



نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

محمدجعفر ملکوتی



اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ



تقدیم به:

- ارواح طیبه شهدای هشت سال جنگ تحمیلی (۱۳۶۷-۱۳۵۹).
 - ارواح طیبه شهدای هفتم تیر ماه سال ۱۳۶۰ علی الخصوص روح بلند مرتبه شهید مهندس موسی کلانتری (وزیر اسبق راه و ترابری).
 - روح فرزند دلبندم مرحوم دکتر امین ملکوتی (پزشک) که در بهمن ماه سال ۱۳۸۸ در آمریکا به رحمت خدا پیوست.
 - تمام تولید کنندگان محصولات کشاورزی- دامی و زحمت کشان گرانقدری که با علاقه مندی و اشتیاق، بیشتر نیاز کشور را به محصولات کشاورزی غنی شده، تامین می نمایند.
 - تمام عزیزان مسئولی که دلشان همواره برای افزایش عملکرد هکتاری، افزایش کارایی آب و کود، تولید محصولات کشاورزی غنی شده، افزایش درآمد کشاورزان سخت کوش کشور و ارتقاء سطح سلامت مردم که همانا تامین امنیت غذایی جامعه است، می تپد.
- 

”سلامتی از مزرعه می آید“

نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

«تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها
برای دستیابی به خودکفایی نسبی، تولید
غذای سالم و افزایش درآمد کشاورزان»

”چاپ چهارم با بازنگری کامل“

پروفسور محمدجعفر ملکوتی
استاد دانشگاه تربیت مدرس



۱۳۹۷

سرشناسه: ملکوتی، محمدجعفر

عنوان و نام پدیدآور: نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

نویسنده: محمدجعفر ملکوتی

مشخصات نشر: تهران، مبلغان - ۱۳۹۷

مشخصات ظاهری: ۴۸۰ صفحه - مصور، جدول، نمودار

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۸۹-۰۷-۲

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

موضوع: Fertilizers-Iran؛ خاک - بهسازی

موضوع: Soil Fertilizers؛ خاک - باروری

رده بندی کنگره: ۱۳۹۷ م ۷۵ ۹ الف / ۵ / SB ۶۳۳

رده بندی دیویی: ۶۳۱ / ۸۱۰۹۵۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۲۳۳۷۱

نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

نویسنده:	پروفسور محمدجعفر ملکوتی استاد دانشگاه تربیت مدرس
به سفارش:	خانه کشاورز
به نشانی:	تهران، خیابان جهان آرا، خیابان ۳۳ (شهید حسین پور)، پلاک ۲۱
طراح روی جلد:	مازیار بریمانی
حروفچین:	زینب نجاری
صفحه آرا:	سعید صدوقی
لیتوگرافی:	نوید
چاپ:	آبنوس
شمارگان:	۳۰۰۰ نسخه
چاپ چهارم:	تابستان ۱۳۹۷
ناشر:	انتشارات مبلغان
نشانی:	تهران، خیابان شهید بهشتی، خیابان شهید سرافراز، خیابان ۵، پلاک ۴
	تلفن: ۰۲۱-۸۸۷۴۸۰۳۸ (۰۲۱) دورنویس: ۸۸۷۳۶۰۸۸ (۰۲۱)
وب سایت و پست الکترونیک:	www.moballegghanpublishing.ir • info@moballegghanpublishing.ir
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۸۶۸۹-۰۷-۲ (کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است)

هدیه شرکت مروارید ارس باران

”به نام ایزد یکتا“

دلسوزی، تلاش و کوشش پروفیسور محمدجعفر ملکوتی مشاور افتخاری تولیدکنندگان کود و چهره ماندگار کشور در تعلیم، تربیت، انتقال معلومات و تجربیات ارزشمند در کنار برقراری رابطه صمیمی با فعالان عرصه کشاورزی و ایجاد فضای دلنشین کسب علم و دانش و درک شرایط ویژه ایران عزیز در زمینه تولید محصولات کشاورزی سالم، حقیقتاً قابل ستایش است. مجموعه شرکت مروارید ارس باران بر خود وظیفه می داند به عنوان اولین تولیدکننده کود سولفات پتاسیم در کشور از زحمات و خدمات ارزشمند استاد گرانقدر تقدیر و تشکر نماید. این کتاب در جهت ارتقای سطح آگاهی جامعه کشاورزی و همچنین برای استفاده از پژوهش و تحقیقات مربوط به نقش بهبود حاصلخیزی خاک و تغذیه بهینه گیاهی در افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی و تولید فرآورده های کشاورزی سالم و ضرورت اصلاح فرمول کودی کشور از سوی شرکت مروارید ارس باران به طور رایگان هدیه می گردد. امیدواریم با تکیه بر دانش ایرانی، مصرف کودی کشور بهینه و سفره ایرانی محتاج بیگانگان نباشد.

تلاش عمده مراکز علمی جهان بر این است که با تحقیقات علمی بتوانند کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را در سطح قابل قبولی افزایش دهند. نگاهی به میزان عناصرغذایی برداشتی به ازاء ۱۰ عملکرد دانه و کلس در گندم نشان می دهد نیتروژن (N) حدود ۱۳۰، فسفر (P_2O_5) ۴۰، پتاسیم (K_2O) ۱۰۰، منیزیم (Mg) ۲۴، گوگرد (S) ۲۱، کلسیم (Ca) ۱۱ کیلوگرم، آهن (Fe) ۶۰۰، منگنز (Mn) ۲۰۰، روی (Zn) ۱۵۰، مس (Cu) ۴۰ و بور (B) ۴۰ گرم جذب می گردند. بنابراین، تغذیه گیاهان زراعی و دارویی فقط با اوره و سوپرفسفات تفکر باطلی است و می بایستی این تفکر به زباله دان تاریخ سپرده شده و در مقابل مصرف بهینه کود بر مبنای نتایج تجزیه خاک، جایگزین آن شود. در این رابطه، ذرت دانهای در طول زمان رشد خود، برای تولید ۲۳ تن بر هکتار دانه و کلس (۱۲ تن بر هکتار دانه)، حدود ۲۸۶ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۱۱۴ فسفر (P_2O_5)، ۲۰۲ پتاسیم (K_2O)، ۵۹ منیزیم (Mg)، ۲۶ کیلوگرم گوگرد (S)، ۱۴۰۰ آهن (Fe)، ۵۰۰ منگنز (Mn)، ۵۰۰ روی (Zn)، ۱۰۰ مس (Cu) و ۸۰ گرم بور (B) از خاک زیرکشت خود برداشت می نماید. همچنین، در طول زمان ۱۰ روزه خوشه دهی خود، برای تولید روزانه ۴۳۹ کیلوگرم ماده خشک، حدود ۹/۸ نیتروژن (N)، ۴/۲۰ فسفر (P_2O_5)، ۸/۵ پتاسیم (K_2O)، ۲/۲ کیلوگرم منیزیم (Mg)، ۷۰۰ گوگرد (S)، ۹۵ آهن (Fe)، ۱۸ منگنز (Mn)، ۱۴ روی (Zn)، ۳/۳ مس (Cu) و ۳/۳ گرم بور (B) حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی ذرت دانهای در طول ۱۰ روز زمان گلدهی انجام می گیرد) از خاک زیرکشت خود برداشت می نماید.

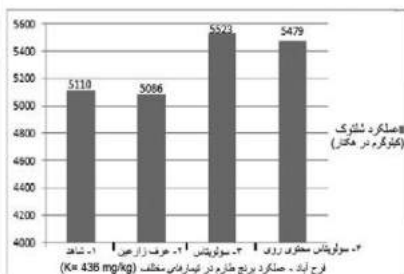
با عنایت به مطالب فوق و اینکه بیش از ۲۰ درصد نیاز غذایی گیاهان زراعی و دارویی تنها در طول زمان کوتاه گلدهی (۱۰ تا ۱۴ روز) اتفاق می افتد. از طرف دیگر، خاک های زراعی کشور ما با کمبود مواد آلی (درجه حاصلخیزی پایین) مواجه می باشند و مصرف کودها حتی در شرایطی هم که بهینه باشند، چون غالباً قبل از زمان کاشت مصرف می شوند، لذا خاک های زراعی ما توانمندی تأمین این مقدار نیاز بالای گیاهان را نداشته و در نتیجه عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی در کشور پایین می باشد. برای رفع این معضل، بهبود هرچه بیشتر کمی و کیفی محصولات کشاورزی و افزایش کارایی مصرف آب و کود، نویسنده کتاب حاضر از اینجانب (مدیرعامل شرکت مروارید ارس باران) درخواست نمود که کود سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته SSOP+Zn (EDTA) را در سطح تجارتي تولید و با قیمت مناسب در اختیار کشاورزان سخت کوش بگذاریم تا آن ها نیز این کود با ارزش را در مرحله گلدهی همراه با آب آبیاری بصورت سرک مصرف نمایند. خوشبختانه، در دو سال گذشته این کود با ارزش تولید و از موسسه تحقیقات خاک و آب مجوز لازم برای تولید انبوه با ظرفیت ۱۰ هزار تن در سال با نام های تجارتي سولفات پتاسیم محلول و سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته (K_Green_morvarid aras baran) اخذ نمود. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد مشخصات و محاسن این کود با ارزش، به صفحه ۲۹۸ کتاب حاضر مراجعه فرمایید.

در دو سال گذشته چندین تحقیق در زمینه بررسی نقش مصرف سرک سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته در گندم، ذرت، برنج و درختان پرتقال انجام گرفته که ذیل نتایج تعدادی از آن ها درج می گردد: بهرامی (۱۳۹۷) به منظور بررسی نقش کودهای پتاسیم و روی در بهبود کمی و کیفی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و همچنین، افزایش کارایی مصرف کود آزمایشی در دو مزرعه (منطقه سراب نیلوفر و ماهیدشت) در استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۶ با هفت تیمار و سه تکرار در هر مزرعه در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به اجرا درآورد. میزان پتاسیم و روی قابل جذب خاک به ترتیب در ماهیدشت برابر با ۳۳۹ و ۰/۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم و در مزرعه سراب نیلوفر به ترتیب ۲۱۸ و ۰/۶۸ میلی گرم بر کیلوگرم بود. تیمارهای آزمایش در هر دو مزرعه عبارت بودند از تیمار اول: شاهد (مصرف تمامی کودها بر اساس نتایج تجزیه خاک به جز پتاسیم و روی)؛ تیمار دوم: علف زارعی (NP)؛ تیمار سوم: تیمار اول + مصرف کود سولفات پتاسیم و سولفات روی قبل از کاشت؛ تیمار چهارم: تیمار اول + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت + ۵۰ درصد پتاسیم از

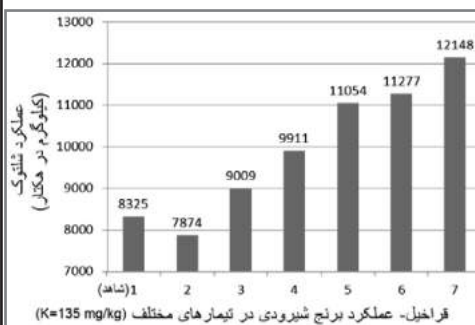


منبع کلرورپتاسیم در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ تیمار پنجم؛ تیمار اول + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفاتپتاسیم قبل از کاشت + سولفات روی قبل از کاشت + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولوپتاس در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ تیمار ششم؛ تیمار اول + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفاتپتاسیم قبل از کاشت + سولفات روی قبل از کاشت + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفاتپتاسیم محلول و تیمار هفتم؛ تیمار اول + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفاتپتاسیم و سولفات روی قبل از کاشت + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفاتپتاسیم حاوی روی کلاته همزمان با مصرف سرک اوره بود. نتایج نشان داد. الف) در مزرعه سراب نیلوفر با داشتن میزان پتاسیم و روی قابل جذب خاک پایین، میزان عملکرد دانه ذرت در تیمارها به ترتیب به این شرح بود: تیمار اول (۴۸۴۷ کیلوگرم)، تیمار دوم (۵۱۳۰ کیلوگرم)، تیمار سوم (۶۸۲۰ کیلوگرم)، تیمار چهارم (۷۴۰۰ کیلوگرم)، تیمار پنجم (۸۱۱۰ کیلوگرم)، تیمار ششم (۸۳۳۳ کیلوگرم) و تیمار هفتم (۸۶۲۵ کیلوگرم). عملکرد دانه ذرت در تیمار هفتم با افزایش ۲۶ درصدی نسبت به تیمار سوم (مصرف تمامی کودها بر اساس نتایج تجزیه خاک)، بهترین تیمار بود. لیکن، ب) در مزرعه ماهیدشت با داشتن پتاسیم و روی قابل جذب خاک بالا، میزان عملکرد دانه ذرت در تیمارها به ترتیب تیمار اول (۵۰۰۹ کیلوگرم)، تیمار دوم (۵۱۰۰ کیلوگرم)، تیمار سوم (۵۴۸۰ کیلوگرم)، تیمار چهارم (۵۷۸۰ کیلوگرم)، تیمار پنجم (۶۷۵۰ کیلوگرم)، تیمار ششم (۷۵۶۰ کیلوگرم) و تیمار هفتم (۷۹۲۰ کیلوگرم) بود. عملکرد دانه ذرت در تیمار هفتم با افزایش ۴۵ درصدی نسبت به تیمار سوم (مصرف تمامی کودها بر اساس نتایج تجزیه خاک)، بهترین تیمار بود. باتوجه به نتایج فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که تاثیر کودهای پتاسیمی و روی در افزایش عملکرد ذرت مثبت بوده و باعث افزایش تولید می‌شود. لیکن، زمانی که پتاسیم و روی قابل استفاده خاک بالا باشد، مصرف کودهای پتاسیمی و روی قبل از کاشت، تاثیر چندانی درافزایش محصول نداشته، بلکه مصرف سرک آن‌ها به ویژه سولفاتپتاسیم حاوی روی کلاته موثرتر خواهد بود.

حمیدی (۱۳۹۶) به‌منظور بررسی افزایش عملکرد برنج، انواع کودهای پتاسیمی در دو خاک با پتاسیم متفاوت، آزمایشی در استان مازندران در دو شالیزار اجرا کرد. در شالیزار اول که میزان پتاسیم قابل استفاده خاک آن ۱۳۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود؛ آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با کشت برنج رقم شیرودی انجام داد. تیمارهای آزمایشی مشابه آزمایش بهرامی (۱۳۹۷) بود. نتایج آزمایش اول نشان داد الف) درحالی‌که عملکرد شلتوک در تیمار شاهد ۸۳۲۵ کیلوگرم بر هکتار بود، این مقدار در بهترین تیمار (تیمار هفتم) ۴۶ درصد افزایش یافته و به ۱۲۱۴۸ کیلوگرم بر هکتار رسید (شکل زیر- سمت راست). ب) نتایج آزمایش دوم نشان داد عملکرد شلتوک برنج طارم در تیمار شاهد ۵۱۰۹ کیلوگرم بر هکتار بود و این مقدار در تیمار چهارم به ۵۴۷۹ کیلوگرم بر هکتار رسید که در سطح یک درصد معنی‌دار شد (شکل زیر- سمت چپ). ایشان چنین جمع‌بندی نمود در شالیزارهایی که پتاسیم قابل‌استفاده در آن‌ها کمتر از سطح بحرانی (۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم) باشد، مصرف کودهای پتاسیمی سبب افزایش عملکرد می‌گردد. لیکن، مقدار این افزایش در شرایطی که ۵۰ درصد نیاز پتاسیمی برنج قبل از کاشت و ۵۰ درصد بقیه از منبع سولفاتپتاسیم محلول به‌صورت دو بار سرک استفاده



اثر کودهای پتاسیمی بر عملکرد شلتوک در برنج رقم طارم (حمیدی، ۱۳۹۶)



اثر کودهای پتاسیمی بر عملکرد شلتوک در برنج رقم شیرودی (حمیدی، ۱۳۹۶)



شده باشد، بسیار مؤثرتر خواهد بود. علاوه بر این، در شالیزارهایی که پتاسیم قابل استفاده آن‌ها بیش‌تر از سطح بحرانی باشد، مصرف سولفات پتاسیم قبل از کاشت چندان مؤثر نبوده ولی مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول به ویژه سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته مؤثر خواهد بود. بنابراین، ارجحیت مصرف دو بار سرک سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته بر سایر کودهای پتاسیمی به اثبات رسیده و تعمیم مصرف این کود در تمامی محصولات کشاورزی در کشور راه صورت سرک اکیداً توصیه می‌گردد.

با عنایت به نتایج فوق، چنین جمع‌بندی می‌گردد که با مصرف دو بار سرک سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته همزمان با مصرف سرک اوره همراه با آب آبیاری، عملکرد هکتاری محصول در مقایسه با شاهد (مصرف تمامی کودها بر اساس نتایج تجزیه خاک به جز پتاسیم و روی)، بیش از ۴۰ درصد و در مقایسه با تیمار مصرف بهینه کودی (شاهد + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت + ۵۰ درصد پتاسیم از منبع کلروپتاسیم در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره)، علاوه بر ارتقاء کیفی محصول، بیش از ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

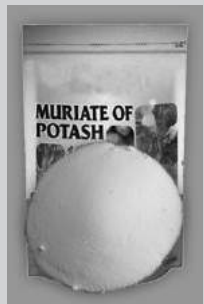
شرکت مروارید ارس باران با هدیه این کتاب آمادگی دارد در زمینه مصرف بهینه کودها با کشاورزان عزیز، کارشناسان، مسئولین و اساتید محترم کشور، همکاری نماید. توضیح آن که در حال حاضر از تبدیل کلروپتاسیم وارداتی با استفاده از روش مانپایم در واحدهای یک و دو، سالانه ۸۰ هزار تن سولفات پتاسیم تولید می‌شود. همچنین، این شرکت سالانه بیش از ۱۰ هزار تن کودهای سولفات پتاسیم کریستال (محلول)، سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته و سولفات پتاسیم محلول محتوی سایر عناصر ریز مغذی را که عمدتاً به صورت سرک قابل مصرف می‌باشند، تولید می‌نماید. در اینجا از مسئولین محترم وزارت صنعت، معدن و تجارت درخواست می‌شود که نسبت به تولید هر چه بیشتر کلروپتاسیم در داخل کشور اهتمام بیشتری به عمل آورند تا وابستگی کشور به کلروپتاسیم وارداتی نیز کاهش یابد.



سولفات پتاسیم



روش مانپایم



کلروپتاسیم

با آرزوی توفیق الهی

صیاد فرهادی

مدیرعامل شرکت مروارید ارس باران

آدرس دفتر مرکزی شرکت: تهران، خیابان گاندی جنوبی، کوچه هفتم (شهید پالیزوانی)، پلاک ۲۲، واحد ۹

آدرس تارنمای (سایت) شرکت: www.morvaridadaras.com

آدرس الکترونیکی شرکت: info@morvaridadaras.com

تلفن تماس شرکت: ۲۲ - ۸۸۸۷۷۴۲۰ (۰۲۱) و درونویس شرکت: ۸۸۶۷۱۵۶۸ (۰۲۱)

- الف پیش گفتار چاپ چهارم
- ت تقریظ ۱
- ث تقریظ ۲
- ج تقریظ ۳
- چ پیش گفتار چاپ سوم
- خ پیش گفتار چاپ اول
- فصل اول: مقدمه (خاک سالم + کود سالم = تولید محصولات کشاورزی سالم = دام سالم = انسان سالم) ۱
- ۲ ۱-۱ - نگاه اجمالی
- ۵ ۱-۲ - نقش کیفیت خاک در تولید محصولات کشاورزی سالم
- ۷ ۱-۳ - بررسی جایگاه مصرف کود در کشور و نقش آن در تولید محصولات کشاورزی سالم
- ۹ ۱-۳-۱ - روش مناسب برای تعیین نیاز کودی کشور
- ۱۱ ۱-۳-۲ - وضعیت نابسامان مصرف کود در کشور و مقایسه آن با میانگین مصرف جهانی
- ۱۴ ۱-۳-۳ - پیشنهاد مصرف مطلوب (آرمانی) کود برای تولید محصولات کشاورزی سالم
- ۱۷ ۱-۳-۴ - پیامدهای مصرف کم و یا بیش از نیاز کودهای شیمیایی
- ۱۷ ۱-۳-۵ - تحلیلی بر مقدار، نسبت و نوع کودهای مصرفی در کشور
- ۲۰ ۱-۴ - بررسی اثرات باقیمانده (ماندگاری) کودها در خاک و اثربخشی مصرف بهینه آن‌ها
- ۲۱ ۱-۴-۱ - بررسی اثرات باقیمانده کودها در خاک
- ۲۳ ۱-۴-۲ - رابطه مصرف بهینه کود با افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها
- ۲۴ ۱-۴-۳ - رابطه مصرف بهینه کود با افزایش عملکرد محصولات کشاورزی
- ۲۶ ۱-۴-۴ - رابطه مصرف بهینه کود با افزایش کارایی مصرف کود و آب
- ۲۶ ۱-۴-۵ - رابطه مصرف بهینه کود با ارتقاء کیفیت نان
- ۳۴ ۱-۴-۶ - برهمکنش مثبت مصرف بهینه کود و پرتودهی گاما در کاهش ضایعات محصولات کشاورزی
- ۳۷ ۱-۵ - رابطه تولید محصولات کشاورزی سالم با سلامت انسان
- ۴۰ ۱-۶ - روش‌های نیل به مصرف بهینه کود در کشور
- ۴۰ ۱-۶-۱ - فرهنگ سازی مصرف بهینه کود
- ۴۱ ۱-۶-۲ - اصلاح ساختار مصرف اعطای یارانه به کود
- ۴۱ ۱-۶-۳ - خرید محصولات کشاورزی به ویژه گندم و برنج بر مبنای خصوصیات کمی و کیفی
- ۴۱ ۱-۶-۴ - ایجاد شرایط یکسان برای دستیابی به انواع کودهای آلی، زیستی و شیمیایی
- ۴۲ ۱-۷ - جمع بندی
- فصل دوم: مبانی علمی برای انجام توصیه بهینه کودی
- ۴۸ ۲-۱ - نگاه اجمالی
- ۴۹ ۲-۲ - آزمون خاک
- ۵۰ ۲-۲-۱ - تجزیه خاک
- ۵۱ ۲-۲-۲ - معنی و مفهوم دامنه سطح بحرانی یک عنصر غذایی در خاک
- ۵۳ ۲-۳ - روش‌های تفسیر نتایج تجزیه خاک برای انجام توصیه بهینه کودی
- ۵۳ ۲-۳-۱ - تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک با روش تصویری کیت - نلسون
- ۵۴ ۲-۳-۲ - تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک با روش میچرلیخ - بری
- ۵۷ ۲-۳-۳ - روش محاسبه احتمال پاسخ اقتصادی به کاربرد کود

۵۹	۲-۳-۴ - تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی کم نیاز در خاک با روش بازرسی چشمی
۶۰	۲-۴ - تجزیه برگ
۶۱	۲-۴-۱ - معنی و مفهوم دامنه غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ
۶۲	۲-۴-۲ - معنی و مفهوم دامنه سطح کفایت یک عنصر غذایی در برگ
۶۴	۲-۵ - روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگ و میوه برای انجام توصیه بهینه کودی
۶۴	۲-۵-۱ - روش غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ درختان
۶۵	۲-۵-۲ - روش سطح کفایت (سطح مطلوب) عناصر غذایی
۶۵	۲-۵-۳ - روش تلفیقی تشخیص و توصیه کودی (DRIS)
۶۶	۲-۵-۴ - روش انحراف از درصد بهینه (DOP)
۶۶	۲-۵-۵ - تجزیه میوه
۶۷	۲-۶ - روش‌های توصیه کودی
۶۹	۲-۶-۱ - توصیه کودی بر مبنای میزان برداشت عناصر غذایی از خاک
۷۱	۲-۶-۲ - توصیه کودی بر اساس روابط تجربی حاصل از آزمایش‌های منطقه‌ای
۷۳	۲-۶-۳ - توصیه کودی بر مبنای میزان تفاوت از سطح بحرانی
۷۵	۲-۶-۴ - توصیه کودی با استفاده از معادله میچرلیخ - بری
۷۶	۲-۶-۵ - توصیه کودی با استفاده از معادله‌های درجه دوم
۸۲	۲-۶-۶ - توصیه کودی با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای
۸۲	۲-۶-۷ - روش‌های توصیه کودی در آمریکا
۸۴	۲-۷ - جمع‌بندی
۸۷	● فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها
۸۸	۳-۱ - نگاه اجمالی
۸۹	۳-۲ - بررسی نقش عناصر غذایی در رشد گیاهان
۹۹	۳-۳ - نوع، زمان و مقدار مصرف کودهای آلی
۱۰۰	۳-۳-۱ - کودهای حیوانی
۱۰۲	۳-۳-۲ - کودهای سبز
۱۰۳	۳-۳-۳ - کودهای حاصل از ضایعات کشاورزی
۱۰۴	۳-۳-۴ - کمپوست
۱۰۵	۳-۳-۵ - ورمی‌کمپوست
۱۰۵	۳-۳-۶ - اسیدهای آلی
۱۱۱	۳-۳-۷ - هورمون‌های گیاهی
۱۱۲	۳-۳-۸ - زمان، مقدار و روش مصرف کودهای آلی
۱۱۲	۳-۴ - نوع و زمان مصرف کودهای زیستی
۱۱۲	۳-۴-۱ - باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی
۱۱۵	۳-۴-۲ - باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه
۱۱۷	۳-۴-۳ - قارچ‌های میکوریزی
۱۱۹	۳-۴-۴ - ریزجانداران حل کننده فسفات‌های نامحلول
۱۲۰	۳-۴-۵ - ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد
۱۲۳	۳-۴-۶ - ریزجانداران تبدیل کننده مواد آلی زاید به کمپوست (بیواکتیوورها)
۱۲۳	۳-۵ - نوع و زمان مصرف کودهای نیتروژنی
۱۲۳	۳-۵-۱ - اوره
۱۲۴	۳-۵-۲ - اوره با پوشش گوگردی (SCU)

- ۱۲۵ ۳-۵-۳ - سولفات آمونیوم
- ۱۲۵ ۳-۵-۴ - نیترات آمونیوم
- ۱۲۵ ۳-۵-۵ - نیترات فسفات آمونیوم
- ۱۲۵ ۳-۵-۶ - اورۀ نیترات آمونیوم
- ۱۲۶ ۳-۵-۷ - اورۀ سولفاتی
- ۱۲۷ ۳-۵-۸ - کود کامل ماکرو
- ۱۲۷ ۳-۶ - نوع و زمان مصرف کودهای پتاسیمی
- ۱۲۸ ۳-۶-۱ - کلرور پتاسیم
- ۱۲۸ ۳-۶-۲ - سولفات پتاسیم
- ۱۲۸ ۳-۶-۳ - نیترات پتاسیم
- ۱۲۹ ۳-۶-۴ - سولفات پتاسیم محلول
- ۱۲۹ ۳-۶-۵ - ارجحیت مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول بر دیگر کودهای پتاسیمی
- ۱۳۰ ۳-۷ - نوع و زمان مصرف کودهای گوگردی
- ۱۳۱ ۳-۷-۱ - گوگرد عنصری
- ۱۳۱ ۳-۷-۲ - ساری کود (گوگرد کشاورزی گرانوله)
- ۱۳۱ ۳-۷-۳ - گوگرد آلی گرانوله
- ۱۳۲ ۳-۷-۴ - اسید سولفوریک
- ۱۳۲ ۳-۷-۵ - بیوگوگرد پودری
- ۱۳۲ ۳-۷-۶ - بیوگوگرد گرانوله
- ۱۳۳ ۳-۷-۷ - گوگرد آلی گرانوله
- ۱۳۴ ۳-۸ - نوع و زمان مصرف کودهای فسفاتی
- ۱۳۴ ۳-۸-۱ - خاک فسفات (سنگ فسفات)
- ۱۳۵ ۳-۸-۲ - سوپر فسفات ساده
- ۱۳۶ ۳-۸-۳ - اسیدهای فسفریک
- ۱۳۶ ۳-۸-۴ - فسفات های آمونیومی
- ۱۳۷ ۳-۸-۵ - کود میکروبی فسفاتی
- ۱۳۸ ۳-۸-۶ - بیو فسفات طلایی محتوی روی
- ۱۳۹ ۳-۸-۷ - ارجحیت سوپر فسفات ساده بر سوپر فسفات غلیظ وارداتی
- ۱۴۱ ۳-۹ - نوع و زمان مصرف کودهای کلسیمی و منیزی
- ۱۴۱ ۳-۹-۱ - نوع و زمان مصرف کودهای کلسیمی
- ۱۴۲ ۳-۹-۲ - نوع و زمان مصرف کودهای منیزی
- ۱۴۳ ۳-۱۰ - نوع و زمان مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف
- ۱۴۳ ۳-۱۰-۱ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی روی (سولفات روی، کلات روی و اکسید روی)
- ۱۴۵ ۳-۱۰-۲ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی بور (اسید بوریک و بوراکس)
- ۱۴۶ ۳-۱۰-۳ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی آهن (سولفات آهن، کلات آهن و سکوستربن آهن)
- ۱۴۷ ۳-۱۰-۴ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی منگنز (سولفات منگنز و کلات منگنز)
- ۱۴۸ ۳-۱۰-۵ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی مس (سولفات مس و یا کات کبود)
- ۱۴۹ ۳-۱۱ - نوع و زمان مصرف کودهای خیلی کم نیاز
- ۱۴۹ ۳-۱۱-۱ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی مولیبدن (مولیبدات آمونیوم)
- ۱۴۹ ۳-۱۱-۲ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی سیلیسیم (سیلیکات پتاسیم)
- ۱۵۰ ۳-۱۱-۳ - نوع و زمان مصرف کودهای محتوی سلنیم

- ۱۵۰ - ۳-۱۲ معرفی کودهای نانو
- ۱۵۲ - ۳-۱۳ روش‌های مصرف کودها
- ۱۵۲ - ۳-۱۳-۱ بذرمال (آسترکردن بذر= دوغاب بذر)
- ۱۵۵ - ۳-۱۳-۲ جایگذاری عمقی کودها برای گیاهان زراعی و دارویی
- ۱۵۵ - ۳-۱۳-۳ چالکود (کانالکود) برای درختان میوه و زینتی
- ۱۵۶ - ۳-۱۳-۴ برگ‌پاشی (مصرف برگ)
- ۱۵۸ - ۳-۱۳-۵ کود آبیاری (آبکود)
- ۱۵۸ - ۳-۱۳-۶ تزریق مواد غذایی در تنه درختان
- ۱۵۹ - ۳-۱۴ جمع‌بندی
- ۱۶۵ ● فصل چهارم: توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی
- ۱۶۶ - ۴-۱ نگاه اجمالی
- ۱۶۸ - ۴-۲ لزوم انجام آزمایش‌های کشاورزی در سطوح بهینه عناصر غذایی
- ۱۷۰ - ۴-۳ نقدی بر صحت و سقم تحقیقات صورت گرفته در زمینه گیاهان زراعی و دارویی در کشور
- ۱۷۵ - ۴-۴ توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی براساس نتایج تجزیه خاک
- ۱۷۶ - ۴-۵ توصیه کودی عمومی برای گیاهان زراعی و دارویی
- ۱۷۷ - ۴-۵-۱ توصیه کودی عمومی برای غلات (گندم، جو، برنج و ذرت دانه‌ای)
- ۱۸۲ - ۴-۵-۲ توصیه کودی عمومی برای سبزیجات (سیب‌زمینی، پیاز و گوجه فرنگی)
- ۱۸۳ - ۴-۵-۳ توصیه کودی عمومی برای محصولات صنعتی (چغندر قند، دانه‌های روغنی، پنبه و نیشکر)
- ۱۸۴ - ۴-۵-۴ توصیه کودی عمومی برای محصولات جالیزی (خیار، خربزه و هندوانه)
- ۱۸۶ - ۴-۵-۵ توصیه کودی عمومی برای حبوبات، یونجه، شبدر، سویا و بادام زمینی
- ۱۸۷ - ۴-۵-۶ توصیه کودی عمومی برای گیاهان دارویی
- ۱۸۸ - ۴-۶ توصیه کودی عمومی برای گیاهان در شرایط شور
- ۱۹۲ - ۴-۷ جمع بندی
- ۱۹۹ ● فصل پنجم: توصیه بهینه کودی برای درختان میوه
- ۲۰۰ - ۵-۱ نگاه اجمالی
- ۲۰۳ - ۵-۲ توصیه بهینه کودی برای درختان میوه براساس نتایج تجزیه برگ
- ۲۰۵ - ۵-۳ توصیه بهینه کودی برای درختان میوه براساس نتایج تجزیه میوه
- ۲۰۵ - ۵-۴ توصیه بهینه کودی برای درختان میوه
- ۲۰۷ - ۵-۴-۱ توصیه کودی عمومی برای میوه‌های دانه دار، هسته دار، میوه‌های دانه ریز و میوه‌های خشک
- ۲۱۴ - ۵-۴-۲ توصیه کودی عمومی برای میوه‌های نیمه گرمسیری (مرکبات، زیتون، انار و انجیر و خرما)
- ۲۲۱ - ۵-۵ جمع بندی
- ۲۲۷ ● فصل ششم: توصیه بهینه کودی برای درختان، درختچه‌ها و گل‌های زینتی
- ۲۲۸ - ۶-۱ نگاه اجمالی
- ۲۳۱ - ۶-۲ نقش برخی از عناصر غذایی در کمیت و کیفیت گل‌های زینتی
- ۲۴۲ - ۶-۳ توصیه کودی برای گل‌های زینتی
- ۲۴۲ - ۶-۳-۱ توصیه بهینه کودی برای گل‌های زینتی براساس نتایج تجزیه خاک
- ۲۴۳ - ۶-۳-۲ توصیه کودی عمومی برای گل‌های زینتی
- ۲۴۶ - ۶-۴ توصیه کودی برای درختان و درختچه‌های زینتی
- ۲۴۶ - ۶-۴-۱ توصیه بهینه کودی برای درختان زینتی براساس نتایج تجزیه برگ
- ۲۴۸ - ۶-۴-۲ توصیه کودی عمومی برای درختان و درختچه‌های زینتی
- ۲۴۹ - ۶-۵ روش‌های مصرف کود برای درختان، درختچه‌ها و گل‌های زینتی

- ۶-۶ - جمع‌بندی ۲۵۱
- فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۲۵۵
- ۷-۱ - اثربخشی کودهای پرمصرف و روی در تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۵۶
- ۷-۱-۱ - اثربخشی کودهای نیتروژنی در تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۵۶
- ۷-۱-۲ - اثربخشی کودهای فسفاتی در تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۵۸
- ۷-۱-۳ - اثربخشی کودهای پتاسیمی در تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۶۰
- ۷-۱-۴ - اثربخشی کودهای حاوی روی در تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۶۲
- ۷-۲ - ضرورت تغییر نگرش در مصرف نوع و مقدار کودهای فسفاتی در کشور ۲۶۷
- ۷-۲-۱ - نیاز کم گیاهان به فسفر در مقایسه با نیتروژن و پتاسیم و مضرات زیادی مصرف آن ۲۶۷
- ۷-۲-۲ - انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی به صورت فسفر کل ۲۷۰
- ۷-۲-۳ - نقش گیاهان در آزادسازی فسفر از فسفر کل خاک ۲۷۱
- ۷-۲-۴ - مکانیسم عمل ریزجانداران و نقش کودهای زیستی فسفاتی در قابل استفاده نمودن فسفات ۲۷۱
- ۷-۲-۵ - ضرورت تجدیدنظر در مقدار سطح بحرانی فسفر با در نظر گرفتن فسفر کل خاک ۲۷۴
- ۷-۲-۶ - ضرورت تجدیدنظر در نوع کودهای فسفاتی مصرفی در کشور ۲۷۵
- ۷-۲-۷ - ضرورت تجدیدنظر در نوع و مقدار کودهای شیمیایی مصرفی در کشور ۲۷۶
- ۷-۳ - چالش‌های پیش‌رو برای تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۷۷
- ۷-۳-۱ - منشأ زیادی نیترات در برخی از محصولات کشاورزی و روش‌های عملی برای کاهش آن ۲۷۷
- ۷-۳-۲ - منشأ زیادی کادمیوم در برخی از محصولات کشاورزی و روش‌های عملی برای کاهش آن ۲۸۱
- ۷-۳-۳ - اثر متقابل روی (Zn) با کادمیوم (Cd) در خاک ۲۸۳
- ۷-۳-۴ - کمبود روی (Zn) عامل عمده برای جذب کادمیوم (Cd) توسط گیاهان ۲۸۳
- ۷-۳-۵ - روش‌های تولید محصولات کشاورزی سالم ۲۸۵
- ۷-۳-۶ - لزوم تغییر نگرش در تامین کالری برای حل مشکل گرسنگی سلولی در برنامه توسعه کشور ۲۸۶
- ۷-۳-۷ - دستاوردهای نقش عناصر غذایی در تولید محصولات کشاورزی سالم و معرفی کودهای جدید ۲۸۸
- ۷-۴ - چند پرسش کاربردی و پاسخ آن‌ها ۲۹۹
- ۷-۴-۱ - مباحث مربوط به مفاهیم و تعاریف اصطلاحات مهم در تولید پایدار محصولات کشاورزی ۲۹۹
- ۷-۴-۲ - مباحث مربوط به فیزیولوژی گیاهی ۳۰۴
- ۷-۴-۳ - مباحث مربوط به سیاست‌گذاری الگوی کشت ۳۱۱
- ۷-۴-۴ - مباحث مربوط به مواد آلی و کودهای زیستی ۳۱۶
- ۷-۴-۵ - مباحث مربوط به چهار اصل مهم در مدیریت مصرف کودها (نوع، جایگذاری، مقدار و زمان) ۳۲۹
- ۷-۴-۶ - مباحث مربوط به روش‌های توصیه بهینه کودی ۳۳۳
- ۷-۴-۷ - مباحث مربوط به توصیه بهینه کودی در گیاهان زراعی، دارویی، درختان میوه و زینتی ۳۵۷
- ۷-۴-۸ - مباحث مربوط به شیوه مصرف کودها در شرایط شور ۳۹۶
- ۷-۴-۹ - مباحث مربوط به رابطه بین مصرف بهینه کودی با افزایش کارایی مصرف کود و آب ۴۰۵
- ۷-۴-۱۰ - شیوه تعیین مقدار بهینه (اقتصادی) کود در مزارع ۴۰۶
- ۷-۴-۱۱ - مباحث مربوط به رابطه بین مصرف بهینه کودی با کاهش آلاینده‌ها ۴۱۰
- ۷-۴-۱۲ - مباحث مربوط به رابطه بین مصرف بهینه کودی با تولید محصولات کشاورزی سالم ۴۱۱
- ۷-۵ - جمع‌بندی ۴۲۰
- ۷-۶ - منابع مورد استفاده ۴۲۵
- ۷-۶-۱ - منابع مورد استفاده در چاپ‌های قبلی ۴۲۵
- ۷-۶-۲ - منابع مورد استفاده در چاپ چهارم ۴۴۹
- ۷-۷ - چکیده کتاب به زبان انگلیسی ۴۵۷

پیش‌گفتار چاپ چهارم

به رغم پیشرفت های خوبی که در امر تراز تجاری مثبت (در سال ۹۲، میزان واردات مازاد به کشور معادل ۱۳/۴ میلیارد دلار بود، لیکن در سال ۹۵، این مقدار به ۷/۷ میلیارد دلار کاهش یافت، یعنی ۵/۷ میلیارد دلار صرفه جویی شد)، افزایش تولیدات کشاورزی (در سال ۹۲، تولیدات کشاورزی بالغ بر ۹۸ میلیون تن بوده که این رقم در سال ۹۵، به ۱۱۸ میلیون تن، یعنی ۹۳ میلیون تن محصولات زراعی و ۲۵ میلیون تن محصولات باغی افزایش یافت) و خودکفایی در تولید گندم (در سال ۹۲، میزان خرید دولتی گندم ۴/۱۰ میلیون تن بوده، لیکن در سال ۹۵، این رقم به ۸/۸۷ میلیون تن افزایش یافت)، ایران در استفاده بی‌رویه از ذخایر آبی، تخریب محیط زیست، انهدام پوشش گیاهی، فرسایش خاک، کاهش مواد آلی و افت عمق خاک‌های زراعی، رتبه اول جهان را دارد. بنابراین، چالش‌های امروزی در امنیت غذایی کشور (امنیت غذایی به معنی اطمینان از دسترسی فیزیکی و اقتصادی همه مردم به غذای کافی، سالم و مغذی در تمام اوقات به منظور داشتن زندگی سالم و فعال می‌باشد و کلید امنیت غذایی، حاصلخیزی خاک است) عبارتند از کمبود آب (در حالی که در اوایل دهه ۶۰، میزان آب مصرفی در کشاورزی حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب و در اوایل دهه ۷۰، حدود ۹۰ میلیارد مترمکعب در سال بوده، این رقم در حال حاضر به کمتر از ۶۰ میلیارد مترمکعب در سال کاهش یافته است)؛ فرسایش خاک (ایران در فرسایش خاک رتبه اول جهانی را داراست - میزان فرسایش حدود سه برابر متوسط قاره آسیا است)؛ شور شدن خاک‌های زراعی کشور (در طول ۲۰ سال گذشته، میزان شوری آب آبیاری بیش از سه برابر افزایش یافته است)؛ کاهش سرانه زمین زراعی در ایران که در نیم قرن اخیر از ۰/۸۰ هکتار به ۰/۲۰ هکتار کاهش یافته است (حدمطلوب گزارش شده توسط فائو برابر ۰/۵۰ هکتار است)؛ تغییر کاربری اراضی همراه با خرد شدن اراضی زراعی (در طول ۴۰ سال گذشته تقریباً اکثر اراضی زراعی و باغی در حاشیه شهرها تبدیل به ساختمان شده و در همین بازه زمانی، تعداد بهره‌برداران کوچک از ۱/۵ میلیون نفر به سه میلیون نفر افزایش یافته است - رادیو ایران، ۱۳۹۳) و کمبود مواد آلی (بیش از ۶۰ درصد از خاک‌های کشاورزی کشور، کمتر از یک درصد مواد آلی دارند). تمامی عوامل فوق زنگ خطر جدی برای مسئولین در دستیابی به تأمین امنیت غذایی جامعه بوده و لازم است حداقل با به کارگیری یافته‌های علمی به ویژه مصرف بهینه آب و کود، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، نسبت به افزایش معنی‌دار عملکرد هکتاری و بهبود کیفی تولیدات کشاورزی اقدام نماییم.

از طرف دیگر، رتبه بهداشتی جامعه ما از میان ۱۹۲ کشور، ۱۲۳ است. متأسفانه علت اصلی این رتبه بسیار پایین، سوءتغذیه می‌باشد. یکی از دلایل مهم سوءتغذیه، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود در مزارع، باغ‌ها و عدم توجه به محتوای شعار پیشگیری بهتر از درمان می‌باشد. به رغم آنکه بیش از ۸۵ درصد مردم کشور ظاهراً سیر می‌باشند، لیکن اکثریت آن‌ها به نحوی دچار گرسنگی سلولی (گرسنگی سلولی یعنی با این‌که اکثریت جامعه ما کالری مورد نیاز خود را با مصرف مواد غذایی رایج تأمین می‌نمایند، لیکن سلول‌های بدن مردم گرسنه می‌باشد و این گرسنگی عمدتاً ناشی از کمبود عناصر معدنی و مفید برای سلامت جامعه در مواد غذایی می‌باشد) هستند و دلیل اصلی آن عدم توجه متولیان تأمین محصولات غذایی به مفهوم امنیت غذایی می‌باشد. پژوهش‌ها در کشور ثابت کرده که رابطه‌ای تنگاتنگ بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود دارد و منشأ اکثر کمبودها و بیماری‌های انسانی به سوءتغذیه بازمی‌گردد. در حال حاضر طبق مستندات موجود، سطح کشت اراضی دیم و آبی در جهان بالغ بر ۱/۵ میلیارد هکتار و در ایران نیز حدود ۱۴ میلیون هکتار (در سالهای پرباران ۱۸ میلیون هکتار) است. از طرف دیگر، مصرف جهانی کودهای پرمصرف برحسب عنصر غذایی در سال بالغ بر ۱۸۰ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۱۱۰، فسفاتی ۴۰ و پتاسیمی ۳۰ میلیون تن) است. به عبارت دیگر، میانگین مصرف کودهای پرمصرف به حسب عنصر غذایی صرف نظر از سطح

کشت اراضی آبی و دیم، حدود ۱۱۷ و بر حسب کود نیز تقریباً معادل ۲۶۵ کیلوگرم بر هکتار (برحسب نوع کود مصرفی) است. با محاسبه فوق، نظرباینکه سطح کشت اراضی دیم و آبی در ایران ۱۴ میلیون هکتار است. بنابراین، نیاز سالانه کودهای شیمیایی پرمصرف در کشور در یک سال زراعی نرمال برحسب عنصر غذایی ۱/۶۴ میلیون تن و برحسب مقدار کود ۳/۶۴ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۲/۵۰، فسفاتی ۰/۶۴ و پتاسیمی ۰/۵۰ میلیون تن) برآورد می‌گردد و این در حالی است که نسبت کودی (ترکیب کودهای شیمیایی عناصر غذایی پرمصرف) در جهان به صورت (پتاسیم) ۲۶ - (فسفر) ۳۷ - (نیتروژن) ۱۰۰ است، لیکن، این نسبت در کشور ما نامتعادل بوده (در سال ۱۳۹۲ در ایران این نسبت برابر (پتاسیم) ۰۷ - (فسفر) ۳۴ - (نیتروژن) ۱۰۰ بود).

بنا به گزارش سازمان خواربار و کشاورزی (FAO)، دست کم ۳۳ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چهار دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. در کشورهایی که مصرف کود در آن‌ها بهینه است، این افزایش تولید می‌تواند تا ۶۰ درصد و حتی بیشتر نیز باشد. مدیر کل پیشین فائو در پیامی به مناسبت روز جهانی غذا در سال ۲۰۰۱، اعلام کرد که در کشورهای در حال توسعه، از کمبود عناصر ریزمغذی سالانه بیش از ۱۲۸ میلیارد دلار خسارت به فرآورده‌های کشاورزی وارد می‌شود. بدیهی است چنانچه ارتقاء سطح سلامت جامعه نیز مطرح باشد، این رقم بسیار بیشتر بوده و غیرقابل شمارش خواهد بود.

در حال حاضر، پس از تامین آب مورد نیاز گیاهان، مصرف بهینه کود مؤثرترین، سریع‌ترین، سهل‌الوصول‌ترین و از نظر اقتصادی قابل توجیه‌ترین راه تحقق افزایش عملکرد هکتاری (کُتی - کیفی) محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح بهداشت تغذیه جامعه می‌باشد. تغذیه بهینه گیاهی عمدتاً با مصرف بهینه کودها مخصوصاً کودهای ریزمغذی، زیستی و آلی در مزارع و باغ‌های میوه تحقق می‌یابد. بهینه کردن و افزایش کارایی کود و آب از روش‌هایی مانند توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار، کود آبیاری، جایگزینی مبنای مقدار تولید بر حسب کیلوگرم با مبنای تولید به ازای هر متر مکعب آب و یا هر کیلوگرم کود مصرفی که خود مزیت اقتصادی نوع کشت‌ها را مشخص می‌کند، امکان پذیر است. همچنین، در شرایط فعلی که امر مصرف بهینه (متوازن) کودها در مزارع و باغ‌ها شکل نگرفته و همگانی نشده و عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی نیز بسیار پایین می‌باشد و با رعایت اصول بهینه مصرف کودی همزمان با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، می‌توان به سهولت عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی را به مقدار قابل توجهی افزایش داد. کتاب مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها برای دستیابی به خودکفایی نسبی، امنیت غذایی و افزایش درآمد کشاورزان که هم اکنون آن را در دست مطالعه دارید، یکی از جدیدترین کتاب‌هایی است که در زمینه مصرف متعادل کودها تهیه شده است. مطالب کتاب حاضر بر اساس اطلاعات علمی و تجربی ۴۰ ساله، تحقیقات کلاسیک داخلی و تجارب کشاورزان موفق، تدوین شده است. در فصل اول، خاک سالم + کود سالم = تولید محصولات سالم کشاورزی = دام سالم = انسان سالم به بحث گذاشته شده و معنی و مفهوم خاک سالم - گیاه سالم - دام سالم - انسان سالم و یا به عبارت دیگر، پندار سلامتی از مزرعه می‌آید و نه از داروخانه، روش‌های تأمین امنیت غذایی (تولید پایدار) و همچنین سرنوشت کودها، نقش کودها در کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، رابطه مصرف بهینه کود با ارتقاء کیفیت نان و نقش غنی‌سازی در ارتقاء رتبه بهداشتی جامعه به بحث گذاشته شده است. در فصل‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم به مبانی علمی برای انجام توصیه بهینه کودی؛ بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها؛ نحوه تهیه کودهای مورد تأیید؛ توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی؛ توصیه بهینه کودی برای درختان میوه؛ توصیه بهینه کودی برای گل‌ها و درختچه‌های زینتی به طور علمی بیان شده و در فصل هفتم مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه (اثر بخشی کودهای

پرمصرف و روی در تولید محصولات کشاورزی سالم؛ ضرورت تغییر نگرش در نوع و مقدار کودهای فسفاتی مصرفی در کشور؛ چالش‌های پیش‌رو برای تولید محصولات کشاورزی سالم؛ بیش از ۲۰۰ پرسش کاربردی و پاسخ آن‌ها؛ منابع مورد استفاده؛ عنوان و چکیده مطالب کتاب به زبان انگلیسی درج شده است. همچنین، در پایان هر فصل، جمع‌بندی مطالب گنجانده شده است.

مستحضرد که تلاش عمده مراکز علمی جهان بر این است که با تحقیقات علمی بتوانند کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را در سطح قابل قبولی افزایش دهند. نظر به اینکه بیش از ۲۰ درصد نیاز غذایی گیاهان زراعی و دارویی تنها در طول زمان کوتاه گلدی (۱۰ تا ۱۴ روز) اتفاق می‌افتد (Bender و همکاران، ۲۰۱۳)* و از طرف دیگر، با توجه به اینکه خاک‌های زراعی کشور ما با کمبود مواد آلی (درجه حاصلخیزی پایین) مواجه می‌باشند و مصرف کودها حتی در شرایطی هم که بهینه باشند، چون عمدتاً قبل از زمان کاشت مصرف می‌شوند، این قبیل خاک‌های زراعی، توانمندی تأمین این مقدار نیاز غذایی بالای گیاهان را نداشته و در نتیجه عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی در کشور پایین می‌باشد. لذا، برای رفع این نقیصه، بهبود هرچه بیشتر کمی و کیفی محصولات کشاورزی و افزایش کارایی آب و کود، مصرف سرک کودهای پتاسیمی و روی به ویژه سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته برای تولید بیشتر محصولات کشاورزی ضرورت پیدا می‌کند. امیدوارم با بهره‌گیری از مطالب این کتاب، قدم کوچکی در مسیر توسعه پایدار، افزایش درآمد تولیدکنندگان محصولات کشاورزی با رعایت جنبه‌های زیست‌محیطی کشور برداشته شود. مشتاقانه در انتظار دریافت نظریات اصلاحی، پیشنهادها و انتقادهای شما عزیزان هستم تا با رفع کاستی‌ها، در مسیری به سوی بهتر شدن کیفیت کتاب قدم بردارم. ان‌شاءالله.

در خاتمه، نویسنده از لطف و مساعدت‌های علمی دوستان و همکاران به ویژه جنابان آقایان دکتر عیسی کلانتری، دکتر محمد بای‌بوردی، مهندس هرمز امیرمکری، دکتر سیدجلال طباطبایی، همکاران در گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به ویژه جناب آقای دکتر رسول راهنمایی، همکاران در مؤسسه تحقیقات خاک و آب به ویژه جنابان آقایان دکتر پیمان کشاورز، دکتر احمد بای‌بوردی، دکتر محمد مهدی طهرانی و دکتر عزیز مجیدی، دانشجویان دکتری و کارشناسی‌ارشد گروه‌های خاکشناسی و باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به ویژه آقایان مهندس سجاد بیات، مهندس علی رضایی، مهندس علی‌اکبر زارع، مهندس محمد پسندیده، مهندس مصطفی عبدالله‌پور، مهندس محمد توفیقی، مهندس امید کمانگر و خانم‌ها مهندس افرا، مهندس ناصری، مهندس کریمی، مهندس حاتم، مهندس امینی، مهندس انصاری، محققان، کارشناسان و مولدین سخت‌کوش کشاورزی که در تهیه پرسش و پاسخ و ویراستاری کتاب حاضر با اینجانب همکاری داشته‌اند، تشکر و سپاسگزاری می‌نماید. همچنین، از مدیرعامل، اعضای محترم هیئت مدیره و همکاران ارجمند شرکت مروارید ارسباران به خاطر حمایت‌های بی‌دریغشان در تأمین هزینه‌های چاپ کتاب حاضر، از زحمات سرکاران خانم‌ها رفیعی، هدایتی و نوری برای کمک در تایپ و از همکاران محترم شرکت مبلغان به ویژه سرکار خانم نجاری و جنابان آقایان ایوب سعادت و سعید صدوقی که در تدوین و چاپ چهارم این کتاب همکاری دلسوزانه داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

محمدجعفر ملکوتی

استاد بازنشسته دانشکده تربیت مدرس

تابستان ۱۳۹۷



تقریظ ۱

در یک دهه گذشته مخصوصاً در سه سال اخیر، نه تنها افزایش قابل توجهی در تولید محصولات کشاورزی در جهان تحقق نیافته، بلکه در اثر بروز خشکسالی در چند سال گذشته در برخی از نقاط دنیا مثل چین، هندوستان، روسیه، شاخ آفریقا و حتی بارندگی‌های فراوان در برخی سال‌ها در استرالیا و پاکستان (زیر آب رفتن محصولات کشاورزی) و آتش سوزی مهیب در مزارع حومه مسکو، جهان با کاهش تولید نیز مواجه بوده است. عوامل فوق و برخی عوامل دیگر سبب شده آمار گرسنگان جهان که قرار بود تا سال ۲۰۱۲ نصف شود، نه تنها تحقق نیافت بلکه گرسنگان جهان از ۸۰۰ میلیون نفر به بیش از یک میلیارد نفر رسیده است. قیمت محصولات کشاورزی نیز افزایش کم سابقه‌ای یافته است. علاوه بر این اتفاقات، تحریم‌های جهانی علیه ایران زنگ خطر جدی برای دستیابی به افزایش تولید و تأمین امنیت غذایی جامعه می‌باشد.

گزارش ارزیابی عملکرد بخش کشاورزی در برنامه چهارم توسعه حاکی است که به جای رشد ۶/۵ درصدی پیش‌بینی شده، سالانه فقط توانسته‌اند ۱/۴ درصد نرخ رشد داشته باشند که مایوس‌کننده بوده و مؤید عدم توجه به برنامه تولید و یا اشتباه در برنامه‌ریزی بوده است. از طرف دیگر، در حالی که مقدار و ارزش تراز تجاری محصولات کشاورزی ایران در سال ۱۳۸۲ با واردات ۶/۲ میلیون تن و ارزش منفی ۸۴۷ میلیون دلار مواجه بوده، لیکن این مقدار در سال ۱۳۹۱ با ۱۸/۱ میلیون تن واردات و تراز تجاری منفی به ارزش ۸/۶ میلیارد دلار (با رشد منفی ۹ برابری) مواجه بوده است. به عبارت دیگر رشد منفی تراز تجاری محصولات کشاورزی در طول این ده سال (۹۲-۱۳۸۳) سه برابر و ارزش تراز تجاری محصولات کشاورزی در خلال همین مدت بیش از ۹ برابر رشد منفی داشته است. همچنین، در سال ۱۳۹۱ با رشد اقتصادی منفی ۵/۸ درصد، تولید محصولات اساسی برای حدود ۵۰ درصد جمعیت کشور کافی بود. بدین ترتیب فقط عزم جدی مسئولین کشور را می‌طلبد تا حداقل با به کارگیری یافته‌های علمی علی‌الخصوص مصرف بهینه کودی و افزایش کارایی آب و کود، وابستگی کشور به محصولات کشاورزی را کاهش و غنی‌سازی محصولات کشاورزی را افزایش دهیم. بدیهی است در صورت رعایت آن، علاوه بر بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، به افزایش عملکرد تولید در هکتار و تولید در ازا مصرف واحد آب نیز نائل خواهیم آمد.

کتاب ارزشمند توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها با هدف خودکفایی نسبی، تأمین امنیت غذایی جامعه و افزایش درآمد کشاورزان که هم اکنون آن را در دست مطالعه دارید، یکی از جدیدترین کتاب‌هایی است که در مورد توصیه بهینه کودی، مباحث تولید و مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و غنی‌سازی محصولات کشاورزی، تهیه شده است. با اطمینان می‌توان گفت که با اجرایی کردن مطالب کتاب مذکور، علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات تولیدی، سطح سلامت جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت. به عنوان دبیرکل خانه کشاورز که سرای کلیه کشاورزان اعم از دامداران، مرغداران، زارعین، باغداران، صیادان و صاحبان صنایع غذایی می‌باشد، لازم می‌دانم از زحمات نویسنده گرانسنگ کتاب حاضر نهایت سپاسگزاری خود را اعلام داشته و از خداوند منان برای همه زحمت‌کشان در بخش کشاورزی مخصوصاً جناب آقای دکتر محمدجعفر ملکوتی آرزوی توفیق و سلامتی کنم.

عیسی کلانتری
دبیرکل خانه کشاورز

۱۳۹۳/۲/۲۹

تقریظ ۲

کسانی که با کردار، گفتار، پندار، شیوه تدریس و مدیریتی جناب آقای دکتر محمدجعفر ملکوتی آشنایی دارند، به این نکته معترف خواهند بود که مشارالیه با پشتکار و جسارت در خور تحسین در سه دهه اخیر منشاء خیر برای کشاورزی ایران بوده‌اند و این باقیات صالحات را از طریق دگرگون سازی باورهای جا افتاده و گهگاه نادرست کاربرد کودهای شیمیایی در میان کشاورزان و راه‌اندازی انواع پژوهش‌ها در پهنه کشور و جلب مشارکت همکاران اعم از دولتی، خصوصی و دانشجویان در مقاطع مختلف، به انجام رسانده و نتایج آن را بصورت صدها مقاله علمی، کتاب و نشریه‌های ترویجی چاپ و منتشر کرده‌اند. کتاب حاضر نیز از این امر مستثنی نیست و با عنایت به کتاب قبلی ایشان تحت عنوان روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کودی برای کشاورزی پایدار که هفت بار توسط دانشگاه تربیت مدرس تجدید چاپ شده، نشانه‌ای از استقبال علاقه‌مندان از این کتاب جدید خواهد بود که علاوه بر داشتن مطالبی راهبردی، نتایج پژوهش‌های پژوهندگان ایران و چالش‌های گذشته و آینده در قالب انجام مصرف بهینه کودی را ارائه خواهند نمود.

امیدوارم نگارنده محترم کتاب ارزشمند توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها با هدف خودکفایی نسبی، تامین امنیت غذایی جامعه و افزایش درآمد کشاورزان که هم اکنون آن را در دست مطالعه دارید موفق و موید باشند. این کتاب یکی از جدیدترین کتاب‌هایی است که در مورد حاصلخیزی خاک، بهبود تغذیه گیاهی، تولید پایدار، امنیت غذایی، توصیه مصرف بهینه کودی با استفاده از نتایج تجزیه خاک در مزارع، نتایج تجزیه برگ در باغ‌های میوه و درختان زینتی کشور تهیه شده است. با اطمینان می‌توان گفت که با اجرایی کردن مطالب کتاب مذکور، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات تولیدی، سطح سلامت جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت. امید است در چاپ‌های بعد نیز همین شیوه مرضیه را در پیش گرفته، در موارد لازم، بازبینی‌های ضروری را انجام دهند. از خوانندگان گرامی این کتاب نیز خواستارم که هر سخنی درباره مطالب کتاب دارند به آگاهی نویسنده محترم برسانند تا رفع هرگونه نقص و عیب در چاپ بعدی انجام شود. برای اینجانب نیز نوشتن این چند سطر فرصت مغتنمی است که کماکان ضمن آرزوی سلامتی و کامیابی برای مشارالیه، شاهد تداوم جنب و جوش ایشان در عرصه‌های گسترده آموزش، پژوهش و ترویج در توسعه کشاورزی ایران باشم.

اینک که این کتاب ارزشمند علمی و کاربردی به همت خانه کشاورز چاپ می‌شود، امید که با گسترش و مقبولیتی که این خانه در میان کشاورزان کشور دارد، کاربرد آن همه‌گیر شود. زیرا چاپ و انتشار آن در خانه کشاورز مهر تأییدی بر درونداشت آن است. امیدوارم خانه کشاورز که با همت جناب آقای دکتر عیسی کلانتری دبیر کل محترم خانه کشاورز پایه‌گذاری شده و می‌رود که به تنها اتحادیه راستین کشاورزان ایران تبدیل شود، در چاپ کتب و دفاتر مشابه که به افزایش دانش تولیدی کشاورزان گرامی می‌انجامد و ممکن است مورد غفلت نهادهای مسئول دولتی قرار گیرد، پیشقدم و کامیاب باشد.

محمد بای‌پوردی

۹۳/۰۲/۰۷

کشور ما با دارا بودن یک درصد اراضی جهان، سهمی در حدود یک درصد از کل تولیدات کشاورزی دنیا را دارا است. سهم اراضی دیم در دنیا حدود ۶۵ درصد با حدود ۳۵ درصد از تولید جهانی است. لیکن، سهم اراضی دیم در کشاورزی ایران حدود ۴۰ درصد با حداکثر ۱۰ درصد تولید کشور است. به عبارت دیگر، کشاورزی کشور متکی به اراضی آبی است. این در حالی است که منابع آب کشور هم از نظر کمی و هم از نظر کیفی با بحران بسیار شدیدی مواجه است. میزان عملکرد محصولات کشاورزی اعم از زراعی و یا باغی نیز نسبت به ظرفیت‌های منابع و تکنولوژی‌های مورد استفاده بسیار کمتر از انتظار است و از آن جهت، برنامه چهارم توسعه تاکنون با روند کاهش، مواجه بوده است.

ناپایداری کشاورزی، توجه و اصرار به توسعه کشت بعضی محصولات کشاورزی نظیر گندم، کم توجهی به برنامه‌های پایدار در برنامه‌های کشت، عدم ورود سرمایه و تکنولوژی باعث گردیده کشاورزی کشور با تهدیدهای جدی مواجه گردد. ظرفیت آبی کشور در کلان، مگر در مناطق محدودی امکان توسعه را نمی‌دهد و همزمان حفظ سطح زیر کشت محصولات موجود در اغلب نقاط کشور فراهم نخواهد بود. میزان عملکرد اغلب محصولات زراعی نسبت به هزینه‌های تولید آنها سودآور نیست. به منظور ارتقاء سطح سلامتی و اثرگذاری بیشتر در تغذیه، کیفیت تولیدات نیز باید بهبود پیدا کنند. لذا برنامه‌های کشاورزی بایستی در راستای کاهش تقاضا و ارتقاء بهره‌وری از منابع آب، کمک به تولید پایدار، کاهش کشت بهاره و افزایش کشت‌های پاییزه و از همه مهمتر اقتصادی نمودن تولید باشد تا با رعایت اصول مصرف بهینه کود موجب تقویت امنیت غذایی و رعایت مزیت نسبی مناطق و عرضه محصولات غنی شده گردد.

امیدوارم مجموعه‌ای که با تلاش و زحمات دوست عزیز و دانشمند فرهیخته جناب آقای دکتر ملکوتی با بهره‌گیری از تجربیات ارزنده و اطلاعات دقیق ایشان از کشاورزان کشور تهیه شده، بعنوان دستور العمل و چهارچوب رفتارهای تغذیه گیاهان تحت کشت، مورد اقبال و استفاده خدمتگزاران و تولیدکنندگان عزیز قرار گیرد.

عباس کشاورز
معاون وزیر در امور تولیدات گیاهی
وزارت جهاد کشاورزی
سی ام اردیبهشت ماه ۱۳۹۸

پیش‌گفتار چاپ سوم

بنا به گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و برخی از محققین، دست کم ۲۳ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چهار دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. در کشورهایی که مصرف کود در آنها بهینه است، این افزایش تولید می‌تواند تا ۶۰ درصد و حتی بیشتر نیز باشد. مدیر کل پیشین فائو در پیامی به مناسبت روز جهانی غذا، اعلام کرد که از کمبود عناصر ریزمغذی سالانه در کشورهای در حال توسعه، بیش از ۱۲۸ میلیارد دلار خسارت به فرآورده‌های کشاورزی وارد می‌شود. بدهی است چنانچه ارتقاء سطح سلامت جامعه نیز مطرح باشد، این رقم بسیار بیشتر بوده و غیرقابل شمارش خواهد بود.

بی‌گمان یکی از اصول اولیه تولید پایدار، ارتقاء کیفی خاک از بُعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک است. در حالی که نسبت جذب عناصر غذایی از خاک عمدتاً به صورت $100(N) - 15(P) - 80(K) - 20(S) - 20(Ca) - 15(Mg) - 0.50(Fe) - 0.30(Mn) - 0.20(Zn) - 0.10(Cu) - 0.05(B)$ می‌باشد. لیکن در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از کودهای مصرفی کشور را کودهای نیتروژنی و فسفاتی تشکیل می‌دهند. این موضوع عملاً رُنگ خطری برای تولید محصولات کشاورزی سالم و تهدیدی برای امنیت غذایی کشور می‌باشد. نتایج پژوهش‌ها نشان داده که با مصرف نامتعادل کودها به ویژه زیاده روی در مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی، افزون بر افزایش تجمع نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd)، از کیفیت محصولات کشاورزی نیز کاسته می‌شود. با استمرار در مصرف مواد غذایی با کیفیت پایین، رتبه بهداشتی جامعه نیز افت پیدا می‌نماید. رتبه بهداشتی جامعه ما در میان ۱۹۲ کشور، ۱۲۳ است. متأسفانه علت اصلی این رتبه بسیار پایین، سوء تغذیه می‌باشد. یکی از دلایل مهم سوء تغذیه، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع، باغ‌ها و عدم توجه به محتوای شعاع پیشگیری بهتر از درمان می‌باشد. به رغم آن که بیش از ۸۵ درصد مردم کشور ظاهراً سیر می‌باشند، لیکن حدود ۹۰ درصد آنان به نحوی دچار گرسنگی سلولی هستند و دلیل اصلی آن عدم توجه متولیان تامین محصولات غذایی به مفهوم امنیت غذایی می‌باشد. پژوهش‌ها در کشور ثابت کرده که رابطه‌ای تنگاتنگ بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود دارد و منشأ اکثر کمبودها و بیماری‌های انسانی به سوء تغذیه باز می‌گردد. پایین بودن کیفیت خاک‌های زراعی و تغذیه نامتعادل گیاهی که متأسفانه امروزه گریبان گیر بخش کشاورزی کشور شده است، منجر به سوء تغذیه انسانی گردیده است. از علایم سوء تغذیه در جامعه ایران می‌توان به ریزش مو، بد اخلاقی، سرماخوردگی‌های مزمزم، کم حوصلگی، خستگی مفرط، پوکی استخوان، تشدید کوتاهی قد، افسردگی، کم خونی، سرطان گوارشی و ایمنی پایین بدن اشاره نمود.

با بهبود تغذیه گیاهی که عمدتاً با مصرف بهینه کودها به ویژه کودهای آلی، زیستی، گوگردی و ریزمغذی در مزرعه تحقق می‌یابد، افزون بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، بخش عمده‌ای از سوء تغذیه را می‌توان برطرف و وضعیت تغذیه‌ای مردم را اصلاح نمود. همچنین به دلیل افزایش ایمنی بدن، نیاز به انواع مکمل‌های غذایی و داروها در کشور به گونه‌ای چشم‌گیر کاهش یافته و در نهایت رتبه بهداشتی جامعه نیز اصلاح می‌شود. انجام این امر مهم که از طریق اصلاح در سیستم یارانه‌ای و نظام تامین و عرضه متوازن تمام کودهای مورد نیاز گیاهان، قابل تحقق می‌باشد، افزون بر صرفه‌جویی ارزی، باعث ایجاد اشتغال گسترده در کشور از طریق راه‌اندازی کارخانه‌های تولید کودهای آلی، شیمیایی و زیستی خواهد شد. همچنین، با رعایت اصول مصرف بهینه کودی علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسید فیتیک به روی PA/Zn) که با کوددهی سنتی (اوره و فسفات) بیش از ۵۰ می‌باشد، تا حد استاندارد قابل قبول (کمتر از ۲۵) کاهش یافته و در نتیجه می‌توان نان سبوس دار غنی شده را به جامعه ارائه نمود.

برای تحقق اهداف قید شده در این کتاب به ویژه همگانی شدن مصرف بهینه کودی (کوددهی بر پایه نتایج تجزیه خاک‌های زیرکشت فرآورده‌های زراعی، دارویی، زینتی و درختان جدیدالاحداث و کوددهی در درختان میوه و زینتی بر پایه نتایج تجزیه برگ‌ی باشد)، حفظ منابع پایه، تولید پایدار، افزایش عملکرد هکتاری، افزایش کارایی کود و آب، نیل به خودکفایی نسبی، غنی‌سازی محصولات کشاورزی و از همه مهم‌تر ارتقاء سطح سلامت جامعه و بهبود وضعیت معیشتی تولیدکنندگان کشاورزی، مطالعه کتاب حاضر را برای اساتید، محققین، کارشناسان و متخصصین کشاورزی، دانشجویان و مولدین کشاورزی توصیه می‌نماید. امید است تا زمان چاپ چهارم، با کاربردی کردن مطالب درج شده در این کتاب و کتاب‌های علمی مشابه و همگانی کردن تجزیه خاک و گیاه در طول برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله، افزون بر نیل به خودکفایی نسبی و تولید محصولات کشاورزی با کیفیت برتر، کارایی کودها را افزایش و مقدار آلاینده‌هایی همچون نیتрат و کادمیوم را در محصولات کشاورزی کاهش و از این رهگذر در نیل به تندرستی جامعه موفق باشیم.

گفتنی است که در فاصله زمانی چاپ اول و چاپ حاضر این کتاب که مصادف با شروع برنامه ششم توسعه است، هدف اصلی وزارت جهاد کشاورزی که افزایش عملکرد هکتاری بود، جای خود را حداقل در شعار به افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت، غنی‌سازی محصولات کشاورزی، تولید پایدار، ارتقاء سطح سلامت جامعه و تغییر سبب غذایی مردم از تامین کالری به سیر شدن سلول‌های بدن انسان از عناصر معدنی مفید داده است و امید می‌رود غنی‌سازی محصولات کشاورزی، تغییر جهت یارانه کودها، تولید و مصرف کودهای آلی و زیستی در سطح کلان همراه با کودهای شیمیایی و اصلاح فرمول کودی کشور در راستای نیل به تولید پایدار، تا چاپ بعدی کتاب حاضر به طور جد توسط مسئولان اجرایی کشور در عمل به اجرا در آورده شوند. اخیراً معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی به منظور افزایش مواد آلی خاک‌های زراعی کشور و در راستای نیل به مصرف بهینه کودی برای دستیابی به محصولات کشاورزی سالم، نسبت به تشکیل دفتر سلامت اقدام و شرکت خدمات حمایتی کشاورزی نیز خرید و توزیع انواع مواد کودی از جمله کودهای آلی غنی شده را در برنامه جاری خود قرار داده که درخور تقدیر و سپاسگزاری است.

در یک سال و نیمی که از چاپ این کتاب می‌گذرد، استقبال از آن به اندازه‌ای بوده که در طی این مدت دو بار انتشار و علاقه‌مندان، نویسنده را مورد تفقد قرار داده و ابهامات کتاب را گوشزد نموده که در چاپ حاضر، این اصلاحات تا حد ممکن با اعمال تغییرات فراوان، انجام گرفت. با تشکر از تیزبینی و لطف آنان، تمام اشکال‌ها مورد توجه قرار گرفته و در فصل هفتم افزون بر درج مطالب علمی نو، بیش از ۷۰ پرسش کاربردی به همراه پاسخ آن‌ها اضافه گردید که امید است با بهره‌گیری از مطالب این کتاب، قدم کوچکی در مسیر توسعه پایدار و افزایش درآمد تولیدکنندگان محصولات کشاورزی با رعایت جنبه‌های زیست محیطی، برداشته شود. ان شاء الله. در خاتمه، نویسنده از لطف همکاران به ویژه جنابان آقایان دکتر مهدی همایی، دکتر رسول راهنمایی و دکتر حسینعلی بهرامی اساتید محترم گروه خاکشناسی، دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به ویژه آقایان مهندس محمد پسندیده، مهندس مجتبی مقبلی، مهندس مصطفی عبدالله پور و خانم‌ها مهندس نظامی، مهندس آقامیر، مهندس امینی، مهندس جوکار و همکاران محترم موسسه تحقیقات خاک و آب برای ویراستاری و تهیه چند پرسش و پاسخ با اینجانب همکاری داشته‌اند، از اعضای محترم خانه کشاورز، مدیریت محترم شرکت مروارید ارس باران به خاطر حمایت‌های بی‌ریغشان، از سرکاران خانم‌ها رفیعی، هدایتی و پیرزاده برای تایپ و از همکاران محترم شرکت مبلغان به ویژه سرکار خانم نجاری و جناب آقای صدوقی که در تدوین و چاپ سوم این کتاب همکاری دلسوزانه داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

محمدجواد ملکوتی

استاد دانشگاه تربیت مدرس

۱۳۹۴/۹/۹

پیش‌گفتار چاپ اول

برای تجسم وضعیت کشاورزی کشور، قسمتی از مطالب ایراد شده توسط جناب آقای دکتر روحانی ریاست محترم جمهوری در چهارمین کنگره خانه کشاورز که در آبان ماه سال ۱۳۹۲ در تهران برگزار گردید و نیز گزیده‌ای از مصاحبه اخیر جناب آقای دکتر کلانتری دبیرکل محترم خانه کشاورز درج می‌گردد: ریاست محترم جمهوری فرمودند که دولت را با آمار دهشتناک و نگران‌کننده تحویل گرفتیم؛ ۱۰۰ میلیارد دلار درآمد ارزی سالانه کشور چه شد؟ وضعیت کشاورزی کشور در شروع فصل کشت سال جاری بدین صورت می‌باشد که دولت تدبیر و امید آنرا تحویل گرفته‌است: بیشترین درآمد در طول ۸ سال گذشته و پدهکارترین کشور در سال ۱۳۹۲؛ تورم ۴۱ درصد با رشد اقتصادی منفی ۵/۸ درصد؛ تولید کالاهای اساسی فقط برای ۵۰ درصد جمعیت کشور در سال ۱۳۹۱؛ میزان واردات گندم ۶ میلیون تن؛ در نیمه اول سال ۱۳۹۲ بالغ بر ۱۰ میلیارد دلار ارز برای تأمین مواد غذایی از کشور خارج شده است؛ درآمدهای ارزی چند سال اخیر کجا سرمایه‌گذاری شده است؟

دبیرکل محترم خانه کشاورز نیز به وضعیت تولید غذا در کشور اشاره کرد و اظهار داشت در سال ۱۳۸۴ برای ۴۴ میلیون نفر کالاهای اساسی با پنج میلیارد متر مکعب بیلان منفی آبهای زیرزمینی تولید شد، اما در سال ۹۱ فقط برای ۳۳ میلیون نفر با ۱۱ میلیارد متر مکعب بیلان منفی کالاهای اساسی تولید کردیم. وی ادامه داد در واقع ما بهای این امر را به علت عدم سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی و مدیریت ضعیف، پرداخت می‌کنیم. به علت استفاده بی‌رویه از آب‌های موجود، اکنون در شرق کشور با کمبود آب شیرین مواجهیم که سبب شده شوری آب در شرق کشور افزایش یافته و این امر به تدریج دامنگیر استان‌های غربی نیز خواهد شد. دبیرکل خانه کشاورز ایران گفت سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی به کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. در حال حاضر کارایی آب در محصولات زراعی حدود یک کیلوگرم بازا هر متر مکعب آب مصرفی است. با اعمال مدیریت آب و تغییر روش‌های آبیاری سنتی به روش‌های مدرن، رعایت ضوابط زیست محیطی، کاهش روان‌آب‌ها و افزایش حداکثر بهره‌وری، تحت چنین شرایط ایده‌آلی، تولیدات کشاورزی فقط برای کمتر از ۱۰۰ میلیون نفر در کشور کافی خواهد بود.

بنابراین چالش‌های امروزی در امنیت غذایی کشور عبارتند از کمبود آب (در حالی که در اوایل دهه ۱۳۷۰، میزان آب مصرفی در کشاورزی حدود ۹۰ میلیارد متر مکعب در سال بوده، در حال حاضر این رقم به کمتر از ۷۰ میلیارد متر مکعب در سال کاهش یافته است)؛ فرسایش خاک (ایران در فرسایش رتبه اول جهانی را داراست. میزان فرسایش ۱۶/۴ تن در هکتار برآورده می‌شود که حدود ۳ برابر متوسط قاره آسیا است)؛ شور شدن خاک‌های زراعی کشور (در طول ۲۰ سال گذشته، میزان شوری آب آبیاری بیش از سه برابر افزایش یافته است)؛ کاهش سرانه زمین زراعی در ایران که در نیم قرن اخیر از ۸۰/۰ هکتار به ۲۰/۰ هکتار کاهش یافته است (حدمطلوب گزارش شده توسط فائو برابر ۵۰/۰ هکتار است)؛ تغییر کاربری اراضی همراه با خرد شدن اراضی زراعی (در طول ۴۰ سال گذشته تقریباً اکثر اراضی زراعی و باغی در حاشیه شهرستان‌ها تبدیل به ساختمان شده و در همین بازه زمانی، تعداد بهره‌برداران کوچک از ۱/۵ میلیون نفر به ۳ میلیون نفر افزایش یافته است-رادیو ایران، ۱۳۹۳) و کمبود مواد آلی (بیش از ۶۰ درصد از خاک‌های کشاورزی کشور، کمتر از یک درصد مواد آلی دارند). تمامی عوامل فوق‌زنگ خطر جدی برای مسئولین در دستیابی به تأمین امنیت غذایی جامعه بوده و لازم است حداقل با به کارگیری

یافته‌های علمی به ویژه مصرف بهینه کود، علاوه بر بهبود کیفیت و غنی‌سازی محصولات کشاورزی، حداقل به ۲۵ درصد افزایش عملکرد نائل آییم.

کتاب توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران؛ تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها با هدف خودکفایی نسبی، تأمین امنیت غذایی جامعه و افزایش درآمد کشاورزان که هم اکنون آن را در دست مطالعه دارید، یکی از جدیدترین کتاب‌هایی است که در زمینه مصرف متعادل کودها تهیه شده و توسط خانه کشاورز منتشر می‌شود. مطالب کتاب حاضر بر اساس اطلاعات علمی و تجربی ۳۰ ساله، تحقیقات کلاسیک داخلی و تجارب کشاورزان موفق داخلی تدوین شده است. در فصل اول سلامت خاک، کود مناسب، کیفیت مطلوب تولیدات کشاورزی و سلامت انسان به بحث گذاشته شده و معنی و مفهوم خاک سالم- گیاه سالم- دام سالم- انسان سالم و یا عبارت دیگر پندار سلامتی از مزرعه می‌آید، روش‌های تأمین امنیت غذایی (تولید پایدار) و همچنین سرنوشت کودها، نقش کودها در کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، رابطه مصرف بهینه کود با ارتقاء کیفیت نان و نقش غنی‌سازی در ارتقاء رتبه‌بهداشتی جامعه به بحث گذاشته شده است. در فصل‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم به مبانی علمی انجام توصیه کودی دقیق؛ نقش عناصر غذایی در رشد گیاهان؛ انواع، زمان و روش مصرف کودهای آلی، زیستی و شیمیایی؛ نحوه تهیه کودهای مورد تأیید؛ تعیین نیاز کودی گیاهان زراعی، دارویی، باغی و گل‌های زینتی؛ توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی، درختان میوه، گل‌ها و درختچه‌های زینتی بطور علمی قید شده و همچنین در پایان هر فصل، جمع‌بندی مطالب انجام شده است. در فصل هفتم حدود ۱۵۰ پرسش کاربردی به همراه پاسخ آن‌ها و منابع مورد استفاده گنجانده شده است. امیدوارم با بهره‌گیری از مطالب این کتاب، قدم کوچکی در مسیر توسعه پایدار، افزایش درآمد تولیدکنندگان محصولات کشاورزی با رعایت جنبه‌های زیست‌محیطی کشور برداشته شود. مشتاقانه در انتظار دریافت نظریات اصلاحی، پیشنهادها و انتقادهای شما عزیزان هستم تا با رفع کاستی‌ها، در مسیری به سوی بهتر شدن کیفیت کتاب قدم بردارم. ان‌شاءالله. در خاتمه بدینوسیله از جناب آقای دکتر عیسی کلانتری دبیر کل محترم خانه کشاورز و جنابان آقایان دکتر محمد بای‌بوردی، مهندس مهدی پارسا، مهندس عباس کشاورز، مهندس امیرمکری، دکتر رسول راهنمایی، دکتر عزیز مجیدی، دکتر پیمان کشاورز، دکتر کاظم خاوازی، دکتر فرهاد رجالی، دکتر هادی اسدی رحمانی، دکتر احمد بای‌بوردی، دانشجویان گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به ویژه آقای مهندس سعید اکبری و سرکار خانم دکتر نظامی برای ویراستاری علمی، از سرکاران خانم‌ها رفیعی، هدایتی و گوگانی برای تایپ و تنظیم و از تمام همکاران انتشارات مبلغان که در تدوین و چاپ این کتاب همکاری صمیمانه داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید. ضمناً از مدیریت محترم انتشارات مبلغان که برای چاپ این کتاب هزینه‌ای را دریافت نکردند، سپاسگزاری می‌نماید. همچنین از اعضای محترم خانواده‌ام که با ارائه پیشنهادهای سازنده خود در تکمیل و کاربردی‌تر نمودن کتاب حاضر، نقش بسیار مهمی را ایفاء نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم.

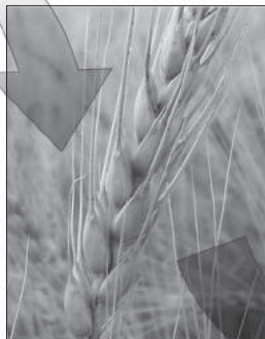
محمدجعفر ملکوتی

استاد دانشگاه تربیت مدرس

۱۳۹۳، ۲، ۲۹

فصل اول

مقدمه: (خاک سالم + کود سالم =
تولید محصولات کشاورزی سالم =
دام سالم = انسان سالم)



۱-۱- نگاه اجمالی

در بیانیه جهانی غذا (۱۹۹۶)، از حاصلخیز نمودن خاک به عنوان کلید تحقق امنیت جهانی غذا (کشاورزی پایدار) نام برده شده است (Balali و همکاران، ۲۰۰۳). همان طور که مستحضر هستید یکی از ابزارهای مهم برای حاصلخیزی خاک، استفاده از کودها می باشد، زیرا امروزه از کودها برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می شود. لیکن، مصرف کود باید بتواند علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و ضمن آلوده نکردن محیط زیست، تجمع مواد آلاینده را در اندام های مصرفی تولیدات کشاورزی به حداقل مقدار ممکن تنزل دهد تا سلامتی انسان نیز به مخاطره نیفتد (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).

بنا به گزارش سازمان غذا و کشاورزی (FAO)، حداقل ۳۳ درصد افزایش محصولات کشاورزی^۱ در جهان طی چهار دهه گذشته، مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است (Hamdallah، ۲۰۰۰) و در کشورهایی که مصرف کود در آن ها بهینه است، این افزایش تولید با مدیریت مطلوب سایر عوامل مؤثر در تولید، ۶۰ درصد و حتی بیشتر نیز گزارش شده است (ملکوتی، ۱۳۷۵). از طرف دیگر، Stewart و همکاران (۲۰۰۵) براساس گردآوری نتایج ۳۶۲ آزمایش مزرعه ای، نقش کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد برخی از محصولات زراعی از جمله گندم، ذرت، سویا و برنج را بررسی و به این نتیجه رسیدند که ۴۰ تا ۶۰ درصد تولیدات کشاورزی در آمریکا و انگلستان مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده و این مقدار افزایش درصد در مناطق استوایی از ۶۰ درصد نیز بیشتر بوده است. دیوف مدیر کل اسبق FAO در پیامی به مناسبت روز جهانی غذا (۲۰۰۱) اعلام نمود که از کمبود عناصر ریزمغذی سالانه در کشورهای در حال توسعه، بیش از ۱۲۸ میلیارد دلار خسارت به محصولات کشاورزی وارد می گردد و اگر نقش ریزمغذی ها در شرایط امروزی بعد از ۱۵ سال از بعد اقتصادی و ارتقای سطح سلامت جامعه مدنظر قرار داده شود، این رقم بسیار بیشتر و غیرقابل شمارش خواهد بود.

یکی از اصول اولیه تولید پایدار، ارتقاء کیفی خاک از بعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصرغذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک می باشد (بای بوردی، ۱۳۸۵) که متأسفانه در برنامه

۱. هدف از تولید محصولات کشاورزی سالم عبارت است از محصولات کشاورزی اعم از زراعی و یا باغی که در آن ها غلظت عناصرغذایی مفید برای سلامت انسان از حد استاندارد (نرمال) بیشتر بوده ولیکن غلظت آلاینده هایی نظیر نیترات (NO_۳)، کادمیوم (Cd) و سرب (Pb) در آن ها کمتر از حد مجاز باشد.

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۳

کودی کشور ما نادیده گرفته شده است. زیرا درحالی که نسبت جذب عناصر غذایی از خاک عمدتاً به صورت $100(B) + 10(Cu) + 20(Zn) + 30(Mn) + 50(Fe) + 15(Mg) - 30(Ca) - 30(S) - 80(K) - 15(P) - 100(N)^*$ می باشد. لیکن، در حال حاضر بیش از ۹۵ درصد از کودهای مصرفی کشور را فقط کودهای نیتروژنی و فسفاتنی تشکیل می دهند. این موضوع عملاً زنگ خطری برای تولید محصولات کشاورزی سالم و در نهایت تهدیدی برای امنیت غذایی کشور می باشد (ملکوتی، ۱۳۸۹).

استمرار در مصرف نامتعادل کودها علاوه بر این که تهدید جدی برای سلامت خاک می باشد، سبب کاهش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی نیز می گردد. مصرف نیتروژن مازاد بر نیاز در مزارع سبزی و صیفی، علاوه بر افزایش تجمع نیترات، از غلظت ویتامین C تا حد ۲۶ درصد می کاهد، ولی با رعایت اصول مصرف بهینه کودها، به ویژه مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، علاوه بر بهبود کیفیت و خوش خوراکی، به غلظت ویتامین C تا حد ۲۰ درصد افزوده می گردد (Welch، ۲۰۰۳). بنابراین، در حال حاضر مصرف بهینه کود (مصرف کودها در گیاهان زراعی و دارویی براساس نتایج تجزیه خاک و در درختان میوه و زینتی مبتنی بر نتایج تجزیه برگ) مؤثرترین، سریع ترین، سهل الوصول ترین و اقتصادی ترین راه تحقق افزایش عملکرد هکتاری و غنی سازی محصولات کشاورزی می باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

بر پایه گزارش سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۷)، رتبه بهداشت و سلامت جامعه ما از میان ۱۹۲ کشور، ۱۲۳ است. متأسفانه علت اصلی این رتبه بسیار پایین، سوء تغذیه می باشد. به رغم آن که بیش از ۸۵ درصد مردم کشور ظاهراً سیر می باشند، لیکن حدود ۹۰ درصد آنان به نحوی دچار گرسنگی سلولی هستند و دلیل اصلی آن عدم توجه متولیان تأمین محصولات غذایی به مفهوم امنیت غذایی می باشد. با نگاهی به تعریف امنیت غذایی (اطمینان از دسترسی فیزیکی و اقتصادی همه مردم به غذای کافی، سالم و مغذی در تمام اوقات به منظور داشتن زندگی سالم و فعال)، این وظیفه دولت هاست که مسئولیت تحقق امنیت غذایی کشورشان را بر عهده داشته باشند. یکی از دلایل مهم سوء تغذیه، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود در مزارع، باغ ها و عدم توجه به محتوای شعار پیشگیری بهتر از درمان می باشد. تحقیقات در کشور ثابت کرده است که رابطه تنگاتنگی بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود داشته و منشاء اکثر کمبودها و بیماری های انسانی به سوء تغذیه (سونا می خاموش) برمی گردد. پایین بودن کیفیت خاک های زراعی و تغذیه نامتعادل گیاهی (مصرف نامتعادل کودها)، که متأسفانه امروزه گریبان گیر بخش کشاورزی کشور شده است، منجر به سوء تغذیه انسانی گردیده است. از علائم سوء تغذیه در جامعه ایرانی می توان به ریزش مو، بد اخلاقی، سرماخوردگی های مزمن، کم حوصلگی، خستگی مفرط، پوکی استخوان، تشدید کوتاهی قد، افسردگی، کم خونی، سرطان دستگاه گوارشی و ایمنی پایین بدن اشاره نمود. مثل معروفی است که می گوید سلامتی هر جامعه ای از مزرعه می آید.

* این نسبت بیانگر آن است که گیاهان زراعی، دارویی و باغی برای یک عملکرد هکتاری مورد قبول، به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۵ کیلوگرم فسفر، ۸۰ کیلوگرم پتاسیم، ۳۰ کیلوگرم گوگرد، ۳۰ کیلوگرم کلسیم، ۱۵ کیلوگرم منیزیم، ۵۰ گرم آهن، ۳۰۰ گرم منگنز، ۲۰۰ گرم روی، ۱۰۰ گرم مس و ۱۰۰ گرم بور در طول دوره رشد، از خاک جذب می نمایند.

محققین و کارشناسان بحران کمبود مواد غذایی و بیماری خاک‌ها را فاجعه‌ای بی‌سروصدا خوانده‌اند که سبب تشدید سوء تغذیه در جوامع انسانی شده است. امروزه علت شیوع انواع بیماری‌ها را در پایین بودن کیفیت خاک‌های زراعی و برنگرداندن مجدد عناصر غذایی برداشت شده از خاک به‌ویژه ریزمغذی‌ها می‌دانند (ملکوتی، ۱۳۹۰).

با شکرگزاری به درگاه خداوند باید گفت که خاک‌های کلیه نقاط ایران که شرایط اقلیمی اجازه کشت خاصی را می‌دهد، مدیریت‌پذیر بوده و با اعمال مدیریت علمی درخور آن اراضی، می‌توان عملکرد و محصول مطلوبی را بدست آورد. چون به جز هوا و انرژی آنچه در اختیار بشر گذارده می‌شود، از منابع خاک تأمین می‌شود. لذا باید با تلاش شبانه‌روزی از خاک‌های کشور (صرف‌نظر از نوع مالکیت یا کاربری) مانند مرزهای کشور پاسداری نمود تا با رفتار علمی و فنی با این منبع طبیعی ودیعه نهاده شده، ضمن بهره‌برداری پایدار، از فروپاشی آن که به بیابان‌زایی، زوال اقتصادی و مهاجرت اجباری روستاییان منجر می‌شود، جلوگیری و برای نسل‌های آتی کشور، آن را حفظ نمائیم. لذا هر ایرانی که به هر ترتیب اعم از مستقیم یا غیرمستقیم از مواهب بی‌نظیر این مرز و بوم مانند خاک، آب، جنگل، مرتع، حیات وحش و ... بهره‌مند می‌شود، مسئولیت نگهداری و پایش آن منبع را صرف‌نظر از وجود یا فقدان قوانین لازم، باید عهده‌دار شود. زیرا هر هکتار خاک کشاورزی، کارخانه‌ای است بدون دودکش که با اعمال مدیریت مدبرانه برای همیشه می‌تواند در چرخه تولید باقی مانده و نیاز مواد غذایی و خام مورد نیاز جامعه ایران را تأمین کند.

در تغذیه متعادل گیاهان (میزان عناصری که از خاک توسط محصولات کشاورزی مختلف برداشت می‌شود با یک ضریب اضافه‌تر به خاک برگردانده شود) نیز که به منظور برداشت یک محصول با کمیت و کیفیت مناسب و اقتصادی صورت می‌گیرد، می‌توان با بهره‌مندی از دانش بشری بسیاری از ترکیبات و عناصری را که هم‌اکنون به صورت انواع قرص‌ها و مکمل‌های غذایی مصرف می‌شود از طریق غنی‌سازی طبیعی محصولات کشاورزی، نیاز به این ترکیبات شیمیایی را که همواره با آثار جانبی ناخواسته همراهند، جایگزین کرده و قوت غالب مردم را از نظر کیفی بهبود بخشید. بهبود تغذیه گیاهی، در نهایت وسیله‌ای برای بهبود کمی و کیفی وضعیت تغذیه انسان‌ها می‌باشد. درست است که تلاش می‌شود، روزانه حدود ۳۰۰۰ کیلوکالری برای هر فرد انرژی تأمین شود و شاید حدود ۹۰ درصد مردم انرژی مورد نیاز خود را تأمین می‌نمایند، لیکن حداقل با شرایط موجود بیش از ۸۰ درصد جمعیت کشور دچار گرسنگی سلولی هستند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

با مشارکت نیروی علمی عظیم و انجام تحقیقات گسترده وزارت کشاورزی (سابق) در زمینه مصرف بهینه کود و جمع‌بندی نتایج آن‌ها، نهایتاً تصمیم‌گیری بر آن شد که به جای مصرف فقط دو عنصر غذایی نیتروژن و فسفر، به علت وضعیت خاص خاک‌های زراعی و آب‌های آبیاری کشور، مصرف کودهای کامل با ترکیبی از نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم و ریزمغذی‌هایی مانند روی، منگنز، آهن، مس و بور، جایگزین شود. خوشبختانه این تصمیم علمی بزرگ با استقبال گسترده

فصل اول: مقدمه (خاک سالم + کود سالم = محصولات کشاورزی سالم = دام سالم = انسان سالم) ۵

دولت وقت روبرو گردید و در این راستا دستورات لازم بر مبنای تحقیقات انجام یافته را صادر و به تدریج غنی سازی محصولات کشاورزی از مزرعه آغاز گردید. به تبع این تصمیم های بزرگ، احداث بیش از ۱۰۰ کارخانه تولید کودهای کامل، زیستی، آلی و ریز مغذی ها در کشور آغاز گردید و کشور می رفت تا در این راستا به نتایج بسیار خوب برسد که با تغییر مدیریت اجرایی کشور، این کارهای زیربنایی نیمه کاره رها شده و باعث تعطیلی کارخانه ها گردیده است.

۲-۱- نقش کیفیت خاک در تولید محصولات کشاورزی سالم

به دلایل متعددی از جمله کمبود مواد آلی، ماهیت خاک های زراعی کشور (که عمدتاً آهکی می باشند)، بی کربناته بودن منابع آب آبیاری، استمرار در مصرف نامتعادل کودها و عدم رواج مصرف کودهای ریز مغذی، محصولات کشاورزی تولیدی مقدار ناچیزی از عناصر ریز مغذی را دارا بوده که موجب شده افراد جامعه ما عمدتاً به نحوی از کمبود عناصر غذایی به ویژه ریز مغذی ها در مضیقه باشند. برای حل این مشکل لازم است ابتدا خاک که منبع اصلی برای تولیدات بشری است، خوب شناخته شود و برای خودکفایی نسبی و تقویت تأمین سلامت جامعه، کیفیت و سلامت خاک افزایش داده شود، چرا که حفظ کیفیت خاک بدون رعایت اصول زیر بی معنا خواهد بود (بایوردی، ۱۳۸۵). جلوگیری از انحطاط شرایط فیزیکی خاک مخصوصاً جلوگیری از تغییر منحنی رطوبتی خاک، افزایش درصد مواد آلی خاک از طرق مختلف از جمله تشویق به حفظ کاه و کلش و زیر خاک کردن بقایای گیاهی، جلوگیری از اضافه شدن عناصر سنگین به خاک از راه های مختلف از جمله کنترل کیفی کودهای فسفاتی وارداتی و سولفات روی از نظر کادمیوم و سرب، ممانعت از اسیدی شدن خاک های زراعی، کنترل فرسایش و کاهش مقدار آن تا حد ۴-۶ تن بر هکتار به طوری که میزان خاک فرسایش یافته از میزان خاک تولیدی سالانه کمتر شود، تأمین محیط زیست مناسب برای زندگی مطلوب موجودات زنده خاک، حذف اصطلاح تن بر هکتار و جایگزینی آن با کیلوگرم محصول تولیدی به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی و کیلوگرم محصول تولیدی به ازای هر مترمکعب آب مصرفی از راه های حفظ کیفیت و سلامت خاک می باشد.

یکی از عملیات اشتباهی که کیفیت خاک را به طور جدی تهدید می نماید، سوزاندن بقایای گیاهی پس از برداشت محصولات کشاورزی جهت آماده سازی خاک در کشور می باشد. محققان تغییرات دو نوع ویژگی خاک (ماده آلی و وزن مخصوص ظاهری) را بعد از ۷ سال سوزاندن بقایا و کاه و کلش باقیمانده در مزرعه گندم بررسی و نشان دادند که سوزاندن بقایای گیاهی مزرعه سبب کاهش ماده آلی و جمعیت بیولوژیکی خاک شده و سلامت خاک آسیب دیده است. محققین اثبات نمودند جرم ویژه ظاهری خاک نیز به طوری معنی دار پس از سوزاندن مزرعه، افزایش می یابد. این به معنی ایجاد مشکلاتی در نفوذ آب و نفوذ ریشه در خاک می باشد و لذا مشاهده می شود که توجه به سلامت خاک و کشاورزی پایدار، اجتناب ناپذیر می باشد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴).

اثرات زیان‌بار سوزاندن باقیمانده گیاهان در مزارع پس از برداشت محصول شامل کاهش شدید جمعیت ریزجانداران خاکی به‌ویژه در لایه‌های رویین خاک، کاهش کیفیت خاک، کاهش نفوذپذیری آب در خاک، افزایش فرسایش‌پذیری خاک، هدر رفت کربن (با کاهش سطح پوشش گیاهی، میزان فتوسنتز کاهش و در نتیجه از تولید اکسیژن کاسته شده و در مقابل به مقدار گاز کربنیک هوا افزوده می‌شود. یعنی با انهدام پوشش گیاهی، عمل فتوسنتز نیز انجام نمی‌گیرد

$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

تبدیل بقایای آلی پر ارزش به ماده سوخته و زغالی شده مقاوم به تجزیه میکروبی، افزایش جرم ویژه ظاهری خاک و کاهش تخلخل خاک می‌باشد. برای نیل به تولید پایدار که لازمه آن ارتقاء کیفیت خاک می‌باشد، باید سوزاندن بقایای گیاهی به هر دلیلی ممنوع و در مقابل نه تنها بقایای گیاهی به خاک برگردانده شوند، بلکه در شاخص‌های برداشت باید سهمی از تولیدات گیاهی برای تغذیه خاک در برنامه‌های کشاورزی منظور و کسانی که بقایای گیاهی را به خاک برمی‌گردانند، تشویق مالی شوند (شکل‌های ۱ و ۲) تا بدین طریق، تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح افزایش یابد. زیرا، مقدار کود مورد نیاز هر محصولی تابع میزان عملکرد مورد انتظار و قابلیت خاک برای آزاد سازی مقدار عناصر غذایی است.

پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی - مقدار برداشت عناصر غذایی به وسیله محصول = مقدار کود مصرفی

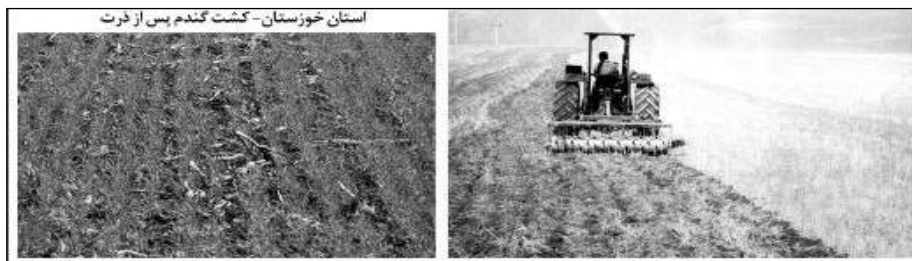


شکل ۱- مزرعه سوخته و غیربارور پس از آتش زدن
(اهدایی جناب آقای دکتر جهانسوز - ۱۳۸۹)



شکل ۲- تصاویری از مدیریت صحیح خاک در مزرعه فدک قم
(اهدایی جناب آقای بلندنظر - ۱۳۸۶)

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۷



شکل ۳- تصاویری از مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک در مزارع خوزستان (کشت بدون شخم)
(اهدایی جناب آقای دکتر جهانسوز - ۱۳۸۹)

شاخص سلامت خاک با درک این که سلامت انسان با کیفیت خاک در ارتباط است، لذا حفظ کیفیت و سلامت خاک باید هدف اصلی یک جامعه باشد. به عبارت دیگر، برای تولید پایدار بایستی سلامت خاک حفظ شود. عواملی که کیفیت و سلامت خاک را ارتقاء می دهند عبارتند از اضافه نمودن مواد آلی، رعایت اصول تناوب زراعی، کشت بدون شخم (شکل ۳)، کاهش آلاینده های زیست محیطی؛ مدیریت بهینه کودها، سموم و افزایش پوشش گیاهی. بنابراین، هر قدر کیفیت خاک مطلوب تر و وضعیت حاصلخیزی خاک بهتر باشد، پتانسیل خاک برای تولید بیشتر در واحد سطح نیز افزایش یافته و در مقابل برای همان مقدار عملکرد هکتاری، به کود کمتری نیز نیاز خواهد بود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۱- بررسی جایگاه مصرف کود در کشور و نقش آن در تولید محصولات کشاورزی سالم^۳
از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می شود. ولی مصرف کود باید بتواند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و ضمن آلوده نکردن محیط زیست، بخصوص آب های زیرزمینی، تجمع آلاینده هایی نظیر نیترات و کادمیوم را در اندام های مصرفی محصولات زراعی به حداقل مقدار ممکن تنزل دهد تا سلامتی انسان و دام نیز تأمین شود (ملکوتی، ۱۳۷۵؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از راهبردهای مهم توسعه کشاورزی در کشور، ارتقاء سطح سلامت جامعه و تحقق شعار پیشگیری مقدم بر درمان است،

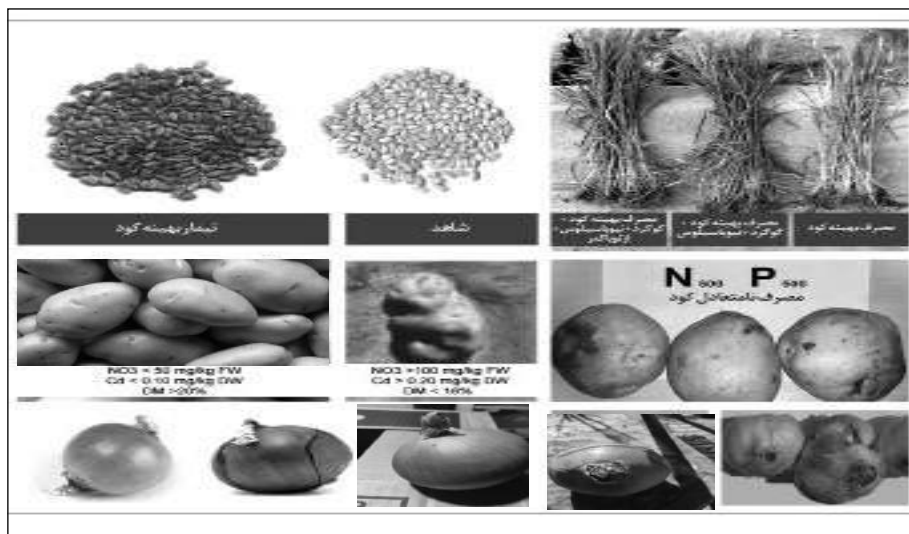
۳. هدف از تولید محصولات کشاورزی سالم آن است که در تولید این قبیل محصولات کشاورزی، اصول مصرف بهینه کودی که براساس نتایج تجزیه خاک در محصولات زراعی، دارویی و زینتی و نتایج تجزیه برگ در محصولات باغی و درختان زینتی انجام می گیرد، رعایت شده و مصرف سموم نیز در حداقل مقدار ممکن، بهینه و در زمان صحیح انجام گرفته باشد. لیکن در کشاورزی ارگانیک (آلی)، اصولاً از کودهای شیمیایی و سموم استفاده نشده و در مقابل برای تأمین نیاز غذایی گیاهان از کودهای آلی، زیستی و مواد معدنی فرآیند شیمیایی نشده نظیر خاک فسفات، ساری کود (گوگرد معدنی) و ... استفاده شده باشد. توضیح آن که تولید محصولات کشاورزی ارگانیک در کشور ما که رشد جمعیت سریع بوده ولی دارای درآمد ملی پایینی است و دولت نیز برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز کشور به واردات محصولات کشاورزی نیازمند است و مردم نیز از گرسنگی سلولی رنج می برند (عملکرد هکتاری در کشاورزی ارگانیک پایین تر از کشاورزی رایج می باشد- مهم ترین نشانه ارگانیک بودن محصولات کشاورزی، برخورداری از برچسب گواهی رسمی ارگانیک - استاندارد GAP است)، در سطح وسیع به صرفه و صلاح کشور نمی باشد. لیکن لازم است تولید و عرضه این محصولات کشاورزی ارگانیک که حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد گران تر از تولیدات معمولی است، در جامعه فرهنگ سازی شود.

می‌باشد. محققین بیان می‌دارند که از لحاظ تأمین کالری عرضه سرانه ۳۰۰۰ کیلوکالری در روز و مصرف متوسط ۲۵۰۰ کیلوکالری در روز بیش از ۸۶ درصد از افراد را کفایت می‌کند، لیکن درصد بالایی از افراد همین جامعه از ناکافی بودن ریز مغذی‌ها، کلسیم، منیزیم و ویتامین‌ها رنج می‌برند. توجه به غنی‌سازی مواد غذایی و کاهش غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی از جمله راهکارهای دستیابی به این خواسته مهم می‌باشد. در هزاره سوم افزایش کیفیت محصولات کشاورزی برای جامعه، کم‌اهمیت‌تر از افزایش تولیدات کشاورزی نمی‌باشد. امروزه در پزشکی از عناصر معدنی روی (Zn) و سلنیوم (Se) و از ویتامین‌های A و E و C به عنوان مواد آنتی‌اکسیدانت یاد می‌کنند. اکسیداسیون مواد فنی، مهم‌ترین عامل تغییر رنگ در محصولات کشاورزی به‌ویژه در میوه است؛ هر چه غلظت مواد آنتی‌اکسیدانت در محصولات کشاورزی پایین‌تر باشد، سیاه شدن که نوعی از بین رفتن (مرگ) است، تسریع می‌شود؛ از طرف دیگر با افزایش مقدار آنتی‌اکسیدانت‌ها در محصولات کشاورزی، سلامت دام و انسان تضمین می‌گردد.

چنین به نظر می‌رسد که یکی از علل بالا بودن درصد ضایعات در محصولات کشاورزی، پایین بودن درصد ماده خشک و بالا بودن غلظت آلاینده‌هایی نظیر نیتрат و کادمیوم در آن‌ها می‌باشد که عمدتاً ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی، فسفاتی و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی است. تحت شرایط تغذیه نامطلوب، دانه‌های گندم ضعیف شده (وزن هزار دانه کم) و برعکس در اثر رعایت اصول مصرف بهینه کودی، بوته‌های گندم قوی و شاداب و دانه‌های گندم نیز در نهایت درشت‌تر و رنگ دانه‌ها کدرتر می‌شود. در سیب‌زمینی با رعایت اصول مصرف بهینه کود، اولاً اندازه غده‌ها از نظر اندازه یکسان، رنگ زرد شفاف داشته و سیب‌زمینی پوست‌کنده شده در هوای آزاد به دلیل داشتن مواد آنتی‌اکسیدانت (کمی کلروژنیک اسید و فراوانی اسید سیتریک) تیره نشده و نیز درصد مواد جامد افزایش می‌یابد. در پیاز نیز محل اتصال طوقه به غده‌ها نازک‌تر شده و در اثر رعایت اصول مصرف بهینه کود، به‌ویژه مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، غلظت آلاینده‌های نیترات و کادمیوم نیز در غده‌ها به حداقل کاهش می‌یابد. در میوه‌ها نیز با مصرف بهینه کود علاوه بر افزایش عملکرد، کیفیت آن‌ها نیز بهبود می‌یابد. در شکل چهار، دانه‌های فقیر و ضعیف گندم و غده‌های نامطلوب سیب‌زمینی و پیاز (شاهد) در کنار دانه‌های غنی‌شده (تیمار مصرف بهینه کودی) نشان داده شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). هم‌اکنون، بیش از ۸۶ درصد مردم کشور به نحوی دچار گرسنگی سلولی می‌باشند، زیرا متولیان تولید محصولات کشاورزی در دهه ۸۰، توجهی به مفهوم تولید پایدار و امنیت غذایی نداشتند. زیرا، تولید پایدار (sustainable production) عبارت است از حفظ منابع پایه آب و خاک، حفظ محیط زیست و اقتصادی نمودن تولید با اعمال مدیریت بهینه به طوری که تولیدات کشاورزی تابع نوسانات نشود تا امنیت غذایی (food security) تأمین شود. بدیهی است وزارت جهاد کشاورزی مسئولیت تولید محصولات کشاورزی به منظور تأمین امنیت غذایی کشور را به عهده دارد. نتایج تحقیقات متعدد نشان داده است که با غنی‌سازی محصولات کشاورزی در مزارع و باغ‌ها می‌توان

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۹

سطح سلامت جامعه را ارتقاء داده و رتبه سلامت کشور را به سهولت اصلاح نمود. بنابراین، برای ارتقاء سطح سلامت جامعه، لازم است سلامت خاک که منبع تولید غذا می‌باشد، مورد توجه جدی قرار گیرد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۴- دانه‌های ضعیف گندم و غده‌های نامطلوب سیب زمینی و پیاز (سمت راست تصویر) و دانه‌های غنی شده گندم و غده‌های سیب زمینی و پیاز (سمت چپ تصویر) که در آن‌ها مصرف بهینه کودی رعایت شده، دیده می‌شوند

برای تأمین سلامت خاک و در نهایت نیل به افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، علاوه بر افزایش درصد مواد آلی خاک‌های زیرکشت، تعیین نیاز کودی محصولات مختلف زراعی و باغی و همچنین نیاز کودی کشور از اولویت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد که ذیلاً شرح داده می‌شود:

۱-۳-۱- روش مناسب برای تعیین نیاز کودی کشور: آسان‌ترین روش برای تعیین نیاز کودی گیاهان زراعی و دارویی، تجزیه خاک و برای درختان میوه و درختان زینتی، تجزیه برگ است. تجزیه خاک را با وابستگی به دامنه آزمایش‌های قبلی در رابطه با انواع خاک‌ها و شرایط اقلیمی و محصولات زراعی مطالعه شده، می‌توان به چند طریق ذیل به توصیه‌های کودی تبدیل کرد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷):

- **روش نیاز محصولات کشاورزی:** در مواردی که پاسخ گیاهان مختلف در انواع خاک‌ها و شرایط اقلیمی کاملاً متغیر بوده و اطلاعات وسیعی در دست باشد، می‌توان از همبستگی بین نتایج تجزیه خاک‌های زیرکشت و عملکردهای هکتاری، نیاز کودی محصولات مختلف را محاسبه کرد؛
- **روش موازنه کاتیون‌های خاک:** در مواردی که اطلاعات مربوط به همبستگی بین نتایج تجزیه خاک‌ها و عملکردها به علت محدود بودن آزمایش‌ها و یا اختلاف فراوان در انواع خاک‌ها پایین باشد، عملکرد در شرایط تعادل عناصر غذایی خاک حداکثر فرض شده و بر اساس این فرضیه و

- نتایج تجزیه خاک، میزان کودهای لازم توصیه می‌شود؛
 - **روش حفظ حاصلخیزی خاک:** در موارد دسترسی به خاک‌های غنی از عناصر غذایی، فرض می‌شود آنچه به وسیله محصولات زراعی از خاک برداشت شده، باید جایگزین شود تا حاصلخیزی خاک حفظ شود و برحسب مقادیر عناصر برداشت شده، توصیه‌های کودی انجام شود؛
 - **روش تعیین غلظت عناصر ریزمغذی (کم‌نیاز):** با این روش فقط عناصر کم‌نیاز خاک اندازه‌گیری شده و اساس توصیه‌های کودی را تشکیل می‌دهد و ممکن است همراه با روش‌های بالا به کار رود و به مصرف کود بیشتری از آنچه تماماً از نتایج تجزیه خاک و تجزیه گیاه به دست می‌آید، منجر شود و
 - **روش تلفیقی چند روش:** گاهی چند روش توصیه کودی فوق با هم به کار می‌روند تا توصیه کودی دقیق‌تر انجام گیرد. البته منظور نهایی تولیدکنندگان کاهش هزینه‌های پیش‌بینی شده، افزایش عملکرد محصول و حفظ حاصلخیزی خاک است و در نتیجه امکان تفاوت در هر یک از روش‌های فوق در ارتباط با توقعات زارعین از نظر هزینه و بازدهی مالی کوتاه‌مدت و درازمدت وجود دارد. مطابق با این نظریه‌ها، عناصر غذایی که به وسیله گیاه از خاک برداشته می‌شود باید دوباره به خاک برگردانده شود؛ این عمل باعث بهبود حاصلخیزی خاک نیز می‌گردد.
- به‌طور کلی برای برآورد نیاز کودی کشور از یکی از پنج روش الف) تعیین نیاز کودی کشور با استفاده از میانگین مصرف جهانی کود؛ ب) تعیین نیاز کودی کشور با استفاده از میانگین مصرف کود در آسیا؛ پ) تعیین نیاز کودی کشور با استفاده از میانگین نسبت عناصر غذایی مصرفی برای زراعت‌های مختلف؛ ت) تعیین نیاز کودی کشور با استفاده از میانگین جذب عناصر غذایی و ث) برآورد کود مورد نیاز کشور براساس نتایج تجزیه خاک‌های زراعی کشور می‌توان استفاده کرد.
- از میان روش‌های پنجگانه فوق، ساده‌ترین روش برای تعیین نیاز کودی کشور، استفاده از میانگین مصرف جهانی کود با استفاده از سطح کشت اراضی کشاورزی در دنیا می‌باشد. در حال حاضر طبق مستندات موجود (FAO، ۲۰۱۳ و Prud'homme Heffer، ۲۰۱۳)، سطح کشت اراضی دیم و آبی در جهان بالغ بر ۱/۵ میلیارد هکتار و در ایران نیز حدود ۱۴ میلیون هکتار (در سال‌های پرباران ۱۸ میلیون هکتار) است. از طرف دیگر، مصرف جهانی کودهای پرمصرف برحسب عنصر غذایی در سال، بالغ بر ۱۷۶ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۱۰۸، فسفاتی ۴۰ و پتاسیمی ۲۸ میلیون تن) است. به عبارت دیگر، میانگین مصرف کودهای پرمصرف برحسب عنصر غذایی، صرف‌نظر از سطح کشت اراضی آبی و دیم، حدود ۱۱۷ و بر حسب کود نیز تقریباً معادل ۲۶۰ کیلوگرم بر هکتار (بر حسب نوع کود مصرفی متفاوت بوده و ما برای تبدیل، ضریب ۲/۲۲ در نظر گرفتیم) است. نظریه اینکه سطح کشت اراضی دیم و آبی در ایران ۱۴ میلیون هکتار است، بنابراین، نیاز سالیانه کودهای شیمیایی پرمصرف در کشور در یک سال زراعی بر حسب عنصر غذایی، ۱/۶۴ میلیون تن و بر حسب مقدار کود حدود ۳/۶۴ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۲/۵۰، فسفاتی ۰/۶۴ و پتاسیمی ۰/۵۰ میلیون تن) با نسبت ۲۰-۲۵-۱۰۰ برآورد می‌گردد. بنابراین، با عنایت به اطلاعات فوق، در

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۱۱

حال حاضر سالیانه می‌بایستی در کشور در مقایسه با مصرف جهانی، ۱۱۷ کیلوگرم بر هکتار برحسب عنصر غذایی و یا ۲۶۰ کیلوگرم بر هکتار کود مصرف گردد. این درحالی است که مصرف کودهای پرمصرف در کشور در حال حاضر رقمی حدود دو میلیون تن در سال (۱۴۳ کیلوگرم بر هکتار) است. به عبارت دیگر، این رقم حدود ۴۵ درصد کمتر از میانگین مصرف جهانی است. از طرف دیگر، نظر به آهکی بودن عمده خاک‌های زراعی کشور و کمبود شدید مواد آلی در آن‌ها، علاوه بر ۳/۶۴ میلیون تن کودهای پرمصرف، لازم است بیش از یک میلیون تن کودهای آلی (۲۵ درصد) و زیستی، حدود نیم میلیون تن نیز از کودهای گوگردی (۰/۶۰ میلیون تن)، منیزی (۰/۱۰ میلیون تن)، کلسیمی (۰/۰۵ میلیون تن) و کودهای محتوی عناصر ریزمغذی (۰/۴۰ میلیون تن) استفاده شود.

در اینجا لازم به یادآوری است که مؤسسه تحقیقات خاک و آب نیز، نیاز کودی در کشور را در مقطع فعلی حدود چهار میلیون تن به شرح زیر در سال برآورد کرده است (ملکوتی، ۱۳۹۴). با عنایت به موارد فوق‌الذکر، نیاز کودی کشور در بخش‌های باغبانی و زراعت به شرح: الف) کودهای آلی: در بخش زراعت ۱/۲۰ میلیون تن، در بخش باغبانی ۰/۱۲ میلیون تن و در کل ۱/۴۰ میلیون تن؛ ب) محرک‌های آلی و زیستی رشد گیاه: ۸ هزار تن؛ پ) نیتروژن: کل نیاز عنصری نیتروژن در بخش زراعت یک میلیون تن، در بخش باغبانی ۰/۲۰ میلیون تن و در کل ۱/۲۰ میلیون تن؛ ت) فسفر: کل نیاز عنصری فسفر بر حسب P_2O_5 در بخش زراعت ۰/۳۰ میلیون تن، در بخش باغبانی ۰/۰۴ میلیون تن و در کل ۰/۳۴ میلیون تن؛ ث) پتاسیم: کل نیاز عنصری پتاسیم بر حسب K_2O در بخش زراعت ۰/۱۶ میلیون تن، در بخش باغبانی ۰/۰۴ میلیون تن و در کل ۰/۲۰ میلیون تن؛ ج) کودهای گوگردی: ۷۰ هزار تن و چ) عناصر ریزمغذی (کم‌نیاز): بر حسب کود در بخش زراعت ۰/۳۷ میلیون تن، در بخش باغبانی ۰/۰۳ میلیون تن و در کل ۰/۴۰ میلیون تن برآورد نموده است.

یادآوری ۱- تحقق عملکرد مورد انتظار بر اساس برآورد بالا هنگامی حاصل خواهد شد که مواد کودی تدارک دیده شده از با کیفیت‌ترین منابع کودی مورد تأیید، تأمین شده باشد. به همین لحاظ، رعایت مفاد آئین‌نامه ثبت و کنترل کیفی انواع مواد کودی مورد تأکید می‌باشد. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، همچون گذشته در کنار سایر نهادهای مسئول، تلاش خود را در جهت بهبود حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای نیل به عملکرد بالا بهینه معطوف خواهد نمود.

یادآوری ۲- در راستای تحقق اقتصاد مقاومتی (خودکفایی در تولید کودهای مناسب خاک‌های آهکی نظیر کودهای آلی زیستی، سولفات روی، سولفات آمونیوم محتوی روی، اوره با پوشش گوگردی محتوی روی، سوپرفسفات ساده، کودهای میکروبی فسفاتی، سولفات پتاسیم، سولفات پتاسیم محلول و کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف)، لازم است مسئولین تأمین نیاز کودی کشور، اولویت اول را به کودهای تولید داخل اختصاص دهند و این موضوع در نامه شماره ۱۱۱۶۱/۲۴۳ مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۲۵ ریاست محترم مؤسسه تحقیقات خاک و آب نیز تأکید شده است.

۲-۳-۱- وضعیت نابسامان مصرف کود در کشور و مقایسه آن با میانگین مصرف جهانی:

۱۲ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

در سال ۱۳۸۵، ایران با حدود یک درصد سطح زیر کشت دنیا، سهمی در حدود ۱/۲۰ درصد از کل مصرف جهانی کود را داشته است. لیکن، مقدار کودهای مصرفی در اوایل دهه ۹۰ به حدود ۰/۵۰ درصد از کل مصرف جهانی کاهش یافت و این در حالی است که سایر انواع کودها از جمله کودهای آلی، گوگردی، ریزمغذی و زیستی جایگزین آن‌ها نگردید. اگرچه بخشی از این کاهش مصرف، ناشی از مشکلات ارزی در دوره مذکور بود، اما کاستی‌های مدیریتی اواخر دهه ۸۰ قابل چشم‌پوشی نمی‌باشد. در جدول یک، وضعیت مصرف کودهای پرمصرف چند کشور با ایران و جهان در سال ۱۳۸۵ برحسب میلیون تن عنصر غذایی، مقایسه شده است (Heffer، ۲۰۰۸؛ ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Heffer و Prud'homme، ۲۰۱۳).

جدول ۱- مقایسه وضعیت مصرف کودهای پرمصرف چند کشور با ایران و جهان در سال ۱۳۸۵
(Heffer، ۲۰۰۸ و ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۷)

نام کشور	نیتروژن (N)	فسفر (P _۲ O _۵)	پتاسیم (K _۲ O)	مجموع	از سهم جهانی (درصد)	نسبت کودی
چین	۳۱/۰۰۰	۱۱/۷۰۰	۶/۱۰۰	۴۸/۸۰۰	۲۷/۷	۲۰-۳۸-۱۰۰
هندوستان	۱۴/۰۴۸	۵/۵۶۳	۲/۳۳۴	۲۱/۹۴۵	۱۲/۵	۱۷-۴۰-۱۰۰
آمریکا	۱۱/۷۹۴	۴/۳۵۵	۴/۶۷۲	۲۰/۸۲۱	۱۱/۸	۴۰-۳۷-۱۰۰
کشورهای اروپایی	۸/۴۵۹	۲/۵۳۰	۲/۸۷۱	۱۳/۸۶۰	۷/۹	۳۴-۳۰-۱۰۰
سایر کشورها	۴۱/۷۶۹	۱۵/۳۲۲	۱۱/۹۶۵	۶۹/۰۵۶	۳۹/۲	۲۹-۳۷-۱۰۰
ایران	۱/۱۸۳	۰/۵۴۹	۰/۲۰۹	۱/۹۴۱	۱/۲	۱۸-۴۶-۱۰۰
جهان	۱۰۳	۳۷	۲۴	۱۶۴	۱۰۰	۲۴-۳۶-۱۰۰

*وضعیت نامطلوب مصرف کود در ایران در مقایسه با سایر کشورها به وضوح قابل مشاهده است.
** در اینجا آمار مصرف کودهای ریزمغذی ارائه نشده و ارقام کودی برحسب میلیون تن عنصر غذایی است.

همانطوری که بیان گردید، از اواسط دهه ۸۰، مصرف بهینه کود به دلایل متعددی از جمله عدم اعتقاد به نگاه علمی مسئولین وزارت جهاد کشاورزی به امر تولید، رعایت نگردید. در خلال این مدت تقریباً به غیر از اوره و فسفات یارانه‌ای، کود دیگری در اختیار تولیدکنندگان بخش کشاورزی گذاشته نشد و حتی در اوایل دهه ۹۰، علاوه بر این نابسامانی (تشدید مصرف نامتعادل کود)، مقدار کل کودهای مصرفی در کشور که باید حدود چهار میلیون تن در سال می‌شد، در عمل مطابق اطلاعات مندرج در جدول دو، به کمتر از نصف تقلیل پیدا نمود. کاهش مقدار کل کود مصرفی کشور برای تولید محصولات کشاورزی تهدید بزرگی به شمار می‌رود. یکی از علل اساسی برای کاهش تولیدات کشاورزی در اوایل دهه ۹۰ و افزایش واردات محصولات کشاورزی، کاهش مقدار کود مصرفی، کمبود شدید کودهای نیتروژنی به هنگام سرک و عدم مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی بوده است. زیرا نیتروژن گلوگاه رشد است و علاوه براین، مصرف متعادل کودها نقش بسیار مثبتی در افزایش تولید دارند و در صورتی که مصرف اوره به طور علمی مدیریت شود (رعایت تقسیط و مصرف به هنگام)، به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی، بیش از ۱۰ کیلوگرم دانه گندم

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۱۳

تولید می شود. در جدول دو، میانگین تغییرات مقدار و ترکیب کودهای شیمیایی پرمصرف در فاصله زمانی ۱۴ ساله ایران با جهان (از ۱۳۷۹ لغایت ۱۳۹۲) مقایسه شده است. کاهش سهم جهانی کود ایران از ۱/۱۳ درصد در سال ۱۳۸۵ به ۰/۵۰ درصد در سال ۱۳۹۲، قابل تأمل می باشد (ملکوتی، ۱۳۹۴).

جدول ۲- مقایسه میانگین تغییرات مقدار و ترکیب کودهای شیمیایی پرمصرف در فاصله زمانی ۱۴ ساله ایران با جهان*

سال	نام مکان	مجموع کودهای پرمصرف (میلیون تن عنصر غذایی)	میانگین کود مصرفی (کیلوگرم بر هکتار)	از سهم جهانی (درصد)	نسبت کودی
۱۳۷۹	جهان	۱۳۷	۲۰۱	۱۰۰	۲۷-۴۰-۱۰۰
	ایران	۱/۲۷۵	۲۰۰	۰/۹۳	۲۰-۴۰-۱۰۰
۱۳۸۵	جهان	۱۶۴	۲۴۰	۱۰۰	۲۴-۳۶-۱۰۰
	ایران	۱/۸۵۲	۲۹۰	۱/۱۳	۱۸-۴۶-۱۰۰
۱۳۹۲	جهان	۱۷۶	۲۵۸	۱۰۰	۲۶-۳۷-۱۰۰
	ایران	۰/۸۸۴	۱۳۹	۰/۵۰	۰۲-۳۴-۱۰۰

* برای تبدیل عناصر غذایی به کود، مجموع NPK در عدد ۲/۲ ضرب شده است.

جدول ۳- مصرف سالیانه کودهای پرمصرف در کشور از سال ۱۳۷۹ لغایت ۱۳۹۵

سال کود	۱۳۷۹*	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۲	۱۳۹۴	۱۳۹۵
کودهای نیتروژنی	۱,۶۰۰	۲,۴۴۰	۱,۰۹۴	۱,۳۶۷	۱,۴۰۰	۱,۴۶۶
کودهای فسفاتی	۵۵۰	۱,۱۰۰	۳۱۵	۳۸۶	۳۳۰	۳۴۳
کودهای پتاسیمی	۳۰۰	۲۷۰	۶۲	۱۹۶	۹۷	۱۲۹
کودهای کامل	۳۰۰	۴۳۹	۱۳۳	۰	۰	۰
کودهای ریزمغذی	۵۰	۱	۰	۰	۰	۰
جمع	۲,۸۰۰	۴,۲۵۰	۱,۶۰۴	۱,۹۴۹	۱,۸۲۷	۱,۹۳۸
نسبت کودی	۲۰-۴۰-۱۰۰	۱۸-۴۶-۱۰۰	۱۰-۳۲-۱۰۰	۱۴-۲۸-۱۰۰	۱۴-۲۴-۱۰۰	۰۹-۲۳-۱۰۰

* در سال ۱۳۹۲، نسبت کودی به طور نسبی بهبود یافت، لیکن به ترویج مصرف کودهای ریزمغذی، مواد آلی، کودهای زیستی و گوگردی چندان توجهی نشده است و امید است در آینده توجه گردد.
**از همکاران محترم حوزه معاونت زراعت و شرکت خدمات حمایتی کشاورزی برای ارائه اطلاعات کودی فوق، تشکر و قدردانی می نماید.

از ارقام جدول های فوق، چنین استنباط می گردد که متأسفانه در چند سال گذشته علاوه بر کاهش در کل مصرف کود، ترکیب کودهای شیمیایی نیز به شدت نامتعادل شده است. براساس آخرین اطلاعات جمع آوری شده از استان ها، بیش از ۹۰ درصد از کودهای مصرفی کشور به اوره و کودهای فسفاتی اختصاص یافته و در

* در سال ۱۳۹۵، علاوه بر ۱,۹۳۸ میلیون تن کود که توسط شرکت خدمات حمایتی کشاورزی توزیع شده، حدود ۷۰ هزار تن کود توسط بخش خصوصی از خارج وارد و در حدود ۲۳۰ هزار تن نیز توسط بخش خصوصی (تولیدکنندگان کود در کشور)، تولید و توزیع شده است.

این میان تولید و مصرف کودهای آلی، زیستی، گوگردی، ماکروی کامل، اوره با پوشش گوگردی و ریزمغذی‌ها به فراموشی سپرده شده بود. نسبت کودی (ترکیب کودهای شیمیایی عناصر غذایی) که در راستای نیل به خودکفایی به صورت (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیتروژن) ۱۰۰ بهبود می‌یافت، در سال ۱۳۷۹ این نسبت به صورت (ریزمغذی) ۲٪ - (پتاسیم) ۲۰ - (فسفر) ۴۰ - (نیتروژن) ۱۰۰ اصلاح گردید. لیکن، در سال ۱۳۹۰ نسبت کودی تا حد (ریزمغذی) ۰٪ - (گوگرد) ۰ - (پتاسیم) ۱۰ - (فسفر) ۳۲ - (نیتروژن) ۱۰۰ افت پیدا نمود. لیکن، خوشبختانه از سال ۱۳۹۲، با تلاش همکاران در بدنه وزارت جهاد کشاورزی، نسبت کودی کمی بهبود یافته و بصورت ۱۴ - ۲۴ - ۱۰۰ اصلاح، لیکن مقدار کل کود مصرفی تحقق یافته در کشور، بسیار کمتر از هم مقدار برآورد مؤسسه تحقیقات خاک و آب و هم اینجانب بود که می‌بایستی اصلاح گردد. در جمع‌بندی می‌توان گفت که در مقطع کنونی مصرف کودها نامتعادل بوده و لازم است مصرف کودها متعادل و به صورت (کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیتروژن) ۱۰۰ اصلاح گردد (ملکوتی، ۱۳۹۴).

۳-۳-۱- پیشنهاد مصرف مطلوب (آرمانی) کود برای تولید محصولات کشاورزی سالم:
با عنایت به نتایج تحقیقات متعدد از جمله ملکوتی (۱۳۷۵)، ملکوتی و همکاران (۱۳۸۷)، الطافی (۱۳۹۲) و ملکوتی (۱۳۹۴) در رابطه با نسبتهای تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی، استفاده تلفیقی از این کودها با نسبت یک به سه (۲۵ درصد دامی و ۷۵ درصد شیمیایی) بهترین ترکیب کودی می‌باشد. از طرف دیگر، نتایج تجزیه کود دامی با نسبت کربن به نیتروژن (C/N) حدود ۲۰، نسبتاً خشک شده و قابل پخش در مزرعه، نشان داد که میانگین درصد نیتروژن (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (K_2O) به ترتیب ۱/۱۰، ۰/۷۵ و ۰/۸۰ درصد بوده و مقدار عناصر ریزمغذی نیز حدود سه الی پنج کیلوگرم بر هر تن کود دامی می‌باشد. نیاز غذایی تقریبی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ریزمغذی‌ها در یک مزرعه گندم آبی با پنج تن بر هکتار عملکرد دانه، به ترتیب حدود ۱۵۰، ۵۰، ۱۲۵ و سه کیلوگرم بر هکتار است و با فرض آنکه ۵۰ درصد عناصر غذایی موجود در کودهای دامی برای همان سال کشت، قابل استفاده باشد، تحت چنین شرایطی، نیاز کل کود دامی مزرعه گندم حدود ۴۰ تن بر هکتار (کشت آلی) خواهد بود. نظر به دشواری و هزینه بالا برای تهیه این مقدار کود حیوانی توسط کشاورزان، مصرف ۲۵ درصد کود مورد نیاز گیاه از منبع کود دامی (حدود ۸ تن بر هکتار) کافی خواهد بود. بدین ترتیب، در طولانی مدت با استمرار این تیمار کودی تلفیقی (۲۵ درصد کود دامی و ۷۵ درصد کود شیمیایی)، علاوه بر بهبود کیفیت خاک، ۲۵ درصد نیز از مصرف کودهای شیمیایی، بدون آنکه از عملکرد کمی و کیفی محصول کم شود، کاسته خواهد شد. علاوه بر این‌ها، با تحقق این امر مبارک، سطح سلامت جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت. بنابراین، در مجموع نیاز کودی کشور در حالت بهینه (آرمانی) با رعایت مسایل زیست محیطی، سالیانه بالغ بر چهار میلیون تن برآورد می‌گردد تا علاوه بر بهبود کیفیت خاک، افزایش عملکرد هکتاری و تحقق غنی‌سازی محصولات کشاورزی،

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۱۵

گرسنگی سلولی نیز در جامعه برطرف گردد. در جدول چهار، با توجه به نتایج تحقیقات میدانی دو دهه گذشته، نیاز کودی مناسب (آرمانی) سالیانه برای خاک‌های آهکی در مقطع کنونی به صورت (کودهای آلی) ۲۵٪- (ریزمغذی) ۴٪- (گوگرد) ۳۰- (پتاسیم) ۲۵- (فسفر) ۳۰- (نیتروژن) ۱۰۰ پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۴- نیاز بهینه (آرمانی) کودی سالانه برای کشور در مقطع کنونی

نام کود	مقدار (هزار تن)	نام کود	مقدار (هزار تن)
۱- کود کامل زراعت (بسته‌بندی خاکستری)	۳۰۰	۱۵- ساری کود (گوگرد کشاورزی) گرانوله	۱۰۰
۲- کود کامل باغبانی و اراضی شور (بسته‌بندی سبز)	۲۰۰	۱۶- گوگرد آلی گرانوله	۱۵۰
۳- کود کامل آبیاری (بسته‌بندی آبی)	۱۰۰	۱۷- بیوگوگرد آلی گرانوله	۱۵۰
۴- اوره	۹۰۰	۱۸- کلرور کلسیم خوراکی	۵۰
۵- نیترات فسفات آمونیوم	۱۰۰	۱۹- سولفات منیزیم	۵۰
۶- سولفات آمونیوم محتوی روی (AS+Zn)	۳۰۰	۲۰- کود کامل میکروی معدنی گرانوله	۵۰
۷- اوره با پوشش گوگردی محتوی روی (SCU+Zn)	۱۰۰	۲۱- سولفات روی گرانوله	۲۰۰
۸- سوپرفسفات تریپل (TSP)	۱۰۰	۲۲- اسیدبوریک	۵۰
۹- فسفات آمونیوم (MAP و DAP)	۱۰۰	۲۳- سولفات آهن (فرو)	۵۰
۱۰- سوپرفسفات ساده (SSP)	۴۰۰	۲۴- سولفات منگنز	۴۰
۱۱- کود میکروبی فسفاتی	۱۰۰	۲۵- سولفات مس	۱۰
۱۲- کلرور پتاسیم (MOP)	۱۰۰	۲۶- کودهای زیستی (بیولوژیکی)	> ۲۰ میلیون بسته
۱۳- سولفات پتاسیم (SOP)	۲۰۰	۲۷- کودهای آلی	> ۱,۰۰۰
۱۴- سولفات پتاسیم محلول	۱۰۰	جمع کل	۴,۰۰۰

* برای اثربخشی و افزایش کارایی هر چه بیشتر کودها، لازم است در مزارع، مصرف کودها بر مبنای نتایج تجزیه خاک و در باغ‌ها و درختان زینتی بر مبنای نتایج تجزیه برگ انجام گیرد. در غیر اینصورت، برای محصولات راهبردی کشور، مناسب هر منطقه، کود کامل مخصوص تهیه شود.

** استفاده از کود کامل آبیاری برای رفع سریع نیاز غذایی گیاهان و سولفات پتاسیم محلول برای رفع نیاز سریع پتاسیمی گیاهان به‌ویژه در شرایطی که گیاه دچار تنش شوری بوده و یا پتاسیم خاک شدیداً تخلیه شده باشد، بصورت سرک همراه با آب آبیاری سبب افزایش عملکرد و غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌گردد.

*** کودهای زیستی و آلی جزء جمع کل به حساب نمی‌آیند.
**** با توجه به کمبود آب و مواد آلی، تنش شوری و افت کیفیت آب‌های آبیاری در سطح کشور، لازم است ۲۵ درصد از کودهای مصرفی کشور (حدود ۸ تن بر هکتار) را کودهای آلی تشکیل دهند (مصرف به‌صورت عمقی پیش از کاشت). نسبت کودی بهینه در مقطع کنونی (کودهای آلی) ۲۵٪- (ریزمغذی) ۴٪- (گوگرد) ۳۰* - (پتاسیم) ۲۵- (فسفر) ۳۰- (نیتروژن) ۱۰۰ پیشنهاد می‌شود.

یادآوری ۱- تحقق عملکرد مورد انتظار بر اساس برآورد بالا هنگامی بدست می‌آید که کودهای مصرفی از با کیفیت‌ترین منابع کودی مورد تأیید، تأمین شده باشند. به همین لحاظ، رعایت مفاد آئین نامه ثبت و کنترل کیفی

* مصرف کودهای گوگردی در خاک‌های گچی که عمدتاً در نواحی کویری و حاشیه کویر ایران قرار دارند (تومانیان، ۱۳۹۰)، خاک‌هایی که غلظت گوگرد قابل استفاده در آن‌ها با روش توربیدی‌تری بیش از ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشند و همچنین خاک‌های شالیزار در شمال کشور، قابل توصیه نمی‌باشد (مصرف گوگرد مذاب عدسی شکل در کشاورزی ممنوع می‌باشد).

انواع مواد کودی مورد تأکید می‌باشد. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، همچون گذشته در کنار سایر نهادهای مسئول، تلاش خود را در جهت بهبود حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای نیل به عملکرد بهینه معطوف خواهد نمود.

یادآوری ۲- در راستای تحقق اقتصاد مقاومتی (خودکفایی در تولید کودهای مناسب برای خاک‌های آهکی همچون کودهای آلی، زیستی، سولفات‌روی، سولفات آمونیوم محتوی روی، اوره با پوشش گوگردی محتوی روی، سوپرفسفات ساده، کود میکروبی فسفاتی، سولفات پتاسیم، سولفات پتاسیم محلول و کودهای محتوی عناصر کم‌نیاز)، لازم است مسئولین تأمین نیاز کودی کشور، اولویت نخست را به کودهای تولید داخل داده که این موضوع در نامه شماره ۱۱۶۱/۲۴۳ مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۲۵ رئیس محترم مؤسسه تحقیقات خاک و آب نیز تأکید شده و درج نموده‌اند که در تأمین کودهای مورد نیاز کشور، اولویت تدارک و تأمین با انواع کودهای تولید داخل کشور خواهد بود. در این راستا، برای دستیابی به حداکثر ظرفیت تولید در داخل کشور، تشویق و حمایت از بخش خصوصی الزامی می‌باشد.

یادآوری ۳- در صورت استفاده از کودهای محتوی عناصر ریزمغذی تولید داخل که عمدتاً به صورت سولفاتی می‌باشند، از ۲۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی، ۲۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات آهن، ۱۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات منگنز، ۱۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات مس و ۱۰ کیلوگرم بر هکتار اسیدبوریک استفاده شود. در غیر این صورت، اگر از کودهای کلاته استفاده شود، مقدار - نحوه - زمان مصرف مطابق نوشتار بروشور خواهد بود.

یادآوری ۴- مقدار مصرف کودهای ریزمغذی بستگی به میزان مواد آلی و نتایج تجزیه خاک زراعی دارد. معمولاً رابطه معکوسی بین میزان مواد آلی خاک و مقدار مصرف این کودها وجود دارد. با افزایش میزان مواد آلی خاک زراعی، از مقدار مصرف این کودها کاسته خواهد شد. بدیهی است اگر نتایج تجزیه خاک، غلظت هریک از عناصر غذایی فوق در خاک زراعی را بیش از سطح بحرانی نشان دهد، در این صورت، مصرف خاکی آن کود خاص حذف و در صورت نیاز به غنی‌سازی محصولات کشاورزی، مصرف آن کود خاص فقط به صورت محلول‌پاشی و یا به مقدار بسیار کمی به صورت کودآبیاری خواهد بود.

یادآوری ۵- این نسبت (کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیترژن) ۱۰۰ بیانگر آن است که به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۳۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی، ۲۵ کیلوگرم کودهای پتاسیمی، ۳۰ کیلوگرم کودهای گوگردی و حدود ۳۰ کیلوگرم بر هکتار کودهای محتوی عناصر ریزمغذی (۶/۲ کیلوگرم عناصر ریزمغذی بر حسب عنصر غذایی $6/2 = 155 \times 4\% = 25 + 30 + 100$) علاوه هشت تن بر هکتار کودهای آلی که معادل ۲۵ درصد نیاز غذایی گیاه است، نیاز می‌باشد.

بنابراین، لازم است مسئولین محترم وزارت جهاد کشاورزی (الف) با ایجاد امکانات مناسب و باز کردن حساب ویژه برای تغذیه بهینه گیاهی در مزارع، باغ‌ها و مراتع، ضمن رعایت مدیریت مطلوب مصرف آب و سایر عوامل مؤثر بر تولید، محصولات کشاورزی غنی‌شده و سالم را تولید نمایند؛ (ب) مفاد جدول کودی آرمانی فوق را تا حد ممکن عملیاتی نمایند تا نسبت به افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، بهبود تغذیه و به تبع آن ارتقاء سطح سلامت جامعه، گام‌های اساسی‌تری برداشته شود و (پ) رجاء واثق دارد با اجرایی نمودن مفاد جدول نیاز بهینه کودی فوق در سطح کشور، عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی دست کم

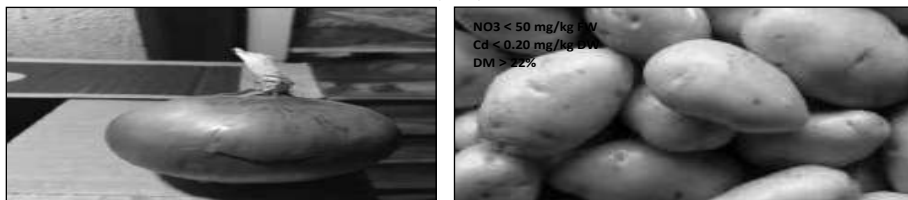
فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۱۷

۲۵ درصد افزایش و کیفیت محصولات کشاورزی بهبود و سلامت جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت.

۴-۳-۱- **پیامدهای مصرف کم و یا بیش از نیاز کودهای شیمیایی:** چون مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی باعث اختلال در فرآیندهای سوخت و ساز گیاهان می شود، بنابراین لازم است در توصیه بهینه کودی به مصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، منیزیم و عناصر ریزمغذی بر مبنای تجزیه خاک و یا نتایج تجزیه برگ توجه شود. با عنایت به این که ۳۰ الی ۶۰ درصد عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی تابع مصرف کود می باشد، بدیهی است در صورتی که کودهای مصرفی کمتر از نیاز واقعی گیاهان باشد، عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی پایین تر و غیر اقتصادی تر خواهد بود و بالعکس پیامدهای زیاده روی در مصرف کودهای نیتروژنی عبارتست از کاهش عملکرد ناشی از نسبت بالای نیتروژن به سایر عناصر غذایی، تجمع نترات در محصولات کشاورزی، آلودگی آب های زیرزمینی و تخریب محیط زیست. پیامدهای زیاده روی در مصرف کودهای فسفاتی عبارت است از تجمع مقادیر بیش از نیاز (حد) در خاک های سطحی اراضی کشاورزی، کاهش عملکرد ناشی از نسبت بالای فسفر به سایر عناصر غذایی به ویژه ریزمغذی ها (روی)، تجمع بیش از نیاز فسفر در اندام های گیاهی که کیفیت محصولات کشاورزی را پایین می آورد، مسمومیت فسفوری گیاه، کاهش بازارپسندی محصولات، کم شدن پروتئین دانه گندم، ورود مواد غذایی اضافی به داخل رودخانه ها و دریاچه های آب های شیرین پشت سدها که خود سبب آب تباهی (Eutrophication: فرآیندی است که بر اثر اضافه شدن عناصر غذایی همچون نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مرداب ها و تالاب ها، رشد جلبک ها و آژولا بیش از اندازه شده و مسائل زیست محیطی نظیر کاهش اکسیژن آب و حتی تلف شدن ماهی ها را به دنبال دارد) می شود (ملکوتی، ۱۳۸۹).



(الف)



(ب)

شکل ۵- غده های نامطلوب (الف) و مطلوب (ب) سیب زمینی و پیاز
(اهدایی جناب آقای دکتر احمد بای بوردی-۱۳۹۲)

۵-۳-۱- **تحلیلی بر مقدار، نسبت و نوع کودهای مصرفی در کشور:** در راستای تلاش برای همگانی

کردن مصرف بهینه کود برای افزایش هرچه بیشتر عملکرد هکتاری و تولید فراورده‌های کشاورزی سالم و با توجه به نتایج حاصله از تحقیقات متعدد میدانی طی سه دهه گذشته، تحلیلی بر مقدار، نسبت و نوع کودهای شیمیایی مصرفی در کشور در مقایسه با میانگین مصرف جهانی کودهای پرمصرف به شرح زیر انجام می‌گیرد:

• **مقدار کودهای شیمیایی مصرفی:** سطح کشت اراضی آبی و دیم در جهان بالغ بر ۱/۵ میلیارد هکتار و در ایران حدود ۱۴ میلیون هکتار (در سال‌های پرباران ۱۸ میلیون هکتار) است. از طرف دیگر، مصرف جهانی کودهای پرمصرف بر حسب عنصر غذایی در هر سال، بالغ بر ۱۸۶ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۱۱۲، فسفاتی ۴۲ و پتاسیمی ۳۲ میلیون تن) است. به عبارت دیگر، میانگین مصرف کودهای پرمصرف بر حسب عناصر غذایی، حدود ۱۲۵ و بر حسب کود نیز تقریباً معادل ۲۷۰ کیلوگرم بر هکتار است. بنابراین، نیاز سالانه کودهای شیمیایی پرمصرف در کشور مادر یک سال زراعی بر حسب عناصر غذایی، ۱/۶۴ میلیون تن و بر حسب مقدار کود حدود ۳/۶۴ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۲/۵۰، فسفاتی ۰/۶۴ و پتاسیمی ۰/۵۰ میلیون تن) باید باشد (برآورد نیاز کودی سالانه توسط موسسه تحقیقات خاک و آب که گیاه‌محوری بوده و بر اساس سطح زیر کشت و عملکرد هکتاری ارائه شده است، تقریباً با کم و بیش تفاوت‌هایی همین رقم را تأیید می‌نماید).

لیکن، از اواسط دهه ۸۰، مصرف بهینه کود به دلایل متعددی رعایت نگردید. در خلال این مدت تقریباً به غیر از اوره و سوپرفسفات تریپل یارانه‌ای، کود دیگری در اختیار تولیدکنندگان بخش کشاورزی گذاشته نشد و حتی در سال ۹۰، علاوه بر این نابسامانی (تشدید مصرف نامتعادل کود)، مقدار کل کودهای مصرفی در کشور که باید حدود ۳/۶۴ میلیون تن در سال می‌شد، به کمتر از نصف کاهش یافت. بدیهی است یکی از علل اساسی برای کاهش مقدار تولید و افزایش واردات محصولات کشاورزی در سال ۹۱، کاهش مقدار کودهای مصرفی، کمبود کودهای نیتروژنی به هنگام سرک و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و ریز مغذی‌ها بوده است.

• **نسبت کودی عناصر غذایی پرمصرف:** هم اکنون، طبق مستندات موجود و مطابق آخرین آمار IFA (۲۰۱۵)، مقدار کودهای مصرفی بر حسب عناصر غذایی برابر ۱۸۶ میلیون تن به شرح نیتروژن (N) ۱۱۲، فسفر (P_۲O_۵) ۴۲ و پتاسیم (K_۲O) ۳۲ میلیون تن و نسبت کودهای پرمصرف (پتاسیم) ۲۹ - (فسفر) ۳۸ - (نیتروژن) ۱۰۰ و میانگین نیتروژن، فسفر و پتاسیم مصرفی در جهان به ترتیب ۶۰، ۲۳ و ۱۷ درصد می‌باشد. لیکن، در سال ۱۳۹۵ در کشور ما، مقدار کودهای مصرفی بر حسب عناصر غذایی برابر ۸۸۰/۰ میلیون تن به شرح نیتروژن (N) ۶۶۵/۰، فسفر (P_۲O_۵) ۱۵۰/۰ و پتاسیم (K_۲O) ۶۵/۰ میلیون تن و نسبت کودهای پرمصرف (پتاسیم) ۹ - (فسفر) ۲۳ - (نیتروژن) ۱۰۰ و میانگین نیتروژن، فسفر و پتاسیم مصرفی به ترتیب ۷۶، ۱۷ و هفت درصد بوده است. به عبارت دیگر، از دو میلیون تن کودهای شیمیایی مصرفی در ایران، حدود ۷۶ درصد آن را کودهای نیتروژنی، ۱۷ درصد را کودهای فسفاتی و تنها هفت درصد بقیه را کودهای پتاسیمی تشکیل می‌داد که این نسبت نه با نسبت جهانی {پتاسیم} ۲۹ - (فسفر) ۳۸ - (نیتروژن) ۱۰۰ {هماهنگی دارد و نه با نیاز واقعی گیاه {نسبت جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاهان به طور میانگین حدود

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۱۹

به عبارت دیگر، مقدار مصرف نیتروژن در کشور ما ۱۶ درصد در مقایسه با میانگین مصرف جهانی بیشتر بوده و لیکن مصرف کودهای پتاسیمی (۱۰ درصد) و فسفاتی (۶ درصد) کمتر است. شاید علت زیادی مصرف کودهای نیتروژنی به دلیل کمی درصد مواد آلی در خاک‌های زیرکشت و نیز به دلیل مصرف نادرست (سرک کم) باشد. از دیگر سو، در شالیزارهای شمال کشور، بیش از ۵۰ درصد اوره مصرفی به صورت گاز آمونیاک، تصعید و از دسترس برنج خارج می‌گردد (میرنیا و همکاران، ۱۳۷۷). با عنایت به این که ایران از کشورهای تایید کننده مفاد معاهده تغییرات اقلیمی پاریس می‌باشد. بنابراین، چنانچه کاری مناسب برای کاهش هدررفت گاز آمونیاک (تصعید اوره مصرفی) در شالیزارهای شمال کشور اتخاذ نگردد، در آینده کشورمان در رابطه با افزایش گرمایش زمین، جریمه خواهد شد. چنین به نظر می‌رسد چنانچه از اوره با پوشش گوگردی (SCU) به جای اوره قبل از کاشت در همه مزارع و شالیزارهای شمال کشور استفاده شود و نیز به هنگام مصرف سرک کودهای نیتروژنی، از سولفات آمونیوم به جای اوره، به دفعات بیشتر استفاده شود، مناسب‌تر خواهد بود. افزون بر این، کسری فسفر را می‌توان با استفاده از ذخایر فسفر کل خاک و با کمک کودهای زیستی فسفاتی و کسری پتاسیم را نیز می‌توان با افزایش مقدار مصرف در درازمدت و در کوتاه مدت، با مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول ویژه کود آبیاری تولید داخل (در مناطق شور و یا کم‌آب) و یا با کمک کلرور پتاسیم سرک (در شرایط معمولی)، تأمین نمود. بدیهی است، مصرف سالانه کودهای شیمیایی در کشور به غیر از کودهای آلی، گوگردی و ریزمغذی‌ها، باید دست کم به ۳/۶۴ میلیون تن در سال منتها بطور متناسب، افزایش داده شود. به طوری که مستحضرید به رغم تلاش‌های فراوان در چهار سال اخیر، در سال ۱۳۹۵، مقدار کود مصرفی از دو میلیون تن و نسبت کودی عناصر غذایی پرمصرف از (پتاسیم) ۰۰۹- (فسفر) ۲۳- (نیتروژن) ۱۰۰ تجاوز ننمود. از طرف دیگر، با عنایت به این که خاک‌های زراعی کشور ما آهکی بوده و با کمبود شدید مواد آلی و ریزمغذی‌ها مواجه می‌باشند، بنابراین، در راستای نیل به خودکفایی نسبی، افزایش هرچه بیشتر عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح سلامت جامعه، نسبت کودی آرماتی (مطلوب) لازم است به صورت (کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیتروژن) ۱۰۰ در کشور اصلاح گردد.

• نوع کودهای شیمیایی مصرفی: با عنایت به آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، نوع کودهای نیتروژنی (اوره و فسفاتی (سوپر فسفات تریپل) مصرفی باید توسط شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران و بخش خصوصی تغییر یابد. به عبارت دیگر، به جای اوره قبل از کاشت از کودهای سولفات آمونیوم، اوره با پوشش گوگردی (SCU)، کود کامل ماکرو و نیترات فسفات آمونیوم و به جای سوپر فسفات تریپل، از کودهای سوپر فسفات ساده و میکروبی فسفاتی و همچنین، از کودهای گوگردی و ریزمغذی‌ها هر چه بیشتر استفاده شود. ضمناً، برای کنترل و کاهش هر چه بیشتر غلظت آلاینده‌ها از جمله نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی، افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کارایی مصرف کود و آب، بهتر است ضمن رعایت اصول مصرف بهینه کودی، از کودهای پتاسیمی به ویژه سولفات پتاسیم محلول ویژه کود آبیاری محتوی کلات روی (تولید داخل) به

صورت سرک (در دو نوبت همراه با مصرف سرک اوره) استفاده شود. ضمناً، در اهمیت سولفات آمونیوم باید گفت: سولفات آمونیوم مشابه غسل، نیترات آمونیوم مشابه وضو و اوره مشابه تیمم است. در نشست مشترک با مسئولین محترم موسسه تحقیقات خاک و آب، مقرر شد مدیریت مطلوب مصرف کودهای نیتروژنی در شالیزارهای شمال کشور و نیز روش افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنی در محصولات مختلف زراعی و دارویی، گزارش مستدلی را ارائه نمایند.

۴-۱- بررسی اثرات باقیمانده (ماندگاری) کودها در خاک و اثربخشی مصرف بهینه آن‌ها

راه تولید محصولات سالم و عاری از آلاینده‌های مهمی نظیر نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) از مصرف بهینه کود می‌گذرد. یعنی باید مصرف کود را در کشور بهینه و مطابق با برداشت گیاه نمود تا امکان تولید محصولات کشاورزی سالم با سهولت بیشتری فراهم گردد. بی‌گمان یکی از اصول اولیه تولید پایدار، ارتقاء کیفی خاک از بعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک می‌باشد که متأسفانه در برنامه کودی کشور نادیده گرفته شده است. در حالی که نسبت جذب عناصر غذایی از خاک عمدتاً بدین صورت می‌باشد:

$$100 \text{ (N)} - 15 \text{ (P)} - 80 \text{ (K)} - 30 \text{ (S)} - 30 \text{ (Ca)} - 15 \text{ (Mg)} + 0.50 \text{ (Fe)} + 0.30 \text{ (Mn)} + 0.20 \text{ (Zn)} + 0.10 \text{ (Cu)} + 0.10 \text{ (B)}$$

لیکن، در حال حاضر بیش از ۹۵ درصد از کودهای مصرفی کشور را کودهای نیتروژنی و فسفاتی تشکیل می‌دهند (براساس آخرین اطلاعات جمع‌آوری شده در اواخر دهه ۸۰، حدود ۹۵ درصد کودهای مصرفی در کشور به اوره و سوپرفسفات تریپل اختصاص یافته بود). این موضوع عملاً زنگ خطری برای تولید محصولات کشاورزی سالم و تهدیدی برای امنیت غذایی کشور می‌باشد. هم‌اکنون یارانه عمدتاً به کودهای نیتروژنی و فسفاتی پرداخت می‌شود. در حالی که باید توجه داشت که اولاً کارایی این دو کود به دلایل مختلف از جمله سوء مدیریت در یارانه کودها، پایین است و ثانیاً مصرف بیش از نیاز این کودها به دلیل این که باعث تجمع نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی می‌شوند، نقش چندان مثبتی در تولید پایدار و سلامت جامعه ندارند. پرداخت چنین یارانه سنگینی تنها به این دو کود باعث شده که کشاورزان علاوه بر مصرف بی‌رویه و هدر دادن این دو کود در کشور (در اثر زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی و مصرف این کودها بدون در نظر گرفتن الف) نتایج تجزیه خاک‌های زیر کشت؛ ب) عدم توجه به نیاز کودی واقعی گیاهان و پ) عدم رعایت مفاد آیات شریفه قرآنی که در جایی می‌فرماید بخورید و بیاشامید و اسراف نکنید و در جای دیگر بیان می‌دارد خداوند مسرفین را دوست ندارد، تولید محصولات کشاورزی ناسالم دور از انتظار نخواهد بود (شکل ۵ الف)، چندان رغبتی به استفاده از دیگر کودها، به‌ویژه کودهای گوگردی، زیستی، آلی و ریزمغذی نداشته باشند. حال آن‌که، مصرف این کودها، افزون‌بر سازگار بودن با محیط زیست، نقش بسیار مثبتی بر سلامتی انسان دارند. (نتایج تحقیقات نشان داد که با مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف

کودهای نیتروژنی و فسفاتی در انواع سبزی و صیفی، علاوه بر افزایش تجمع آلاینده‌های NO_3 و Cd در آن‌ها، از غلظت ویتامین C تا حد ۲۶ درصد کاسته می‌شود. لیکن، با رعایت اصول مصرف بهینه کود به ویژه مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی، علاوه بر بهبود کیفیت و خوش خوراکی، به غلظت ویتامین C تا حد ۲۰ درصد افزوده می‌گردد (شکل ۵ ب). بنابراین، در مقطع کنونی مدیریت علمی بر مصرف انواع کودها امری اجتناب‌ناپذیر است، تا بتوان از طریق اصلاح ساختار تولید- مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم، سطح سلامت جامعه را ارتقاء داد.

۱-۴-۱- بررسی اثرات باقیمانده کودها در خاک: کود مصرفی برای هر محصول در هر سال، معمولاً بیشتر از مقداری است که گیاه در همان سال می‌تواند، از خاک برداشت نماید و در نتیجه مقداری از این کودها در خاک باقی می‌ماند. مقدار باقیمانده نیز بستگی به نوع و مقدار کود مصرفی، عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. معمولاً هرچه درجه حلالیت کودها کمتر و درصد رس بیشتر باشد، اثرات باقیمانده طولانی‌تر خواهد بود. طبق گزارش‌های موجود، اثرات باقیمانده کودها به خصوص کودهای کم‌نیاز نظیر سولفات روی تا چهار سال پس از مصرف خاکی، در گیاه به طور معنی‌داری مشاهده شده است. در آزمایشی، اثر باقیمانده مصرف سولفات روی در گیاهی در استان فارس بررسی گردید. این اثرات روی در مزرعه تا هفت سال مشاهده گردید. لیکن، از سال سوم به بعد اثر روی در افزایش عملکرد هکتاری در مزرعه معنی‌دار نشد (کریمیان و همکاران، ۱۳۷۳). در آزمایشی، اثرات باقیمانده سولفات روی بر عملکرد و جذب روی توسط سویا در شمال کشور بررسی گردید. این اثر در سال چهارم معنی‌دار نگردید. در جمع بندی با عنایت به نتایج تحقیقات مشابه می‌توان گفت که پس از مصرف سولفات روی در مزارع سویا، تا چهار سال دیگر نیازی به مصرف آن نخواهد بود (اسدی و ملکوتی، ۱۳۸۷).

اسدی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایش دیگری، اثرات باقیمانده سولفات منگنز بر عملکرد و جذب منگنز توسط سویا را بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که بکارگیری سولفات منگنز در خاک‌های آهکی، نه تنها بر روی رشد و ترکیب شیمیایی اولین کشت سویا اثر می‌گذارد، بلکه بر رشد و ترکیب شیمیایی سویا در سال‌های بعد نیز می‌تواند موثر باشد. به طوری که اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز در سال دوم کشت عملکرد دانه، ماده خشک گیاهی، غلظت و جذب کل منگنز سویا را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. لیکن، در سال سوم آزمایش، سولفات منگنز بر عملکرد دانه و ماده خشک گیاهی تاثیر معنی‌داری نداشت ولی جذب منگنز را افزایش داد. در سال چهارم آزمایش، سولفات منگنز بر پاسخ‌های گیاهی اندازه‌گیری شده تاثیر معنی‌داری نداشت.

در کودهایی پویا نظیر اوره، مقدار ناچیزی برای سال دوم باقیمانده، اما اثرات باقیمانده کودهای غیرپویا نظیر سوپرفسفات تریپل تا ده سال نیز در خاک‌های با بافت سنگین مشاهده شده است. لیکن، نتایج بررسی آزمایش‌های متعددی که در محصولات مختلف زراعی انجام گرفته، نشان داد که به طور میانگین اثربخشی اقتصادی باقیمانده کودها، از سه سال تجاوز نمی‌نماید (ملکوتی، ۱۳۹۴).

کریمیان (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان سرنوشت کودهای شیمیایی در خاک‌های آهکی را چنین نوشت که کودها معمولاً موادی محلول در آب هستند و پس از افزوده شدن به خاک از یک یا چند مسیر مصرف می‌شوند. تصعید یعنی تبدیل به شکل‌های گازی خود پیش یا پس از واکنش با خاک، فرسایش با آب یا باد، آبشویی با آب باران یا آبیاری، واکنش با اجزاء و ذرات خاک، جذب بوسیله ریزجانداران خاک و به اصطلاح غیر متحرک شدن بوسیله آن‌ها، جذب بوسیله گیاه که هدف اصلی از کوددهی است. از آنجا که بخش بسیار بزرگی از خاک‌های ایران منشأ آهکی دارند ایشان چنین نتیجه گرفت که در کودهای نیتروژنی، جذب گیاهی معمولاً به نسبت زیاد است و بخش عمده آنچه در خاک می‌ماند به صورت آلی است که می‌تواند در دراز مدت به صورت قابل استفاده گیاه باشد. در خاک‌های آهکی تصعید می‌تواند عامل اصلی اتلاف کود اوره (پرمصرف ترین کود نیتروژنی در کشور) باشد. در روش‌های آبیاری غرقابی، بخش قابل ملاحظه‌ای از کود نیتروژنی می‌تواند به صورت آبشویی تلف شود. البته در دوره‌هایی که بخش سطحی خاک خشک باشد، مقداری از نیتروژن آبشویی شده و از راه لوله‌های موئین می‌تواند به سطح خاک برگردد. برای افزایش کارایی کودهای نیتروژنی و کمتر کردن اتلاف، می‌توان از این روش‌های زیر خاک بردن هرچه زودتر کود، آبیاری به موقع، تقسیط کود، کاربرد کودهای نیتروژنی کندرها نظیر اوره با پوشش گوگردی، کشت گیاهان پوششی در زمان‌هایی که احتمال آبشویی نیتروژن وجود دارد و سپس برگرداندن این گیاهان به صورت کودسبز به خاک استفاده نمود.

در مقابل، در کودهای فسفاتی و کودهای محتوی عناصر ریزمغذی جذب بوسیله گیاه به نسبت کم تا خیلی کم و حتی ناچیز بوده و اتلاف به صورت تصعید یا آبشویی رخ نمی‌دهد و بخش عمده آن‌ها با خاک واکنش کرده و به صورت کمتر قابل استفاده در خاک باقی می‌مانند. برای افزایش بازدهی آن‌ها، باید به راه‌هایی متوسل شد که تماس با خاک را کمتر کرده و آنچه در خاک موجود است را بیشتر قابل استفاده نمود. درباره کودهای پتاسیمی تحقیقات کم بوده ولی تصور می‌شود بخش عمده آن‌ها توسط رس‌های خاک نگهداری می‌شوند. کودهای محتوی عناصر ریزمغذی هم به مقدار بسیار ناچیزی جذب گیاه شده و بیشتر آن به شکل کربناتی در خاک باقی می‌مانند و چون تحرکی در خاک ندارند، باید در مصرف آن‌ها بدون توجه به نتایج تجزیه خاک و تجزیه برگ، محتاطانه برخورد نمود (کریمیان، ۱۳۹۲).

اثرات باقیمانده سولفات روی و اسیدبوریک بر عملکرد انگور توسط قلی‌زاده (۱۳۹۵) بررسی و ایشان به این نتیجه رسید که بیشترین عملکرد، غلظت روی و بور برگ انگور در تیمارهای با کاربرد ۵۰۰ گرم سولفات روی و ۲۵۰ گرم اسیدبوریک بدست آمد و تنها اثرات اصلی روی و بور اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در پاییز سال ۹۵، غلظت روی و بور خاک به ترتیب ۱/۷۰ و ۱/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود و در این سال بیشترین عملکرد به ازای هر تاک به دست آمد. بیشترین غلظت روی و بور برگ به ترتیب ۳۰ و ۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک بدست آمد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با توجه به آهکی بودن خاک‌های زیرکشت، درجه تحرک متفاوت روی و بور در خاک و مقایسه غلظت‌های روی و بور در خاک، برگ و میوه انگور، چنین استنباط گردید که الف) مصرف حداقل دو سال

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۲۳

یک بار سولفات روی به صورت چالکود در اواخر فصل پاییز و مصرف همه ساله اسیدبوریک به صورت دو بار تقسیط (یک دوم به صورت چالکود در اواخر پاییز و یک دوم به صورت سرک همراه با آب آبیاری در فصل بهار) برای دستیابی به عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر انگور، قابل اجرا می باشد. همچنین، (ب) نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سطوح بالاتر مصرف سولفات روی به همراه کودهای آلی، با رعایت اصول بهینه کودی به صورت چالکود نه تنها در سال اول بلکه حداقل برای سال دوم و حتی سال سوم نیز مؤثر بوده و سبب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه انگور می گردد (اکبری، ۱۳۹۳ و قلی زاده، ۱۳۹۵).

۲-۴-۱- رابطه مصرف بهینه کود با افزایش مقاومت گیاهان به تنش ها: استمرار مصرف نامتعادل کودها، باعث پایین آمدن قدرت جوانه زنی بذور شده که در نهایت عملکرد هکتاری کاهش یافته، کیفیت محصول افت می کند، گیاه ضعیف شده و مستعد ابتلا به انواع بیماری ها و آفت ها می شود و زارع برای جبران جوانه زنی ضعیف ناشی از قوه نامیه پایین، بذور مصرفی خود را حتی تا دو برابر افزایش می دهد. در صورت کشت بذورهای ضعیف، بوته ها مبتلا به انواع بیماری ها و آفت ها خواهند شد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۷). مصرف بیش از حد نیتروژن موجب رشد سبزینه ای زیاد و باعث رشد گوستی گیاه و ضعیف شدن دیواره سلولی شده و گیاه را در برابر حمله آفت ها، حشرات و بیماری ها نظیر ورس گندم و آتشک گلایی آسیب پذیرتر می کند. همچنین، با بالا رفتن مقدار پروتئین در گیاه به علت مصرف زیاد نیتروژن، جذابیت برای حشرات و بیماری ها بیشتر می شود. متخصصین گیاه پزشکی به هنگام ملاحظه این گونه علائم کمبود که در واقع ناشی از ضعف عمومی گیاه می باشد، به جای اصلاح ساختار تغذیه گیاه، اقدام به تجویز سم می نمایند که به نظر غیر معقول و غیر منطقی می رسد.

به عقیده متخصصین تغذیه گیاهی، عارضه اولیه پیدایش این نوع بیماری ها، ضعف عمومی بوته های گیاه در اثر عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود به ویژه عدم مصرف کودهای پتاسیمی و ریزمغذی ها می باشد. به عبارت دیگر، بیماری های گیاهی عوارض ثانویه هستند که در اثر عارضه اولیه (ضعف بوته های گندم) حادث می شوند. راه حل واقعی تحت چنین شرایطی اصلاح ساختار تغذیه گیاه و تولید بذور با قوه نامیه بالا و مقاوم در برابر پاتوژن های غیر مفید خاکزی می باشد (ملکوتی و کشاورز، ۱۳۸۴). به طور کلی عناصر غذایی، نقش عمده ای در سلامت گیاه دارند و گیاهان سالم مقاومت بیشتری در برابر آفت ها و بیماری ها از خود نشان می دهند. هم کمبود و هم بیش بود عناصر غذایی می تواند شدت بیماری ها و آفت ها را تحت تأثیر قرار داده و گیاه را در برابر صدمات ناشی از بیماری ها آسیب پذیرتر سازد، لذا باید به مصرف متعادل و بهینه کود و همچنین زمان مصرف مناسب آن توجه کافی داشت (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

پتاسیم در شرایطی که در حد نیاز موجود باشد، مقاومت گیاهان را در برابر بیماری ها و آفت ها افزایش می دهد. مقادیر کافی پتاسیم برای ساختن مواد حفاظتی و موانع جلوگیری کننده از گسترش بیماری ها لازم است و صدمات وارده را تا حدودی به علت افزایش ضخامت دیواره بیرونی سلول های اپیدرم جبران می نماید. البته برای تأثیر پتاسیم، لازم است دیگر عناصر غذایی به ویژه روی هم به مقدار

کافی وجود داشته باشد. تحقیقات نشان داده است که پتاسیم، باعث کاهش صدمات بیماری باکتریایی سوختگی برگ، سوختگی غلاف و پوسیدگی ساقه در برنج می شود. علاوه بر آن، پتاسیم در کم کردن خسارات ناشی از زنگ و ورس گندم و بیماری آتشک گلایی مؤثر است. در شکل های ۸، ۹ و ۱۰ نمایی از کچلی مزرعه گندم در اثر شیوع نماتد و نمونه ای از شاخه های مبتلا به آتشک گلایی و نیز خسارت ناشی از هجوم کنه تارتن در درختان بادام و افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و باغی (انگور) در اثر مصرف بهینه کود نشان داده شده است (ملکوتی و همکاران ۱۳۸۷).



شکل ۶- ناهمگونی در ارتفاع بوته ها و کچلی ناشی از حمله نماتد به مزرعه گندم در شرایط استمرار تغذیه نامتعادل (شاکری، ۱۳۷۶)
شکل ۷- آتشک گلایی در شرایط مرطوب، آبیاری غرقابی و استمرار تغذیه نامتعادل به ویژه مصرف فراوان نیتروژن، تشدید می یابد
شکل ۸- نقش مصرف بهینه کود در کنترل کنه تارتن در درختان بادام (کیانی، ۱۳۷۹)

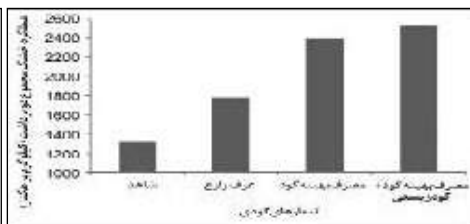
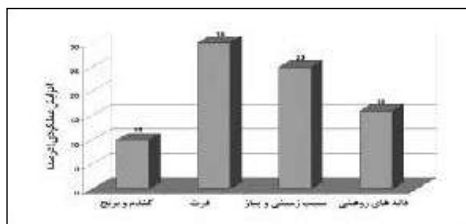
با تغذیه بهینه در مزارع و باغ ها، گیاهان علاوه بر تولید بذور و بوته های قوی، با سهولت بیشتری در برابر انواع بیماری ها و آفات از جمله پاخوره، انواع نماتدهای پارازیت و کنه تارتن در درختان میوه، مقاومت نموده و در نهایت عملکرد هکتاری در مزارع و باغ های میوه افزایش خواهد یافت. علاوه بر افزایش عملکرد، چون مصرف کود در چنین مزارعی بر مبنای تجزیه خاک و آن هم به شکل تقسیم خواهد بود، غلظت عناصر مفید برای سلامت جامعه از جمله آهن، روی، منگنز، کلسیم، منیزیم و بور در محصولات کشاورزی افزایش یافته و در نتیجه با مصرف چنین تولیداتی، سلامت دام و انسان محقق می شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۴-۱- رابطه مصرف بهینه کود با افزایش عملکرد محصولات کشاورزی: در یک بررسی ۲۰ ساله، رابطه بین میزان بارندگی و کل کود مصرفی (نسبت مصرف عناصر غذایی)، با تولیدات کشاورزی و کارایی مصرف کود محاسبه و چنین استنباط گردید که در حالی که ضریب همبستگی بین نزولات آسمانی و تولیدات کشاورزی بیشتر بوده، لیکن این همبستگی در مورد کودها به دلیل مصرف نامتعادل آن ها به مراتب کمتر بوده است (ملکوتی، ۱۳۹۰). با عنایت به وابستگی شدید تولیدات کشاورزی به بارندگی، مصرف بهینه کود به طور نسبی فراموش گردید و اوج این فراموشی در وضعیت مصرف کود در سال ۹۰-۱۳۸۶ به وضوح دیده شد. مقایسه انواع و مقادیر کودها مخصوصاً نوع و میزان کودهای وارداتی به ویژه کودهای فسفاتی با حالت آرمانی

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۲۵

(مطلوب)، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی را به وضوح نشان می‌دهد. به‌طور کلی افزایش هکتاری تولیدات کشاورزی، پلکانی بوده و براساس قانون حداقل لیپیگ، با رفع کمبود نسبی عناصر غذایی که براساس محصول و اقلیم در خاک متغیر می‌باشد، عملکرد افزایش می‌یابد. در آزمایشی با عنوان بررسی اثر روی در افزایش عملکرد و کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی در گندم دیم در استان زنجان، مصرف سولفات روی همراه با مصرف متعادل نیتروژن و فسفر بر اساس تجزیه خاک در گندم دیم، به‌طور معنی‌داری عملکرد را نسبت به تیمارهای شاهد و تیمار کودی NPK افزایش داد. به‌طوری که عملکرد دانه گندم با وجود شرایط خشکی و بارش کم باران در سال ۲۰۱۰، از ۱۴۰۱ به ۱۶۲۸ کیلوگرم بر هکتار (۱۶ درصد افزایش عملکرد) افزایش یافت. به عنوان مثال در گندم اگر با مصرف کودهای نیتروژنی، فسفات و پتاسیمی بر مبنای تجزیه خاک، عملکرد هکتاری به ۳۷۵۰ کیلوگرم بر هکتار برسد، پس از مصرف سولفات روی عملکرد به ۴۵۰۰، با مصرف توأم سولفات روی و اسیدبوریک تولید به ۴۷۵۰، با مصرف توأم سولفات روی، اسیدبوریک و سولفات آهن یا سکوسترین آهن تولید به ۵۰۰۰، با مصرف توأم سولفات روی، اسیدبوریک، سولفات آهن و سولفات منگنز ۵۲۰۰ و با مصرف توأم سولفات روی، اسیدبوریک، سولفات آهن، سولفات منگنز و سولفات مس تولید به ۵۵۰۰ و با مصرف سرک کودآبیاری و محلول پاشی اضافی مولیبدات پتاسیم، تولید به ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار خواهد رسید. در مواردی که کمبود خیلی شدید باشد، افزایش عملکرد ممکن است بیش از ۱۰۰ درصد باشد (ملکوتی، ۱۳۷۵).

زارع (۱۳۹۱) در یک پروژه تحقیقاتی، به‌منظور بررسی نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و کیفیت اسانس به‌لیمو، آزمایشی اجرا نمود. نتایج این تحقیقات نشان داد که عملکرد و میزان اسانس در تیمار مصرف بهینه کود در مقایسه با کوددهی بر اساس عرف زارع به‌ترتیب ۴۱ و ۹۳ درصد افزایش یافت (شکل ۶). ولی در شرایط معمولی افزایش عملکرد در مورد گندم و برنج، ذرت، سیب‌زمینی، پیاز و دانه‌های روغنی به‌طور متوسط به ترتیب معادل ۱۰، ۳۰، ۲۵ و ۱۵ درصد تخمین زده می‌شود (شکل ۷). به عبارت دیگر، با مصرف متعادل کودها، علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، سلامت انسان نیز تضمین می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۹- اثر تیمارهای مختلف کودی بر مجموع عملکرد برگ خشک در گیاه دارویی به‌لیمو در دو برداشت (میانگین) در برخی از محصولات زراعی کشور

شکل ۱۰- نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد

۴-۴-۱- رابطه مصرف بهینه کود با افزایش کارایی مصرف کود و آب: از مهم‌ترین عوامل افزایش تولید و بهبود کیفیت، رعایت اصول مصرف بهینه کودها و مصرف آن‌ها مطابق نیاز گیاه و نتایج تجزیه خاک و آب می‌باشد. این دو عامل می‌توانند نقش بسیار مهمی در افزایش تولید داشته باشند. معمولاً میزان افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و از جمله غلات، در قبال مصرف یک کیلوگرم عنصر غذایی کودی به‌طور متوسط ۱۰ و در شرایط مطلوب تا ۲۵ کیلوگرم گزارش شده است. روش‌های عرف زارع برای افزایش عملکرد، غالباً با مصرف زیاد کودها همراه است که این امر علاوه بر آلودگی محیط زیست، موجب کاهش کارایی کود نیز می‌شود. از مهم‌ترین علل پایین بودن کارایی کود در کشور ارزان بودن کود به دلیل اختصاص یارانه است که با حذف یارانه و اختصاص آن به تجزیه خاک می‌تواند موجب بهبود کارایی کود شود. از راه‌های دیگر افزایش کارایی کود، مصرف تقسیط شده به خصوص در مورد کودهای پویا می‌باشد. به عنوان مثال بهتر است، کودهای نیتروژنی در چهار مرحله و کودهای پتاسیمی در سه مرحله مصرف شوند. یکی دیگر از راه‌های افزایش کارایی کودهای شیمیایی، قابل جذب کردن عناصر موجود در این کودها برای گیاه است. کودهای بیولوژیک (زیستی) نیز می‌توانند علاوه بر بالا بردن کارایی مصرف کودهای شیمیایی، عناصر غذایی تثبیت شده در خاک را برای گیاه به فرم قابل جذب در آورند و بدین صورت در مصرف کودهای شیمیایی صرفه‌جویی شود (ملکوتی، ۱۳۷۵؛ ملکوتی، و همکاران، ۱۳۸۷؛ ملکوتی، و همکاران، ۲۰۰۸).

به دلیل ارزان بودن کودهای نیتروژنی و سهولت تهیه آن توسط کشاورزان، مصرف آن‌ها بی‌رویه بوده و کودهای نیتروژنی کارایی پایینی دارند. لطف‌اللهی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که کاربرد اوره با پوشش گوگردی به صورت پایه و قبل از کاشت نسبت به مصرف اوره چه به روش پخش سطحی و چه به روش جایگذاری عمقی، کارایی بیشتری یا افزایش چشمگیر در عملکرد دانه گندم داشته است. ملکوتی و همکاران (۱۳۸۴) در شرایط مزرعهای در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳، ارجحیت کود کامل ماکرو و SCU را نسبت به مصرف اوره قبل از کاشت تایید نمودند (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).

۵-۴-۱- رابطه مصرف بهینه کود با ارتقاء کیفیت نان: در نگاه اول، بین مصرف کود و کیفیت نان رابطه‌ای مشاهده نمی‌شود. لیکن، با آگاهی از چرایی جداسازی سبوس از آرد در کارخانه‌های تهیه آرد، این رابطه مشخص می‌شود. علت جداسازی سبوس از آرد به دلیل بالا بودن غلظت اسیدفیتیک می‌باشد. در ترکیب اسیدفیتیک به طوری که از فرمول شیمیایی آن استنباط می‌شود، شش اتم فسفر وجود دارد و بدیهی است با تداوم مصرف نامتعادل کودها به ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کود سولفات‌رویی، غلظت فسفر و در نتیجه مقدار اسیدفیتیک در دانه گندم افزایش می‌یابد. در ذیل، ضمن بیان مبحث غنی‌سازی محصولات کشاورزی، واکنش اسیدفیتیک با کاتیون‌های موجود در مواد غذایی، شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسیدفیتیک به روی PA/Zn) و نقش روی (Zn) در اصلاح شاخص نامطلوب تغذیه‌ای، چالش‌های پیش‌رو برای غنی‌سازی محصولات کشاورزی به‌ویژه گندم و برنج توضیح داده می‌شود.

• **غنی‌سازی محصولات کشاورزی چیست؟** غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌تواند با روش‌های متعددی محقق شود از جمله الف) روش اگرونومیکی در مزرعه که عمدتاً از طریق رعایت اصول مصرف بهینه کود صورت می‌گیرد. در این روش با رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع، باغ‌ها و مراتع، ضمن افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، غلظت عناصر غذایی نیز در محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد؛ ب) اضافه کردن عناصر معدنی در محل فرآوری محصولات غذایی می‌باشد. در این روش طی فرآیند تهیه مواد غذایی نظیر آرد، شیر، ماکارونی و بیسکویت، مواد معدنی مورد نیاز و ویتامین‌ها با نسبت‌های مشخص و معلوم به مواد غذایی مصرفی افزوده می‌شود؛ پ) از طریق تولید ارقام کارآ؛ ت) استفاده از علم اصلاح نباتات؛ ث) استفاده از کودهای زیستی و بالاخره س) مصرف مستقیم عناصر معدنی، ویتامین‌ها و مکمل‌های ضروری بدن. لیکن، با عنایت به تشدید سوءتغذیه در جامعه به دلیل افزایش هزینه‌ها و کاهش درآمدها، امکان تأمین روزانه انواع ریزمغذی‌ها، کلسیم، منیزیم و ویتامین‌ها برای جامعه سخت‌تر و حتی غیرممکن گردیده است و مشکلات امنیت غذایی و گرسنگی سلولی نیز بیشتر شده است. کلانتری (۱۳۹۰) در سخنرانی خود چنین نتیجه‌گیری نمود که چهار دهک اول جوامع شهری متوسط ۱۹۵۰ و چهار دهک جوامع روستایی ۱۷۸۸ کیلو کالری در روز انرژی مصرف می‌کنند. بدیهی است آمار فوق بیانگر گرسنگی ظاهری بوده ولی اگر گرسنگی پنهان (گرسنگی سلولی) را در نظر بگیریم، تقریباً تمام دهک‌های جوامع انسانی کشور چه شهری و چه روستایی به نحوی از کمبود یک و یا چند ماده معدنی و ویتامین‌ها رنج می‌برند (ملکوتی، ۱۳۹۰)*.

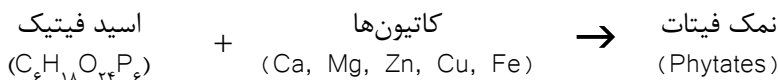
غنی‌سازی در مزرعه، باغ و مرتع، روش ارزان، طبیعی و سهل‌الوصول آحاد جامعه در تأمین عناصر غذایی و ریزمغذی است. غنی‌سازی که در حال حاضر بر روی آرد، در برخی از نقاط کشور در شرف انجام است، چون تنها در برگیرنده آهن و اسید فولیک است، نمی‌تواند به عنوان غنی‌سازی کامل تلقی شود. بنابراین، اجرای آن از نظر سیرشدگی سلولی هر چند که یک گام به جلو است، لیکن چندان مؤثر نیست و باید از مزرعه و یا از کارخانجات آرد آن را به‌طور کامل انجام داد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ ملکوتی، ۱۳۹۰).

• **واکنش اسیدفیتیک با کاتیون‌های موجود در مواد غذایی چگونه است؟**

اسیدفیتیک چیست؟ نام شیمیایی آن سیکلو هگزان هگزیل هگزامتا فسفات با فرمول مولکولی $C_6H_{18}O_{24}P_6$ ، وزن مولکولی ۶۶۰ است که مایع چسبناک، و رنگ آن بی‌رنگ یا زرد روشن بوده و شامل ۱۲ گروه اسیدی است. اسیدفیتیک توانایی تشکیل کمپلکس با عناصر غذایی را داشته و ۷۰ درصد فسفر کل دانه غلات و حبوبات به فرم اسید فیتیک است که موجب تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های معدنی از جمله کلسیم، روی و آهن و در نهایت دفع آن‌ها از بدن و در نتیجه کمبود این

*. طبق گزارش وزیر محترم بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد جامعه با کمبود ویتامین D₃ مواجه هستند.

عناصر در انسان می‌شود. اسید فیتیک با تشکیل نمک فیتات با کاتیون‌های دو ظرفیتی از جمله کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، روی (Zn)، آهن (Fe) و ...، مانع از جذب این عناصر در دستگاه گوارش می‌شود:



اثرات سوء اسیدفیتیک بر جیره غذایی انسان به شرح خستگی عمومی، آسیب‌رسانی به سیستم ایمنی بدن، صدمات شدید بر مغز و سایر اندام‌ها، عفونت تنفسی در کودکان، کم‌خونی ایرانی، افزایش مرگ‌ومیر مادران به‌هنگام زایمان، افزایش خطر تولد نوزادان نارس، جذب عناصر غذایی کم‌نیاز در غلات و حبوبات می‌باشد.

• **شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (PA/Zn) چیست؟** شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسیدفیتیک به روی - PA/Zn) توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۹۶ مطرح گردید. مطابق این شاخص، قابل جذب بودن عناصر غذایی به‌ویژه روی در مواد غذایی مطرح می‌شود. سازمان بهداشت جهانی اعلام نمود برای آن‌که عناصر موجود در ماده غذایی (نان)، به وسیله سیستم گوارشی بدن قابل جذب باشند، باید شاخص PA/Zn کمتر از ۲۵ باشد. متعاقب آن، Gibson (۱۹۹۸) اعلام نمود که چنانچه مقدار این شاخص در هر ماده غذایی کمتر از ۵ باشد، بیش از ۵۵ درصد از عناصر معدنی موجود در آن ماده غذایی در سیستم گوارشی بدن قابل جذب خواهد بود. ولی اگر این نسبت بین ۵ تا ۱۵ باشد، فقط ۳۵ درصد از عناصر معدنی قابل جذب بوده و چنانچه بیش از ۲۵ باشد، هیچ عنصر معدنی در سیستم گوارشی بدن قابل جذب نخواهد بود. برای آن‌که عناصر موجود در ماده غذایی (نان)، بوسیله سیستم گوارشی بدن قابل جذب باشد، باید شاخص PA/Zn کمتر از ۲۵ باشد. متأسفانه این نسبت در گندم‌های تولیدی در خاک‌های آهکی ایران به دلیل استمرار مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای محتوی روی حدود ۶۰ می‌باشد. چون قسمت عمده (حدود ۷۰ درصد) اسید فیتیک، عناصر معدنی و ویتامین‌ها در سبوس گندم تجمع می‌یابد، بنابراین مسئولین امر به جای حل علمی مشکل زیادی اسید فیتیک در دانه گندم، ساده‌ترین راه یعنی جداسازی و دور ریزی سبوس از آرد مصرفی مردم را اجرایی نمودند. به منظور گرفتن بهانه از دست مسئولین امر و ممانعت جدی از جداسازی سبوس از آرد، باید به‌نحوی عالمانه غلظت اسیدفیتیک در گندم‌های تولیدی را کاهش و در مقابل غلظت روی را افزایش داد. این امر تنها از طریق غنی‌سازی گندم و مصرف متعادل کودها در مزرعه با حذف یارانه از کودهای فسفاتی و اعمال یارانه به کودهای حاوی روی و کاهش شاخص PA/Zn امکان‌پذیر است (ملکوتی، ۱۳۹۰).

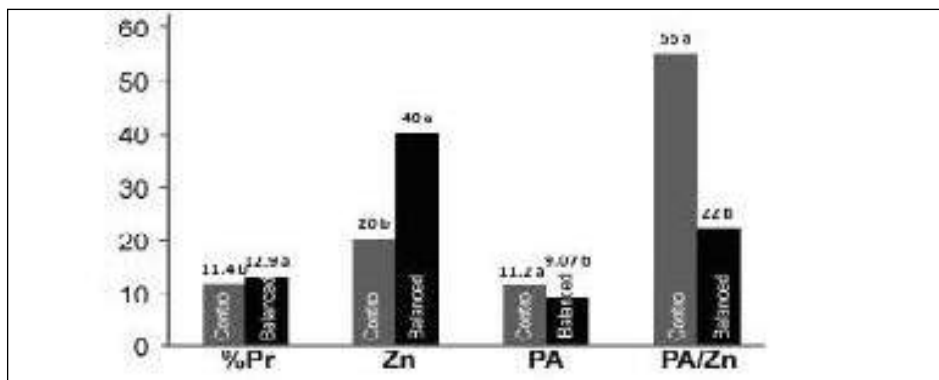
فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۲۹

در کارخانه‌های آرد به‌هنگام تهیه آرد، متأسفانه سبوس از آرد جدا می‌شود و با جداسازی سبوس از آرد، بیش از ۷۰ درصد عناصر معدنی و ویتامین‌های موجود در گندم، دور ریخته شده و از چرخه تغذیه‌ای انسان خارج می‌شود. علت این جداسازی را زیادی اسیدفیتیک در دانه‌های گندم تولیدی در مزرعه می‌دانند. همان طوری که بیان گردید، علت زیادی اسیدفیتیک در دانه‌های گندم مصرف بی‌رویه (بیش از نیاز) کودهای فسفاتی می‌باشد. در واقع رابطه تنگاتنگی بین میزان کودهای فسفاتی مصرفی، فسفر خاک، فسفر دانه و اسیدفیتیک در دانه گندم وجود دارد: $(3/55 \times \text{میزان فسفر دانه}) = \text{میزان اسیدفیتیک}$

اسید فیتیک (فیتات) در تمام مواد غذایی به‌ویژه در غلات و حبوبات به وفور یافت می‌شود. در جوامعی که چنین مواد غذایی را مصرف می‌نمایند، مقدار فیتاتی که روزانه وارد سیستم گوارشی بدن می‌شود از ۲۵۰۰ میلی گرم در روز تجاوز می‌نماید. با افزایش مقدار فیتات در محصولات کشاورزی به ویژه دانه گندم، از جذب روی کاسته شده و در نهایت نیاز روزانه انسان به روی افزایش می‌یابد (ملکوتی، ۱۳۹۰).

• نقش روی در اصلاح شاخص نامطلوب تغذیه‌ای چیست؟ در دو دهه اخیر تحقیقات

متعددی در مورد نقش روی (Zn) در افزایش کیفیت گندم و برنج از طریق کاهش شاخص Zn در مزارع گندم و شالیزارها انجام گرفته است. در آزمایشی در خاک‌های آهکی ترکیه در دو منطقه زراعی کشت گندم، تغییرات روی، اسیدفیتیک و شاخص PA/Zn در مزارع گندم آبی، مورد بررسی قرار گرفت. مقدار روی در دانه گندم در منطقه قونیه کمتر از سطح بحرانی (۸ میلی گرم بر کیلوگرم) و در منطقه دیگر مقدار روی دانه ۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. با مصرف سولفات روی، میزان روی در گندم افزایش یافته و شاخص PA/Zn در منطقه قونیه از ۱۳۸ به ۶۱ کاهش، لیکن در منطقه دیگر، شاخص PA/Zn از ۴۹ به ۳۹ کاهش یافت. بر اساس گزارش Erdal و همکاران (۲۰۰۲)، اندازه‌گیری آزمایشگاهی اسید فیتیک حدود ۳ گرم در کیلوگرم کمتر از روش محاسبه‌ای آن می‌باشد (گسترده‌ی دامنه تغییرات شاخص PA/Zn در دانه‌های گندم تولیدی در مزارع خاک‌های آهکی، علاوه بر مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی و عدم کاربرد کودهای محتوی روی (Zn)، ناشی از رقم و تفاوت در درجه حاصلخیزی خاک‌های زیر کشت و درصد مواد آلی می‌باشد). نتایج تحقیقات بیش از ۱۰ آزمایش در مزارع گندم آبی در ایران نشان داد که با مصرف سولفات روی، غلظت روی در دانه گندم آبی افزایش، مقدار اسیدفیتیک کاهش و در نهایت شاخص PA/Zn به کمتر از ۲۵ کاهش یافته و بدین ترتیب عناصر موجود در نانی که از این گندم تهیه می‌شود، برای انسان قابل جذب بوده و در نتیجه، در فرآیند تهیه آرد، نیازی به سبوس‌گیری نخواهد بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نقش مصرف بهینه کودی در غنی سازی و کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی (PA/Zn)

بهرامی (۱۳۹۰) به منظور بررسی نقش روی در افزایش عملکرد و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در گندم دیم، آزمایشی در ۱۰ مزرعه در حومه شهرستان خدابنده واقع در استان زنجان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا نمود. تیمارهای سه گانه این آزمایش عبارت بودند از تیمار اول (بدون کود)، تیمار دوم کوددهی بر اساس عرف زارعین منطقه، تیمار سوم کوددهی بر مبنای نتایج تجزیه خاک (تغذیه متعادل) انجام و عملیات کاشت و داشت طبق عرف زارعین منطقه انجام گرفت. در این منطقه از گندم رقم آذر ۲ استفاده گردید و در تیر ماه ۱۳۹۰ عملیات برداشت انجام گرفت. نتایج نشان داد در حالی که میانگین عملکرد هکتاری در قطعات تیمار بدون کوددهی ۹۷۵ و در تیمار عرف زارعین ۱۴۰۱ کیلوگرم بر هکتار بود، این عملکرد در تیمار تغذیه متعادل بالغ بر ۱۶۲۸ کیلوگرم بر هکتار گردید. میانگین غلظت فسفر و روی در دانه گندم در تیمار شاهد به ترتیب ۰/۲۶ و ۲۱ و در تیمار عرف زارعین ۰/۲۴ و ۲۵ و در تیمار تغذیه متعادل به ترتیب ۰/۲۱ و ۳۰ و میلی گرم بر کیلوگرم بود. در حالی که نسبت مولی اسید فیتیک به روی در تیمار بدون کوددهی ۳۰ و عرف زارعین ۲۳ بود، این مقدار در تیمار تغذیه متعادل به ۱۵ کاهش یافت که در سطح ۵ درصد معنی دار گردید. با عنایت به نتایج بدست آمده، چنین استنباط گردید که با تغذیه متعادل علاوه بر افزایش ۱۶ درصدی عملکرد هکتاری مزارع گندم دیم در مقایسه با عرف زارعین، نسبت مولی اسید فیتیک به روی از ۲۳ به ۱۵ کاهش یافت و بنابراین، می توان از گندم های دیم نیز در تهیه نان بدون آن که سبوس از گندم جدا شده باشد، استفاده نمود. رهبر شیراز (۱۳۹۱) به منظور بررسی نقش مصرف بهینه کودی در افزایش عملکرد و کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی (PA/Zn) در برنج رقم شیرودی، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در یکی از شالیزارهای شهرستان بابل اجرا نمود. نتایج نشان داد در حالی که میانگین عملکرد دانه، در تیمار شاهد ۴۳۹۴ کیلوگرم بر هکتار بود، این رقم در تیمار بهینه کودی (تیمار پنجم) بالغ بر ۶۳۷۷ کیلوگرم بر هکتار گردید. شاخص PA/Zn در شلتوک، برنج قهوه ای و سفید در تیمار اول (شاهد) به ترتیب ۴۲ و ۳۵ و ۲۰ بود، این ارقام در تیمار پنجم به ۴۰، ۳۳ و ۲۴ کاهش یافت. با عنایت به نتایج بدست آمده، ایشان چنین

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۳۱

استنباط نمود که مصرف کودها براساس تجزیه خاک به علاوه سرک کود پتاسیمی اضافی در شالیزارها، سبب افزایش عملکرد و کاهش شاخص PA/Zn در دانه برنج گردید. بدیهی است با مصرف این نوع برنج غنی شده سبوس دار با شاخص PA/Zn کمتر از ۲۵ مشابه گندم غنی شده سبوس دار، موجب ارتقاء سطح سلامت مصرف کنندگان خواهد شد (ملکوتی، ۱۳۹۰).

• چالش های پیش رو برای غنی سازی محصولات کشاورزی به ویژه گندم و برنج کدامند؟

با تقدیر از اقدامات صورت گرفته در راستای واقعی کردن قیمت نان که سبب صرفه جویی در مصرف نان شده است، امید است که گام موثری در بهبود کیفیت نان نیز برداشته شود. آنچه در باب کیفیت نان از طرف مسئولین محترم اجرایی کشور مطرح و پیگیری شده است، قطعاً متناسب با شرایط و موقعیت موجود و تعدیل بار روانی، ناشی از افزایش قیمت نان است و اگر چه هر قدمی در راستای افزایش کیفیت نان برداشته شود، مغتنم است، اما راه حل اساسی نیست.

افزایش کیفیت نان مستلزم دو اقدام هماهنگ و هم راستا است. همانگونه که برای ساخت بنایی مستحکم تأمین مصالح مناسب قدم اول و استفاده از معمار ماهر قدم بعدی است، افزایش کیفیت نان، نیز در ابتدا آرد گندم با کیفیت می طلبد و نانوا و کارگر ماهر، نقش مکمل را در تأمین نان مناسب دارد. راه حل عملی این است که اصل کشاورزی پایدار و امنیت غذایی (برگرداندن عناصر غذایی برداشتی توسط محصول به خاک) را به طور جد رعایت نموده و یارانه کودها در راستای مصرف بهینه کود بر مبنای تجزیه خاک و فقط به کودهای آلی، زیستی، گوگردی و سولفات روی اختصاص داده شود. در غیر این صورت، مطالبی که توسط مسئولین محترم در رسانه های ملی و مطبوعات در رابطه با ارتقاء کیفیت نان گفته می شود، بدون رعایت اصول فوق امکان پذیر نمی باشد. مطالب بیان شده در مورد ارتقاء کیفیت نان، مشابه مهندس ساختمانی است که می خواهد نمای ساختمان، زیباتر شود، صرف نظر از این که ساختمان پی ریزی محکمی نداشته و به زودی فرو خواهد ریخت. بنابراین، ریشه بهبود کیفیت نان از مزرعه، آن هم از طریق مصرف انواع کودها بر مبنای تجزیه خاک و یا با انجام توصیه بهینه کودی بر اساس نتایج آزمایش های منطقه ای امکان پذیر است. به عبارت دیگر، سلامتی در ریشه های درم تنیده گیاهان در مزرعه است. در این زمینه تقاضا دارد به نکاتی که ذیلاً می آید، عنایت بفرمایید:

- وزارت جهاد کشاورزی نسبت به اصلاح برنامه کاربرد ریز مغذی های خاک های کشاورزی اقدام نماید (مصوبه سال ۸۳ شورای عالی سلامت و مصوبه سال ۸۵، هیأت محترم دولت).
- به دلیل انباشتگی فسفر در خاک های زراعی کشور، مصرف کودهای فسفاتی باید براساس نتایج تجزیه خاک انجام گیرد و در مقابل به همان میزان به مصرف کودهای گوگردی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً براساس تجزیه خاک انجام گیرد، در غیر این صورت، یارانه آن حذف شود. در مقابل یارانه به کودهای مؤثر در افزایش کمی- کیفی تولیدات کشاورزی از قبیل کودهای ریز مغذی، زیستی و به ویژه آلی اختصاص یابد.

■ ایجاد شرایط اقتصادی یکسان برای عرضه و فروش انواع کودهای آلی، زیستی و شیمیایی توسط شرکت خدمات حمایتی کشاورزی و یا نهاد مشابه و افزایش جریمه برای ناوایی‌هایی که به‌طور غیر قانونی به جای مخمر از جوش شیرین استفاده می‌نمایند. با مصرف نان سبوس‌دار و برنج قهوه‌ای غنی‌شده، رتبه بهداشتی جامعه ایران نیز ارتقاء داده خواهد شد.

از طرف دیگر، بهبود کیفیت نان و برنج با اعمال یکی از دو روش غنی‌سازی در مزرعه و یا غنی‌سازی در کارخانه آرد امکان‌پذیر است. منتهی غنی‌سازی در مزرعه در مقایسه با غنی‌سازی در کارخانجات آرد به دلایل الف) افزایش عملکرد هکتاری در حد ۲۰ الی ۲۵ درصد. ب) صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در مصرف گندم در کشور (نان سبوس‌دار و برنج قهوه‌ای غنی‌شده). پ) ارزانی روش غنی‌سازی در مزرعه و ت) جذب بهتر عناصر معدنی موجود در گندم و برنج قهوه‌ای غنی‌شده به دلیل توزیع یکنواخت عناصر معدنی (طبق اظهار نظر متخصصین تغذیه، درصد جذب عناصر معدنی در روش غنی‌سازی از مزرعه بیشتر از روش غنی‌سازی آرد می‌باشد- ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۸)، غنی‌سازی گندم و برنج در مزرعه و شالیزار، بهترین بوده و اجرای آن در سطح ملی قابل توصیه می‌باشد.

در دو دهه گذشته، تلاش‌های فراوانی در ضرورت انجام غنی‌سازی گندم و برنج صورت گرفته که خوشبختانه در چند سال اخیر بخش خصوصی (نان سحر، سه‌نان، گلستان و...) از طریق تولید نان سبوس‌دار و برنج قهوه‌ای، نقش خود را در ارتقاء سطح سلامت جامعه منتهی به نحوی ناقص (نان سبوس‌دار و برنج قهوه‌ای که در حال حاضر در بازار موجود است، برای سیستم گوارشی بدن انسان بسیار سودمند می‌باشند، لیکن به دلیل استمرار مصرف نامتعادل کودها در مزارع و شالیزارها، نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در آن‌ها به مراتب بیشتر از ۲۵ می‌باشد و به همین دلیل عناصر معدنی موجود در نان سبوس‌دار و برنج قهوه‌ای قابل جذب در سیستم گوارشی بدن انسان نمی‌باشند. برای حل این مشکل، لازم است از طریق رعایت اصول مصرف بهینه کود، شاخص فوق به کمتر از ۲۵ کاهش داده شود) ایفاء نموده و انشاء... دولت نیز به‌رغم وجود مصوبات متعدد قانونی، از طریق همگانی کردن مصرف بهینه کود در مراتع، مزارع، شالیزارها و باغ‌ها و غنی‌سازی محصولات کشاورزی به‌ویژه تولید نان سبوس‌دار و برنج قهوه‌ای غنی‌شده، نقش خود را در ارتقاء سطح سلامت ایفاء نماید (شکل ۱۲). برای بهبود کیفیت نان و برنج، دست‌آوردهای تحقیقاتی از انجام آزمایش‌های میدانی دو دهه اخیر (از سال ۱۳۷۵ لغایت ۱۳۹۵)، توضیح داده می‌شود.

■ **مثال موردی:** برای درک اهمیت موضوع، نتایج تجزیه خاک از مرحله قبل از کاشت تا برداشت، تجزیه دانه گندم در دو مزرعه گندم جوار هم، در ذیل گنجانده شده است: نتایج تحقیقات بیش از ۱۰ آزمایش در ایران نشان داد که با مصرف سولفات‌روی در مزارع گندم آبی، غلظت روی افزایش، مقدار اسیدفیتیک کاهش و در نهایت شاخص PA/Zn به کمتر از ۲۵ کاهش یافته و بدین ترتیب عناصر موجود در نانی که از این گندم تهیه می‌شود، برای انسان قابل جذب بوده و در نتیجه در فرآیند تهیه آرد، نیازی به سبوس‌گیری نخواهد بود.

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۳۳

نتایج تجزیه شیمیایی دانه گندم در دو مزرعه گندم در جوار هم که در مزرعه اول کوددهی مطابق عرف سنتی زراعت (NP) و در مزرعه دوم کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک (مصرف بهینه کود) بوده است، به منظور ممانعت جدی از جداسازی سبوس از آرد، بایستی به نحوی عالمانه غلظت اسیدفیتیک در گندم‌های تولیدی را کاهش و در مقابل غلظت روی را افزایش داد. این امر تنها از طریق غنی‌سازی گندم و مصرف متعادل کودها در مزرعه با اختصاص یارانه به کودهای حاوی روی (Zn)، امکان‌پذیر است تا بدینوسیله شاخص PA/Zn بطور معنی‌داری کاهش یابد (ملکوتی، ۱۳۹۴).

مقدار	کوددهی با روش سنتی (عرف زراعتی - NP)	کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک (مصرف بهینه کود)
فسفر کل خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) فسفر قابل استفاده خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۱۰۰ ۲۵	۵۵۰ ۱۲
روی کل خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) روی قابل استفاده خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۵ ۰/۵۰	۳۰ ۲/۲۰
فسفر در دانه گندم (درصد)	۰/۳۵	۰/۲۱
روی در دانه گندم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۵	۴۰
مقدار اسیدفیتیک* در دانه گندم (گرم بر کیلوگرم)	۱۲۴۲۵	۷۱۰۰
نسبت مولی اسیدفیتیک در دانه گندم	۱۸/۸۲	۱۰/۷۶
مقدار مولی روی در دانه گندم	۰/۲۳	۰/۶۱
شاخص نامطلوب تغذیه ای (نسبت مولی اسیدفیتیک به روی)	۸۲	۱۸

* مقدار اسیدفیتیک برابر است با مقدار فسفر در دانه ضربدر عدد ۳/۵۵.

موضوع فراموش شده غنی‌سازی آرد گندم از مزرعه، مجدداً در اوایل ۱۳۹۲ مطرح و پس از مکاتبات طولانی، تایید مسئولین محترم وزارت جهاد کشاورزی، موضوع طی نامه زیر به شورای عالی سلامت ارجاع گردید: «با سلام و احترام، نامه شماره ۰۲۰/۳۲۱۲۴ مورخ ۹۴/۱/۳۱ وزیر محترم جهاد کشاورزی و سوابق آن (تصاویر پیوست) در خصوص درخواست جناب آقای دکتر ملکوتی استاد محترم دانشگاه تربیت مدرس مبنی بر غنی‌سازی محصولات کشاورزی برای افزایش عملکرد کمی و کیفی آن به منظور ارتقاء سطح سلامت جامعه به استحضار جناب آقای دکتر جهانگیری معاون اول محترم رییس جمهور رسید، پی نوشت فرمودند: جناب آقای دکتر هاشمی جهت بررسی و طرح در شورای سلامت و اتخاذ تصمیم». در اواسط زمستان ۱۳۹۵، پس از پیگیری‌های لازم موضوع در حوزه معاونت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مطرح و غنی‌سازی مزارع گندم طی نامه زیر به دبیر محترم شورای عالی سلامت ارجاع گردید: با احترام، به پیوست نسخه‌ای از طرح ارتقاء

سطح سلامت جامعه از طریق افزایش عملکرد، غنی سازی گندم و بهبود کیفیت نان «از مزرعه تا سفره» به منظور تأمین امنیت غذایی و ارتقاء سطح سلامت جامعه ارسال می شود.

مستحضری مصرف سرانه گندم در حال حاضر فراتر از ۲۰۰ کیلوگرم بر سال است و نان غذای اصلی مردم ایران است که ۴۵ درصد پروتئین و ۳۸ درصد کالری مورد نیاز بدن را تأمین می نماید که از کیفیت بسیار پایینی برخوردارند. زیرا مصرف بهینه کودها مخصوصاً مصرف سولفات روی در مزارع گندم متأسفانه رایج نمی باشد و به رغم جداسازی سبوس از آرد که خود اشتباه بزرگی می باشد، شاخص نامطلوب تغذیه ای (نسبت مولی اسیدفیتیک به روی) - (PA/Zn)، همچنان بالاتر از شاخص سازمان بهداشت جهانی است.

تحقیقات ما ثابت کرده است که رابطه تنگاتنگی بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود داشته و منشأ اکثر کمبودها و بیماری های انسانی به سوء تغذیه برمی گردد. برای حل این معضل اجتماعی، ارتقاء کیفی نان های تولیدی از طریق کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی می باشد که بخشی از این پژوهش در ششمین جشنواره تحقیقاتی علوم پزشکی رازی (۱۳۷۹) برنده جایزه اول در زمینه بهداشت و تغذیه گردیده است و متعاقب آن برای اجرای برنامه ای جامع و هماهنگ، در سال های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵، پشتوانه قانونی و حقوقی لازم توسط شورای عالی سلامت و هیأت محترم وزیران تهیه و تصویب شد که این مهم در ده سال گذشته، تحقق نیافت. در این طرح علاوه بر افزایش تولید، غنی سازی، کاهش نسبت مولی اسیدفیتیک به روی (PA/Zn) در دانه گندم و نقش مصرف نان سبوس دار غنی شده در ارتقاء سلامت جامعه تأکید شده است. بدیهی است با اجرایی کردن این طرح (غنی سازی گندم در مزرعه و مصرف نان غنی شده سبوس دار)، علاوه بر محاسن الف) افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گندم های تولیدی، ب) ارتقای وضع معیشتی مولدین کشاورزی، پ) صرفه جویی در مصرف گندم کشور در حدود ۲۰ درصد، ت) مصرف نان با کیفیت برتر (کاهش دور ریزی نان) توسط مردم، ث) کاهش بخشی از بیماری ها، نارسایی های بهداشتی جامعه و ارتقاء سلامتی جامعه و ج) کاهش سرطان دستگاه گوارشی به دلیل مصرف نان سبوس دار که در دید کلان عاید جامعه خواهد شد، در مدت زمان پنج سال، موقعیت و رتبه بهداشتی ناشی از سوء تغذیه مردم ایران ۵۰ درصد بهبود خواهد یافت. (ملکوتی، ۱۳۹۰).

۴-۶-۱- برهمکنش مثبت مصرف بهینه کود و پرتودهی گاماد در کاهش ضایعات محصولات کشاورزی:
روند افزایشی ضایعات محصولات کشاورزی یکی از چالش های اساسی به ویژه در کشورهای در حال توسعه به شمار می رود. طبق آخرین اطلاعات موجود در کشور، سالانه از ۱۰۰ میلیون تن محصولات کشاورزی تولیدی حدود ۱۵ درصدی به صورت ضایعات از چرخه مصرف خارج می شود. به اعتقاد کارشناسان صنایع غذایی در کشور، در حدود ۲۵ درصد درآمد نفتی، هر سال در قالب ضایعات محصولات کشاورزی از دست می رود که این رقم معادل غذای ۱۵ میلیون نفر می باشد و این امر ناگوار سبب هدر رفت بخش قابل توجهی از بیت المال می شود. لذا هزینه

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۳۵

بالای ضایعات، بار سنگینی بر دوش اقتصاد کشور وارد کرده است.



شکل ۱۲- تصویری از نان سبوس دار، برنج قهوه‌ای و سنگ تولیدی توسط بخش خصوصی

افزون بر نحوه مدیریت نگهداری محصولات کشاورزی، از عوامل مهمی که در کاهش زمان انبارداری آن‌ها مؤثر است، می‌توان به بالا بودن میزان رطوبت (کم بودن مقدار ماده خشک)، کمبود غلظت کلسیم (Ca)، بور (B) و بالا بودن غلظت نیترات (NO_3) در محصولات کشاورزی اشاره نمود. نتایج تحقیقات ۲۰ ساله اخیر نشان داده که یکی از دلایل زیادی ضایعات کشاورزی، پایین بودن مقدار ماده خشک (زیادی درصد رطوبت) موجود در محصولات کشاورزی است که بیشتر از استمرار مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنی ناشی می‌شود. نتایج آزمایش‌ها نشان داده که با مصرف سولفات روی مقدار ماده خشک سیب‌زمینی از ۱۸/۵ درصد در تیمار شاهد به ۱۹/۱ درصد و با مصرف بور به ۱۹/۷ درصد افزایش می‌یابد. این در حالی است که مصرف توأم سولفات روی و اسیدبوریک، موجب افزایش ماده خشک تا ۲۰/۷ درصد شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). نتایج آزمایش‌های متعدد دیگر که در طول دو دهه گذشته در مزارع سیب‌زمینی، پیاز و سایر محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کشور انجام گرفته، نشان داد که در قطعات مصرف نامتعادل کود (عرف رایج کوددهی سنتی)، میانگین میزان رطوبت در سیب‌زمینی و پیاز برابر ۸۲ و ۸۹ درصد بوده، لیکن در قطعات مصرف بهینه کودی (مصرف کودها براساس نتایج تجزیه خاک) این ارقام به ترتیب برابر ۷۷ و ۸۷ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر، در نتیجه مصرف متعادل کودها، میانگین مقدار ماده خشک سیب‌زمینی از ۱۸ به ۲۳ درصد و در پیاز میانگین از ۱۱ به ۱۳ درصد افزایش یافته است (جدول ۴). دادخواه (۱۳۹۱) در آزمایشی تأثیر سطوح مختلف روی و بور را بر عملکرد و میزان ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی در دشت جلگه رخ استان خراسان رضوی بررسی و به این نتیجه رسید که با مصرف سولفات روی و اسیدبوریک، عملکرد و مقدار ماده خشک غده سیب‌زمینی به ترتیب از ۲۸/۳ تن بر هکتار و ۱۹/۸ درصد به ۴۵/۷ تن بر هکتار و ۲۲/۶ درصد افزایش یافت.

این مقدار معادل افزایش ۳۸ درصدی عملکرد و ۱۴ درصدی ماده خشک نسبت به شاهد است. این در حالی است که افزون بر کیفیت بهتر، در چیپس (۳۰ درصد چیپس سیب‌زمینی را روغن تشکیل می‌دهد) تهیه شده، سیب‌زمینی کمتری نیز مصرف می‌شود. از طرف دیگر، شرکت تولید چیپس

سیبزمینی دینا (چی توز)، به ازای هر ۱ درصد افزایش در مقدار ماده خشک غده سیبزمینی، قیمت سیبزمینی را ۱۰ درصد گران تر خریداری می نماید (این جایزه مخصوص تولیدکنندگانی است که درصد ماده خشک غده های سیبزمینی بیش از ۲۰ درصد باشد)، بنابراین تحت شرایط مدیریت مطلوب مصرف کود، تولیدکننده سیبزمینی به ازای هر هکتار مبلغ ۴۸ میلیون ریال درآمد بیشتری خواهد داشت. علاوه بر کسب درآمد بیشتر برای سیبزمینی کار، شرکت تولیدکننده چیپس هم سیبزمینی کمتری برای تولید هر کیلوگرم چیپس مصرف خواهد نمود (دادخواه، ۱۳۹۱). به طور مثال در صورتی که برای تولید یک کیلوگرم چیپس، ۴ کیلوگرم سیبزمینی با ۱۷ درصد ماده خشک (کوددهی عرف زارعین) مصرف شود، در حالت کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک (مصرف بهینه کودی) با ۲۲ درصد ماده خشک، میزان صرفه جویی در سیبزمینی مصرفی برای تولید چیپس را محاسبه نمایید؟

جدول ۴- نقش مصرف بهینه کود در بهبود خصوصیات کیفی محصولات کشاورزی (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳)

افزایش و یا کاهش (درصد)		مصرف بهینه کود از طریق تجزیه خاک		کوددهی با عرف زارعین (NP)		خصوصیات کیفی محصول
سیبزمینی	پیاز	سیبزمینی	پیاز	سیبزمینی	پیاز	
-۲	-۵	۸۷	۷۷	۸۹	۸۲	رطوبت (درصد)
+۲	+۵	۱۳	۲۳	۱۱	۱۸	ماده خشک (درصد)
۶۴	۷۵	۸۰	۷۵	۲۲۰	۳۰۰	غلظت نیترات (NO_3) (میلی گرم بر کیلوگرم بر حسب وزن تازه)
۶۳	۶۸	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۳۵	غلظت کادمیوم (Cd) (میلی گرم بر کیلوگرم بر حسب وزن خشک)

الف) در حالت اول (مصرف نامتعادل کودها)

$$170 = 100 \div (1000 \times 17)$$

ماده خشک موجود در یک کیلوگرم سیبزمینی

$$170 \times 4 = 680$$

ماده خشک مورد نیاز برای تولید یک کیلوگرم چیپس

ب) در حالت دوم (مصرف متعادل کودها)

$$220 = 100 \div (1000 \times 22)$$

ماده خشک موجود در یک کیلوگرم سیبزمینی

$$680 \div 220 = 3/1$$

$$4/0 - 3/1 = 0/9$$

میزان صرفه جویی در سیبزمینی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم چیپس $29\% = 0/9 \times 100 \div 3/1$

در سال های اخیر برای کاهش ضایعات محصولات کشاورزی و افزایش زمان نگهداری آن ها در انبار، علاوه بر رعایت اصول مصرف بهینه کودی از پرتودهی اشعه گاما استفاده می گردد. نتایج

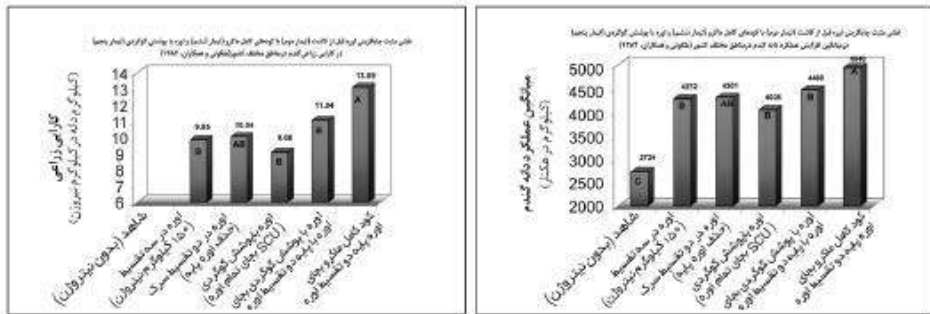
فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۳۷

تحقیقات گوناگون نشان می‌دهد که پرتودهی یک روش مفید برای افزایش طول مدت نگهداری و کاهش میزان ضایعات برخی از میوه‌ها، سبزی‌ها و موادغذایی است. بسیاری از مطالعات نشان داده که پرتودهی در طول دوره خواب غده‌ها بیشترین تأثیر را روی کنترل جوانه‌زنی دارد. در تحقیق دیگری که بر روی تأثیر اشعه گاما در مهار جوانه‌زنی و کیفیت غده سیب‌زمینی رقم آگریا در تاریخ‌های متفاوت پس از برداشت انجام گرفت، مشخص گردید که در غده‌های پرتودهی شده که بلافاصله پس از برداشت تحت تابش اشعه گاما قرار گرفته و در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند، جوانه‌ای مشاهده نگردید و نهایتاً طول عمر انباری غده‌ها افزایش یافت. اگرچه در این نوع آزمایش‌ها عموماً اصول مصرف بهینه کودی رعایت نشده و معمولاً تأثیر پرتودهی گاما در محصولات کشاورزی که با روش سنتی (کوددهی عرف زارع) تولید شده‌اند، بررسی شده است. عباسی (۱۳۹۲) اثربخشی پرتودهی گاما بر روی این محصولات کشاورزی را با محصولات کشاورزی تولیدی که در آن‌ها مصرف بهینه کودی رعایت شده مقایسه و نتیجه گرفت که افزایش طول عمر انباری محصولات کشاورزی تولیدی که کوددهی آن‌ها بر مبنای نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های تحت کشت بوده به مراتب بیشتر از محصولات کشاورزی تولیدی با کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل بوده است. اشعه گاما با ممانعت از جوانه‌زنی، کاهش انقباض و هدررفت آب در غده‌های سیب‌زمینی و پیاز، بر افزایش ماندگاری آن‌ها تأثیر معنی‌داری داشت. در آزمایش پیاز نیز بهترین ترکیب تیماری متعلق به تیمار ارگانیک پرتو دیده بود، به‌طوری که میانگین اختلاف درصد ماده خشک قبل و بعد از انبارداری در این تیمار برابر ۰/۳۷ درصد بود که در مقایسه با تیمار عرف زارع پرتودهی نشده (۲/۳۸) و عرف زارع پرتودیده (۰/۹۳) به ترتیب ۲/۰۱ و ۰/۵۶ درصد کاهش داشت. با توجه به نتایج به دست آمده، پرتودهی اشعه گاما در شرایط مصرف بهینه کودی بر افزایش ماندگاری سیب‌زمینی و پیاز ضروری به نظر می‌رسد.

۵-۱- رابطه تولید محصولات کشاورزی سالم با سلامت انسان

بنا به گزارش سازمان خواربار و کشاورزی (FAO)، بین ۴۰ تا ۶۰ درصد (حداقل ۳۳ درصد) افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چهار دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. در کشورهایی که مصرف کود در آن‌ها بهینه است، این افزایش حداکثر می‌باشد. دیوف مدیر کل پیشین FAO در پیامی به مناسبت روز جهانی غذا اعلام نمود که از کمبود عناصر ریزمغذی سالانه در کشورهای در حال توسعه بیش از ۱۲۸ میلیارد دلار خسارت به محصولات کشاورزی وارد می‌شود و اگر نقش ریزمغذی‌ها در ارتقای سطح سلامت جامعه نیز مدنظر قرار داده شود، این رقم بسیار بیشتر و غیرقابل شمارش خواهد بود. با بهبود تغذیه گیاه که عمدتاً با مصرف بهینه کودها مخصوصاً کودهای ریزمغذی، زیستی و آلی در خاک سالم در مزرعه تحقق می‌یابد، علاوه بر افزایش کمی و کیفی

۳۸ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم



شکل ۱۳- اثر جایگزینی اوره قبل از کاشت با SCU و کود کامل ماکرو در میانگین افزایش عملکرد و کود کامل ماکرو در افزایش میانگین کارایی زراعی گندم

محصولات کشاورزی، کمبودها برطرف شده، وضعیت تغذیه‌ای مردم اصلاح و به دلیل افزایش ایمنی بدن، نیاز به انواع داروها در کشور به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. Sanchez و Swaminathan (۲۰۰۵) در مقاله‌ای تحت عنوان «گرسنگی در آفریقا»، رابطه مردم بیمار با خاک‌های بیمار را که در مجله معروف پزشکی Lancet به چاپ رساندند، بیان داشتند. همبستگی تنگاتنگی بین نابرابری خاک‌های زراعی و کمبود غذا در آفریقا وجود دارد. آن‌ها، بحران بیماری خاک را فاجعه‌ای بی‌سر و صدا خواندند که سبب تشدید سوءتغذیه در این قاره شده است. به عقیده آنان منشاء بروز هفت بیماری از ۱۳ بیماری موجود در جهان به‌طور مستقیم و بقیه به‌طور غیرمستقیم، سوءتغذیه می‌باشد. آنان علت شیوع انواع بیماری‌ها در قاره آفریقا را در پایین بودن کیفیت خاک‌های زراعی و برنگرداندن مجدد عناصر غذایی برداشتی از خاک اعلام نمودند. این مطالب در دو دهه گذشته توسط محققین مورد تأیید قرار گرفته است (ملکوئی، ۱۳۹۳).

براساس اطلاعات موجود، از مجموع سه میلیون تن کود مصرفی در کشور، حدود ۸۶ درصد به اوره و سوپرفسفات‌تریپل (حداقل محتوی بیش از ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم) اختصاص داشته است. این موضوع عملاً زنگ خطری برای ناپایداری تولید در عرصه کشاورزی و تهدیدی برای امنیت غذایی کشور می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان داده که با مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی، علاوه بر افزایش تجمع نترات (NO_3^-) و کادمیوم (Cd)، از غلظت ویتامین C تا حد ۲۶ درصد کاسته می‌شود. ولی با رعایت اصول مصرف بهینه کود به‌ویژه سولفات پتاسیم و سولفات روی، علاوه بر افزایش ۲۰ درصدی ویتامین C، افزایش ۲۵ درصدی عملکرد و ارتقاء کیفیت محصولات کشاورزی، نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در دانه گندم که با کوددهی سنتی (اوره و فسفات) بیش از ۵۰ می‌باشد، تا حد استاندارد قابل قبول (کمتر از ۲۵) کاهش می‌یابد و در نتیجه می‌توان نان سبوس‌دار غنی‌شده را به جامعه ارائه نمود. لیکن به‌رغم پیگیری‌های چندین ساله و تصویب امر غنی‌سازی گندم و آرد در مراجع قانونی، هنوز غنی‌سازی نه

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۳۹

در مزرعه و نه در کارخانجات آردسازی، اجرایی نشده است. با بهبود تغذیه گیاه که عمدتاً با مصرف بهینه کودها مخصوصاً کودهای ریزمغذی، زیستی و آلی در مزرعه تحقق می‌یابد، علاوه بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، بخش عمده‌ای از سوء تغذیه را می‌توان برطرف و وضعیت تغذیه‌ای مردم را اصلاح نمود. همچنین به دلیل افزایش ایمنی بدن، نیاز به انواع مکمل‌های غذایی و داروها را می‌توان در کشور به‌طور چشم‌گیری کاهش داد و در نهایت رتبه بهداشتی جامعه تا حد ۵۰ درصد در سطح جهانی اصلاح می‌شود. انجام این امر مهم که از طریق اصلاح در سیستم یارانه‌ای و نظام تأمین و عرضه کودها قابل تحقق می‌باشد، علاوه بر صرفه‌جویی ارزی، باعث ایجاد اشتغال وسیعی در کشور از طریق راه‌اندازی مجدد کارخانه‌های به تعطیلی کشیده شده کودهای شیمیایی و زیستی خواهد شد.

با تأکید بر توسعه پایدار کشاورزی که از سیاست‌های مصوب حاکمیت می‌باشد و با اصلاح برخی روش‌ها، می‌توان علاوه بر رفع سوء تغذیه کنونی (سوء تغذیه فعلی علاوه بر قربانیان آشکاری که می‌گیرد، خود را در قالب کوتاهی قد و بیماری‌های صعب‌العلاج نیز نشان می‌دهد)، از میلیاردها دلار هزینه مستقیمی که برای درمان صرف می‌شود، جلوگیری نمود. به جرأت می‌توان گفت قوانین و مقررات موجود به اندازه کافی وجود دارد (رجوع به بند ۵ مصوبه شورای عالی سلامت در مرداد ماه ۱۳۸۳ و بندهای ۲۴ و ۲۷ مصوبه هیأت وزیران در آبان ماه ۱۳۸۵) و فقط یک عزم جدی برای ادامه سیاست‌های اتخاذ شده شورای عالی سلامت می‌طلبد. امید است با اصلاح ساختارها و روش‌ها و با مراجعه به سیاست‌های توسعه پایدار در بخش کشاورزی و احساس تعهد از سوی مسئولین، نسبت به افزایش کیفی محصولات کشاورزی در کنار افزایش کمی آن، بهبود تغذیه و به تبع آن سلامتی مردم بزرگ ایران و جلوگیری از انواع بیماری‌های مزمن و غیرمزمن ناشی از سوء تغذیه در کودکان و جوانان این سرزمین و جلوگیری از هدر رفت میلیاردها دلار هزینه درمان اقدام شود، تا سلامت جامعه تضمین شود (ملکوتی، ۱۳۹۰). در اینجا اضافه می‌نماید که تفکر حاکم بر بخش کشاورزی و حتی کشور تا دهه ۷۰، افزایش عملکرد بود. لیکن در راستای تولید پایدار، ارتقاء کیفیت محصولات کشاورزی و حفظ محیط زیست، فرهنگ‌سازی مصرف بهینه کودهای شیمیایی و آلی حاصل اجرای بیش از ۵۰۰۰ پروژه تحقیقاتی در سطح کشور آغاز و فرمول کودی کشور به‌طور نسبی اصلاح گردید و با تصویب موضوع غنی‌سازی در دو دوره متوالی، شورای عالی سلامت (مرداد ماه، ۱۳۸۳) و هیأت محترم دولت (آبان ماه، ۱۳۸۵)، تفکر مصرف بهینه کودها در سطحی فرابخشی ادامه یافت. در نتیجه فعالیت‌های فوق، جهت‌گیری کلی وزارت جهاد کشاورزی در اوایل دهه ۸۰ از افزایش عملکرد به افزایش عملکرد، بهبود کیفیت، پایداری در تولید، تأمین امنیت غذایی، حفاظت از محیط زیست و ارتقاء سطح سلامت جامعه تغییر یافت. بدین ترتیب، حداقل در شعار و نه در عمل، چرخه تولید پایدار (خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم) مطرح شد که باید نهادینه شود. به عبارت دیگر، با مصرف متعادل کودها، علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی،

سلامت انسان نیز تضمین می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ ملکوتی، ۱۳۹۳).

۶-۱- روش‌های نیل به مصرف بهینه کود در کشور

ترویج و همگانی کردن تجزیه خاک در کشور با حمایت از ایجاد آزمایشگاه‌های خصوصی و پایش منابع اراضی و توصیه کودی براساس نتایج تجزیه خاک در گیاه، مهم‌ترین ضمانت مصرف بهینه کود در کشور است. به عبارت دیگر، باید توصیه کودی با توجه به نتایج تجزیه خاک برای محصولات زراعی و دارویی و تجزیه برگ برای درختان میوه و زینتی صورت گیرد. در راستای هدفمندسازی یارانه‌ها، لازم به نظر می‌رسد که حمایت از ایجاد و گسترش آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه انجام پذیرد. در این صورت ضمن ایجاد احساس نیاز و رغبت برای مولدین کشاورزی به انجام تجزیه خاک، مصرف کود مطابق نیاز گیاه خواهد بود. همچنین لازم است ضمن اصلاح فرمول کودی کشور مطابق نسبت جهانی، تنوع در کوددهی نیز رعایت شود. افزایش مواد آلی خاک، هدفمند کردن یارانه کودها، صنعتی کردن تولید و مصرف کودهای زیستی ضمن رعایت اصول مسایل زیست محیطی، افزایش کارایی آب و کود از طریق گسترش سامانه آبیاری تحت فشار، کودآبیاری، جای‌گزینی مبنای تولید کیلوگرم بر هکتار به کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب آب و یا هر کیلوگرم کود مصرفی که خود مزیت اقتصادی الگوی کشت هر منطقه را با توجه به اقلیم و آب موجود مشخص می‌کند، از روش‌های نیل به مصرف بهینه کود است. تولید و مصرف انواع کودها در داخل کشور از جمله کودهای زیستی، گوگردی و ریزمغذی‌ها از طریق اصلاح در یارانه کودها و اختصاص یارانه به کودهای مهم در افزایش تولید (هدفمند کردن یارانه)، تجزیه خاک و ممانعت جدی از سوزاندن بقایای گیاهی، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در راستای افزایش تولید و ارتقاء سطح سلامت جامعه، تغییر جایگاه یارانه از نهاده کود به تجزیه خاک برای همگانی کردن مصرف بهینه کود (جابجایی یارانه و اختصاص آن به تجزیه خاک) و توزیع کود بر مبنای نتایج آزمایشگاهی خاک، گیاه، آب و میوه، از روش‌های نیل به مصرف بهینه کود است. هدفمند کردن یارانه یعنی اختصاص یارانه به کودهای مؤثر در افزایش تولید و به ترتیب اولویت به مواد آلی، کمپوست، کودهای گوگردی، کودهای بیولوژیک (زیستی) و کودهای ریزمغذی است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۹).

۶-۱-۱- **فرهنگ‌سازی مصرف بهینه کود:** برای فرهنگ‌سازی مصرف بهینه کودی، باید دسترسی تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به انواع کودها را تسهیل نمود. در حال حاضر کودهای اوره و سوپرفسفات‌تریپل با قیمت یارانه‌ای به سهولت توسط ارگان دولتی در اختیار مولدین کشاورزی گذاشته می‌شود. لیکن دسترسی آن‌ها به سایر کودها که شدیداً برای افزایش عملکرد هکتاری و درآمد مولدین کشاورزی مورد نیاز می‌باشند، علاوه بر گرانی قیمت، بسیار دشوار و در خیلی از موارد غیر ممکن می‌باشد. یکی از عواملی که سبب تشدید استفاده زارعین در مصرف کودهای شیمیایی

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۴۱

شده، قیمت پایین کودهای یارانه‌ای نیتروژنی و فسفاتی در داخل کشور است. تشویق و آگاه‌سازی زارعین نسبت به انجام توصیه بهینه کودی بر اساس نتایج تجزیه خاک و نتایج تجزیه برگ از مهم‌ترین راهکارها جهت نیل به تولید پایدار می‌باشد، زیرا راه تولید محصولات کشاورزی سالم و عاری از آلاینده‌ها از مصرف بهینه کود می‌گذرد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

تا زمانی که مسئولین اجرایی کشور نخواهند، امکان ترویج مصرف بهینه کود در سطح کشور بدون پشتیبانی آن‌ها امکان‌پذیر نخواهد بود. به همین دلیل، امکان فرهنگ‌سازی مصرف بهینه کود با نگرش فعلی مسئولین دور از انتظار است که امید است اصلاح شود (ملکوتی، ۱۳۹۰). در راستای گسترش و نهادینه‌سازی تفکر خاک سالم، غذای سالم، جامعه سالم اکنون انتظار ما از مسئولین محترم برای فرهنگ‌سازی موضوع، آن است که وضعیت تولید و مصرف بهینه کودهای آلی، زیستی و شیمیایی ساماندهی شود. بدیهی است با رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع و باغ‌ها، افزون بر افزایش ۲۵ درصدی عملکرد، کیفیت محصولات کشاورزی ارتقاء یافته و به تبع آن سطح سلامت افراد جامعه ارتقاء خواهد یافت (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۶-۱- اصلاح ساختار اعطای یارانه به کود: با توجه به اهداف افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح، وجود یارانه برای کودها مانعی جدی در برابر مصرف بهینه کود به شمار می‌رود. با عنایت به ضرورت هدفمندسازی یارانه‌ها، باید یارانه کودها حذف و در مقابل به قیمت فرآورده‌های راهبردی با کیفیت برتر افزوده شده و یا به افزایش درصد مواد آلی خاک‌ها اختصاص داده شود. پیشنهاد می‌شود سالانه از یارانه کودها ۲۵ درصد کاسته شده و در مقابل به قیمت محصولات تضمینی اضافه شود. در این صورت علاوه بر بهتر اجرا شدن هدفمندسازی یارانه کودها، پایداری در افزایش تولیدات کشاورزی و افزایش مواد آلی خاک نیز حاصل می‌شود. همچنین جایگاه یارانه از نهاده کود، به تجزیه خاک در جهت مصرف بهینه کود تغییر خواهد نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۹).

۳-۶-۱- خرید محصولات کشاورزی به‌ویژه گندم و برنج بر مبنای خصوصیات کمی و کیفی: پس از تلاش‌های سازنده در دو دهه گذشته، مقرر گردید طبق ارقام جدول پنج خرید محصولات کشاورزی مرغوب و غنی‌شده نظیر گندم تحقق یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۴-۶-۱- ایجاد شرایط یکسان برای دستیابی به انواع کودهای آلی، زیستی و شیمیایی: باید توزیع کود متناسب با شرایط اقلیمی، نوع کشت و وضعیت عناصر غذایی خاک مناطق مختلف انجام شود. کم‌توجهی به عناصر غذایی کم‌نیاز در توصیه کودی، موجب کاهش تولیدات کشاورزی از لحاظ کمی و کیفی شده است که لازم است از تولید کودهای ریزمغذی حمایت شده و مصرف آن‌ها در سطح وسیع در مزارع سراسر کشور توصیه و ترویج شود.

۴۲ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

جدول ۵- ضرورت خرید گندم با ویژگی‌های کیفی مطلوب با قیمت بیشتر (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)*

نسبت مولی اسیدفیتیک به روی (PA/Zn)	منیزیم (Mg)	کلسیم (Ca)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	پروتئین	
					گندم نرم	گندم سخت
	(درصد)					
	>۰/۱۵	>۰/۱۲	>۰/۳۵	<۰/۳۵	>۱۲	>۱۱
<۲۵	بور (B)	مس (Cu)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	آهن (Fe)	
	(میلی گرم بر کیلوگرم)					
	۲	>۵	>۴۰	>۳۰	>۵۰	

* ارقام فوق به عنوان حداقل تلقی شده و به‌ازای افزایش هر یک درصد پروتئین و غلظت عناصر غذایی به ویژه فسفر، پتاسیم و روی، قیمت خرید گندم افزایش یابد.

** در مرحله اول خرید، به اندازه‌گیری مقدار درصد پروتئین، فسفر، پتاسیم و روی اولویت داده شود.

۷-۱- جمع‌بندی

از مجموع یافته‌های تحقیقاتی، پژوهشی و مطالب ارائه شده در این فصل، پیشنهادهای زیر در راستای بهبود کمی-کیفی تولیدات کشاورزی، افزایش درآمد کشاورزان و ارتقاء سطح سلامت جامعه، ارائه می‌گردد:

۱- در این فصل در مورد سلامت خاک، کود مناسب، کیفیت مطلوب تولیدات کشاورزی و سلامت انسان بحث گردید. همچنین به رابطه خاک با سلامت انسان، رابطه کود با تولید محصولات کشاورزی سالم، وضعیت نابسامان مصرف کود در کشور و مقایسه آن با وضعیت مصرف جهانی، پیامدهای مصرف کم و یا بیش از نیاز کودهای شیمیایی، اثرات باقیمانده کود و رابطه مصرف بهینه کود با تولید محصولات کشاورزی سالم (امنیت غذایی، افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها، ارتقاء کیفیت نان، کاهش ضایعات محصولات کشاورزی و افزایش کارایی مصرف کود و آب) و همچنین ضرورت فرهنگ‌سازی برای همگانی کردن مصرف بهینه کود اشاره گردید.

۲- بنا به گزارش سازمان غذا و کشاورزی (FAO)، حداقل ۳۳ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چهار دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده و در کشورهایی که مصرف کود در آن‌ها بهینه است، این افزایش حداکثر می‌باشد. لیکن، در ایران اهمیت چندان زیادی به امر مصرف کودها داده نمی‌شود. در حالی که میانگین مصرف کودهای پرمصرف بر حسب کود در جهان در حال حاضر، تقریباً معادل ۲۶۵ کیلوگرم بر هکتار است، این مقدار در ایران در سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار بوده و در سال ۱۳۹۵ معادل ۱۳۸ کیلوگرم بر هکتار است. یعنی ماهم اکنون ۴۸ درصد کمتر از میانگین مصرف جهانی، کود آن‌هم فقط اوره و سوپرفسفات تریپل، مصرف می‌کنیم. به طوریکه ملاحظه می‌شود، مقدار مصرف کودهای شیمیایی در یک دهه اخیر کاهش یافته است. از طرف دیگر، مطابق آخرین آمار IFA، نسبت کودهای پرمصرف در جهان برابر

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۴۳

(پتاسیم) ۲۶ - (فسفر) ۳۷ - (نیتروژن) ۱۰۰ بوده و لیکن در سال ۱۳۹۵ در کشور ما، این نسبت برابر (پتاسیم) ۰۹ - (فسفر) ۲۳ - (نیتروژن) ۱۰۰ بود. بدیهی است این نسبت نه با نسبت جهانی هماهنگی دارد و نه با نیاز واقعی گیاه {نسبت جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاهان به طور میانگین حدود (B) ۱/۱۰ - (Cu) ۱/۱۰ - (Zn) ۲/۲۰ - (Mn) ۳/۳۰ - (Fe) ۵/۵۰ - (Mg) ۱۵ - (Ca) ۳۰ - (S) ۳۰ - (K) ۸۰ - (P) ۱۵ - (N) ۱۰۰ است}.

بنابراین، لازم است علاوه بر مقدار کود مصرفی، نسبت کودی نیز در کشور اصلاح تاضمن افزایش هرچه بیشتر عملکرددهکتاری، بهبود کارایی مصرف کود و آب، تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم نیز در عمل تحقق یابد. همچنین، بر پایه گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، رتبه بهداشت سلامت جامعه ما بسیار پایین است. علت اصلی این رتبه بسیار پایین، سوءتغذیه می‌باشد. یکی از دلایل مهم سوءتغذیه، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود در مزارع و باغ‌ها می‌باشد. مصرف کود طی ۷۰ سال گذشته نامتعادل بوده و تناسبی با نیاز واقعی گیاه نداشته است. به عبارت دیگر، همان بلایی که ما با داشتن بیش از ۳۰۰ هزار چاه آب غیرقانونی بر سر آب‌های زیرزمینی آورده و میزان جریان آب‌های سطحی را در سطح کشور به شدت کاهش داده‌ایم، همین بلا را با استمرار در مصرف نامتعادل کودها، بر سر خاک‌های زراعی کشور و تولیدات کشاورزی آورده‌ایم.

۳- رابطه‌ای تنگاتنگی بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود دارد. منشأ بیشتر کمبودها و بیماری‌های انسانی به سوءتغذیه مربوط می‌شود. پایین بودن کیفیت خاک‌های زراعی و تغذیه نامتعادل گیاهی که متأسفانه امروزه گریبان گیر بخش کشاورزی کشور شده، منجر به سوءتغذیه انسانی گردیده است. از نشانه‌های سوءتغذیه در جامعه ایرانی می‌توان به ریزش مو، بد اخلاقی، سرماخوردگی‌های مزمّن، کم حوصلگی، خستگی مفرط، پوکی استخوان، تشدید کوتاهی قد، افسردگی، کم خونی، سرطان دستگاه گوارشی و ایمنی پایین بدن اشاره نمود. امروزه علت شیوع انواع بیماری‌ها را در پایین بودن کیفیت خاک‌های زراعی و برنگرداندن مجدد عناصر غذایی برداشت شده از خاک به‌ویژه ریزمغذی‌ها می‌دانند.

۴- هر چند می‌توان با تهیه و مصرف مکمل‌ها و قرص‌های حاوی عناصر غذایی مفید برای بدن انسان، مشکل کمبود این عناصر را تا حدی برطرف کرد، لیکن، به دلیل عدم آگاهی عموم مردم، هزینه‌بر بودن و عدم دسترسی همگانی، این روش راه حل دائمی نیست. راه حل اساسی، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در محل تولید به ویژه گندم و برنج که مصرف فراگیر و همگانی دارند، از طریق بهبود سلامت خاک (افزایش مواد آلی) و رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع و باغ‌ها است. با این روش، زمینه بروز و شیوع بیماری‌های ناشی از کمبود عناصر غذایی به‌ویژه روی (Zn) به شدت کاهش و رتبه بهداشتی جامعه ارتقاء خواهد یافت.

۵- با مصرف نامتعادل کودها در مزارع گندم کشور و عدم مصرف کودهای محتوی روی (Zn)، غلظت اسیدفیتیک ($C_6H_{18}O_{11}P_4$) که فرم ذخیره فسفر در دانه است، در گندم‌های تولیدی افزایش می‌یابد. اسید فیتیک با تشکیل نمک فیتات با کاتیون‌های دو ظرفیتی از جمله کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، روی (Zn)

و آهن (Fe)، مانع از جذب این عناصر در دستگاه گوارش می‌شود. شاخص نامطلوب تغذیه‌ای و یا نسبت مولی اسیدفیتیک به روی (PA/Zn) از نظر قابل جذب بودن عناصر معدنی به‌ویژه روی در سیستم گوارشی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اگر این نسبت در هر ماده غذایی بیشتر از ۲۵ باشد، عناصر معدنی موجود در آن، قابل جذب نخواهد بود. از سوی دیگر، برای آنکه عناصر موجود در ماده غذایی (نان) بوسیله سیستم گوارشی بدن قابل جذب باشد، باید شاخص PA/Zn کمتر از ۲۵ باشد. متأسفانه، این نسبت در گندم‌های تولیدی در ایران به دلیل آهکی بودن خاک‌ها و استمرار مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای محتوی روی، حدود ۶۰ می‌باشد. چون قسمت عمده اسید فیتیک، عناصر معدنی و ویتامین‌ها در سبوس گندم تجمع می‌یابد، بنابراین متولیان امر بجای حل اساسی مشکل زیادی اسید فیتیک در دانه گندم، ساده‌ترین راه یعنی جداسازی و دورریزی سبوس از آرد مصرفی مردم را اجرایی کرده‌اند. به منظور ممانعت از سبوس‌گیری از آرد باید به‌نحو عالمانه، غلظت اسیدفیتیک در گندم‌های تولیدی را کاهش و در مقابل غلظت روی را افزایش داد. این امر تنها از طریق غنی‌سازی گندم در مزرعه امکان‌پذیر است.

۶- هدف از تولید محصولات کشاورزی سالم عبارت از تولید محصولاتی اعم از زراعی و باغی است که در آن‌ها غلظت عناصر غذایی مفید برای سلامت انسان از حد استاندارد (نرمال) بیشتر بوده، لیکن غلظت آلاینده‌هایی مانند نیترات (NO_3)، کادمیوم (Cd) و سرب (Pb) حداقل باشد. به عبارت دیگر، هدف از تولید محصولات کشاورزی سالم آن است که در تولید این قبیل محصولات، اصول مصرف بهینه کودی که بر پایه نتایج تجزیه خاک در محصولات زراعی، دارویی و زینتی و نتایج تجزیه برگ در محصولات باغی و درختان زینتی انجام می‌گیرد، رعایت شده و مصرف سموم نیز در حداقل مقدار ممکن، بهینه و در زمان صحیح انجام گرفته باشد.

۷- در راستای گسترش و نهادینه‌سازی تفکر خاک سالم، گیاه سالم، دام سالم، غذای سالم و جامعه سالم، باید نسبت به افزایش کیفیت خاک با استفاده از روش‌های مختلف مانند افزایش میزان مواد آلی خاک، مصرف کمپوست و کودهای زیستی، حفظ بقایای گیاهی با ایجاد تشویق‌های مالی، فرهنگ‌سازی برای حفظ منابع پایه خاک و آب به‌ویژه مهار فرسایش خاک، تحقق پایداری حاصلخیزی خاک و مصرف بهینه کود با تدوین سیاست ملی خاک، نهایی نمودن قانون جامع خاک، قانون جامع کود، جایگاه تولید و مصرف کودهای زیستی، اتخاذ استراتژی‌های کشاورزی متناسب با مناطق اگرواکولوژیکی و استقرار شبکه پایش کیفیت خاک، اولویت به مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، تغییر نگرش‌های تک دیسپلینی به نگرش‌های جامع‌نگر، ره‌یافت مشارکتی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک، اقدام شود. انجام این موارد ارزشمند، از اصول اولیه تولید پایدار در بخش کشاورزی می‌باشد.

۸- در حال حاضر، پس از تامین آب مورد نیاز گیاهان، مصرف بهینه کود، مؤثرترین، سریع‌ترین،

فصل اول: مقدمه (خاک سالم+ کود سالم= محصولات کشاورزی سالم= دام سالم= انسان سالم) ۴۵

سهل الوصول ترین و از نظر اقتصادی قابل توجیه ترین راه تحقق افزایش عملکرد هکتاری (کمی-کیفی) محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح سلامت جامعه می باشد. چالش بزرگی که متأسفانه از سال های گذشته و تا حد بیشتری امروزه، اصول کشاورزی پایدار در کشور ما با آن روبرو است، دادن یارانه فقط به کودهای نیتروژنی و فسفاتی است که این عامل باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات زراعی و باغی، کاهش کیفیت خاک و تجمع آلاینده هایی مانند نیترات و کادمیوم در خاک و در محصولاتی نظیر سیب زمینی، پیاز، هندوانه و... می شود. لذا در تولید محصولات کشاورزی سالم، هدفمند کردن یارانه ها موضوع مهمی است که باید به آن توجه ویژه ای شود، یعنی می توان بخشی از یارانه کودهای فسفاتی و نیتروژنی را به مواد آلی و تجزیه خاک و برگ اختصاص داد تا بتوان براساس نتایج تجزیه خاک و برگ، کودهای مناسب را برای مولدین کشاورزی توصیه نمود.

۹- با توجه به وضعیت توزیع و پراکنش بارندگی در کشور که حدود یک سوم میانگین جهانی می باشد، خشکسالی های اخیر، برداشت بی رویه و غیر اصولی آب از منابع زیرزمینی برای آشامیدن و یا آبیاری محصولات زراعی پرتوقع و با نیاز آبی بالا نظیر یونجه، چغندر قند، ذرت و تغییر الگوی کشت از دیم به آبی، لزوم بازنگری در مصرف آب و بهینه نمودن استفاده از آن، ضروری است. بهینه کردن و افزایش کارایی مصرف آب و کود از راه هایی مانند همگانی کردن سامانه آبیاری تحت فشار، کود آبیاری، جایگزینی مبنای تولید به کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب آب و یا هر کیلوگرم کود مصرفی که خود مزیت اقتصادی نوع کشت ها را مشخص می کند، امکان پذیر است. با توجه به کمبود آب و مواد آلی، تنش شوری و افت کیفیت آب های آبیاری در سطح کشور، لازم است ۲۵ درصد از کودهای مصرفی کشور (حدود ۸ تن بر هکتار) را کودهای آلی تشکیل دهند (مصرف به صورت عمقی پیش از کاشت). نسبت کودی بهینه در مقطع کنونی (کودهای آلی) ۲۵٪- (ریزمغذی) ۴٪- (گوگرد) ۳۰- (پتاسیم) ۲۵- (فسفر) ۳۰- (نیتروژن) ۱۰۰ پیشنهاد می شود

۱۰- با همگانی کردن مصرف بهینه کود، افزون بر افزایش عملکرد هکتاری، افزایش کارایی مصرف آب و کود، کیفیت مطلوب فرآورده های کشاورزی، بهبود وضعیت معیشتی مولدین کشاورزی و حل مشکل گرسنگی سلولی، سطح سلامت جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت. موضوع غنی سازی محصولات کشاورزی به ویژه گندم، به رغم تصویب، به دلایل متعددی در ده سال گذشته اجرایی نشد. در سال ۱۳۹۴، پس از مکاتبات متعدد و تأیید مراجع ذیصلاح، مقرر شد غنی سازی گندم و مصرف نان سیوس دار غنی شده در شورای عالی سلامت مطرح تا در صورت تصویب، در سطح دو تا سه استان با همکاری مشترک وزارتخانه های ذیربط، به اجرا گذاشته شود. که امید است در آینده نزدیک، عملی شود.

۱۱- یکی دیگر از موضوعات مرتبط با ارتقای سطح سلامت جامعه، قیمت گذاری و خرید محصولات کشاورزی از تولید کنندگان، متناسب با کیفیت مورد نظر همچون درصد پروتئین در گندم،

درصد قند در چغندر قند، درصد روغن در دانه های روغنی، خرید سبزی و صیفی جات براساس رعایت حد مجاز عناصر سنگین، نیترات و کادمیوم در آن ها و غلظت عناصر غذایی مفید در تولیدات کشاورزی می باشد که باید آن را مد نظر جدی قرار داد. همچنین، باید به تولید ارقام کارآ (استفاده از ارقام گیاهی که نسبت به جذب کادمیوم کارآ نبوده ولی نسبت به روی مانند کدو کارآ هستند) اولویت داده شود.

۱۲- تغذیه بهینه گیاهی عمدتاً با مصرف بهینه کودها براساس نتایج تجزیه خاک و برگ در مزارع و باغ ها مشخص می شود و با مصرف تمامی کودها از جمله کودهای آلی، زیستی، گوگردی، و ریزمغذی ها در مزرعه تحقق می یابد. مخصوصاً کودهای ریزمغذی، زیستی و آلی در مزرعه تحقق می یابد. همچنین، در شرایط فعلی که توزیع کود در سطح کشور، بر مبنای نتایج تجزیه خاک و برگ انجام نمی شود، تولید و مصرف کودهای اختصاصی محصولات کشاورزی استراتژیک (در مرحله اول، شروع تولید و مصرف کودهای اختصاصی از گندم باشد، زیرا حدود ۴۰ درصد از کودهای مصرفی کشور برای گندم است) فرهنگ سازی شود.

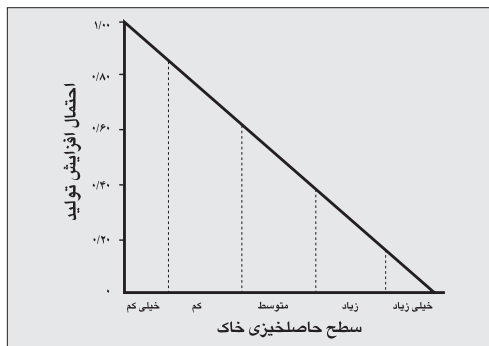
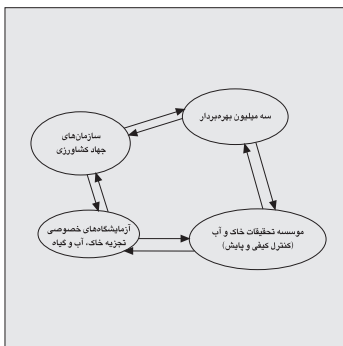
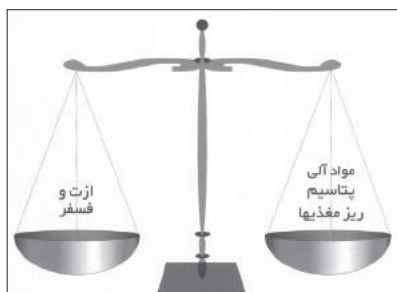
۱۳- نقش مصرف بهینه کود در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی را می توان به شرح زیر جمع بندی نمود: با رعایت اصول مصرف بهینه کودی می توان به افزایش عملکرد در واحد سطح هم در کشت آبی و هم در کشت دیم، بهبود کیفیت، غنی سازی، تولید بذورهای قوی از نظر جوانه زنی و رشد اولیه گیاه، کاهش نفوذپذیری سلول های گیاهی، افزایش استحکام و در نتیجه کاهش مصرف سموم شیمیایی، افزایش مقاومت محصولات کشاورزی در برابر آفات و بیماری ها، کنترل شیوع بیماری های گیاهی نظیر پاخوره، افزایش مقاومت گیاهان به تنش های محیطی از قبیل شوری، سرمازدگی، گرما، افزایش فعالیت های زیستی در خاک و تجدید حیات خاک، بهبود هم زیستی های مفید بین ریز جانداران خاک و محصولات کشاورزی، زودرسی، کاهش غلظت آلاینده هایی نظیر نیترات و کادمیوم در اندام های مصرفی تولیدات کشاورزی، کاهش سمیت بور، کاهش مقدار بذر مصرفی در هر هکتار، صرفه جویی در میزان آب و کود مصرفی، افزایش کارایی مصرف آب و بازیافت کود دست یافت و در نهایت با کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در دانه گندم، می توان، همگانی شدن مصرف نان سبوس دار غنی شده در سطح جامعه را نهادینه نمود.

۱۴- با عنایت به مطالب فوق، راهکارهای مهم برای تولید فرآورده های کشاورزی سالم عبارتند از الف) افزایش سطح مواد آلی خاک های زراعی کشور؛ ب) رعایت مصرف بهینه کود و اصلاح تناسب کودی کشور به طرق مختلف از جمله توصیه کودی بر مبنای نتایج تجزیه خاک برای محصولات زراعی و دارویی و تجزیه برگ برای درختان میوه و پ) تولید کودهای اختصاصی کامل برای محصولات کشاورزی استراتژیک کشور مخصوصاً در مناطقی که کشاورزان توصیه کودی خود را مطابق عرف سنتی انجام می دهند.

”سلامتی از مزرعه می آید“

فصل دوم

مبانی علمی برای انجام
توصیه بهینه کودی



۱-۲- نگاه اجمالی

یکی از شرایط اصلی بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، تغذیه بهینه گیاه، می باشد. در تغذیه بهینه گیاهی علاوه بر در دسترس بودن هر عنصر غذایی به اندازه کافی، تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی دارای اهمیت بسزایی می باشد. چرا که در حالت عدم تعادل تغذیه ای، با افزودن مقداری از عناصر غذایی نه تنها افزایش عملکردی رخ نمی دهد، بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه ایجاد شده و در نهایت افت محصول مشاهده می شود. روش های مختلفی برای تشخیص کمبود عناصر غذایی، میزان عناصر غذایی قابل استفاده و تعیین میزان کود مورد نیاز گیاه وجود دارد. از متداول ترین این روش ها، می توان به ظهور علائم کمبود ظاهری (نشانه های ظاهری کمبود)، تجزیه خاک، برگ و میوه و آزمایش های تطبیقی در گلخانه و مزرعه اشاره کرد. بنابراین، گیاه باید غیر از سه عنصر کربن، اکسیژن و هیدروژن، بقیه عناصر غذایی را از طریق خاک به مقادیر مورد نیاز جذب کند تا بتواند چرخه زندگی خود را تکمیل نماید. مدیریت بهینه مزرعه، باید به گونه ای باشد که با انجام تجزیه خاک قبل از کاشت و بررسی وضعیت موجود عناصر غذایی در خاک، نسبت به رفع نیاز آن ها اقدام شود. در صورتی که غلظت هر عنصر غذایی در گیاه پایین تر از حد بهینه آن برای سوخت و ساز سلولی باشد، کمبود اولیه این عنصر غذایی معمولاً در گیاه به صورت پنهان بوده و نشانه های ظاهری آن با چشم قابل تشخیص نمی باشد. ولی در نهایت، آثار آن در کاهش عملکرد نمایان می شود که متأسفانه در باغ ها و مزارع، این امر مهم نادیده گرفته می شود. در واقع یکی از مهم ترین عوامل کاهش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی، کمبود پنهان عناصر غذایی در گیاه می باشد که با تشدید کمبود عناصر غذایی، فعل و انفعالات زیستی در گیاه بسیار کندتر و ناکارآمدتر انجام می شود. در شرایط کمبود، به علت جایگزینی بعضی از عناصر به جای همدیگر (مثلاً سدیم به جای پتاسیم)، کارایی آنزیم ها به طور معنی داری کاهش می یابد و این امر منجر به کاهش رشد و عملکرد هکتاری گیاه می شود. بنابراین، تازمانی که کلیه عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد و سلامت خود گیاه تأمین نگرده، مصرف هیچ کودی به تنهایی فقر پنهان و آشکار گیاه را رفع نمی کند و لازم است متناسب با عملکرد و برداشت گیاه از خاک، عناصر برداشت شده با کمیت و کیفیت قابل استفاده، مجدداً به خاک برگردانده شود. بدیهی است با رفع این کمبود، مطابق با شبکه تولید، عملکرد هکتاری به طور نسبی افزایش یافته و نوبت به کمبود عنصر بعدی می رسد.

مشیری (۱۳۵۶) در ترجمه کتابی تحت عنوان ارشادالزراعه که ۵۱۰ سال قبل توسط قاسم بن یوسف

ابونصری هروی به رشته تحریر درآمده، از انجام آزمایش‌های بسیار جالب در تشخیص خاک‌های حاصلخیز از غیرحاصلخیز، شور از غیرشور و حتی تعیین نوع کشت و مقدار تولید گزارش کرده است که علاقه‌مندان را به مطالعه این کتاب با ارزش ولی فراموش شده دعوت می‌نماید. برای مزید اطلاع، قسمتی از صفحه ۵۴ این کتاب راجع به روش تشخیص خاک شور از خاک غیرشور ارائه شده که عیناً درج می‌شود: «زمین را بکنند دو گز یا سه گز، پس قدری کلوخ از مغز آن بگیرند و در هاون نرم بسایند و در آب باران آغشته کنند. چنانکه آب از سر آن بگذرد و همچنان بگذارند تا آب صاف شود. اگر طعم آب به حال خود باشد، زمین نیک بود و اگر آب شور شود، آن زمین شوره‌زار بود». در سال ۱۸۴۱، Liebig در کتاب شیمی آلی و کاربرد آن در کشاورزی و فیزیولوژی گفت که «باید به عنوان یک اصل اساسی در زراعت به خاطر داشت، هر چه از خاک برداشته شود، باید به‌طور کامل به آن برگردانده شود».

۲-۲- آزمون خاک

آزمون خاک، در واقع برنامه‌ای است که طی آن با انجام مراحل مختلف می‌توان میزان عنصر غذایی لازم برای بالاترین عملکرد را برآورد کرد. این برنامه شامل مراحل: (الف) نمونه‌برداری (یک نمونه خاک مرکبی که از هر هکتار تهیه می‌شود باید طوری دقیق تهیه شود تا بتواند معرف یک هکتار خاک زراعی باشد)، (ب) انتخاب عصاره‌گیر (انتخاب روش مناسب تجزیه خاک با بالاترین درجه همبستگی در گلخانه) و (پ) توصیه بهینه کودی (واسنجی یا کالیبراسیون، تفسیر و توصیه کودی) می‌باشد. در مرحله واسنجی که پس از انتخاب عصاره‌گیر صورت می‌گیرد، میزان نیاز کود برای خاک مورد نظر و یک گیاه خاص مشخص می‌شود. در این مرحله، خاک‌ها از نظر میزان نیاز به کود درجه‌بندی می‌شوند که درجه‌بندی‌ها براساس تعداد گروه تقسیم شده، می‌توانند متفاوت باشند. مرحله واسنجی باید در مزرعه انجام شود. مزارع مختلفی که از نظر میزان استخراج عنصر غذایی در محدوده وسیعی باشند (تعداد مزرعه در مرحله واسنجی نباید کمتر از ۲۰ باشد)، ممکن است تقسیم‌بندی دو گروهی باشد که براساس آن دو سطح کم و زیاد در نظر گرفته می‌شود. اگر تقسیم‌بندی چند گروهی باشد، با توجه به نوع درجه‌بندی تقسیم می‌شود، مثلاً خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد. در برخی مواقع، ممکن است نتایج بدست آمده، به‌صورت توابع ریاضی پیوسته باشد که در این صورت، با جایگذاری داده‌ها در فرمول مربوطه، میزان نیاز کودی برآورد شود.

به عبارت دیگر، آزمون خاک از سه مرحله نمونه‌برداری صحیح خاک، انتخاب عصاره‌گیر مناسب برای تعیین دقیق غلظت یک عنصر غذایی قابل استفاده گیاه و توصیه کودی بهینه تشکیل شده است. این روش یکی از ساده‌ترین و رایج‌ترین راه‌های ارزیابی حاصلخیزی خاک است. بدین منظور می‌توان با به کارگیری شیوه‌های رایج آزمایشگاهی در کوتاه‌ترین مدت، غلظت عناصر مورد نظر را در خاک اندازه گرفت. شایان ذکر است که غلظت‌های اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، همان مقادیری نیستند که از نظر تولید محصول اهمیت دارند. میزان عناصر غذایی قابل استفاده گیاه در طول دوره رشد نه تنها تابع خصوصیات خاک بوده، بلکه عواملی دیگر مانند نوع گیاه، توسعه ریشه‌ها، شرایط محیطی و مدیریت مزرعه در آن اثر می‌گذارند.

در راستای نیل به اهداف برنامه‌های توسعه که اهم آن‌ها شامل افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، ارتقاء سطح سلامت جامعه، حفظ منابع پایه خاک و آب و با رعایت جنبه‌های زیست محیطی و از همه مهم‌تر، تغییر نگرش جامعه از تأمین کالری روزانه به سیری سلول‌های بدن در سبد غذایی جامعه است. تأمین و برآورده نمودن این اهداف متعالی، وظایف و مسئولیت افراد را بسیار سنگین‌تر می‌نماید. ضروری است برای دستیابی به این چشم‌انداز با آمادگی لازم، تلاش‌ها افزایش یابد. بنابراین، یکی از ابزارهای افزایش عملکرد هکتاری، رعایت اصول مصرف بهینه کود می‌باشد که عمدتاً از طریق انجام تجزیه خاک برای گیاهان زراعی و دارویی و انجام تجزیه برگ برای درختان میوه و زینتی عملی می‌شود.

۱-۲-۲- تجزیه خاک: کوددهی بر مبنای نتایج تجزیه خاک، یکی از ابزارهای مهم در نیل به اهداف افزایش عملکرد در واحد سطح و بهبود کیفیت می‌باشد که در حال حاضر به دلایل متعددی از جمله یارانه‌ای بودن برخی از کودها، استقبال چندانی توسط مولدین کشاورزی از این اقدام بسیار مثبت، به عمل نمی‌آید.

تجزیه خاک برای محصولات زراعی، دارویی، باغ‌های جدیدالاحداث و گل‌های زینتی، یکی از راه‌های اجرایی مطلوب برای عملی کردن مصرف بهینه کود می‌باشد. لیکن، عکس‌العمل گیاهان نسبت به مصرف کودهای آلی، شیمیایی و زیستی بسیار متفاوت بوده و در آزمایش‌های متعددی، مخصوصاً در گیاهان پرتوقع نظیر پیاز، سیب‌زمینی، پنبه و حتی گندم و برنج مشاهده شده است که در صورت رعایت اصول مصرف بهینه کود، با مصرف کودهای پتاسیمی بیشتر مخصوصاً به صورت سرک، عملکرد باز هم افزایش می‌یابد. بررسی کاربرد مقادیر و منابع مختلف سولفات پتاسیم محلول به همراه عناصر کم‌نیاز به ویژه کلات‌روی در خاک‌ها و اقلیم‌های متفاوت برای محصولات گوناگون، نشان داد که عکس‌العمل گیاهان مختلف زراعی و باغی بسیار متفاوت بوده و حتی در برخی از مواقع اثربخشی آن‌ها فوق‌العاده مثبت و تقریباً غیرقابل تصور می‌باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

یکی از اشکالات توصیه کودی بر مبنای تجزیه خاک، نداشتن نقشه منابع و استعداد خاک‌های زراعی کشور بر مبنای مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ می‌باشد. بنابراین، لازم است با تهیه نقشه‌های تفصیلی خاک‌های ایران، قابلیت تولید برای هر محصول مشخص و سپس بر مبنای سری‌های مشخص خاک (به شرط آن که اطلاعات حاصلخیزی خاک نیز ثبت شده باشد)، نسبت به انجام توصیه‌های کودی اقدام نمود. از سوی دیگر، بر مبنای تقاضای گیاه، نمی‌توان مصرف کودها را تا حدی افزایش داد که کشاورزی پایدار را تهدید نماید، بلکه باید اثر درازمدت مصرف کودها را بر خصوصیات فیزیک-وشیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها و برهمکنش‌های مثبت و منفی عناصر غذایی بر خاک، گیاه و محیط زیست در نظر گرفته و با تمهیداتی، علاوه بر نیل به تولید پایدار و افزایش کارایی کودها، به گونه‌ای عمل شود که غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه به حد مسمومیت نرسد. به عبارت دیگر، مصرف کود می‌بایستی بهینه بوده و برای گیاهان زراعی، دارویی و باغ‌های جدیدالاحداث براساس نتایج تجزیه خاک و با در نظر گرفتن مقدار دامنه حد بحرانی عناصر غذایی در خاک باشد.

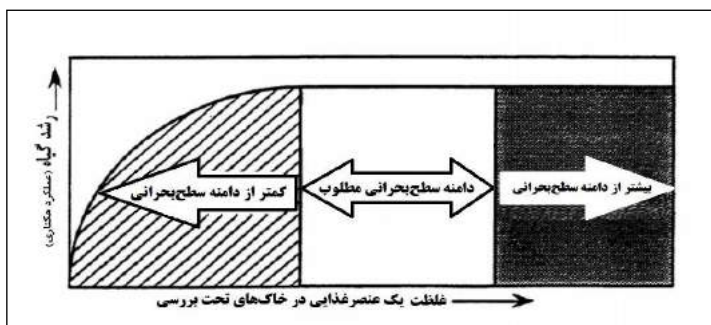
براساس نتایج تجزیه یک عنصر غذایی در خاک‌ها، ارقام متفاوتی بدست می‌آید. مثلاً هنگامی که در رابطه با پتاسیم قابل استفاده خاک در مزارع، مقادیر ۸۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش می‌شود، این ارقام برای معنی دار شدن باید با یک شاخصی (مرجع) سنجیده شوند. برای مثال، برای قند خون افراد در آزمایشگاه‌های تشخیص طبی، سطح قند خون ۲۰۰ میلی گرم بر دسی لیتر، با شاخص سطح سلامت ۱۰۰ برای آقایان، ۹۰ برای خانم‌ها و ۷۰ میلی گرم بر دسی لیتر برای کودکان، سنجیده می‌شود. سپس، با تطبیق مقدار قرائت شده با عدد استاندارد (شاخص و یا مرجع)، می‌توان ادعا کرد که قند خون فرد بالا است. مشابه این مبحث برای معنی و مفهوم دار کردن نتایج تجزیه خاک لازم بوده که به این شاخص در خاک، دامنه سطح بحرانی (CLR) Critical Level Range گفته می‌شود. بدیهی است برای تعیین و تشخیص دامنه سطح بحرانی یک عنصر غذایی در خاک، ارقام میانگین با روش‌هایی که متعاقباً شرح داده می‌شود، تحت عنوان سطح بحرانی (CL) Critical Level نامگذاری می‌شود. به عبارت دیگر، منظور از سطح بحرانی (CL) همان میانگین دامنه سطح بحرانی (CLR) در خاک می‌باشد که ذیلاً معنی و مفهوم دامنه حد بحرانی یک عنصر غذایی در خاک توضیح داده می‌شود.

۲-۲-۲- معنی و مفهوم دامنه سطح بحرانی یک عنصر غذایی در خاک: دامنه سطح بحرانی (CLR)

critical level range یک عنصر غذایی در خاک، شاخصی است که در کمتر از آن دامنه، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر - به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید - مثبت و اقتصادی (میزان درآمد کشاورز بیش از دو برابر قیمت خرید کود) است. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک بیشتر از دامنه سطح بحرانی باشد، پاسخ گیاه به مراتب نسبت به مصرف کود همان عنصر، کمتر، غیر اقتصادی و ناسازگار با زیست بوم خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده‌های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند. به عبارت دیگر، مقدار کود مصرفی باید در حد بهینه بوده و منجر به خسارت مالی به کشاورز، کاهش جذب سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، تولید محصولات کشاورزی ناسالم، تخریب منابع پایه خاک - آب و محیط زیست نگردد. در اینجا بایستی به این نکته توجه نمود که اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک از دامنه سطح بحرانی کمی هم بیشتر باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای بهبود درجه حاصلخیزی خاک و نیل به عملکرد هکتاری مطلوب (تولید پایدار)، باید به میزانی که محصول از خاک هر عنصر غذایی را برداشت می‌نماید، کود مربوط به آن عنصر غذایی با توجه به پتانسیل خاک برای آزادسازی عنصر غذایی در طول دوره رشد گیاه، بطور متعادل مصرف شود. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عنصر غذایی کمتر از دامنه سطح بحرانی در خاک باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود. برای نمونه، زمانی که آزمایشگاه خاکشناسی مقدار عنصر غذایی قابل استفاده در خاکی را کمتر از دامنه سطح بحرانی گزارش و مقدار کود مصرفی برای همان عنصر غذایی مثلاً پویا را ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار توصیه می‌نماید، لازم است ۲۵

درصد از کودهای پویا قبل از کاشت و بقیه در سه نوبت هم‌زمان با رشد گیاه بصورت سرک مصرف شود. لیکن، در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در خاک در محدوده دامنه سطح‌بحرانی باشد، فقط ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود مربوطه توصیه و توأمأ در دو نوبت بصورت سرک مصرف گردد و اما در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در خاک بیشتر از دامنه سطح‌بحرانی باشد، فقط ۲۵ درصد کود همان عنصر غذایی یعنی ۵۰ کیلوگرم بر هکتار آن هم بصورت یک نوبت سرک مصرف شود.

دامنه سطح‌بحرانی یک عنصر غذایی در خاک‌های زراعی متفاوت بوده و تابع عوامل مختلفی از جمله بافت، pH، مقدار مواد آلی، درصد کربنات کلسیم معادل خاک، نوع و میزان رس‌های موجود مخصوصاً ترکیب مینرالوژیکی خاک‌های محل کشت، نوع گیاه، عملکرد هکتاری و کیفیت محصول می‌باشد. اخیراً (Beegle ۲۰۱۱) براساس مقدار غلظت قابل‌استفاده عناصر غذایی خاک‌های تحت بررسی، دامنه سطح‌بحرانی را به سه گروه کمتر از دامنه سطح‌بحرانی، دامنه سطح‌بحرانی مطلوب و بیشتر از دامنه سطح‌بحرانی تقسیم بندی نموده است (شکل ۱). دامنه سطح‌بحرانی عناصر غذایی قابل‌استفاده در خاک‌های زراعی آهکی متفاوت بوده و مقدار تقریبی آن‌ها به شرح: مواد آلی بیش از ۲/۵۰ درصد، میزان فسفر ۸ تا ۱۲، پتاسیم ۲۵۰ تا ۳۵۰، گوگرد ۱۵ تا ۳۵، منیزیم ۵۰۰ تا ۷۵۰، آهن ۸/۰۰ تا ۱۲/۰۰، منگنز ۶/۰۰ تا ۸/۰۰، روی ۱/۰۰ تا ۳/۰۰، مس ۰/۵۰ تا ۱/۵۰ و بور ۰/۵۰ تا ۱/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود.



شکل ۱- اثرات مفید افزایش غلظت قابل‌استفاده یک عنصر غذایی خاک در عملکرد هکتاری گیاه. به دلیل هوشمندی ریشه‌ها و جذب آگاهانه عناصر غذایی، عملکرد هکتاری حتی در شرایط زیادی غلظت عنصر غذایی، چندان کاهش نمی‌یابد

یادآوری- برای تعیین و تشخیص دامنه سطح‌بحرانی یک عنصر غذایی در خاک، لازم است ارقام میانگین با روش‌هایی که ذیلأ شرح داده می‌شود، تحت عنوان سطح‌بحرانی نام‌گذاری شود. به عبارت دیگر، منظور از سطح‌بحرانی، همان میانگین دامنه سطح‌بحرانی در خاک می‌باشد.

۳-۲- روش‌های تفسیر نتایج تجزیه خاک برای انجام توصیه بهینه کودی^۱

پژوهشگران برای تفسیر و گروه‌بندی مقادیر تجزیه خاک از روش‌های مختلفی از جمله روش‌های تصویری کیت- نلسون، تجزیه واریانس کیت- نلسون، معادله میچرلیخ- بری، روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه، مربع کای، اثرات متقابل و سایر روش‌های آماری استفاده می‌نمایند که تمامی این روش‌ها، به‌غیر از روش تجزیه واریانس کیت- نلسون تنها قادر به گروه‌بندی مقادیر عناصر غذایی خاک به دو طبقه کم و متوسط می‌باشند. درحالی‌که این روش می‌تواند مقادیر عنصر غذایی خاک را به بیش از دو گروه تقسیم نماید.

سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی پرمصرف بهتر است با یکی از روش‌های تصویری کیت- نلسون، و یا معادله میچرلیخ- بری و یا روش محاسبه احتمال پاسخ اقتصادی به کاربرد کود انجام گیرد. لیکن، سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف (عناصر ریزمغذی) لازم است بخاطر نیاز به دقت بیشتر، با استفاده از روش ستونی (چشمی) محاسبه گردد. در این قسمت چهار روش فوق برای تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک به‌طور اختصار تشریح می‌شود. ضمناً برای کسب اطلاعات بیشتر به کتاب‌های منتشره توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب به‌ویژه کتاب روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار مراجعه فرمایید.

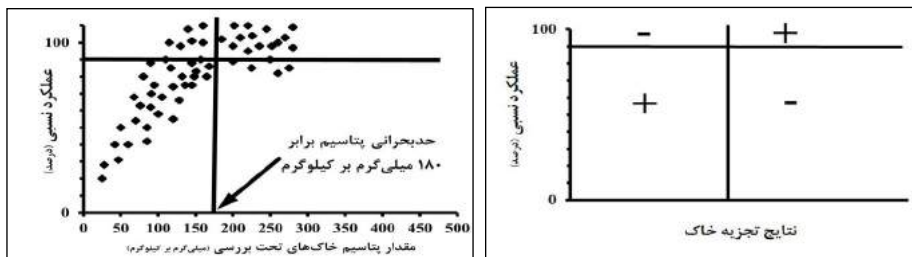
۱-۳-۲- تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک با روش تصویری کیت-

نلسون: کیت- نلسون (۱۹۶۵) روش تصویری را برای گروه‌بندی مقادیر عناصر غذایی خاک به دو طبقه زیاد و کم طراحی نمود. ایشان در محور X ، میزان عنصر غذایی استخراج شده از خاک (قابل استفاده گیاه) و در محور Y ، درصد عملکرد نسبی را قرار دادند. با این روش می‌توان، خاک‌ها را به دو گروه الف) خاک‌هایی که احتمال پاسخ به مصرف کود در آن‌ها خیلی زیاد است و ب) خاک‌هایی که احتمال پاسخ به کود افزوده شده در آن‌ها اندک است، تقسیم نمود (Black, ۱۹۹۳).

روش حاضر ابتدا برای خاک‌های برخی کشورهای آمریکای لاتین که در آن‌ها اطلاعات اندکی راجع به حاصلخیزی خاک وجود داشت، به‌کار برده شد. با استفاده از این تقسیم‌بندی، می‌توان آزمایش‌های بعدی را بر روی خاک‌هایی که احتمال پاسخ به کود در آنجا بیشتر است، متمرکز و حتی نقشه‌های حاصلخیزی خاک‌ها را نیز ترسیم نمود. با استفاده از روش تصویری کیت- نلسون می‌توان نسبت به تفسیر ارقام تجزیه خاک نیز اقدام نمود. در روش تصویری کیت- نلسون که برای دسترسی به رابطه میان درصد نسبی عملکرد و مقادیر عناصر غذایی حاصل از تجزیه خاک ابداع شده است، قطعات آزمایشی به دو گروه تقسیم می‌شوند. قطعاتی که نسبت به مصرف کود واکنشی بالا و گروهی که نسبت به سطوح مختلف کود، واکنشی اندک نشان می‌دهند. میانگین

۱. انتخاب بهترین روش برای تعیین سطح بحرانی یک عنصر غذایی در خاک، وظیفه حاکمیت (موسسه تحقیقات خاک و آب) بوده و مدیران آزمایشگاه‌های بخش خصوصی با استفاده از روش معرفی شده توسط حاکمیت، توصیه کودی بهینه را برای محصولات مختلف زراعی و دارویی در هر منطقه انجام می‌دهند.

عددی حاصل از تجزیه خاک که این دو گروه را از یکدیگر جدا می کند، به عنوان نقطه بحرانی عنصر غذایی مورد آزمایش انتخاب می شود. مبنای روش تصویری کیت - نلسون، این است که نقاط پراکنده بر روی منحنی درصد عملکرد (محور Y) و نتیجه تجزیه خاک (محور X) به چهار ربع، به گونه ای تقسیم شود که حداکثر نقاط، در ربع های مثبت (اول و سوم) قرار گیرند (شکل های ۲ و ۳).



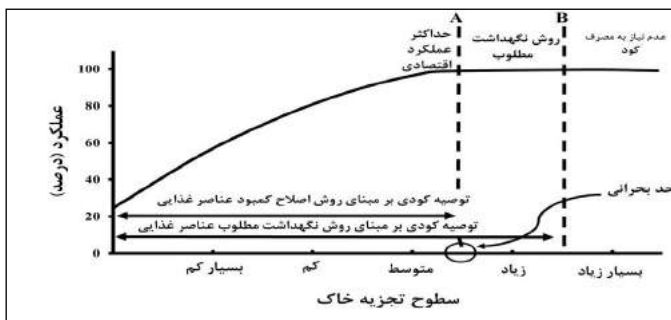
شکل ۳- روش تصویری کیت- نلسون برای تعیین سطح بحرانی پتاسیم در خاک های زیر کشت برنج

شکل ۲- روش تصویری کیت- نلسون برای گروه بندی خاک ها نسبت به مصرف کود

مراحل مختلف در این روش عبارتند از محاسبه درصد نسبی عملکرد که از مطالعات سطوح کودی محاسبه می شود، بر روی نمودار، محل تلاقی درصد عملکرد با نتیجه آزمایش نقطه گذاری مشخص می شود، ترسیم دو خط عمود بر هم بر روی یک ورق پلاستیکی بی رنگ، به طوری که خط افقی $1/3$ و خط عمودی $1/3$ سمت چپ قرار گیرد، جابه جایی دو خط عمود بر هم بر روی نمودار، به طوری که حداکثر نقاط علامت گذاری شده در دو ربع مثبت (ربع های اول و سوم) قرار گیرد. در این صورت محل برخورد خط عمودی با محور X ها، سطح بحرانی عنصر غذایی است. تعیین نقطه مشخصی برای تصمیم گیری سطح بحرانی، عدم نیاز به وسایل محاسباتی پیچیده و فرض های معمولی روش های آماری و همچنین عدم تأثیر نقاط پرت در تعیین سطح بحرانی از مزیت های روش تصویری کیت و نلسون می باشد.

۲-۳-۲- تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک با استفاده از معادله میچرلیخ-بری: در دهه ۱۹۳۰، به دستور دولت وقت آلمان، مقرر شد کشت گندم در سطح کشور گسترش یابد و در آن موقع میچرلیخ که یکی از محققین مرکز تحقیقات کشاورزی آلمان بود، در بیش از ۲۳۰۰۰ مزرعه زیر کشت گندم، رابطه مقادیر کود مصرفی با عملکرد گندم را بررسی کرده و به این نتیجه رسید که در مقادیر اولیه کود مصرفی، تولید به ازای هر واحد کود مصرفی، افزایش بیشتری داشته است. لیکن، هرچه مقدار کود مصرفی افزایش می یافت، افزایش عملکرد، کمتر می شد (بازده نزولی). سپس میچرلیخ با همکاری محقق دیگری به نام بری، روابط زیر را در دو حالت (با مصرف و بدون مصرف کود)، به طور مشترک ارائه نمودند. منتها آن ها در این منحنی و روابط بازده نزولی به اثرات سوء مصرف زیادی کودها به ویژه از جنبه های کاهش عملکرد (کمی- کیفی) محصولات کشاورزی،

مسمومیت گیاه، اثرات متقابل، جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی اشاره نمودند (شکل ۴). امروزه ثابت شده است که علاوه بر افزایش عملکرد، رعایت جنبه‌های زیست‌محیطی، لازم بوده و مصرف زیادی کود نه تنها از نظر اقتصادی، بلکه از نظر زیست‌محیطی نیز زیان‌آور و خسارت‌زا می‌باشد و در مقابل، مصرف بهینه آن‌ها توصیه می‌گردد.



شکل ۴- رابطه بین مقدار یک عنصر غذایی در خاک و عملکرد نسبی گیاه (قانون بازده نزولی). توضیح آن که در این نمودار، مقدار سطح بحرانی محل حداکثر عملکرد اقتصادی (A) و محدوده بیشتر از سطح بحرانی که در روش توصیه کودی نگهداشت مطلوب اعمال می‌شود (B)، نشان داده شده است.

براساس رابطه زیر، تغییر در عملکرد نسبت به تغییر در میزان غلظت یک عنصر غذایی خاک، به طور نزولی متناسب با تفاضل عملکرد نسبی و عملکرد حداکثر است. در واقع هر چه این تفاضل بیشتر باشد، تغییر عملکرد نسبت به تغییر میزان عنصر غذایی قابل استفاده خاک، بیشتر خواهد بود.

$$\begin{aligned} \text{تغییر در عملکرد گیاه} & \rightarrow \frac{dy}{db} = -C_1(A - Y) \\ \text{تغییر در میزان عنصر غذایی خاک} & \rightarrow \frac{dy}{db} = -C_1(A - Y) \rightarrow \frac{dy}{(A - Y)} = -C_1 db \\ \int_0^Y \frac{dy}{(A - Y)} & = -C_1 \int_0^b db \end{aligned}$$

اگر از رابطه فوق انتگرال گرفته شود، این رابطه (رابطه اول میچرلیخ-بری) به دست خواهد آمد:

$$\log(A - Y) = \log A - C_1 b$$

از این رابطه، برای تعیین حد بحرانی و پیش‌بینی عملکرد هکتاری محصولات زراعی استفاده می‌شود. از آنجایی که در امر تولید محصولات کشاورزی، نیاز گیاهان از دو منبع عنصر غذایی قابل استفاده موجود در خاک (b) و کودهای شیمیایی (X) بر حسب عنصر غذایی تأمین می‌شود. بنابراین، معادله رابطه

دوم میچرلیخ - بری به شرح زیر نوشته می‌شود (Black, ۱۹۹۳):

$$\log(A - Y) = \log A - C_1 b - C_2 X$$

در این روابط: $A =$ حداکثر عملکرد هکتاری گیاه (پتانسیل تولید که معمولاً آن را ۱۰۰ نیز در نظر می‌گیرند) در شرایطی که تمام عوامل موثر بر تولید در حد بهینه باشند- (کیلوگرم بر هکتار)، $Y =$ عملکرد هکتاری گیاه با توجه به مقدار عنصر غذایی قابل استفاده موجود در خاک- (کیلوگرم بر هکتار)، $b =$ مقدار عنصر غذایی قابل استفاده در خاک بر حسب درجه خلوص $(K_2O - P_2O_5 - N)$ - (کیلوگرم بر هکتار)، $X =$ مقدار کود مصرفی بر حسب درجه خلوص $(K_2O - P_2O_5 - N)$ - (کیلوگرم بر هکتار)، C_p و $C_y =$ ضرایب متغیر خاک و کود می‌باشند).

در هندوستان، در کاربرد معادله میچرلیخ-بری برای تعیین نیاز گندم به کودهای پرمصرف، به این نتیجه رسیدند که ضریب C_p معمولاً برای نیتروژن بسیار ناچیز (۰/۰۰۰۶) ولی برای فسفر (۰/۰۴۴) و پتاسیم (۰/۰۰۲) نسبتاً بالا بوده و مؤید آن است که گندم برای عملکرد مطلوب خود به نیتروژن موجود در خاک چندان وابسته نبوده ولی برای تأمین فسفر و پتاسیم مورد نیاز خود بیشتر به فسفر و پتاسیم قابل استفاده خاک وابسته می‌باشد. به همین دلیل، نسبت C_p/C_y برای نیتروژن پائین (۰/۱۵) و لیکن برای فسفر (۱۵/۱) و پتاسیم (۵/۱) بالا می‌باشد و این هم مؤید آن است که عکس‌العمل گندم نسبت به مصرف کودهای نیتروژنی بسیار بالا بوده ولی برای کودهای فسفاتی پائین و برای کودهای پتاسیمی در حد متوسط می‌باشد (Babulkar و Sonar، ۲۰۰۲). لیکن، ضرایب C_p و C_y برای پتاسیم در مزارع گندم آبی استان کرمانشاه به ترتیب ۰/۰۰۱۶ و ۰/۰۰۸۵ و نسبت C_p/C_y برابر ۰/۱۹ محاسبه گردید (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۰). معادله میچرلیخ-بری را با عملکرد نسبی نیز به شرح زیر می‌توان نشان داد. در این صورت حداکثر عملکرد (A) برابر ۱۰۰ خواهد بود. بدیهی است پاسخ در دو حالت یکسان خواهد بود:

$$\log(100 - Y) = \log 100 - C_p b$$

روش کار برای استفاده از این تابع ریاضی پیوسته، بدین صورت است که در یک مزرعه مثلاً مقدار فسفر خاک اندازه‌گیری می‌شود (b)، سپس این مزرعه حداقل به دو قسمت تقسیم می‌گردد که به یک قسمت مقداری کود فسفاتی داده می‌شود و یک قسمت بدون کوددهی باقی می‌ماند؛ سپس در مزرعه، گیاه مورد نظر کاشته و تمام شرایط برای هر دو قطعه به صورت یکسان نگه‌داشته می‌شود. بعد از این که به عملکرد مورد نظر رسید (مثلاً دانه گندم)، عملکرد هر دو قطعه اندازه‌گیری و عملکرد نسبی محاسبه (Y) می‌گردد. معادله میچرلیخ - بری کاربردهای زیادی دارد و یکی از کاربردهای آن، تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک می‌باشد. با استفاده از رابطه فوق، سطح بحرانی فسفر و یا پتاسیم خاک برای حصول ۸۵ و یا ۹۰ درصد عملکرد نسبی به شرح ذیل محاسبه می‌گردد.

عملکرد نسبی (R_p): عملکرد نسبی (R_p) عبارت است از عملکرد قطعه شاهد (مصرف بهینه تمامی عناصر غذایی به جز عنصر مورد مطالعه) تقسیم بر عملکرد بهترین تیمار کودی (مصرف بهینه تمامی عناصر غذایی از جمله کود عنصر مورد مطالعه) در منطقه. مقدار عملکرد نسبی همیشه از ۱۰۰ کمتر است.

مثال ۱- با استفاده از معادله میچرلیخ-بری، سطح بحرانی فسفر خاک برای ۸۵ درصد عملکرد نسبی را تعیین کنید. وزن یک هکتار خاک برابر سه میلیون کیلوگرم و ضریب C_1 خاک برابر ۰/۰۱۲ در نظر گرفته شود.

پاسخ ۱- بر اساس اطلاعات فوق، سطح بحرانی فسفر برای ۸۵ درصد عملکرد نسبی چنین محاسبه می‌شود:

$$\text{Log } (A-Y) = \text{Log } A - C_1 b$$

$$\text{Log } (100-85) = \text{Log } 100 - 0/012b$$

$$\text{Log } 15 = \text{Log } 100 - 0/012b$$

$$1/176 = 2 - 0/012b$$

$$0/012b = 1/176 - 2 = 0/824$$

$$b = (0/824) / (0/012) = 68/66$$

$$b = 68/66$$

کیلوگرم بر هکتار (P_2O_5)

$$68/66 \div 3 = 22/89$$

میلی گرم بر کیلوگرم (P_2O_5)

$$22/89 \div 2/29 = 10$$

سطح بحرانی فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)

مثال ۲- سطح بحرانی پتاسیم خاک را برای حصول ۹۰ درصد عملکرد گندم آبی محاسبه نمایید. ضریب C_1 برای گندم آبی حدود ۰/۰۰۱، حداکثر عملکرد گندم در منطقه برابر ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و وزن یک هکتار خاک را سه میلیون کیلوگرم در نظر بگیرید.

پاسخ ۲- بر اساس اطلاعات فوق، سطح بحرانی پتاسیم برای ۸۵ درصد عملکرد نسبی چنین محاسبه می‌شود:

$$\text{Log } (A-Y) = \text{Log } A - C_1 b$$

$$\text{Log } (6000 - 5400) = \text{Log } 6000 - (0/001 \times b)$$

$$\text{Log } 600 = \text{Log } 6000 - 0/001b$$

$$2/778 = 3/778 - 0/001b$$

$$b = 1000$$

کیلوگرم بر هکتار (K_2O)

$$1000 \div 3 = 333$$

میلی گرم بر کیلوگرم (K_2O)

$$333 \div 1/2 = 278$$

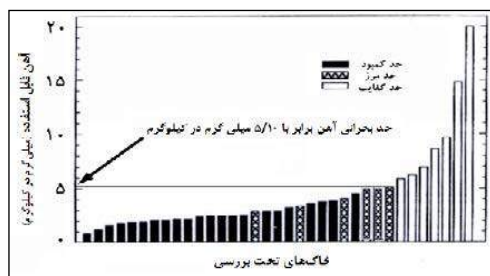
سطح بحرانی پتاسیم خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)

۳-۲-۳- روش محاسبه احتمال پاسخ اقتصادی به کاربرد کود: در این روش تعداد زیادی مزرعه انتخاب و مقدار عنصر غذایی قابل استفاده اندازه‌گیری می‌شود؛ سپس در آن مزارع دو سطح کودی از عنصر غذایی مورد نظر آزمایش می‌شود (شاهد و یک سطح کودی). البته بهتر است به دلایل گفته شده در قبل، چند سطح کودی به خاک اضافه شود. برای هر سطح عنصر غذایی قابل استفاده خاک، مزارعی که به کوددهی پاسخ داده‌اند، مشخص می‌شوند. سپس در هر سطح عنصر غذایی قابل استفاده خاک، احتمال پاسخ اقتصادی به کاربرد کود تعیین می‌شود. معمولاً اگر قیمت اضافه محصول تولید شده در اثر افزایش کود بیش از دو برابر مجموع قیمت کود، هزینه حمل و کودپاشی باشد، آن سطح به عنوان پاسخ اقتصادی مناسب در نظر گرفته می‌شود. سپس نمودار محور X و Y رسم می‌شود

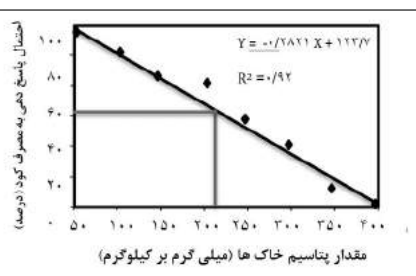
که محور Xها مقادیر عنصر غذایی قابل استفاده خاکها و محور Yها احتمال پاسخ اقتصادی به کاربرد کود می باشد و انتظار می رود منحنی روند نزولی داشته باشد. اگر تعداد نقاط زیاد باشد، در حقیقت یک نوع واسنجی است. با توجه به این منحنی، حال اگر میزان عنصر غذایی در یک خاک مشخص باشد، می توان احتمال افزایش عملکرد آن مزرعه را پیش بینی کرد. مثلاً اگر نمونه خاک های ۱۵ مزرعه، محتوی ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم پتاسیم باشد و در این سطح پتاسیم خاک، کوددهی در ۱۲ مزرعه، باعث افزایش عملکرد شده باشد. طبق محاسبه زیر، ۸۰ درصد مزارع نسبت به مصرف کودهای پتاسیمی پاسخ مثبت خواهند داد. با جمع آوری این احتمال ها، پاسخ دهی خاک ها به مصرف کودهای پتاسیمی را می توان ترسیم و احتمال پاسخ دهی به کود برای خاک های مختلف را پیش بینی کرد. $۸۰ = ۱۰۰ \times (۱۲/۱۵)$

مثال: در این روش ابتدا با عنایت به نتایج تجزیه غلظت عنصر غذایی مورد نظر (مثلاً پتاسیم) در خاک های زراعی منطقه و کشت گیاه (مثلاً کلزا)، نموداری برای هر منطقه برای نتایج تجزیه یک گیاه و عنصر مورد نظر توسط حاکمیت (مؤسسه تحقیقات خاک و آب) تهیه می شود. ابتدا غلظت پتاسیم قابل استفاده در ۱۰۰ نمونه خاک منطقه اندازه گیری و سپس در مقادیر ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، گروه بندی می شوند. گروه بندی خاک ها از نظر مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک پس از تجزیه بدین شرح بود: پنج مزرعه در گروه ۵۰، ۱۲ مزرعه در گروه ۱۰۰، ۲۳ مزرعه در گروه ۱۵۰، ۲۵ مزرعه در گروه ۲۰۰، ۱۵ مزرعه در گروه ۲۵۰، ۱۰ مزرعه در گروه ۳۰۰، هشت مزرعه در گروه ۳۵۰ و بقیه یعنی دو مزرعه در گروه ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، قرار گرفتند. سپس عکس العمل گیاه کلزا به مصرف کودهای پتاسیمی محاسبه و به شرح زیر گزارش شد: تمام پنج مزرعه در گروه ۵۰ (۱۰۰ درصد)، ۱۱ مزرعه در گروه ۹۲ (درصد)، ۲۰ مزرعه در گروه ۱۵۰ (۸۷ درصد)، ۲۰ مزرعه در گروه ۲۰۰ (۸۰ درصد)، نه مزرعه در گروه ۲۵۰ (۶۰ درصد)، چهار مزرعه در گروه ۳۰۰ (۴۰ درصد)، یک مزرعه در گروه ۳۵۰ (۱۲ درصد) به مصرف کودهای پتاسیمی عکس العمل مثبت نشان دادند و هیچ مزرعه ای در گروه ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (صفر درصد) به مصرف کودهای پتاسیمی عکس العمل مثبت نشان نداد.

با عنایت به این نتایج، نمودار زیر ترسیم و در اختیار مدیران آزمایشگاه های تجزیه خاک بخش خصوصی قرار داده می شود. به طوری که مشاهده می شود، یک رابطه نزولی بین احتمال پاسخ به کود پتاسیمی با نتایج تجزیه خاک ها می باشد. حال اگر در این منطقه، نمونه خاکی از مزرعه ای نامعلوم آورده شود، پس از اندازه گیری پتاسیم قابل استفاده، مدیر آزمایشگاه بخش خصوصی با کمک این نمودار می تواند بگوید که به احتمال چند درصد این مزرعه نامعلوم نسبت به افزایش کودهای پتاسیمی پاسخ دهی مثبت خواهد داشت. مثلاً اگر در مزرعه ای که قرار است کلزا کشت شود، مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک ۲۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم تعیین شده باشد، با استفاده از نمودار فوق مدیر آزمایشگاه می تواند به این کشاورز بگوید که به احتمال ۶۲ درصد، مزرعه کلزا نسبت به مصرف کودهای پتاسیمی عکس العمل مثبت نشان خواهد داد.



شکل ۶- تعیین سطح بحرانی آهن به روش بازرسی چشمی



شکل ۵- احتمال پاسخ اقتصادی به کاربرد کودهای پتاسیمی در مزارع کلزا

۴-۳-۲- تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی کم نیاز در خاک باروش بازرسی چشمی: یکی از روش‌هایی که برای تقسیم‌بندی دو گروهی به کار می‌رود، استفاده از روش هیستوگرام است. در این روش میزان عنصر استخراج شده در خاک‌های مختلف به صورت نمودار ستونی رسم و به ترتیب صعودی مرتب می‌شود، به طوری که خاک دارای کمترین میزان عنصر استخراج شده، در ابتدا و خاک دارای بیشترین میزان عنصر قابل استخراج، در انتها قرار می‌گیرد. در این شرایط ارتفاع ستون، مقدار عنصر استخراج شده می‌باشد. ستون‌های پر شده، نشان‌دهنده خاک‌هایی است که به مصرف عنصر غذایی، پاسخ مثبت داده، ولی ستون‌های خالی بدون پاسخ به مصرف عنصر غذایی و ستون‌های هاشور زده، بیانگر حالت بینابین است. از این روش عمدتاً در تعیین سطح بحرانی عناصر کم مصرف استفاده می‌شود. در شکل شش استفاده از این روش برای تعیین سطح بحرانی آهن ۵/۱۰ داده شده است. همان طوری که ملاحظه می‌شود با استفاده از این روش، سطح بحرانی آهن ۵/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. روش بازرسی چشمی یا ستونی، ساده‌ترین و دقیق‌ترین روش برای تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی ریزمغذی در خاک می‌باشد. سطح بحرانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک برای برخی محصولات زراعی در ایران در جدول یک نشان داده شده است.

جدول ۱- سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک برای برخی محصولات زراعی در ایران

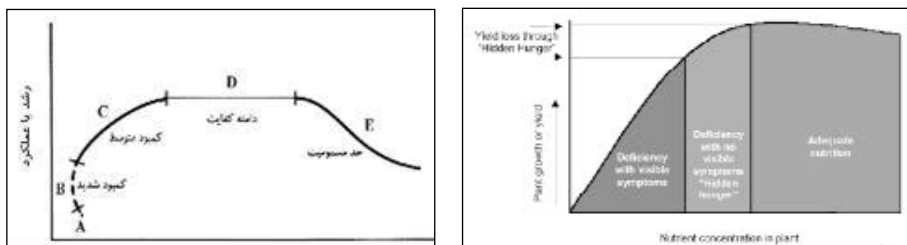
نوع محصول	(درصد)						
	کربن الی	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
(میلی گرم بر کیلوگرم)							
گندم	> ۱/۰۰	۱۰	۲۰۰	۱۰	۲	۸	۱
برنج	> ۱/۰۰	۸	۲۵۰	۱۰	۲	۵	۰/۷
پنبه	> ۱/۰۰	۱۲	۳۰۰	۱۰	۲	۷	۱
پونجه	> ۲/۰۰	۱۴	۳۰۰	۱۰	۲	۷	۱
چغندر قند	> ۲/۰۰	۱۲	۳۵۰	۱۰	۲	۷	۱
آفتابگردان	> ۲/۰۰	۱۲	۳۵۰	۱۲	۲	۷	۱
کلزا	> ۲/۰۰	۱۰	۲۵۰	۱۰	۲	۷	۱
گندم دیم	> ۱/۰۰	۵	۱۵۰	۷	۱	۵	۰/۵

۴-۲- تجزیه برگ

در روش تجزیه برگ، داشتن تجربه فرد آزمایشگر و تشخیص مقایسه‌ای، بسیار مهم است. مزیت تجزیه بافت تازه، ارزانی و سرعت عمل آن است، به‌طوری‌که پیش از ظهور علائم کمبود، می‌توان از وضعیت عناصر غذایی گیاه مطلع شد. از محدودیت‌های این روش، نبودن کمیت برای همه عناصر و کیفی بودن ارقام موجود است. در روش تجزیه کل، گیاه تجزیه شیمیایی شده و اندام گیاه با یکی از روش‌های خشک و یا تر، خاکستر می‌شود. سپس مقادیر عناصر غذایی مختلف در خاکستر باقیمانده، اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود.

در این روش برای تشخیص کمبود عناصر غذایی در گیاه، به تجزیه گیاهی و تعیین مقدار عنصر غذایی مورد نظر در آن می‌پردازد. در این روش، گیاه تجزیه شیمیایی شده و اندام گیاهی با روش خشک‌سوزانی و یا ترسوزانی، خاکستر می‌گردد. سپس مقادیر عناصر غذایی مختلف در خاکستر باقیمانده اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود. مزیت روش تجزیه کل، کمی بودن آن است، چون میزان عنصر در گیاه دقیقاً تعیین می‌گردد. بر این اساس اطلاعات به دست آمده با حد استاندارد (شاخص) مقایسه شده و مقادیر عناصر غذایی در گیاه تشخیص داده می‌شود.

مقدار عناصر غذایی که در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد، بر غلظت آن‌ها در اندام‌های گیاهی اثر می‌گذارد. افزون‌بر آن، به نظر می‌رسد که اگر غلظت از حدی معین پایین‌تر رود، عملکرد محصولات باغی محدود می‌شود. این سطح مشخص در عناصر غذایی را دامنه غلظت بحرانی (critical concentration range) می‌نامند. شکل هفت، نشانگر رابطه نسبی فی مابین غلظت یک عنصر غذایی در برگ و عملکرد هکتاری در محصولات باغی است (Campbell, ۲۰۰۹).



شکل ۷- رابطه بین مقادیر یک عنصر غذایی در برگ‌های گیاه با عملکرد هکتاری

به عبارت دیگر، مصرف کود می‌بایستی بهینه و براساس نتایج تجزیه برگ و با در نظر گرفتن مقدار دامنه غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ باشد که ذیلاً معنی و مفهوم دامنه غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ تشریح می‌گردد.

همان گونه که شاخص معینی برای تفسیر نتایج آزمایشگاه‌های تشخیص طبی مثلاً مقدار اسید اوریک خون برای جنسیت‌های مختلف (برای مردان ۲/۶-۳/۶ و زنان ۲/۳-۳/۱ میلی گرم بر دسی لیتر خون) وجود دارد، برای تفسیر نتایج تجزیه برگ‌های درختان میوه و زینتی نیز می‌بایست شاخصی معتبر وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، برای معنی‌دار کردن ارقام متفاوت تجزیه برگی و یا میوه‌ها، بایستی آن‌ها را با شاخص قابل اعتمادی سنجید. این شاخص قابل اعتماد را در برگ دامنه غلظت بحرانی نامگذاری

نموده‌اند. بدیهی است برای تعیین و تشخیص دامنه غلظت بحرانی (CCR) critical concentration range یک عنصر غذایی در برگ، لازم است ارقام میانگین با روش‌هایی که متعاقباً شرح داده می‌شود، تحت عناوین غلظت بحرانی (CC) critical concentration و سطح کفایت (SL) sufficiency level نامگذاری شوند. به عبارت دیگر، منظور از غلظت بحرانی (CC) و سطح کفایت (SL) همان میانگین دامنه غلظت بحرانی (CCR) و میانگین دامنه سطح کفایت (SLR) sufficiency level range در برگ می‌باشد که ذیلاً توضیح داده می‌شود.

۱-۴-۲- معنی و مفهوم دامنه غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ: دامنه غلظت بحرانی (CCR) critical concentration range یک عنصر غذایی در برگ، محدوده‌ای از غلظت بحرانی است که در کمتر از آن دامنه، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید- مثبت و اقتصادی باشد. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، پاسخ گیاه نسبت به مصرف کود همان عنصر به مراتب کمتر خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده‌های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند. به عبارت دیگر، مقدار کود مصرفی بایستی در حد بهینه بوده و منجر به خسارت مالی به باغدار، کاهش جذب سایر عناصر غذایی گیاه، تولید محصولات باغی ناسالم، تخریب منابع پایه خاک- آب و محیط زیست نگردد.

در اینجا بایستی به این نکته توجه نمود که اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ، کمی بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای نیل به تولید پایدار و عملکرد هکتاری مطلوب، باید به میزانی که درختان میوه از خاک مواد غذایی مختلف را برداشت می‌نمایند، با توجه به پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی در طول دوره رشد، کود مربوط به آن عنصر غذایی بطور متعادل مصرف گردد. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عناصر کمتر از دامنه غلظت بحرانی در برگ‌های گیاه باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود. برای نمونه، زمانی که آزمایشگاه خاکشناسی غلظت عنصر غذایی در برگ را کمتر از دامنه غلظت بحرانی گزارش و مقدار کود مصرفی برای همان عنصر غذایی را دو کیلوگرم به ازاء هر درخت توصیه می‌نماید، لازم است ۵۰ درصد کودهای پویا در اواخر فصل پاییز و بقیه در دو نوبت همزمان با رشد گیاه بصورت سرک مصرف گردد. لیکن، اگر مقدار همان عنصر غذایی در برگ در محدوده دامنه غلظت بحرانی باشد، فقط یک کیلوگرم به ازاء هر درخت کود مربوطه توصیه و توأم در دو نوبت بصورت سرک مصرف گردد و اما در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در برگ بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، فقط ۵۰۰ گرم به ازاء هر درخت کود مربوطه آنهم بصورت یک نوبت سرک مصرف خواهد شد.

Black (۱۹۹۳)، Marschner (۱۹۹۵) و Campbell (۲۰۰۹) براساس مقدار غلظت عناصر غذایی در برگ‌های تحت بررسی، دامنه غلظت بحرانی را به سه گروه کمتر از دامنه غلظت بحرانی، دامنه غلظت بحرانی و بیشتر از دامنه غلظت بحرانی (دامنه کفایت و دامنه سمیت) تقسیم بندی نمودند (شکل ۸). دامنه غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ متفاوت بوده و تابع عوامل مختلفی از جمله

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، نوع گیاه، عملکرد هکتاری و کیفیت محصول می‌باشد. دامنه غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ‌های سیب به شرح: مقدار نیتروژن ۲۰۰ تا ۲/۵۰، فسفر ۰/۱۰ تا ۰/۱۵، پتاسیم ۱/۷۰ تا ۲/۲۰، کلسیم ۱/۶۰ تا ۲/۰۰، گوگرد ۰/۳۰ تا ۰/۵۰، منیزیم ۰/۲۵ تا ۰/۴۵ درصد، آهن ۸۰ تا ۱۲۰، منگنز ۶۰ تا ۸۰، روی ۴۰ تا ۶۰، مس ۱۰ تا ۲۰ و بور ۳۵ تا ۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود. در اینجا ذکر این نکته ضروری است که برای تولید محصولات باغی با کیفیت برتر، بهتر است از سطح کفایت و یا سطح مطلوب (sufficiency level) غلظت عناصر غذایی استفاده شود. زیرا غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها در سطح کفایت (سطح مطلوب) حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر از دامنه غلظت بحرانی است.

۲-۴-۲- معنی و مفهوم دامنه سطح کفایت یک عنصر غذایی در برگ: برای تولید محصولات باغی با کیفیت برتر، بهتر است از دامنه سطح کفایت و یا دامنه مطلوب (sufficiency range) غلظت عناصر غذایی استفاده شود. غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها در دامنه سطح کفایت حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر از دامنه غلظت بحرانی است (شکل ۸).



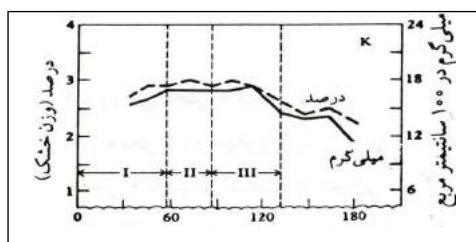
شکل ۸- اثرات افزایش غلظت یک عنصر غذایی برگ در عملکرد هکتاری گیاه. در صورت جذب بیش از نیاز یک عنصر غذایی توسط گیاه، عملکرد هکتاری به احتمال زیاد کاهش می‌یابد

یادآوری- برای تعیین و تشخیص دامنه غلظت بحرانی در برگ، لازم است ارقام میانگین با روش‌هایی که ذیلاً شرح داده می‌شود، تحت عناوین غلظت بحرانی و سطح کفایت نامگذاری شوند. به عبارت دیگر، منظور از غلظت بحرانی و سطح کفایت همان میانگین دامنه غلظت بحرانی و میانگین دامنه سطح کفایت در برگ می‌باشد.

غلظت بحرانی (critical concentration) یک عنصر غذایی در برگ، شاخصی است که در کمتر از آن مقدار، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید- مثبت و اقتصادی باشد. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ بیشتر از غلظت بحرانی باشد، پاسخ گیاه نسبت به مصرف کود همان عنصر، کمتر خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده‌های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند. به عبارت دیگر، مقدار کود مصرفی بایستی در حد بهینه بوده و منجر به خسارت مالی به باغدار، کاهش جذب سایر

عناصر غذایی گیاه، تولید محصولات باغی ناسالم، تخریب منابع پایه خاک-آب و محیط زیست نگردد. غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ‌های سیب به ترتیب نیتروژن ۲/۲۵، فسفر ۰/۱۲، پتاسیم ۱/۹۰، کلسیم ۱/۸۰، گوگرد ۰/۴۰، منیزیم ۰/۳۰ درصد و آهن ۱۰۰، منگنز ۷۰، روی ۵۰، مس ۱۵ و بور ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد. منتها برای تولید محصولات باغی با کیفیت برتر، بهتر است از سطح کفایت و یا سطح مطلوب (sufficiency level) عناصر غذایی استفاده شود. غلظت عناصر غذایی در سطح کفایت و یا سطح مطلوب حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر از غلظت بحرانی در برگ‌ها است (ملکوتی، ۱۳۹۴).

غلظت بحرانی عناصر غذایی در بعضی از گیاهان در جدول دو آمده است. از دیدگاه نیاز کودی، سطح بحرانی عنصر غذایی در گیاهی مشخص، به حدی اطلاق می‌شود که در بالاتر از آن، افزایش کود شیمیایی موجب افزایش بسیار مؤثر عملکرد نشود. تعیین غلظت بحرانی عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی، در خصوص مقدار کود مصرفی، کار آسانی نیست، زیرا برخی از عوامل مزاحم و برهمکنش بین عوامل تعیین کننده رشد، بر غلظت بحرانی، اثرگذار هستند. غلظت عناصر غذایی در اندام‌های گیاه با سن فیزیولوژیکی گیاه تغییر می‌کند. بنابراین، رعایت معیاری دقیق برای نمونه‌گیری لازم است. راه معمول نمونه‌گیری، برداشتن آخرین برگ کامل است. در حالی که روش‌های دیگر نمونه‌برداری، به‌طور اختصاصی، برای گیاهان مختلف به کار می‌روند. غلظت عناصر غذایی را نیز می‌توان با تجزیه تمام برگ، دم‌برگ و یا پهنک برگ اندازه گرفت. امکان اندازه‌گیری مقدار کل عنصر و یا محلول یک عنصر غذایی در اندام گیاهی، وجود دارد. به‌طور کلی، شرایط محیطی مانند رطوبت نسبی، دما و مقدار رطوبت خاک نیز در غلظت عناصر غذایی محلول، مؤثرند. بهترین نتایج از تجزیه گیاهان، در شرایط رشد فعال حاصل شده است. بهترین زمان نمونه‌برداری از برگ‌های درختان میوه، معمولاً ۲/۵ ماه پس از شروع زمان گل‌دهی آن‌ها است. به عبارت دیگر، چون دگرگونی عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی، مدام در طول فصل رشد تغییر کرده و میزان این دگرگونی‌ها در اوایل ظهور اندام‌های رویشی و اواخر فصل رشد (زمان میوه‌دهی) بسیار زیاد است، لذا مناسب‌ترین زمان، برای نمونه‌برداری برگ از درختان میوه، مطابق شکل ۹، در مرحله دوم رشد است (Westwood, ۱۹۷۸).



شکل ۹- تغییرات غلظت فسفر و پتاسیم در برگ‌های درختان هلو (تغییرات بقیه عناصر غذایی نیز در طول فصل رشد تقریباً با اندکی اختلاف، مشابه نمودارهای فوق می‌باشد. به طوری که مشاهده می‌شود، مناسب‌ترین زمان نمونه‌برداری از برگ درختان میوه، در مرحله دوم رشد - حدود ۲/۵ ماه بعد از شروع شکوفه‌دهی می‌باشد)

در این مرحله، تغییرات غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها بسیار اندک است. مقدار عناصر غذایی در برگ‌های گیاهان ممکن است کم، زیاد و یا در حد متوسط باشد. تفسیر صحیح نتایج تجزیه‌های گیاهی با استفاده از روش غلظت‌بحرانی به دلیل دخالت عوامل پرشمار مؤثر بر رشد و شرایط متفاوت اقلیمی، دشوار بوده و نیاز به تجربه بیشتری دارد. به همین علت، انجام توصیه‌های کودی دقیق در درختان میوه با استفاده از این داده‌ها همراه با نتایج تجزیه خاک و آب، دقیق‌تر خواهد بود. لیکن، استفاده از روش غلظت‌بحرانی، مناسب‌تر می‌باشد. غلظت عناصر غذایی در روش سطح کفایت حدود ۲۵ درصد بیشتر از غلظت‌بحرانی است. مثلاً اگر غلظت‌بحرانی پتاسیم در برگ‌های درختان میوه ۱/۸۰ درصد باشد، مقدار پتاسیم در سطح کفایت برابر ۲/۰۰ درصد خواهد بود (شکل ۸).

یادآوری- همان گونه که شاخصی معینی برای تفسیر نتایج آزمایشگاه‌های طبی مثلاً مقدار اسید اوریک خون برای جنسیت‌های مختلف (برای مردان ۳/۶-۸/۲ و زنان ۶/۱-۲/۳ میلی گرم بر دسی لیتر خون) وجود دارد، برای تفسیر نتایج تجزیه برگ‌های درختان میوه و زینتی نیز می‌بایست شاخصی معتبر وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، برای معنی دار کردن ارقام متفاوت تجزیه برگی و یا میوه‌ها، بایستی آن‌ها را با شاخص قابل اعتمادی سنجید. این شاخص قابل اعتماد را در برگ دامنه غلظت‌بحرانی نامگذاری نموده‌اند که روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگ و میوه در ذیل توضیح داده می‌شود.

۵-۲- روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگ و میوه برای انجام توصیه بهینه کودی^۱

روش کاربردی تجزیه گیاه، به منظور توصیه کودی، به تفسیر صحیح و دقیق آن بستگی دارد. در تفسیر داده‌های حاصل از تجزیه گیاه، توجه به روابط متقابل و همکاری عناصر غذایی نیز ضروری است. روش‌های عمده برای تفسیر نتایج تجزیه برگی عبارتند از روش غلظت‌بحرانی، روش سطح کفایت، روش دریس (روش تلفیقی تشخیص و توصیه کودی) و روش انحراف از درصد بهینه که در زیر به‌طور اختصار روش‌های غلظت‌بحرانی و سطح کفایت توضیح داده می‌شود. برای کسب اطلاعات بیشتر به نشریه‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب به‌ویژه کتاب روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار که توسط دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۸۷ انتشار یافته است، مراجعه فرمایید.

۵-۲-۱- روش غلظت‌بحرانی عناصر غذایی در برگ درختان: دامنه غلظت‌بحرانی، محدوده‌ای از غلظت عناصر غذایی است که در کمتر از آن، عملکرد محصول در مقایسه با گیاهانی که سطح عناصر غذایی بالاتری دارند، شروع به کاهش می‌کند. تفسیر نتایج برگی بر این فرض کلی استوار است که اگر غلظت عنصری در بافت‌های گیاهی پایین‌تر از دامنه غلظت‌بحرانی باشد، جذب آن عنصر از خاک کافی نبوده است. در روش دامنه غلظت‌بحرانی، زمان و محل نمونه‌برداری در تفسیر نتایج حاصل از تجزیه گیاه بسیار حایز اهمیت است. از آن‌جا که غلظت عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی با سن فیزیولوژیکی

۱. انتخاب بهترین روش برای تعیین دامنه غلظت‌بحرانی یک عنصر غذایی در برگ درختان میوه و زینتی، وظیفه حاکمیت (موسسه تحقیقات خاک و آب) بوده و مدیران آزمایشگاه‌های بخش خصوصی با استفاده از روش معرفی شده توسط حاکمیت، توصیه کودی بهینه را برای محصولات مختلف باغی و زینتی در هر منطقه انجام می‌دهند.

فصل دوم: مبانی علمی برای انجام توصیه بهینه کودی ۶۵

گیاه تغییر می کند، وجود ارقام مقایسه‌ای، الزامی است. میانگین دامنه غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ بعضی از درختان میوه در جدول دو آمده است.

جدول ۲- غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ برخی از درختان میوه

نوع گیاه	مرحله رشد	قسمتی از گیاه	درصد						میکروگرم برگرم (برمبنای وزن خشک)			
			N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Mn	Cu	
سیب درختی	اوایل تابستان	برگ های کامل	۲/۲۰	۰/۱۵	۱/۷۰	۱/۷۰	۰/۳۵	۴۰	۴۵	۷۰	۱۵	
زرد آلو	اوایل تابستان		۲/۲۰	۰/۱۵	۱/۶۰	۱/۷۰	۰/۴۵	۴۵	۳۵	۷۰	۱۵	
هلو	اوایل تابستان		۲/۲۰	۰/۱۵	۱/۸۰	۱/۸۰	۰/۴۵	۴۰	۳۵	۷۰	۱۵	
مرکبات	رشد بهاره	سرشاخه های جدید	۲/۵۰	۰/۱۵	۲/۵۰	۱/۶۰	۰/۳۵	۴۰	۳۵	۷۰	۱۵	
انگور	قبل از گل دهی	برگ های کامل	۲/۵۰	۰/۱۵	۲/۲۵	۱/۵۰	۰/۵۰	۳۰	۳۵	۶۰	۱۵	

۲-۵-۲- روش سطح کفایت (سطح مطلوب) عناصر غذایی: یکی دیگر از روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگ، استفاده از روش سطح کفایت است. در این روش، غلظت تک تک عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی بر حسب کمتر، بیشتر و سطح مطلوب گزارش می‌شود. اختلاف نظر بین متخصصان تغذیه گیاهی در رابطه با تفسیر هر دو روش مذکور، بسیار اندک است. در هر دو روش، غلظت عناصر غذایی در گیاه به عنوان مبنای تفسیر از مرز کمبود تا بیش بود استفاده می‌شود. برخی به برتری استفاده از روش غلظت بحرانی از دیدگاه اقتصادی (جلوگیری از مصرف بیش از اندازه کود) نسبت به روش سطح کفایت اعتقاد دارند. در جدول سه، سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی در برگ سیب ارائه شده است.

جدول ۳- سطح کفایت عناصر غذایی در برگ سیب

عناصر پر نیاز (درصد)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	گوگرد
	(N)	(P)	(K)	(Ca)	(Mg)	(S)
	۲/۶۵	۰/۱۸	۲/۲۵	۲/۲۵	۰/۵۰	۰/۴۰
عناصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن	منگنز	روی	مس	بور	مولیبدن
	(Fe)	(Mn)	(Zn)	(Cu)	(B)	(Mo)
	۱۵۰	۸۰	۷۰	۲۰	۵۰	۲

۲-۵-۳- روش تلفیقی تشخیص و توصیه کودی (DRIS)

diagnosis and recommendation integrated system: این روش در سال ۱۹۷۳ به وسیله بوفیلز مطرح شد و در ابتدا به روش تشخیص فیزیولوژیک موسوم بود؛ سپس سامنر در تحقیقات وسیع خود توانست برای بیش از ۱۸ محصول زراعی، ارقام مرجع را

ارائه کند. در این روش بر خلاف روش‌های غلظت بحرانی و سطح کفایت، تفسیر نتایج تجزیه برگ‌گی به سن فیزیولوژیک و محل نمونه‌برداری بستگی ندارد و از طریق در نظر گرفتن نسبت عناصر غذایی (مثلاً P/K و N/P) به جای غلظت هر عنصر غذایی به تنهایی، کار تشخیص و توصیه کودی در هر مرحله از رشد گیاه، امکان‌پذیر می‌شود. یکی از محاسن استفاده از نسبت‌های عناصر غذایی، این است که به‌رغم تغییر غلظت عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی در سنین مختلف گیاه، این نسبت‌ها بر اثر پدیده رقت تقریباً ثابت می‌مانند. همچنین، با این انتخاب، اثر سن گیاه بر تغییر عناصر غذایی کاهش می‌یابد.

۴-۵-۲- روش انحراف از درصد بهینه Deviation from optimum Percentage (DOP): نظر به این‌که روش دریس برای تفسیر صحیح به اطلاعات وسیعی نیازمند است، لذا جمع‌آوری این اطلاعات وسیع در عمل هزینه بالایی داشته و کار مشکلی است. در این میان روش انحراف از حد بهینه با دارای قابلیت‌های مثبتی بوده و از رابطه زیر قابل محاسبه است (Black, ۱۹۹۳):

$$DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

در این رابطه C غلظت عنصر غذایی در نمونه گیاه مجهول بوده و تعیین نیاز کودی آن موردنظر است. همچنین C_{ref} غلظت عنصر غذایی در گیاهی است که از لحاظ عملکرد و کیفیت در شرایط مطلوب قرار دارد؛ اما از لحاظ سایر شرایط، مشابه شرایط نمونه مجهول است. در تفسیر نتایج حاصل از این روش دو قانون ساده وجود دارد: مقدار قدرمطلق شاخص DOP، اهمیت و یا شدت خروج از حالت تعادل را نشان می‌دهد؛ زیرا عدد صفر بیانگر حالت تعادل و مقادیر بالای قدر مطلق شاخص DOP نشانگر انحراف زیاد از حالت تعادل می‌باشند. برای هر عنصر، مقدار منفی شاخص DOP نشان‌دهنده حالت کمبود و مقدار مثبت نشانگر حالت زیادی آن عنصر است. این روش همانند روش دریس با رتبه دادن به عدم تعادل عناصر در گیاه، بیانگر ترتیب عدم تعادل برای عناصر مختلف است که می‌تواند از جنبه مدیریت تغذیه‌ای بسیار مهم باشد.

۵-۵-۲- تجزیه میوه: برای ارتقای کیفی محصولات باغی، تعیین سطح مطلوب عناصر غذایی در خاک، برگ و میوه الزامی به‌نظر می‌رسد. با این روش، می‌توان کیفیت میوه‌های تولیدی را ارتقاء بخشید. به دنبال شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای درختان میوه ناشی از خاک‌های آهکی کشور، طی چهار سال تحقیق، سطح مطلوب عناصر غذایی در برگ و میوه تعدادی از درختان تعیین گردید. از طریق تجزیه میوه و مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل تجزیه میوه‌های مرغوب، به‌سهولت می‌توان مشکلات تغذیه‌ای میوه را تشخیص و بدین ترتیب توصیه کودی بهینه را انجام داد. براساس تحقیقاتی که در دو دهه گذشته در اکثر باغ‌های میوه کشور انجام شده است، سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی در میوه و خصوصیات کیفی میوه‌ها تعیین گردیده است.

سطح کفایت غلظت عناصر غذایی در میوه سیب در جدول چهار گنجانده شده و سطح کفایت غلظت عناصر غذایی در تعدادی دیگر از درختان میوه را در فصل پنجم مشاهده فرمایید.

جدول ۴- سطح کفایت غلظت عناصر غذایی در میوه سیب

نیترژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)
(میلی گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خوراکی)									
۸۰	۱۰	۱۲۰	۱۰	۵	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۱۰
ماده خشک	سفتی میوه	قند کل	اسیدیته کل (اسیدمالیک)		Brix		pH		
(درصد)	(kg/cm ²)	(گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه)							
۸۶/۰	> ۶	۱۳-۱۵	۰/۴۰		۱۴		۴/۰		
N/Ca	K/Ca	Ca/Mg	نیترات (NO ₃)		کادمیوم Cd				
			(mg/kg FW)		(mg/kg DW)				
< ۱۰	< ۲۵	< ۱/۵	< ۸۰		< ۰/۱۰				

۶-۲- روش های توصیه کودی

تعیین مقدار عناصر موجود در خاک در صورتی که بتواند نیاز کودی گیاه را تعیین نماید، آزمون خاک نامیده می شود که مهم ترین هدف آن، توصیه کودی است. در ارزیابی حاصلخیزی خاک، هدف به دست آوردن محصول بیشتر از طریق مصرف اقتصادی کودهای شیمیایی و سایر مواد اصلاح کننده می باشد. برای انجام توصیه بهینه کودی استفاده از اطلاعات گذشته و فعلی ضروری است. نتایج تجزیه خاک را براساس مقدار می توان به پنج دسته خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم نمود. البته این امکان وجود دارد که حتی این پنج دسته را به دسته های کوچک تر نیز تقسیم بندی کرد، ولی از این گونه دسته بندی، اطلاع چندانی از جنبه های اقتصادی مصرف عناصر غذایی به دست نمی آید. زیرا اگر دسته های خیلی کم و کم، به مصرف کودهای شیمیایی واکنش نشان دهند، تخمین این واکنش در سایر دسته ها، مشکل می شود و لذا نتایج تجزیه خاک در دو گروه قرار داده می شوند.

در تفسیر نتایج تجزیه خاک عواملی وجود دارد که برخی از آن ها ثابت (بافت خاک) و برخی دیگر، متغیر (آب و هوا) هستند که دخالت و ارزیابی عوامل متغیر در تفسیر نتایج، آسان نمی باشد. به طور کلی، تفسیر نتایج بایستی بر اساس پیش بینی مقدار محصول، تخمین عکس العمل گیاه و تنظیم مقدار بهینه عناصر غذایی در خاک باشد. علاوه بر این، باید به تفسیر کودی که عبارت از واکنش محصول نسبت به مصرف کودهای شیمیایی در یک خاک معین است و همچنین تفسیر

اقتصادی توجه نمود. در صورتی که در برخی از سال‌ها، به دلایلی از جمله خشکسالی، سیل، حمله آفات و یا بیماری‌ها، محصول به دست آمده، کمتر از حد باشد، از مبنای محاسبه میانگین حذف می‌شود. اگر توانایی حاصلخیزی خاکی در سطحی بالا نگه داشته شود، برای حفظ حاصلخیزی خاک باید میزان عناصر غذایی بیشتری در اختیار خاک قرار داد. به عنوان مثال، برای نگهداری توانایی حاصلخیزی خاکی که دارای ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر است، همه ساله باید حدود ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل بر هکتار مصرف شود. در غیر این صورت توانایی حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد به طوری که در مورد خاک مذکور بررسی شده، به ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم خواهد رسید. البته در این خصوص باید به نوع عنصر غذایی (پویا یا غیرپویا بودن)، بافت خاک و سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های زیرکشت نیز توجه نمود. بالا بودن مقدار عناصر غذایی تا سطح دو برابر سطح بحرانی در خاک، مجاز می‌باشد.

البته باید در نظر داشت که این موضوع در اراضی زراعی که سطح زیاد داشته و هزینه تمام شده آن در واحد سطح کمتر است، صادق می‌باشد. آنچه مورد توجه زارع است، تولید اقتصادی محصول و عملیاتی است که برای تولید محصول به کار می‌برد. بدین منظور باید در تفسیر اقتصادی، علاوه بر نتایج تجزیه خاک و توصیه کودهای آلی و شیمیایی، به مواردی از قبیل نوع محصول و ارزش اقتصادی آن در بازار، اثرات باقیمانده کودها به ویژه آلاینده‌هایی نظیر نیتрат و کادمیوم، مهارت و توانمندی کشاورز نیز توجه نمود.

پس از انجام نخستین قدم، همواره ضروری است که برای پالایش توصیه‌ها به پژوهش ادامه داد. در هر منطقه یا در هر خاک ویژه‌ای، متغیرهای عمده‌ای وجود دارند که برای ارزیابی تأثیر آن‌ها، آزمایش‌های به خصوص نیاز است. هیچ گونه روش مشخصی برای پیشگیری این پژوهش نمی‌توان ارائه نمود، زیرا نیازها از منطقه‌ای به منطقه دیگر تفاوت عمده دارند. علاوه بر این، نوع پالایش توصیه‌های کودی، که آن را برای هر زارع و مزرعه میسر می‌سازد، مسائل دیگری نیز وجود دارند که نیاز به توجه مداوم دارند. این موضوع‌ها شامل نوآوری‌هایی است که در کشاورزی، توسط علم و فناوری ایجاد می‌شود، از قبیل ارقام جدید، کودهای جدید، ماشین‌آلات جدید و اندام‌های مدیریت جدید مزرعه که باید تأثیر آن‌ها بر روی توصیه‌هایی که بر اساس تجزیه خاک استوار است، مورد بررسی قرار گیرد. مسأله‌ای که در رابطه با آزمایش‌های خاک وجود دارد، این است که اغلب آن‌ها در میزان محصولی واسنجی (درجه بندی) می‌شوند که کمتر از آن است که برای کشاورزان بزرگ، مفید باشد.

بسیاری از داده‌های واسنجی شده به دلیل تکامل فناوری جدید در کنترل تعداد بیشتری از عوامل محدودکننده و در نتیجه محصول بیشتر، قدیمی شده‌اند. از این رو ضرورت جایگزینی شاخص جدید سطح مطلوب، به جای سطح بحرانی احساس می‌شود. دلیل تأکید بر محصول بیشتر در آزمایش‌های واسنجی بسیار ساده است. محصول بیشتر، عناصر غذایی بیشتری مصرف می‌کند،

احتمال واکنش به کود بیشتر است و نتایج برای کشاورز پیشرو، معنی دارتر است. بنابراین در این شرایط، استفاده از سطح بحرانی با ۸۵ درصد حداکثر عملکرد، توجیه منطقی ندارد. بنابراین مهم ترین هدف از انجام آزمون خاک، توصیه بهینه کودی در راستای نیل به تولید پایدار در محصولات کشاورزی می باشد. مقدار کود مورد نیاز هر محصولی تابع میزان عملکرد مورد انتظار و قابلیت خاک برای آزاد سازی مقدار عناصر غذایی است.

قابلیت خاک برای آزادسازی یک عنصر غذایی - مقدار برداشت عنصر غذایی توسط محصول = مقدار کود مصرفی

برای انجام توصیه بهینه کودی می توان از روش های توصیه کودی بر مبنای میزان تفاوت از سطح بحرانی، توصیه کودی بر مبنای تجربیات حاصل از انجام آزمایش های منطقه ای، توصیه کودی بر مبنای میزان برداشت عناصر غذایی در راستای تولید پایدار، توصیه کودی بر مبنای معادله میچرلیخ-بری، توصیه کودی بر مبنای معادله درجه دوم و توصیه کودی با استفاده از نرم افزارهای رایانه ای اشاره نمود.

۱-۶-۲- توصیه کودی بر مبنای میزان برداشت عناصر غذایی از خاک: یکی از اصول اولیه تولید پایدار، برگرداندن مجدد عناصر غذایی برداشتی توسط هر محصول به خاک می باشد. مقدار کود مصرفی بر مبنای میزان عملکرد و قابلیت خاک از رابطه زیر به دست می آید: قابلیت خاک برای آزاد سازی یک عنصر غذایی - مقدار برداشت عنصر غذایی توسط محصول = مقدار کود مصرفی در این رابطه عناصر غذایی که توسط هر محصول (بر مبنای میزان عملکرد) برداشته می شود، در منابع مختلف کمی متفاوت است که در اینجا فقط به ذکر سه منبع اکتفا می شود (ILACO، ۱۹۸۱؛ Havlin و همکاران، ۲۰۰۵؛ بای بوردی و سیادت، ۱۳۸۴). مطابق نظریه ILACO (۱۹۸۱)، توصیه کودی از مقدار عناصر غذایی برداشت شده، تبعیت می نماید (جدول ۵). Havlin و همکاران (۲۰۰۵) میزان برداشت عناصر غذایی پرمصرف از خاک در محصولات مختلف را نیز گزارش نمودند (جدول ۶). بر این اساس، میزان عناصر غذایی برداشتی توسط محصولات مختلف به صورت زیر می باشد:

$$100(N) - 15(P) - 80(K) - 30(S) - 30(Ca) - 15(Mg) + 0.50(Fe) + 0.30(Mn) + 0.20(Zn) + 0.10(Cu) + 0.10(B)$$

که با لحاظ کردن شرایط اقلیم، قابلیت خاک برای آزاد سازی عناصر غذایی و میزان تثبیت عناصر غذایی در خاک های زراعی، کوددهی باید با همین نسبت به طور تقریبی انجام گیرد. به عبارت دیگر، با در نظر گرفتن غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک های زیرکشت، اگر برای مزرعه گندمی در استان فارس ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن داده شود، باید در حد ۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار پتاسیم (K_2O)، ۳۰ کیلوگرم بر هکتار فسفر (P_2O_5) و حدود پنج کیلوگرم بر هکتار نیز ریزمغذی ها مصرف شود. بدیهی است این روابط در شرایطی صادق است که بازده کودهای مصرفی برای هر یک از عناصر غذایی، ۱۰۰ درصد فرض شود (Hagin و Tucker، ۱۹۸۲).

۷۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

جدول ۵- مقدار تقریبی عناصر غذایی برداشت شده و انجام توصیه کودی برای برخی از محصولات کشاورزی

نام محصول	عملکرد (تن بر هکتار)	مقدار عناصر غذایی برداشت شده (کیلوگرم بر هکتار)			توصیه کودی (کیلوگرم بر هکتار)		
		نیتروژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)	نیتروژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)
گندم	۳ تن دانه و ۳/۵ تن کلش	۷۰	۱۵	۴۵	۸۰	۲۰	۴۰
ذرت	۳ تن دانه و ۶ تن کلش	۲۰۰	۳۵	۱۲۵	۸۰	۳۰	۷۰
برنج	۳ تن دانه و ۵/۶ تن کلش	۶۰	۱۵	۷۰	۹۰	۱۵	۳۰
پنبه	۳ تن وش	۹۰	۲۵	۱۰۵	۸۰	۱۵	۴۰
سیب زمینی	۲۵ تن غده	۱۱۵	۲۰	۱۵۵	۷۵	۳۰	۹۰
چغندر قند	۴۰ تن غده و ۱۰ تن برگ	۱۵۰	۲۵	۱۵۵	۷۵	۳۰	۸۵
نیشکر	۹۰ تن ساقه	۸۵	۲۵	۱۴۰	۹۰	۳۰	۸۵
سویا	۲ تن دانه	۱۲۵	۱۵	۳۰	۱۵	۲۰	۴۵
یونجه	۸۰ تن علوفه تازه	۳۲۰	۲۵	۱۴۰	۱۵	۵۰	۱۲۰
مرکبات	۱۵ تن میوه	۱۰۰	۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۳۵	۱۲۰
چای	یک تن برگ خشک	۹۰	۱۰	۲۷	۶۰	۱۵	۴۵
میانگین		۱۲۸	۲۰	۱۰۰	۷۵	۲۵	۷۰

رفیعی و ملکوتی (۱۳۷۸) در تحقیقی، روش های مختلف توصیه کودی را بر عملکرد کمی و کیفی گندم بررسی و چنین نتیجه گیری نمودند که در خاک های آهکی زیر کشت گندم آبی، روش توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب در مقایسه با روش های دیگر توصیه کودی از جمله تجزیه خاک، بهترین روش است. این نتایج از آزمایش های متعددی که در طول ۲۰ سال در مناطق مختلف کشور و بر روی محصولات مختلف زراعی انجام گرفته نیز تأیید شده است.

جدول ۶- میزان برداشت عناصر غذایی توسط محصولات مختلف زراعی و باغی

محصول	عملکرد (تن بر هکتار)	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
گندم	۱۰	۱۲۸	۳۸	۱۰۰	۲۱	۱۱	۲۴	۶۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۴۰	۴۰
جو	۸	۱۰۶	۲۷	۹۰	۱۴	۱۲	۹	۵۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۴۰	۴۰
ذرت دانه ای	۱۲	۱۷۰	۴۵	۲۵۰	۱۷	۸	۲۰	۳۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۹۰	۶۰
ذرت علوفه ای	۱۲۰	۱۸۵	۳۵	۱۸۰	۱۸	۲۰	۴۰	۲۵۰۰	۱۷۰	۲۰۰	۶۰	۴۰
سویا	۵	۳۰۰	۱۵	۱۷۰	۴۰	۱۰	۲۰	۷۵۰	۳۵۰	۳۰۰	۱۰۰	۸۰
یونجه	۱۵	۴۰۰	۵۰	۳۵۰	۵۰	۲۰۰	۵۰	۱۵۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۱۲۰	۱۸۰
چغندر قند	۵۰	۲۲۵	۲۵	۳۵۰	۲۸	۱۰	۵۶	۵۰۰	۳۵۰	۱۵۰	۵۰	۱۰۰
گوجه فرنگی	۵۰	۱۳۵	۴۵	۱۸۵	۲۰	۱۰	۱۵	۳۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۵۰	۳۵
سیب زمینی	۴۰	۱۰۰	۲۵	۱۸۰	۱۰	۸	۱۰	۴۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۷۰	۴۰
پیاز	۵۰	۱۲۵	۳۰	۱۴۵	۲۰	۲۲	۵۰	۳۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۵۰	۵۰

محصول	عملکرد (تن بر هکتار)	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
کلم	۵۰	۱۵۰	۴۰	۱۵۰	۵۰	۲۵	۱۵	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۴	۵۵
سیب درختی	۳۰	۳۵	۱۱	۵۰	۱۵	۲۰	۱۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۲۵	۵۰
هلو	۳۵	۴۰	۲۲	۷۰	۱۰	۱۵	۱۰	۵۰۰	۳۰۰	۲۵۰	۵۰	۵۰
چای خشک	۱	۹۰	۱۰	۶۰	۱۵	۱۵	۲۰	۱۰۰۰	۸۰۰	۳۰۰	۱۰۰	۱۰۰

* غلظت عناصر پرمصرف بر حسب کیلوگرم بر هکتار و عناصر کم نیاز (ریز مغذی) بر حسب گرم بر هکتار می باشد

۲-۶-۲- توصیه کودی براساس روابط تجربی حاصل از آزمایش های منطقه ای: در این روش سطح بحرانی غلظت یک عنصر غذایی برای محصولی خاص مشخص و بر اساس تجاری که از انجام آزمایش های متعدد در گلخانه و مزرعه به دست آمده است، برای گروه های مختلف سطح تجزیه خاک، توصیه کودی انجام می شود. این روش معادل روش نگه داشت مطلوب عناصر غذایی است که در ایالت نبراسکای امریکا در حال حاضر برای توصیه صحیح کودی مورد استفاده قرار می گیرد (دانشگاه نبراسکا، ۱۹۹۹). به طور مثال در مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک، براساس تجربه، برای روش عصاره گیری فسفر به روش اولسن برای گیاهان غلات و لگومینوز، اگر میزان فسفر کمتر از ۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک باشد، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم بر هر هکتار سوپرفسفات تریپل توصیه شده است. در استان فارس براساس تجارب و نتایج آزمایش های انجام شده در گندم، مصرف کودهای فسفاتی براساس نتایج تجزیه خاک چنین بدست آمده است: اگر فسفر خاک به روش عصاره گیری اولسن بیش از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، کوددهی فسفر لازم نیست و اگر این عدد بین ۱۰ تا ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل و اگر غلظت فسفر قابل استفاده خاک ۵ تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل و برای کمتر از ۵ میلی گرم بر کیلوگرم، ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل توصیه می شود.

ملکوتی و شاهرخنیا (۱۳۷۹) در آزمایشی شش ساله، تغییرات غلظت فسفر را در تناوب گندم، چغندر قند، ذرت و آیش در ایستگاه تحقیقات زرقان فارس بررسی نمودند. آنان به این نتیجه رسیدند که با برداشت هر تن دانه گندم، حدود ۲/۳ کیلوگرم نیتروژن و ۳/۳ کیلوگرم فسفر از خاک خارج می شود. زمانی که فسفر قابل جذب خاک در حد ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، حدود ۹۰ کیلوگرم فسفر در خاک سطحی و حدود ۴۰ کیلوگرم نیز در اعماق پایین تر و مجموعاً ۱۳۰ کیلوگرم فسفر در خاک وجود دارد. بنابراین، با برداشت ۸ تن گندم، ۱۸/۴ کیلوگرم فسفر و با برداشت ۱۰ تن ذرت، ۳۵ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) از خاک خارج شده که در مجموع بیش از ۱۰۰ کیلوگرم فسفر ذخیره و اضافی در خاک باقی می ماند. لذا نگرانی از کاهش محصول به دلیل عدم مصرف و یا مصرف کمتر فسفات، وجود نخواهد داشت. در این آزمایش میانگین عملکرد محصولات مختلف و تغییرات فسفر قابل جذب خاک در مدت شش سال در جدول هفت

۷۲ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

ارائه گردیده است. آنان همچنین نشان دادند که میانگین تغییرات فسفر در چهار قطعه مزرعه، حاکی از کاهش سالیانه یک میلی گرم بر کیلوگرم از فسفر خاک در تیمار بدون کود، ثابت ماندن فسفر در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم و افزایش فسفر خاک در بقیه تیمارها از یک تا بیش از سه میلی گرم بر کیلوگرم بوده است.

جدول ۷- میانگین عملکرد محصولات مختلف زراعی و تغییرات فسفر قابل جذب خاک در مدت شش سال

تغییرات سالیانه فسفر	میانگین فسفر قبل از کشت در سال ششم	میانگین فسفر قبل از کشت در سال اول	سوپرفسفات تریپل
(میلی گرم بر کیلوگرم)			(کیلوگرم بر هکتار)
- ۰/۸	۶/۴	۱۰/۶	شاهد
+ ۰/۲	۱۱/۲	۱۰/۲	۱۰۰
+ ۰/۸۰	۱۶/۰	۱۰/۹	۲۰۰
+ ۲/۱	۲۱/۰	۱۰/۲	۳۰۰
+ ۳/۲	۲۶/۰	۱۰/۳	۴۰۰

با در نظر گرفتن دو روش توصیه کودی فوق، می توان جمع بندی کرد که در گیاهان زراعی کم توقع همچون گندم، برنج، کلزا و گیاهان دارویی، نسبت کودهای پرمصرف ۲-۱-۳؛ در گیاهان زراعی پر توقع نظیر ذرت و دانه های روغنی نسبت کودهای پرمصرف ۳-۱-۴ و در گیاهان زراعی پرتوقع غده ای مانند سیب زمینی و چغندر قند، نسبت کودهای پرمصرف ۴-۱-۳ مناسب تر است. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، مصرف ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد آلی به همراه باکتری های تیوباسیلوس (در خاک های آهکی)، ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منیزیم (به صورت سرک)، برای مزارع گندم و دانه های روغنی در شمال و غرب کشور، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آهن، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی (پیش از کاشت هر دو تا سه سال یک بار)، در خاک های غیر شور، ۱۵ کیلوگرم بر هکتار اسیدبوریک (به صورت دو بار سرک) و با مقدار کافی مواد آلی که پیش از کاشت به طور عمقی هم زمان با کودهای فسفاتی، گوگرد آلی و ریز مغذی ها مصرف خواهند گردید، الزامی می باشد.

یادآوری ۱: اگر مقدار مواد آلی خاک بیش از ۲/۵۰ درصد (کربن آلی ۱/۵۰ درصد) باشد، می توان از مقدار کودهای نیتروژنی به اندازه ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، کم کرد.

یادآوری ۲: مصرف کودهای آلی، اوره با پوشش گوگردی (SCU)، فسفاتی، گوگردی، زیستی، سولفات پتاسیم و تمام کودهای سولفاتی محتوی عناصر ریز مغذی می بایستی قبل از کاشت با شخم به صورت عمقی زیر خاک شوند.

یادآوری ۳: برای افزایش کارایی کودهایی که قبل از کاشت مصرف می‌شوند، بهتر است از دستگاه کودکار- بذرکار استفاده شود.

یادآوری ۴: با افزایش تعداد دفعات مصرف کودهای پویا نظیر سولفات پتاسیم محلول، کارایی کودها بیشتر می‌شود.

توصیه کودی مناسب برای تولید شش تن بر هکتار دانه گندم و ۱۰ تن بر هکتار ذرت دانه‌ای در استان فارس، ۵۰ تن بر هکتار سیب‌زمینی و ۶۰ تن بر هکتار پیاز در آذربایجان شرقی، ۷۰ تن بر هکتار چغندر قند در استان آذربایجان غربی را ارائه نمایید.

پاسخ: الف- در گندم: ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره (در سه تقسیط)، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده (معادل حدود ۵۰ کیلوگرم بر هکتار) پیش از کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات و کلروپتاسیم (در دو تقسیط پیش از کاشت و سرک)؛ **ب- در ذرت دانه‌ای:** ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره (در سه تقسیط)، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده پیش از کاشت و ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات و کلروپتاسیم (در دو تقسیط پیش از کاشت و سرک)؛ **پ- در سیب‌زمینی:** ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره (در سه تقسیط)، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده پیش از کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات و کلروپتاسیم (در دو تقسیط پیش از کاشت و سرک) و **ت- در چغندر قند:** ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره (در سه تقسیط)، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده پیش از کاشت و ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات و کلروپتاسیم (در دو تقسیط پیش از کاشت و سرک) کفایت می‌نماید. بدیهی است مصرف هر دو تا سه سال یک بار سایر کودها از جمله گوگرد آلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس به میزان ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار (در خاک‌های آهکی)، سولفات منیزیم به میزان ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار (به صورت سرک)، برای مزارع گندم و دانه‌های روغنی در شمال و غرب کشور، سولفات آهن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات منگنز به میزان ۵۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات روی به میزان ۵۰ کیلوگرم بر هکتار (پیش از کاشت) و در خاک‌های غیرشور، ۱۵ کیلوگرم بر هکتار اسیدبوریک (به صورت دو بار سرک) به انضمام کودهای آلی به مقدار کافی، برای نیل به تولید پایدار، غنی‌سازی فرآورده‌های کشاورزی و ارتقاء سطح سلامت جامعه مصرف خواهند گردید، الزامی می‌باشد.

۳-۶-۲- توصیه کودی بر مبنای میزان تفاوت از سطح بحرانی: این روش معادل روش اصلاح کمبود عناصر غذایی است که در ایالت نبراسکای آمریکا در حال حاضر برای توصیه صحیح کودی مورد استفاده قرار می‌گیرد (دانشگاه نبراسکا، ۱۹۹۹). پس از آن که میزان تفاوت غلظت یک عنصر غذایی از سطح بحرانی آن مشخص گردید، با استفاده از روش‌های متعددی از جمله رابطه تجربی زیر، می‌توان میزان کود مورد نیاز محصول را محاسبه نمود

۷۴ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

(فیضی اصل و ولی زاده، ۱۳۸۳). با علم به اینکه وزن یک هکتار خاک زراعی با درصد مواد آلی پایین تا عمق ۲۵ سانتی متری، حدود ۳ میلیون کیلوگرم می باشد، بنابراین، میزان کود مورد نیاز از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$X = 3 (ZA) / C$$

در این رابطه X مقدار کود توصیه شده (کیلوگرم بر هکتار)، Z ضریب تبدیل عنصر غذایی (مثلاً در مورد پتاسیم ۱/۲ و فسفر ۲/۲۹ است)، A میزان تفاوت از سطح بحرانی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم و C درجه خلوص کود است.

استفاده از رابطه فوق در شرایطی صحیح است که به ازاء افزایش هر میلی گرم از یک عنصر غذایی به خاک، غلظت همان عنصر یک میلی گرم بر خاک افزایش یابد، ولی به دلایل متعددی از جمله خاصیت بافری خاک، میزان کم مواد آلی، کربنات کلسیم بالا، درصد و نوع رس، درجه تخلیه، قدرت تثبیت کنندگی و از همه مهم تر قدرت آزاد سازی عنصر غذایی، این رقم بیش از یک میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. شهبابی و ملکوتی (۱۳۸۶)، رابطه بین درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با مقدار توصیه کودی پتاسیمی را به صورت زیر نشان دادند:

$$\Delta K_{ava} = 0.824 - 0.008 \text{ (Clay)}$$

$$\Delta K_{ava} = 0.86 - 0.022 \text{ (CEC)}$$

به این ترتیب، با در دست داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی و یا درصد رس خاک که از خصوصیات پایه ای و عموماً غیر قابل تغییر خاک در شرایط معمول هستند، می توان معادل کودی پتاسیم ($1/\Delta K_{ava}$) یا مقدار پتاسیم لازم برای افزودن یک میلی گرم بر کیلوگرم به سطح پتاسیم قابل جذب خاک را محاسبه نمود. بدیهی است با در دست داشتن معادل کودی پتاسیم، وزن مخصوص ظاهری خاک، عمقی از خاک که تحت تأثیر کود پتاسیمی قرار می گیرد، ضریب کود پتاسیمی مورد استفاده و میزان اختلاف از سطح بحرانی تعیین شده پتاسیم در شرایط خاص و عملکرد محصول مورد نظر، می توان کود پتاسیمی مورد نیاز بر هکتار را محاسبه نمود.

مثال ۲- اگر در مزرعه پنبه، غلظت پتاسیم قابل استفاده خاک ۲۳۰ و سطح بحرانی پتاسیم برای پنبه در منطقه ۲۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، مقدار کود پتاسیمی مورد نیاز را حساب کنید.
پاسخ ۲- در این حالت چنین فرض می شود که به ازای افزایش هر میلی گرم از یک عنصر غذایی به خاک، به همان اندازه غلظت آن عنصر غذایی در خاک افزایش می یابد.

$$270 - 230 = 40$$

میزان تفاوت از سطح بحرانی (میلی گرم بر کیلوگرم)

$$X = 3 (ZA) / C$$

$$X = [3(1/2 \times 40)100] / 50 = 288$$

$$X = 288$$

میزان سولفات پتاسیم مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)

اگر از کلرور پتاسیم استفاده می شد، میزان کلرور پتاسیم مورد نیاز برابر ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود.

فصل دوم: مبانی علمی برای انجام توصیه بهینه کودی ۷۵

$$X = [3(1/2 \times 40) 100] / 60 = 240$$

۴-۶-۲- توصیه کودی با استفاده از معادله میچرلیخ-بری: با استفاده از معادله میچرلیخ-بری، علاوه بر تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک که در پیش توضیح داده شد، می توان پس از تجزیه نمونه خاکی از یک مزرعه که در نظر است کشت خاصی با قابلیت تولید معین انجام گیرد، ضرایب C_1 و C_p را در هر منطقه مشخص و مقدار کود مورد نیاز را نیز محاسبه نمود. کاربردهای متعدد رابطه میچرلیخ-بری علاوه بر تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک، در مثال ذیل گنجانده شده است:

مثال: الف) تعیین ضریب C_1 : ضریب C_1 را در حالتی که عملکرد پتانسیل منطقه ای (حداکثر عملکرد) برای تولید گندم آبی ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و عملکرد نسبی ۴۸۰۰ کیلوگرم بر هکتار است، محاسبه نمایید (غلظت پتاسیم قابل استفاده خاک زیر کشت گندم آبی برابر ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم و وزن یک هکتار خاک را سه میلیون کیلوگرم در نظر بگیرید).

$$\text{Log } (A-Y) = \text{Log } A - C_1 b$$

پاسخ:

$$\text{Log } (6000 - 4800) = \text{Log } 6000 - C_1 (150 \times 1/2 \times 3)$$

$$3/0.79 = 3/778 - C_1 (150 \times 1/2 \times 3)$$

$$540 C_1 = 3/778 - 3/0.79$$

$$C_1 = 0/699 \div 540 = 0/0013$$

$$C_1 = 0/0013$$

ب) تعیین ضریب C_2 : اگر با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و کلرور پتاسیم (نصف - نصف)، عملکرد هکتاری مزرعه گندم به ۵۲۰۰ کیلوگرم افزایش یابد، ضریب C_p را تحت چنین شرایطی محاسبه نمایید.

$$\text{Log } (6000 - 5200) = \text{Log } 6000 - C_p b - C_1(x)$$

$$\text{Log } 800 = 3/778 - 0/702 - C_p (105)$$

$$2/903 = 3/778 - 0/702 - C_p (105)$$

$$C_p = 0/173 \div 105 = 0/0016$$

$$C_p = 0/0016$$

پ) عملکرد تقریبی مزرعه گندمی که غلظت پتاسیم قابل استفاده خاک آن ۱۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم و پتانسیل تولید هکتاری منطقه پنج تن بر هکتار باشد با عنایت به اطلاعات فوق، چقدر خواهد شد؟

$$\text{Log } (A-Y) = \text{Log } A - C_1 b$$

$$\text{Log } (5000 - Y) = \text{Log } 5000 - 0/0013 (130 \times 1/2 \times 3)$$

$$\text{Log } (5000 - Y) = 3/70 - 0/61$$

$$\text{Log } (5000 - Y) = 3/09$$

پس از اخذ آنتی لگاریتم، عملکرد مورد انتظار زارع از مزرعه بدست می آید

۷۶ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

$$5000 - Y = 1230$$

$$Y = 3770$$

عملکرد مورد انتظار زارع (کیلوگرم بر هکتار)

ت) تعیین عملکرد نسبی: اگر این زارع از مدیر آزمایشگاه بپرسد چنانچه ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بر هکتار مصرف نماید، با عنایت به اطلاعات فوق، عملکردش چند کیلوگرم بر هکتار اضافه خواهد گردید؟

$$\text{Log } (5000 - Y) = \text{Log } 5000 - 0.61 - 0.0016 (100)$$

$$\text{Log } (5000 - Y) = 3.70 - 0.61 - 0.16 = 2.93$$

$$(5000 - Y) = 851$$

پس از اخذ آنتی لگاریتم، عملکرد مورد انتظار زارع محاسبه می شود

$$Y = 4149$$

عملکرد مورد انتظار زارع (کیلوگرم بر هکتار)

$$4149 - 3770 = 379$$

عملکرد اضافی با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم

۵-۶-۲- توصیه کودی با استفاده از معادله های درجه دوم: یکی دیگر از روش های توصیه کودی، استفاده از معادله درجه دوم کودی است. بدین ترتیب که ابتدا براساس اطلاعات موجود، سطوح مختلف کود مصرفی مثلاً سولفات پتاسیم و اضافه عملکرد محصول تولیدی مثلاً سیب زمینی از مزرعه جمع آوری و سپس، به صورت جدول زیر تهیه می گردد.

مثال ۱- در صورتی که میانگین اضافه عملکرد سیب زمینی در مزرعه ای در اثر مصرف مقادیر متفاوت کود سولفات پتاسیم به شرح جدول هشت بوده و قیمت آزاد هر کیلوگرم سولفات پتاسیم ۲۰۰۰ تومان و قیمت هر کیلوگرم سیب زمینی ۱۰۰۰ تومان باشد، مقدار سولفات پتاسیم مورد نیاز برای به دست آوردن بیشترین تولید و حداکثر سود چقدر خواهد بود؟

جدول ۸- نقش مصرف سولفات پتاسیم در افزایش عملکرد هکتاری سیب زمینی

مقادیر سولفات پتاسیم (کیلوگرم بر هکتار)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
اضافه عملکرد هکتاری سیب زمینی (کیلوگرم بر هکتار)	۰	۲۲۵	۴۵۰	۶۰۰	۷۰۰	۶۵۰	۶۲۵

پاسخ ۱- ابتدا براساس اطلاعات جدول فوق، رابطه بین سطوح کود مصرفی (محور X) و اضافه عملکردها (محور Y)، منحنی عملکرد ترسیم، سپس با استفاده از معادله درجه دوم، مقدار کود مصرفی برای به دست آوردن بیشترین اضافه عملکرد، به شرح زیر محاسبه شود: این اطلاعات در ستون های A و B (سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم در محور X و اضافه عملکرد سیب زمینی در محور Y)، برنامه Excel Worksheet درج، سپس ارقام دو ستون highlight و با فعالسازی - scatter insert، نمودار در صفحه ظاهر می شود. سپس، روی نمودار درجه دوم راست کلیک نموده و با انتخاب گزینه add trendline، گزینه trendline option ظاهر و از بین چهارگزینه، دایره polynomial و از بین مربع های ظاهر شده معادله درجه دوم، interception صفر و نمایش ضریب همبستگی

معادله انتخاب و بدین ترتیب، نمودار، ترسیم و در حاشیه نمودار، معادله و ضریب همبستگی ظاهر می‌گردد. در نهایت، نقطه حداکثر هر منحنی (بیشترین اضافه عملکرد) با استفاده از معادله درجه دوم به دست می‌آید (شکل ۱۰). برای رسم خط هزینه نیز در همان صفحه اکسل که نمودار در آن ترسیم شده، جدولی همانند جدول نه تهیه می‌گردد. بدین ترتیب که براساس قیمت کود، هزینه خرید سولفات پتاسیم مصرفی محاسبه (ستون دوم) و سپس، براساس قیمت سیب‌زمینی، اضافه محصول معادل (ستون سوم) محاسبه می‌گردد. برای تعیین مقدار اضافه محصول معادل، این طور عمل می‌شود: ابتدا مقدار کود مصرفی برحسب کیلوگرم را در قیمت کود ضرب کرده و هزینه خرید کود محاسبه و سپس با تقسیم هزینه خرید کود بر قیمت فروش هر کیلوگرم محصول، مقدار اضافه محصول معادل محاسبه می‌شود (جدول ۱۲). سپس، با قراردادن مقادیر کود مصرفی در محور X و مقادیر اضافه محصول معادل در محور Y، خط هزینه بدست می‌آید (شکل ۱۱). با Copy کردن گراف خط هزینه و Paste نمودن آن بر روی گراف تولید حداکثر، یک منحنی واحد بدست می‌آید که نشان‌دهنده حداکثر تولید و مقدار کود مورد نیاز برای تولید اقتصادی است (شکل ۱۲).

$$Y = -0.013X^2 + 6.0179X - 16.667$$

$$R^2 = 0.99$$

$$Y = \text{حداکثر}$$

از طرفین مشتق می‌گیریم:

$$-2(0.013)X = -6.0179$$

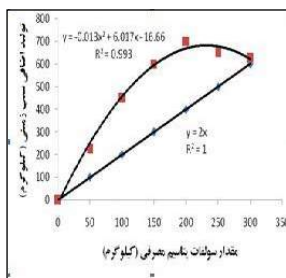
مقدار سولفات پتاسیم برای تولید حداکثر (کیلوگرم برهکتار)

$$X = 231$$

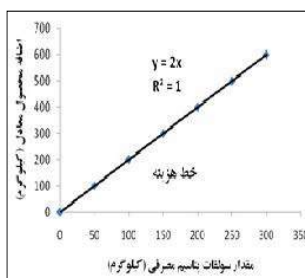
از ارقام این جدول چنین استنباط می‌شود هنگامی که کود ارزان است، تولیدکننده می‌تواند با فروش یک کیلوگرم سیب‌زمینی، پنج کیلوگرم سولفات پتاسیم تهیه نماید. لیکن وقتی کود گرانتر باشد، تولیدکننده با فروش یک کیلوگرم سیب‌زمینی فقط می‌تواند نیم کیلوگرم سولفات پتاسیم تهیه نماید.

جدول ۹- رابطه بین مقدار کود مصرفی و اضافه محصول معادل در سیب زمینی

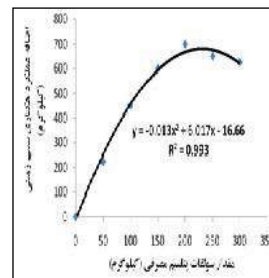
مقدار کود مصرفی (کیلوگرم) (۱)	هزینه خرید کود (هزار تومان) (۲)	اضافه محصول معادل (کیلوگرم) (۳)
۰	۰	۰
۵۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۰۰	۲۰۰	۲۰۰
۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰
۲۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۲۵۰	۵۰۰	۵۰۰
۳۰۰	۶۰۰	۶۰۰



شکل ۱۲- تعیین مقدار سولفات پتاسیم برای حداکثر تولید و سود در سیب زمینی



شکل ۱۱- رابطه بین مقدار کود مصرفی و خط هزینه در سیب زمینی



شکل ۱۰- رابطه بین مقدار کود مصرفی و افزایش عملکرد در سیب زمینی

بدیهی است قسمتی از منحنی که در بالای این خط (شکل ۱۲) واقع است، منطقه سود و پایین خط هزینه، منطقه زیان می باشد. بر روی منحنی، نقطه‌ای وجود دارد که فاصله عمودی بین منحنی تا خط هزینه، حداکثر بوده و بیان کننده مقدار کودی است که حداکثر سود اقتصادی را تولید کرده و به نام مقدار بهینه موسوم است. آشکار است که مقدار بهینه در خاک‌های فقیر بیشتر از خاک‌های غنی است. اگر قیمت کود نسبت به قیمت محصول کاهش یابد و یا اگر قیمت محصول افزایش یابد، شیب خط هزینه، کاهش می یابد و در این حالت مقدار بهینه افزایش یافته و حتی در خاک‌های غنی نیز، مصرف کود اقتصادی خواهد بود؛ ولی در صورت حذف یارانه، شرایط متفاوت خواهد بود. برای محاسبه مقدار بهینه کود در این مثال‌ها براساس معادله درجه دوم مطابق روابط مندرج در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲، معادله خطی به دست خواهد آمد. برای تعیین مقدار سولفات پتاسیم مصرفی (تولید اقتصادی) حداکثر سود جایی خواهد بود که تفاوت این دو معادله $(Y_p = Y_1 - Y_c)$ با مشتق گیری برابر صفر گردد. بنابراین، محاسبات به شرح زیر خواهد بود:

$$Y_1 = -0.013 X^2 + 5.017 X - 16.66$$

$$Y_c = 2X$$

$$Y_p = Y_1 - Y_c$$

$$Y_p = [-0.013 X^2 + 5.017 X - 16.66] - 2X$$

$$Y_p = -0.013 X^2 + 3.017 X - 16.66$$

$$0 = 2(-0.013 X) + 3.017$$

برای محاسبه تولید اقتصادی، از طرفین مشتق می گیریم:

$$0.026X = 3.017$$

$$X = 154$$

مقدار سولفات پتاسیم برای کسب حداکثر سود (کیلوگرم بر هکتار)

به طوری که در این مثال، در حالی که مقدار سولفات پتاسیم مصرفی برای حداکثر تولید برابر ۲۳۱ کیلوگرم بر هکتار شده، لیکن برای تولید اقتصادی با عنایت به قیمت کود و قیمت محصول برابر ۱۵۴ کیلوگرم بر هکتار برآورد گردید.

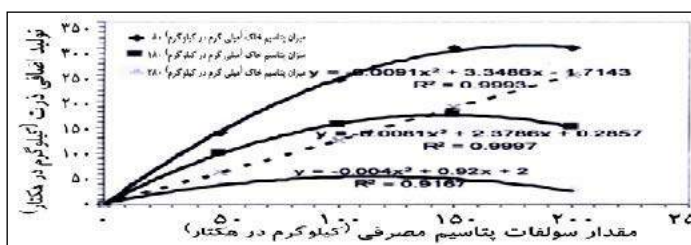
مثال ۲- در صورتی که میانگین اضافه عملکرد ذرت در سطوح متفاوت پتاسیم قابل جذب خاک (کم،

متوسط و زیاد) و مقادیر متفاوت کود سولفات پتاسیم به شرح زیر باشد، میزان توصیه کودی در هر یک از سطوح پتاسیم خاک برای به دست آوردن بیشترین عملکردها را مطابق جدول ۱۰ و شکل ۱۳ محاسبه نمایید. در صورتی که در مثال قبلی، قیمت هر کیلوگرم سولفات پتاسیم یارانه‌ای ۸۰۰ تومان و قیمت هر کیلوگرم ذرت دانه‌ای ۱۲۰۰ تومان باشد، اقتصادی‌ترین توصیه کود (حداکثر سود) برای هر یک از سطوح پتاسیم قابل جذب خاک (کم، متوسط و زیاد) چقدر خواهد بود؟

پاسخ ۲- ابتدا بایستی براساس اطلاعات جدول فوق و رابطه بین سطوح کود مصرفی (محور X) و اضافه عملکردها (محور Y)، منحنی‌های عملکرد را ترسیم و سپس نقطه حداکثر هر منحنی را، با استفاده از معادله‌های درجه دوم، برای هر یک از سطوح پتاسیم قابل جذب خاک، محاسبه کرد. مقدار کود مصرفی برای به دست آوردن بیشترین اضافه عملکرد، به شرح زیر محاسبه شود:

جدول ۱۰- رابطه بین مقدار کود مصرفی و اضافه عملکرد در ذرت دانه‌ای

مقادیر سولفات پتاسیم (کیلوگرم بر هکتار)					پتاسیم قابل جذب خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	
۰	۱۴۰	۲۴۰	۳۰۰	۳۰۰	۸۰ (کم)
۰	۱۰۰	۱۵۵	۱۷۵	۱۵۰	۱۸۰ (متوسط)
۰	۴۰	۶۰	۴۰	۳۰	۳۸۰ (زیاد)



شکل ۱۳- رابطه بین سولفات پتاسیم مصرفی و افزایش عملکرد ذرت دانه‌ای

الف) پتاسیم قابل جذب کم: $K=80 \text{ mg/kg}$

رابطه بین اضافه عملکرد و کود مصرفی در سطح پایین پتاسیم

$$Y_1 = -0.0091X^2 + 3.3486X - 1.7143$$

$$Y_2 = 1.25X$$

$$Y_3 = Y_1 - Y_2$$

$$Y_3 = [-0.0091X^2 + 3.3486X - 1.7143] - 1.25X$$

$$X = 115$$

سولفات پتاسیم (کیلوگرم بر هکتار)

ب) پتاسیم قابل جذب متوسط: $K=180 \text{ mg/kg}$

۸۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

$$Y_1 = -0.0081X^2 + 2/3786X + 0/2857$$

$$Y_p = 1/25X$$

$$Y_r = Y_1 - Y_p$$

$$Y_r = [(-0.0081)X^2 + 2/3786X + 0/2857]$$

$$- 1/25X$$

$$X = 70$$

سولفات پتاسیم (کیلوگرم بر هکتار)

پ) پتاسیم قابل جذب زیاد: $K=380 \text{ mg/kg}$

$$Y_1 = -0.004X^2 + 0/92X + 2$$

$$Y_p = 1/25X$$

$$Y_r = Y_1 - Y_p$$

$$Y_r = [-0.004X^2 + 0/92X + 2] - 1/25X$$

$$Y_r = -0.004X^2 - 0/33X + 2$$

$$-2(0.004X) - 0/33 = 0$$

$$-0.008X - 0/33 = 0$$

از طرفین مشتق می گیریم:

عدد منفی است

به طوری که ملاحظه می شود در سطح پتاسیم قابل جذب زیاد، به رغم آنکه با مصرف کود عملکرد افزایش پیدا می کند، ولی برای تولید اقتصادی عدد منفی به دست آمد و بیانگر آن است که در این شرایط، کود پتاسیمی مورد نیاز نمی باشد.

• **مقایسه کاربردی روش های مختلف توصیه کودی:** در مثال زیر، روش های مختلف توصیه کودی با یکدیگر مقایسه شده است.

مثال کاربردی - سطح بحرانی فسفر برای تولید ذرت، ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم، میزان فسفر خاکی که قرار است در آن ذرت کاشته شود، برابر ۸ میلی گرم بر کیلوگرم براساس روش اولسن و درصد رس ۲۵ گزارش شده است. مقدار سوپرفسفات تریپل مورد نیاز برای تولید ۱۰ تن بر هکتار دانه ذرت با استفاده از روش های پنج گانه فوق را محاسبه نمایید. وزن یک هکتار خاک زراعی سه میلیون کیلوگرم بر هکتار، عملکرد مطلوب دانه ذرت در منطقه فارس ۱۲ تن بر هکتار، ضرایب C_1 و C_p به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۱۵ و معادله درجه دوم از رابطه زیر تبعیت و مقدار افزایش تولید ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار بود.

$$Y_1 = 0.0091X^2 + 3/3486X - 1/7143$$

پاسخ مثال کاربردی:

الف) با استفاده از روش توصیه کودی بر مبنای میزان برداشت عناصر غذایی از خاک: چون ذرت نیاز نسبتاً بالایی به فسفر دارد (به ازای برداشت هر تن ذرت ۳/۳ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) برداشت

فصل دوم: مبانی علمی برای انجام توصیه بهینه کودی ۸۱

می‌شود) و از طرف دیگر، با توجه به آهکی بودن خاک‌های زیر کشت که قدرت تثبیت‌کنندگی فسفر بالایی دارند، بنابراین خواهیم داشت:

$$33 \times 10 = 330 \text{ کیلوگرم}$$

$$33 \times \frac{100}{46} = 72$$

مقدار سوپرفسفات تریپل مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)

ب) با استفاده از روش توصیه کودی بر مبنای تجربیات و روابط تجربی حاصل از انجام آزمایش‌های منطقه‌ای: با توجه به نتایج آزمایش‌های شش ساله در استان فارس برای تولید مطلوب ذرت تحت چنین شرایطی مصرف حداکثر ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل (قبل از کاشت) توصیه می‌شود. اگر از دستگاه کودکار- بذارکار استفاده شود، می‌توان تا حد ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار نیز مقدار آن را کاهش داد.

$$X = 100$$

مقدار سوپرفسفات تریپل مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)

پ) با استفاده از روش توصیه کودی بر مبنای معادله میچرلیخ-بری:

$$\log (12000 - 10000) = \log 12000 - 0.012 (8 \times 2/29 \times 3) - (0.0015 \times X)$$

$$3/301 = 4/079 - 0/66 - 0/0015X$$

$$0/0015X = 0/118$$

$$X = 79$$

مقدار سوپرفسفات تریپل مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)

ت) توصیه کودی بر مبنای معادله درجه دوم:

$$Y_y = -0/0091X^2 + 3/3486X - 1/7143$$

اگر مشتق بگیریم:

$$-2 (0/0091X) + 3/3486 = 0$$

$$X = 184$$

مقدار سوپرفسفات تریپل مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)

این مقدار کود به ازای حداکثر عملکرد بدون در نظر گرفتن ارزش اقتصادی کود است و اگر معادله هزینه به ازای نهاده کود به صورت روبرو باشد، بنابراین خواهیم داشت:

$$Y_c = 1/25X$$

$$Y = Y_y - Y_c$$

$$Y = (-0/0091X^2 + 3/3486X - 1/7143) - 1/25X$$

آنگاه

$$-2(0/0091X) + 3/0986 = 0$$

اگر مشتق بگیریم

$$X = 115$$

مقدار سوپرفسفات تریپل قابل توصیه با در نظر گرفتن تولید اقتصادی (کیلوگرم بر هکتار)

ث) توصیه کودی بر مبنای میزان تفاوت از سطح بحرانی:

$$15 - 8 = 7$$

میزان تفاوت تریپل قابل توصیه (کیلوگرم بر هکتار)

$$X = 3 (ZA)/C$$

$$X = 3 (2/29 \times 7 \times 100) / 46$$

$$X = 105$$

مقدار سوپرفسفات تریپل مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)

با عنایت به پاسخ‌های حاصله از پنج روش توصیه کودی، چنین استنباط می‌گردد که روش‌های میچرلیخ-بری و معادله درجه دوم، به اطلاعات علمی بیشتری نیاز دارند. لیکن، اگر فرد توصیه‌کننده

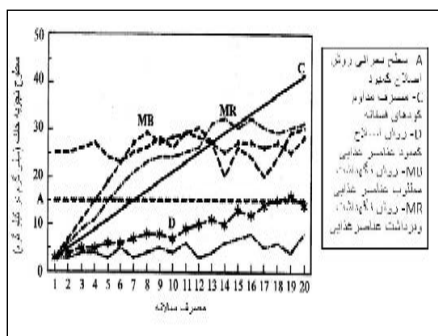
کود، دانش و تجربه کافی داشته باشد، تحت چنین شرایطی، روش میزان برداشت عناصر غذایی از خاک، مناسب‌ترین روش توصیه‌ی کودی بوده، در غیراین صورت، روش میزان تفاوت از سطح بحرانی، بهترین، اقتصادی‌ترین و دوستدارترین روش برای انجام روش توصیه کودی می‌باشد. به شرط آن که به ازاء افزایش هر میلی گرم از یک عنصر غذایی به خاک، غلظت همان عنصر بیش از دو میلی گرم محاسبه نشده باشد و یا به عبارت دیگر معادل کودی فسفر بیش از دو برابر محاسبه نشده باشد.

۶-۶-۲- توصیه کودی با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای: استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای هوشمند در مدیریت تغذیه‌ای می‌تواند این امکان را برای کشاورزان و مروجان فراهم نماید تا به‌طور پیوسته و هم‌زمان از تخصص‌های مختلف بهره گیرند. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این روش به کتاب "روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار" که توسط دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۸۷ انتشار یافته است، مراجعه شود.

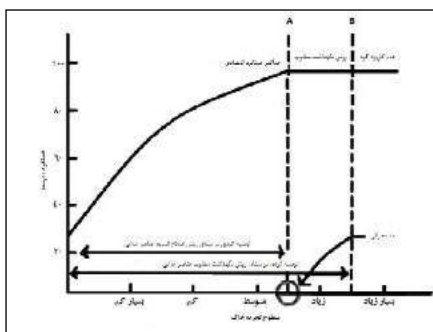
۷-۶-۲- روش‌های توصیه کودی در آمریکا: هدف از انجام تجزیه خاک، ارائه یک مبنای منطقی برای توصیه صحیح کودی می‌باشد. عدم تغذیه بهینه گیاهان منجر به کاهش عملکرد، ضررهای اقتصادی و آلودگی محیط زیست می‌شود. توصیه کودی برای یک محصول خاص اغلب بسیار متفاوت بوده و بستگی به تجربه کارشناسان دارد. به همین دلیل، توصیه‌های کودی حتی زمانی که از یک روش خاص برای تفسیر نتایج تجزیه خاک استفاده می‌شود، متفاوت خواهد بود. در آمریکا از دهه ۱۹۶۰، مبنای توصیه کودی، تجزیه خاک می‌باشد. از زمانی که کودها به‌عنوان محرک رشد و افزایش دهنده عملکرد شناخته شدند، مصرف آن‌ها بر مبنای تجزیه خاک شکل گرفت. با گران‌تر شدن قیمت کودها کاربرد صحیح کودها با انجام توصیه کودی دقیق با استفاده از نتایج تجزیه خاک بین صاحبان آزمایشگاه‌های خصوصی و دانشگاه‌ها رقابت پیش آمد. بنابراین، توصیه‌های کودی انجام شده در دانشگاه‌ها به دلیل سابقه علمی و تحقیقاتی، از کیفیت مطلوب‌تری نسبت به توصیه‌های کودی آزمایشگاه‌های خصوصی برخوردار بود.

گروه ترویج دانشگاه نبراسکا در آمریکا (۱۹۹۹) طی پژوهشی ۱۰ ساله، چهار روش را برای انجام توصیه کودی مورد مطالعه قرار دادند. این روش‌ها شامل: **الف)** مصرف مداوم (سالانه) کودهای فسفاتی، **ب)** اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک، **پ)** نگه‌داشت مطلوب عناصر غذایی و **ت)** میزان برداشت عناصر غذایی از مزرعه توسط محصول بود. آن‌ها همچنین، اثرات تجمعی کودهای فسفاتی را مطالعه و دریافتند که در روش کوددهی بر مبنای روش اصلاح کمبود مواد غذایی، کود به مقدار مورد نیاز مصرف و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در روش‌های توصیه کودی بر مبنای روش نگه‌داشت عناصر غذایی و یا مصرف مداوم کودهای فسفاتی، با مصرف بیشتر کود، عملکرد افزایش نیافته یا مقدار افزایش آن ناچیز بوده و مقدار کود بیشتری مصرف گردید. پس از ده سال جمع‌آوری آمار و هزینه‌های خرید کود و فروش ذرت در پنج منطقه، چنین جمع‌بندی نمودند که کوددهی براساس روش اصلاح کمبود عناصر غذایی در مقایسه با

کوددهی در سه روش دیگر، به رغم آنکه میانگین عملکرد ذرت با یکدیگر اختلافی معنی‌دار نداشت، لیکن هزینه‌های تهیه و مصرف کودها در روش اصلاح کمبود عناصر غذایی تقریباً نصف هزینه‌های کوددهی در مقایسه با سه روش دیگر بود. رابطه بین نتایج تجزیه خاک، عملکرد و روش‌های توصیه کودی در شکل ۱۴ نشان داده شده است (دانشگاه نبراسکا، ۱۹۹۹).



شکل ۱۵- افزایش مقدار فسفر قابل استفاده خاک در روش‌های متفاوت توصیه کودی در مزارع ذرت (دانشگاه نبراسکا، ۱۹۹۹)



شکل ۱۴- رابطه بین سطوح تجزیه خاک، عملکرد و توصیه کودی بر مبنای روش‌های توصیه کودی (Hergert و همکاران، ۱۹۹۷)

در این روش توصیه کودی برای نیل به حداکثر عملکرد اقتصادی (مقدار کود مصرفی تا جایی است که به نقطه A برسد) است. بنابراین، مصرف کود در این روش، سبب افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک می‌شود. این نقطه را حداکثر عملکرد اقتصادی می‌نامند که بیشترین بهره‌برداری را در پی دارد. اگر زارع کمتر از این مقدار کود مصرف نماید، به رغم آن که در هزینه کود صرفه جویی کرده، اما ارزش محصولی که از دست داده به مراتب بیشتر از آن خواهد بود. در مقابل اگر زارع کود بیشتری مصرف نماید، ممکن است به عملکرد بیشتری دست یابد، ولی سود کمتری خواهد داشت:

مقدار کود در واحد سطح $\times$ قیمت کود $>$ قیمت ذرت $\times$ افزایش عملکرد

در روش‌های نگهداشت مطلوب عناصر غذایی (تامین و حفظ) و میزان برداشت عناصر غذایی توسط محصول، مقدار کود مصرفی بیشتر بوده و به مسائل زیست محیطی نیز چندان و به توانمندی خاک برای تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه توجه نمی‌شود. یکی دیگر از معایب روش فوق، تجمع بیش از نیاز یک عنصر غذایی مثلاً فسفر در خاک می‌باشد که علاوه بر ضرر اقتصادی، تشدید کمبود روی را نیز باعث خواهد گردید.

اثرات متفاوت تجمع مصرف کودهای فوسفاتی بر اساس چهار روش (مصرف سالانه کود بدون توجه به نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک، نگهداشت مطلوب عناصر غذایی و میزان برداشت عناصر غذایی از مزرعه توسط محصول)، در طولانی مدت در

شکل ۱۵ نشان داده شده است. در این نمودار، خط افقی (A) نشان دهنده سطح بحرانی است که در آن احتمال افزایش عملکرد حدود ۹۵ درصد است؛ C مصرف مداوم (سالانه) کودهای فسفاتی؛ D روش اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک؛ MB روش نگهداشت مطلوب عناصر غذایی در خاک؛ MR روش برداشت عناصر غذایی از خاک توسط محصول می‌باشد. به همین دلیل، دانشگاه نبراسکا روش اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک را با در نظر گرفتن سطح بحرانی فسفر قابل استفاده در خاک‌های زیرکشت ذرت، ملاک توصیه کودی قرار داده است. به طور کلی، انجام تجزیه خاک بر اساس تهیه یک نمونه خاک خوب (یک نمونه خاک مرکبی که از هر هکتار خاک زراعی تهیه می‌شود، معرف حدود سه تا چهار هزار تن خاک زراعی است. بنابراین، لازم است دقت کافی در تهیه نمونه خاک به عمل آید). برای تحقق یک توصیه کودی مناسب، الزامی است. این توصیه کودی برای سه الی چهار سال کافی بوده و پس از این مدت، باید دوباره تجزیه خاک انجام شود. هدف نهایی، داشتن خاکی با سطح حاصلخیزی بالاست که در درازمدت، موجب افزایش کمی-کیفی محصول شود.

۷-۲- جمع‌بندی

از مجموع یافته‌های پژوهشی و مطالب ارائه شده در این فصل، پیشنهادهای زیر در راستای تولید محصولات کشاورزی سالم و افزایش درآمد کشاورزان، ارائه می‌گردد:

۱- در این فصل، روش‌های مختلف توصیه کودی مطرح شد. همچنین، تعیین میزان کود مورد نیاز گیاهان و روش‌های توصیه کودی براساس میزان تفاوت از سطح بحرانی، تجربیات حاصل از انجام آزمایش‌های منطقه‌ای، میزان برداشت عناصر غذایی از خاک، استفاده از معادله‌های میچرلیخ-بری و درجه دوم، مورد مطالعه قرار گرفت و مزایا و معایب هر کدام با ذکر مثال‌های کاربردی تشریح شد.

۲- تغذیه بهینه گیاهی، عمدتاً با مصرف بهینه کودها مخصوصاً کودهای زیستی و آلی در مزرعه تحقق می‌یابد. در صورت رعایت نکات فنی در مصرف کودها، از هدررفت عناصر مغذی خاک جلوگیری شده و به ایجاد توازن مورد نیاز بین عناصر مزبور در خاک منجر می‌شود. با تغذیه بهینه گیاهان، می‌توان بسیاری از ترکیبات و عناصری را که هم‌اکنون به صورت انواع قرص‌ها و مکمل‌های غذایی مصرف می‌شوند، از طریق غنی‌سازی در مزرعه، غلظت عناصر مغذی در محصولات غذایی را افزایش و کیفیت تولیدات کشاورزی را بهبود بخشید.

۳- توصیه کودی صحیح، یکی از ابزارهای مهم برای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی می‌باشد. مناسب‌ترین روش توصیه کودی در گیاهان زراعی و دارویی، استفاده از نتایج تجزیه خاک است. لیکن، در درختان میوه و درختان و گل‌های زینتی، عمدتاً بر مبنای نتایج تجزیه برگ و با در نظر گرفتن خصوصیات خاک‌های زیرکشت، کیفیت و روش آب آبیاری، انجام می‌شود. تفسیر نتایج تجزیه خاک برای انجام توصیه بهینه کودی با

استفاده از روش تعیین سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک و تفسیر نتایج تجزیه برگ برای انجام توصیه بهینه کودی با استفاده از غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ، مناسب ترین و اقتصادی ترین روش ها می باشند. بنابراین، استفاده از انواع کودها براساس نتایج تجزیه خاک در مزارع و نتایج تجزیه برگ در باغ های میوه، کارآیی بهتری داشته و لازم است توصیه کودی برای محصولات زراعی، دارویی و باغی به طور عمده بر مبنای همین روش ها استوار باشد.

۴- دامنه حد بحرانی یک عنصر غذایی در خاک، شاخصی است که در کمتر از آن دامنه، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید- مثبت و اقتصادی است. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک بیشتر از دامنه سطح بحرانی باشد، پاسخ گیاه به مراتب نسبت به مصرف کود همان عنصر غذایی، کمتر، غیراقتصادی و ناسازگار با زیست بوم خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند.

۵- اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک از دامنه سطح بحرانی کمی هم بیشتر باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای بهبود درجه حاصلخیزی خاک و نیل به عملکرد هکتاری مطلوب (تولید پایدار)، باید به میزانی که محصول از خاک هر عنصر غذایی را برداشت می نماید، کود مربوط به آن عنصر غذایی با توجه به پتانسیل خاک برای آزادسازی عنصر غذایی در طول دوره رشد گیاه، بطور متعادل مصرف گردد. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عنصر غذایی کمتر از دامنه سطح بحرانی در خاک باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود.

۶- در دانشگاه نبراسکای آمریکا، پس از ده سال جمع آوری آمار عملکرد ذرت و هزینه های خرید کود و درآمد ناشی از فروش ذرت در پنج منطقه، چنین جمع بندی نمودند که کوددهی براساس روش اصلاح کمبود عناصر غذایی (مقدار سطح بحرانی)، در مقایسه با سایر روش های کوددهی، به رغم آن که میانگین عملکرد ذرت طی ده سال در هر پنج منطقه تقریباً مشابه هم بوده و با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند، لیکن هزینه های تهیه و مصرف کودها در روش توصیه کودی بر مبنای مقدار سطح بحرانی تقریباً نصف هزینه های سایر روش های کوددهی بود.

۷- با عنایت به روش های توصیه کودی، چنین استنباط می گردد که روش های میچرلیخ-بری و معادله دوم، علاوه بر نیاز به اطلاعات علمی بیشتر، مقدار کود بیشتری را برای تولید حداکثر محصول، توصیه می نمایند. لیکن، اگر فرد توصیه کننده کود، دانش و تجربه کافی داشته باشد، روش میزان برداشت عناصر غذایی از خاک، مناسب ترین بوده، در غیراین صورت، میزان تفاوت از سطح بحرانی، بهترین، اقتصادی ترین و دوستدارترین روش برای انجام روش توصیه بهینه کودی خواهد بود.

۸- دامنه غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ، محدوده ای از غلظت بحرانی است که در کمتر از آن دامنه، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید، مثبت و اقتصادی باشد. لیکن، اگر غلظت یک

عنصر غذایی در برگ بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، پاسخ گیاه نسبت به مصرف کود همان عنصر، به مراتب کمتر خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده‌های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند.

۹- اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ، کمی بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای نیل به تولید پایدار و عملکرد هکتاری مطلوب، باید به میزانی که درختان میوه از خاک مواد غذایی مختلف را برداشت می‌نمایند، با توجه به پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی در طول دوره رشد، کود مربوط به آن عنصر غذایی بطور متعادل مصرف گردد. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عناصر کمتر از دامنه غلظت بحرانی در برگ‌های گیاه باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود.

۱۰- بهتر است سطح بحرانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک‌های زراعی به ترتیب درصد کربن آلی بیش از ۱/۵۰ درصد، میزان فسفر ۱۰، پتاسیم ۲۵۰، گوگرد ۱۵، منیزیم ۵۰۰، آهن ۱۰/۰۰، منگنز ۷/۰۰، روی ۲/۰۰، مس ۱/۰۰ و بور ۱/۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و غلظت بحرانی عناصر غذایی در برگ‌های سیب به ترتیب نیتروژن ۲/۲۵، فسفر ۰/۱۲، پتاسیم ۱/۹۰، کلسیم ۱/۸۰، گوگرد ۰/۴۰، منیزیم ۰/۳۰ درصد و آهن ۱۰۰، منگنز ۷۰، روی ۵۰، مس ۱۵ و بور ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد. منتها برای تولید محصولات باغی با کیفیت برتر، بهتر است از سطح کفایت و یا سطح مطلوب عناصر غذایی استفاده شود. غلظت عناصر غذایی در سطح کفایت (سطح مطلوب) حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر از غلظت بحرانی در برگ‌ها است.

۱۱- در شرایط فعلی که توزیع کود در سطح کشور، بر مبنای نتایج تجزیه خاک و برگ انجام نمی‌شود، فرهنگ‌سازی برای تولید و مصرف کودهای اختصاصی محصولات کشاورزی استراتژیک الزامی است. بدیهی است با بومی‌سازی روش‌های توصیه کودی برای ایران و گردآوری اطلاعات خاک‌های مختلف کشور می‌توان افزون بر تهیه نقشه منابع و استعدادهای خاک‌های ایران در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ که کمک شایانی به توصیه کودی مطلوب برای نقاط مختلف ایران می‌کند، به طراحی مدل‌های مختلف توصیه کودی براساس اطلاعات زمین شناختی، اقلیمی و حاصلخیزی خاک برای هر منطقه اقدام نمود. در این رابطه اخیراً موسسه تحقیقات خاک و آب پورتال استاندارد خاک‌های ایران را به نشانی www.soilstandards.ir راه‌اندازی نموده که برای شروع، اقدامی ارزنده به شمار می‌آید.

۱۲- با رعایت سیاست‌های توسعه پایدار در بخش کشاورزی و همگانی نمودن مصرف بهینه کود در سطح مزارع، باغ‌ها و گلخانه‌های کشور، زمینه افزایش عملکرد هکتاری، تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم، بهبود تغذیه و به تبع آن، ارتقای سلامتی مردم شریف ایران، با همکاری سایر نهادهای ذی‌مدخل به‌ویژه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، بروز و شیوع بیماری‌های ناشی از کمبود عناصر غذایی به‌ویژه روی (Zn) به شدت کنترل، عملکرد هکتاری دست‌کم ۲۵ درصد افزایش، کیفیت فرآورده‌های کشاورزی بهبود و سلامت جامعه نیز ارتقاء و مفاد مثل معروف را که می‌گوید سلامتی از مزرعه می‌آید و نه از داروخانه، در جامعه ما تحقق خواهد یافت.

”سلامتی از مزرعه می آید“

فصل سوم

بررسی نقش عناصر غذایی،
انواع، زمان و روش مصرف کودها



۱-۳- نگاه اجمالی

یکی از راه‌های افزایش عملکرد هکتاری در واحد سطح، بررسی وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک و تعیین کمبود احتمالی این عناصر و سپس کاربرد مناسب و متعادل کودها می‌باشد. مقدار کود مورد نیاز برای تولید پایدار و مطلوب به عوامل متعددی از قبیل شرایط جوی، عملکرد مورد انتظار، خصوصیات خاک زیرکشت، رقم و غیره بستگی دارد. مناسب‌ترین روش برای توصیه کودی (تعیین نوع، مقدار، زمان و نحوه مصرف کودها) در گیاهان زراعی، تجزیه خاک و آب‌آبیاری و در درختان میوه، تجزیه برگ، آب و خاک می‌باشد. در راستای نیل به تولید پایدار (حفظ بهینه منابع پایه خاک و محیط زیست)، مقدار کودهای مصرفی به میزان برداشت عناصر غذایی از خاک و عملکرد (کمی و کیفی) بستگی دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). واضح است که نیاز غذایی از محصولی به محصول دیگر فرق می‌کند. مثلاً در سیب‌زمینی و چغندر قند نیاز به نیتروژن کم، ولی نیاز به پتاسیم بالاست. در دانه‌های روغنی نیاز به پتاسیم، گوگرد و منیزیم بیشتر و در حبوبات به جای مصرف کودهای نیتروژنی، باید به باکتری‌های ریزوبیوم زمان کافی داده شود تا نیاز نیتروژنی گیاه را خود تأمین نمایند. از سوی دیگر در برخی از محصولات نظیر گوجه‌فرنگی، هندوانه و توت‌فرنگی، محلول‌پاشی مکرر با ترکیبات کلسیمی در زمان رشد میوه مورد نیاز است. توصیه کودی براساس تجزیه خاک، علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت، یکی از مؤثرترین روش‌ها در حفظ سطح حاصلخیزی خاک است. چون مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی باعث اخلاص در فرآیندهای سوخت و ساز گیاهان می‌گردد. بنابراین، لازم است در توصیه بهینه کودی به مصرف فسفر، پتاسیم، گوگرد، منیزیم و عناصر ریزمغذی بر مبنای تجزیه خاک توجه شود. در صورتی که میزان فسفر، پتاسیم، گوگرد، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور قابل استفاده خاک به‌ترتیب بیشتر از ۱۲، ۳۰۰، ۲۰، ۵۰۰، ۱۰، ۷، ۲، ۱ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک باشد، میزان کودهای مصرفی کمتر و در حد میزان برداشت عناصر غذایی از خاک خواهد بود. در اینجا قبل از انجام توصیه بهینه کودی، کلیاتی در مورد وضعیت غلظت عناصر غذایی، شکل جذب، تحرک، نقش عناصر غذایی در کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، مقدار، زمان و روش مصرف کودهای آلی، زیستی و شیمیایی درج می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴؛ درودی و همکاران، ۱۳۷۹؛ تدین و همکاران، ۱۳۸۴؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

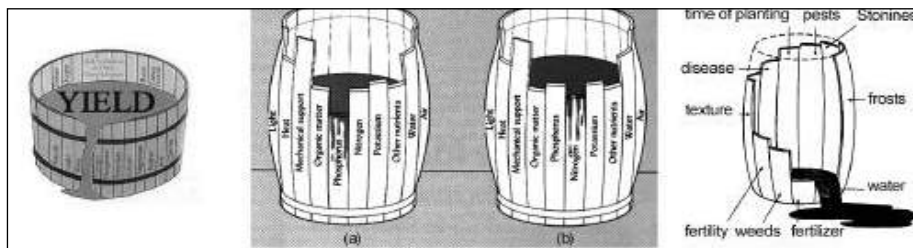
۲-۳- بررسی نقش عناصر غذایی در رشد گیاهان

با دانش امروزی، حداقل ۱۶ عنصر غذایی برای رشد گیاهان شناخته شده است. کربن، اکسیژن و هیدروژن که از طریق هوا و آب تأمین می‌شود، ۹۴ الی ۹۹/۵ درصد گیاهان را تشکیل و بقیه عناصر غذایی اعم از پرمصرف (نیترژن، پتاسیم، گوگرد، فسفر، کلسیم و منیزیم) و کم‌مصرف یا ریزمغذی (روی، آهن، منگنز، بور، مس و مولیبدن) فقط ۰/۵۰ الی شش درصد باقی‌مانده گیاه را تشکیل می‌دهند. لازمه قابل استفاده بودن این ۱۳ عنصر غذایی، حضور فعال آن‌ها در محلول خاک به مقدار کافی (مطلوب) می‌باشد. غلظت عناصر غذایی در محلول خاک می‌تواند بسیار کم (در حد کمبود)، غیر کافی، کافی (مطلوب)، و زیاد در حد مسمومیت باشد (Mc Kenzie, ۱۹۹۸). در جدول شماره یک تفسیر نتایج تجزیه برگی در گندم در زمان قبل از پرشدن دانه‌ها براساس قابل استفاده بودن این عناصر غذایی در محلول خاک گنجانده شده است. از طرف دیگر، به‌طور کلی نیاز غذایی محصولات کشاورزی به عناصر غذایی متنوع بوده و گیاهان با کم و بیش تغییراتی به بیش از ۱۶ عنصر غذایی نیاز دارند. ولی با عنایت به پتانسیل غذا دهی خاک‌های زراعی کشور، کمبود این عناصر به نسبتی که مورد نیاز گیاه می‌باشد، در اختیار آن گذاشته می‌شود. درجه اثربخشی عناصر غذایی در عملکرد متفاوت بوده و با توجه به نقش هر یک از این عناصر غذایی، عملکرد را مشابه «قانون بشکه» تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، عملکرد هکتاری هر گیاه تابع غلظت آن عنصر غذایی است که مقدار آن در حداقل باشد (شکل ۱).

جدول ۱- گروه‌بندی غلظت عناصر غذایی موجود در اندام هوایی غلات (Mc Kenzie, ۱۹۹۸)

عناصر غذایی	کم	کافی	زیاد
نیترژن	۱/۲۵	۲/۳۵	< ۳/۰۰
فسفر	۰/۱۵	۰/۳۵	< ۰/۵۰
پتاسیم	۱/۰۰	۲/۲۵	< ۳/۰۰
کلسیم	۰/۱۰	۰/۶۰	< ۱/۰۰
منیزیم	۰/۱۰	۰/۳۵	< ۰/۵۰
گوگرد	۰/۱۰	۰/۲۵	< ۰/۴۰
ریزمغذی	کم	کافی	زیاد
آهن	۱۵	۱۰۰	< ۲۵۰
روی	۱۰	۴۰	< ۷۰
منگنز	۱۰	۶۰	< ۱۰۰
بور	۳	۱۵	< ۵۰
مس	۵	۱۰	< ۲۰
مولیبدن	۰/۰۱	۲	< ۵

عناصر غذایی ضروری وظایف مهمی را در گیاهان به عهده دارند که عبارتند از نقش فیزیولوژیکی عنصر در گیاهان، نقش عنصر به عنوان فعال‌کننده یک آنزیم یا تنظیم‌کننده میزان یک آنزیم، نقش عنصر به عنوان ساختمان تشکیل دهنده یک متابولیت، کمپلکس یا اجتماع ماکرو ملکولی ضروری. عناصر غذایی علاوه بر نقش اختصاصی، ممکن است در رشد گیاهان نقش غیراختصاصی نیز داشته باشند؛ برای مثال، بسیاری از یون‌های غذایی در گیاهان برای تولید قابلیت اسمزی و حفظ محیط خنثی الکتریکی اهمیت دارند. کمبود یک عنصر غذایی مربوط به نقص در



شکل ۱- افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی مشابه بشکله‌ای است که سطح آب ذخیره شده در درون بشکه از قانون حد اقل لیبیک تبعیت می‌نماید (Black, ۱۹۹۳)

وظیفه خاصی از عنصر در گیاه است که نسبت به دیگر نقش‌های عنصر حساسیت بیشتری به آن دارد؛ برای مثال اختلال در سوخت و ساز اکسین (هورمون رشد) در گیاهان در اثر کمبود روی، منجر به علائم اختصاصی تغییر شکل برگ و کوتاه شدن میان‌گره‌ها خواهد شد. اشتباه وقتی به وجود می‌آید که چند عنصر، یک وظیفه را در تشکیل یک جزء کلیدی در مراحل فیزیولوژیکی گیاه انجام دهند. به عنوان مثال دو عنصر نیتروژن و منیزیم، جزء تشکیل‌دهنده کلروفیل هستند؛ همچنین کمبود گوگرد، آهن و منگنز به کاهش میزان کلروفیل در گیاه منجر می‌شود. مسأله دیگری که وجود دارد این است که یک عنصر غذایی در جذب و سوخت و ساز سایر عناصر غذایی دخالت دارد. به عنوان مثال کمبود مولیبدن در گندم منجر به تجمع نیترات خواهد شد که این مسأله ناشی از کاهش آنزیم احیاکننده نیترات در گیاه (نیترات رداکتاز) است که در اثر کمبود مولیبدن به وجود می‌آید (Marschner, ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

در صورتی که غلظت هر عنصر غذایی در گیاه پایین‌تر از حد بهینه آن برای متابولیسم سلولی باشد، کمبود اولیه این عنصر غذایی معمولاً در گیاه به صورت پنهان بوده و نشانه‌های ظاهری آن با چشم قابل تشخیص نمی‌باشد. لیکن در نهایت، آثار آن در کاهش عملکرد نمایان می‌شود. متأسفانه در باغ‌ها و مزارع عموم تولیدکنندگان، این امر مهم نادیده گرفته می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی، همین کمبود پنهان عناصر غذایی در گیاه می‌باشد که با تشدید کمبود، فعل و انفعالات زیستی در گیاه بسیار کندتر و ناکارآمدتر انجام می‌گیرد. بنابراین، تا زمانی که کلیه عناصر غذایی مورد نیاز برای تولید و سلامت خود گیاه تأمین نشده، مصرف هیچ کودی به تنهایی فقر پنهان و آشکار گیاه را رفع نمی‌کند و لازم است متناسب با عملکرد و برداشت گیاه از خاک، عناصر برداشت شده، مجدداً به خاک بازگردانده شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

محل ظهور علائم کمبود عناصر غذایی در گیاهان، به وسعت و میزان انتقال عناصر غذایی از برگ‌های پیر به قسمت‌های جوان گیاه بستگی دارد. جدول دو نشانگر تفاوت چشم‌گیر تحرک عناصر غذایی و نیز شکل قابل جذب آن‌ها در گیاهان است. عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم به راحتی از برگ‌های مسن به قسمت‌های جوان گیاه جابجا می‌شوند. از این رو علائم ابتدا در

برگ‌های پیرتر گیاه دیده می‌شود. در مقابل، عناصر غذایی مانند کلسیم و منگنز تحت هیچ شرایطی از برگ‌های پیر به قسمت‌های جوان گیاه منتقل نمی‌شوند، در نتیجه، علائم کمبود این عناصر در قسمت‌های جوان گیاه دیده می‌شوند. در این خصوص، میزان جابجایی بیشتر عناصر متغیر بوده و به درجه کمبود، گونه گیاهی و وضعیت نیتروژن گیاه بستگی دارد. به عنوان مثال، میزان جابجایی عناصر غذایی مس، روی و یا مولیبدن از برگ‌های پیر گیاهان مبتلا به کمبود، خیلی کم بوده و در واقع این عناصر بدون تحرک هستند و علائم کمبود آن‌ها عمدتاً در بخش‌های جوان گیاه دیده می‌شود. محل ظهور علائم کمبود عناصر غذایی که نیتروژن در تحرک آن‌ها از برگ‌های پیر به بخش‌های جوان گیاه مؤثر است، ممکن است با نوسان و تغییر میزان نیتروژن متفاوت باشد.

جدول ۲- وضعیت تحرک و شکل قابل جذب عناصر غذایی در گیاهان (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷)

متحرک (پویا)	شکل قابل جذب	متحرک (پویا)	شکل قابل جذب	تحرک کم	شکل قابل جذب	بدون تحرک	شکل قابل جذب
نیتروژن	NH_4^+ , NO_3^-	منیزیم	Mg^{2+}	روی	Zn^{2+}	گوگرد	SO_4^{2-}
فسفر	H_2PO_4^- , H_4PO_4^-	بور	H_2BO_3^-	مس	Cu^{2+}	کلسیم	Ca^{2+}
پتاسیم	K^+	مولیبدن	MoO_4^{2-}	آهن	Fe^{2+}	منگنز	Mn^{2+}

این نشانه‌ها گاه به گونه‌ای مشخص و زمانی به صورت مشابه، در گیاهان ظاهر شده و به وسیله برخی از کارشناسان با تجربه به عنوان ابزاری در تشخیص کمبودها به کار گرفته می‌شوند. در زراعت‌های معمول نباید علائم کمبود در مزرعه پدیدار شود؛ حتی در صورت اقدام سریع نسبت به رفع کمبود، حداقل کاهش محصول بیش از ۳۰ درصد خواهد بود. نشانه‌های کمبود گاهی با هم مشابه بوده؛ علاوه بر کمبود عناصر غذایی، عوامل دیگری چون تغییرات دما، استفاده از سموم، حشرات، باد و دیگر عوامل طبیعی نشانه‌هایی را از خود به جای می‌گذارند و به همین دلیل احتیاط در تشخیص و معالجه کمبود عناصر غذایی از روی علائم ظاهری ضروری است. به طور خلاصه علائم عمومی کمبود برخی عناصر غذایی در زیر آورده شده است؛ هرچند که این علائم در تمام گیاهان به صورت یکسان نمایان نمی‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

علائم کمبود نیتروژن: توقف رشد، زردی برگ‌های پایین؛ علائم کمبود فسفر: توقف رشد، برگ‌های کوچک و با رنگ سبز تیره، ارغوانی شدن برگ‌های پایینی؛ علائم کمبود پتاسیم: رنگ پریدگی و زرد شدن حاشیه برگ‌های پایینی؛ علائم کمبود گوگرد: توقف رشد و زردی برگ‌های جوان؛ علائم کمبود آهن: نازک و شفاف شدن و حتی سفید شدن برگ‌های جوان (مرکبات)، زرد شدن پهنک برگ‌های جوان و سبز باقی‌ماندن رگبرگ‌های آن؛ علائم کمبود روی: نقاط زرد کرمی در زمینه سبز تیره برگ‌های میانی و ریزبرگی؛ علائم کمبود منگنز: لکه و نقاط برنزی کم‌رنگ

در قاعده برگ‌های جوان و زردی و قرمزی روی برگ‌های جوان و علائم کمبود مس: به صورت پژمردگی عمومی گیاه و اختلال در لقاح و تولید دانه مشاهده می‌شود. معمولاً علائم کمبود وقتی ظاهر می‌شود که اثرات منفی خود را بر کاهش عملکرد (حداقل ۴۰ درصد) به جا گذاشته است. اشکالات این روش شامل متفاوت بودن علائم کمبود در گیاهان مختلف؛ شباهت علائم کمبود یک عنصر با عناصر دیگر (مثل نیتروژن و گوگرد)؛ مخلوط شدن علائم کمبود در صورت وجود کمبود بیش از یک عنصر در گیاه؛ اثر عوامل جوی، مثل سرما و گرمای بی‌موقع، کم‌آبی و آب زیاد ممکن است سبب بروز علائمی گردد که با علائم کمبود اشتباه گرفته شود؛ زیادی یک عنصر علائمی شبیه کمبود آن را نشان می‌دهد؛ آفات و امراض هم، علائمی شبیه علائم کمبود ایجاد می‌کنند. از طرف دیگر، گیاه وقتی دچار کمبود یک عنصر می‌شود، امکان بروز گرسنگی پنهانی آن وجود دارد که علائم ظاهری ایجاد نمی‌کند بلکه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد می‌گردد. اثر هر یک از عناصر غذایی فوق در تغذیه گیاه و پدیده‌های ناشی از کمبود و در بعضی شرایط زیادی آن‌ها در ذیل به‌طور اختصار گنجانده شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **نیتروژن (N):** نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب می‌باشد. نیتروژن در گیاهان بعد از کربن، اکسیژن و هیدروژن، بالاترین غلظت را داشته، گلوگاه رشد است، نقش مهمی در افزایش سرسبزی گیاهان دارد، کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی تولید را محدود و به عبارت دیگر، عملکرد گیاهان را در واحد سطح به بیشترین مقدار افزایش می‌دهد. مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنی و آلی است. ظهور علائم کمبود نیتروژن (عنصری بسیار پویاست)، ابتدا به صورت زرد شدن برگ‌های پیر خودنمایی می‌نماید. مصرف نامتعادل، نابه‌هنگام و بیش از نیاز کودهای نیتروژنی، سبب رشد رویشی بی‌رویه در گیاهان می‌گردد. یکی از چالش‌های مهم در مصرف کودهای نیتروژنی، ارتقاء کارایی کودهای نیتروژنی در راستای سالم‌سازی محیط زیست می‌باشد. یعنی با اعمال روشی که بتوان به ازای مصرف یک کیلوگرم کود، تولید بیشتری را بدست آورد. به عبارت دیگر، ضمن رعایت مصرف تقسیط، نوع و زمان مصرف کودهای نیتروژنی را باید طوری انتخاب کرد که حداکثر کارایی از مصرف این کودها به‌دست آید (Marschner, ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **پتاسیم (K):** پتاسیم جزو عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد. مقدار پتاسیم موجود در پوسته زمین، حدود ۱/۹ تا ۲/۳ درصد است (مقدار پتاسیم کل در خاک‌های زراعی بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد می‌باشد). این مقدار در مقایسه با دیگر عناصر پرنیاز قابل توجه می‌باشد. مقدار این ماده در خاک‌های مختلف متفاوت است، اما آن قسمت از کل پتاسیم موجود در خاک که به صورت قابل تبادل یا قابل استفاده گیاه باشد، ناچیز است. مقدار پتاسیمی که جذب گیاه می‌شود، با مقدار مورد استفاده گیاه در اکثر مواقع برابری می‌نماید. گیاهان همانند نیتروژن، نیاز فراوانی به پتاسیم دارند. پتاسیم فراوان‌ترین عنصر غذایی در ۱۵ سانتیمتری بخش بالایی خاک است. اما این شرایط، لزوماً بدان معنا نیست که

پتاسیم قابل دسترس‌ترین عنصر برای گیاه است. زیرا، مقدار پتاسیم قابل دسترس برای گیاه به میزان پتاسیم موجود در بخش قابل دسترس (محلول و تبادل) بستگی دارد. پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون موجود در سیتوپلاسم است. جذب آن بسیار انتخابی و به فعالیت‌های سوخت‌وسازی بستگی دارد و در همه سطوح گیاه، تحرک زیاد دارد. بر خلاف نیتروژن، گوگرد، و چند عنصر دیگر، ظاهراً پتاسیم بخش الزامی از اجزایی مانند پروتوپلاسم، چربی‌ها و سلولز نیست و عمل آن در طبیعت بیشتر کاتالیزوری است. علی‌رغم این حقیقت، پتاسیم در اعمال فیزیولوژیکی سوخت و ساز کربوهیدرات یا تشکیل و تجزیه و انتقال نشاسته، سوخت و ساز ترکیب پروتئین‌ها، کنترل و تنظیم فعالیت‌های عناصر کانی اساسی گوناگون، خنثی کردن اسیدهای آلی مهم از نظر فیزیولوژیکی، فعال‌سازی آنزیم‌های مختلف، تسریع رشد بافت‌های مریستمی و تنظیم روابط حرکات روزنه‌ها و آب نقشی اساسی دارد. ظهور علائم کمبود عنصر غذایی نظیر پتاسیم (عنصری پویاست)، ابتدا به صورت نکروزه شدن برگ‌های پیر به صورت لکه‌هایی در امتداد طولی برگ خودنمایی می‌نماید. افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های گیاهی به‌ویژه برگ، نشان‌دهنده مصرف بیش از حد (لوکس) پتاسیم می‌باشد. جنبه‌های مثبت مصرف لوکس با اثر آن بر کاهش تنش‌های زنده و غیرزنده و همچنین اثرات مفید آن بر بهبود کیفیت محصول، افزایش کارایی آب، مقاومت به تنش خشکی، افزایش مقاومت به سرمازدگی، آفات و بیماری‌ها و جنبه‌های منفی آن با دخالت احتمالی آن در جذب و یا میزان فراهمی فیزیولوژیکی منیزیم و کلسیم شناخته می‌شود. بنابراین مصرف کودهای پتاسیمی می‌بایست همیشه در حد بهینه باشد (Marschner, ۱۹۹۵ و ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **گوگرد (S):** گوگرد یکی از ۱۶ عنصر غذایی است که برای رشد و توسعه گیاه نقش اساسی دارد. به‌طور کلی گیاهان هم اندازه فسفر، گوگرد جذب می‌کنند. گیاهان بیشتر گوگرد را به شکل سولفات (SO_4^{2-}) از طریق ریشه‌ها و به مقدار کمی به صورت دی‌اکسید گوگرد (SO_2) از طریق اتمسفر جذب می‌کنند. در حال حاضر گوگرد به عنوان چهارمین عنصر بعد از نیتروژن، فسفر و پتاس قرار گرفته است. غلظت گوگرد بایستی در خاک‌ها بالاتر از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد. مقدار گوگرد در خاک‌های کشاورزی مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. میزان گوگرد برای رشد مطلوب گیاه، بین ۰/۲ تا ۰/۵ درصد وزن خشک گیاهان متغیر است. غلظت گوگرد در گیاه حتی از غلظت فسفر (۰/۱۵ درصد) بیشتر است. به عبارت دیگر، اهمیت تغذیه‌ای گوگرد در گیاهان مهم است. گوگرد جزئی از ترکیبات اسیدهای آمینه و در نتیجه پروتئین‌هاست. نسبت نیتروژن به گوگرد در پروتئین‌های گیاهی تقریباً ۱:۱۵ است. در شرایط کمبود گوگرد، جلوگیری از ساختن پروتئین با انباشتگی آلی و نیترات، همراه است. در بخش آلی قابل حل، آمیدها معمولاً با غلظتی بیشتر وجود دارند. میزان سولفات در گیاهان مبتلا به کمبود گوگرد، بسیار پایین است و هنگامی که میزان سولفات برای رشد مطلوب است، میزان آن در گیاه

نیز افزایشی قابل ملاحظه می‌یابد. بنابراین، میزان سولفات گیاهان معرف بهتری برای وضعیت غذایی گیاهی از نظر گوگرد نسبت به میزان کل گوگرد می‌باشد و بهترین معرف نسبت گوگرد سولفاتی به کل گوگرد موجود در گیاه است. گوگرد، جزء ساختمان اسیدهای آمینه سیستم و متیونین و در نتیجه ساختمان پروتئین‌هاست. ظهور علائم کمبود گوگرد (عنصری غیرپویاست)، ابتدا به صورت زرد شدن برگ‌های جوان خودنمایی می‌نماید (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● فسفر (P): فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز در تولید محصول به شمار می‌آید. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و سازوکار انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین یاخته بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشای یاخته‌ای و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد. مقدار فسفر پوسته جامد زمین حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد. مقدار فسفر خاک از ۰/۰۲ تا ۰/۵۰ درصد نوسان داشته و میانگین آن ۰/۰۵ درصد است. به همین دلیل، غلظت فسفر در یاخته‌های گیاهی بسیار اندک (حدود ۰/۱۵ درصد) و تقریباً ۰/۱ غلظت نیتروژن و یا پتاسیم است. غلظت فسفر در خاک‌های زراعی از ۰/۱ تا ۳ گرم در کیلوگرم تغییر می‌نماید، مقدار فسفر برداشتی از خاک در مقایسه با نیتروژن، پتاسیم و حتی گوگرد و منیزیم به مراتب کمتر است و معمولاً بین ۱۰ تا ۳۰ کیلوگرم بر هکتار است. کمبود فسفر، فعل و انفعالات سوخت‌وساز، نظیر تبدیل قند به نشاسته را متوقف ساخته و در نهایت آنتوسیانین (رنگ ارغوانی) در برگ تشکیل می‌شود. فسفر در خاک به دو شکل آلی و معدنی یافت می‌شود. بخش آلی آن در هوموس و مواد آلی و قسمت معدنی آن به صورت ترکیباتی با کلسیم (در خاک‌های آهکی)، آهن و آلومینیوم (در خاک‌های اسیدی) و سایر فلزات همراه است. این مواد به مقدار کمی در آب حل می‌شوند. مقدار فسفر معدنی در خاک‌ها همواره بیشتر از فسفر آلی است. غلظت فسفر در محلول خاک، در مقایسه با نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ناچیز و حدود ۰/۵ میلی گرم بر لیتر است. مقدار فسفات محلول در بیش از ۵۰ درصد خاک‌ها، کمتر از ۰/۶ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. فراوانی نسبی هر یک از ارتوفسفات‌های اولیه ($H_2PO_4^-$) و ثانویه (HPO_4) (شکل‌های قابل جذب توسط ریشه گیاهان) بستگی به pH خاک داشته و در pH 7/2 با یکدیگر برابر می‌باشند. جذب فسفر به وسیله ریشه گیاه به صورت حرکت توده‌ای، پخشیدگی و تبادل تماسی انجام می‌گیرد. به دلیل تحرک بسیار اندک فسفر در خاک، ارتوفسفات‌ها عمدتاً از طریق پخشیدگی به ریشه گیاه می‌رسند. وجود آب برای پخشیده شدن یون‌ها ضروری است. با افزایش رطوبت خاک، شدت پخشیدگی نیز افزایش می‌یابد. فسفری که از طریق کود به خاک اضافه می‌شود، عمدتاً جذب سطوح ذرات خاک شده و کمتر به شکل مواد معدنی رسوب می‌کند. رسوب، تنها در منطقه‌ای از خاک که کود مستقیماً با آنجا در تماس بوده، تشکیل می‌شود. این رسوب، در خاک‌های آهکی، عمدتاً به صورت نمک‌های فسفات کلسیم می‌باشد. فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاهان بوده که حدود ۰/۱۵ درصد وزن خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. این عنصر جزئی از ترکیب ساختمانی مولکول‌های مهم از جمله اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و ATP می‌باشد و

در کنترل واکنش‌های آنزیمی و تنظیم مسیرهای متابولیکی شرکت می‌نماید، در نتیجه گیاهان بدون آن نمی‌توانند به رشد خود ادامه دهند. اگرچه ممکن است فسفر کل خاک‌ها در حد بالایی باشد، ولی غالباً به شکل‌های غیرقابل دسترس و یا شکل‌هایی که در خارج از منطقه ریزوسفر گیاه هستند، وجود دارد. ظهور علائم کمبود فسفر، ابتدا به صورت پیچیدگی برگ‌های پیر به دور برگ‌های جوان‌تر و دوکی شدن برگ‌های جوان خودنمایی می‌نماید (آنتوسیانین تشکیل می‌گردد). زیادی فسفر در خاک، جذب سایر عناصر غذایی به‌ویژه روی را مختل می‌نماید. ضمناً کوتولگی در اثر زیادی مصرف کودهای فسفاتی در گیاهان مشاهده می‌گردد (Marschner، ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **کلسیم (Ca):** نگرش فعلی به عنصر حیاتی کلسیم مشابه نگرشی است که تا دو دهه پیش به پتاسیم می‌شد (قبل از این گفته می‌شد که چون خاک‌های ایران دارای رس ایلیت هستند و رس‌های ایلیت محتوی پتاسیم هستند، بنابراین نیازی به کودهای پتاسیمی نمی‌باشد، در صورتی که در دهه گذشته، با انجام آزمایش‌های متعدد کودی مشخص شد که در اکثر محصولات مخصوصاً در خاک‌های سبک و گیاهان پرتوقع، نیاز به کودهای پتاسیمی می‌باشد). علت کمبود کلسیم به‌رغم آهکی بودن خاک‌ها را می‌توان چنین بیان نمود که چون کلسیم به وسیله آوندهای چوبی حرکت می‌کند ولی در آوندهای آبکش به دلیل تثبیت در واکوئل و درشتی یون و نداشتن حامل نمی‌تواند حرکت کند، لذا کمبود کلسیم در گیاهان به وفور مشاهده می‌شود (در بافت‌های مبتلا به کمبود کلسیم، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و پکتین محلول افزایش و در نهایت قهوه‌ای شدن اندام‌های زایشی مطرح است).

کلسیم در حیات گیاهان بسیار مهم و مؤثر می‌باشد. غشای سلولی را پایدار می‌نماید، در ساختمان دیواره سلولی شرکت می‌نماید، بر روی آنزیم‌ها تأثیرگذار می‌باشد و در فرآیند هورمونی دخالت دارد. عمده علائم کمبود حتی در شرایط خاک‌های آهکی با مقدار کلسیم بالا نیز بروز می‌کند. کلسیم به صورت کاتیون دو ظرفیتی Ca^{2+} جذب گیاه می‌شود و گیاه این عمل را به وسیله تبادل تماسی انجام می‌دهد. منشا کلسیم موجود در خاک‌ها، سنگ‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده خاک هستند و در تعدادی از کانی‌ها نظیر دولومیت، کلسیت، آپاتیت، فلدسپارهای کلسیمی و آمفیبول‌ها وجود دارد. کلسیم موجود در این کانی‌ها از طریق هوازگی آزاد شده و برای جذب در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. برخلاف آنکه کلسیم به‌ویژه در خاک‌های آهکی یکی از فراوانترین عناصر است و ۶/۳ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد، سنگ آهک یا کربنات کلسیم که به وفور در خاک‌های کشور ما یافت می‌شود، در برخی حالات با ایجاد لایه‌ای به نام کلسیت مانع رشد و نفوذ ریشه‌های درختان می‌شود. در خاک‌های ایران، کربنات کلسیم به عنوان یک بافر قوی تبادلات شیمیایی خاک را کنترل می‌کند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **منیزیم (Mg):** منیزیم حدود ۱/۹۳ درصد پوسته سطح زمین را تشکیل داده و مقدار آن در خاک‌های درشت بافت مناطق مرطوب تا ۱۰ درصد و در خاک‌های ریز بافت مناطق خشک و نیمه‌خشک تا ۴

درصد حاصل از مواد مادری دارای منیزیم بالا متغیر است. منیزیم تبادلی کمتر از کلسیم تبادلی ولی بیشتر از پتاسیم تبادلی است. منیزیم، کاتیونی دو ظرفیتی کوچک با توان بسیار زیاد گیرندگی الکترون است. شعاع یونی آبدار آن 0.428 نانومتر است (این عنصر به صورت دو ظرفیتی جذب گیاه می شود). میزان جذب آن به وسیله کاتیون های دیگر مانند پتاسیم، آمونیم، کلسیم، منگنز و یون هیدروژن (یعنی pH) پایین به شدت کاهش می یابد. نقش های منیزیم در گیاهان به طور خلاصه عبارتند از ساختن کلروفیل و مهار pH سلول، ساختن پروتئین، فعال شدن آنزیم و جابجایی انرژی است. منیزیم عنصری پویا بوده و می تواند از بافت های مسن تر به بافت های جوان منتقل شود. کمبود آن از برگ های پیر شروع شده، ولی در مراحل شدید کمبود، برگ ها بیشتر زرد شده و روی آن ها لکه های نواری ظاهر و در نوک برگ سوختگی اتفاق می افتد (Marschner, ۱۹۹۵) و ملوکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **روی (Zn):** کمبود روی در خاک های آهنکی عمومیت دارد. نتایج تجزیه خاک های ایران و همچنین گیاهان مؤید آن است که کمبود روی در این خاک ها و گیاهان به دلایل متعددی از جمله آهنکی بودن خاک ها، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان در آب های آبیاری، پایین بودن مواد آلی خاک، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاتی و نهایتاً عدم رواج مصرف کودهای محتوی روی شایع است. متوسط وزن روی در سنگ کره زمین 80 میلی گرم بر کیلوگرم و میانگین غلظت روی در خاک نیز در همین حدود است. روی به صورت ترکیبات غیر محلول و کم محلول کربنات روی ($ZnCO_3$) و سولفور روی (ZnS) در خاک ها یافت می شود. روی به صورت یون دو ظرفیتی به وسیله ریشه های گیاه جذب می گردد. اگر مقدار روی در برگ ها از 25 میکروگرم در گرم ماده خشک کمتر باشد، بروز علائم کمبود محتمل خواهد بود. روی تشکیل دهنده و فعال کننده شماری از سیستم های آنزیمی می باشد. کمبود روی در خاک های ایران عمدتاً به صورت کچلی و ریزبرگی شاخه ها رایج است. روی به طور عمده به صورت کاتیون دو ظرفیتی (Zn^{+2}) و در pH بالا احتمال دارد به صورت کاتیون یک ظرفیتی ($ZnOH^{+}$) نیز توسط گیاه جذب شود. جابه جایی آن در مسافت دور، به طور عمده در درون آوند چوبی انجام می گیرد. یکی از وظایف عمده روی در گیاه، سنتز پروتئین است و کمبود آن پروتئین را کاهش و آمینو اسیدهای آزاد و آمیدها را افزایش می دهد. روی در تولید پروتئین، ساختن شدن هورمون اکسین (Auxin) و آنزیم های مسئول تولید نشاسته مؤثر است. روی در فتوسنتز، سوخت و ساز، فعال سازی آنزیم نیترات رداکتاز و آنزیم های انتقال دهنده فسفات (هگزوکیناز) مؤثر است. با افزایش روی، تولید تریپتوفان و هورمون های رشد اکسین (IAA) افزایش می یابد. اکسین در فتوسنتز و رشد و توسعه برگ و ساقه گیاه نقش دارد. برای ساخته شدن IAA، وجود تریپتوفان الزامی است. با افزایش روی، غلظت IAA افزایش یافته و کلروفیل بیشتری ساخته شده، پیری به تأخیر افتاده و میزان فتوسنتز افزایش می یابد. با افزایش کلروفیل، بازدهی کلروپلاست ها در جذب انرژی خورشیدی نیز افزایش می یابد. روی در کاهش نفوذپذیری دیواره سلولی نقش داشته و بدین ترتیب مقاومت گیاه را در برابر تنش های زنده (آفات و بیماری ها) و غیر زنده (خشکی و درجه حرارت) افزایش می دهد. عنصر روی، دست کم به چهار

آنزیم گیاهی چسبیده است. این چهار آنزیم عبارتند از آنزیم الکل دی هیدروژناز، سوپراکسید دسموتاز (Cu-Zn-SOD)، کربنیک آنهیدراز (CA) و RNA پلی مراز. روی در سوخت و ساز DNA و RNA مؤثر بوده و در تولید اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. وجود اسیدهای نوکلئیک برای رشد و تکثیر سلول ها الزامی است. میزان روی در برگ ها حدود ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک است (Marschner، ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۹).

● **بور (B):** بور به طور طبیعی با سه گروه OH به صورت $B(OH)_3$ همراه است و با گرفتن هیدروکسیل $(OH)^-$ به جای از دست دادن پروتون $(H)^+$ از $B(OH)_3$ ، یون بورات $B(OH)_4^-$ را تشکیل می دهد. در مقایسه با سایر عناصر غذایی رفتار شیمیایی بور در خاک ساده تر است؛ به دلیل آن که این عنصر در واکنش های اکسیداسیون و احیا شرکت نمی کند و همچنین از خاک نیز متصاعد نمی شود. عوامل خاکی عمده ای که بر وضعیت بور در خاک تأثیر می گذارند، عبارتند از نوع مواد مادری خاک، بافت خاک، غلظت نمک های محلول، مواد آلی، کاتیون های قابل تبادل، کربنات کلسیم آزاد، رطوبت خاک و دمای خاک که در اینجا به نقش هر کدام به اختصار اشاره می شود. بور موجود در خاک ها براساس نوع سنگ مادری تشکیل دهنده آن تغییر می کند. مهم ترین منابع بور در خاک، کانی تورمالین و بوراکس هستند که بور موجود در آن ها به تدریج به شکل قابل استفاده برای گیاه در می آید. مقدار بور در خاک ها بین ۲۰ تا ۲۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می باشد. از کل بور موجود در خاک به شکل های مختلف، تنها بخشی از آن برای گیاه قابل استفاده است. از آنجا که بور به طور طبیعی در خاک به صورت مولکول غیر یونی وجود دارد، بسیار متحرک بوده و عرضه آن به ریشه گیاه بیشتر به صورت غیر فعال است. بور نقش های گوناگونی در گیاه دارد که می توان به انتقال قندها، ساخت دیواره سلولی، لیگنینی شدن دیواره سلولی، سوخت و ساز کربوهیدرات ها و RNA، تنفس، ایندول استیک اسید (IAA)، سوخت و ساز فنل ها و غشاهای اشاره کرد. همگام با کمبود بور، سمیت این عنصر در برخی از مناطق نیز موجب کاهش عملکرد می گردد. میزان بور در برگ ها حدود ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک است (Marschner، ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

● **آهن (Fe):** کمبود آهن که بیشتر به صورت کلروز در برگ های جوان بروز می نماید، به عنوان یکی از نارسایی های مهم تغذیه ای در گیاهان به ویژه در شرایط خاک های آهکی مطرح است. کمبود آهن معمولاً توسط کلروز یا زردی منطقه بین رگبرگ ها در برگ های جوان مشخص می گردد و بیشتر در محصولات حساس در خاک های آهکی مشاهده می شود. مقدار آهن در سنگ مادر بیش از سایر عناصر غذایی است. آهن دو ظرفیتی شکلی است که به وسیله گیاه جذب می شود. بنابراین، آهن سه ظرفیتی پیش از جابجایی به درون سیتوپلاسم، می بایستی در سطح ریشه احیاء شود. به هر حال، جذب آهن سه ظرفیتی در گیاهان دارای اهمیت است. تشکیل ترکیبات پیچیده (کلات ها) و عمل قابل برگشت آن در دستگاه اکسیداسیون و احیاء، از نقش های سوخت و سازی عمده آهن می باشد. ترکیبات دارنده آهن

در دستگاه‌های اکسیداسیون و احیاء (ریداکس): دو دسته از پروتئین‌های دارای آهن که بخوبی شناخته شده‌اند، عبارتند از: پروتئین‌های هم و پروتئین‌های دارای آهن-گوگرد. میزان آهن در برگ‌ها میان ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک است. عامل عمده در زرد شدن برگ‌ها بالا بودن pH خاک است (Marschner, ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران, ۱۳۸۷).

● **منگنز (Mn):** کمبود منگنز در سطح وسیعی از خاک‌های آهکی ایران وجود دارد، اما به دلایل عملکرد پایین، کمبود نسبی پتاسیم، آهن و روی، جایی برای خودنمایی کمبود منگنز باقی نمانده است. منگنز جذب و احیای دی اکسید کربن و قند را در گیاهان افزایش می‌دهد، همچنین نقش مهمی را در سنتز متابولیت‌های ثانوی ایفا نموده و مقاومت گیاهان را در برابر بیماری‌ها زیاد می‌کند. نقش بسیار مهم منگنز در گیاهان در واکنش تجزیه نوری آب (واکنش هیل) و سنتز اکسیژن در طی فرآیند فتوسنتز به اثبات رسیده است. منگنز سرعت انتقال الکترون و فعالیت ایندول اسید استیک (IAA) اکسیداز را جهت گره‌زایی ریشه کند می‌کند. منگنز به عنوان فعال کننده آنزیم‌ها در چرخه اسید سیتریک عمل می‌کند. از نظر اعمال بیوشیمیایی، منگنز در بسیاری از موارد به منیزیم شباهت داشته و می‌تواند به وسیله آن جایگزین شود. همچنین در فعال سازی واکنش‌های متعددی نظیر فسفریلاسیون، دکربوکسیلاسیون، هیدرولیز و واکنش‌های دیگر به عنوان کاتالیزور دخالت دارد. علائم کمبود منگنز تا اندازه‌ای مشابه کمبودهای آهن و منیزیم است. حد بحرانی منگنز در برگ اغلب گیاهان در محدوده ۷۰ میکروگرم وزن خشک برگ می‌باشد (Marschner, ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران, ۱۳۸۷).

● **مس (Cu):** مس به مقداری نسبتاً کم به وسیله گیاه جذب می‌شود. مس به صورت یون به وسیله ریشه‌های گیاه و به شکل ترکیبات چنگالی از طریق برگ‌پاشی جذب می‌گردد. مس در گیاه پویا نبوده و ظهور علائم کمبود از برگ‌های جوان آغاز می‌شود و اگر مقدار آن در برگ‌ها از ۵ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک کمتر باشد، بروز علائم کمبود آن محتمل خواهد بود. این عنصر، تشکیل دهنده و فعال کننده شماری از سیستم‌های آنزیمی می‌باشد. میانگین وزن مس در پوسته زمین ۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و مقدار آن در خاک با نوع سنگ تغییر می‌کند. یون مس دو ظرفیتی (Cu^{2+})، به طور محکم به اسیدهای هیومیک و فولویک موجود در خاک‌ها چسبیده و ترکیبات پیچیده مس- ماده آلی را تشکیل می‌دهد. مس به سه شکل گوناگون، در پروتئین‌ها وجود دارد. حد بحرانی مس در بخش‌های سبزینه‌ای گیاه ۱۰ میکروگرم در گرم ماده خشک گیاهی است. بسته به نوع گیاه، اندام، مرحله رشد و میزان نیتروژن این مقدار می‌تواند بیشتر شود. مراحل پیشرفته کمبود، به صورت بافت مردگی در نوک و لبه‌های برگ ظاهر می‌گردد (ملکوتی و همکاران, ۱۳۸۷ و Marschner, ۲۰۱۲).

● **مولیبدن (Mo):** مولیبدن خاک در کانی‌های اولیه و ثانویه وجود دارد که قسمتی از آن به صورت مولیبدات به وسیله اکسیدهای آبدار آهن، آلومینیوم و کانی‌های رسی جذب مواد

آلی خاک می‌شود، مقدار کمی از آن به صورت مولیبدات در محلول خاک وجود دارد. مولیبدن جزء عناصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که به صورت آنیون مولیبدات (MoO_4^{2-}) جذب گیاه می‌شود. این عنصر گرچه یک فلز است، ولی ویژگی‌های آن شبیه غیرفلزات و دیگر آنیون‌های غیرآلی دو ظرفیتی است. در pH پایین مولیبدات همانند فسفات به اکسیدهای آهن آبدار چسبیده و غیرمتحرک می‌شود. مولیبدات در جذب توسط ریشه با سولفات رقابت می‌کند. میزان جذب مولیبدات توسط ریشه‌ها به فعالیت سوخت و سازی گیاه وابسته است. تحرک این آنیون در گیاه خوب است و در آوندهای آبکشی به راحتی جابه‌جا می‌شود. بر پایه گونه گیاه، غلظت بحرانی مولیبدن تا ۱ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ تغییر می‌کند. میزان مولیبدن کل خاک بین ۰/۲ تا ۵ میلی گرم بر کیلوگرم است، اما ممکن است غلظت‌های بالاتر از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیز در خاک‌های مناطق نزدیک معادن وجود داشته باشد. مولیبدن از طرق کودهای شیمیایی، اتمسفر و لجن فاضلاب به خاک افزوده شود. میزان مولیبدن در برگ‌ها حدود ۲ الی ۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک است (Marschner، ۱۹۹۵ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۳- نوع، زمان و مقدار مصرف کودهای آلی^۱

مواد آلی، ترکیباتی هستند که از کربن تشکیل یافته و در مورد کودها به آن دسته از ترکیبات اطلاق می‌شود که از فضولات حیوانی و یا بقایای گیاهی تهیه شده باشند. کودهای آلی متنوع بوده و از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کودهای حیوانی، کمپوست، ورمی کمپوست و مواد هیومیکی اشاره نمود. تنوع کودهای آلی و وارداتی بسیار زیاد بوده و نام‌گذاری آن‌ها بیشتر سلیقه‌ای است و هر شرکت با استفاده از نام تجاری خاص، آن‌ها را تولید و وارد بازار مصرف می‌نماید. به نظر نگارنده، برای خاک‌های آهکی ایران، مناسب‌ترین ترکیب پس از کودهای حیوانی، کودی است که با استفاده از گوگرد، بنتونیت و ضایعات کشاورزی (به‌ویژه زباله شهری) به صورت گرانوله با نام تجاری گوگرد آلی گرانوله تهیه شده باشد. مصرف این کود آلی گرانوله قبل از کاشت بوده و میزان مصرف آن در محصولات زراعی (به‌جز برنج) برای هر هکتار از ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار و برای کلیه درختان باغی و زینتی (به‌ازاء هر درخت دو تا پنج کیلوگرم) قابل توصیه می‌باشد. در جدول سه نتایج تجزیه شیمیایی یک نمونه گوگرد آلی گرانوله آورده شده است.

۱- این قسمت با همکاری آقای دکتر پیمان کشاورز دانشیار محترم بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شده است که بدینوسیله تشکر می‌نماید.

۱۰۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی یک نمونه گوگرد آلی گرانوله*

مشخصات کود	۱۵٪ H ₂ O	درجه شوری	کربن آلی (OC)	نیتروژن (N)	نسبت نیتروژن (C/N)	Fe (%)	منگنز (Mn)	Zn (%)	Cu (%)
		(dS m ⁻¹)	(درصد)			(میلی گرم بر کیلوگرم)			
گوگرد آلی گرانوله	۷/۲	۱۰/۱	۱۸	۰/۷۴	۲۶	۳۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۹
گوگرد (S)	فسفر (P _۲ O _۵)	پتاسیم (K _۲ O)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mn)	سدیم (Na)	کادمیوم (Cd)	سرب (Pb)	کبالت (Co)	-
						(میلی گرم بر کیلوگرم)			-
	۱/۳۵	۱/۷۱	۴/۲	۰/۲۲	۰/۴۲	۱/۵	۵/۵	۹/۰	-

* درجه شوری گوگرد آلی گرانوله بر اساس نوع ماده آلی، بسیار متفاوت می باشد. بنابراین، باید در انتخاب نوع ماده آلی آن دقت کافی صورت گیرد تا مصرف کننده با مشکلات شوری و زیادی آلاینده هایی از قبیل کادمیوم، سرب، آرسنیک و ...، مواجه نگردد. ** نظر به این که اکثر خاک های زراعی کشور با کمبود شدید روی (Zn) مواجه می باشند، لذا بهتر است به هنگام تهیه گوگرد آلی گرانوله و یا دیگر کودهای آلی، از سولفات روی استفاده شود.

کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و فعالیت های زیستی خاک می شوند. با مصرف کودهای آلی، بخشی از عناصر غذایی موجود در آن ها می توانند بلافاصله در اختیار گیاه قرار گیرند و بخشی دیگر نیز در طول تجزیه به تدریج آزاد و جذب گیاه می شوند. به منظور اطلاق عبارت کود به مواد آلی، بایستی مجموع عناصر غذایی (بر حسب ماده غذایی) در آن ها بیش از پنج درصد (مؤسسه تحقیقات خاک و آب) باشد. در برخی موارد، تولیدکنندگان کودهای آلی، مقداری از انواع کودهای شیمیایی به مواد آلی اضافه می نمایند و بدین ترتیب کودهای آلی غنی شده و یا فرآوری شده تهیه و به بازار ارائه می نمایند. امروزه در اکثر کشورها از جمله ایران کودهای حیوانی و ضایعات کشاورزی (علف های هرز، برگ درختان، پوست میوه ها و ...) را به کمک کودهای شیمیایی، کرم های خاکی، قارچ ها و باکتری ها تخمیر نموده و آن ها را به شکل کودهای آلی در آورده تا کاربرد آن ها در مزارع و باغ ها به آسانی انجام گیرد.

یادآوری- تفاوت کودهای آلی با مواد اصلاحی در این است که در کودهای آلی مجموع درصد مواد غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P_۲O_۵) و پتاسیم (K_۲O) از پنج درصد بیشتر است. لیکن، در مواد اصلاحی مجموع درصد مواد غذایی پرمصرف کمتر از پنج درصد است.

۳-۳-۱- کودهای حیوانی: کود حیوانی یا کود اصطبلی از سرگین و گمیز دام ها و کاه کلش مورد استفاده در بستر آن ها، تشکیل می گردد. این کود شامل دو بخش مایع و جامد می باشد که از لحاظ وزنی، بخش جامد سه برابر مقدار مایع آن است. نزدیک به نیمی از نیتروژن و پتاسیم و تمام فسفر کود اصطبلی در قسمت جامد آن متمرکز شده است، ولی از آن جا که گمیز دام ها

دارای مقدار زیادی نیتروژن قابل جذب است، این مواد از جنبه اقتصادی دارای ارزش زیادی بوده و به همین دلیل باید کودهای حیوانی مورد استفاده به طور کامل فرآوری (پوسیده) گردد. شیوه فرآوری کود حیوانی به شرح زیر می باشد: مکانی که جهت انباشته نمودن کود حیوانی قرار است مورد استفاده قرار گیرد می بایست سفت و غیرقابل نفوذ باشد؛ انباشته نمودن کود حیوانی نپوسیده (تازه) بر روی یکدیگر، به طوری که عرض و ارتفاع آن به ترتیب کمتر از ۳ و ۱/۵ متر باشد. معمولاً در طول این توده محدودیتی وجود ندارد؛ اضافه نمودن گوگرد به این توده به صورت لایه‌ای به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در حجمی از توده که قرار است در یک هکتار مصرف گردد؛ پوشاندن سطح توده با یک لایه نازک از خاک؛ این توده می بایست از تابش مستقیم آفتاب، باد و باران در امان باشد. در شرایطی که امکانات مذکور وجود ندارد، به منظور جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی توسط باران، روی توده توسط پلاستیک پوشانده شده و بعد از آن برداشته شود؛ برای بهبود وضعیت تهویه‌ای معمولاً پس از دو تا پنج هفته توده مذکور بهم زده شود؛ رطوبت توده نیز می بایست در حد متعادل نگهداشته شود و از خشک شدن آن جلوگیری به عمل آید. در صورت خشک شدن، می بایست آن را مرطوب نمود و یا آن را با توده کود حیوانی تازه مخلوط نمود که در بیشتر موارد، محصول نهایی (کود حیوانی پوسیده) پس از چهار ماه آماده می شود.

ارزش غذایی کودهای حیوانی بستگی به نوع دام، علوفه مصرفی، نوع بستر، روش نگهداری دام‌ها و نحوه فرآوری دارد. برای مثال کودهای حیوانی به طور میانگین ۱۰/۱ درصد نیتروژن، ۷۵/۰ درصد فسفر (P_2O_5) و ۸۰/۰ درصد پتاسیم (K_2O) دارند (غلظت این عناصر در کود گوسفندی به ترتیب ۱۹۵/۰، ۳۵/۰ و ۱۰۰/۱ می باشد). در منطقه فریدن اصفهان، با مصرف ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار علاوه بر افزایش مواد آلی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک، عملکرد سیب زمینی نیز در حدود ۳۰ درصد افزایش داشته است. در اثر استمرار مصرف کودهای حیوانی در خاک‌های آهکی، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک‌های زراعی، حلالیت تعدادی از عناصر غذایی به ویژه فسفر، آهن، روی، منگنز و مس افزایش یافته و کشاورزان را از خرید کودهای گران قیمت نظیر کلات آهن (EDDHA) بی نیاز می کند. جدول چهار، نتایج تجزیه شیمیایی دو نمونه کود دامی و یک نمونه کود مرغی آورده شده است. طبق گزارش واصله، در یک مزرعه زیرکشت گوجه فرنگی که دارای خاک و آب شور بود، کشاورز بدون اطلاع از درجه شوری کود مرغی، پنج تن در هکتار از این کود را در بهار سال جاری مصرف و سپس اقدام به کشت نشاء گوجه فرنگی نموده و پس از حدود یک ماه از زمان کشت، بوته‌های گوجه فرنگی در اثر زیادی املاح محلول در ریزوسفر گیاه (درجه شوری خاک برابر ۴/۳۲ دسی زیمنس بر متر بود)، مطابق شکل دو پلاسیده شدند.

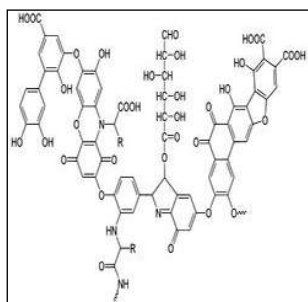
۱۰۲ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

جدول ۴- نتایج تجزیه شیمیایی دو نمونه کود حیوانی و یک نمونه کود مرغی*

مشخصات کود	pH	درجه شوری	کربن آلی (OC)	نیترژن (N)	فسفر P_2O_5	پتاسیم K_2O	نیترژن (C/N)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	کادمیوم (Cd)
		(dSm ⁻¹)		(درصد)				(میلی گرم بر کیلوگرم)				
کود گاوی	۷/۷	۸/۸	۱۶/۰	۱/۱۶	۰/۶۷	۰/۷۹	۲۶	۱۶۶۰۰	۶۷۹	۱۳۵	۱۸	۴/۵
کود گوسفندی	۷/۴	۴/۴	۱۸/۳	۱/۰۹	۰/۳۹	۱/۳۲	۱۷	۱۴۵۰۰	۳۵۱	۶۰	۱۲	۲/۶
کود مرغی	۷/۲	۴/۹	۱۷/۵	۴/۹۳	۲/۷۲	۳/۲۰	۴	۴۶۵۳	۴۹۱	۳۵۵	۳۱	۳/۴
کود مرغی پلیت شده	۷	۲۰	۳۶	۴/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۹	۵۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۳/۵

* گاهی کودهای دامی و مرغی دارای درجه شوری بالایی بوده و می بایستی در مصرف آن ها دقت شود. همچنین، کود حیوانی تازه دارای درجه شوری بالاتری از کود حیوانی پوسیده است. به این نوع کودهای آلی که مجموع عناصر غذایی در آن ها کمتر از پنج درصد باشد، بهساز خاک نامیده می شود.

** غلظت کلسیم و منیزیم در کود مرغی به ترتیب ۱۱/۲ و ۰/۶ درصد بود.



شکل ۲- بوته های پلاسیده شده گوجه فرنگی

از سال ۱۳۹۲ در شهرستان گنبدکاووس، کود آلی مرغی پلیت شده با نام تجاری کاسپین کود گلستان با فرمول ۲-۲-۲ تولید و با گواهینامه ثبت مواد کودی به بازار مصرف ارائه شده است. ارزش غذایی این کود بسیار مطلوب بوده و برعکس سایر کودهای مرغی، درجه شوری آن کمتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر می باشد. امید است در آینده نزدیکی شرکت بتواند برای اثربخشی هرچه بیشتر، کود آلی مرغی زیستی غنی شده با روی با فرمول Zn ۱٪ + ۲-۱-۲ تولید نماید. بدیهی است در اثر استمرار مصرف این کود در کشاورزی ایران، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک های زراعی کشور، عملکرد هکتاری و کیفیت محصولات کشاورزی افزایش خواهد یافت.

۲-۳-۳- کودهای سبز: افزودن کودهای سبز به خاک فایده های زیادی دارد که مهم ترین آن ها افزایش مواد آلی، افزودن نیتروژن، ازدیاد فعالیت های زیستی و بالاخره نگهداری و حفظ

قابلیت جذب (فراهمی) عناصر غذایی خاک می‌باشد. یک هکتار کود سبز به‌طور معمول بین ۲۵ تا ۵۰ تن شاخه و برگ و بافت گیاهی تازه را وارد خاک می‌کند که این خود برابر با ۱۰ تا ۲۰ تن کود حیوانی بوده و می‌تواند بین یک تا دو تن هوموس به خاک بیفزاید. در صورت کمبود کود دامی، یکی از بهترین راه‌های جبران مواد آلی خاک، استفاده از کود سبز می‌باشد. در بیشتر مواقع از گیاهان خانواده بقولات به عنوان کود سبز استفاده می‌شود. گیاهان این خانواده معمولاً حدود ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن هوا را به‌وسیله غده‌های ریشه‌ها در خاک تثبیت می‌نمایند. شبدر معمولاً ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و سویا نصف این مقدار را تثبیت می‌کند. شبدر بین دو تا ۲/۵ درصد نیتروژن در شاخه و برگ غده خود دارد. هنگامی که یک هکتار از این گیاه در خاک برگ‌رانده شود، نزدیک به ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به خاک افزوده می‌شود. پیامد افزایش کود سبز، تشدید فعالیت میکروب‌های مفید خاک می‌باشد که این خود تصعید گاز کربنیک و آزاد شدن نیترات و دیگر عناصر غذایی را باعث می‌شود. باکتری‌های محرک رشد گیاه نظیر ازتوباکتر، حساسیت بسیار بالایی به مقدار کربن خاک دارند و هر چه مقدار این ماده بیشتر باشد، فعالیت آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. کودهای سبز به دلیل رشد رویشی فوق‌العاده و ریشه‌های قوی، می‌توانند مقداری زیادی از عناصر غذایی را که در شرایط عادی بر اثر شست‌وشو به اعماق پایین خاک حرکت کرده‌اند، جذب کنند. همچنین این گیاهان قادرند از فسفات‌های غیر محلول، پتاسیم تثبیت شده و عناصر کم‌مصرف نیز استفاده نمایند. با برگ‌داندن این گیاهان به خاک، علاوه بر بهبود خواص فیزیکی‌وشیمیایی و زیستی خاک، فراهمی و تسهیل آزاد شدن عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف نیز افزایش می‌یابد.

۳-۳-۳- کودهای حاصل از ضایعات کشاورزی: این مواد شامل زباله‌ها، فاضلاب و ضایعات کشاورزی است. مقدار عناصر غذایی موجود در این مواد و ارزش آن‌ها برای گیاهان کمتر از دو گروه فوق‌الذکر می‌باشد. امروزه از خاک‌روبه‌ها و مواد زاید شهری در تهران، اصفهان و سایر شهرهای بزرگ کمپوست تهیه می‌شود. مقدار مواد غذایی موجود در فاضلاب تغییرناپذیر است و دگرگونی در ارزش غذایی این مواد بستگی به نحوه آماده کردن آن‌ها برای زراعت دارد. امروزه در ژاپن و تایوان از فاضلاب شهرها، کود آلی تهیه و در سطح وسیعی در مزارع و باغ‌ها استفاده می‌شود. نتایج تجزیه‌های شیمیایی موجود در فاضلاب خشک شده در آمریکا نشان می‌دهد که میزان نیتروژن این مواد که با روش خاص تهیه شده‌اند تا ۵/۶ درصد بالغ می‌شود. این تغییرات در اندازه دیگر عناصر غذایی نیز حاکم بوده، ولی به‌طور متوسط مقدار نیتروژن و فسفر (P_2O_5) در این نوع کودها به ترتیب ۱/۷۷ و ۲/۴۰ درصد می‌باشد. در جدول پنج، نتایج تجزیه شیمیایی چهار نمونه کود آلی حاصل از زباله‌های شهری تهران و اصفهان، ضایعات قارچ و آزولا گنجانده شده است (ملکوتی، ۱۳۷۵).

جدول ۵- نتایج تجزیه شیمیایی تعدادی از کودهای آلی حاصل از زباله شهری و ضایعات کشاورزی

مشخصات کود	pH 1:2.5	درجه شوری (dS m ⁻¹)	کربن آلی (OC)	نیترژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)	نسبت کربن به نیترژن (C/N)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)
				(درصد)				(میلی گرم بر کیلوگرم)			
زباله تهران	۶/۵	۱۴	۲۸	۱/۸۹	۰/۶۴	۰/۹۸	۱۵	۱۱۰۰۰	۱۳۰۰	۲۲۰	۴۵
زباله اصفهان	۷/۰	۱۲	۳۲	۱/۵۰	۰/۳۵	۰/۵۵	۲۲	۶۰۰۰	۷۰۰	۲۰۰	۳۰
بستر قارچ	۷/۵	۲۰	۱۰	۰/۹۴	۱/۲۰	۲/۹۸	۱۱	۴۰۰۰	۲۳۰	۱۰۰	۲۰
آزولا	۶/۲	۲	۲۴	۲/۰۵	۰/۳۵	۰/۵۵	۱۲	۱۲۰۰۰	۷۰۰۰	۱۰۰	۱۸

* در انتخاب نوع کودهای آلی حاصل از زباله شهری و ضایعات کشاورزی دقت کافی صورت گیرد تا مصرف کننده با مشکلات شوری و زیادی آلاینده‌هایی از قبیل کادمیوم، سرب، آرسنیک و ... مواجه نگردد.

یادآوری- نظر به اینکه در کشور ما (به غیر از کرمانشاه) متأسفانه جداسازی زباله‌های شهری از مبدأ به خوبی انجام نمی‌گیرد (در آلمان در سال ۱۳۶۷، در اول خیابان‌ها سه سطل بزرگ برای زباله خانگی، کاغذ و شیشه وجود داشت و هم‌اکنون این تعداد سطل‌ها به بیش از ۱۰ نیز رسیده است)، لذا احتمال وجود آلاینده‌های نظیر کادمیوم و سرب در زباله‌های شهری بسیار بالا می‌باشد. بنابراین در مصرف کودهای حاصل از این نوع زباله‌ها در مزارع بایستی احتیاط‌های لازم به عمل آید. در مقطع فعلی بهتر است از این نوع کودها در گیاهان زینتی و صنعتی استفاده شود.

۳-۳-۴- کمپوست: کمپوست از لغت لاتین Compositus گرفته شده و به معنی به هم آوردن (put together) می‌باشد. ورمی کمپوست حاصل یک فرآیند نیمه هوازی است (حدود ۸۰ درصد رطوبت) که توسط گونه‌ای خاص از کرم‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها به‌طور هم‌زمان انجام می‌پذیرد. نوع کمپوست بر اساس ماده اولیه آن می‌تواند با کیفیت متفاوت تهیه شده باشد. کمپوست‌ها می‌توانند از بقایای گیاهی، فضولات دامی، فضولات مرغی و یا ضایعات قارچ خوراکی تهیه شوند. منتهی کمپوست با کیفیت مرغوب به‌طور معمول با درجه شوری پایین، از بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیترژن (C/N) پایین تهیه می‌گردد. در مقابل، در صورت استفاده از مواد بستر قارچ خوراکی و یا فضولات مرغی به‌ویژه فضولات مرغدارهای تخم‌گذار، کمپوست حاصله دارای درجه شوری بالایی خواهد بود که با توجه به تنش خشکی حاکم در اراضی زراعی و باغی کشور، مصرف این نوع کمپوست‌ها نگران‌کننده می‌باشد. مگر آن‌که کیفیت این نوع کمپوست‌ها پس از فرآوری، به تایید موسسه تحقیقات خاک و آب رسیده و شماره ثبت دریافت نموده باشند. در جدول شش، مشخصات دو نمونه کمپوست حاصل از بقایای بستر قارچ‌های خوراکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و پوسیده شده کرج (Spent compost) و نمونه‌ای کمپوست فرآوری شده ضایعات کارخانه چوب‌بری نکای مازندران، نشان داده شده است.

فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها ۱۰۵

جدول ۶- مشخصات سه نمونه کمپوست

مشخصات کمپوست	pH	درجه شوری	کربن آلی (OC)	نیتروژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	کادمیموم (Cd)	سرب (Pb)
		(dS m ⁻¹)	(درصد)						
			(میلی گرم بر کیلوگرم)						
بقایای بستر تازه	۷/۶	۶/۳	۱۹/۰	۱/۴	۰/۵۶	۱/۲	۱۴	-	-
بقایای بستر کهنه	۷/۱	۲/۱	۱۹/۳	۱/۲	۰/۷۸	۲/۳	۱۶	۰/۶	۴
ضایعات چوب بری	۷/۹	۰/۹۸	۳۸/۴	۰/۹	۰/۳۰	۰/۳	۴۲	۲/۸	۳۶

* غلظت عناصر ریزمغذی در کمپوست حاصل از بقایای بستر قارچ های خوراکی پوسیده شده کرج (Spent Compost) به ترتیب آهن ۷۰۰۰، منگنز ۶۰۰، روی ۲۵۰ و مس ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود.
** نظر به این که اکثر خاک های زراعی کشور با کمبود شدید روی (Zn) مواجه می باشند، لذا به هنگام تهیه کمپوست ها، بهتر است حداقل در حد یک درصد، سولفات روی اضافه شود.

۵-۳-۳- ورمی کمپوست: کرم های خاکی به جرأت مفیدترین جانوران خاکزی می باشند که در اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک و بهبود شرایط تهویه و معادلات آبی آن نقش دارند. در اثر فعالیت این جانوران فرآیند کمپوست شدن بقایای آلی سرعت یافته و ترکیب مفیدی بنام ورمی کمپوست حاصل می شود که به مانند کمپوست اهمیت تغذیه ای و اصلاحی قابل توجهی دارد. ورمی کمپوست مواد حاصل از بستر رشد کرم بوده که پس از دفع شدن از سیستم گوارشی آن، در محیط باقی می ماند. بنابراین، این ماده مجموعه ای از فضولات کرم به همراه مواد آلی تجزیه شده و نیز اجساد کرم ها بوده که برای گیاه ارزش غذایی زیادی دارد. فرآورده ای که ورمی کمپوست خوانده می شود از لحاظ کیفی دارای مواد آلی بیشتری بوده و سرشار از اسیدهای آلی از جمله اسیدهیومیک و عناصر غذایی به شکل قابل جذب برای گیاه بوده و دارای هورمون های محرک رشد گیاه و آنزیم های مختلف باشد. این ترکیب از نظر ظاهری به صورت دانه ای شکل و تیره رنگ است. در جدول هفت نتایج تجزیه شیمیایی میانگین دو نمونه ورمی کمپوست و حد مجاز غلظت آلاینده ها آورده شده است.

۶-۳-۳- اسیدهای آلی: ترشح اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم توسط برخی از ارقام گیاهی یکی از راهکارهای مهم در افزایش قابلیت دسترسی فسفر و روی در خاک می باشد. اسیدهای آلی نظیر اسید سیتریک (citric acid) و اسید اگزالیک (oxalic acid) در شرایط کمبود عناصر غذایی فسفر و روی، نسبت به بقیه اسیدها به مقدار نسبتاً زیادی از ریشه گیاهان آزاد شده و در افزایش حلالیت عناصر غذایی و از جمله فسفر در ریزوسفر شرکت می نمایند. براساس مطالعات انجام شده در این زمینه، اسیدهای آلی قادرند فسفر قابل دسترس را در خاک های آهکی از طریق کاهش pH خاک، انحلال کربنات کلسیم، رقابت با فسفر در جذب روی سطوح کانی، رسوب کلسیم و آزادسازی فسفر از فسفات کلسیم و همچنین غیرمستقیم از طریق افزایش رشد ریزجانداران و تشدید معدنی شدن، افزایش دهند (نظامی، ۱۳۹۴). در مطالعه ای به منظور بررسی اثر اسیدهای آلی اگزالیک و سیتریک در افزایش قابلیت

جدول ۷- نتایج تجزیه شیمیایی میانگین دو نمونه ورمی کمپوست و حد مجاز غلظت آلاینده‌ها (صلحی و همکاران، ۱۳۸۴)*

مشخصات کود	pH 1:5	چگالی (g cm ⁻³)	کربن آلی (OC)	نیترژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	نسبت کربن به نیترژن (C/N)
ورمی کمپوست	۷/۸	۶/۱	۲۱	۱/۳	۱/۱	۰/۹	۷/۸	۱/۴	۱۶
ارقام استاندارد (مجاز)	< ۷/۰	< ۵/۰	> ۱۵	> ۱/۰	> ۰/۵	> ۰/۸	> ۵	> ۱	< ۱۵
ورمی کمپوست	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	کادمیوم (Cd)	سرب (Pb)	کروم (Cr)	نیکل (Ni)
	۱۱۰۰۰	۵۱۶	۱۷۰	۴۱	۴۵	۱/۶	۴۲	۲۶	۳۰
	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
ارقام استاندارد (مجاز)	> ۱۵۰۰۰	> ۶۵۰	> ۲۷۰	> ۳۰	> ۴۵	< ۲/۵	< ۵	< ۱۰	< ۴

* مشخصات شیمیایی ورمی کمپوست‌ها بر اساس ماده اولیه آن‌ها، بسیار متفاوت می‌باشد. منتهی در انتخاب ماده اولیه آن‌ها دقت کافی به عمل آورده تا مصرف کننده با مشکل شوری و زیادی آلاینده‌هایی از قبیل کادمیوم، سرب، آرسنیک و ... مواجه نگردد.

** بایستی به این امر توجه نمود که مقدار مصرف هکتاری کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی بسیار بیشتر (حداقل پنج تا ۱۰ برابر) است. بنابراین، غلظت آلاینده‌ها در کودهای آلی فرآوری شده باید بسیار کمتر از مقدار آن‌ها در کودهای شیمیایی باشد. به طور مثال، کشاورزان در مزارع خود، سالانه حدود ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل مصرف می‌نمایند. نظر به این که، غلظت مجاز کادمیوم در این کود وارداتی، بایستی کمتر از ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، لذا مقدار کادمیومی که با مصرف این مقدار کود شیمیایی وارد خاک زراعی می‌گردد، برابر پنج گرم است. حال اگر کشاورز بخواهد از یک تن در هکتار کود آلی استفاده نماید، حد مجاز کادمیوم در این کود آلی باید کمتر از ۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد.

دسترسی عناصر غذایی فسفر و روی در خاک و جذب آن‌ها توسط ذرت با استفاده از اشکال نشاندار ^{۳۲}P و ^{۶۵}Zn و همچنین، افزایش قابلیت دسترسی رادیوم-۲۲۶ (^{۲۲۶}Ra): یکی از رادیونوکلئیدهایی است که فعالیت رادیواکتیو آن به طور طبیعی در خاک‌های منطقه رامسر بیش از حد مجاز گزارش شده است. این رادیونوکلئید از راه‌های مختلفی نظیر خوردن غذا و آب یا استنشاق وارد بدن شده و پس از ورود در استخوان‌ها، جایگزین کلسیم شده و به خاطر نیمه عمر بیولوژیکی بالایی که دارد، باعث ایجاد سرطان و سایر اختلالات پزشکی می‌شود، جذب و انتقال آن در ذرت، نظامی (۱۳۹۴) چنین جمع‌بندی نمود که الف) اسیدهای آلی با غلظت ۱۰ میلی واحد در استخراج P از خاک و جذب آن توسط گیاه موثر بودند، اما در استخراج Zn و ^{۲۲۶}Ra از خاک‌های مورد نظر و جذب آن‌ها توسط گیاه نقش چندانی نداشتند. به نظر می‌رسد که برای استخراج آن‌ها غلظت‌های بالاتری از اسیدهای آلی نیاز باشد؛ ب) اگر چه تیمارهای اسید آلی باعث افزایش جذب و فاکتور انتقال ^{۲۲۶}Ra در گیاه نسبت به شاهد گردید، اما این مقادیر به علت این که بخش عمده ^{۲۲۶}Ra در فاز پایدار خاک بوده که براحتی و در کوتاه مدت برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد، به منظور فرآیند گیاه پالایی بسیار کم هستند و ت) به طور کلی نوع و غلظت اسیدهای آلی، نوع خاک، وضعیت عنصر

در خاک (نظیر مقدار و توزیع آن)، نوع گیاه و شرایط انجام آزمایش از عوامل مهمی هستند که بر نتایج به دست آمده تاثیرگذار می باشند. ایشان انجام آزمایش های بیشتری با غلظت های متفاوت اسیدهای آلی در خاک ها و گیاهان مختلف هم برای عناصر غذایی و هم ^{226}Ra پیشنهاد نمودند.

مواد آلی به دو گروه مختلف قابل تقسیم می باشند. الف) ماده آلی که در مراحل مختلف تجزیه بوده و ظاهر آن هنوز قابل تشخیص است (غیر هوموسی) و ب) ماده آلی که به طور کامل تجزیه شده و ساختاری که از آن تشکیل شده قابل تشخیص نیست (هوموسی). این دو گروه به همراه بخش زنده و مرده ای که جزء مواد آلی نیستند، تحت عنوان ماده آلی خاک شناخته می شوند. گروه دوم مواد آلی که به طور کامل تجزیه شده با قرار گرفتن در واکنش های آنزیمی و شیمیایی تشکیل پلیمرهایی تحت عنوان هوموس را می دهد. بخش غیر هوموسی از مواد آلی با خصوصیات شیمیایی مشخص تشکیل شده است: لیگنین ها، پروتئین ها (آمینواسیدها)، کربوهیدرات ها، پلی ساکاریدها، واکس ها، ملانین ها، کوتین ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و بیشتر ترکیبات بیوشیمیایی که توسط گیاهان و ریزجانداران خاک از این دسته اند. این ترکیبات منبعی برای تشکیل مواد هیومیکی (بخش هوموسی شده) است که از تجزیه و تخریب بیشتر در فرآیند هومیفیکاسیون به دست می آیند.

بیشتر هوموس خاک را پلیمری به نام اسیدهیومیک تشکیل می دهد. در ادامه به خلاصه دو نشریه فنی با عنوان های الف) نقش اسیدهای آلی ریزوسفر در قابل دسترس نمودن عناصر غذایی خاک برای گیاهان و ب) ضرورت تولید و استفاده از اسیدهای آلی (هیومیک و فولویک) برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی اشاره می شود:

الف- اسیدهای آلی ریزوسفر: در شرایطی که گیاه دارای رشد و نمو طبیعی باشد، مقدار زیادی از مواد معدنی و آلی بین ریشه و خاک تبادل می یابند که به طور اجتنابناپذیری منجر به تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی ریزوسفر (منطقه ای از خاک که بلافاصله ریشه گیاه را احاطه کرده و در اثر فعالیت های ریشه تغییر می یابد و اسیدهای آلی به طور معمول از این منطقه بدست می آیند) می شود. اسیدهای آلی ترکیبات کربنی هستند که دارای حداقل یک گروه کربوکسیل می باشند. اگرچه این تعریف، گروه بزرگی از ترکیبات را با تنوع ساختمانی از اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه تا ترکیبات ثانویه متابولیسم در بر می گیرد ولی اسیدهای آلی بیشتر شامل ترکیباتی با وزن مولکولی کم نظیر سیترات (citrate)، مالات (malate)، اگزالات (oxalate)، فامارات (famarate) و مالونات (malonate) هستند. گروه کربوکسیل باعث ایجاد بار منفی در اسیدهای آلی می شود و بسته به تعداد گروه های کربوکسیل، اسیدهای آلی شامل بارهای منفی متفاوت می باشند و به این دلیل قادر هستند با کاتیون های فلزی در محلول تشکیل کمپلکس داده و یا جایگزین آنیون ها در سطح خاک گردند. بنابراین، اسیدهای آلی در بسیاری از فرآیندهای خاک شامل حلالیت و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان و ریزجانداران، سمیت زدایی فلزی و رشد و تکثیر میکروبی در ریشه شرکت می کنند.

ب- اسیدهای آلی (هیومیک و فولویک): امروزه در برخی از کشورها، استفاده از انواع اسیدهای آلی

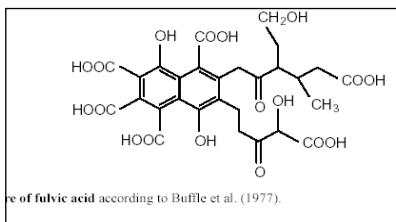
برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج زیادی یافته است. نمونه‌ای از این قبیل کودها، انواع کودهای هوموسی می‌باشد. این کودها به صورت نمک اسیدهای آلی هیومیک تحت نام‌های هومات پتاسیم و هومات آمونیم عرضه می‌گردند. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که مصرف مقادیر بسیار کم این مواد، اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک دارند. همچنین، به دلیل وجود ترکیبات هورمونی در هومات‌ها به‌ویژه در هومات پتاسیم، اثرات بسیار مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند. از این کودها به روش‌های مختلفی از جمله در سیستم‌های آبیاری تحت فشار، محلول پاشی، کشت‌های هیدروپونیک، مصرف خاکی و تلقیح باذر استفاده می‌گردد.

ترکیبات هوموسی مواد آلی مختلف، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولیک می‌باشند. اسید هیومیک با وزن ملکولی ۳۰,۰۰۰ تا ۳۰۰,۰۰۰ دالتون سبب تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول (کندرها) با عناصر کم مصرف می‌گردد. اسید فولیک نیز با وزن ملکولی کمتر از ۳۰,۰۰۰ دالتون با عناصر میکرو تشکیل کمپلکس‌های محلول می‌دهد. در شکل‌های سه و چهار، ساختمان‌های پیشنهادی اسید هیومیک و اسید فولیک و در جدول هشت نتایج تجزیه شیمیایی دو نمونه اسید آلی آورده شده است.

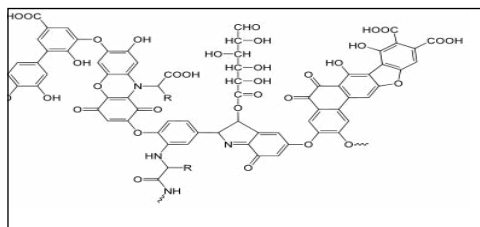
جدول ۸- مشخصات دو نمونه اسید آلی*

مشخصات کود	pH 1:100	درجه شوری (dS m ⁻¹)	اسید هیومیک	پتاسیم (K)	نیتروژن (N)	کربن آلی	آهن (Fe)	منگنز (Mn)
			(درصد)				(میلی گرم بر کیلوگرم)	
اسید هیومیک مایع	۱۲/۷	۲/۴	۹/۱	۵/۸	-	۵/۸۲	۱۰۳۸	-
کود آلی غنی شده	۹/۹	۱/۹	۴/۲	۵/۲	۴/۱	-	۴۰۷	۶۵

* غلظت عناصر غذایی در کود آلی غنی شده فسفر ۲/۷۸ درصد، روی ۱۲۶۵، مس ۶۷۴ و بور ۱۴۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود. ** نظر به این که اکثر خاک‌های زراعی کشور با تخلیه پتاسیم مواجه می‌باشند، لذا بهتر است از هومات پتاسیم استفاده شود.



شکل ۴- ساختمان پیشنهادی اسید فولیک که دارای وزن مولکولی کمتر از ۳۰,۰۰۰ دالتون است.



شکل ۳- ساختمان پیشنهادی اسید هیومیک که دارای وزن مولکولی بیش از ۳۰,۰۰۰ دالتون است.

اسیدهای فولویک ترکیبات هوموسی بوده که هم در اسید و هم در باز محلول هستند ولی اسیدهیومیک فقط در باز محلول می باشد. اسیدهیومیک دارای درصد کربن بیشتری نسبت به اسیدهای فولویک بوده، ولی اسیدهای فولویک اکسیژن بیشتری دارند. میزان گروه های کربوکسیل اسیدفولویک بیشتر از اسیدهیومیک بوده و در روش طیفسنجی منحنی هر یک از اسیدهای مذکور در طول موج معینی دارای یک پیک واضح می باشد. به طور کلی مواد هیومیکی دارای ویژگی های ساختاری آروماتیک و آلیفاتیک هستند. گروه های عامل غالب این ترکیبات، فنولیک و کربوکسیل بوده که منجر به بار سطحی و واکنش پذیری این مواد می گردد. وزن مولکولی و ترکیب عناصر مواد هیومیکی بسته به درجه پلیمریزاسیون، شرایط محیطی، نوع ماده آلی و فرآیند شیمیایی و زیستی تشکیل شده متفاوت است. این مواد که به طور معمول بر اساس حالیت شان تقسیم می شوند شامل اسیدهیومیک (با طول زنجیره کوتاه و متوسط)، اسیدفولویک (طول زنجیره بسیار کوتاه)، اسیداولئیک (طول زنجیره بلند) و هیومین می باشند. اسیدفلوویک ساختار شیمیایی ساده تر و طول زنجیره کوتاه تری نسبت به اسیدهیومیک داشته و در محیط های بازی و اسیدی محلول است، در حالی که اسیدهیومیک تنها در محیط بازی محلول است.

گیاهان قادر به جذب اسیدهیومیک و اسید فلوویک هستند. اما اسید اولئیک با طول زنجیره بلند را نمی توانند جذب نمایند. بخش زنجیره کوتاه اسیدهیومیک همراه با اسید فلوویک در درجه اول انتقال و حرکت عناصر غذایی را در گیاه و در درجه دوم حرکت این عناصر از خاک به گیاه را نیز افزایش می دهند. این در حالی است که بخش زنجیره متوسط اسیدهیومیک به آهستگی جذب گیاه شده و به دلیل مولکول بزرگ تر برای محلول پاشی نیز مناسب نمی باشد. مجموع این دو اسید می توانند میزان فراهمی عناصر غذایی به ویژه ریزمغذی ها را برای گیاه در کوتاه مدت و بلندمدت افزایش دهند. ترکیبات هوموس با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا که از یونیزه شدن گروه های عامل موجود در سطح آن ناشی می شود، قادرند از راه های مختلف شیمیایی و یا با ایجاد پل کاتیونی ذرات خاک را به هم پیوند داده و سبب تشکیل خاکدانه های پایدار شوند. مواد هیومیکی طبیعی از لایه های بالایی معادن زغال سنگ که تجزیه کامل نشده اند (لئوناردیت) استخراج می شوند. این مواد پس از جمع آوری، تصفیه و تغلیظ شده و به صورت گرانول و یا پودری استفاده می گردند. نوع مایع آن نیز پس از انحلال در اکسید هیدروکسید پتاسیم (KOH) و فیلتراسیون قابل استفاده بوده و دارای ۱۲ درصد اسیدهیومیک است.

در خاک اسیدهیومیک را می توان از کمپوست شهری و سایر منابع آلی به صورت مصنوعی تهیه و به عنوان اصلاح کننده بکار برد. اما کیفیت آن نسبت به نوع طبیعی بسیار پایین تر است. دارای خصوصیات بسیار خوبی برای بهبود کیفیت خاک بوده و اثربخشی آن ها در رشد گیاهان بسیار بیشتر از مواد هیومیکی مصنوعی است. محاسن این مواد آلی عبارتند از محرک رشد گیاه؛ افزایش کمی و کیفی محصول؛ بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک؛ تقویت و افزایش ظرفیت و توان تبادلات کاتیونی خاک؛ افزایش توسعه ریشه گیاه؛ افزایش دستیابی

گیاه به عناصر ریزمغذی؛ کاهش تنش‌های آبی و تنش‌های ناشی شوری و افزایش جوانه‌زنی بذر. اسیدهای هیومیک در خاک، سبب بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی (افزایش درصد نیتروژن کل در خاک؛ متعادل نمودن pH خاک‌های اسیدی و آهکی؛ افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک؛ افزایش جذب عناصر غذایی و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد) و زیستی و تجدید حیات (افزایش مقاومت گیاه به خشکی افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه؛ افزایش قطر دیواره سلولی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها؛ افزایش درصد جوانه‌زنی بذر؛ افزایش میکروب‌های مفید خاک؛ افزایش میزان ویتامین‌ها در گیاه؛ افزایش رشد ریشه؛ افزایش فتوسنتز در گیاه؛ افزایش میزان آنزیم‌ها در گیاه و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه) می‌گردند.

در گزارشی از جلگه‌رخ خراسان آمده است که با مصرف یک تا دو کیلوگرم بر هکتار اسیدهیومیک به صورت بذرمال، در مصرف کودهای فسفاتی به مقدار قابل توجهی صرفه‌جویی شده است (کشاورز، ۱۳۹۴). به دلیل این‌که اسیدهیومیک توانسته است فسفات‌های کلسیم غیرقابل استفاده و انباشته شده در این اراضی زراعی را برای گیاه قابل استفاده نماید. با توجه به تحقیقات متعدد در مورد اثرات مفید اسید هیومیک، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد: به‌منظور بهبود خصوصیات کمی- کیفی محصولات مختلف زراعی و باغی و سلامت خاک، استفاده از انواع اسیدهیومیک توصیه می‌گردد. استفاده از اسیدهیومیک به‌همراه سایر کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش کارایی و اثربخشی این کودها، پیشنهاد می‌شود. در خاک‌های زراعی ایران که اکثراً آهکی و دارای فقر مواد آلی می‌باشند، مصرف اسیدهیومیک می‌تواند نقش بسیار مهمی در تامین مواد آلی و افزایش جمعیت ریزجانداران مفید خاک داشته باشد. لازم به ذکر است که استفاده از اسیدهیومیک انواع تنش‌های محیطی نظیر شوری و کم‌آبی را نیز کاهش می‌دهد.

اسیدهیومیک را می‌توان (الف) توام با سایر کودهای شیمیایی و یا به‌طور مستقیم در خاک مورد استفاده قرار داد تا از این طریق باز یافت کودهای شیمیایی و میزان اثر بخشی آن‌ها افزایش یابد؛ (ب) در طول فصل رشد، به‌طور مستقیم در ناحیه رشد ریشه گیاه تزریق نمود؛ اسیدهیومیک را می‌توان از طریق آب آبیاری، مصرف خاکی و سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد استفاده قرار داد؛ (پ) همچنین می‌توان با بیشتر کودهای شیمیایی به‌غیر از کودهای اسیدزا مخلوط نمود؛ (ت) این ترکیب به‌طور مستقیم قابل مصرف بوده و برای گیاه سمیت ایجاد نمی‌نماید؛ (ث) در آب حل و با دیگر کودهای مایع نیز قابل اختلاط است و (ج) می‌توان این ترکیب را در تمامی مزارع سبزی و صیفی، محصولات ردیفی، انواع درختان میوه و گل‌های زینتی در سیستم‌های آبیاری تحت فشار و مصرف خاکی مورد استفاده قرار داد.

اسیدهیومیک به علت کاهش تنش‌های محیطی و غیر فعال نمودن سموم مصرفی در خاک، در سالم‌سازی خاک نقش مهمی دارند، لذا به عنوان کود آلی دوستدار طبیعت از آن‌ها نام برده می‌شود. در آزمایشی خیس نمودن غده‌های سیب‌زمینی به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۰/۰۲

درصد اسیدهای هیومیک، میزان عملکرد را ۲۳ درصد افزایش، کیفیت غده را بهبود و نیز میزان نیتрат غده‌ها را کاهش داد. همچنین در آزمایش دیگری با مصرف اسیدهیومیک رشد، عملکرد و کیفیت فلفل تولیدی نیز افزایش یافت. خیس نمودن بذره‌های کلم در محلول ۰/۰۱ درصد اسیدهای هیومیک به مدت ۱۲ ساعت، میزان عملکرد را ۶۰ درصد و در جو طول ساقه و ریشه را نیز به میزان قابل توجهی افزایش داد. مصرف خاکی اسیدهیومیک مایع در محصولات مختلف به میزان ۱۰ تا ۲۰ لیتر در هکتار نتایج بسیارخوبی درافزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات دارد. مقدار مصرف گرانول آن به میزان پنج تا شش کیلوگرم بر هکتار در سال بوده و بهتر است کاربرد آن در دفعات بیشتر و با مقادیر کمتر صورت گیرد. همچنین این محصول را می‌توان با دیگر مکمل‌های خاک مانند کمپوست به منظور افزایش فعالیت‌های زیستی به‌میزان یک تا دو کیلوگرم برای هر متر مکعب کودهای آلی مخلوط نمود. اسیدهیومیک را می‌توان به صورت بذرمال نیز (برای هر ۱۰۰ کیلوگرم بذر گندم، یک لیتر اسیدهیومیک مایع استفاده می‌شود)، مصرف نمود. اسیدهیومیک علاوه بر خاصیت اصلاح‌کنندگی ساختمان خاک، محرک رشد گیاه بوده و برای تمامی گیاهان زراعی و باغی به منظور افزایش عملکرد هکتاری، قابل استفاده است. اثر اسیدهیومیک و اسیدفولویک بر عملکرد گندم و کارآیی کود و آب در شرایط تنش خشکی توسط پورمراد (۱۳۹۵) بررسی گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد کاربرد توأم صرف خاکی اسیدهیومیک (۲۰ کیلوگرم بر هکتار) و محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار اسیدفولویک، بر عملکرد کل دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع اندام هوایی و خوشه، تعداد دانه در خوشه، غلظت عناصرغذایی، پروتئین دانه، کارآیی کود و آب بطور معنی‌داری موثر بود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد روش‌های تولید و مصرف اسیدهیومیک و سایر کودهای آلی به نشریه‌ها و کتاب‌های منتشرشده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب مراجعه و همچنین به دستورالعمل روی بسته‌های کود، توجه فرمایید.

یادآوری- از اسیدهای آلی نظیر اسیدهیومیک که دارای ملکول‌های درشت می‌باشند، بهتر است به صورت محلول‌پاشی استفاده نشود. بلکه لازم است مصرف آن‌ها به صورت بذرمال، همراه با آب آبیاری در مراحل پنجه‌زنی، ساقه‌روی و ظهور سنبله و در صورت ارزانی مصرف خاکی باشد. زیرا لازمه نفوذ مواد غذایی از کوتیکول (دیواره سلولی) برگ‌ها و عبور از غشاء پلاسمایی و ورود مواد به سیتوپلاسم، داشتن ملکول‌های کوچکتر مشابه ملکول‌های کود اوره است.

۷-۳-۳- هورمون‌های گیاهی: هورمون‌های گیاهی به ترکیبات آلی گفته می‌شود که در غلظت‌های بسیار کم قادر به کنترل فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان می‌باشند. هورمون‌های شناخته شده عبارتند از اکسین (ایندول استیک اسید- IAA)، جیبرلین، سیتوکینین، اسید آبسزیک و اتیلن. کودهای زیستی از جمله ازتو باکترها (PGPR) توانایی ساخت و ترشح هورمون‌های اکسین، جیبرلین و سیتوکینین را دارند. بیش از ۸۰ درصد موجودات ذره‌بینی ریزوسفری توانایی سنتز و ترشح ایندول استیک اسید (IAA) را دارند. مقادیر مختلف IAA اثرات فیزیولوژیک گوناگونی را در

گیاهان سبب می‌شوند. مقادیر زیاد IAA با افزایش اتیلن گیاهی موجب کاهش رشد طولی ریشه و مقادیر کم آن موجب تحریک رشد طولی ریشه می‌گردد (Marschner, ۱۹۹۵). پژوهشگران موسسه تحقیقات خاک و آب باکتری‌هایی را از خاک جداسازی نموده‌اند که قادرند IAA ترشح نمایند و با کاربرد این باکتری‌ها، ریشه‌زایی قلمه‌ها به ویژه قلمه‌های زیتون تسریع می‌گردد.

یادآوری- در شرایط فعلی که امر مصرف بهینه (متوازن) کودها در مزارع و باغ‌ها شکل نگرفته و همگانی نشده و عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی نیز بسیار پایین می‌باشد و با رعایت اصول بهینه مصرف کودی همزمان با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید، افزایش عملکرد هکتاری بیش از ۴۰ درصد به سهولت قابل دسترس می‌باشد و به عبارت دیگر، با رعایت اصول مصرف بهینه کودی به آسانی می‌توان عملکرد هکتاری را به مقدار قابل توجهی افزایش داد، لازم است اجازه ورود و مصرف هورمون‌های رشد گیاهی داده نشود. زیرا تحقیقات اصولی بر روی نقش هورمون‌ها و سرنوشت هورمون‌ها در زنجیره غذایی، سلامت دام و انسان انجام نشده است. مگر آنکه تحقیقات علمی بی‌ضرر بودن آن‌ها را برای سلامت دام و انسان تأیید نموده و یا وزارت بهداشت کشور تولیدکننده، به طور مکتوب بی‌ضرر بودن آن‌ها را مکتوب نموده باشد. این ممنوعیت عمدتاً شامل هورمون‌های رشد که بر روی برگ‌ها و یا میوه‌ها (چه قبل از برداشت و چه بعد از برداشت) مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌باشد و شامل هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین که برای ریشه‌زایی و افزایش دهنده حجم توده ریشه گیاهان برای قلمه‌ها کاربرد داشته، نمی‌شود.

۸-۳-۳- زمان، مقدار و روش‌های مصرف کودهای آلی: با توجه به کمبود مواد آلی، تنش شوری و کاهش کیفیت آب‌های آبیاری، لازم است ۲۵ درصد از کودهای مصرفی کشور (حدود ۸ تن در هکتار) را کودهای آلی تشکیل دهد. منتهی مصرف این نوع کودها بایستی به صورت عمقی-ردیفی-چالکود و قبل از کاشت باشد. به عبارت دیگر، نسبت بهینه (آرمانی) کودی در مقطع کنونی به صورت (کودهای آلی) ۲۵٪- (ریزمغذی) ۴٪- (گوگرد) ۳۰- (پتاسیم) ۲۵- (فسفر) ۳۰- (نیتروژن) ۱۰۰ باشد.

۴-۳- نوع و زمان مصرف کودهای زیستی

خاک یکی از پیچیده‌ترین اکوسیستم‌های جهان خلقت است. قسمت عمده‌ای از این پیچیدگی را می‌توان به دلیل بخش زنده آن نسبت داد. بیوتکنولوژی خاک به علم شناخت و به کارگیری موجودات زندهٔ خاکی و فرآیندهای سوخت‌وساز آن‌ها برای بهبود خصوصیات خاک‌ها و افزایش عملکرد گیاه اطلاق می‌شود. در این علم تلاش می‌شود موجودات زنده و به ویژه ریزجانداران خاکی که به نحوی در افزایش قابلیت استفاده گیاه از عناصر غذایی، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و به طور کلی افزایش عملکرد گیاه نقش دارند، انتخاب و به صورت کودهای زیستی (بیولوژیک) یا انواع مایه تلقیح‌ها در اختیار کشاورزان قرار گیرند. رایج‌ترین کودهای زیستی با استفاده از موجودات مربوط به گروه‌های زیر تهیه می‌شوند:

۱-۴-۳- باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی: تثبیت بیولوژیک نیتروژن فرآیندی است آنزیمی که توسط گروه خاصی از باکتری‌ها بنام دی‌آزوتروف انجام می‌شود و طی آن نیتروژن

عنصری اتمسفر (N_2) احیا شده و به فرم آمونیومی تبدیل می‌شود که قابل استفاده گیاهان می‌باشد. دو گروه کلی از این باکتری‌ها شامل انواع هم‌زیست و غیرهم‌زیست (همیار و آزادزی) قابل اشاره هستند. انواع هم‌زیست مانند ریزوبیوم‌ها به‌طور عمده در هم‌زیستی با گیاهان خانواده لگوم مانند نخود، لوبیا، یونجه و شبدر دیده می‌شوند و می‌توانند مقادیر زیادی تا حد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند. در گروه غیرهم‌زیست باکتری‌هایی مانند نیتروباکتر، آزوسپریلوم و هرباسپریلوم وجود دارند که با طیف وسیعی از گیاهان زراعی رابطه دارند. البته مقدار تثبیت نیتروژن در این گروه محدود بوده و به‌ندرت از ۵۰ کیلوگرم بر هکتار تجاوز می‌کند. روش‌های کاربرد مایه تلقیح‌های حاوی ریزوبیوم‌ها عبارتند از:

● **روش محلول آبکی:** در این روش که متداول‌ترین روش تلقیح کودهای زیستی ریزوبیومی است، بذرهاى مورد استفاده را همراه و یا بدون ماده چسباننده با آب مخلوط می‌کنند تا سوسپانسیونی سیال ساخته شود. سپس این سوسپانسیون به بذر اضافه می‌شود و به خوبی بهم زده می‌شود. سپس بذرها در سایه پهن شده و پس از خشک شدن اقدام به کشت می‌شود. در این روش غلظت بالای ماده چسباننده سبب بهم چسبیدن مایه تلقیح شده و تلقیح بذور بدرستی انجام نمی‌شود. از معایب دیگر این روش این است که در بسیاری از موارد کشاورزان از آب به تنهایی استفاده می‌کنند که سبب پایین آمدن کیفیت تلقیح می‌گردد.

● **روش دو مرحله‌ای:** در این روش در مرحله اول بذرها درون ظرف مناسب یا کیسه پلاستیکی ریخته شده و به آن محلول چسباننده (محلول ۲۰ درصد شکر، ۴ درصد متیل اتیل سلولوز و یا ۴۰ درصد صمغ عربی) اضافه شده و به خوبی بهم زده می‌شود تا بذرها چسبناک شوند. در مرحله دوم مایه تلقیح (عمدتاً از نوع پودری) به بذرها اضافه شده و به خوبی بهم زده می‌شود تا مایه تلقیح به‌طور یکنواخت به بذرها بچسبد. سپس بذرها در سایه خشک شده و اقدام به کشت می‌شود. کارایی این روش به دلیل استقرار بهتر باکتری بر روی بذر بیشتر از سایر روش‌هاست. در صورت استفاده از صمغ عربی به عنوان ماده چسباننده لازم است pH آن توسط سود یک نرمال روی هفت تنظیم گردد. امروزه برخی از شرکت‌ها اقدام به تولید مایه تلقیح‌های ریزوبیومی مایع نموده‌اند که در این صورت غالباً ماده چسباننده در فرمولاسیون آن لحاظ شده است و لذا استفاده از ماده چسباننده مورد نیاز نیست. اهم مایه تلقیح‌های حاوی ریزوبیوم‌ها عبارت است از:

● **مایه تلقیح یونجه:** ماده مؤثر آن *Sinorhizobium meliloti* و تعداد سلول زنده در هر میلی لیتر (Cfu) 10^8 سلول زنده از هر یک از باکتری‌ها در هر میلی گرم است. مایه تلقیح بیوالفا مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های هم‌زیست ریشه یونجه می‌باشد که از خاک‌های ایران جمع‌آوری و خالص گردیده است. مزایای استفاده از کود بیوالفا عبارتند از کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی به میزان حداقل ۶۰ درصد، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، افزایش حجم ریشه گیاه، افزایش عملکرد محصول در واحد سطح، کاهش هزینه‌های تولید به دلیل کاهش مصرف کود شیمیایی، افزایش درآمد به دلیل افزایش عملکرد محصول در واحد سطح و دوستدار محیط زیست.

روش مصرف بذرمال (تلقیح بذر): بذور مورد نیاز برای یک هکتار را روی پلاستیک تمیز و یا درون بشکه دوار ریخته، یک کیلوگرم پودر سفید همراه جعبه را در دو لیتر آب کاملاً حل کرده و به بذرها اضافه نمایید تا بذرها کاملاً چسبناک شوند، سپس تدریجاً روی بذر بپاشید. بذر را با دست و یا حرکت دادن بشکه دوار کاملاً با بیوآلفا مخلوط نمایید. پس از خاتمه عملیات تلقیح بذر، آن را در سایه پهن کنید تا بذر خشک شود. بذرهای تلقیح شده، آماده کشت می باشند. شرایط نگهداری: بیوآلفا را در انبار خشک و خنک، دور از تابش نور خورشید نگهداری نمایید. شرایط انبار با درجه حرارت ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد بیوآلفا را می توان به مدت ۶ ماه نگهداری نمود. برای نگهداری طولانی (یکسال)، بیوآلفا را در ۴ درجه سانتی گراد نگهداری نمایید.

● مایه تلقیح نخود: ماده مؤثر *Mesorhizobium cicero* و 10^8 سلول زنده در هر میلی لیتر (Cfu) از هر یک از باکتری ها در هر میلی گرم دارد. مایه تلقیح نخود مجموعه ای از مؤثرترین باکتری های هم زیست ریشه نخود می باشد که از خاک های ایران جمع آوری و خالص گردیده است.

روش مصرف: بذور مورد نیاز برای یک هکتار را روی پلاستیک تمیز و یا درون بشکه دوار ریخته، یک کیلوگرم پودر سفید همراه جعبه را در دو لیتر آب کاملاً حل کرده و به بذرها اضافه نمایید تا بذرها کاملاً چسبناک شوند سپس کود زیستی نخود را تدریجاً روی بذر بپاشید. بذر را با دست و یا حرکت دادن بشکه دوار کاملاً با کود زیستی نخود مخلوط نمایید. پس از خاتمه عملیات تلقیح بذر، آن را در سایه پهن کنید تا بذر خشک شود. بذرهای تلقیح شده آماده کشت می باشند.

شرایط نگهداری: مایه تلقیح نخود را در انبار خشک و خنک دور از تابش نور خورشید نگهداری نمایید. شرایط انبار با درجه حرارت ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد مایه تلقیح نخود را می توان به مدت ۶ ماه نگهداری نمود. برای نگهداری طولانی یکسال، مایه تلقیح نخود را در ۴ درجه سانتی گراد نگهداری نمایید.

● مایه تلقیح سویا: ماده مؤثر آن *Bradyrhizobium japonicum* و 10^8 سلول زنده در هر میلی لیتر (Cfu) از هر یک از باکتری ها در هر میلی گرم دارد. مایه تلقیح سویا مجموعه ای از مؤثرترین باکتری های هم زیست ریشه سویا می باشد که از خاک های ایران جمع آوری و خالص گردیده است. مزایای استفاده از مایه تلقیح سویا عبارتست از کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی و دوستدار محیط زیست.

مقدار و نحوه مصرف: مایه تلقیح سویا را به صورت بذرمال (تلقیح بذر) در محصول سویا مصرف نمایید. روش مصرف بذرمال (تلقیح بذر): بذور مورد نیاز برای یک هکتار را روی پلاستیک تمیز و یا درون بشکه دوار ریخته، یک کیلوگرم از پودر سفید همراه جعبه را در دو لیتر آب کاملاً حل کرده و به بذرها اضافه نمایید تا بذرها کاملاً چسبناک شوند سپس مایه تلقیح سویا را تدریجاً روی بذر بپاشید. بذر را با دست و یا حرکت دادن بشکه دوار کاملاً با مایه تلقیح سویا مخلوط نمایید. پس از خاتمه عملیات تلقیح بذر، آن را در سایه پهن کنید تا بذر خشک شود. بذرهای تلقیح شده آماده کشت می باشند.

برای اختلاط بذر با مایه تلقیح سويا استفاده از دستکش توصیه می‌شود. هنگام اجرای عملیات تلقیح بذر، از خوردن، نوشیدن و کشیدن سیگار خودداری نمایید. پس از خاتمه عملیات، دست و صورت را با آب و صابون شستشو نمایید.

۲-۴-۳- باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه: باکتری‌های مفید موجود در ریزوسفر (لایه نازک خاک اطراف ریشه) به نام باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) معروفند. این باکتری‌ها با اعمال مکانیسم‌های متعدد موجب افزایش رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌شوند. از باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌توان به جنس‌های سودوموناس، ازتوباکتر، آزوسپریلوم، فلاوباکتریوم، باسیلوس و آرتروباکتر اشاره کرد. این باکتری‌ها با مکانیسم‌هایی مانند تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، تولید سیدروفور و حلالیت فسفات‌های نامحلول می‌توانند تأثیرات مثبتی بر توسعه ریشه‌ها و جذب آب و عناصر غذایی داشته باشند و در نهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی شوند. نحوه مصرف این کودها عمدتاً به صورت بذرمال و یا کاربرد در نشاء و در خزانه است. در مجموع تلقیح یک گیاه خزانه‌ای در سه زمان امکان‌پذیر بوده که از کارآیی متفاوتی برخوردار می‌باشند. این زمان‌ها شامل زمان کاشت بذر یا قلمه در خزانه، زمان نگهداری گیاه در خزانه و زمان انتقال گیاه به مزرعه می‌باشد. در صورتی که به لحاظ اقتصادی امکان تلقیح در هر سه مرحله باشد بهترین نتیجه حاصل خواهد شد. درغیراین‌صورت دو تلقیح تجمعی مرحله اول و سوم بیشترین تأثیر را خواهد داشت. پس از آن تلقیح منفرد در مرحله اول و یا مرحله سوم از کارآیی بیشتری برخوردار می‌باشند. روش تلقیح اضطراری به صورت کودآبیاری در سطح بستر از کمترین تأثیر برخوردار می‌باشد. برای تلقیح نشاء ابتدا ظرف تمیز مناسبی را تهیه کرده و کود بیولوژیک مورد نظر را به داخل آن منتقل کنید. پس از آن ریشه گیاه را به مدت ۲۰ دقیقه داخل محلول کودنگهداری کنید. مقدار کودمصرفی بستگی زیادی به حجم ریشه گیاه مورد نظر دارد.

● **روش کاربرد مایه تلقیح‌های حاوی تثبیت‌کننده‌های آزادزی و همیار مانند ازتوباکتر و آزوسپریلوم:** در این مورد روش استفاده عمدتاً به صورت تلقیح بذری است. هر چند روش‌هایی مانند استفاده در آب آبیاری و یا محلول‌پاشی نیز اثرات مثبتی داشته‌اند. میزان مصرف متفاوت بوده و غالباً بر اساس میزان بذر مصرفی یا تعداد نشاء و یا اندازه نهال متفاوت است. مقدار مایه تلقیح ازتوباکتر مورد نیاز برای تلقیح محصولات مختلف متفاوت بوده و به‌ازاء هر ۱۰۰ کیلوگرم بذر مصرفی مقدار آن یک تا دو کیلوگرم (یک تا دو لیتر) متفاوت می‌باشد. اهم مایه تلقیح حاوی ازتوباکتر عبارت است از:

● **مایه تلقیح ازتوباکتر:** مایه تلقیح‌های ازتوباکتر حاوی تعدادی از باکتری‌های مفید و بسیار کارآ از جنس Azotobacter و Azospirillum می‌باشد. مایه تلقیح‌های ازتوباکتر یا ازتوباکتین به صورت پودری در بسته‌های یک کیلوگرمی با جمعیت 10^7 از هر یک از باکتری‌ها، تولید و ارائه می‌شود. این باکتری‌های مفید که از مشهورترین انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند، با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی چون تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید هورمون اکسین و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، قادر به افزایش

عملکرد گیاهان باغی و زراعی به خصوص گندم می‌باشند. این باکتری‌ها از طریق ترشح انواع آنتی‌بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن، سیدروفور و غیره، از تهاجم بسیاری از عوامل بیماری‌زا به ریشه نیز جلوگیری می‌نمایند. این ریز جانداران مفید قادرند با استفاده از مکانیسم‌های مذکور تا بیست درصد افزایش عملکرد را باعث گردند. این مایه تلقیح علاوه بر گندم برای سایر گیاهان زراعی و باغی به خصوص در پرورش نهال‌های درختان میوه قابل مصرف می‌باشد. چون این مایه تلقیح سبب افشان شدن و افزایش سطح ریشه گیاهان می‌شود، لذا در صورت استفاده از آن در گیاهان مختلف زراعی و باغی، عملکرد افزایش خواهد یافت.

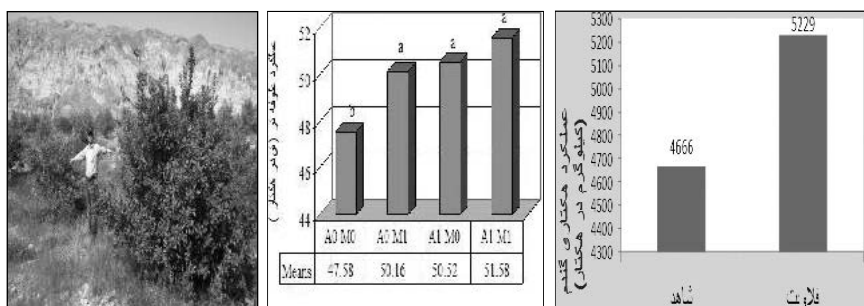
نحوه مصرف: ابتدا کل بذر مصرفی را در داخل یک محفظه گردان بریزید. آن‌گاه با استفاده از آب (تقریباً دو لیتر برای کل بذر مصرفی در هکتار) سطح بذر را مرطوب نمایید. پس از آن هم‌زمان با چرخاندن محفظه مایه تلقیح‌های ازتوباکتین یا ازتوباکتر رانیز به آن اضافه نمایید. این کار را به مدت ۵ دقیقه تکرار کنید تا مایه تلقیح به خوبی سطح بذر را پوشش دهد. بهتر است برای چسباندن مایه تلقیح به بذر به جای آب، از محلول پنج درصد سریش، صمغ عربی و یا محلول ۲۰ درصد شکر استفاده نمایید. پس از آن به مدت ده دقیقه بذور را روی یک سطح تمیز و در سایه، هوا خشک نمایید. حال بذور آماده کاشت می‌باشند. در صورت نداشتن محفظه گردان، می‌توان با استفاده از کیسه‌های خیاری این عملیات را با مقدار کمتر بذر و دفعات بیشتر انجام داد. مقدار مصرف مایه تلقیح‌های ازتوباکتین یا ازتوباکتر برای بذر گندم یک الی دو کیلوگرم به ازای هر صد کیلوگرم بذر می‌باشد. غریبال‌گری باکتری‌های ازتوباکتر و بررسی نقش آن‌ها در رشد ذرت در شرایط تنش خشکی توسط شیرین‌بیان (۱۳۹۵) بررسی و ایشان به این نتیجه رسید که این باکتری‌ها علاوه بر تولید سیدروفور و داشتن قدرت حل‌کنندگی فسفات‌های آلی و معدنی، توان بالایی در تحمل به تنش خشکی (۲۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب) از خود نشان دادند.

یادآوری - از پوشش مایه تلقیح به روی بذر مطمئن شوید؛ مایه تلقیح را در جای خشک و خنک نگهداری کنید؛ از حرارت دادن یا قرار دادن مایه تلقیح در معرض نور مستقیم خورشید خودداری شود؛ و عمر مفید مایه تلقیح ازتوباکتر (ازتوباکتین) از تاریخ تولید حداکثر ۶ ماه می‌باشد و لازم است هنگام مصرف به تاریخ تولید کودهای زیستی توجه شود.

● **کود (محرک) زیستی فلاویت:** محرک زیستی فلاویت نتیجه قریب ده سال پژوهش در خصوص باکتری‌های محرک رشد گیاه در موسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد. در این پژوهش حدود ۲۰۰ باکتری بومی مفید خاکزی از جنس‌های مختلف طی مراحل مختلف از خاک‌های زیر کشت گندم جداسازی شدند. غریبالگری باکتری‌ها و انتخاب انواع برتر در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای انجام و در نهایت کارآیی انواع منتخب بر عملکرد گندم در استان‌های فارس، مازندران، سمنان، خراسان رضوی و خوزستان (صفی آباد دزفول) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش‌ها در سال ۱۳۹۲ بصورت دانش فنی به ثبت رسید.

مشخصات محرک زیستی فلاویت: الف) بسته بندی و فرمولاسیون: یک لیتری بصورت مایع، **ب) روش و مقدار مصرف:** دو لیتر بر هکتار بصورت بذرمال در هنگام کشت، **پ) مزایای مصرف:** افزایش عملکرد گندم در شرایط مختلف آب و هوایی، سازگاری با کلیه ارقام گندم در کشور، بهبود

جوانه زنی و سرعت رشد گیاهچه و عاری از هر گونه آلاینده محیطی بوده و دارای گواهی ثبت از موسسه تحقیقات خاک و آب می باشد. همچنین، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ محرک زیستی فلاویت در قالب آزمایش های تحقیقی- ترویجی در ۲۵ استان کشور (در سی مزرعه) در اراضی تحت کشت گندم مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد کاربرد کود زیستی فلاویت به میزان دو لیتر بر هکتار سبب افزایش عملکرد گندم تا ۱۲ درصد شد (شکل ۵). دانش فنی تولید فلاویت در سال ۱۳۹۴ به شرکت جهاد نصر استان مرکزی واگذار شد و این شرکت با آماده سازی مقدمات تولید، این کود زیستی را از مرداد ماه ۱۳۹۴ روانه بازار مصرف نموده است. تهیه این کود زیستی از طریق تماس با شرکت جهاد نصر استان مرکزی واقع در اراک، سه راهی خمین، کمربندی شمالی، جنب سازمان اتوبوسرانی، کد پستی ۳۸۱۹۳۳۴۱۶۵، تلفن ۰۲۶۶۸۰۳۴۰۳۴۶۸ و دورنگار: ۰۲۶۶۷۰۳۴۰۳۴۰ امکان پذیر می باشد.



شکل ۵- نقش مصرف جداگانه و توأم کودهای زیستی فلاویت و مایکورت در افزایش عملکرد هکتاری گندم، ذرت علوفه ای و رشد مطلوب درختان میوه (اهدایی جنابان آقایان دکتر اسدی رحمانی و دکتر رجالی، ۱۳۹۴)

۳-۴-۳- قارچ های میکوریزی: قارچ های میکوریزی از با اهمیت ترین ریزجانداران خاکری می باشند. این قارچ های میکروسکوپی ویژه می توانند در همزیستی با گیاهان در ازای دریافت مواد آلی مورد نیاز خود، عناصر غذایی معدنی با تحرک اندک در خاک به ویژه فسفر و آب را جذب و در اختیار گیاه همزیست قرار دهند. بدین ترتیب، تغذیه معدنی گیاهان بهبود یافته و در نتیجه گیاه میزبان از رشد و عملکرد بهتری برخوردار می شود. همچنین، بواسطه توسعه سطح جذبی ریشه ها، گیاه آب بیشتری از خاک جذب و گیاه را در مقابل تنش های خشکی مقاوم می سازد. در شرایط تنش شوری، مقادیر کمتری از عناصر مضر از جمله سدیم و کلر جذب گیاهان همزیست با قارچ های میکوریزی می گردد. بدلیل بهبود وضعیت تغذیه ای و رشد بهتری که گیاهان میزبان قارچ های میکوریزی دارند، مقاومت آن ها در برابر برخی از ریزجانداران بیماری زا نیز افزایش می یابد. بدین ترتیب، با کاربرد این ریزجانداران مفید، می توان علاوه بر تامین مقدار قابل ملاحظه ای از فسفر مورد نیاز گیاه و افزایش کارایی آب و کود، مقاومت گیاه را در برابر تنش های زنده و غیرزنده نظیر خشکی، شوری و تراکم خاک افزایش داد (رجالی، ۱۳۸۹).

• روش‌های استفاده مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی

الف- مصرف سطحی: برای احداث فضاهای سبز چمنی و ایجاد بستر مناسب برای گل‌ها و گیاهان زینتی از این روش استفاده می‌شود. بدین ترتیب، بعد از تسطیح زمین، مایه تلقیح قارچ را به سطح خاک اضافه کرده و آن را با لایه نازکی از خاک، ارتفاع حدود سه سانتی‌متر پوشانده و سپس نسبت به کشت بذر گیاهان چمنی و پوششی اقدام می‌نمایند.

ب- مصرف گلدانی: برای کاشت گیاهان گلدانی زینتی و غیر زینتی، مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی را می‌توان به صورت یک لایه در خاک بستر گیاه و در ناحیه زیر ریشه قرار داد و یا مایه تلقیح قارچ را با خاک گلدان مخلوط و سپس نسبت به کاشت گیاه اقدام نمود.

پ- باغ‌های جدید: بهترین زمان برای کاربرد مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی برای احداث باغ‌های جدید، در زمان کاشت نهال‌ها می‌باشد. در این زمان می‌توان مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی را در کف کانالکود و یا چالکود در نظر گرفته شده برای کاشت نهال اضافه کرده و پس از قراردادن نهال در چال و اطمینان از تماس مستقیم ریشه گیاه با مایه تلقیح، کانالکود و یا چالکود را با خاک سطحی همراه با کودهای دامی-شیمیایی و مواد آلی پر نمود و یا می‌توان مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی را با مواد تهیه شده برای کاشت نهال مخلوط کرده و برای پر کردن چال در نظر گرفته شده برای کاشت نهال از این ترکیب استفاده نمود.

ت- احیاء و جوان‌سازی باغ‌های فرسوده: در این روش مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی را به صورت ژلاتینی تهیه کرده با کمک نازل‌های ویژه‌ای و با استفاده از فشار هوا در عمق ۶۰ الی ۱۰۰ سانتیمتری خاک و در مجاور سیستم ریشه‌ای گیاه تزریق می‌نمایند. پس از تزریق به تدریج رابطه همزیستی میکوریزی در سیستم ریشه‌ای گیاه ایجاد شده و با افزایش سطح جذب کنندگی ریشه و جذب بیشتر آب و عناصر معدنی به گیاه رشد مجدد درختان آغاز می‌گردد.

ث- مصرف ردیفی: برای استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی در کشت گیاهان زراعی، پس از ایجاد ردیف‌های کشت، مایه تلقیح را در کف جوی‌های ایجاد شده همانند کودهای شیمیایی و زیر بذر اضافه کرده و با خاک می‌پوشانند.

ج- مصرف حجمی (مناسب برای خزانه‌ها): خزانه‌ها بهترین مکان برای استفاده از قارچ‌های میکوریزی می‌باشند. زیرا معمولاً موادی که به عنوان بستر کشت در خزانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، اعم از مواد آلی و معدنی عموماً فاقد قارچ‌های میکوریزی هستند و دیگر اینکه به دلیل وجود تعداد زیادی گیاهچه و یا قلمه در یک فضای محدود، می‌توان با استفاده از مقدار کمی از مایه تلقیح، رابطه همزیستی میکوریزی را در تمامی گیاهچه‌ها و یا قلمه‌های موجود در خزانه بوجود آورد. بسته به ماهیت فیزیکی مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی، به دو صورت از این فرآورده‌های بیولوژیک (زیستی) در خزانه استفاده می‌شود. اگر مایه تقلیح به صورت فرم پودری باشد، بهترین حالت مخلوط کردن آن با مواد تشکیل‌دهنده بستر خزانه با یک نسبت مشخص می‌باشد و اگر مایه تلقیح به صورت ژل باشد، پس از حل کردن آن در آب و بوجود آمدن یک ماده ژلاتینی، ریشه گیاهان چند دقیقه

در این ماده فرو برده شده و پس از اینکه ژلاتین کل سطح سیستم ریشه‌ای را پوشاند، نسبت به کاشت قلمه‌ها و یا نهال‌ها اقدام می‌گردد.

چ- تلقیح بذری: مدرن‌ترین روشی که هم اکنون در دنیا برای تولید این فرآورده بیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، تکثیر این قارچ‌ها به روش کشت درون شیشه‌ای است. مایه تلقیح تولیدی در این روش به دلیل غنی بودن از اندام فعال قارچ و حجم کم، این امکان را بوجود آورده تا بتوان آن‌ها را به صورت تلقیح بذری مورد استفاده قرار داد (رجالی، ۱۳۸۹). در روش تلقیح بذری، در مرحله اول بذور مورد نظر را با یک ماده چسباننده آغشته کرده، سپس مایه تلقیح قارچ را به آن اضافه و کاملاً با هم مخلوط می‌نمایند به گونه‌ای که تمامی بذرها با یک لایه یکنواخت از مایه تلقیح پوشانده شود. در نهایت پس از خشک شدن رطوبت سطحی بذره‌ای تلقیح شده، نسبت به کاشت آن‌ها اقدام می‌شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مقدار و نحوه مصرف این مایه‌های تلقیح به نوشتار روی بسته‌ها توجه فرمایید. در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ نقش قارچ‌های میکوریز-آربسکولار در افزایش رشد در شرایط تنش خشکی و در گسترش بهتر سیستم ریشه‌ای نهال‌های بادام و پسته نشان داده شده است (اهدایی جناب آقای دکتر رجالی، ۱۳۹۴).



شکل ۸- تاثیر استفاده از قارچ‌های میکوریزی در افزایش رشد سیستم ریشه‌ای نهال پسته



شکل ۷- تاثیر استفاده از قارچ‌های میکوریزی در افزایش رشد سیستم ریشه‌ای نهال بادام



شکل ۶- تاثیر استفاده از قارچ‌های میکوریزی در افزایش رشد مرکبات در شرایط تنش خشکی

خوشبختانه هم‌اکنون این نهاده زیستی ارزشمند حاوی قارچ‌های میکوریز- آربسکولار با نام تجاری مایکوروت توسط شرکت دانش بنیان زیست فناور پیش‌تاز واریان واقع در استان البرز به تولید انبوه رسیده است. کارآیی این کود زیستی در طی انجام پروژه‌های تحقیقاتی متعدد در قالب انجام پایان نامه‌ها و رساله‌های دانشجویی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری دانشگاه‌های سراسر کشور و طرح‌های تحقیقاتی پیاده شده در موسسه تحقیقات خاک و آب به اثبات رسیده که برای مشاهده برخی از نتایج به دست آمده و همچنین تهیه کود زیستی مایکوروت تولیدی می‌توانید به آدرس تارنمای (وب سایت) www.bio-zpv.com و آدرس الکترونیکی info@bio-zpv.com مراجعه و یا با شماره ۰۲۶) ۳۲۵۳۹۴۸۳ تماس حاصل فرمایید.

۴-۳- ریزجانداران حل‌کننده فسفات‌های نامحلول: خاک‌های ایران به دلیل ماهیت آهکی خود دارای اسیدیته بالاتر از ۷/۵ می‌باشند که این امر سبب رسوب کلسیم موجود در خاک با کودهای فسفاتی به کار رفته می‌گردد. این امر سبب رسوب و نامحلول شدن فسفر در خاک شده و عملاً

آن را از دسترس گیاهان خارج می‌سازد. تخمین زده می‌شود بیش از ۷۰ درصد کودهای شیمیایی فسفاتی به کار رفته در خاک‌های آهکی در سال اول بدین ترتیب رسوب کرده و توسط گیاه قابل جذب نخواهند بود. یکی از راهکارهای موجود بهره‌گیری از برخی میکروارگانیزم‌های خاکزی از جمله باکتری‌ها و قارچ‌هایی است که می‌توانند با ترشح انواع اسیدهای آلی مانند اگزالیک سبب انحلال ترکیبات کم محلول فسفر شده و قابلیت جذب آن‌ها را افزایش دهند. آزمایش‌های انجام شده نشان داده است که استفاده از این میکروارگانیزم‌ها در قالب انواع کودهای زیستی می‌تواند در افزایش کارایی و کاهش مصرف کودهای فسفاتی مؤثر باشد. روش مصرف کودهای زیستی حاوی میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفر مشابه باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه است، هر چند ممکن است اختلافاتی بر اساس نوع باکتری مورد استفاده، گیاه هدف و فرمولاسیون شرکت سازنده دیده شود.

۵-۴-۳- ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد: گوگرد از عناصر مورد نیاز گیاهان زراعی است و در عین حال برای اصلاح خاک‌های شور و قلیایی استفاده می‌گردد. باکتری‌های جنس تیوباسیلوس نیز که به‌طور طبیعی ولی در جمعیت‌های اندک در بسیاری از خاک‌های زراعی ایران دیده می‌شوند، در صورتی که مقدار گوگرد کافی برای تأمین انرژی لازم جهت رشد و تکثیر را در اختیار داشته باشند، می‌توانند با تولید اسیدسولفوریک، pH محیط اطراف خود را به‌طور موضعی کاهش دهند و در آزاد سازی فسفر از ترکیب‌های معدنی نامحلول و کودهای حاوی خاک فسفات مؤثر واقع شوند. با این تمهیدات می‌توان نسبت به اصلاح خاک‌ها و نیز افزایش جذب گوگرد و جذب فسفر و بسیاری از عناصر کم‌مصرف اقدام کرد. در این صورت صرفه‌جویی قابل توجهی در کودهای فسفاتی و یا افزایش در کارایی آن‌ها حاصل خواهد شد. براساس مطالعات انجام شده در ایران می‌توان گوگرد را با ۱-۲ درصد وزنی از مایه تلقیح تیوباسیلوس مخلوط کرده و مورد استفاده قرار داد. گوگرد مورد استفاده باید به صورت پودری یا پلیت شده با موادی مانند بنتونیت باشد که پس از کاربرد و در تماس با رطوبت به راحتی پخشیده شود. مقدار مصرف گوگرد بستگی به فاکتورهای متعددی از قبیل درجه قلیائیت خاک، درصد رس و نوع گیاه کشت شده متفاوت است و می‌تواند از ۲۰۰ کیلوگرم تا بیش از دو تن در هکتار متغیر باشد. اهم مایه تلقیح حاوی ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد عبارت است از:

● **مایه تلقیح تیوباسیلوس:** مایه تلقیح تیوباسیلوس حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین و مؤثرترین میکروارگانیزم‌های اکسیدکننده گوگرد می‌باشد که از خاک‌های ایران جدا، شناسائی و خالص گردیده‌اند. ماده مؤثر باکتری‌های جنس *Thiobacillus* spp و تعداد اندام فعال باکتری (Cfu) 10^8 باکتری در هر گرم می‌باشد. مایه تلقیح تیوباسیلوس می‌تواند گوگرد عنصری را در کوتاه‌ترین زمان و به مقادیر زیاد در خاک اکسید نماید. اکسایش گوگرد علاوه بر کاهش pH خاک و فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذایی برای ریشه گیاهان، با تولید سولفات موجب جذب شدن گوگرد که از عناصر بسیار مهم در تغذیه و سلامت گیاهان است خواهد شد. برای اطمینان از انتخاب گوگرد مناسب برای اصلاح اسیدیته خاک، آن را در آب بریزید، در صورتی که گرانول‌های گوگرد در آب متلاشی نگردید باید از مصرف آن خودداری نمایید.

به عبارت ساده‌تر، از مصرف گوگردهایی که از طریق ذوب شدن به شکل گرانول یا پلیت درآمده‌اند، باید خودداری شود.

دستورالعمل استفاده

الف- در باغ‌های میوه: در باغ‌های میوه، مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد پودری و مواد آلی و با استفاده از روش چالکود مصرف می‌شود. در این روش ابتدا یک بسته از مایه تلقیح تیوباسیلوس را با ۲۵ الی ۵۰ کیلوگرم گوگرد پودری مخلوط و آن‌گاه به‌طور مجموع مقدار دو الی سه کیلوگرم از آن را در یک و یا چند چاله (به قطر ۳۵ سانتی‌متر و عمق ۵۰ سانتی‌متر) که در یک سوم قسمت انتهایی سایه‌انداز هر درخت حفر شده است، بریزید. در صورت موجود بودن برگ‌های کاملاً پوسیده یا کودهای حیوانی و یا کمپوست می‌توانید آن‌ها را نیز به مخلوط نهایی اضافه کرده و در چاله‌ها بریزید. سعی کنید چاله‌ها هیچ‌گاه کاملاً خشک و یا غرقاب نگردند.

ب- در گیاهان زراعی: در گیاهان زراعی، عموماً مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد گرانوله و با استفاده از روش نواری و یا با استفاده از کودکار- بذرکار مصرف می‌شود. در این روش نیز به ازاء هر ۵۰ کیلوگرم گوگرد گرانوله دو بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس ۵۰۰ گرمی با آن مخلوط و آن‌گاه با استفاده از ماشین‌آلات مناسب به‌طور نواری مصرف می‌شود. سفالایی، ۱۳۹۳ برای بررسی روش و زمان مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس، مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۲ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام داد. تیمارهای آزمایشی شامل، تیمار اول (شاهد)= کوددهی بر مبنای تجزیه خاک به استثناء مصرف گوگرد؛ تیمار دوم = تیمار اول + مصرف گوگرد آلی گرانوله؛ تیمار سوم = تیمار دوم + مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس قبل از کاشت (هم‌زمان با کوددهی)؛ تیمار چهارم = تیمار دوم + مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با آبیاری پائیزه؛ تیمار پنجم = تیمار دوم + مصرف دو برابر مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با آبیاری پائیزه؛ تیمار ششم = تیمار دوم + مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با آبیاری بهار؛ تیمار هفتم = تیمار دوم + مصرف دو برابر مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با آبیاری بهار بودند. نتایج نشان داد که مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با آب آبیاری پائیزه بیشترین عملکرد را در بین سایر تیمارها داشت. با عنایت به نتایج حاصله و دشواری مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس قبل از کاشت برای کشاورزان، انجام تحقیقات مزرعه‌ای بیشتر با مقادیر متفاوت گوگرد اولیه خاک مخصوصاً در خاک‌های غیر گچی که مقدار گوگرد آن‌ها با استفاده از روش توربیدی متری کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (سطح بحرانی) می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد.

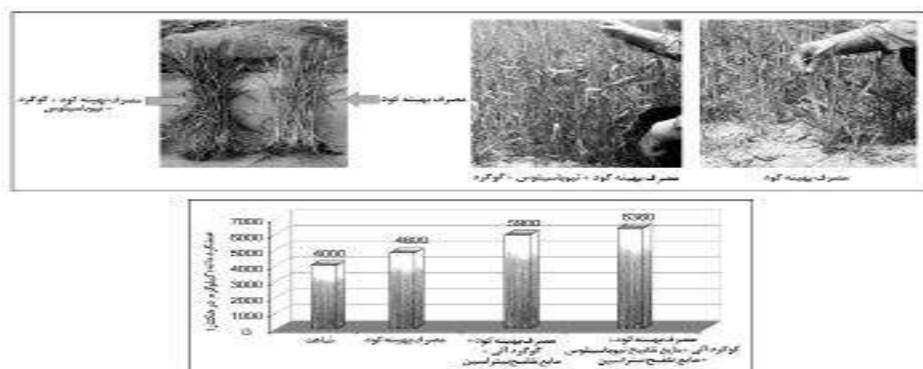
پ- اختلاط با بذور مصرفی: ابتدا کل بذر مصرفی را در داخل یک محفظه گردان بریزید. آن‌گاه با استفاده از آب (تقریباً یک لیتر برای کل بذر مصرفی در هکتار) سطح بذر را مرطوب نمایید. پس از آن هم‌زمان با چرخاندن محفظه، مایه تلقیح‌های تیوباسیلوس و ازتوباکتر را نیز به آن اضافه نمایید. این کار را به مدت ۵ دقیقه تکرار کنید تا مایه تلقیح‌ها به خوبی سطح بذر را پوشش دهند.

بهتر است برای چسباندن مایه تلقیح‌ها به بذر به جای آب، از محلول ۵ درصد سریش، صمغ عربی و یا محلول ۲۰ درصد شکر استفاده نمود. پس از آن به مدت ده دقیقه بذره‌های مصرفی دو بسته به ازای هر یک هکتار را روی یک سطح تمیز و در سایه، هوا خشک نمایید. حال بذور آماده کاشت می‌باشند. در صورت نداشتن محفظه گردان می‌توان با استفاده از کیسه‌های خیارى این عملیات را با مقدار کمتر بذر و دفعات بیشتر انجام دهید. مقدار مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس برای بذر گندم یک الی دو کیلوگرم به ازای هر صد کیلوگرم بذر می‌باشد (حداکثر ۳ بسته در هکتار). منتهی تحت این شرایط ۵۰۰-۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد آلی با شخم قبل از کاشت زیر خاک برده شده باشد. توجه: ۱- از پوشش مایه تلقیح به روی بذر مطمئن شوید. ۲- مایه تلقیح را در جای خشک و خنک نگهداری کنید. ۳- از حرارت دادن یا قرار دادن مایه تلقیح در معرض نور مستقیم خورشید خودداری شود. ۴- عمر مفید مایه تلقیح تیوباسیلوس از تاریخ تولید حداکثر ۶ ماه می‌باشد. ۵- از مصرف این کود در اراضی برنج‌زار بپرهیزید. ۶- از مصرف گوگردی که با استفاده از فرآیند ذوب شدن گرانول شده و در آب حل نمی‌شود، بپرهیزید.

مایه تلقیح تیوباسیلوس را برای تمام گیاهان زراعی و باغی به استثنای مزارع برنج می‌توان استفاده کرد. مصرف این کود به همراه گوگرد در دانه‌های روغنی مانند سویا، کلزا، آفتابگردان، گلرنگ و کنجد علاوه بر افزایش محصول موجب ارتقاء کیفیت روغن می‌شود.

دوام در انبار: مایه تلقیح تیوباسیلوس در شرایط انبار مناسب (۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۶ ماه و در حرارت ۴ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک سال قابل نگهداری است.

احتیاط‌های لازم: مایه تلقیح تیوباسیلوس هیچ‌گونه اثر سوء روی انسان، حیوانات خونگرم، کرم‌های خاکی، حشرات مفید نظیر زنبور عسل و آبزبان نداشته و کاملاً بی‌خطر می‌باشد. هنگام اختلاط تیوباسیلوس با گوگرد، از دستکش استفاده نمایید. بسته‌های حاوی مایه تلقیح تیوباسیلوس را دور از دسترس کودکان نگهداری نمایید.



شکل ۹- نقش مصرف گوگرد آلی و مایه تلقیح تیوباسیلوس (بیو گوگرد آلی) در سرسبزی، رشد مطلوب بوته‌ها و افزایش عملکرد هکتاری گندم در اراضی نیمه‌شور مزارع آقایان بلندنظر و بر خوردار در قم (تابستان، ۱۳۸۳).

● **کودهای میکروبی حاوی باکتری‌های تیوباسیلوس:** نوعی از کود زیستی است که در آن‌ها باکتری تیوباسیلوس با یک سری مواد (اعم از مواد معدنی، آلی، کودهای شیمیایی و پرکننده‌ها) به صورت پودری و یا گرانوله فرموله شده و معمولاً مقدار و نحوه مصرف آن‌ها مشابه کودهای شیمیایی می‌باشد. ۳-۴-۶- **ریزجانداران تبدیل‌کننده مواد آلی زاید به کمپوست (بیواکتیویتورها):** تجزیه بقایای آلی گیاهی و جانوری طی فرآیندهای زیستی و عمدتاً میکروبی انجام می‌شود که طی آن این ترکیبات شکسته شده و پس از طی زمان لازم به ترکیبات آلی مفیدی به نام کمپوست که دارای خاصیت اصلاحی و تغذیه‌ای است، تبدیل می‌شوند. افزودن گروهی از میکروارگانیسم‌ها به توده بقایای آلی سبب افزایش سرعت تجزیه و کمپوست سازی می‌گردد. این امر از حیث اقتصادی اهمیت زیادی داشته و می‌تواند در حذف بقایای آلی از سطح مزارع نقش داشته باشد. در این رابطه، یوسفی (۱۳۹۴) با استفاده از بیواکتیویتورها (باکتری‌های باسیلوس و قارچ‌های تریکودرما)، توانست مدت زمان تجزیه بقایای گیاهی از جمله تجزیه باگاس نیشکر را به نصف کاهش دهد.

۵-۳- نوع و زمان مصرف کودهای نیتروژنی

نیتروژن (N) گلوگاه رشد بوده، زیرا بیشترین درصد اندام گیاهی را تشکیل می‌دهد و در صورت عدم مصرف بهینه کودهای نیتروژنی، کشاورز با بیشترین کاهش تولید مواجه می‌شود. در میان غلات، ذرت و برنج به دلیل عملکرد بالاتر، بعد از نیتروژن، نسبت به پتاسیم و روی پرتوقع‌تر می‌باشند. پویایی و تحرک بالای نیتروژن در خاک باعث شده که زمان مصرف آن برای موفقیت در تولید دانه و پروتئین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. بهترین زمان مصرف آن‌ها نزدیک به زمان حداکثر نیاز مطابق با مراحل رشد محصولات زراعی به شرح ذیل می‌باشد: یک چهارم قبل از کاشت، یک چهارم در مرحله پنجه‌دهی، یک چهارم در مرحله تشکیل ساقه و یک چهارم در مرحله گل‌دهی.

در مزارعی که از زردی ناشی از کمبود نیتروژن رنج می‌برند، نیترات آمونیم سریع‌تر از اوره سبب رفع کمبود مزرعه خواهد شد. به دلیل حلالیت بیشتر نیترات آمونیم نسبت به اوره، مصرف اوره قبل از کاشت و نیترات آمونیم در مراحل سرک ارجحیت دارد. میزان مصرف اوره حداکثر ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار با درصد کربن آلی خاک کمتر از یک درصد بوده و مصرف آن باید به صورت تقسیط باشد. اگر درصد کربن آلی خاک بیش از یک درصد باشد، از مقدار کود اوره مصرفی حدود ۲۵ درصد کاسته می‌شود. اهم کودهای نیتروژنی عبارتند از:

۱-۵-۳- **اوره:** اوره از ترکیب آمونیاک و گاز کربنیک در شرایط حرارت و فشار بالا تولید می‌شود. درصد نیتروژن آن بیش از دو برابر نیتروژن سولفات آمونیوم (۲۱ درصد) است. اوره از نظر واحد نیتروژن مناسب‌ترین کود جامد می‌باشد. این ماده در خاک هیدرولیز شده و به کربنات آمونیوم تبدیل شده که می‌تواند یا مستقیماً مورد استفاده قرار گرفته و یا توسط ریزجانداران به نیترات تبدیل و به مصرف گیاه برسد. اوره به صورت دانه‌های سفید کوچک است و اصطلاحاً

به کود شکری معروف است. این کود بیش از ۹۰ درصد کود نیتروژنی مصرفی در ایران را به خود اختصاص داده است و با ۴۶ درصد نیتروژن یکی از پرمصرف‌ترین کودهای جامد است. درصد بالای نیتروژن و قیمت پایین، اوره را در کشور به عنوان یک جایگزین مناسب برای آمونیوم بدون آب قرار داده است. باید توجه داشت که پخش سطحی کود اوره در خاک‌های بدون خاک‌ورزی دارای مشکلاتی است، به‌طوری که مقدار قابل ملاحظه‌ای نیتروژن از طریق تصعید هدر می‌رود. در هوای آفتابی و شرایط خشک از مصرف سرک اوره به صورت پخش سطحی باید خودداری کرد. چون اوره پویایی، بسیار بالایی دارد، بنابراین در مصرف قبل از کاشت آن باید تأمل بیشتری نمود و لازم است در حد امکان مصرف آن به صورت تقسیط مکرر باشد. در حال حاضر درصد بازیافت و کارایی این کود در کشور ما بسیار پایین است.

۳-۵-۲- اوره با پوشش گوگردی (SCU): اوره با پوشش گوگردی (Sulphur Coated Urea) یکی از انواع کودهای نیتروژنی کندرها می‌باشد که دارای ۳۲ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد گوگرد است و به علت داشتن یک لایه از گوگرد و مواد چسباننده روی آن، حلالیت کود آهسته بوده و در نتیجه نیتروژن به کندی در اختیار گیاه قرار گرفته و بدین ترتیب از شستشوی سریع نیتروژن جلوگیری می‌شود. یکی از مشخصات بارز این کود این است که اگر این کود در داخل آب به مدت یک هفته نگهداری شود، پس از یک هفته در شالیزارها نپایستی بیش از ۱۰ درصد و در سایر محصولات کشاورزی بیش از ۱۵ درصد نیتروژن این کود آزاد شود. به عبارت دیگر، رهاسازی هفت روزه (7-day dissolution rate) این کود برای شالیزارها حدود ۱۰ و برای سایر محصولات زراعی حدود ۱۵ درصد باشد. نظر به کمبود روی (Zn) در اکثر خاک‌های زراعی کشور از جمله شالیزارها، بهتر است به این کود حداقل یک درصد روی (Zn) اضافه و با نام تجارتي اوره با پوشش گوگردی محتوی روی (SCU+Zn) به بازار عرضه گردد.

اگر بتوان یک‌سوم نیاز نیتروژنی گیاهان زراعی را قبل از کاشت با این کود و بقیه نیاز نیتروژنی گیاهان را به صورت سرک با استفاده از سایر کودهای نیتروژنی تأمین نمود، کارایی کودهای نیتروژنی باز هم افزایش خواهد یافت. مصرف این کود بسیار مفید بوده و ضمن افزایش بازیافت نیتروژن، صرفه جویی در مقدار مصرف کود و افزایش عملکرد، سبب کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی شمال کشور به نیتрат و در نتیجه تضمین سلامت جامعه از بعد آب مصرفی خواهد شد. خوشبختانه در سال جاری کود اوره با پوشش گوگردی تولید و با گواهی‌نامه ثبت مواد کودی به بازار مصرف ارایه شده و امید است در سال آتی در قسمتی از شالیزارهای شمال کشور مصرف شود.

۳-۵-۳- سولفات آمونیوم: این کود از ترکیب آمونیاک و اسیدسولفوریک به‌دست می‌آید. به‌علت اسیدزایی هنگام اضافه شدن به خاک، pH ریزوسفر را تا حدودی پایین می‌آورد (عامل کاهش‌دهنده pH، یون هیدروژن موجود در آمونیوم است که به هنگام نیتریفیکاسیون در ریزوسفر خاک تولید می‌شود). این کود یکی از کودهای مناسب برای خاک‌های آهکی به شمار می‌رود.

چون هم دارای گوگرد بوده و هم اسیدزا می باشد. به دلیل داشتن نیتروژن آمونیومی، به رس ها متصل و کمتر از سایر کودهای نیتروژنی از خاک شسته می شود. این کود دارای ۲۴ درصد گوگرد و ۲۱ درصد نیتروژن است و از نظر قیمت با توجه به میزان نیتروژن آن یکی از گران ترین کودهای نیتروژنی است، ولی مصرف آن برای محصولات باغی و سبزی و صیفی که تولیدکننده به دنبال بهبود کیفیت محصولات تولیدی خود می باشد، اکیداً توصیه می گردد.

۴-۵-۳- نیترات آمونیوم: این کود محتوی ۳۴ درصد نیتروژن است و از ترکیب اسید نیتریک حاصله از اکسیداسیون آمونیوم با آمونیاک به دست می آید. این کود به اندازه مساوی نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی دارد و از نظر اسیدزایی یک کود خنثی است، ماده ای است که به راحتی منفجر و مشتعل می شود و مقدار زیادی آب را به خود جذب می کند و به صورت کلوخه در می آید. مشکل قابلیت انفجار را می توان با اضافه کردن کود فسفات آمونیوم و یا سایر مواد برطرف کرد، به طوری که لازم است درصد نیتروژن به کمتر از ۲۸ درصد کاهش داده شود. نیترات آمونیوم یک جایگزین برای آمونیوم بدون آب نیز است، زیرا حاوی اوره نبوده و اگر به روش پخش سطحی به کار رود، به شدت اوره، دستخوش تصعید نمی شود و همچنین به سادگی در آب حل شده، ولی به شستشو و نیترات زدایی حساس است. به هر حال مصرف آن به صورت تقسیط مکرر در مناطق سردسیر، دیمزارها و باغ های میوه قابل توصیه است (در مناطق شور و سرد، مصرف نیترات آمونیوم بر سولفات آمونیوم ارجحیت دارد).

۵-۵-۳- نیترات فسفات آمونیوم: کود نیترات فسفات آمونیوم از مخلوط فیزیکی ۸۰ درصد نیترات آمونیوم و ۲۰ درصد دی آمونیوم فسفات به دست می آید (به منظور جلوگیری از خطرات انفجاری کود نیترات آمونیوم). این کود حدود ۳۰ درصد نیتروژن و ۸ درصد فسفر دارد. بدیهی است با رعایت مسائل ایمنی، مصرف آن قبل از کاشت در کلیه مزارع و باغ ها ایده آل می باشد که امید است تولید آن در مجتمع پتروشیمی فارس تداوم یابد.

۶-۵-۳- اوره نیترات آمونیوم: یکی از کودهای مایع نیتروژنی، کود اوره نیترات آمونیوم (UAN) با ۳۲ درصد نیتروژن می باشد که در چند سال اخیر در اروپا مصرف زیادی پیدا کرده است. مصرف خاکی این کود در خاک های بدون خاک ورزی ممکن است باعث هدر رفت آن شود، ولی مصرف آن به همراه آب آبیاری و محلول پاشی می تواند این اثر را کاهش دهد. این کود به عنوان یک منبع نیتروژنی برای مصرف سرک نیز مناسب است. محلول ۳۲ درصد آن یک کود نیتروژنی محلول است که از حل کردن اوره و نیترات آمونیوم در آب به دست می آید و تقریباً نصف نیتروژن آن از اوره و نصف دیگر از نیترات آمونیوم است. نیتروژن به سه صورت آمونیاکی، نیتراتی و به صورت مولکول آلی اوره در محلول ۳۲ درصد اوره نیترات آمونیوم موجود است. یک چهارم نیتروژن آن به صورت آمونیاک، یک چهارم به صورت نیترات و نصف دیگر آن اوره است. pH آن تقریباً ۷ و دارای فشار جزئی بخار

می‌باشد. در بعضی مناطق، محلول این کود در بردارنده ۲۸ تا ۳۰ درصد نیتروژن می‌باشد که این کار به خاطر جلوگیری از بلور شدن در هوای سرد است. محلول ۳۲ درصد اوره نیترات آمونیوم تقریباً برای کلیه گیاهان به‌طور وسیعی به کار می‌رود، مثلاً برای سرک پنبه، سبزیجات، ذرت، چغندر قند، بادام، غلات دانه‌ای، سیب‌زمینی و بسیاری از گیاهان دیگر محلول ۳۲ درصد UAN به سرعت قابل دسترس برای گیاهان است. نیتروژن موجود در UAN در خاک به راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. قسمت نیترات (یک چهارم نیتروژن کل) به محض این که با ریشه تماس بگیرد قابل جذب است. قسمت اوره (یک دوم نیتروژن کل) با آب خاک حرکت می‌کند تا این که توسط آنزیم (اوره آز) هیدرولیز شود و نیتروژن آمونیایی را به وجود آورد. بعد از هیدرولیز اوره، سه چهارم نیتروژن کل به صورت نیتروژن آمونیایی در بین مولکول‌های رس جا می‌گیرد و شسته نمی‌شود. این نیتروژن آمونیایی برای گیاه قابل دسترس بوده و همچنین توسط ریزجانداران خاک تبدیل به نیترات می‌شود. این عمل در طول مدت چند هفته بعد از کوددهی اتفاق می‌افتد. کارآیی کودهای نیتروژنی که به خاک اضافه می‌شوند، معمولاً تنها وابسته به منبع کودی نیست و مدیریت بهینه نیز منجر به افزایش کارآیی کود خواهد شد. طی سالیان دراز، کشاورزان غالباً از کودهای جامد نیتروژنی به خصوص اوره استفاده می‌کرده‌اند. در حال حاضر، بازیافت کودهای نیتروژنی در حدود ۲۰ تا حداکثر ۳۰ درصد می‌باشد که نسبت به بازیافت جهانی (حدود ۳۳ درصد) پایین‌تر است. در کشور ما سابقه تحقیق و استفاده از کودهای نیتروژنی (آمونیوم بدون آب و اوره آمونیوم نیترات-UAN) بسیار کم است و پیشنهاد می‌شود در زمینه مصرف این دو نوع کود در بعضی مزارع، آزمایش‌هایی انجام شود تا از این طریق بتوان در جهت افزایش کارآیی و یا به عبارت دیگر، درصد بازیافت کودها، گامی مثبت برداشت که یقیناً از نظر اقتصادی به نفع کشاورزی و مملکت خواهد بود.

۷-۵-۳- اوره سولفات: کود اوره سولفاتی (N-pHirat ۱۸/۱۷) کودی است مایع و از ترکیب اسیدسولفوریک با اوره به دست می‌آید. در تولید این محصول، تمام سعی تولیدکنندگان بر این بوده است محصولی ارائه نمایند که ضمن دارا بودن تمام فواید و ارزش‌های کاربردی اسیدسولفوریک در خاک‌های آهکی، تا حد ممکن از خطرات کار با این اسید کاسته و هم موجبات سهولت کاربری هر چه بیشتر و گسترده‌تر آن را برای کشاورزان فراهم آورند. این کود مایع می‌تواند قسمتی از نیاز غذایی گیاهان به نیتروژن (۱۸٪)، گوگرد (۱۷٪) و همچنین تا حدودی عناصر ریزمغذی را تأمین نماید و مهم‌ترین نکته این که، هیچ‌گونه اثر خورندگی بر روی پوست بدن انسان نداشته و همچنین توان خورندگی آن بر روی فلزات تا حد بسیار زیادی کنترل شده است. ولی ذکر این نکته لازم است که کشاورزان با اطمینان خاطر قادر خواهند بود به راحتی از این محصول استفاده کرده و استرس‌های ناشی از خطرات احتمالی کار با اسیدسولفوریک در مورد این محصول، وجود ندارد. برخی از نقش‌ها و فواید کاربردی کود اوره سولفاتی عبارتند از کاهش pH خاک و آب و در نتیجه نفوذ هر چه بهتر آب در خاک، خنثی‌سازی کربنات کلسیم موجود در خاک، اصلاح نسبی خاک‌های شور و سدیمی، بهبود تهویه و

اکسیژن در خاک، تأمین گوگرد، نیتروژن و برخی از عناصر ریزمغذی از قبیل آهن، روی و مس، کنترل باکتری‌ها و قارچ‌های حساس به pH موجود در خاک از طریق کاهش pH خاک و سهولت کاربرد آن. ۸-۵-۳- کود کامل ماکرو: این کود که معمولاً با فرمول $(Zn) 1\% + 15-10-15$ ساخته می‌شود، به سه صورت مخصوص مزارع غیرشور با بنیان کلرورپتاسیم (MOP)، مخصوص باغ‌ها و اراضی شور با بنیان سولفاتپتاسیم (SOP) و مخصوص کودآبیاری با بنیان EDTA برای عناصر کم‌مصرف و سایر منابع کودهای قابل حل، توسط بخش خصوصی تولید و در سطح کشور توزیع می‌شود. کارآیی نیتروژن موجود در این کودها بیشتر از اوره و سولفات آمونیوم می‌باشد. نتایج نشان داده که کود کامل ماکرو بیشترین کارآیی را داشته است (Malakouti و همکاران، ۲۰۰۸).

۶-۳- نوع و زمان مصرف کودهای پتاسیمی

مقدار پتاسیم (K) مصرفی بسته به نوع گیاه، عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زیرکاشت متفاوت است. اگر مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک با روش استات آمونیوم یک نرمال، بیش از ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک باشد، نیاز به مصرف سولفاتپتاسیم قبل از کاشت نخواهد بود، ولی به هر حال مصرف ۵۰ کیلوگرم بر هکتار کلرورپتاسیم همراه با سرک بهاره اوره، توصیه می‌شود. سولفاتپتاسیم قبل از کاشت مصرف و با شخم زیر خاک قرار داده شود. در صورتی که پتاسیم موجود در خاک برای رفع نیاز گیاه کافی نباشد و کود پتاسیمی نیز قبل از کاشت مصرف نشده باشد، مصرف سرک کلرورپتاسیم در دو الی سه نوبت هم‌زمان با مصرف سرک کودهای نیتروژنی در مراحل اولیه رشد محصولات زراعی توصیه می‌شود. برای محصولات زراعی، مصرف سولفاتپتاسیم یا کلرورپتاسیم از نظر نوع کود تفاوت چندانی نداشته و حتی در خاک‌های شور نیز بدون خطر، قابل مصرف می‌باشند. با این وجود در صورت امکان، مصرف سولفاتپتاسیم در خاک‌های شور (با شوری بیش از ۶ دسی زیمنس بر متر) ارجحیت دارد. در شرایط شور، اختصاص پتاسیم بیشتر، سبب افزایش تحمل به شوری می‌شود. از طرفی پتاسیم مقاومت به تنش خشکی غلات را افزایش می‌دهد. در صورتی که میزان رس خاک بیشتر از ۳۰ درصد باشد، میزان ۵۰ کیلوگرم سولفاتپتاسیم به مقادیر بالا اضافه شود.

کودهای پتاسیمی عمدتاً به وسیله استخراج نمک‌های پتاسیمی از رسوباتی که خود از تبخیر دریاچه‌ها و دریا‌های بسته تشکیل شده در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی و یا از طریق خشکاندن آب دریاچه‌های نمکی به وجود آمده‌اند، ساخته شده‌اند. منبع عمده این ذخایر در کشورهای فدراتیو روسیه، آلمان، کانادا و فرانسه بوده و به مقدار کمی نیز در دیگر کشورها یافت می‌شود. به دلیل وجود همین مخازن، ساخت کودهای پتاسیمی کم هزینه‌تر از کودهای فسفاتی است. نمک‌های پتاسیمی از آب نمک استخراج می‌گردند. این نوع نمک‌ها همیشه با کلرورسدیم همراه می‌باشند. در ساخت کودهای پتاسیمی عموماً از کانی‌های پتاسیمی استفاده می‌شود.

فرآیند تشکیل نمک‌های پتاسیمی عمدتاً بر مبنای اختلاف در حلالیت، یا تفاوت در جرم ویژه نمک‌ها استوار بوده و جداسازی آن از سایر نمک‌های همراه عمدتاً از طریق بلوری کردن مجدد و یا به حالت تعلیق در آوردن نمک‌های پتاسیمی امکان‌پذیر است. از مهم‌ترین کودهای پتاسیمی می‌توان به چهار نوع آن اشاره کرد:

۱-۶-۳- کلرورپتاسیم: رایج‌ترین کود پتاسیمی بوده و از کانی‌های محتوی پتاسیم به دست می‌آید. با وجود آن که ساخت این کود در چند مرحله انجام می‌گیرد، مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید آن به مراتب کمتر از انرژی لازم برای ساختن کودهای نیتروژنی و فسفاتی است. بنابراین، هزینه تولید کودهای پتاسیمی کمتر از کودهای نیتروژنی و فسفاتی می‌باشد. کلرورپتاسیم محتوی ۵۰ درصد پتاسیم (۶۰ درصد اکسید پتاسیم) بوده و حلالیت آن در آب حدود ۳۵ درصد و مصرف سرک آن رایج است. با آن که حدود ۹۲ درصد کودهای پتاسیمی مصرفی را کلرورپتاسیم تشکیل می‌دهد، اما در برخی شرایط، حضور یون کلر مطلوب نمی‌باشد. این حالت عمدتاً برای گیاهانی نظیر سیب‌زمینی، مخصوصاً هنگامی که مصرف تازه‌خوری سیب‌زمینی مطرح نبوده و از آن برای تهیه نشاسته استفاده می‌شود، صادق است. وجود کلر اضافی در انتقال نشاسته در گیاه وقفه ایجاد کرده و بدین سبب تولید سیب‌زمینی نقصان می‌یابد. همچنین کیفیت سوخت برگ‌های توتون کاهش یافته و در صورت استفاده از کلرورپتاسیم، عملکرد الیاف در کف کاستی می‌پذیرد. برخی از مشاهدات گویای آن است که کلر اضافی، به دنبال کاربرد کلرورپتاسیم در تاکستان‌ها، سبب کاهش قند انگور می‌شود.

۲-۶-۳- سولفات پتاسیم: در شرایطی که یون کلر برای گیاه زیانبار باشد، بهتر است پتاسیم به صورت سولفات و یا نترات باشد. این کودها از اثر اسیدسولفوریک و یا اسید نیتریک بر کلرورپتاسیم به دست می‌آید. در ساختن این کودها می‌توان فرآیندهای متفاوت به کار گرفت. سولفات پتاسیم محتوی ۴۰ درصد پتاسیم (۵۰ درصد اکسید پتاسیم) بوده و در دمای معمولی حدود ۱۲ درصد آن در آب حل می‌شود. درصد حلالیت نترات پتاسیم نیز بسیار بالا بوده و به سهولت می‌توان از آن به صورت سرک مخصوصاً در سبزی‌ها و گل‌های بریده استفاده نمود.

۳-۶-۳- نترات پتاسیم: نترات پتاسیم دارای ۳۸ درصد پتاسیم و ۱۴ درصد نیتروژن بوده و حلالیت آن در آب در دمای معمولی نزدیک به ۳۵ درصد است. نترات پتاسیم از اثر اسیدنیتریک بر کلرورپتاسیم حاصل شده و در صورت دارا بودن نترات‌های آمونیوم و یا سدیم، جداسازی آن از طریق واکنش‌های شیمیایی امکان‌پذیر است. مزیت عمده این کود در مقایسه با کلرورپتاسیم، همراه نداشتن کلر و بالا بودن غلظت ماده غذایی آن است. به دلیل ایجاد اختلاف در نسبت پتاسیم به نیتروژن، بهتر است هنگام مصرف این کود مقداری نیتروژن به صورت مکمل به نترات پتاسیم اضافه کرد.

۴-۶-۳- سولفات پتاسیم محلول: سولفات پتاسیم محلول با مقادیر بهینه از عناصر پتاس و گوگرد ترکیب شده که به سهولت قابل جذب در ریشه گیاهان است. از آنجا که سولفات پتاسیم محلول از

۵۰ درصد K_2O و ۵۲ درصد SO_4 تشکیل شده است، از نظر غلظت عناصر غذایی بسیار غنی می باشد. سولفات پتاسیم محلول تقریباً فاقد کلر است. کود سولفات پتاسیم محلول به صورت پودر نرم سفید رنگ وجود داشته و محلول آن اسیدی است. بدیهی است این pH پایین سبب افزایش درجه حلالیت فسفر، آهن و اکثر ریزمغذی های دیگر شده و نهایتاً بهتر در دسترس ریشه قرار گرفته و همچنین احتمال گرفتگی لوله ها در آبیاری قطره ای در محلول اسیدی کمتر است. سولفات پتاسیم محلول را در غلظت های معمولی آن می توان با محلول های اکثر کودها مخلوط کرد، بجز این که اگر با ترکیبات کلسیم مخلوط شود، تشکیل رسوب سولفات کلسیم می دهد. به علاوه، محلول سولفات پتاسیم محلول را می توان با اکثر سموم حشره کش و ضد قارچ به منظور برگ پاشی مخلوط نمود. سولفات پتاسیم محلول سریعاً حل شده و محلولی شفاف بدون رسوب می دهد. بنابراین به سهولت می توان از این کود در کودآبیاری و به میزان ۵ کیلوگرم بر هکتار محلول پاشی استفاده نمود.

۵-۶-۳- ارجحیت مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول بر دیگر کودهای پتاسیمی:
سولفات پتاسیم محلول محتوی ۵۰ درصد اکسید پتاسیم (K_2O) و ۵۲ درصد سولفات (SO_4) بوده و حلالیت آن در آب در دمای معمولی و با توجه به این مطلب که غلظت محلول هایی که برای کودآبیاری تهیه می شوند، معمولاً بیش از پنج تا ده در هزار نمی باشد، پس می توان عنوان نمود که حلالیت سولفات پتاسیم محلول حین تهیه محلول های کودی، ۱۰۰ درصد است. کود سولفات پتاسیم محلول به صورت پودر نرم سفید رنگ بوده و محلول آن اسیدی است. بنابراین، برای کودآبیاری بسیار مناسب می باشد. این کود فاقد کلر بوده (یون کلر از اجزاء قابل ملاحظه موجود در خاک های شور است و زیادی آن باعث افت کیفیت بسیاری از محصولات کشاورزی که بدان حساس هستند، می شود) و دارای شاخص های آبشویی و ضریب شوری کمی می باشد. سولفات پتاسیم محلول از مقادیر بهینه عناصر پتاسیم و سولفات تشکیل شده که به سهولت قابل جذب در ریشه گیاهان است. بدیهی است اسیدپایه پایین آن، از طرفی سبب افزایش حلالیت فسفر، آهن و اکثر ریزمغذی های رسوب یافته در خاک و افزایش فراهمی این گونه عناصر در خاک و قابلیت جذب آن ها توسط گیاه می گردد. از سوی دیگر، از گرفتگی احتمالی قطره چکان ها در سیستم آبیاری تحت فشار جلوگیری می کند. محاسن مصرف سرک این کود را می توان در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی؛ شاخص آبشویی کم و ضریب شوری پایین؛ افزایش مقاومت گیاهان به بیماری ها و آفت ها؛ محتوای گوگرد بصورت سولفات قابل جذب گیاه؛ خاصیت اصلاح کنندگی موضعی ریزوسفر و در نهایت افزایش کارایی این کود بواسطه افزایش فراهمی همزمان سایر عناصر در خاک، خلاصه نمود.

سولفات پتاسیم محلول را می توان در غلظت های معمولی با اکثر کودها به جز ترکیبات کلسیمی (تشکیل رسوب سولفات کلسیم) مخلوط کرد. به علاوه، محلول آن را می توان از طرفی با اکثر سموم حشره کش و ضد قارچ به منظور برگ پاشی و به میزان ۵ تا ۱۰ کیلوگرم بر هکتار، مخلوط نموده و از

طرف دیگر، به سهولت و به میزان ۱۵ تا ۲۵ کیلوگرم بر هکتار با روش کودآبیاری (بصورت تقسیط) استفاده نمود. مصرف این کود در خاک‌های تخلیه شده از پتاسیم و شور به ویژه برای محصولات پرتوقع نظیر انواع سبزی و صیفی نسبت به سایر کودهای پتاسیمی ارجحیت دارد. مصرف سولفات پتاسیم محلول حتی بر کود نیترات پتاسیم هم ارجحیت دارد، زیرا مطالعات نشان داده که نیترات بیش از حد در موقع تشکیل میوه، باعث افت کیفیت میوه می شود.

یادآوری- در پاسخ به پرسشی که چرا در خاک‌های رسی با سطوح بالای پتاسیم که زیرکشت گیاهان پرتوقع پتاسیم دوست نظیر ذرت می باشند، گیاه به مصرف قبل از کاشت سولفات پتاسیم عکس العمل مناسب نشان نمی دهند، باید گفت که در مرحله گل دهی، ذرت نیاز پتاسیمی بالایی دارد یعنی مقدار پتاسیمی که روزانه ذرت از خاک می گیرد، بالا بوده و خاک توانایی تأمین این مقدار زیاد پتاسیم را به رغم پتاسیم قابل استفاده بالا را ندارد {ذرت دانه ای در طول زمان ۱۰ روزه خوشه دهی خود، برای تولید روزانه ۴۳۹ کیلوگرم ماده خشک، حدود ۸/۹ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۲/۴ کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، ۵/۸ کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ۲/۲ کیلوگرم منیزیم (Mg)، ۷۰۰ گرم گوگرد (S)، ۹۵ گرم آهن (Fe)، ۱۸ گرم منگنز (Mn)، ۱۴ گرم روی (Zn)، ۳/۰ گرم مس (Cu) و ۳/۳ گرم بور (B) (حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی ذرت دانه ای در طول ۱۰ روز زمان گلدهی انجام می گیرد) از خاک زیرکشت خود برداشت می نماید-Bender و همکاران، ۲۰۱۳}، لذا ذرت به مصرف سولفات پتاسیم قبل از کاشت به دلیل تثبیت، عکس العمل مناسب نشان نمی دهد. راه حل در چنین مواقعی، استفاده از کودهای محلول پتاسیمی به ویژه سولفات پتاسیم محلول با روش کودآبیاری بصورت تقسیط می باشد. با این روش می توان به سهولت ضمن نیل به افزایش عملکرد هکتاری، کارایی پتاسیم را نیز بطور معنی داری بهبود بخشید. بنابراین، در این مرحله لازم است از این نوع کود سولفات پتاسیم محلول ویژه کود آبیاری به صورت سرک استفاده شود. از این رو استفاده از این کود در شرایطی که زمان فراهمی عنصر پتاسیم برای گیاه حائز اهمیت می باشد، توصیه می شود. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد کودهای پتاسیمی به کتاب پتاسیم در کشاورزی (۱۳۹۵) مراجعه فرمایید.

۷-۳- نوع و زمان مصرف کودهای گوگردی

نظر به آهکی بودن خاک های زیر کشت، استفاده از ۲۰۰ الی ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار، ساری کود (گوگرد کشاورزی گرانوله) و یا گوگرد آلی گرانوله قبل از کاشت (در خاک های غیر گچی) توصیه می شود. حد بحرانی گوگرد با روش توربیدیمتری برای دانه های روغنی ۲۰ و برای سایر گیاهان زراعی ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد. لازم به یادآوری است که مصرف کودهای گوگردی حتماً باید قبل از زمان کاشت و به صورت جای گذاری عمقی و با استفاده از دستگاه کودکار- بذرکار باشد. اهم کودهای محتوی گوگرد عبارتند از:

۱-۷-۳- **گوگرد عنصری:** ترکیبات حاصل از گوگرد عنصری از غلیظ ترین کودهای حاوی گوگرد

می‌باشد. گوگرد عنصری برای این که قابل جذب گیاه باشد، پس از اضافه شدن به خاک به همراه موادآلی و جایگذاری عمقی در جوار رطوبت باید اکسیده شده و به سولفات تبدیل شود تا توسط گیاه قابل جذب باشد. همان‌طور که گفته شد، این اکسیداسیون توسط باکتری‌های خاک صورت می‌گیرد و عواملی که بر روی این اکسیداسیون مؤثرند عبارتند از: اندازه ذرات گوگرد، درجه تماس با خاک، درجه حرارت، رطوبت، تهویه، خصوصیات اکسیدکنندگی خاک و وضعیت آب و هوایی. هنگامی که گوگرد کاملاً ریز و با خاک دارای ظرفیت بالای اکسید مخلوط شود، منبع کودی مناسبی خواهد شد. زمان مصرف گوگرد عنصری بسیار مهم بوده و آن را حداقل تا ۴ هفته قبل از کشت گیاه باید مصرف کرد. مصرف گوگرد عنصری نتایج بسیار جالبی را در خاک‌های آهکی، قلیا و بافت سنگین داشته است.

۲-۷-۳- ساری کود (گوگرد کشاورزی گرانوله): ساری کود حداقل حاوی ۸۵ درصد گوگرد است. این کود یکی از تولیدات کودی داخل کشور بوده و در کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی عرضه می‌شود که حداقل محتوی ۸۵ درصد گوگرد و ۱۵ درصد بنتونیت می‌باشد. نیاز گیاهان به گوگرد (غلظت گوگرد در داخل گیاه به مراتب بیش از فسفر می‌باشد) بیشتر از فسفر است. علی‌رغم تولید سالانه بیش از یک میلیون تن گوگرد در داخل کشور، متأسفانه تاکنون حتی در خاک‌های آهکی و قلیایی نیز از این ماده معدنی مهم به عنوان کود استفاده نشده است. با توجه به آثار مثبت گوگرد در کاهش pH موضعی خاک‌های آهکی، تأمین سولفات مورد نیاز گیاهان، افزایش حلالیت عناصر کم‌مصرف و پرمصرف به‌ویژه فسفر، آهن و روی، و کنترل برخی از عوامل بیماری‌زای قارچی نظیر سفیدک و همچنین نقش آن در اصلاح خاک‌های شور و قلیا و خاصیت اصلاح‌کنندگی آب‌ها، لازم است نسبت به تأمین ساری کود (گوگرد کشاورزی) مورد نیاز مزارع اقدام شود.

نحوه و میزان مصرف: مقدار مصرف ساری کود در مزارع با توجه به نقش بسیار مثبت آن، حداقل ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار است. برای این که این کود مؤثر واقع شود، ساری کود همراه با مواد آلی زیر خاک برده شده و رطوبت خاک نیز کافی باشد. زمان مصرف این کود قبل از کاشت محصولات زراعی بوده و برای تضمین اثربخشی آن، همراه با موادآلی زیر خاک شود. در شرایط غرقابی و زراعت برنج و همچنین در خاک‌های گچی، مصرف آن توصیه نمی‌شود.

۳-۷-۳- گوگردآلی گرانوله: این کود یکی از تولیدات داخل کشور بوده و در راستای نیل به افزایش مواد آلی خاک‌ها، اصلاح pH خاک و نیل به کشاورزی پایدار تولید شده است. این کود محتوی حدوداً ۴۵ درصد گوگرد، ۴۵ درصد مواد آلی و ۱۰ درصد بنتونیت است که ۹۰ درصد اندازه ذرات آن ۲ تا ۴ میلی‌متر بوده و در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می‌شود. نمونه گوگرد آلی گرانوله در صفحه ۱۰۴ نشان داده شده است. این کود باید در عمق خاک (با شخم) جایگذاری و رطوبت نیز کافی باشد تا امکان تبدیل گوگرد به سولفات (شکل قابل استفاده گیاهان) فراهم آید. مقدار مصرف گوگرد آلی گرانوله حداقل ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد.

۴-۷-۳- اسیدسولفوریک: تحقیقات بسیاری حاکی از اثرات مثبت مصرف اسیدسولفوریک

در خاک‌های آهکی با pH بالاست. محاسن ناشی از استفاده اسیدسولفوریک عبارتند از: احیای خاک‌های سدیمی یا دچار سمیت بُر، افزایش قابلیت استفاده از فسفر و ریز مغذی‌ها، کاهش تصعید آمونیوم، افزایش نفوذ آب، کنترل علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زای خاکریزی. اسیدسولفوریک را می‌توان مستقیماً به خاک افزود، ولی این کار نیاز به وسایل ضد اسیدی دارد. برای مصرف آن می‌توان اسیدسولفوریک را به جوی‌های آبیاری اضافه کرد، اما چون کاربری آن بسیار مشکل و خطرناک می‌باشد، مصرف مستقیم آن در مزارع و باغ‌ها به دلایل متعددی توصیه نمی‌شود. بسیاری از صاحبان گلخانه‌ها اسیدسولفوریک را در آب گلخانه‌ها تزریق می‌کنند تا قلیائیت بالای آن را پایین بیاورند.

از دیگر استفاده‌های باکتری‌های تیوباسیلوس می‌توان به مصرف خاک‌فسفات در خاک‌های آهکی اشاره نمود. در تحقیقاتی که توسط محققین انجام شد تلقیح تیوباسیلوس + خاک‌فسفات + گوگرد، باعث افزایش حاصلت خاک‌فسفات گردید و بیشترین حاصلت از کاربرد تیمار تیوباسیلوس + خاک‌فسفات + گوگرد + محلول غذایی به‌دست آمد. تحقیقات سایر محققین نیز مؤید نتایج مطلوب استفاده از باکتری‌های تیوباسیلوس به همراه خاک‌فسفات می‌باشد. تحقیقات انجام شده در ایران بیانگر قابلیت خوب باکتری‌های تیوباسیلوس و گوگرد در افزایش آزادسازی فسفر از منبع خاک‌فسفات می‌باشد. این تحقیقات که عمدتاً در مورد ذرت انجام شده است، نشان می‌دهد که با انتخاب سویه‌های مناسب باکتری و نسبت مناسب گوگرد به خاک‌فسفات و همچنین انتخاب مواد آلی مناسب، می‌توان حدود ۹۰ تا ۱۰۰ درصد از عملکرد ناشی از مصرف سوپرفسفات تریپل را تأمین نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۵-۷-۳- بیوگوگرد پودری: گوگرد پودری در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی بسته‌بندی شده و باکتری‌های کمولیتوتروف اجباری مانند بعضی از انواع تیوباسیلوس نیز در بسته‌های پانصد گرمی و با جمعیت 1×10^8 سلول به ازای هر گرم مایه تلقیح تهیه و به همراه گوگرد عرضه خواهند شد. در هنگام مصرف، این دو بخش با یکدیگر مخلوط و بلافاصله توسط کودپاش به زمین اضافه می‌شود.

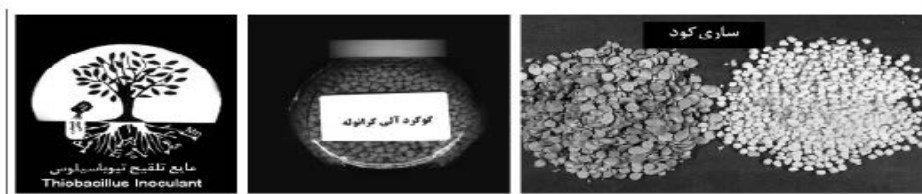
۶-۷-۳- بیوگوگرد گرانوله: گوگرد با استفاده از بنتونیت گرانول شده و باکتری کمولیتوتروف اجباری مانند بعضی از انواع تیوباسیلوس نیز به آن اضافه خواهند شد، به‌طوری که در نهایت هر گرم از کود مذکور حاوی 1×10^4 سلول باکتری باشد. اگرچه کارایی بیوگوگرد پودری از بیوگوگرد گرانوله بسیار بیشتر می‌باشد، ولی مصرف بیوگوگرد گرانوله توسط زارع به سادگی امکان‌پذیر می‌باشد. همچنین ساخت بیوگوگرد گرانوله بسیار سخت‌تر از بیوگوگرد پودری می‌باشد، چون نگهداری جمعیت استاندارد باکتری روی گرانول از تکنیک روش فرمول‌بندی بسیار پیشرفته‌ای برخوردار است. در حال حاضر فناوری ساخت این کود در ایران وجود نداشته ولی در صورت ضرورت می‌توان نوعی از این کود را که از گرانوله‌های گوگرد و باکتری به صورت مستقل تهیه

فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها ۱۳۳

شده و در نهایت در کنار هم در یک کیسه قرار می‌گیرند، برای مصرف زارعین ترویج نمود. مصرف بیوگوگرد اولاً از طریق کاهش pH خاک و افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی چون فسفر، روی و آهن توسط گیاه و ثانیاً از طریق تولید یون سولفات و رفع نیاز گوگرد گیاه، به افزایش عملکرد کمک می‌نماید. در شرایط مناسب از نظر رطوبت، اندازه ذرات گوگرد و درجه حرارت، باکتری‌های تیوباسیلوس قادرند pH خاک را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش دهند.

۷-۳-۲- بیوگوگرد آلی گرانوله: این کود یکی از تولیدات داخل کشور بوده و در راستای نیل به افزایش مواد آلی خاک‌ها، اصلاح pH خاک و نیل به کشاورزی پایدار تولید شده است. این کود محتوی حداقل ۴۵ درصد گوگرد، ۴۵ درصد مواد آلی و ۱۰ درصد بنتونیت و محتوی باکتری تیوباسیلوس بوده و ۹۰ درصد اندازه ذرات آن ۴-۲ میلی‌متر بوده و در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می‌شود. در شکل زیر نمونه گوگرد آلی گرانوله تولید داخل مشاهده می‌شود. مصرف این کود علاوه بر تأمین نیاز گوگردی گیاهان، باعث افزایش ماده آلی خاک، کاهش pH و اسیدی شدن محیط رشد ریشه و متعاقباً افزایش حلالیت و قابلیت جذب عناصر غذایی بخصوص فسفر، روی و آهن می‌شود. بیوگوگرد آلی گرانوله را می‌توان به عنوان یک اصلاح‌کننده خاک‌های شور و سدیمی و کاهش دهنده میزان بی‌کربنات آب آبیاری نیز مصرف کرد. این فرآورده بیولوژیک در مجموع باعث افزایش غلظت عناصر غذایی در محلول خاک شده و افزایش حاصلخیزی و باروری اراضی زراعی را موجب می‌شود. مصرف این کود نیاز به کودهای فسفاتی وارداتی را کاهش می‌دهد.

نحوه و میزان مصرف: با توجه به آثار بسیار مثبت گوگرد در تأمین نیاز غذایی گیاهان، کاهش موضعی pH منطقه ریشه، اصلاح خاک‌های قلیایی، کاهش بی‌کربنات آب آبیاری و افزایش حلالیت و قابل استفاده بودن عناصر غذایی پرمصرف (فسفر) و کم‌مصرف به‌ویژه آهن، روی و کنترل برخی از بیماری‌ها نظیر سفیدک لازم است نسبت به تأمین گوگرد آلی گرانوله اقدام نمود. برای این که این کود مؤثر واقع شود باید در عمق خاک جایگذاری و رطوبت نیز به مقدار کافی باشد تا امکان تبدیل گوگرد به سولفات (شکل قابل استفاده گیاهان) به وجود آید. مقدار مصرف گوگرد آلی گرانوله حداقل ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد.



شکل ۱۰- نمونه‌ای از ساری کود، گوگرد آلی گرانوله و مایه تلقیح تیوباسیلوس که برای تبدیل گوگرد عنصری به سولفات شدیداً مورد نیاز است.

۸-۳- نوع و زمان مصرف کودهای فسفاتی

حد بحرانی فسفر (P) برای غلات ۱۲ و برای ذرت ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک با روش اولسون می باشد. اگر فسفر قابل استفاده خاک کمتر از ۵ میلی گرم در کیلوگرم باشد، مقدار سوپر فسفات تریپل مصرفی ۱۰۰، اگر ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم باشد، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار و در صورتی که مقدار فسفر خاک بیش از ۱۲ میلی گرم در کیلوگرم باشد، نیازی به مصرف کودهای فسفاتی نخواهد بود. لازم به یادآوری است که کودهای فسفاتی حتماً باید قبل از زمان کاشت و به صورت جایگذاری عمقی مصرف و ترجیحاً با استفاده از دستگاه کودکار- بذرکار در زیر بذور جایگذاری گردند. اهم کودهای فسفاتی عبارتند از:

۱-۸-۳- **خاک فسفات (سنگ فسفات):** خاک فسفات یا سنگ فسفات (آپاتیت) $Ca_5(PO_4)_3F$ ، منبع عمده تهیه کودهای فسفاتی است که از منابع طبیعی غیر تجدید شونده به شمار می رود. ذخایری از سنگ فسفات که استخراج آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد تنها در چند کشور (بیشترین معادن خاک فسفات در آمریکا، روسیه، شمال آفریقا و مقداری نیز در ایران البته با عیار پایین همچون خاک فسفات آسفوردی یزد واقع شده اند) وجود داشته که آن ها نیز پایان پذیر می باشند. بنابراین، استفاده منطقی از کودهای فسفاتی و ارائه روش هایی مناسب برای بالا بردن بازده آن ها کاملاً ضروری است. بازده کودهای فسفاتی در زراعت های معمولی نسبتاً پایین بوده و مقدار جذب به وسیله گیاه در سال اول کشت تنها ۵ تا ۲۰ درصد کود اضافه شده می باشد. خوشبختانه در خاک فسفات تولید داخل، کادمیوم (Cd) و فلور (F) وجود نداشته و به جای این دو ماده، کلر (۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) وجود دارد که این مقدار هم مانعی برای رشد گیاهان محسوب نمی شود. فقط به دلیل خورده گی در تأسیسات پتروشیمی رازی، امکان استفاده از این نوع خاک فسفات در تولید کودهای دی آمونیوم فسفات و فسفات سولفات آمونیوم وجود ندارد.

از آنجا که انواع کودهای فسفاتی در بازار جهانی عرضه می شود، شناسایی و طبقه بندی کیفی آن ها از اهمیتی ویژه برخوردار است. یکی از پایه های طبقه بندی این کودها، درجه حلالیت آن ها است. در برخی از طبقه بندی ها، حلالیت کود در سیترات آمونیوم، ملاک قرار می گیرد، برخی نیز حلالیت آن ها را در آب در نظر می گیرند، بعضی نیز هر دو جزء محلول در آب و سیترات را مد نظر قرار می دهند. با این حال، چنین طبقه بندی هایی برای ارزیابی قابلیت جذب کودهای فسفاتی در خاک های آهکی همیشه کافی به نظر نمی رسند. در خاک هایی با pH بالا، فسفر محلول در آب از اهمیتی ویژه برخوردار است. از طرف دیگر، پاره ای از ترکیبات فسفاتی در این خاک ها یافت می شوند که با وجود محلول نبودن در آب، بازهم قابل استفاده گیاه می باشند. اسید فسفریک، مونو کلسیم فسفات، پلی فسفات و ارتوفسفات های آمونیومی عمده تاً در آب محلول می باشند. ترکیباتی چون دی کلسیم فسفات و تری کلسیم فسفات، چندان در آب محلول نبوده، اما تا حدی در سیترات آمونیوم حل می شوند. آپاتیت، که ماده اصلی سنگ فسفات را تشکیل می دهد، حتی در سیترات هم نامحلول است.

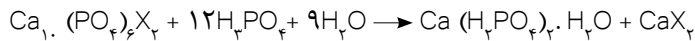
فسفر قابل استفاده در کود، بر پایه پنتا اکسید فسفر محاسبه می شود. البته تلاش هایی در جریان است تا ماده غذایی موجود در آن ها به شکل فسفر عنصری (P) بیان شود. بیشتر سازمان های علمی این نکته را پذیرفته اند، ولی تولیدکنندگان، به دلایل اقتصادی و تبلیغاتی از اجرای آن طفره می روند. ادامه این بحث، آن گروه از کودهای فسفاتی را که حلالیت بیشتری در آب داشته و امکان تولید آن ها در کشور موجود می باشد و مصرف آن ها در مناطق خشک نیز رایج است، بررسی می شود.

۲-۸-۳- سوپر فسفات ساده: سوپر فسفات ها شامل سوپر فسفات ساده SSP (حاوی ۲۰ درصد پنتا اکسید فسفر) و سوپر فسفات غلیظ TSP (حاوی ۴۶ درصد پنتا اکسید فسفر) می باشند. ترکیب هر دو کود عمدتاً مونو کلسیم فسفات $[Ca(H_2PO_4)_2]$ بوده و مقدار کمی فسفات های آهن و آلومینیوم و دی کلسیم فسفات نیز به صورت ناخالصی در آن ها موجود است. این کودها در آب محلول بوده و تنها اختلافی ناچیز بین اجزای محلول در آب و محلول در سیترات آن ها مشاهده می شود.

سوپر فسفات ساده از اثر اسیدسولفوریک بر خاک فسفات تهیه می شود. یون های هیدروژن اسید به جای تعدادی از یون های کلسیم سنگ فسفات قرار می گیرند. آپاتیت موجود در سنگ فسفات معمولاً حاوی فلوئور می باشد. هنگام تبادل، کربنات یا یون های هیدروکسیل جانشین فلوئور می شود. برای تولید یک تن کود حاوی ۲۰ درصد P_2O_5 ، نیاز به ۶۲۶ کیلوگرم خاک فسفات، ۳۹۰ کیلوگرم اسیدسولفوریک غلیظ و ۹۰ لیتر آب است. از مزایای تولید این کود، سرمایه گذاری پایین، اقتصادی بودن تولید، حلالیت خوب، اثر اصلاحی گچ موجود در آن بر خاک و تأمین برخی از ریزمغذی های همراه است.



همان گونه که از رابطه فوق مشهود است، کود سوپر فسفات معمولی مخلوطی از مونو کلسیم فسفات و گچ می باشد. هر چند مواد به دست آمده از واکنش یاد شده را می توان به عنوان کود به کار برد، اما ابتدا آن را به شکل دانه در می آورند. شکل دانه ای این کود مزایای بیشتری داشته و به آسانی قابل پخش است. خوشبختانه با راه اندازی خاک فسفات آسفودی (یزد)، ساخت سوپر فسفات ساده (معمولی) در کشور توسط بخش خصوصی به مقدار ۷۰ هزار تن در سال آغاز شده و به شکل گرانوله (با دانه بندی ۴-۲ میلی متر) عرضه و در ساخت کود کامل ماکرو نیز از این کود استفاده می شود. دانه های این کود مدت زمان طولانی تری به صورت قابل حل در خاک باقی می ماند. بنابراین باید مصرف این کود قبل از کاشت بوده و یا بهتر است با کود کار- بذرکار زیر بذر قرار گیرند. سوپر فسفات معمولی به دلیل نوع فرآیند ساخت، اثر اسیدی کمی در خاک از خود به جای می گذارد. ساخت سوپر فسفات غلیظ (TSP) طی دو مرحله انجام می شود. در مرحله نخست طبق معادله زیر از تأثیر اسیدسولفوریک بر آپاتیت (خاک فسفات)، اسید فسفریک به دست می آید (مقدار زیادی اسیدسولفوریک اضافه می کنند تا ترکیب به صورت سیال در آید)، در مرحله دوم، اسید فسفریک را از گچ جدا کرده و مجدداً آن را روی خاک فسفات تازه می ریزند، منتهی در این فعل و انفعالات برخلاف فرآیند ساخت سوپر فسفات ساده، گچ تولید نمی شود. بدین ترتیب مونو کلسیم فسفات حاصل می شود.



هزینه ساخت سوپرفسفات غلیظ به مراتب بیش از نوع معمولی آن است. اما بالا بودن عیار فسفر، باعث کاهش میزان مصرف و نیز کاهش هزینه حمل و نقل می شود. بدین ترتیب، هزینه بیشتر تولید آن را توجیه می کند. این که از چه نوعی از سوپرفسفات استفاده شود، بستگی به ملاحظات اقتصادی مانند قیمت مواد اولیه، هزینه حمل و نقل و مقدار مصرف دارد. هر دو کود، مونوکلسیم فسفات آزاد کرده و در خاک ها به طور یکسان عمل می کنند. بدین سان هر دو برای گیاه به یک اندازه قابل استفاده می باشند. افزون بر تفاوت در عیار فسفر، باید در نظر داشت که سوپرفسفات معمولی نیز دارای مقدار زیادی گوگرد است. این کود ۴۶ درصد فسفر (P_2O_5) قابل استفاده داشته منتهی حدود ۴۰ درصد آن در آب قابل حل می باشد. علاوه بر آن، ۲ درصد اسید آزاد، ۲ درصد آب و ۱۴ درصد کلسیم دارد. متأسفانه برخی از این کودهای وارداتی بیش از ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم دارند که در درازمدت مخصوصاً در مناطق شالیکاری شمال به دلیل حالیت آن در شرایط اقلیمی شمال کشور، مفید نمی باشند.

۳-۸-۳- اسیدهای فسفریک: اسیدهای فسفریک، بسته به درجه پلی مریزه شدن، به صورت ارتو و پلی فسفات طبقه بندی می شوند. اسید فسفریک، همان گونه که قبلاً گفته شد، از اثر اسیدسولفوریک بر آپاتیت به دست می آید. اسید سوپرفسفریک، محتوی پلی اسیدها بوده و از حرارت دادن اسید ارتو فسفریک، انجام واکنش های متراکم کننده، همراه با خارج شدن آب به دست می آید. اسید ارتو فسفریک، محتوی ۵۵ درصد پنتا اکسید فسفر (۲۴ درصد فسفر) است. در خاک های آهکی، مصرف مداوم این کود، خطر اسیدی شدن خاک را به دلیل خاصیت تامپونی خاک، به همراه ندارد. مقدار پنتا اکسید فسفر در اسید سوپرفسفریک از ۶۹ تا ۷۶ درصد (۳۱ تا ۳۴ درصد فسفر) متغیر است. از این کود به صورت مستقیم نیز می توان استفاده نمود، منتهی مقدار مصرف بسیار ناچیز خواهد بود. اسیدهای فسفریک اثر خورندگی شدیدی داشته و در نتیجه، حمل و نقل آن ها دشوار بوده و به هنگام مصرف به دستگاه های ویژه ای نیاز است. تغییرات اسید فسفریک در خاک، مشابه با آن دسته از موادی است که بر اثر هیدرولیز تبدیل به این نوع اسید می گردند.

۳-۸-۴- فسفات های آمونیومی: درجه حالیت ارتو و پلی فسفات آمونیوم در آب از سوپرفسفات ها بیشتر است. این کودها از اثر ارتو یا پلی فسفریک اسید بر آمونیاک به دست می آیند. نسبت اختلاط این دو در فرآیند ساخت، مقدار آمونیوم و فسفر موجود در کود را مشخص می سازد. اگر از اسید ارتو فسفریک استفاده شود، مونو آمونیوم فسفات $[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4]$ ، دی آمونیوم فسفات $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ و یا مخلوطی از این دو به دست می آید. از کودهای اسید فسفریک و مونو آمونیوم فسفات در آبیاری تحت فشار نیز استفاده می شود. مونو آمونیوم فسفات ۱۱ درصد نیتروژن و ۴۸ درصد پنتا اکسید فسفر (۲۰ تا ۲۱ درصد فسفر) دارد. دی آمونیوم فسفات، به دلیل داشتن عیار بالای مواد غذایی و تمایل کم به جذب رطوبت و کلوخه شدن، کودهایی بسیار مرغوب به شمار می آیند و در حال حاضر به میزان ۳۰۰ هزار تن در سال در مجتمع پتروشیمی رازی (بندر امام خمینی) تولید می گردند.

اخیراً با عنایت به دشواری های موجود در بازار جهانی در تأمین به موقع کودهای فسفاتی،

کادمیوم دار بودن کودهای فسفاتی (برخی از کودهای فسفاتی وارداتی) و ضرورت افزایش ظرفیت تولیدی مجتمع پتروشیمی رازی و از طرف دیگر آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، مقرر شد قسمتی از کود دی آمونیوم فسفات به فسفات سولفات آمونیوم که محتوی ۳۸ درصد فسفر (P_2O_5) و سولفات با درجهٔ اسیدیتهٔ پایین می‌باشد، تولید و به بازار عرضه شود که اقدام شایسته‌ای است. به عبارت دیگر، این کود مخلوطی از دی آمونیوم فسفات (۷۵ درصد) و سولفات آمونیوم (۲۵ درصد) است. بالا بودن عبار درجهٔ کودی، حلالیت بسیار در آب، امکان تولید به شکل دانه‌ای و نیز در دسترس بودن به صورت مایع و تعلیقی از محاسن عمدهٔ کودهای پلی فسفاتی است. سرعت هیدرولیز پلی فسفات‌ها نسبت به ارتوفسفات‌ها در اکثر خاک‌ها بیشتر بوده، ولی اندازه‌گیری اختلاف اثر آن‌ها دشوار است. در خاک‌های نواحی سرد، به دلیل پایین بودن سرعت هیدرولیز، پلی فسفات‌ها نامرغوب‌تر از ارتوفسفات‌ها می‌باشند. ترکیبات حاصله از پیروفسفات‌ها، مخصوصاً در خاک‌های دارای کلسیم فراوان، نسبت به ترکیبات حاصله از ارتو فسفات‌ها، حلالیت کمتری دارند اما این اختلاف چندان نقشی در عملکرد ندارد. پلی فسفات‌های آمونیوم حاملین خوبی برای مواد غذایی کم‌مصرف (ریزمغذی‌ها) بوده، ولی به نظر می‌رسد که تفکیک آن‌ها منطقی نباشد. در مقایسه با ارتوفسفات‌ها، پیروفسفات‌ها از نقطه نظر مشخصات فنی، حمل و نقل و آثار زراعی، از مزایای بیشتری برخوردارند. در آزمایش‌های مزرعه‌ای، بین فسفات‌های آمونیوم و اسید فسفریک از یک طرف و سوپر فسفات‌ها از سوی دیگر، تفاوت عمده‌ای از نظر تأمین فسفر برای گیاه دیده نشده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

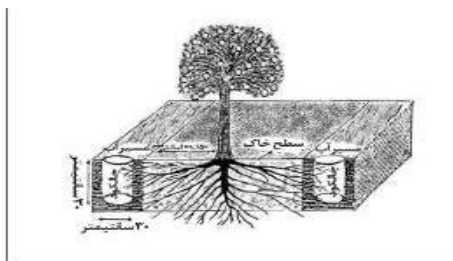
۵-۸-۳- کود میکروبی فسفاتی: این کود محتوی ۴۰ درصد خاک فسفات، ۲۰ درصد گوگرد + ۲۰ درصد مواد آلی + ۱۰ درصد بنتونیت و ۴ درصد سولفات روی + یک بسته باکتری (P-Solubilizer) می‌باشد که مقاومت در برابر درجه گرانبه و کاربرد آن برای مزارع و باغ‌ها جایگزین خوبی برای کودهای فسفاتی وارداتی است. طی آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای که در مورد نقش کودهای زیستی فسفاتی در میزان صرفه‌جویی کودهای زیستی فسفاتی انجام گرفت، نتایج نشان داد با کاربرد کودهای زیستی فسفاتی در آزمایش‌های گلخانه‌ای، درصد صرفه‌جویی مصرف کودهای فسفاتی ۵۰ درصد بود (میراحمدی، ۱۳۸۹؛ آذرمی و همکاران، ۱۳۹۲). لیکن، این مقدار صرفه‌جویی در شرایط مزرعه‌ای تحت کاشت ذرت، ۲۵ درصد بود (روحی، ۱۳۹۱).

۶-۸-۳- بیو فسفات طلایی محتوی روی: این کود حاوی گوگرد پودری، خاک فسفات تغلیظ شده، مواد آلی، باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد و سولفات روی است که برای مصرف در باغ‌ها به صورت چالکود ارائه می‌شود. بیو فسفات طلایی محتوی روی برای بهره‌وری بیشتر از خاک‌ها، فسفات‌های تولید داخل و گوگرد، تهیه این کود در هر مقداری از باغ‌ها مطرح می‌شود. این کود نیز محتوی ۴۰ درصد خاک فسفات، ۲۰ درصد گوگرد + ۲۰ درصد مواد آلی + ۱۰ درصد بنتونیت و ۴ درصد سولفات روی می‌باشد و همچنین یک بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس دارد که متأسفانه به دلیل عدم امکان گرانول‌سازی آن، باکتری‌های تیوباسیلوس در درجه حرارتی بالای ۵۰ درجه سانتیگراد

از بین می‌روند. بیوفسففات طلائی یک کود زیستی محتوی فسفات است که در شرایط مناسب با سوپرفسففات تریپل برابری کرده و به خوبی می‌تواند نیاز فسفوری گیاه را بر آورده کند. با مصرف این کود علاوه بر تأمین فسفر به دلیل کاهش موضعی pH، نیاز غذایی محصولات به روی و آهن نیز تأمین می‌شود. از طرفی، وجود یک درصد روی در این کود باعث ایجاد تعادل بین روی و فسفر در خاک و گیاه می‌شود. این کود فاقد کادمیوم بوده و استفاده تدریجی آن باعث افزایش فعالیت حیاتی میکرو ارگانیسم‌ها، اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و محیط ریشه، افزایش سطح حاصلخیزی خاک و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌شود. استفاده از گوگرد، ماده آلی و باکتری‌های تیوباسیلوس امکان استفاده از منابع فسفات داخل کشور را به جای سوپرفسففات تریپل وارداتی به وجود آورده و باعث افزایش کارایی سایر کودهای مصرفی نیز می‌شود.

مشخصات کود: این کود یکی از تولیدات داخل کشور می‌باشد که به صورت پودری و گرانول تهیه و در بسته‌بندی‌های ۲۵ کیلوگرمی به همراه یک بسته ۵۰۰ گرمی مایه تلقیح تیوباسیلوس عرضه می‌شود. درصد فسفر کل در این کود ۲۰ درصد بوده که با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس به شکل قابل استفاده گیاه در می‌آید. هر کیسه حاوی ۱۵ کیلوگرم خاک فسفات تغلیظ شده، ۵ کیلوگرم گوگرد، ۴ کیلوگرم کود آلی و یک کیلوگرم سولفات روی به همراه یک بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس است. گوگرد موجود در این کود توسط باکتری‌های تیوباسیلوس اکسیده شده و با تولید اسیدسولفوریک باعث آزاد شدن فسفر موجود در کود شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد.

نحوه و میزان مصرف: این کود فاقد کادمیوم بوده و علاوه بر تأمین فسفر، نیاز غذایی محصولات به روی، آهن و ... را به دلیل کاهش موضعی pH خاک تأمین می‌کند. علاوه بر این با افزایش فعالیت‌های حیاتی و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، حاصلخیزی خاک را نیز افزایش می‌دهد. برای این که این کود مؤثر واقع شود باید به صورت چالکود یا کانالکود (تصویر زیر) جایگذاری و رطوبت نیز به مقدار کافی باشد تا امکان تبدیل گوگرد به سولفات با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس فراهم آید. به‌هنگام مصرف ابتدا زیر سایه، (نور غیر مستقیم) یک بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس را با محتویات کیسه کود بیوفسففات طلائی ۲۵ کیلوگرمی مخلوط نمائید. آنگاه مقدار ۳ الی ۵ کیلوگرم (برای هر درخت) را در کانال یا چند چاله (به قطر ۳۵ سانتیمتر و عمق ۵۰ سانتیمتر) که در قسمت انتهایی سایه‌انداز درخت حفر شده است، بریزید. در صورت موجود بودن برگ‌های کاملاً پوسیده یا کود حیوانی و یا کمپوست، می‌توانید آن‌ها را نیز به مخلوط نهایی همراه با کودهای دیگر اضافه کرده و در چاله‌ها بریزید. برای هر درخت جوان (ده ساله) مصرف یک کیلوگرم بیوفسففات طلائی حداقل برای هر دو سال یکبار کافی خواهد بود. در شکل ۱۲ تصویری از چالکود نشان داده شده است.



شکل ۱۲- تصویری از نحوه احداث چالکود در اطراف درختان میوه



شکل ۱۱- نمونه‌ای از کود بیوفسفات طلایی محتوی روی تولید بخش خصوصی

یادآوری-۱ در کود بیوفسفات طلایی حاوی روی، در هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی، ۱۵ کیلوگرم خاک فسفات غلیظ شده تولید داخل، ۵ کیلوگرم گوگرد پودری، ۴ کیلوگرم کود آلی و یک کیلوگرم سولفات روی به علاوه یک کیسه نیم کیلوگرمی باکتری تیوباسیلوس وجود دارد.

۷-۸-۳- ارجحیت سوپرفسفات ساده بر سوپرفسفات غلیظ وارداتی: نظر به اینکه در کشور ما همه ساله کودهای فسفاتی مصرف می‌گردد، لذا انباشتگی فسفر بصورت رسوب فسفات کلسیم در خاک‌های زراعی کشور یک امر طبیعی است. از طرف دیگر، آزاد شدن فسفر در خاک‌های آهکی به مراتب آسان تر از خاک‌های اسیدی (انرژی اتصال فسفات به کلسیم پنج مرتبه کمتر از انرژی اتصال فسفات به آهن و آلومینیوم می باشد) است (Havlin و همکاران، ۲۰۰۵؛ ملکوتی، ۱۳۹۴). بنابراین، چنانچه در مزارعی که مقدار فسفر قابل استفاده با روش اولسن کمتر از سطح بحرانی (۷ تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) باشد، بهتر است از سوپرفسفات ساده بجای سوپرفسفات تریپل وارداتی استفاده شود تا افزون بر افزایش عملکرد هکتاری و صرفه جویی ارزی، از غلظت آلاینده کادمیوم که به همراه کود سوپرفسفات تریپل وارداتی وارد خاک‌های زراعی می‌گردد، نیز کاسته شود تا سلامت جامعه با مصرف محصولات کشاورزی سالم ارتقاء یابد (ملکوتی، ۱۳۹۴). عبارت دیگر، در خاک‌هایی که غلظت فسفر قابل استفاده در آن‌ها بیشتر از پنج میلی گرم بر کیلوگرم می باشد، با عنایت به تجمع فسفر به شکل فسفات کلسیم در خاک‌های زراعی کشور، دیگر نیازی به مصرف همه ساله سوپرفسفات تریپل وارداتی نخواهد بود.

متأسفانه در عرف زارعین کشور، برابر دانستن فسفر با نیتروژن و پتاسیم، فرهنگ اشتباهی است که باید آن را از طرق مختلف از جمله ترویج، اصلاح نمود تا از مصرف همه ساله کودهای سوپرفسفات تریپل به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های آهکی ممانعت شود. بنابراین، برای تامین فسفر مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی به منظور کسب عملکرد مطلوب، به مقدار کمتری فسفر نیاز است که آن هم به سهولت از سوپرفسفات ساده و حتی از خاک فسفات پودری که همراه با گوگردآلی به صورت نواری مصرف می‌گردد، قابل تأمین خواهد بود. در اینجا بهتر است بین خصوصیات کمی-کیفی سوپرفسفات ساده با سوپرفسفات تریپل وارداتی مقایسه‌ای علمی به عمل آید (ملکوتی و رجبی، ۱۳۹۵).

مشخصات مطلوب کودها: کودهای تولیدی در داخل کشور و یا وارداتی می‌بایستی دارای مشخصاتی باشند که به تأیید موسسه تحقیقات خاک و آب رسیده باشند. بعنوان مثال، مشخصات مطلوب کود سوپرفسفات تریپل (غلظت) را می‌توان چنین خلاصه نمود: این کود با حداقل ۴۶ درصد فسفر (P_2O_5)، می‌بایستی فسفر (P_2O_5) محلول در آب آن حداقل ۴۲ درصد باشد. درصد اسید آزاد آن کمتر از چهار درصد و درصد رطوبت آزاد آن کمتر از یک درصد (درصد رطوبت کل کود کمتر از چهار درصد) باشد. علاوه بر این، حداقل ۹۰ درصد ذرات کود بین دو الی چهار میلی‌متر بوده و در تولید آن تحت هیچ شرایطی، از رنگ‌های مصنوعی نظیر رنگ آخرا (نارنجی) به دلیل داشتن کادمیوم و آرسنیک در رنگ‌ها، استفاده نشود. همچنین، غلظت آلاینده‌های کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و آرسنیک (As)، آن به ترتیب کمتر از ۲۵، ۵۰ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد.

مقایسه خصوصیات سوپرفسفات ساده با سوپرفسفات تریپل وارداتی

نام کود	سوپرفسفات ساده	سوپرفسفات تریپل وارداتی
خصوصیات کود	(SSP)	(TSP)
قیمت به ازاء هر کیلوگرم (ریال)	۴,۸۹۰	۱۷,۶۹۰
مقدار فسفر کل (P_2O_5) (درصد)	۲۲	۴۶
مقدار فسفر محلول در آب (درصد)	۱۶	۳۹
مقدار سولفات (درصد)	۳۶	۴
مقدار سولفات کلسیم (درصد)	۲۰	۴
اسید آزاد (درصد)	۵	۳
مقدار عناصر ریز مغذی	قابل توجه	ناچیز
مقدار کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	<۲	۲۵
مقدار سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	<۱۰	۵۰

با عنایت به مطالب مندرج در جدول فوق، چنین استنباط می‌گردد که:

- با یک مقایسه ساده بین سوپرفسفات تریپل با قیمت هر کیلوگرم ۱۷,۶۹۰ ریال با سوپرفسفات ساده با قیمت هر کیلوگرم ۴,۸۹۰ ریال (قیمت‌ها برگرفته از قراردادهای خرید شرکت خدمات حمایتی کشاورزی در سال جاری می‌باشد)، می‌توان با بهای یک کیلوگرم سوپرفسفات تریپل وارداتی، ۳/۶۱ کیلوگرم سوپرفسفات ساده خریداری نمود.
- با خرید هر کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۳۹۰ گرم فسفر محلول و ۴۶۰ گرم فسفر کل تحویل کشاورز می‌گردد. در حالی که با خرید ۳/۶۱ کیلوگرم سوپرفسفات ساده، ۵۷۸ گرم فسفر محلول، ۷۹۴ گرم فسفر کل (۴۸ درصد فسفر محلول و ۷۳ درصد فسفر کل بیشتر) در طول

فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها ۱۴۱

زمان در حضور گوگرد سولفاتی و اسیدیته آزاد، تمامی فسفر جذب گیاه می‌گردد. در واقع، مقدار فسفر تحویلی به کشاورز ۷۹۴ گرم در برابر ۳۹۰ گرم می‌باشد. علاوه بر این، با مصرف سوپرفسفات ساده، مقدار ۴۳۳ گرم گوگرد عنصری، ۱۸۰ گرم اسیدیته آزاد و مقادیر قابل توجهی از انواع ریزمغذی‌ها در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

یادآوری ۱- در کشورهای نظیر استرالیا، برزیل و هندوستان، کود سوپرفسفات ساده توسط کشاورزان در سطح وسیع، مصرف می‌گردد (طبق آمار منتشره توسط اتحادیه بین‌المللی کود- IFA -۲۰۱۳، در حالی که در استرالیا ۵۸ درصد فسفر (P_2O_5) مصرفی را سوپرفسفات ساده و فقط ۴ درصد فسفر (P_2O_5) مصرفی را سوپرفسفات تریپل تشکیل می‌دهد، این ارقام در برزیل به ترتیب ۲۹ و ۱۶ درصد و در هندوستان ۱۰ و صفر درصد می‌باشد).

یادآوری ۲- از طرف دیگر، در حالی که میزان کادمیوم و سرب وارده به خاک زراعی با مصرف ۳/۶۱ کیلوگرم سوپرفسفات ساده بسیار ناچیز است، لیکن با مصرف یک کیلوگرم سوپرفسفات تریپل وارداتی، میزان کادمیوم و سرب وارده به خاک به ترتیب ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خواهد بود.

یادآوری ۳- با توجه به خصوصیات منحصر به فرد سوپرفسفات ساده در تأمین فسفر مورد نیاز بخش کشاورزی و این‌که این کود می‌تواند به عنوان کود ملی مطرح گردد، پیشنهاد می‌شود به جای سوپرفسفات تریپل وارداتی، از سوپرفسفات ساده استفاده شود، زیرا صددرصد مواد اولیه آن در داخل کشور موجود بوده و امکان تولید آن تا سقف ۲۰۰ هزار تن بر سال در کشور فراهم است و مورد تأیید مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دیگر مراجع علمی نیز می‌باشد و به مراتب سالم‌تر از سوپرفسفات تریپل وارداتی است. این کود ملی، توسط شرکت خدمات حمایتی کشاورزی خریداری و در سبد مصرف کشاورزان قرار داده شود که مصرف آن با عنایت به آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، علمی‌تر، ارزان‌تر و سالم‌تر از سوپرفسفات تریپل وارداتی خواهد بود.

۹-۳- نوع و زمان مصرف کودهای کلسیمی و منیزی

۹-۳-۱- نوع و زمان مصرف کودهای کلسیمی: در غلات به دلیل آهکی بودن خاک‌های زیرکشت، نیازی به مصرف کودهای محتوی کلسیم نمی‌باشد. لیکن، در مزارع گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی، هندوانه و درختان میوه برای بهبود کیفیت میوه باید حتماً از محلول‌پاشی کودهای کلسیمی استفاده نمود. اهم کودهای کلسیمی عبارتند از: کلرور کلسیم و نیترات کلسیم، از مناسب‌ترین کودهای حاوی کلسیم که در محلول‌پاشی می‌توان از آن‌ها استفاده نمود عبارتند از کلرور کلسیم و نیترات کلسیم. استفاده از کلرور کلسیم به مراتب بهتر از نیترات کلسیم است، زیرا با مصرف نیترات کلسیم، نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) در میوه‌ها افزایش یافته و با افزایش مقدار نسبی آن، ماندگاری میوه‌هایی نظیر سیب کاهش می‌یابد (مناسب‌ترین نسبت N/Ca در میوه‌های سیب کمتر از ۱۰ و مناسب‌ترین نسبت پتاسیم به کلسیم (K/Ca) در میوه‌های سیب کمتر از ۲۵ است).

۲-۹-۳- نوع و زمان مصرف کودهای منیزیمی: در خاک‌های سبک با نزولات آسمانی بالا و خاک‌هایی که دارای پتاسیم قابل استفاده بیشتری هستند، احتمال کمبود منیزیم وجود دارد. حد بحرانی منیزیم با روش استات آمونیوم یک نرمال، ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک است. اهم کودهای منیزیمی عبارتند از: سولفات منیزیم معدنی و صنعتی. سولفات منیزیم معدنی ($MgSO_4 \cdot xH_2O$) دارای حداقل ۷ درصد (برحسب اکسید منیزیم ۱۱ درصد) منیزیم محلول و حداقل ۳۶ درصد سولفات به علاوه ۵ درصد مواد غیر محلول در آب با pH حدود خنثی می‌باشد. ولی سولفات منیزیم صنعتی ($MgSO_4 \cdot xH_2O$)، دارای ۹ درصد منیزیم خالص (برحسب اکسید منیزیم ۱۶ درصد)، ۳۸ درصد سولفات و حداکثر یک درصد مواد غیر محلول در آب داشته و pH حدود خنثی دارد. در برخی از معادن نظیر معدن ایلجاق به همراه سولفات منیزیم، کلرور منیزیم و یا سولفات مضاعف پتاسیم و منیزیم و یا کائینیت نیز دیده می‌شود. در کارخانجات سازنده کود، برای تولید سولفات منیزیم صنعتی، بر روی کربنات منیزیم، اسید سولفوریک اضافه می‌کنند.



نظر به این که منیزیم عنصری پویا در خاک و گیاه می‌باشد و حرکت آن به صورت توده‌ای انجام می‌گیرد، لذا سولفات منیزیم را با سهولت بیشتری می‌توان در آب حل و مصرف نمود. بنابراین سولفات منیزیم را می‌توان هم به صورت مصرف خاکی، هم همراه با آب آبیاری و هم به صورت محلول پاشی بدون هیچ گونه عارضه سوئی مصرف نمود. مصرف آن در باغ‌های مرکبات شمال حدود ۵۰۰ و در مزارع گندم شمال و غرب کشور ۲۰۰ و در باغ‌های انگور ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار حداقل در هر سه سال قابل توصیه است. زمان مصرف این کود در باغ‌ها در اواخر اسفند ماه و خرداد ماه (با دوبار تقسیط) و در محصولات زراعی قبل از کاشت و به صورت سرک قابل مصرف می‌باشد. غلظت محلول پاشی ۵ تا ۱۰ در هزار بر هکتار (۵ الی ۱۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب) است. زمان محلول پاشی در گیاهان زراعی دو ماه پس از سبز شدن است. مصرف سرک این کود، کارایی آن را افزایش می‌دهد. سولفات مضاعف پتاسیم منیزیم این کود عمدتاً معدنی بوده و محتوی پتاسیم (K_2O) و منیزیم (MgO) است. این کود محلول بوده و به اشکال مختلف از جمله با آب آبیاری قابل مصرف است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱۰-۳- نوع و زمان مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف

مهم‌ترین عناصر کم مصرف (ریزمغذی) که در محصولات زراعی مورد نیاز می‌باشند عبارتند از روی، بور، آهن، منگنز و مس. حد بحرانی روی براساس روش DTPA برابر ۲، آهن برابر ۱۰، منگنز برابر ۷، مس برابر ۱ و بور براساس روش آب داغ برابر ۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. در خاک‌های آهکی طبق نتایج حاصله از یک دهه تحقیق بر روی محصولات

مختلف زراعی و باغی، اولین کمبود از عناصر ریز مغذی، روی (Zn) و در نوبت بعدی بور (B) و آهن (Fe) می باشد. برخلاف نوشته‌های منابع خارجی، کمبود بور (B) در خاک‌های آهکی غیرشور عمومیت دارد. مصرف اسیدبوریک نباید از ۲۵ کیلوگرم بر هکتار تجاوز نماید. در حالی که خاک‌های آهکی مبتلا به کمبود عناصر ریزمغذی (غلظت آن‌ها کمتر از حد بحرانی باشند)، مقدار مصرف سولفات آهن ۲۰۰، سولفات روی ۴۰، سولفات منگنز ۳۰ و سولفات مس ۱۵ کیلوگرم بر هکتار (هر دو سال یکبار) است، برای رفع کمبود آهن نیز می‌توان از سولفات آهن با غلظت ۳ در هزار به صورت محلول پاشی استفاده نمود. چون مصرف خاکی آن، کارآیی لازم را در خاک‌های آهکی ندارد، لذا بهتر است از شکل کلاته ($EDDHA$) آهن، روی، منگنز و مس به صورت خاکی (قبل از کاشت) و یا از شکل کلاته ($EDTA$) آن‌ها همراه با آب آبیاری در زمان پنجه‌دهی و یا ساقه رفتن استفاده شود. بدیهی است تحت چنین شرایطی مقادیر هر یک از آن‌ها مطابق جدول نه کمتر خواهد بود.

سولفات روی، سولفات آهن، سولفات منگنز و سولفات مس باید قبل از کاشت مصرف شده و با شخم زیر خاک شوند یا آن‌ها که با غلظت سه در هزار در مراحل پنجه دهی کامل، اوایل ساقه رفتن و حتی در مرحله گل‌دهی محلول پاشی شوند. لازم به ذکر است مصرف بور (B) در مناطقی که دارای خاک‌های شور می‌باشد، توصیه نمی‌شود. همچنین می‌توان کود کامل میکرو را با غلظت سه در هزار محلول پاشی نمود. مصرف اسید بوریک همراه با آب آبیاری در نوبت دوم همراه با اوره نیز امکان‌پذیر می‌باشد. محلول پاشی کودهای فوق با غلظت ۳ در هزار در مراحل پنجه‌دهی کامل، ساقه رفتن و مرحله گل‌دهی نیز سبب افزایش رشد و عملکرد مطلوب (کمی-کیفی) محصولات زراعی می‌شود. با توجه به نوشته‌های بالا، توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی یا با انجام تجزیه خاک و یا توصیه کودی عمومی بر اساس نتایج آزمایش‌های منطقه‌ای امکان‌پذیر می‌باشد که ذیلاً به شرح مختصری از آن‌ها اکتفا می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). اهم کودهای حاوی عناصر کم مصرف (ریزمغذی‌ها) عبارتند از:

۱-۱۰-۳- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی روی (سولفات روی، کلات روی و اکسیدروی):
از کودهای مهم روی می‌توان سولفات روی معمولی ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) که محتوی ۲۴ درصد روی می‌باشد، سولفات روی خشک ($ZnSO_4 \cdot 2H_2O$) محتوی ۳۳ درصد روی است که به صورت پودری و گرانوله در کشور توسط بخش خصوصی تولید و مصرف می‌شود، کلات روی $Zn-EDTA$ محتوی ۱۵-۱۲ درصد روی بوده و عمدتاً برای محلول پاشی و در شرایطی با آب آبیاری قابل مصرف است. سولفات روی: روی برای فعالیت‌های آنزیمی، تولید هورمون‌های رشد، تلقیح، باروری و تشکیل میوه ضروری بوده و کمبود آن باعث ریزبرگی، تأخیر در باز شدن برگ و گل‌ها، ریزش میوه، سرخشیدگی و محدودیت رشد می‌شود. این عنصر فعال‌کننده بیش از ۳۰۰ نوع آنزیم در انسان، دام و گیاه است و در مجموعه مکانیسم‌های حفاظتی بدن نقش کلیدی دارد. آهکی بودن

خاک‌ها، pH بالا، ماده آلی کم و مصرف زیاد کودهای فسفاتی از عواملی هستند که قابلیت استفاده این عنصر را برای گیاهان محدود کرده و خسارات جبران ناپذیری را بر میزان تولید و کیفیت محصولات وارد می‌نماید. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به خصوص به همراه ماده آلی، گوگرد و باکتری‌های مربوطه باعث بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان شده و بسیاری از نارسایی‌های تغذیه‌ای را برطرف می‌سازد.

جدول ۹- توصیه کودی برای عناصر ریزمغذی براساس نتایج تجزیه خاک (Dinkins و Junel, ۲۰۰۷)*

عنصر غذایی	غلظت عنصر غذایی قابل استفاده در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	توصیه کودی (کیلوگرم بر هکتار)	ملاحظات
روی (Zn)	$< ۰/۵۰$ $۰/۵۰ - ۱/۵۰$ $> ۲/۰۰$	۱۰ ۵ ۰	مصرف کلات روی (Zn- EDTA) بهتر است همراه با آب آبیاری (به صورت سرک) باشد.
بور (B)	$< ۰/۵۰$ $۰/۵ - ۱/۰۰$ $> ۱/۵۰$	۴ ۲ ۰	مصرف اسیدبوریك بهتر است همراه با آب آبیاری (به صورت سرک) باشد.
منگنز (Mn)	$< ۵/۰۰$ $۵/۰۰ - ۷/۰۰$ $> ۱۰/۰۰$	۱۰ ۵ ۰	مصرف کلات منگنز بهتر است همراه با آب آبیاری (به صورت سرک) باشد.
آهن (Fe)	$< ۵/۰۰$ $۵/۰۰ - ۱۰/۰۰$ $> ۱۰/۰۰$	۱۰ ۵ ۰	مصرف کلات آهن بهتر است همراه با آب آبیاری (به صورت سرک) باشد.
مس (Cu)	$< ۰/۵۰$ $۰/۵۰ - ۱/۰۰$ $< ۱/۰۰$	۴ ۲ ۰	مصرف کلات مس بهتر است همراه با آب آبیاری (به صورت سرک) باشد.

* اگر چنانچه مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی به غیر از بور، به صورت کلاته نباشد، حتماً مصرف آن‌ها قبل از کاشت انجام گیرد. مثلاً برای برطرف نمودن کمبود روی از ۲۵ الی ۴۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی استفاده شود.

روش، زمان و مقدار مصرف: این کود از طریق جايگذاری عمقی (موضعی، چالکود و نواری) و محلول پاشی قابل مصرف است. در خاک‌های سبک با آب آبیاری نیز قابل مصرف است اما تحت این شرایط بازیافت آن کمتر خواهد بود. محلول پاشی پنج در هزار آن به همراه اوره و اسیدبوریك در پاییز و یا اوایل بهار قبل از باز شدن شکوفه‌ها در افزایش تشکیل میوه بسیار مفید است. درختان: در زمستان در قسمت میانی سایه انداز به همراه کود حیوانی و گوگرد به صورت چالکود یا کانالکود به میزان ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم به ازاء هر درخت بارور مصرف می‌شود.

نباتات زراعی: هنگام تهیه بستر بذر همراه با سایر کودهای زمستانه به میزان ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم بر هکتار زیر خاک مصرف می‌شود. در ضمن در شالیزارها ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی قابل مصرف می‌باشد.

محلول پاشی: در درختان میوه به نسبت ۳ تا ۵ در هزار و در محصولات زراعی به نسبت ۳ تا ۴

در هزار محلول پاشی می شود.

گیاهان و مناطق مورد مصرف: کمبود روی در خاک های آهنکی با pH بالا در ایران شایع و علائم و عوارض ناشی از کمبود این عنصر در اکثر نقاط ایران و اغلب محصولات به فراوانی به چشم می خورد. مصرف کودهای حاوی روی در این اراضی برای اکثر محصولات مفید است، مصرف این کود به تدریج عوارض ناشی از کمبود روی را برطرف و گل دهی، تشکیل میوه و میزان عملکرد را افزایش خواهد داد.

۱-۳-۲- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی بور (اسیدبوریک و بوراکس): کودهای حاوی بور عبارتند از سولوبور، براکس و اسید بوریک می باشند که اسید بوریک مهم ترین آن ها است. این کود بیشتر به صورت مصرف خاکی و همراه با آب آبیاری قابل مصرف است.

• **اسید بوریک:** بور از عناصر ضروری برای ادامه حیات موجودات زنده است. این عنصر در رشد طولی ریشه، متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و هیدروکربن ها، ساخت دیواره سلولی، متابولیسم فنل ها و اکسین ها، جوانه زنی و رشد لوله گرده و افزایش تحمل گیاه در برابر بیماری ها و سرما نقش اساسی دارد. بور در بسیاری از فرآیندهای گیاهی از جمله افزایش درصد قند در محصولات کشاورزی از جمله چغندر قند، ممانعت از ترکیب گیاهی خربزه به نقل از آقای دکتر کشاورز و ممانعت از پوکی و قلب سیاهی در برخی از محصولات کشاورزی می گردد. بور در انسان نیز در بسیاری از فرآیندهای میانی و زیستی بدن از جمله توسعه استخوان ها و بهبود فعالیت های مغز نقش دارد. بور از عناصر کم مصرفی است که کمبود آن می تواند خسارات جبران ناپذیری را وارد کند. چرا که رشد و تقسیمات مریستمی، گل دهی و تلقیح، تشکیل و رشد میوه ها به شدت تحت تاثیر وضعیت بور در گیاه می باشند. کمبود این عنصر عمدتاً در اراضی شنی و خاک های آبیاری شده با آب های شیرین با بور کم شایع است. اسیدبوریک با فرمول H_2BO_3 و با ۱۷ درصد بور تولید و در بسته بندی های ۲۵ کیلو گرمی عرضه می شود.

روش، زمان و مقدار مصرف: این کود را می توان با روش های مختلف (مصرف خاکی قبل از کاشت، آب آبیاری و محلول پاشی) مصرف نمود. محلول پاشی پنج در هزار آن همراه با اوره و سولفات روی در پائین بعد از برداشت محصول و یا اوایل بهار قبل از باز شدن شکوفه ها بسیار با اهمیت و مفید است. درختان: در زمستان در قسمت میانی سایه انداز به همراه کود حیوانی و گوگرد به صورت چالکود یا کانالکود به میزان ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم در هر درخت بارور مصرف شود.

نباتات زراعی: هنگام تهیه بستر بذر همراه با سایر کودهای زمستانه به میزان ۵۰ تا ۸۰ کیلوگرم بر هکتار در زیر خاک مصرف شود.

محلول پاشی: در درختان میوه به نسبت ۳ تا ۵ در هزار و در محصولات زراعی به نسبت ۳ تا ۴ در هزار محلول پاشی می شود.

گیاهان و مناطق مورد مصرف: گیاهانی مانند یونجه، چغندر قند، کرفس و برخی دیگر از نباتات غده ای نیاز

بالایی دارند. درختان میوه نیز مخصوصاً سیب و گلابی و تاکستان‌ها به کمبود آن حساس می‌باشند. نکته فنی: نظر به این که محدوده کمبود و سمیت بور بسیار به هم نزدیک است، لذا در مقدار مصرف آن باید نهایت دقت را نمود.

۳-۱۰-۳- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی آهن (سولفات آهن، کلات آهن و سکوسترین آهن): از کودهای مهم آهن می‌توان سولفات آهن دو ظرفیتی (مصرف خاکی و محلول پاشی)، ترکیبات کلاتی EDTA (مصرف با آب آبیاری) و سکوسترین آهن (Fe-EDDHA) (مصرف خاکی) را نام برد.

• **سولفات آهن:** آهن در تشکیل و نگهداری کلروفیل و تولید ضروری بوده و کمبود آن در گیاه، فقدان کلروفیل، زردی بین رگبرگ‌ها و کاهش فتوسنتز را به دنبال دارد. این عنصر برای تولید هموگلوبین در بدن انسان ضروری بوده و کمبود آن باعث کم‌خونی می‌شود.

مشخصات کود: آهنی بودن خاک‌ها، pH بالا، ماده آلی کم و بی کربنات زیاد در آب آبیاری از عواملی هستند که قابلیت استفاده این عنصر را برای گیاهان محدود کرده و خسارات جبران‌ناپذیری را بر میزان تولید و کیفیت محصولات وارد می‌نماید. علائم و عوارض ناشی از کمبود این عنصر در اکثر نقاط ایران و در اغلب محصولات به فراوانی به چشم می‌خورد. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به همراه ماده آلی، گوگرد و باکتری‌های مربوطه، باعث بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان شده و مصرف آن در درازمدت می‌تواند کمبود آهن را برطرف سازد. این کود به دو صورت سولفات آهن خشک ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) با ۲۴ درصد آهن و سولفات آهن آبدار ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) با ۲۰ درصد آهن تولید و در بسته‌بندی‌های ۲۵ کیلوگرمی به صورت پودری عرضه می‌شود. مصرف این کود برای برطرف کردن زردی و رنگ پریدگی برگ‌ها، افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز گیاه بسیار مفید می‌باشد.

روش، زمان و مقدار مصرف: این کود از طریق جایگذاری عمقی (موضعی، چالکود و نواری) و محلول پاشی قابل مصرف است. در خاک‌های سبک با آب آبیاری نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، اما تحت این شرایط باز یافت آن کمتر خواهد بود.

درختان: در زمستان در قسمت میانی سایه‌انداز به همراه کود حیوانی و گوگرد به صورت چالکود یا کانالکود به میزان ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم به ازاء هر درخت بارور مصرف می‌شود.

نباتات زراعی: هنگام تهیه بستر بذر همراه با سایر کودهای زمستانه به میزان ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار زیر خاک مصرف شود.

محلول پاشی: درختان میوه با نسبت ۳ تا ۵ در هزار و در محصولات زراعی به نسبت ۳ تا ۴ در هزار محلول پاشی شود.

• **سکوسترین آهن (EDDHA-EDTA) - Sequesterine:** سکوسترین آهن، ترکیباتی هستند که فراهمی آهن را برای گیاه در شرایط غیر خنثی فراهم می‌نمایند. مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از اتیلن دی آمین دی ان او هیدروکسی فنیل استیک اسید (EDDHA) که یک عامل کلات‌کننده آهن III

است که در خاک‌های آهکی استفاده می‌شود و کود گران قیمتی است، دیگری اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) که یک عامل کلاته کننده بوده که برای کلات کردن آهن III، منگنز، مس و روی استفاده می‌شود، از این کود در شرایط غیرخنثی و در کودهای محلول و آب‌کشت استفاده می‌شود. دی اتیلین تترا آمین پنتا استیک اسید (DTPA) نیز یک عامل کلات کننده آهن III می‌باشد.

۴-۱۰-۳- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی منگنز (سولفات منگنز و کلات منگنز): از کودهای مهم منگنز می‌توان سولفات منگنز را نام برد که هم به صورت خاکی و هم محلول پاشی به کار می‌رود. رایج‌ترین کود منگنز با ۱۶ و یا ۲۶ درصد منگنز است. این کود در خاک‌های آهکی قابل مصرف است. اکسید منگنز با حدود ۷۰ درصد منگنز خالص به دلیل حلالیت محدود فقط در خاک‌های اسیدی قابل مصرف است و در خاک‌های آهکی ایران کاربردی ندارد. منابع دیگر این کود مثل Mn-EDTA با ۱۲ درصد منگنز نیز در دسترس است که با توجه به قیمت بالای این کلات، مصرف آن در شرایط حاد کمبود، به صورت برگپاشی توصیه می‌شود.

● **سولفات منگنز:** منگنز نقش کلیدی در تشکیل کلروپلاست و سیستم‌های آنزیمی گیاه داشته و مصرف این کود، باعث بهبود فتوسنتز گیاه و افزایش تولید محصول خواهد شد. منگنز فعال کننده تعداد زیادی از آنزیم‌ها در انسان است. آهکی بودن خاک‌ها، pH بالا، ماده آلی کم و مصرف نامتعادل کودها از عواملی هستند که قابلیت استفاده این عنصر را برای گیاهان محدود کرده و خسارات جبران ناپذیری را بر میزان تولید و کیفیت محصولات وارد می‌کنند. علائم و عوارض ناشی از کمبود این عنصر در اکثر نقاط ایران و در اغلب محصولات به چشم می‌خورد. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به خصوص همراه ماده آلی، گوگرد و باکتری‌های مربوطه، باعث بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان شده و بسیاری از نارسایی‌های تغذیه‌ای را برطرف می‌سازد. سولفات منگنز با فرمول شیمیایی $MnSO_4 \cdot H_2O$ حاوی ۲۴ درصد منگنز است که به صورت پودری تولید و در بسته بندی‌های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می‌شود.

روش، زمان و مقدار مصرف: کمبود منگنز در خاک‌های آهکی با pH بالا و خصوصاً بافت سبک در اکثر نقاط ایران و محصولات گزارش شده است. مصرف کودهای حاوی منگنز در این اراضی به تدریج عوارض ناشی از کمبود را برطرف و میزان کلروفیل، فتوسنتز و عملکرد را افزایش خواهد داد. این کود از طریق جایگذاری عمقی (موضعی، چالکود و نواری) و محلول پاشی قابل مصرف است. در خاک‌های سبک با آب آبیاری نیز قابل مصرف می‌باشد اما تحت این شرایط باز یافت آن کمتر خواهد بود.

درختان: در زمستان در قسمت میانی سایه انداز به همراه کود حیوانی و گوگرد به صورت چالکود یا کانالکود به میزان ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم به ازاء هر درخت بارور مصرف می‌شود.

نباتات زراعی: هنگام تهیه بستر بذر همراه با سایر کودهای زمستانه به میزان ۶۰ کیلوگرم بر هکتار زیر خاک مصرف می‌شود.

محلول پاشی: در درختان میوه به نسبت ۳ تا ۴ در هزار و در محصولات زراعی به نسبت ۲ تا ۳ در هزار محلول پاشی می شود.

۵-۱۰-۳- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی مس (سولفات مس یا کات کبود): از کودهای

مهم مس می توان سولفات مس (کات کبود) را نام برد که به دو صورت خاکی و محلول پاشی به کار می رود.

• **سولفات مس:** مس نقش کلیدی در فعالیتهای آنزیمی، فتوسنتز، تنفس، متابولیسم کربوهیدراتها

و پروتئینها داشته، کمبود آن به تلقیح، تولید میوه و دانه صدمه زده و باعث سرخشیدگی درختان و افزایش حساسیت غلات به خوابیدگی و بادزدگی خوشهها می شود. مس در انسان با کمک به جذب آهن، سطح انرژی بدن را بالا نگه داشته و کمبود آن باعث کمخونی می شود. آهکی بودن خاکها و pH بالا از عواملی هستند که قابلیت استفاده مس را برای گیاهان محدود کرده و خسارات جبرانناپذیری را بر میزان تولید و کیفیت محصولات وارد می نماید، علائم و عوارض ناشی از کمبود این عنصر، در اکثر نقاط و محصولات گزارش شده است. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به خصوص به همراه ماده آلی، گوگرد و باکتریهای مربوطه باعث بهبود شرایط تغذیه ای گیاهان شده و بسیاری از نارساییهای تغذیه ای را برطرف می سازد. سولفات مس با فرمول شیمیایی $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ حاوی ۲۴ درصد مس است که به صورت پودری در بسته بندیهای ۲۵ کیلوگرمی عرضه می شود.

روش، زمان و مقدار مصرف: کمبود مس در خاکهای آهکی با pH بالا خصوصاً با بافت سبک در اکثر نقاط ایران و در اغلب محصولات مخصوصاً غلات گزارش شده و مصرف کودهای حاوی این عنصر در این اراضی مفید است، مصرف این کود به تدریج عوارض ناشی از کمبود مس را برطرف و میزان عملکرد را افزایش خواهد داد. محصولاتی چون گندم، یونجه، یولاف، پیاز، کاهو، درختان میوه و مرکبات بیشترین حساسیت را به کمبود مس نشان می دهند. این کود عمدتاً از طریق جایگذاری عمقی (موضعی، چالکود و نواری) مصرف شده و محلول پاشی آن باید با احتیاط و تنظیم pH صورت گیرد.

درختان: در زمستان در قسمت میانی سایه انداز به همراه کود حیوانی و گوگرد به صورت چالکود یا کانالکود به میزان ۵۰ تا ۱۵۰ گرم برای هر درخت بارور مصرف می شود.

نباتات زراعی: هنگام تهیه بستر بذر همراه با سایر کودهای زمستانه به میزان ۲۰ کیلوگرم بر هکتار زیر خاک مصرف شود.

محلول پاشی: درختان میوه به نسبت ۲ تا ۳ در هزار و در محصولات زراعی به نسبت ۲ در هزار محلول پاشی می شود.

۱۱-۳- نوع و زمان مصرف کودهای خیلی کم نیاز

۱۱-۳-۱- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی مولیبدن (مولیبدات آمونیوم): مولیبدن از

طریق مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند به خاک افزوده شود (غلظت مولیدن در نیترات آمونیوم ۵۶، در کودهای فسفاتی ۴۵ و در کلرورپتاسیم ۲۶ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است). همچنین مقادیر کمی از Mo از طریق نشت‌های اتمسفری وارد خاک می‌شود. حضور این عنصر در اتمسفر تا حدودی زیادی از سوختن نفت و زغال سنگ به وجود می‌آید. غلظت Mo در لجن فاضلاب به دلیل آلوده شدن به فاضلاب‌های صنعتی معمولاً بیشتر از خاک است. میانگین غلظت Mo در لجن فاضلاب که در چهار تحقیق گزارش شد، حدود ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم است.

۱۱-۳- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی سیلیسیم (سیلیکات پتاسیم): سیلیسیم برای بعضی از گیاهان عنصر نسبتاً ضروری، ولی برای برنج یکی از عناصر اساسی و مهم و پرنیاز بوده که به مقدار ۱۰٪ تا ۲۰٪ در ماده خشک ساقه و برگ برنج یافت می‌شود. کودهای سیلیسمی علاوه بر افزایش استحکام سلول‌های اپیدرمی، از طریق تحریک سیستم دفاعی گیاه هم می‌تواند حساسیت نسبت به بیماری‌ها و آفات را کاهش دهند. گزارش‌هایی مبنی بر کاهش سمیت منگنز و آلومینیوم توسط سیلیس وجود دارد. به‌طور کلی، کودهای سیلیسمی کودهایی هستند، که درصد سیلیسیم محلول آن‌ها بالا باشند، خصوصیات فیزیکی مناسب برای استفاده ماشینی داشته و به آسانی در دسترس و ارزان قیمت باشند. با توجه به این که سیلیسیم دومین عنصر فراوان پوسته زمین است، بنابراین یافتن منابع سیلیسیم آسان است. ولی این عنصر، اغلب به صورت ترکیب با سایر عناصر وجود دارد و بیشتر منابع آن نامحلول است. به‌طور کلی در کشاورزی از مواد زیر استفاده می‌شود: تفاله (محصول فرعی) صنایع آهن و آلومینوم‌سازی که سیلیسیم دارند و غلظت و میزان سیلیسیم محلول و همچنین غلظت سایر عناصر در آن‌ها بسیار متفاوت است، سیلیکات پتاسیم به علت گران بودن فقط در موارد خاص و برای محصولات پر ارزش، سیلیکات سدیم در تحقیقات و همچنین برای محصولات پر ارزش، سیلیکات کلسیم مهم‌ترین منبع برای مصرف خاکی سیلیسیم می‌باشد و به تازگی یک شرکت بلژیکی کود مایع سیلیسمی را با نام سیلامول تولید نموده که محتوی ۱ تا ۲ درصد (SiO_2) است. تأثیر سیلیسیم (Si) بر روی عملکرد گندم و کارایی کود و آب در شرایط تنش خشکی توسط پزشک (۱۳۹۵) بررسی گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. تیمار مصرف خاکی ۲۰ کیلوگرم بر هکتار همراه با محلول پاشی غلظت ۵ در هزار سیلیکات پتاسیم، باعث افزایش عملکرد و کارایی شد. در شرایط کم‌آبایی، با مصرف خاکی ۲۰ کیلوگرم بر هکتار و محلول پاشی ۵ در هزار سیلیکات پتاسیم، عملکرد کل نسبت به شاهد بطور معنی‌داری افزایش یافت. علاوه بر این، با مصرف سیلیکات پتاسیم، مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و آفات افزایش یافته است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱۱-۳- نوع و زمان مصرف کودهای محتوی سلنیم: در توسعه کود مؤثر و بی‌خطر سلنیم باید شکل شیمیایی، حالیت، pH خاک، قابلیت اکسیداسیون و احیا و میزان و روش کاربرد Se مورد توجه قرار گیرد. کاربرد کودهای حاوی فسفات یا سولفات می‌تواند سطح سلنیم را در گیاه

تحت تأثیر قرار دهد. این مواد ممکن است حاوی میزان کمی سلنیم باشند یا رشد ریشه را تحریک کنند که متعاقب آن جذب سلنیم افزایش یابد. کودهای ساخته شده از سنگ فسفات حاوی بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سلنیم است. کاربرد برگی (محلول پاشی) سلنیت در گیاهان، روش مؤثری برای افزایش سلنیم در گیاهان علوفه‌ای است. کاربرد ۱۰ گرم بر هکتار سلنات در گیاهان مرتعی و کاربرد سلنیم با کودهای کامل به عنوان یک راه مؤثر برای بالا بردن سطح سلنیم در بافت‌ها و بذر گیاهی پیشنهاد شده است.

به طور کلی در تمام محصولات زراعی از جمله غلات، لازم است تمام کودهای محتوی عناصر غیرپویا نظیر کود کامل ماکرو، اوره با پوشش گوگردی، کودهای فسفاتی، سولفات پتاسیم، انواع کودهای گوگردی، سولفات منگنز، سولفات روی، سولفات مس و کود کامل میکرو معدنی، قبل از کاشت و در عمق ریشه گیاه ترجیحاً با استفاده از دستگاه کودکار- بذرکار مصرف شوند و بقیه کودهای محتوی عناصر پویا نظیر کودهای نیتروژنی، نیترات پتاسیم، کلرور پتاسیم، سولفات منیزیم، کود کامل ماکروی محلول در آب (کود آبیاری= کریستالون)، کلات‌های محتوی عناصر ریزمغذی و اسیدبوریک به صورت سرک و ترجیحاً همراه با آب آبیاری مطابق با نیاز گیاه به صورت تقسیط و یا به صورت محلول پاشی مصرف گردند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱۲-۳- معرفی کودهای نانو

امروزه افزایش جمعیت و به دنبال آن مواجهه با بحران غذایی مسئله‌ای مهم بوده و این موضوع باعث شده است که به منظور افزایش تولید غذا فشار زیادی بر خاک‌های کشاورزی وارد شود. از این رو حفظ حاصلخیزی خاک از طریق مصرف کودهای شیمیایی به منظور افزایش غذا بسیار حائز اهمیت است. در کنار جنبه‌های مثبت استفاده از کودهای شیمیایی، متأسفانه در اثر مصرف بی‌رویه، ناآگاهانه و عدم تعادل در کاربرد این کودها، علاوه بر کاهش عملکرد محصولات، معضلات زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها مثل آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک بسیار نگران کننده است. با ظهور فناوری نانو، فرمولاسیون بسیاری از کودهای شیمیایی تغییر کرده است. فرمولاسیون نانو ساختارها، از طریق مکانیسم‌هایی مانند رسانش هدفمند و رهاسازی کنترل شده، این امکان را برای کودهای شیمیایی فراهم می‌آورد که عناصر غذایی خود را در پاسخ به محرک‌های محیطی و نیازهای زیستی با دقت بسیار بالا در خاک آزاد سازند و متعاقب آن، باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی شوند. بنابراین، فناوری نانو از پتانسیل عظیمی جهت دستیابی به کشاورزی پایدار، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، برخوردار است. بدون شک، با بهره‌گیری از مزایای فناوری نانو به عنوان یک فناوری پیشرفته نوظهور در بخش کشاورزی، می‌توان به نتایج مطلوبی از جمله تضمین امنیت غذایی، توسعه کشاورزی پایدار و تولید سازگار با محیط زیست دست یافت.

بطور کلی مزایای استفاده از نانوکودها در مقایسه با کودهای مرسوم عبارتند از افزایش کارایی و کیفیت منابع غذایی به واسطه سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها توسط آبشویی، جذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد، کاهش قابل توجه آلودگی خاک، آب و محصولات غذایی به واسطه کاهش آبشویی کودها، کاهش میزان فشردگی خاک و سرعت از دست رفتن کیفیت آن، کاهش مسمومیت گیاهی و تنش ناشی از وجود غلظت‌های بسیار بالای موضعی نمک در خاک، افزایش عملکرد به واسطه وضعیت تغذیه‌ای مطلوب گیاه، بهبود خواص انبارداری و سهولت جابه‌جایی کود. استفاده از نانو کودهای کندرها یا کودهایی که از قابلیت رهاسازی کنترل‌شده عناصر برخوردارند، یکی از گزینه‌های جدید پیش رو برای افزایش کارایی مصرف کودهای مرسوم به حساب می‌آید. از طریق انتقال نانوذرات به بافت‌های گیاهی نیز امکان تعیین وضعیت غذایی گیاه وجود خواهد داشت. بنابراین، می‌توان از این ویژگی نانوذرات جهت انجام اقدامات مورد نیاز به منظور اصلاح اختلالات تغذیه‌ای که موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شوند، به نحوی مطلوب سود برد. در ایران نیز در چند سال اخیر تلاش‌هایی در جهت برطرف کردن مشکلات تغذیه‌ای گیاهان با استفاده از فناوری نانوصورت گرفته است. استفاده از نانوذرات سوپرپارامگناطیس اکسید آهن جهت رفع کلروز سویا در محیط هیدروپونیک (غفاریان، ۱۳۹۳) و رفع کلروز ذرت در خاک‌های آهکی (Jalali و همکاران، ۲۰۱۷)، استفاده از نانوذرات نقره جهت افزایش عملکرد یونجه (رضانی، ۱۳۹۳) و ذرت سیلویی (فیضی، ۱۳۸۹)، مثال‌هایی در این زمینه هستند.

در بهمن ماه ۱۳۹۴، در شبکه خبر آمده بود که ایران به دانش فنی تصفیه پساب‌های صنعتی با استفاده از امواج فراصوت و نانوذرات اکسیدی دست یافته که خبر مسرت‌بخشی است و امید است در آینده نزدیکی تجارتي شده تا در سطح وسیع مورد استفاده قرار گیرد. انجام تحقیقات بیشتر در زمینه‌های چالشی نانوذرات کودی در راستای بهبود تغذیه گیاهی و اقتصادی نمودن مصرف کودها در کشور و کاربرد فناوری نانو در راستای مصرف بهینه کودهای شیمیایی با تأکید بر نانوکودها توصیه می‌گردد. ضمناً در راستای بهبود تغذیه گیاهی و اقتصادی نمودن مصرف کودها در کشور و نیز نقش نانوکودها در رفع علائم کمبود، سرنوشت آن‌ها در زنجیره غذایی و اثر دراز مدت استفاده از آن‌ها بر کیفیت و کمیت محصولات زراعی به بررسی و تحقیقات بیشتری نیاز است. امید است که در آینده نزدیک، شاهد تولید کودهای نانوی سالم و دوستدار محیط زیست در مقیاس صنعتی در کشور باشیم. اخیراً (۹۵/۸/۲۰) موسسه تحقیقات خاک و آب، طی نامه‌ای اعلام نموده: نظر به اینکه کودها با عنوان نانو، می‌بایستی توسط کمیته ویژه نانو در وزارت جهاد کشاورزی تایید شوند و تاکنون نیز هیچ شرکتی نتوانسته است این عنوان را برای کودهای تولیدی خود کسب نماید، لذا کودهای نانوی موجود در بازار مورد تایید نمی‌باشند.

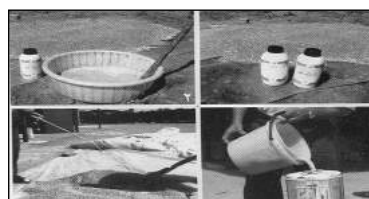
۱۳-۳- روش های مصرف کودها

مصرف تمامی کودهای حامل عناصر غذایی غیرپویا (غیرمتحرک) در محلول خاک (فسفر، آهن، منگنز، روی و مس) و تمام کودهای آلی- زیستی بایستی قبل از کاشت و به صورت عمقی باشند. لیکن، مصرف کودهای حاوی عناصر غذایی پویا (متحرک) نظیر نیتروژن (نیتрат) و نیمه پویا (کمی متحرک) همانند پتاسیم، سولفات، منیزیم و بور در محلول خاک، بایستی به صورت سرک و تقسیط (به دفعات) همراه با آب آبیاری باشند. به عبارت دیگر، مصرف کودهای آلی، زیستی، اوره با پوشش گوگرد (SCU)، کودهای فسفاتی به استثنای اسیدفسفریک، سولفات پتاسیم و کودهای محتوی عناصر ریز مغذی به- استثنای اسیدبوریک، بایستی قبل از کاشت مصرف گردند. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، روش های متعددی وجود دارد که در زیر به مهم ترین آن ها اشاره می شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه به مقاله ها و کتاب های متعدد از جمله مقاله مروری Wojcik (۲۰۰۴)؛ کتاب های تغذیه معدنی گیاهان عالی (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۴- ترجمه)؛ روش های نوین تأمین به موقع عناصر غذایی در گیاهان (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)؛ روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار «چاپ هفتم با بازنگری کامل» (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷)؛ اصول تغذیه معدنی گیاهان: مفاهیم نظری و عملی (طباطبائی، ۱۳۹۲) و تغذیه برگی: اصول علمی و عملیات مزرعه ای (متشرع زاده و همکاران، ۱۳۹۴- ترجمه) مراجعه فرمایید.

۱-۱۳-۳- بذرمال (آستر کردن بذر = دوغاب بذر): بذرمال و یا پوشش دهی (Seed Costing) و آستر کردن بذر (Seed Priming) هر دو از روش های تیمار و ارتقای کیفیت بذر هستند. الف) بذرمال: افزودن مواد شیمیایی برای حفاظت بذر در مقابل پاتوژن ها یا بهبود جوانه زنی است. در این روش معمولاً مواد جامد پودری یا سوسپانسیون هایی از عناصر غذایی و یا کودهای زیستی به عنوان پوششی روی بذر به کار رفته اما به درون بذر وارد نمی شوند. به عنوان مثال در بذرهایی پوشش داده با عناصر غذایی (کودها) بعد از قرار گرفتن در خاک این پوشش از بذر جدا می شود. سپس گیاه در طی فرآیند جوانه زنی از عناصر غذایی آزاد شده در خاک، استفاده می کند. پوشش دهی بذر می تواند برای افزایش زمان انبارداری یا زنده ماندن بذر در طبیعت نیز استفاده شود. همچنین، این تیمار می تواند در بذرهایی بسیار ریز یا بذرهایی با شکل هندسی نامنظم برای سهولت بذرپاشی مکانیکی نیز به کار رود. روش بذرمال در ایران به دلیل گستردگی کمبود عناصر کم مصرف به ویژه روی (Zn) در خاک های آهکی، می تواند در تأمین نیاز گیاه همراه با سایر کودها از جمله کودهای زیستی کاربرد فراوانی داشته باشد. Yilmaz و همکاران (۱۹۹۷) با مقایسه روش های مصرف خاکی، محلول پاشی، بذر مال، روش های توام خاکی محلول پاشی و بذرمال محلول پاشی، نقش مصرف روی را در افزایش عملکرد گندم در خاک های آهکی ترکیه بررسی و به این نتیجه رسیدند صرف نظر از روش مصرف سولفات روی، در همه تیمارها افزایش عملکرد نسبت به شاهد معنی دار بود. بالاترین افزایش عملکرد مربوط به روش مصرف خاکی و کمترین از روش محلول پاشی به دست آمد. نتایج تحقیقات نشان

فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها ۱۵۳

داد در صورتی که به هر دلیلی مصرف خاکی و محلول پاشی عناصر غذایی کم مصرف انجام نشود، بذرمال روش مناسبی برای تامین نیاز غذایی گیاهان خواهد بود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).
اخیراً یکی از شرکت‌های تولیدکننده کود، بذرمال روی با غلظت ۶۰۰ گرم بر لیتر را به بازار عرضه و مصرف هشت تا ده کیلوگرم از این کودها را برای هر تن بذر گندم پیشنهاد نموده است. شیوه مصرف بذرمال را می‌توان بدین صورت انجام داد که بذرمال را با دو برابر حجم خود با آب رقیق کرده تا محلول یکنواختی بدست آید؛ سپس محلول بدست آمده را روی بذر ریخته و آنگاه مخلوط را به هم زده تا کاملاً بذرها به طور یکنواخت آغشته شوند. پس از آن بذرها را در سایه خشک نموده و کشت انجام گیرد. روش دیگر این است که بذرها را روی یک نایلون در سطح مسطح پخش کرده؛ بذرمال را طبق دستور فوق رقیق نموده؛ محلول بذرمال رقیق شده را داخل مخزن سمپاش ریخته و تا زمانی که بذرها به صورت یکنواخت به بذرمال آغشته شوند، محلول رقیق شده را بر روی بذرها می‌پاشند. پس از مخلوط کردن و خشک شدن، بذرها آماده کشت می‌باشند. در شکل‌های زیر، نحوه مصرف بذرمال روی (Zn) و بذور بذرمال شده قبل از کاشت نشان داده شده است.



ب) آستر کردن بذر (پرایمینگ بذر): عبارتست از خیساندن بذر در یک محلول، که طی آن فرآیندهای متابولیکی در بذر فعال شده ولی مانع از ظهور ریشه‌چه و جوانه‌زنی می‌شود. در این روش بذرها در محلول‌های شیمیایی (یا محلول‌های عناصر غذایی با غلظت مشخص) در مدت زمان معینی خیسانده شده که طی آن این مواد جذب و به درون بذر وارد می‌شوند (به دلیل اینکه پتانسیل آبی داخل بذر بسیار کمتر از محیط بیرون بذر بوده و در نتیجه، محلول غذایی وارد بذرمی‌شود)، سپس مجدداً بذرها خشک شده و تا زمان کاشت نگهداری می‌شوند. به عنوان مثال، در پرایمینگ (آستر کردن) بذر با عناصر غذایی، بعد از قرار گرفتن بذر در خاک در ساعات اولیه جوانه‌زنی، مقادیر زیادی عناصر غذایی در اختیار جنین در حال رشد می‌باشد. در طول فرآیند جوانه‌زنی، ریشه‌های خارج شده از بذر که قبلاً از عناصر غذایی پویا استفاده کرده‌اند، برای دستیابی به عناصر غذایی بیشتر در خاک، توسعه می‌یابند.

جذب مواد غذایی به درون بذر با استفاده از تکنولوژی سیستم تحویل بذر (Seed delivery system) ظاهراً طبق ادعای شرکت Rural Liquid Fertilizer (RLF) استرالیایی انحصاری بوده و این شرکت کارایی بهتر این روش را در مقایسه با روش بذرمال تضمین می‌نماید. BSN Superstrike یک کود مناسب برای آستر کردن بذر است که فناوری ساخت آن را شرکت استرالیایی (RLF) دارد. در

تصاویر زیر، تفاوت اساسی بین بذرمال (Seed coating) با آسترکردن بذر (Seed priming) توسط شرکت تولیدکننده و نمونه یک لیتری از کود مایع BSN Superstrike نشان داده شده است.



نحوه استفاده از BSN: Seed priming با BSN یک فرایند ساده است که برای انجام آن نیاز به ماشین آلات گران قیمت ندارد و به سادگی توسط کشاورزان در هر مقیاسی قابل استفاده است. مخلوط BSN و آب به سادگی ظرف مدت ۲۰ دقیقه جذب بذر می شود. نحوه مصرف آن بدین ترتیب است که ابتدا آن را مطابق نوشتار برچسب کود، با میزان آب مورد نیاز مخلوط می نمایند. میزان مصرف BSN برای یک کیلو گرم دانه گندم؛ شش میلی لیتر محلول BSN به همراه پنج میلی لیتر آب است. توضیح آن که در اواخر سال ۱۳۹۴، یک نمونه یک لیتری از این نوع کود مایع بصورت آزمایشی از شرکت RLF استرالیایی پس از مکاتبات طولانی تحویل گرفته شده که کارایی کاربرد آن با روش بذرمال بر روی رشد و توسعه گندم در استان های فارس و تهران بررسی و نتایج در استان فارس نشان داد که در هر دو روش تیمار بذر).

بذرمال و پرایمینگ بذر) در مقایسه با تیمار شاهد، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته گندم، طول خوشه و وزن هزار دانه، افزایش یافت. لیکن، نتایج آزمایش در استان تهران نشان داد در حالی که روش تیمار بذرمال روی اثر معنی داری بر روی صفات مورد اندازه گیری نداشته ولی کاربرد پرایمینگ بذر بر وزن خشک اندام هوایی اثر مثبت داشته است. با عنایت به نتایج حاصل از این دو پژوهش، چنین استنباط گردید که روش های تیمار بذر (بذرمال با کودهای حاوی روی و پرایمینگ بذر) در شرایط گلخانه ای اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشته و انتخاب هر کدام بستگی به جنبه های اقتصادی دارد (جوکار و همکاران، ۱۳۹۷). در تصاویر زیر، تفاوت در وضعیت رشدی ریشه ها و وضعیت رشدی بوته های گندم پس از پنج ماه از زمان کشت بین بذرمال (seed coating) با آسترکردن بذر (seed priming) و شاهد نشان داده شده است (جوکار و همکاران، ۱۳۹۶). برای کسب اطلاعات بیشتر، به آدرس تارنمای شرکت www.rlf.com.au مراجعه نمایید.

فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها ۱۵۵

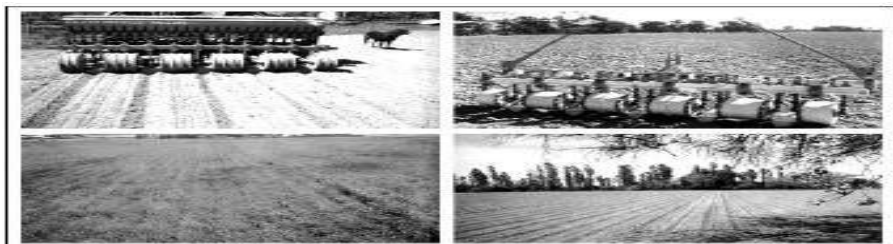


مقایسه چگونگی وضعیت رشدی گندم در تیمارهای آزمایشی



مقایسه وضعیت رشدی ریشه‌ها در تیمارهای آزمایشی

۲-۱۳-۳- جایگذاری عمقی کودها برای گیاهان زراعی و دارویی: عمل جایگذاری کود به قرار دادن کود در ناحیه‌ای نزدیک ریشه گیاهان (ریزوسفر) اطلاق می‌گردد و مخصوصاً رعایت آن در مورد عناصر غذایی غیرپویا نظیر کودهای محتوی فسفر و سولفاتی محتوی عناصر کم‌مصرف مهم است. در کشاورزی علمی، جایگذاری عمقی آن باعث بالا رفتن کارایی کودها، کاهش مقدار مصرف و نهایتاً سبب افزایش بازده اقتصادی در مصرف کودها می‌گردد. ارجح بودن جایگذاری عمقی کود در آزمایش‌های متعددی به اثبات رسیده است. تاثیر جایگذاری صحیح کود برای افزایش عملکرد قابل حصول به دو عامل عکس‌العمل گیاه و برهمکنش کود با خاک بستگی دارد. آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داده غلظت فسفر قابل عصاره‌گیری و همچنین مقدار ریشه‌ها در عمق پنج سانتیمتری در شرایط مصرف نواری کود فسفاتی بیش از پخش سطحی است.



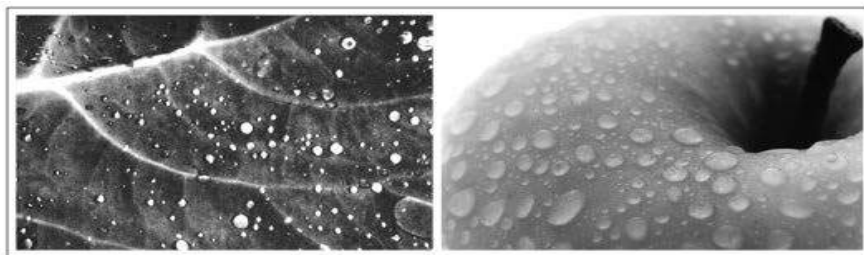
شکل ۱۳- تصویری از نحوه جایگذاری صحیح کود در مزارع (کود زیر بذر)

۳-۱۳-۳- چالکود (کانالکود) برای درختان میوه و زینتی: روش چالکود شکل خاصی از جایگذاری موضعی کودهای آلی و شیمیایی در خاک می‌باشد، این روش در جایی استفاده می‌شود که برگ درختان علائم کلروز ناشی از کمبود آهن را نشان دهند. مزیت این روش آن است که کود با حجم کوچکی از خاک مخلوط می‌شود و لذا غلظت موضعی عناصر غذایی بیش از زمانی است که کود با تمام خاک مخلوط شود. جایگذاری موضعی در مراحل اولیه رشد گیاه، در شرایطی که تراکم ریشه‌ها کم باشد می‌تواند مفید باشد، در این حالت سطح تماس کم ریشه‌های توسعه نیافته گیاه با غلظت موضعی زیاد عناصر غذایی جبران می‌شود.



شکل ۱۴- نمایی از طرح کانالکود (سمت راست) و چالکود (سمت چپ)

از آنجا که درخت، گیاه دائمی است، به دلایل مختلف، هر سال تراکم ریشه در حوالی منطقه چالکود بیش از پیش افزایش یافته و سطح تماس ریشه با منطقه غنی از کود افزایش می‌یابد، بدین ترتیب کارایی مصرف کود افزایش و مقدار مصرف کود در هکتار کاهش می‌یابد.

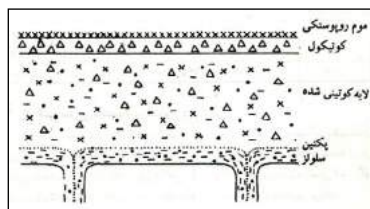
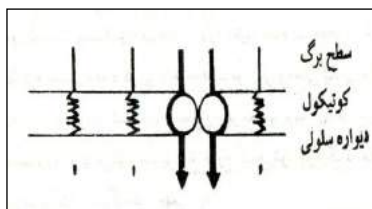


۴-۱۳-۳- برگ‌پاشی (مصرف برگ‌گی): افزایش روزافزون قیمت کودهای شیمیایی در جهان، ضرورت اقتصادی بودن تولید محصولات کشاورزی، جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی‌رویه و ناآگاهانه کودهای شیمیایی از جمله نکاتی هستند که در روش برگ‌پاشی به آن‌ها توجه شده است. از طریق برگ‌پاشی می‌توان عناصر غذایی را به سرعت در اختیار گیاه قرار داد. زمانی که بعضی از اندام‌های گیاه مثل میوه به مواد غذایی بیشتری احتیاج دارد و یا در اوایل بهار زمانی که ریشه‌ها به دلیل دمای پائین خاک، نمی‌توانند عناصر غذایی را جذب نمایند و عناصری نظیر بور و روی به‌شدت مورد نیاز گیاه هستند، با محلول‌پاشی در هنگام متورم شدن جوانه‌ها، نیاز آن‌ها بطور نسبی برطرف می‌شود. در بعضی از موارد به‌ویژه زمانی که پدیده ناسازگاری (آنتاگونیستی) مواد از طریق ریشه اشکال ایجاد می‌کند و یا افزودن مواد به خاک موجودات زنده خاک را از بین می‌برد، برگ‌پاشی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

محاسن تغذیه برگ‌گی عبارت است از: الف) جذب پایین عناصر در خاک: در خاک‌های آهکی به دلیل بالا بودن pH، آهک فراوان و استمرار در مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی، جذب عناصر ریزمغذی معمولاً کم است و تحت چنین شرایطی کمبود آن‌ها دیده می‌شود. برگ‌پاشی در چنین مواقعی مؤثرتر و با صرفه‌تر از مصرف کلات‌های آهن و روی گران‌قیمت در خاک است.

ب) در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل کاهش رطوبت در قسمت بالایی خاک در طول فصل رشد هم ریشه‌های موجود در آن قسمت کاسته شده و هم عناصر غذایی کمتر در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. تحت چنین شرایطی، مصرف کودها از طریق محلول پاشی مناسب‌تر خواهد بود. پ) کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی و میوه‌دهی: در طول مرحله زایشی، در اثر رقابت برای جذب کربوهیدرات‌ها بین اندام‌های زایشی (دانه و میوه) و ریشه‌ها، از فعالیت ریشه‌ها کاسته شده و در نتیجه جذب عناصر مواد غذایی کاهش می‌یابد. برای درختان میوه در هنگام رشد و نمو میوه‌ها، محلول پاشی عناصر غذایی نتیجه مثبتی خواهد داشت (Marschner, ۱۹۹۵). ت) غنی‌سازی محصولات کشاورزی: در غلات محلول پاشی نیتروژن (اوره)، سولفات روی و سولفات آهن در اواخر مرحله رشد، مقدار پروتئین، روی و آهن دانه‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین، برای بهبود کیفی غلات از لحاظ ارزش غذایی به خصوص افزایش مقدار روی و آهن در اواخر مرحله رشد (زمان تشکیل دانه)، محلول پاشی عناصر فوق ضروری می‌باشد. در این روش در مقایسه با روش خاکی، کود بسیار کمتری مصرف شده و از نظر زیست محیطی، این روش دوست‌دار محیط زیست می‌باشد. در شکل زیر نمایی از دیوار بیرونی سلول‌های برگ نشان داده شده است.

جذب عناصر غذایی توسط برگ‌ها در سه مرحله صورت می‌گیرد: الف) نفوذ عناصر غذایی از پوستک (کوتیکول) و حرکت تا دیواره سلولی؛ ب) جذب سطحی روی غشاء پلاسما و پ) عبور از غشاء پلاسمایی و ورود به سیتوپلاسم. برای درک بهتر چگونگی نفوذ مواد، ساختمان و عمل لایه پوستک تشریح می‌شود. لایه خارجی سلول‌های اپیدرمی با پوستک پوشیده می‌شود. پوستک معمولاً از سه لایه به شرح شکل زیر تشکیل شده است (Marschner, ۱۹۹۵).



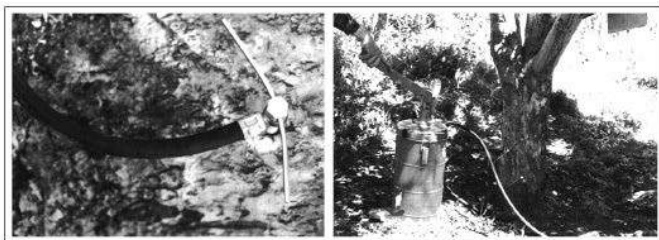
یادآوری- در برگ پاشی از مواد کودی استفاده شود که اولاً کاملاً در آب محلول بوده و ثانیاً دارای مولکول‌های ریزتری مشابه مولکول‌های اوره باشند تا بتوانند به سهولت به درون سیتوپلاسم برگ‌ها وارد شوند.



۵-۱۳-۳- کودآبیاری (آبکود): کودآبیاری عبارت از مصرف عناصر غذایی همراه با آب آبیاری می‌باشد. از آنجایی که تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باید ابتدا به شکل محلول درآمده و سپس جذب گیاه گردند، این روش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، در این روش کیفیت آب آبیاری را نیز می‌توان هم‌زمان اصلاح و به جذب عناصر غذایی کمک کرد. در بسیاری از موارد، اصلاح کیفیت آب آبیاری مشکل تغذیه‌ای گیاه، به ویژه مشکلات مربوط به کمبود عناصر کم مصرف را برطرف می‌کند.

۶-۱۳-۳- تزریق مواد غذایی در تنه درختان: بسیاری از باغبانان و حتی مردم عادی از کوبیدن میخ به تنه درختان در سال‌های خیلی دور برای رفع زردی درختان مطالب جسته و گریخته‌ای شنیده‌اند و یا در کتب دست‌نویس قدیمی خوانده‌اند. به کمک این تکنیک در قرن دوازدهم در اطراف خلیج فارس رنگ و به‌ویژه عطر گل‌های درختان و درختچه‌ها را به سلیقه خود تغییر می‌داده‌اند. این عمل را با کنار زدن پوست تنه و زخمی کردن چوب و جایگذاری مواد مورد نظر و بستن (کاری شبیه پیوند زدن) انجام می‌دادند. در آمریکا نیز بیش از ۳۰ سال است که در روی این موضوع تحقیق می‌شود و در مبارزه با بیماری درختان نارون تجارب بسیار موفقی بدست آمده است.

امروزه دستگاه‌های مدرن علاوه بر توانمندی سوراخ کردن تنه درخت، هم زمان توانایی تزریق محلول را دارند، به طوری که در برخی از انواع آن در ۳۲ ثانیه حدود ۴۵ سی‌سی محلول را تزریق می‌کند. به کارگیری دستگاه‌های فوق، کارایی نیروی کارگری را بالا برده و در نهایت هزینه نهایی روش تزریق کاهش می‌یابد.



شکل ۱۵- تصویری از گریس پمپ که برای تزریق مواد به تنه درخت استفاده می‌شود (اهدایی جناب آقای مهندس طباطبائی، ۱۳۷۷)

در تحقیق انجام شده به وسیله شهابی و ملکوتی (۱۳۸۰) در باغ‌های سیب سمیرم اصفهان از طریق تزریق سیترات آهن، مشاهده کردند که علائم کلروز آهن پس از یک ماه برطرف و اثر مثبت

فصل سوم: بررسی نقش عناصر غذایی، انواع، زمان و روش مصرف کودها ۱۵۹

آن در ابقای رنگ سبز حداقل تا یک سال باقی ماند. همچنین، علائم کلروز آهن در درختان چنار موجود در حاشیه خیابان‌های اصفهان که حتی با مصرف سکوسترین آهن سالیان سال برطرف نشده بود، فقط با تزریق ۵۰ میلی‌لیتر سیترا آهن برطرف گردید. در شکل ۱۶ رفع علائم کمبود آهن در این درختان چنار نشان داده شده‌است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۱۶- تصاویری از درخت چنار که پس از تزریق، سبز شده و سبزینگی برگ‌ها تا آبان‌ماه نیز ادامه داشته است (اهدایی جناب آقای مهندس فرهود رئیسی، ۱۳۷۷)

۱۴-۳- جمع‌بندی

از مجموع یافته‌های تحقیقاتی، مشاهدات و مطالب ارائه شده در این فصل، پیشنهادهای زیر در راستای افزایش کارایی کودها، بهبود کمی- کیفی تولیدات کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان، ارائه می‌گردد:

۱- در این فصل در مورد انواع، زمان و روش مصرف کودهای آلی و زیستی و نیز کودهای شیمیایی مانند کودهای نیتروژنی، فسفاتی، پتاسیمی، گوگردی، منیزی، کلسیمی و کودهای حاوی عناصر ریزمغذی شامل آهن، منگنز، روی، مس، بور، مولیبدن، سیلیسیم و سلنیم اشاره شده است. بررسی آثار زیان‌بار مصرف بی‌رویه کودهای مشمول یارانه نظیر اوره و امکان جایگزینی و هدفمند ساختن آن در راستای مصرف بهینه کودی و ترویج کودهای زیستی- آلی ذکر گردید. همچنین، روش‌های مصرف کود اِذرمال (آستر کردن بذر= دوغاب بذر)، جایگذاری عمقی برای گیاهان زراعی و دارویی، چالکود (کانالکود) برای درختان میوه و زینتی، برگ‌پاشی (مصرف برگ‌گی)، کود آبیاری (آبکود) و تزریق مواد غذایی در تنه درختان^۱ بیان گردید. در راستای افزایش کارایی مصرف کود و آب و بهبود درآمد مولدین کشاورزی، لازم است منبع مصرف کود در گیاهان زراعی و دارویی به صورت عمقی (جایگذاری کود در زیر و یا کنار بذر) و در درختان میوه به صورت چالکود و کانالکود باشد. تحت هیچ شرایطی، در باغ‌ها و درختان زینتی، کود به صورت پابیل مصرف نگردد.

۲- بنا به گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی (فائو)، حداقل ۳۳ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان، طی چهار دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. در کشورهایی که مصرف کود در آن‌ها بهینه است، این افزایش با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، بیش از

۶۰ درصد می‌باشد. Stewart و همکاران (۲۰۰۵) براساس گردآوری نتایج ۳۶۲ آزمایش مزرعه‌ای، نقش کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد برخی از محصولات زراعی از جمله گندم، ذرت، سویا و برنج را بررسی و به این نتیجه رسیدند که ۴۰ تا ۶۰ درصد تولیدات کشاورزی در آمریکا و انگلستان مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده و این مقدار افزایش در مناطق استوایی از ۶۰ درصد نیز بیشتر بوده است. دیوف مدیر کل اسبق فائو در پیامی به مناسبت روز جهانی غذا (۲۰۰۱) اعلام نمود که از کمبود عناصر ریز مغذی سالانه در کشورهای در حال توسعه، بیش از ۱۲۸ میلیارد دلار خسارت به محصولات کشاورزی وارد می‌گردد و اگر نقش ریزمغذی‌ها در ارتقای سطح سلامت جامعه مدنظر قرار داده شود، این رقم بسیار بیشتر و غیرقابل شمارش خواهد بود. بنابراین، با عنایت به نقش بسیار مثبت مصرف بهینه کودها در افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، رعایت آن از طرف مسئولین امر در عمل جدی گرفته شود.

۳- بی‌گمان یکی از اصول اولیه تولید پایدار، ارتقاء کیفی خاک از بعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک می‌باشد که متأسفانه در برنامه کودی کشور نادیده گرفته شده است. درحالی‌که نسبت جذب عناصر غذایی از خاک عمدتاً به صورت (B) ۱/۱۰ - (Cu) ۱/۱۰ - (Zn) ۲/۲۰ - (Mn) ۳/۳۰ - (Fe) ۵/۵۰ - (Mg) ۱۵ - (Ca) ۳۰ - (S) ۳۰ - (K) ۸۰ - (P) ۱۵ - (N) ۱۰۰ می‌باشد. بنابراین، با توجه به کمبود آب، مواد آلی، تنش شوری و کاهش کیفیت آب‌های آبیاری در سطح کشور، لازم است ۲۵ درصد از کودهای مصرفی کشور (حدود ۸ تن در هکتار) را کودهای آلی تشکیل دهد (مصرف به صورت عمقی قبل از کاشت) و نسبت بهینه (آرمانی) کودی در مقطع کنونی (کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیتروژن) ۱۰۰ پیشنهاد می‌شود. در ضمن، برای بهینه کردن و افزایش کارایی مصرف آب و کود از راه‌هایی مانند توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار، کودآبیاری، جایگزینی مبنای مقدار تولید بر حسب کیلوگرم با مبنای تولید به‌ازاء هر مترمکعب آب و یا یک کیلوگرم کود مصرفی که خود مزیت اقتصادی نوع کشت‌ها را مشخص می‌کند، امکان‌پذیر است.

۴- چالش بزرگی که متأسفانه از سال‌های گذشته تاکنون، اصول تولید کشاورزی پایدار در کشور ما با آن روبرو بوده، دادن یارانه فقط به کودهای نیتروژنی، فسفاتی و پتاسیمی است که این عامل، باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات زراعی و باغی، کاهش کیفیت خاک و تجمع آلاینده‌هایی مانند نترات و کادمیوم در خاک و در محصولات نظیر سیب‌زمینی، پیاز و هندوانه می‌شود. بنابراین، در راستای تولید محصولات کشاورزی سالم، هدفمند کردن یارانه‌ها موضوعی مهم است که باید به آن توجهی ویژه شود. در این رابطه لازم است یارانه کودهای نیتروژنی و فسفاتی حذف (تحويل سوپرفسفات تریپل وارداتی به کشاورزان، فقط براساس نتایج تجزیه خاک انجام شود) و در مقابل، یارانه به کودهای موثر در افزایش کمی-کیفی تولیدات کشاورزی نظیر کودهای ریزمغذی، گوگردآلی گرانوله، زیستی و آلی اختصاص یابد. ضمناً با عنایت به این که خوشبختانه تولید کودهای زیستی توسط بخش خصوصی بطور صنعتی

راه اندازی شده، لذا لازم است مصرف کودهای زیستی در سطح مزارع و باغ‌های کشور همگانی شود تا کشاورزان عزیز از این طریق، به افزایش عملکرد هکتاری به بیش از ۱۰ درصد نائل شوند. از طرف دیگر، با توجه به این که دانش فنی تولید کودهای زیستی از جمله فلاویت، مایکوروت، تیوباسیلوس و میکروبی فسفاتی از طرف موسسه تحقیقات خاک و آب برای تولید انبوه به بخش خصوصی واگذار شده و با مصرف این نوع کودهای زیستی، حداقل ۱۰ درصد افزایش عملکرد هکتاری عاید کشاورزان نمود. بنابراین، لازم است در حد توان و هر چه بیشتر از کودهای آلی و زیستی استفاده شود. همچنین، لازم است برای تولید باکتری‌های ضد سرما و تسریع کننده‌های تجزیه بقایای گیاهی (bioactivators) توسط مسئولین محترم تحقیقاتی کشور، تلاش بیشتری به عمل آید.

۵- افزایش کارایی مصرف کود و آب از راه‌هایی مانند توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار، کودآبیاری، جایگزینی مبنای مقدار تولید بر حسب کیلوگرم با مبنای تولید به ازای هر مترمکعب آب و یا هر کیلوگرم کود مصرفی که خود مزیت اقتصادی نوع کشت‌ها را مشخص می‌کند، امکان پذیر است. در شرایط کنونی که امر مصرف بهینه کودها در مزارع و باغ‌ها شکل نگرفته و همگانی نشده و عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی نیز بسیار کم است و با رعایت اصول بهینه مصرف کودی همزمان با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید، افزایش عملکرد هکتاری بیش از ۲۵ درصد به سهولت قابل دسترس می‌باشد و یا به عبارت دیگر، با رعایت اصول مصرف بهینه کودی به آسانی می‌توان عملکرد هکتاری و کیفیت محصولات کشاورزی را به مقدار قابل توجهی افزایش داد. استفاده از کودآبیاری برای رفع سریع نیاز غذایی گیاهان و سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی برای رفع نیاز سریع پتاسیمی و روی گیاهان به‌ویژه در شرایطی که گیاه دچار تنش شوری بوده و یا پتاسیم خاک شدیداً تخلیه شده باشد، بصورت سرک همراه با آب آبیاری سبب افزایش عملکرد و غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌گردد. همچنین، برای افزایش تولیدات کشاورزی، استفاده از کودهای زیستی مایه تلقیح‌های بقولات، باکتری‌های تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات به همراه کودهای گوگردی و خاک فسفات و کودهای زیستی از تو باکتر (فلاویت)، قارچ‌های میکوریز-آربسکولار (مایکوروت) با روش تلقیح بذری به همراه مواد آلی، همگانی شود. همچنین، مصرف کودهای گوگردی (الف) در خاک‌های گچی که عمدتاً در نواحی کویری و حاشیه کویر ایران قرار دارند، (ب) خاک‌های شالیزاری در شمال کشور، (پ) خاک‌هایی که غلظت گوگرد قابل استفاده در آن‌ها با روش توریدیمتری بیش از ۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، قابل توصیه نمی‌باشد (مصرف گوگرد مذاب عدسی شکل که در محلول خاک به صورت پودر در نمی‌آید، در کشاورزی ممنوع می‌باشد).

۶- نانوفناوری عبارت است از دستکاری دقیق و کنترل شده ساختار اتمی یا مولکولی مواد در مقیاس نانومتر به منظور تهیه ریزذراتی با خصوصیات نوظهور و کاربردهای خاص. نانوذرات سنتزی بعلت داشتن اندازه کوچک، نسبت سطح به حجم بالا و انرژی سطحی فراوان، دارای خصوصیات متفاوتی با مواد توده‌ای هم ساختار و اتم‌های تشکیل دهنده خود هستند. این ویژگی‌های نانومواد، سبب

کاربرد موفق در صنایع مختلف و ایجاد تمایل زیاد برای استفاده در کشاورزی شده است. براساس تحقیقات انجام شده، نانوذرات به صورت مولکولی توسط گیاهان جذب می‌شوند. بنابراین، می‌توان انتظار داشت جذب مولکولی نانوذرات اکسید آهن، قابلیت دسترسی آهن از محیط را بدون نیاز به یونش ترکیبات آهن‌دار در ریزوسفر افزایش دهد. لازم است در مصرف کودهای نانو دقت بیشتری به عمل بیاید. زیرا، نقش نانوکودها در زنجیره غذایی، سلامت دام و انسان زیر سوال بوده و می‌بایست بطور جدی با این مسئله برخورد شود.

۷- در راستای تولید محصولات کشاورزی سالم، منبع اجازة ورود و مصرف هورمون‌های رشد گیاهی به کشور داده نشود. زیرا، تحقیقات اصولی بر روی نقش هورمون‌ها و سرنوشت هورمون‌ها در زنجیره غذایی، سلامت دام و انسان انجام نشده است. مگر آنکه تحقیقات علمی بی‌ضرر بودن آن‌ها را برای سلامت دام و انسان تأیید نموده و یا وزارت بهداشت کشور تولیدکننده، به طور بی‌ضرر بودن آن‌ها را مکتوب نموده باشد. این ممنوعیت عمده‌تاً شامل هورمون‌های رشد که بر روی برگ‌ها و یا میوه‌ها (چه قبل از برداشت و چه بعد از برداشت) مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌باشد و شامل هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین که برای ریشه‌زایی و افزایش دهنده حجم توده ریشه گیاهان برای قلمه‌ها کاربرد داشته، نمی‌شود.

۸- کودهای تولیدی در داخل کشور و یا وارداتی می‌بایستی دارای مشخصاتی باشند که به تأیید موسسه تحقیقات خاک و آب رسیده باشند. بعنوان مثال، مشخصات مطلوب کود سوپرفسفات تریپل (غلظت) را می‌توان چنین خلاصه نمود: این کود با حداقل ۴۶ درصد فسفر (P_2O_5)، می‌بایستی فسفر (P_2O_5) محلول در آب آن حداقل ۴۲ درصد باشد. درصد اسید آزاد آن کمتر از چهار درصد و درصد رطوبت آزاد آن کمتر از یک درصد (درصد رطوبت کل کود کمتر از چهار درصد) باشد. علاوه‌براین، حداقل ۹۰ درصد ذرات کود بین دو الی چهار میلی‌متر بوده و در تولید آن تحت هیچ شرایطی، از رنگ‌های مصنوعی نظیر رنگ آخرا (نارنجی) به دلیل داشتن کادمیوم و آرسنیک در رنگ‌ها، استفاده نشود. همچنین، غلظت آلاینده‌های کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و آرسنیک (As)، آن به ترتیب کمتر از ۱۵، ۲۵ و ۱۰ میلی‌گرم برکیلوگرم باشد. ضمناً برای اطمینان از صحت و سقم نوع، مقدار و کیفیت کودهای وارداتی، می‌توانید به آدرس گمرک جمهوری اسلامی ایران به تارنمای (وبسایت) www.irica.gov.ir مراجعه فرمایید.

۹- برای تهیه انواع کودهای شیمیایی، زیستی و آلی مورد نیاز با کیفیت مطلوب یا از طریق تماس با موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در کرج، مشکین‌دشت، خیابان امام خمینی، کد پستی ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵، صندوق پستی ۳۱۷۸۵۰۳۱۱، شماره تلفن‌های ۵-۶۲۰۳۵۰۲ و ۶۲۰۱۹۰۰ (۰۲۶۳)، دورنویس ۶۲۱۰۱۲۱ (۰۲۶۳)، تارنمای (وبسایت) www.swir.ir یا تماس با انجمن تولیدکنندگان کود واقع در تهران، خیابان گاندی، روبروی کوچه نهم، پلاک ۵۲، طبقه دوم، شماره ۵۷ و تلفن‌های ۸۸۷۷۴۷۴۰ (۰۲۱) و ۸۸۲۰۷۴۲۰ (۰۲۱) و دورنویس ۸۸۷۷۳۹۳۲ (۰۲۱)، تارنمای (وبسایت) www.anjomanekood.com، آدرس

الکترونیکی anjomanekood@gmail.com و یا با اساتید حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در گروه‌های خاک‌شناسی دانشکده‌های کشاورزی؛ یا با کارشناسان و محققین حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه بخش‌های تحقیقات خاک و آب مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌ها تماس گرفته تا فهرستی از تولیدکنندگان مجاز و مشخصات تولیدات مورد اعتماد را دریافت دارید. لازم به ذکر است که از اواسط سال ۱۳۹۴، بر روی کیسه تمام کودهای تولید داخل و وارداتی، شماره ثبت موسسه خاک و آب درج گردد تا از صحت و سقم فرمول کودی و کیفیت مطلوب آن اطمینان حاصل گردد. فهرست شرکت‌های مورد تایید و کودهای دارای شماره ثبت در دفتر ثبت و کنترل کیفی مواد کودی موجود بوده و بر روی سایت اطلاعات جامع مواد کودی به آدرس www.kswri.ir بارگذاری شده است. براساس آئین‌نامه ثبت و کنترل کیفی مواد کودی از تاریخ ۱۳۹۴/۸/۲۱، هیچ‌گونه مواد کودی بدون شماره ثبت حق توزیع ندارد و با هماهنگی‌های صورت گرفته با سازمان تعزیرات حکومتی از تاریخ مذکور به بعد، با شرکت‌های تولیدکننده و یا واردکننده مواد کودی بدون شماره ثبت، برخورد قانونی به عمل خواهد آمد.

۱۰- کشاورزان عزیز؛ هنگام تهیه کودهای مورد نظر با کیفیت مطلوب، حتماً به شماره ثبت مندرج بر روی کیسه‌ها و یا بسته‌های کود که از سوی موسسه تحقیقات خاک و آب تایید شده است، توجه نمایید. براساس آئین‌نامه ثبت و کنترل کیفی مصوب وزارت جهاد کشاورزی، فروش هرگونه کود بدون شماره ثبت، غیرمجاز بوده و مورد تایید نمی‌باشد. بنابراین، تولیدکنندگان و واردکنندگان کود نیز حق توزیع آن‌ها را نخواهند داشت. لذا، از خرید کودهایی که شماره ثبت ندارند، جداً خودداری فرمایید.

۱۱- لازم است به‌هنگام کاشت محصولات زراعی و دارویی، از بذرهای غنی شده استفاده شود. با مصرف بذرهای غنی شده در مزارع تحت شرایط مدیریتی یکسان، اولاً عملکرد هکتاری محصول افزایش و ثانیاً مقدار بذر مصرفی نیز کاهش می‌یابد. همچنین، نظر به برهمکنش مثبت پتاسیم (K) با روی (Zn) و برهمکنش منفی بین روی با کادمیوم (Cd) در خاک‌هایی که به دلایل متعدد از جمله مصرف کودهای فسفاتی محتوی کادمیوم بالا می‌باشند، تحت چنین شرایطی، مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی بیشتر، مانع از جذب این آلاینده مضر خواهد بود.

۱۲- روش‌های نوین تغذیه گیاهان زراعی، نوع و مقادیر کودهای مختلف، توصیه کودی، عمدتاً برای شرایط نسبتاً مطلوب مدیریتی نظیر خاک‌ورزی صحیح، آبیاری مناسب و دفع علف‌های هرز، آفات، بیماری‌ها و ... تدوین گردیده و انتظار افزایش محصول نیز منوط به رعایت تمام ضوابط فنی مفروض است. بدیهی است که در شرایط مدیریتی مختلف انتظار برداشت متفاوت باشد. برآورد میزان محصول با تغییر فاکتورهای تولید از طریق مطالعات ارزیابی تناسب اراضی امکان‌پذیر است. در این بخش از مطالعات می‌توان نتایج آزمایش‌ها و تحقیقات انجام شده در زمینه‌های مختلف نظیر حاصلخیزی خاک، فیزیولوژی گیاهی، تغذیه گیاهی، آبیاری، اصلاح نباتات و نقش مدیریت را تلفیق تا به نتایج عملی و کاربردی دست یافت.

۱۳- ایجاد شرایط اقتصادی یکسان برای عرضه و فروش انواع کودهای آلی، زیستی و شیمیایی

توسط شرکت خدمات حمایتی کشاورزی، تامین به موقع تمام کودهای موثر در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی (هدفمند نمودن یارانه کودها از طریق اختصاص یارانه به کودهای کامل ماکرو، گوگردی، زیستی، آلی، ریزمغذی، آزمون خاک و حذف آن از کودهای نیتروژنی و فسفاتی) و افزایش تعداد دفعات سرک کودهای محلول نظیر اوره، سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی و کلروپتاسیم و ترجیحاً مصرف آن‌ها به همراه کودآبیاری تا کارایی مصرف کودها افزایش یابد

۱۴- به طور کلی، در تمام محصولات زراعی از جمله غلات، لازم است تمام کودهای محتوی عناصر غیرپویا نظیر کودکامل ماکرو، اوره با پوشش گوگردی، کودهای فسفاتی، سولفات پتاسیم، انواع کودهای گوگردی، سولفات منگنز، سولفات روی، سولفات مس و کودکامل میکروی معدنی، قبل از کاشت و در عمق ریشه گیاه ترجیحاً با استفاده از دستگاه کودکار- بذارکار مصرف شوند و بقیه کودهای محتوی عناصر پویا نظیر کودهای نیتروژنی، نترات پتاسیم، کلروپتاسیم، سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی، سولفات منیزیم، کودکامل آبیاری، کلات‌های محتوی عناصر ریزمغذی و اسیدبوریک به صورت سرک و ترجیحاً همراه با آب آبیاری مطابق با نیاز گیاه به تقسیط مصرف گردند.

توضیح آن‌که اخیراً در راستای افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کارایی مصرف کود و آب، کود جدیدی با نام سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی توسط شرکت مروارید ارس باران تولید و برای مصرف سرک همراه با آب آبیاری توصیه شده است. این کود غنی از عناصر غذایی پتاسیم، گوگرد و روی به صورت قابل جذب گیاه بوده و محتوی 50 درصد اکسید پتاسیم (K_2O)، 52 درصد سولفات (SO_4) و یک درصد روی (Zn) با بنیان EDTA بوده و حلالیت آن در آب در دمای معمولی با غلظت محلول‌هایی که برای کودآبیاری تهیه می‌شود (معمولاً بین نیم تا یک درصد) مطلوب می‌باشد. کود سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی به صورت پودر نرم سفید رنگ بوده و محلول آن اسیدی است. بنابراین، برای کودآبیاری بسیار مناسب می‌باشد (از کلات روی با بنیان EDTA به دلیل درشتی کمپلکس آن، بهتر است به صورت محلول پاشی استفاده نگردد).

“سلامتی از مزرعه می آید”

فصل چهارم

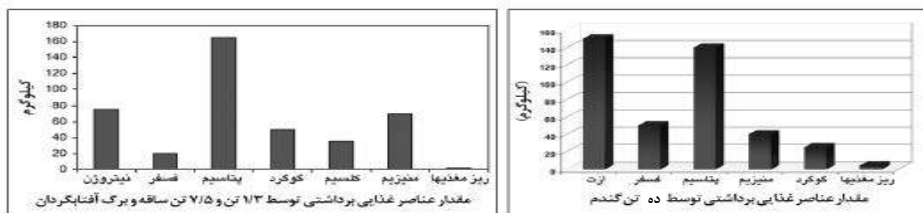
توصیه بهینه کودی برای
گیاخان زراعی و دارویی



۱-۴- نگاه اجمالی

در صورتی که غلظت هر عنصر غذایی در گیاه پایین‌تر از حد بهینه آن برای متابولیسم سلولی باشد، کمبود اولیه این عنصر غذایی معمولاً در گیاه به صورت پنهان بوده و نشانه‌های ظاهری آن با چشم قابل تشخیص نمی‌باشد. لیکن در نهایت، آثار آن در کاهش عملکرد نمایان می‌شود. به‌طور کلی نیاز غذایی محصولات کشاورزی به عناصر غذایی متنوع بوده و گیاهان با کم و بیش تغییراتی به بیش از ۱۶ عنصر غذایی نیاز دارند. با عنایت به پتانسیل کوددهی خاک‌های زراعی کشور، کمبود این عناصر به نسبتی که مورد نیاز گیاه می‌باشد، در اختیار آن گذاشته می‌شود. راندمان اثربخشی عناصر غذایی در عملکرد متفاوت بوده و با توجه به نقش هر یک از این عناصر، عملکرد را مشابه «مقدار آب در داخل بشکه» تحت تأثیر قرار می‌دهد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

برای انجام توصیه مناسب کودی (تعیین نوع، مقدار، زمان و نحوه مصرف کودها) در گیاهان زراعی و دارویی، تجزیه خاک و آب آبیاری، مناسب‌ترین روش می‌باشد. در راستای نیل به تولید پایدار (حفظ بهینه منابع پایه خاک، آب و محیط زیست)، مقدار مصرف کودهای شیمیایی به میزان برداشت عناصر غذایی از خاک و عملکرد (کمی و کیفی) بستگی دارد. به عنوان مثال تولید ۵ تن دانه گندم در هکتار، نیتروژن و پتاسیم هر کدام حدود ۱۰۰ کیلوگرم، گوگرد، منیزیم و کلسیم هر کدام ۴۰، فسفر ۳۰ و ریز مغذی‌ها یک کیلوگرم بر هکتار از خاک برداشت می‌نماید. بدیهی است در محصولاتی نظیر ذرت و سیب‌زمینی که عملکرد هکتاری بیشتری دارند، مقدار کودهای مصرفی نیز افزایش خواهد یافت. در شکل یک، میزان برداشت عناصر غذایی به ازای تولید ۱۰ تن گندم و ۱/۳ تن تخمه آفتابگردان نشان داده شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۱- میزان عناصر غذایی برداشتی به ازای تولید ۱۰ تن گندم و ۱/۳ تن تخمه آفتابگردان

با توجه به نمودارهای شکل یک، آشکار است که نیاز غذایی از محصولی به محصول دیگر متفاوت است. مثلاً در سیبزمینی و چغندر قند نیاز به نیتروژن کم، ولی نیاز به پتاسیم زیاد است و در دانه‌های روغنی نیاز به پتاسیم، گوگرد و منیزیم بیشتر و در حبوبات به جای مصرف کودهای نیتروژنی، باید به باکتری‌های ریزوبیوم زمان کافی بدهیم تا نیاز نیتروژنی گیاه را خود تأمین نمایند. از سوی دیگر در برخی از محصولات نظیر گوجه‌فرنگی، هندوانه و توت‌فرنگی محلول‌پاشی مکرر با ترکیبات کلسیمی در زمان رشد میوه مورد نیاز است. توصیه کودی براساس نتایج تجزیه خاک، علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت، یکی از مؤثرترین روش‌ها در حفظ سطح حاصلخیزی خاک می‌باشد. چون مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی باعث اختلال در فرآیندهای سوخت و ساز گیاهان می‌گردند، بنابراین، لازم است در توصیه بهینه کودی به مصرف فسفر، پتاسیم، گوگرد، منیزیم و عناصر ریزمغذی بر مبنای نتایج تجزیه خاک توجه شود. در صورتی که میزان فسفر، پتاسیم، گوگرد، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور قابل استفاده خاک به ترتیب بیشتر از ۱۲، ۳۰۰، ۲۰، ۵۰۰، ۱۰، ۸، ۲، ۱ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک باشد، میزان کودهای مصرفی کمتر بوده و برابر برداشت عناصر غذایی از خاک خواهد بود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

روش‌های متعددی برای تعیین سطح بحرانی عناصر غذایی و انجام توصیه بهینه کودی (توصیه کودی بر مبنای میزان تفاوت از سطح بحرانی، تجربیات حاصل از انجام آزمایش‌های منطقه‌ای، میزان برداشت عناصر غذایی، معادله میچرلیخ-بری، معادله درجه دوم و استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای) وجود دارد که مناسب‌ترین و علمی‌ترین آن‌ها از طریق انجام تجزیه خاک است. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد روش‌های متعدد توصیه بهینه کودی به نشریه‌های از شماره ۱۹۵ الی ۱۹۹ و ۴۵۶، کتاب‌های منتشر شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب به‌ویژه کتاب روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار که توسط دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۸۷ انتشار یافته است، مراجعه فرمایید. همه می‌دانیم که اندازه‌گیری‌های شیمیایی عناصر خاک را در صورتی می‌توان تجزیه خاک نامید که نتایج آن بتواند اطلاعاتی در مورد نیاز کودی گیاه بدهد، زیرا مهم‌ترین هدف از انجام تجزیه خاک، توصیه بهینه کودی در راستای نیل به تولید پایدار محصولات کشاورزی می‌باشد. مقدار کود مورد نیاز هر محصولی تابع میزان عملکرد مورد انتظار و قابلیت خاک برای آزاد سازی مقدار عناصر غذایی است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷):

(پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی) - (مقدار برداشت عناصر غذایی توسط محصول) = مقدار کود مصرفی

یکی از راه‌های افزایش عملکرد هکتاری در یک منطقه، بررسی وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک و تعیین کمبود احتمالی این عناصر و سپس کاربرد مناسب و متعادل کودها برای جبران کمبودهای شناخته شده می‌باشد. مقدار کود مورد نیاز برای تولید پایدار و مطلوب به عوامل متعددی از قبیل شرایط جوی، عملکرد مورد انتظار، خصوصیات خاک زیرکشت، رقم و... بستگی دارد و مشابه توصیه آزمایشگاه‌های تشخیص طبی که زیر نظر متخصصین امر انجام می‌پذیرد، توصیه کودی نیز با نظر

مدیران فنی آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه پس از انجام تجزیه خاک و برگ، مشابه مراجعه بیمار به پزشک با در دست داشتن نتایج آزمایش‌های تجزیه خون و ادرار، قابل انجام است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). به‌طور کلی توصیه‌های کودی با علم به؛ الف) نتایج تجزیه خاک؛ ب) عملکرد هکتاری مورد انتظار؛ پ) وضعیت حاصلخیزی خاک و ت) سابقه مدیریتی مزرعه قابل انجام است. مدیران آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه نیز با آگاهی از نیاز غذایی گیاهان در طول فصل رشد و براساس تجربیات و سوابق کاری خود مشابه توصیه‌های نسبتاً متفاوت متخصصین در امور پزشکی، توصیه‌های کودی را برای آن مزرعه با عنایت به نحوه مدیریت و سایر عوامل مؤثر در تولید، با کم و بیش اختلافی انجام می‌دهند.

۲-۴- لزوم انجام آزمایش‌های کشاورزی در سطوح بهینه عناصر غذایی

عملکرد گیاه تابع عاملی است که در حداقل است (قانون لیبیک). لازم به ذکر است اگر کلیه عوامل به‌زراعی و محیطی (آب، خاک، نور و ...) به سطوح بهینه برسند، ولی یکی از عوامل بیش از حد افزایش یابد (مثل نیتروژن)، نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی‌شود، بلکه ممکن است علاوه بر کاهش تولید، سبب افت کیفیت محصول نیز گردد. در بسیاری از طرح‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری، متأسفانه این امر مهم نادیده گرفته شده و بنابراین، نتایج حاصله از این قبیل پژوهش‌ها غیرواقعی می‌نماید. به عنوان مثال، محقق و یا دانشجویی که طرح اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته ذرت، اثر متقابل پتاسیم و مقدار آب مصرفی، اثر نیتروژن در افزایش کارایی آب را در گندم و یا ... مطالعه می‌کند و فقط فاکتورهای قید شده را در بررسی پژوهشی خود مدنظر قرار می‌دهد و به‌هنگام مدیریت کودی مزرعه و یا باغ، بدون انجام تجزیه خاک و برگ، اقدام به کوددهی سنتی (هم‌اکنون متأسفانه بیش از ۸۵ درصد کودهای مصرفی کشور را اوره و فسفات تشکیل می‌دهند) می‌نماید و براساس همین مدیریت کودی اشتباه، نتایج حاصله را تجزیه و تحلیل می‌کند، چنین محقق و یا دانشجویی به تولید علم کمک ننموده، نتایج منتشره نیز فاقد هرگونه نوآوری است.

بدیهی است توصیه‌های اجرایی حاصله از این نتایج نیز به دور از واقعیت خواهد بود. اجرای این نوع تحقیقات و پروژه‌های دانشجویی که بر اساس مدیریت کوددهی اشتباه انجام گرفته و قوانین و معادلات شناخته شده از قبیل نوشته‌های گرانسنگ قاسم‌بن یوسف ابونصری هروی، قانون حداقل لیبیک و قانون بازده نزولی میچرلیخ را نادیده گرفته و موجب اتلاف وقت، سرمایه و امکانات و به عبارت دیگر، سردرگمی و به بی‌راهه کشاندن مسئولین اجرایی کشور می‌شود. همچنین در آزمایش‌های تعیین کارایی عناصر غذایی مثلاً فسفر، در ارقام مختلف گیاهی باید سطوح بهینه سایر عناصر غذایی که از طریق تجزیه خاک و یا تجزیه برگ، مقادیر مصرفی آن‌ها قابل تشخیص است رعایت شود، در غیر این صورت، کمبود یکی از عناصر غذایی به عنوان مثال روی، باعث ایجاد تداخل شده و نتیجه به‌دست آمده را دچار اشکال می‌کند و در نهایت مشخص نمی‌کند ارقام مختلف گیاهی که از نظر جذب فسفر سنجیده شده‌اند، حداکثر پتانسیل جذب

فسفر هر کدام چه مقدار می‌باشد. از سوی دیگر تحت شرایطی که مصرف کود برمبنای تجزیه خاک و تجزیه برگ نباشد، نقش روابط فی‌مابین و برهمکنش مثبت و یا منفی عناصر غذایی با فسفر نیز نادیده گرفته شده، که این امر پدیده‌ای دور از حقیقت است.

در هر حال در آزمایش‌های کشاورزی که تعیین فاکتورهای متغیر نظیر مقدار بهینه آب مورد نیاز یک کشت معین و یا هر عامل زراعی دیگر مورد نظر است، کلیه اقدام‌های کاشت، داشت و برداشت از قبیل عملیات آماده کردن زمین، استفاده از انواع کودهای شیمیایی- بیولوژیک و انواع سموم، باید بدون توجه به تیمارهای آبی و یا سایر عوامل متغیر مورد بررسی و براساس نیاز کامل و شناخته شده گیاه، تأمین شود. البته ۲۵ سال قبل طی نامه شماره ۴۵۶۵/۲۵۰ مورخ ۱۳۷۴/۵/۱۰ این موضوع به مؤسسات تحقیقاتی و مراکز تحقیقات کشاورزی در کل کشور توسط نگارنده ابلاغ گردید، ولی در عمل به دلایل متعددی از جمله فقدان فرهنگ مصرف بهینه کود در جامعه و یارانه‌ای بودن کودهای نیتروژنی و فسفاتی، مفاد آن چندان رعایت نگردید. به عنوان نمونه در آزمایشی در سال ۱۳۷۳ در مزارع تحقیقاتی غرب کشور، سازگاری گندم دوروم بررسی شد. لیکن چون کودهای مصرفی را اوره و سوپر فسفات تریپل تشکیل می‌داد و خاک‌های زیرکشت گندم دوروم نیز شدیداً مبتلا به کمبود روی بودند، لذا محققین به‌نژادی در آن سال چنین نتیجه گرفته بودند که رقم دوروم برای منطقه غرب کشور سازگاری ندارد. این در حالی بود که در سال ۱۳۷۶، با مصرف سولفات روی و رعایت اصول مصرف بهینه کودی بر اساس تجزیه خاک، ۵۰ درصد عملکرد هکتاری رقم دوروم افزایش یافت و این بار این رقم دوروم سازگار برای منطقه غرب کشور معرفی گردید (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). بدیهی است در صورت بهینه بودن کلیه شرایط و عوامل تولید، در نهایت پتانسیل ژنتیکی گیاه، عامل محدودکننده عملکرد خواهد شد. در مرحله‌ای که کلیه عوامل تولید در حد مطلوب باشند، لیکن پتانسیل ژنتیکی عامل محدودکننده باشد، علم اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی به کمک می‌آید. قطعاً و بی‌شک، خداوند سبحان سخنش صدق و مثالش عین واقعیت و حقیقت است و در آیه شریفه ۲۶۱ سوره بقره می‌فرماید: هر دانه می‌تواند هفتصد دانه و حتی بیشتر تولید کند. خداوند متعال در این آیه به ما یادآوری می‌نماید: «ای انسان یک پتانسیل ژنتیکی در این بذر قرار داده‌ام تا بتوانی با بهره‌گیری از علم و دانش، این پتانسیل بالقوه را به بالفعل (یک دانه به هفتصد دانه) تبدیل نمایی و در این صورت است که دیگر گرسنه‌ای روی کره خاکی پیدا نخواهد شد».

مصرف کود در گیاهان زراعی باید بر اساس تجزیه خاک و در درختان میوه بر مبنای نتایج تجزیه برگ، کیفیت آب آبیاری و حتی گاهی در عملکردهای بالا بر اساس تجزیه میوه انجام گیرد. متأسفانه این امر مهم در بسیاری از طرح‌های تحقیقاتی حتی در پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری، نادیده گرفته شده است. بدیهی است این امر سبب می‌شد تا نتایج حاصله از طرح‌های پژوهشی غیر واقعی گردد.

۳-۴- نقدی بر صحت و سقم تحقیقات صورت گرفته در زمینه گیاهان زراعی و دارویی در کشور
 سالانه ۱۰۰ میلیارد دلار تجارت گیاهان دارویی است که سهم ایران از این رقم فقط پنج میلیون دلار است (شبکه خبر، ۱۳۹۳). از طرف دیگر، مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سبب تأمین مواد غذایی مورد نیاز، افزایش عملکرد، حفظ محیط زیست، افزایش کارایی آب و کود، کاهش فرسایش، حفظ تنوع زیستی، جلوگیری از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و افزایش درآمد کشاورزان می‌شود و این گامی اساسی در راه نیل به کشاورزی پایدار می‌باشد. به علت مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژنی و فسفاتی و عوارض جانبی ناشی از آن‌ها در سلامت جامعه، گرایش مردم به استفاده از تولیدات آلی در حال افزایش است که یک برنامه‌ریزی منظم و منسجم به منظور رسیدن به عملکرد بالا و با کیفیت در این محصولات ضروری به نظر می‌رسد.

تحقیقات نشان داده که افزایش تولید بیش از ۵۰ درصد محصولات زراعی م‌هون استفاده بهینه از کودهای شیمیایی است که متأسفانه در کشور ما چه در سنوات گذشته و چه در حال حاضر تولیدکنندگان گیاهان زراعی و دارویی فقط به مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی اقدام می‌نمایند. تحقیقات متعددی که در قالب پایان‌نامه‌ها در دانشگاه‌ها و یا پروژه‌های تحقیقاتی که توسط مؤسسات تحقیقاتی بر روی گیاهان زراعی و دارویی انجام گرفته، در رابطه با تغذیه فقط از کودهای نیتروژنی و فسفاتی استفاده شده است و سایر عناصر غذایی به خصوص پتاسیم و عناصر ریزمغذی به بوته فراموشی سپرده شده است. ملکوتی و همکاران (۱۳۸۷) در کتاب «روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار» و زارع (۱۳۹۱) در بخشی از پایان‌نامه خود تحت عنوان نقدی بر صحت و سقم تحقیقات صورت گرفته در زمینه گیاهان دارویی در کشور، بیان داشتند که کمتر تحقیقی در زمینه تأثیر تغذیه بر روی گیاهان به چشم می‌خورد که در آن کوددهی مبنای علمی داشته و بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک صورت گرفته باشد. عدم مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف در گیاهان دارویی باعث گردیده تا تولیدکنندگان این گیاهان در سطح کلان شناخت درستی از این کودها نداشته و صرفاً به اوره و سوپرفسفات تریپل بیشتر توجه کنند. با عنایت به قانون حداقل، نه تنها این نوع تحقیقات نوآوری نداشته، بلکه باعث هدررفت سرمایه، اعم از نیروی انسانی و منابع مالی می‌شود که در این زمینه می‌توان به تحقیقات انجام گرفته توسط بهرامی (۱۳۸۱) اثر نیتروژن و فسفر بر باروری گیاه دارویی فاگوپیروم، اکبری نیا و همکاران (۱۳۸۲)، تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر در گیاه دارویی زینان، پورمتین (۱۳۸۲)، تأثیر نیتروژن و فسفر بر گیاه دارویی اسفرزه، کبودانی (۱۳۸۵)، تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر رشد، عملکرد اندام رویشی، اسانس و اجزاء مختلف گیاه آگاستاکه، دادمان (۱۳۸۵) تأثیر نیتروژن بر رشد، نمو، عملکرد اندام رویشی، اسانس و ترکیبات مختلف اسانس جعفری مکزیکی، سعیدنژاد و همکاران (۱۳۸۷)، اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی زیره سبز، یزدانی بیوکی و همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر کودهای دامی و شیمیایی بر خصوصیات کمی

و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال، عامری و همکاران (۱۳۸۷)، اثرات سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر میزان تولید گل، مواد مؤثره و کارایی مصرف نور در گیاه زراعی همیشه بهار، مراقبی و همکاران (۱۳۸۷)، اثر کوددهی بر ترکیبات شیمیایی اسانس زیره، رحیمی و همکاران (۱۳۸۸)، اثر زمان کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی کتان روغنی، رحمانی و همکاران (۱۳۸۸)، تأثیر تنش کم آبی و نیتروژن بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار، تهامی زرنندی و همکاران (۱۳۸۸)، مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان، امید و همکاران (۱۳۸۸)، تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران، آرمجو و همکاران (۱۳۸۸)، بررسی تنش خشکی و سه نوع کود بر عملکرد گل، پارامترهای فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در گیاه دارویی بابونه، قلی بیگیان و همکاران (۱۳۸۸)، تأثیر سطوح مختلف تراکم و کود نیتروژنی بر ضریب استهلاک و کارایی مصرف نور در گیاه دارویی ماریتیغال، آقایی و احسانزاده (۱۳۹۰)، اثر رژیم آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی، نعمتیان و قوشچی (۱۳۹۰)، اثر تراکم و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی آلوئه‌ورا، مهرآفرین و همکاران (۱۳۹۰)، پاسخ فیتوشیمیایی و زراعی نعنای فلفلی به کاربرد کودهای زیستی و کود اوره، رحیمزاده و همکاران (۱۳۹۰)، بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی بادرشبو، احمدیان و همکاران (۱۳۸۹)، اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی صفات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط خشکی، کوچکی و ثابت تیموری (۱۳۹۰)، تأثیر فواصل آبیاری و نوع کود بر عملکرد کمی سه گیاه دارویی اسطوخودوس، رزماری و زوفا را مورد بررسی قرار دادند. در تحقیقات ذکر شده بدون انجام تجزیه خاک، اقدام به کوددهی گردیده و کودهای شیمیایی به کاررفته، فقط شامل کودهای نیتروژنی و فسفاتی بوده است. لذا کوددهی در این پژوهش‌ها، بدون مبنای علمی بوده، نتیجه‌ای که از این تحقیقات گرفته شده، معتبر نبوده و قابل توصیه به تولیدکنندگان محصولات کشاورزی، گیاهان دارویی و مجامع علمی نمی‌باشد. برای اثبات موضوع و این که نتیجه‌گیری‌های به عمل آمده از اجرای تحقیقات فوق، عموماً غیرمؤثر بوده و نوآوری علمی نیز نداشته‌اند. در راستای تأیید مطالب فوق، ذیلاً به بیان یک رویداد تاریخی در دهه ۷۰، اکتفاء می‌شود.

● **رویداد واقعی:** در اوایل دهه ۷۰، از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واحد آذربایجان غربی خواسته شد که سازگاری گندم رقم دروم در مقایسه با رقم اصلاح‌شده محلی استان بررسی و نتیجه را ارائه نمایند. متعاقب این درخواست، این رقم همزمان با رقم اصلاح‌شده محلی کشت و عملکرد هکتاری آن‌ها با یکدیگر مقایسه گردید. نظر به این که کوددهی هر دو مزرعه مطابق عرف سنتی زارعین بود (NP)، عملکرد هکتاری رقم اصلاح‌شده محلی بیشتر از رقم دروم شد (عملکرد هکتاری رقم اصلاح‌شده محلی حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار، رقم دروم ۲۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار، میزان آب مصرفی حدود ۳۰۰۰ مترمکعب بر هکتار و مقدار اوره و سوپرفسفات تریپل مصرفی ۵۰۰

کیلوگرم بر هکتار بود).

کارآیی آب برای رقم اصلاح شده محلی (کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی) $(3000)/(3000) = 1$

کارآیی کود برای رقم اصلاح شده محلی (کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی) $(3000)/(500) = 6$

کارآیی آب برای رقم دروم (کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی) $(2500)/(3000) = 0.83$

کارآیی کود برای رقم دروم (کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی) $(2500)/(500) = 5$

بنابراین، با عنایت به اطلاعات فوق، پاسخ داده شد که کشت رقم دروم در منطقه مناسب نبوده و به صرفه و صلاح نمی باشد. در مقابل، در سال زراعی ۷۶-۷۵، این دو رقم مجدداً بررسی، ولی این بار کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک انجام گرفت (رقم دروم حساسیت بسیار بالایی نسبت به کمبود روی-Zn دارد). پس از برداشت محصول، عملکرد هر دو رقم مقایسه و مشاهده گردید که عملکرد هکتاری رقم دروم به مراتب بیشتر از رقم اصلاح شده محلی شد (عملکرد هکتاری رقم اصلاح شده محلی حدود ۴۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار، رقم دروم ۵۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار، میزان آب مصرفی حدود ۳۰۰۰ مترمکعب بر هکتار و مقدار کودهای مصرفی از جمله سولفات روی که توأم با حذف سوپرفسفات تریپل بود، برابر ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار بود).

کارآیی آب برای رقم اصلاح شده محلی (کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی) $(4500)/(3000) = 1.5$

کارآیی کود برای رقم اصلاح شده محلی (کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی) $(4500)/(500) = 9$

کارآیی آب برای رقم دروم (کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی) $(5500)/(3000) = 1.83$

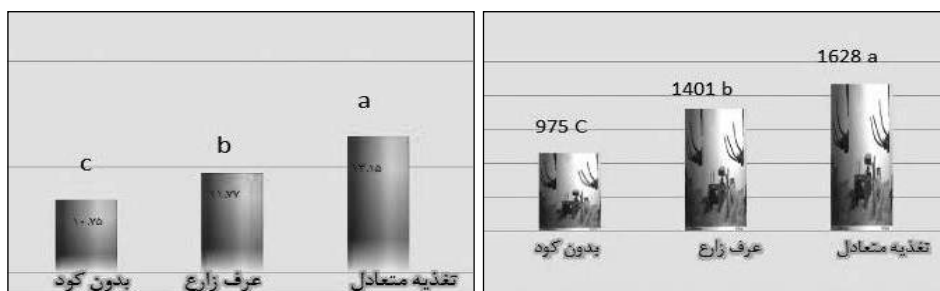
کارآیی کود برای رقم دروم (کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی) $(5500)/(500) = 11$

این بار نتیجه عکس گردید و پاسخ داده شد که در منطقه کشت رقم دروم سازگاری خوبی دارد و متعاقب آن، کشت رقم دروم در مزارع استان آذربایجان غربی رایج گردید. به طوری که مشاهده می شود با مصرف بهینه کود علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری در هر دو رقم محلی و دروم، کارآیی آب و کود نیز در هر دو رقم بهبود یافت. لیکن، مقدار افزایش در رقم دروم به مراتب بیشتر بود. به عبارت دیگر، در حالی که با مصرف بهینه کود، درصد افزایش عملکرد هکتاری و کارآیی آب و کود در رقم اصلاح شده محلی حدود ۵۰ درصد بود، این مقدار افزایش در رقم دروم حدود ۱۰۰ درصد بوده است.

بنابراین، چنین جمع بندی گردید که مصرف کود براساس نتایج تجزیه خاک سبب افزایش معنی دار عملکرد کمی و کیفی محصول به شرط مدیریت مطلوب سایر عوامل مؤثر بر تولید می گردد. برای اثبات ضرورت انجام مصرف کودها براساس نتایج تجزیه خاک، به ذکر سه نمونه از دستاوردهای تحقیقاتی اثربخشی توصیه بهینه کودی بر مبنای نتایج تجزیه خاک در مزارع و گیاهان دارویی (در سه دهه گذشته، ضرورت انجام توصیه کودی در مزارع براساس نتایج تجزیه خاک و در باغ های میوه بر مبنای نتایج تجزیه برگ توسط نگارنده در قالب نامه ها، نشریه ها،

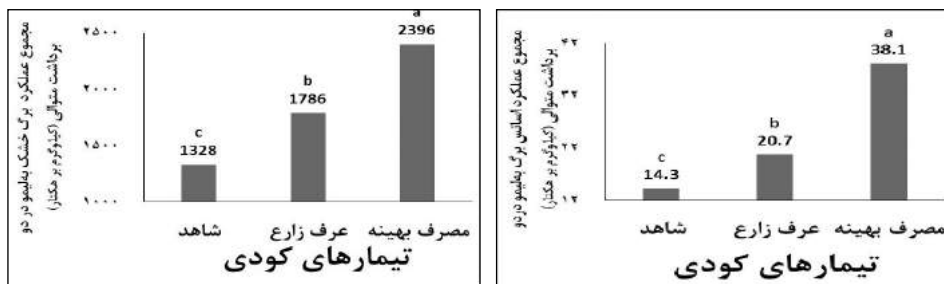
مقاله‌ها، گزارش‌های نهایی و کتاب‌های متعدد به دفعات تأکید شده است)، اکتفاء می‌شود.

● **مورد اول:** بهرامی (۱۳۹۰) به منظور بررسی نقش تغذیه متعادل در افزایش عملکرد کمی و کیفی در گندم دیم، آزمایشی در ۱۰ مزرعه دیم در حومه شهرستان خدابنده اجرا نمود. تیمارهای سه گانه این آزمایش عبارت بودند از تیمار اول (بدون کود)، تیمار دوم کوددهی بر اساس عرف زارعین منطقه و تیمار سوم کوددهی بر مبنای تغذیه متعادل. نتایج نشان داد در حالی که میانگین عملکرد هکتاری و درصد پروتئین در تیمار شاهد (بدون کوددهی) به ترتیب ۹۷۵ کیلوگرم بر هکتار و ۱۰/۷۵ درصد شد، این ارقام در تیمار کوددهی عرف زارعین ۱۴۰۱ کیلوگرم بر هکتار و ۱۱/۷۷ درصد و در تیمار تغذیه متعادل بالغ بر ۱۶۲۸ کیلوگرم بر هکتار و ۱۳/۱۵ درصد گردید (شکل ۲).



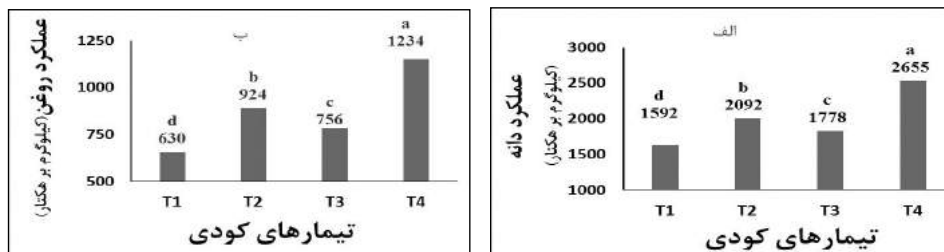
شکل ۲- نقش مصرف بهینه کودی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم در ۱۰ مزرعه دیم در حومه شهرستان خدابنده (بهرامی، ۱۳۹۰)

● **مورد دوم:** زارع (۱۳۹۱) در بخشی از پایان‌نامه خود، به منظور بررسی نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و کیفیت اسانس گیاه دارویی به‌لیمو، آزمایشی در بستر خاکی گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۰، اجرا نمود. در بخشی از این آزمایش، تیمارها شامل تیمار اول = شاهد (بدون مصرف کود)، تیمار دوم = کوددهی براساس عرف زارع (NP) و تیمار سوم = مصرف بهینه کود براساس نتایج تجزیه خاک بود. نتایج نشان داد در حالی که عملکرد (وزن برگ خشک) و میزان اسانس در دو برداشت متوالی در تیمار شاهد برابر ۱۳۲۸ و ۱۴/۳ کیلوگرم بر هکتار گردید، این مقادیر در تیمار کوددهی سنتی برابر ۱۷۸۶ و ۲۰/۷ و در تیمار مصرف بهینه کود برابر ۲۳۹۶ و ۳۸/۱ کیلوگرم بر هکتار شد (شکل ۳). همچنین، نتایج این تحقیقات نشان داد که عملکرد و میزان اسانس در تیمار مصرف بهینه کود در مقایسه با کوددهی براساس عرف زارع به ترتیب ۳۸ و ۸۴ درصد افزایش یافت. ایشان چنین نتیجه‌گیری نمود که مصرف بهینه کود سبب افزایش معنی دار عملکرد، میزان اسانس تولیدی و افزایش درآمد تولیدکنندگان گیاهان دارویی می‌شود و پیشنهاد نمود که اصول مصرف بهینه کودی لازم است در کلیه طرح‌های تحقیقاتی و همچنین، در سطوح تجاری، رعایت و نسبت به ترویج کاربرد آن در سطح کشور، فرهنگ سازی شود (زارع، ۱۳۹۱).



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد برگ خشک و اسانس در گیاه دارویی به لیمو در دو برداشت (زارع، ۱۳۹۱)

● **مورد سوم:** الطافی (۱۳۹۲) در بخشی از پایان نامه خود، به منظور بررسی نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد کمی و کیفی کلزا، در آزمایشی تاثیر چهار تیمار کودی شامل تیمار اول = شاهد (بدون مصرف کود - T_0)، تیمار دوم = کوددهی بر اساس عرف سنتی کشاورزان - T_1)، تیمار سوم = کشت ارگانیک (آلی - T_2) = مصرف فقط کود دامی (۲۰ تن بر هکتار) و تیمار چهارم = مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی (T_3) به عنوان فاکتور اصلی و دو رقم کلزا اکاپی و لیکورد به عنوان فاکتور فرعی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ای در استان آذربایجان شرقی پیاده نمود. نتایج نشان داد که مصرف بهینه کودی تاثیر معنی داری در افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا داشت. در حالی که عملکرد دانه و روغن کلزا در قطعات شاهد و کوددهی بر اساس عرف زارعین به ترتیب ۱۵۹۲، ۶۳۰، ۲۰۹۲ و ۹۲۴ کیلوگرم بر هکتار شد، بیشترین عملکرد دانه و روغن مربوط به تیمار استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و دامی در رقم لیکورد بود که موجب تولید ۲۶۵۵ کیلوگرم بر هکتار دانه و ۱۲۳۴ کیلوگرم بر هکتار روغن کلزا شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۶۷ و ۹۶ درصد و نسبت به کوددهی عرف زارعین به ترتیب ۲۷ و ۳۴ درصد افزایش عملکرد دانه و روغن داشت. لیکن، عملکرد دانه و روغن در کشت ارگانیک (تیمار سوم) تا حد ۱۷۷۸ و ۷۵۶ کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت و این مقادیر در مقایسه با تیمار مصرف بهینه کودی (تیمار سوم)، عملکرد دانه ۳۳ درصد و عملکرد روغن ۳۹ درصد کاهش یافت (شکل ۴).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف کودی بر عملکرد دانه و روغن در کلزا. در این آزمایش تیمار اول = شاهد (بدون مصرف کود - T_0)، تیمار دوم = کوددهی بر اساس عرف سنتی کشاورزان - T_1)، تیمار سوم = کشت ارگانیک (آلی - T_2) = مصرف فقط کود دامی (۲۰ تن بر هکتار) و تیمار چهارم = مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی (T_3) (الطافی، ۱۳۹۲).

بنابراین، با عنایت به دستاوردهای فوق، در گیاهان زراعی و دارویی لازم است، در اولویت اول توصیه کودی براساس نتایج تجزیه خاک انجام گیرد. لیکن، در صورت در دسترس نبودن نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی به صورت عمومی که ذیلًا توضیح داده خواهد شد، انجام گیرد.

۴-۴- توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی براساس نتایج تجزیه خاک
انجام این توصیه بهینه کودی معمولاً با نظر متخصصین تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک و براساس تحقیقات به انجام رسیده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه‌ها در دو دهه گذشته انجام می‌گیرد. متخصصین پس از انجام تجزیه خاک، نتایج بدست آمده را با سطح بحرانی (حدی از غلظت عناصر غذایی است که کمتر از آن مقدار، عکس العمل محصول نسبت به مصرف کودهای مربوطه بسیار مثبت خواهد بود) غلظت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی (جدول ۱) مقایسه و سپس اقدام به توصیه بهینه کودی می‌نمایند (جدول ۲).

جدول ۱- سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی ایران

کربن آلی (OC)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	گوگرد (S)	منیزیم (Mg)
درصد				
>۱/۰۰	۱۰	۳۰۰	۲۵	۷۵۰
آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)
میلی گرم بر کیلوگرم				
۱۰/۰۰	۸/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

* اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک از دامنه سطح بحرانی کمی هم بیشتر باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای بهبود درجه حاصلخیزی خاک و نیل به عملکرد هکتاری مطلوب (تولید پایدار)، باید به میزانی که محصول از خاک هر عنصر غذایی را برداشت می‌نماید، کود مربوط به آن عنصر غذایی با توجه به پتانسیل خاک، برای آزادسازی عنصر غذایی در طول دوره رشد گیاه، بطور متعادل مصرف گردد. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عنصر غذایی کمتر از دامنه سطح بحرانی در خاک باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود. برای نمونه، زمانی که آزمایشگاه خاکشناسی مقدار عنصر غذایی قابل استفاده در خاکی را کمتر از دامنه سطح بحرانی گزارش و مقدار کود مصرفی برای همان عنصر غذایی را ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار توصیه می‌نماید، لازم است ۲۵ درصد کودهای پویا قبل از کاشت و بقیه در سه نوبت همزمان با رشد گیاه بصورت سرک مصرف گردد. لیکن، در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در خاک در محدوده دامنه سطح بحرانی باشد، فقط ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود مربوطه توصیه و تواماً در دو نوبت بصورت سرک مصرف گردد و اما در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در خاک بیشتر از دامنه سطح بحرانی باشد، فقط ۲۵ درصد کود همان عنصر غذایی یعنی ۵۰ کیلوگرم بر هکتار آن هم بصورت یک نوبت سرک مصرف شود.

*** مصرف کودهای نیتروژنی برای حبوبات، می‌بایستی متوقف و در مقابل از کودهای آلی و زیستی ریزوبیومی استفاده شود.

*** با عنایت به زیادی فسفر کل در خاک‌های زراعی کشور، سطح بحرانی فسفر برای برنج ۸، گندم آبی ۱۰ و برای گیاهان پرنیاز به فسفر نظیر ذرت و یونجه ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود.

**** سطح بحرانی پتاسیم برای گیاهان پر توقع نظیر دانه‌های روغنی، سیب زمینی، پیاز و پنبه ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود.

***** سطح بحرانی بور برای گیاهان پر توقع نظیر چغندر قند، کلم و گیاهان جالیزی دو میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود.

***** سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی فوق در شرایط کشت دیم متفاوت بوده و بستگی به میزان و پراکنش نزولات آسمانی دارد و از ۵۰ درصد (نصف) در غرب تا یک چهارم (۲۵ درصد) در شرق کشور می‌تواند متغیر باشد.

جدول ۲- توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی براساس نتایج تجزیه خاک

نیترژن (N)		فسفر (P)		پتاسیم (K)		گوگرد (S)		منیزیم (Mg)	
کربن آلی (درصد)	اوره	فسفر	سوپر فسفات ساده	پتاسیم	سولفات پتاسیم	گوگرد	گوگرد آلی	منیزیم	سولفات منیزیم
<۰/۵۰	۴۰۰	<۵	۱۵۰	<۲۵۰	۲۵۰	<۱۵	۴۰۰	<۲۵۰	۲۰۰
۱/۰۰	۳۵۰	۵-۱۰	۵۰	۲۵۰-۳۵۰	۱۷۵	۱۵-۳۰	۳۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۰۰
>۱/۰۰	۳۰۰	>۱۵	۰	>۳۵۰	۰	>۳۵	۰	>۷۵۰	۰
آهن (Fe)		منگنز (Mn)		روی (Zn)		مس (Cu)		بور (B)	
آهن	سولفات آهن	منگنز	سولفات منگنز	روی	سولفات روی	مس	سولفات مس	بور	سولفات بوریک
<۵	۲۰۰	<۵	۳۰	>۱/۰۰	۴۰	<۱/۰۰	۲۰	<۱/۰۰	۲۰
۱۰	۵۰	۸	۱۵	۱-۲	۲۰	۱/۰۰	۱۰	۱/۰۰	۱۰
>۱۰	۰	>۸	۰	>۲/۰۰	۰	>۱/۰۰	۰	>۱/۰۰	۰

* در این جدول، غلظت عناصر پرمصرف برحسب درصد، غلظت عناصر کم مصرف برحسب میلی گرم بر کیلوگرم و مقادیر کودی برحسب کیلوگرم بر هکتار می باشد.

** برای افزایش کارایی نیترژن، بهتر است بجای ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره قبل از کاشت، از ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره با پوشش گوگردی و یا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار از کودکامل ماکروی قبل از کاشت استفاده شود. بدیهی است که در صورت استفاده از کودکامل ماکرو، دیگری نیازی به مصرف کودهای فسفاتی و پتاسیمی قبل از کاشت نخواهد بود.

*** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کودکامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کودکامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبر تقسیم مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می گردد. **** برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات زراعی، بهتر است علاوه بر مصرف کودکامل آبیاری و یا سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی، از محلول پاشی کودکامل میکرو نیز حداقل یکبار استفاده شود.

***** مصرف کودهای غیرپوپا نظیر کودهای فسفاتی، سولفات پتاسیم، گوگرد آلی و کودهای سولفاتی حاوی عناصر کم مصرف، بهتر است قبل از زمان کاشت انجام پذیرد. لیکن، کودهای پوپا نظیر سولفات پتاسیم محلول، کلروپتاسیم، سولفات منیزیم، اسیدبوری و کودآبیاری همراه با آب آبیاری به صورت سرک به تقسیم، مصرف شوند. همچنین، با توجه به آهکی بودن خاک اکثر مناطق ایران، استفاده از فرم اسیدی عناصر غذایی مانند اسیدسولفوریک، اسیدنیتریک و اسیدسولفوریک می تواند نقش بسزایی در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی اعم از ماکرو و میکرو ایفا نماید. توضیح آن که بهتر است علاوه بر رعایت موارد فوق، نسبت به مصرف سرک اسیدهیومیک و اسیدفولویک نیز اقدام شود. همچنین، مصرف ۵۰ تا ۷۵ سانتیمتر مکعب اسیدسولفوریک غلیظ به ازای هر مترمکعب آب آبیاری تا رسیدن pH آب به ۵/۵، توصیه می شود.

۵-۴- توصیه کودی عمومی برای گیاهان زراعی و دارویی

انجام این توصیه ها نیز با توجه به مفاد مقاله ها، نشریه ها، کتاب های موجود، تجارب شخصی متخصصین حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه و مدیران فنی آزمایشگاه ها (مشابه مراجعه بیمار به پزشک، منتهی بدون در دست داشتن نتایج تجزیه خون و ادرار) به شرح زیر امکان پذیر خواهد بود:

۱-۵-۴- توصیه کودی عمومی برای غلات (گندم، جو، برنج و ذرت دانه‌ای):

• **توصیه کودی عمومی برای گندم و جو:** نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در گندم و جو در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۲- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می‌شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۲۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می‌باشد (معمولاً مقدار مصرف کودها در محصولات زراعی دیم، ۳۰ تا ۷۰ درصد کمتر از محصولات زراعی آبی است). هرچه میزان بارندگی در منطقه کمتر باشد، میزان کودهای مصرفی نیز به همان نسبت کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر، توصیه کودی در شرایط دیم، معمولاً یک سوم شرایط آبی است. توصیه عمومی در زراعت دیم علاوه بر میزان بارندگی، پراکندگی باران و همزمانی بارندگی با رشد گیاه، به عملکرد هکتاری محصول بستگی دارد. توصیه کودی عمومی پیشنهادی برای گندم دیم با یک عملکرد مطلوب (قبل از زمان کاشت)، به شرح: کود کامل ماکرو ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار (در صورت نبود این کود، از کود نیتрат آمونیوم و یا اوره به میزان ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار)، کود فسفاتی ۲۵ الی ۵۰، سولفات پتاسیم ۵۰ و سولفات روی ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود. مصرف سرک حدود ۵۰ تا ۷۵ کیلوگرم بر هکتار اوره حداقل در یک نوبت قبل از شروع باران، لازم است انجام شود. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک زیرکشت، فرمول کودی برای گندم و جو آبی براساس جدول سه خواهد بود.

جدول ۳- توصیه کودی عمومی برای گندم و جو آبی

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کود کامل	۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	اسیدهیومیک	دو تا سه کیلوگرم	همزمان با کاشت
۲	بیوگوگرد آلی گرانوله	۲۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	اوره	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد (سرک)
۳	سولفات روی گرانوله	۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	کلرور پتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد (سرک)
۴	مایه تلقیح ازتوباکتر	دو بسته	همزمان با کاشت	۹	سولفات منیزیم	۱۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در مزارع شمال و غرب (سرک)
۵	بذر مال روی (Zn)	یک لیتر	همزمان با کاشت	۱۰	اسیدبوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	فقط در مزارع غیرشور (سرک)

* نظر به این که خاک‌های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می‌باشند، لذا در مزارع گندم در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسیدهیومیک و بذر مال روی (Zn) همزمان با

۱۷۸ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

کاشت، عملکرد گندم به طور معنی داری افزایش می یابد. علت دامنه دار بودن مقادیر توصیه شده کودی، به سابقه، مقدار مصرف و میزان مواد آلی موجود در خاک های زیر کشت بستگی دارد.

*** به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. این توصیه مهم بر مبنای یافته های تحقیقاتی از جمله نتایج حاصل از آزمایش زیر است. به منظور افزایش کارایی (NUE) و درصد باز یافت (NARF) نیتروژن در گندم آزمایشی در ۲۲ مزرعه گندم آبی در مناطق مختلف کشور در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ پیاده گردید. در این تحقیق، اثر منابع نیتروژنی و زمان مصرف در عملکرد، پروتئین، کارایی نیتروژن و درصد باز یافت نیتروژن با استفاده از بهترین ارقام معرفی شده در هر منطقه انجام گرفت. تیمارها عبارت بودند از تیمار اول = مصرف ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن از منبع اوره (یک سوم اوره قبل از کاشت بعلاوه دو تقسیط سرک اوره مطابق عرف گندم کاران پیشرو)؛ تیمار دوم = مصرف ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن از منابع کود کامل و اوره (یک سوم نیتروژن از منبع کود کامل به صورت پایه بعلاوه دو تقسیط سرک اوره) و تیمار سوم = مصرف ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن از منابع کود با پوشش گوگردی (SCU) و اوره (یک سوم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی به صورت پایه بعلاوه دو تقسیط سرک اوره). نتایج این تحقیقات حاکی از آن بود در حالی که کارایی و درصد باز یافت نیتروژن در تیمار اول (یک سوم اوره قبل از کاشت بعلاوه دو تقسیط سرک اوره) به ترتیب برابر ۶/۹ کیلوگرم دانه به ازای یک کیلوگرم نیتروژن مصرفی و ۲۵ درصد شد. این مقادیر در تیمارهای دوم (یک سوم نیتروژن از منبع کود کامل به صورت پایه بعلاوه دو تقسیط سرک اوره) و سوم (یک سوم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی به صورت پایه بعلاوه دو تقسیط سرک اوره) به ترتیب ۲/۱۲ و ۹/۹ کیلوگرم دانه در هر کیلوگرم نیتروژن و ۳۲ و ۲۶ درصد شد (Malakouti و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین، با علم به مراتب فوق، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است (ملکوتی، ۱۳۹۰). همچنین، نظر به کمبود روی (Zn) در اکثر خاک های زراعی کشور، بهتر است به هنگام تولید کودهای کامل و یا اوره با پوشش گوگردی، حداقل در حد یک درصد سولفات روی به این کودها اضافه و با نام های تجاری کود کامل حاوی روی و اوره با پوشش گوگردی حاوی روی (SCU+Zn) به بازار مصرف عرضه شوند.

*** به دلیل انباشتگی فسفر در خاک های زراعی کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری گیاه را با مصرف ریزجاندانان حل کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی توجه بیشتری شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً بر پایه نتایج تجزیه خاک انجام شود (پسندیده و همکاران، ۱۳۹۶). در هندوستان، تحقیقات وسیعی در مزارع گندم در چند ایالت هندوستان که خاک های زیر کشت آن ها با کمبود فسفر مواجه بودند، انجام و مشاهده شد که با مصرف حدود ۷۵ کیلوگرم بر هکتار کود سوپرفسفات تریپل، میانگین افزایش عملکرد هکتاری در این مزارع بالغ بر ۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار بوده است (Jat و همکاران، ۲۰۱۲).

**** مصرف سرک اوره و کلرور پتاسیم در مزارع غیر شور (در مزارع شور از سولفات پتاسیم محلول استفاده شود) حداقل در دو نوبت و هر نوبت حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار مطابق عرف کشاورزان پیشرو، انجام شود.

***** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیر زنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می گردد.

***** اگر به مقادیر جدول و مطالب فوق عمل شود، علاوه بر افزایش عملکرد (بیش از شش تن بر هکتار)، بهبود کیفیت گندم های تولیدی، ارتقای وضع معیشتی گندم کاران، مصرف نان با کیفیت برتر توسط مردم، کاهش بخشی از بیماری ها از جمله سرطان دستگاه گوارشی به دلیل مصرف نان سبوس دار (اصلاح شاخص نامطلوب تغذیه ای و یا شاخص نسبت مولی اسید فیتیک به روی - PA/Zn و عدم نیاز به جداسازی سبوس از آرد به بهانه زیادی اسید فیتیک) و ارتقاء سطح سلامت جامعه، در مدت زمان پنج سال، رتبه بهداشتی مردم ایران نیز به طور معنی داری بهبود خواهد یافت.

***** مطالب فوق که عمدتاً برای گندم و جو آبی بیان شده، در مورد سایر محصولات زراعی نیز با کم و بیش تفاوتی صادق است. در مورد کوددهی برای سایر محصولات زراعی و دارویی، اگر پرسشی پیش بیاید به نشریه های ۱۹۵ الی ۲۰۰، ۴۰۵ الی ۴۰۷ و کتاب های منتشر شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه تربیت مدرس مراجعه فرماید.

• **توصیه کودی عمومی برای برنج:** نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در برنج در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۲- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۲۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای ارقام پرمحصول برنج توصیه می شود (جدول ۴).

جدول ۴- توصیه کودی عمومی برای برنج

رقم برنج	اوره با پوشش گوگردی (کیلوگرم در هکتار)	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)	اوره (کیلوگرم در هکتار)	کلرور پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)
محلی	۱۰۰ (قبل از کاشت)	۲۵ (قبل از کاشت)	۱۰۰ (دو بار تقسیط)	۱۰۰ (دو بار تقسیط)
خزر	۱۵۰ (قبل از کاشت)	۵۰ (قبل از کاشت)	۲۰۰ (دو بار تقسیط)	۲۰۰ (دو بار تقسیط)
ندا، نعمت و سپیدرود	۲۰۰ (قبل از کاشت)	۷۵ (قبل از کاشت)	۳۰۰ (سه بار تقسیط)	۳۰۰ (سه بار تقسیط)

* برای افزایش عملکرد هکتاری، لازم است در خزانه با استفاده از بذرمال روی و کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی، نسبت به تولید نشاءهای قوی تر برنج اقدام نمود. مقدار سولفات روی بستگی به مقدار روی قابل استفاده خاک و نیز مقدار فسفر خاک دارد و مصرف هر دو سال یکبار آن توصیه می شود به عبارت دیگر، در اسفندماه هر سال، در خزانه قبل از انجام عملیات شخم، ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی در سطح خاک پخش و بلافاصله همراه با سایر کودهای مصرفی با شخم زیر خاک شوند (در مقطع فعلی از مصرف کودهای فسفاتی خودداری شود). سپس با استفاده از بذرمال روی (بذرمال روی را می توانید از نمایندگی های مجاز، فروش کود در محل که دارای گواهی ثبت مؤسسه تحقیقات خاک و آب می باشد، تهیه نمایید. توضیح آن که بر روی ظروف بذرمال، مقدار و نحوه مصرف درج شده است)، بذرها را خیس و سپس بذرها پوشش داده شده برنج را کشت نمایید.

** در صورتی که شرکت خدمات حمایتی کشاورزی بتواند اوره با پوشش گوگردی حاوی روی (SCU + Zn) را تأمین نماید، مناسب تر از SCU خواهد بود. در صورت نبود SCU، ناچاراً از کود کامل و درغیراین صورت از اوره استفاده خواهد شد. لیکن، به منظور حفظ محیط زیست، افزایش کارایی نیتروژن و کاهش آلودگی آب های زیر زمینی به نیترا، استفاده از کود SCU + Zn از اولویت اول برخوردار می باشد.

*** به دلیل انباشتگی فسفر در خاک های شالیزاری کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری برنج را با مصرف ریزجانداران حل کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش داد. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً بر پایه نتایج تجزیه خاک انجام شود. در صورتی که به هر دلیلی تجزیه خاک برای همگان و مخصوصاً در قطعات کوچک شالیزارها امکان پذیر نباشد، از مصرف زیاد کودهای فسفاتی به دلیل نیاز کم برنج به فسفر خودداری شود. چرا که زیادی مصرف کودهای فسفاتی، علاوه بر ایجاد مزاحمت در جذب روی، سبب تجمع کادمیوم در برنج می شود و نیز برای استحکام بیشتر ساقه های برنج، از کودهای سیلیسیمی نیز می توان قبل از کاشت استفاده نمود.

**** مصرف سرک اوره و کلرور پتاسیم حداقل در دو نوبت و هر نوبت هر کدام حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، مطابق عرف شالیکاران پیشرو، انجام شود. با توجه به مقدار پتاسیم برداشتی توسط برنج که تقریباً برابر با نیتروژن می باشد، مصرف کودهای پتاسیمی به ویژه سرک کلرور پتاسیم جدی گرفته شود. زیرا در خاک های شالیزاری چون پتاسیم آن ها تخلیه شده، مصرف سولفات پتاسیم کم، کارساز نبوده و لازم است کلرور پتاسیم به صورت سرک همزمان با رشد بوته های برنج مصرف شود. تجربه نشان داده که برای پنجه زنی در ارقام برنج زودرس، از کودهای نیتروژنی بیشتری منتهی با سرک بیشتر استفاده شود. کودهای پایه که قبل از کاشت مصرف می گردند، لازم است با لایه های عمیق تر خاک خوب مخلوط گردند. به هنگام شیوع بیماری ها،

از کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی بیشتری استفاده شود تا دانه‌های برنج سالم و درصد شکستگی آن‌ها کمتر باشد. ***** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبرابر تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد. ***** اگر به مفاد جدول و مطالب فوق عمل شود، علاوه بر افزایش عملکرد، بهبود کیفیت برنج‌های تولیدی، ارتقای وضع معیشتی شالیکاران، مصرف برنج با کیفیت برتر توسط مردم، کاهش بخشی از بیماری‌ها از جمله سرطان دستگاه گوارشی به دلیل مصرف برنج سبوس‌دار (اصلاح شاخص نامطلوب تغذیه‌ای - PA/Zn) و ارتقاء سطح سلامت جامعه، در مدت زمان پنج سال، رتبه بهداشتی مردم ایران نیز به‌طور معنی‌داری بهبود خواهد یافت. بنابراین، برای تشویق شالیکاران برای تولید برنج سبوس‌دار غنی‌شده، لازم است خرید برنج در کشور بر مبنای کیفیت انجام شود. بدیهی است این امر با کمک آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، گیاه و آب بخش خصوصی بدون آن‌که هزینه‌ای برای دولت ایجاد نماید، امکان‌پذیر می‌باشد.

• **توصیه کودی عمومی برای ذرت:** در مقطع کنونی نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در ذرت علوفه ای به صورت (کودهای پتاسیمی) ۳- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۴ و در ذرت دانه‌ای به صورت (کودهای پتاسیمی) ۴- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۴ پیشنهاد می‌شود. این نسبت‌ها بیانگر آن هستند که به ازای هر ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۳۰۰ و یا ۴۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می‌باشد. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، مصرف ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد آلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منیزیم (به صورت سرک) در شمال و غرب کشور، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آهن، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی (پیش از کاشت هر دو تا سه سال یک بار) و در خاک‌های غیرشور ۱۵ کیلوگرم بر هکتار اسیدبوریک (به صورت دو بار سرک) با مقدار کافی مواد آلی پیش از کاشت به طور عمقی همزمان با کودهای فسفاتی، گوگرد آلی و ریزمغذی‌ها مصرف خواهند شد، الزامی می‌باشد. علاوه بر این، در شرایطی که ذرت در اوج نیاز غذایی خود باشد {ذرت دانه‌ای در طول زمان رشد خود، برای تولید ۲۳ تن بر هکتار دانه و کلش (۱۲ تن بر هکتار دانه)، حدود ۲۸۶ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۱۱۴ کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، ۲۰۲ کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ۵۹ کیلوگرم منیزیم (Mg)، ۲۶ کیلوگرم گوگرد (S)، ۱۴۰۰ گرم آهن (Fe)، ۵۰۰ گرم منگنز (Mn)، ۵۰۰ گرم روی (Zn)، ۱۰۰ گرم مس (Cu) و ۸۰ گرم بور (B) از خاک زیرکشت خود برداشت می‌نماید. همچنین، در طول زمان ۱۰ روزه خوشه‌دهی خود، برای تولید روزانه ۴۳۹ کیلوگرم ماده خشک، حدود ۸/۹ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۲/۴ کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، ۵/۸ کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ۲/۲ کیلوگرم منیزیم (Mg)، ۷۰۰ گرم گوگرد (S)، ۹۵ گرم آهن (Fe)، ۱۸ گرم منگنز (Mn)، ۱۴ گرم روی (Zn)، ۳/۰ گرم مس (Cu) و ۳/۳ گرم بور (B) (حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی ذرت دانه‌ای در طول ۱۰ روز زمان گلدهی جذب می‌گردد) از خاک زیرکشت خود برداشت می‌نماید (Bender و همکاران، ۲۰۱۳)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید

است، در چنین شرایطی، مصرف سرک ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کودکامل آبیاری توصیه می‌شود (در صورت در دسترس نبودن کودکامل آبیاری، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی استفاده شود). به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی‌های خاک زیرکشت، فرمول کودی برای ذرت دانه‌ای مطابق مفاد جدول پنج خواهد بود.

جدول ۵- توصیه کودی عمومی برای ذرت

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کودکامل	۴۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	اسیدهیومیک	دو تا چهار کیلوگرم	همزمان با کشت
۲	بیوگوگرد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	اوره	۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در سه تقسیط	در زمان رشد
۳	سولفات روی گرانوله	۷۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	کلروپتاسیم	۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در سه تقسیط	در زمان رشد
۴	مایه تلقیح از: توباکتر	سه بسته	همزمان با کاشت	۹	سولفات منیزیم	۱۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در مزارع شمال و غرب (سرک)
۵	بذر مال روی (Zn)	دو لیتر	همزمان با کاشت	۱۰	اسید بوریک	۲۵ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد

* نظر به این که خاک‌های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می‌باشند، لذا در مزارع ذرت در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسیدهیومیک و بذر مال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

** به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه‌های زیست‌محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کودکامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است.

*** به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری گیاه را با مصرف ریزجانداران حل‌کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً برپایه نتایج تجزیه خاک انجام شود. **** در تولید ذرت دانه‌ای، به کودهای سولفات روی، فسفاتی و پتاسیمی بیشتر نیاز بوده، لیکن در ذرت علوفه‌ای به کودهای نیتروژنی و پتاسیمی بیشتری نیاز می‌باشد. به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری ذرت را با مصرف ریزجانداران حل‌کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش داد.

***** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کودکامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کودکامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

۲-۵-۴- توصیه کودی عمومی برای سبزیجات (سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی): نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پر مصرف در سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۴- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۴۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی توصیه می شود (جدول ۶).

جدول ۶- توصیه کودی عمومی برای سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کود کامل	۳۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	اسید یومیک	یک کیلوگرم	همزمان با کاشت
۲	بیو گوگرد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	بذرمال روی (Zn)	دو لیتر	همزمان با کاشت
۳	سولفات روی گرانوله	۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	مایه تلقیح از توپاکتر	سه بسته	همزمان با کاشت
۴	سولفات پتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۹	اوره	۱۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۵	سولفات منگنز	۲۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۱۰	اسید بوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد

* نظر به این که خاک های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسید هیومیک و بذرمال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به طور معنی داری افزایش می یابد.

** به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است. *** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می گردد.

**** پیشنهاد می شود در درون هر کیسه ۲۵ کیلوگرمی کود گوگرد آلی گرانوله، یک بسته ۵۰۰ گرمی از باکتری های تیوباسیلوس و یک بسته ۵۰۰ گرمی از باکتری های محرک رشد گیاه به طور جداگانه جاسازی تا همزمان با مصرف این کود، آن ها نیز مصرف شوند و تحت هیچ شرایطی از بقایای بستر قارچ و یا کود مرغی تخمگذار که درجه شوری بالایی دارند، استفاده نشود. ***** از مصرف زیاد و بی رویه کودهای نیتروژنی در مزارع سبزیجات، باید جدا خودداری نمود. در غیر این صورت، باعث افزایش غلظت نیترات در آن ها می شود. غلظت بالای نیترات، تهدید جدی برای سلامتی انسان می باشد و برای بهبود کیفیت میوه های گوجه فرنگی، لازم است حداقل دو تا چهار بار از کلرور کلسیم با غلظت ۵ در هزار در هکتار به صورت محلول پاشی استفاده نمود. نظر به این که خاک های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسید هیومیک و بذرمال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به طور معنی داری افزایش می یابد.

۳-۵-۴- توصیه کودی عمومی برای محصولات صنعتی (چغندر قند، دانه‌های روغنی، پنبه و نیشکر)

• **توصیه کودی عمومی برای چغندر قند، پنبه و دانه‌های روغنی:** نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در چغندر قند، پنبه و دانه‌های روغنی در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۴- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می‌شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۴۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می‌باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای چغندر قند توصیه می‌شود (جدول ۷).

جدول ۷- توصیه کودی عمومی برای چغندر قند

ع.ع	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ع.ع	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کود کامل	۳۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	اسید هیومیک	یک کیلوگرم	همزمان با کاشت
۲	بیوگورد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	بذر مال روی (Zn)	دو لیتر	همزمان با کاشت
۳	سولفات روی گرانوله	۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	اوره	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۴	سولفات منگنز	۱۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۹	کلرور پتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۵	مایه تلقیح از توپاکتر	سه بسته	همزمان با کاشت	۱۰	اسید بوریک	۳۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد

* نظر به این که خاک‌های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می‌باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسید هیومیک و بذر مال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

*** به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه‌های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است.

*** به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری گیاه را با مصرف ریز جانداران حل‌کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً بر پایه نتایج تجزیه خاک انجام شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۴).

*** مصرف سرک اوره و کلرور پتاسیم حداقل در دو نوبت و هر نوبت حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، مطابق عرف کشاورزان پیشرو، انجام شود.

*** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبرابر تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

- **توصیه کودی عمومی برای نیشکر:** نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در نیشکر در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۴- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۴۰۰ یلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای نیشکر توصیه می شود (جدول ۸).

جدول ۸- توصیه کودی عمومی برای نیشکر

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کود کامل ماکرو	۴۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	سولفات آهن	۱۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت
۲	بیوگورد آلی گرانوله	۵۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	سولفات آمونیوم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۳	سولفات روی گرانوله	۷۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	نیتрат پتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۴	سولفات منگنز	۲۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۹	سولفات پتاسیم محلول	۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در سه تقسیط	در زمان رشد

* به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است.

** به دلیل انباشتگی فسفر در خاک های زراعی کشور (در برخی از خاک های زراعی خوزستان، فسفر کل بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است)، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری گیاه را با مصرف ریزجاندانان حل کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً بر پایه نتایج تجزیه خاک انجام شود.

*** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیر زنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می گردد.

۴-۵-۴- توصیه کودی عمومی برای محصولات جالیزی (خیار، خربزه و هندوانه):

نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در برای محصولات جالیزی (خیار، خربزه و هندوانه) در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۲- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۲۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای محصولات جالیزی (خیار، خربزه و

هندوانه) توصیه می‌شود (جدول ۹).

جدول ۹- توصیه کودی عمومی برای محصولات جالیزی (خیار، خربزه، و هندوانه)

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کود کامل	۳۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	بذر مال روی (Zn)	دو لیتر	همزمان با کاشت
۲	بیوگوگرد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	مایه تلقیح از توپاکثر	سه بسته	همزمان با کاشت
۳	سولفات روی گرانوله	۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	اسید هیومیک	یک کیلوگرم	همزمان با کاشت
۴	سولفات آهن	۱۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۹	اوره و کلرور پتاسیم	هر یک ۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۵	سولفات منگنز	۲۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۱۰	اسید بوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد

※ نظر به این که خاک‌های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می‌باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسید هیومیک و بذر مال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

※ به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه‌های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است.

※※ به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری گیاه را با مصرف ریزجانداران حل‌کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً بر پایه نتایج تجزیه خاک انجام شود. ※※※ مصرف سرک اوره و کلرور پتاسیم حداقل در دو نوبت و هر نوبت حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، مطابق عرف کشاورزان پیشرو، انجام شود. همچنین، برای بهبود کیفیت هندوانه بهتر است دو تا چهار بار از کلرور کلسیم به صورت محلول پاشی با غلظت ۵ در هزار در هکتار استفاده نمود.

※※※ در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیر زنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

※※※ از مصرف زیاد و بی‌رویه کودهای نیتروژنی در مزارع سبزیجات، باید جدا خودداری نمود. در غیر این صورت، باعث افزایش غلظت نیترات در آن‌ها می‌شود. غلظت بالای نیترات، تهدید جدی برای سلامتی انسان می‌باشد و برای بهبود کیفیت میوه‌های گوجه‌فرنگی، لازم است حداقل دو تا چهار بار از کلرور کلسیم با غلظت ۵ در هزار در هکتار به صورت محلول پاشی استفاده نمود. نظر به این که خاک‌های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می‌باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسید هیومیک و بذر مال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

۵-۴-۵- توصیه کودی عمومی برای حبوبات، یونجه، شبدر، سویا و بادام زمینی: با عنایت به نتایج تحقیقات متعدد، نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در حبوبات (نخود، لوبیا و عدس)، یونجه، شبدر، سویا و بادام زمینی در مقطع کنونی در حالتی که مواد آلی خاک بیش از ۲/۵ درصد باشد، ۲-۱-۰ و در حالتی که درصد مواد آلی خاک کمتر از ۲/۵ درصد باشد، این نسبت برابر ۲-۱-۰/۵ و یا به صورت ۲-۱-۰/۵ پیشنهاد می شود. این نسبت بیانگر آن است در حالتی که درصد مواد آلی خاک کمتر از ۲/۵ درصد باشد، به ازای صفر کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۲۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی ولی در حالتی که درصد مواد آلی خاک کمتر از ۲/۵ درصد باشد، به ازای هر ۵۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۲۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می باشد. لیکن، به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای حبوبات (نخود، لوبیا و عدس) توصیه می شود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- توصیه کودی عمومی برای حبوبات

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	بیوگورد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	اسیدهیومیک	یک کیلوگرم	همزمان با کاشت
۲	کود میکروبی فسفاتی	۱۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	بذرمال روی (Zn)	دو لیتر	همزمان با کاشت
۳	سولفات پتاسیم	۱۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	مایه تلقیح ازتوباکتر	سه بسته	همزمان با کاشت
۴	سولفات روی گرانوله	۳۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۹	کلرور پتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۵	اوره	۵۰ کیلوگرم در یک نوبت	به عنوان استارتر همزمان با کاشت	۱۰	اسید بوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد

* در این گروه از گیاهان ضرورت دارد، مصرف کودهای نیتروژنی تا حدودی حذف تا اجازه فعالیت به ریزوبیوم های مربوطه داده شود. با کمک کود زیستی ریزوبیوم می توان تا ۹۰ درصد در مصرف کودهای نیتروژنی صرفه جویی نمود و ۱۰ درصد باقیمانده را نیز می توان به صورت سرک همزمان با آب آبیاری مصرف نمود (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴).

** نظر به این که خاک های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسیدهیومیک و بذرمال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به طور معنی داری افزایش می یابد.

*** به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است.

**** مصرف سرک کلرور پتاسیم حداقل در دو تقسیط و در هر نوبت حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، مطابق عرف کشاورزان پیشرو، انجام شود.

***** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش

فصل چهارم: توصیه بهینه کودی برای گیاهان زراعی و دارویی ۱۸۷

از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می گردد.

۶-۵-۴- توصیه کودی عمومی برای گیاهان دارویی: نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در گیاهان دارویی در مقطع کنونی به صورت (کودهای پتاسیمی) ۲- (کودهای فسفاتی) ۱- (اوره) ۳ پیشنهاد می شود. این نسبت بیانگر آن است که به ازای هر ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره، به ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی و به ۲۰۰ کیلوگرم کودهای پتاسیمی نیاز می باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تجزیه خاک، فرمول کودی زیر برای گیاهان دارویی توصیه می شود (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- توصیه کودی عمومی برای گیاهان دارویی

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کمپوست یا کود دامی پوسیده شده	۱۲ تن در هکتار	سه ماه قبل از کشت	۷	کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸)	۳۰ کیلوگرم	قبل از کاشت
۲	کود کامل	۲۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۸	اسید هیومیک	یک کیلوگرم	همزمان با کاشت
۳	بیوگورد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۹	بذر مال روی	دو لیتر	همزمان با کاشت
۴	سولفات روی گرانوله	۴۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۱۰	سولفات منیزیم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۵	مایه تلقیح ازتوباکتر	دو بسته	همزمان با کاشت	۱۱	اوره و کلرور پتاسیم	هر یک ۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
۶	سولفات منگنز	۱۵ کیلوگرم	قبل از کاشت	۱۲	اسید بوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد

* نظر به این که خاک های زراعی ایران عموماً با کمبود کربن آلی و روی (Zn) مواجه می باشند، لذا در شرایط مدیریتی کاشت و داشت مشابه، با مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه، اسید هیومیک و بذر مال روی (Zn) همزمان با کاشت، عملکرد هکتاری به طور معنی داری افزایش می یابد.

** به منظور افزایش کارایی مصرف کودها در تولید محصولات کشاورزی، رعایت جنبه های زیست محیطی و بهبود وضع معیشتی کشاورزان، لازم است قبل از زمان کاشت، به جای مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم، از کود کامل و یا به جای مصرف کود اوره، از اوره با پوشش گوگردی (SCU)، استفاده شود. بنابراین، جایگزینی کود کامل با کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و اوره با پوشش گوگردی با اوره قبل از کاشت در تمامی محصولات زراعی کشور قابل توصیه است.

*** به دلیل انباشتگی فسفر در خاک های زراعی کشور، لازم است رابطه بین مقدار فسفر کل خاک و نیاز فسفری گیاه را با مصرف ریزجانداران حل کننده فسفات مدیریت نمود و از این طریق مصرف کودهای فسفاتی را کاهش و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً بر پایه نتایج تجزیه خاک انجام شود. **** مصرف سرک اوره و کلرور پتاسیم حداقل در دو نوبت و هر نوبت حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، مطابق عرف

کشاورزان پیشرو، انجام شود.

***** در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبرابر تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

۶-۴- توصیه کودی برای گیاهان در شرایط شور

یکی از عوامل مهم محدودکننده رشد گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان، شوری خاک و آب می‌باشد. در ایران، آخرین بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۶/۸ میلیون هکتار از کل اراضی کشاورزی را خاک‌های شور (حدود ۴۰ درصد)، تشکیل می‌دهد. مدیریت موفقیت‌آمیز سامانه‌های زراعی در شرایط شور، بستگی زیادی به میزان تحمل گیاه به شوری دارد. گیاهان عناصر غذایی را از محیط طبیعی خاک جذب می‌نمایند. اغلب گیاهان، گلیکوفیت بوده و در شرایط شوری کم خاک، تکامل یافته‌اند. با وجودی که مقدار محصول، تابعی از غلظت املاح محلول در ناحیه رشد ریشه در شرایط شور بیان شده است، اما می‌بایست به نوع خاک، آب، شرایط اقلیمی، حاصلخیزی خاک، مرحله رشد گیاه و نوع رقم نیز توجه نمود، زیرا عملکرد گیاه به هر یک از این عوامل نیز بستگی دارد.

پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که افزودن عناصر غذایی، بسته به میزان تنش شوری، اثرات گوناگونی بر میزان تحمل گیاه به شوری دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱ و کشاورز، ۱۳۸۳). به طوری که در سطوح شوری کم خاک، مقدار عنصر غذایی عامل محدودکننده تری نسبت به شوری است، اما در سطوح شوری زیاد خاک، شوری عامل محدودکننده تری نسبت به مقدار عنصر غذایی خواهد بود. از این رو، مصرف کود برای محصولاتی که در اراضی شور کشت شده‌اند، می‌تواند به خاطر کاهش اثر شوری تا وقتی که شوری خاک در حد کم یا متوسط باشد، مفید واقع شود. در مقابل وقتی شوری آنقدر زیاد باشد که عملکرد محصول را ۵۰ درصد یا بیشتر کاهش دهد، مصرف کودها به جهت بالا رفتن تجمعی فشار اسمزی خاک، بازده کمی خواهد داشت.

شوری خاک از سه طریق تغذیه گیاهان را متأثر می‌سازد: الف) ایجاد تغییراتی در نگهداری، تثبیت و تبدیل عناصر غذایی در خاک؛ ب) ایجاد اختلال در جذب و توزیع عناصر غذایی توسط ریشه‌ها و یا کاهش رشد آن‌ها و پ) مختل کردن سوخت و ساز عناصر غذایی در درون گیاهان که بیشتر از کاهش جذب آب توسط گیاه ناشی می‌شود. به همین دلیل، مصرف برخی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، روی و سیلیسیم در خاک‌های شور، بسیار اهمیت دارد تا اثرات سوء برخی از کاتیون‌های سمی نظیر سدیم (Na) و کلر (Cl) را در سلول‌های گیاهی کاهش دهد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر محدودکننده رشد گیاه است. هنگامی که گیاهان تحت تنش شوری قرار می‌گیرند، جذب نیتروژن به دلایل الف) جذب پایین به علت کاهش تراوایی ریشه گیاه؛ ب) کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی؛ پ) کاهش جمعیت ریز جانداران تثبیت‌کننده نیتروژن در خانواده بقولات؛ ت) کاهش جذب نیترات در اثر عرضه زیادی آنیون کلر در محیط ریشه گیاه و ث) کاهش فعالیت نیتراتی شدن (نیتریفیکاسیون)، بیش از

سایر عناصر غذایی کاهش می‌یابد. به همین دلایل، مصرف سرک کودهای نیتروژنی با توجه به سطح شوری خاک، اثرات بیشتری در بهبود عملکرد گیاه خواهد داشت. این در حالی است که کارایی کود اوره در شرایط شور به شدت پایین بوده و بهتر است بجای آن، از سولفات آمونیوم و یا نیترات آمونیوم استفاده نمود (ابتدای کشت، سولفات آمونیوم و یا اوره و در سرک‌ها از نیترات آمونیوم استفاده گردد).

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در خاک‌هایی با هدایت الکتریکی (EC_e) کمتر از ۷ دسی زیمنس بر متر، مقدار نیتروژن، معادل مصرف در شرایط غیر شور می‌باشد در حالی که در خاک‌هایی با شوری بین ۷-۱۲ دسی زیمنس بر متر، می‌بایست مقدار ۳۰ درصد به میزان توصیه کود نیتروژنی مصرفی براساس مقادیر کربن آلی، افزود. ولی در شوری‌های خاک بالاتر از ۱۲ دسی زیمنس بر متر، باید از مقدار توصیه کود نیتروژنی به میزان ۳۰ درصد، کم نمود. افزون بر این، در شرایط شور، مصرف کود های آلی نظیر کود حیوانی، کمپوست و اسید هیومیک همزمان با مصرف کودهای نیتروژنی، در بهبود کارایی کود و شرایط فیزیکی خاک بسیار مؤثر خواهند بود.

اثر متقابل شوری و تغذیه فسفر در گیاهان، مشابه شوری و نیتروژن می‌باشد. مطالعات انجام شده در خاک‌های آهکی بیانگر آن است که با افزایش شوری خاک و آب، به میزان فعالیت یون کلسیم آب و خاک افزوده می‌شود و افزایش فعالیت یون کلسیم در خاک منجر به تسریع در تشکیل ترکیبات فسفات کلسیم با حلالیت کمتر می‌گردد و در واقع سرعت تثبیت فسفر در خاک افزایش می‌یابد. از این رو، به نظر می‌رسد به علت کاهش قابلیت جذب فسفر در خاک‌های شور و کاهش رشد ریشه که منجر به کاهش سرعت انتشار فسفر به طرف ریشه‌ها می‌شود، برای رسیدن به یک مقدار معین تولید، باید مقدار بیشتری کود فسفاتی نسبت به شرایط غیر شور مصرف نمود. با وجود این، برای گندم در خاکی با شوری بین ۴ تا ۸ دسی زیمنس بر متر، مصرف فسفر تا ۲۰ درصد بیشتر و در شوری‌های بالاتر، میزان مصرف مطابق با توصیه در شرایط غیر شور توصیه شده است. نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان می‌دهد بالاترین عملکرد دانه گندم، در شرایط شوری متوسط، در خاکی با ۸ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر قابل جذب، از مصرف ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار بدست آمده است (جدول ۱۲). این در حالی است که برای تأمین فسفر، تفاوتی بین کودهای سوپرفسفات تریپل، فسفات آمونیوم و فسفات سولفات آمونیوم گزارش نشده است.

جدول ۱۲- اثر مقادیر کودهای فسفاتی بر عملکرد دانه گندم در خاک‌های شور* در دو منطقه از کشور (کشاورز، ۱۳۸۸)

استان	فسفر خالص (کیلوگرم بر هکتار)				
	۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
خراسان رضوی	۱۸۱۴	۲۵۸۹	۳۰۵۷	۲۸۶۸	۲۶۱۶
قم	۲۹۰۸	۳۵۲۳	۴۳۰۱	۴۴۹۷	۳۲۷۷

* هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک حدود ۸ دسی زیمنس بر متر بود.

با توجه به این که جذب و انتقال پتاسیم توسط گیاهان در محیط غنی از سدیم کاهش می یابد، اطلاعات زیادی وجود دارد که نشان می دهد، افزودن پتاسیم به خاک های شور، رشد و عملکرد گیاه را بهبود می بخشد. اگرچه گیاهان حساس به شوری، نسبت به مصرف پتاسیم، عکس العمل مناسب تری نشان می دهند. با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) در محلول خاک، تحمل گیاه به شوری افزایش می یابد. شواهد نشان می دهد که در شرایط شور، علائم کمبود پتاسیم با وجود بالا بودن غلظت آن در برگ های گندم، همچنان وجود خواهد داشت. چون مقداری از پتاسیم جذب شده توسط گیاه، برای خنثی کردن بار الکتریکی کلر ذخیره شده در واکوئل ها تجمع یافته و کمکی به واکنش های حیاتی نمی نماید. لذا، در این شرایط، مصرف کودهای پتاسیمی به ویژه کودآبیاری، نظیر سولفات پتاسیم محلول (به صورت سرک)، می تواند علاوه بر رفع کمبود، اثرات مسمومیت سدیم ناشی از شوری را کاهش و عملکرد هکتاری محصول را افزایش دهد (ملکوتی همکاران، ۱۳۸۱).

گیاهان حساس به شوری نسبت به مصرف پتاسیم و روی، عکس العمل مناسب تری نشان می دهند. با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) در محلول خاک، تحمل گیاه به شوری افزایش می یابد. همچنین، با افزایش غلظت پتاسیم و روی در شرایط شور، پراکنش و طول ریشه ها بیشتر شده و در نتیجه سطح جذب عناصر غذایی، افزایش می یابد. با مصرف سولفات روی، تشکیل آوندهای چوبی در گیاهان تحت تنش شوری، بهبود یافته و از تخریب آوندها ممانعت به عمل می آید. سطح بحرانی پتاسیم برای محصولات زراعی مقاوم به شوری نظیر پنبه در شرایط شور ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم و برای شرایط غیرشور ۲۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است و به نظر می رسد این اختلاف، برای گیاهان نیمه متحمل و یا حساس به شوری، بیشتر خواهد بود. در گندم مصرف سولفات پتاسیم محلول در دو قسط (هنگام ساقه رفتن و گلدهی)، باعث بهبود معنی دار عملکرد می شود. پژوهش های انجام شده توسط کشاورز (۱۳۸۸) نشان داد که با افزایش مصرف پتاسیم، آستانه تحمل گندم رقم فلات به شوری افزایش می یابد. برای گندم، مصرف پتاسیم تا شوری ۷ دسی زیمنس بر متر، برابر توصیه مصرف در شرایط غیرشور و در شوری ۷ تا ۱۳ دسی زیمنس بر متر، مصرف پتاسیم به میزان ۳۰ درصد، بیشتر توصیه شده است.

Keshavarz و Saadat (۲۰۱۶) در تحقیقی، آستانه تحمل به شوری دو رقم گندم را در پاسخ به مصرف روی (Zn) گزارش کردند که تحمل گیاهان نسبت به شوری نه تنها در بین گونه های گیاهی متفاوت است، بلکه ممکن است تحت تأثیر تغذیه معدنی آن ها نیز قرار گیرد. از این رو آن ها با استفاده از مدل سیگموئیدی وانگنوختن-هافمن، در آزمایشی، اثر مصرف صفر، ۵ و ۱۰ میلی گرم روی (Zn) بر کیلوگرم و شوری خاک ۱/۱، ۶/۵، ۱۲/۳، ۱۸/۷ و ۲۵/۱ دسی زیمنس بر متر را در دو رقم گندم آبی فلات و بم (با حساسیت های متفاوت نسبت به شوری) مطالعه و گزارش کردند که با افزایش شوری خاک، وزن دانه و کاه گندم در هر دو رقم کاهش معنی داری پیدا کرد. لیکن، این کاهش در رقم فلات بیشتر از رقم بم بود. در حالی که مصرف ۱۰ میلی گرم

روی (Zn) بر کیلوگرم در رقم فلات، وزن دانه را ۳۲ و وزن کاه را ۲۵ درصد افزایش داد، این افزایش در رقم بم برای دانه ۶۰ و در کاه ۶۷ درصد نسبت به شاهد بود. بر اساس توابع برازش داده شده، آستانه کاهش عملکرد گندم در رقم فلات در شوری ۴/۷ دسی زیمنس بر متر و در رقم بم در شوری ۷/۵ دسی زیمنس بر متر برآورد شد. این در حالی بود که مصرف روی (Zn) منجر به کاهش تحمل به شوری در رقم فلات و افزایش تحمل به شوری در رقم بم گردید. نتایج این بررسی نشان داد که مصرف روی (Zn) در شرایط شور، بسته به اختلاف‌های ژنتیکی در بین ارقام گندم، اثر متفاوتی بر تحمل آن‌ها به شوری خواهد داشت.

نتایج بررسی‌های مصرف کودهای پتاسیمی در درختان پسته، نشان داد که بالاترین غلظت پتاسیم در برگ پسته، از مصرف سولفات پتاسیم محلول بدست آمد، به گونه‌ای که غلظت پتاسیم را از ۰/۹۸ درصد به ۱/۵۲ درصد افزایش داد، این در حالی بود که بالاترین غلظت سدیم در برگ پسته نیز با ۰/۸۳ درصد، از تیمار شاهد (بدون مصرف پتاسیم) و کمترین غلظت آن با ۰/۰۵ درصد، از مصرف سولفات پتاسیم محلول، بدست آمد. همچنین، نتایج نشان داد مصرف خاکی سه نوبت سولفات پتاسیم محلول در فروردین، اردیبهشت و خرداد، بالاترین تعداد دانه را سبب شده است. افزون‌بر این، پسته‌ها از نظر اندازه نسبت به شاهد، درشت‌تر بودند (شاخص مهم در بازارپسندی پسته). همچنین، بالاترین درصد خندانی و کمترین درصد پوکی را تیمارهای سولفات پتاسیم محلول نسبت به مصرف سولفات پتاسیم و شاهد از خود نشان دادند (Malakouti و Mozaffari، ۲۰۰۹).

اثر متقابل مثبتی بین شوری خاک و مصرف روی در افزایش عملکرد و تحمل به شوری گیاهان وجود دارد. با افزایش مصرف روی در شرایط شور، پراکنش و طول ریشه‌ها، زیاد شده که در نتیجه آن، سطح جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد. همچنین مصرف سولفات روی در این شرایط، تشکیل آوندهای چوبی را در گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با گیاهان بدون مصرف آن، بهبود داده و از تخریب آوندها جلوگیری می‌نماید (Ramadan و Gadallah، ۱۹۹۷ و کشاورز، ۱۳۸۳).

سطح بحرانی روی (Zn) برای محصولات زراعی در شرایط شور، برابر ۲/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برای شرایط غیرشور، دو میلی‌گرم بر کیلوگرم است. در مناطق شور به دلیل این که امکان دارد خاک‌های زراعی، بور بیشتری داشته باشند، لذا برای کاهش مسمومیت ناشی از فراوانی بور، مصرف توأم سولفات پتاسیم و سولفات روی، کود کامل ماکرو با بنیان سولفات پتاسیم و یا کود کامل ماکروی آبیاری و یا سولفات پتاسیم محلول (به صورت سرک)، اکیداً توصیه می‌گردد. افزون‌بر این، برای افزایش کارایی کودها به‌ویژه در شرایط شور، استفاده از دستگاه بذرکار- کودکار (جایگذاری کود در زیر بذر) بسیار مناسب خواهد بود.

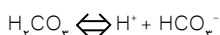
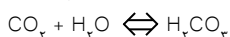
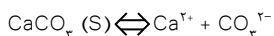
۷-۴- جمع بندی

از مجموع یافته‌های تحقیقاتی و مشاهدات میدانی، پیشنهادهای زیر در راستای افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت و پایداری تولید محصولات کشاورزی سالم ارائه می‌شود:

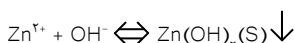
۱- نیاز غذایی گیاهان به عناصر غذایی متنوع بوده و گیاهان برای رشد خود با کم و بیش تغییراتی به بیش از ۱۶ عنصر غذایی نیاز دارند. لیکن، با عنایت به پتانسیل غذایی خاک‌های زراعی کشور، لازم است کمبود این عناصر به نسبتی که مورد نیاز گیاه می‌باشد، در اختیار آن گذاشته شود. درجه اثربخشی عناصر غذایی در عملکرد متفاوت بوده و با توجه به نقش هر یک از این عناصر غذایی، عملکرد هکتاری را مشابه «مقدار آب در داخل بشکه» تحت تأثیر قرار می‌دهند.

۲- خاک‌های زراعی کشور ما عمدتاً آهکی هستند. خاک‌های آهکی خاک‌هایی هستند که در نیم‌رخ آن‌ها کربنات کلسیم آزاد (آهک) وجود دارد. انحلال آهک، موجب افزایش pH تا حدود ۱۰ می‌شود. از طرف دیگر، انحلال CO_2 هوا، موجب کاهش pH می‌گردد. بنابراین، تعادل بین آهک، فشار جزئی CO_2 و حضور سایر ترکیبات معدنی - آلی موجب می‌شود که pH خاک‌های آهکی تقریباً بین ۷/۵ تا ۸/۲ ثابت بماند. بنابراین، در خاک‌های آهکی وقوع دو اتفاق به شرح زیر موجب افزایش pH محلول خاک می‌شود:

الف) با انحلال کربنات کلسیم و CO_2 در آب، مقداری کربنات و بی‌کربنات رها می‌شود که واکنش آن‌ها با عناصر ریزمغذی موجب کاهش شدید حلالیت ترکیبات حاصله شده و در نتیجه گیاهان با کمبود این عناصر غذایی مواجه می‌گردند:



ب) در حضور کربنات کلسیم و بی‌کربنات در محلول خاک، یون‌های هیدروکسید (OH^-) بیشتری تولید می‌شود که خود عامل مهمی در افزایش pH محلول خاک بوده و در نهایت سبب تولید رسوب نمک‌های کربناتی از جمله کربنات‌روی می‌شود. کربنات‌روی (ZnCO_3) در مقایسه با نمک‌های سولفاتی از جمله سولفات‌روی (ZnSO_4) دارای درجه حلالیت بسیار پایین‌تری می‌باشد (در حالی که درجه حلالیت سولفات‌روی در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد برابر ۵۴۰ گرم بر لیتر است، پس از مصرف سولفات‌روی در خاک‌های آهکی طبق واکنش فوق، نمک کربنات‌روی که درجه حلالیت آن کمتر از نیم گرم در لیتر است، تشکیل و رسوب می‌نماید).



این محدودیت، مشکل عمده‌ای برای ریشه گیاهان زراعی و دارویی فراهم نموده و در نتیجه منجر به کاهش محصول می‌شود.

۳- تلاش عمده مراکز علمی جهان بر این است که با تحقیقات علمی بتوانند محصولات کشاورزی را هم از نظر کمیت و هم از نظر کیفیت در سطح قابل قبولی افزایش دهند. نگاهی به میزان عناصر غذایی برداشتی به ازاء ۱۰ تن عملکرد دانه و کلش در گندم نشان می‌دهد نیتروژن (N) حدود ۱۳۰، فسفر (P_2O_5) ۴۰، پتاسیم (K_2O) ۱۰۰، منیزیم (Mg) ۲۴، گوگرد (S) ۲۱، کلسیم (Ca) ۱۱ کیلوگرم، آهن (Fe) ۶۰۰، منگنز (Mn) ۲۰۰، روی (Zn) ۱۵۰، مس (Cu) ۴۰ و بور (B) ۴۰ گرم جذب می‌گردند. بنابراین، تغذیه گیاهان زراعی و دارویی فقط با اوره و سوپرفسفات تفکر باطلی است و می‌بایستی این تفکر به زباله‌دان تاریخ سپرده شده و در مقابل مصرف بهینه کود بر مبنای نتایج تجزیه خاک، جایگزین آن شود. توضیح آن که در تولید محصولات کشاورزی سالم، مقدار برداشتی عناصر غذایی چندان اهمیت ندارد، بلکه آن چه که مهم است نقش این عناصر غذایی در میزان تولید می‌باشد. زیرا، تمام عناصر غذایی برداشتی صرف نظر از مقدار جذب آن‌ها، در تولید کمی و کیفی محصولات کشاورزی مهم می‌باشند و لازم است هنگام توصیه کودی، از تمامی کودهای حاوی این عناصر غذایی اعم از عناصر غذایی پرمصرف، میان مصرف و کم مصرف، به طور متعادل و بهینه استفاده شود.

۴- گیاهان در خاک‌های آهکی این توانایی را دارند که از ریشه خود اسیدهای آلی در ریزوسفر (دو میلی‌متر سطح ریشه) ترشح کنند. اسیدهای آلی (مانند اگزالات، مالات، سیترات و ...) با تغییراتی که در ریزوسفر ایجاد می‌کنند، عناصر غذایی را که دارای حلالیت ضعیف هستند، برای گیاه قابل دسترس ساخته و حلالیت آن‌ها را نیز بالا ببرند. گزارش شده است که اسیدهای سیتریک و اگزالیک قادرند حلالیت فسفر را در ریزوسفر تا ۱۰۰ برابر افزایش دهند. میزان این افزایش با نوع گیاه، رقم، نوع اسید و درصد کربن آلی خاک متفاوت می‌باشد. بدیهی است با رعایت اصول مصرف بهینه کود، ترشح اسیدهای آلی در محیط ریزوسفر افزایش می‌یابد.

۵- مصرف کودهای نیتروژنی منطبق بر زمان نیاز، بایستی به صورت تقسیط انجام شود تا علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، بازیافت آن‌ها نیز افزایش یابد. بدیهی است هر چه بافت خاک سبک‌تر باشد و یا به جای کودهای سولفات آمونیوم، از نیترات آمونیوم (پویاتر) استفاده شود، تعداد دفعات تقسیط افزایش می‌یابد. به طور کلی بیشترین نیاز کودی (نیتروژنی، فسفاتی، پتاسیمی و ...) گیاهان با تغییرات جزئی، در مراحل قبل از خوشه رفتن تا گلدهی آن‌ها می‌باشد. درصد بازیافت نیتروژن در جهان برای غلات ۳۳ و کارآبی نیتروژن ۱۵ کیلوگرم به ازای یک کیلوگرم اوره مصرفی است. لیکن، در ایران به

دلیل عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود و آب، این ارقام کمتر بوده و به ترتیب حدود ۲۵ درصد و ده کیلوگرم دانه گندم به ازای هر کیلوگرم اوره مصرفی است، به عبارت دیگر، ۷۵ درصد کودهای نیتروژنی مصرفی در ایران به طرق مختلف از دسترس گیاه خارج می‌شوند. در حالی که این رقم برای کشورهای پیشرفته ۴۰ درصد و برای کشورهای در حال توسعه ۲۵ درصد می‌باشد. لازم است در کشور ما نیز با اعمال صحیح مدیریت مصرف کودهای نیتروژنی، درصد بازیافت و کارایی آن‌ها افزایش داده شود. به عبارت دیگر، با رعایت اصول مصرف بهینه کودی، تقسیط هر چه بیشتر کودهای نیتروژنی (اوره و نیترات آمونیوم و مصرف یک سوم نیتروژن مورد نیاز مزارع قبل از کاشت به صورت اوره با پوشش گوگردی، و کلرورپتاسیم، درصد بازیافت و کارایی مصرف کود افزایش یابد. طی آزمایش‌هایی که در مؤسسه تحقیقات خاک و آب در مورد جایگزین کودهای کامل ماکرو و اوره با پوشش گوگردی به جای اوره قبل از کاشت به عمل آمد، افزایش درصد بازیافت و کارایی در مزارع گندم آبی، مورد تأیید قرار گرفت.

۶- با عنایت به اثرات سوء مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی و برهمکنش منفی فسفر با روی (Zn) که متأسفانه کمبود روی در سطح وسیعی در جامعه عمومیت دارد، سعی شود مصرف کودهای فسفاتی فقط بر مبنای نتایج تجزیه خاک باشد. سطح بحرانی فسفر در مزارع آبی در خاک‌های زراعی با توجه به زیادی فسفر کل خاک، حدود ۱۰ تا ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود و مصرف آن نیز حتماً با کودکار- بذرکار باشد.

۷- سطح بحرانی پتاسیم برای خاک‌های زراعی کشور با توجه به درصد رس، مواد آلی، آهک، نوع رس، ظرفیت تبادل کاتیونی، تنش‌های خشکی، عملکرد مورد انتظار و کیفیت محصول تعیین می‌شود. پیشنهاد می‌شود سطح بحرانی پتاسیم برای محصولات کشاورزی حدود ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود. بدیهی است در صورت بالا بودن درصد رس در خاک‌های زراعی و یا افزایش عملکرد هکتاری و همچنین در خاک‌هایی که مقدار پتاسیم قابل استفاده آن‌ها بالا بوده و نیز در شرایط خشکسالی به دلیل کاهش تحرک پتاسیم و به علاوه برهمکنش مثبت پتاسیم با روی، مصرف کودهای پتاسیمی به‌ویژه سولفات پتاسیم محلول حاوی روی به صورت سرک توصیه می‌شود.

۸- در خاک‌های شور، برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، مقدار مصرف کودهای نیتروژنی و پتاسیمی کمی بیشتر از شرایط طبیعی باید باشد. نتایج نشان داد در خاک‌های شور، به ازاء هر یک درجه‌ای که به شوری خاک افزوده می‌شود، علاوه بر مقدار توصیه کودی براساس نتایج تجزیه خاک، حدود ۲۰ کیلوگرم کود نیتروژنی و ۱۵ کیلوگرم کود پتاسیمی اضافه‌تر لازم است مصرف شود. در شرایط شوری کم، برهمکنش نیتروژن و پتاسیم در عملکرد، مثبت بود. با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)

در محلول خاک، تحمل گیاه به شوری افزایش می‌یابد. شواهد نشان می‌دهد که تحت شرایط شوری، علائم کمبود پتاسیم با وجود بالا بودن غلظت آن در برگ‌های گندم، همچنان مشاهده خواهد شد. زیرا، مقداری از پتاسیم جذب شده برای خنثی کردن بار الکتریکی کلر (Cl^-) ذخیره شده در واکوئل تجمع یافته و کمکی به واکنش‌های حیاتی گیاه نمی‌نماید. لذا در این شرایط با افزایش مصرف سولفات پتاسیم می‌توان علاوه بر رفع علائم کمبود، اثرات مسمومیت شوری را کاهش و عملکرد را افزایش داد. با افزایش غلظت پتاسیم در محلول خاک، تحمل گیاهان به تنش شوری زیاد می‌شود. این در حالی است که وقتی میزان آب قابل دسترس گیاه کم باشد، افزایش پتاسیم در شوری‌های بالای خاک (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) باعث بیشتر شدن تحمل گیاه می‌شود. مصرف سولفات پتاسیم در شرایط شور موجب کاهش اثرات سوء تجمع سدیم و کلر در برگ‌های گندم شده و در نهایت عملکرد را افزایش می‌دهد. سطح بحرانی پتاسیم برای محصولات زراعی مقاوم به شوری نظیر پنبه در شرایط شور (۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش از شرایط غیر شور (۲۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است و برای گیاهان نیمه متحمل و یا حساس به شوری این اختلاف بیشتر می‌باشد. با افزایش غلظت پتاسیم و روی (Zn) در شرایط شور، پراکنش و طول ریشه‌ها زیاد شده و در نتیجه سطح جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد. همچنین مصرف سولفات روی در این شرایط تشکیل آوندهای چوبی را در گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با گیاهان بدون مصرف آن بهبود داده و از تخریب آوندها جلوگیری می‌نماید.

۹- سطح بحرانی گوگرد در خاک‌های زراعی، براساس روش توربیدیمتری برای غلات ۱۵ و برای دانه‌های روغنی تا ۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود. نقش گوگرد در گیاهان عمدتاً ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت می‌باشد. برای برداشت هر تن دانه‌های روغنی ۱۲ کیلوگرم، برای بقولات ۸ کیلوگرم و برای غلات ۴ کیلوگرم گوگرد مورد نیاز می‌باشد. نتایج آزمایش‌هایی که در مورد نقش گوگرد در افزایش کمی و کیفی محصولات مختلف در شش ایالت هندوستان به مدت دو سال انجام شد، چنین جمع‌بندی شد که متوسط افزایش عملکرد از ۹ درصد برای سیب‌زمینی تا ۶۰ درصد برای آفتابگردان متفاوت بود (افزایش عملکرد گندم ۲۴ درصد بود). ساری کود (گوگرد کشاورزی گرانوله) یکی از تولیدات کودی داخل کشور بوده و در کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی عرضه می‌شود که حداقل حاوی ۸۵ درصد گوگرد و ۱۵ درصد بنتونیت است. چون گیاهان گوگرد (S) را فقط به صورت سولفات (SO_4^{2-}) جذب می‌نمایند، بنابراین، لازم است به‌هنگام مصرف ساری کود و یا گوگرد آلی، از مایه تلقیح تیوباسیلوس (تبدیل‌کننده گوگرد به سولفات) نیز استفاده نمود.

۱۰- مصرف سولفات منیزیم در خاک‌های زراعی شمال، شمال غرب و غرب کشور بسیار

مفید و مؤثر بود (در خاک‌های زیر کاشت گندم، اثر کاربرد سولفات منیزیم در افزایش عملکرد بسیار مثبت بود). سطح بحرانی منیزیم در خاک‌های زیرکشت گندم با روش استات آمونیوم حدود ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود. نقش سولفات منیزیم در مزارع دیم مراغه نیز به صورت محلول پاشی، مثبت گزارش شده است.

۱۱- پس از بهینه‌سازی مصرف کودهای اصلی، کاربرد عناصر کم نیاز (ریزمغذی) در افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت بسیار مؤثر می‌باشند. در شرایط کمبود این عناصر غذایی، با افزایش تک تک این عناصر طبق قانون «بازده نزولی»، عملکرد افزایش می‌یابد. برای مقابله با برهمکنش منفی بین روی با آهن و منگنز (به دلیل اختلاف در حرکت آن‌ها در ریشه، ساقه، برگ و دانه که معمولاً به این صورت $Zn > Fe > Mn$ می‌باشد)، پیشنهاد می‌شود مقدار مصرف کودهای حاوی آهن و منگنز در مقایسه با سولفات روی کمی بیشتر در نظر گرفته شود و یا از محلول پاشی مکرر آن‌ها در بهار استفاده شود. از طرف دیگر، نظر به این که یکی از علل بروز بیماری‌هایی نظیر پاخوره غلات و نماتد خاک، کمبود عناصر غذایی به‌ویژه روی (Zn) و منگنز (Mn) است، لذا برای معالجه این نوع بیماری‌ها، مصرف کودهای حاوی این عناصر راهگشا خواهد بود.

۱۲- مصرف توأم خاکی (قبل از کاشت) و محلول پاشی، مطلوب‌ترین روش‌های مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف می‌باشد. در صورتی که مصرف خاکی و محلول پاشی عناصر ریزمغذی به هر دلیلی برای کشاورزان امکان‌پذیر نباشد، مصرف کلاته آن‌ها همزمان با آب آبیاری (دو بار همزمان با سرک کودهای نیتروژنی و پتاسیمی) به‌ویژه در خاک‌های بافت سبک در بهار توصیه می‌شود.

۱۳- امروزه، رسیدن به خودکفایی نسبی در تولید محصولات کشاورزی (افزایش عملکرد هکتاری) با رعایت اصول علمی، وظیفه ملی همه ماست و بدین منظور افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی با استفاده از ارقام مناسب هر منطقه، رعایت توصیه‌های علمی سایر مؤسسات تحقیقاتی، الزامی است. لیکن، اگر به هر دلیلی انجام تجزیه خاک قبل از کاشت در مزارع محصولات کشاورزی (آبی و دیم) امکان‌پذیر نباشد، برای افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت آن‌ها به شرح ذیل عمل شود:

- قبل از کاشت، به دلیل فقر مواد آلی در خاک‌های زراعی و مشکلات نگهداری سطح مواد آلی در حد مطلوب در کشور، بهتر است از کودهای آلی حتی‌الامکان تا مقداری که میسر باشد و همچنین، برای افزایش کارایی کودها، از دستگاه بذرکار-کودکار (جای‌گذاری کود در زیر و یا کنار بذر) استفاده شود. رعایت تناوب زراعی، استفاده از ارقام اصلاح شده، کاشت بذور غنی شده و مصرف بهینه کود همگام با اعمال سایر مدیریت‌های زراعی، افزایش عملکرد و حفظ حاصلخیزی خاک را تضمین می‌نماید. استفاده از راهکارهایی نظیر مصرف مواد آلی با گوگرد و تیوباسیلوس، بیوگوگرد آلی گرانوله، برای کاهش

اسیدپتته ریزوسفر و افزایش قابلیت استفاده عناصر کم نیاز یا کم مصرف (ریز مغذی) و در نهایت افزایش عملکرد پیشنهاد می‌شود.

- ارتقاء دانش کشاورزان و ترویج حفظ خاک، به‌عنوان یکی از ارکان محیط‌زیست، همزمان با ساخت یا ورود مکانیزاسیون مناسب برای برگرداندن کاه و کلش محصولات کشاورزی به خاک، حمایت دولت از صاحبان مزارع با مدیریت مناسب (استفاده از تناوب و آیش) و جلوگیری جدی از سوزاندن کاه و کلش در مزارع گامی مؤثر در خودکفایی به‌شمار می‌رود.
- در راستای تقویت منابع، جلوگیری از تخریب و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها و حفظ و بهره‌برداری پایدار از اراضی و افزایش موادآلی خاک‌ها تا حداقل سطح یک درصد، اعمال سیاست‌های تشویقی و یارانه‌ای ضرورت تام دارد. برای رسیدن به این هدف، جلوگیری از سوزاندن کاه و کلش و بقایای گیاهی باقیمانده در زمین‌های کشاورزی، راه‌اندازی دستگاه‌های خردکننده بقایای گیاهی، تولید سوش‌های تجزیه‌کننده سریع کاه و کلش و ارائه روش‌های مناسب نظیر استفاده یارانه‌ای از کودهای آلی، زیستی و کودهای سبز پیشنهاد می‌شود.
- قبل از کاشت گیاهان، بذرها با مایه تلقیح‌های کودهای زیستی مخلوط گردید، در صورتی که استفاده از تجزیه خاک برای انجام توصیه بهینه کودی مقدور نباشد، از کودهای کامل ماکرو، گوگردی و سولفات‌روی استفاده شود (در شرایط فعلی لازم است، سولفات‌روی در کلیه خاک‌های آهکی کشور مصرف شود. مگر آن‌که نتایج تجزیه خاک، خلاف آن را ثابت کند).
- نسبت‌های توصیه کودی عناصرغذایی پرمصرف در گیاهان زراعی کم توقع نظیر گندم، برنج، کلزا و گیاهان دارویی به صورت ۲- ۱- ۳؛ در گیاهان زراعی پرتوقع نظیر ذرت و دانه‌های روغنی به صورت ۳- ۱- ۴؛ در گیاهان زراعی پرتوقع غده‌ای نظیر پیاز، سیب‌زمینی و چغندر قند به صورت ۴- ۱- ۳ و در گیاهان خانواده بقولات و حبوبات نظیر یونجه، لوبیا و نخود به صورت ۲- ۱- ۵/۰ باشد. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف، مصرف ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگردآلی و همزمان باکتری‌های تیوباسیلوس (در خاک‌های آهکی)، ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منیزیم (به‌صورت سرک) برای مزارع گندم و دانه‌های روغنی در شمال و غرب کشور، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آهن، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات‌روی (پیش از کاشت هر دو تا سه سال یک‌بار) و در خاک‌های غیرشور ۱۵ کیلوگرم بر هکتار اسیدبوریک (به‌صورت دوبار سرک) با مقدار کافی مواد آلی پیش از کاشت به‌طور عمقی همزمان با کودهای فسفاتی، گوگرد آلی و ریزمغذی‌ها الزامی باشد.
- مقدار مصرف بهینه اوره در هر هکتار برای حداکثر عملکرد هکتاری حدود ۴۰۰ کیلوگرم (۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) می‌باشد. در صورتی که نیاز فسفر گندم از کود کامل ماکرو و یا فسفات آمونیوم تأمین شود، لازم است برحسب میزان مصرف فسفات آمونیوم، از اوره پیشنهادی

- کسر شود. تحت چنین شرایطی حتی می‌توان اوره مصرفی قبل از کاشت را تعطیل نموده و به نیتروژن موجود در کود کامل ماکرو و یا فسفات آمونیوم اکتفا نمود. طبق بررسی‌های انجام گرفته، یکی از عوامل عمده افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در کشور، علاوه بر داشتن بارندگی مناسب، مصرف کود کامل ماکرو، سولفات روی و تقسیط اوره در بهار بوده است.
- در خاک‌های بافت سبک (شنی)، مصرف سرک کودهای نیتروژنی حداقل سه بار و در خاک‌های بافت سنگین (رسی)، حداقل دو بار انجام شود و بهترین زمان کودپاشی در سه مرحله، مرحله اول ۱۰۰ در اوایل بهار، دومین مرحله بعد از پنجه‌زنی کامل (ابتدای ساقه‌رفتن) به میزان ۱۰۰ و سومین مرحله در ابتدای خوشه رفتن (پدیدار شدن ریشه‌ها) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار (در مناطق سردسیر نترات آمونیوم به اوره ترجیح داده می‌شود) باشد (مصرف حداقل دو بار سرک سولفات پتاسیم محلول و یا کلروپتاسیم همزمان با سرک‌های دوم و سوم کودهای نیتروژنی الزامی است). همچنین مصرف سولفات منیزیم به صورت سرک همزمان با کلروپتاسیم و اوره در وضعیت موجود برای مزارع شمال، شمال غرب و غرب کشور، توصیه می‌شود. بدیهی است در خاک‌هایی که دارای مواد آلی بالا بوده و یا در کاشت قبلی مواد آلی مصرف شده باشد، مقادیر توصیه شده کود نیتروژنی به نصف تقلیل می‌یابد.
 - مصرف حداقل به میزان ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و ۸۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی (قبل از کاشت) برای کاهش اثرات سوء شوری در شرایط شور توصیه می‌شود.
 - محصولات کشاورزی تولیدی حتماً غنی‌سازی شده و همانند سایر کشورهای پیشرفته، قیمت‌گذاری آن‌ها بر مبنای درصد پروتئین و مقدار عناصر معدنی در محصول انجام شود.
 - در مناطقی که سولفات روی قبل از کاشت مصرف نشده باشد، نسبت به محلول‌پاشی سولفات روی همزمان با سولفات منگنز و اسیدبوریک هر کدام با غلظت سه در هزار در هکتار در دو مرحله در بهار اقدام شود.
- ۱۴- به هنگام توصیه کودی، علاوه بر بررسی نتایج تجزیه خاک و آب موجود، لازم است اطلاعاتی از قبیل سابقه کشت، نوع کشت، تناوب زراعی و نوع، مقدار، نحوه مصرف کودها و عملکرد هکتاری محصول کشت شده، مشخص شود. بدیهی است که با در دست داشتن این اطلاعات که از طریق پرسش از کشاورز به دست می‌آید، توصیه کودی مناسب برای نیل به عملکرد هکتاری مطلوب و تولید محصول سالم با سهولت بیشتری امکان‌پذیر خواهد شد. همچنین، برای تعیین نیاز آبی محصولات مختلف زراعی و باغی در نقاط مختلف کشور، از مطالب دو جلد کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی که از انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۱۳۷۶) می‌باشد، استفاده نمایید.

”سلامتی از مزرعه می آید“

فصل پنجم



توصیه بهینه کودی برای
درختان میوه



۵-۱- نگاه اجمالی

برای توصیه مناسب کودی (تعیین نوع، مقدار، زمان و نحوه مصرف کودها) در درختان میوه، تجزیه برگ و گاهی میوه، مناسب‌ترین روش می‌باشند. در راستای نیل به تولید پایدار، مقدار کودهای مصرفی به میزان برداشت عناصر غذایی از خاک و عملکرد (کمی و کیفی) بستگی دارد. در شکل یک علائم کمبود روی (ریزبرگی)، کمبود کلسیم (لکه تلخی) و کمبود بور (ترک خوردگی ساقه و نامتقارن بودن میوه) در درختان میوه نشان داده شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).



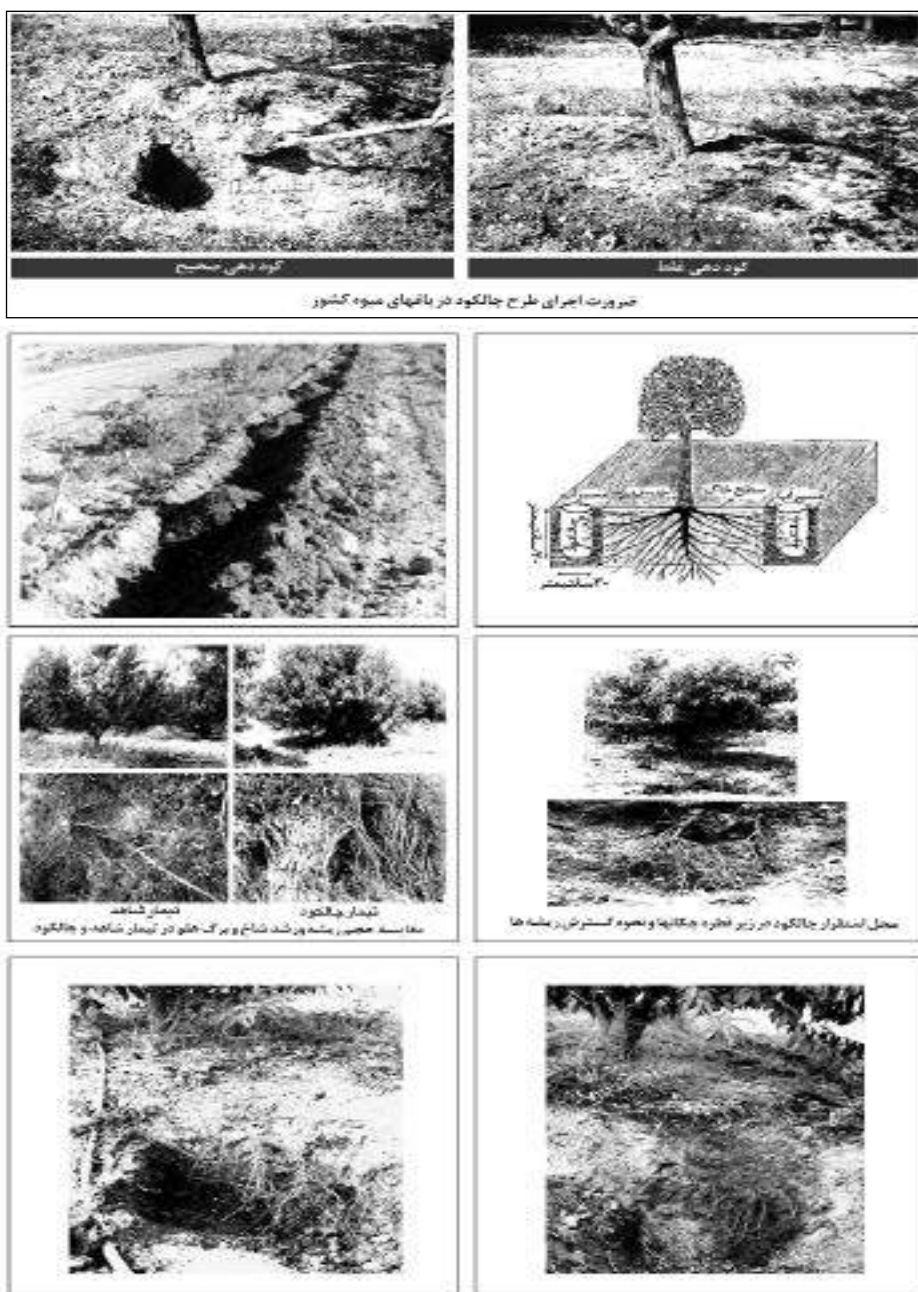
شکل ۱- علائم کمبود روی (ریزبرگی)، کمبود کلسیم (لکه تلخی) و کمبود بور (ترک خوردگی ساقه و نامتقارن بودن میوه) در درختان میوه

با عنایت به فراهم بودن شرایط استفاده از تجزیه خاک و برگ در کشور، تاکید می‌شود که توصیه مصرف کودی در محصولات باغی کشور بر اساس تجزیه برگ پایه‌گذاری شود. کتاب حاضر توصیه مصرف بهینه کودها بوده و امید است با اجرای صحیح آن، نیل به اهداف برنامه توسعه (افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت تولیدات باغی) تحقق یابد. مقدار کود مورد نیاز هر گیاه از جمله درختان میوه تابعی از میزان عملکرد مورد انتظار و قابلیت خاک برای آزاد سازی مقدار عناصر غذایی است: پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی - مقدار برداشت عناصر غذایی به وسیله محصول = مقدار کود مصرفی

به‌طورکلی توصیه‌های کودی در باغ‌های میوه با علم به (الف) نتایج تجزیه برگ؛ (ب) عملکرد هکتاری مورد انتظار؛ (پ) وضعیت حاصلخیزی خاک و (ت) سابقه مدیریتی باغ، قابل انجام است. مدیران آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه نیز با آگاهی از نیاز غذایی گیاهان در طول فصل رشد و بر اساس تجربیات و سوابق کاری خود مشابه توصیه‌های نسبتاً متفاوت متخصصین آزمایشگاه‌های تشخیص طبی، توصیه‌های کودی را در باغ‌های میوه با عنایت به نحوه مدیریت سایر عوامل مؤثر در تولید، با کم و بیش اختلافی انجام می‌دهند.

همه ما می‌دانیم که یکی از اصول اولیه تولید پایدار در کشاورزی جلوگیری از فرسودگی و فشار بی‌رویه به اراضی زراعی، ارتقاء کیفی خاک از بعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک می‌باشد. همچنین یکی از راه‌های افزایش عملکرد هکتاری در یک منطقه، بررسی وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک، تعیین کمبود احتمالی این عناصر و سپس کاربرد مناسب و متعادل کودها می‌باشد. مقدار کود مورد نیاز برای تولید پایدار و مطلوب به عوامل متعددی از قبیل شرایط جوی، عملکرد مورد انتظار، خصوصیات خاک زیرکشت، رقم و ... بستگی دارد و مشابه تجویز آزمایشگاه‌های تشخیص طبی که زیر نظر متخصصین امر انجام می‌پذیرد، توصیه کودی نیز با نظر مدیران فنی آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه پس از انجام تجزیه برگ، مانند مراجعه بیمار به پزشک که با در دست داشتن نتایج آزمایش‌های تجزیه خون و ادرار انجام می‌شود، قابل انجام است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). مسئله مهم دیگر، نحوه مصرف کودهای آلی، شیمیایی و زیستی در باغ‌های میوه می‌باشد که می‌بایستی به صورت چالکود و یا کانالکود انجام گیرد (شکل ۲). عمل جایگذاری کود به قراردادن کود در ناحیه‌ای نزدیک ریشه گیاهان اطلاق می‌شود و مخصوصاً رعایت آن در مورد عناصر غذایی غیرپویا نظیر کودهای محتوی فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف مهم است. جایگذاری عمقی باعث بالا رفتن کارایی کودها، کاهش مقدار مصرف و نهایتاً سبب افزایش بازده اقتصادی کودها می‌شود. ارجحیت جایگذاری عمقی کودها بر پخش سطحی کود در آزمایش‌های متعددی به اثبات رسیده است. برای افزایش کارایی مصرف آب و کود می‌توان از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده نمود. در طراحی سیستم آبیاری لازم است به گونه‌ای عمل شود که پیاز رطوبتی حاصل از خروج آب از قطره چکان‌ها، منطبق با طرح کانالکود باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

در رفسنجان یک صنعتگر ماهر دستگاه کودکار تزریقی در دو اندازه بزرگ و کوچک طراحی کرده است (شکل ۳). این دستگاه کودکار تزریقی توسط آقای محمدعلی منتظری ساخته شده است. این کودکار بزرگ توسط تراکتور رومانی و فیات قابل حمل و عمل بوده و ظرفیت کاری آن ۱۵۰ کیلوگرم کود در هر ساعت می‌باشد. در شکل‌های زیر تصاویری از طرح کانالکود



شکل ۲- تصاویری از طرح کانالکود و چالکود در باغ‌های میوه و گسترش ریشه‌ها در چالکود

فصل پنجم: توصیه بهینه کودی برای درختان میوه ۲۰۳

و چالکود در باغ‌های میوه و گسترش ریشه‌ها در چالکود و نیز نمونه‌ای از دستگاه کودکار تزریقی و نحوه جایگذاری عمقی کود نشان داده شده است. برای کسب اطلاعات بیشتر در این مورد به نشریه‌های از شماره ۱۹۵ الی ۱۹۹ و ۴۵۶، کتاب‌های منتشره توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب به‌ویژه کتاب روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار که توسط دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۸۷ انتشار یافته است، مراجعه فرمایید (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۳- نحوه کار دستگاه کودکار تزریقی

بنابراین، در باغ‌های میوه لازم است، در اولویت اول توصیه کودی براساس نتایج تجزیه برگ انجام گیرد. لیکن، در صورت در دسترس نبودن نتایج تجزیه برگ، توصیه کودی به‌صورت عمومی که ذیلاً توضیح داده می‌شود، انجام گیرد.

۲-۵- توصیه بهینه کودی برای درختان میوه بر اساس نتایج تجزیه برگ

توصیه کودی براساس تجزیه خاک در درختان میوه، درختان زینتی و گیاهان زینتی دائمی برعکس محصولات زراعی و گیاهان دارویی به دلایل متعددی از جمله پراکنش وسیع ریشه و اثرات متقابل در جذب بین عناصر غذایی، کاربرد چندانی ندارد. بلکه تجزیه خاک و تعیین کیفیت آب آبیاری به عنوان مکملی برای تجزیه برگ و توصیه بهینه کودی خواهند بود (بهتر است به جای سطح بحرانی، از سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی استفاده شود).

انجام این توصیه‌ها معمولاً با نظر مدیر فنی آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه در بخش خصوصی و با استفاده از مقالات، نشریات و کتاب‌های چاپ شده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه تربیت مدرس در سه دهه گذشته و تجربه شخصی مدیران آزمایشگاه‌ها، انجام می‌شود. مدیر آزمایشگاه پس از انجام دقیق تجزیه برگ، نتایج بدست آمده را با حدمطلوب غلظت عناصر غذایی در برگ درختان میوه (جدول ۱) مقایسه و سپس مطابق جدول دو، اقدام به توصیه بهینه کودی می‌نماید.

جدول ۱- سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در برگ درختان میوه

عناصر پرنیاز (درصد)	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
	۲/۲۰ - ۳/۳۰	۰/۱۲ - ۰/۲۰	۱/۶۰ - ۲/۰۰	۱/۸۰ - ۲/۰۰	۰/۴۰ - ۰/۵۰	۰/۳۰ - ۰/۴۰
عناصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	مولیبدن (Mo)
	۱۰۰ - ۱۵۰	۷۰ - ۱۰۰	۴۰ - ۵۰	۱۰ - ۱۵	۳۰ - ۵۰	۱ - ۲

* اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ، کمی بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای نیل به تولید پایدار و عملکرد هکتاری مطلوب، باید به میزانی که درختان میوه از خاک مواد غذایی مختلف را برداشت می نمایند، با توجه به پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی در طول دوره رشد، کود مربوط به آن عنصر غذایی بطور متعادل مصرف گردد. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عناصر کمتر از دامنه غلظت بحرانی در برگ های گیاه باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود. برای نمونه، زمانی که آزمایشگاه خاکشناسی غلظت عنصر غذایی در برگ را کمتر از دامنه غلظت بحرانی گزارش و مقدار کود مصرفی برای همان عنصر غذایی را دو کیلوگرم به ازای هر درخت توصیه می نماید، لازم است ۵۰ درصد کودهای پویا در اواخر فصل پاییز و بقیه در دو نوبت همزمان با رشد گیاه بصورت سرک مصرف گردد. لیکن، اگر مقدار همان عنصر غذایی در برگ در محدوده دامنه غلظت بحرانی باشد، فقط یک کیلوگرم به ازای هر درخت کود مربوطه توصیه و تواماً در دو نوبت بصورت سرک مصرف گردد و اما در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در برگ بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، فقط ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود مربوطه آنهم بصورت یک نوبت سرک مصرف خواهد شد.

** ارقام فوق با توجه به رقم، شرایط اقلیمی، نحوه مدیریت زراعی، عملیات به زراعی و نحوه تغذیه متغیر می باشد.

جدول ۲- توصیه بهینه کودی برای درختان میوه براساس نتایج تجزیه برگ

نیتروژن (N)		فسفر (P)		پتاسیم (K)		گوگرد (S)		منیزیم (Mg)	
نیتروژن	سولفات آمونیوم	فسفر	سوپرفسفات ساده	پتاسیم	سولفات پتاسیم	گوگرد	گوگرد آلی	منیزیم	سولفات منیزیم
۲/۲۰ <	۲-۳	۰/۱۰ <	۱	۱/۴۰ <	۲-۳	۰/۳۰ <	۲-۴	۰/۴۰ <	۱
آهن (Fe)		منگنز (Mn)		روی (Zn)		مس (Cu)		بور (B)	
آهن	سولفات آهن	منگنز	سولفات منگنز	روی	سولفات روی	مس	سولفات مس	بور	لسید بوریک
۱۰۰ <	۱۰۰۰	۷۰ <	۵۰۰	۴۰ <	۵۰۰	۱۰ <	۲۵۰	۳۰ <	۲۵۰

* در این جدول، غلظت عناصر پرمصرف برحسب درصد، غلظت عناصر کم مصرف (ریزمغذی ها) برحسب میلی گرم بر کیلوگرم و مقادیر کودی برحسب کیلوگرم به ازای هر درخت می باشد.

** اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ، کمی بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، به این معنی نیست که نباید کود همان عنصر در همان سال مصرف شود، بلکه برای نیل به تولید پایدار و عملکرد هکتاری مطلوب، باید به میزانی که درختان میوه از خاک مواد غذایی مختلف را برداشت می نمایند، با توجه به پتانسیل خاک برای آزادسازی عناصر غذایی در طول دوره رشد، کود مربوط به آن عنصر غذایی بطور متعادل مصرف گردد. بدیهی است مقدار مصرف کودها هنگامی که غلظت عناصر غذایی کمتر از دامنه غلظت بحرانی در برگ های درخت باشد، بطور نسبی بیشتر خواهد بود. برای نمونه، زمانی که آزمایشگاه خاکشناسی غلظت عنصر غذایی در برگ را کمتر از دامنه غلظت بحرانی گزارش و مقدار کود مصرفی برای همان عنصر غذایی را دو کیلوگرم به ازای هر درخت توصیه می نماید، لازم است اگر کود غیر پویاست، در اواخر فصل پاییز بصورت چالکود (کانالکود) مصرف شود. اگر کود پویاست بهتر است در دو نوبت همزمان با رشد گیاه بصورت سرک مصرف گردد. لیکن، اگر مقدار همان عنصر غذایی در برگ در محدوده دامنه غلظت بحرانی باشد، فقط یک کیلوگرم به ازای هر درخت کود مربوطه توصیه و تواماً در دو نوبت بصورت سرک

فصل پنجم: توصیه بهینه کودی برای درختان میوه ۲۰۵

مصرف گردد و اما در صورتی که مقدار همان عنصر غذایی در برگ بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، فقط ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود مربوطه آن هم بصورت یک نوبت سرک در اواخر بهار مصرف خواهد شد.

*** به منظور کاهش ریزش میوه‌های نارس (Fruit-Set) و اصلاح سال‌آوری (On-Off)، محلول پاشی پاییزه و بهاره باید با استفاده از محلول پنج در هزار اوره، پنج در هزار سولفات روی و پنج در هزار اسید بوریک در هر هکتار انجام شود. همچنین، در طول تابستان به منظور غنی‌سازی، افزایش استحکام و زمان ماندگاری میوه‌ها، محلول پاشی با محلول کلرور کلسیم پنج در هزار در هکتار به فواصل ۱۰ روز حداقل ۸ مرتبه در طول تابستان انجام شود. علاوه بر رعایت موارد فوق، مصرف اسید هیومیک و اسید فولیک نیز توصیه می‌شود. همچنین، مصرف ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌مترمکعب اسیدسولفوریک غلیظ بازای هر مترمکعب آب آبیاری تا رسیدن pH آب به ۵/۵، توصیه می‌شود.

**** مصرف کودهای غیرپویا نظیر کودهای فسفاتی، سولفات پتاسیم، گوگردآلی و کودهای سولفاتی حاوی عناصر کم‌مصرف، بهتر است قبل از زمان کاشت به صورت چالکود و یا کانالکود انجام گیرد. لیکن، کودهای پویا نظیر سولفات پتاسیم، محلول، کلرور پتاسیم، سولفات منیزیم، اسیدبوریک و کود کامل آبیاری همراه با آب آبیاری به صورت سرک به تقسیط، مصرف شوند. همچنین، با توجه به آهکی بودن خاک اکثر مناطق ایران، استفاده از فرم اسیدی عناصر غذایی مانند اسیدسولفوریک، اسیدنیتریک و اسیدسولفوریک می‌تواند نقش بسزایی در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی اعم از ماکرو و میکرو، ایفا نماید. (در خزانه درختان میوه، مصرف کودهای زیستی به‌ویژه میکوروت در رشد اولیه نهال‌های جوان، بسیار مؤثر است).

***** در شرایطی که درختان میوه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار دارند و یا در اوج نیاز غذایی خود باشند، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف سرک ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم بر هکتار کود کامل آبیاری به ازای هر درخت توصیه می‌شود (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی استفاده شود). همچنین، در باغ‌های میوه، بهتر است ۵۰ درصد کود فسفاتی مورد نیاز درختان میوه از منبع اسیدفسفریک همراه با آب آبیاری به صورت سرک استفاده شود.

۳-۵- توصیه بهینه کودی برای درختان میوه براساس نتایج تجزیه میوه

مدیران پس از انجام دقیق تجزیه میوه، نتایج به دست آمده را با سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی در میوه درختان مقایسه و سپس اقدام به توصیه بهینه کودی می‌نمایند. به عنوان نمونه، سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی در میوه سیب در جدول ۴ (فصل دو کتاب حاضر)، گنجانده شده است. توضیح آن که توصیه بهینه کودی براساس تجزیه میوه در یک دهه اخیر مطرح شده و دارای اشکالات فراوانی نیز می‌باشد و لازم است، برای افزایش دقت توصیه کودی براساس تجزیه میوه، بررسی‌های بیشتری انجام شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۴-۵- توصیه کودی عمومی برای درختان میوه

قبل از بیان نسبت‌های بهینه کودی، در اینجا لازم است ابتدا به روش‌های نوین مصرف کود در باغ‌های میوه اشاره نمود (در قسمت آخر فصل سوم کتاب حاضر، روش‌های مصرف کود به تفصیل بیان شده است). همچنین، از باغداران محترم درخواست می‌شود کوددهی خود را با این روش‌ها انجام داده و کوددهی سنتی که همانا روش پای‌بیل می‌باشد را تعطیل نمایند. زیرا، روش پای‌بیل منسوخ شده و در این روش، کودهای مصرفی عمدتاً توسط علف‌های هرز موجود در سایبان درختان مورد استفاده قرار می‌گیرند و کودهای مصرفی مخصوصاً کودهای غیرپویا، به دلیل پراکندگی عمقی ریشه‌های موئین درختان، کمتر به مصرف خود درختان میوه می‌رسند.

برعکس گیاهان زراعی و دارویی، چهار روش کوددهی در باغ‌های میوه مرسوم است:

(الف) مصرف کود قبل از کاشت به صورت چالکود (کانالکود): (ب) محلول پاشی پاییزه و بهاره؛ (پ) کودآبیاری و (ت) محلول پاشی در طول تابستان به منظور غنی سازی و افزایش زمان ماندگاری میوه‌ها. اجرای هر یک از این روش‌ها برای کلیه محصولات با کم و بیش تفاوتی الزامی می‌باشد و ذیلاً هر یک از این روش‌ها به طور اختصار توضیح داده می‌شود:

(الف) مصرف کود قبل از کاشت به صورت چالکود (کانالکود): که به منظور افزایش عملکرد هکتاری انجام می‌شود.

(ب) محلول پاشی پاییزه و بهاره: که به منظور کاهش ریزش میوه‌های نارس (Fruit-Set) و اصلاح سال آوری (On-Off) درختان میوه، دو بار در سال (اوایل پاییز قبل از ریزش برگ‌ها و اواخر زمستان قبل از شروع گلدهی) انجام می‌شود. یکی از علل سال آوری (On-Off) در درختان میوه ریزش زود هنگام گل‌ها قبل از عمل تلقیح عمدتاً به دلیل کمبود روی (Zn) و بور (B) می‌باشد برای حل این مشکل، انجام محلول پاشی برای باغ‌های میوه حداقل دو بار در سال (اول پاییز - اول بهار) پیشنهاد می‌شود:

(پ) کودآبیاری: که به منظور افزایش عملکرد هکتاری، غنی سازی و بهبود کمی-کیفی محصولات باغی انجام می‌شود. ضمناً باید در نظر داشت در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، به دلیل این که توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم بر هکتار کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

(ت) محلول پاشی در طول تابستان: که به منظور غنی سازی، افزایش استحکام و زمان ماندگاری میوه‌ها انجام می‌شود. بدین منظور، محلول پاشی با محلول کلرور کلسیم ۵ در هزار در هکتار به فواصل ۱۰ روز (حداقل ۸ مرتبه) در طول تابستان از زمان فندقی شدن میوه‌ها انجام گرفته و رعایت موارد ذیل الزامی است: غلظت محلول مورد استفاده بسیار مهم بوده و باید مطابق استانداردهای توصیه شده کنترل شود. غلیظ بودن محلول علاوه بر گرفتگی نازل‌ها، موجب سوزش برگ‌ها می‌شود. باید دقت نمود که در مواقع خشکسالی از غلظت‌های کمتری از کود استفاده شود. هرچه مقدار آب مصرفی کاهش یابد، غلظت کود مصرفی نیز باید کاهش داده شود. برای انجام محلول پاشی باید ابتدا کودهای مورد نظر را در آب نسبتاً گرم کاملاً حل نموده، سپس محلول زلال رویی را با تنظیم و صاف نمودن در درون تانکر سمپاش ریخته، رسوبات باقیمانده را به صورت مصرف خاکی در چالکود مصرف نمود. زیرا در غیر این صورت رسوبات به خصوص ذرات حل نشده، موجب سوزش برگ‌ها خواهند شد. برای جذب بهتر مواد غذایی توسط برگ و میوه بهتر است از مویان سیتویت و یا مایع ظرفشویی با غلظت نیم در هزار استفاده شود. این مواد سبب می‌شوند تمام سطح برگ به طور یکنواخت خیس

و مرطوب گردند. بهتر است محلول پاشی در هوایی خنک و آرام (بدون باد) در صبح زود و یا عصر انجام شود. برای جذب بهتر کود، لازم است قبل و بعد از هر محلول پاشی مزرعه و باغ را آبیاری نمود تا حرکت آب در درون سیستم گیاهی و رطوبت نسبی محیط باغ و مزرعه افزایش یابد. محلول پاشی انتخابی باید قدرت پودر کردن محلول را داشته باشد، تا بتواند کودها را به صورت قطرات بسیار ریز روی برگ‌ها و میوه بپاشد. به غلظت محلول مثلاً چهار در هزار بر هکتار، توجه شود. یعنی لازم است برای تحقق این غلظت در هر بار محلول پاشی، در هر هکتار چهار کیلوگرم کود در هزار لیتر آب استفاده شود. زیرا بارها گزارش‌هایی از سوختگی و ریزش برگ‌ها با استفاده از کودهای میکرو و حتی کلرورکلسیم به دست آمده است. در بررسی‌های به عمل آمده، معلوم شد که محلول‌ها با غلظت بالاتری مصرف می‌گردند. مثلاً اگر قرار است کلرورکلسیم را با غلظت پنج در هزار در هر بار محلول پاشی نماید (تعداد درخت در هر هکتار ۴۰۰ اصله و برای هر درخت ۲/۵ لیتر محلول)، گاهی اوقات این محلول تهیه شده در تانکر ۱۰۰۰ لیتری در سطح کمتر از نیم هکتار مصرف می‌شود. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، تحت چنین شرایطی، غلظت محلول از ۱۰ در هزار نیز تجاوز می‌نماید و این چنین بی‌احتیاطی موجب برگ سوزی خواهد شد.

نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در درختان میوه بارده در مقطع کنونی به صورت (سولفات پتاسیم) ۴- (کود میکروبی فسفاتی) ۲- (سولفات آمونیوم) ۴ پیشنهاد می‌شود. این نسبت‌ها بیانگر آن است که در مقطع فعلی به ازای هر ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آمونیوم، به ۲۰۰ کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده و به ۴۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم نیاز می‌باشد. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، به ازای هر درخت، مصرف دو تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، دو کیلوگرم سولفات آهن، یک کیلوگرم سولفات منگنز، یک کیلوگرم سولفات روی، ۲۵۰ گرم سولفات مس (هر دو سال یک بار) با مقدار کافی مواد آلی به طور عمقی در کنار ریشه‌های فرعی درختان میوه (چالکود و یا کانالکود) همزمان با مصرف سایر کودهای پرمصرف و در خاک‌های غیرشور، مصرف سالانه ۲۵۰ گرم اسیدبوریک (به صورت دو بار سرک) الزامی می‌باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تعیین غلظت عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی‌های برگ، فرمول کودی برای درختان میوه مطابق مفاد جدول سه خواهد بود.

۱-۴-۵- توصیه کودی عمومی برای میوه‌های دانه‌دار، هسته‌دار، میوه‌های دانه‌ریز و میوه‌های خشک: نسبت‌های توصیه کودی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف برای درختان میوه (سیب، گلابی، به، هلو، شفتالو، شلیل، گیلان، آلبالو، زردا، لو، انگور، توت‌فرنگی، توت‌درختی، بادام، گردو و فندق) بارده بهتر است به صورت (سولفات پتاسیم) ۴- (کود میکروبی فسفاتی) ۲- (سولفات آمونیوم) ۴ باشد. بدیهی

است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، بازای هر درخت بارور، مصرف دو تا پنج کیلوگرم گوگردآلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، دو کیلوگرم سولفات آهن، یک کیلوگرم سولفات منگنز، یک کیلوگرم سولفات روی، ۲۵۰ گرم سولفات مس و در خاک‌های غیرشور ۲۵۰ گرم اسید بوریک (به صورت دو بار سرک) با مقدار کافی موادآلی پیش از کاشت هر دو سال یک‌بار به طور عمقی همزمان با مصرف سایر کودها، الزامی می‌باشد. علاوه بر این، محلول پاشی پاییزه و بهاره باید با استفاده از محلول پنج در هزار اوره، پنج در هزار سولفات روی و پنج در هزار اسید بوریک در هر هکتار به منظور کاهش ریزش میوه‌های نارس (Fruit-Set)، کاهش سال‌آوری (On-Off) و افزایش عملکرد هکتاری، انجام شود. همچنین، در طول تابستان به منظور غنی‌سازی، افزایش استحکام و زمان ماندگاری میوه‌ها، محلول پاشی با محلول کلرور کلسیم پنج در هزار در هکتار به فواصل ۱۰ روز حداقل ۸ مرتبه در طول تابستان انجام شود. علاوه بر این، در شرایطی که درخت تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی به ازای هر درخت توصیه می‌شود (در صورت در دسترس نبودن سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی، از کودآبیاری استفاده شود). برای انجام توصیه صحیح کودی (عمومی) در باغ‌های میوه، ذیل به‌طور جداگانه توضیحات مختصری در مورد تک‌تک درختان میوه به شرح زیر ارائه می‌گردد:

● **درختان سیب، به و گلابی بارور ۱۰ تا ۱۵ ساله (توصیه کودی عمومی):** زیادی نیتروژن، باعث بروز برخی مشکلات شده که از آن جمله شیوع و تشدید بیماری آتشک و لهیدگی اشاره نمود. برای تولید میوه‌های سیب با کیفیت مناسب، باید نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) کمتر از ۱۰ و نسبت پتاسیم به کلسیم (K/Ca) کمتر از ۲۵ باشد. مصرف متعادل پتاسیم و ریز مغذی‌ها به‌ویژه روی تأثیر بسزایی در کاهش خسارات ناشی از سرمازدگی پاییزه و یخ‌زدگی بهاره دارد. ضمناً باید در نظر داشت در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) همزمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کود حیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا

فصل پنجم: توصیه بهینه کودی برای درختان میوه ۲۰۹

دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس + ۲۵۰ گرم اسید بوریک مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان میوه مطابق جدول سه خواهد بود:

جدول ۳- توصیه کودی عمومی برای درختان میوه دانه‌دار هسته‌دار، میوه‌های دانه‌ریز و میوه‌های خشک

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۲۵ تا ۲۰	داخل چالکود	سولفات آهن	۲۰۰۰	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۱ و یا نیم	داخل چالکود	سولفات منگنز	۱۰۰۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۲	داخل چالکود	سولفات روی	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۱ تا ۲	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۴ تا ۵	داخل چالکود	اسیدبوریک	۲۵۰	داخل چالکود

یادآوری ۱- لازم است محلول‌پاشی پاییزه و بهاره به منظور افزایش تشکیل میوه (Fruit-Set) و اصلاح سال‌آوری (On-Off) درختان میوه، دوبار در سال (اوایل پاییز و اوایل بهار) انجام شود. یکی از علل سال‌آوری (On-Off) در درختان میوه، ریزش زود هنگام گل‌ها قبل از عمل تلقیح عمدتاً به دلیل کمبود روی (Zn) و بور (B) می‌باشد. برای حل این مشکل، انجام محلول‌پاشی برای باغ‌های میوه حداقل دوبار در سال (اوایل پاییز و اوایل بهار) پیشنهاد می‌شود. در این مرحله محلول‌پاشی در اوایل بهار قبل از شروع گلدهی بوده و با استفاده از محلول ۵ در هزار اوره، ۵ در هزار سولفات روی و ۵ در هزار اسید بوریک در هر هکتار (برای هر درخت ۲۰ ساله به طور میانگین ۱۵ لیتر از محلول تهیه شده کافی می‌باشد) انجام گیرد. اصولی را که در محلول‌پاشی باید رعایت نمود عبارتند از: غلظت در هکتار در نظر گرفته شود، محلول تهیه شده برای هر روز تهیه و مصرف گردد و حتماً محلول تهیه شده از صافی و فیلتر رد شود تا کاملاً صاف گردد؛ در هنگام محلول‌پاشی باد شدید نوزد؛ نازل‌های دستگاه محلول‌پاشی محلول را خوب پودر نمایند و از مواد چسباننده مثل مایع ظرفشویی استفاده شود تا سطح جذب بین برگ و محلول مایع افزایش یابد.

یادآوری ۲- در فصل بهار بستگی به شرایط اقلیمی منطقه حدود ۴۵ روز پس از زمان شکوفه‌دهی،

مصرف نوبت دوم کودهای نیتروژنی و اسید بوریک در مناطق غیر شور در دو تقسیط هم‌زمان با آب آبیاری مخصوصاً در شرایطی که علائم رنگ پریدگی در برگ‌های پیر درختان میوه مشاهده می‌شود، مصرف گردد. بدیهی است در صورت رویت علائم کمبود ظاهری و یا پنهان (بررسی نتایج تجزیه برگ) در اواخر خرداد ماه، از اوایل تیر ماه به صورت سرک هم‌زمان با آب آبیاری برای هر درخت دو مرتبه کودآبیاری (هر مرتبه ۲۵۰ گرم) + دو مرتبه اوره (هر مرتبه ۲۵۰ گرم) + دو بار سولفات پتاسیم محلول (هر بار ۱۰۰ گرم) + دو بار کلات‌روی (هر بار ۱۰۰ گرم) + دو بار اسید بوریک (هر بار ۵۰ گرم) مصرف شود. پس از انجام دو بار مصرف کودها هم‌زمان با آب آبیاری (حدود اواخر خرداد ماه)، وضعیت رشدی (ظاهری) درختان گزارش و می‌خواهد در این تاریخ نمونه‌برداری از برگ‌های درختان ضعیف و شاداب تهیه و تجزیه شیمیایی آن‌ها انجام می‌شود.

یادآوری ۳- در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی) و یا در رابطه با توانمندی خاک برای تامین به‌هنگام مقدار عناصر غذایی مورد نیاز درختان تردید وجود داشته باشد، مصرف تقسیطی حدود ۵۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود کامل ماکروی آبیاری بدون بور (در مناطق شور، لیکن در مناطق غیر شور از کود کامل ماکروی آبیاری محتوی بور) استفاده شود و نیز در صورت مواجه با کمبود پتاسیم و یا مشاهده علائم کمبود ظاهری و یا پنهان پتاسیم در برگ‌های درختان میوه، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود سولفات پتاسیم محلول به صورت تقسیط هم‌زمان با آب آبیاری، لازم است استفاده شود. همچنین باید در نظر داشت از کود کامل میکرو (بدون بور در مناطق شور) به میزان پنج کیلوگرم بر هکتار به صورت محلول پاشی آن هم بعد از فندقی شدن میوه بهتر است استفاده شود.

یادآوری ۴- تداوم مصرف کودهای سرک در طول تابستان، منوط به بررسی نتایج تجزیه برگ و وضعیت عملکردی درختان خواهد بود. منبذ مصرف کودها در درختان به صورت پای بیل ممنوع اعلام گردد و لازم است در مقابل، کودهای غیرپویا قبل از کاشت در اواخر پاییز و یا اوایل زمستان در داخل چالکود و یا کانالکود (در باغ زیتون فدک قم پس از حفر کانال‌هایی به عمق ۱ الی ۱/۵ متر و عرض ۸۰ سانتی‌متر، درختان کاشته می‌شوند)، مصرف گردند. سپس در کانالکودها وضعیت توسعه ریشه‌ها در تابستان بررسی شود، در درختانی که میزان رطوبت در محیط ریزوسفری به حد وفور بوده، ریشه‌دهی جدید بسیار عالی خواهد بود. لیکن، در درختانی که آبیاری آن‌ها محدود باشد، ریشه‌های جدید مشاهده نخواهند شد. بنابراین، در صورت نبود بارندگی کافی، انجام آبیاری سنگین در اواخر پاییز پس از مصرف کودها در داخل چالکود، توصیه می‌شود.

یادآوری ۵- مصرف مجدد کودهای غیرپویا (کودهای فسفاتی، پتاسیمی، گوگردی، کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف به غیر اسید بوریک، در درون چالکودها منوط به بررسی نتایج تجزیه برگی درختان و وضعیت عملکردی آنان خواهد بود اثرات باقیمانده کودهای فسفاتی و ریزمغذی تا سه سال حتمی خواهد بود.

یادآوری ۶- محلول پاشی کلرور کلسیم با غلظت ۵ در هزار حداقل در هشت نوبت در طول تابستان پیشنهاد می شود. اولین مرحله محلول پاشی کلرور کلسیم چهار هفته پس از مرحله تمام شدن گلدهی است. ضمناً در باغ های جوان (غیر بارده) نصف مقادیر فوق پیشنهاد می شود.

● **انگور آبی (توصیه کودی عمومی):**

یادآوری ۱- در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

یادآوری ۲- محلول پاشی کلرور کلسیم با غلظت ۵ در هزار حداقل در چهار نوبت در طول فصل رشد برای توت فرنگی الزامی است.

یادآوری ۳- توصیه کودی عمومی برای انگور دیم در باغ های جوان (غیر بارده) نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می شود.

● **بادام آبی (توصیه کودی عمومی):**

یادآوری ۱- در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

یادآوری ۲- توصیه کودی عمومی برای بادام دیم در باغ های جوان (غیر بارده) نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می شود.

● **گردو (توصیه کودی عمومی):**

یادآوری ۱- در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی و ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت گردو، اسید بوریک الزامی است.

یادآوری ۲- محلول پاشی با استفاده از اوره، اسید بوریک و سولفات روی (هر کدام به غلظت پنج در هزار) به هنگام متورم بودن جوانه ها باید انجام شود.

یادآوری ۳- توصیه کودی عمومی برای گردو دیم در باغ های جوان (غیر بارده) نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می شود.

● فندق (توصیه کودی عمومی):

یادآوری - در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

● **پسته (توصیه کودی عمومی):** مقدار مواد غذایی جذب شده از خاک برای برداشت یک تن پسته خشک از درخت، برای عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، گوگرد و منیزیم به ترتیب ۵۰، ۷، ۶۵، ۳۵، ۳۰ و ۳۰ کیلوگرم و برای عناصر کم مصرف (ریزمغذی) آهن، منگنز، روی، مس و بور هر کدام در حدود ۱۰۰ الی ۳۰۰ گرم می باشد. در این میان دو شاخص نسبی یون پتاسیم به سدیم (K/Na) و کلسیم به سدیم (Ca/Na) در محلول خاک و گیاه دارای اهمیت می باشند. در میان عناصر غذایی مورد نیاز برای پسته، پتاسیم یک عنصر اساسی به شمار می رود. در آزمایشی در پاییز ۱۳۸۲ بر روی درختان پسته ۲۵ ساله در رفسنجان، به ازای هر درخت، پنج کیلوگرم سولفات پتاسیم با روش چالکود مصرف شد و نتایج آن با کوددهی عرف پسته کاران منطقه (پای بیل) مورد مقایسه قرار گرفت. درصد سدیم، کلر و پتاسیم در برگ های تیمار شاهد به ترتیب ۰/۲۲، ۲/۲۵ و ۱/۱۱ درصد بود. لیکن درصد پتاسیم در برگ های درختان تیمار شده در سال های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱/۲۷، ۱/۷۴ و ۱/۶۹ درصد اندازه گیری گردید. عملکرد پسته در سال های دوم و سوم برعکس سال اول مطالعه، به طور معنی داری افزایش یافت. در سال دوم آزمایش (۱۳۸۴)، یک تیمار محلول پاشی با استفاده از سولفات پتاسیم محلول یک درصد در دو مرحله و در سال سوم آزمایش (۱۳۸۵)، یک تیمار کود آبیاری با استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول در چهار تقسیط مورد مقایسه قرار گرفت تا مناسب ترین روش برای بهینه سازی غلظت پتاسیم در برگ های پسته تحت تنش شوری و نیز میزان افزایش عملکرد هکتاری مشخص شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، در محلول پاشی به رغم آن که غلظت پتاسیم در برگ های پسته تا حد ۲/۰۶ درصد افزایش یافت، ولی در عملکرد پسته چندان تغییری ایجاد نگردید. در مقابل در روش کود آبیاری به رغم آن که غلظت پتاسیم بسیار کمتر از روش محلول پاشی بود (۱/۵۲ درصد)، عملکرد پسته در مقایسه با روش های محلول پاشی و چالکود بیشتر بود. زیرا به رغم حاکمیت شرایط تنش (کیفیت پایین خاک و آب آبیاری)، مصرف تقسیط سولفات پتاسیم محلول به هنگام رشد، توانست غلظت پتاسیم موجود در برگ های پسته را تا سطح مطلوب افزایش و عملکرد هکتاری پسته را نیز به طور معنی داری بهبود بخشد. کمی درصد پتاسیم در برگ های پسته در روش کود آبیاری مؤید آن بود که مقدار قابل توجهی از پتاسیم علاوه بر شرکت در فعل و انفعالات فیزیولوژیکی گیاه، توانست با زیادی کلر و سدیم موجود در ریزوسفر مقابله نموده و به همین دلیل مقدار درصد پتاسیم در برگ ها کمتر از روش محلول پاشی بوده است. به همین

دلیل، ارجحیت استفاده از مصرف تقسیطی سولفات پتاسیم محلول بر جایگذاری عمقی (چالکود) و محلول پاشی تأیید شد (Malakouti و Mozaffari، ۲۰۰۹). بدیهی است اگر چنانچه هم‌زمان مصرف تقسیطی سولفات پتاسیم محلول، از ۵۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود کامل ماکرو آبیاری نیز به‌طور تقسیط استفاده می‌گردید، عملکرد هکتاری پسته باز هم افزایش می‌یافت. با عنایت به نتایج فوق، توصیه کودی عمومی برای درختان پسته مطابق جدول چهار خواهد بود:

جدول ۴- توصیه کودی عمومی برای درختان پسته

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت (بارده گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۱۰ تا ۱۵	داخل چالکود	سولفات آهن	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۱ و یا نیم	داخل چالکود	سولفات منگنز	۵۰۰	داخل چالکود
سوپر فسفات ساده	۱	داخل چالکود	سولفات روی	۷۵۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۱	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۲ تا ۳	داخل چالکود	--	--	--

یادآوری - در شرایطی که درختان میوه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار دارند و یا در اوج نیاز غذایی خود باشند، چون توانمندی خاک برای تأمین به‌هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف سرک ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم بر هکتار کود کامل آبیاری به ازای هر درخت توصیه می‌شود (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی استفاده شود). همچنین، در باغ‌های میوه، بهتر است ۵۰ درصد کود فسفاتی مورد نیاز درختان میوه از منبع اسید فسفریک همراه با آب آبیاری به‌صورت سرک استفاده شود.

● **چای (توصیه کودی عمومی):** مصرف کودهای نیتروژنی در باغ‌های چای، بر اساس مقدار مواد آلی خاک، آبی یا دیم بودن، ارتفاع باغ از سطح دریا و همچنین میزان عملکرد می‌باشد. کود نیتروژنی رایج برای چای نیز اوره می‌باشد. اگر عملکرد چای تر کمتر از ۱۲ هزار کیلوگرم بر هکتار باشد، ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار اوره (به صورت تقسیط)، کفایت می‌کند، ولی اگر عملکرد بیش از ۱۲ هزار کیلوگرم بر هکتار بر مبنای وزن تر باشد، ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار اوره کافی است. میزان مصرف کودهای فسفاتی به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های منطقه، بهتر است فقط بر اساس تجزیه خاک انجام شود، در غیر این صورت، مصرف حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود میکروبی فسفاتی کفایت می‌کند. میزان مصرف کودهای پتاسیمی به دلیل تخلیه خاک‌های زیر کشت مزارع چای، حتماً به صورت تقسیط و با استفاده از کلرور پتاسیم باشد. همچنین، مصرف ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی قبل از کاشت و مصرف سرک ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات منیزیم و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی هم‌زمان با مصرف سرک اوره و کلرور پتاسیم مخصوصاً در فواصل بین برداشت در مزارع چای، الزامی است. در این مزارع،

به دلیل pH اسیدی خاک‌های زیرکشت، تحت هیچ شرایطی از کودهای سولفات آهن و سولفات منگنز، استفاده نشود. باید در نظر داشت، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

● **توت درختی (توصیه کودی عمومی):** اوره ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم و یا کلرور پتاسیم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، بیو فسفات طلایی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات روی ۵۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات مس ۲۵ کیلوگرم بر هکتار و اسید بوریک ۲۵ کیلوگرم بر هکتار توصیه می‌شود.

● **سماق و زرشک (توصیه کودی عمومی):** مصرف خاکی کود نیتروژنی به شکل اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف خاکی کود فسفاتی به شکل بیو فسفات طلایی به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف خاکی پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار و محلول پاشی با کود کامل میکرو به میزان چهار در هزار، یک یا دو بار به میزان ۶ کیلوگرم بر هکتار توصیه می‌شود. ضمناً باید در نظر داشت، در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به‌هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

۲-۴-۵- توصیه کودی عمومی برای میوه‌های نیمه گرمسیری (مرکبات، زیتون، انار، انجیر و خرما)

● **مرکبات: الف- مرکبات شمال کشور (توصیه کودی عمومی):** در مرکبات این مناطق کمبود شدید پتاسیم، منیزیم و روی مشاهده می‌شود. میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم‌زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کود حیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس، مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان مرکبات در شمال کشور مطابق جدول پنج خواهد بود:

جدول ۵- توصیه کودی عمومی برای درختان مرکبات (شمال)

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۱۰ تا ۱۵	داخل چالکود	سولفات منیزیم	۱ تا ۲	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۱ و یا نیم	داخل چالکود	سولفات آهن	۵۰۰	داخل چالکود
سوپر فسفات ساده	۱	داخل چالکود	سولفات منگنز	۲۵۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۲	داخل چالکود	سولفات روی	۷۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۲ تا ۳	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود

یادآوری ۱ - در شرایطی که درختان میوه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار دارند و یا در اوج نیاز غذایی خود باشند، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف سرک ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم بر هکتار کود کامل آبیاری به ازای هر درخت توصیه می شود (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی استفاده شود).

یادآوری ۲ - توصیه کودی عمومی برای درختان مرکبات دیم، نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می شود.

● **ب) مرکبات جنوب کشور (توصیه کودی عمومی):** میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کود حیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپر فسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس، مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان مرکبات در جنوب کشور مطابق جدول شش خواهد بود:

جدول ۶- توصیه کودی عمومی برای درختان مرکبات (جنوب)

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۱۰ تا ۱۵	داخل چالکود	سولفات آهن	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۱ و ۲	داخل چالکود	سولفات منگنز	۷۵۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۱	داخل چالکود	سولفات روی	۲۵۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۲	داخل چالکود	سولفات مس	۱۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۲ تا ۳	داخل چالکود	کودهای زیستی	۳ بسته	در هر هکتار

یادآوری ۱- در شرایطی که درختان میوه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار دارند و یا در اوج نیاز غذایی خود باشند، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف سرک ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم بر هکتار کود کامل آبیاری به ازای هر درخت توصیه می شود (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی استفاده شود).

یادآوری ۲- توصیه کودی عمومی برای درختان مرکبات دیم، نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می شود. در این مناطق کمبود پتاسیم و روی به شدت عمومیت دارد. همچنین، باید در نظر داشت در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

● **کیوی (توصیه کودی عمومی):** میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کود حیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس، مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان کیوی مطابق جدول هفت خواهد بود:

جدول ۷- توصیه کودی عمومی برای درختان کیوی

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۱۰ تا ۱۵	داخل چالکود	سولفات منیزیم	۱ تا ۲	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۲ و یا ۱	داخل چالکود	سولفات آهن	۵۰۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۱	داخل چالکود	سولفات منگنز	۲۵۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۲	داخل چالکود	سولفات روی	۷۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۲ تا ۳	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود

یادآوری ۱- در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

یادآوری ۲- توصیه کودی عمومی برای درختان کیوی دیم نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می‌شود. ● **زیتون (توصیه کودی عمومی): الف-** درختان جوان غیر بارور: اوره ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار، بیوفسفات طلایی ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار، کلرور پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار، اسید بوریک ۱۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات روی ۵۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات آهن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و کود حیوانی پوسیده ۱۰ تن در هکتار (در صورت امکان مقادیر بیشتر) توصیه می‌شود.

ب- درختان بارور (۶ تا ۱۵ سال): اوره ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار، بیوفسفات طلایی ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار، کلرور پتاسیم ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار، اسید بوریک ۲۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات روی ۵۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات آهن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و کود حیوانی پوسیده ۲۰ تن در هکتار (در صورت امکان مقادیر بیشتر نیز توصیه می‌شود).

پ- درختان جوان (غیر بارور): نیتروژن ترجیحاً به صورت نترات آمونیوم به میزان یک کیلوگرم برای هر درخت، سولفات پتاسیم ۷۵۰ گرم برای هر درخت، سوپرفسفات تریپل و یا بیوفسفات طلایی ۲۰۰ گرم برای هر درخت، سولفات منیزیم ۵۰۰ گرم برای هر درخت، سولفات آهن ۲۰۰ گرم برای هر درخت، اسید بوریک ۱۰۰ گرم برای هر درخت، سولفات روی ۳۰۰ گرم برای هر درخت، سولفات منگنز ۱۰۰ گرم برای هر درخت، سولفات مس ۵۰ گرم برای هر درخت، کود حیوانی پوسیده ۱۰ کیلوگرم برای هر درخت و کود میکروی کامل به صورت محلول پاشی (سه بار) در طول فصل رشد با غلظت سه الی پنج در هزار توصیه می‌شود. همچنین باید در نظر داشت، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

ت- درختان بارور (بیشتر از ۱۵ سال): میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم‌زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کودحیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس، مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعلق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان زیتون مطابق جدول هشت خواهد بود:

جدول ۸- توصیه کودی عمومی برای درختان زیتون

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت (بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت (بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۱۰ تا ۱۵	داخل چالکود	سولفات آهن	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۲ و یا ۱	داخل چالکود	سولفات منگنز	۵۰۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۱	داخل چالکود	سولفات روی	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۲	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۲ تا ۳	داخل چالکود	اسید بوریک	۵۰۰	۲ بار سرک

یادآوری - در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

● **انار (توصیه کودی عمومی):** میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم‌زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کودحیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح

تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس، مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان انار مطابق جدول نه خواهد بود.

جدول ۹- توصیه کودی عمومی برای درختان انار

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۱۰ تا ۱۵	داخل چالکود	سولفات آهن	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۱ و ۲	داخل چالکود	سولفات منگنز	۵۰۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۱	داخل چالکود	سولفات روی	۷۵۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۲	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۲ تا ۳	داخل چالکود	--	--	--

یادآوری - در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

● **انجیر آبی (توصیه کودی عمومی):** میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم‌زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کود حیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس، مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی

در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد.

یادآوری - در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به‌ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

یادآوری ۲ - توصیه کودی عمومی برای درختان انجیر دیم، نصف ارقام کودی فوق پیشنهاد می‌شود. ● **خرما (توصیه کودی عمومی)**: درختان خرما نسبت به کمبود پتاسیم و آهن بسیار حساس بوده و لازم است در فرمول کودی توصیه شده برای درختان خرمای بارده، مصرف کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی فراموش نشود. در منابع مختلف میزان برداشت عناصر غذایی توسط هر اصله نخل خرما متفاوت بوده و محبی (۱۳۹۰) این مقدار را به‌طور میانگین ۳۵۰ گرم نیتروژن، ۹۰ گرم فسفر و ۵۴۰ گرم پتاسیم گزارش نموده است. منتهی در این نوشتار به میزان برداشت سایر عناصر غذایی از جمله ریزمغذی، گوگرد و منیزیم اشاره‌ای نشده است. امید است در نوشتار بعدی این همکار ارجمند در موسسه تحقیقات خرما به این امر مهم توجه شود.

میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) هم‌زمان با مواد آلی مناسب (۲۵ کیلوگرم کود حیوانی) با چهار تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی + ۲۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + دو کیلوگرم سولفات آهن + یک کیلوگرم سولفات منگنز + نیم تا یک کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس + ۲۵۰ گرم اسیدبوریک مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد. بنابراین، توصیه کودی عمومی برای درختان خرما مطابق جدول ده خواهد بود:

جدول ۱۰- توصیه کودی عمومی برای درختان خرما

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۲۰ تا ۲۵	داخل چالکود	سولفات آهن	۳۰۰۰	داخل چالکود
سولفات آمونیوم و یا اوره	۲ تا ۳	داخل چالکود	سولفات منگنز	۱۰۰۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۲	داخل چالکود	سولفات روی	۱۰۰۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۲ تا ۴	داخل چالکود	سولفات مس	۵۰۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۴ تا ۵	داخل چالکود	میکوروت	۱۰۰	داخل چالکود

یادآوری - در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه دهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به موقع مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت کود کامل آبیاری و در صورت در دسترس نبودن، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی روی الزامی است.

۵-۵- جمع بندی

از مجموع یافته های تحقیقاتی و مشاهدات میدانی در باغ های میوه و گلخانه ها، پیشنهادهای زیر در راستای افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت و پایداری تولیدات محصولات باغی ارائه می شود:

۱- متأسفانه در مقطع فعلی علیرغم تلاش های همگانی، تولید هکتاری باغ های میوه کشور بسیار پایین می باشد (سطح کشت محصولات باغبانی در کشور رقمی معادل ۲/۵۰ میلیون هکتار و کل تولیدات باغی ۲۰ میلیون تن با متوسط عملکرد هکتاری هشت تن بوده که رقم پایینی است) و لازم است در راستای تأمین اهداف برنامه های توسعه، هم زمان با بهبود سایر عوامل مدیریتی، مصرف بهینه کود و جایگذاری صحیح آن ها در باغ ها همگانی شود تا افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات باغی تحقق یابد. از آنجایی که در برنامه های توسعه، محصولات کشاورزی باید ۵۰ درصد افزایش یابد، ناگزیر به افزایش کاربرد برخی نهادهای کشاورزی می باشیم. از مهم ترین این نهادهای کودهای آلی، زیستی و شیمیایی هستند که نسبت به سایر نهادهای قابل دسترس تر می باشند. منتهی، این افزایش مصرف باید هوشمندانه و بر مبنای یافته های تحقیقاتی، متعادل و منطبق با نیاز واقعی بر مبنای عملکرد هکتاری درختان میوه باشد، در غیر این صورت کارایی لازم را نخواهند داشت. همچنین، لازم است انواع کودهای مورد نیاز (بیش از ۱۵ نوع کود که در داخل کشور قابل تولید می باشد)، به مقدار کافی و در زمان مناسب در اختیار مولدین کشاورزی قرار داده شود. مصرف بهینه و متعادل کود فرابخشی بوده و لازم است در برنامه های آموزشی دبستان ها، دبیرستان ها، دانشگاه ها گنجانده شده و توسط رسانه های گروهی نیز ترویج شود.

۲- تلاش عمده مراکز علمی جهان بر این است که با تحقیقات علمی بتوانند تولیدات باغی را هم از نظر کمیت و هم از نظر کیفیت در سطح قابل قبولی افزایش دهند. نگاهی به میزان عناصر غذایی برداشتی به ازای ۳۰ تن عملکرد سیب، نشان می‌دهد که نیتروژن (N) حدود ۳۵، فسفر (P_2O_5) ۱۱، پتاسیم (K_2O) ۵۰، گوگرد (S) ۲۰، کلسیم (Ca) ۲۰، منیزیم (Mg) ۱۰ کیلوگرم، آهن (Fe) ۳۰۰، منگنز (Mn) ۱۵۰، روی (Zn) ۱۰۰، مس (Cu) ۲۵ و بور (B) ۵۰ گرم جذب می‌گردند. بنابراین، تغذیه درختان میوه فقط با اوره و سوپرفسفات تفکر باطلی است و می‌بایستی این تفکر به زباله‌دان تاریخ سپرده شده و در مقابل مصرف بهینه کود بر مبنای نتایج تجزیه برگ، جایگزین آن شود. توضیح آن که در تولید محصولات باغی سالم، مقدار برداشتی عناصر غذایی چندان اهمیت ندارد، بلکه آن چه که مهم است نقش این عناصر غذایی در میزان تولید می‌باشد. چه تمام عناصر غذایی برداشتی صرف نظر از مقدار جذب آن‌ها، در تولید کمی و کیفی تولیدات باغی مهم می‌باشند و لازم است هنگام توصیه کودی، از تمامی کودهای حاوی این عناصر غذایی اعم از عناصر غذایی پرمصرف، میان مصرف و کم مصرف، به طور متعادل و بهینه استفاده شود.

۳- توصیه و مصرف کود یک فرآیند پویا می‌باشد و نمی‌توان برای همیشه یک فرمول ثابت را ارائه داد. به همین علت حضور تحقیقات علمی در کنار بخش اجرا و ایجاد فرهنگ تغییر، کاملاً ضروری است و اجرای عملی موارد فوق الذکر در کشوری مانند ایران که با تنوع خاک و محصولات باغی متنوع روبه‌رو است، بسیار مشکل می‌باشد، بخش دولتی (که طبق قانون، کودهای شیمیایی را در انحصار خود دارد)، چندان موفق نبوده است، بنابراین باید در این زمینه کوشش بیشتر و برنامه‌ریزی دقیق‌تری صورت گیرد. گاهی مشاهده می‌شود که حتی کارشناسان بخش دولتی (به علت گستردگی سیستم) از علل و انگیزه‌های سیاستگذاری‌های اصلاحی آگاه نیستند. بنابراین تجدید نظر کلی در نحوه انتقال اطلاعات، به صورت دو سویه، ضروری به نظر می‌رسد.

۴- با علم به اینکه خاک‌های زیر کشت باغ‌های کشور عمدتاً آهکی (درصد کربنات کلسیم معادل، بیش از ۱۰ درصد)، pH بالا ($7/8$ تا $8/2$)، مواد آلی آن‌ها پایین (کمتر از یک درصد) بوده و روش آبیاری نامناسب (غرقابی) است، لذا غلظت عناصر ریزمغذی قابل استفاده بسیار پایین‌تر از سطح مطلوب می‌باشد. بدیهی است با افزایش pH، حلالیت عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها به شدت کاهش پیدا می‌کند. مثلاً غلظت روی (Zn) و بور (B) قابل استفاده در این خاک‌ها کمتر از $0/70$ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بی کربنات آب آبیاری که از چاه‌ها تأمین می‌شود، غالباً از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (۳ میلی اکسیژان بر لیتر) بیشتر است. از طرف دیگر تداوم مصرف نامتعادل کودها، سبب شده کمبود ریزمغذی‌ها به‌ویژه روی (Zn)، بور (B) و آهن (Fe) در این باغ‌ها تشدید شود.

۵- با رعایت اصول مصرف بهینه کودی می‌توان علاوه بر افزایش عملکرد در واحد سطح، بهبود کیفیت، غنی‌سازی محصولات باغی، غلظت عناصر غذایی مانند کلسیم، آهن، روی

و منیزیم در قسمت‌های خوراکی، همچنین، مقاومت درختان میوه به تنش‌های محیطی از قبیل شوری، سرمازدگی، گرما، را افزایش، زودرسی، کاهش غلظت آلانده‌هایی نظیر کادمیوم و نیترات، کاهش سمیت بور (در اثر مصرف کودهایی نظیر سولفات پتاسیم و سولفات روی)، صرفه‌جویی در میزان آب و کود مصرفی دست یافت و در نهایت از تیره رنگ شدن میوه‌های پوست‌کنده شده و بی‌رنگی آب میوه‌های تولیدی که عمدتاً به دلیل افزایش غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد، ممانعت نمود.

۶- در باغ‌های میوه، ضمن صرفه‌جویی در مصرف کودهای پرمصرف و مصرف آن‌ها در مواقع ضروری و به موقع (مثلاً در مورد سیب، چنانچه درصد نیتروژن در برگ‌های سیب از سطح مطلوب تجاوز نماید، به ازای افزایش هر یک دهم درصد در میزان نیتروژن برگ، ۵ الی ۱۰ درصد از رنگ‌پذیری سیب کاسته می‌شود) از مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی پرهیز شود. مصرف کودهای فسفاتی در کشور باید بر مبنای تجزیه خاک (سطح‌بحرانی فسفر ۸-۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای روش اولسن برای خاک‌های زیرکشت باغ‌های میوه) و تجزیه برگ (۰/۱۵-۰/۱۲ درصد فسفر در برگ) تنظیم شود امروزه در باغ‌های میوه شمال ایتالیا، غرب کانادا و شمال غرب آمریکا، علیرغم درجه حرارت پایین در طول فصل رشد، برای بهبود کمی و کیفی محصولات باغی عمدتاً از محلول‌پاشی کلرور کلسیم، سولفات روی و اسیدبوریک استفاده می‌شود. برای کنترل و کاهش نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) و نسبت پتاسیم به کلسیم (K/Ca) در برگ‌های سیب و در میوه سیب که شاخص مهم کیفیت میوه می‌باشد (سطح مطلوب نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) و پتاسیم به کلسیم (K/Ca) در میوه سیب به ترتیب ۱۰ و ۲۰ پیشنهاد می‌شود) مصرف کودهای ازته و پتاسیمی را کاهش داده‌اند. همچنین مصرف کودهای فسفات را به حداقل مقدار ممکن رسانده و عمدتاً به مقدار مصرفی قبل از کاشت اکتفا می‌کنند و در صورتی که غلظت فسفر در برگ‌های سیب از ۰/۱۰ درصد کمتر باشد، به مصرف مجدد آن اقدام می‌نمایند. از طرف دیگر، امروزه در باغ‌های میوه شمال ایتالیا، غرب کانادا و شمال غرب آمریکا، به‌رغم درجه حرارت پایین در طول فصل رشد، برای بهبود کمی و کیفی محصولات باغی عمدتاً از محلول‌پاشی کلرور کلسیم، سولفات روی و اسیدبوریک استفاده می‌شود. برای کنترل و کاهش نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) و نسبت پتاسیم به کلسیم (K/Ca) در برگ‌های سیب و در میوه سیب که شاخص مهم کیفیت میوه می‌باشد (سطح مطلوب نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) و پتاسیم به کلسیم (K/Ca) در میوه سیب به ترتیب ۱۰ و ۲۰ پیشنهاد می‌شود)، مقدار کودهای نیتروژنی و پتاسیمی مصرفی به‌ازای هر درخت را کاهش داده‌اند. همچنین، مصرف کودهای فسفاتی را به حداقل مقدار ممکن رسانده و عمدتاً به مقدار مصرفی قبل از کاشت اکتفا می‌کنند و در صورتی که غلظت فسفر در برگ‌های سیب از ۰/۱۰ درصد کمتر باشد، به مصرف مجدد آن اقدام می‌نمایند.

۷- مصرف سولفات منیزیم در باغ‌های میوه مخصوصاً در باغ‌های انگور و مرکبات و چای

شمال کشور بسیار مفید و مؤثر می‌باشد، سطح بحرانی منیزیم در خاک‌های زیر کشت درختان میوه با روش استات آمونیوم حدود ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود.

۸- سطح بحرانی گوگرد در خاک‌های زراعی براساس روش مونوکلسیم فسفات (توربیدی متری) ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم و در برگ‌های درختان میوه ۰/۳۵ درصد پیشنهاد می‌شود. با توجه به آثار بسیار مثبت گوگرد (سولفات) در تأمین نیاز غذایی گیاهان، کاهش موضعی pH منطقه ریشه، اصلاح خاک‌های سدیمی، کاهش بی‌کربنات آب آبیاری و افزایش حلالیت و قابل استفاده بودن عناصر غذایی پر مصرف (فسفر) و کم مصرف (ریزمغذی‌ها) به‌ویژه آهن، روی و کنترل برخی از بیماری‌ها نظیر سفیدک، لازم است نسبت به تأمین گوگرد آلی گرانوله اقدام نمود. چون گیاهان گوگرد (S) را فقط به صورت سولفات (SO_4^{2-}) جذب می‌نمایند. بنابراین، لازم است به‌هنگام مصرف ساری کود و یا گوگرد آلی از مایه تلقیح تیوباسیلوس (تبدیل کننده گوگرد به سولفات) نیز استفاده نمود. در شکل چهار نقش اسیدی کردن آب آبیاری، مصرف گوگرد آلی توأم با مایه تلقیح تیوباسیلوس در سرسبزی درختان سیب در باغ شرکت پرهام در خدا بنده زنجان، نشان داده شده است.



شکل ۴- نقش اسیدی کردن آب آبیاری، مصرف گوگرد آلی توأم با مایه تلقیح تیوباسیلوس در سرسبزی درختان سیب در باغ شرکت پرهام در خدا بنده زنجان.

۹- خنثی سازی pH آب آبیاری باغ‌ها و یا اسیدی کردن چالکود به دلیل فراوانی بی‌کربنات در آب آبیاری برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت الزامی است. حضور بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری (بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) در باغ‌های میوه کشور که در گذشته متأسفانه از چشم محققین پوشیده بود و نیز فراوانی کربنات کلسیم خاک‌ها سبب افزایش pH شیره سلولی و نهایتاً غیرفعال شدن تعدادی از عناصر غذایی به‌ویژه آهن، روی، فسفر در درون آوندها شده است. به همین دلیل به‌رغم زیادی این عناصر در برگ‌ها، علایم کمبود آن‌ها به وضوح قابل تشخیص می‌باشد. برای جلوگیری از وقوع چنین شرایط نامطلوب تغذیه‌ای، اسیدی کردن قسمتی از محیط ریشه (ریزوسفر)، مصرف کودهای گوگردی توصیه می‌شود. بدیهی است

نقش گوگرد علاوه بر اسیدی کردن ریزوسفور و اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک (کاهش pH خاک)، نیاز گوگردی درختان میوه را که بسیار فراتر از مقدار فسفر می‌باشد، به صورت سولفات تأمین خواهد نمود. البته تحقق این امر با کاربرد اسیدسولفوریک با سهولت بیشتری انجام‌پذیر می‌باشد. منتهی حمل و نقل، نگهداری و مصرف مستقیم آن بسیار دشوار و حتی از نظر حفاظتی و ایمنی بسیار دشوار بوده و هزینه‌بری بالایی دارد. البته لازم است علاوه بر بی کربنات، به مقدار بی کربنات سدیم باقیمانده (RSC) که ضریب شناخته شده‌تری نیز می‌باشد، اشاره نمود.

$$RSC = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$$

معمولاً در آب‌هایی که دارای بی کربنات فراوان هستند (آب‌های استخراجی در مناطق خشک و نیمه خشک)، مقدار این عدد چون از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر بیشتر می‌باشد، لذا برای آبیاری به‌طور اعم نامناسب می‌باشند. برای اصلاح این نوع آب‌ها همان طوری که گفته شد از ترکیبات گوگردی در چالکود و یا کانالکود و یا اسیدی کردن تدریجی آب با استفاده از اسیدسولفوریک رقیق استفاده نمود.

۱۰- یکی از عوامل کیفیت پایین سیب‌های تولیدی در کشور کمبود کلسیم در میوه‌های سیب می‌باشد. محلول پاشی حداقل ۱۰-۸ بار کلرور کلسیم با درجه خلوص بالا (مصارف خوراکی) با غلظت سه الی چهار در هزار بر هکتار در طول تابستان برای بهبود کیفی سیب (افزایش خاصیت انباری و بازار پسندی) پیشنهاد می‌شود و از سوی دیگر با محلول پاشی کودهای حاوی عناصر ریزمغذی علاوه بر مصرف خاکی، به بهبود کیفیت میوه‌های تولیدی کمک می‌شود. ضمناً، برای جلوگیری از ظهور بیماری‌های فیزیولوژیکی در درختان میوه و بهبود کیفیت میوه‌های تولیدی از کلرور کلسیم ۵ در هزار بر هکتار به دفعات (حداقل ۸ بار به فواصل ۱۵ روز در طول رشد) و نیز محلول پاشی عناصر ریزمغذی ۲ الی ۳ بار (بستگی به رقم میوه، مثلاً نیاز کلسیم و روی سیب رد دلشیز به مراتب بیشتر از رقم گلدن دلشیز می‌باشد) همگانی شود. محلول پاشی کودهای حاوی کلسیم (ترجیحاً از کلرور کلسیم با درجه خلوص بالا که مصرف غذایی دارد، استفاده شود) و عناصر ریزمغذی به دلایل متعددی از جمله ارزانی و پاسخ سریع همگانی شود. منتهی به‌هنگام محلول پاشی رعایت موارد ذیل ضروری می‌باشد:

- غلظت محلول مورد استفاده بسیار مهم بوده و باید مطابق با استانداردهای توصیه شده، کنترل شود. غلیظ بودن محلول علاوه بر گرفتگی نازل‌ها، موجب سوزش برگ‌ها می‌شود. باید دقت نمود که مواقع خشکسالی از غلظت‌های کمتری از کود استفاده نمود. هر چه مقدار آب مصرفی کاهش یابد، غلظت کود مصرفی نیز باید کاهش داده شود.
- زمان محلول پاشی نیز بسیار مهم است. بهتر است محلول پاشی در هوای خنک در صبح زود و یا عصر انجام شود. برای جذب بهتر کود، باید قبل و بعد از محلول پاشی مزرعه و یا باغ را آبیاری نمود تا حرکت آب در درون سیستم گیاهی افزایش یابد.
- انتخاب نوع سمپاش برای محلول پاشی اهمیت زیادی دارد. سمپاش انتخابی باید قدرت پودر کردن محلول را داشته باشد، تا بتواند کودها را به صورت قطرات بسیار ریز روی برگ‌ها و میوه بپاشد.

● برای انجام محلول پاشی باید ابتدا کودهای مورد نظر را در آب گرم کاملاً حل نموده و سپس محلول زلال رویی را با نصب و انداختن تنظیف (صافی) در درون تانکر سمپاش ریخته، رسوبات باقی مانده را به صورت مصرف خاکی در چالکودها مصرف نمود. در غیر این صورت رسوبات مخصوصاً ذرات حل نشده سولفات مس موجب سوزش برگ‌ها می‌شوند.

● برای جذب بهتر مواد غذایی توسط برگ‌ها و میوه‌ها بهتر است از مویان سیتویت و یا مایع ظرفشویی با غلظت نیم در هزار استفاده شود.

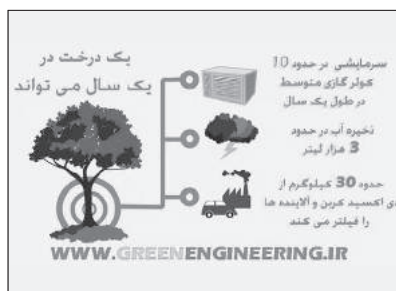
● توجه به غلظت محلول مورد استفاده بسیار مهم است. اگر قرار است کود میکروی کامل با غلظت سه در هزار بر هکتار محلول پاشی شود، باید در هر بار محلول پاشی، در هر هکتار سه کیلو گرم کود میکرو استفاده شود. بارها گزارش از سوختگی و ریزش برگ‌ها با استفاده از کودهای میکرو و حتی کلرور کلسیم رسیده است که در بررسی‌های به عمل آمده مشاهده گردید که اگر قرار است کلرور کلسیم در هر بار با غلظت پنج در هزار بر هکتار محلول پاشی شود (تعداد درخت در هر هکتار ۴۰۰ اصله و برای هر درخت ۲/۵ لیتر آب)، این محلول تهیه شده در تانکر ۱۰۰۰ لیتری در نصف هکتار مصرف گردیده است. به طوری که ملاحظه می‌شود تحت چنین شرایطی غلظت محلول پاشی شده از ۱۰ در هزار بر هکتار تجاوز نموده و این چنین بی احتیاطی‌ها موجب خسارت (زرد برگی، برگ سوختگی و یا ریزش برگ و میوه) خواهد شد.

۱- برای افزایش تشکیل میوه (Fruit set)، انجام محلول پاشی پاییزه و یا اول بهار (قبل از باز شدن شکوفه‌ها) با استفاده از مخلوط اوره، سولفات روی و اسیدبوریک (در خاک‌های غیر شور)، هر کدام با غلظت پنج در هزار بر هکتار همگانی شود. همچنین، برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه از کودهای حاوی عناصر ریزمغذی به‌ویژه سولفات روی و اسیدبوریک استفاده شود. پس از متعادل سازی مصرف NPK، مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی مخصوصاً سولفات آهن، اسیدبوریک و سولفات روی، سولفات منگنز در سطح کشور در تمام محصولات باغی همگانی شود. ضمناً، یکی از علل گستردگی کمبود آهن در باغ‌های سیب کشور، تهویه نامطلوب است که متأسفانه باغداران به اشتباه مصرف کود گران قیمت سکوسترین آهن را تنها راه چاره آن می‌دانند. برای صرفه جویی در آب مصرفی و اصلاح تهویه ریشه‌ها، انجام یکی از روش‌های آبیاری ردیفی، قطره‌ای و یا تشتکی پیشنهاد می‌شود.

۱۲- به هنگام توصیه کودی، علاوه بر بررسی نتایج تجزیه خاک، آب و برگ موجود، لازم است اطلاعاتی از قبیل سابقه کشت، نوع کشت، تناوب زراعی و نوع، مقدار، نحوه مصرف کودها و عملکرد هکتاری محصول کشت شده، مشخص شود. بدیهی است که با در دست داشتن این اطلاعات که از طریق پرسش از کشاورز، باغدار و یا مدیر گلخانه به دست می‌آید، توصیه کودی مناسب برای نیل به عملکرد هکتاری مطلوب و تولید محصول سالم با سهولت بیشتری امکان پذیر خواهد شد. همچنین، برای تعیین نیاز آبی محصولات مختلف زراعی و باغی در نقاط مختلف کشور، از مطالب دو جلد کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی که از انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۱۳۷۶) می‌باشد، استفاده نمایید.

فصل هشتم

توصیه بهینه کودی برای درختان، درختچه ها و گل های زینتی



۱-۶- نگاه اجمالی

از محاسن درختان زینتی عبارتند از تولید اکسیژن در مقابل کاهش گازکربنیک محیط، تولید سایه، تلطیف هوا، کاهش فرسایش، افزایش رطوبت نسبی محیط، افزایش ماده آلی خاک از طریق ریزش برگ‌ها، کاهش خطرات امواج رادیویی، تولید چوب و کاغذ. همچنین هرچه درختان سرسبزتر باشند، طراوت و شادابی بیشتری را برای افراد جامعه به ارمغان خواهند آورد. در منابع مختلف میزان گازکربنیک که درختان می‌توانند مصرف و در مقابل، اکسیژن تولید نمایند، با عنایت به منابع مختلف متفاوت می‌باشد. هر درخت بالغ می‌تواند سالانه حدود ۲۲ کیلوگرم گازکربنیک را از هوا جذب و به اندازه نیاز اکسیژن دو نفر اکسیژن تولید نماید. یک هکتار از درختان جنگلی می‌توانند مقدار گازکربنیک را که یک ماشین با طی مسافت ۹۰ هزار کیلومتر تولید می‌نماید (معادل نیاز سالانه اکسیژنی ۱۸ نفر) تولید کنند. به‌طور میانگین هر درخت می‌تواند در هر سال حدود ۱۲ کیلوگرم اکسیژن تولید نماید. دو درخت بالغ می‌تواند نیاز اکسیژن یک خانواده چهار نفره را تأمین نماید (McAlinney, ۱۹۹۳ و Helmenstine, ۲۰۱۱).

نیاز اکسیژنی هر فرد، بالغ بر ۵۵۰ لیتر در روز می‌باشد. در پاسخ به این پرسش که هر فرد بالغ در روز چند لیتر اکسیژن مصرف می‌نماید؟ بایستی گفت که هر فرد در هر دقیقه ۷ الی ۸ لیتر هوا استنشاق می‌نماید. نظر به این که ۲۰ درصد هوای ورودی به ریه‌ها را اکسیژن تشکیل می‌دهد، به‌هنگام بازدم ۱۵ درصد اکسیژن بدون استفاده به هوا برگردانده می‌شود. به عبارت دیگر، فقط پنج درصد اکسیژن در ریه‌ها تبدیل به گازکربنیک می‌شود. بنابراین، در طول ۲۴ ساعت که انسان حدود ۱۱۰۰۰ لیتر هوا را به داخل ریه‌های خود استنشاق می‌نماید، فقط ۵۵۰ لیتر اکسیژن خالص تبدیل به گازکربنیک می‌نماید. با این حساب، در هر سال میزان اکسیژن که توسط انسان بالغ مصرف می‌گردد، ۲۰۰ هزار لیتر و یا ۲۰۰ مترمکعب می‌باشد.

از طرف دیگر، با عنایت به این که هر درخت کامل رشد یافته، نیاز اکسیژنی سالانه دو نفر انسان بالغ را تأمین می‌نماید، بنابراین هر درخت در هر سال ۴۰۰ هزار لیتر (در هر روز ۱۱۰۰ لیتر) می‌تواند اکسیژن تولید نماید. در منبع دیگری بیان شده که یک جنگل در هر هکتار می‌تواند سالانه نیاز اکسیژنی ۱۹ نفر را تأمین نماید، لیکن این رقم در جنگل‌های پراکنده آمریکا، نیاز اکسیژنی ۹ نفر و در جنگل‌های متراکم کانادا تا ۲۸ نفر را تأمین می‌کند (McAlinney, ۱۹۹۳ و

Helmenstine, ۲۰۱۱). در منبع دیگری قید شده است که نیاز اکسیژنی هر فرد در هر ساعت ۵۰ لیتر می‌باشد و هر برگ در هر ساعت حدود ۵ میلی‌لیتر اکسیژن تولید می‌نماید. بنابراین، برای زنده ماندن یک شخص در یک اتاق بدون درز، به ۵۰۰۰۰ برگ (۳۰۰ الی ۵۰۰ گیاه گلدانی) نیاز می‌باشد. منتهی مشکل اساسی تحت این شرایط، میزان گاز کربنیک تولیدی توسط خود انسان است. زیرا هرچه میزان گاز کربنیک تولیدی در یک اتاق بدون درز افزایش یابد، میزان اکسیژن تولیدی توسط گیاه کاهش می‌یابد (Sullivan, ۲۰۱۳).

سازمان بهداشت جهانی (WHO) در زمستان ۱۳۹۲ اعلام نمود که میزان خسارت زیست‌محیطی ناشی از آلودگی هوا در ایران سالانه بالغ بر ۱۶ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود (شبکه خبر، ۱۳۹۲). از طرف دیگر همین سازمان اعلام نمود که در جهان سالانه ۷ میلیون نفر و در لندن ۴ هزار نفر از آلودگی هوا می‌میرند (شبکه خبر، ۱۳۹۳). بدیهی است که یکی از راه‌های مؤثر در کاهش آلودگی هوا، گسترش فضای سبز می‌باشد. برای درک عمیق موضوع، خاطر نشان می‌سازد که چاپ یک کتاب ۳۰۰ صفحه‌ای با ۵۰۰۰ نسخه بر روی کاغذ تحریری ۷۰ گرمی به ۹۴ بند کاغذ نیاز دارد. با توجه به این که هر بند کاغذ ۲۴/۵ کیلوگرم وزن دارد، لذا میزان کاغذ مصرفی برای چاپ این کتاب حدود ۲۳۰۰ کیلوگرم می‌باشد.

از طرف دیگر، برای تهیه یک تن کاغذ، ۱۷ اصله درخت ۵۰ ساله، قطع می‌گردد. بنابراین، برای چاپ این کتاب ۳۰۰ صفحه‌ای در ۵۰۰۰ نسخه، ۴۰ اصله درخت قطع خواهد شد. از طرف دیگر، نظر به این که هر درخت ۵۰ ساله، اکسیژن مورد نیاز سالانه حداقل دو نفر را تأمین می‌نماید (میزان اکسیژن مصرفی توسط هر انسان در هر روز ۱۱۰۰۰ لیتر و معادل ۴ میلیون لیتر و یا ۴۰۰۰ مترمکعب در سال است)، بنابراین، میزان اکسیژنی که با قطع این درختان از چرخه حیات حذف می‌گردد، بالغ بر ۳۲۰ میلیون لیتر و یا ۳۲۰۰۰۰ مترمکعب اکسیژن خواهد بود که رقم قابل توجهی است. اخیراً در رسانه‌ها آمده بود که شرکت مخابرات ایران برای ۱۶ میلیون نفر مشترک هر دو ماه یکبار صورتحساب صادر و ارسال می‌کند و اگر کاغذی که برای هر مشترک تهیه می‌شود، فقط یک ورق کاغذ A۴ (وزن هر ورق A۴ برابر ۶ گرم است) باشد، میزان کاغذی که در هر دو ماه برای انجام این کار مصرف می‌شود بالغ بر ۹۶ تن کاغذ خواهد بود و این در حالی است که همین کار را به سهولت می‌توان با یک پیامک انجام و از قطع ۱۶۳۲ درخت در هر دو ماه، ممانعت نمود.

به عبارت دیگر، در کشور طبق گزارش‌های مستند موجود، سالانه بیش از ۱۷۶ میلیون قبض تلفن، آب، گاز و برق توسط سازمان‌های مربوطه توزیع می‌گردد. این امر غیرضروری علاوه بر تحمیل هزینه‌ای بالغ بر ۴۰۰۰ میلیارد ریال، سبب قطع تعداد زیادی درخت می‌گردد (شبکه خبر، ۱۳۹۳). طبق گزارش‌های موجود، استفاده مجدد از هر تن کاغذ باطله، سبب نجات ۱۷ درخت چند ساله می‌گردد. به‌طور میانگین حدود ۲۴ درخت برای تهیه یک تن کاغذ لازم است.

در تابلوهای تبلیغاتی که اخیراً در سطح شهر تهران توسط شهرداری نصب شده، این رقم ۱۷ درخت اعلام شده بود. به عبارت دیگر، با استفاده مجدد از کاغذهای باطله، به ازای هر تن کاغذ باطله از قطع ۱۷ درخت ممانعت به عمل می‌آید (Thompson, ۱۹۹۲). به طوری که ملاحظه می‌شود این رقم بسیار قابل توجه بوده و معادل چاپ بیش از ۴۰ کتاب ۳۰۰ صفحه‌ای که هر کدام در ۵۰۰۰ نسخه تکثیر می‌شود، خواهد بود. بدیهی است که نیاز جامعه را برای لزوم صرفه‌جویی هرچه بیشتر در مصرف کاغذ و جلوگیری از قطع بی‌رویه درختان و افزایش سطح کشت درختان زینتی و مثمر الزامی می‌سازد.

بسیاری از مردم در کشورهای صنعتی، بیش از ۹۰ درصد زمان خود را در فضاهای سر بسته می‌گذرانند. این قابل درک است که آلودگی هوا در محیط‌های داخلی برای سلامت انسان مضر است و ممکن است خطرات جدی را در بر داشته باشد. مطالعات گسترده توسط دست‌اندرکاران محیط زیست در آمریکا و همچنین دانشمندان در اروپا، کانادا، هند، کره، استرالیا و ژاپن نشان داد که گیاهان موجود در فضاهای داخلی می‌توانند به بهبود کیفیت هوا در ساختمان‌های کاملاً بسته کمک کنند، این گیاهان در از بین بردن آلاینده‌های مضر مؤثر هستند. همچنین تحقیقات نشان داد مجاورت کارگران با گیاهان، باعث افزایش بهره‌وری، بهبود روحیه و کاهش استرس آن‌ها می‌شود (Wolverton, ۲۰۰۹).

از طرف دیگر، گیاهان زینتی می‌توانند به کاهش ترکیبات شیمیایی کمک کنند. به این دلیل درختان زینتی یکی از راه‌های مؤثر برای تهویه هوا می‌باشند. در تحقیقی در این راستا، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا گیاهان زینتی مختلفی را جهت بررسی توانایی‌های آن‌ها در از بین بردن گازهای سمی مانند فرمالدئید، تولوئن و آمونیاک مورد آزمایش قرار داد. نتایج نشان داد که گیاهان زینتی ترکیبات آلی فرار را از هوا به وسیله برگ‌های خود جذب و آن‌ها را به ناحیه ریشه انتقال می‌دهند که در آنجا این ترکیبات توسط میکروارگانیسم‌ها شکسته شده و مقادیر اندکی از عناصر موجود به عنوان یک منبع غذایی مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. گیاهان زینتی با انتشار بخار آب به وسیله برگ‌ها از طریق تعرق، باعث بالا بردن رطوبت نسبی هوا می‌شوند. نرخ تعرق بالا باعث ایجاد یک سری جریانات انتقالی می‌شود که در آن هوای مملو از سم به پایین خاک اطراف ریشه منتقل شده و در آنجا میکروب‌های موجود در خاک این گازهای سمی را شکسته و به عنوان یک منبع غذایی مورد استفاده قرار می‌دهند (Kobayashi و همکاران، ۲۰۰۷).

در تولید درختان زینتی، تنها برگ است که گاهی اوقات زیر خاک برگ‌راندانه شده و گاهی نیز جمع‌آوری و از محل برده می‌شود. لیکن، به هر حال برای نگه‌داشت سبزی‌نگی و استمرار رشد رویشی، درختان زینتی هم همه ساله نیاز به کود دارند. منتهی این مقدار کود باید به صورت بهینه مصرف گردد. به طور کلی مقدار کود مصرفی در درختان زینتی به مراتب کمتر از درختان میوه‌ده (حدود ۵۰

درصد) می‌باشد. لیکن در گل‌های زینتی به دلیل تولید و برداشت گل، به مقدار بیشتری از کودهای حاوی پتاسیم، بور و فسفر نیاز است (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱).

گل و گیاهان زینتی از نقطه نظر تقسیم‌بندی کالاهای اقتصادی، جزء کالاهای کشش‌پذیر هستند؛ به عبارتی افزایش قیمت هر واحد تولیدی آن و یا کاهش کیفیت آن، تاثیر بسزایی در میزان تقاضای بازار دارد. لذا توجه به کلیه عوامل تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت تولید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان تغذیه متعادل به‌ویژه مصرف سولفات پتاسیم، کلرور پتاسیم و یا نیترات پتاسیم به عنوان شاخص‌ترین، اقتصادی‌ترین و در دسترس‌ترین عامل تاثیرگذار بر عملکرد در واحد سطح و ارتقاء کیفی گل‌ها از نقطه نظر رنگ (خوش‌رنگی)، شکل ظاهری، طول عمر بعد از برداشت و نیل به اهداف برنامه‌های توسعه در کشور حائز اهمیت فراوان می‌باشد. از طرف دیگر، ارتقاء دانش فنی تولیدکنندگان گل و گیاهان زینتی در زمینه تغذیه متعادل گیاهی، بسیاری از مشکلات ناشی از تفکر غلط مصرف اوره، فسفات، کودهای آلی و آهن را مرتفع می‌نماید. این موضوع با ایجاد الگوی تغذیه‌ای گلخانه‌ای و یا ارائه برنامه تغذیه در گلخانه‌ها امکان‌پذیر خواهد بود. همچنین هدایت تولیدکنندگان برای بکارگیری آزمون‌های خاک، تجزیه آب و گیاه (گل) و توجه به توصیه محققین در راستای تغذیه متعادل و نیز توجه به نقش تشکلهای تولیدی بسیار کلیدی و سرنوشت‌ساز خواهد بود.

با بررسی و تدوین راهکارهای تشویقی و حمایتی از تولیدکنندگانی که با بکارگیری روش‌های نوین تغذیه در گلخانه‌های خود به عنوان پیشگامان مسیر توسعه کشاورزی نوین، قدم برمی‌دارند و نیز تفهیم این موضوع به جامعه تولیدکنندگان گل و گیاه که تغذیه مطلوب در شرایط گلخانه‌ای مستقل از تغذیه همان محصول در شرایط مزرعه‌ای را دارند، قدم‌های مؤثرتری در راستای توسعه این رشته نوپا برداشته خواهد شد (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱). در اکثر موارد، تولیدکنندگان گل از مصرف بهینه کودهای شیمیایی اطلاعی نداشته و با افراط یا تفریط در مصرف بعضی از عناصر، علاوه بر کاهش کمی محصول، گل‌های تولیدی کیفیت قابل قبولی را نیز جهت صدور به خارج از کشور نخواهند داشت (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱).

۲-۶- نقش برخی از عناصر غذایی در کمیت و کیفیت گل‌های زینتی

یکی از مهم‌ترین عوامل ارزیابی کیفیت گل‌های شاخه بریده، میزان تولید و افزایش طول عمر بعد از برداشت گل‌ها می‌باشد. این عوامل بستگی به رقم، اقلیم، شرایط محیط کشت، زمان برداشت، نحوه مدیریت و روش تغذیه دارد. از آنجایی که عامل تغذیه صحیح نقش بسزایی در افزایش طول عمر گل‌ها دارد، لذا در این جا سعی خواهد شد تا نقش عناصر غذایی در بهبود کمی و کیفی درختان، درختچه‌ها و گل‌های زینتی به چالش کشانده شود. تاکنون تلاش‌های تغذیه‌ای فراوانی برای افزایش طول عمر گل‌های بریده انجام گرفته ولی در ایران فقط در یک دهه گذشته نقش تغذیه بهینه در بهبود کمی و کیفی گل‌های بریده مطرح شده است (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱ و

بنی جمالی و ملکوتی، ۱۳۸۴). طول عمر گل‌ها، متأثر از ساختار ژنتیکی و فیزیولوژیکی مدیریت داشت و برداشت می‌باشد. اختلاف در طول عمر گل‌های بریده رقم‌های مختلف با قطر و استحکام ساقه همبستگی دارد. ساقه‌های ضخیم‌تر، کمتر دچار خم‌شدگی و شکستگی می‌شوند و همچنین حاوی مواد تنفسی بیشتری برای گل‌ها می‌باشند و بنابراین طول عمر بیشتری دارند. استحکام ناکافی ساقه‌ها معمولاً منجر به خمیدگی و در نهایت کوتاهی در ماندگاری می‌گردد. برخی از گل‌های بریده از جمله رُز که اتیلن بیشتری تولید می‌کنند، نسبت به آن‌هایی که تولید اتیلن کمتری دارند، سریع‌تر پیر می‌شوند. یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده طول عمر گل‌های بریده، میزان کربوهیدرات‌ها می‌باشد. کربوهیدرات‌ها منبع اصلی تغذیه گل‌ها و منبع انرژی برای حفظ واکنش‌های بیوشیمیایی و بیوفیزیکی گل‌ها پس از جدا شدن از بوته‌های مادری می‌باشند. ساکارز بیشترین مصرف را در نگهدارنده‌های گل دارد اما در برخی فرمول‌ها از گلوکز و فرکتوز نیز استفاده می‌شود. یکی از عوامل افزایش طول عمر گل‌ها وجود تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر سایتوکینین‌ها، اکسین‌ها (اینډول اسید استیک) و جیبرلین‌ها می‌باشد (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱).

پتاسیم نقش کاتالیزوری داشته و در نقل و انتقال مواد، کنترل تبخیر و تعرق، فعالیت‌های آنزیمی نیز نقش دارد. از نقش‌های آن می‌توان به افزایش مقاومت گیاهان در برابر آفات و بیماری‌ها، کم‌آبی، تنش‌های محیطی، بهبود کمی و کیفی، افزایش طول عمر گل‌های بریده و تشدید فتوسنتز اشاره نمود که کمبود آن باعث کاهش گلچه‌ها و همچنین کوتاهی سنبله گل، تاخیر در گلدهی و زردی عمومی در برگ‌های مسن می‌گردد. علائم کمبود پتاسیم با زرد شدن برگ‌های قدیمی، توقف رشد و کوچک‌تر شدن گل‌ها مشخص می‌شود. علائم کمبود پتاسیم در میخک بدین صورت نمایان می‌شود که از برگ‌های مسن به صورت تغییر رنگ به نوک برگ‌ها، قابل رویت می‌باشد. در شرایط کمبود، ساقه‌های گل‌دهنده تحت تاثیر این کمبود قرار گرفته و در حالت شدید، کاسبرگ‌ها زرد می‌شود. در گل داوودی، در اثر کمبود پتاسیم، رشد بوته‌ها شدیداً کاهش یافته و برگ‌ها قهوه‌ای و خشک می‌شوند و در شرایط کمبود شدید، ساقه گل‌دهنده خم و شکسته به نظر رسیده و روی بوته آویزان می‌شود. در گل ژربرا، علائم کمبود پتاسیم به صورت قهوه‌ای و برنزه شدن برگ‌های مسن قابل مشاهده است. در بنت‌القنسل، ابتدا رنگ‌پریدگی در برگ‌ها و به دنبال آن خشکیدگی حاشیه برگ‌ها عارض می‌شود. در صورت تشدید کمبود، تعداد برگ‌های رنگی به شدت کاهش یافته و از بازارپسندی بوته‌ها کاسته می‌شود. در گل رُز کمبود پتاسیم به صورت کلروز و سپس نکروزه شدن حاشیه و نوک برگ‌های مسن، رنگ‌پریدگی شکوفه‌ها، کاهش کمیت و کیفیت گل، کاهش مقاومت به سرمازدگی و امراض می‌باشد (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱ و بنی جمالی و ملکوتی، ۱۳۸۴).

در گل پامچال، از مهم‌ترین علائم کمبود پتاسیم، کمی رشد و علفی شدن بوته‌ها، قهوه‌ای و برنزه شدن حاشیه برگ‌ها و در نهایت کاهش گلدهی می‌باشد. در گل‌های آنتوریوم علائم کمبود پتاسیم با زرد شدن برگ‌های قدیمی بعد از حذف پتاسیم از برنامه تغذیه آغاز و سپس رشد

گیاه متوقف می‌گردد. برگ‌های پائینی زرد و لکه‌های زرد رنگی بین رگبرگ‌ها ایجاد می‌شود که به تدریج به لکه‌های بزرگ نکروزه تبدیل می‌شوند. حال آن‌که برگ‌های جوان‌تر کوچک، باریک و سبز تیره باقی می‌مانند. تحت این شرایط گل‌های تولیدی در اندازه‌های کوچک تا متوسط می‌باشند. در اکثر گل‌های زینتی در صورت کمبود پتاسیم، برگ‌های مسن به سرعت حالت خشکیدگی پیدا نموده و در نهایت متعاقب کاهش شدید پتاسیم، بیش از نصف برگ‌ها خشک می‌گردد. کمبود پتاسیم در گل لاله عباسی، لکه‌های سفید متمایل به قهوه‌ای و سوختگی نوک برگ‌ها را به همراه دارد. به طور کلی کمبود پتاسیم در کلیه گیاهان زینتی، سبب بدشکلی گل‌ها گردیده و از بازار پسندی آن‌ها به شدت می‌کاهد. در اکثر گل‌های زینتی از دادن کودهای نیتروژنی زیادی مخصوصاً در مرحله گلدهی باید پرهیز نمود و در مقابل به مصرف کودهای پتاسیمی مخصوصاً سولفات پتاسیم اقدام نمود. پتاسیم در اکثر موارد باعث افزایش طول عمر گل‌های زینتی می‌گردد (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱ و بنی‌جمالی و ملکوتی، ۱۳۸۴). در ذیل به شرح مختصری از نقش مصرف متعادل کود به‌ویژه پتاسیم در افزایش کمی و کیفی گل‌های متفاوت پرداخته می‌شود (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱ و بنی‌جمالی و ملکوتی، ۱۳۸۴).

● **گلایل (Gladiolus):** گلایل جزء چهار گل اصلی شاخه بریده صادراتی ایران است. برای ارتقاء کیفیت گل‌های شاخه بریده به‌ویژه گلایل، تغذیه پتاسیم دارای اهمیت زیاد می‌باشد. مصرف پتاسیم به میزان ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار (K_2O) بر اساس نتایج تجزیه خاک همراه با مصرف بهینه سایر عناصر غذایی، موجب ارتقاء خصوصیات کمی و کیفی گل از جمله افزایش ارتفاع شاخه گل‌دهنده، افزایش قطر ساقه گل، افزایش وزن پدازه و پدازک در واحد سطح، افزایش تعداد پدازه و پدازک در واحد سطح، افزایش طول عمر گل شاخه بریده و افزایش مقاومت به کم‌آبی در گل‌های شاخه بریده گلایول گردید. مصرف ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O)، موجب اثرات مثبت باقیمانده در تولید پدازه و گل حاصل از آن در سال بعد از جمله افزایش تعداد پدازه و پدازک در واحد سطح، افزایش وزن پدازه و پدازک در واحد سطح، افزایش طول عمر گل، افزایش تعداد گلچه در گل آذین، افزایش تعداد بوته‌های باقیمانده در کرت، افزایش ارتفاع شاخه گل و افزایش قطر ساقه شد.

● **گل مریم (Tuberosa):** گل مریم از جمله گل‌های معطر و مهم شاخه بریده ایران می‌باشد که می‌تواند جایگاه خاصی در امر صادرات و مصرف داخلی داشته باشد. مصرف پتاسیم به میزان ۳۶۰ کیلوگرم بر هکتار (K_2O) بر اساس نتایج تجزیه خاک همراه با مصرف بهینه دیگر عناصر غذایی موجب ارتقاء صفات کمی و کیفی گل از جمله افزایش ارتفاع شاخه گل‌دهنده تعداد گلچه در گل آذین گل، بهبود وزن پیاز و پیازچه و بهبود تعداد پیاز و پیازچه گردید.

● **داوودی (Chrysanthemum):** گل داوودی با تنوع وسیع و سازگاری مطلوب آن از جمله

گل‌های مهم شاخه بریده ایران و جهان می‌باشد. با توجه به نیاز بالای این گل به عناصر غذایی از جمله پتاسیم با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار (K_2O) تأثیرات مثبتی از لحاظ کمی و کیفی گل دارد. از جمله افزایش عمر پس از برداشت گل، افزایش تعداد شاخه گل در واحد سطح، افزایش وزن تر گیاه و افزایش قطر غنچه گل گردید.

● **میخک (Carnation):** یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده ایران و جهان محسوب می‌گردد. مصرف پتاسیم بر اساس نتایج تجزیه خاک به میزان ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار (K_2O) موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل می‌شود، از جمله افزایش تعداد شاخه در واحد سطح و بهبود قطر گل، عمر پس از برداشت، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد بوته در کرت و قطر غنچه می‌شود.

● **گل جعفری (Marigold):** گل جعفری پا بلند یکی از گل‌های شاخه بریده با اهمیت در جهان می‌باشد که جایگاه خوبی در تولیدات داخلی و خارجی می‌تواند داشته باشد. مصرف پتاسیم بر اساس تغذیه بهینه عناصر غذایی و نتایج تجزیه خاک به میزان ۲۷۰ کیلوگرم بر هکتار (K_2O) موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل از جمله افزایش ارتفاع شاخه گل، افزایش قطر گل و بهبود قطر ساقه گل می‌گردد.

● **آهار (Zinnia):** آهار از جمله گل‌های مهم یکساله دارای تنوع و سازگاری مناسب با آب و هوای ایران است. تغذیه بهینه عناصر غذایی و پتاسیم تا ۵۴۰ کیلوگرم بر هکتار (K_2O) بر اساس نتایج تجزیه خاک موجب بهبود کمی و کیفی گل از جمله افزایش ارتفاع شاخه گل، افزایش قطر گل و افزایش عمر پس از برداشت می‌گردد.

● **گل‌های شاخه بریده رُز:** در تحقیقی در رُزکاری‌های شمال خوزستان، برای تفسیر نتایج تجزیه برگ جامعه نمونه‌برداری شده به دو گروه رُزکاری‌های با کیفیت گل بالا و پایین تقسیم شد. از آنجایی که در گل‌های شاخه بریده کیفیت برتر از کمیت است، بنابراین ملاک تقسیم‌بندی کیفیت گل در نظر گرفته شد. بدین منظور چهار شاخص وزن تر گل، طول جام گل، قطر جام گل و عمر پس از برداشت به عنوان شاخص‌های کیفی گل مد نظر قرار گرفته و تقسیم‌بندی بر مبنای آن‌ها صورت گرفت. نتایج تجزیه آماری میانگین‌ها (آزمون t) نشان داد که در گروه رُزکاری‌های با کیفیت گل بالا شاخص‌های وزن تر گل، طول جام گل و قطر جام گل به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد بیشتر از همان شاخص‌ها در گروه رُزکاری‌های با کیفیت گل پایین بود (کیانی و ملکوتی، ۱۳۸۴). روابط همبستگی بین درصد نیتروژن برگ با شاخص‌های کیفی گل نشان داد که بین مصرف بهینه کودهای نیتروژنی و عمر پس از برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد وجود داشت. بنابراین تأمین کافی نیتروژن تأثیر بسزایی در افزایش عمر پس از برداشت گل رُز دارد. میانگین غلظت فسفر نمونه‌های برگ در هر دو گروه رُزکاری‌های با کیفیت گل بالا و پایین کمتر از سطح مطلوب آن بر اساس استانداردهای موجود می‌باشد. اما با

عنایت به میانگین غلظت فسفر برگ در رُزکاری‌های که فسفر قابل استفاده خاک آن‌ها بیش از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و همچنین نیاز کم رُز به این عنصر، به نظر می‌رسد سطح مطلوب فسفر برای رُز رقم ایلونا، ۰/۲۲ درصد وزن خشک برگ باشد.

پتاسیم تنها عنصری بود که میانگین غلظت برگ آن در رُزکاری‌هایی با کیفیت گل بالا به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد بیشتر از غلظت آن در برگ رُزکاری‌هایی با کیفیت گل پایین بود. روابط همبستگی بین درصد پتاسیم برگ با شاخص‌های کیفی گل، حاکی از وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین درصد پتاسیم برگ با طول جام گل، قطر جام گل و وزن تر گل بود که نشان‌دهنده تاثیر پتاسیم بر بهبود شاخص‌های کیفی گل می‌باشد. با توجه به کاهش قابل ملاحظه پتاسیم قابل استفاده خاک در رُزکاری‌های شمال خوزستان، مصرف پایین کودهای پتاسیمی، وجود تفاوت معنی‌دار بین پتاسیم برگ رُزکاری‌های با کیفیت گل بالا و پایین و نتایج تحقیقات انجام شده در مورد تاثیر معنی‌دار پتاسیم بر بهبود شاخص‌های کیفی گل رُز، می‌بایست مصرف کودهای پتاسیمی به‌طور وسیعی در رُزکاری‌ها ترویج شود. علی‌رغم بالا بودن میزان آهک خاک رُزکاری‌های شمال خوزستان و مطلوب بودن غلظت کلسیم برگ در هر دو گروه رُزکاری‌های با کیفیت گل بالا و پایین، عوارض ناشی از کمبود کلسیم نظیر خمیدگی دمگل مخصوصاً در شرایط پرورش گلخانه‌ای، رشد ناچیز گل در دوره پس از برداشت (عدم باز شدن غنچه‌های گل)، پایین بودن عمر پس از برداشت (به‌طور متوسط شش روز) و گسترش فراوان بیماری پوسیدگی غنچه (Botrytis blight) که تأمین کلسیم باعث کاهش معنی‌دار آن می‌گردد، در رُزکاری‌های شمال خوزستان به‌طور گسترده دیده می‌شود. به دلیل جایگاه ویژه این عنصر در ساختمان دیواره سلولی و همچنین مسائل خاص مربوط به فیزیولوژی انتقال این عنصر در آوندهای گیاهی که تأمین آن را به میزان کافی برای برخی از اندام‌های گیاهی همچون گل دچار اختلال می‌کند، ضرورت محلول‌پاشی کلسیم در رُزکاری‌ها به عنوان تنها راه تأمین این عنصر برای اندام‌هایی نظیر گل الزامی است. عدم نبود رابطه معنی‌دار بین درصد کلسیم برگ و شاخص‌های کیفی گل نیز مؤید همین نکته است (کیانی و ملکوتی، ۱۳۸۴).

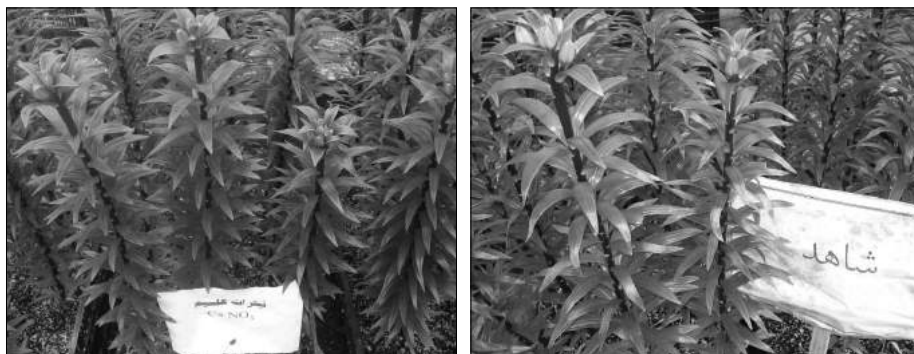
میانگین غلظت منیزیم، آهن، روی و مس در هر دو گروه رُزکاری‌ها با کیفیت گل بالا و پایین، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و غلظت همه‌ی آن‌ها در سطح مطلوب بود. علل این مسئله را می‌بایستی در سمپاشی‌های مکرر رُزکاری‌ها با سموم شیمیایی نظیر انواع قارچ‌کش‌ها جستجو نمود. این سموم دارای عناصری همچون منگنز، روی و مس بوده و استفاده مکرر این سموم توسط گل‌کاران احتمال ایجاد مسمومیت ناشی از این عناصر را تقویت می‌کند. مثال بارز در این مورد استفاده از قارچ‌کش‌های گروه دینوکاربامات نظیر مانب ($C_4H_6MnN_4S_4$)، زینب ($C_4H_6N_4S_4Zn$)، مانکوزب (مخلوط مانب و زینب) و همچنین، گروه قارچ‌کش‌های اکسی کلرور مس می‌باشد که باعث افت شاخص‌های کیفی رُز شده است. با وجود این که مقادیر برگ آن دو عنصر در رُزکاری‌های شمال خوزستان با توجه به مراجع موجود در سطح مطلوب است، اما با توجه به افت شاخص‌های

کیفی رُز که احتمالاً ناشی از اثر سمی این عناصر بر اندام‌هایی نظیر گل می‌باشد ضرورت انجام تحقیقات در این زمینه بیش از پیش احساس می‌شود (کیانی و ملکوتی، ۱۳۸۴). مورد مشابه دیگر افزایش غیرمنطقی میزان منگنز برگ از سطح مطلوب می‌باشد. با توجه به نتایج تجزیه خاک مبنی بر پایین بودن میزان منگنز قابل استفاده خاک از ۵ میلی گرم در کیلوگرم، در ۶۷ درصد رُز کاری‌های نمونه برداری شده، افزایش غیرمعمول میزان منگنز برگ را احتمالاً می‌توان به سمپاشی‌های بی‌رویه با سموم قارچ کش حاوی ترکیبات منگنز نظیر مانب و مانکوزب نسبت داد. بنابراین، با توجه به بالا بودن میزان آهک و pH خاک‌های تحت کشت رُز، استفاده از کودهایی با خاصیت اسیدی و انجام تحقیقات لازم برای استفاده از گوگرد به همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس و مواد آلی به منظور کاهش pH موضعی خاک‌های تحت کشت رُز توصیه می‌شود. کاهش قابل ملاحظه کربن آلی خاک‌های تحت کشت رُز به همراه بافت سنگین آن‌ها مصرف مواد آلی را به منظور بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ایجاب می‌کند. استفاده متعادل از کودهای فسفاتی و ترویج گسترده استفاده از کودهای پتاسیمی و ریزمغذی‌ها بر مبنای نتایج تجزیه خاک به منظور تغذیه بهینه رُز در شمال خوزستان الزامی است. همچنین نظر به بروز علائم کمبود کلسیم در رُز کاری‌های خوزستان به دلیل عدم تأمین کافی آن از خاک و حرکت بطئی آن در آوندهای آبکشی، توصیه می‌شود از محلول پاشی کلسیمی در طول دوره رشد استفاده شود (کیانی و ملکوتی، ۱۳۸۴).

علت کمبود کلسیم در گل‌های زینتی به رغم آهکی بودن خاک‌ها را می‌توان چنین بیان نمود که چون کلسیم به وسیله آوندهای چوبی حرکت می‌کند ولی در آوندهای آبکش به دلیل تثبیت در واکوئل و درشتی یون و نداشتن حامل نمی‌تواند حرکت کند، لذا کمبود کلسیم در گل‌های زینتی به وفور مشاهده می‌شود (در بافت‌های مبتلا به کمبود کلسیم، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و پکتین محلول افزایش و در نهایت قهوه‌ای شدن اندام‌های زایشی مطرح است) (Marschner, ۱۹۹۵).

نقش‌های کلسیم در گیاه عبارتند از پایداری دیواره سلول، رشد سلول، پایداری غشا و تنظیم آنزیم، تنظیم توزیع کلسیم درون سلول، موازنه کاتیون-آنیون و تنظیم اسمزی. علائم کمبود شدید کلسیم به صورت بدشکلی و زرد شدن برگ‌ها را بخصوص در ناحیه رشد انتهایی می‌توان مشاهده نمود. زرد شدن اغلب زمانی اتفاق می‌افتد که شاخه در حال رشد سریع است. مظاهری و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایشی چنین بیان داشتند که نکروزه شدن برگ‌ها ناشی از کمبود کلسیم (Ca) سبب کاهش بازپسندی و ارزش اقتصادی گل‌ها می‌شود. نتایج تحقیقات آن‌ها در زمستان نشان داد که نکروزه شدن برگ‌ها از ۳۲ روز پس از کاشت سوخ‌ها بر روی بیش از ۹۰ درصد گل‌ها به دلیل کمبود کلسیم شروع و تا دو هفته ادامه می‌یابد. در این بررسی‌ها، متوسط غلظت کلسیم برگ‌ها بسیار پایین و حدود ۰/۲۲ درصد ماده خشک بود. اما در آزمایش دیگری که در فصل تابستان انجام شد، نکروزه شدن برگ‌ها حتی به صورت جزئی بر روی هیچ یک از گل‌ها مشاهده نشد و متوسط غلظت کلسیم برگ‌ها در این آزمایش، ۰/۵۵ درصد ماده خشک بود. آن‌ها چنین جمع بندی نمودند که بالا

بودن دمای محیط کشت در آزمایش تابستان نسبت به دو آزمایش دیگر که در زمستان انجام شده بود، می‌تواند دلیل اصلی شیوع و گسترش ناهنجاری نکروزه شدن برگ‌های گل سوسن باشد. با توجه به نتایج فوق، آن‌ها ۱۰ بار محلول‌پاشی با ترکیب‌های کلسیمی با غلظت ۵۰ میلی‌مول بر لیتر در فواصل یک روز در میان در طول فصل‌های سرد سال، برای کاهش شیوع و شدت عارضه نکروزه شدن در انواع گل‌ها به‌ویژه در شرایطی که درجه حرارت محیط کشت پایین باشد، توصیه نمودند. در شکل یک، بررسی تأثیر دمای محیط کشت بر نکروزه شدن برگ‌های سوسن و حل مشکل آن‌ها با محلول‌پاشی نیترات کلسیم نشان داده شده است.



شکل ۱- تأثیر دمای محیط کشت بر نکروزه شدن برگ‌های سوسن و حل مشکل آن‌ها با محلول‌پاشی نیترات کلسیم

پس از تهیه شرایط محیطی مناسب، تغذیه مهم‌ترین عامل در افزایش محصول و عمر پس از برداشت گل‌ها است. گل‌ها در مرحله نونهالی نسبت به مرحله بلوغ (گلدهی) به نیتروژن بیشتر و پتاسیم کمتری احتیاج دارند. این وضعیت بدین دلیل است که گیاه باید به سرعت رشد کند تا دوره نونهالی را سریع طی کند. زیرا نیتروژن رشد سلول‌ها را تحریک و تسریع می‌کند. وقتی گیاه وارد مرحله گلدهی شد به نیتروژن کمتر و پتاسیم بیشتری نیاز خواهد داشت.

محققین نشان دادند که با کم کردن کودهای نیتروژنی و مصرف ۲۲۴ کیلوگرم پتاسیم، می‌توان گل‌هایی با بیشترین طول عمر را تولید نمود. شاید بتوان نتیجه گرفت که مقدار نیتروژنی که در اثر تجزیه مواد آلی در دسترس ریشه‌ها قرار می‌گیرد برای گلدهی و رشد و نمو گیاه کافی باشد. اگر چه ممکن است حداکثر محصول با افزایش مقداری نیتروژن به زمین به دست آید ولی کیفیت گل‌ها با دادن کود نیتروژنی کاهش می‌یابد. بنابراین، باید نسبت مناسبی از نیتروژن و پتاسیم استفاده کرد تا هم مقدار محصول و هم کیفیت گل‌ها در حد بهینه حفظ شود.

مصرف بهینه کودها اعم از کودهای پرمصرف و کم‌مصرف در تمام گل‌کاری‌ها بایستی رعایت شود. برای تعیین مقدار نیاز کودی گل‌های زینتی از روش‌های تجزیه خاک، تجزیه برگ‌گی و یا هر دو استفاده شود. برای افزایش فتوسنتز و نهایتاً افزایش تولید، تزریق گاز کربنیک در درون گلخانه‌های

بسته که بدلیل سردی هوا تماسی با بیرون ندارند انجام گیرد. در افزایش تولید و بهبود کیفی گل‌های زینتی نسبت به مصرف پتاسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، بور، مس و مولیبدن در حد نیاز اقدام نمود. برای افزایش طول عمر گل‌های بریده، مصرف کلرور کلسیم به صورت محلول پاشی انجام و زمان برداشت، نحوه برداشت و بسته‌بندی و مسائل بعد از برداشت نیز توجه نمود. قبل از مصرف کودهای جدید و ناشناخته، نحوه و مقدار مصرف در قطعه‌ای کوچک که مصرف بهینه کودها در آن رعایت شده باشد، آزمایش شود تا در صورت مثبت بودن نتیجه، در سال‌های بعد به‌طور گسترده مصرف شود. یکی دیگر از عوامل مهم در کارایی مصرف کود بررسی کیفیت آب آبیاری است. عمر پس از برداشت گل‌ها متغیر است. حدود ۶۳ تا ۷۱ درصد از این تغییرات مربوط به تغذیه گیاهان است. افزودن نیتروژن، عمر پس از برداشت گل‌ها را کم و در مقابل افزودن کودهای پتاسیمی عمر پس از برداشت گل‌ها را زیاد می‌کند. کوتاه‌ترین طول عمر گل در فقدان پتاسیم (صفر کیلوگرم بر هکتار در سال است) و بیشترین مقدار نیتروژن (۴۴۸ کیلوگرم بر هکتار در سال) به دست آمده است. بلندترین طول عمر گل در فقدان کودهای نیتروژنی و مصرف ۲۲۴ یا ۴۴۸ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در سال به دست آمده است. فسفر اثری روی عمر پس از برداشت گل‌ها نداشته است. به منظور افزایش بهره‌وری کود قبلاً نسبت به تجزیه آب اقدام نمایید. در ذیل به شرح مختصری از نقش مصرف متعادل کودها در افزایش کمی و کیفی گل‌های متفاوت پرداخته می‌شود (ملکوتی و کافی، ۱۳۸۱ و بنی‌جمالی و ملکوتی، ۱۳۸۴):

● گل بریده میخک

کمبود فسفر: یکی از اولین علائم کمبود فسفر، کاهش رشد و توانایی جذب ریشه می‌باشد که به دنبال آن کاهش رشد قسمت هوایی مشاهده می‌شود. اولین علائم قابل مشاهده در قسمت‌های هوایی ایجاد لکه‌های سفید در برگ‌های مسن است که تدریجاً حالت نکروزه و خشکیدگی عارض می‌شود. در این حالت رنگ پهنک برگ به صورت سبز خیلی تیره به نظر می‌رسد.

کمبود پتاسیم: علائم کمبود پتاسیم در میخک از برگ‌های مسن پایینی شروع می‌شود. این علائم به صورت تغییر رنگ نوک برگ به زرد مایل به خاکستری قابل مشاهده است. ساقه گل‌دهنده نیز تحت تاثیر این کمبود قرار گرفته و در حالت کمبود شدید کاسبرگ‌ها، زرد می‌شود.

کمبود منیزیم: علائم کمبود منیزیم نیز با ایجاد زردی در برگ‌های مسن خودنمایی می‌کند. به‌طوری که علائم زردی به صورت نوارهای باریکی از قاعده برگ به سمت نوک آن حرکت می‌نماید. بنابراین در بسیاری حالات، زردی قاعده برگ میخک نشان از کمبود منیزیم دارد.

کمبود مولیبدن: از مهم‌ترین علائم کمبود مولیبدن، ایجاد حالت نکروزه و پیچ خوردگی انتهای برگ‌هاست که به صورت آویزان روی بوته به همراه کاهش شدید رشد قابل مشاهده است. معمولاً کمبود مولیبدن در خاک‌هایی که حالت اسیدی دارند قابل مشاهده است. کمبود عناصر ریزمغذی نظیر آهن به صورت رنگ پریدگی، کمبود روی به صورت ریز برگ‌گی و کم برگ‌گی مشاهده می‌گردد.

● داوودی

اثر پتاسیم: یکی از عناصر غذایی مهم برای کلیه گیاهان به‌ویژه گل داوودی، پتاسیم است. در اثر کمبود این عنصر، رشد بوته داوودی به شدت کاهش یافته و برگ‌ها قهوه‌ای و خشک می‌شوند و در شرایط کمبود حاد ساقه گل‌دهنده خم و شکسته به نظر رسیده و روی بوته آویزان می‌شود.

کمبود منیزیم: در اثر کمبود این عنصر، به شدت از میزان کلروفیل‌سازی (سبزینه) کاسته شده، زردی (کلروز) بین رگبرگی قابل مشاهده است. در این حالت پهنک برگ تصویری از درخت کاج را نمایان می‌سازد (به علت توسعه زردی بین رگبرگ‌ها).

کمبود آهن: یکی از عناصر غذایی مهم در حفظ کیفیت گل‌های بریده، عنصر آهن است. تمامی ارقام داوودی به کمبود آهن حساسیت خاصی را نشان می‌دهند به‌طوری که رنگ برگ‌ها به زردی گرائیده و از شفافیت رنگ گل و برگ‌ها به شدت کاسته می‌شود.

کمبود بور: بور یکی از مهم‌ترین عناصر در متعادل نمودن فعالیت قسمت‌های مریستمی می‌باشد. در کلام دیگر، هر قسمت از گیاه که در آن تقسیم سلولی بیشتر باشد، تجمع بور وجود دارد. بنابراین اولین علامت کمبود بور، ایجاد اختلال در تقسیم سلولی در نوک گیاه و حاشیه برگ‌هاست. در گیاه داوودی کمبود بور سبب توقف رشد حاشیه برگ‌های جوان، ناشدگی و در نهایت مرگ آن‌ها می‌گردد. در کمبود شدید بور، رنگ گل‌ها تغییر نموده و به صورت سفید کثیف و رنگ پریده مشاهده می‌شود.

● گل سرخ

کمبود فسفر: در کمبود فسفر برگ‌های مسن گل سرخ، شروع به قهوه‌ای شدن از کنار برگ می‌نمایند. رنگ برگ‌ها سبز تیره شده و از شفافیت آن‌ها کاسته می‌شود. همان‌طور که ذکر شد در کمبود فسفر رشد ریشه‌ها کند شده و به دنبال آن، جذب آب و املاح و در نهایت رشد قسمت هوایی گل دچار رکود می‌شود.

کمبود بور: کمبود بور به صورت ایجاد اختلال در تقسیم سلولی قسمت‌های انتهایی گیاه و حاشیه برگ‌ها ظاهر می‌شود. در کمبود بور، برگ‌های گل سرخ رشد عادی خود را از دست داده و به تدریج برگ‌ها از حاشیه شروع به پیچ خوردگی می‌نمایند. گلبرگ‌ها نیز دچار رنگ پریدگی شده، گل‌ها بد شکل شده و به شدت از بازارپسندی آن‌ها کاسته می‌شود.

کمبود مس: مس یکی از عناصر مهم است که به مقدار بسیار کمی مورد نیاز گیاه است. در اثر کمبود این عنصر، ابتدا برگ‌های جوان گل سرخ شروع به پژمرده شدن می‌نمایند و با پیشرفت کمبود، شاخه گل‌دهنده طراوت خود را از دست داده و به تدریج پژمرده، آویزان و خشک می‌شوند. بنابراین استفاده از کودهای کاملی که مقدار متعادل مس در آن وجود داشته باشد، در کشت کار رُز بسیار مهم است. کمبود مولیبدن: اولین علامت کمبود مولیبدن ایجاد لکه‌های قهوه‌ای در حاشیه برگ‌هاست که به تدریج گسترش یافته، به هم پیوسته و تمامی حاشیه برگ را فرا می‌گیرد. برگ‌هایی که علامت کمبود را نشان

می‌دهند، زودتر خزان می‌کنند. اگر علائم کمبود مولیبدن در بوته‌های گل‌دار مشاهده شود، به سرعت گل‌ها رنگ شاداب خود را از دست داده و از زیبایی و بازار پسندی آن‌ها کاسته می‌شود.

● گل ژربرا

اثر عناصر غذایی اصلی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم): در کمبود نیتروژن، زردی برگ‌های ژربرا از پایین به بالا (از برگ‌های مسن به جوان) قابل مشاهده است. زیرا نیتروژن عنصری پویا است که می‌تواند از عضوی به عضو دیگر حرکت نماید. از آنجا که وجود نیتروژن در اندام‌های جوان و در حال رشد به علت فرآیند پروتئین سازی بسیار بالاست. بنابراین در حالت کمبود، مقادیر مورد نیاز نیتروژن از اندام‌های پیر (برگ‌های پایینی) به برگ‌های بالایی منتقل می‌شود. بنابراین، کمبود ابتدا در برگ‌های پایینی قابل مشاهده است. در کمبود فسفر برگ‌ها حالت سبز تیره پیدا نموده و حاشیه آن‌ها دچار سوختگی می‌شود. علائم کمبود پتاسیم به صورت قهوه‌ای و برنزه شدن برگ‌های پیر قابل مشاهده است.

کمبود آهن: علائم کمبود آهن در گل ژربرا مانند بسیاری از گیاهان دیگر به صورت کلروز (زردی) بین رگبرگ‌هاست به طوری که فقط قسمت‌های حاشیه رگبرگ‌های اصلی و فرعی سبز مانده و در صورت پیشرفت کمبود، نوک و حاشیه برگ‌ها خشک شده و به طور محسوسی از کیفیت گل کاسته می‌شود. لازم به ذکر است که در کمبود آهن ابتدا برگ‌های جوان و سپس برگ‌های مسن دچار زردی می‌شوند. علت این امر عدم پویایی عنصر آهن است. بنابراین اگر در زمان ایجاد یک برگ جوان، آهن به قدر کافی وجود نداشته باشد امکان انتقال آن از سایر اندام‌ها همچون برگ‌های پیر وجود ندارد.

کمبود روی: علائم کمبود روی با کچلی و کوچک شدن برگ‌های جوان در اکثر گل‌ها خودنمایی می‌کند. کمبود روی در خاک‌های زراعی کشور به دلایل متعدد از جمله مصرف کودهای فسفاتی، بیشتر مشاهده می‌شود.

کمبود بور: گیاه ژربرا کمبود بور را به صورت مرگ نقاط رویشی و قاشقی شدن برگ‌ها نشان می‌دهد. گلبرگ‌ها رشد نکرده و ظاهری بسیار زشت و بد منظره پیدا می‌کنند.

کمبود مولیبدن: علائم کمبود این عنصر در گیاه ژربرا به صورت زرد شدن برگ‌ها و پیچیدگی حاشیه برگ‌ها به سمت داخل است. غنچه‌ها به طور کامل باز نشده و گل‌ها بد شکل می‌شوند و در نهایت از بازار پسندی آن به شدت کاسته می‌شود.

● گل بنت القنسل

کمبود نیتروژن: در بنت القنسل نیز مانند تمامی گیاهان، اولین علامت کمبود نیتروژن زردی برگ‌های پایینی است که در شرایط ادامه کمبود، تدریجاً سبب خشکی و ریزش برگ‌ها می‌شود.

کمبود فسفر: از مهم‌ترین علائم کمبود فسفر پیچیدگی لبه برگ‌ها به سمت داخل و ریزش آن‌ها، ایجاد لکه‌های قهوه‌ای روی برگ و توقف رشد برگ‌های رنگی (براکته‌ها) و به طور کلی توقف رشد بوته می‌باشد. کمبود پتاسیم: ابتدا رنگ پریدگی در برگ‌ها و به دنبال آن خشکیدگی حاشیه برگ‌ها عارض می‌شود.

در کمبود شدید پتاسیم تعداد برگ‌های رنگی (براکته‌ها) به شدت کاهش یافته و از بازار پسندی بوته‌ها کاسته می‌شود.

کمبود بور: رنگ پریدگی کلی برگ‌ها و از دست رفتن شفافیت رنگ شاخه و برگ، توقف نقاط رشدی (مریستم‌ها) و پیچیدگی لبه برگ‌ها به داخل از مهم‌ترین علائم کمبود بور می‌باشد.

● **کمبود پتاسیم در گل پامچال:** از مهم‌ترین علائم کمبود پتاسیم در پامچال، کمی رشد و علفی شدن بوته، قهوه‌ای و برنزه شدن حاشیه برگ‌ها و در نهایت کاهش گلدهی می‌باشد.

کمبود مس: ضعف عمومی گیاه، عدم رشد و تکامل شاخه گل‌دهنده از مهم‌ترین علائم کمبود مس در پامچال است.

● **کمبود مس در گل رودودندرون:** حاشیه برگ‌های جوان تدریجاً زرد شده و حالت نکروزه (بافت مرده) پیدا می‌کنند. رشد عمومی گیاه به شدت کاهش می‌یابد.

● **کمبود پتاسیم در گل آنتوریوم:** برگ‌های پایینی به سرعت حالت خشک‌شدگی نوک و حاشیه برگ را نشان داده و از سرعت رشد آن‌ها کاسته می‌شود. در صورت ادامه کمبود، نصف و یا تمامی برگ خشک می‌شود.

● **کمبود پتاسیم در گل عبایی:** ایجاد لکه‌های سفید متمایل به قهوه‌ای و همراه با سوختگی نوک برگ از علائم کمبود پتاسیم در عبایی می‌باشد. به‌طور کلی کمبود پتاسیم در کلیه گیاهان برگ زینتی بدشکلی و کاهش بازارپسندی می‌شود.

● **گل آکمه‌آ:** گیاهی زیباست که به نظر کم توقع می‌باشد. ولی در صورت مواجه با کمبود آهن، به سرعت علائم کلروز و یا زردی بین رگبرگ مشاهده و به دنبال آن از سرعت رشد آن کاسته می‌شود.

● **گل گلابول:** گل گلابول که یکی از تولیدات عمده گل‌کاران می‌باشد نیز نسبت به مصرف بهینه کود حساس بوده و با اعمال مصرف بهینه کود، علاوه بر افزایش تولید، طول عمر گل‌های بریده گلابول نیز افزایش می‌یابد. اثرات بسیار معنی‌دار محلول‌پاشی کلرور کلسیم در استحکام ساقه گل‌های گلابول به تأیید رسیده است.

● آنتوریوم

کمبود عناصر غذایی و علائم آن در آنتوریوم: آنتوریوم یک گیاه کند رشد است و علائم کمبود عناصر غذایی چندین ماه بعد از حذف آن‌ها از برنامه تغذیه ظاهر می‌شود. در شرایط خوب و تغذیه مناسب برگ‌های گیاه سبز تیره است. برگ‌های جدید بزرگ‌تر از برگ‌های قبلی می‌شوند و گیاه به‌طور منظم گل‌هایی به اندازه استاندارد تولید می‌کند. برگ‌های گیاهی که کمبود نیتروژن دارد چند ماه بعد از حذف آن از برنامه غذایی کلروزه می‌شود. علائم کمبود فسفر یک سال بعد از حذف فسفر ظاهر می‌شود. رشد گیاه متوقف، لبه برگ‌ها و لکه‌های قهوه‌ای روی آن ظاهر می‌شود. برگ‌های جدید کوچک‌تر و باریک‌تر از برگ‌های قدیمی هستند و رشدشان متوقف می‌شود و به

رنگ سبز تیره هستند. لکه‌های کلروزه در بین رگبرگ‌های برگ‌های قدیمی به وجود می‌آید و تعداد کمی گل تولید می‌شود که اندازه‌شان به تدریج کوچک و کوچک‌تر می‌شود. علائم کمبود پتاسیم با زرد شدن برگ‌های قدیمی یکسال بعد از حذف پتاسیم از برنامه تغذیه آغاز و سپس رشد گیاه متوقف می‌شود. برگ‌های پایینی زرد می‌شوند و لکه‌های زرد و رنگی بین رگبرگ‌ها ایجاد می‌شود که به تدریج به لکه‌های بزرگ نکروزه تبدیل می‌شوند. حال آن که برگ‌های جوان‌تر کوچک، باریک و سبز تیره هستند و گل‌های کوچک تا متوسطی تولید می‌شوند.

کمبود منیزیم نیز بعد از حذف آن ظاهر می‌شود. برگ‌های پیر و لبه برگ‌های جوان‌تر زرد می‌شوند. گیاه از رشد باز می‌ماند. لکه‌های کلروزه بین رگبرگ‌های برگ‌های پیر دیده می‌شود و برگ‌های جوان به رنگ سبز کم رنگ هستند و بد شکل می‌شوند. علائم کمبود گوگرد بعد از حذف گوگرد از برنامه غذایی شروع می‌شود. گیاهان با کمبود گوگرد، از شاهد کوچک‌ترند و برگ‌ها کمی نکروزه هستند و گل‌هایی به اندازه متوسط یا بزرگ تولید می‌شوند. علائم کمبود کلسیم ۶ ماه بعد از حذف آن دیده می‌شود. این گیاهان گل‌هایی تولید می‌کنند که شکستگی رنگ دارند. حاشیه برگ‌ها نامنظم و سپس نکروزه می‌شود. برگ‌های جوان کوچک و بد شکل هستند و برگ‌ها و گل‌های جوان قبل از باز شدن می‌میرند.

اثر کلسیم و بور بر روی گلدهی آنتوریوم: برای جلوگیری از شکستگی که ناشی از کمبود کلسیم است، مصرف کلرور کلسیم خوراکی توصیه می‌شود. از کود مایع نترات کلسیم نیز می‌توان برای این منظور استفاده نمود. افزودن اسیدبوریک همراه با آب آبیاری، باعث افزایش وزن تازه گل می‌شود. محلول‌پاشی مکرر با محلول پنج در هزار کلرور کلسیم برای افزایش عمر گل‌های زینتی الزامی است. با عنایت به اطلاعات علمی فوق، در اولویت اول لازم است در گل‌های زینتی، توصیه کودی براساس نتایج تجزیه خاک و در صورت در دسترس نبودن نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی عمومی که ذیلًا توضیح داده خواهد شد، انجام گیرد.

۳-۶- توصیه کودی برای گل‌های زینتی

انجام این توصیه‌ها معمولاً با نظر مدیر فنی آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه بخش خصوصی و با استفاده از مقالات، نشریات و کتاب‌های چاپ شده، در مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه تربیت مدرس در سه دهه گذشته و تجربه شخصی مدیران آزمایشگاه‌ها، انجام می‌گیرد. مدیران پس از انجام دقیق تجزیه خاک، و در صورت در دست نبودن نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی عمومی را انجام می‌دهد که ذیلًا هر دو روش تشریح می‌گردد:

۳-۶-۱- توصیه بهینه کودی برای گل‌های زینتی بر اساس نتایج تجزیه خاک

مدیر آزمایشگاه، پس از انجام دقیق تجزیه خاک و مقایسه نتایج به دست آمده با غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک‌های آهکی (جدول ۱)، اقدام به توصیه بهینه کودی می‌نماید (جدول ۲).

فصل ششم: توصیه بهینه کودی برای درختان، درختچه‌ها و گل‌های زینتی ۲۴۳

جدول ۱- سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک‌های آهکی ایران

کربن آلی (OC)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	گوگرد (S)	منیزیم (Mg)
درصد میلی گرم بر کیلوگرم				
>۱/۰۰	۱۰	۳۰۰	۲۵	۷۵۰
آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)
میلی گرم بر کیلوگرم				
۱۰/۰۰	۸/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

جدول ۲- توصیه بهینه کودی برای گل‌های زینتی براساس نتایج تجزیه خاک

نیتروژن (N)		فسفر (P)		پتاسیم (K)		گوگرد (S)		منیزیم (Mg)	
کربن آلی (درصد)	اوره	فسفر	سوپرفسفات ساده	پتاسیم	سولفات پتاسیم	گوگرد	گوگرد آلی	منیزیم	سولفات منیزیم
<۰/۵۰	۴۰۰	<۵	۱۵۰	<۲۵۰	۲۵۰	<۱۵	۴۰۰	<۲۵۰	۲۰۰
۱/۰۰	۳۵۰	۵-۱۰	۵۰	۲۵۰-۳۵۰	۱۷۵	۱۵-۳۰	۳۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۰۰
>۱/۰۰	۳۰۰	>۱۵	۰	>۳۵۰	۰	>۳۵	۰	>۷۵۰	۰
آهن (Fe)		منگنز (Mn)		روی (Zn)		مس (Cu)		بور (B)	
آهن	سولفات آهن	منگنز	سولفات منگنز	روی	سولفات روی	مس	سولفات مس	بور	سولفات بوریک
<۵	۲۰۰	<۵	۳۰	>۱/۰۰	۴۰	<۱/۰۰	۲۰	<۱/۰۰	۲۰
۱۰	۵۰	۸	۱۵	۱-۲	۲۰	۱/۰۰	۱۰	۱/۰۰	۱۰
>۱۰	۰	>۸	۰	>۲/۰۰	۰	>۱/۰۰	۰	>۱/۰۰	۰

* در این جدول، غلظت عناصر پرمصرف برحسب درصد، غلظت عناصر کم مصرف برحسب میلی گرم بر کیلوگرم و مقادیر کودی برحسب کیلوگرم بر هکتار می باشد.

۲-۳-۶- توصیه کودی عمومی برای گل‌های زینتی: انجام این توصیه نیز با عنایت به مقالات، نشریات و کتاب‌های منتشره و تجارب شخصی مدیران فنی آزمایشگاه‌ها (مشابه مراجعه بیمار به پزشک، منتهی بدون داشتن نتایج آزمایش‌های پاتو بیولوژی) به شرح زیر امکان پذیر می باشد: نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در گل‌های زینتی در مقطع کنونی به صورت (سولفات پتاسیم) ۴- (کود میکروبی فسفاتی) ۲- (سولفات آمونیوم) ۴ پیشنهاد می شود. این نسبت‌ها بیانگر آن است که در مقطع فعلی به ازای هر ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آمونیوم، به ۲۰۰ کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده و به ۴۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم نیاز می باشد. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، به ازای هر درخت، مصرف دو تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، دو کیلوگرم سولفات آهن، یک کیلوگرم سولفات منگنز، یک کیلوگرم سولفات روی، ۲۵۰ گرم سولفات مس (هر دو سال یک بار) با مقدار کافی مواد آلی به طور عمقی

در کنار ری‌شه‌های فرعی گل‌های زینتی (چالکود و یا کانالکود) همزمان با مصرف سایر کودهای پرمصرف و در خاک‌های غیرشور، مصرف سالانه ۵۰۰ گرم اسیدبوریک (به صورت دو بار سرک) الزامی می‌باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تعیین غلظت عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی‌های خاک، فرمول کودی برای گل‌های زینتی مطابق مفاد جدول سه خواهد بود.

جدول ۳- توصیه کودی عمومی برای گل‌های زینتی

ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف	ردیف	نام کود	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	زمان مصرف
۱	کودکامل	۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۵	اوره	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد (سرک)
۲	بیوگودآلی‌گرانوله	۲۰۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۶	کلروپتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد (سرک)
۳	سولفات‌روی گرانوله	۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم	قبل از کاشت	۷	سولفات منیزیم	۱۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در مزارع شمال و غرب (سرک)
۴	اسیدهیومیک	دو تا سه کیلوگرم	همزمان با کاشت	۸	اسیدبوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	فقط در مزارع غیرشور (سرک)

* در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۵۰ کیلوگرم بر هکتار کودکامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کودکامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

● **گل‌های زینتی:** در شرایط کشت خاکی و آنالیز متعارف آن کودهای نیتروژنی و کود فسفاتی براساس عرف منطقه (حد بحرانی ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم)، سولفات پتاسیم ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات روی ۷۵ کیلوگرم بر هکتار، اسید بوریک ۴۰ کیلوگرم بر هکتار، سکوسترین آهن ۴۰ کیلوگرم بر هکتار و یا ۲۵۰ کیلوگرم آهن به همراه ۵۰۰ کیلوگرم ساری کود و محلول پاشی کلرور کلسیم با غلظت پنج در هزار قبل از هر برداشت (حداقل دو بار) برای افزایش طول عمر گل بریده لازم است. ضمناً باید در نظر داشت در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کودکامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کودکامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دوبار تقسیط مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

● کودهای مورد نیاز برای تولید گل‌های شاخه بریده

-کود دامی: کود دامی پوسیده به مقدار ۳۰-۴۰ تن در هکتار حداقل یک ماه قبل از کشت پیازها مصرف می‌شود و بایستی با خاک زیرین خوب مخلوط شود. به‌طوری که با پیازها در تماس قرار نگیرد و در صورت پوسیده نبودن کود دامی، گاز آمونیاک پیازها را خفه خواهد کرد. ارزش غذایی کودهای حیوانی بستگی به نوع دام، علوفه مصرفی، نوع بستر، روش نگهداری دام‌ها و نحوه فرآوری دارد. در اثر استمرار مصرف کودهای حیوانی در خاک‌های آهکی، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک‌های زراعی، حلالیت تعدادی از عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، آهن، روی، منگنز و مس افزایش یافته و کشاورزان را از خرید کودهای گران‌قیمت نظیر کلرات آهن (EDDHA) بی‌نیاز می‌کند.

● گل و گیاهان برگ زینتی (توصیه کودی عمومی)*

میزان کود مورد نیاز برای درختان بارده به شرح زیر خواهد بود: مقدار کافی خاک سطحی جمع‌آوری شده از باغ (بهتر است در صورت امکان خاک مورد استفاده در درون چالکودها از خاک سطحی مزارع با مواد آلی مطلوب تهیه شده باشند) همراه با مواد آلی مناسب (۱۵ کیلوگرم کودحیوانی) با دو کیلوگرم گوگرد آلی + ۱۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (یا نیم کیلوگرم اوره) + دو کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا دو کیلوگرم سوپرفسفات ساده + یک تا دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + یک کیلوگرم سولفات آهن + ۷۵۰ گرم سولفات منگنز + نیم کیلوگرم سولفات روی + ۲۵۰ گرم سولفات مس + ۲۵۰ گرم اسید بوریک مخلوط و در درون دو چالکود و یا چهار چالکود حفر شده در سایبان درخت ریخته و سپس آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی حتی در اواخر پاییز در مناطق کم باران، الزامی است). سپس با کمک علف‌های هرز خشک شده و یا کاه، سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل مقدار ممکن برسد.

● **عصاره کود دامی:** مایعی است که از طریق تخمیر و شیرگیری کود دامی تهیه می‌شود و ماده غذایی خوبی است که از حالت رقیق شده آن به رنگ کدر می‌توان هفته‌ای یک بار استفاده نمود. آب سیاه رنگ و غلیظ‌تر آن دو هفته یک بار تا ماهی یک بار قابل توصیه است. برای این منظور می‌توان کود دامی (گاوی، گوسفندی، مرغی و ...) را درون کیسه‌هایی ریخته و درون یک بشکه یا منبع آبی بر سر راه آبیاری قرار داد.

● **کود مورد نیاز برای تولید کورم (پیاز):** برای داشتن گل خوب و ممتاز، مهم‌ترین عامل داشتن پیازهای درشت با نسبت طول به قطر بیشتر است (کشیده‌تر) که از طریق کشت پیازچه‌های گندمی و فندق‌ی که منجر به تولید پیازهای کوچک (گردویی) می‌شود و کشت مجدد گردویی‌ها می‌تواند به تولید پیازهای درشت بیانجامد. کوددهی صحیح طی این دو سال متوالی بسیار مهم بوده و حتی نقش آن می‌تواند از نقش تغذیه در مرحله تولید گل بریده بیشتر باشد.

● **تغذیه برگی:** به‌خاطر رفع سریع کمبود و کم کردن مصرف کود که از نظر اقتصادی و آلودگی

زیست محیطی اهمیت دارد و از طرف دیگر مشکل تثبیت عنصر غذایی در خاک‌های با pH بالا، سبب می‌شود که تغذیه برگ‌گی به عنوان یک روش مناسب توصیه شود.

۴-۶- توصیه کودی برای درختان و درختچه‌های زینتی

توصیه کودی براساس تجزیه خاک در درختان و گیاهان زینتی دائمی برعکس محصولات زراعی و گیاهان دارویی به دلایل متعددی از جمله پراکنش وسیع ریشه و اثرات متقابل در جذب بین عناصر غذایی، کاربرد چندانی ندارد. بلکه تجزیه خاک و تعیین کیفیت آب آبیاری به عنوان مکملی برای تجزیه برگ و توصیه بهینه کودی خواهند بود. تفاوت توصیه کودی شما برای گیاهان زینتی چند ساله و یکساله و نحوه مصرف کودها چگونه خواهد بود؟ در پاسخ باید گفت که توصیه کودی گیاهان زینتی یکساله مشابه گیاهان زراعی و دارویی از طریق تجزیه خاک بوده، لیکن بهتر است که توصیه کودی درختان زینتی مشابه درختان میوه از طریق تجزیه برگ‌گی صورت گیرد. کوددهی در گیاهان زینتی یکساله مشابه محصولات زراعی و دارویی، از طریق مصرف قبل از کاشت همراه با شخم و یا سرک به همراه آب آبیاری بوده، اما کوددهی در درختان زینتی چند ساله از طریق کانالکود (چالکود)، محلول پاشی و کود آبیاری می‌باشد. بنابراین، در اولویت اول لازم است در درختان زینتی، توصیه کودی براساس نتایج تجزیه برگ و در صورت در دسترس نبودن نتایج تجزیه برگ، توصیه کودی عمومی که ذیل توضیح داده خواهد شد، انجام گیرد.

۴-۶-۱- توصیه بهینه کودی برای درختان زینتی بر اساس نتایج تجزیه برگ: انجام این توصیه‌ها معمولاً با نظر مدیر فنی آزمایشگاه‌های تجزیه خاک، آب و گیاه و با استفاده از مفاد مقاله‌ها، نشریه‌ها، گزارش‌ها و کتاب‌های چاپ شده در موسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه تربیت مدرس در سه دهه گذشته و تجربه عملی مدیران آزمایشگاه‌ها، انجام می‌شود. مدیر آزمایشگاه پس از انجام دقیق تجزیه برگ، نتایج بدست آمده را با حدمطلوب غلظت عناصر غذایی در برگ درختان زینتی (جدول ۴) مقایسه و سپس مطابق جدول پنج، اقدام به توصیه بهینه کودی می‌نماید.

جدول ۴- سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی بر مصرف و کم مصرف

در برگ درختان، درختچه‌ها، گل‌های زینتی و گل رُز*

الف- برگ درختان زینتی

عناصر پرنیاز (درصد)	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
	۲/۲۵	۰/۱۵	۲/۰۰	۱/۷۵	۰/۳۰	۰/۳۵
عناصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	مولیبدن (Mo)
	۱۰۰	۵۰	۳۰	۸	۳۰	۲

فصل ششم: توصیه بهینه کودی برای درختان، درختچه‌ها و گل‌های زینتی ۲۴۷

ب- برگ درختچه‌های زینتی

عنصر پرنیاز (درصد)	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
	۲/۵۰	۰/۲۰	۲/۲۵	۲/۰۰	۰/۳۰	۰/۳۵
عنصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	مولیبدن (Mo)
	۱۰۰	۵۰	۳۵	۱۰	۳۵	۲

پ- گل‌های زینتی

عنصر پرنیاز (درصد)	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
	۳/۵۰	۰/۲۵	۴/۰۰	۳/۵۰	۰/۳۵	۰/۴۰
عنصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	مولیبدن (Mo)
	۱۰۰	۵۰	۴۰	۱۰	۴۰	۲

ت- برگ گل رُز*

عنصر پرنیاز (درصد)	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
	۳/۵۰	۰/۲۵	۴/۰۰	۳/۵۰	۰/۳۵	۰/۴۰
عنصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	مولیبدن (Mo)
	۱۰۰	۵۰	۴۰	۱۰	۴۰	۲

* نمونه برداری از برگ‌های جوان کاملاً رشد یافته در زمان قبل از شروع گلدهی انجام گرفته است.

جدول ۵- توصیه بهینه کودی برای درختان زینتی براساس نتایج تجزیه برگ

نیتروژن (N)		فسفر (P)		پتاسیم (K)		گوگرد (S)		منیزیم (Mg)	
نیتروژن	سولفات آمونیوم	فسفر	سوپرفسفات ساده	پتاسیم	سولفات پتاسیم	گوگرد	آلی	منیزیم	سولفات منیزیم
۲/۲۰ <	۲-۳	۰/۱۰ <	۱	۱/۴۰ <	۲-۳	۰/۳۰ <	۲-۴	۰/۴۰ <	۱
آهن (Fe)		منگنز (Mn)		روی (Zn)		مس (Cu)		بور (B)	
آهن	سولفات آهن	منگنز	سولفات منگنز	روی	سولفات روی	مس	سولفات مس	بور	سولفات بوریک
۱۰۰ <	۱۰۰۰	۷۰ <	۵۰۰	۴۰ <	۵۰۰	۱۰ <	۲۵۰	۳۰ <	۲۵۰

* در این جدول، غلظت عناصر پرمصرف برحسب درصد، غلظت عناصر کم‌مصرف (ریزمغذی‌ها) برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقادیر کودی برحسب کیلوگرم به ازای هر درخت می‌باشد.

** مصرف کودهای غیرپویا نظیر کودهای فسفاتی، سولفات پتاسیم، گوگردآلی و کودهای سولفاتی حاوی عناصر کم‌مصرف، بهتر است قبل از زمان کاشت به صورت چالکود و یا کانالکود انجام گیرد. لیکن، کودهای پویا نظیر سولفات پتاسیم محلول،

۲۴۸ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

کلرورپتاسیم، سولفات منیزیم، اسیدبوریک و کود کامل آبیاری همراه با آب آبیاری به صورت سرک به تقسیط، مصرف شوند. همچنین، با توجه به آهکی بودن خاک اکثر مناطق ایران، استفاده از فرم اسیدی عناصر غذایی مانند اسیدسولفوریک، اسیدنیتریک و اسیدسولفوریک می تواند نقش بسزایی در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی اعم از ماکرو و میکرو ایفا نماید. *** در شرایطی که درختان میوه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار دارند و یا در اوج نیاز غذایی خود باشند، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف سرک ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم بر هکتار کود کامل آبیاری به ازای هر درخت توصیه می شود (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، از کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی استفاده شود). همچنین، در باغ های میوه، بهتر است ۵۰ درصد کود فسفاتی مورد نیاز درختان میوه از منبع اسیدفسفریک همراه با آب آبیاری به صورت سرک استفاده شود.

۴-۶- توصیه کودی عمومی برای درختان و درختچه های زینتی: نسبت بهینه کودی برای عناصر غذایی پرمصرف در درختان زینتی در مقطع کنونی به صورت (سولفات پتاسیم) ۲- (کود میکروبی فسفاتی) ۱- (سولفات آمونیوم) ۴ پیشنهاد می شود. این نسبت ها بیانگر آن است که در مقطع فعلی به ازای هر ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آمونیوم، به ۱۰۰ کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و یا سوپرفسفات ساده و به ۲۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و یا کلرورپتاسیم نیاز می باشد. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، به ازای هر درخت، مصرف دو تا پنج کیلوگرم گوگرد آلی به همراه باکتری های تیوباسیلوس، دو کیلوگرم سولفات آهن، یک کیلوگرم سولفات منگنز، یک کیلوگرم سولفات روی، ۲۵۰ گرم سولفات مس (هر دو سال یک بار) با مقدار کافی مواد آلی به طور عمقی در کنار ریشه های فرعی درختان زینتی (چالکود و یا کانالکود) همزمان با مصرف سایر کودهای پرمصرف، الزامی می باشد. به هر حال، در صورت عدم امکان تعیین غلظت عناصر غذایی پرمصرف و ریز مغذی های برگ، فرمول کودی برای درختان زینتی مطابق مفاد جدول شش خواهد بود.

جدول ۶- توصیه کودی عمومی برای درختان زینتی

نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (کیلوگرم)	نحوه مصرف	نام کود	میزان مصرف به ازای هر درخت بارده (گرم)	نحوه مصرف
مواد آلی	۲۰	داخل چالکود	سولفات آهن	۱۰۰۰	داخل چالکود
اوره	۱	داخل چالکود	سولفات منگنز	۵۰۰	داخل چالکود
سوپرفسفات ساده	۲	داخل چالکود	سولفات روی	۵۰۰	داخل چالکود
سولفات پتاسیم	۱ تا ۲	داخل چالکود	سولفات مس	۲۵۰	داخل چالکود
گوگرد آلی	۴ تا ۵	داخل چالکود	-----		

یادآوری ۱- در درختان کوچک، مصرف سالانه اوره به مقدار ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار به صورت خاکی در سه بار مصرف شود؛ یعنی در فواصل سه هفته ای هر بار ۸۰ کیلوگرم بر هکتار و در فاصله یک متری از تنه درخت کود استفاده شود. از کود کامل ماکرو در روش چالکود به مقدار ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار توصیه می شود. آهن به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار از منبع سولفات آهن؛ ۵۰ کیلوگرم

بر هکتار سولفات روی؛ ۲۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات منگنز؛ ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد به‌علاوه مواد آلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس استفاده شود. چاله‌هایی که برای جایگذاری کود استفاده می‌شوند بایستی در دواير متحد‌المرکزی در اطراف تنه درخت قرار گیرند. اولین دایره نباید نزدیکتر از یک متری تنه بوده و دواير بعدی در فواصل ۵۰ سانتی‌متری آن باشد. فاصله بین هر دو حفره در هر دایره باید ۵۰ سانتی‌متر باشد. این دواير بایستی تا لبه سایه‌انداز گیاه ادامه یابد.

یادآوری ۲- در درختانی که سایه زیاد دارند، مصرف سالانه ۲۴۰ کیلوگرم اوره بر هکتار توصیه می‌شود. برای فسفر، پتاسیم، آهن و بقیه از روند حالت الف پیروی شود.

یادآوری ۳- در درختان و درختچه‌های گل‌دهنده، مصرف بالای نیتروژن ممکن است که گلدهی را کاهش دهد. اگر کوددهی لازم است از کود کامل ماکرو در چاله‌ها به ترتیبی که در بالا ذکر شد به همراه ۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن استفاده شود.

یادآوری ۴- در درختان و درختچه‌های همیشه سبز، مشابه فوق (مصرف سالانه ۲۴۰ کیلوگرم اوره بر هکتار) عمل شود. برای رفع کلروز آهن به شرایط فراهمی رطوبت به مقدار کافی ۵۰۰ گرم سولفات آهن به همراه ۲ کیلوگرم گوگرد عنصری بنتونیت‌دار گرانوله (ساری کود) و ۲۰ کیلوگرم کود دامی کاملاً پوسیده در چاله‌هایی در سایه‌انداز درخت توصیه می‌شود.

یادآوری ۵- در درختان زینتی کند رشد و با ارزش مانند ماگنولیا، برای رفع کمبود آهن توصیه می‌شود کلات آهن سکوسترین ۱۳۸ به مقدار ۱۰۰ گرم برای هر درخت در ۲۰ لیتر آب حل کرده و در اطراف درخت ریخته و بعد با خاک پوشانده شود؛ ولی بقیه عناصر ریزمغذی را به صورت سولفات‌ها نیز می‌توان مصرف نمود. ضمناً باید در نظر داشت.

یادآوری ۶- در شرایطی که گیاه تحت تنش (زنده و غیرزنده) قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (پیش از شروع گلدهی)، چون توانمندی خاک برای تأمین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل آبیاری (در صورت در دسترس نبودن کود کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی) با دواير تقسیم‌مورد نیاز است. زیرا، حدود ۲۰ درصد از کل نیاز غذایی گیاهان در طول زمان گلدهی جذب گیاه می‌گردد.

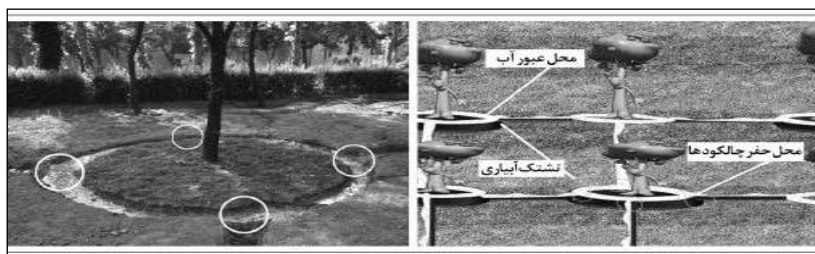
۵-۶- روش‌های مصرف کود برای درختان، درختچه‌ها و گل‌های زینتی

با عنایت به این‌که درختان زینتی در خاک‌های آهکی، با آب چاه‌هایی که دارای بی‌کربنات بالایی هستند، آبیاری می‌شوند و از طرف دیگر، روش‌های مصرف سنتی کودها که عمدتاً به صورت پای‌بیل و یا پخش سطحی است مخصوصاً در مورد کودهای غیرپویا، پاسخگوی نیاز غذایی درختان زینتی نخواهد بود. به عنوان مثال درصد کربنات سدیم معادل در خاک‌های پارک‌های تهران حدود ۲۰ درصد و غلظت بی‌کربنات در آب چاه‌های بعضی از پارک‌ها مانند ولنجک حدود ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است و این امر سبب افزایش pH ریزوسفر درختان می‌شود و لذا لازم است pH ریزوسفر به

صورت موضعی و عمدتاً در درون چالکود و یا کانالکود کاهش داده شود. به عبارت دیگر، عناصر غذایی موجود در کودها به روش‌های مختلف، در اختیار گیاهان گذاشته می‌شوند. هر چند تلاش می‌شود که عناصر غذایی در توده خاک یکنواخت توزیع شود، ولی در عمل چنین نبوده و غلظت آن‌ها می‌تواند در هر نقطه از خاک متفاوت باشد. بدین ترتیب، پخش صحیح کود، برای یکسان کردن غلظت عناصر غذایی در محلول خاک، به منظور دستیابی به عملکرد بهینه و افزایش بازده آن‌ها، ضروری است.

در این برهه زمانی که قیمت جهانی کودها به شدت افزایش یافته است، مصرف پای‌بیل و یا پخش سطحی کودها توجیه علمی و اقتصادی ندارد. بنابراین، لازم است جایگذاری کودها به صورت عمقی (چالکود و یا کانالکود) انجام گیرد. عمل جایگذاری کود به قرار دادن کود در ناحیه‌ای نزدیک ریشه گیاهان (ریزوسفر) اطلاق می‌گردد و مخصوصاً رعایت آن در مورد عناصر غذایی غیر پویا نظیر کودهای محتوی فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف مهم است. جایگذاری عمقی باعث بالا رفتن کارایی کودها، کاهش مقدار مصرف و نهایتاً سبب افزایش بازده اقتصادی کودها می‌گردد. ارجحیت جایگذاری عمقی کودها بر پخش سطحی کود در آزمایش‌های متعددی به اثبات رسیده است.

مزیت این کار آن است که در چنین حجم کوچک، غلظت عنصر غذایی بیشتر از موقعی که این کود با تمامی خاک مخلوط شود، افزایش می‌یابد، ولی این کار یک نقطه ضعف نیز دارد و آن تماس محدود ریشه گیاهان با چنین مناطق غنی شده می‌باشد. ریشه گیاهان در تمامی حجم خاک پراکنده شده است و در صورت جایگذاری موضعی کود، تنها بخش کوچکی از ریشه گیاه با آن تماس خواهد داشت. این حالت به‌ویژه در مورد کودهای شیمیایی غیرپویا در خاک صادق می‌باشد. در مجموع برآیند افزایش غلظت عناصر غذایی در حجم محدودی از خاک و کاهش سطح تماس ریشه‌ها، تعیین‌کننده کارایی روش جایگذاری موضعی کود در خاک خواهد بود. گاهی جایگذاری موضعی، منجر به افزایش رشد ریشه و تراکم آن در مجاورت کود می‌شود که بدین ترتیب مشکل تماس کمتر ریشه در جایگذاری موضعی، تا حد زیادی مرتفع می‌گردد. جایگذاری موضعی در مراحل اولیه رشد گیاه، در شرایطی که تراکم ریشه‌ها کم باشد نیز می‌تواند مفید باشد، در این حالت تماس کم ریشه‌های توسعه نیافته گیاه، با افزایش غلظت عنصر غذایی در حالت جایگذاری موضعی، جبران می‌شود. نمایی از آبیاری تشکی و محل حفر چالکودها در شکل دو نشان داده شده است.



شکل ۲- نمایی از نحوه حفر چالکود در اطراف سایه‌بان درختان زینتی

۶-۶- جمع‌بندی

از مجموعه یافته‌های تحقیقاتی و نوشتار مندرج در این فصل، پیشنهادهای زیر در راستای گسترش هرچه بیشتر فضای سبز کشور ارائه می‌گردد:

۱- کل سطح زیر کشت گیاهان زینتی در سال ۱۳۸۹ شامل مساحت گلخانه‌ها و فضای باز معادل ۴۷ میلیون متر مربع بود که از این میزان، ۲۶ میلیون متر مربع به فضای آزاد و ۲۱ میلیون متر مربع به کشت گلخانه‌ای اختصاص داشت. سالانه ۲/۳ میلیارد گل شاخه بریده و ۳۱ میلیون گیاه آپارتمانی، ۱۵۳ میلیون اصله درخت و درختچه و ۲۲۰ میلیون بوته گیاهان فصلی و نشایی در کشور تولید می‌شود. علی‌رغم توانمندی‌های موجود، با بکارگیری اصول علمی در فرآیند تولید از جمله تغذیه متعادل که ارتقاء کمی و کیفی تولیدات گل را به سهولت امکان‌پذیر خواهد نمود، می‌توان حداقل یک صدم ارزش (۲۰ میلیارد دلار) گردش پول جهانی این بخش (۲۰۰ میلیون دلار) را جذب نمود.

۲- گیاهان و گل‌های زینتی از نقطه نظر تقسیم‌بندی کالاهای اقتصادی، جزء کالاهای کشش‌پذیر هستند. به عبارتی افزایش قیمت هر واحد تولیدی و یا کاهش کیفیت آن، تأثیر بسزایی در میزان تقاضای بازار دارد. لذا توجه به کلیه عوامل تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت تولید آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان تغذیه متعادل به عنوان شاخص‌ترین، اقتصادی‌ترین و سهل‌الوصول‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد در واحد سطح و ارتقاء کیفی گل‌ها از نقطه نظر رنگ (خوش‌رنگی)، شکل ظاهری، طول عمر بعد از برداشت و نیل به اهداف برنامه‌های توسعه در کشور حائز اهمیت فراوان می‌باشد.

۳- با توجه به تحرک زیاد عنصر نیتروژن در خاک، حلالیت زیاد کودهای حاوی این عنصر و تأثیر منفی تجمع نیترات در کاهش کیفیت گل‌ها، باید کودهای نیتروژنی به صورت تقسیط مصرف شوند. بدیهی است هرچه بافت خاک سبک‌تر باشد و همچنین زمانی که به جای کود سولفات آمونیوم، از اوره و نیترات آمونیوم که پویاتر هستند استفاده می‌شود، باید تعداد دفعات تقسیط افزایش یابد.

۴- با توجه به نقش بسیار مثبت پتاسیم در افزایش مقاومت گیاهان در برابر کم‌آبی، سرمازدگی، شوری، خشکی، آفات، بیماری‌ها، افزایش غلظت کلروفیل و کربن‌گیری، افزایش جذب آهن و کارایی کودهای نیتروژنی، افزایش مصرف کودهای حاوی این عنصر بایستی مد نظر قرار گیرد (در برخی از منابع برای گیاهان زینتی تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم مصرف می‌شود). مصرف لوکس کودهای پتاسیم برای گیاهان حائز اهمیت فراوان است. زیرا، مطالعات نشان داده زمانی که غلظت پتاسیم در برگ میخک بیش از ۴ درصد خواهد بود، بر اثر سرمای ناگهانی خسارت شکسته شدن ساقه‌ها ۱۴ درصد کمتر از گل‌هایی بود که غلظت پتاسیم آن‌ها کمتر از ۲ درصد قرار داشت. با توجه به موارد فوق، مصرف کودهای حاوی پتاسیم برای گل‌ها و گیاهان زینتی تا سطح بحرانی ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم توصیه می‌شود.

۵- با عنایت به آهکی بودن خاک‌های زیر کشت گل‌های زینتی، بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری،

کمی مواد آلی، حاکمیت تنش خشکی و نهایتاً pH بالای محلول خاک در محیط رشد ریشه گل‌ها (ریزوسفر)، اسیدی کردن آب آبیاری و قسمتی از محیط ریشه با استفاده از اسیدسولفوریک و یا سایر عوامل اسیدزا (مصرف کودهای گوگردی) الزامی است. کاربرد اسیدسولفوریک دشوار و خطرناک نیز می‌باشد، استفاده از انواع ترکیبات گوگردی (ساری کود، بیوگوگرد، بیوفسفات‌طابی و ...) برای کاهش pH ریزوسفر و تسهیل در جذب عناصر غذایی مخصوصاً فسفر، آهن، روی و منگنز بسیار کارساز خواهد بود. بنابراین، بایستی استفاده از ترکیبات گوگردی برای اصلاح pH بخشی از محیط رشد و تسهیل جذب عناصر غذایی در پرورش گل‌های زینتی عمومیت داده شود. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در این خصوص، به مطالب جمع‌بندی فصل چهار مراجعه فرمایید. در ارجحیت مصرف کودهای گوگردی نسبت به اسیدسولفوریک می‌توان چنین گفت که به‌طور کلی با مصرف اسیدسولفوریک در کوتاه‌مدت، pH خاک کاهش یافته و در نتیجه مجموع گونه‌های یونی فسفات که در اندازه‌گیری فسفر قابل جذب در خاک منعکس می‌گردد، افزایش می‌یابد. در همین حال واکنش اسیدسولفوریک با کربنات کلسیم خاک منجر به تولید گچ می‌گردد. در نتیجه فعالیت یون کلسیم در محلول خاک افزایش یافته و گونه‌های یونی فسفات تولید شده تدریجاً رسوب می‌نمایند. به عبارت دیگر، طی واکنش اسیدسولفوریک با ترکیبات جامد فسفر در خاک مثل آپاتیت و اکتاکلسیم‌فسفات، ترکیباتی مانند مونو و دی کلسیم‌فسفات تولید می‌گردد. سرعت این واکنش‌ها به سطح ویژه ذرات، درجه حرارت و رطوبت خاک وابسته می‌باشد. در حالی که با مصرف گوگرد، سرعت تولید اسیدسولفوریک کم و تولید آن پیوسته خواهد بود، از طرف دیگر، مطالعات نشان داده است که اسیدی کردن تنها بخشی از محیط ریشه می‌تواند جذب عنصر غذایی را برای تمام گیاه به اندازه نیاز فراهم سازد. لذا مصرف گوگرد به صورت موضعی و در نزدیکی ریشه گیاه قرار گیرد تا شرایط اسیدی حاصله بتواند محدودیت‌های ایجاد شده به وسیله بی‌کربنات را رفع نماید.

۶- در حضور کربنات کلسیم در خاک و بی‌کربنات در آب‌آبیاری، یون‌های هیدروکسیل (OH) بیشتری در محلول خاک تولید می‌شود که خود عامل مهمی در افزایش pH محلول خاک و در نهایت سبب تولید رسوب نمک‌های کربناتی از جمله کربنات‌روی که در مقایسه با نمک‌های سولفاتی دارای درجه حلالیت بسیار پایین‌تری می‌باشند، می‌شود. به عبارت دیگر، با وقوع این قبیل واکنش‌ها در محلول خاک، قابلیت دسترسی گیاهان به ریز مغذی‌ها از جمله روی (Zn) به شدت کاهش می‌یابد. به طور مثال، در حالی که درجه حلالیت سولفات روی ۵۴۰ گرم در آب ۲۰ درجه سانتی گراد است، پس از مصرف سولفات روی در خاک‌های آهکی طبق واکنش فوق، نمک کربنات‌روی که درجه حلالیت آن کمتر از نیم گرم بر لیتر است، تشکیل و رسوب می‌نماید. همچنین، به دلیل pH بالای خاک‌های آهکی، بخشی از کاتیون‌ها از جمله روی نیز هیدرولیز شده و به شکل هیدروکسید روی رسوب می‌کند. این دو واکنش موجب کاهش قابلیت دسترسی کاتیون‌ها از جمله روی موجود در خاک برای گیاهان می‌شود.

۷- کلسیم از سنتز پیش ماده اتیلن جلوگیری نموده و استحکام تیغه میانی و دیواره ثانویه را افزایش

می‌دهد. اتیلن از مواد شیمیایی کاهش‌دهنده عمر بعد از برداشت در گل‌های شاخه بریده می‌باشد. بنابراین، باید نسبت به محلول‌پاشی کلرورکلسیم برای افزایش عمر بعد از برداشت و استحکام ساقه و کاهش خمیدگی گل‌ها اقدام شود. به عبارت دیگر، به رغم آهکی بودن خاک‌های زیرکشت گل‌های زینتی، محلول‌پاشی چندباره با کلرورکلسیم مخصوصاً در شرایطی که درجه حرارت محیط کشت پایین باشد، در افزایش ماندگاری گل‌های زینتی بسیار موثر است. یکپاز عوامل کیفیت پایین گل‌های زینتی در کشور، کمبود کلسیم می‌باشد. محلول‌پاشی حداقل ۴-۶ بار کلرورکلسیم با درجه خلوص بالا (مصارف خوراکی) با غلظت سه الی چهار در هزار بر هکتار در طول تابستان و ۸-۶ بار در طول زمستان برای بهبود کیفیت گل‌های زینتی پیشنهاد می‌شود.

۸- با عنایت به نقش منیزیم در سنتز پروتئین، فعال‌سازی آنزیم‌ها، جذب و انتقال فسفات، توزیع هیدروکربن‌ها، ساخت کلروفیل و فتوسنتز، (در خاک‌های آهکی که مقدار منیزیم قابل استفاده در آن‌ها کمتر از سطح بحرانی بوده، و یا آب‌آبیاری نیز منیزیم نداشته باشد، مصرف کودهای منیزیمی نیز در بهبود کمی و کیفی گل‌های زینتی ضروری می‌باشد. مقدار منیزیم قابل استفاده در محلول خاک (محلول و قابل تبادل) با روش استات آمونیوم یک نرمال ۷۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود.

۹- پس از متعادل‌سازی مصرف عناصر غذایی پر مصرف و میان مصرف نوبت به مصرف عناصر غذایی کم مصرف می‌رسد. زیرا حفظ تعادل در مصرف عناصر پر مصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، میان مصرف و بکارگیری عناصر کم مصرف (ریز مغذی‌ها)، تأثیر زیادی در طول عمر بعد از برداشت دارد.

به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک‌ها، بی‌کربناته بودن آب‌آبیاری، pH بالا و پایین بودن مواد آلی خاک‌های زیرکشت، گلخانه‌های کشور عمدتاً دارای کمبود شدید روی (Zn) می‌باشند. بسیاری از عوارض فیزیولوژیکی که سبب بروز علائم نامطلوب بر روی گل‌ها می‌شود، به دلیل سوء تغذیه می‌باشد. به عنوان مثال عارضه کوتولگی میخک که در بسیاری از گلخانه‌ها و مزارع میخک در محلات و سایر مناطق مشاهده می‌شود، ناشی از کمبود عناصر بور و روی در خاک است. با مصرف کودهای حاوی بور و روی از جمله اسیدبوریک و سولفات روی، این عارضه برطرف می‌شود. همچنین، در بسیاری از نقاط کشور وجود املاح آهکی در خاک سبب افزایش pH خاک شده که این امر در کنار بالا بودن بی‌کربنات آب‌آبیاری، تأثیر نامطلوبی بر روند جذب عناصر غذایی در خاک دارد. تحقیقات نشان داده است که با تعدیل اسیدیته آب‌آبیاری، به راحتی می‌توان جذب بسیاری از عناصر ریزمغذی را بهبود بخشید. از طرف دیگر، از عناصر ریزمغذی که مورد توجه گل‌کاران نیز می‌باشد، آهن است که در گذشته عمدتاً به شکل سکوسترین آهن از خارج تأمین می‌شد. منابع معدنی آهن مانند سولفات آهن در خاک سریعاً اکسید شده و رسوب می‌نمایند. حلالیت رسوب تازه تشکیل شده به مراتب بیشتر از رسوبات بومی خاک می‌باشد. این مواد به دلیل تحرک کمتر، باید به صورت موضعی در نزدیکی ریشه قرار گیرند. با مصرف کودهای تولید داخل، می‌توان این

مشکل را برطرف نمود. در تحقیقاتی که در مزرعه ایستگاه تحقیقات پرورش گل (محلات) انجام گرفت، جایگذاری عمقی سولفات آهن بخصوص در خاک‌هایی با بافت سبک، اثربخشی مشابه سکوسترین آهن وارداتی داشت. همچنین، در راستای به کارگیری کمپوست زباله شهری در ترکیب بسترهای کشت، نقش مهمی در افزایش عملکرد و ارتقاء کیفی محصول دارد. در صورتی که فرآیند کمپوست شدن، کامل و صحیح انجام شده باشد، به علت نبود عوامل بیماری‌زا و علف‌های هرز، برتری قابل قبولی نسبت به کودهای دامی خواهد داشت. همچنین، در کاربرد این مواد باید به pH آن‌ها توجه نمود.

۱۰- از آن‌جا که یکی از عوامل تأثیرگذار بر طول عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده چگونگی تغذیه پایه مادری می‌باشد، به راحتی می‌توان با اصلاح ساختار تغذیه‌ای مزارع و گلخانه‌های تولید گل، بر طول عمر گل‌ها افزود. همچنین با رعایت اصول تغذیه بهینه، غنی‌سازی و قوی‌تر شدن مواد تکثیری (بذر، قلمه، پاجوش و ...) را تحقق بخشید. بدیهی است که علاوه بر تولید گل‌های مورد پسند بازارهای خارجی، باید فرهنگ مصرف گل شاخه بریده را نیز در داخل کشور بهبود بخشید. در حال حاضر به دلیل پایین بودن عمر بعد از برداشت گل‌های شاخه بریده، مصرف‌کننده‌های داخلی به غیر از جنبه‌های هدیه‌ای گل، در فکر خرید و مصرف آن در خانه و محیط کار خود نیستند، در حالی که با افزایش طول عمر گل‌های شاخه بریده، این سنت پسندیده و حسنه احیاء خواهد شد.

۱۱- با توجه به امتیازات مثبت شرایط محیطی ایران در مقایسه با کشورهای اروپایی، لازم است، دامنه تحقیقات تغذیه‌ای در راستای یکسان‌سازی نتایج تحقیقات موجود با شرایط اقلیمی هر منطقه گسترش یابد. امید است با رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی، از این پس تولیداتی شاداب‌تر و با طول عمر بیشتر تولید و به بازار عرضه نماییم. همچنین، سامانه‌های رشد هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاکی مدیریت کودی متفاوتی را می‌طلبد. در این راستا، توجه به توصیه شرکت‌های تولیدکننده و فروشنده پایه‌های گل‌های زینتی درخصوص تنظیم شرایط محیطی گلخانه و مصرف کودها در قالب فرمول‌های غذایی حائز اهمیت است.

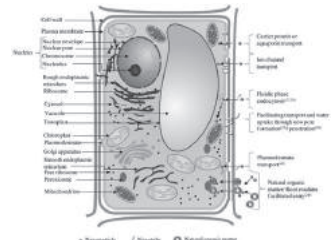
۱۲- به هنگام توصیه بهینه کودی، علاوه بر بررسی نتایج تجزیه خاک، آب و برگ موجود، لازم است اطلاعاتی از قبیل سابقه کشت، نوع کشت، تناوب زراعی و نوع، مقدار، نحوه مصرف کودها و عملکرد هکتاری محصول کشت شده، مشخص شود. بدیهی است که با در دست داشتن این اطلاعات که از طریق پرسش از مدیرگلخانه به دست می‌آید، توصیه کودی مناسب برای نیل به عملکرد هکتاری مطلوب و تولید محصول سالم با سهولت بیشتری امکان‌پذیر خواهد شد.

”سلامتی از مزرعه می آید“

فصل هفتم

مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

مسیرهای مختلف جذب نانوذرات توسط سلول گیاه



افزایش عملکرد کمی-کیفی، پایداری در تولید و حفظ محیط زیست با مصرف بهینه کودها

«یکی از کلیدهای اصلی برای تولید محصولات کشاورزی سالم، رعایت اصول بهینه تغذیه گیاهی است»

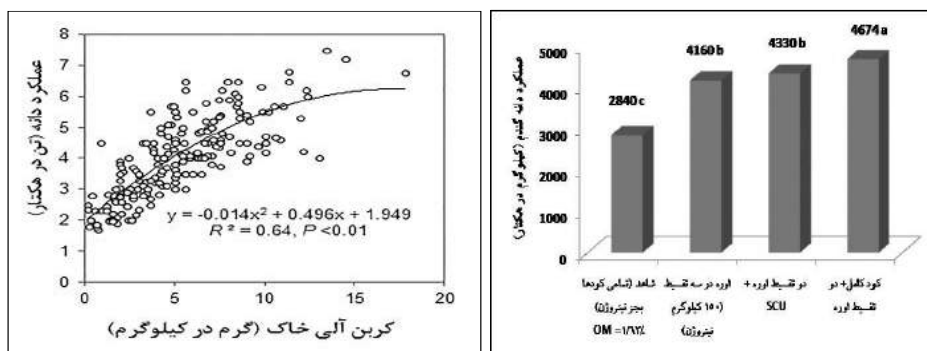
۷-۱- اثربخشی کودهای پرمصرف و روی در تولید محصولات کشاورزی سالم

در راستای ارتقاء جایگاه تغذیه گیاهی، خودکفایی نسبی در تولید محصولات کشاورزی، تشویق بخش خصوصی برای تولید کود در داخل کشور، تلاش برای همگانی نمودن مصرف بهینه کود، تغییر جهت یارانه کودها، اکنون وقت آن رسیده که با کمک یکدیگر و با رعایت اصول مصرف بهینه کودی، ضمن افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی و تولید محصولات کشاورزی سالم، کارایی کود و آب نیز بهبود یابد. با عنایت به نتایج حاصله از تحقیقات متعدد میدانی در طول سه دهه گذشته، ضمن اشاره به اثربخشی کودهای پرمصرف و روی در میزان افزایش عملکرد هکتاری و سهم هر یک از این کودها در تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم، مطالبی به شرح ذیل بیان می‌گردد.

۷-۱-۱- اثربخشی کودهای نیتروژنی در تولید محصولات کشاورزی سالم: نیتروژن (N) یکی از مهمترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی و باغی می‌باشد. این عنصر در گیاهان بالاترین غلظت را داشته و گلوگاه رشد است. غلظت نیتروژن در اندام‌های گیاهی بسیار متفاوت بوده، ولی میانگین آن در ماده خشک گیاهی حدود دو تا سه درصد می‌باشد. میزان نیتروژنی که به وسیله گیاهان مختلف جذب می‌شود، بسته به عملکرد آن‌ها، متفاوت می‌باشد. بنابراین، نیتروژن نقش مهمی در افزایش عملکرد کمی و کیفی دارد، به طوری که: الف) کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی، عملکرد را کاهش می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۷۵). نیتروژن نخستین عنصر غذایی است که کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌شود. زیرا، در این مناطق مقدار مواد آلی که عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن به‌شمار می‌آیند، به دلایلی پرشمار اندک است. از جمله این عوامل می‌توان به بارندگی کم، نبود تناوب زراعی مناسب، دمای زیاد، رطوبت نسبی پایین، پوشش گیاهی ناچیز و مصرف کم کودهای آلی اشاره کرد. بررسی‌ها در ایران (در خراسان رضوی، بالغ بر ۹۰ درصد خاک‌ها کمتر یک درصد کربن آلی دارند- طهرانی، ۱۳۹۴) نشان می‌دهد به‌طور میانگین به ازای افزایش هر گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک، عملکرد دانه گندم به‌طور میانگین ۲۸۶ کیلوگرم بر هکتار (بین ۱۲۱ تا ۳۰۵ کیلوگرم بر هکتار) افزایش می‌یابد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲). ب) از دیگر سو، پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی عبارتند از:

- زیادی نیتروژن سبب افزایش فعالیت‌های ریزجانداران خاکزی شده و این امر سبب مصرف بیشتر کربن آلی بومی خاک‌های زیرکشت می‌گردد (ریزجانداران برای ادامه حیات خود به C/N حدود ۱۰ نیاز دارند و هنگامی که نیتروژن خاک زیاد می‌شود، فعالیت این ریزجانداران افزایش یافته و در نتیجه از میزان کربن آلی خاک‌های زراعی کاسته می‌شود) و به اصطلاح کشاورزان، در اثر استمرار در مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی، خاک سفت می‌شود؛
- از علائم زیادی نیتروژن، افزایش رشد رویشی گیاه، رنگ سبز تیره برگ‌ها و خوابیدگی بوته‌ها (ورس) می‌باشد. زیادی نیتروژن، در صورتی که مقدار سایر عناصر غذایی کم باشد، دوره رشد گیاه را طولانی‌تر کرده و رسیدن محصولات را به تأخیر می‌اندازد؛
- با مصرف زیاد نیتروژن، فعالیت برخی آنزیم‌های کلیدی سوخت و سازی کاهش می‌یابد (میزان لیگنین در گیاهانی که نیتروژن کمی دریافت داشته‌اند، حدود ۱۱۰۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک است، در صورتی که این میزان با مصرف نیتروژن زیاد، کاهش می‌یابد). چنانچه نیتروژن اضافی به گیاه برسد و شرایط رشد نیز مناسب باشد، کربوهیدرات‌ها صرف ساختن پروتئین می‌شوند. به همین خاطر، آب بیشتر جذب پروتوپلاسم گیاه شده و در نتیجه گیاه ترد و شکننده می‌شود. همچنین، زیادی نیتروژن سبب کاهش کیفیت غده‌های سیب‌زمینی، پیاز و در صد قند در چغندر قند (به دلیل زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی و تجمع نیترات در غده‌های چغندر قند، درصد استحصال شکر بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد). می‌شود؛
- به دلیل آبدار شدن پروتوپلاسم در اثر استمرار در مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی، گیاه در برابر بیماری‌ها و حمله حشرات حساس‌تر می‌شود. مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی همبستگی نزدیکی با افزایش حساسیت گیاه به آفات و بیماری‌ها از جمله آتشک گلایی، زنگ، سفیدک و نماتد دارد (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۴)؛
- زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی سبب آب‌شویی و تصعید آن می‌شود (در شالیزارهای شمال کشور، بیش از ۵۰ درصد اوره مصرفی بصورت تصعید از دسترس برنج خارج می‌گردد - میرنیا و همکاران، ۱۳۷۷). بدیهی است، مناسب‌ترین روش برای کاهش آب‌شویی و افزایش بازایافت کودهای نیتروژنی، جایگزینی اوره با پوشش‌گوگردی (SCU) با اوره قبل از کاشت و مصرف اوره با دفعات بیشتر (سرک) می‌باشد و
- استفاده بیش از نیاز و نابهنگام از کودهای نیتروژنی علاوه بر آب‌شویی و تصعید، سبب افزایش نیترات (NO_3) در خاک می‌گردد. زیادی نیترات در خاک، جذب نیترات توسط گیاهان را تحریک و سبب تجمع نیترات در اندام‌های خوراکی گیاهان می‌گردد. به عبارت دیگر، مصرف نامتعادل و نابهنگام کودهای نیتروژنی (عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی)، تجمع نیترات را در فرآورده‌های کشاورزی تسریع می‌کند و استمرار مصرف آن‌ها

برای سلامتی دام و انسان بسیار زیان آور می باشد (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).
 (پ) در مقابل، مصرف بهینه، بهنگام و به دفعات کودهای نیتروژنی، سبب افزایش بیش از ۵۰ درصدی در عملکرد هکتاری محصولات زراعی از جمله گندم می شود (این مقدار افزایش در گندم، برنج و ذرت در هندوستان بطور متوسط به دلیل مناسب بودن مواد آلی خاک های زیر کشت حدود ۴۰ درصد بوده است- Shahi و همکاران، ۲۰۱۲). در شکل های یک و دو، نقش منابع مختلف کودهای نیتروژنی و کربن آلی بومی خاک در افزایش عملکرد هکتاری دانه گندم نشان داده شده است (Malakouti و همکاران، ۲۰۰۸ و کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۱- نقش منابع مختلف کودهای نیتروژنی در افزایش عملکرد دانه گندم در استان خراسان رضوی (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲)

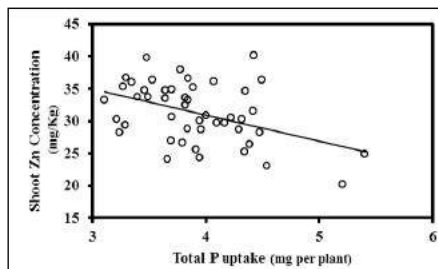
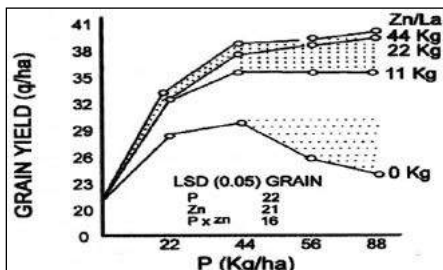
شکل ۲- رابطه بین کربن آلی خاک و عملکرد دانه گندم در استان خراسان رضوی (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲)

۱-۷- اثربخشی کودهای فسفاتی در تولید محصولات کشاورزی سالم: فسفر (P) یکی دیگر از مهمترین عناصر غذایی مورد نیاز در تولید محصول به شمار می آید. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی زا، سازوکار انتقال انرژی و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد، به طوری که: الف) کمبود آن، عملکرد را کاهش می دهد (ملکوتی، ۱۳۷۵). ب) پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی عبارتند از:

- مقدار زیادی فسفر مورد استفاده به عنوان کود از طریق واکنش رسوب و تثبیت تبدیل به فرم های نامحلول می شود. این موضوع و تحرک پائین فسفر در خاک، موجب تجمع فسفر در افق سطحی خاک های زراعی شده و باعث بروز معضلات و مشکلات متعددی از جمله مسمومیت فسفوری، کاهش عملکرد، تأثیر منفی بر جذب عناصر کم مصرف می گردد؛
- آب تباهی یا غنی شدن منابع آب از عناصر غذایی (فرایندی است که بر اثر اضافه شدن عناصر غذایی همچون نیتروژن و فسفر در مرداب ها و تالاب ها، موجب رشد بیش از اندازه جلبک آزولا شده و مسائل زیست محیطی نظیر کاهش اکسیژن آب و متعاقب آن، تلف شدن ماهی ها را به دنبال می آورد)؛

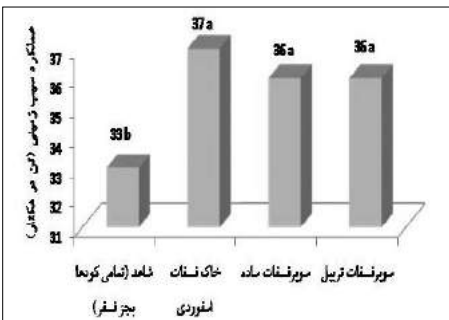
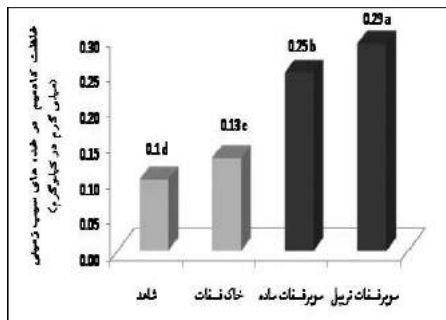
- آلودگی خاک، گیاه و انسان به کادمیوم، اثرات زیست محیطی، خروج ارز از کشور به خاطر واردات سوپرفسفات تریپل حاوی کادمیوم می گردد؛
 - هنگامی که مقدار فسفر کل خاک قابل توجه و فسفر قابل استفاده خاک زراعی از ده میلی گرم بر کیلوگرم بیشتر می شود، استفاده بیش از نیاز کودهای فسفاتی سبب تجمع فسفر به صورت رسوب تری کلسیم فسفات در خاک می شود؛
 - با مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی حاوی کادمیوم، علاوه بر اثرهای آنتاگونیستی فسفر با روی (Zn)، درصد ماده خشک غده های سیب زمینی کاهش (افت کیفیت)، جذب روی دچار مشکل شده و غلظت آلاینده هایی نظیر کادمیوم (Cd) در فرآورده های کشاورزی افزایش می یابد و
 - افزایش شاخص نامطلوب تغذیه ای (PA/Zn) و کاهش درصد ماده خشک در غده های سیب زمینی. بدیهی است که استمرار در مصرف کودهای فسفاتی حاوی کادمیوم، برای سلامتی دام و انسان بسیار زیان آور می باشد.
- ت) در مقابل، مصرف بهینه کودهای فسفاتی با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، از ۲۰ درصد تجاوز نمی نماید. زیرا، نیاز گیاهان به فسفر کم و در حدود یک دهم نیتروژن و پتاسیم است. در شکل های سه و چهار، اثر آنتاگونیستی فسفر (P) با روی (Zn) و نقش مصرف سولفات روی در افزایش عملکرد هکتاری گندم تحت شرایطی که کودهای فسفاتی مصرف شده، نشان داده شده است. همچنین، در شکل پنج نقش مصرف منابع مختلف کودهای فسفاتی در افزایش عملکرد هکتاری سیب زمینی گنجانده شده است. به طوری که ملاحظه می شود در حالی که با مصرف بهینه و به هنگام منابع مختلف کودهای نیتروژنی، عملکرد هکتاری گندم بیش از ۴۶ درصد افزایش می یابد، لیکن، این مقدار افزایش با مصرف بهینه منابع مختلف کودهای فسفاتی در سیب زمینی، از ۱۲ درصد تجاوز ننمود. به عبارت دیگر، مصرف همه ساله کودهای فسفاتی با توجه به تجمع فسفر به صورت رسوب فسفات کلسیم در خاک های زراعی، نقش کودهای فسفاتی در افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی بسیار محدود می باشد (این مقدار افزایش در گندم، برنج و ذرت در هندوستان بطور متوسط به دلیل مصرف کم کودهای فسفاتی، حدود ۱۶ درصد بوده است - Shahi و همکاران، ۲۰۱۲). در شکل شش، نقش منابع مختلف کودهای فسفاتی (سوپرفسفات وارداتی و خاک فسفات تولید داخل) در افزایش غلظت کادمیوم در غده های سیب زمینی نشان داده شده است (کریمی، ۱۳۹۴ و ملکوتی، ۱۳۹۴).

۲۶۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم



شکل ۳- اثر آنتاگونیستی فسفر با روی.
با افزایش جذب فسفر، جذب روی در گیاه کاهش می‌یابد (Zhu و همکاران، ۲۰۰۱)

شکل ۴- نقش مصرف سولفات روی در افزایش حدود دو برابری عملکرد هکتاری گندم تحت شرایطی که کودهای فسفاتی مصرف شده است



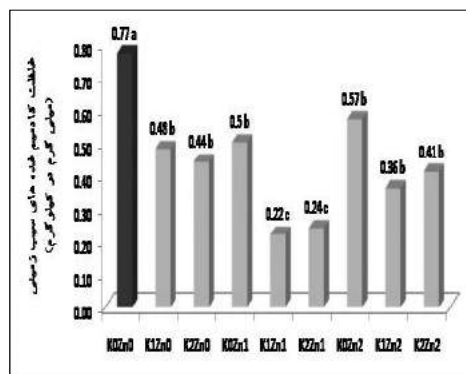
شکل ۵- نقش منابع مختلف کودهای فسفاتی در افزایش عملکرد سیب‌زمینی (کریمی، ۱۳۹۴)*

شکل ۶- نقش منابع مختلف کودهای فسفاتی در میزان تجمع کادمیوم در غده‌های سیب‌زمینی (کریمی، ۱۳۹۴)

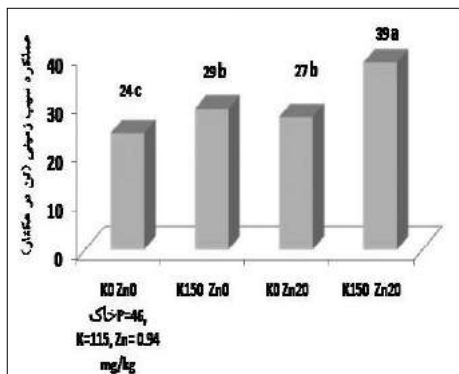
* سوپرفسفات ساده مصرفی تولید داخل نمی‌باشد، زیرا در خاک فسفات اسفوردی تولید داخل، غلظت کادمیوم کمتر از سه میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

۳-۱-۷- اثربخشی کودهای پتاسیمی در تولید محصولات کشاورزی سالم: پتاسیم (K) فراوان‌ترین کاتیون موجود در سیتوپلاسم گیاهی است و نقش آن در گیاه بسیار متنوع بوده و برخلاف نیتروژن، فسفر، گوگرد و ... جزئی از ساختمان گیاه نبوده و در داخل سلول‌های گیاهی به شکل یون می‌باشد. لذا بسیار پویا (متحرک) بوده و در بسیاری از فعل و انفعالات گیاهی حضور فعال دارد (Wakeel و همکاران، ۲۰۱۶). پتاسیم در اعمال فیزیولوژیکی متعددی از جمله سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، کنترل و تنظیم فعالیت‌های گوناگون، خنثی کردن اسیدهای آلی، مقابله با تنش‌های زنده و غیرزنده، تنظیم روزه‌ها و آب، نقش اساسی دارد. اثرات مفید پتاسیم بر بهبود کیفیت محصول (با افزایش غلظت عناصر غذایی به‌ویژه پتاسیم و کاهش درصد آب در درون سلول‌های میوه به‌ویژه مرکبات در شمال کشور، می‌توان مقاومت میوه‌ها را نسبت به

سرما به طور نسبی افزایش داد)، افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن، مقاومت به تنش خشکی، مقاومت به سرمازدگی، اصلاح ساختار آوندهای گیاهی و کاهش اثرات شوری، آفات و بیماری‌ها و آلاینده‌های نیترات و کادمیوم، ثابت شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). به طوری که: **الف)** کمبود آن، عملکرد کمی و کیفی را در محصولات زراعی و باغی کاهش می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۷۵)، **ب)** استفاده بیش از نیاز از کودهای پتاسیمی برعکس سایر عناصر غذایی، نه تنها زیان‌آور نبوده بلکه جذب لوکس گیاه شده و گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده سرحال نگه می‌دارد، **پ)** در مقابل، مصرف بهینه، بهنگام و به دفعات کودهای پتاسیمی و روی، سبب افزایش بیش از ۵۰ درصدی در عملکرد هکتاری محصولات زراعی از جمله سیب‌زمینی می‌شود. در شکل هفت، نقش مصرف تلفیقی کودهای پتاسیمی + روی در افزایش ۶۲ درصدی عملکرد هکتاری سیب‌زمینی نشان داده شده است. بنابراین، برعکس کودهای نیتروژنی و فسفاتی، مصرف بیش از نیاز کودهای پتاسیمی نه تنها عملکرد کمی و کیفی را کاهش نمی‌دهد، بلکه علاوه بر افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده، عملکرد کمی-کیفی در محصولات زراعی و باغی را بطور معنی‌داری بهبود می‌بخشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، در شکل هشت، نقش مصرف تلفیقی کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی در کاهش غلظت کادمیوم در غده‌های سیب‌زمینی نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، چنین استنباط می‌گردد که با مصرف بهینه کودی، علاوه بر تأمین حداکثری عملکرد کمی-کیفی هکتاری سیب‌زمینی، تولید غذای سالم حتی در مزارع آلوده به کادمیوم نیز امکان‌پذیر می‌باشد. این نتایج با یافته‌های تحقیقاتی McLaughlin و همکاران (۱۹۹۵)؛ Malakouti و Bybordi (۲۰۰۶)؛ شهابی (۱۳۸۹)؛ قاسمی و شهابی (۱۳۹۲)؛ ملکوتی (۱۳۹۴)؛ ملکوتی و همکاران (۱۳۹۵)؛ و زارع (۱۳۹۷) مطابقت داشت.



شکل ۸- نقش مصرف تلفیقی کودهای پتاسیمی و روی در کاهش کادمیوم در غده‌های سیب‌زمینی در یک خاک آلوده به کادمیوم (حسینی، ۱۳۹۴)



شکل ۷- نقش مصرف تلفیقی کودهای پتاسیمی و روی در افزایش عملکرد سیب‌زمینی در یک خاک آلوده به کادمیوم (کادمیوم خاک برابر ۳/۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود) (حسینی، ۱۳۹۴)

«اثر بخشی روی (Zn) موجود در فرآورده‌های کشاورزی بیش از مصرف کپسول سولفات روی است»

۴-۱-۷- اثر بخشی کودهای حاوی روی در تولید محصولات کشاورزی سالم: رتبه ایران در تأمین سلامت مردم در بین ۱۹۲ کشور جهان، جایگاه ۱۲۳ می‌باشد و مهمترین دلیل این جایگاه پایین، سوء تغذیه (کمبود مواد معدنی و ویتامین‌ها در رژیم غذایی) است. از علائم سوء تغذیه می‌توان به ریزش مو، بد اخلاقی، سرما خوردگی‌های مزمن، کم حوصلگی، خستگی مفرط، پوکی استخوان، کوتاهی قد، افسردگی، کم خونی، سرطان گوارشی و ایمنی پایین بدن اشاره کرد. نتیجه تحقیقات مؤید آن است که کمبود روی، آهن، کلسیم، منیزیم و ویتامین‌ها شایع‌ترین عوامل موجد سوء تغذیه هستند. روی (Zn) در بدن انسان نقش‌های برجسته و مهمی دارد، به گونه‌ای که می‌توان از آن به عنوان پلیس راهنمایی بدن نام برد. روی (Zn) در فعالیت حدود ۳۰۰ آنزیم مختلف نقش دارد که از جمله می‌توان به نقش فعال‌کننده آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز اشاره کرد، این آنزیم سلول‌های بدن را در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند. از سویی، روی (Zn) در تشکیل و تبدیل پروتئین‌ها نقش اساسی دارد، برای عملکرد طبیعی سیستم ایمنی بدن مورد نیاز بوده و در التیام سریع‌تر زخم‌های درونی و بیرونی بدن بسیار مؤثر است. روی (Zn) همچنین ظرفیت جذب آهن را افزایش و رسوب کلسترول در رگ‌های خونی را کاهش می‌دهد. نقش دیگر روی (Zn) در سلامت پوست بدن است. مصرف روی (Zn) در بهبود آکنه (جوش جوانی)، خارش پوست، آلزایمر، درد دوران قاعدگی، عفونت مثانه، ناتوانی جنسی، عوارض پروستات و دیابت نوع دو نیز مفید می‌باشد. روی (Zn) از عرق کردن بیش از حد، از بوی بد عرق و دهان جلوگیری می‌کند و همچنین، روی می‌تواند، در کنترل اسیدپتیه معده نقش مؤثری داشته باشد. اخیراً مسئولین وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی نیز حضور فعال روی (Zn) و ویتامین D_۳ را در جلوگیری از انواع سرطان‌ها تایید نموده‌اند. به نظر نگارنده یکی از علل شیوع انواع سرطان، کمبود روی (Zn) در مواد غذایی مصرفی در کشورمان می‌باشد. زیرا از ویتامین‌ها A، C، E و از فلزات روی (Zn) و سلنیم (Se) جزو آنتی‌اکسیدان‌های مهم بدن بوده و ایمنی بدن را در برابر انواع بیماری‌ها از جمله سرطان افزایش می‌دهند. با مصرف ویتامین‌ها در جیره غذایی انسان، جذب روی (Zn) افزایش و تجمع آلاینده‌ها به‌ویژه کادمیوم (Cd) که در خون افراد سیگاری و الکلی به دلیل تشدید کمبود روی (Zn)، بالا می‌باشد، کاهش می‌یابد. اخیراً وزیر محترم این وزارت اعلام نمود که سالانه بیش از ۹۰ هزار نفر در کشور به سرطان مبتلا می‌شوند. این در حالی است که ۱۵ سال قبل این رقم فقط ۳۴ هزار نفر بود.

روی (Zn) در سلامت لثه و دندان‌ها نیز بسیار مؤثر است. در بعضی موارد کم‌رنگ شدن مخاط دهان و لثه و تورم لثه ناشی از کم‌خونی و کمبود روی (Zn) و بوی بد دهان با ترکیبات و یا آدامس‌های حاوی روی و همین‌طور دهان‌شویه‌های حاوی کلریدروی بهبود می‌یابد. این دارو از

قدیم همراه با اسانس نعناع و گلاب به عنوان دهان شوی برای رفع بوی بد دهان تجویز می شد. تورم لثه که گاهی با خونریزی لثه همراه است که علت آن پلاکت باکتریال روی لبه دندان ها و لثه می باشد، با مصرف قرص روی (Zn) و دهان شوی بهتر می شود. دهان شوی حاوی سیترات روی، سبب کاهش پلاک دندانی و بهبود تورم لثه و دهان شوی حاوی سولفات روی، موجب کاهش التهاب مخاط دهان و گلو می شود. بیماری های پریودنتال نیز علاوه بر درمان های تخصصی، با ترکیبات روی (Zn) بهتر می شوند. نکته قابل توجه این که وجود سیترات روی در دهان شوی ها و بعضی خمیردندان ها، سبب بهبود نسبی مینای دندان ها می شود. برای حل این مشکل می توان همراه با دهان شوی های حاوی روی (Zn)، از دهان شوی های دارای فلوراید هم استفاده نمود. روی (Zn) مورد نیاز بدن انسان از مواد غذایی تأمین می شود. کمبود روی (Zn) در مواد غذایی ناشی از تغذیه نامطلوب گیاهان و آن نیز ناشی از قابلیت دسترسی کم روی (Zn) در خاک است. بنابراین، رابطه بسیار نزدیکی بین خاک سالم، گیاه سالم و انسان سالم وجود دارد. حمایت از مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی و عدم حمایت از کودهای حاوی عناصر ریزمغذی در طول دهه های گذشته علاوه بر آهکی بودن اغلب خاک های زراعی، پایین بودن مواد آلی و بی کربناته بودن آب آبیاری کشور، از مهمترین عواملی هستند که موجب سوء تغذیه گسترده به ویژه کمبود روی در مردم شده است.

• **وضعیت روی (Zn) در خاک:** مقدار متوسط روی (Zn) در پوسته زمین در حدود ۷۸ و در خاک ها با مواد آلی مناسب و رس کافی ۵۵ و در خاک های آهکی کمتر از ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم است. روی در خاک بیشتر به شکل ترکیبات بسیار کم محلول هیدروکسید و یا کربنات روی وجود دارد که بخش عمده آن ها به شکل غیر قابل استفاده برای گیاهان می باشند. به دلیل آهکی بودن و پایین بودن مواد آلی در خاک، بی کربناته بودن آب آبیاری، زیاده روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم رواج مصرف کودهای ریزمغذی، قابلیت دسترسی ریزمغذی ها در خاک های زراعی کشور بسیار کم است. به گونه ای که قابلیت دسترسی روی (Zn) برای گیاهان در اکثر خاک های کشور بسیار کمتر از یک میلی گرم بر کیلوگرم تخمین زده می شود. بنابراین، گیاهان یا نمی توانند ریزمغذی ها را جذب کنند و یا در صورت جذب، به دلیل رسوب در آوندها، امکان استفاده از آن ها را ندارند و در این شرایط حرکت این مواد به برگ، دانه و میوه گیاه نیز بسیار کم است. لذا غلظت ریزمغذی ها از جمله روی (Zn) در اندام های مورد مصرف انسان و دام بسیار کم است. بر این اساس، استفاده از کودهای شیمیایی دارای روی (نظیر سولفات روی و کلات روی)، استفاده از ارقام گیاهی روی کارا نظیر گیاه کدو و استفاده از ریزجاندارانی با توانایی افزایش قابلیت دسترسی روی برای گیاه (این ریزجانداران اغلب با ترشح اسیدهای آلی و سیدروفور موجب افزایش حلالیت ترکیبات کم محلول روی می شوند) برای تأمین روی مورد نیاز گیاه ضروری می باشد. از نکات جالب توجه دیگر درباره جذب روی

بوسیله گیاهان، تشابه الکترونی یون کادمیوم (Cd) با یون روی (Zn) است. این تشابه موجب می‌شود در خاک‌هایی که با کمبود روی مواجه می‌باشند، کادمیوم به اشتباه و یا به ناچاری به جای روی جذب گیاه شود. لذا در خاک‌هایی که قابلیت استفاده روی در آن‌ها پایین است، جذب کادمیوم توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین، کمبود روی قابل جذب در خاک و آلودگی خاک به وسیله کادمیوم (که منشا اصلی آن در خاک‌های زراعی مصرف زیاد و طولانی مدت کودهای فسفاتی محتوی کادمیوم است) هر دو موجب تشدید جذب کادمیوم و آلودگی محصولات کشاورزی به آن می‌شود. سطح مطلوب غلظت روی (Zn) قابل دسترس برای گیاهان در خاک‌های زراعی دو، در برگ گیاهان ۵۰ و در دانه گندم ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم و در خون انسان ۸۰ میکروگرم بر لیتر است.



شکل ۹- مشابهت علائم کمبود روی در گیاه، دام و انسان (ریزبرگی، ریش مو و قد کوتاهی)

- **اهمیت روی (Zn) در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی:** یکی از وظایف مهم روی (Zn) در گیاه، ساخت پروتئین است؛ بنابراین کمبود روی (Zn) موجب کاهش مقدار پروتئین و افزایش مقدار آمینواسیدهای آزاد و آمیدها می‌شود. علاوه بر این، روی (Zn) در تولید هورمون رشد اکسین، آنزیم‌های مسئول تولید نشاسته، فتوسنتز، سوخت و ساز نیتروژن (فعال سازی آنزیم نترات رداکتاز)، آنزیم‌های انتقال دهنده فسفات (هگزوکیناز) و نیز در تولید تریپتوفان و هورمون رشد (اسید ایندول استیک) نقش مؤثری دارد. در حضور اسید ایندول استیک، کلروفیل بیشتری ساخته شده، پیری به تأخیر افتاده و میزان فتوسنتز و در نهایت تولید افزایش می‌یابد. همچنین، روی (Zn) همراه با پتاسیم (K) در کاهش نفوذپذیری دیواره سلولی و اصلاح آوندهای گیاه نقش مؤثری داشته و بدین ترتیب مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده افزایش می‌دهد.
- **نقش روی (Zn) در بهبود کیفیت نان:** سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۹۶ شاخصی را به نام شاخص نامطلوب تغذیه‌ای مطرح کرد. این شاخص می‌گوید: اگر می‌خواهید مواد معدنی موجود در هر ماده غذایی در سیستم گوارشی بدن شما قابل جذب باشد، بایستی شاخص نامطلوب تغذیه‌ای و یا نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در

آن ماده غذایی کمتر از ۲۵ باشد. اگر این نسبت در ماده غذایی از ۲۵ بزرگتر باشد، عناصر معدنی آن قابل جذب نخواهد بود. به عبارت دیگر، برای افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در بدن انسان، باید مقدار شاخص نامطلوب تغذیه‌ای از ۲۵ کوچکتر باشد. متأسفانه مقدار این شاخص در گندم‌های تولیدی کشور از ۶۰ بیشتر است.

شاخص نامطلوب تغذیه‌ای، از دو بنیان فسفر (P) و روی (Zn) تشکیل شده است. هر چه غلظت فسفر (اسید فیتیک) بیشتر و غلظت روی (Zn) در ماده غذایی از جمله دانه گندم کمتر باشد، این نسبت افزایش می‌یابد و نامطلوب خواهد بود و برعکس هر چه غلظت فسفر (اسید فیتیک) کاهش و غلظت روی (Zn) در ماده غذایی از جمله دانه گندم افزایش یابد، این شاخص مطلوبتر خواهد بود. مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی، عدم مصرف کودهای دارای روی (Zn) و قابلیت جذب اندک روی بومی خاک (به دلیل آهکی بودن خاک و بی‌کربناته بودن آب آبیاری) موجب افزایش غلظت اسید فیتیک ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) در دانه گندم می‌شود. متأسفانه این نسبت در گندم‌های تولیدی در خاک‌های آهکی ایران به دلیل استمرار مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای حاوی روی (Zn)، از ۶۰ بیشتر می‌باشد. چون قسمت عمده (حدود ۸۰ درصد) اسید فیتیک (شکل ذخیره‌ای فسفر)، عناصر معدنی و ویتامین‌ها در سبوس گندم تجمع می‌یابد، بنابراین، متولیان بهداشت و سلامت مردم، بجای حل علمی مشکل زیادی اسید فیتیک در دانه گندم، ساده‌ترین راه یعنی جداسازی و دورریزی سبوس از آرد مصرفی مردم را اجرا می‌کنند که خود یک اشتباه تغذیه‌ای فاحش است و سبب افت جایگاه سلامت جامعه در کشور شده و می‌شود. به عبارت دیگر، علت حذف سبوس را زیادی اسید فیتیک در آن ذکر کرده‌اند. اسید فیتیک در سیستم گوارشی بدن انسان از طریق ترکیب با کاتیون‌های فلزی (کلسیم، منیزیم، آهن، روی و.....) تشکیل نمک فیتات داده و از سیستم گوارشی بدن، طبق واکنش زیر دفع می‌گردد:



بنابراین، اگرچه این روش (جداسازی سبوس از آرد)، شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسید فیتیک به روی) را بهبود می‌بخشد، اما از آن‌جا که بخش بزرگی از عناصر معدنی و ویتامین‌ها نیز در سبوس گندم قرار دارد، این روش موجب کاهش شدید مقدار عناصر معدنی و ویتامین‌ها و در نتیجه سبب افت ارزش غذایی گندم و نان تولیدی از آن می‌گردد. برای جلوگیری از حذف و یا کاهش درصد حذف سبوس، باید غلظت اسید فیتیک در گندم‌های تولیدی را کاهش و در مقابل غلظت روی (Zn) را افزایش داد. این امر تنها از طریق غنی‌سازی گندم در مزرعه امکان‌پذیر است. بدین منظور باید مصرف کودها بهینه شود تا شاخص نامطلوب تغذیه‌ای به کمتر از ۲۵ کاهش یابد. در این صورت عناصر معدنی موجود در نان سبوس‌دار، قابل جذب شده و سطح بهداشتی جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت.

• **مقدار و نحوه مصرف روی (Zn):** اگرچه علائم ظاهری نشان‌دهنده کمبود روی (Zn) در بسیاری از افراد جامعه است، اما اندازه‌گیری روی (Zn) در آزمایشگاه‌های تشخیص طبی معیار قضاوت و تشخیص واقعی است. از این رو، به افرادی که دارای کمبود روی (Zn) هستند، توصیه می‌شود هر هفته دو تا سه کپسول سولفات روی ۲۲۰ میلی گرمی (حاوی ۵۰ میلی گرم روی) مصرف کنند. افرادی که دارای مشکل پروستات دارند و یا یکی از علائم کمبود روی را دارند، هر دو روز یک کپسول مصرف کنند. بهتر است کپسول سولفات روی همراه با ناهار (حتماً وسط غذا) مصرف شود. لیکن، برای افرادی که زخم معده دارند و یا نسبت به مصرف کپسول سولفات روی حساس هستند، لازم است حاویات کپسول روی را در آب پرتقال و یا در آب معمولی همراه با قرص ویتامین C (جذب روی در جوار ویتامین C تسهیل می‌یابد) حل نموده و سپس حجم آن را با آب به حدود یک لیتر رسانده و سپس به تدریج مصرف نمایند. امروزه علاوه بر سولفات روی، انواع دیگری از ترکیبات روی (Zn) نظیر انواع مولتی‌مینرال‌ها (سنتروم)، سیترات روی، گلوکونات روی و شربت روی (مخصوص کودکان) نیز در داروخانه‌ها با قیمت بالاتری قابل تهیه می‌باشد.

یادآوری ۱- استفاده از کپسول سولفات روی برای اولین بار، ممکن است در افرادی که دارای کمبود روی (Zn) شدید هستند، باعث ایجاد حالت تهوع گردد که با مصرف یک قاشق چای‌خوری عسل و یا با مصرف یک عدد پرتقال و یا نارنگی برطرف خواهد گردید.

یادآوری ۲- نیاز روزانه روی (Zn) برای هر فرد از ۱۵ الی ۴۰ میلی گرم متفاوت می‌باشد. با افزایش سن، نیاز به آن بیشتر می‌شود.

یادآوری ۳- لازم به ذکر است که نباید در استفاده از مکمل‌های روی (Zn) زیاده روی کرد، زیرا ممکن است موجب بهم زدن تعادل سایر عناصر معدنی در بدن و خشک شدن پوست گردد. بنابراین، مصرف بیش از دو الی سه کپسول در هفته تحت هیچ شرایطی (مگر با تجویز پزشک متخصص) توصیه نمی‌گردد.

• **راه حل واقعی:** هر چند می‌توان با تهیه و مصرف مکمل‌ها و قرص‌های حاوی عناصر ریزمغذی مشکل کمبود این عناصر را تا حدی برطرف کرد، ولی به دلیل عدم آگاهی عموم مردم، هزینه‌بر بودن و عدم دسترسی همگانی، این روش راه حل دائمی نیست. راه حل اساسی، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در محل تولید (به‌ویژه گندم و برنج که مصرف فراگیر و همگانی دارند) از طریق بهبود سلامت خاک (افزایش مواد آلی) و رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع و باغ‌ها (در گیاهان زراعی، دارویی، زینتی و درختان جدیدالاحداث، کوددهی بر مبنای نتایج تجزیه خاک و در درختان مثمر و زینتی بر پایه نتایج تجزیه برگ) است. با این روش، زمینه بروز و شیوع بیماری‌های ناشی از کمبود عناصر غذایی به‌ویژه روی (Zn) به شدت کنترل و رتبه بهداشتی جامعه نیز ارتقاء می‌یابد.

• **نتیجه‌گیری:** به‌رغم آن‌که اکثر مردم کشور ما، مقدار کالری روزانه خود را دریافت می‌کنند، رژیم غذایی بیشتر آن‌ها، فاقد مقدار کافی عناصر معدنی (کلسیم، منیزیم، آهن و روی) است.

به عبارت دیگر به رغم سیری شکم، سلول‌های بدن مردم گرسنه است. بهترین روش برای حل گرسنگی سلولی بدن، در اولویت اول، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در مزرعه (Enrichment) و در اولویت بعدی، افزودن عناصر مورد نیاز به مواد غذایی در فرآیند فرآوری آن‌ها (Fortification) می‌باشد. در کوتاه‌مدت و بنا به دلیل فقر مواد غذایی در تامین عناصر معدنی بدن، استفاده از مکمل‌ها توصیه می‌شود. از جمله برای رفع کمبود روی (Zn) توصیه می‌شود که افراد بزرگسال حداکثر سه عدد کپسول سولفات روی در هفته و در بین غذا مصرف کنند. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد روی (Zn)، علاوه بر منابع مندرج در این کتاب، به تارنمای www.zinc.org و www.iza.com و یا تارنماهای www.zinc.org/health و www.nutrition.org.uk، www.ata-nut.org، www.behdasht.gov.ir، www.ronamed.com، دفتر بهبود تغذیه جامعه www.nutrition.org.uk و رونس طب مراجعه فرمایید.

۷-۲- ضرورت تغییر نگرش در مصرف نوع و مقدار کودهای فسفاتی در کشور

۷-۲-۱- نیاز کم گیاهان به فسفر در مقایسه با نیتروژن و پتاسیم و مضرات زیادی مصرف آن: در حالی که غلظت مطلوب نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم در برگ‌های سیب معمولاً به ترتیب برابر ۲/۲۰، ۱/۸۰، ۰/۳۵، ۱/۸۰ و ۰/۴۵ درصد می‌باشد. لیکن، غلظت مطلوب فسفر در برگ‌ها معمولاً کم‌تر از ۰/۱۵ درصد است. مقدار فسفر پوسته جامد زمین حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد. مقدار فسفر خاک از ۰/۰۲ تا ۰/۵۰ درصد نوسان داشته و میانگین آن ۰/۰۵ درصد است. به همین دلیل، غلظت فسفر در یاخته‌های گیاهی بسیار اندک (حدود ۰/۱۵ درصد) و تقریباً یک دهم غلظت نیتروژن و یا پتاسیم است. مقدار فسفر برداشتی از خاک در مقایسه با نیتروژن، پتاسیم و حتی گوگرد و منیزیم به مراتب کمتر است و معمولاً بین ۱۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر هکتار است (برنج با عملکرد ۸ تن بر هکتار دانه همراه با کاه و کلش، ۲۲ کیلوگرم فسفر بر هکتار، سیب‌زمینی با عملکرد ۴۰ تن بر هکتار، ۲۸ کیلوگرم فسفر بر هکتار و لوبیا با عملکرد دانه ۴ تن بر هکتار، ۱۵ کیلوگرم فسفر از خاک برداشت می‌کنند (Laegreid، ۱۹۷۳، Russell) و همکاران، ۱۹۹۹؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). مقدار زیادی از فسفر مورد استفاده به عنوان کود، از طریق واکنش رسوب و تثبیت، تبدیل به فرم‌های نامحلول می‌شود. این موضوع و تحرک پایین فسفر در خاک، موجب تجمع فسفر در افق سطحی خاک‌های زراعی که کودهای فسفاتی بیش از اندازه دریافت می‌کنند، شده و باعث بروز معضلات و مشکلات متعددی به شرح ذیل می‌گردد:

- **مسمومیت فسفوری:** با جذب بیش از اندازه فسفر، غلظت آن در بافت‌های گیاهی افزایش یافته و باعث به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاه، مختل شدن متابولیسم عناصر غذایی و موجب بروز علائم مسمومیت فسفوری می‌شود.

- **تأثیر بر جذب عناصر کم مصرف:** فسفر زیادی با کاهش جذب و غلظت ریزمغذی‌ها در گیاه، باعث تشدید کمبود این عناصر به‌ویژه روی (Zn) می‌گردد و اثرات زیان‌بارتر زمانی که کمبود عنصر با pH بالا همراه باشد، بیشتر نمایان می‌شود.
 - **آلودگی خاک، گیاه و انسان به کادمیوم:** غلظت کادمیوم در خاک‌های غیر آلوده معمولاً ناچیز بوده و میانگین آن کمتر از یک میلی گرم بر کیلوگرم است. یکی از دلایل افزایش میزان کادمیوم در خاک‌ها، مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی وارداتی حاوی کادمیوم می‌باشد.
 - **کاهش عملکرد:** افزایش غلظت فسفر در محلول خاک گرچه عملکرد گیاهان مختلف را افزایش می‌دهد، ولی چنانچه این غلظت از حد معینی تجاوز کند، به‌طور مستقیم و غیر مستقیم باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود.
 - **اثرات زیست محیطی:** یکی از مشکلات زیست محیطی مصرف زیاد و نامتعادل کودهای فسفاتی، انتقال آن به داخل آب‌های زیرزمینی و نتیجه آن آب تباهی سیستم‌های آبی است.
 - **خروج ارز از کشور به خاطر واردات:** کود سوپر فسفات تریپل بیشترین کود فسفاتی مصرفی کشور را تشکیل می‌دهد. بیشترین کود فسفاتی وارداتی از نوع سوپر فسفات تریپل حاوی آلایند کادمیوم می‌باشد. این در حالی است که سوپر فسفات تولید داخل فاقد کادمیوم می‌باشد.
- با مصرف کودهای فسفاتی در خاک، تنها بخشی از آن در همان سال اول مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد، زیرا ۱۵ تا ۲۵ درصد از فسفر اضافه شده به خاک برای گیاه قابل جذب بوده و مابقی به دلیل آهکی بودن اکثر خاک‌ها، وجود اسیدیته بالا، تنش خشکی، وجود بی‌کربنات در آب آبیاری و کمبود مواد آلی موجود در خاک و همچنین در اثر ترکیب با یون‌های کلسیم، آلومینیوم و آهن در خاک به صورت رسوب در می‌آید و از دسترس گیاه، خارج می‌شود. با تداوم مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای فسفاتی، تجمع و انباشتگی فسفر در خاک صورت می‌گیرد. فسفات‌های باقیمانده در خاک می‌توانند در سال‌های بعد مورد استفاده گیاه قرار گیرند. در همین راستا Barber (۱۹۹۵) در آزمایش مزرعه‌ای که ۲۵ سال طول کشید، به بررسی رابطه فسفر غیر قابل دسترس (non-labile) و فسفر قابل دسترس (Labile) خاک با استفاده از عصاره گیر رزین و همبستگی اثر تخلیه فسفر خاک بر مقدار فسفر قابل دسترس گیاه پرداخت و گزارش نمود، گیاه برای تأمین نیاز فسفوری خود برای تولید عملکرد یکسان، در خاکی که مقدار فسفر قابل استفاده آن بیشتر است (یعنی در خاکی که همه‌ساله زارع کود فسفاتی مصرف می‌کند) تلاش چندانی نمی‌کند تا به دنبال فسفر غیر قابل دسترس برود، زیرا گیاه، عمده نیاز فسفوری خود را از فسفر قابل دسترس موجود در خاک تأمین می‌نماید. لیکن در خاکی که مقدار فسفر قابل استفاده آن کمتر است، گیاه تلاش بیشتری می‌کند تا بقیه نیاز فسفوری خود را بی‌آن که از عملکرد کاسته شود، از فسفر غیر قابل دسترس خاک تأمین نماید. به عبارت دیگر، گیاه در خاکی که مقدار فسفر قابل استفاده آن بیشتر است، ۳۳ درصد (یک سوم) از فسفر قابل دسترس و ۶۷ درصد (دو سوم) از فسفر غیر قابل دسترس را استفاده می‌نماید. لیکن، در خاکی که مقدار فسفر قابل استفاده آن کمتر است، فقط از ۱۰ درصد (یک دهم) فسفر قابل دسترس

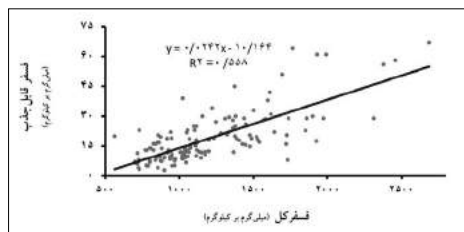
استفاده نموده و ۹۰ درصد بقیه (نه دهم) را از فسفر غیر قابل دسترس برداشت می‌کند. گروه ترویج دانشگاه نبراسکا آمریکا (۱۹۹۹) طی پژوهشی ۱۰ ساله، چهار روش را برای انجام توصیه کودی مورد مطالعه قرار دادند. این روش‌ها شامل: الف) مصرف مداوم (سالانه) کودهای فسفاتی، ب) اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک، پ) نگاهداشت مطلوب عناصر غذایی و ت) میزان برداشت عناصر غذایی از مزرعه توسط محصول بود. آنان همچنین اثرات متفاوت تجمعی مصرف کودهای فسفاتی بر اساس این چهار روش را مطالعه نموده و دریافتند که در روش کوددهی بر مبنای روش اصلاح کمبود مواد غذایی، کود به مقدار مورد نیاز مصرف و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. لیکن، در روش‌های توصیه کودی بر مبنای روش نگاهداشت عناصر غذایی و یا مصرف مداوم کودهای فسفاتی، با مصرف بیشتر کود، عملکرد افزایش نیافته یا مقدار افزایش آن ناچیز است. در این روش‌ها برای کسب ضریب اطمینان بیشتر، مقدار کود بیشتری مصرف می‌گردد. در پایان پس از ده سال جمع‌آوری آمار عملکردها و هزینه‌های خرید کود و فروش ذرت در پنج منطقه، نتیجه‌گیری نمودند که کوددهی بر اساس روش اصلاح کمبود عناصر غذایی در مقایسه با کوددهی در سه روش دیگر، علی‌رغم میانگین عملکرد تقریباً مشابه در ده سال در هر پنج منطقه، لیکن هزینه‌های تهیه و مصرف کودها در روش اصلاح کمبود عناصر غذایی تقریباً نصف هزینه‌های کوددهی در مقایسه با سه روش دیگر است. در آزمایشی دیگر، ملکوتی و شاهرخ‌نیا (۱۳۷۹) در تحقیقات شش ساله خود به این نتیجه رسیدند که اگر فسفر قابل استفاده خاک حدود ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود سوپر فسفات ساده یا کود میکروبی فسفاتی و یا ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هر سال، نیاز فسفوری گیاهان زراعی پرتوقع مانند ذرت و چغندر قند حتی با عملکرد هکتاری بالا نیز تأمین می‌شود. نتایج این تحقیق در جدول یک آمده است. از اطلاعات این جدول نتیجه می‌شود که مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی، باعث تجمع این عنصر در خاک، جلوگیری از جذب روی و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهند، محصولات اساسی کشور ما با عملکردهای هکتاری نه چندان مطلوب، نیاز زیادی به کودهای فسفاتی ندارند. در عملکردهای بالا (۷ تن گندم، ۹ تن ذرت و ۴۱ تن بر هکتار چغندر قند)، اگر فسفر قابل جذب خاک در حد ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، نباید نگران کاهش محصول بود. با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کودهای فسفاتی، فسفر قابل استفاده خاک کاهشی معنی‌دار نمی‌یابد، در صورت عدم مصرف کودهای فسفاتی و برداشت محصول سالانه، فقط یک میلی گرم بر کیلوگرم از ذخیره فسفر قابل استفاده کم می‌شود. این درحالی است که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کودهای فسفاتی، فسفر قابل استفاده خاک ثابت می‌ماند و اگر فسفر قابل جذب خاک به کمتر از ۵ میلی گرم بر کیلوگرم برسد، در صورت عدم مصرف کودهای فسفاتی، کاهش محصولات زراعی مخصوصاً در چغندر قند و ذرت در استان فارس، چشمگیر خواهد بود (ملکوتی و شاهرخ‌نیا، ۱۳۷۹).

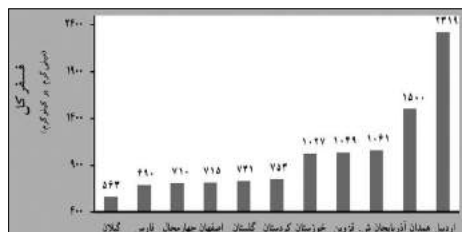
جدول ۱- اندازه‌گیری فسفر قابل استفاده پیش و پس از آزمایش

تغییرات سالانه فسفر	میانگین فسفر پیش از کاشت در سال ششم	میانگین فسفر پیش از کاشت در سال اول	سوپر فسفات تریپل مصرفی در هر سال
	(میلی گرم بر کیلوگرم)		(کیلوگرم بر هکتار)
-۰/۸	۶/۴	۱۰/۶	بدون کود (شاهد)
+۰/۲	۱۱/۲	۱۰/۲	۱۰۰
+ ۰/۸	۱۶/۰	۱۰/۹	۲۰۰
+ ۲/۱	۲۱/۰	۱۰/۲	۳۰۰
+۳/۲	۲۶/۰	۱۰/۳	۴۰۰

۲-۷-۲-۷- انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی به صورت فسفرکل: تمام کودهای فسفاتی مصرفی به دلیل کارآیی پایین مصرف آن‌ها به طور کامل توسط گیاه جذب نمی‌شوند و باقیمانده آن‌ها در خاک رسوب کرده و تثبیت می‌شود، بنابراین انباشتگی فسفر در خاک ایجاد می‌شود. در نتیجه، مصرف مداوم و بی‌رویه کودهای فسفاتی و نیز تحرک پایین فسفر در خاک، باعث افزایش فسفرکل در خاک می‌شود. این موضوع در خاک‌های مختلف کشور و در نتایج تحقیقات محمود سلطانی و صمدی (۱۳۸۲) به ترتیب با میانگین فسفرکل ۴۸۲ و ۶۹۰ میلی گرم بر کیلوگرم در خاک‌های سبک بافت و سنگین بافت استان فارس؛ سماواتی و حسین پور (۱۳۸۵) با میانگین ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در خاک‌های استان همدان؛ دهقان و همکاران (۱۳۸۶) با میانگین فسفرکل ۷۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم در برخی از خاک‌های زراعی اصفهان و شهرکرد؛ مستشاری و همکاران (۱۳۸۸) با دامنه تغییرات فسفرکل ۷۰۰ تا ۱۰۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم در خاک‌های قزوین؛ محمودسلطانی و همکاران (۱۳۹۰) با میانگین ۵۶۳ میلی گرم بر کیلوگرم در خاک‌های شالیزاری استان گیلان، و حیدری و همکاران (۱۳۹۲) با دامنه تغییرات فسفرکل ۵۳۴ تا ۱۰۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم در برخی از خاک‌های استان آذربایجان شرقی، گزارش شده است. در شکل‌های ۱۰ و ۱۱، انباشتگی فسفر بصورت رسوب تری کلسیم فسفات و رابطه فسفرکل خاک با فسفر قابل استفاده در برخی از خاک‌های زراعی کشور گنجانده شده است. درجه همبستگی بالا (۶۵)، بین مقدار فسفرکل با فسفر قابل استفاده خاک، مؤید آن است که هرچه میزان فسفرکل در خاکی بالا باشد، مقدار فسفر قابل استفاده بیشتر بوده و می‌تواند به عنوان منبعی برای تأمین قسمتی از فسفر مورد نیاز گیاه بحساب آید (پسندیده و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۱۱- رابطه فسفر کل خاک با فسفر قابل استفاده در برخی از خاک های زراعی کشور



شکل ۱۰- انباشتگی فسفر به صورت رسوب فسفات تری کلسیم در برخی از خاک های زراعی کشور

۳-۲-۷- نقش گیاهان در آزادسازی فسفر از فسفر کل خاک: تثبیت فسفر بر سطح کانی های خاک و رسوب آن به صورت ترکیبات کم محلول از مهمترین محدودیت های تولید محصول در خاک های آهکی می باشد. گیاهان معمولاً راهکارهای مختلفی برای غلبه بر این محدودیت دارند، به این ترتیب که با کارایی استفاده از فسفر را افزایش می دهند و یا کمک می کنند که مقدار فسفر بیشتری از خاک استخراج شود. ترشح اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم توسط برخی از ارقام گیاهی یکی از راهکارهای مهم در افزایش قابلیت دسترسی این عنصر در خاک است. اسیدهای آلی مانند اسیدسیتریک و اسیدگزالیک در شرایط کمبود عناصر غذایی، به مقدار نسبتاً زیادی از ریشه گیاهان آزاد شده و در افزایش حلالیت عناصر غذایی و از جمله فسفر در ناحیه رشد ریشه شرکت می نمایند. بر پایه مطالعات انجام شده در این زمینه، اسیدهای آلی می توانند فسفر قابل دسترس را در خاک های آهکی مستقیماً از طریق کاهش pH خاک، رقابت با فسفر در جذب بر روی سطوح کانی ها، رسوب کلسیم و آزادسازی فسفر از فسفات کلسیم و همچنین به صورت غیر مستقیم از طریق افزایش فعالیت ریزجانداران و تشدید معدنی شدن، افزایش دهند. نتایج تحقیقات نظامی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که اسیدهای آلی در آزادسازی فسفر از خاک و جذب آن توسط گیاه نقش موثری دارند. نتایج این مطالعه نشان داد که اسیدهای آلی به خصوص اسیدگزالیک، به دلیل ماندگاری بیشتر در خاک نسبت به اسیدسیتریک و همچنین، به دلیل تشکیل رسوب اگزالات کلسیم و آزادسازی فسفر، قابلیت دسترسی فسفر خاک را افزایش داده و میزان جذب آن را نیز توسط گیاه ذرت افزایش می دهند. انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه مورد انتظار است.

۴-۲-۷- مکانیسم عمل ریزجانداران و نقش کودهای زیستی فسفاتی در قابل استفاده نمودن فسفات غیر قابل استفاده: طیف گسترده ای از مکانیسم های انحلال میکروبی فسفر در طبیعت وجود دارد و بخش عمده ای از چرخه جهانی فسفات های آلی و غیر آلی نامحلول خاک به باکتری ها و قارچ ها نسبت داده شده است. تولید اسیدهای آلی و فسفات ها از روش رایج برای انحلال فسفر می باشند. به طور کلی مکانیسم های اصلی و کلیدی ریزجانداران حل کننده فسفات برای تبدیل فرم های نامحلول به فرم های قابل دسترس گیاهان عبارتند از تولید انواع اسیدهای آلی و معدنی، اسیدی کردن محیط، تولید آنزیم های هیدرولیز کننده، کلاته کردن و واکنش های تبادل. اما انحلال

فسفر توسط این ریزجانداران یک پدیده پیچیده است که به تغذیه، وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و شرایط محیط رشد بستگی دارد. به نظر می‌رسد ریزجانداران در انحلال فرم‌های مختلف فسفات از مکانیسم‌های متفاوت استفاده می‌کنند. یک گونه ممکن است از چند مکانیسم به‌طور هم‌زمان برای انحلال فسفات استفاده کند.

همزیستی قارچ با گیاه می‌تواند یکی از مهم‌ترین پدیده‌های جالب و قابل توجه در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی به‌شمار آید. بررسی نتایج تحقیقات محققین نشان می‌دهد، نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی تأمین عناصر غذایی بالاخص عناصر غیرمتحرک، عمدتاً فسفر و روی برای گیاه است. از آنجائی که فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم‌تحرک است، حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به‌سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیرمتحرک در می‌آید. لذا قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و روی و تجمع زیست‌توده بسیاری از محصولات در خاک‌هایی که فسفر محلول در آن‌ها کم بوده و یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی فسفر کاهش یافته است، تأثیر مثبت دارند. مکانیسم‌های گوناگونی می‌توانند موجب افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزایی گردند. این مکانیسم‌ها عبارتند از جستجوی حجم بیشتری از خاک، بالا بودن سرعت جذب فسفر توسط هیف قارچ‌های میکوریزا و افزایش انحلال فسفر خاک.

قارچ‌های میکوریزی ضمن نفوذ در سیستم ریشه‌ای گیاهان و برقراری رابطه هم‌زیست میکوریزی، با گسترش شبکه میسلیومی برون ریشه‌ای در خاک‌های اطراف ریشه، مقدار عناصر غذایی (مخصوصاً فسفر) بیشتری را جذب کرده و به گیاه انتقال می‌دهند. هیف‌های قارچی علاوه بر افزایش سطح جذب (افزایش سطح جذب کنندگی ریشه بالغ بر ۹۸ درصد)، توان جذبی بالاتری نیز نسبت به ریشه‌های گیاه داشته، همچنین قدرت نفوذ هیف‌های قارچی در منافذ ریز در مقایسه با ریشه گیاهان بسیار بالاست. باکتری‌های حل‌کننده فسفات گروهی از ریزجانداران می‌باشند که توانایی تبدیل فسفات‌های معدنی نامحلول را به ترکیبات معدنی محلول و قابل دسترس گیاهان دارند.

این ریزجانداران با ترشح آنزیم فسفاتاز و فیتاز و با اکسیداسیون ناقص قندها و مواد پلی‌ساکاریدی که توسط ریشه گیاهان ترشح می‌شوند، اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک، اسیدسیتریک، اسید گلوکونیک و اسید مالیک تولید می‌کنند. از میان اسیدهای آلی، اسید گلوکونیک به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در انحلال فسفات‌های معدنی محسوب می‌شود. اسیدهای آلی تولیدشده از طریق کاهش اسیدیته منطقه ریزوسفر و کلاته نمودن یون آلومینیوم در خاک‌های اسیدی و یون کلسیم در خاک‌های بازی باعث افزایش فسفر قابل دسترس می‌شوند. از دیگر فعالیت‌های باکتری‌های حل‌کننده فسفات تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط باکتری و اثر آن بر رشد ریشه است که باعث بهبود جذب آب و مواد غذایی از خاک می‌شود. افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه منجر به افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

به طور کلی در میان انواع باکتری‌ها، جنس‌های فلاوباکتریوم، سودوموناس، باسیلوس، اگروباکتریوم، میکروکوکوس، انتروباکتر و ریزوبیوم از جدایه‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول معدنی هستند که از طریق انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی قابلیت جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می‌دهند. بررسی‌های Khan و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق ترشح اسیدهای آلی و معدنی، سبب کاهش pH ریزوسفر گیاه و در نهایت باعث انحلال ترکیبات معدنی و آلی فسفاتی می‌شوند و بدین ترتیب، فسفات‌های غیر قابل استفاده را برای گیاهان قابل جذب می‌نمایند. قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مثل باکتری نیتروژنوباکتر و سودوموناس توان افزایش جذب عناصر غذایی، به ویژه زمانی که با هم استفاده می‌شوند را دارا می‌باشند و کارایی این موجودات در خاک‌های فقیر از لحاظ مواد غذایی بیشتر است. اولین کود زیستی فسفاتی به نام فسفوباکترین در سال ۱۹۵۰ توسط محققین روسی به بازار عرضه شد که حاوی باکتری باسیلوس مگاتریوم بود. امروزه تولید صنعتی کودهای زیستی به صورت مخلوطی از چند نوع باکتری که دارای خاصیت چندگانه از قبیل توانایی حل فسفات، تحریک رشد گیاه و افزایش عملکرد می‌باشد، در حال گسترش است. به عنوان مثال، کود میکروبی مخلوط به نام فیلازونیتام است که حاوی باکتری باسیلوس مگاتریوم و نیتروژنوباکتر کروکوکوم است و موجب افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاهان می‌گردد.

استفاده از ریزجانداران حل‌کننده فسفات با مکانیسم‌های منحصر به خود منجر به افزایش حلالیت ترکیبات فسفاتی در خاک شده و بدین صورت بخشی از فسفر مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کنند. این موضوع در نتایج تحقیقات میر احمدی و همکاران (۱۳۹۰) در خاک‌های خوزستان با فسفر کل بیشتر از ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، آذرمی و همکاران (۱۳۹۲) و روحی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش شده است. نتایج تحقیقات محمدی (۱۳۹۳) نشان داد با مصرف کودهای زیستی فسفاتی و روی، فراهمی عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه گیاه لوبیا افزایش پیدا می‌کند و منجر به افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود وضعیت تغذیه‌ای در این گیاه می‌گردد. همچنین با استفاده از کودهای زیستی، همراه با افزایش جذب روی، غلظت روی در دانه لوبیا افزایش و در نهایت مقدار اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) کاهش یافت و کاهش ۵۰ درصدی در مصرف کود شیمیایی فسفاتی مشاهده شد.

در این آزمایش، مقدار فسفر و روی کل خاک در ابتدای آزمایش ۷۱۰ و ۴۲ میلی گرم بر کیلوگرم بوده که در پایان آزمایش در تیمارهای زیستی فسفاتی و روی به ۶۷۰ و ۳۸ میلی گرم بر کیلوگرم کاهش یافته است. یعنی از مقدار فسفر کل خاک، ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم و از میزان روی کل خاک چهار میلی گرم بر کیلوگرم کاسته شده است. لیکن میزان افزایش فسفر قابل استفاده ۱/۲ میلی گرم بر کیلوگرم و میزان افزایش روی قابل استفاده کمتر از ۰/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بنابراین، کودهای زیستی فسفاتی و روی دارای پتانسیل آزادسازی تدریجی فسفر و روی از

منابع نامحلول و کم محلول موجود در خاک می‌باشند و از این طریق باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌شوند. این افزایش غلظت می‌تواند در تأمین فسفر و روی برای کشت بعدی نیز مؤثر واقع شود. اگر مقدار جذب توسط دیگر اندام‌های گیاه از قبیل ریشه‌ها، اندام هوایی و دانه به میزان قابل جذب این عناصر در خاک اضافه گردد، تأثیر مثبت استفاده از کودهای زیستی فسفاتی و روی در آزادسازی فسفر و روی از منابع کم محلول و نامحلول موجود در خاک به خوبی مشخص خواهد شد.

تحقیقات انجام‌شده در دهه اخیر نشان می‌دهد با استفاده از ریزجانداران حل‌کننده فسفات، می‌توان از منابع فسفر موجود در خاک در جهت تأمین نیاز فسفری گیاه استفاده نمود. میراحمدی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از ریزجانداران حل‌کننده فسفات در خاک‌های آهکی خوزستان با فسفر کل بیشتر از ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، افزایش عملکرد، افزایش ۲/۲ برابری جذب فسفر و کاهش مصرف کودهای فسفاتی به میزان ۵۰ درصد را گزارش نمودند. چنین نتایجی در تحقیقات آذرمی و همکاران (۱۳۹۲) در کلزا، روحی و همکاران (۱۳۹۲) در ذرت، محمدی و همکاران (۱۳۹۳) در لوبیا نیز گزارش گردیده است. بنابراین، در خاک‌های با میزان فسفر کل بالا می‌توان با کمک ریزجانداران حل‌کننده فسفات، علاوه بر تأمین نیاز فسفری گیاه باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفاتی نیز شد. این کاهش هم از نظر اقتصادی و هم از نظر جنبه‌های زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ محمدی، ۱۳۹۳).

۵-۲-۷- ضرورت تجدید نظر در مقدار سطح بحرانی فسفر با در نظر گرفتن فسفر کل خاک: دامنه حد بحرانی فسفر قابل استفاده با روش اولسون در حال حاضر بدون در نظر گرفتن مقدار فسفر کل خاک، از ۱۲ تا ۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم است. نظر به این که بیش از ۱۵ تا ۲۵ درصد از کودهای فسفاتی مصرفی توسط گیاهان در سال اول، جذب نشده و مابقی در خاک‌های آهکی به صورت فسفات تری کلسیم رسوب می‌نماید، بنابراین انباشتگی ترکیبات فسفاتی در خاک به‌ویژه در شرایطی که همه ساله کودهای فسفاتی مصرف شده باشد، اتفاق می‌افتد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). از طرف دیگر، چون آزاد شدن فسفر در خاک‌های آهکی به مراتب آسان‌تر از خاک‌های اسیدی (انرژی اتصال فسفات به کلسیم پنج مرتبه کمتر از انرژی اتصال فسفات به آهن و آلومینیوم می‌باشد) است، لذا در خاک‌های زراعی که مقدار فسفر کل در آن‌ها بالا باشد، فسفر قابل استفاده بیشتری در اختیار گیاهان خواهد بود (Havlin و همکاران، ۲۰۰۵؛ ملکوتی، ۱۳۹۴؛ پسندیده و همکاران، ۱۳۹۷).

در تحقیقات اخیر که در یک دهه اخیر در جهان به‌ویژه در آمریکا انجام گرفته، متخصصین امر افزایش فسفر کل خاک را فراتر از حد معینی قابل قبول نمی‌دانند (Bolster، ۲۰۱۱ و Bolster و همکاران، ۲۰۱۳). در برخی از ایالت‌های آمریکا، توصیه مصرف کودهای فسفاتی با در نظر گرفتن P_{index} انجام می‌گیرد. این محققین فسفر کل خاک‌های زراعی ایالت کنتاکی را در چهار گروه کمتر از ۴۰۰، بین ۴۰۱ تا ۶۰۰، بین ۶۰۱ تا ۸۰۰ و بیشتر از ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم گروه‌بندی

کرده‌اند. در گروه اول که مناطق پرخطرنامیده می‌شود (گروه کمتر از ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) مناطقی قرار دارند که از آب سطحی به عنوان آب شرب استفاده شده و یا به دلیل نزدیکی به دریاچه‌ها، خطر آب‌تباهی (بیوتریفیکاسیون) وجود دارد. علاوه بر این، برخی فاکتورهای کیفیت همچون مقدار فسفر خاک، بافت، شیب زمین، نوع کود فسفاتی و مقدار ماده آلی نیز در محاسبات بایستی در نظر گرفته شود. در این گروه‌بندی، عملکرد هکتاری گیاه را در نظر نگرفته بلکه مشکلات زیست‌محیطی مطرح بود و لیکن Osmand و همکاران (۲۰۱۲) در ۱۲ ایالت آمریکا که تحت کشت محصولات مختلف زراعی با شرایط آب و هوایی متنوع بودند، کارایی این شاخص را با درجه اطمینان بالایی تأیید نموده و به همین دلیل اخیراً وزارت کشاورزی آمریکا، رعایت شاخص P_{index} را (فسفر کل از ۴۰۰ تا ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) برای کشاورزان تمام ایالات آمریکا توصیه نموده است. از طرف دیگر، در ایران به هنگام انجام توصیه مصرف کودهای فسفاتی برمبنای تجزیه خاک، فسفر کل خاک تاکنون در نظر گرفته نشده است. در تحقیقات میدانی که در دو سال گذشته در ایران انجام گرفت، میزان انباشتگی فسفر و رابطه بین فسفر کل خاک و فسفر قابل جذب در برخی از استان‌های کشور به ویژه در منطقه پارس‌آباد مغان بررسی گردید. نتایج بدست آمده از تجزیه آزمایشگاهی بیش از ۹۰ نمونه خاک اراضی تحت کشت در پارس‌آباد مغان، نشان داد مقدار فسفر کل خاک این منطقه از ۷۱۳ تا ۲۳۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم و مقدار فسفر قابل جذب از هشت تا ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر بود. در این منطقه، چنانچه توصیه کودی براساس سطح بحرانی فسفر قابل جذب خاک (۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) صورت گیرد، می‌باید در حدود ۵۰ درصد اراضی زراعی، کودهای فسفاتی مصرف شود. لیکن، در صورتی که توصیه کودی براساس شاخص P_{index} صورت گیرد، در ۹۷ درصد اراضی این منطقه، کشاورزان مجاز به استفاده از کودهای فسفاتی نخواهند بود.

با عنایت به مطالب فوق و باتوجه به نتایج حاصله از مصرف کودهای فسفاتی در کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای بر عملکرد هکتاری ذرت در خاک‌های زراعی منطقه پارس‌آباد مغان، چنین جمع‌بندی می‌گردد که در مقطع فعلی در خاک‌های زراعی ایران، دامنه سطح بحرانی فسفر برای نیل به یک عملکرد هکتاری مطلوب در محصولات زراعی، از ۸ تا ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود (پسندیده و همکاران، ۱۳۹۷).

۶-۲-۷- ضرورت تجدید نظر در نوع کودهای فسفاتی مصرفی در کشور: نظر به این که در کشور ما همه‌ساله کودهای فسفاتی مصرف می‌گردد، لذا انباشتگی فسفر بصورت رسوب فسفات‌تری کلسیم در خاک‌های زراعی کشور، به دلیل آهکی خاک‌های منطقه، یک امر طبیعی است. از طرف دیگر، آزاد شدن فسفر در خاک‌های آهکی به مراتب آسان‌تر از خاک‌های اسیدی (انرژی اتصال فسفات به کلسیم پنج مرتبه کمتر از انرژی اتصال فسفات به آهن و آلومینیوم می‌باشد) است (Havlin و همکاران، ۲۰۰۵؛ ملکوتی، ۱۳۹۴). بنابراین، چنانچه در مزارعی

که مقدار فسفر قابل استفاده با روش اولسن پایین تر از دامنه بحرانی (۱۰ تا ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) باشد، بهتر است از سوپرفسفات ساده و یا کود میکروبی فسفاتی تولید داخل بجای سوپرفسفات تریپل وارداتی استفاده شود تا افزون بر افزایش عملکرد هکتاری و صرفه جویی ارزی، از غلظت آلاینده کادمیوم که به همراه کود سوپرفسفات تریپل وارداتی وارد خاک های زراعی می گردد، نیز کاسته شود تا سلامت جامعه با مصرف محصولات کشاورزی سالم ارتقاء یابد (ملکوتی، ۱۳۹۴). به عبارت دیگر، در خاک هایی که غلظت فسفر قابل استفاده در آن ها بالاتر از دامنه بحرانی باشد، با عنایت به تجمع فسفر به شکل فسفات تری کلسیم در خاک های زراعی کشور، دیگر نیازی به مصرف همه ساله سوپرفسفات تریپل وارداتی نخواهد بود. لازم به یادآوری است در کشورهایی نظیر استرالیا، برزیل و هندوستان، کود سوپرفسفات ساده توسط کشاورزان در سطح وسیع، مصرف می گردد. طبق آمار منتشره توسط اتحادیه بین المللی کود- IFA- ۲۰۱۳، در استرالیا ۵۸ درصد فسفر (P_2O_5) مصرفی را سوپرفسفات ساده و فقط چهار درصد فسفر (P_2O_5) مصرفی را سوپرفسفات تریپل تشکیل می دهد و لیکن، این ارقام در برزیل ۲۹ و ۱۶ درصد و در هندوستان ۱۰ و صفر درصد می باشد. بنابراین، با توجه به خصوصیات منحصر به فرد سوپرفسفات ساده در تأمین فسفر مورد نیاز بخش کشاورزی و این که این کود می تواند به عنوان کود ملی مطرح گردد، پیشنهاد می شود به جای سوپرفسفات تریپل وارداتی، از سوپرفسفات ساده تولید داخل استفاده شود، زیرا صد درصد مواد اولیه آن در داخل کشور موجود بوده و امکان تولید آن در حال حاضر تا سقف ۲۰۰ هزار تن بر سال در کشور فراهم است و مورد تأیید مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دیگر مراجع علمی نیز می باشد و به مراتب سالم تر از سوپرفسفات تریپل وارداتی است. لازم است این کود ملی، توسط شرکت خدمات حمایتی کشاورزی خریداری و در سبد مصرف کشاورزان قرار داده شود که مصرف آن با عنایت به آهکی بودن خاک های زراعی کشور، علمی تر، ارزان تر و سالم تر از سوپرفسفات تریپل وارداتی خواهد بود. بعلاوه، کسری کودهای فسفاتی را می توان با استفاده از ذخایر فسفر کل خاک و با کمک کودهای زیستی فسفاتی و مابقی نیاز کشور را در صورت نیاز، می توان از طریق واردات تأمین نمود.

۷-۲-۷- ضرورت تجدید نظر در نوع و مقدار کودهای شیمیایی مصرفی در کشور: در حال حاضر مطابق آخرین آمار IFA، مقدار کودهای مصرفی برحسب عنصر غذایی برابر ۱۷۶ میلیون تن به شرح نیتروژن (N) ۱۰۸، فسفر (P_2O_5) ۴۰ و پتاسیم (K_2O) ۲۸ میلیون تن و نسبت کودهای پرمصرف (پتاسیم) ۲۶ - (فسفر) ۳۷ - (نیتروژن) ۱۰۰ و میانگین نیتروژن، فسفر و پتاسیم مصرفی در جهان به ترتیب ۲۳، ۱۶ و ۶۱ درصد می باشد. لیکن، در سال ۱۳۹۵ در کشور ما، مقدار کودهای مصرفی برحسب عنصر غذایی برابر ۸۸۰/۰ میلیون تن به شرح نیتروژن (N) ۶۶۵/۰، فسفر (P_2O_5) ۱۵۰/۰ و پتاسیم (K_2O) ۶۵/۰ میلیون تن و نسبت کودهای پرمصرف (پتاسیم) ۰۹ - (فسفر) ۲۳ - (نیتروژن) ۱۰۰ و میانگین نیتروژن، فسفر و پتاسیم مصرفی به ترتیب ۷۶، ۱۷ و هفت درصد بوده است. به عبارت دیگر،

از دو میلیون تن کودهای شیمیایی مصرفی در کشور، حدود ۷۶ درصد آن را کودهای نیتروژنی، ۱۷ درصد را کودهای فسفاتی و تنها هفت درصد بقیه را کودهای پتاسیمی تشکیل می‌داد که این نسبت نه با نسبت جهانی هماهنگی دارد و نه با نیاز واقعی گیاه (مصرف سالانه کودهای شیمیایی در کشور به غیر از کودهای آلی، گوگردی و ریزمغذی‌ها، باید حداقل به ۳/۶۴ میلیون تن در سال منتها بطور متناسب، افزایش داده شود). بنابراین، در راستای افزایش هرچه بیشتر عملکردهکتاری و ارتقاء سطح سلامت جامعه، نسبت کودی آرمانی (مطلوب) لازم است به صورت (کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیتروژن) ۱۰۰ در کشور اصلاح گردد. از طرف دیگر، با عنایت به آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، نوع کودهای نیتروژنی (اوره) و فسفاتی (سوپرفسفات‌تریپل) مصرفی باید تغییر یابد. به عبارت دیگر، به جای اوره قبل از کاشت، از کودهای سولفات آمونیوم، اوره با پوشش گوگردی (SCU)، کود کامل‌ماکرو و نیترات فسفات آمونیوم و به جای سوپرفسفات‌تریپل، از کودهای سوپرفسفات ساده و میکروبی فسفاتی و همچنین، از کودهای گوگردی و ریزمغذی‌ها هر چه بیشتر استفاده شود. ضمناً، برای کنترل و کاهش هرچه بیشتر غلظت آلاینده‌ها از جمله نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی، افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کارایی مصرف کود و آب، بهتر است ضمن رعایت اصول مصرف بهینه کودی، از کودهای پتاسیمی به‌ویژه سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی (تولید داخل) به‌صورت سرک (در دو نوبت همراه با مصرف سرک اوره) استفاده شود.

۳-۷- چالش‌های پیش‌رو برای تولید محصولات کشاورزی سالم

در حال حاضر در برخی از محصولات کشاورزی تجمع NO_3 و Cd به دلیل استمرار مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی و فسفاتی یارانه‌ای، بیشتر از حد مجاز است. از طرف دیگر، زیادی مصرف اوره یارانه‌ای ارزان قیمت، سبب کاهش عملکرد هکتاری، هدررفت سرمایه، تجمع نیترات، آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردد. حال این پرسش مطرح است چرا تجمع آلاینده‌های NO_3 و Cd در برخی از محصولات کشاورزی در دهه اخیر روبه‌افزایش گذاشته است؟ با مروری به منابع موجود، نقش مصرف نامتعادل کودها در تجمع این آلاینده‌ها مشخص می‌گردد. به عبارت دیگر منشاء آلاینده‌های NO_3 و Cd را می‌توان مصرف بی‌رویه و بیش از نیاز کودهای نیتروژنی و فسفاتی دانست (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳ و هفت برادران، ۱۳۹۶).

۳-۷-۱- منشأ و علل زیادی نیترات (NO_3) در برخی از محصولات کشاورزی و روش‌های عملی برای کاهش آن: تجمع نیترات در سبزی‌ها غالباً در اندام‌های مصرفی (ریشه، غده، ساقه و برگ) صورت می‌گیرد، ولی برخلاف تصور اغلب محققین مشاهده گردید در سبزی‌های میوه‌ای نظیر گوجه‌فرنگی و خیار نیز نیترات یافت می‌شود. به دلیل انجام فعل و انفعالات فتوسنتزی در برگ‌ها و عدم حرکت نیترات از برگ به میوه نیاپستی مسئله تجمع نیترات در میوه مطرح باشد،

ولی گزارش‌ها حاکی از وجود نیتрат در مقادیر قابل توجهی در سبزی‌های میوه‌ای است که عمدتاً ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی می‌باشد. تجمع نیترات با میزان فتوسنتز رابطه معکوس دارد. هر عاملی میزان فتوسنتز در گیاه را کاهش دهد، سبب افزایش غلظت نیترات در گیاه خواهد شد. با توجه به اینکه فرایند آمین‌سازی (تبدیل نیترات به عامل آمینی برای سنتز پروتئین) در گیاه، انرژی خواه است (به ATP احتیاج دارد)، بنابراین هر عاملی نظیر تنش‌های محیطی که باعث تضعیف گیاه شود، به تجمع نیترات کمک می‌کند.

• **اثرات سوء نیترات در محصولات کشاورزی:** با مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی، علاوه بر صدمات متعددی که قبلاً بدان اشاره شد، شیوع بیماری‌ها و آفات در مزارع، بهم خوردن رابطه بین عناصر غذایی و افت کیفیت محصولات زراعی و باغی مطرح می‌باشد. طبق گزارش مشترک سازمان‌های بهداشت جهانی و غذا و کشاورزی، حد قابل قبول مصرف روزانه NO_3^- تا ۳/۷ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن می‌باشد. در سال ۱۹۹۷، کمیسیون اروپا حداکثر مقادیر مجاز آلاینده‌ها را در محصولات کشاورزی مشخص نمود. این کمیسیون در گزارش خود حد مجاز نیترات برای اسفناج و کاهو را ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه اعلام نمود. بدیهی است این مقدار نیترات در جوامعی نظیر جامعه ایرانی که مصرف روزانه سبزی در آن‌ها بسیار بالاتر است، خطرناک و مسئله ساز می‌باشد (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).

• **اثرات سوء نیترات در سلامت انسان و دام:** وجود NO_3^- در مواد غذایی از نظر کارشناسان تغذیه انسان و حیوان موضوعی حیاتی است. تبدیل نیترات به نیتريت در دستگاه گوارش و سمیت نیتريت حاصل، مخصوصاً در حیوانات نشخوارکننده (گاو) و نوزادان، باعث ایجاد بیماری نظیر مت‌هموگلوبینمی می‌گردد که در آن هموگلوبین به مت‌هموگلوبین تبدیل می‌شود. در این پدیده، آهن دوظرفیتی به آهن سه ظرفیتی تبدیل و در نتیجه انتقال اکسیژن در بدن مختل شده و حالت خفگی مخصوصاً در نوزادان بروز می‌نماید و ممکن است منجر به مرگ انسان شود. همچنین در اثر تداوم مصرف سبزیجات و یا آب آشامیدنی محتوی NO_3^- زیاد، در داخل معده با ترکیبات آمینی تولید نیتروزآمین می‌نماید که یک ماده سمی و سرطان‌زا است. حد مجاز NO_3^- برای علوفه خشک ۰/۰۸ درصد تعیین گردیده است. عامل خفگی انسان و دام در نتیجه گازهای تخمیری NO_3^- در علوفه است، زیرا وقتی علوفه حاوی مقدار زیادی NO_3^- را انبار کنند، NO_3^- ، احیاء شده و تولید گازهای متعدد نیتروژنی می‌نماید. غلظت این گازها در یک سیلوی معمولی بدون تهویه، ممکن است تا مسمومیت هم برسد، در صورتی که غلظت مجاز آن، ۱۵ و غلظت کشنده آن ۷۰۰ میکروگرم بر گرم می‌باشد، گازهای مذکور یا سبب مرگ آنی شده و یا صدمات ریوی حاصله از آن به قدری شدید است که ریه شخص به کلی از کار می‌افتد (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).

• **میزان تجمع نیترات در محصولات کشاورزی:** تجمع نیترات در گیاهان یک پدیده طبیعی

بوده و هنگامی رخ می‌دهد که میزان تجمع نیترات در گیاه بیشتر از میزان لازم آن بر اثر جذب باشد. ظرفیت تجمع نیترات به وسیله توان توارثی گیاه تنظیم گردیده و توسط عوامل محیطی، مدیریت، کوددهی و عملیات زراعی تغییر می‌کند. اگر نیترات به مقدار زیاد به وسیله گیاه جذب شود، احیای آن به علت مصرف انرژی و مواد قندی زیاد، از رشد گیاه می‌کاهد. این یون از ریشه به طرف برگ‌ها فرستاده شده و در آنجا تجمع می‌یابد. اگر فردی ۲۵۰ گرم گوجه‌فرنگی در روز مصرف نماید و غلظت نیترات در میوه گوجه‌فرنگی ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برحسب وزن تازه باشد، تحت چنین شرایطی روزانه ۶۲ میلی‌گرم نیترات تنها از این طریق وارد بدن این فرد می‌گردد، ولی اگر همین فرد به جای ۲۵۰ گرم گوجه‌فرنگی، همین مقدار کاهو و یا اسفناج محتوی ۳ هزار میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات برحسب وزن تازه مصرف نماید، در چنین حالتی غلظت نیترات وارد شده به بدن این فرد، روزانه بیش از دو برابر حد مجاز خواهد بود، که مسأله‌ساز است (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).

● **عوامل موثر در تجمع نیترات:** به‌طور کلی، عوامل زیادی بر تجمع NO_3^- اثر می‌گذارند که مهمترین آن‌ها عبارتند از مقدار کودهای نیتروژنی مصرفی (مقدار کود، نوع کود، سرعت آزاد شدن و روش استعمال کود)، گیاه (تجمع نیترات در گیاه بستگی به گونه، رقم، قسمت‌های مختلف گیاه و نیز سن آن دارد)، عوامل محیطی (عوامل محیطی زیادی بر غلظت نیترات گیاه از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم کاهش‌دهنده نیترات و همچنین جذب نیترات، اثر می‌گذارند). عموماً نور کم، دمای زیاد و تنش‌های رطوبتی منجر به کاهش فعالیت آنزیم کاهش‌دهنده نیترات و افزایش تجمع آن می‌گردند. موقعی که گیاه در معرض شدت نور کم یا «روز» کوتاه قرار گیرد، غلظت نیترات افزایش می‌یابد. غلظت نیترات در سبزی‌ها بین ساعت ۴ تا ۸ صبح در بالاترین میزان و در ۴ بعدازظهر، در کمترین مقدار می‌باشد. بنابراین، زمان برداشت سبزیجات در میزان نیترات آن‌ها اثر قابل توجهی دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. از عوامل محیطی دیگر می‌توان دما را نام برد که اثر آن بر روی تجمع نیترات کاملاً مشخص نمی‌باشد، اما ثابت شده است که افزایش حرارت، مخصوصاً زمانی که همراه با شدت نور کم باشد، منجر به تجمع نیترات می‌گردد. تنش رطوبتی نیز در تجمع نیترات مؤثر است، حالت‌های زیادی از تجمع نیترات در علوفه و سمیت آن‌ها برای دام‌ها با خشکی متناسب است. چنین تجمعی از نیترات شاید در نتیجه تنش رطوبتی باشد که موجب کاهش فعالیت آنزیم کاهش‌دهنده نیترات و سوخت و ساز نوری می‌شود (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).

● **حد مجاز نیترات در محصولات کشاورزی:** در جدول دو، حد مجاز غلظت NO_3^- در تعدادی از محصولات سبزی و صیفی (اسفناج، کاهو، کلم، کرفس، سیب‌زمینی، پیاز و برخی سبزی‌های میوه‌ای نظیر خیار، گوجه‌فرنگی و غیره) نشان داده شده است. بدیهی است این مقادیر بر حسب میزان مصرف در روز قابل تغییر می‌باشد. به عنوان مثال مصرف سرانه سیب‌زمینی در

ایران روزانه ۱۰۰ گرم و در آلمان ۳۰۰ گرم می باشد؛ لذا حد مجاز نیترات در سیب زمینی های تولیدی در آلمان بایستی به مراتب کمتر از سیب زمینی های تولیدی در ایران باشد (Welch، ۲۰۰۳؛ WHO، ۲۰۰۳؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۲- حد مجاز نیترات در برخی از محصولات کشاورزی

(WHO، ۲۰۰۳ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳)*

حد مجاز نیترات		نوع محصول	حد مجاز نیترات		نوع محصول
پاییزه	بهاره		پاییزه	بهاره	
۷۵	۵۰	خریزه و هندوانه	۱۵۰۰	۱۲۰۰	سبزی های غده ای (تریچه و ...)
۷۵	۵۰	کدو و بادمجان	۱۲۰۰	۱۰۰۰	سبزی های ساقه ای (کرفس و ...)
۱۲۰	۱۰۰	چغندر لبویی	۱۰۰۰	۷۵۰	سبزی های برگي (جعفری و ...)
۷۵	۵۰	خیار	۲۰۰۰	۱۵۰۰	اسفناج
۷۰	۶۰	پیاز	۱۵۰۰	۱۲۰۰	کاهو
۶۰	۵۰	سیب زمینی	۱۵۰۰	۱۲۰۰	ساقه کرفس
۶۰	۵۰	گوجه فرنگی	۱۲۰۰	۱۰۰۰	برگ کرفس
-	<۵۰	برنج	-	< ۵۰	گندم و ذرت

* در این جدول، غلظت نیترات برحسب میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه محصولات کشاورزی می باشد.

• **روش های کاهش نیترات:** یکی از روش های کاهش NO_3 ، استفاده از ارقامی است که NO_3 را کمتر در خود تجمع می دهند. به طور کلی، نباید اعمالی انجام داد که مانع از رسیدن نور به گیاه در روز شود. برای مثال، کشت عمودی گیاهان می تواند، به تجمع NO_3 کمک می کند. همچنین می توان در طول شب قبل از برداشت با استفاده از نور مصنوعی، از تجمع NO_3 در گیاهان کاست و یا از کودهای کندرها و آمونیومی استفاده کرد و کود به مقداری در اختیار گیاه قرار گیرد که به آن نیاز داشته باشد و از اعمال تنش های رطوبتی هم باید خودداری شود. از کشت های پاییزه تا حد امکان، خودداری کرده، گیاهان را با فاصله مناسب کاشته و برداشت محصولات هنگام عصر انجام شود. تجمع NO_3 در یک دوره تاریکی با شدت نور پایین انجام می گیرد. اگر برداشت سبزی و صیفی بعد از ظهر انجام گیرد، غلظت NO_3 نسبت به صبح خیلی پایین تر است. یکی دیگر از روش های کاهش غلظت NO_3 در اندام های مصرفی سبزی و صیفی، رعایت مصرف متعادل کودها بر مبنای نتایج تجزیه خاک می باشد (Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳). برای کاهش NO_3 باید به استفاده از مواد آلی و کودهای زیستی، افزایش کارایی کودها، تقسیط کودهای نیتروژنی در طی دوره رشد

گیاه اولویت داد. به این ترتیب علاوه بر جلوگیری از آلودگی منابع خاک و آب، از دسترسی ناگهانی گیاه به مقدار بیش از حد کودهای نیتروژنی ممانعت به عمل می آید. از دیگر راه کارهای کاهش تجمع NO_3 ، استفاده از کودهای نیتروژنی کُندرها نظیر SCU و مصرف کودهای نیتروژنی بر اساس اندازه گیری NO_3 پای بوته (PSNT) و استفاده از دستگاه کلروفیل سنج می باشد. نتایج تحقیقات متعدد در مزارع سبزی و صیفی کشور نشان داده با صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژنی و همگانی کردن مصرف کودهای پتاسیمی و ریزمغذی ها به ویژه سولفات پتاسیم، سولفات روی، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی و اسید بوریک، ضمن نیل به افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت، افزایش خاصیت انباری و خوش طعمی محصول، تجمع NO_3 نیز در اندام های مصرفی انواع سبزی و صیفی کاهش خواهد یافت (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۳-۷- منشأ و علل زیادی کادمیوم (Cd) در برخی از محصولات کشاورزی و روش های عملی برای کاهش آن: انباشت Cd در اراضی زراعی و محصولات کشاورزی کشور به یک مشکل زیست محیطی و امنیتی تبدیل شده است. افزایش غلظت Cd در خاک باعث افزایش جذب آن بوسیله گیاه می گردد. گیاهان مهم ترین مسیر انتقال Cd به زنجیره غذایی انسان بوده و تجمع آن در محصولات کشاورزی موجب سمیت شده و بیماری های حاد و مزمن را ایجاد می نماید. در حال حاضر غلظت این عنصر، به دلیل مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و روی، در خاک های زراعی و باغی کشور افزایش یافته است (ملکوتی، ۱۳۸۹).

• **اثرات سوء کادمیوم در محصولات کشاورزی:** از علائم عمومی ناشی از جذب مقادیر اضافی Cd در گیاه می توان به کاهش و توقف رشد ریشه، چوب پنبه ای شدن، صدمه به ساختمان ریشه، کاهش هدایت هیدرولیکی آب در ریشه، تداخل با جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل، کلروز برگ و اختلال در فعالیت های آنزیمی به ویژه آنزیم های دخیل در فتوسنتز اشاره نمود. زیاده روی در مصرف کودهای فسفاتی کادمیوم دار باعث تجمع آن در گندم، سیب زمینی، پیاز و در نهایت سبب افت کیفیت انواع سبزی ها گردیده است. (ملکوتی، ۱۳۸۹).

• **اثرات سوء کادمیوم در سلامت انسان:** کادمیوم آلاینده خطرناکی است که در بدن انسان تجمع یافته و از سیستم گوارشی بدن دفع نمی گردد. از نظر بیولوژیکی نیمه عمر آن در بدن انسان ۲۰ سال است. حد مجاز جذب Cd برای انسان ۰/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است. این عنصر که از طریق مواد غذایی به بدن می رسد، جزء مواد سرطان زا گروه بندی شده و زیادی آن در انسان موجب بیماری های تهوع، استفراغ، انقباض شکم، سردرد، فشار خون، پوکی استخوان، آماس شش ها، نارسائی کلیه و کبد، بیماری های قلبی و زیادی فشار خون می شود (تراکم این عنصر در بدن انسان نخست باعث آسیب به کلیه ها و کبد می شود، لیکن به سایر اندام های بدن نیز صدمه می زند). این عنصر در جفت نگهداری شده و از انتقال روی و مس به جنین جلوگیری می کند. عنصر اخیر برای کارکرد مغز و رشد قوای عقلی لازم است. در مسمومیت حاد بواسطه اختلال در موازنه

فسفر و کلسیم در مجاری ادراری، بیماری ایتای- ایتای که با درد در ناحیه شکم و پشت و مفاصل و استخوان‌ها، کوتاهی قد، سرطان‌زائی و ناباروری در انسان را نام برد (Lin و Schorr، ۱۹۹۷).

- **میزان تجمع کادمیوم در محصولات کشاورزی:** برخی گزارش‌ها حاکی از انباشت Cd در بذر گندم به‌ویژه در رقم دروم به مقدار بیش از حد مجاز می‌باشد. طبق گزارش‌های مستند موجود، غلظت Cd تجمع یافته در دانه‌های گندم رقم دروم در استان خوزستان بالغ بر $0/40$ میلی گرم بر کیلوگرم (بیش از ۴ برابر حد استاندارد- جعفرزادای، ۱۳۸۹) بوده و بدیهی است مصرف این نوع گندم‌ها سلامت جامعه را با خطر جدی مواجه می‌نماید. زیادی Cd در پیاز و سیب‌زمینی تا حد $0/57$ میلی گرم بر کیلوگرم، برنج تا حد $0/35$ میلی گرم بر کیلوگرم و در سبزی‌ها از جمله اسفناج تا حد $0/87$ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (ملکوتی، ۱۳۸۹).

- **عوامل موثر در تجمع کادمیوم در محصولات کشاورزی:** در حال حاضر در اکثر محصولات کشاورزی تجمع Cd به دلیل استمرار مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی یا رانه‌ای که از دید مصرف کنندگان به دور مانده، بسیار بیشتر از حد مجاز است.

- **حد مجاز کادمیوم در برخی محصولات کشاورزی:** به منظور جلوگیری از ورود Cd به مواد غذایی، موسسات بین‌المللی، قوانین و استانداردهایی برای حد مجاز انباشت Cd در مواد غذایی تعیین کرده‌اند. برای غلات دانه‌ریز، غلظت $0/10$ و برای سیب‌زمینی و پیاز $0/20$ میلی گرم Cd بر کیلوگرم بر مبنای وزن خشک به عنوان حد مجاز پذیرفته شده است. حد مجاز کادمیوم در سبزی‌های برگی، سویا، قارچ‌های خوراکی، سبزی‌های ریشه‌ای و ساقه‌ای $0/20$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. سازمان بهداشت جهانی اعلام نموده کادمیوم نایستی در هفته بیش از $0/40$ الی $0/50$ میلی گرم مصرف گردد. این سازمان حد مجاز Cd در محصولات کشاورزی را $0/12$ و در غده سیب‌زمینی $0/20$ میلی گرم بر کیلوگرم اعلام کرده است (FAO و WHO، ۲۰۱۱).

- **روش‌های کاهش کادمیوم در محصولات کشاورزی:** روش‌های متعددی برای کاهش تجمع کادمیوم وجود دارد که اهم آن‌ها عبارتند از اصلاح ژنتیکی گیاهان، مصرف بهینه کود (منظور از مصرف بهینه کودی این است که در گیاهان زراعی و دارویی مصرف انواع کودها براساس نتایج تجزیه خاک و در گیاهان باغی و گل‌های زینتی براساس نتایج تجزیه برگ و آب آبیاری استوار باشد) و زیست پالایی (یکی از راه‌های اساسی برای کاهش غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی رعایت اصول مصرف بهینه کودی می‌باشد. با اعمال روش‌های زیر می‌توان از تجمع Cd در دانه گندم و سایر محصولات کشاورزی حتی‌الامکان ممانعت نمود: الف) از ورود کودهای فسفاتی و یا خاک‌فسفات حاوی بیش از ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم Cd و یا سرب اکیداً جلوگیری شود، ب) مصرف بهینه کودی به‌ویژه استفاده از کودهای سوپر فسفات ساده، میکروبی فسفاتی و بیوگورگد آلی که تماماً تولید داخل بوده و عاری از Cd نیز می‌باشند، رعایت شود، پ) در راستای هدفمند کردن یارانه‌ها، یارانه از کودهای نیتروژنی و فسفاتی حذف و به کودهای موثر بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی

اختصاص یابد، ت) رعایت اصول مصرف بهینه کودی، ث) عدم استفاده از پساب‌های شهری، ج) خرید گندم و سایر محصولات کشاورزی بر مبنای کمیت و کیفیت، انجام گیرد و چ) استفاده از ارقامی که نسبت به جذب کادمیوم (Cd) کارآ نبوده ولی نسبت به روی (Zn) کارآ هستند، رایج گردد.

۳-۷-۳- اثر متقابل روی (Zn) با کادمیوم (Cd) در خاک: یون‌های روی و کادمیوم به دلیل تشابه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی می‌توانند بجای یکدیگر توسط گیاه جذب شوند. به عبارت دیگر، مشابهت بین کادمیوم و روی (Zn) سبب شده در خاک‌هایی که غلظت روی (Zn) قابل جذب در آنها شدیداً پایین باشد، جذب نسبی کادمیوم توسط ریشه گیاه افزایش یابد. زیرا کادمیوم از لحاظ شیمیایی شبیه روی (Zn) بوده (هر دو در جدول تناوبی مندلیف در یک گروه قرار دارند) و به همین علت، کادمیوم می‌تواند جذب گیاه شده و جایگزین روی (Zn) در انجام وظایف متابولیستی در گیاه گردد. علاوه بر این، با افزایش غلظت یک عنصر در محلول خاک از جمله کادمیوم، جذب آن عنصر توسط گیاه بیشتر می‌شود (افزایش تدریجی غلظت یون کادمیوم در محلول خاک به هر دلیل می‌تواند منجر به بالا رفتن جذب کادمیوم توسط گیاه گردد)، این در حالی است که کادمیوم بر عکس روی (Zn) برای انسان و حیوان سمی است.

از جمله عوامل کنترل کننده حلالیت کادمیوم در محلول خاک شامل خصوصیات خاک، آب، هوا و گونه و رقم گیاهی، کادمیوم (Cd) خاک، pH و روی (Zn) خاک می‌باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش غلظت روی (Zn) در محلول خاک، گونه بندی کادمیوم در محلول خاک به نحوی تغییر می‌کند که جذب کادمیوم تحت تاثیر قرار گیرد. همچنین، در حضور روی حرکت گونه‌های محلول کادمیوم به درون ریزوسفر جهت جذب مکان‌های موجود در سطح ریشه بوسیله انتشار، شدیداً محدود می‌گردد.

جذب ریشه‌ای کاتیون‌های دو ظرفیتی (M^{2+}) شامل دو مرحله جذب آپوپلاستی (فضای آپوپلاست به فضای بین دیواره سلولی گفته می‌شود) و جذب سیمپلاستی می‌باشد. در مرحله اول که جذب کاتیون‌ها در فضای آپوپلاست صورت می‌گیرد، وجود بارهای منفی ناشی از گروه‌های عامل کربوکسیل ($R-COO^-$) و هیدرکسیل (OH^-)، سبب غیر فعال شدن فلز شده و به دنبال آن با نگهداشت فلز در این فضا، از جذب درون سلولی آن جلوگیری می‌شود. گزارش شده که در حضور فلز روی (Zn)، کادمیوم (Cd) بیشتری در این مکان‌های باردار نگهداشته شده و به دنبال آن جذب کادمیوم کاهش می‌یابد (Zare و همکاران، ۲۰۱۸).

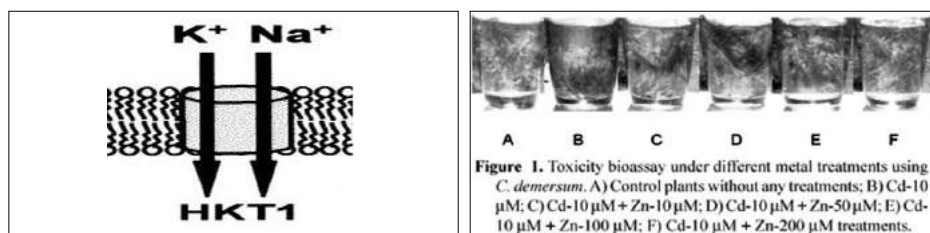
۴-۳-۷- کمبود روی (Zn) عامل عمده برای جذب کادمیوم (Cd) توسط گیاهان: پیش از این، نتایج تعدادی از پژوهش‌های میدانی نشان داده است که غلظت کادمیوم در دانه گندم در برخی از استان‌ها از جمله رقم دوروم در استان خوزستان به‌طور نسبی بالا است. در پاسخ به پرسشی که چرا غلظت کادمیوم (Cd) در دانه گندم رقم دوروم در خوزستان بالاست (Jafarnejadi و همکاران، ۲۰۱۱)؟ بایستی به این نکته اشاره نمود که خاک‌های زراعی ایران از جمله خاک‌های زراعی استان خوزستان آهکی بوده

و درصد کربنات کلسیم معادل در آن‌ها در برخی از موارد به بیش از ۵۰ درصد نیز می‌رسد. این موضوع افزایش رسوب فسفر به شکل تری کلسیم فسفات و ترغیب کشاورزان به مصرف کودهای فسفاتی را به دنبال دارد که می‌تواند منبعی برای ورود بیشتر کادمیوم به خاک باشد. از سوی دیگر، شواهدی از کمبود شدید روی (Zn) در خاک‌های زراعی این استان به دلایل متعددی از جمله کمبود مواد آلی و استمرار در مصرف نامتعادل کودها مشاهده می‌شود (بر اساس گزارش‌های مستند موجود، غلظت روی (Zn) قابل جذب در بیش از ۵۰ درصد از خاک‌های زراعی کشور از جمله خوزستان کمتر از ۵۰/۰ میلی گرم بر کیلوگرم است - ملکوتی و داوودی، ۱۳۸۱؛ Alloway، ۲۰۰۷؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۹).

از طرف دیگر، گندم کشت شده (رقم دوروم) که نیاز بالایی برای روی (Zn) دارد، جهت رفع نیاز خود، به دنبال شکل قابل استفاده روی (Zn) می‌باشد، منتها بعلت نبود روی قابل استفاده در این خاک‌های زراعی، این گیاه به شدت با کمبود این عنصر مواجه می‌شود. از این رو، گندم دوروم در راستای رفع نیاز بالای روی (Zn) خود، کادمیوم (Cd) را بعلت مشابهت الکترونی (شعاع یونی روی ۰/۰۷۴ و شعاع یونی کادمیوم ۰/۰۹۰ نانومتر) از طریق حاملین (ناقلین) اختصاصی و حتی غیراختصاصی (ZIP family)^۱ توسط ریشه از ریزوسفر به ناچاری و یا به اشتباه برای رفع نیاز غذایی خود، جذب کرده و در دانه‌های خود انباشت می‌نماید. به عبارت دیگر، کادمیوم و روی به عنوان عناصر انتقالی جدول تناوبی از لحاظ شکل الکترونی، وضعیت مشابهی دارند. به طوریکه همبستگی این دو عنصر به عناصر دیگر مثل گوگرد، نیتروژن و لیگاند‌های اکسیژن را امکان پذیر می‌سازد. ولی از آنجایی که روی عنصر ضروری بوده و فرایندهای مختلف مثل پروتئین سازی، فعال نمودن آنزیم‌ها و دیگر نقش‌ها را در گیاه انجام می‌دهد، لذا کادمیوم نمی‌تواند جایگزین روی گردد. و بدین علت است که کادمیوم با روی در گیاه رقابت نموده و فرایندهای متابولیکی را مختل می‌نماید. (Zare و همکاران، ۲۰۱۸). به عبارت دیگر، هر دو عنصر به شکل کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شوند. بنابراین، اثرات آنتاگونیستی در جذب آن‌ها وجود داشته و با افزایش غلظت روی، تاثیرات سمی کادمیوم و حتی غلظت کادمیوم در گیاه کاسته می‌شود. این موضوع در روابط عناصر دیگر مثل پتاسیم و سدیم نیز وجود دارد. وجود ناقلینی مانند HKT^۲ به طور ناخواسته بدلیل تشابه یونی سدیم و پتاسیم، انتقال سدیم را به داخل سلول‌های ریشه میسر می‌سازند. همچنین، عنصر روی نقشی بسیار مهم در پایداری و محافظت از غشاء سلول در برابر صدمات اکسیداتیو و پراکسیداسیون دارد و هنگامی که گیاه با کمبود روی مواجه می‌شود، نفوذپذیری غشاء سلولی افزایش یافته و عناصری همچون کادمیوم وارد آن می‌شوند (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

بنابراین، با عنایت به مطالب فوق، علت زیادی کادمیوم در گندم شمال خوزستان را می‌توان در مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی حاوی کادمیوم بالا (انباشتگی بیش از حد کودهای فسفاتی)، کمبود شدید مواد آلی و روی در خاک‌های زراعی و عدم مصرف کودهای حاوی روی دانست که با رعایت اصول مصرف بهینه کودی (مصرف کودهای فسفاتی فقط بر مبنای نتایج تجزیه خاک و گیاه) و

استفاده بیشتر از کودهای آلی و زیستی حل کننده فسفات برای امکان استفاده گیاه از فسفر کل خاک، این معضل اجتماعی حل خواهد شد.



شکل ۱۳- تمایل به جذب برابر به دلیل همبستگی یکسان پتاسیم و سدیم توسط ناقلین غشاء (Blumwald و همکاران، ۲۰۰۰)

شکل ۱۲- افزایش غلظت روی سبب پایداری کلروفیل در برگ‌های گیاه شده است (Aravind و Prasad، ۲۰۰۰)

از طرف دیگر، طبق گزارش‌های Clemens و همکاران (۱۹۹۸) و Cohn و همکاران (۲۰۰۴)، کادمیوم می‌تواند توسط حاملین حتی اختصاصی سایر عناصر غذایی نظیر کلسیم و آهن (IRT_1) مخصوصاً هنگامی که مقدار این عناصر غذایی در ریزوسفر ریشه بسیار ناچیز باشند، جذب گیاه گردد. از طرف دیگر، نتایج حاصل از پژوهش‌های متعدد نشان داد که گندم دوروم در مقایسه با گندم نان، به کمبود روی و سمیت کادمیوم به مراتب حساس‌تر است (Meyer و همکاران، ۱۹۸۲). سمیت کادمیوم در اندام هوایی با افزایش سطوح روی، کاهش می‌یابد. اما این الزاماً با کاهش غلظت کادمیوم در گیاه همراه نبوده، بلکه صرفاً سبب کاهش سمیت کادمیوم در گیاه می‌شود.

نتایج این پژوهش‌ها با این فرضیه که مصرف عنصر روی، گیاه را در برابر سمیت کادمیوم محافظت می‌کند، به خوبی مطابقت داشت. این محافظت از طریق بهبود قوای دفاعی گیاه در برابر تنش‌های اکسیداسیونی ناشی از عنصر کادمیوم یا از طریق رقابت با کادمیوم در تشکیل پیوند با ساختارهای مهم سلولی مانند آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدهای غشاء سلولی صورت می‌گیرد. همچنین، زارع (۱۳۹۶) در نتایج خود گزارش کرد که جذب ریشه‌ای و انتقال به اندام هوایی کادمیوم در گیاه کاهو قویاً وابسته به نسبت کادمیوم به روی (Cd:Zn) در محیط ریشه است. به‌طوری‌که با کاهش نسبت Cd:Zn در محیط جذب ریشه‌ای، عمده کادمیوم در فضای آپوپلاست نگهداری شده و مقدار کمتری از آن وارد سیتوپلاسم گردید. ایشان همچنین نشان داد که با کاهش نسبت Cd:Zn محیط به ۰/۰۱ و کمتر از آن، غلظت کادمیوم در اندام هوایی به کمتر از مقدار توصیه شده توسط کدکس (۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه کاهو) رسید.

۵-۳-۷- روش‌های تولید محصولات کشاورزی سالم: یکی از اصول اولیه پایداری محصولات کشاورزی، ارتقاء کیفی خاک از بعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک می‌باشد که متأسفانه در برنامه کودی کشور نادیده گرفته

شده است. همچنین، پرداخت یارانه به کودهای نیتروژنی و فسفاتی، باعث شده در مزارع و باغ‌های کشور بیش از ۹۰ درصد کودهای مصرفی به این دو نوع کود اختصاص یابد. خاک‌های زراعی ایران بیش از ۷۰۰۰ سال زیر کشت بوده و با استمرار مصرف نامتعادل کودها، علاوه بر تخلیه شدید برخی از عناصر غذایی، مواد آلی خاک‌های زراعی کشور (طبق آخرین گزارش موجود، درصد کربن آلی در بیش از ۳۸ درصد خاک‌های زراعی کشور به کمتر از ۰/۵۰ درصد کاهش یافته است و این درصد کاهش در برخی از استان‌ها نظیر استان خراسان رضوی از ۸۰ درصد نیز فراتر رفته است که توجه جدی مسئولین امر را طلب می‌نماید) نیز به شدت افت پیدا نموده است (ملکوتی، ۱۳۹۴). بنابراین، چالش عمده، مصرف نامتعادل کود در کشور بوده و راه حل برای تولید محصولات کشاورزی سالم، رعایت اصول مصرف بهینه کودی (منظور از مصرف بهینه کودی این است که در گیاهان زراعی و دارویی مصرف انواع کودها براساس نتایج تجزیه خاک و در گیاهان باغی و گل‌های زینتی براساس نتایج تجزیه برگ و آب آبیاری استوار باشد) است.

راهکارهای مهم برای تولید محصولات کشاورزی سالم عبارتند از الف) افزایش سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور؛ ب) رعایت مصرف بهینه کود و اصلاح تناسب کودی کشور به طرق مختلف از جمله توصیه کودی بر مبنای نتایج تجزیه خاک برای محصولات زراعی و تجزیه برگ برای درختان میوه و تولید کودهای اختصاصی کامل برای تک‌تک محصولات کشاورزی استراتژیک کشور. بنابراین، در راستای نیل به تولید پایدار و با توجه به کمبود آب، مواد آلی، تنش شوری و افت کیفیت آب‌های آبیاری در کشور، لازم است ۲۵ درصد از کودهای مصرفی کشور (حدود ۸ تن بر هکتار) را کودهای آلی (مصرف به صورت عمقی قبل از کاشت) تشکیل و نسبت کودی آرمانی پیشنهادی برای خاک‌های آهکی در مقطع کنونی به صورت (کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰٪ - (پتاسیم) ۲۵٪ - (فسفر) ۳۰٪ - (نیتروژن) ۱۰۰ باشد. با رعایت فرمول کودی فوق، مصرف بهینه کود که مؤثرترین، سریع‌ترین، سهل‌الوصول‌ترین و اقتصادی‌ترین راه تحقق افزایش عملکرد هکتاری، غنی‌سازی و تولید محصولات کشاورزی سالم می‌باشد، تحقق خواهد یافت (ملکوتی، ۱۳۹۴).

۶-۳-۷- لزوم تغییر نگرش در تأمین کالری روزانه برای حل مشکل گرسنگی سلولی
در برنامه آتی توسعه کشور: طبق گزارش‌های مستند موجود، علی‌رغم اینکه بیش از ۸۶ درصد جامعه ۸۰ میلیون نفری ایران سیر می‌باشند، لیکن اکثریت جامعه به نوعی از گرسنگی سلولی رنج می‌برند. آیا تأمین کالری روزانه، شاهدی بر تغذیه اصولی و کامل سازه‌های بدن انسان است؟ مسلماً خیر. طبق آخرین آمار موجود که رسانه‌های عمومی در اوایل تابستان ۱۳۸۳ اعلان کردند، از جمعیت کشور، ۳۰ درصد تغذیه متعادل، ۲۰ درصد پرخوری، ۲۰ درصد کم‌خوری و ۳۰ درصد بدخوری دارند. این آمار فقط از دیدگاه تأمین کالری است. بدیهی است در صورت طرح سیرشدن سلول‌های گرسنه بدن در جامعه، این درصدها بسیار متفاوت بوده و ارقام به دست آمده کیفیت نامطلوب شرایط تغذیه عمومی را تایید خواهد نمود. این امر بدان معنی است که هزینه‌های سرانه برای غذا در کشور، در حدی

است که می‌توان با آگاه‌سازی عمومی شرایط تغذیه‌ای کشور را بهبود بخشید و این خواسته مهم با توجه به همکاری مطلوب وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و جهاد کشاورزی و عنایت رسانه‌های عمومی در کوتاه مدت عملی خواهد بود. باید توجه کرد که در هزاره سوم افزایش کیفیت محصولات کشاورزی برای حفظ منافع مصرف‌کنندگان و جلوگیری از نارسایی‌های فراوان تغذیه‌ای، کم‌اهمیت‌تر از افزایش کمی کشاورزی نمی‌باشد. به عبارت دیگر، هر یک از اعضای جامعه به نحوی از کمبود عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها، کلسیم و منیزیم در تنگنا هستند. لذا ضرورت دارد در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور، به جای تأمین کالری روزانه مورد نیاز که در حال حاضر رقمی در حدود ۳۰۰۰ کیلو کالری در روز است، سیر کردن سلول‌های گرسنه جامعه از طرق خرید محصولات کشاورزی به‌ویژه گندم بر مبنای کمی-کیفیت، هدفمند نمودن یارانه کودها و غنی‌سازی محصولات کشاورزی مد نظر قرار داده شود.

غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌تواند از روش‌های متعددی از جمله روش اگرونومیکی در مزرعه که عمدتاً از طریق رعایت اصول مصرف بهینه کود (Enrichment) صورت گیرد. در این روش با رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزارع، باغ‌ها و مراتع، ضمن افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، غلظت عناصر غذایی نیز در محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد، یا اضافه کردن عناصر معدنی در محل فراوری محصولات غذایی (Fortification) باشد. در این روش طی فرآیند تهیه مواد غذایی نظیر آرد، شیر، ماکارونی و بیسکویت، مواد معدنی مورد نیاز و ویتامین‌ها با نسبت‌هایی مشخص و معلوم به مواد غذایی مصرفی افزوده می‌گردد و یا از طریق تولید ارقام کارآ با استفاده از علم اصلاح نژاد و یا استفاده از روش‌های نوین بخصوص مهندسی ژنتیکی (Bio-fortification) امکان‌پذیر است. از تحقیقات انجام شده در مزارع گندم در ۱۰ استان کشور چنین استنباط گردید که با مصرف سولفات روی، علاوه بر افزایش ۱۹ درصدی در عملکرد گندم، غلظت Zn در دانه گندم در استان‌های مختلف کشور به طور میانگین ۲۵ درصد افزایش یافت ولی این افزایش عمدتاً در سبوس بوده است، در حالی که غلظت Zn در آرد نمونه‌های شاهد و تیمار شده با کود، پائین بود (۱۰ و ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم). غلظت Zn در سبوس گندم شاهد و کود داده شده به ترتیب ۴۴ و ۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم (تقریباً بیش از چهار برابر غلظت عنصر در آرد) بود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷ و ملکوتی، ۱۳۹۰). با اجرایی کردن طرح غنی‌سازی محصولات کشاورزی علاوه بر (الف) افزایش عملکرد و بهبود کیفیت؛ (ب) ارتقای وضع معیشتی مولدین کشاورزی؛ (پ) کاهش بخشی از بیماری‌ها، نارسایی‌های بهداشتی جامعه و ارتقاء سلامتی جامعه عاید جامعه خواهد شد، در مدت زمان پنج سال، موقعیت و رتبه بهداشتی ناشی از سوء تغذیه مردم ایران بهبود خواهد یافت. انجام این امر مهم که از طریق اصلاح نظام تأمین و عرضه کودها با هزینه‌های مناسب قابل تحقق می‌باشد، افزون بر صرفه‌جویی ارزی، باعث ایجاد اشتغال گسترده در کشور از طریق راه‌اندازی مجدد کارخانه‌های کودهای شیمیایی، زیستی و آلی خواهد شد.

۷-۳-۷- دستاوردهای جدید در مورد نقش گوگرد، پتاسیم و روی در تولید محصولات کشاورزی

سالم و معرفی کودهای جدید سولفات پتاسیم محلول و کود سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته^۱

• گوگرد: بررسی معدنی شدن گوگرد عنصری در شرایط رطوبتی - حرارتی مختلف و تعیین

سطح بحرانی آن برای گندم، ذرت و کلزا (مستخرج از رساله دکتری آقای جلال قادری، ۱۳۹۶)

چکیده: در خاک‌های آهکی، به‌رغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی، فرم محلول و قابل جذب این عناصر، کم‌تر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه بوده و کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدودکننده تولید محصول در این خاک‌ها محسوب می‌شود. افزایش گوگرد به خاک و اکسیداسیون آن می‌تواند باعث کاهش pH خاک و رفع این مشکل شود. از آنجا که اثر بخشی گوگرد بستگی به اکسیده شدن آن به اسید سولفوریک دارد، لذا آگاهی از چگونگی اکسیداسیون آن در خاک‌های آهکی و عوامل موثر بر آن می‌تواند اولین گام برای بکارگیری این ماده در زمینه اصلاح خاک، کاهش pH و تغذیه گیاهی باشد. بدین منظور این پژوهش در سه بخش به شرح زیر طراحی گردید. در بخش اول، تأثیر دو رژیم رطوبتی (۴۰ و ۶۰ درصد رطوبت اشباع) با چهار سطح گوگرد عنصری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار) به همراه باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی، در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی ۳۴ نمونه خاک از سری‌های مختلف خاک که نماینده خاک‌های ایران بودند، بر اکسیداسیون گوگرد و برخی از خصوصیات شیمیایی خاک، به مدت یک سال و در درجه حرارت ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. در این تحقیق مقدار pH، هدایت الکتریکی، سولفات، فسفات، آهن و روی قابل استفاده در تمام خاک‌ها اندازه‌گیری شد.

در بخش دوم، تأثیر سه رژیم حرارتی (۱۴، ۲۵ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد) با چهار سطح گوگرد (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار) در ۶۰ درصد رطوبت اشباع نسبی به همراه باکتری تیوباسیلوس، در زمان‌های ۱۴، ۲۸ و ۴۲ روز آنکوباسیون (دوره نهفتگی)، در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی ۱۰ نمونه خاک که از نظر روند اکسیداسیون متفاوت بودند، بررسی شد. در بخش سوم، به‌منظور اثربخشی گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان گندم، ذرت و کلزا، آزمایشی با چهار سطح گوگرد (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار) همراه با باکتری تیوباسیلوس و مواد آلی، در چهار مزرعه با مقدار سولفات قابل استفاده متفاوت (۷، ۱۳، ۱۸ و ۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، در استان کرمانشاه، به‌مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۳) اجرا شد. عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه هر سه گیاه اندازه‌گیری و برآوردی از سطح بحرانی گوگرد نیز بوسیله روش تصویری کیت‌نلسون انجام شد. در تمام آزمایش‌های فوق به‌ازای هر ۵۰ کیلوگرم گوگرد مصرفی، یک کیلوگرم باکتری تیوباسیلوس و مقدار ۱۰ تن بر هکتار کود ورمی کمپوست به‌طور یکنواخت استفاده شد و منبع گوگرد عنصری، گوگرد پاستیل بود.

نتایج در بخش اول نشان داد که با کاربرد مقادیر مختلف گوگرد در شرایط مختلف رطوبتی در خاک‌های مورد آزمایش به استثنای خاک‌های شور، pH کاهش و هدایت الکتریکی، سولفات، فسفات، آهن و

۱. این دو کود با ارزش توسط شرکت مروارید ارس باران تولید می‌شود. با مصرف سرک آن‌ها، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری، کیفیت محصولات کشاورزی نیز افزایش می‌یابد.

روی قابل استفاده افزایش یافت و بین تأثیر تیمارهای مختلف روی صفات اندازه گیری شده، اختلاف معنی داری در سطح یک درصد مشاهده شد. همچنین با افزایش مقدار گوگرد و زمان آنکوباسیون، مقدار اکسیداسیون گوگرد کاهش یافت. نتایج در بخش دوم نشان داد که با کاربرد مقادیر مختلف گوگرد و افزایش درجه حرارت از ۱۴ به ۳۶ درجه سانتی گراد در طول دوره آنکوباسیون، pH کاهش، هدایت الکتریکی و سولفات محلول افزایش یافت و بین تأثیر تیمارهای مختلف بر صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی داری در سطح یک درصد مشاهده شد.

نتایج در بخش سوم نشان داد که با مصرف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس + مواد آلی، عملکرد و غلظت عناصر غذایی به طور معنی داری در دانه های گندم، ذرت و کلزا در هر چهار مزرعه افزایش یافت. بیشترین مقدار افزایش با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد بر هکتار بود. درصد افزایش عملکرد در مزارع گندم در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۷، ۷، ۴ و ۳ درصد، در مزارع ذرت ۱۰، ۸، ۵ و ۴ و در مزارع کلزا ۱۷، ۱۸، ۱۲ و ۱۰ درصد بود. به عبارت دیگر، ارزیابی اقتصادی این تحقیق نشان داد در مزارعی که مقدار گوگرد قابل استفاده آن ها کم تر از سطح بحرانی بود، کاربرد گوگرد اقتصادی بود. در این تحقیق سطح بحرانی گوگرد با استفاده از روش تصویری کیت- نلسون برای دستیابی به ۹۰ درصد عملکرد نسبی، برای گندم، ذرت و کلزا در اراضی کرمانشاه به ترتیب ۱۲، ۱۵ و ۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، برآورد شد. به طور کلی نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که:

● خاک های مختلف نسبت به مصرف مقادیر مختلف گوگرد عنصری در زمان های مختلف واکنش های متفاوتی از لحاظ کاهش pH خاک، افزایش شوری، سولفات محلول و حلالیت عناصر غذایی را در شرایط مختلف حرارتی و رطوبتی از خود نشان دادند. در اغلب خاک های مورد آزمایش، تأثیر مقادیر تیمارهای مختلف گوگرد عنصری در شرایط مختلف حرارتی و رطوبتی بر pH، هدایت الکتریکی، فسفات، سولفات محلول، آهن (Fe) و روی (Zn) قابل استفاده در سطح یک درصد اختلاف معنی دار بود که خود حاکی از تأثیر مثبت کاربرد گوگرد در خاک های مورد آزمایش بود. رطوبت مناسب برای انجام فعالیت ریز جانداران اکسید کننده گوگرد، نزدیک ظرفیت زراعی بود. با افزایش مقدار رطوبت به بالاتر از ظرفیت زراعی، فعالیت ریز جانداران اکسید کننده گوگرد کاهش و اثر بخشی گوگرد، کم تر می شد. در تمام خاک های مورد آزمایش، بیشترین مقدار اکسیداسیون با تیمار کودی ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و دوره ۱۴ روز آنکوباسیون و در شرایط ۴۰ درصد رطوبت اشباع نسبی و دوره آنکوباسیون ۲۵ روز بود. این بیانگر آن است که اکسیداسیون و در نتیجه اثر بخشی گوگرد در مناطقی که در موقع نیاز گیاهان دمای محیط بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد است، بیش تر می باشد.

● هر چه مقدار درصد کربنات کلسیم کل خاک بیش تر بود، کاهش pH خاک ناشی از افزودن گوگرد عنصری کم تر و بعد از مدتی دوباره pH خاک بسته به درصد کربنات کلسیم کل به دلیل ظرفیت بافری خاک به

حالت اولیه برگشت نمود. لیکن در برخی از خاک‌ها، مقدار کاهش pH و افزایش عناصر غذایی در آن بیش‌تر بود و این بیانگر آن است که علاوه بر درصد آهک، سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نیز در اثر بخشی گوگرد مؤثرند.

● در تمامی مزارع مورد آزمایش، مصرف گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس، اکسیداسیون آن باعث کاهش pH خاک و افزایش غلظت عناصر غذایی قابل‌استفاده گیاه شد، بیشترین کاهش pH خاک و افزایش غلظت عناصر غذایی در ذرت، در مرحله قبل از ظهور گل‌های نر و در گندم و کلزا در مرحله ساقه رفتن بود که نشان‌دهنده وضعیت مناسب خاک‌های تحت بررسی (رطوبت، درجه حرارت، تهویه) برای فعالیت ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد در زمان‌های مذکور و حداکثر نیاز گیاهان در این مرحله است. در محصولات مورد آزمایش، در اثر کاربرد گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس، عملکرد، غلظت عناصر غذایی در دانه، درصد پروتئین و درصد روغن (کلزا) افزایش یافت که بیانگر پتانسیل خوب آن برای کاربرد در بخش کشاورزی است.

● بیشترین تأثیر گوگرد پاستیل چه بر خصوصیات شیمیایی و چه بر عملکرد کمی و کیفی محصولات زراعی با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار برای ذرت و کلزا و کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار برای گندم بود که حاکی از تفاوت نیاز این محصولات به عناصر غذایی از جمله گوگرد دارد. به عبارت دیگر، تأثیرپذیری محصولات زراعی از گوگرد، در محصولات بهاره مانند دانه‌های روغنی (آفتابگردان) و یا ذرت بیشتر از محصولات زمستانه (گندم) بود. در تمام مزارع آزمایشی، pH خاک و غلظت عناصر غذایی پس از مرحله برداشت به علت خاصیت بافری خاک، مجدداً به مقدار مرحله اولیه نزدیک شده بود.

● میانگین سطح بحرانی گوگرد برای گندم، ذرت و کلزا در مناطق مورد مطالعه با روش تصویری کیت- نلسون به ترتیب ۱۲، ۱۵ و ۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در کرمانشاه تعیین شد. به عبارت دیگر، دامنه بحرانی گوگرد می‌تواند برای گندم ۱۰ تا ۱۵، ذرت ۱۵ تا ۲۰ و دانه‌های روغنی از جمله کلزا ۲۰ تا ۳۰ میلی‌گرم متغیر باشد.

● مصرف گوگرد در خاک‌های گچی، در شالیزارهای شمال کشور و در خاک‌هایی که دامنه سطح بحرانی گوگرد با روش توربیدیمتری بیش‌تر از ۲۵ تا ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، قابل توصیه نمی‌باشد. همچنین از مصرف گوگرد مذاب در خاک‌های زراعی جداً خودداری شود، زیرا در محلول خاک به صورت پودر در نمی‌آیند. کاربرد گوگرد مذاب، فقط در تولید اسید سولفوریک می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد خاک‌های گچی به منابع مختلف از جمله کتاب خاک‌های گچی (ویژگی و کاربرد)، نویسنده آقای دکتر نوایر تومانیان دانشیار محترم مرکز تحقیقات، آموزش و منابع طبیعی استان اصفهان (۱۳۹۰) مراجعه فرمایید. ● با توجه به نتایج بدست آمده و منابع مختلف موجود، در صورت رعایت تناوب زراعی مناسب، چنین

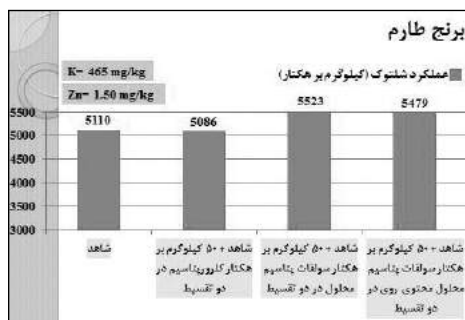
استنباط می‌شود که مصرف گوگرد در گیاهان کم‌توقع زراعی نظیر گندم، هر چهار سال یک بار و در گیاهان پرتوقع زراعی نظیر کلزا هر دو سال یک بار در خاک‌های آهکی ایران توصیه می‌شود. منتها بررسی دقیق‌تر از نظر اثرات باقی مانده و نیز از ابعاد اصلاح موضعی خاک‌های آهکی و تغذیه گیاهی، نیاز به انجام تحقیقات بیشتری درباره کاربرد گوگرد در خاک‌های شور و اثرات باقی مانده گوگرد در خاک و تاثیر آن بر عملکرد محصولات پیشنهاد می‌شود (قادری، ۱۳۹۶).

● پتاسیم: بررسی تاثیر منابع مختلف کودهای پتاسیمی بر عملکرد کمی و کیفی برنج در دو

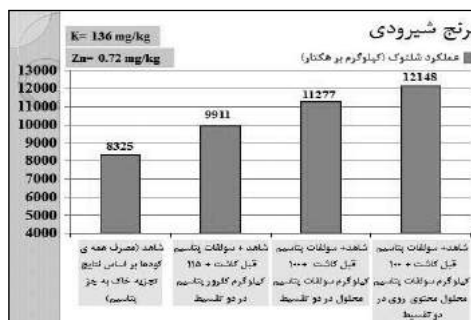
مزرعه بامیزان پتاسیم متفاوت در استان مازندران (مستخرج پیلان نلمه کلرشنلسی) شادقلی حمیدی، ۱۳۹۶) چکیده: برنج بعد از گندم مهم‌ترین محصول زراعی بوده و غذای بیش از نیمی از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. بعد از نیتروژن، پتاسیم بیشترین نقش را در افزایش عملکرد کمی و کیفی برنج ایفا می‌کند. به منظور بررسی نقش منابع مختلف پتاسیم (K) در بهبود عملکرد (کمی و کیفی) برنج در استان مازندران، طرحی در دو مزرعه در سال ۱۳۹۶ پیاده شد. در مزرعه اول آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار، در مجموع ۲۱ کرت و هر کرت ۲۰ متر مربع با کشت برنج رقم شیرودی در شالیزاری که میزان پتاسیم و روی قابل استفاده خاک آن به ترتیب ۱۳۵ و ۰/۵۷ میلی گرم بر کیلوگرم بود، در سال ۱۳۹۶ در ایستگاه قراخیل انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از تیمار اول: شاهد (مصرف تمامی کودها بر اساس نتایج تجزیه خاک به جز پتاسیم)؛ تیمار دوم: عرف زارعین (NP)؛ تیمار سوم: تیمار اول + ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت؛ تیمار چهارم: تیمار اول + ۱۲۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت + مصرف ۱۱۵ کیلوگرم بر هکتار کلرور پتاسیم در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ تیمار پنجم: تیمار اول + ۱۲۵ کیلو سولفات پتاسیم قبل کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول خارجی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ تیمار ششم: تیمار اول + ۱۲۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم قبل از کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول تولید داخل در دو تقسیط همزمان با سرک اوره و تیمار هفتم: تیمار اول + ۱۲۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم قبل از کاشت + مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول حاوی روی در دو تقسیط همزمان با سرک اوره؛ در مزرعه دوم که پتاسیم و روی قابل استفاده آن به ترتیب ۴۶۰ و ۱/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود طرحی با کشت رقم طارم با چهار تیمار در سه تکرار (مساحت هر تیمار ۲۵۰ متر مربع) در فرح آباد ساری پیاده شد.

نتایج آزمایش اول نشان داد الف) در حالی که عملکرد شلتوک در تیمار شاهد ۸۳۲۵ کیلوگرم بر هکتار بود، این مقدار در بهترین تیمار (تیمار هفتم) ۴۶ درصد افزایش یافته و به ۱۲۱۴۸ کیلوگرم بر هکتار رسید (شکل ۱۴). ب) درصد برنج سالم در تیمار شاهد ۴۹/۶ بود، لیکن این مقدار در بهترین تیمار به ۵۶/۴ درصد افزایش یافت.

پ) در حالی که کارایی مصرف سولفات پتاسیم (تیمار سوم)، سه کیلوگرم بر کیلوگرم بود، لیکن در بهترین تیمار (تیمار اول + ۱۲۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت + مصرف ۱۰۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره) به ۱۷ کیلوگرم بر کیلوگرم رسید. نتایج آزمایش دوم نشان داد عملکرد شلتوک برنج طارم در تیمار شاهد ۵۱۰۹ کیلوگرم بر هکتار بود و این مقدار در تیمار چهارم به ۵۴۷۹ کیلوگرم بر هکتار رسید (شکل ۱۵). با عنایت به نتایج فوق، چنین جمع‌بندی گردید در شالیزارهایی که پتاسیم قابل استفاده در آن‌ها کمتر از سطح بحرانی (۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم) باشد، مصرف کودهای پتاسیمی سبب افزایش عملکرد می‌گردد. لیکن، مقدار این افزایش در شرایطی که ۵۰ درصد نیاز پتاسیمی برنج قبل از کاشت و ۵۰ درصد بقیه از منبع سولفات پتاسیم محلول به صورت دو بار سرک استفاده شده باشد، بسیار مؤثرتر خواهد بود. علاوه بر این، در شالیزارهایی که پتاسیم قابل استفاده آن‌ها بیش‌تر از سطح بحرانی باشد، مصرف سولفات پتاسیم قبل از کاشت چندان مؤثر نبوده ولی مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول به ویژه سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی مؤثر خواهد بود.



شکل ۱۵- اثر تیمارهای کودی بر عملکرد شلتوک در برنج رقم طارم (حمیدی، ۱۳۹۶).



شکل ۱۴- اثر تیمارهای کودی بر عملکرد شلتوک در برنج رقم شیروودی (حمیدی، ۱۳۹۶).

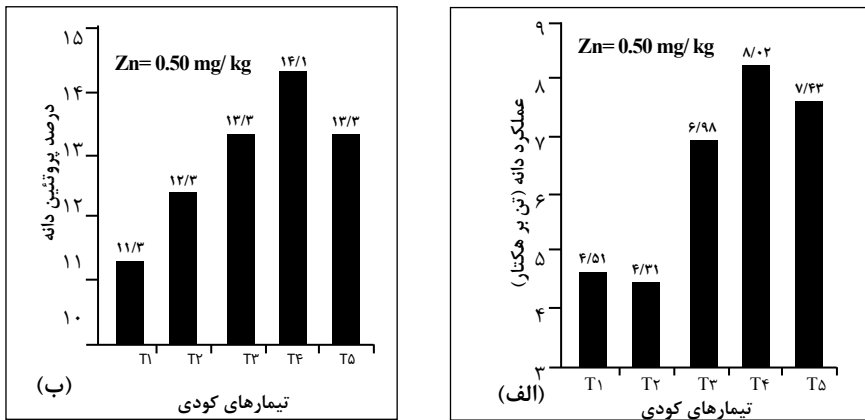
● **روی:** نقش منابع مختلف روی (Zn) در بهبود کمی و کیفی گندم و افزایش کارایی آن در اراضی استان سلیمانیه، عراق (مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای مسلم سلیمان، ۱۳۹۶)

چکیده: روی (Zn) یک عنصر غذایی ضروری است که نقش مهمی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه، ساخت پروتئین و بسیاری از فعل و انفعالات زیستی گیاه ایفا می‌نماید. این طرح به منظور بررسی نقش منابع مختلف روی در بهبود کمی و کیفی گندم و افزایش کارایی آن در خاک زراعی با بافت سنگین با میزان روی قابل استفاده برابر با ۰/۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم واقع در استان سلیمانیه- عراق، در پاییز سال ۱۳۹۵ اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار (در مجموع ۲۱ کرت و هر یک به مساحت ۴۰ متر مربع) با کشت گندم رقم آدنه به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از

تیمار اول: شاهد (مصرف تمامی کودها بر اساس نتایج تجزیه خاک به جز روی)، تیمار دوم: کوددهی مطابق با عرف زارعین منطقه (NP)؛ تیمار سوم: تیمار اول + مصرف ۴۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی قبل از کاشت؛ تیمار چهارم: تیمار اول + مصرف ۲۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی قبل از کاشت و بقیه ۲۰ کیلوگرم از منبع کلات روی (Zn-EDTA) در دو تقسیط همراه با مصرف سرک اوره؛ تیمار پنجم: تیمار اول + مصرف ۲۰ کیلوگرم بر هکتار کلات روی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ تیمار ششم: تیمار سوم + مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول در دو تقسیط همراه با مصرف سرک اوره و تیمار هفتم: تیمار پنجم + مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول در دو تقسیط همراه با مصرف سرک اوره. تمامی عملیات کاشت، داشت و برداشت مطابق عرف زارعین منطقه انجام گرفت. سپس با استفاده از جمع آوری داده‌ها نتایج تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج این تحقیق نشان داد: الف) عملکرد کل در تیمارهای شاهد، عرف زارع، تیمار سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم به ترتیب ۸/۷۴، ۸/۲۵، ۱۳/۳۸، ۱۵، ۱۴/۵۵، ۱۳/۷۷ و ۱۵/۵۳ تن بر هکتار بود. ب) عملکرد دانه در تیمارهای فوق به ترتیب ۴/۵۱، ۴/۳۱، ۶/۹۸، ۸/۰۲، ۷/۴۳، ۷/۵۶ و ۷/۴۸ تن بر هکتار شد (شکل ۱۶- الف و پ) کمترین غلظت روی مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف روی و تیمار عرف زارع به ترتیب ۱۵/۷۰ و ۱۵/۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود. استفاده از کودهای روی سبب افزایش معنی دار غلظت این عنصر در دانه گندم شد. بیشترین غلظت روی (۳۰/۴ میلی گرم بر کیلوگرم) مربوط به تیمار $Zn_{۰.۲}$ (۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی قبل از کاشت و ۲۰ کیلوگرم بر هکتار کلات روی همراه با مصرف سرک اوره با آب آبیاری) بود که با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد. ت) استفاده از روی سبب افزایش معنی دار درصد پروتئین شد. بیشترین درصد پروتئین (۱۴ درصد) مربوط به تیمار $Zn_{۰.۲}$ بود که با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد (شکل ۱۶- ب و س) کارایی کود روی در تیمارهای سوم، چهارم و پنجم، به ترتیب ۶۲، ۸۸ و ۱۴۶ کیلوگرم بر کیلوگرم گردید.

در حالی که عملکرد دانه در تیمار شاهد ۴/۵۱ تن بر هکتار بود، این مقدار در بهترین تیمار کودی (تیمار چهارم) تا حد ۸/۰۲ تن بر هکتار افزایش یافت. همچنین، عملکرد کل در بهترین تیمار کودی (تیمار هفتم) برابر ۱۵/۵۳ تن بر هکتار در مقایسه با تیمار شاهد (۸/۷۴ تن بر هکتار) شد. مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول در افزایش عملکرد دانه چندان مؤثر نبود که احتمالاً به دلیل زیادی پتاسیم قابل استفاده اولیه خاک بوده باشد. با عنایت به نتایج فوق چنین جمع بندی می شود در خاک های زیرکشت گندم که غلظت روی قابل استفاده در آن ها کمتر از سطح بحرانی باشد، بهتر است نصف کود روی مصرفی از منبع سولفات روی و نصف بقیه از منبع کلات روی باشد.



شکل ۱۶- اثر کودهای حاوی روی بر عملکرد، غلظت روی و درصد پروتئین دانه گندم (سلیمان، ۱۳۹۶)

● جذب کادمیوم توسط کاهواز خاک تیمار شده با لجن فاضلاب حاوی نسبت‌های مختلف

کادمیوم به روی و ارزیابی خطر آن برای سلامت انسان (رساله دکتری آقای زارع، ۱۳۹۷)

چکیده: کادمیوم (Cd) فلزی سمی برای گیاه، دام و انسان می‌باشد. محصولات کشاورزی تولیدی در خاک‌های آلوده به کادمیوم یکی از مهمترین منابع ورود کادمیوم به درون بدن انسان است. اگرچه روی (Zn) یکی از مهمترین عنصر غذایی مؤثر در کاهش جذب کادمیوم در گیاه است، لیکن بررسی نسبت کادمیوم به روی (Cd:Zn) در مقایسه با اثر بخشی روی به تنهایی، در کاهش جذب کادمیوم ضروری به نظر می‌رسید. بدین منظور، تاثیر نسبت‌های مختلف Cd:Zn بر کاهش جذب کادمیوم در گیاه کاهو. و به دنبال آن در بدن موش طی چهار آزمایش به شرح زیر انجام گرفت:

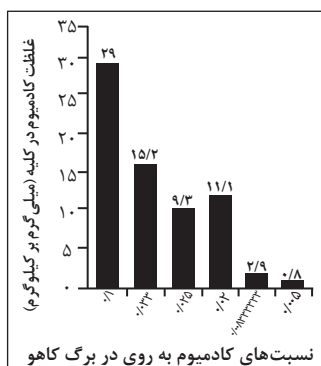
در آزمایش‌های اول و دوم، مکانیسم جذب کادمیوم توسط ریشه گیاه در نسبت‌های مختلف Cd:Zn در کاهو و همچنین توزیع درون سلولی کادمیوم در ریشه گیاه در نسبت‌های مختلف Cd:Zn در محلول غذایی جانسون در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۹۵-۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور نشاءهای کاهو رشد کرده در محیط هیدروپونیک در معرض نسبت‌های مختلف Cd:Zn (از ۰/۰۰۵ تا ۰/۸۰۰) قرار گرفتند. نتایج نشان داد: (الف) در تمامی سطوح کادمیوم، کاهش نسبت Cd:Zn از طریق افزایش غلظت روی سبب کاهش معنی‌دار کادمیوم سیمپلاستی ریشه و همچنین کاهش انتقال کادمیوم به درون آوند چوبی و انباشت آن در برگ کاهو شد. (ب) بیشترین غلظت سیمپلاستی کادمیوم (۱۰۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و اندام هوایی (۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در بیشترین نسبت Cd:Zn (۰/۸۰۰) و همچنین کمترین مقدار آن‌ها نیز به ترتیب ۲۹ و ۰/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود که در نسبت‌های Cd:Zn برابر ۰/۱۰ و کمتر مشاهده شد. (پ) توزیع کادمیوم در اجزای سلولی

ریشه نیز تحت تاثیر نسبت‌های مختلف Cd:Zn قرار گرفت. بیشترین مقدار کادمیوم در جزء دیواره سلولی ریشه و کمترین مقدار کادمیوم به ترتیب در جزء سیتوسل و اندامک‌ها مشاهده شد. به‌طوری‌که با افزایش غلظت روی در محلول غذایی تا ۱۰۰ میکرومولار در سطح ثابت کادمیوم، غلظت کادمیوم در جزء دیواره سلولی و سیتوسل کاهش و در اندامک‌ها افزایش یافت.

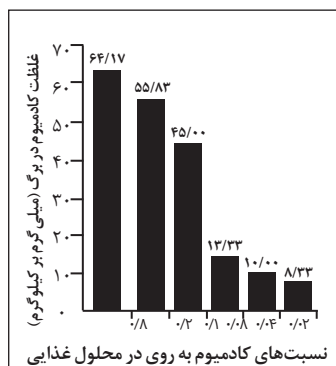
در آزمایش سوم، کادمیوم جذب شده توسط کاهو در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب شهری با نسبت‌های مختلف Cd:Zn با سه منبع متفاوت تامین‌کننده روی (سولفات روی، پودر لاستیک و نانواکسیدروی) و ارزیابی خطر آن برای سلامت انسان در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در تهران به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سال ۱۳۹۵ بررسی شد. برای این منظور ترکیب غلظت‌های مختلف روی و کادمیوم که سبب ایجاد نسبت‌های مختلف Cd:Zn (از ۰/۰۰۶ تا ۰/۱۰۰) شدند، با لجن فاضلاب بخوبی مخلوط و پس از گذشت یک ماه که تعادل بین عناصر با لجن فاضلاب ایجاد شد، معادل ۱۰۰ تن بر هکتار لجن فاضلاب با خاک مخلوط (۱۳۰ گرم لجن فاضلاب و ۴ کیلوگرم خاک به ازای هر گلدان) و به گلدان‌های ۵ کیلوگرمی افزوده شد. سپس نشاءهای کاهو از قبل تهیه شده به گلدان‌ها منتقل و پس از گذشت ۹۰ روز کاهوها برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج این آزمایش نشان داد: الف) کمترین غلظت کادمیوم اندام هوایی در تیمارهایی که منبع تامین‌کننده روی آن پودر لاستیک بود، بدست آمد، لیکن بیشترین مقدار آن مربوط به شرایطی بود که از نانواکسیدروی بعنوان منبع روی استفاده شده بود. ب) همچنین، بررسی خطرپذیری کادمیوم برای مصرف‌کننده نشان داد که از بین تیمارهای مورد مطالعه، پودر لاستیک کمترین خطر برای بیماران غیرسرطانی و نانواکسیدروی بیشترین خطرپذیری برای بیماران غیرسرطانی (شاخص THQ) در سنین مختلف داشت. به‌طوری‌که حداقل مقدار این شاخص در مورد پودر لاستیک در سنین مختلف پسر بچه، دختر بچه، مرد بزرگسال و زن بزرگسال به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲، ۱۲/۰ و ۱۲/۰ بدست آمد، لیکن این مقادیر برای نانواکسیدروی حداکثر به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۳۷، ۰/۲۳ و ۰/۲۲ بود.

در آزمایش چهارم، انباشتگی کادمیوم و روی در بدن موش‌های تغذیه شده از کاهوی رشد کرده در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب شهری حاوی نسبت‌های مختلف Cd:Zn بررسی شد. در این آزمایش از تیمارهای استفاده شده در آزمایش سوم تیمارهایی که از نظر منبع روی (سولفات روی) در مزارع رایج تر و خطرپذیری آن‌ها بالا نبود، انتخاب و در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۶ کشت شد. تیمارهای آزمایشی شامل هفت نسبت Cd:Zn (از ۰/۲۰ تا ۰/۱۰۰) بود. تعداد موش‌های مورد استفاده در این آزمایش ۴۹ عدد موش رت از نژاد Wistar بود. این آزمایش در دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله اعظم انجام و ۴۵ درصد نیاز غذایی روزانه موش‌ها از این کاهوها تامین شد. پس از گذشت ۹۰

روز، موش‌ها جراحی، کبد و کلیه آن‌ها برای تعیین غلظت کادمیوم و روی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش نسبت کادمیوم به روی انباشت کادمیوم در کبد و کلیه موش افزایش یافت. به طوری که حداکثر غلظت کادمیوم در کبد و کلیه در نسبت Cd:Zn برابر ۰/۱۰ بدست آمد که مقدار آن به ترتیب برابر ۳۵/۵۰ و ۲۲/۴۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. حداقل غلظت کادمیوم کبد و کلیه موش نیز در نسبت Cd:Zn برابر ۰/۰۰۵ بدست آمد که مقدار آن‌ها به ترتیب ۲/۶۶ و ۱/۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود که تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. در شکل ۱۷ نقش روی در کاهش کادمیوم در کاهو و در شکل ۱۸ تأثیر نسبت‌های مختلف کادمیوم به روی (Cd:Zn) در خاک زیرکشت کاهو در کاهش تجمع کادمیوم در کلیه موش‌ها نشان داده شده است (زارع، ۱۳۹۷).



شکل ۱۸- تأثیر نسبت‌های مختلف کادمیوم به روی در خاک بر غلظت کادمیوم در کلیه موش



شکل ۱۷- نقش روی در کاهش آلاینده کادمیوم در اندام هوایی کاهو (زارع، ۱۳۹۷)

با عنایت به نتایج چهار آزمایش فوق، چنین جمع بندی می‌گردد در مزارعی که غلظت روی (Zn) قابل استفاده در آن‌ها بیشتر از دامنه بحرانی بوده و یا کودهای محتوی روی مصرف شده باشد، جذب کادمیوم (Cd) توسط کاهو و موش‌ها به طور معنی داری کاهش می‌یابد.

● نقش تغذیه متعادل در بهبود عملکرد و افزایش تحمل میوه پرتقال به سرمازدگی در

شهرستان نکا- استان مازندران (کاهو یاسینی، ۱۳۹۷) - چکیده: یکی از مهمترین اهداف کشورهای درحال توسعه برای حفظ منابع ملی، استقلال و جلوگیری از خروج ارز از کشور، افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت و کاهش ضایعات آن می‌باشد. یکی از راه‌های نیل به این هدف، رعایت اصول مصرف بهینه کودی به شرط رعایت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید است. ایران با تولید حدود چهار میلیون تن مرکبات در سال مقام هفتم جهان در تولید مرکبات را دارا بوده و استان مازندران با حدود ۶۳ درصد از اراضی بارور مرکبات، بیشترین سطح را دارد. این استان با تولید حدود ۱/۶۰ میلیون تن مقام اول کشور را در تولید مرکبات به خود اختصاص

داده است. عملکرد هکتاری مرکبات در کشور در حال حاضر حدود ۱۸ تن بر هکتار است و این مقدار در مقایسه با عملکرد هکتاری کشورهای پیشرفته بسیار پایین است. یکی از علل اصلی این مسأله، مصرف نامتعادل کود در استان می باشد. با توجه به آمارهای موجود، بیش از ۹۰ درصد کودهای مصرفی در استان مازندران به کودهای نیتروژنی و فسفاتی اختصاص یافته و کمتر اثری از مصرف سایر کودها به ویژه کودهای پتاسیمی، گوگردی و روی مشاهده می شود. با توجه به این که سرمزدگی سالانه باعث خسارات زیادی به میوه های پرتقال می شود، بنظر می رسد استفاده بهینه از کودها به ویژه استفاده از کودهای پتاسیمی و روی، باعث افزایش مقاومت در برابر خطر سرمزدگی و تولید پرتقال با کیفیت و کمیت بهتر شود.

این پژوهش در یک باغ دو هکتاری در شهرستان نکا با دو تیمار کودی و پنج تکرار از سال ۱۳۹۵ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از تیمار اول: شاهد (کوددهی مطابق عرف باغداران) و تیمار دوم: مصرف کودها مطابق نتایج تجزیه خاک و تجزیه برگ. در طول فصل رشد، مراقبت های لازم اعم از مبارزه با علف های هرز و آبیاری قطره ای مطابق عرف باغداران به عمل آمد. پس از برداشت محصول، عملکرد هکتاری، میزان مقاومت در برابر سرمزدگی، کارآیی کود و بهبود وضعیت اقتصادی باغدار محاسبه شد. داده های آزمایش و کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای موجود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تحقیقات در سال اول نشان داد، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصول، تحمل میوه های پرتقال به سرمزدگی بیشتر شد. در حالی که میانگین درصد ماده خشک در نمونه های شاهد (پرتقال های سرمزده) ۲۲/۲۰ درصد بود این رقم در نمونه پرتقال های سالم تا حد ۲۴/۴۰ درصد، یعنی ۲/۲۰ درصد افزایش یافته بود. به عبارت دیگر، هرچه درصد ماده خشک در میوه پرتقال افزایش می یافت، مقاوت میوه های پرتقال نسبت به سرمزدگی بیشتر می شد. با افزایش غلظت عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و کاهش درصد آب در درون سلول های میوه های پرتقال در شمال کشور که از طریق رعایت اصول مصرف بهینه کودی، امکان پذیر شد، مقاومت میوه ها حدود پنج درجه سانتیگراد نسبت به سرما، به طور نسبی افزایش یافته و بدین ترتیب، خسارت وارده کمتر می شد.

● **سولفات پتاسیم محلول:** سولفات پتاسیم محلول (SSOP)، کود دو منظوره بوده و محتوی حدود ۵۰ درصد اکسید پتاسیم (K_2O) و ۵۲ درصد سولفات (SO_4) می باشد. حلالیت آن در آب در دمای معمولی با غلظت محلول هایی که برای کودآبیاری تهیه می شوند (معمولاً بین نیم تا یک درصد)، مناسب می باشد. سولفات و پتاسیم موجود در سولفات پتاسیم محلول به سهولت توسط ریشه گیاهان قابل جذب می باشد. کود سولفات پتاسیم محلول به صورت پودر نرم سفید رنگ بوده و محلول آن اسیدی است. بنابراین، برای کودآبیاری بسیار مناسب می باشد. این کود فاقد کلر بوده (زیادی کلر باعث افت کیفیت بسیاری از محصولات کشاورزی که بدان حساس هستند، می شود. مثلاً کلر منجر به کاهش درصد قند در انگور می شود) و دارای آبشویی و ضریب شوری پایینی می باشد.

سولفات پتاسیم محلول دارای خاصیت اصلاح کنندگی موضعی pH ریزوسفر و در نهایت افزایش کارایی این کود بواسطه افزایش فراهمی همزمان سایر عناصر در خاک می شود. pH پایین این کود منجر افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول فسفاتی و ریزمغذی های رسوب یافته در خاک می شود و افزایش فراهمی این گونه عناصر غذایی در خاک و قابلیت جذب آن ها توسط گیاه را در پی دارد. از سوی دیگر، از گرفتگی احتمالی قطره چکان ها در سیستم آبیاری تحت فشار جلوگیری می کند.

● **کود سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته:** کود سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته غنی از عناصر غذایی پتاسیم، گوگرد و روی به صورت قابل جذب گیاه بوده و محتوی ۵۰ درصد اکسید پتاسیم (K_2O)، ۵۲ درصد سولفات (SO_4) و یک درصد روی (Zn) با بنیان EDTA بوده و حلالیت آن در آب در دمای معمولی با غلظت محلول هایی که برای کودآبیاری (معمولاً بین نیم تا یک درصد) تهیه می شود، مطلوب می باشد. این کود به صورت پودر نرم سفید رنگ بوده و محلول آن اسیدی است. بنابراین، برای کودآبیاری بسیار مناسب می باشد (از کلات روی با بنیان EDTA به دلیل درشتی کمپلکس آن، بهتر است به صورت محلول پاشی استفاده نگردد، بلکه بهترین روش مصرف آن، همراه با آب آبیاری می باشد). کود سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته دارای شاخص آبشویی کم و ضریب شوری پایین بوده و مصرف آن سبب افزایش مقاومت گیاهان به بیماری ها و آفت ها، می شود. این کود دارای خاصیت اصلاح کنندگی موضعی pH ریزوسفر و در نهایت افزایش کارایی این کود بواسطه افزایش فراهمی همزمان سایر عناصر غذایی در خاک می شود. از سوی دیگر، از گرفتگی احتمالی قطره چکان ها در سیستم آبیاری تحت فشار جلوگیری می کند. این کود که توسط شرکت مرواریدارس باران تولید می شود در تمامی گیاهان زراعی، دارویی، باغی و گلخانه ای به صورت کودآبیاری (به میزان ۲۵ کیلوگرم بر هکتار به صورت تقسیط همراه با نوبت آخر سرک اوره) قابل استفاده است. این کود اثربخشی بسیار خوبی داشته و در افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نقش بسیار موثری دارد. مصرف این کود در خاک هایی که پتاسیم آن ها تخلیه شده و زمانی که یا خاک نمی تواند نیاز غذایی گیاه را تأمین نماید و همچنین، برای محصولات پرتوقع نظیر انواع سبزی و صیفی، بسیار مؤثر است.

با مصرف سرک سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته تولید محصولات کشاورزی با کیفیت بهتر امکان پذیر می گردد، بطوری که اندازه میوه ها درشت تر، یکنواخت تر و خوش رنگ تر شده و عملکرد هکتاری نیز افزایش می یابد. کود سولفات پتاسیم حاوی روی کلاته اثر مثبتی بر روی میزان انتقال قندها داشته و به دنبال آن ویتامین و نشاسته میوه ها را نیز افزایش می دهد میوه ها و سبزیجاتی که با این کود تغذیه می شوند، در برابر بیماری و خراش، مقاوم تر هستند. علاوه بر این، این قبیل محصولات، قابلیت بیشتری برای انبارداری و کنسروشدن خواهند داشت. با مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات روی، غلظت آلاینده ها از جمله نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی به مقدار قابل توجهی کاهش یافته و به دلیل خاصیت سینرژیستی پتاسیم (K) با روی (Zn)، مقابله با تنش های

زنده و غیرزنده منجمله شوری امکان پذیر می گردد (McLaughlin و همکاران، ۱۹۹۵؛ ملوکوتی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Malakouti و Bybordi، ۲۰۰۶؛ قاسمی و شهابی، ۱۳۹۲؛ ملوکوتی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زارع، ۱۳۹۷).

۴-۷- چند پرسش کاربردی و پاسخ آن ها

۱-۴-۷- مباحث مربوط به مفاهیم و تعاریف اصطلاحات مهم در تولید پایدار

پرسش ۱- امنیت غذایی را تعریف کنید و بگویید طبق بیانیه جهانی غذا، کلید امنیت غذایی چیست؟
پاسخ ۱- امنیت غذایی (Food Security) به معنی اطمینان از دسترسی فیزیکی و اقتصادی همه مردم به غذای کافی، سالم و مغذی در تمام اوقات به منظور داشتن زندگی سالم و فعال می باشد و کلید امنیت غذایی، حاصلخیزی خاک است.

پرسش ۲- کشاورزی پایدار چیست؟

پاسخ ۲- تعاریف بسیاری برای موضوعاتی که مجموع محتوای کشاورزی پایدار (Sustainable Agriculture) را تشکیل می دهد، ارائه شده است. این تعاریف براساس تمرکز بر موضوعاتی همچون اقتصاد، تولید، جامع نگر، دخالت دادن فرهنگ و زیست بوم، می تواند متفاوت باشد. یک تعریف جامع نگر و در عین حال ساده از کشاورزی پایدار را می توان به صورت زیر بیان نمود: کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در آن سعی می شود سودهی کشت و زرع و حفظ محیط زیست تضمین شود. با گذشت زمان، طرفداران کشاورزی پایدار، شمار زیادی از محققین، کشاورزان، سیاست گذاران و موسسات جهانی، تعریفی از کشاورزی پایدار را ارائه داده اند که در آن عناصر منفرد و متفاوت در یک مفهوم جامع، فراگیر، عامه پسند و عملی اجماع پیدا کرده است. بنابراین تعریف کشاورزی پایدار بر چهار رکن سازگاری با محیط زیست، دوام اقتصادی، عدالت اجتماعی و اخلاق انسانی استوار است.

پرسش ۳- تفاوت خودکفایی بر مبنای توسعه پایدار و غیرپایدار چیست؟

پاسخ ۳- خودکفایی بر مبنای توسعه پایدار بسیار مطلوب بوده و چون همراه با حفظ منابع طبیعی، رعایت جنبه های زیست محیطی، اقتصادی و تولید محصولات سالم و غنی شده می باشد، بایستی مورد حمایت قرار گیرد. ولی خودکفایی غیر پایدار در درازمدت برهم زننده نظام کشت و از بین برنده منابع تولید و منافع ملی می باشد که متأسفانه در حال حاضر گریبانگیر کشاورزی کشور ما نیز هست (در حال حاضر خودکفایی در گندم که به بهای برهم زدن نظام کشت و افزایش قیمت سایر محصولات و واردات برخی دیگر از تولیدات کشاورزی شده است، مورد تأیید نیست). در حال حاضر در کشور به دلیل عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی، تبدیل مراتع به مزارع گندم دیم کم بازده، تخریب میلیون ها تن خاک زراعی، کاهش درصد مواد آلی خاک ها، تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی شور و قلیا، تغییر کاربری اراضی زراعی به غیرزراعی و از دست دادن پوشش گیاهی، نابودی خاک های حاصلخیز و بروز سیل های ویرانگر، خودکفایی گندم مغایر با سیاست های توسعه پایدار می باشد و مورد تأیید نمی باشد.

پرسش ۴- مزیت نسبی چیست؟ محاسن آنرا با ذکر مثالی توضیح دهید؟

پاسخ ۴- مزیت نسبی در راستای سیاست‌های توسعه پایدار مفهوم پیدا می‌کند. اگر در تولید کالایی توجیه اقتصادی داشته باشیم ولی سیاست‌های توسعه پایدار را رعایت نکنیم، این مزیت اقتصادی، مزیت نسبی محسوب نمی‌شود. مزیت نسبی اقتصادی یعنی با تخصیص منابع تولید (مثل آب، زمین و سرمایه) به تولیدی پردازیم که نسبت به تولید محصولات دیگر، سود بیشتری را به ازای مصرف منابع و در راستای توسعه پایدار، عاید تولیدکننده نماید. مثلاً در خراسان تخصیص منابع تولید و آب مصرفی به محصول پنبه نسبت به چغندر قند، سود بیشتری در پی خواهد داشت. پس در خراسان تولید پنبه نسبت به هزینه کردن آب، زمین، نیروی انسانی و سرمایه، بیشتر از چغندر قند سودآور است. بنابراین تولید پنبه دارای مزیت نسبی بیشتری نسبت به تولید چغندر قند در خراسان می‌باشد.

پرسش ۵- مفهوم اقتصاد مقاومتی در مبحث تولید و مصرف کودها را بیان نمایید؟

پاسخ ۵- اقتصاد مقاومتی اقتصادی است که در شرایط بحرانی بتواند تضمین‌کننده رشد و شکوفایی کشور باشد. برای رسیدن به اقتصاد مقاومتی در زمینه‌های حاصلخیزی خاک و مصرف کودها، ضمن رعایت تناوب زراعی و افزایش مواد آلی خاک‌های زراعی، بایستی تولید کود توسط بخش خصوصی گسترش یافته، واردات کودهای حاوی کادمیوم کاهش، در مصرف کودها با فرهنگ‌سازی توصیه بهینه کودی (مصرف کودها فقط بر اساس نتایج تجزیه خاک و تجزیه برگ) صرفه‌جویی و با استفاده حداکثری از منابع و امکانات داخلی به تولید پایدار نایل شد. بطور مثال در مقطع فعلی، بهتر است نوع کودهای فسفاتی مصرفی حتی‌الامکان تغییر نموده و در راستای نیل به تولید پایدار و تولید محصولات کشاورزی سالم، به جای سوپرفسفات‌تریپل وارداتی حاوی کادمیوم بالا، از کودهای سوپرفسفات ساده و یا میکروبی فسفاتی همراه با کودهای زیستی تولید داخل استفاده شود.

پرسش ۶- کشاورزی دقیق چیست؟

پاسخ ۶- کشاورزی دقیق (S) به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود که حاصل آن‌ها اعمال متغیر نهاده‌های کشاورزی و عملیات زراعی متناسب با نرخ تغییرات خصوصیات خاک مزرعه و نیاز گیاه مورد نظر می‌باشد. به عبارت دیگر کشاورزی دقیق عبارت است از مدیریت دقیق گیاه و خاک مطابق با شرایط متغیر یک مزرعه.

پرسش ۷- چهار اصل مهمی که در توسعه پایدار تولید محصولات کشاورزی بایستی آن‌ها را مد نظر قرار داد، نام ببرید؟

پاسخ ۷- چهار اصل مهم در توسعه پایدار تولید محصولات کشاورزی عبارتند از: (الف) اقتصادی بودن تولید و توسعه پایدار، (ب) توسعه در تضاد با مسائل زیست محیطی نباشد، (پ) توسعه خدش‌های به منابع پایه آب و خاک وارد ننموده تا نسل بعدی را با مشکل جدی مواجه ننماید و (ت) توسعه مسائل اجتماعی را به هم نزنند.

پرسش ۸- گرسنگی سلولی چیست؟

پاسخ ۸- گرسنگی سلولی (Cell hunger) یعنی با اینکه بیش از ۸۶ درصد جامعه ما کالری مورد نیاز خود را با مصرف مواد غذایی رایج (نان بی سبوس، شکر و روغن) تامین می نمایند، ولی متأسفانه سلول های بدن مردم، گرسنه می باشد و این گرسنگی عمدتاً ناشی از کمبود عناصر معدنی و مفید برای سلامت جامعه در مواد غذایی می باشد. بطور مثال، با جداسازی سبوس از آرد در فرایند تهیه نان، بیش از ۸۰ درصد مواد معدنی دور ریخته می شود. بدین ترتیب، بدن با کمبود عناصر معدنی مواجه می گردد.

پرسش ۹- تولید پایدار را توضیح دهید؟

پاسخ ۹- تولید پایدار (Sustainable production) عبارت است از حفظ منابع پایه آب، خاک و حفظ محیط زیست، با اعمال مدیریت بهینه به طوری که تولیدات کشاورزی تابع نوسانات نگردد.

پرسش ۱۰- کشت بدون شخم چیست؟

پاسخ ۱۰- کشت بدون شخم (No tillage) نوعی عملیات خاک ورزی است که در آن هیچ گونه ادوات خاک ورزی استفاده نمی شود و خاک از مرحله برداشت محصول اول تا کاشت محصول دوم و از کاشت تا برداشت به شکل دست نخورده باقی می ماند. درحقیقت در این نوع عملیات خاک ورزی، بذر مستقیماً توسط کارنده های ویژه در خاک کاشته می شود و از این رو مصرف انرژی در این حالت به کمترین مقدار ممکن رسیده و انرژی گرمایی تولید شده توسط ادوات کشاورزی نیز به کمترین مقدار ممکن می رسد. انجام عملیات کشت بدون شخم می تواند در کشاورزی پایدار بسیار مطرح باشد. هم اکنون در برزیل حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی زراعی با این روش کشت می شود. با انجام این عملیات و نیز نسوزاندن کاه و کلش و بقایای گیاهی در مزارع، افزون بر بهبود ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، کمک شایانی به جلوگیری از گرم شدن هوا (از طریق کاهش اثرات گلخانه ای) شده است.



پرسش ۱۱- الگوی کشت چیست؟

پاسخ ۱۱- الگوی کشت (Cultivation pattern) عبارتست از تعیین یک نظام کشاورزی با مزیت اقتصادی پایدار مبتنی بر سیاست های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و بهره گیری بهینه از

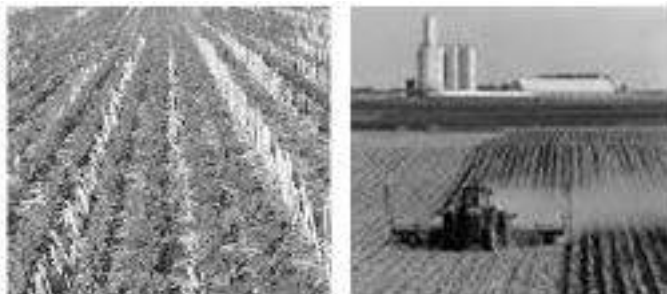
پتانسیل‌های منطقه‌ای با حفظ محیط زیست. با عنایت به عضویت احتمالی ایران در سازمان جهانی تجارت (WTO) و دشواری‌های ناشی از کمبود آب و زمین در تولیدات کشاورزی جنبه اقتصادی نیز باید با دقت در نظر گرفته شود.

پرسش ۱۲- منظور از تهیه برنامه الگوی کشت برای هر استان چیست؟ با ذکر مثالی آن را با توجه به فراوانی و یا کمبود آب در برخی از استان‌ها توضیح دهید؟

پاسخ ۱۲- منظور از تهیه برنامه الگوی کشت برای هر منطقه یا استان، استفاده بهینه از منابع تولید یعنی آب، زمین، سرمایه و نیروی انسانی است که در آن منطقه یا استان، درآمد بیشتر کشاورزان، رفع نیاز کشور و رعایت رقابت‌پذیری در بازارهای جهانی مدنظر قرار گرفته باشد. البته در کشور ما به دلایل سیاسی، در برخی موارد الگوی کشت به هم می‌خورد و کشاورزان نمی‌توانند از مزیت‌های تولیدی خود در بازارهای جهانی بهره‌مند شده و یا از درآمدهای اضافی برخوردار شوند. اصولاً سیاست‌های توسعه پایدار در هر برنامه‌ریزی (از جمله برنامه‌ریزی الگوی کشت) می‌بایست همراه با استفاده بهینه از منابع باشد و ما اگر پیرو سیاست‌های توسعه پایدار در بخش کشاورزی در هر منطقه باشیم، به خودی خود الگوی کشت مناسب برای منطقه پیدا می‌شود. بهترین مثال درباره استفاده بهینه از آب هر منطقه در راستای توسعه پایدار و مزیت‌های اقتصادی، کشت پنبه و چغندر قند در استان‌های آذربایجان و خراسان می‌باشد. در استان خراسان به دلیل فقدان آب، تولید پنبه نسبت به چغندر قند مزیت دارد، ولی در استان آذربایجان غربی به علت وفور آب، تولید چغندر قند به پنبه ارجحیت دارد.

پرسش ۱۳- محاسن تغییر از سامانه خاک‌ورزی به سامانه بی‌خاک‌ورزی را نام ببرید؟

پاسخ ۱۳- آزمایش‌ها نشان داده که با تغییر از سامانه خاک‌ورزی به بی‌خاک‌ورزی در درازمدت، مواد آلی خاک افزایش می‌یابد. هنگامی که خاک‌ورزی را رها و به‌سوی بی‌خاک‌ورزی گرایش می‌یابیم، تغییرات نیتروژن و کربن خاک طی سه سال اول در لایه‌های سطحی خاک ۳۰ تا ۳۸ درصد افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات نشان داده ۱۹ روز بعد از شخم، کل کربن هدر رفته در مزارع شخم خورده، پنج برابر بیشتر از مزارع شخم‌نخورده بوده است.



پرسش ۱۴- کشاورزی آلی (ارگانیک) چیست؟

پاسخ ۱۴- کشاورزی آلی (Organic Agriculture) یک سیستم تولید کشاورزی است که در آن استفاده از کودهای شیمیایی، سموم، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و افزودنی‌های خوراک دام و طیور به حداقل ممکن می‌رسد. در این سیستم تولید، برای حفظ حاصلخیزی و باروری خاک و همچنین کنترل علف‌های هرز و آفت‌ها، از تناوب زراعی، بقایای گیاهی، کودهای حیوانی، کودهای سبز، گیاهان بقول، کودهای بیولوژیک و مبارزه بیولوژیکی با آفت‌ها استفاده می‌شود. امروزه در برخی از کشورهای غربی فروشگاه‌های خاصی را برای عرضه و فروش تولیدات کشاورزی آلی، دایر نموده‌اند و قیمت این نوع تولیدات حداقل دو برابر بیشتر از تولیدات معمولی کشاورزی است؛ مثلاً در کانادا درحالی‌که ۴ لیتر آب سیب معمولی ۴ دلار عرضه می‌گردید، همان مقدار آب سیب آلی به قیمت ۱۰ دلار به فروش می‌رسید.

پرسش ۱۵ - سطح بحرانی (Critical level) یک عنصر غذایی در خاک و غلظت بحرانی (Critical concentration) یک عنصر غذایی در برگ را جداگانه تعریف نمایید؟

پاسخ ۱۵- سطح بحرانی (Critical level): سطح بحرانی یک عنصر غذایی در خاک، شاخصی است که در کمتر از آن مقدار، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید- مثبت و اقتصادی (میزان درآمد کشاورز بیش از دو برابر قیمت خرید کود) است. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک بیشتر از حد بحرانی باشد، پاسخ گیاه نسبت به مصرف کود همان عنصر، کمتر، غیراقتصادی و ناسازگار با مسائل زیست محیطی خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده‌های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند. به عبارت دیگر، مقدار کود مصرفی بایستی در حد بهینه بوده و منجر به خسارت مالی به کشاورز، کاهش جذب سایر عناصر غذایی گیاه، تولید محصولات کشاورزی ناسالم، تخریب منابع پایه خاک-آب و محیط زیست نگردد. سطح بحرانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک‌های زراعی آهکی به ترتیب درصد کربن آلی بیش از ۱/۵۰ درصد، میزان فسفر ۱۲، پتاسیم ۲۵۰، گوگرد ۱۵، منیزیم ۵۰۰، آهن ۱۰/۰۰، منگنز ۷/۰۰، روی ۲/۰۰، مس ۱/۰۰ و بور ۱/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد.

غلظت بحرانی (Critical concentration): غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ، شاخصی است که در کمتر از آن مقدار، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید- مثبت و اقتصادی باشد. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ بیشتر از غلظت بحرانی باشد، پاسخ گیاه نسبت به مصرف کود همان عنصر، کمتر خواهد بود. بدیهی است این تعریف هنگامی صادق است که دیگر نهاده‌های موثر بر عملکرد گیاه در حد بهینه باشند. به عبارت دیگر، مقدار کود مصرفی بایستی در حد بهینه بوده و منجر به خسارت مالی به باغدار، کاهش جذب سایر عناصر غذایی گیاه، تولید محصولات باغی ناسالم، تخریب منابع پایه خاک آب و محیط زیست نگردد. غلظت بحرانی غلظت عناصر غذایی در برگ‌های سیب به ترتیب نیتروژن

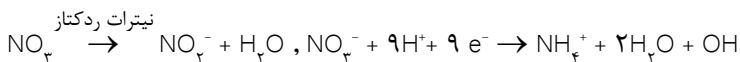
۲/۲۵، فسفر ۰/۱۲، پتاسیم ۱/۹۰، کلسیم ۱/۸۰، گوگرد ۰/۴۰، منیزیم ۰/۳۰ درصد و آهن ۱۰۰، منگنز ۷۰، روی ۵۰، مس ۱۵ و بور ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد (ملکوتی، ۱۳۹۴).

پرسش ۱۶ - شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسید فیتیک به روی PA/Zn) چیست؟
پاسخ ۱۶ - شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسید فیتیک به روی PA/Zn) توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۹۶ مطرح گردید. (سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۹۶ شاخصی را به نام شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (نسبت مولی اسید فیتیک به روی PA/Zn) مطرح نمود). این شاخص بیانگر قابلیت جذب مواد معدنی موجود در هر ماده غذایی در سیستم گوارشی بدن انسان است، به این صورت که اگر نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در ماده غذایی کمتر از ۲۵ باشد، جذب عناصر معدنی آن مطلوب خواهد بود. متأسفانه این نسبت در گندم‌های تولیدی در خاک‌های آهکی ایران به دلیل استمرار در مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای حاوی روی بیش از ۶۰ می‌باشد. در دو دهه اخیر تحقیقات متعددی در مورد نقش روی در افزایش کیفیت گندم و نان از طریق کاهش شاخص PA/Zn در مزارع گندم، انجام گرفته است. نتایج تحقیقات بیش از ۱۰ آزمایش در ایران نشان داد که با مصرف سولفات روی در مزارع گندم آبی، غلظت روی افزایش، مقدار اسید فیتیک کاهش و در نهایت شاخص PA/Zn به کمتر از ۲۵ کاهش یافته و بدین ترتیب عناصر موجود در نانی که از این گندم تهیه می‌شود، برای انسان قابل جذب بوده و در نتیجه در فرآیند تهیه آرد، نیازی به سیوس‌گیری نخواهد بود.

۲-۴-۷- مباحث مربوط به فیزیولوژی گیاهی

پرسش ۱۷ - احیای نیتрат در گیاهان را توضیح دهید؟

پاسخ ۱۷ - برای احیای نیترات می‌بایست دو آنزیم نیترات ردکتاز و نیتريت ردکتاز عمل کرده تا طی واکنش زیر نیترات به نیتريت و سپس نیتريت به آمونیوم تبدیل شده و پس از آن آمونیوم وارد ترکیبات آلی می‌گردد.



برای انتقال الکترون و احیای نیترات به نیتريت از گیرنده الکترون NADPH_2 الکترون گرفته شد.



در احیای نیترات به آمونیوم، سه گروه فعال‌کننده (FAD^+ ، سیتوکروم و مولیبدن) دخالت دارند. عمل احیای عمدتاً در کلروپلاست برگ و یا در پلاستیدهای ریشه انجام می‌گیرد. منبع الکترون برای این عمل فرواکسین است (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

پرسش ۱۸ - تحت چه شرایطی نیترات در گوجه‌فرنگی ذخیره می‌گردد؟

پاسخ ۱۸- در بیشتر گونه‌های گیاهی از جمله گوجه‌فرنگی هم ریشه‌ها و هم ساقه و هم برگ‌ها، توانایی احیای نیترات را دارند. میزان احیا نیترات بستگی به نوع گیاه، میزان نیترات و سن گیاه دارد. وقتی غلظت نیترات پایین باشد، بخش عمده آن در درون ریشه احیا می‌گردد. با افزایش میزان نیترات، ظرفیت احیای نیترات در ریشه‌ها عامل محدودکننده می‌شود و بخشی از نیتروژن کل به صورت نیترات به ساقه‌ها منتقل می‌شود. به همین ترتیب در ساقه‌ها نیز ظرفیت احیای نیترات محدود و مازاد نیترات مخصوصاً تحت شرایطی که کود نیتروژنی زیادی مصرف شده باشد، به برگ‌ها منتقل می‌گردد. با توجه به این که برگ‌ها به عنوان منبع (Source) ایفای نقش می‌کنند در مرحله زایشی رشد رویشی کاهش یافته و تولید کربن که برای احیای نیترات لازم است کاهش می‌یابد. بنابراین ظرفیت احیای نیترات در برگ‌ها به هنگام مرحله زایشی کاهش می‌یابد. به علت پرتحرک بودن نیترات مخصوصاً هنگامی که مصرف کودهای نیتروژنی (به شکل نیترات) بالا باشد (فرا تر از نیاز گیاه)، گیاه توانایی احیای مقدار اضافی نیترات را نداشته و در مرحله زایشی (تشکیل میوه) میوه‌ها به عنوان سینک (Sink) قوی عمل می‌کنند و چون قدرت جذب بالایی دارند مواد مصرفی منجمله نیترات را از منبع (Source) به طرف خود با سرعت می‌کشند و چنانچه تحت این شرایط نیترات احیاء شده وجود داشته باشد، وارد میوه شده و در آنجا تجمع می‌یابد. از طرف دیگر، کربن موجود در میوه بیشتر صرف فرآیند تنفس میوه شده و میوه برای احیای نیترات نمی‌تواند از این کربن استفاده نماید. بطور کلی ظرفیت محدودی برای احیای نیترات در میوه‌ها همانند سایر اندام‌های گیاه وجود دارد (ممکن است در این مرحله هورمون‌ها هم نقش مهم داشته باشند). از طرف دیگر، در برگ‌های کاملاً رشد یافته، میزان فعالیت نیترات رداکتاز بسیار اندک بوده و در نتیجه میزان نیترات در برگ‌ها افزایش می‌یابد (۶۰ درصد نیتروفیکاسیون در سیتوپلاسم - نیترات رداکتاز- در ۲۴ ساعت اول اتفاق می‌افتد و در مقابل، در کلروپلاست‌ها نیتريت رداکتاز فعال می‌باشد). مثال: نیاز انسان به نیترات به ازای هر کیلوگرم وزن ۵ میلی‌گرم در روز می‌باشد. یعنی فرد ۷۰ کیلوگرمی مجاز است تا ۳۵۰ میلی‌گرم در روز نیترات مصرف نماید. اگر فردی یک کیلوگرم گوجه‌فرنگی در روز مصرف نماید و غلظت نیترات در میوه گوجه‌فرنگی ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برحسب وزن تازه باشد، تحت چنین شرایطی روزانه ۲۵۰ میلی‌گرم نیترات تنها از این طریق وارد بدن این فرد می‌گردد (با فرض ۸۰ درصد آب) و این فرد نبایستی نیترات از منابع دیگر مصرف نماید.

پرسش ۱۹- مکانیسم‌های مسئول در استراتژی‌های مختلف جذب آهن (I، II و III) را نوشته و بنویسید pH خاک چه تاثیری در فعالیت این استراتژی‌ها دارد؟

پاسخ ۱۹- استراتژی I: مربوط به گیاهان دولپه‌ای و تک‌لپه‌ای‌های غیرگرامینه است (Marschner، ۱۹۹۵). مکانیسم‌های مسئول: افزایش ترشح H^+ ؛ اسیدی کردن ریزوسفر؛ فعالیت آنزیم احیای‌کننده متصل به غشای پلاسمائی؛ افزایش ترشح ترکیبات کلات‌کننده و احیاکننده. با افزایش pH فعالیت این سه مکانیسم کاهش یافته و کمبود آهن تشدید می‌گردد.

استراتژی II: مربوط به گیاهان تک‌لپه‌ای علفی است (Marschner, ۱۹۹۵).

مکانیسم‌های مسئول: ترشح فیتوسیدروفورها (PS)؛ فعالیت سیستم اختصاصی جذب کمپلکس Fe^{III} -PS بدون احیا آهن. pH خاک تأثیر چندانی در ترشح و جذب کمپلکس Fe^{III} -PS ندارد. **استراتژی III:** مربوط به گیاهان تک‌لپه‌ای و دو‌لپه‌ای است. در این استراتژی از سیدروفورهای میکروبی به عنوان منبع آهن استفاده می‌شود. مکانیسم‌های مسئول: احیای آنزیمی آهن متصل به سیدروفورها در غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه، جذب از طریق ناقل‌های ناشناخته، بدون احیای آنزیمی (pH) در فعالیت آنزیم احیای‌کننده آهن تأثیر سویی داشته و با افزایش pH فراهمی آهن برای گیاه کاهش می‌یابد.

پرسش ۲۰- موسیلاژ و موسیژل در گیاهان چیست و نقش آن‌ها را توضیح دهید؟

پاسخ ۲۰- مقدار و ویژگی‌های ترشحات ریشه ریشه‌های در حال رشد گیاهان مقدار زیادی کربن آلی به ریزوسفر ترشح می‌کنند. سه ترکیب عمده ترشح شده از ریشه‌ها شامل ترکیبات آلی سبک وزن (ترشحات آزاد)، مواد ژلاتینی سنگین وزن (موسیلاژ) و سلول‌ها و بافت‌های متلاشی شده و بقایای آن‌ها می‌باشند. سطح ریشه به‌ویژه در منطقه نوک ریشه آغشته به مواد ژلاتینی با وزن مولکولی بالا (موسیلاژ) می‌باشد. موسیلاژ عمدتاً از پلی ساکاریدها و اسیدهای گالاکتورونیک تشکیل شده است. در گیاهان رشد یافته در خاک، موسیلاژ معمولاً به وسیله موجودات ریز مورد هجوم قرار گرفته و ذرات آلی و غیر آلی در آن جای می‌گیرند. این آمیزه که از ماده ژلاتینی، ریز موجودات و ذرات خاک تشکیل شده است، موسیژل نامیده می‌شود. همچنین ذرات آلی و معدنی خاک به موسیلاژ متصل می‌شوند این مخلوط حاوی موسیلاژ، ریز جانداران و ذرات خاک را موسیژل می‌گویند. نقش‌های موسیژل در گیاهان عبارتند از کاهش اصطکاک میان خاک و ریشه، محافظت ریشه‌ها از خشکیدگی و بهبود تماس خاک و ریشه به‌ویژه در خاک‌های خشک. موسیژل ممکن است برای جذب مواد غذایی کم مصرف از خاک‌های خشک نیز اهمیت داشته باشد. محققین شواهدی ارائه دادند که ریشه رشد یافته در لایه‌ای از خاک با میزان رطوبت خشک تر از نقطه پژمردگی، می‌تواند میزان قابل توجه، روی جذب کند. به این شرط که از راهی دیگر به آب دسترسی داشته باشد (مانند آب موجود در خاک زیرزمینی). در واکنش به پایداری مکانیکی در خاک‌های خشک، موسیلاژ بیشتری آزاد می‌شود و احتمالاً جابه‌جایی روی را از ذرات خاک درون موسیژل به غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه آسان می‌سازد (خوش‌گفتار منش، ۱۳۹۳).

پرسش ۲۱- با اعمال چه روش‌هایی در امر کشاورزی، می‌توان از گرم‌تر شدن کره زمین ممانعت نمود؟

پاسخ ۲۱- با اعمال سامانه کربن‌گیری و کاهش گازهای گلخانه‌ای (استفاده کمتر از سوخت‌های فسیلی و جایگزینی آن‌ها با انرژی‌های نو)، جلوگیری از تخریب جنگل‌ها و مراتع، جلوگیری از شخم‌های بی‌رویه و بی‌مورد، اعمال اصول خاک‌ورزی از جمله زیر خاک نمودن بقایای گیاهی، ممانعت جدی از سوزاندن بقایای گیاهی نظیر کاه و کلش، جلوگیری از تجزیه کربن خاک،

جلوگیری از تصعید N_2O از طریق مدیریت مصرف کودهای نیتروژنه و رعایت اصول مصرف بهینه کودها، می‌توان از گرم‌تر شدن کره زمین جلوگیری نمود (صیادیان و بهشتی، ۱۳۸۶).

پرسش ۲۲- گازهای گلخانه‌ای کدامند؟ افزایش CO_2 برای کدامیک از گیاهان مفید است؟

پاسخ ۲۲- گازهای CO_2 ، CO ، SO_2 ، NO و گازهای حاصل از کارخانه‌ها مثل H_2S و HF اثر گلخانه‌ای دارند. این گازها شبیه شیشه گلخانه عمل می‌کنند. بدین ترتیب که امواج و تشعشعات خورشیدی در طول موجی بین ۲۵۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر به کره زمین می‌رسند. این امواج از اتمسفر کره زمین عبور کرده و به سطح زمین برخورد می‌کند (چون طول موج کوتاه براحتی عبور کرده و با داشتن انرژی بالا مانعی همراه آن‌ها وجود ندارد)، در برخورد با خاک، گیاه و سنگ‌های سطح زمین، این امواج بصورت امواج تشعشعی به اتمسفر زمین برمی‌گردند، اما انعکاس با طول موج بلند (IR) صورت می‌گیرد و طول موج حرارتی (IR) نمی‌تواند از گازهایی که اتمسفر زمین را اشغال کرده و همانند شیشه عمل می‌کنند، عبور نمایند در نتیجه دمای متوسط زمین افزایش می‌یابد. افزایش غلظت CO_2 برای گیاهان C_3 بهتر است. در گیاهان C_3 آنزیم RUBISCO که مسئول تثبیت CO_2 می‌باشد هم کربکسیلاز است و هم اکسیژناز. یعنی بین CO_2 ، O_2 برای دسترسی به محل فعال آنزیم رقابت وجود دارد. هنگامی که غلظت CO_2 کاهش می‌یابد، آنزیم RUBISCO اکسیژناز تولید می‌شود زیرا در رقابت بین O_2 ، CO_2 و O_2 پیروز می‌شود. اما در گیاهان C_4 اولین آنزیم فعال در تثبیت CO_2 آنزیم PEP-Carboxylase است. این آنزیم به غلظت CO_2 حساس نیست و حتی در غلظت حدود ۵ میلی گرم بر کیلوگرم قادر است CO_2 را تثبیت و در مرحله بعد در اختیار آنزیم RUBISCO قرار دهد. لذا افزایش غلظت CO_2 در گیاهان C_3 که مانع از اکسیژناز شدن آنزیم RUBISCO شده و از تنفس نوری جلوگیری می‌کند، به نفع این گیاهان می‌باشد (صیادیان و بهشتی، ۱۳۸۶).

پرسش ۲۳- آیا در درجه حرارت پائین، غشاء سلولی گیاهان صدمه می‌بینند؟ چگونه؟

پاسخ ۲۳- با کاهش درجه حرارت، غشاءهای سلولی که چربی غشاء آن‌ها از نوع اشباع شده است سفت می‌شوند و یک Strain روی غشاء ایجاد می‌کند. در نتیجه پروتئین غشاء خواص طبیعی و کار خود را از دست می‌دهد. در تنش Chilling چربی‌های غشاء از حالت fluid به حالت Semi-crystalline در می‌آیند. در نتیجه Chilling صدمات ذیل به گیاه وارد می‌شود:

ATPase ها کار خود را بخوبی انجام نمی‌دهند (در اثر تغییر خواص غشاء) و در نتیجه هم در فتوسنتز و هم در تنفس اختلال ایجاد می‌شود. همچنین چون پمپ خروج پروتون توسط ATPase عمل نمی‌کند فرآیند acidious اتفاق می‌افتد که فوق‌العاده برای سلول مضر است. انتقال مواد به داخل و خارج سلول به دلیل اینکه پروتئین‌های ناقل غشاء سلول عمل خود را به خوبی انجام نمی‌دهند، کاهش می‌یابد. تولید ATP در گیاه صدمه می‌بیند. زیرا برای تولید، انرژی شیمیایی مصرف نمی‌شود و در نتیجه تولید گونه‌های اکسیژن فعال، سلول صدمه می‌بیند (Marschner، ۱۹۹۵).

پرسش ۲۴- نحوه اثر درجه حرارت بالا بر فرایند تنفس و فتوسنتز چگونه است؟

پاسخ ۲۴- در درجه حرارت بالا برعکس درجه حرارت پایین، سیالیت غشاء زیاد می‌شود. هر چه چربی‌های غشاء، اشباع شده باشد، باعث کمتر سیال بودن غشاء می‌شود. در تنش حرارت، کسش‌های الکترواستاتیک و پیوندهای هیدروژنی کاهش پیدا می‌کنند. در نتیجه افزایش سیالیت غشاء، نشت‌پذیری یا تراوایی غشاء افزایش یافته و ATP در غشاء تولید نمی‌شود. در واکنش به درجه حرارت بالا، پروتئین‌های شوک حرارتی (Heat Shock Proteins) ساخته می‌شوند و به سلول‌ها کمک می‌کنند تا تنش حرارتی را تحمل کنند. پروتئین‌های شوک حرارتی نقش molecular chaperon دارند، یعنی حفظ آنزیم‌هایی که بوسیله گرما صدمه می‌بینند. این پروتئین‌ها در شدت نور زیاد، کم آبی و شوری نیز تولید می‌شوند (Marschner, ۱۹۹۵).

پرسش ۲۵- در گیاهان مقاوم به خشکی چه ویژگی‌هایی وجود دارد؟

پاسخ ۲۵- گیاهان مقاوم به خشکی قادرند دفع آب کمتری داشته باشند (دارای کوتیکول ضخیم هستند) و تولید ABA بیشتری می‌نمایند. این گیاهان زودرس هستند. این گیاهان قادرند نمک‌های Compatible solutes تولید نمایند. بطور کلی گیاهانی که دارای ABA بیشتری هستند، مقاومت بیشتری به خشکی و سرما دارند و در اثر فرایندهای متابولیکی در داخل سلول، pH درون سلول کاهش یافته که ABA بصورت ABAH⁺ در می‌آید و براحتی از غشاء کلروپلاست‌ها عبور نموده و وارد کلروپلاست می‌گردد. ابسیزیک اسید با بستن کانال‌های پتاسیم، مانع ورود پتاسیم شده و از این طریق حرکات روزنه را کنترل می‌نماید. همچنین ABA باعث افزایش تراوایی غشاء سلولی ریشه نسبت به آب شده و باعث افزایش کارایی آب (WUE) می‌گردند (Marschner, ۱۹۹۵).

پرسش ۲۶- به‌طور کلی ترجیح گیاهان برای جذب آمونیوم و نیتрат چگونه است؟ چرا در صورت

مصرف خاکی کود نیترات آمونیوم در درختان میوه، آمونیوم جذب نیترات را کاهش می‌دهد؟

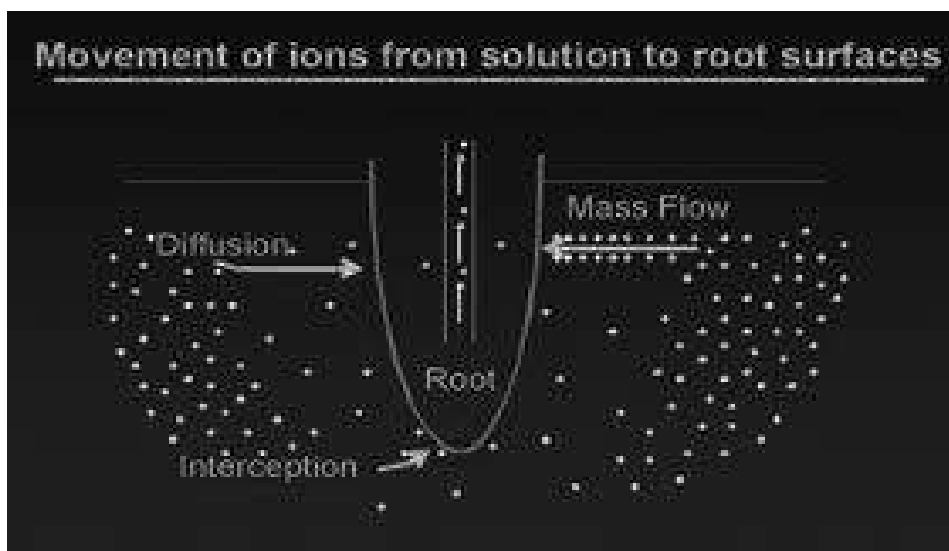
پاسخ ۲۶- گیاهان کلسیم‌گریز یا گیاهانی که به خاک‌های اسیدی سازش یافته‌اند و گیاهانی که به پایین بودن پتانسیل اکسیداسیون و احیا (ریداکس) خاک سازگار شده‌اند (مانند برنج در خاک‌های غرقاب) آمونیوم را ترجیح می‌دهند. برعکس، گیاهان کلسیم دوست و یا گیاهانی که در خاک‌های قلیایی با pH بالا می‌رویند، نیترات را بهتر مصرف می‌کنند. برای هر گونه گیاهی معین، در دماهای پایین، جذب و مصرف آمونیوم بیشتر از نیترات است. در درختانی که به آن‌ها نیترات آمونیوم داده شده است. مقدار نیترات جذب شده کمتر از آمونیوم می‌باشد. در این محیط، pH به خاطر جذب آمونیوم از ۷ به ۶ تقلیل یافته اما کاهش جذب نیترات در اثر وجود آمونیوم به خاطر کاهش pH نمی‌باشد. مقدار جذب آمونیوم و نیترات در pH برابر با ۶ و ۷ اختلافی ندارد، مگر این که آمونیوم و نیترات با هم مصرف شده باشند که در این صورت آمونیوم ممکن است عملاً مانع از ورود نیترات به ریشه شود، زیرا آمونیوم ممکن است از سنتز حامل‌های پروتئینی نیترات و یا ردوکتازهای نیترات جلوگیری کند. البته اثر بازدارندگی آمونیوم روی نیترات ممکن است به مقدار کربوهیدرات بستگی داشته باشد. اگر

کربوهیدرات‌های موجود در ریشه به مصرف متابولیسم آمونیوم برسد و یا موجب خنثی کردن سمیت آن شود در این صورت جذب نیتрат را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

پرسش ۲۷- برای کاهش اثرات سوء خشکسالی، چه باید کرد؟

پاسخ ۲۷- برای کاهش اثرات سوء خشکسالی، بایستی با اعمال مدیریت صحیح زراعی از جمله رعایت اصول تناوب زراعی، انتخاب ارقام مناسب، غنی‌سازی بذر، انتخاب ماشین‌آلات مناسب و اصلاح روش‌های آبیاری و از همه مهم‌تر، رعایت اصول تغذیه بهینه کودی در مزارع و باغ‌ها، بهره‌وری را افزایش و هزینه‌های تولید را کاهش داد تا به یک تولید پایدار نائل آییم.

پرسش ۲۸- با نمایش شماتیک از حرکت توده‌ای (Mass flow)، پخشیدگی (Diffusion) و تماس مستقیم (Interception)، نحوه جذب عناصر غذایی را توسط ریشه گیاهان مشخص نمایید؟



پاسخ ۲۸- در حرکت توده‌ای (Mass) عناصر غذایی در محلول خاک مطابق شکل فوق همراه با شیب پتانسیل آبی به سمت ریشه گیاه حرکت می‌کنند و مقدار آن برابر است با غلظت عنصر غذایی در خاک ضربدر میزان تعرق گیاه (میزان تبخیر و تعرق آب در گیاه در طول سال حدود دو تا چهار میلیون لیتر در هکتار در سال می‌باشد). اگر غلظت عناصر غذایی در محلول خاک برابر کلسیم ۳۰، منیزیم ۲۵، پتاسیم ۴ و فسفر ۰/۰۴ میلی‌مول بر لیتر باشد، بنابراین مقدار متوسط عناصر غذایی را که در طول سال توسط حرکت توده‌ای به داخل گیاه وارد می‌شود به ترتیب کلسیم حدود ۹۰، منیزیم ۷۰، پتاسیم ۱۲ و فسفر ۰/۱۲ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود. بنابراین، جذب کلسیم، منیزیم، سولفات، نیترات، سدیم و ریزمغذی‌ها، عمدتاً توسط حرکت توده‌ای، جذب گیاه می‌شوند. لیکن، در حرکت پخشیدگی (Diffusion)، عناصر غذایی در محلول

خاک مطابق شکل فوق، تحت تأثیر اثر متقابل غلظت عناصر غذایی در محلول خاک بوده و در مسافت‌های کوتاه انجام می‌گیرد. پس جذب فسفر و پتاسیم عمدتاً با این جریان اتفاق می‌افتد بنابراین، بایستی کودهای فسفاتی و پتاسیمی در نزدیک ریشه گیاهان جایگذاری شوند.

۳-۴-۷- مباحث مربوط به سیاست گذاری الگوی کشت

پرسش ۲۹- بهترین گزینه برای کشاورزی در جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی همراه با کاهش سهم کشاورزی در تولید گازهای گلخانه‌ای کدام است؟ اصول کشاورزی حفاظتی را نام ببرید؟

پاسخ ۲۹- بهترین گزینه در این ارتباط می‌تواند کشاورزی بدون خاک‌ورزی باشد. زیرا با این روش اولاً از تجزیه هرچه بیشتر مواد آلی از طریق زیر و رو کردن خاک و عمل هوادهی کاسته شده و از طرف دیگر به دلیل حفظ و بهبود هرچه بیشتر ساختمان خاک (حداقل دخالت در پیکره خاک) و نیز عدم دخالت در جمعیت میکروبی خاک، می‌توان امید بیشتری به افزایش عملکرد هکتاری تولیدات کشاورزی و کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای متصاد شده از بخش کشاورزی داشت. اهم اصول کشاورزی حفاظتی عبارتند از الف) انجام عملیات خاک‌ورزی در حداقل مقدار ممکن، ب) حفظ بقایای گیاهی در اراضی زراعی بعد از برداشت محصول و پ) رعایت تناوب زراعی. هم‌اکنون بالغ بر ۵۵۱ میلیون هکتار از اراضی زراعی جهان از کشاورزی سنتی به کشاورزی حفاظتی تغییر روش داده شده است. این در حالی است که در ایران، این رقم از یکصد هزار هکتار تجاوز ننموده و آن هم بیشتر به انجام عملیات خاک‌ورزی محدود شده است.

پرسش ۳۰- مزایا و خطرات ناشی از پذیرفتن انواع مختلف زیست‌فناوری کشاورزی (آثار زیست‌محیطی، حساسیت/مقاومت به عوامل ایجادکننده تنش‌های محیطی مانند گرما، خشکی، شوری، وابستگی یا عدم وابستگی به نهاده‌ها، خطرات ناشی از تسریع در ایجاد مقاومت، ایمنی مواد غذایی، سلامت انسان و تغذیه، فشارهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی) کدامند؟

پاسخ ۳۰- استفاده از محصولات حاصل از زیست فناوری با توجه به سازگاری آن‌ها با محیط زیست و البته به صورت مدیریت شده، دارای مزایای متعددی است. استفاده از این تکنولوژی در تولید کودهای زیستی که دارای مایه تلقیح می‌باشند، در امر تسهیل آزادسازی عناصر و افزایش شکل قابل جذب آن‌ها مفید بوده که ثمره آن کاهش استفاده از کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی است. با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی قسمتی از آن‌ها با کودهای آلی و زیستی، محصولات غذایی سالم و با درصد کمتری از عناصر سنگین به بازار مصرف عرضه خواهد شد که در تأمین غذای سالم و برقراری سلامتی جامعه بشری مهم می‌باشد و این امر تحقق شعار "سلامتی از مزرعه می‌آید نه از داروخانه" است. از جمله مزایای دیگر استفاده از زیست فناوری، افزایش انحلال برخی از عناصر غذایی رسوب یافته در خاک‌ها، خصوصاً زمین‌های کشاورزی با مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی از جمله کودهای فسفاتی می‌باشد. با استفاده از زیست فن‌آوری (کودهای میکروبی فسفاتی، بیوگورد آلی و ...) می‌توان بدون استفاده مجدد

از کودهای شیمیایی تا چندین سال نیاز گیاهان را نسبت به این عناصر تأمین نمود. لازم به ذکر است استفاده از زیست فناوری بایستی با مدیریت صحیح همراه باشد، زیرا در غیر این صورت با از بین رفتن تعادل بیولوژیک و اختلال در چرخه‌های بیولوژیکی، امکان رقابت و جایگزینی برخی از عوامل به کاررفته در فناوری زیستی با سایر اجزای بیولوژیک محیط فراهم گشته که این امر می‌تواند دارای اثرات منفی باشد. به عنوان مثال، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و ورود آن‌ها به چرخه آب، می‌تواند رشد بی‌رویه جلبک‌ها را باعث شود که این امر منجر به برهم خوردن اکوسیستم می‌گردد. بنابراین، استفاده از محصولات زیست فناوری باید به گونه‌ای باشد تا بر نهادهای تولید همچون آب، مواد غذایی و محیط زیست دارای اثرات رقابتی منفی نباشد.

پرسش ۳۱- چگونه خودکفایی نسبی در محصولی همچون گندم، می‌تواند نظام کشت کشور را برهم بزند؟
پاسخ ۳۱- در حال حاضر خودکفایی نسبی در گندم به بهای افزایش واردات حبوبات، سیب زمینی، انواع میوه و در نهایت سبب افزایش قیمت‌ها، گردیده است. این افزایش قیمت باعث افزایش تورم و آسیب دیدن جامعه شده است. عربستان در چند سال گذشته بالغ بر ۴/۲ میلیون تن گندم تولید می‌کرد ولی در حال حاضر به دلیل از دست دادن منابع فسیلی و کاهش آب‌های زیرزمینی، تولید گندم را به کمتر از یک میلیون تن کاهش داده است. در هندوستان و چین سالانه بالغ بر یک میلیون چاه خشک می‌شوند به طوری که تولید گندم در شمال چین از ۱۳۲ میلیون تن در سال ۱۹۹۷ به کمتر از ۹۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۵ کاهش یافته و این کشور به دلیل از دست دادن منابع آبی خود باید حداقل ۲۰ تا ۲۵ میلیون تن گندم وارد کند (افزایش قیمت جهانی گندم در سال جاری گواه بر این امر است). به عبارت دیگر با خودکفایی باید منطقی و علمی برخورد نمود. مثلاً به دلیل رعایت نکردن تناوب کشت گندم- حبوبات، در غرب کشور و حمایت خاص دولت از گندم‌کاران، ضمن برهم خوردن نظم تناوب کشت، تولید حبوبات به شدت کاهش یافته (در سال ۱۳۸۵ حدود ۵۰ تن حبوبات وارد کشور شده است)؛ به طوری که اثرات سوء اقتصادی این کاهش تولید از نیل به خودکفایی بیشتر بوده است.

پرسش ۳۲- با عنایت به برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی در استان‌هایی نظیر فارس، آیا صادرات گندم را با توجه به مصرف بیش از ۶۰۰۰ مترمکعب آب و اختصاص ۵۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار برای تولید میانگین ۴ تن بر هکتار گندم و با توجه به سایر هزینه‌ها، به صرفه و صلاح کشور می‌دانید یا خیر؟

پاسخ ۳۲- با توجه به اینکه باید تولید گندم در چرخه تناوب قرار گیرد، لذا سطح زیر کشت آن را تناوب صحیح و میزان بارندگی سالیانه مشخص می‌کند. اگر در راستای تناوب صحیح کشت، تولید کشور مازاد بر نیاز داخلی بود، بدون توجه به قیمت تمام شده گندم این مازاد باید صادر شود، ولی اگر تناوب صحیح رعایت نشود و سطح زیر کشت بیشتر از تناوب باشد (که در حال حاضر متأسفانه چنین است) حداقل اقتصادی بودن تولید باید مدنظر قرار گیرد. و در صورتی که

صرفه اقتصادی نداشته باشد، تولید نکرد. ولی اگر صرفه اقتصادی داشت، گرچه اصول فنی رعایت نشده است، شاید برای کوتاه مدت برای زارعین توجیه داشته باشد ولی حتماً در درازمدت نه به نفع زارع و نه به نفع کشور خواهد بود. بنابراین باتوجه به کاهش نزولات آسمانی و افت سطح آب های زیرزمینی، به صرفه و صلاح کشور نمی باشد.

پرسش ۳۳ - آیا کشت شالی در حاشیه رودخانه های قره بیگان فسا، لردگان، زاینده رود و سفیدرود میانه با عنایت به کمبود آب در سطح کشور، به صرفه و صلاح می باشد و یا خیر؟ اگر این کشاورز به مزارع گندم آبی و یا دیم خود با ۲۵۰ میلی متر بارندگی سالانه توصیه کودی بخواهد، شما به عنوان یک متخصص چه فرمول کودی برای تولید عملکرد منطقی گندم پیشنهاد خواهید نمود؟

پاسخ ۳۳ - کشت شالی در حاشیه رودخانه های قره بیگان فسا، لردگان، زاینده رود و سفید رود میانه با عنایت به کمبود آب در کشور به صرفه و صلاح نبوده و بایستی متوقف گردد. لیکن، برای کشت گندم آبی، ابتدا از کشاورز درباره سابقه کشت، نوع و مقدار کودهای مصرفی و نیز عملکرد هکتاری اراضی وی پرسیده و سپس براساس این داده ها تصمیم گرفته می شود. در هر حال، برای برداشت یک عملکرد معقول گندم در مزارع کشت آبی، فرمول کودی زیرتوصیه می گردد: به ازاء هر هکتار، مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد آلی گرانوله همراه با ۱۰۰ کیلوگرم اوره (ترجیحاً ۱۰۰ کیلوگرم اوره با پوشش گوگردی یا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود کامل ماکروی قبل کاشت)، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و ۴۰ کیلوگرم سولفات روی قبل از کاشت مصرف و باقیمانده اوره (۲۰۰ کیلوگرم) به اضافه ۱۰۰ کیلوگرم کلرور پتاسیم در مرحله ساقه رفتن همراه با آب آبیاری و در صورت امکان با ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل ماکروی آبیاری در دو قسط به صورت سرک پیشنهاد می گردد. برای کشت گندم دیم، ابتدا از کشاورز درباره سابقه کشت، نوع و مقدار کودهای مصرفی و نیز عملکرد هکتاری اراضی وی پرسیده و سپس بر اساس این داده ها، تصمیم گیری می شود. در هر حال، برای برداشت یک عملکرد معقول گندم در مزارع دیم، فرمول کودی زیرتوصیه می گردد: به ازاء هر هکتار، ۱۰۰ کیلوگرم اوره (ترجیحاً ۱۰۰ کیلوگرم اوره با پوشش گوگردی یا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود کامل ماکروی قبل از کاشت) با ۲۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی قبل از کاشت مصرف و باقیمانده اوره (۵۰ کیلوگرم) در مرحله ساقه رفتن به صورت سرک پیشنهاد می شود.

پرسش ۳۴ - چرا بهترین گندم کار سابق کشور در قم، مزارع گندم خود را تبدیل به باغ زیتون نموده است؟

پاسخ ۳۴ - برای اینکه ایشان با لحاظ کردن توسعه پایدار در برنامه های خود، اصطلاح تولید بر هر هکتار را کنار گذاشته و در مقابل میزان تولید بازای هر مترمکعب آب مصرفی را جایگزین نموده است. به عبارت دیگر، تولیدات خود را بر مبنای جنبه های اقتصادی و با رعایت اصول صحیح تولید پایدار تطبیق داده است. ایشان در مزارع خود در شرایط نیمه شور و خشک قم با ۵۰۰۰

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۳۱۳

مترمکعب آب مصرفی بر هکتار، ۵ تن بر هکتار گندم تولید می‌نمود، ولی در حال حاضر با نصف همین مقدار آب (۲۵۰۰ مترمکعب بر هکتار)، ۵ تن بر هکتار زیتون تولید می‌نماید. با در نظر گرفتن قیمت هر کیلوگرم گندم ۱۰,۰۰۰ ریال و زیتون ۱۵۰,۰۰۰ ریال، ارزش افزوده آن با این تغییر کشت علاوه بر صرفه جویی ۵۰ درصدی در آب مصرفی، ۶۰ برابر گردیده است.

کیلوگرم دانه گندم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی $1 = (5000) / (5000)$ = کارایی آب در گندم

کیلوگرم زیتون به ازای هر مترمکعب آب مصرفی $4/0 = (2500) / (10000)$ = کارایی آب در زیتون

ارزش افزوده یک مترمکعب آب مصرفی در تولید گندم ریال $10,000 = 1 \times 10,000$

ارزش افزوده یک مترمکعب آب مصرفی در تولید زیتون ریال $600,000 = 4 \times 150,000$

$60 = 600,000 \div 10,000$

یعنی تولید زیتون برای ایشان ۶۰ برابر بیشتر از گندم، درآمد داشته است.

پرسش ۳۵- با عنایت به اینکه سالانه حدود ۴۰ درصد از کل کود مصرفی کشور، در مزارع گندم مصرف می‌شود، رابطه بین مقدار کود مصرفی و بارندگی سالانه با کل گندم تولیدی کشور در یک مقطع زمانی ۱۵ ساله که ارقام آن‌ها در جدول زیر گنجانده شده است را تجزیه تحلیل نمایید؟

آمار سطح زیر کشت، مصرف کود، مقدار تولید و خرید تضمینی گندم از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ *

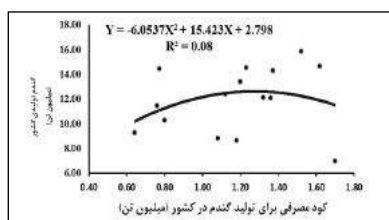
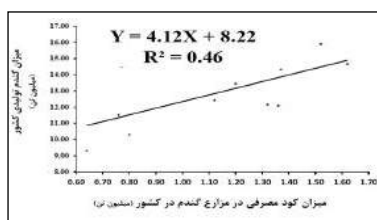
سال زراعی	میزان بارندگی (میلی متر)	سطح زیر کشت گندم (میلیون هکتار)	کل کود مصرفی در کشور (میلیون تن)	کل کود مصرفی برای گندم (میلیون تن)	کل گندم تولیدی در کشور (میلیون تن)	خرید تضمینی گندم (میلیون تن)
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۲۴۳	۶/۲۴	۲/۸۰	۱/۱۲	۱۲/۴۲	۸/۶۴
۱۳۸۱-۱۳۸۲	۲۳۷	۶/۴۱	۳/۰۰	۱/۲۰	۱۳/۴۴	۱۰/۳۰
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۲۴۰	۶/۶۱	۳/۰۸	۱/۲۳	۱۴/۵۷	۱۱/۱۸
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۲۸۰	۶/۹۵	۳/۴۳	۱/۳۷	۱۴/۳۱	۱۰/۹۳
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۲۰۸	۶/۸۸	۴/۰۵	۱/۶۲	۱۴/۶۶	۱۱/۴۱
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۲۸۸	۷/۲۲	۳/۸۲	۱/۵۲	۱۵/۸۹	۱۰/۹۸
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۴	۵/۲۵	۴/۲۵	۱/۷۰	۷/۰۰	۳/۷۶
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۲۰۸	۶/۶۵	۳/۴۲	۱/۳۶	۱۲/۰۹	۹/۳۳
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۲۳۴	۷/۰۳	۳/۳۲	۱/۳۲	۱۲/۱۴	۱۰/۱۸
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۱۹۰	۶/۳۷	۲/۹۶	۱/۱۸	۸/۶۸	۵/۳۷
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۲۰۸	۶/۵۴	۲/۷۰	۱/۰۸	۸/۸۲	۲/۰۴

۳۱۴ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

سال زراعی	میزان بارندگی	سطح زیر کشت گندم	کل کود مصرفی در کشور	کل کود مصرفی برای گندم	کل گندم تولیدی در کشور	خرید تضمینی گندم
	(میلی متر)	(میلیون هکتار)	(میلیون تن)			
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۲۳۱	۶/۴۶	۱/۶۰	۰/۶۴	۹/۳۰	۴/۸۲
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۲۰۹	۶/۴۶	۲/۰۰	۰/۸۰	۱۰/۳۰	۶/۷۲
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۲۰۱	۶/۲۱	۱/۸۸۷	۰/۷۶	۱۱/۵۰	۸/۱۰
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۲۳۴	۶/۲۱	۱/۸۲۷	۰/۷۷	۱۴/۵۰	۱۱/۵۰

* بدینوسیله از جناب آقای مهندس اسماعیل اسفندیاری پور مشاور محترم وزیر و مجری طرح گندم که اطلاعات فوق را در اختیار اینجانب قرار داده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

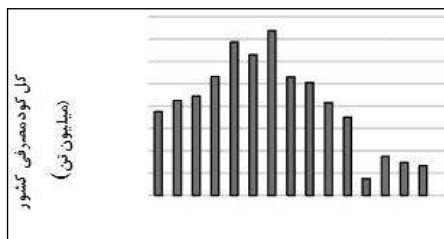
پاسخ ۳۵- نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که بین مقدار کود مصرف شده و تولید گندم، رابطه‌ای خطی و معنی‌دار وجود ندارد. همانگونه که ملاحظه می‌شود، ضریب تبیین یا ضریب تشخیص (R^2) بین مقدار کود مصرفی و میزان تولید گندم در کشور، بسیار پایین ($R^2=0.08$) می‌باشد (شکل یک). لیکن، چنانچه مقدار کود مصرف شده و تولید گندم سالهای خشکسالی (سال‌های ۸۶، ۹۰ و ۹۱) حذف و سپس رابطه بین مقدار کود مصرفی و میزان تولید گندم برای ۱۲ سال باقیمانده محاسبه شود، در این شرایط، ضریب تبیین به ۴۶ درصد افزایش می‌یابد (شکل دو). ضریب تبیین بسیار پایین، گویای آن است که: الف) مقدار گندم تولیدی در کشور عمدتاً به سایر عوامل موثر بر تولید به‌ویژه مقدار بارندگی و پراکنش آن (اولین محدودکننده تولید محصولات کشاورزی از جمله گندم، آب می‌باشد) طی فصل رشد ($R^2=0/60$) بستگی دارد (شکل سه). ب) از طرف دیگر، بنا به گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)، حداقل ۳۳ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چهار دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. این مقدار افزایش طی ۱۵ سال گذشته به دلیل عدم تغییر اساسی در مصرف نوع و مقدار کودهای موثر در تولید، تقریباً ثابت و حتی به دلیل کاهش درصد مواد آلی خاک‌های زراعی زیرکشت و مقدار کودهای مصرفی (شکل چهار)، کاهش نیز داشته است.



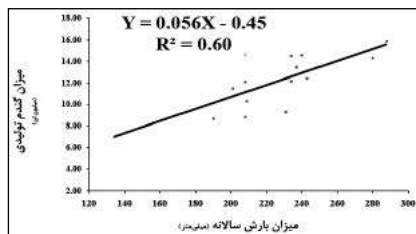
شکل ۲- رابطه بین مقدار کود مصرفی و گندم تولیدی کشور برای ۱۲ سال از ۱۵ سال (۹۵-۱۳۸۱)*

شکل ۱- رابطه بین مقدار کود مصرفی و کل گندم تولیدی کشور در ۱۵ سال (۹۵-۱۳۸۰)

* در شکل دو، مقادیر کود مصرفی و گندم تولیدی در سال‌های ۸۶، ۹۰ و ۹۱ به دلیل خشکسالی حذف شده‌اند.



شکل ۴- تغییرات میزان کود مصرفی طی ۱۵ سال گذشته (۹۵-۱۳۸۰) در کشور



شکل ۳- رابطه بین میزان بارندگی و کل گندم تولیدی طی ۱۵ سال گذشته (۹۵-۱۳۸۰) در کشور

پ) اگر بخواهیم نقش مصرف کودها در افزایش عملکرد هکتاری گندم را افزایش دهیم، باید با توجه به اصول کشاورزی پایدار، مقدار عناصر غذایی برداشتی توسط هر محصول از جمله گندم را به خاک‌های زراعی برگردانیم. به عبارت ساده‌تر، مصرف بهینه کودی را از طریق انجام تجزیه خاک و افزایش درصد مواد آلی در مزارع گندم، همگانی کنیم تا نقش مصرف بهینه کودها را در افزایش عملکرد هکتاری گندم و بهبود کیفی آن، بهتر مشاهده کنیم.

پرسش ۳۶- مقدار خرید گندم از گندمکاران کشور در پنج سال اخیر چقدر بوده است؟ رابطه این مقادیر با کل کود مصرفی چگونه بوده است؟

پاسخ ۳۶- در حالی که مقدار خرید گندم از گندمکاران کشور در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۵/۴ میلیون تن بوده، این مقدار در سال ۱۳۹۱، فقط ۲/۲؛ در سال ۱۳۹۲، ۴/۸؛ در سال ۱۳۹۳، ۶/۷ میلیون تن؛ در سال ۱۳۹۴، هشت میلیون تن و در سال ۱۳۹۵ این رقم حدود ۱۱ میلیون تن شد.

۴-۴-۷- مباحث مربوط به مواد آلی و کودهای زیستی

پرسش ۳۷- وضعیت عمومی مواد آلی در خاک‌های زراعی کشور را تشریح نمایید؟

پاسخ ۳۷- در پیش‌گفتار کتاب‌های مصرف کود در اراضی زراعی فاریاب و دیم-ملکوتی و نفیسی (۱۳۷۳) و کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران-ملکوتی (۱۳۷۵) چنین آمده است که در ۴۶ سال قبل (۱۳۴۸)، از خاک‌های مزارع پنبه‌گران تا عمق ۲۵ سانتی‌متری، بدون نیاز به بیل نمونه‌برداری می‌شد، در حالی که متأسفانه بر اثر مدیریت نادرست، مصرف بیش از نیاز کودهای شیمیایی و عدم مصرف کودهای آلی، این خاک‌ها به قدری سفت شده‌اند که در سال ۱۳۷۰ حتی با بیل نیز تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به دشواری نمونه‌برداری انجام گرفت. همین‌طور در سال ۱۳۷۴ (۱۳۷۴/۴/۱۰)، طی نامه شماره ۴۵۶۵/۲۵۰، درخواست شد که درصد مواد آلی خاک‌های تحت کشت از راه‌های مختلف از جمله رعایت تناوب زراعی، کشت بقولات، کود سبز، آیش، مصرف کودهای حیوانی و جلوگیری از سوزاندن بقایای گیاهی، افزایش یابد. لیکن به رغم این همه مکاتبات، طبق آخرین گزارش علمی موجود (طهرانی، ۱۳۹۴)، درصد کربن آلی در بیش از ۳۸ درصد خاک‌های زراعی کشور به کمتر از نیم درصد کاهش یافته است و این درصد کاهش در برخی از استان‌ها مانند استان خراسان رضوی از ۸۰ درصد نیز فراتر رفته است.

پرسش ۳۸- طبق استاندارد مؤسسه تحقیقات خاک و آب، مواد آلی باید چه ویژگی‌هایی داشته باشند؟

پاسخ ۳۸- برپایه ضوابط ابلاغی وزارت جهاد کشاورزی، مسئولیت ثبت و کنترل کیفی همه کودهای شیمیایی، زیستی و آلی اعم از کودهای داخلی و وارداتی (جامد و یا مایع) با مؤسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد. کار ثبت و کنترل کیفی کودها عملاً از ۹۳/۱۱/۲۱ آغاز شده و از تاریخ ۹۴/۸/۲۱ به بعد، پیش از آن که کودی در کشور عرضه شود، باید کیفیت آن توسط مؤسسه بررسی و در صورت تأیید، شماره ثبت اعلامی بر روی برچسب کود درج شود. بر اساس شیوه‌نامه ابلاغی از سوی مؤسسه، مواد آلی که با هدف اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به کار می‌روند تحت عنوان مواد آلی بهساز خاک ثبت و معرفی می‌شوند. مواد آلی بهساز خاک باید حداقل ۲۵ درصد ماده آلی داشته باشند و از نظر نسبت کربن به نیتروژن، درجه شوری و رطوبت از شرایط مطلوبی برخوردار بوده و از نظر محتوای عناصر آلاینده نیز کمتر از حد مجاز ارائه شده باشند. این مواد آلی هنگامی کود خوانده می‌شوند که افزون بر شرایط فوق، الف) دارای بیش از پنج درصد عناصر غذایی پر مصرف (به صورت مجموع یا منفرد) N, P, O_5 و K_2O باشند؛ ب) حاوی حداقل یک درصد نیتروژن آلی باشند؛ پ) کیفیت کودهای تولید شده به گونه‌ای مطلوب باشد که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب بتوانند شماره ثبت (تأیید کیفیت) دریافت و بر روی کیسه‌ها و یا ظروف کودی آن شماره ثبت را درج نمایند و ت) رطوبت آن‌ها کمتر از ۱۵ درصد باشد. لازم به ذکر است کلیه این تعاریف، حدود مجاز و شرایط انواع مواد کودی در شیوه‌نامه ثبت مواد کودی که در پایگاه الکترونیکی مؤسسه (www.kswri.ir) درج گردیده، گنجانده شده است.

پرسش ۳۹- برای حفظ سلامت خاک رعایت چه مواردی از جنبه‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌ها الزامی است؟ نام ببرید.

پاسخ ۳۹- اضافه نمودن مواد آلی، جلوگیری از شخم زیاد، مدیریت مصرف کودها و سموم، افزایش پوشش زمین، افزایش تنوع گیاهی و استفاده از خاک متناسب با استعداد آن.

پرسش ۴۰- ارزیابی سلامت خاک را چگونه انجام می‌دهید؟ نحوه مدیریت مطلوب کیفیت خاک را نام ببرید؟

پاسخ ۴۰- شاخص سلامت خاک با درک اینکه سلامت انسان با سلامت و کیفیت خاک در ارتباط است، مهم‌تر جلوه می‌نماید. لذا حفظ کیفیت و سلامت خاک باید هدف اصلی یک جامعه باشد (برای تولید پایدار بایستی سلامت خاک حفظ شود). عواملی که کیفیت و سلامت خاک را ارتقاء می‌دهند عبارت‌اند از اضافه نمودن مواد آلی؛ رعایت تناوب زراعی؛ کشت بدون شخم؛ کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی؛ مدیریت بهینه کودها، سموم و افزایش پوشش گیاهی.

پرسش ۴۱- مدیریت پایدار خاک چه مزایایی برای تولید محصولات کشاورزی در بر دارد؟

پاسخ ۴۱- از مهم‌ترین مزایای مدیریت پایدار خاک می‌توان به استفاده بهینه از منابع زیست محیطی اشاره نمود. با مصرف بهینه و صحیح این ذخایر، می‌توان در جهت حفظ ذخایر طبیعی و کاهش تخریب محیط زیست و در نتیجه حفظ اکوسیستم و پایداری بوم نظام‌های زیست محیطی

قدم‌های بزرگی برداشت. همچنین با کشاورزی پایدار، از طریق استفاده بهینه و در حد نیاز و یا حتی عدم استفاده از سموم (در صورت رعایت اصول مصرف بهینه کودی، محصولات کشاورزی تولیدی سالم‌تر و نیاز گیاهان به سموم کشاورزی کاهش می‌یابد) و آلاینده‌های زیست محیطی، می‌توان به حفظ محیط زیست و بقای بوم نظام‌های موجود در آن کمک نمود.

پرسش ۴۲- هشت مورد از آثار سوء سوزاندن بقایای گیاهی در مزارع را نام ببرید؟

پاسخ ۴۲- کاهش شدید جمعیت ریزجانداران، کاهش کیفیت خاک، کاهش نفوذپذیری آب در خاک، افزایش فرسایش پذیری خاک؛ هدررفت کربن (۷۰ درصد مواد آلی)، هدر رفت مواد غذایی؛ تخریب محیط زیست، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و کاهش تخلخل.

پرسش ۴۳- مشخصات شیمیایی خاک که از لایروبی کف بستر رودخانه‌ای پشت سدی در مراغه تهیه شده در زیر ارائه شده است. آیا از این خاک بستر می‌توان در باغ‌های میوه در چالکود به‌عنوان خاک غنی (مکمل) استفاده کرد یا خیر؟

عمق بستر	اسیدیته گل اشباع	درجه شوری	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	منگنز قابل جذب	روی قابل جذب	مس قابل جذب
(سانتیمتر)	(pH)	(ds m^{-1})	(درصد)	(میلی گرم بر کیلوگرم)						
۰-۳۰	۷/۷	۱/۱	۰/۳۷	۰/۰۴	۲۲	۲۰۰	۲۹	۵	۳	۲

پاسخ ۴۳- مشخصات شیمیایی این خاک تقریباً مشابه یک خاک زراعی بدون مسئله می‌باشد. اگر رایگان باشد و هزینه حمل آن ناچیز باشد و کود حیوانی نیز در دسترس باشد، استفاده از آن به صرفه و صلاح خواهد بود. در غیر این صورت اگر هزینه‌ای داشته باشد به صرفه و صلاح نمی‌باشد.

پرسش ۴۴- چرا با مصرف کودهای نیتروژنی، خاک‌های زراعی در ایران سفت می‌شوند؟

پاسخ ۴۴- زیادی نیتروژن موجب افزایش فعالیت‌های ریزجانداران خاکری شده و این امر سبب مصرف بیشتر کربن آلی بومی خاک‌های زیرکشت می‌گردد. زیرا ریزجانداران برای ادامه حیات خود به C/N حدود ۱۰ نیاز دارند. هنگامی که نیتروژن خاک افزایش یابد، فعالیت این ریزجانداران افزایش یافته و در نتیجه از میزان کربن آلی خاک‌های زراعی کاسته می‌شود و به اصطلاح کشاورزان، بر اثر استمرار در مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی (مصرف بیشتر کربن آلی بومی خاک‌های زیرکشت)، خاک‌های زراعی سفت می‌شود.

پرسش ۴۵- خصوصیات فیزیکوشیمیایی کود دامی پوسیده و ورمی کمپوست حاصل از کود دامی در جدول ذیل درج شده است. خصوصیات این دو کود را باهم مقایسه، نتایج آن‌ها را تجزیه و تحلیل و مزایای استفاده از ورمی کمپوست را بر کود دامی نام ببرید؟

خصوصیات کود	کود دامی پوسیده	ورمی کمپوست
اسیدیته (در pH یک به پنج)	۷/۸	۷/۵
درجه شوری ($ds\ m^{-1}$)	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰
کربن آلی	۱۶	۲۱
نیتروژن	۰/۵۳	۱/۶۶
نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	۳۰	۱۳
فسفر	۰/۴۱	۰/۵۶
پتاسیم	۰/۹۲	۱/۱۲
کلسیم	۰/۳۴	۰/۴۶
آهن	۷۴۷۰	۹۷۴۰
منگنز	۴۲۰	۴۵۰
روی	۹۵	۱۲۶
مس	۳۰	۳۱
کادمیوم (Cd)	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰

پاسخ ۴۵- ورمی کمپوست از دو لغت (Wormy) به معنی کرم و (Compost) به معنی کود تشکیل شده است. ورمی کمپوست عبارتست از کود آلی بیولوژیک (زیستی) که در اثر عبور مداوم و آرام مواد از دستگاه گوارش گونه‌هایی از کرم‌های خاکی و دفع این مواد از بدن کرم حاصل می‌شود. این مواد هنگام عبور از بدن کرم، به مخاط دستگاه گوارش، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها آغشته می‌شود. فرآورده‌ای که ورمی کمپوست خوانده می‌شود از لحاظ کیفی، ماده آلی با اسیدیته‌ای تنظیم شده، سرشار از مواد آلی قابل جذب و عناصر غذایی به شکل قابل جذب برای گیاه، دارای انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌های مختلف است. از لحاظ ظاهری، به صورت دانه‌ای شکل بارنگ تیره، بدون بوی نامطبوع و دارای قابلیت عرضه تجاری است که در نهایت به عنوان یک کود آلی غنی شده و بسیار مفید برای بهبود ساختمان و عناصر غذایی خاک، مورد مصرف واقع می‌گردد. کود ورمی کمپوست یک کود کاملاً طبیعی و ارگانیک به شمار می‌رود. یکی از بهترین ورمی کمپوست‌ها، ورمی کمپوست حاصل از کود دامی است. زیرا دارای نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و درجه شوری پایین و مواد آلی بیشتر می‌باشد. از این توده حجیم، یک کود آلی با کیفیت بالا بدست می‌آید که برای استفاده در زمین‌های زراعی، باغ‌ها و گلخانه‌ها بسیار مفید خواهد بود. به عبارت دیگر، با استفاده از کرم‌های خاکی از کودهای دامی، کود آلی ورمی کمپوست تولید می‌گردد که عاری از هرگونه بذر علف‌هرز و انگل‌های گیاهی بوده و همچنین

از نظر ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی و زیستی با کود حیوانی بسیار متفاوت می‌باشد. در جدول فوق، خصوصیات فیزیک و شیمیایی کود دامی و ورمی کمپوست حاصل از کود دامی مقایسه شده است. مصرف مستقیم و پخش سطحی کودهای دامی دارای معایبی از نظر آلودگی به تخم علف‌های هرز، حشرات و عوامل بیماری‌زای گیاهی است که پس از مصرف در انواع کشت‌ها، کشاورزان را با مشکلات بسیار مواجه می‌نماید. ورمی کمپوست علاوه بر آنکه از این نقطه نظر بسیار سالم است، دارای ویژگی‌هایی از قبیل افزایش ظرفیت نگهداری آب، عاری از عناصر سنگین آلاینده، دوستدار محیط زیست، غنی‌تر بودن نسبت به کود دامی، امکان تولید محصولات زراعی ارگانیک با استفاده از این کودها، اصلاح‌کننده خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک با وزن مخصوص پایین و فاقد ریزجانداران پاتوژن، باکتری‌های غیرهوازی، قارچ‌ها و علف‌های هرز می‌باشد.

پرسش ۴۶- کمپوست چیست و اثرات آن در کشاورزی پایدار چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۴۶- کمپوست مخلوطی از مواد مختلف گیاهی و حیوانی مانند باقیمانده سبزیجات، مواد زائد گیاهی، علف‌های هرز، باقیمانده گیاهی باغات (شاخه و برگ‌های هرس شده) پوست میوه‌ها و سبزیجات، گل‌های خشک شده، کودهای حیوانی و غیره است که تحت شرایطی، پوسیده شده و به شکل کود سیاه و قهوه‌ای (هوموس) درآمده باشند. کمپوست باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده و توازن مناسب بین هوا، آب، خاک و عناصر غذایی مختلف در خاک را بوجود می‌آورد. عمل‌آوری کمپوست یک امر کامل طبیعی و ساده است. با جمع‌آوری مواد زائد گیاهی یا حیوانی در یک توده و رعایت اصول صحیح مدیریتی (از نظر رطوبت، درجه حرارت و زمان) و با کمک موجودات ذره‌بینی در خاک، مواد آلی تبدیل به مواد کمپوستی می‌شود که سرشار از عناصر غذایی بوده و برای صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و تغذیه گیاهان بسیار اهمیت دارند (شیبانی، ۱۳۹۴).

پرسش ۴۷- چه مواردی را می‌توان برای حفظ و بهبود کیفیت خاک انجام داد؟

پاسخ ۴۷- کارهایی که را می‌توان برای حفظ و بهبود کیفیت خاک انجام داد عبارتند از: آنچه را که از خاک برداشت می‌کنیم به آن برگردانیم (رعایت اصول مصرف بهینه کودی)؛ جلوگیری از انهدام شرایط فیزیکی خاک؛ بهبود وضعیت مواد آلی خاک؛ جلوگیری از افزایش عناصر سمی و اسیدی شدن خاک؛ جلوگیری از فرسایش خاک؛ تثبیت سطح ایستایی آب زیرزمینی؛ جلوگیری از تراکم علف‌های هرز، آفات و بیماری در خاک و گیاه؛ به حداقل رساندن آلودگی محیط زیست در خارج از مزرعه؛ تأمین محیط زیست مناسب برای ریز جانداران خاک؛ سیانت از منابع ژنتیکی خاک و گیاه و سیانت از آن‌ها.

پرسش ۴۸- برای برداشت ۵ تن گندم و ۷/۵ تن کاه و کلش در زمین زراعی که درصد کربن آلی خاک یک درصد بود (مقدار نیتروژن قابل تأمین خاک ۵۵ کیلوگرم بر هکتار فرض شده است)، کود اوره مورد نیاز را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمایید. با اعمال چه روش‌های می‌توان کارایی (EF) اوره را افزایش داد؟ درصد نیتروژن در دانه گندم، کاه و کلش به ترتیب ۲/۰ و ۲۰/۰ درصد و درصد باز یافت کود ۳۰ درصد است؟

پاسخ ۴۸-

$$NF = [(Ny - Ns) / EF] \times 100$$

$Ny = (5000 \times 2) / 100 + (7500 \times 0.2) / 100 = 100 + 15 = 115$ (کیلوگرم بر هکتار)

$Ns = 55$ میزان نیتروژن تأمینی توسط خاک (کیلوگرم کود بر هکتار)

$NF = (115 - 55) \times 100 / 30 = 200$ میزان نیتروژن مورد نیاز (کیلوگرم کود بر هکتار)

میزان اوره مورد نیاز (کیلوگرم کود بر هکتار) $(200 \times 100) / 46 = 434$

برای افزایش کارایی کودهای نیتروژنی، لازم است مصرف آنها مطابق با نیاز گیاه و به صورت تقسیط (به دفعات) انجام شود.

پرسش ۴۹- به منظور افزایش درصد مواد آلی خاک‌های زراعی در مزرعه فدک قم، ۱۰ تن بر هکتار بقایای ساقه و برگ ذرت زیر خاک گردید. درصد کربن آلی و نیتروژن موجود در ساقه و برگ ذرت به ترتیب ۴۰ و ۰/۸۰ درصد بود و در طول سه ماه با کمک ریزجانداران (Bioactivities) تمام بقایای گیاهی تجزیه گردید. اگر ۵۰ درصد کربن موجود در بقایای ساقه و برگ ذرت به مصرف ریزجانداران رسیده باشد و این موجودات زنده به هنگام تجزیه، مقدار نیتروژنی که مصرف می‌نمایند برابر یک دهم مقدار کربن باشد، میزان کود اوره مورد نیاز برای جلوگیری از کاهش نیتروژن خاک (فاکتور نیتروژن) را محاسبه نمایید؟

پاسخ ۴۹- میزان کربن موجود در بقایای ساقه و برگ ذرت (کیلوگرم بر هکتار) $(10000 \times 40) / 100 = 4000$

میزان نیتروژن موجود در بقایای ساقه و برگ ذرت (کیلوگرم بر هکتار) $(10000 \times 0.8) / 100 = 80$

میزان کربن مورد استفاده در توسط ریزجانداران (کیلوگرم بر هکتار) $(4000 \times 50) / 100 = 2000$

میزان نیتروژن مورد نیاز برای ریزجانداران (کیلوگرم بر هکتار) $(2000 \times 1) / 10 = 200$

فاکتور نیتروژن (کمبود نیتروژن) (کیلوگرم بر هکتار) $200 - 80 = 120$

اوره مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار) $(120 \times 100) / 46 = 260$

بنابراین، افزایش ۲۶۰ کیلوگرم بر هکتار اوره هم‌زمان با برگرداندن ۱۰ تن بر هکتار ساقه و برگ ذرت در خاک، از تثبیت نیتروژن و در نتیجه از رقابت بین گیاهان و ریزجانداران جلوگیری خواهد نمود. در محاسبه فوق چنین فرض شده که ۵۰ درصد کربن باقیمانده در ساقه و برگ ذرت در اثر تنفس ریزجانداران و در حین تجزیه مواد، تبدیل به گاز کربنیک شده است.

پرسش ۵۰- اگر کربن آلی خاک ۰/۷۰ درصد باشد، میزان مواد آلی این خاک چقدر است؟ آیا این مقدار مواد آلی برای داشتن یک خاک با کیفیت مطلوب، کافی است یا خیر؟ توضیح دهید؟

پاسخ ۵۰- با عنایت به این که به‌طور متوسط ۵۷ درصد مواد آلی خاک زراعی را کربن تشکیل می‌دهد، بنابراین برای تبدیل کربن به مواد آلی، مقدار کربن آلی در عدد $1/75$ ($100/57 = 1/75$) ضرب می‌گردد. چون مقدار درصد مواد آلی این خاک کمتر از دو درصد ($1/22$ درصد) می‌باشد، بنابراین

می‌توان چنین استنباط نمود که این خاک از نظر مواد آلی بسیار فقیر می‌باشد.

پرسش ۵۱- خصوصیات فیزیک و شیمیایی و میزان اسیدهای آلی خاک زراعی رامسر (اقلیم مرطوب) را با یک خاک زراعی آهکی نظیر خاک دماوند (اقلیم نیمه خشک) مطابق مندرجات جدول زیر مقایسه و آن‌ها را تجزیه و تحلیل نمایید.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و غلظت اسیدهای آلی خاک‌های مورد مطالعه

خاک	pH	EC (ds m ⁻¹)	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	بافت خاک	فسفر کل	فسفر قابل استفاد	پتاسیم قابل استفاد	کلسیم قابل استفاد	منیزیم قابل استفاد	گوگرد قابل استفاد
			درصد								
دماوند	۷/۹۰	۰/۶۵	۱۵	۰/۶۵	رسی	۸۳۰	۱۶	۲۱۴	۹۴۴	۳۶۲	۲۲
رامسر	۷/۵۰	۲/۶۶	۲۲	۰/۹۹	لوم‌شنی	۴۵۰	۱۹	۲۵۶	۳۶۰۶	۳۱۲	۱۸
خاک	آهن قابل استفاد	منگنز قابل استفاد	روی کل	روی قابل استفاد	مس قابل استفاد	بور قابل استفاد	کل اسیدهای آلی	اسید مالیک	اسید اگزالیک	اسید سیتریک	سلر لسیدهای آلی
	میلی گرم بر کیلوگرم						میکرومول بر کیلوگرم (μmol kg ⁻¹)				
دماوند	۸/۲۶	۶/۲	۹۸	۰/۷۰	۱/۶۶	۰/۸۰	۲۰*	۱۰*	۴	۳	۱۲
رامسر	۴۴/۷۰	۲۵/۵	۶۹	۳/۶۴	۲/۲۴	۱/۱۴	۱۰۰*	۲۷*	۲۰	۳	۵۰

* میانگینی از غلظت کل اسیدهای آلی در خاک بر اساس مطالعات Jones, ۱۹۹۸ و Van Hees et al., ۲۰۰۲ و Fischer et al., ۲۰۱۰
 ** غلظت اسید مالیک در خاک زیر کشت و در یک خاک جنگلی بر اساس مطالعات Jones, ۱۹۹۸

پاسخ ۵۱- مواد مادری مشابه به‌رغم تفاوت در شرایط اقلیمی در هر دو منطقه، سبب ایجاد خاک‌های آهکی با خصوصیات مختلف شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر دو خاک آهکی بوده و pH آن‌ها نیز در محدوده ۷/۵ تا ۸/۰ می‌باشد. اسیدیته (pH) خاک دماوند بیش از خاک رامسر بوده، اما کربنات کلسیم معادل (آهک) در خاک دماوند کمتر از خاک رامسر است. در منطقه خشک دماوند به علت بارندگی کم، در حالی که در منطقه مرطوب رامسر به علت زهکشی ضعیف و همچنین آهکی بودن مواد مادری، کربنات کلسیم در خاک تجمع یافته است. همچنین، به علت بالا بودن درصد کربنات کلسیم در هر دو خاک، غلظت کلسیم تبدالی نیز بالا می‌باشد. سبک بودن خاک همراه با بارندگی زیاد در منطقه مرطوب رامسر موجب کاهش پتاسیم قابل استفاده، نسبت به خاک منطقه دماوند شده است. با توجه به نتایج، هدایت الکتریکی خاک رامسر نسبت به خاک دماوند بیشتر بوده که به نظر می‌رسد ناشی از افزایش حلالیت کلسیم در خاک (بیش از ۳/۵ برابر) و بیشتر بودن غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف (ریزمغذی) باشد. غلظت منیزیم در هر دو خاک کمتر از سطح بحرانی بوده و در خاک رامسر به علت سبک بودن بافت خاک و آبشویی بیشتر، کمتر از خاک دماوند است. غلظت سولفات در خاک دماوند کمتر از سطح بحرانی آن بوده در حالی که در خاک رامسر در حد متعادل است. به نظر می‌رسد که منبع عمده گوگرد در منطقه رامسر گوگرد آلی باشد که در اثر اکسیداسیون آن مقدار سولفات

بیشتری نیز وارد محیط شده است. همین‌طور در خاک‌های غرقابی، شکل عمده گوگرد معدنی به صورت ترکیبات سولفیدی بوده که تحت شرایط اکسیداسیون تبدیل به سولفات می‌شود. از مهم‌ترین تفاوت‌های این دو خاک می‌توان به درصد کربن آلی و در نتیجه مواد آلی خاک‌ها اشاره نمود. به طوری که مقادیر کربن آلی در خاک‌های این دو منطقه نشان می‌دهد که خاک رامسر بیش از ۷ برابر خاک دماوند، کربن آلی دارد. همچنین، مقادیر اسیدهای آلی تجزیه شده در خاک‌های دو منطقه حاکی از آن بوده که غلظت کل اسیدهای آلی در خاک رامسر ۵ برابر خاک دماوند می‌باشد. این موضوع ممکن است موجب کاهش اسیدیته خاک رامسر نسبت به خاک دماوند شده باشد. بر اساس نتایج، مقدار فسفر کل در خاک دماوند بیشتر از خاک رامسر است، اما مقدار فسفر قابل استفاده در خاک رامسر به دلیل هوادیدگی بیشتر خاک‌های این منطقه، ناشی از رژیم رطوبتی و حرارتی بالاتر می‌باشد. افزون بر این سبک بودن خاک منطقه رامسر (لومی شنی) همراه با pH پایین تر موجب شده تا تثبیت فسفر نسبت به خاک دماوند با خاک سنگین کمتر بوده و در نتیجه سهم فسفر قابل استفاده به بهای کاهش فسفر کل خاک افزایش یابد. با افزایش مواد آلی و pH پایین تر خاک، غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک رامسر نسبت به خاک دماوند افزایش یافته است. بدیهی است قابل دسترس بودن فسفر و ریزمغذی‌ها در خاک‌های زراعی رامسر به مراتب بیشتر از خاک‌های زراعی دماوند می‌باشد و اگر مقدار فسفر قابل استفاده با روش اولسون در خاک‌های دماوند ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، این مقدار برای خاک‌های زراعی رامسر کمتر از ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم خواهد بود که خود چالشی برای راست آزمایی فسفر قابل استفاده در خاک‌های مختلف با اقلیم‌های متفاوت خواهد بود. اسیدهای آلی ترکیبات کربنی با وزن مولکولی کم هستند که دارای حداقل یک گروه کربوکسیل می‌باشند و معمولاً در ریزوسفر ترشح می‌شوند. مقداری از اسیدهای آلی از اتمسفر وارد خاک می‌شود ولی بیشترین مقدار اسیدهای آلی از ترشحات ریشه، مواد آلی پوسیده و یا بر اثر تجزیه میکروبی، وارد محلول خاک می‌شوند. کودهای آلی نظیر کودهای حیوانی نیز شامل مقدار زیادی اسیدهای آلی می‌باشند. از بین اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم ترشح شده در ریزوسفر گیاه، اسید سیتریک، اسید اگزالیک و اسید مالیک از نظر کمی بیشتر از بقیه بوده و در بسیاری از فرآیندهای خاک شامل حلالیت و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان و ریزجانداران، سمیت زدایی فلزی (Al)، هوادیدگی کانی‌ها و رشد و تکثیر میکروبی در ریشه شرکت دارند. ترکیب اسیدهای آلی ترشح شده از گیاهان توسط مسیر فتوسنتز آن‌ها (C_3 یا C_4)، وضعیت تغذیه و سن آن‌ها کنترل می‌شود. بنظر می‌رسد که بالا بودن غلظت اسیدهای آلی در خاک رامسر نسبت به خاک دماوند، به دلیل بالا بودن درصد مواد آلی در خاک رامسر باشد.

پرسش ۵۲- امروزه در بازار، اسیدهیومیک‌های بسیار متنوعی برای فروش توسط بخش خصوصی ارائه شده است. در شرایط مدیریت فعلی کودی کشور، با کاربرد کدامیک از این نوع اسیدهای هیومیک، اثربخشی بیشتری درافزایش کمی- کیفی عملکرد محصول در کشور ما خواهند داشت؟ و چرا؟ در فروشگاه کود و سم محل زندگی شما، بیش از ۱۰ نوع اسیدهای آلی (اسیدهیومیک) مایع و جامد (داخلی و خارجی) با قیمت‌های متفاوت وجود دارد و می‌خواهید یکی از آن‌ها را برای مصرف در مزرعه

و یا باغ خود انتخاب نمایید. بهترین انتخاب شما چه نوع اسیدهیومیک خواهد بود و چرا؟

پاسخ ۵۲- اسیدهیومیک طبیعی دارای خصوصیات بسیار خوبی برای بهبود کیفیت خاک بوده و اثربخشی آن‌ها در رشد گیاهان بسیار بیشتر از مواد هیومیکی مصنوعی است. اسیدهیومیک را می‌توان به طور بذرمال مصرف نمود. اسید هیومیک علاوه بر خاصیت اصلاح کنندگی ساختمان خاک، محرک رشد گیاه بوده و برای تمامی گیاهان زراعی و باغی به منظور افزایش عملکرد هکتاری قابل استفاده است. اسیدهیومیک را همچنین می‌توان از کمپوست شهری و سایر منابع آلی به صورت مصنوعی تهیه و به عنوان اصلاح کننده‌های خاک به کار برد، لیکن کیفیت آن نسبت به نوع طبیعی پایین‌تر است. روش انتخاب مناسب‌ترین اسیدهیومیک بدین ترتیب خواهد بود که تمامی این اسیدهای آلی چه مایع و چه جامد در مزرعه، باغ و یا گلخانه در قطعاتی که در آن‌ها مصرف بهینه کودی رعایت شده باشد، با هزینه خود صاحب کود، مورد بررسی قرار می‌گیرند. هر کدام که عملکرد کمی - کیفی محصول را به طور اقتصادی در مقایسه با قطعاتی که در آن‌ها مصرف بهینه کودی رعایت شده است، بیشتر افزایش داده باشد، آن اسید هیومیک انتخاب و برای مصرف در میان کشاورزان و باغداران، توصیه می‌شود. در شرایط مدیریت فعلی کودی کشور، با کاربرد اسیدهای هیومیک پتاسیم دار نظیر هومات پتاسیم، اثر بخشی بیشتری درافزایش کمی - کیفی عملکرد محصول در کشور ما خواهند داشت. روش انتخاب مناسب‌ترین اسید هیومیک بدین ترتیب خواهد بود که تمامی این اسیدهای آلی چه مایع و چه جامد در مزرعه، باغ و یا گلخانه در قطعاتی که در آن‌ها مصرف بهینه کودی رعایت شده باشد با هزینه خود صاحب کود مورد بررسی قرار می‌گیرند. هر کدام که عملکرد کمی و کیفی محصول را به طور اقتصادی در مقایسه با قطعاتی که در آن‌ها مصرف بهینه کودی رعایت شده است، بیشتر افزایش داده باشد، آن اسید هیومیک انتخاب و برای مصرف در میان کشاورزان و باغداران توصیه می‌گردد.

پرسش ۵۳- اثرات مثبت نسوزاندن بقایای گیاهی گندم در سطح ۱۰۰ هکتار در استان گلستان (بعد از برداشت گندم) که در آن سویا کشت شده است را در عمل نشان دهید؟

پاسخ ۵۳- طبق گزارش ارسالی اسدی (۱۳۹۴) در سال ۱۳۹۴، پس از برداشت گندم در سطح ۱۰۰ هکتار در مزرعه یکی از کشاورزان در روستای گرچی محله شهرستان کردکوی واقع در استان گلستان، بقایای کاه و کلش گندم در نصف مزرعه سوزانده شد (تصویر سمت راست). لیکن، در نصف دیگر سوزانده نشد (تصویر سمت چپ) و در اوایل تیر ماه نسبت به کاشت سویا رقم کتول همزمان در این دو قطعه اقدام شد. پس از ۳ ماه از زمان کاشت سویا تفاوت در تصاویر زیر کاملاً مشهود و معنی‌دار شد. بدیهی است عملکرد در قطعات سوزانده نشده (تصویر سمت چپ) علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک زیر کشت، عملکرد نیز به طور معنی‌داری بیشتر از قطعه سوزانده شده خواهد شد. در تصویر سمت راست، رشد نامطلوب سویا در مزرعه سوزانده شده و در تصویر سمت چپ در مزرعه که سوزانده نشده است، رشد مطلوب سویا مشاهده می‌شود (اسدی، ۱۳۹۴)*.



*بدینوسیله از مساعدت جناب آقای مهندس اسفندیاری پور مشاور محترم وزیر و مجری طرح گندم که گزارش فوق را ارسال نموده‌اند، تشکر و سپاسگزاری می‌نماید.

پرسش ۵۴- روش ارزیابی مواد آلی را توضیح داده و مراحل انجام آن را به اختصار بیان نمایید؟
پاسخ ۵۴- ارزیابی مواد آلی در دو بخش الف) ارزیابی برای عدم منع مصرف و ب) ارزیابی برای اثر بخشی صورت می‌گیرد. برای ارزیابی عدم منع مصرف، با ارسال نمونه از ترکیب مورد نظر به موسسات تحقیقاتی پاستور، گیاه پزشکی، واکسن و سرمسازی رازی و خاک و آب، از عدم آلودگی ترکیب مورد نظر به پاتوژن‌های انسانی، گیاهی، حیوانی و عناصر سنگین (کادمیوم و سرب) اطمینان حاصل کرده و در صورت دارا بودن شرایط لازم تعریف شده برای ترکیبات بهساز خاک، کودهای آلی و یا محرک‌های رشد، عدم منع مصرف آن مورد تأیید قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی، برای تکمیل ارزیابی، باید اثربخشی آن‌ها در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی در موسسه تحقیقات خاک و آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدیهی است که به‌هنگام ارزیابی اثر بخشی، اعمال شرایط توصیه بهینه کودی ضروری بوده و مقایسه اثربخشی ترکیب مورد نظر در شرایط عرف زارع و یا شرایط کوددهی غیر بهینه، اشتباه است.

پرسش ۵۵- شرایط اختصاصی لازم برای ترکیبات آلی بهساز خاک و کودهای آلی را بیان نمایید؟
پاسخ ۵۵- ترکیبات آلی بهساز باید از نظر نوع مواد اولیه و محتوای کربن آلی، باید خصوصیات آلی بودن را دارا باشند (کربن آلی بیش از ۱۰ درصد و ماده آلی بیش از ۲۵ درصد) و مجموع غلظت عناصر غذایی اصلی (مجموع درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در آن‌ها معمولاً از پنج درصد کمتر باشد. کودهای آلی نیز باید از نظر مواد اولیه و محتوای کربن آلی، خصوصیت آلی بودن را دارا بوده و مجموع غلظت عناصر غذایی اصلی (مجموع درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در آن‌ها معمولاً از پنج درصد بیشتر است. همچنین، نسبت کربن به نیتروژن کمتر از ۲۰ باشد و نسبت نیتروژن آمونیومی به نیتروژن نیتراتی در آن کمتر از سه باشد.

پرسش ۵۶- تفاوت بهسازهای خاک با کودهای آلی در چیست؟

پاسخ ۵۶- بهسازهای خاک ترکیباتی هستند که دارای خصوصیات ترکیبات آلی می‌باشند و عملیات فرآوری بر روی آن‌ها صورت نگرفته است (یعنی هیچ گونه کود شیمیایی به آن‌ها اضافه نشده است). مجموع درصد عناصر غذایی پرمصرف (NPK) در آن‌ها از پنج درصد کمتر بوده و برای بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی به خاک اضافه می‌شوند. لیکن، کودهای آلی، ترکیباتی هستند که علاوه بر دارا بودن خصوصیات ترکیبات آلی، چون عملیات فرآوری بر روی آن‌ها صورت گرفته و مجموع درصد عناصر غذایی پرمصرف در آن‌ها از پنج درصد بیشتر است، لذا علاوه بر اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به

خاک، خاصیت کودی نیز دارا می‌باشند.

پرسش ۵۷- تفاوت‌های ترکیبی و کاربردی کود میکروبی فسفاتی گرانوله را با بیوگودآلی گرانوله بنویسید.

پاسخ ۵۷- کود میکروبی فسفاتی گرانوله محتوی ۴۰ درصد خاک فسفات، ۲۰ درصد گوگرد + ۲۰ درصد مواد آلی + ۱۰ درصد بنتونیت و ۴ درصد سولفات روی + محتوی باکتری (P-Solubilizer) می‌باشد که مقاومت در برابر درجه گرانوله و کاربرد آن برای مزارع و باغ‌ها جایگزین خوبی برای فسفاتی وارداتی است. لیکن بیوگودآلی گرانوله یکی از تولیدات داخل کشور بوده و در راستای نیل به افزایش مواد آلی خاک‌ها، اصلاح pH خاک و نیل به کشاورزی پایدار تولید شده است. این کود محتوی حداقل ۴۵ درصد گوگرد، ۴۵ درصد مواد آلی و ۱۰ درصد بنتونیت و محتوی باکتری تیوباسیلوس بوده و ۹۰ درصد اندازه ذرات آن ۴-۲ میلی‌متر بوده و در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می‌شود. مصرف بیوگود گرانوله توسط کشاورزان به سادگی امکان‌پذیر می‌باشد. همچنین، ساخت بیوگود گرانوله بسیار سخت‌تر از بیوگود پودری می‌باشد، چون نگهداری جمعیت استاندارد باکتری روی گرانول از تکنیک روش فرمول‌بندی بسیار پیشرفته‌ای برخوردار است. در حال حاضر فناوری ساخت این کود در ایران وجود نداشته ولی در صورت ضرورت می‌توان نوعی از این کود را که از گرانوله‌های گوگرد و باکتری به صورت مستقل تهیه شده و در نهایت در کنار هم در یک کیسه قرار می‌گیرند، برای مصرف کشاورزان ترویج نمود. بنابراین، تفاوت عمده این دو کود در این است که چون باکتری (P-Solubilizer) درجه حرارت بالا را تحمل می‌نماید، ساخت گرانوله این کود مخلوط با باکتری امکان‌پذیر بوده، لیکن در بیوگودآلی گرانوله، باکتری تیوباسیلوس درجه حرارت بالاتر از ۵۰ درصد را تحمل نمی‌نمایند و این کود به ناچار خود به صورت گرانول شده و لیکن بسته‌های باکتری‌های تیوباسیلوس که عمر مفید آنها از تاریخ تولید بیش از ۶ ماه نمی‌باشد بصورت بسته جداگانه در داخل کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی کود گوگرد آلی گرانوله، گذاشته می‌شود.

پرسش ۵۸- تفاوت‌های ترکیبی و کاربردی (محاسن و معایب) سولفات پتاسیم محلول را با کلرور پتاسیم و نترات پتاسیم بنویسید؟

پاسخ ۵۸- الف) کلرور پتاسیم (MOP) یکی از کودهای پتاسیمی محلول بوده و کاربرد آن بصورت سرک می‌باشد و در حال حاضر بیش از ۸۰ درصد از کودهای پتاسیمی مصرفی جهان را کلرور پتاسیم تشکیل می‌دهد. مصرف این کود در خاک‌هایی که پتاسیم آن‌ها تخلیه شده در مقایسه با کود سولفات پتاسیم، مؤثرتر می‌باشد. کاربرد این کود در مناطق غیرشور و حتی نسبتاً شور برای کلیه محصولات زراعی و دارویی توصیه می‌شود. زیرا مقدار کلری که با این کود به خاک اضافه می‌شود، در مقایسه با مقدار کلر موجود در خاک‌های زراعی نسبتاً شور، بسیار ناچیز می‌باشد. منتهی از مصرف این کود در خاک‌های رسی سنگین و شور و باغ‌های میوه خودداری شود.

ب) نیترات پتاسیم کود دو منظوره بوده و نیترات و پتاسیم آن به سهولت جذب گیاه می‌شود. مصرف این کود نیز بصورت سرک بوده و از مصرف زیادی آن برای باغ‌های میوه و سبزی و صیفی به خاطر اثرات سوء نیترات در بهبود رنگ میوه و تجمع نیترات در اندام‌های مصرفی انواع سبزی و صیفی، بایستی ممانعت نمود.

پ) سولفات پتاسیم محلول (SSOP)، کود دو منظوره بوده و محتوی حدود ۵۰ درصد اکسید پتاسیم (K_2O) و ۲۵ درصد سولفات (SO_4) می‌باشد. حلالیت آن در آب در دمای معمولی با غلظت محلول‌هایی که برای کودآبیاری تهیه می‌شوند (معمولاً بین نیم تا یک درصد)، مناسب می‌باشد. سولفات و پتاسیم موجود در سولفات پتاسیم محلول به سهولت توسط ریشه گیاهان قابل جذب می‌باشد. کود سولفات پتاسیم محلول به صورت پودر نرم سفید رنگ بوده و محلول آن اسیدی است. بنابراین، برای کودآبیاری بسیار مناسب می‌باشد. این کود فاقد کلر بوده (زیادی کلر باعث افت کیفیت بسیاری از محصولات کشاورزی که بدان حساس هستند، می‌شود. مثلاً کلر منجر به کاهش درصد قند در انگور می‌شود) و دارای شاخص‌های آبشویی و ضریب شوری پایین می‌باشد. سولفات پتاسیم محلول دارای خاصیت اصلاح‌کنندگی موضعی pH ریزوسفر و در نهایت افزایش کارایی این کود بواسطه افزایش فراهمی همزمان سایر عناصر در خاک می‌شود. pH پایین این کود منجر افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول فسفاتی و ریزمغذی‌های رسوب یافته در خاک می‌شود و افزایش فراهمی این‌گونه عناصر غذایی در خاک و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه را در پی دارد. از سوی دیگر، از گرفتگی احتمالی قطره چکان‌ها در سیستم آبیاری تحت فشار جلوگیری می‌کند.

محاسن مصرف سرک این کود را می‌توان در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، شاخص آبشویی کم و ضریب شوری پایین و افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌ها و آفت‌ها، می‌باشد. سولفات پتاسیم محلول را می‌توان با اکثر سموم حشره‌کش و ضدقارچ به منظور برگپاشی و به میزان پنج کیلوگرم بر هکتار مخلوط نمود و از طرف دیگر، به سهولت و به میزان ۵۲ کیلوگرم بر هکتار با روش کودآبیاری استفاده نمود. مصرف این کود در خاک‌هایی که پتاسیم آن‌ها تخلیه شده و زمانی که خاک نمی‌تواند نیاز غذایی گیاه را تأمین نماید و همچنین، برای محصولات پرتوقع نظیر انواع سبزی و صیفی، بسیار مؤثر است. مصرف سولفات پتاسیم محلول بر کود نیترات پتاسیم نیز ارجحیت دارد. زیرا نیترات بیش از حد در سبزی و صیفی، سبب تجمع نیترات در اندام‌های خوراکی و در درختان میوه، کیفیت میوه، را کاهش می‌دهد. این کود دارای شاخص آبشویی و ضریب شوری پایینی است. شاخص نمک سولفات پتاسیم محلول نسبت به شاخص کودهای دیگر پتاسیمی، بسیار کمتر بوده و برای مناطقی که در معرض خطر شوری قرار دارند، بهترین کود از این لحاظ می‌باشد و لازم است به صورت سرک استفاده شود. سولفات پتاسیم محلول منجر به تولید محصولات کشاورزی با کیفیت بهتر و طعم (مزه) مطلوب‌تر

می‌گردد، بطوری که اندازه تولیدات درشت‌تر و یکنواخت‌تر شده و عملکرد هکتاری افزایش پیدا می‌کند. سولفات پتاسیم محلول اثر مثبتی بر روی میزان قندها و اسیدها داشته و ویتامین و نشاسته میوه‌ها را افزایش می‌دهد. میوه‌ها و سبزیجاتی که با سولفات پتاسیم محلول تغذیه می‌شوند، در برابر بیماری و خراش، مقاوم‌تر هستند. علاوه بر این، این قبیل محصولات، قابلیت بیشتری برای انبارداری و کنسروشدن خواهند داشت.

پرسش ۵۹- محاسن مصرف تلفیقی کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی را نام ببرید؟

پاسخ ۵۹- مصرف تلفیقی کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی، علاوه بر خنثی‌سازی پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی و فسفاتی، نقش بسیار مهمی در (الف) اصلاح آوندهای گیاهی و کاهش نفوذپذیری دیواره سلولی گیاه، (ب) تنش‌های زنده (آفت‌ها و بیماری‌ها) و تنش‌های غیرزنده (شوری، سرمازدگی، کم‌آبی، گرما)، (پ) افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، (ت) کاهش آلاینده‌های نیترات و کادمیوم در محصولات کشاورزی، (ث) تولید محصولات کشاورزی سالم، (ج) و در نهایت ارتقای سطح سلامت جامعه ایفا می‌نماید. بنابراین، لازم است کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی را در سطح وسیع‌تری تولید تا مولدین کشاورزی آن‌را به صورت سرک در تمام محصولات کشاورزی خود با سهولت و اثربخشی بیشتری استفاده نمایند.

پرسش ۶۰- کود زیستی فلاویت چیست؟

پاسخ ۶۰- کود زیستی فلاویت نتیجه قریب به ده سال پژوهش در خصوص باکتری‌های محرک رشد گیاه در موسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد. نتایج نشان داد کاربرد کود زیستی فلاویت به میزان دو لیتر بر هکتار بصورت بذرمال، می‌تواند سبب افزایش عملکرد هکتاری گندم در مزارع مختلف گندم آبی در سطح کشور با مدیریت‌های کودی متفاوت بیش از ۱۰ درصد شود (شکل ۵). مشخصات محرک زیستی فلاویت: (الف) بسته بندی و فرمولاسیون: یک لیتری بصورت مایع، (ب) روش و مقدار مصرف: دو لیتر بر هکتار بصورت بذرمال در هنگام کشت، (پ) مزایای مصرف: افزایش عملکرد گندم در شرایط مختلف آب و هوایی، سازگاری با کلیه ارقام گندم در کشور، بهبود جوانه‌زنی و سرعت رشد گیاهچه و عاری از هر گونه آلاینده محیطی بوده و (ت) دارای گواهی ثبت از موسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد. دانش فنی تولید فلاویت در سال ۱۳۹۴ به شرکت جهاد نصر استان مرکزی واگذار شد و این شرکت با آماده سازی مقدمات تولید، این کود زیستی را از مرداد ماه ۱۳۹۴ روانه بازار مصرف نموده است. تهیه این کود زیستی از طریق تماس با شرکت جهاد نصر استان مرکزی واقع در اراک، سه راهی خمین، کمربندی شمالی، جنب سازمان اتوبوسرانی، کد پستی ۳۸۱۹۳۳۴۱۶۵، تلفن ۰۲۶۶۸-۳۴۰۸۶ و دورنگار: ۰۲۶۶۷-۳۴۰۸۶-۰۸۶ امکان‌پذیر می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مقدار و نحوه مصرف این نوع مایه تلقیح‌ها به نوشتار روی بسته‌ها و ظروف کودی توجه فرمایید.

پرسش ۶۱- کود زیستی میکوروت چیست؟

پاسخ ۶۱- کود زیستی میکوروت (قارچ‌های میکوریزی-VAM) از مهم‌ترین ریزجانداران خاکری می‌باشند. این قارچ‌های میکروسکوپی ویژه می‌توانند در هم‌زیستی با گیاهان در ازای دریافت مواد آلی مورد نیاز خود، عناصر غذایی معدنی با تحرک اندک در خاک به‌ویژه فسفر و آب را جذب و در اختیار گیاه هم‌زیست قرار دهند. بدین‌ترتیب، تغذیه معدنی گیاهان بهبود یافته و در نتیجه گیاه میزبان از رشد و عملکرد بهتری برخوردار می‌شود. همچنین، بواسطه توسعه سطح جذبی ریشه‌ها، گیاه آب بیشتری از خاک جذب و گیاه را در مقابل تنش‌های خشکی مقاوم می‌سازد. در شرایط تنش شوری، مقادیر کمتری از عناصر مضر از جمله سدیم و کلر جذب گیاهان هم‌زیست با قارچ‌های میکوریزی می‌گردد. بدلیل بهبود وضعیت تغذیه‌ای و رشد بهتری که گیاهان میزبان قارچ‌های میکوریزی دارند، مقاومت آن‌ها در برابر برخی از ریزجانداران بیمارگر ریشه نیز افزایش می‌یابد. بدین ترتیب، با کاربرد این ریزجانداران مفید، می‌توان علاوه بر تامین مقدار قابل ملاحظه‌ای از فسفر مورد نیاز گیاه و افزایش کارایی آب و کود، مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده نظیر خشکی، شوری و تراکم خاک افزایش داد. در اینجا لازم به یادآوری است با توجه به این که دانش فنی تولید کودهای زیستی از جمله فلاوایت، مایکوروت، تیوباسیلوس و میکروبی فسفات‌ی از طرف موسسه تحقیقات خاک و آب برای تولید انبوه به بخش خصوصی واگذار شده است، لذا لازم است در ترویج مصرف این کودهای زیستی تلاش بیشتری را به عمل آورند زیرا با مصرف این نوع کودهای زیستی، حداقل ۱۰ درصد افزایش عملکرد هکتاری عاید کشاورزان می‌شود.

پرسش ۶۲- سیدروفورها چه نوع ملکول‌هایی هستند و چه عملی را انجام می‌دهند؟ نقش سیدروفورها و فیتوسیدروفورها در تأمین آهن و روی مورد نیاز گیاهان بنویسید.

پاسخ ۶۲- سیدروفورها ملکول‌های آلی با وزن ملکولی کمتر از ۱۰۰۰ دالتون می‌باشند که میل ترکیبی شدیدی با آهن و روی دارند که در شرایط کمبود آهن و روی توسط میکروارگانیسم‌های خاک به‌ویژه در شرایط فراهمی مواد آلی، توسط باکتری‌های سودوموناس ترشح می‌شوند. این کلات‌ها تحرک و جابجایی آهن نامحلول و همچنین تا حدودی روی را افزایش می‌دهند. به عبارت دیگر از طریق تشکیل کمپلکس پایدار با آن‌ها می‌توانند در تغذیه گیاه موثر باشند. سودوموناس‌های فلورسنت از عمده‌ترین تولیدکننده‌های سیدروفورها هستند. گیاهان برای تأمین آهن مورد نیاز خود، از ۲ استراتژی استفاده می‌نمایند: گیاهانی که از استراتژی I استفاده می‌کند مثل دولپه‌ای‌ها، بدین صورت است که در محیط ریزوسفر در فاصله بین لایه سلولی و محیط بیرون یکسری کلات‌کننده‌هایی که توانایی جدا کردن آهن III را از کانی‌های رسی دارند، وجود دارد و یک آنزیم بنام ریداکتاز در غشاء سلولی وجود دارد که هیدروژن (پروتون) را از طریق مصرف ATP به کلات‌کننده‌ها داده و آهن III را از مسیر اختصاصی غشاء سلول به داخل سلول می‌فرستد. در این محیط یکسری باکتری از قبیل *Pseudomonas* وجود دارند که توانایی

تولید این سیدروفورها را دارند و این مواد اغلب اسیدهای آلی و مواد فنلی هستند. در گیاهان با استراتژی دو (گرامینه)، موادی بنام فیتوسیدروفورها از داخل سلول ترشح و به محیط ریشه و مینرال وارد و با کلات کردن آهن و روی دوباره در یک سیکل چرخشی وارد سلول می‌شود. چون خود گیاه این مواد را ترشح می‌کند به فیتوسیدروفور معروف است.

پرسش ۶۳- تولیدکننده کودهای زیستی بر روی بسته کود زیستی ۵۰۰ گرمی خود درج نموده که این مقدار کود زیستی می‌تواند جایگزین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم کودهای فسفاتی شود. آیا این جمله صحیح است یا خیر؟ شرایط لازم برای اثربخشی کودهای زیستی فسفاتی را بیان نمایید؟

پاسخ ۶۳- این گونه ادعاها (نوشته‌ها) زمانی کم‌وبیش صحت خواهد داشت که الف) کیفیت کودهای میکروبی فسفاتی خوب بوده و ب) در نتیجه مصرف مداوم کودهای فسفاتی، انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی کشور اتفاق افتاده و مقدار فسفر کل خاک از یک حدی مثلاً از ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تجاوز نموده باشد.

۵-۴-۷- مباحث مربوط به چهار اصل مهم در مدیریت مطلوب مصرف کودها (نوع، جایگذاری، مقدارزمان)

پرسش ۶۴- رابطه مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی با کاهش مواد آلی خاک چیست؟

پاسخ ۶۴- زیادی نیتروژن سبب افزایش فعالیت‌های ریز جانداران خاکری شده و این امر سبب مصرف بیشتر کربن آلی بومی خاک‌های زیرکشت می‌گردد. زیرا ریز جانداران برای ادامه حیات خود به C/N حدود ۱۰ نیاز دارند و هنگامی که نیتروژن خاک زیاد باشد، فعالیت این ریز جانداران افزایش یافته و در نتیجه از میزان کربن آلی خاک‌های زراعی کاسته می‌شود و به اصطلاح کشاورزان، در اثر استمرار در مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی، خاک سفت می‌شود.

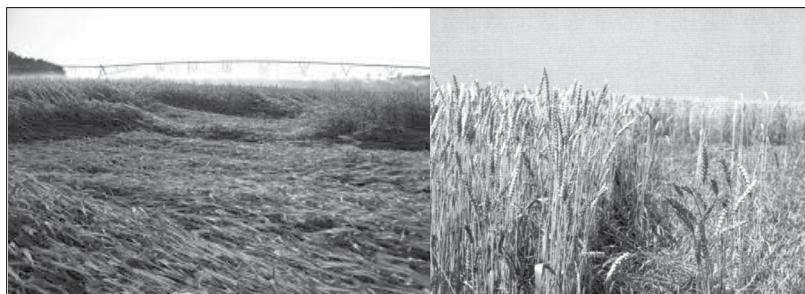
پرسش ۶۵- رابطه مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی با آمونیاک در شالیزارهای شمال کشور چیست؟

پاسخ ۶۵- زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی سبب آب‌شویی و تصعید آن می‌شود. در شالیزارهای شمال کشور. بیش از ۵۰ درصد اوره مصرف بصورت تصعید (گاز آمونیاک) از دسترس خارج میگردد (میرنیا و همکاران ۱۳۷۷). بدیهی است، مناسب‌ترین روش برای کاهش آبشویی و افزایش باز یافت کودهای نیتروژنی، جایگزینی اوره با پوشش گوگردی (SCU) با اوره قبل از کاشت و مصرف بقیه اوره به صورت و با دفعات بیشتر می‌باشد.

پرسش ۶۶- رابطه مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنی با تجمع نیترات در سبزی و صیفی چیست؟

پاسخ ۶۶- استفاده بیش از نیاز و نابهنگام از کودهای نیتروژنی علاوه بر آبشویی و تصعید، سبب افزایش نیترات (NO_3) در خاک می‌گردد. زیادی نیترات در خاک، جذب نیترات توسط گیاهان را تحریک و سبب افزایش نیترات در اندام خوراکی گیاهان می‌گردد. به عبارت دیگر، مصرف نامتعادل و نابهنگام کودهای نیتروژنی (عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی)، تجمع نیترات را در فرآورده‌های کشاورزی تسریع می‌کند و استمرار مصرف آن‌ها برای سلامتی دام و انسان بسیار زیان‌آور می‌باشد.

پرسش ۶۷- علت ورس در بوته های غلات چیست؟ یک باد ناگهانی باعث ورس شدن بوته های مزرعه گندم یک کشاورز شد. در حالی که مزرعه مجاور دچار چنین مشکلی نشد. علت را چه می دانید؟
پاسخ ۶۷- علت ورس در بوته های غلات را زیادی نیتروژن و کمبود پتاسیم می دانند.



خوابیدگی بوته های گندم بر اثر زیاده روی در مصرف کودهای نیتروژنی و عدم مصرف کودهای پتاسیمی (Laegried و همکاران، ۱۹۹۹)

به دلیل عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی در مزرعه اول، ریشه های گندم توسعه کافی و عمیق در خاک پیدا نکرده و به دلیل عدم تعادل بین نیتروژن و پتاسیم، ساقه های گندم از استحکام کافی برخوردار نمی باشند و بدین ترتیب، ساقه ها نسبت به عوامل تنش زا از جمله وزش باد حساس تر شده و مقاومت لازم را نداشته اند. لیکن در مزرعه دیگر که در آن اصول مصرف بهینه کودی رعایت شده بود، سیستم ریشه ها تقویت و در نهایت مقاومت خوشه های گندم در برابر وزش بادهای شدید را سبب شده است.

پرسش ۶۸- برای انتخاب خاک فسفات مناسب موجود در دنیا، سه عامل را کنترل می نمایند. این سه عامل کدامند و حد مجاز آن ها را نیز نام ببرید؟ دلیل تشکیل آنتوسیانین (رنگدانه ها) در برگ های مسن برخی از گیاهان نظیر ذرت چیست؟

پاسخ ۶۸- میزان کادمیوم موجود در خاک فسفات باید از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم کود کمتر باشد. درصد فسفر آن بیشتر باشد و درصد اکسیدهای آهن و آلومینیوم موجود در آن نیز کمتر از ۵ درصد باشد.

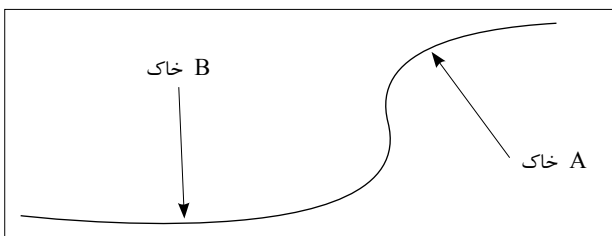
فسفر نقش مهمی در سوخت و ساز (فتوسنتز) و واکنش های انتقال انرژی دارد. در حالت طبیعی (حضور فسفر به اندازه کافی)، اسید نوکلئیک ها در برابر نور ماوراء بنفش صدمه (خسارت) نمی بینند. علت تشکیل رنگدانه ها (آنتوسیانین) در بافت های گیاهی عکس العمل طبیعی گیاه نسبت به کمبود فسفر می باشد. در شرایط کمبود فسفر، فعل و انفعالات فتوسنتزی مختل شده، فعالیت پیروکیناز کاهش یافته و در نتیجه تراوش (خروج) مواد غذایی از ریشه به بیرون تسریع می یابد و اسید نوکلئیک ها توسط نور ماوراء بنفش آسیب پذیر گردیده و در نهایت تعدادی از برگ های مسن به رنگ ارغوانی در می آیند.

پرسش ۶۹- مقادیر ذخیره شده و قابل برداشت ماده اولیه کودهای فسفاتی (خاک فسفات) در جهان چقدر است؟ آیا این میزان برای تولید مواد غذایی جهان برای قرون آینده کافی خواهد بود؟

پاسخ ۶۹- مقدار فسفر پوسته جامد زمین حدود $0/12$ درصد می باشد. مقدار فسفر خاک از $0/2$ تا $0/50$ درصد نوسان داشته و میانگین آن $0/05$ درصد است. از طرف دیگر، غلظت فسفر در سلول های گیاهی بسیار اندک (حدود $0/15$ درصد) و تقریباً یک دهم غلظت نیتروژن و یا پتاسیم می باشد. غلظت فسفر در خاک های زراعی از $0/1$ تا 3 گرم بر کیلوگرم تغییر می نماید. مقدار فسفر برداشتی از خاک در مقایسه با نیتروژن، پتاسیم و حتی گوگرد و منیزیم به مراتب کمتر است و معمولاً بین 10 تا 30 کیلوگرم بر هکتار می باشد. ذخایری از خاک فسفات (خاک فسفات منبع اصلی تهیه کودهای فسفاتی است) که استخراج آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد تنها در چند کشور از جمله ایران وجود دارد که آن ها هم پایان پذیر می باشند. منتها اکثراً به دلیل آذین بودن آن ها، محتوی آلاینده کادمیوم بوده، لیکن خاک فسفات تولید داخل به دلیل رسوبی بودن، کادمیوم ندارد. بنابراین، استفاده منطقی از کودهای فسفاتی و ارائه روش های مناسب برای بالا بردن کارایی آن ها کاملاً ضروری است. در هنگام تعیین مقدار کود فسفاتی مورد نیاز، مقدار فسفر قابل استفاده خاک را باید اندازه گیری نمود و در خاک هایی که ذخیره فسفری خوبی دارند، مصرف کود در حد جایگزینی فسفر برداشت شده از طریق کشت، کفایت می کند. اما در خاک های فقیر از نظر فسفر، ممکن است تا رسیدن به یک مقدار مطلوب، مقادیر قابل توجهی کودهای فسفاتی مورد نیاز باشد تا عملکرد خوبی را تضمین کند. در حال حاضر سالیانه حدود 40 میلیون تن فسفر (P_2O_5) به صورت انواع کودهای فسفاتی در جهان مصرف می شود و در ایران نیز از سه میلیون تن کودهای مصرفی بیش از 30 درصد آن را کودهای فسفاتی تشکیل می دهند. با عنایت به نقش جایگزینی کودهای زیستی از جمله کود میکروبی فسفاتی (مایه تلقیح حل کننده فسفات، مایه تلقیح تیوباسیلوس و میکوروت) به جای قسمتی از کودهای فسفاتی و امکان استفاده مجدد از فسفات غیرقابل استفاده (در خاک های زراعی خوزستان، غلظت فسفر غیرقابل استفاده انباشته شده بیش از 1000 میلی گرم بر کیلوگرم می باشد)، می توان چنین جمع بندی نمود که از یک طرف نیاز کم گیاه به فسفر، از طرف دیگر تجمع فسفات کلسیم در خاک های آهکی و فسفات های آهن و آلومینیوم در خاک های اسیدی و مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی در خاک های زراعی ایران به دلیل یارانه ای بودن آن ها و امکان گسترش تولید و مصرف کودهای زیستی، پاسخ به پرسش فوق در صورت استفاده معقول از کودهای فسفاتی، مثبت می باشد. نتایج تحقیقات میدانی نشان داده که در خاک های آهکی با استفاده از کودهای میکروبی فسفاتی و بیوگوگرد آلی، حدود 50 درصد نیاز فسفری گیاهان را می توان با استفاده از فسفات کل ذخیره شده (غیرقابل استفاده) در خاک، تأمین نمود (میراحمدی 1389 ؛ روحی 1391 ؛ آذرمی و همکاران، 1392 ؛ محمدی و همکاران، 1393 ؛ ملکوتی، 1394).

پرسش ۷۰- سطح بحرانی فسفر در خاک‌ها حدوداً چقدر است و به چه عواملی بستگی دارد؟
پاسخ ۷۰- سطح بحرانی فسفر در خاک‌ها با روش اولسن (بی کربنات سدیم) در محدوده ۱۰ الی ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد و بستگی به نوع خاک، میزان مواد مادری، میزان مواد آلی، مقدار فسفر کل خاک، سابقه مصرف کودهای فسفاتی، درصد کربنات کلسیم، اقلیم (آب و هوا)، نوع گیاه، میزان عملکرد مورد انتظار و غلظت سایر عناصر غذایی دارد.

پرسش ۷۱- با عنایت به موقعیت مکانی دو مزرعه A و B، میزان فسفر و روی (Zn) قابل استفاده به ترتیب برابر ۱۲ و ۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود. در این دو مزرعه گندم کاشته شد. در حالی که در مزرعه A علائم کمبود روی (Zn) مشاهده نگردید ولی در مزرعه B علائم کمبود روی (Zn) در بوته‌های گندم رؤیت شد. چرا؟ با ذکر دلایل آن را توضیح دهید. عملکرد هکتاری در کدام یک از این دو مزرعه بیشتر خواهد بود؟



پاسخ ۷۱- در مزرعه A، به دلیل شیب‌دار بودن و کمی عمق، میزان نفوذ آب به درون خاک آن کم بوده، لذا پخشیدگی فسفر کم و در نهایت عملکرد نیز پایین است. ولی در مزرعه B، به دلایل متعدد از جمله زیادی عمق خاک، مواد آلی و رطوبت خاک، پخشیدگی فسفر بیشتر و عملکرد محصول نیز بیشتر است. بنابراین، علائم کمبود روی به دلیل برهمکنش منفی بین فسفر و روی در خاک و نیاز بیشتر گیاه، در مزرعه B رؤیت می‌گردد (عملکرد هکتاری محصول در مزرعه B به مراتب بیشتر از مزرعه A است).

پرسش ۷۲- در خاک‌های آهکی، وضعیت پراکندگی اشکالات مختلف فسفر در خاک‌های زارعی به چه صورت می‌باشد؟

پاسخ ۷۲- طبق بررسی‌های متعدد انجام گرفته در خاک‌های زراعی آهکی مناطق مختلف کشور میانگین فسفر کل خاک ۷۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود. از این مقدار ۸۰ درصد فسفر به شکل معدنی (عمدتاً بصورت فسفات کلسیم) و ۲۰ درصد را فسفر آلی تشکیل می‌داد. این امر مؤید آن است که بخش عمده کودهای فسفاتی مصرفی به شکل فسفر معدنی است و مقدار آن در خاک‌های سطحی بیشتر از خاک‌های عمقی است. بدیهی است این ارقام تقریبی بوده و تحت تاثیر عوامل متعددی مخصوصاً به درصد مواد آلی خاک، و سابقه کشت بستگی دارد. بدیهی است با تغییر مدیریت کشت و داشت، مقدار و نوع آن‌ها تغییر خواهد نمود. به عبارت دیگر، نقش مهم آهک و یون

کلسیم موجود در این خاک‌ها سبب رسوب فسفر گردیده است.

۶-۴-۷- مباحث مربوط به روش‌های توصیه بهینه کودی

پرسش ۷۳- از روش‌های متعدد موجود برای توصیه بهینه کودی فسفاتی در محصولات زراعی کدام روش را بهترین و مناسب‌ترین روش می‌دانید؟ و چرا؟

پاسخ ۷۳- انجام توصیه صحیح کودی در مرحله نخست بستگی به نمونه‌برداری صحیح از خاک، تجزیه دقیق نمونه در آزمایشگاه، تجربه و تخصص مدیر آزمایشگاه توصیه‌کننده کود دارد. در مرحله بعدی، از میان روش‌های متعدد توصیه کودی، مصرف کود براساس میزان سطح‌بحرانی غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک (Critical level)، مناسب‌ترین، اقتصادی‌ترین و دوستدارترین روش توصیه کودی به حساب می‌آید. در آزمایشی، گروه ترویج دانشگاه نبراسکا در آمریکا (۱۹۹۹) طی پژوهشی ۱۰ ساله، چهار روش را برای انجام توصیه کودی مورد مطالعه قرار دادند. این روش‌ها شامل الف) مصرف مداوم (سالانه) کودهای فسفاتی، ب) اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک (مصرف کود براساس میزان سطح‌بحرانی غلظت عناصر غذایی قابل استفاده در خاک)، پ) نگهداشت مطلوب عناصر غذایی و ت) میزان برداشت عناصر غذایی از مزرعه توسط محصول بوده آنان همچنین اثرات متفاوت تجمعی مصرف کودهای فسفاتی بر اساس این چهار روش را مطالعه نموده و دریافتند که در روش کوددهی بر مبنای روش اصلاح کمبود مواد غذایی (Critical level)، کود به مقدار مورد نیاز مصرف و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. لیکن در روش‌های توصیه کودی بر مبنای روش نگهداشت عناصر غذایی و یا مصرف مداوم کودهای فسفاتی، با مصرف بیشتر کود، عملکرد افزایش نیافته یا مقدار افزایش آن ناچیز است. در این روش‌ها برای کسب ضریب اطمینان بیشتر، مقدار کود بیشتری مصرف می‌گردد. پس از ده سال جمع‌آوری آمار عملکردها و هزینه‌های خرید کود و فروش ذرت در پنج منطقه نبراسکا، چنین جمع‌بندی نمودند که کوددهی براساس روش اصلاح کمبود عناصر غذایی (Critical level) در مقایسه با کوددهی در سه روش دیگر، به رغم آنکه میانگین عملکرد ذرت در ده سال در هر پنج منطقه تقریباً مشابه هم بوده و با یکدیگر اختلافی معنی‌دار نداشتند، لیکن هزینه‌های تهیه و مصرف کودها در روش اصلاح کمبود عناصر غذایی (Critical level) تقریباً نصف هزینه‌های کوددهی در مقایسه با سه روش دیگر بود. بنابراین، محققین دانشگاه نبراسکا چنین نتیجه‌گیری نمودند که مصرف کودهای فسفاتی براساس نتایج تجزیه خاک (مقدار مصرف کودهای فسفاتی زمانی توصیه می‌گردد که غلظت فسفر قابل استفاده خاک کمتر از سطح‌بحرانی آن بوده باشد. سطح‌بحرانی بهترین روش کوددهی، هم از جنبه‌های تولیدی، محیط‌زیستی، تولید پایدار و هم از جنبه‌های اقتصادی می‌باشد (دانشگاه نبراسکا، ۱۹۹۹).

پرسش ۷۴- با توجه به آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، چرا در مقطع فعلی بهتر است بجای سوپرفسفات تریپل وارداتی از سوپرفسفات ساده تولید داخل استفاده نمود؟

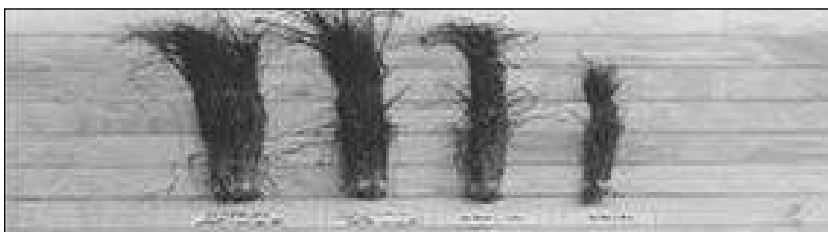
پاسخ ۷۴- با عنایت به نتایج حاصله از تحقیقات میدانی و تجربه شخصی از سه دهه تحقیق

و تفحص در مورد اثربخشی انواع کودهای فسفاتی در افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی، هم‌وزن دانستن فسفر با نیتروژن و پتاسیم توسط زارعین اشتباه بوده و برای تولید محصولات کشاورزی سالم، بهتر است نوع کودهای فسفاتی مصرفی حتی‌الامکان تغییر نموده و در راستای نیل به تولید پایدار، به جای سوپرفسفات‌تریپل وارداتی حاوی کادمیوم بالا، از کود سوپرفسفات ساده و یا کود میکروبی فسفاتی همراه با کودهای زیستی تولید داخل استفاده شود. زیرا فسفر کل در اکثر خاک‌های زراعی کشور بیشتر از ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. طبق بررسی‌های متعدد انجام گرفته در خاک‌های زراعی آهکی مناطق مختلف کشور میانگین فسفر کل خاک ۷۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود. از این مقدار ۸۰ درصد فسفر به شکل معدنی عمدتاً بصورت فسفات کلسیم تشکیل می‌داد. این امر مؤید آن است که بخش عمده کودهای فسفاتی مصرفی به شکل فسفر معدنی است و مقدار آن در خاک‌های سطحی بیشتر از خاک‌های عمقی است. بدیهی است این مقدار تحت تاثیر عوامل متعددی مخصوصاً درصد مواد آلی خاک است (پسندیده و همکاران، ۱۳۹۷).

بنابراین، در راستای تشویق کشاورزان برای تولید محصولات کشاورزی سالم، شرکت خدمات حمایت کشاورزی نسبت به عقد قرار داد برای تولید انواع کودهای فسفاتی تولید داخل از جمله سوپرفسفات ساده و میکروبی فسفاتی عاری از کادمیوم (Cd) به هنگام تدارک، اولویت به تهیه و توزیع این کودهای با ارزش تولید داخل اختصاص دهد.

پرسش ۷۵- در شالیزاری واقع در ایستگاه تحقیقات برنج آمل به‌رغم آنکه اوره مورد نیاز (۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار) به صورت تقسیط مصرف شده بود در قسمتی از شالیزار که پتاسیم مصرف نشده بود، رشد بوته‌های برنج طبیعی بوده و علائم رنگ پریدگی در آن‌ها مشاهده نمی‌گردید، ولی در قسمت دیگر همین شالیزار که پتاسیم مصرف شده بود، علائم کمبود نیتروژن در بوته‌های برنج مشاهده می‌گردید. دلیل یا دلایل آن را بیان نمایید.

پاسخ ۷۵- کودهای پتاسیمی سبب افزایش کارایی نیتروژن می‌گردند (شکل زیر). بدین ترتیب، چون نیتروژن در فعل و انفعالات تولید بکار می‌رود، لذا مصرف کودهای پتاسیمی، کارایی نیتروژن و در نهایت، نیاز به کودهای نیتروژنی را افزایش می‌دهد.



پرسش ۷۶- در یک مقاله علمی، سطح بحرانی پتاسیم را در شالیزارهای اندونزی ۱۲۰ میلی گرم

بر کیلوگرم گزارش نموده‌اند، آیا می‌توان این سطح بحرانی را برای خاک‌های شالیزاری شمال کشور نیز اعمال نمود؟ و چرا؟

پاسخ ۷۶- خیر، میزان سطح بحرانی پتاسیم به دلیل تثبیت پتاسیم در خاک به فاکتورهای متعددی از جمله بافت خاک، نوع و میزان رس‌های موجود مخصوصاً ترکیب مینرالوژیکی خاک‌های تحت کشت بستگی دارد. بنابراین، از آن جایی که کشور اندونزی دارای آب و هوای حاره بوده و رس‌های شالیزارهایش عمدتاً ۱:۱ و یا اکسیدهای آهن و آمونیوم است (این گروه دارای ظرفیت تبادل کاتیونی پایینی می‌باشند) و خاک‌های شالیزاری شمال کشور دارای رس‌های ۲:۱ گروه مونتموریلونیت و ایلیت هستند (این گروه دارای قدرت تثبیت‌کنندگی پتاسیم بالایی هستند)، لذا نمی‌توان سطح بحرانی پتاسیم در شالیزارهای اندونزی را برای شالیزارهای شمال کشور استفاده کرد. سطح بحرانی پتاسیم برای خاک‌های شالیزاری شمال کشور برای تولید یک عملکرد مطلوب بایستی بیشتر از ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد.

پرسش ۷۷- دو مزرعه در هفت تپه خوزستان در کنار یکدیگر قرار دارند. در اولی بیش از ۵۰ سال است که نیشکر کاشته می‌شود، ولی مزرعه دومی بکر بوده و جدیداً زیر کشت نیشکر رفته است. سطح بحرانی فسفر و یا پتاسیم را در این دو مزرعه برای برداشت ۱۲۰ تن نیشکر بر هکتار، چگونه تعیین می‌نمایید؟ توضیح دهید.

پاسخ ۷۷- چنانچه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مینرالوژیکی دو خاک (مخصوصاً ترکیب مینرالوژیکی خاک‌های تحت کشت) مشابه بوده و تنها سابقه کشت متفاوت باشد، تحت چنین شرایطی، عرضه عناصر غذایی در خاک بکر به مراتب، بیشتر خواهد بود. با افزایش درجه حاصلخیزی خاک (اضافه نمودن کود)، احتمال بازده اقتصادی تولیدات کشاورزی به ازای مصرف کود ناشی از افزایش تولید، کاهش می‌یابد. در صورت وجود کمبود، با کاهش غلظت یک عنصر غذایی در خاک، احتمال بازده اقتصادی تولیدات کشاورزی نسبت به مصرف کود افزایش می‌یابد. بنابراین، سطح بحرانی در خاک کشت شده کمتر و در خاک بکر بیشتر خواهد بود (سطح بحرانی پتاسیم به دلیل تثبیت پتاسیم در خاک به فاکتورهای متعددی از جمله بافت خاک، نوع و میزان رس‌های موجود مخصوصاً ترکیب مینرالوژیکی خاک‌های تحت کشت بستگی دارد). به عنوان مثال اگر سطح بحرانی پتاسیم در خاک کشت شده ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، در خاک بکر این رقم حدود ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خواهد بود. به عبارتی دیگر، با کاهش سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک، پاسخ تولید به مصرف کود افزایش خواهد یافت (Havlin و همکاران، ۲۰۰۵).

پرسش ۷۸- به نظر شما در مناطق ذرت کاری مانند استان کرمانشاه، اردبیل (مغان) و یا استان فارس، چرا علی‌رغم بالا بودن مقدار پتاسیم قابل جذب خاک، علائم کمبود پتاسیم در برگ و حتی در بلال‌های ذرت مشاهده می‌شود؟ راه حل واقعی چیست؟



پاسخ ۷۸- در این مناطق به علت آهکی بودن خاک‌ها، بالا بودن pH خاک، اثر متقابل کلسیم و منیزیم با پتاسیم و تثبیت این عنصر در بین لایه‌های رس‌های ۱:۲، گیاه توانایی لازم برای جذب این عنصر را نداشته و برنده واقعی خاک خواهد بود. علت بروز این مشکل این است که در مرحله گلدهی، ذرت نیاز پتاسیمی بالایی دارد. یعنی مقدار پتاسیمی که روزانه ذرت از خاک برداشت می‌نماید، بالا بوده و خاک توانایی تأمین این مقدار زیاد پتاسیم را ندارد. ذرت‌دانه‌ای در طول زمان خوشه‌دهی خود، روزانه حدود هشت کیلوگرم نیتروژن (N)، دو کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، شش کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ۶۰۰ گرم گوگرد (S)، ۲۳۰ گرم روی (Zn) و ۵۵ گرم بور (B) از خاک زیرکشت خود برداشت می‌نماید (Bender و همکاران، ۲۰۱۳) بنابراین، در این مرحله لازم است از کودهای پتاسیمی محلول نظیر کلرورپتاسیم، سولفات پتاسیم محلول و سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی استفاده شود.

راه حل: مصرف بهینه کودهای شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه خاک می‌باشد. با توجه به اینکه ذرت یک محصول پتاسیم دوست بوده و نیاز غذایی به این عنصر خیلی بالا است، پیشنهاد می‌شود حتماً علیرغم بالا بودن مقدار پتاسیم خاک، حداقل ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار کلرورپتاسیم (در مناطق غیرشور) و یا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم محلول تولید داخل (در مناطق شور) حداقل در دو تقسیط به همراه کود اوره همراه با آب آبیاری بصورت سرک مصرف گردد.

پرسش ۷۹- کشاورزی در سال ۱۳۸۹ در مزرعه ذرت خود در حومه جیرفت که با کم‌آبی نیز مواجه بود، بجای کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت از خاکستر استفاده نمود. در طول دوره رشد مشاهده شد در قطعاتی که خاکستر اضافه شده، نسبت به قطعاتی که این نهاده را دریافت نکرده بودند، شدت علائم تنش همچون سبزینگی برگ، رشد گیاه، پژمردگی و زاویه تماس برگ به ساقه طبق تصویر سمت راست، کمتر بود. با عنایت به یکنواخت بودن مزرعه از نظر درجه حاصلخیزی و خصوصیات فیزیکی شیمیایی، دلیل این تفاوت در دو مزرعه را در چه می‌دانید؟



نقش مصرف خاکستر (پتاسیم) در افزایش مقاومت بوته‌های ذرت نسبت به کم‌آبی. در تصویر سمت راست خاکستر همراه با آب آبیاری مصرف نشده لیکن در تصاویر وسطی و سمت چپ، خاکستر مصرف شده است (اهدایی جناب آقای دکتر بهرامی، ۱۳۹۰)

پاسخ ۷۹- با توجه به این که تنش خشکی در هر دو مزرعه حاکم بود، گیاه این خطر را با ترشح ABA به اندام‌های مختلف از جمله برگ و ریشه اطلاع داده تا سازگاری لازم به عمل آید. ریشه با افزایش کانال‌های آکوپورین سعی کرده ورود آب به گیاه را تسریع سازد. برگ نیز با بسته نگه داشتن روزنه‌های آبی که معمولاً در زیر برگ‌ها قرار دارند، سعی می‌کند از تلفات آب گیاه به شکل تعرق جلوگیری نماید (Marschner, ۱۹۹۵). این مکانیسم (بازو بسته‌شدن روزنه‌ها) در ارتباط مستقیم با وضعیت تغذیه‌ای گیاه از نظر عنصر غذایی پتاسیم است. نظر به این که در خاکستر گیاهان مقدار قابل توجهی پتاسیم وجود دارد، در قطعاتی که خاکستر دریافت کرده‌اند، گیاه به دلیل فراهمی پتاسیم توانسته با تنش خشکی سازگار شده و علائم تنش با شدت کمتری مشاهده شود. به عبارت دیگر، پتاسیم بر کاهش تنش‌های زنده و غیرزنده بسیار اثربخش بوده و اثرات مفید آن بر بهبود کیفیت محصول، افزایش کارایی آب، مقاومت به تنش خشکی، افزایش مقاومت به سرمازدگی، آفات و بیماری‌ها ثابت شده است (در زمانی که آمریکا تحت استعمار انگلستان بود، دولت انگلیس برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی، درختان جنگل‌های آمریکا را می‌سوزانید و سپس خاکستر آن‌ها را با کشتی به انگلستان حمل و در مزارع و باغ‌ها برای تأمین نیاز پتاسیمی گیاهان زراعی و باغی مصرف می‌نمود).

پرسش ۸۰ - چرا کانی‌شناسی مهم است؟

پاسخ ۸۰- زیرا با تشخیص نوع کانی به خصوصیات شیمیایی و مینرالوژیکی آن خاک بهتر پی می‌بریم. نوع کانی در توصیه کودی نیز نقش مهمی دارد. مثلاً نوع رس اگر کائولینیت باشد، مصرف کود کم و اگر نوع رس مونتموریلونیت (۲:۱) باشد، مصرف یک‌باره کود را بیشتر می‌دهیم. چون رس ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد.

پرسش ۸۱- نقش افزایش عملکرد هکتاری کودهای نیتروژنی، فسفاتی، تلفیقی کودهای پتاسیمی و روی در محصولات زراعی را چگونه ارزیابی می‌نماید؟

پاسخ ۸۱- با عنایت به نتایج حاصله از تحقیقات متعدد میدانی در طول ۲۵ ساله اینجانب و همکاران که در خاک‌های زراعی ایران انجام گرفته، به دو بعد مهم **(الف)** مقایسه اثربخشی کودهای پرمصرف در میزان افزایش عملکرد هکتاری و **(ب)** سهم هر یک از کودهای پرمصرف در تولید محصولات کشاورزی سالم با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، در زیر اشاره می‌شود:

(الف) مقایسه اثربخشی کودهای پرمصرف در میزان افزایش عملکرد هکتاری: مصرف بهینه کودهای نیتروژنی (مصرف نامتعادل کودهای نیتروژنی و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی، تجمع نیترات را در محصولات کشاورزی تسریع می‌کند - Malakouti و همکاران، ۲۰۱۱) همپای کودهای سولفات پتاسیم (پتاسیم عنصر استحکام و کیفیت است) + سولفات روی سبب افزایش حدود ۵۰ درصد در عملکرد هکتاری محصولات زراعی می‌شوند، لیکن، اثربخشی کودهای فسفاتی با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، هنگامی که مقدار فسفر قابل استفاده خاک زراعی حدود پنج میلی گرم بر کیلوگرم است، از ۲۰ درصد تجاوز نمی‌نماید. زیرا نیاز گیاهان به فسفر کم

و در حدود یک دهم نیتروژن و پتاسیم است. از طرف دیگر، برعکس کودهای فسفاتی، مصرف بیش از نیاز کودهای پتاسیمی نه تنها عملکرد کمی - کیفی را کاهش نمی‌دهد، بلکه مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده افزایش می‌دهد (محاسن مصرف تلفیقی سولفات پتاسیم و سولفات روی عبارتند از افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، کاهش آلاینده‌هایی به‌ویژه کادمیوم و افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها). (ب) سهم هر یک از کودهای پرمصرف در تولید محصولات کشاورزی سالم: درحالی که مصرف تلفیقی کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی سبب بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می‌شوند. لیکن، هنگامی که مقدار فسفر کل خاک قابل توجه و فسفر قابل استفاده خاک زراعی از پنج میلی گرم بر کیلوگرم بیشتر می‌شود، با مصرف مقادیر بیشتر کودهای فسفاتی حاوی کادمیوم، علاوه بر کاهش عملکرد هکتاری به دلیل نقش آنتاگونیسمی آن با روی (Zn)، کیفیت محصولات زراعی مخصوصاً درصد ماده خشک در غده‌های سیب‌زمینی کاهش، غلظت کادمیوم در محصولات کشاورزی و میزان اسید فیتیک و خصوصیات نامطلوب تغذیه‌ای در گندم و حبوبات نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، در خاک‌هایی که غلظت فسفر قابل استفاده در آن‌ها بیشتر از پنج میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد، دیگر نیازی به مصرف مقدار بالای (عرف زارعین) کودهای فسفاتی از جمله سوپرفسفات تریپل وارداتی نخواهد بود (در عرف زارعین همپا و یا هم‌وزن دانستن فسفر با نیتروژن و پتاسیم، فرهنگ اشتباهی است که باید اصلاح شود). بنابراین، برای تامین فسفر مورد نیاز سیب‌زمینی به‌منظور کسب عملکرد مطلوب به مقدار کمتری سوپرفسفات ساده نیاز می‌باشد که با مصرف مقدار کمتری خاک‌فسفات در خاک‌های حتی آهکی بصورت نواری و همراه با گوگرد آلی حتی برای عملکرد هکتاری مطلوب، نیاز فسفر گیاه تامین می‌گردد. بنابراین، میزان افزایش عملکرد هکتاری سیب‌زمینی در اثر مصرف کودهای فسفاتی با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، فقط ۱۰ تا ۲۰ درصد است. با مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی علاوه بر اثرهای آنتاگونیسمی با روی، درصد ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی کاهش (افت کیفیت)، جذب روی دچار مشکل شده و غلظت آلاینده‌هایی نظیر کادمیوم در محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵).

پرسش ۸۲- در مقطع فعلی که کودهای پرمصرف با یارانه توزیع می‌شوند، هزینه کود در شرایط کوددهی سنتی و مصرف بهینه کود در ایران، چند درصد تولیدات کشاورزی است؟ اگر یارانه از کودهای پرمصرف و مصرف بهینه کودی رعایت گردد، این درصد چقدر تغییر خواهد نمود و اگر مصرف تغییرات درآمدی کشاورزان را توضیح دهید؟

پاسخ ۸۲- در جهان ۲۷ درصد کودهای مصرفی را کودهای کامل (NPK) تشکیل می‌دهند. لیکن، در اروپا ۳۱ درصد کودهای مصرفی را کودهای کامل، ۱۸ درصد را NP و ۱۰ درصد را PK در جمع حدود ۵۰ درصد کل کودهای مصرفی را کودهای ترکیبی تشکیل می‌دهند. درحالی که در آمریکا ۲۴ درصد هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی را قیمت کودها تشکیل می‌دهد، این رقم در ایران با کوددهی

سنتی حدود ۱۰ درصد است. در ایران در شرایط فعلی که کودهای پرمصرف به صورت یارانه‌ای توزیع می‌گردند، با فرض آنکه در کوددهی سنتی، زارعین ۵۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار برای کشت هر هکتار گندم، کود مصرف کرده باشند. چون میانگین تولید هکتاری گندم در مزارع آبی کشور حدود سه تن و قیمت فروش آن ۱۲,۰۰۰ ریال می‌باشد (قیمت کودهای یارانه‌ای به طور متوسط هر کیلوگرم ۱۰,۰۰۰ ریال است). بنابراین، هزینه خرید کود به شرح زیر خواهد بود:

$$\text{هزینه خرید کود با یارانه (ریال)} = 500000 = 500 \times 1000$$

$$\text{قیمت فروش گندم (ریال)} = 360000 = 3000 \times 12000$$

$$X_1 = (500000 \times 100) \div 360000 = 14 \text{ (درصد)}$$

لیکن در شرایط غیریارانه‌ای که قیمت کودهای پرمصرف حدود دو برابر می‌شود. تحت چنین شرایطی:

$$\text{هزینه خرید کود با یارانه (ریال)} = 1000000 = 500 \times 2000$$

$$\text{قیمت فروش گندم (ریال)} = 360000 = 3000 \times 12000$$

$$X_p = (1000000 \times 100) \div 360000 = 28 \text{ (درصد)}$$

ولی اگر کشاورزان مصرف بهینه کود را رعایت نمایند، میانگین عملکرد گندم حداقل به پنج تن بر هکتار افزایش یافته و چون کیفیت گندم‌های تولیدی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، قیمت خرید این گندم به جای ۱۲۰۰۰ ریال ۱۵۰۰۰ ریال خواهد بود. در مقابل علاوه بر ۵۰۰ کیلوگرم کودهای پرمصرف، کشاورزان از ۲۰۰ کیلوگرم سایر کودها از جمله کودهای ریزمغذی، گوگردی و زیستی استفاده خواهند نمود. اگر میانگین قیمت کودهای اضافی به ازاء هر کیلوگرم ۲۰۰۰ ریال باشد، تحت چنین شرایطی در حالت یارانه‌ای و غیر یارانه‌ای به شرح زیر خواهد بود:

$$\text{قیمت خرید سایر کودها (ریال)} = 400000 = 200 \times 2000$$

$$\text{هزینه خرید کودهای پرمصرف یارانه‌ای (ریال)} = 500000 = 500 \times 1000$$

$$\text{هزینه خرید تمام کودها (ریال)} = 900000 = 400000 + 500000$$

$$\text{قیمت فروش گندم (ریال)} = 750000 = 5000 \times 15000$$

$$X_1 = (900000 \times 100) \div 750000 = 12 \text{ (درصد)}$$

$$\text{قیمت خرید سایر کودها (ریال)} = 400000 = 200 \times 2000$$

$$\text{هزینه خرید کودهای پرمصرف یارانه‌ای (ریال)} = 1000000 = 500 \times 2000$$

$$\text{هزینه خرید تمام کودها (ریال)} = 1400000 = 400000 + 1000000$$

$$\text{قیمت فروش گندم (ریال)} = 750000 = 5000 \times 15000$$

$$X_p = (1400000 \times 100) \div 750000 = 18 \text{ (درصد)}$$

پرسش ۸۳- مناسب‌ترین مراحل مصرف کودهای نیتروژنی و پتاسیمی را در گندم نام ببرید؟

پاسخ ۸۳- در مزارع گندم بهتر است کودهای نیتروژنی در چهار مرحله مصرف گردند (۲۵ درصد قبل از کاشت (Pre-plant)، ۲۵ درصد در مرحله پنجه‌دهی (Tillering)، ۲۵ درصد در مرحله ساقه‌دهی

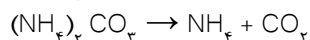
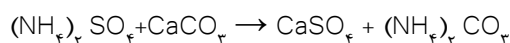
۳۴۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

(Stem elongation) و ۲۵ درصد بقیه در زمان ظهور خوشه (Heading). لیکن، در مورد کودهای پتاسیمی، بهتر است در سه مرحله مصرف گردند (۵۰ درصد قبل از کاشت (Pre-plant) از منبع سولفات پتاسیم؛ ۲۵ درصد در مرحله پنجه‌دهی (Tillering) و ۲۵ درصد بقیه در حد فاصل بین مراحل ظهور خوشه (Heading) و گلدهی (Flowering) از منبع کلرورپتاسیم).

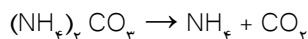
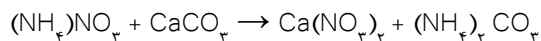
پرسش ۸۴- سرنوشت کودهای اوره، سولفات آمونیوم و نیتрат آمونیوم در خاک‌های آهکی را پس از مصرف با ذکر واکنش‌های مربوطه توضیح دهید. کدام یک از این سه کود را شما در باغ‌ها و مزارع به ترتیب اولویت معرفی می‌نمایید؟

پاسخ ۸۴- اوره پس از مصرف در خاک‌های آهکی و انجام آبیاری عمدتاً با کمک آنزیم اوره‌آز ابتدا طبق واکنش‌های زیر ابتدا تبدیل به کربنات آمونیوم، سپس آمونیوم و در نهایت گاز آمونیاک می‌گردد (Havlin و همکاران، ۲۰۰۵).

هنگامی که کود سولفات آمونیوم به خاک‌های آهکی افزوده می‌شود، سولفات کلسیم تولیدی باعث تعدیل نسبی pH می‌گردد.



هنگامی که کود نیترات آمونیوم به خاک‌های آهکی افزوده می‌شود، آمونیاک بیشتری تولید می‌گردد. هدرروی گاز آمونیاک در این کود کمتر است



از میان سه کود نیتروژنه فوق سولفات آمونیوم بهترین بوده و بعد از آن نیترات آمونیوم قرار دارد. مصرف نیترات آمونیوم در مناطق سردسیری و دیم‌زارها در اوایل بهار که درجه حرارت خاک پایین بوده و ریشه‌ها هنوز فعالیت جذبی خود را شروع ننموده‌اند، به دلیل داشتن نیترات برای رشد اولیه گیاه بسیار سودمند می‌باشد.

پرسش ۸۵- اثرات مثبت مصرف کودهای پتاسیمی در مقابله با گرمای بهاره در مزارع گندم استان گلستان را تشریح نمایید.

پاسخ ۸۵- طبق اظهار رییس محترم سازمان جهاد کشاورزی گرگان، در اوایل بهار سال ۱۳۹۴ پس از گرمای شدید در چند روز اول اردیبهشت ماه ۹۴، در یک قسمت از مزرعه گندم مصرف سرک ۱۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار کلرورپتاسیم انجام و قسمت دیگر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از برداشت گندم مشاهده گردید در قطعاتی که در آن‌ها کلرورپتاسیم بصورت سرک مصرف شده بود، علاوه بر افزایش تحمل بوته‌های گندم به سرما و کاهش درصد ورس، عملکرد هکتاری گندم نیز به طور معنی داری بیشتر شده بود.

پرسش ۸۶- در اواخر تیر ماه ۱۳۹۴، به دنبال وقوع بارندگی و جاری شدن آب در رودخانه‌ها

و در شالیزارهای مازندران، مشاهده گردید که در برخی از شالیزارها خوابیدگی (ورس) بوته‌های برنج اتفاق افتاده است. لیکن، در برخی دیگر بوته‌های برنج در حالت طبیعی به رشد خود ادامه دادند علت و یا علل خوابیدگی این بوته‌های برنج را بنویسید.

پاسخ ۸۶- در بررسی و پرسش از صاحبان شالیزارها چنین استنباط گردید که شالیزارهایی که در آن‌ها فقط از کودهای اوره و فسفات آمونیوم استفاده شده بود، پدیده خوابیدگی (ورس) بوته‌ها رخ داده بود. لیکن، در مزارعی که شالیکاران مصرف بهینه کودی به‌ویژه مصرف کودهای پتاسیمی (سولفات پتاسیم قبل از کاشت و کلرور پتاسیم به‌طور سرک همزمان با مصرف کود اوره) و سولفات روی را رعایت کرده بودند، خوابیدگی اتفاق نیفتاده بود. بدیهی است پس از برداشت، عملکرد هکتاری در این شالیزارها در مقایسه با بقیه از عملکرد هکتاری بسیار بیشتری برخوردار بوده و درصد نیمه دانه نیز در این شالیزارها بسیار ناچیز خواهد بود.

پرسش ۸۷- نقش تغذیه بهینه در کاهش اثرات مخرب تنش‌های محیطی (خشکی و یخبندان) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم قاملو- کردستان را توضیح دهید؟

پاسخ ۸۷- در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، ریزش نزولات جوی و دمای مناسب در پاییز، شرایط خوبی را برای شروع رشد و نمو گیاهان زراعی پاییزه (غلات دیم)، در منطقه فراهم نمود به گونه‌ای که حداقل تلفات جوانه‌زنی را در استان شاهد و گندم از لحاظ تراکم در واحد سطح در وضعیت بسیار مناسبی قرار داشت. اما متأسفانه، طی زمستان و بهار، میزان ریزش‌ها کاهش چشم‌گیری داشته و به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از حد نرمال سالانه بود (نسبت به میانگین بلند مدت ۱۲۱ میلی‌متر کاهش نشان داد). علاوه بر خشکی مفرط، وقوع یخبندان در دهه اول اردیبهشت همزمان با مرحله ساقه‌دهی، خسارت بسیار سنگینی را بر مزارع گندم استان و از جمله مزارع غلات دیم وارد نمود. استفاده از روش محلول‌پاشی با کودهای میکرو و کود اوره (بلافاصله پس از بروز یخبندان) سبب شد تا سطح سبز تخریب شده مجدداً بازسازی شده و گندم در بهترین شرایط خود نسبت به مزارع زارعین قرار گیرد. شاهد این ادعا هم مزرعه مجاور ایستگاه و همچنین یک قطعه از مزرعه داخل ایستگاه می‌باشد که چنین اقدامی در آن انجام نشده بود. به عنوان مثال در شرایطی که میانگین تولید گندم و جو در منطقه کمتر از ۷۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار بود میزان تولید جو دیم رقم آبی‌در در ایستگاه به بیش از ۱۷۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار رسید (در شرایط کاملاً دیم و بدون آبیاری تکمیلی). همچنین میزان عملکرد گندم آذر ۲ در مزرعه شاهد داخل ایستگاه که هیچ نوع عملیات تغذیه‌ای بعد از بروز تنش یخبندان روی آن انجام نشده بود به ۷۶۹ کیلوگرم کود بر هکتار رسید در حالی که میانگین عملکرد این رقم در پنج آزمایش جداگانه در آزمایش‌های به‌نژادی که محلول‌پاشی انجام شد، معادل ۲۱۱۴ کیلوگرم کود بر هکتار شد (تصاویر زیر).



بهبود و ترمیم رشد گندم بعد از انجام محلول پاشی با کودهای اوره و ریزمغذی‌ها (سدی، ۱۳۹۴)



خسارت سرما در قطعه‌ای از مزرعه شاهد که در آن محلول پاشی انجام نشده بود (سدی، ۱۳۹۴)

پرسش ۸۸- شرکتی سالانه دو میلیون تن اسید سولفوریک غلیظ تولید و از شما می‌خواهد به عنوان یک متخصص کود و تغذیه گیاهی، موارد مصرف آن را بیان کنید. پیشنهاد شما به عنوان یک متخصص تغذیه گیاهی و کود برای این شرکت چه خواهد بود؟

پاسخ ۸۸- اسید سولفوریک تولیدی این شرکت می‌تواند در اختیار شرکت‌های تولیدکننده کود شیمیایی قرار بگیرد تا برای تولید کود اوره با پوشش گوگردی (به شرط نزدیکی منبع آمونیوم)، کودهای سولفاتی (مانند سولفات آمونیوم، سولفات پتاسیم، سولفات آهن، سولفات روی و سایر کودهای سولفاتی)، کود سوپرفسفات ساده (به شرط نزدیکی منابع خاک فسفات) و همچنین برای تبدیل کلروپتاسیم به سولفات پتاسیم با استفاده از روش مانه‌پاش استفاده شود. از آن جایی که کودهای سولفاتی برای خاک‌های ایران بسیار ضروری می‌باشند، تولید کودهای سولفاتی برای این شرکت‌ها در حد مورد نیاز کشور، سودآور خواهد بود، ضمناً نظر به کاربرد وسیع سولفات سدیم در تولید پودرهای شوینده و نیاز فراوان کشور به این نوع پودرهای شوینده، کاربرد اسید سولفوریک برای تولید سولفات سدیم مورد نیاز است. یکی دیگر از موارد مصرف اسید سولفوریک، استفاده از آن در تولید اوره اسیدی شده با نام تجاری (N-pHUr) می‌باشد.

پرسش ۸۹ - چرا با وجود کلسیم کافی در خاک‌های ایران، درختان میوه بخصوص میوه سیب، دچار کمبود کلسیم می‌گردند؟

پاسخ ۸۹- عناصر غذایی به دو طریق به اندام‌های گیاهی مثل برگ و یا میوه وارد می‌شوند. ورود این عناصر از طریق آوندهای چوبی و یا آبکش صورت می‌گیرد. بعضی از عناصر نظیر پتاسیم (عناصر Mobile) به راحتی می‌توانند هم در آوندهای چوبی و هم در آوندهای آبکشی حرکت نموده و به اندام‌های مورد نیاز گیاه برسند ولی بعضی از عناصر غذایی نظیر کلسیم به علت تثبیت در واکوئل و در غشاء سیتوپلاسمی، از طریق آوند آبکشی نمی‌توانند به میوه سیب برسند و فقط قادرند از طریق آوند چوبی به اندام مورد نظر حرکت نمایند. بدین علت است که غلظت کلسیم در مراحل رشد گیاه در آوندهای چوبی بیشتر از آوندهای آبکشی است. میوه‌های گوشتی مثل سیب، چون شدت تعرق پایینی داشته و سرعت جریان شیر خام بستگی به شدت تبخیر و تعرق

دارد، بنابراین، مقدار و یا حجم جریان شیره خام به این اندام‌ها کمتر می‌باشد و مقدار کلسیم وارده کفاف نمی‌دهد، بخصوص زمانی که میوه سریعاً درشت می‌شود، حتی اگر کلسیم روی برگ پاشیده شود به میوه منتقل نمی‌شود، بلکه بایستی حتماً روی میوه محلول‌پاشی شود. بنابراین محلول‌پاشی کلرورکلسیم با غلظت سه الی پنج در هزار، حداقل ۵ بار در طول رشد درختان میوه، همه‌ساله بایستی اجباری اعلام گردد (هر چه درجه حرارت محیط بیشتر باشد تعداد دفعات محلول‌پاشی کلسیم بیشتر خواهد بود).

پرسش ۹۰- در جدول زیر، میانگین غلظت منیزیم قابل استفاده در خاک‌های مختلف زراعی کشور با اقلیم مختلف، مقدار منیزیم در آب آبیاری و برگ گیاهان مختلف را نشان می‌دهد. وضعیت منیزیم قابل استفاده خاک‌های زراعی را از بعد تغذیه‌ای، تجزیه و تحلیل نمایید؟

مکان نمونه‌برداری خاک	منیزیم قابل استفاده خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	مکان نمونه‌برداری آب	منیزیم آبیاری* (میلی گرم بر لیتر)	مکان نمونه‌برداری برگ و میوه	منیزیم در برگ و میوه (درصد)
خاک زراعی قراخیل (میانگین)	۱۳۰	آب آبیاری در مازندران (میانگین)	۱۲ <	منیزیم در برگ‌های برنج	۰/۱۵
خاک زراعی دشت ناز (میانگین)	۲۱۷	آب رودخانه زاینده رود	۶	منیزیم در برگ‌های گندم	۰/۲۰
خاک اراضی زراعی غیرشور (آهکی)	۳۵۰	آب‌چاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس	۴	منیزیم در برگ‌های پرتقال	۰/۲۵
خاک مزرعه در جلگه‌رخ - خراسان	۳۹۰	آب چاه مزرعه در جلگه‌رخ (خراسان)	۳۱	منیزیم در برگ‌های سیب	۰/۴۰
خاک اراضی زراعی حاشیه کویر	۴۵۰	آب رودخانه زرينه رود	۳۵	منیزیم در برگ‌های مرکبات جنوب	۰/۵۰ >
خاک اراضی زراعی خسروشهر	۴۲۵	آب چاه عمیق در جنوب کرج	۱۴	منیزیم در برگ‌های زیتون	۰/۶۰ >
خاک اراضی زراعی حومه مرند	۲۱۰	آب چاه عمیق مرند	۲۲	منیزیم در برگ‌های پسته	۰/۶۵ >
سطح مطلوب	۵۰۰ >	سطح مطلوب	۲۰ >	سطح مطلوب در برگ	۰/۲۵ >

* برخلاف تصور، غلظت منیزیم در آب‌های رودخانه و چاه در مازندران شاید به دلیل منشأ پیدایش آن‌ها (رشته کوه‌های البرز)، بیشتر بود.
 ** اگر مقدار آب مصرفی برای یک محصول زراعی و یا باغی ۴۰۰۰ مترمکعب در سال و مقدار منیزیم آب آبیاری در مناطق غیرشور ۱۲ میلی گرم بر لیتر باشد، مقدار منیزیم ورودی به خاک زراعی توسط آب آبیاری در هر سال زراعی بالغ بر ۴۸ کیلوگرم در سال خواهد شد.
 *** بدینوسیله از همکاری‌های ارزشمند همکاران در موسسه تحقیقات خاک و آب در اقصی نقاط کشور به‌ویژه جناب آقای دکتر محمودی و سرکاران خانم‌ها مهندس طالبی دانشجوی دکتری و طبیب‌زاده کارشناس ارشد آزمایشگاه گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس که در اندازه‌گیری مقدار منیزیم خاک و آب در سطح کشور اینجانب را مساعدت نموده‌اند، تقدیر و تشکر می‌شود.

پاسخ ۹۰- دربرخی از منابع علمی برای غلظت عناصرغذایی قابل استفاده خاک از جمله منیزیم (Mg)، ارقام متضادی درج گردیده است. نظر به این‌که، غلظت منیزیم قابل استفاده در خاک با روش استات

آمونیم اندازه گیری می گردد، لذا غلظت منیزیم در خاک های زراعی زیر کشت در اقلیم مرطوب و یا در خاک های زراعی شنی با آبیاری سنگین به ویژه در شمال و غرب کشور که زیر کشت گیاهان پرتوقع نظیر دانه های روغنی بوده، بسیار کاهش یافته است. لیکن در مقابل، در خاک های حاشیه کویر و یا برخی از مناطق خشک کشور که آب آبیاری آن ها از چاه های عمیق با درجه شوری بالا تأمین می گردد، در این قبیل آب ها، مقدار منیزیم بسیار بالا بوده (بیش از ۵۰ میلی گرم بر لیتر) به طوری که نسبت منیزیم به کلسیم (Ca/Mg) که می بایستی بالاتر از یک می شد، در این مناطق به مراتب به کمتر از یک کاهش یافته است. بنابراین، در اقلیم مرطوب و اراضی زراعی غرب کشور با بافت سبک که غلظت منیزیم قابل استفاده آن ها با روش استات آمونیوم به کمتر از ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم کاهش یافته، با ملحوظ نمودن مقدار منیزیم آب آبیاری، مصرف سرک سولفات منیزیم حداقل به میزان ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار در هر سال زراعی توصیه می گردد.

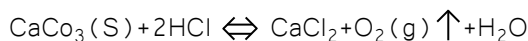
پرسش ۹۱- چرا میوه های گوجه فرنگی در مناطق عمده کشت گوجه فرنگی (جنوب کشور) با بیماری پوسیدگی گل گاه مواجه هستند؟ راه حل چیست؟

پاسخ ۹۱- این یک بیماری غیرانگلی گوجه فرنگی است. پوسیدگی ته میوه گوجه فرنگی در اثر کمبود کلسیم در میوه در حال نمو به دلیل عدم جذب این عنصر ضروری رشد از خاک و آبیاری نامنظم می باشد. به عبارت دیگر پوسیدگی ته میوه گوجه فرنگی در اثر کمبود کلسیم در خاک یا به علت عدم توانایی گیاه در جذب کلسیم از خاک به دلیل تنش می باشد. موارد پوسیدگی ته میوه گوجه فرنگی، بیشتر در بوته هایی دیده می شود که در خاک هایی با زه کشی ضعیف و با مقدار کلسیم کم، کشت شده باشد. سرد شدن خاک موجب بیشتر شدن این عارضه در گوجه فرنگی می شود. انجام سله شکنی یا وجین علف های هرز نزدیک به بوته گوجه فرنگی، موجب آسیب دیدن ریشه ها شده و این عارضه بیشتر می شود. به طور کلی پوسیدگی ته میوه وقتی شدیدتر می شود که نیتروژن به مقدار خیلی زیاد مصرف شده باشد و این مشکل می تواند در هر مرحله از نمو میوه به وجود آید. اما بیشتر در مرحله یک سوم تا یک دوم رویش میوه دیده می شود. اولین علامت پوسیدگی گل گاه میوه، ظاهر آفتاب سوخته در ته میوه می باشد. این لکه در ته میوه بزرگ شده و به رنگ قهوه ای تیره تا سیاه در می آید. پوست لکه پوسیده، خشک و چرم مانند می گردد. برای رفع کمبود کلسیم و عوارض ناشی از آن لازم است نسبت به مصرف کلرور کلسیم به صورت برگ پاشی با غلظت ۵ در هزار بر هکتار در مرحله فندقی شدن میوه گوجه فرنگی و به تعداد ۲ تا ۳ بار اقدام شود.

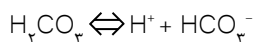
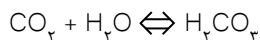
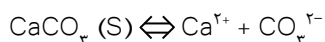
پرسش ۹۲- خاک های آهکی را تعریف نمایید. چرا در خاک های آهکی، گیاهان با کمبود عناصر غذایی غیربویا به ویژه ریزمغذی ها مواجه می باشند؟

پاسخ ۹۲- خاک های آهکی خاک هایی هستند که در نیمرخ آن ها کربنات کلسیم آزاد (آهک) وجود دارد. اگر بر روی چنین خاکی اسید معدنی نظیر اسید کلریدریک ریخته شود، حالت جوشش و خیسبی در آن مشاهده می شود که این جوشش و خیسبی ناشی از آزاد شدن گاز CO_2 و تولید آب در اثر حل

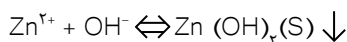
شدن آهک در اسید طی واکنش زیر می‌باشد. انحلال آهک موجب افزایش pH تا حدود ۱۰ می‌شود. از طرف دیگر، انحلال CO_2 هوا موجب کاهش pH می‌گردد. بنابراین، تعادل بین آهک، فشار جزئی CO_2 و حضور سایر ترکیبات معدنی - آلی موجب می‌شود که pH خاک‌های آهکی تقریباً بین ۷/۵ تا ۸/۲ ثابت بماند (Lindsay, ۲۰۰۱):



بنابراین، در خاک‌های آهکی وقوع دو اتفاق به شرح زیر موجب افزایش pH محلول خاک می‌شود: **الف)** با انحلال کربنات کلسیم و CO_2 در آب، مقداری کربنات و بی‌کربنات رها می‌شود که واکنش آن‌ها با عناصر ریزمغذی موجب کاهش شدید حلالیت ترکیبات حاصله شده و در نتیجه گیاهان با کمبود این عناصر غذایی مواجه می‌گردند:



ب) در حضور کربنات کلسیم و بی‌کربنات در محلول خاک، یون‌های هیدروکسید (OH^-) بیشتری تولید می‌شود که خود عامل مهمی در افزایش pH محلول خاک بوده و در نهایت سبب تولید رسوب نمک‌های کربناتی از جمله کربنات روی می‌شود. کربنات روی (ZnCO_3) در مقایسه با نمک‌های سولفاتی از جمله سولفات روی (ZnSO_4) دارای درجه حلالیت بسیار پایین‌تری می‌باشد.



به عبارت دیگر، با وقوع این قبیل واکنش‌ها در محلول خاک، قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر غذایی غیرپویا به‌ویژه ریزمغذی‌ها از جمله روی (Zn) موجود در خاک برای گیاهان به شدت کاهش می‌یابد. به‌طور مثال، در حالیکه درجه حلالیت سولفات روی در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد برابر ۵۴۰ گرم است، پس از مصرف سولفات روی در خاک‌های آهکی طبق واکنش فوق، نمک کربنات روی که درجه حلالیت آن کمتر از نیم گرم بر لیتر است، تشکیل و رسوب می‌نماید. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد درجه حلالیت انواع نمک‌ها به جدول حلالیت - Solubility table در تارنمای (وب سایت) www.wikipedia.org مراجعه فرمایید.

پرسش ۹۳- چرا محصولات کشاورزی تولیدی در ایران از عناصر ریزمغذی تقریباً تهی هستند؟

پاسخ ۹۳- به دلیل آهکی بودن خاک‌های زیر کشت محصولات زراعی و باغی، pH بالا، فراوانی کربنات کلسیم، کمی مواد آلی و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی مخصوصاً نبود کودهای ریزمغذی در برنامه کوددهی زارعین و باغداران کشور، تنش خشکی و بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، pH محیط ریزوسفر بسیار بالا بوده و چون حلالیت عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها تحت این شرایط بسیار پائین می‌باشد، بنابراین محصولات کشاورزی

تولیدی از نظر این عناصر غذایی فقیر می‌باشند.

پرسش ۹۴- تحت چه شرایطی کودهای زیستی حاوی روی (Bio-Zn) جایگزین موثری برای کودهای شیمیایی حاوی روی (Zn) خواهند شد؟

پاسخ ۹۴- در شرایطی که منابع روی (Zn) موجود در خاک بالا باشد، میکروارگانیزم‌های موجود در کودهای زیستی حاوی روی (Zn) می‌توانند با داشتن مکانیسم‌هایی از قبیل تولید هورمون اکسین، تولید و ترشح مواد کلات‌کننده و سیدروفور، اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک و مخصوصاً اسید دوکتوگلوکونیک، افزایش میزان پروتون، عنصر روی (Zn) را از منابع نامحلول و کم محلول موجود در خاک استخراج و باعث افزایش غلظت روی (Zn) در گیاه شوند. این کودها به شرط رعایت اصول صحیح مصرف (تلقیح بذری) و مصرف متعادل دیگر عناصر غذایی، عملکرد محصول را به‌طور رضایت‌بخشی افزایش می‌دهند.

پرسش ۹۵- با مصرف زیادی کودهای فسفاتی، کمبود روی (Zn) مطرح می‌گردد. چرا؟

پاسخ ۹۵- در حالت طبیعی که مقدار فسفر و روی قابل استفاده در خاک به اندازه نیاز گیاه باشد، واکنش منفی میان فسفر و روی مشاهده نمی‌شود. واکنش منفی اکثراً مربوط به مقادیر زیاد فسفر و یا مصرف آن در خاک‌هایی است که از نظر روی با کمبود مواجه هستند. چه جذب بالای فسفر باعث کاهش جذب روی می‌گردد. اثر رقیق شدن ناشی از مصرف فسفر که سبب افزایش رشد و کاهش غلظت نسبی روی در گیاه می‌گردد. اثر کاتیون‌های همراه فسفر که عمدتاً کلسیم است، می‌تواند از جذب روی (Zn) بکاهد، اثر تثبیت‌کنندگی فسفات که سبب جذب سطحی روی می‌گردد. اگر میزان فسفر مصرف شده، زیاد باشد با روی (Zn) تولید ترکیبات نامحلول فسفات روی $Zn_3(PO_4)_2$ می‌نماید و میزان انتقال روی از ریشه به اندام هوایی کاهش می‌یابد. در اثر مصرف کودهای فسفاتی، رشد و فعالیت قارچ‌های میکوریزی کاهش می‌یابد. در نتیجه از جذب روی (Zn) کاسته می‌شود. همچنین، زیادی فسفر سبب کاهش غلظت و جذب روی در گیاه می‌گردد. اثرات زیانبارتر کمبود روی زمانی که با pH بالا همراه باشد، بیشتر نمایان می‌شود. اثر منفی بر وضعیت روی در گیاه را به غیرمتحرک شدن روی در خاک، ممانعت از جذب روی توسط ریشه و جلوگیری از حرکت آن از ریشه به ساقه و برگ به شرایط زیادی فسفر مربوط میدانند. واکنش میان فسفر و روی، اکثراً مربوط به مقادیر زیاد فسفر و یا مصرف آن در خاک‌هایی است که از نظر روی با کمبود مواجه هستند. جذب بالای فسفر باعث کاهش جذب روی می‌گردد.

پرسش ۹۶- یک متخصص تغذیه گیاهی سطح بحرانی منگنز را از دو الی هشت میلی گرم بر کیلوگرم بیان نموده است، علت آن چیست؟ در چه شرایطی سطح بحرانی منگنز می‌تواند دو و در چه شرایطی می‌تواند هشت میلی گرم بر کیلوگرم باشد؟

پاسخ ۹۶- قابلیت جذب منگنز در خاک به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهمترین آن pH می‌باشد. در خاک‌های اسیدی قابلیت جذب آن زیاد و در خاک‌های آهکی قابلیت جذب آن

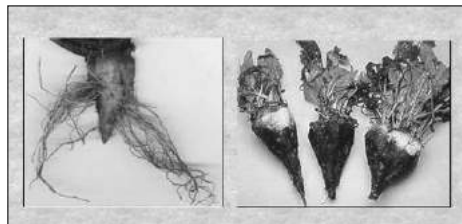
بسیار کم است. پس سطح بحرانی آن در این دو نوع خاک متفاوت است (سطح بحرانی در خاک به فاکتورهای متعددی از جمله بافت خاک، نوع و میزان رس‌های موجود مخصوصاً ترکیب مینرالوژیکی خاک‌های تحت کشت بستگی دارد). بنابراین، سطح بحرانی منگنز در خاک‌های اسیدی می‌تواند دو و در خاک‌های آهکی می‌تواند تا هشت میلی گرم بر کیلوگرم متغیر باشد.

پرسش ۹۷- در قسمتی از شالیزار مازندران که دارای خصوصیات خاک مشابه بوده و رقم مورد کشت نیز ندا بود، با آب رودخانه هراز و در قسمتی دیگر همان شالیزار با آب چاه حفر شده در محل، آبیاری می‌گردید. در اواخر خرداد ماه (زمان رشد برنج)، در قسمتی از مزرعه که با آب چاه محل آبیاری می‌گردید، علائم کمبود روی در شالیزار به‌طور مشخص قابل تشخیص بود ولی در قسمت دیگر مزرعه که با آب رودخانه هراز آبیاری می‌گردید، نه تنها این علائم کمبود مشاهده نمی‌گردید، حتی عملکرد محصول نیز در هنگام برداشت محصول بیشتر گردید. دلیل یا دلایل آن را توضیح دهید؟

پاسخ ۹۷- دلیل بروز علائم کمبود روی در قسمتی از شالیزار که با آب چاه محل آبیاری می‌گردید، به‌مصرف زیادی کودهای فسفاتی و انباشتگی فسفر در خاک‌های شالیزار منطقه، وجود یون بی‌کربنات در آب چاه می‌باشد که کمبود روی را تشدید نموده است. ولی در قسمت دیگر شالیزار که با آب رودخانه هراز آبیاری می‌گردید، چون آب رودخانه گاه‌گاه گل‌آلود می‌شود (دلیل گل‌آلود شدن آب آبیاری، بارندگی شدید، کمی پوشش گیاهی در اراضی شیبدار و شستشوی سطحی خاک‌های زراعی بالا دست که حاوی مواد آلی و عناصر غذایی از جمله روی بود، می‌باشد)، این آب، کمبود روی شالیزار را به‌طور نسبی تأمین و سبب رفع علائم کمبود و در نهایت باعث افزایش عملکرد هکتاری شالی گردیده است.

پرسش ۹۸- به نظر شما علائم کمبود کدام یک از عناصر غذایی در مناطق کشت چغندر قند در برگ و کدام یک در غده بروز می‌کند و کدام یک از عناصر در کاهش خواص مضره چغندر قند سهم بیشتری دارد؟ راه حل مشکل چیست؟

پاسخ ۹۸- در مناطق عمده کشت چغندر قند به‌طور عام، علائم کمبود عناصر غذایی نظیر نیتروژن، پتاسیم و منیزیم قابل مشاهده است ولی علائم کمبود عناصری مانند بور در غده چغندر قند که به قلب سیاهی معروف است، بیشتر دیده می‌شود. پتاسیم می‌تواند نقش عمده‌ای در کاهش خواص مضر چغندر قند یعنی کاهش مقدار نیترات و سدیم، ایفاء نماید.



پرسش ۹۹- نقش سولفات روی و اسید بوریک را در افزایش عملکرد (کمی - کیفی) انگور نشان دهید؟ (با عنایت به این که مقدار روی و بور خاک به ترتیب ۰/۷ و ۱/۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم بود).

پاسخ ۹۹- در طی تحقیقی که در تاجکستان دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد، تأثیر ترکیب‌های تیماری مختلف روی و بور بر افزایش عملکرد کمی و کیفی انگور مورد بررسی قرار گرفت. بهترین ترکیب تیماری، تیمار نهم (مصرف بهینه کودی بعلاوه مصرف ۵۰۰ گرم سولفات روی و ۲۵۰ گرم اسید بوریک) در مقایسه با تیمار شاهد (مصرف بهینه کودی به استثناء مصرف سولفات روی و اسید بوریک که در آن مصرف تمامی کودها براساس نتایج تجزیه خاک بود) از نظر ویژگی‌های عملکردی بود. به‌طوری که مقدار عملکرد در تیمار نهم ۳/۰ کیلوگرم انگور به‌ازای هر تاک ولی در تیمار شاهد فقط ۱/۸ کیلوگرم به‌ازای هر تاک بود. بیشترین عملکرد با کاربرد ۵۰۰ گرم سولفات روی و ۲۵۰ گرم اسید بوریک بدست آمد. عدم کاربرد سولفات روی و اسید بوریک باعث تولید کمترین میزان عملکرد شد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چنین استنباط گردید که تیمارهای ترکیبی از سطوح بالاتر روی و بور سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی میوه انگور می‌گردد. اگرچه، انجام آزمایش‌های میدانی در تاجکستان‌ها طولانی‌تر است، لیکن بررسی اثرات باقیمانده کودهای حاوی روی و بور، غنی‌سازی انگور و کشمش لازم است، انجام شود (اکبری، ۱۳۹۳).

پرسش ۱۰۰- هفت توصیه فنی که به‌هنگام محلول‌پاشی باید مد نظر قرار گیرد را بیان کنید.

پاسخ ۱۰۰- هفت توصیه فنی که به‌هنگام محلول‌پاشی باید مد نظر قرار گیرد عبارتند از: محلول‌پاشی اگر در صبح یا در عصر انجام گیرد، موثرتر می‌باشد؛ حرارت محیط در هنگام محلول‌پاشی پایین‌تر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد باشد؛ سرعت باد موقع محلول‌پاشی خیلی پایین باشد؛ pH محلول‌پاشی تهیه شده در غلظت‌های توصیه شده، کنترل شود و محدوده آن‌ها بین ۶-۸ باشد؛ در هنگام محلول‌پاشی، رطوبت نسبی هوا بالاتر از ۷۰ درصد باشد؛ افزودن مواد مویان نیم در هزار مایع ظرفشویی و ۵ در هزار اوره، جذب را افزایش می‌دهد؛ بهتر است پس از محلول‌پاشی آبیاری مزرعه و باغ انجام گیرد.

پرسش ۱۰۱- تأثیر مویان‌ها (Surfactants) را در میزان جذب توسط محلول‌پاشی بیان کنید؟

پاسخ ۱۰۱- قابلیت خیس‌شوندگی سطح برگ به زاویه تماس بین قطره مایع و سطح برگ بستگی دارد. مصرف این مواد سبب کاهش کشش سطحی آب شده و سطح تماس بین محلول و برگ را افزایش می‌دهند. نتیجه این عوامل، جذب بیشتر عناصر غذایی را در پی خواهد داشت.

پرسش ۱۰۲- چرا محلول‌پاشی عناصر غذایی محتوی اوره، روی و بور (هر یک با غلظت ۵ در هزار بر هکتار) در پاییز پس از برداشت محصول و در اوایل بهار قبل از شکوفه‌دهی، مفید می‌باشد؟

پاسخ ۱۰۲- (الف) طول عمر تخمک افزایش یافته، گرده افشانی موثر طولانی شده و به این ترتیب درصد تشکیل میوه افزایش می‌یابد. **(ب)** نقش اصلی بور و روی در فرایند گرده‌افشانی و جوانه‌زدن دانه گرده می‌باشد. بنابراین غلظت بهینه این عناصر در مرحله گرده‌افشانی، درصد تشکیل میوه را

افزایش خواهد داد. پ) در اوایل فصل بهار که دمای خاک پایین بوده و برگ‌ها ظاهر نشده‌اند، جذب از خاک صورت نمی‌گیرد. در نتیجه غلظت بهینه این عناصر در جوانه‌ها، فرایندهای تقسیم و توسعه سلولی را تسهیل خواهد نمود. بنابراین، با توجه به موارد فوق توصیه می‌شود محلول پاشی پاییزه و بهاره برای درختان میوه با عناصر غذایی فوق در باغ‌ها حداقل یکبار همگانی گردد.

پرسش ۱۰۳- معایب محلول پاشی را نام ببرید. تفاوت‌های جذب عناصر از طریق محلول پاشی و سطح ریشه را بیان کنید؟

پاسخ ۱۰۳- محلول پاشی نسبت به مصرف خاکی اثر سریعتر در برطرف نمودن کمبود عناصر غذایی دارد ولی این تأثیر موقتی بوده و مشکلاتی نیز دربر دارد که پاره‌ای از این مشکلات عبارتند از: مقدار کم نفوذ مواد محلول پاشی شده بخصوص در برگ‌هایی با کوتیکول ضخیم کمتر است. آبدوی مواد محلول پاشی شده از سطح برگ‌ها، خشک شدن مواد محلول پاشی شده، شستشو توسط باران، کم بودن انتقال مجدد بعضی از عناصر غیرمتحرک مثل کلسیم و سوختگی برگ‌ها. از لحاظ مکانیسم جذب تفاوتی بین جذب از طریق برگ‌ها و یا ریشه وجود ندارد ولی مواعی که سبب عدم عبور مواد میشوند، در دو اندام متفاوت است. مثلاً در سطح اندام‌های هوایی، مواد آبگریز (کوتیکول) وجود دارد که عبور محلولها را بشدت کاهش میدهد. یکی از تفاوت‌های عمده جذب از طریق ریشه و یا برگ غلظت مواد بکار رفته است. غلظت محلول خاکی که ریشه در آن قرار دارد معمولاً خیلی رقیق است ولی غلظت محلول پاشیده شده به برگ‌ها مخصوصاً در هوای گرم و خشک بشدت بالا میرود که این غلظت را معمولاً ریشه‌ها نمی‌توانند تحمل نمایند. بدون در نظر گرفتن محل ورود یونها، مواد محلول پاشی شده بایستی سریعاً جذب شوند تا کارایی محلول پاشی بیشتر شود. جذب کلات‌هایی که از اسیدهای آمینه ساده و یک عنصر روی (Zn) یا منگنز تشکیل شده‌اند به راحتی صورت می‌گیرد. ولی کلات‌های آهن مثل EDTA، DTPA و EDDHA از طریق اندام‌های هوایی با توجه به درشت بودن مولکول آن‌ها جذب کمتری دارند.

پرسش ۱۰۴- در سیستم آبیاری تحت فشار، در نظر است ۵۰ کیلوگرم بر هکتار از کود کامل آبیاری با فرمول (ریزمغذی) $2 + 15 - 8 - 15$ استفاده شود. نحوه تنظیم و انجام عمل را به طوری که توزیع کود در مزرعه یکنواخت انجام گیرد، تشریح نماید؟

پاسخ ۱۰۴- معمولاً براساس زمان آبیاری، میزان کود مصرفی تعیین می‌گردد. براین اساس اگر قرار است که ۸ ساعت آبیاری صورت گیرد به دلیل اینکه خاک ابتدا خشک می‌باشد، یک ساعت اول آب آبیاری بدون کود به سیستم وارد می‌شود، سپس ۵ ساعت کود داخل سیستم تزریق و دو ساعت آخر نیز آب آبیاری بدون کود جهت شستشوی شلنگ‌های سیستم و تخلیه کود در نظر گرفته می‌شود. فشار دستگاه نیز طوری تنظیم می‌شود که آب به آخرین قطره چکان در ردیف هم برسد. برای ردیف‌های طولانی در باغ‌ها معمولاً فشار ۴ بار (اتمسفِر) الزامی است. کود را داخل مخزن کود ریخته (ابتدا حل نموده و سپس می‌ریزند) و فشار را تنظیم نموده و عمل کود آبیاری انجام می‌شود. مقدار

۳۵۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

کود داخل مخزن براساس مساحت تحت آبیاری (اگر ۵ هکتار با یک شیر فلکه آب می خورد بایستی ۲۵۰ کیلوگرم کود داخل مخزن ریخته شود) تنظیم می گردد.

پرسش ۱۰۵- آیا مصرف کودهای محتوی هورمون ها و تنظیم کننده های رشد را در تولید محصولات کشاورزی و باغی توصیه می نمایند و یا خیر؟

پاسخ ۱۰۵- خیر. مصرف هورمون ها و تنظیم کننده های رشد تاکنون نه توسط موسسه تحقیقات خاک و آب تایید شده و نه از نظر علمی به صرفه و صلاح جامعه می باشد. زیرا سرنوشت هورمون ها و تنظیم کننده های رشد در زنجیره غذایی و تولید محصولات کشاورزی سالم زیر سوال است و در مقطع فعلی مورد تایید نمی باشد.

پرسش ۱۰۶- آیا کاربرد بذرمال با استفاده از کودهای زیستی، اسیدهیومیک و کود بذرمال روی و بور را در محصولات کشاورزی و نهالستان ها توصیه می نمایند و یا خیر؟

پاسخ ۱۰۶- بلی. انجام بذرمال با استفاده از کودهای بذرمال موجود در بازار که دارای گواهینامه ثبت ماده کودی می باشند به همراه کودهای زیستی و اسیدهیومیک به شرط آنکه مطابق نوشتار بروشورهای مندرج بر روی این مواد کودی مصرف شده باشد، مورد تایید است.

پرسش ۱۰۷- در راستای تولید محصولات کشاورزی سالم، آیا مصرف کودهای حاصل از زباله های شهری و لجن فاضلاب را در مقطع فعلی در خاک های کشاورزی به صرفه و صلاح تولید می دانید و یا خیر؟

پاسخ ۱۰۷- در ایران به دلیل عدم تفکیک زباله های شهری از مبدا (در کشور هلند برای تفکیک انواع زباله ها از کارتن گرفته تا باطری چراغ قوه چندین محفظه مطابق تصویر زیر وجود دارد)

پرسش ۱۰۸- اصول توصیه کودی در شرایط دیم را توضیح دهید؟

پاسخ ۱۰۸- مقدار کودهای مصرفی در شرایط دیم بستگی به میزان بارندگی، پراکندگی باران و هم زمانی بارندگی با رشد گیاه دارد. معمولاً مقدار مصرف کودها در شرایط دیم ۳۰ تا ۷۰ درصد از میزان کودهای مصرفی در محصولات مختلف زراعی زیرکشت آبی کمتر است (هرچه میزان بارندگی کمتر باشد، میزان کودهای مصرفی نیز کاهش خواهد یافت).

پرسش ۱۰۹- اگر کل تولید محصولات کشاورزی در هر سال ۸۰ میلیون تن و میزان جذب عناصر غذایی برای تولید پنج تن محصول در هر هکتار به ترتیب نیتروژن ۱۰۰، فسفر ۱۵، پتاسیم ۷۰، گوگرد ۲۵، کلسیم ۲۵ و ریزمغذی ها ۳ کیلوگرم باشد، تحت چنین شرایطی مقدار کود سالانه مورد نیاز برای کشور را محاسبه کنید؟

پاسخ ۱۰۹- با درج تناسبی، میزان برداشت عناصر غذایی از خاک های زراعی کشور به ترتیب زیر محاسبه می گردد:

مقدار عناصر غذایی برداشتی تولید محصول
عملکرد هکتاری (تن) مقدار عناصر غذایی برداشتی (کیلوگرم)
۵ ۲۵۰

۸۰,۰۰۰,۰۰۰

X

مقدار عناصر غذایی برداشتی توسط محصولات کشاورزی
در هر سال (بر حسب تن)
 $X = (80.000.000 \times 250) / 5 = 4.000.000$

اگر ۵۰ درصد مقدار عناصر غذایی برداشتی از خاک از بقایای محصولات کشت شده قبلی، کودهای آلی و اثرات باقیمانده کودهای مصرفی قبلی تأمین شده باشد، تحت چنین شرایطی بالغ بر دو میلیون تن غذا بر حسب عنصر غذایی و یا حدود چهار میلیون تن کودهای شیمیایی اعم از کودهای حاوی عناصر پرمصرف و ریزمغذی نیاز خواهد بود.

پرسش ۱۱۰- اثرات مثبت مصرف کودهای پتاسیمی در مقابله با گرمای بهاره در مزارع گندم استان گلستان را تشریح نمایید؟

پاسخ ۱۱۰- طبق اظهار رییس محترم سازمان جهاد کشاورزی گرگان، در اوایل بهار سال ۱۳۹۴ پس از گرمای شدید در چند روز اول اردیبهشت ماه ۹۴، در یک قسمت از مزرعه گندم مصرف سرک ۱۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار کلرور پتاسیم انجام و قسمت دیگر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از برداشت گندم مشاهده گردید در قطعاتی که در آن ها کلرور پتاسیم بصورت سرک مصرف شده بود، علاوه بر افزایش تحمل بوته های گندم به گرما و کاهش درصد ورس، عملکرد هکتاری گندم نیز به طور معنی داری بیشتر شده بود

پرسش ۱۱۱- نقش کلسیم در گیاهان چیست؟ توضیح دهید..

پاسخ ۱۱۱- برخلاف دیگر عناصر پرمصرف، بخش زیادی از کلسیم گیاه در دیواره های سلول بافت های گیاهی قرار دارد. نقش اساسی کلسیم در پایداری غشاء و سلامت سلول است. کلسیم با پیوند با گروه های فسفات و کربوکسیلات فسفولیپیدها و پروتئین ها، ترجیحاً در سطوح غشاء باعث پایداری غشاهای سلولی می شود. میزان کلسیم چسبیده به دیواره سلولی بافت های ذخیره ای میوه های سیب می تواند تا ۹۰ درصد میزان کل کلسیم را تشکیل دهد. میزان پکتات کلسیم موجود در دیواره های سلولی برای تعیین حساسیت بافت به آلودگی های قارچی و رسیدن میوه ها اهمیت دارد. برخلاف منیزیم که فعال کننده تعداد زیادی از آنزیم هاست، کلسیم تنها فعالیت چند آنزیم را افزایش می دهد. این آنزیم ها عبارتند از: آلفا آمیلاز، فسفولیپازها و ATP آزاها. رشد ریشه نیز در شرایط کمبود کلسیم متوقف می شود. رشد لوله گرده نیز به وجود کلسیم در محیط رشد بستگی دارد.

پرسش ۱۱۲- در اواخر دهه ۷۰، دامنه سطح بحرانی پتاسیم برای شالیزارهای شمال کشور توسط نگارنده از ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم پیشنهاد شده بود. لیکن، تعدادی از اساتید و محققین

محترم، برای این اظهار نظر خرده گرفته و آن را فراتر از عدد واقعی دانستند و در این رابطه مقاله چاپ شده‌ای نیز در مورد مقدار سطح بحرانی پتاسیم که ۱۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم پیشنهاد شده بود را برای نگارنده ارسال داشتند. نظر کدامیک (نگارنده یا اساتید و محققین) صحیح تر است؟ آیا این نقد بر نگارنده وارد است و یا خیر. دلیل و یا دلایل آن را بنویسید؟

پاسخ ۱۱۲- با نگاهی به محل انجام تحقیق که منجر به نگارش مقاله ارسالی شده بود، معلوم شد که این تحقیق در شالیزارهای اندونزی انجام گرفته است. بطوری که می دانید شالیزارهای اندونزی در نزدیک خط استوا قرار دارند و در این شالیزارها، نوع رس‌ها عمدتاً از اکسیدهای آهن و آلومینیوم تشکیل شده و دارای ظرفیت تبدالی کاتیونی بسیار پایینی می باشند. لیکن، در خاک‌های شالیزاری شمال کشور با توجه به نوع رسوبات و آهکی بودن نسبی خاک‌ها، رس‌ها عموماً ۲:۱ و از نوع ایلات با ظرفیت تبدالی کاتیونی بالا می باشند. بدیهی است در این نوع رس‌ها، موضوع تخلیه و تثبیت پتاسیم مطرح بوده و علاوه بر آن، چنانچه علاوه بر عملکرد هکتاری مطلوب (بالای ۱۰ تن بر هکتار شالی)، تولید برنج مرغوب نیز مطرح باشد، مقدار دامنه سطح بحرانی پتاسیم از ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم منطقی بوده و حتی در صورتی که پتاسیم قابل استفاده خاک بیشتر از دامنه سطح بحرانی باشد، مصرف حداقل یک بار سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی به میزان ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم بر هکتار همراه با آخرین نوبت سرک اوره، هم توصیه می شود.

پرسش ۱۱۳- مقدار کود مصرفی در محصولات مختلف زراعی از کدام رابطه تبعیت می نماید؟
پاسخ ۱۱۳- یکی از اصول اولیه تولید پایدار، برگرداندن مجدد عناصر غذایی برداشتی توسط هر محصول به خاک می باشد. مقدار کود مصرفی بر مبنای میزان عملکرد و قابلیت خاک از رابطه زیر قابل محاسبه است:

قابلیت خاک برای آزادسازی یک عنصر غذایی = مقدار برداشت عنصر غذایی توسط محصول = مقدار کود مصرفی
پرسش ۱۱۴- منظور از آزمون خاک چیست؟

پاسخ ۱۱۴- آزمون خاک دارای سه مرحله شامل مراحل نمونه برداری، انتخاب عصاره گیر (همبستگی)، واسنجی و یا کالیبراسیون (تفسیر نتایج تجزیه خاک و توصیه بهینه کودی) می باشد. پس از انتخاب عصاره گیر مناسب (انتخاب عصاره گیر مناسب در گلخانه با انجام آزمایش گلدانی می باشد)، مرحله واسنجی و یا کالیبراسیون است (در مرحله واسنجی که در مزرعه انجام می گیرد، میزان نیاز کود برای خاک مورد آزمایش و یک گیاه خاص مشخص می شود). در این مرحله، خاک‌ها از نظر میزان نیاز به کود، درجه بندی می شوند که درجه بندی‌ها براساس تعداد گروه تقسیم شده، می تواند متفاوت باشد. به عبارت دیگر، آزمون خاک دارای سه مرحله به شرح زیر است:

الف) مرحله اول: نمونه برداری صحیح خاک: نمونه برداری مرکب خاک از یک مزرعه که بتواند معرف خوبی (یک کیلوگرم نمونه خاک معرف سه میلیون کیلوگرم خاک یک هکتار است) برای خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک زراعی (عمق صفر تا ۲۵ سانتی متری) تحت بررسی باشد

(مسئولیت انجام این امر در مرحله اول با مدیر محترم آزمایشگاه تجزیه خاک و گیاه محل و در مرحله بعدی به عهده خود کشاورز می باشد).

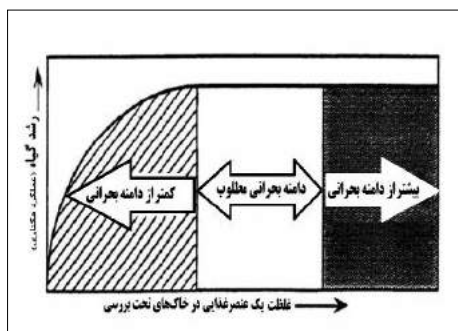
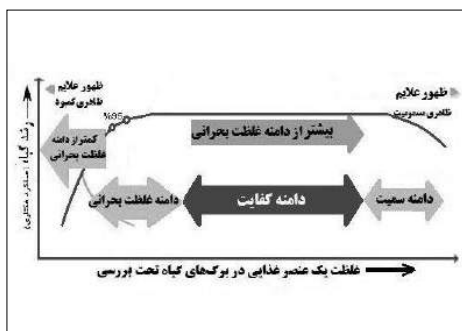
(ب) مرحله دوم: انتخاب عصاره گیر: انتخاب عصاره گیر مناسب برای تک تک عناصر غذایی در هر منطقه در داخل گلخانه ها به صورت کشت گلدانی با بالاترین درجه همبستگی انجام می گیرد

(مسئولیت انجام این امر به عهده موسسه تحقیقات خاک و آب می باشد) و

(پ) مرحله سوم: واسنجی و یا کالیبراسیون: در این مرحله مقدار کود مورد نیاز برای یک گیاه خاص با عملکرد هکتاری و کیفیت مطلوب در مزرعه تعیین می شود (مسئولیت انجام این امر با مدیر محترم آزمایشگاه تجزیه خاک و گیاه محل می باشد). بدیهی است که ابتدا قبل از انجام توصیه کودی صحیح، می بایستی دامنه سطح بحرانی توسط حاکمیت (موسسه تحقیقات خاک و آب) تعیین و اعلام گردد. سپس، مدیران محترم آزمایشگاه های تجزیه خاک و گیاه با استفاده از ارقام مرجع (سطح بحرانی)، توصیه کودی بهینه را با علم به نتایج تجزیه خاک، انجام می دهند. تفسیر صحیح نتایج تجزیه خاک و برگ کار دشواری بوده و نیاز به تخصص و تجربه کافی دارد و مشابه نسخه های متفاوت پزشکان متخصصی است که برای یک بیمار (در صورت مراجعه همزمان بیمار به چند پزشک متخصص) نوشته می شود. در مورد تفسیر و توصیه نوع و مقدار کودها نیز همین مسئله با کم و بیش تفاوتی صادق خواهد بود. به عنوان نمونه، با ذکر مثال کاربردی زیر که در دانشگاه نبراسکا آمریکا روی داده است این تفاوت ها بهتر مشخص می شود: گروه ترویج دانشگاه نبراسکا در تحقیقی برای بررسی دقت عمل مدیران آزمایشگاه های تجزیه خاک ایالت نبراسکا و نیز کارایی روش های مختلف توصیه کودی، آزمایشی را از طریق تهیه و ارسال پنج نمونه خاک از چهار منطقه ایالت نبراسکا به پنج آزمایشگاه تجزیه خاک از جمله خود آزمایشگاه تجزیه خاک گروه خاکشناسی دانشگاه نبراسکا بدون آن که مدیران این آزمایشگاه ها از کار یکدیگر مطلع باشند، انجام و از مدیران این پنج آزمایشگاه درخواست نمود که براساس نتایج تجزیه نمونه خاک های ارسالی، توصیه کودی بهینه را برای تولید منطقی کشت های غالب منطقه که عمدتاً ذرت بود، انجام دهند. از کرت های هر چهار منطقه ذرت کاری، نمونه برداری صورت گرفت و نمونه های خاک پس از تقسیم به پنج آزمایشگاه ارسال شد به طوری که هیچ یک از آزمایشگاه ها از جمله خود آزمایشگاه دانشگاه نبراسکا از این مطلب مطلع نشدند که قرار است توصیه های کودی آن ها در یک آزمایش تحقیقاتی به کار گرفته شود. در تمام کرت های مورد آزمایش، این روند تا ده سال ادامه یافت. در خلال این مدت، عملکردهای هکتاری قطعات پنجگانه در هر منطقه و هزینه های تهیه و مصرف کودها و درآمد زارعین دقیقاً ثبت می گردید (همان طور که انتظار می رفت، توصیه های کودی و نیز هزینه ها با یکدیگر متفاوت بودند). از داده های آزمایش هفت ساله مربوط در هر چهار محل مورد آزمایش، میانگین گرفته شد. در خاتمه چنین جمع بندی گردید که الف) در مزارع ذرت این مناطق، اختلاف معنی داری در عملکرد هکتاری ذرت مشاهده نشد. ب) کوددهی براساس روش اصلاح کمبود عناصر غذایی (کوددهی بر اساس مقدار سطح بحرانی) در

مقایسه با سایر روش‌های کوددهی به رغم آن که میانگین عملکرد ذرت در ده سال در هر پنج منطقه تقریباً مشابه هم بوده و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، لیکن هزینه‌های تهیه و مصرف کودها در روش کوددهی بر اساس مقدار سطح بحرانی تقریباً نصف هزینه‌های سایر روش‌های کوددهی بود. پرسش ۱۱۵- تفاوت بین دامنه سطح بحرانی (CLR) و سطح بحرانی (CL) یک عنصر غذایی در خاک و همچنین، تفاوت بین دامنه غلظت بحرانی (CCR) و غلظت بحرانی (CC) یک عنصر غذایی در برگ را با ترسیم شکل‌های مربوطه تشریح نمایید؟

پاسخ ۱۱۵- دامنه سطح بحرانی (CLR) Critical level range یک عنصر غذایی در خاک، شاخصی است که در کمتر از آن دامنه، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر بر تولید- مثبت و اقتصادی است. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در خاک بیشتر از دامنه سطح بحرانی باشد، پاسخ گیاه به مراتب نسبت به مصرف کود همان عنصر، کمتر، غیراقتصادی و ناسازگار با زیست بوم خواهد بود. بر اساس مقدار غلظت قابل استفاده عناصر غذایی خاک‌های تحت بررسی، دامنه سطح بحرانی را به سه گروه کمتر از دامنه سطح بحرانی، دامنه سطح بحرانی مطلوب و بیشتر از دامنه سطح بحرانی تقسیم‌بندی نموده‌اند.



اثرات افزایش غلظت یک عنصر غذایی در برگ در عملکرد هکتاری گیاه. در صورت جذب بیش از نیاز یک عنصر غذایی، عملکرد هکتاری به احتمال زیاد، کاهش می‌یابد

اثرات مفید افزایش غلظت قابل استفاده یک عنصر غذایی در خاک در عملکرد هکتاری گیاه. به دلیل هوشمندی ریشه‌ها و جذب آگاهانه عناصر غذایی، عملکرد هکتاری حتی در شرایط زیادی جذب، چندان کاهش نمی‌یابد

برای تعیین و تشخیص دامنه سطح بحرانی (CLR) یک عنصر غذایی در خاک، لازم است ارقام میانگین، تحت عنوان سطح بحرانی (CL) نامگذاری شود. به عبارت دیگر، منظور از سطح بحرانی (CL) همان میانگین دامنه سطح بحرانی (CLR) در خاک می‌باشد.

معنی و مفهوم دامنه غلظت بحرانی یک عنصر غذایی در برگ: دامنه غلظت بحرانی (CCR) Critical concentration range یک عنصر غذایی در برگ، محدوده‌ای از غلظت بحرانی است که در کمتر از آن دامنه، پاسخ گیاه به مصرف کود همان عنصر- به شرط رعایت اصول تغذیه بهینه گیاهی و مدیریت

مطلوب سایر عوامل موثر در تولید- مثبت و اقتصادی باشد. لیکن، اگر غلظت یک عنصر غذایی در برگ بیشتر از دامنه غلظت بحرانی باشد، پاسخ گیاه نسبت به مصرف کود همان عنصر، به مراتب کمتر خواهد بود. براساس مقدار غلظت عناصر غذایی در برگ‌های تحت بررسی، دامنه بحرانی را به سه گروه کمتر از دامنه غلظت بحرانی، دامنه غلظت بحرانی و بیشتر از دامنه غلظت بحرانی (دامنه کفایت و دامنه سمیت) تقسیم بندی نموده‌اند.

برای تعیین و تشخیص دامنه غلظت بحرانی (CCR) در برگ، لازم است ارقام میانگین با روش‌هایی که ذیلاً شرح داده می‌شود، تحت عناوین غلظت بحرانی (CC) و حد کفایت (SR) نامگذاری شوند. به عبارت دیگر، منظور از غلظت بحرانی (CC) و حد کفایت (SR) همان میانگین دامنه غلظت بحرانی (CCR) و میانگین دامنه حد کفایت (SCR) در برگ می‌باشد.

پرسش ۱۱۶- پنج نسبت مهم که بایستی ملکه ذهن بوده و آن‌ها را همیشه به خاطر داشته باشید، نام ببرید؟

پاسخ ۱۱۶- الف- حد بحرانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک برای تولید پایدار چنین است: سطح بحرانی به فاکتورهای متعددی از جمله بافت خاک، نوع و میزان رس‌های موجود مخصوصاً ترکیب کانی‌شناسی خاک‌های تحت کشت بستگی دارد. سطح بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی برای محصولات مختلف زراعی و دارویی با عنایت به عملکرد هکتاری، غنی‌سازی، درجه حاصلخیزی خاک و اعمال سایر مسائل مدیریت مزرعه‌ای، بدین ترتیب است: درصد کربن آلی بیشتر از یک درصد (هرچه بیشتر بهتر)، فسفر قابل استفاده ۱۰، پتاسیم قابل استفاده ۲۵۰، منیزیم قابل استفاده ۵۰۰، گوگرد قابل استفاده ۲۰، آهن قابل استفاده ۱۰، منگنز قابل استفاده ۷، روی قابل استفاده ۲، بور قابل استفاده ۱ و مس قابل استفاده ۱ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

ب- حد بحرانی غلظت عناصر غذایی در برگ‌های سیب چنین است: نیتروژن ۲/۲۰ درصد، فسفر ۰/۱۲ درصد، پتاسیم ۱/۸۰ درصد، کلسیم ۱/۸۰ درصد، گوگرد ۰/۴۰ درصد، منیزیم ۰/۳۵ درصد، آهن بیشتر از ۱۰۰، منگنز ۷۰، روی ۵۰، بور ۴۰ و مس ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

پ- نسبت عناصر غذایی جذب شده توسط محصولات مختلف زراعی و دارویی چنین است: میزان عناصر غذایی برداشتی توسط محصولات مختلف به صورت:

$100(N) - 15(P) - 80(K) - 30(S) - 30(Ca) - 15(Mg) - 0.50(Fe) - 0.30(Mn) - 0.20(Zn) - 0.10(Cu) - 0.10(B)$

می‌باشد که با لحاظ کردن شرایط اقلیم، قابلیت خاک برای آزاد سازی عناصر غذایی و میزان تثبیت عناصر غذایی در خاک‌های زراعی، کوددهی باید با همین نسبت به‌طور تقریبی انجام گیرد.

ت- نسبت مطلوب (آرمانی) مصرف کود در کشور باید چنین باشد: در راستای نیل به تولید پایدار و با توجه به کمبود آب، مواد آلی، تنش شوری و افت کیفیت آب‌های آبیاری در کشور، لازم است ۲۵ درصد از کودهای مصرفی کشور (حدود ۸ تن بر هکتار) را کودهای آلی (مصرف به صورت عمقی قبل از کاشت) تشکیل و نسبت کودی آرمانی پیشنهادی برای خاک‌های آهکی در مقطع کنونی به‌صورت

(کودهای آلی) ۲۵٪- (ریزمغذی) ۴٪- (گوگرد) ۳۰- (پتاسیم) ۲۵- (فسفر) ۳۰- (نیتروژن) ۱۰۰ باشد. امید است مسئولین محترم در دولت تدبیر و امید، بتوانند این جدول کودی آرمانی را تا حد ممکن در عمل اجرایی نمایند تا نسبت به افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، بهبود تغذیه و به تبع آن ارتقای سلامتی مردم شریف ایران، قدم‌های اساسی‌تری برداشته شود.

ج- نسبت‌های توصیه کودی عناصر غذایی پرمصرف برای محصولات مختلف زراعی کم‌توقع، غده‌ای و پرتوقع می‌بایستی چنین باشد: در گیاهان زراعی کم‌توقع همچون گندم، برنج، کلزا و گیاهان دارویی، نسبت کودهای پرمصرف ۱-۲-۳؛ در گیاهان زراعی پرتوقع نظیر ذرت و دانه‌های روغنی نسبت کودهای پرمصرف ۱-۳-۴ و در گیاهان زراعی پرتوقع غده‌ای مانند سیب‌زمینی و چغندر قند، نسبت کودهای پرمصرف ۱-۴-۳ مناسب‌تر است. بدیهی است، افزون بر کودهای پرمصرف فوق، مصرف ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار گوگرد آلی به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس (در خاک‌های آهکی)، ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات منیزیم (به صورت سرک)، برای مزارع گندم و دانه‌های روغنی در شمال و غرب کشور، ۱۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات آهن، ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات روی (پیش از کاشت هر دو تا سه سال یک بار)، در خاک‌های غیرشور، ۱۵ کیلوگرم کود بر هکتار اسید بوریک (به صورت ۲ بار سرک) و با مقدار کافی مواد آلی که پیش از کاشت به‌طور عمقی هم‌زمان با کودهای فسفاتی، گوگرد آلی و ریزمغذی‌ها مصرف خواهند گردید، الزامی می‌باشد

پرسش ۱۱۰- چه عناصری در باروری گیاهان تأثیر داشته و چگونه این نقش را ایفاء می‌کنند؟
پاسخ ۱۱۰- تعداد دانه و یا میوه در گیاهان می‌تواند به‌طور مستقیم تحت تأثیر مصرف عناصر غذایی مانند مس و بور قرار گیرد. کمبود مس به‌ویژه در غلات، بر دوره تولیدمثل اثر می‌گذارد. در شرایط کمبود شدید مس علی‌رغم این‌که مقدار کاه به علت افزایش تعداد شاخه‌ها زیاد است، ولی دانه‌ای تشکیل نمی‌شود. علل عمده تشکیل نشدن دانه در گیاهان مبتلا به کمبود مس، جلوگیری از تشکیل بساک، تولید بسیار اندک دانه‌گرده در هر بساک و از همه مهم‌تر نبود قوه نامیه در دانه‌های گرده است. میزان تشکیل بذر در گیاهانی که کمبود مس دارند ممکن است در نتیجه جلوگیری از رها شدن دانه‌های گرده از بساک باشد. زیرا چوبی شدن دیواره سلول پرچم برای شکافتن بساک و به دنبال آن آزاد شدن دانه‌گرده، لازم است. در گیاهانی که کمبود مس دارند، چوبی شدن دیواره سلولی پرچم کاهش یافته و یا اصلاً انجام نمی‌گیرد. در خاک‌های مبتلا به کمبود مس، به‌ویژه در خاک‌های خشک، ناباروری می‌تواند عامل محدودکننده محصول باشد، ولی می‌توان با محلول‌پاشی بر روی اندام هوایی، با محلول‌های حاوی نمک‌های مس، این کمبود را برطرف کرد. بور دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر باروری است. اثرات غیرمستقیم آن احتمالاً به تغییرات مربوط به میزان و ترکیب قند شهد ارتباط دارد. به گونه‌ای که گل‌های گونه‌های گیاهانی که بوسیله حشرات گرده افشانی می‌شوند، بیشتر باعث جلب حشرات می‌شوند.

اثرات مستقیم بور در پیوند نزدیک میان میزان مصرف بور و ظرفیت تولید دانه گرده بوسیله پرچم‌ها و نیز در تولید دانه‌های گرده قابل رشد، بنیتروژناب دارد. افزون بر این، بور، رشد دانه گرده و به‌ویژه لوله گرده را تحریک می‌کند. با کمبود بور در برنج تعداد دانه در هر خوشه کاهش یافته و در گیاهی مانند جو باعث توقف کامل باروری می‌شود. در گیاه ذرت نیز در شرایط کمبود بور به علت نبود گیرندگی دانه‌های گرده از سوی گل آذین‌های ماده، کاهش در تشکیل دانه اتفاق می‌افتد.

۷-۴-۷- مباحث مربوط به توصیه بهینه کودی در گیاهان زراعی، دارویی، درختان میوه و زینتی

یادآوری مهم: به هنگام توصیه کودی در مزارع و گیاهان دارویی، علاوه بر مطالعه نتایج تجزیه خاک و آب موجود، لازم است اطلاعاتی از قبیل سابقه کشت، نوع کشت، تناوب زراعی، نوع، مقدار و زمان مصرف انواع کودها و عملکرد هکتاری محصول کشت شده، مشخص شود. بدیهی است با در دست داشتن این اطلاعات که از طریق پرسش از کشاورز به دست می‌آید، توصیه بهینه کودی برای نیل به یک عملکرد هکتاری مطلوب و سالم با سهولت بیشتری امکان‌پذیر خواهد بود.

پرسش ۱۱۱- در اواخر اسفند ماه، به مزارع شالیکاری در محمودآباد مازندران و فومن گیلان مراجعه نموده‌اید. شالیکار از شما برای برداشت شش تن بر هکتار شلتوک بدون آنکه تجزیه‌ای از خاک و آب داشته باشد، فرمول کودی می‌خواهد. فرمول کودی پیشنهادی شما چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۱۱- ابتدا از شالیکار درباره سابقه کشت، نوع و مقدار کودهای مصرفی و نیز عملکرد هکتاری اراضی شالیزاری وی پرسیده و سپس بر اساس این داده‌ها تصمیم‌گیری می‌شود. در هر حال، برای برداشت ۶ تن بر هکتار شلتوک، ۱۰۰ کیلوگرم اوره، ۵۰ کیلوگرم سولفات‌روی، ۱۰۰ کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم قبل از کاشت و بقیه (۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کلرور پتاسیم) به صورت سرک در دو بار قبل از ساقه رفتن و خوشه رفتن به صورت سرک پیشنهاد می‌گردد. تفاوت در میزان کوددهی در شالیزارهای گیلان و مازندران به دلیل تفاوت در مقدار بارندگی این دو منطقه است. از آنجا که در استان گیلان بارندگی به مراتب بیشتر از استان مازندران می‌باشد، مقدار کودهای نیتروژنه و پتاسیمی مصرفی بایستی تا حد ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، بیشتر پیشنهاد گردد.

پرسش ۱۱۲- در اواخر فروردین ماه به مزارع کشت آبی دانه‌های روغنی (آفتابگردان) در کرمانشاه مراجعه نموده‌اید. تولیدکننده از شما برای برداشت چهار تن بر هکتار آفتابگردان بدون آنکه تجزیه‌ای از خاک و آب داشته باشد، نوع و مقدار کودها را می‌خواهد. فرمول کودی پیشنهادی شما چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۱۲- با توجه به اینکه نیاز پتاسیمی، گوگردی و منیزی دانه‌های روغنی بیشتر است، در منطقه کرمانشاه مصرف ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره در سه قسط، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود میکروبی فسفاتی قبل از کاشت، ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت و ۲۰۰

کیلوگرم بر هکتار کلرورپتاسیم در دو قسط، ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد آلی گرانوله قبل کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات منیزیم در دو قسط، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی قبل از کاشت و ۲۰ کیلوگرم بر هکتار اسید بوریک (برای ممانعت از پوکی دانه‌ها) در دو تقسیط پیشنهاد می‌گردد.

پرسش ۱۱۳- در اردیبهشت ماه به مزارع کشت حبوبات (لوبیا) در استان مرکزی و لرستان چهارمحال و بختیاری مراجعه نموده‌اید. تولید کننده از شما برای برداشت چهار تن بر هکتار لوبیا بدون آن که تجزیه ای از خاک و آب داشته باشد، نوع و مقادیر کودی می‌خواهد. فرمول کودی پیشنهادی شما چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۱۳- برای برداشت چهار تن بر هکتار لوبیا، لازم است به جای مصرف کودهای نیتروژنه، از ریزوبیوم لوبیا استفاده شود و در صورتی که مواد آلی خاک از دو درصد کمتر باشد، مصرف ۵۰ کیلوگرم بر هکتار اوره قبل از کاشت همراه با ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد آلی گرانوله، ۱۰۰ کیلوگرم کود میکروبی فسفاتی، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک قبل از کاشت همراه با شخم مصرف شود. همچنین در زمان ساقه رفتن و در دو مرحله مصرف ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کلرورپتاسیم به همراه ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک و ۳۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل ماکروی آبیاری به صورت سرک همراه با آب آبیاری توصیه می‌گردد.

پرسش ۱۱۴- مزارعی شامل برنج در مازندران، مزرعه چغندر قند در شیروان و مزرعه گندم آبی در یزد موجود است. توصیه کودی پیشنهادی برای این مزارع مصرف ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژنه می‌باشد. تولیدکننده‌های کود اوره با پوشش گوگردی (SCU) تولید کرده است و هر سه مزرعه به این کود قبل از کاشت نیاز دارند.

الف) نحوه مصرف کود اوره با پوشش گوگردی و اوره را برای این سه مزرعه ذکر کنید؟

ب) سرعت انحلال اوره با پوشش گوگردی برای این سه مزرعه چقدر باید باشد؟

پاسخ ۱۱۴- الف) ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره با پوشش گوگردی با سرعت انحلال مشخص قبل از کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم اوره به صورت تقسیط در مراحل ساقه رفتن و خوشه رفتن (بستگی به شرایط رشدی مزرعه) مصرف گردد. **ب)** سرعت انحلال کود اوره با پوشش گوگردی مصرفی برای شالیزار کمتر از ۱۰، برای چغندر قند ۱۰ و برای گندم حدود ۲۰ باید در نظر گرفته شود.

پرسش ۱۱۵- برای سیب زمینی در حومه اصفهان را از شما درخواست می‌نماید، توصیه کودی شما برای ایشان در اراضی حاشیه زاینده رود اصفهان چگونه است؟

پاسخ ۱۱۵- ابتدا پرسش‌هایی به شرح زیر از کشاورز پرسیده و سپس بر اساس پاسخ آن‌ها، توصیه کودی به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

چند سال است سیب زمینی می‌کارید؟ ۱۰ سال؛ آیا تناوب کشت و آیش را رعایت می‌کنید؟ خیر؛

عملکرد هکتاری سیب زمینی چقدر است؟ ۲۰ تن بر هکتار سیب زمینی؛ عملکرد مورد انتظار تان با این کوددهی، می خواهید چند تن بر هکتار باشد؟ ۴۰ تن بر هکتار؛ آیا تجزیه آب و خاک از مزرعه دارید؟ خیر؛ کودهایی که مصرف می کنید، چیست؟ اوره و سوپرفسفات تریپل. در این مزرعه سیب زمینی، مصرف حدود ۱۰ تن بر هکتار مواد آلی (کودهای حیوانی پوسیده)، مصرف ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار کود اوره، سولفات پتاسیم قبل از کشت ۳۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار، سولفات روی قبل از کاشت ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار، ۲۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات پتاسیم محلول به صورت تقسیط و ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم کود بر هکتار اسید بوریک به صورت تقسیط هم زمان با رشد بوته های سیب زمینی مصرف گردد.

پرسش ۱۱۶- برای مزرعه چغندر قند خود در شیروان را از شما می خواهد، توصیه کودی شما برای مزرعه چغندر ایشان چگونه است؟

پاسخ ۱۱۶- ابتدا پرسش هایی به شرح ذیل از کشاورز پرسیده و سپس بر اساس پاسخ ها، توصیه کودی به شرح ذیل ارائه می گردد:

چند سال است چغندر می کارید: ۱۰ سال؛ آیا تناوب کشت و آیش را رعایت می کنید؟ خیر؛ عملکرد هکتاری مزرعه چغندر قندتان چقدر است؟ ۴۰ تن بر هکتار؛ عملکرد مورد انتظار تان با این کوددهی، می خواهید چند تن بر هکتار باشد؟ ۶۰ تن بر هکتار؛ آیا تجزیه آب و خاک از مزرعه دارید؟ خیر؛ کودهایی که مصرف می کنید، چیست؟ اوره و سوپرفسفات تریپل. در این مزرعه چغندر قند، مصرف حدود ۱۰ تن بر هکتار مواد آلی (کود حیوانی پوسیده)، ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار سوپر فسفات قبل از کشت، ۱۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات پتاسیم قبل از کشت و ۱۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار کلرور پتاسیم به صورت سرک در دو نوبت، ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار اوره، ۲۵ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات روی قبل از کاشت و ۱۵ کیلوگرم کود بر هکتار اسید بوریک قبل از کاشت و ۱۵ کیلوگرم کود بر هکتار اسید بوریک به صورت سرک در دو نوبت و مصرف ۲۵ کیلوگرم کود بر هکتار کود آبیاری در دو نوبت توصیه می گردد.

پرسش ۱۱۷- برای اختصاص زمینی زراعی به کشت سویا، توصیه عمومی شما چیست؟

پاسخ ۱۱۷- از آنجاکه این گیاهان از خانواده بقولات بوده و قادر به هم زیستی با ریزوبیوم های *Bradyrhizabium* می باشند، لذا، چندان نیازی به مصرف کودهای نیتروژنی ندارند. تنها به مقدار کمی کود نیتروژنی به عنوان استارتر در خاک هایی با ماده آلی پایین نیاز می باشد. بدین ترتیب، در خاک های مختلف از لحاظ بافت و ماده آلی حدود ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار نیتروژن در ابتدای کشت مصرف گردد، لازم به ذکر است که باید حتماً قبل از کشت، بذور سویا را به مایه تلقیح آغشته کرده و بعد کاشته شوند. توصیه عمومی کودی اینگونه خواهد بود:

۳۶۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

کودهای پتاسیمی (SOP, MOP)	۳۰۰ کیلوگرم	۵۰ درصد قبل از کاشت و ۵۰ درصد به صورت سرک
بیوگورد آلی گرانوله	۳۰۰ کیلوگرم	تماماً قبل از کاشت
سولفات روی گرانوله	۵۰ کیلوگرم	تماماً قبل از کاشت
مایه تلقیح نیتروژنوباکتر	سه بسته	همراه با کاشت (بذرمال)
بذرمال روی (Zn)	دو لیتر	همراه با کاشت (بذرمال)
اسید هیومیک	یک کیلوگرم	همراه با کاشت (بذرمال)
اوره	۵۰ کیلوگرم	به عنوان استارتر
سولفات منیزیم	۱۰۰ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
اسید بوریک	۱۵ کیلوگرم در دو تقسیط	در زمان رشد
کودآبیاری	۲۵ کیلوگرم در یک تقسیط	در زمان رشد

در این گروه از گیاهان ضرورت دارد مصرف کودهای نیتروژنی تا حدودی حذف شود تا اجازه فعالیت به ریزوبیوم‌های مربوطه داده شود. از طرف دیگر نظر به انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی ایران، پیشنهاد می‌شود تا ۵ سال مصرف کودهای فسفاتی حذف شود. همچنین پیشنهاد می‌شود مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی هر سه سال یک‌بار تکرار گردد.

پرسش ۱۱۸- آزمایشگاه خاک‌شناسی نتایج تجزیه نمونه خاکی را برای تولید گندم به شرح زیر ارائه نموده است:

درجه اسیدیته گل‌اشباع	۷/۸	کلسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۹۵۰
مواد آلی (درصد)	۰/۵	منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۵۰
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۲۰	گوگرد (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۰
نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۸	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱/۷۰
میزان رس (درصد)	۲۰	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)	۰/۸۰
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۲	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	۰/۳۰
فسفر قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۳	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)	۰/۸۰
پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۶۰	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)	۰/۳۵

میزان برداشت عناصر غذایی در هر هکتار را بنویسید. توصیه کودی شما برای این مزرعه گندم چه خواهد بود (عمق موثر خاک که در آن ریشه گندم فعال می‌باشد، ۲۵ سانتی‌متر و وزن مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شده است).

پاسخ ۱۱۸- یکی از راه‌حل‌ها برای انجام توصیه کودی، استفاده از روش میزان برداشت عناصر غذایی از خاک می‌باشد. در ابتدا میزان عناصر غذایی قابل استفاده در خاک زراعی برحسب کیلوگرم کود بر هکتار به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

با عنایت به این که در عمل کمتر از ۲۰ درصد عناصر غذایی غیرپویا و کمتر از ۴۰ درصد عناصر غذایی پویا، برای زراعت گندم همان‌سال، قابل استفاده بوده و لازم است غلظت عناصر غذایی در خاک‌های زراعی از حد بحرانی آن‌ها کمتر نباشد. از طرف دیگر، میزان عناصر غذایی که ۵ تن دانه

گندم با ۷/۵ تن کلش از زمین برداشت می‌کند به ترتیب، نیتروژن ۲۰۰، فسفر ۳۰، پتاسیم ۱۵۰، گوگرد ۵۰، کلسیم ۴۰، منیزیم ۴۰ کیلوگرم بر هکتار و ریزمغذی‌ها حدود ۲ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد؛ بنابراین، توصیه کودی برای این مزرعه گندم بدین شرح خواهد بود: اسید هیومیک دو لیتر بر هر هکتار به صورت بذرمال؛ کودآبیاری ۲۵ کیلوگرم بر هکتار (در دو تقسیط)؛ بیوگورد آلی گرانوله ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار (قبل از کاشت)؛ سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار (قبل از کاشت)؛ اوره ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار (در سه تقسیط)؛ سولفات آهن ۷۰ کیلوگرم بر هکتار (قبل از کاشت)؛ سوپرفسفات ساده ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار (قبل از کاشت)؛ سولفات منگنز ۲۵ کیلوگرم بر هکتار (قبل از کاشت)؛ سولفات روی ۳۰ کیلوگرم بر هکتار (قبل از کاشت)؛ کلرورپتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار (در دو تقسیط)؛ سولفات منیزیم ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار (در دو تقسیط)؛ اسیدبوریک ۲۰ کیلوگرم بر هکتار (در دو تقسیط).

پرسش ۱۱۹- گندم کاری، نمونه خاک مزرعه خود را به آزمایشگاه تحویل و آزمایشگاه غلظت فسفر (P) قابل استفاده خاک را برابر ۶ میلی گرم بر کیلوگرم اعلام نمود. با عنایت به این که ضریب متغیر میچرلیخ برای منطقه ۰/۲۵ می‌باشد، آیا مدیر آزمایشگاه می‌تواند به این زارع بگوید در حالتی که کود فسفاتی مصرف ننماید، چند کیلوگرم کود بر هکتار گندم تولید خواهد نمود؟ چگونه؟ در حالتی که ۱۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار سوپرفسفات ساده حاوی ۲۰ درصد P_2O_5 مصرف نماید، چقدر تولید خواهد داشت؟ با محاسبه نشان دهید. تولید پتانسیل گندم برای منطقه ۶ تن بر هکتار و وزن یک هکتار خاک تا عمق ۲۵ سانتی متری سه میلیون کیلوگرم کود بر هکتار می‌باشد. ضریب کودی را ۰/۰۵ در نظر بگیرید؟

پاسخ ۱۱۹-

$$\log (A-Y) = \log A - C_p(b)$$

الف: نظر به این که واحد b برحسب کیلوگرم کود بر هکتار می‌باشد، بنابراین ابتدا لازم است غلظت فسفر قابل استفاده خاک به صورت P_2O_5 و برحسب کیلوگرم کود بر هکتار محاسبه گردد. برای این کار غلظت اولیه فسفر خاک را در ضریب ۲/۲۹ و وزن یک هکتار خاک (۳ میلیون کیلوگرم) ضرب می‌شود.

$$b = 6 \times 2 / 29 \times 3 = 41 / 22$$

مقدار P_2O_5 قابل استفاده خاک برحسب کیلوگرم کود بر هکتار

$$\log (6000 - Y) = \log 6000 - 0 / 258 (41 / 22)$$

$$\log (6000 - Y) = 3 / 778 - 1 / 3 = 2 / 748$$

$$6000 - Y = 560$$

با اخذ آنتی لگاریتم از رابطه فوق خواهیم داشت:

$$Y = 6000 - 560 = 5440$$

عملکرد گندم در حالت بدون مصرف کود (کیلوگرم کود بر هکتار)

پاسخ مدیر آزمایشگاه به صاحب مزرعه در شرایط بدون کوددهی این خواهد بود، اگر ایشان بقیه عناصر غذایی را بهینه مصرف نماید ولی کود فسفاتی ندهد، ۵/۴ تن بر هکتار گندم و یا برابر ۹۱ درصد تولید پتانسیل عملکرد خواهد داشت (به طوری که ملاحظه می‌شود، بدلیل مصرف همه ساله کودهای فسفاتی و انباشتگی تری کلسیم فسفات در خاک‌های زراعی کشور برای نیل به یک

عملکرد هکتاری منطقی، چندان نیازی به مصرف فراوان کودهای فسفاتی مشاهده نمی‌شود.
ب: با علم به این که مقدار کود مصرفی (x) به صورت عنصر غذایی (P_2O_5) خواهد بود. بنابراین،
در این فرمول مقدار P_2O_5 گذاشته خواهد شد.

$$\log (A-Y) = \log A - C_1(b) - Cx$$

$$\log (6000-Y) = \log 6000 - 1/0.3 - 0/0.5 \quad (20)$$

$$\log (6000-Y) = 3/778 - 1/0.3 - 0/1 = 2/648$$

$$6000 - Y = 445$$

با اخذ آنتی لگاریتم از رابطه فوق خواهیم داشت:

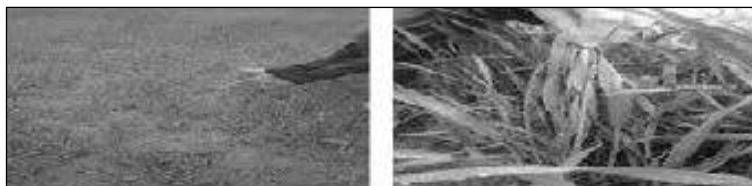
مقدار تولید گندم با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات ساده (کیلوگرم بر هکتار) $Y = 6000 - 445 = 5555$

پرسش ۱۲۰- آزمایشگاه خاک‌شناسی نتایج تجزیه نمونه خاک آهکی در غرب کشور برای تولید ۶ تن بر هکتار گندم را به شرح زیر گزارش نموده است: مواد آلی ۲/۵ درصد؛ میزان رس ۱۰ درصد؛ درجه شوری کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر؛ فسفر قابل استفاده ۱۵ و پتاسیم قابل استفاده ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم و غلظت آهن، منگنز، روی، مس و بور به ترتیب ۱۲، ۱۰، ۱، ۱ و ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم. توصیه بهینه کودی را برای چنین مزرعه‌ای بنویسید؟

پاسخ ۱۲۰- غلظت منیزیم و گوگرد قابل استفاده (سولفات) در این خاک اندازه‌گیری نشده است. درصد مواد آلی، مقدار فسفر و پتاسیم قابل استفاده و ریزمغذی‌ها به غیر از بور (B) در حد بهینه می‌باشند. برای نیل به تولید گندم (۶ تن بر هکتار) بهتر است همراه با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره (در ۳ تقسیط)، ۱۵۰ کیلوگرم برهکتار کلروپتاسیم و ۲۰ کیلوگرم کود بر هکتار اسید بوریک در دو نوبت به صورت سرک مصرف گردد. به منظور نیل به غنی‌سازی دانه گندم از نظر عناصر ریزمغذی، بهتر است در بهار همراه با سرک کودهای نیتروژنی و پتاسیمی، با استفاده از کود کامل میکرو، مزرعه را محلول‌پاشی نمود. به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت دانه گندم، لازم است از کود کامل آبیاری (کریستالون داخلی)، به مقدار ۱۵ الی ۳۰ کیلوگرم کود بر هکتار (حداقل در دو تقسیط) در بهار استفاده نمود.

پرسش ۱۲۱- تصاویر دو مزرعه گندم پاییزی که در جوار هم کاشته شده‌اند را به همراه با نتایج تجزیه برگ‌های آن‌ها در اواخر اسفندماه، ملاحظه می‌شود. در حالی که مزرعه سمت راست با زردی عمومی مواجه می‌باشد، لیکن در مزرعه سمت چپ، بوته‌های گندم از سرسبزی بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. با توجه به بافت سنگین (رس) در مزرعه اول و با عنایت به نتایج تجزیه برگ‌های هر دو مزرعه، علت و یا علل زردی در مزرعه سمت راستی را در چه می‌دانید. راه حل شما برای رفع مشکل تغذیه‌ای هر دو مزرعه چگونه خواهد بود؟

مزرعه گندم کشت پائیزی	بور	مس	روی	منگنز	آهن	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
	(میلی گرم بر کیلوگرم)					(درصد)				
برگ‌های زردشده بارش‌دکم	۸	۲۳	۲۵	۱۰۰	۵۱۰	۰/۱۷	۰/۸۳	۳/۲۱	۰/۴۵	۲/۵۸
برگ‌های سبز تیره با رشد مطلوب	۸	۲۳	۴۳	۶۱	۲۵۰	۰/۱۴	۰/۶۱	۴/۸۵	۰/۶۳	۴/۴۴



پاسخ ۱۲۱- هر دو مزرعه با مشکلات تغذیه‌ای مواجه می‌باشند. منتهی در مزرعه سمت راستی علاوه بر دشواری‌های تغذیه‌ای مخصوصاً کمبود نسبی عناصر غذایی منیزیم، نیتروژن، روی و بور، مزرعه با نفوذپذیری کم نیز مواجه است. لیکن در مزرعه دوم، علاوه بر زیادی مصرف کودهای نیتروژنی، کمبود نسبی منیزیم و بور وجود داشته و احتمال خوابیدگی (ورس) بوته‌های گندم در این مزرعه دور از انتظار نیست. بنابراین لازم است در مزرعه اول مصرف سرک کودهای نیتروژنی در دو نوبت (۵۰ کیلوگرم بر هکتار در هر نوبت)، سولفات منیزیم در هر نوبت ۲۵ کیلوگرم در هر هکتار، کلات روی ۲/۵ کیلوگرم در هر هکتار و اسید بوریک ۲/۵ کیلوگرم در هر هکتار در هر نوبت و در مزرعه دوم نیز به منظور جلوگیری از ورس، مصرف سرک کلرورپتاسیم، سولفات منیزیم و اسید بوریک به مقادیر فوق توصیه می‌گردد.

پرسش ۱۲۲- آزمایشگاه خاک‌شناسی نتایج تجزیه نمونه خاک مرکب مزرعه‌ای را در استان فارس را به شرح: مواد آلی ۰/۷۵ درصد، کربنات کلسیم معادل ۲۰ درصد، رس ۲۵ درصد، شوری عصاره اشباع خاک ۲ دسی زیمنس بر متر، فسفر و پتاسیم قابل استفاده خاک به ترتیب ۱۲ و ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم و pH برابر ۸/۱ ارائه کرده است. معایب تجزیه فوق (نقاط ضعف) را با ذکر دلیل بیان کنید؟ اگر بنا باشد برای تولید ۵ تن بر هکتار دانه گندم بر مبنای نتایج گزارش شده، توصیه کودی صورت پذیرد، چه توصیه کودی برای مزرعه ارائه می‌کنید؟

پاسخ ۱۲۲- از معایب توصیه کودی بر مبنای این نتایج آن است که تنها مقادیر عناصر غذایی پرنیاز اندازه‌گیری شده و لیکن غلظت عناصر کم‌نیاز (B, Cu, Zn, Mn, Fe)، گوگرد و منیزیم قابل استفاده خاک اندازه‌گیری نشده است. در این خاک لازم است پیش از کاشت به دلیل کمی مواد آلی، در حد امکان از کودهای آلی (به صورت عمقی) استفاده نمود. در غیر این صورت، مقدار کود نیتروژنی مصرفی (ترجیحاً سولفات آمونیوم) را آن هم به صورت تقسیط افزایش داد. افزون‌بر این، در این خاک نیازی به مصرف پیش از کاشت کودهای فسفاتی، پتاسیمی و منیزیمی (در خاک‌های شور معمولاً مقدار منیزیم بالا است) نمی‌باشد، بلکه لازم است از کلرورپتاسیم یا ترجیحاً از سولفات پتاسیم محلول (سولفات پتاسیم محلول) به صورت سرک استفاده کرد. مصرف عمقی (پیش از کاشت) گوگرد و کودهای دارای عناصر کم‌نیاز (به غیر از اسید بوریک) در این خاک نیز الزامی است. بهتر است در بهار همراه با سرک کودهای نیتروژنی و پتاسیمی، یک بار نیز با استفاده از کود کامل میکرو، مزرعه را محلول‌پاشی نمود. اگر در این خاک نسبتاً شور، غلظت بور (B) قابل استفاده از دو میلی گرم بر کیلوگرم بیشتر باشد، از سولفات پتاسیم و سولفات روی بیشتری استفاده شود. لازم به یادآوری است، در شرایطی که شوری و یا هر عامل محدودکننده دیگر، رشد

گیاه را متأثر سازد، بهتر است از کود کامل آبیاری (کریستالون داخلی) و یا سولفات پتاسیم محلول و در صورت نیاز هر دو، به مقدار ۱۵ الی ۳۰ کیلوگرم کود بر هکتار (حداقل در دو تقسیط) به هنگام بهار استفاده گردد.

پرسش ۱۲۳- شالیکاری در استان گیلان ضمن مراجعه به کارشناس ذکر کرده که نقاط ریز قهوه‌ای روی برگ برنج (رقم محلی) ظهور کرده و کم کم این نقاط بزرگتر شده و به صورت لکه‌های گرد یا بیضی قهوه‌ای درآمده است. لکه‌ها روی بوته‌های مسن‌تر، روشن و مرکز آن خاکستری و حاشیه آن قرمز قهوه‌ای است. این شالیکار اظهار داشته در مراجعه قبلی بیماری تشخیص داده شده ولی علی رغم مصرف سم، لکه‌ها برطرف نشده‌اند. توصیه کودی شما با توجه به نتایج تجزیه خاک چگونه است؟

خواص فیزیکی و شیمیایی شالیزار مورد آزمایش

بور (B)	مس (Cu)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	کربن درصد	pH گل اشباع
میلی گرم بر کیلوگرم								
۱/۱۰	۱/۵۰	۰/۸۰	۲۹	۴۱	۸۰	۱۰۸	۲/۹۶	۵/۶

پاسخ ۱۲۳- زیادی فسفر و کمی پتاسیم و روی (Zn) در خاک شالیزار تحت بررسی، مشهود می‌باشد. تحت چنین شرایطی، مسمومیت فسفر مطرح بوده و احتمالاً سبب کوتاهی قد در بوته‌های برنج گردیده است. این بیماری در واقع عارضه ثانویه‌ای است که به علت عارضه اولیه (سوء تغذیه) ایجاد شده است. در واقع این بیماری که عامل آن قارچ است با کمبود سیلیسیم آغاز شده و با زیادبود فسفر، کمبود روی (Zn) و پتاسیم تشدید می‌شود. توصیه کودی پیشنهادی برای این شالیزار به صورت زیر خواهد بود: اوره با پوشش گوگردی ۱۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار قبل از کاشت، اوره و کلرور پتاسیم هر یک ۱۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار به صورت سرک در دو مرحله، سولفات روی ۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار قبل از کاشت، به دلیل زیادی مقدار فسفر در خاک قابل استفاده باید مصرف کود فسفاتی متوقف گردد. برای افزایش عملکرد هکتاری، لازم است در خزانه با استفاده از بذرمال روی (Zn)، سولفات پتاسیم و سولفات روی، نسبت به تولید نشاهای قوی‌تر برنج اقدام گردد. به منظور افزایش سیلیسیم در برگ‌های برنج و افزایش استحکام بوته‌ها برنج، برگرداندن کاه و کلش و پوسته برنج به خاک در طولانی مدت مفید خواهد بود ولی برای رفع سیلیسیم در وضعیت کنونی، کاربرد سیلیکات کلسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار قبل از کاشت بایستی انجام شود.

پرسش ۱۲۴- آزمایشگاه خاک‌شناسی نتایج تجزیه نمونه خاک در حومه زنجان را به شرح ذیل گزارش نموده است: درصد کربنات کلسیم ۲۵ درصد، مواد آلی ۰/۵۰، فسفر و پتاسیم قابل استفاده ۱۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم. نواقص این تجزیه را نام ببرید. در صورت اجبار، توصیه کودی شما برای چنین مزرعه سیب‌زمینی برای برداشت ۶۰ تن بر هکتار چه خواهد بود؟ چرا؟

پاسخ ۱۲۴- اولاً در این آزمایش، غلظت عناصر ریزمغذی، گوگرد و منیزیم اندازه‌گیری نشده است. ثانیاً غلظت پتاسیم در مقایسه با فسفر بسیار کم است. در این خاک لازم است پیش از

کاشت به دلیل کمی مواد آلی، درحد امکان از کودهای آلی (به صورت عمقی) استفاده نمود. توصیه عمومی کودی برای چنین مزرعه سیب‌زمینی، ۴۰۰-۳۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار اوره (به صورت تقسیط)؛ ۳۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات و کلرورپتاسیم (قبل از کاشت و سرک)، کودهای سولفات‌روی، سولفات آهن، سولفات منگنز و سولفات مس به صورت هر کدام در حد ۲۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار با روش نواری (جایگذاری عمقی) به همراه ۲۰ الی ۳۰ تن بر هکتار کود حیوانی مصرف گردد. تحت چنین شرایطی که زارع عملکرد بیشتر و یا محصولات کشاورزی غنی‌شده را انتظار دارد، بهتر است از کود کامل‌آبیاری (کریستالون داخلی) و یا سولفات‌پتاسیم محلول و در صورت نیاز هر دو، به مقدار ۱۵ الی ۳۰ کیلوگرم کود بر هکتار (حداقل در دو تقسیط) به همراه محلول‌پاشی با کود کامل میکرو استفاده نماید.

پرسش ۱۲۵- آزمایشگاه خاک‌شناسی نتایج تجزیه نمونه خاک در حومه بندر عباس را به شرح ذیل گزارش نموده است: درصد کربنات کلسیم ۲۵ درصد، مواد آلی ۵۰/۰، فسفر و پتاسیم قابل استفاده ۲۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و درجه شوری حدود ۸ دسی‌زیمنس بر متر. نواقص این تجزیه را نام ببرید. توصیه کودی شما برای چنین مزرعه سیب‌زمینی برای برداشت ۶۰ تن بر هکتار چه خواهد بود؟

پاسخ ۱۲۵- در این خاک شور، چون سیب‌زمینی کار عملکرد بالایی را انتظار دارد، در پاسخ باید گفت که در این خاک زراعی به دلیل شوری بالا نمی‌توان سیب‌زمینی، آن هم با عملکرد ۶۰ تن بر هکتار را تولید نمود.

پرسش ۱۲۶- نقش مصرف بهینه کود بر عملکرد (کمی- کیفی) سیر در مازندران را با عنایت به مشخصات خاک به شرح زیر را نشان دهید؟

خواص فیزیکی شیمیایی خاک مورد آزمایش

بور (B)	مس (Cu)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	پتاسیم (K)	فسفر	کربن آلی (درصد)	pH گل اشباع
میلی‌گرم بر کیلوگرم								
۱/۰	۱/۵	۰/۷	۴	۶	۸۶	۱۸	۱/۹۶	۷/۸

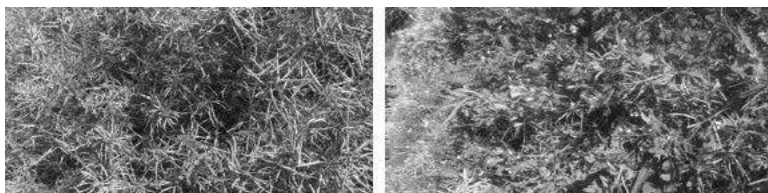
پاسخ ۱۲۶- رعایت اصول مصرف بهینه کودی در این مزرعه باعث شده تا عملکرد هکتاری سیر تا ۱۱/۸ تن بر هکتار برسد. این در حالی بود که عملکرد در تیمار عرف زارع، ۸/۲ تن بر هکتار بود. می‌خواهد در این مزرعه از کودهای فسفاتی استفاده نگردید و در مقابل از ۳۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار اوره، ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات‌پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار کلرورپتاسیم، ۲۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار گوگرد و ۷۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات‌روی به صورت قبل از کاشت و سرک استفاده گردید. لازم به یادآوری است علاوه بر افزایش ۴۴ درصدی در عملکرد هکتاری، برخی از خصوصیات کیفی سیر از جمله

غلظت پتاسیم، روی (Zn) و گوگرد نیز به میزان قابل توجهی افزایش یافت. تصاویر میدانی مربوط به مصرف بهینه کودی و عرف زارع در زیر گنجانده شده است (قربانی، ۱۳۹۳).



مقایسه رشد و عملکرد سیر در کوددهی بر اساس عرف زارع (سمت راست تصویر) با مصرف بهینه کودی در ساری، مازندران (قربانی، ۱۳۹۳)

پرسش ۱۲۷- نقش مصرف توام گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر عملکرد کلزا را نشان دهید.
پاسخ ۱۲۷- در طی تحقیقی که در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد، روش‌های مختلف استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد در کشت کلزا مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به تصویر زیر، بهترین تیمار (تیمار سوم = مصرف بهینه کودی بعلاوه مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس هم‌زمان با کوددهی قبل از کاشت) در مقایسه با تیمار شاهد (مصرف بهینه کودی به استثناء مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس که در آن مصرف تمامی کودها براساس نتایج تجزیه خاک بود) از نقطه نظر عملکردی بود. تیمار سوم (مصرف بهینه کودی بعلاوه مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس هم‌زمان با کوددهی قبل از کاشت) در مقایسه با تیمار شاهد، زودرس تر و با رشد رویشی مطلوب‌تری بود (سفلائی، ۱۳۹۳). بهترین تیمار (تیمار سوم = سمت راست تصویر) در مقایسه با تیمار شاهد (سمت چپ تصویر) .



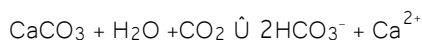
پرسش ۱۲۸- اهداف تجزیه گیاهی را نام ببرید؟

پاسخ ۱۲۸- اهداف تجزیه گیاهی عبارتند از تشخیص علائم کمبود عناصر غذایی، ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای خاک و گیاه، تشخیص عناصر غذایی مورد نیاز برای محصول کاشته شده و یا برای محصول بعد از کاشت، کنترل مستمر محصول زیرکشت، کنترل تأثیر جذب یا عدم جذب عنصر غذایی بعد از مصرف کود و اصلاح مقدار مصرف کود.

پرسش ۱۲۹- چگونگی تشکیل یون بی کربنات در خاک بیان نمایید؟

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۳۶۷

پاسخ ۱۲۹- کربنات کلسیم فراوان در خاک‌های ایران وجود دارد که این کربنات تحت تأثیر CO_2 موجود در خاک همراه با آب، سبب تولید بی‌کربنات محلول می‌گردد:



پرسش ۱۳۰- دوره گرده‌افشانی مؤثر چیست؟

پاسخ ۱۳۰- دوره گرده‌افشانی مؤثر (Effective Pollination Period -EPP) به زمانی اطلاق می‌گردد که مادگی گل آمادگی پذیرش دانه‌گرده را داشته باشد. برای جلوگیری از ریزش فراوان گل‌ها، افزایش تشکیل میوه در اوایل بهار و کاهش سال‌آوری، انجام محلول‌پاشی با اوره، سولفات‌روی و اسید بوریک (هر کدام ۵ در هزار در هکتار) در پائیز پس از برداشت محصولات مخصوصاً در سال‌هایی که سال نیار- ناآور (Off) خواهد بود، ضروری می‌باشد. زیرا در اوایل بهار که درجه حرارت، پایین است، برگ‌ها هنوز ظاهر نشده و ریشه‌ها فعال نیستند، دانه‌های گرده به دلیل کمبود نسبی نیتروژن (N)، روی (Zn) و بور (B) در درختان میوه، قادر به حرکت به سمت تخمک نمی‌باشند.

$100 \times (\text{تعداد گل‌های باز شده} / \text{تعداد میوه‌های تشکیل شده}) = \text{درصد تشکیل میوه}$

(زمان رسیدن دانه‌گرده به تخمک) - (طول عمر تخمک) = EPP

با انجام این عمل حتی دو بار در سال (یک‌بار در پاییز بعد از برداشت محصول و قبل از ریزش برگ‌ها) و یک بار نیز در اوایل بهار به‌هنگام متورم شدن جوانه‌ها، سال‌آوری کاهش و عملکرد هکتاری محصول نیز افزایش خواهد یافت.

پرسش ۱۳۱- علل ریزش غیرمعمول حبه‌های انگور از خوشه‌ها را در رقم کندری توضیح دهید؟

پاسخ ۱۳۱- از علل عمده ریزش حبه‌ها در انگور رقم کندری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف- عامل وراثت (نوع رقم): انگور رقم کندری هسته‌دار بوده و ظاهری درشت و سفت دارد. این رقم از انگور دارای کلون‌های متعددی است. در بعضی از کلون‌ها، دم حبه‌ها از محل چسبیدن به حبه کلفت‌تر بوده و حالت برآمدگی دارد. در صورت مشاهده چنین عارضه‌ای، ریزش حبه‌ها جزو خصوصیات وراثتی رقم است. ب- بیماری سفیدک داخلی (سفیدک دروغی): بیماری سفیدک داخلی در اوایل تشکیل، باعث ریزش حبه‌ها می‌شود. در این بیماری پوشش سفید متمایل به خاکستری روی حبه‌ها به وجود می‌آید. این بیماری از محل آوندها به داخل حبه نفوذ کرده و باعث می‌شود قسمت مرکزی حبه و دانه‌ها به رنگ قهوه‌ای درآیند. لذا اگر انتهای خوشه حبه‌ها را برش عرضی دهیم و داخل مغز قهوه‌ای رنگ باشد ریزش حبه‌ها، مربوط به این بیماری است. زهکشی تاکستان به منظور کاهش رطوبت، هرس سرشاخه‌های آلوده و انجام مبارزه شیمیائی به موقع با قارچکش‌های توصیه شده، می‌تواند در کاهش بیماری و ریزش حبه‌ها مؤثر باشد. پ- بیماری پوسیدگی خاکستری (بوتریتیس): شدت این بیماری در باغ‌هایی که دارای خوشه‌های متراکم

بوده و از تهویه مناسبی برخوردار نمی‌باشند، بیشتر است. برای تشخیص این بیماری اگر تعدادی از خوشه‌ها را داخل ظرفی با مه‌پاش مرطوب کرده و درب آن را ببندیم، میسپلوم‌های قارچ پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت، بالا آمده و خودشان را نشان می‌دهند. برای برطرف کردن این مشکل انجام هرس سبز برای ایجاد تهویه مناسب و استفاده به‌موقع از قارچکش توصیه می‌شود. ت - عدم تغذیه متعادل گیاه و تنش‌های محیطی: شرایط تغذیه‌ای انگور و تنش‌های محیطی با تأثیرگذاری بر تغییرات هورمونی گیاه، می‌تواند در ریزش حبه‌ها موثر باشد. مهم‌ترین هورمون مؤثر در تشدید ریزش حبه‌ها، هورمون اسید آبسزیک (ABA) است. این هورمون، فعالیت آنزیم‌های سلولاز و پلی‌گالاکتروناز را افزایش داده که فعالیت این دو آنزیم پس از برداشت میوه، موجب تخریب سلولز و پکتین در محدوده اتصال حبه‌ها به چوب می‌گردد. ترکیبات شیمیائی کلسیم و پتاسیم دارای اثر بازدارندگی بر روی تولید اسید آبسزیک (ABA) در انگور بوده و در نتیجه موجب کاهش ریزش حبه‌ها پس از برداشت میوه خواهند شد. در شرایط کمبود پتاسیم و کلسیم تولید اسید آبسزیک (ABA) افزایش یافته و در نتیجه مقاومت حبه‌ها در مقابل ریزش کاهش می‌یابد.

پرسش ۱۳۲- تفاوت بین pH و اسیدیته در میوه در چیست؟ نحوه محاسبه و واحد آن‌ها را بیان کنید؟

پاسخ ۱۳۲- pH مفهوم کمی ریاضی بوده و تعریف آن $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$ بوده و با الکتروود pH متر اندازه‌گیری می‌شود (در pH، فعالیت هیدروژن آزاد و یا پروتون، اندازه‌گیری می‌شود). لیکن اسیدیته میوه، مفهوم غلظت دارد و برحسب درصد، میلی‌گرم بر لیتر و یا میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان می‌شود. اگر دو نوع اسید یک دهم نرمال وجود داشته باشد (مثلاً اسید کلریدریک و اسید استیک) و بخواهیم یک محلول pH مثلاً ۳ درست کنیم از اسید کلریدریک که یک اسید بسیار قوی است، ممکن است فقط دو میلی‌لیتر لازم داشته باشیم، ولی از اسید استیک مقدار بیشتر، مثلاً ۵۰ میلی‌لیتر لازم خواهیم داشت تا به pH برابر ۳ برسد. حالا اگر این دو محلول را کنار هم بگذاریم که هر دو دارای pH برابر ۳ باشند، و بخواهیم اسیدیته این دو را اندازه‌گیری نمائیم، اسیدیته اسید کلریدریک بسیار کم، ولی اسیدیته اسید استیک، بسیار زیاد خواهد بود. یعنی با تیتراژ کردن اسید استیک، H^+ آزاد شده و با OH^- باز، خنثی می‌شود. در میوه‌ها اسیدهای مختلف وجود دارد نظیر اسید سیتریک و اسید مالیک. به‌طور کلی، با رسیدن میوه، اسیدیته میوه، کاهش ولی pH میوه افزایش (بطرف خنثی) می‌یابد. pH با الکتروود pH متر، ولی اسیدیته با تیتراسیون توسط یک باز اندازه‌گیری می‌شود و عموماً آن را برحسب میلی‌گرم بر لیتر بیان می‌دارند.

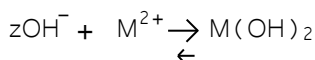
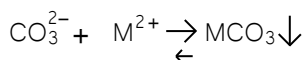
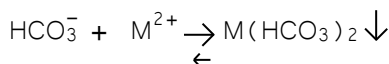
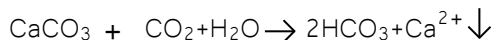
یادآوری: به هنگام توصیه کودی در باغ‌ها و گلخانه‌ها، علاوه بر مطالعه نتایج تجزیه خاک، آب و برگ موجود، لازم است اطلاعاتی از قبیل سابقه کشت، نوع کشت، تناوب زراعی، نوع، مقدار و زمان مصرف انواع کودها و عملکرد هکتاری محصول کشت شده، مشخص شود. بدیهی است با در دست داشتن این اطلاعات که از طریق پرسش از باغدار و یا مدیر گلخانه به دست می‌آید، توصیه بهینه کودی برای نیل به یک عملکرد هکتاری

مطلوب و سالم، با سهولت بیشتری امکان پذیر خواهد بود.

پرسش ۱۳۳- چرا درختان سیب در اغلب باغ‌های کشور مطابق تصاویر زیر با ریزبرگی مواجه می‌باشند؟



پاسخ ۱۳۳- به دلیل آهکی بودن خاک‌ها، pH بالا، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، کمبود مواد آلی، تنش خشکی، استمرار در مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه مصرف زیادی کودهای فسفاتی و عدم رواج مصرف کودهای محتوی ریزمغذی (روی)، در اغلب درختان سیب در کشور ما با ریزبرگی، کاهش کمی و کیفی میوه‌های سیب مواجه می‌باشیم. زیرا در خاک‌های آهکی به دلیل وجود مقادیر قابل توجهی کربنات کلسیم (آهک)، pH خاک بین ۷/۵ الی ۸/۲ می‌باشد. وجود این مقدار آهک سبب افزایش pH خاک می‌شود. با انحلال کربنات کلسیم، مقداری بی‌کربنات و کربنات‌رها می‌شود که واکنش آن‌ها با عناصر ریزمغذی موجب کاهش حلالیت ریزمغذی‌ها شده و در نتیجه گیاهان از جمله درختان سیب با کمبود نسبی این عناصر از جمله روی مواجه می‌باشند.



بدین ترتیب، قابلیت دسترسی عناصر ریزمغذی کاهش می‌یابد.

پرسش ۱۳۴- چرا در خاک‌های آهکی در تنه درختان میوه شکاف عمودی مشاهده می‌شود؟ چرا گاهی میوه‌های سیب مطابق تصویر زیر نامتقارن می‌باشند؟



پاسخ ۱۳۴- به دلیل آهکی بودن خاک‌ها، pH بالا، بی‌کربناته بودن آب آبیاری و کمبود مواد آلی و عدم رواج مصرف کودهای محتوی بور، در اغلب درختان میوه شکاف‌های عمودی در روی تنه آن‌ها مشاهده می‌شود. چون دامنه کمبود و مسمومیت بور بسیار نزدیک می‌باشد، بنابراین، باید در مصرف کودهای حاوی بور (اسیدبوریک) دقت لازم و کافی به عمل آورد.

پرسش ۱۳۵- به باغ‌های مرکبات در جهرم فارس، جیرفت کرمان و قائمشهر مازندران مراجعه نموده اید. باغدار از شما برای برداشت ۳۰ تن بر هکتار پرتقال، بدون آن که تجزیه‌ای از خاک، برگ و آب آبیاری داشته باشد، فرمول کودی می‌خواهد. توصیه پیشنهادی شما چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۳۵- با توجه به این که خاک‌های جهرم و جیرفت عمدتاً مبتلا به شوری هستند، لذا باید از مصرف اسیدبوریک خودداری کرد. در این دو منطقه توصیه کودی به شرح زیر است: به ازاء هر هکتار، ۲۵۰ کیلوگرم اوره و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۲۵۰ کیلوگرم بیوفسفات طلائی، ۴۰۰ کیلوگرم ساری کود به همراه مواد آلی و باکتری‌های تیوباسیلوس، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات آهن، ۵۰ کیلوگرم سولفات منگنز، ۲۰ کیلوگرم سولفات مس و ۷۵ کیلوگرم سولفات روی به صورت چالکود مصرف شود. ضمناً از ۵ کیلوگرم کود کامل میکرو بدون بور و کلرور کلسیم ۵ در هزار در هکتار به صورت محلول پاشی بعد از فندقی شدن میوه استفاده شود. همچنین به دلیل تنش شوری، حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی، مصرف ۵۰ کیلوگرم بر هکتار از هریک از کودهای کامل ماکرو آبیاری بدون بور و سولفات پتاسیم محلول در دو تقسیط همراه با آب آبیاری توصیه می‌شود. لیکن در قائمشهر مازندران مشکل سمیت بور وجود ندارد، اما به دلیل آبشویی، کمبود شدید پتاسیم، منیزیم و روی مشاهده می‌شود، لذا توصیه کودی به صورت زیر خواهد بود: ۲۵۰ کیلوگرم اوره با پوشش گوگردی به همراه ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات منیزیم، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات روی و ۵ کیلوگرم اسیدبوریک به صورت چالکود داده شود. همچنین ۴۰۰ کیلوگرم کلرور پتاسیم به همراه آب آبیاری و نیز ۵ کیلوگرم بر هکتار کود کامل میکرو و ۵ کیلوگرم بر هکتار کلرور کلسیم به صورت محلول پاشی بعد از فندقی شدن میوه توصیه می‌شود.

پرسش ۱۳۶- به باغ کشت و صنعت مغان مراجعه نموده اید. کارشناس مسئول می‌گوید که ما همه ساله کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در باغ‌های میوه، مصرف ولی در تجزیه برگ غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم به بیش از ۲/۲۰، ۰/۱۰ و ۱/۲۰ درصد فراتر نمی‌رود و عملکرد هکتاری باغ‌ها نیز کمتر از میانگین منطقه‌ای است. چرا؟ راه حل پیشنهادی شما برای

افزایش عملکرد هکتاری این باغ چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۳۶- با توجه به این که بافت خاک‌های زیر کشت باغ‌های میوه در کشت و صنعت مغان نسبتاً سنگین (رسی) و همراه با مواد آلی پایین است و از طرف دیگر، مصرف کود نیز به صورت پاپیل می‌باشد، بنابراین، مصرف این کودها اثربخشی خوبی ندارند. برای رفع این نقیصه، بهتر است علاوه بر انجام تجزیه برگ و مصرف بهینه کودی بر اساس نتایج تجزیه کامل برگ‌های درختان میوه، کوددهی عمدتاً به صورت چالکود باشد و علاوه بر آن، استفاده از کودهای کامل آبیاری، سولفات پتاسیم محلول و ریزمغذی به صورت کلات همراه با آب آبیاری و محلول پاشی توصیه می‌شود.

پرسش ۱۳۷- باغداری فرمول کودی برای باغ پسته خود در کرمان را از شما می‌خواهد. توصیه کودی شما برای باغ پسته ایشان چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۳۷- ابتدا پرسش‌هایی به شرح ذیل از باغدار پرسیده و سپس بر اساس پاسخ‌ها، توصیه کودی به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

درختان پسته چند ساله هستند؟ ۲۰ سال؛ عملکرد هکتاری باغ پسته چقدر است؟ ۲ تن بر هکتار؛ عملکرد مورد انتظارتان با این کوددهی، می‌خواهید چند تن بر هکتار باشد؟ ۴ تن؛ آیا تجزیه آب و خاک از باغ دارید؟ خیر؛ کودهایی که مصرف می‌کنید، چیست؟ اوره و سوپرفسفات تریپل. فرمول پیشنهادی برای باغ پسته در کرمان چنین خواهد بود: استفاده از آبیاری تشتکی به جای آبیاری غرقابی، مصرف ۵۰-۱۰۰ کیلوگرم مواد آلی، یک کیلوگرم اوره یا ۲ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۲ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۳ کیلوگرم گوگرد آلی، ۱ کیلوگرم سولفات روی، ۲ کیلوگرم سولفات آهن، ۵۰۰ گرم سولفات منگنز و ۲۵۰ گرم سولفات مس برای هر درخت (در داخل چالکود) توصیه می‌گردد.

پرسش ۱۳۸- باغداری در ارتفاعات استان فارس شاکی است که درختان گردوی باغ وی در سال جاری محصول بسیار کمی داده و در اکثر گردها، مغز گردو سوخته و چروکیده است. علت را چه می‌دانید؟ او همچنین از شما بدون آن که تجزیه خاک، برگ و آب انجام گیرد، توصیه عمومی کودی می‌خواهد. فرمول کودی پیشنهادی شما چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۳۸- در ارتفاعات، به‌طور عمده، سرمای زیاد عامل اصلی سوختگی مغز گردو می‌باشد. همچنین آبیاری بی‌رویه، آبیاری دیر هنگام، دادن کود نیتروژنی بیش از حد، محصول زیاد، ریزش زود هنگام برگ‌ها، برداشت دیر هنگام، هرس زود هنگام موجب کاهش مقاومت درختان میوه می‌شود. مصرف بهینه کود به دلیل تجمع کربوهیدرات‌ها کافی در درختان گردو و اندام‌های آن، موجب افزایش مقاومت در برابر سرما می‌شود. بنابراین، توصیه کودی به صورت زیر خواهد بود: به ازاء هر هکتار، ۴۵۰ کیلوگرم نترات آمونیوم یا سولفات آمونیوم، ۵۰۰ کیلوگرم بیوفسفات طلایی و یا کود میکروبی فسفاتی، ۴۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۶۰ کیلوگرم سولفات منگنز، ۵۰ کیلوگرم سولفات روی، ۲۰ کیلوگرم سولفات مس، ۲۰ کیلوگرم اسید بوریک، ۲۵۰ کیلوگرم سولفات آهن و ۲۰

تن کود دامی پوسیده به صورت چالکود به درخت داده شود.

پرسش ۱۳۹- آزمایشگاه خاک‌شناسی نتایج تجزیه برگ‌ی درختان سیب ۱۵ ساله در حومه مراغه را به شرح زیر گزارش نموده است: نیتروژن ۲/۵۰، فسفر ۰/۱۲، پتاسیم ۱/۸۰ و کلسیم ۲/۰۰ درصد. نواقص این تجزیه را نام ببرید. در صورت اجبار، توصیه کودی شما برای چنین باغی چه خواهد بود؟ سطح مطلوب غلظت سایر عناصر غذایی در برگ‌های سیب را نیز بیان نمایید.

پاسخ ۱۳۹- بهتر بود از باغدار خواسته شود تا نتایج تجزیه خاک زیر کشت باغ سیب و نیز خصوصیات شیمیایی آب آبیاری، به خصوص مقدار بی‌کربنات آب آبیاری را به همراه داشته باشد. از معایب توصیه کودی بر مبنای نتایج تجزیه برگ‌ی فوق، آن است که در این باغ غلظت عناصر ریزمغذی، منیزیم و گوگرد اندازه‌گیری نشده است. در این باغ ۱۵ ساله لازم است ضمن اصلاح روش آبیاری (تغییر روش آبیاری از غرقابی به نواری و در صورت امکان قطره‌ای)، در فاصله مناسب که آب از روی آن‌ها عبور می‌نماید، ۲ الی ۴ چاله به‌ازای هر درخت به عمق ۵۰ سانتی‌متری حفر نموده و سپس به مقدار بسیار کم (۲۰۰ الی ۳۰۰ گرم به‌ازای هر درخت سولفات آمونیم، سوپر فسفات ساده و سولفات پتاسیم) به همراه یک الی دو کیلوگرم گوگرد پودری و تمامی کودهای حاوی عناصر ریزمغذی از جمله ۱۰۰۰ گرم سولفات آهن، ۷۵۰ گرم سولفات روی، ۵۰۰ گرم سولفات منگنز، ۲۵۰ گرم سولفات مس و ۱۵۰ گرم اسید بوریک با مقدار کافی مواد آلی به خوبی مخلوط و در این چاله‌ها ریخته شود. بدیهی است با این روش کوددهی، مخصوصاً برای ریزمغذی‌ها، باغدار ۲ الی ۳ سال، نگرانی کمبود ریزمغذی‌ها را نخواهد داشت. از سوی دیگر به‌رغم فراوانی کلسیم در برگ‌ها، به منظور بهبود کیفی سیب‌های تولیدی، محلول‌پاشی مکرر (حداقل ۸ بار در طول فصل رشد با استفاده از کلور کلسیم ۵ در هزار بر هکتار به همراه یک در هزار سولفات روی)، باید انجام شود. سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی در برگ‌های سیب بدین ترتیب می‌باشد: نیتروژن ۲/۲، فسفر ۰/۱۵، پتاسیم ۱/۸۰، کلسیم ۲/۰۰، منیزیم ۰/۴۰، گوگرد ۰/۳۵ درصد، آهن ۱۵۰، منگنز ۷۰، روی ۴۰، بور ۴۰ و مس ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم.

پرسش ۱۴۰- در باغ سیبی که مصرف بهینه کودی در آن رعایت شده بود و غلظت عناصر غذایی در برگ‌های درختان سیب در سطح مطلوب بوده، در اوایل بهار هم‌زمان با شکوفه‌دهی، با سرمازدگی مواجه و سبب از بین رفتن عملکرد در آن سال شد. آیا این باغدار برای همین سال در بهار بایستی کود مصرف نماید و یا خیر؟

پاسخ ۱۴۰- در این باغ سیب به خاطر سرمازدگی، چون عملکردی در سال جاری متصور نخواهد بود. بنابراین، مقدار کودهای مصرفی در سال قبل برای رشد رویشی درختان سیب کافی خواهد بود. به عبارت دیگر، نیازی به مصرف کودهای جدید نخواهد بود. مگر این‌که علائم ظاهری کمبود در درختان سیب دیده شده باشد.

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۳۷۳

پرسش ۱۴۱- با عنایت به نتایج تجزیه خاک و برگ درختان مرکبات زیر در دو باغ شهرستان آمل، توصیه کودی مناسب را برای این دو باغ مرکبات بنویسید؟

نتایج تجزیه دو خاک زیر کشت مرکبات (پرتقال)

عمق خاک (سانتیمتر)	pH	کربنات کلسیم معادل (درصد)	شوری خاک (dS/m)	درصد رطوبت اشباع (SP)	ماده آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	پتاسیم قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰-۳۰ (باغ اول)	۷/۹	۶	۰/۵۱	۵۹	۳/۳۷	۰/۳۴	۱۷۷	۱۲
۳۰-۶۰ (باغ اول)	۷/۴	۶	۰/۴۵	۶۴	۱/۵۷	۰/۱۶	۱۶۷	۸
۰-۳۰ (باغ دوم)	۷/۹۷	۶	۰/۴۴	۵۷	۳/۵۳	۰/۳۵	۱۶۷	۱۲
۳۰-۶۰ (باغ دوم)	۷/۵	۶	۰/۴۷	۶۰	۲/۲۳	۰/۲۲	۱۶۸	۱۱

عمق خاک (سانتیمتر)	بور	روی	مس	منگنز	آهن
میلی گرم بر کیلوگرم					
۰-۳۰ (باغ اول)	۱/۲۰	۲/۲۰	۲/۰۰	۲۵	۳۵
۳۰-۶۰ (باغ اول)	۰/۸۰	۰/۸۴	۱/۷۲	۲۲	۳۲
۰-۳۰ (باغ دوم)	۱/۴۰	۳/۴۰	۲/۲۰	۳۲	۴۰
۳۰-۶۰ (باغ دوم)	۰/۹۰	۱/۰۲	۱/۸۰	۲۵	۳۵

نتایج تجزیه دو نمونه برگ پرتقال

نمونه برگ	نیترژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
درصد					
باغ اول	۲/۸۵	۰/۱۷	۰/۵۹	۲/۷۲	۰/۱۴
باغ دوم	۲/۸۷	۰/۱۵	۰/۸۹	۴/۸۰	۰/۳۶
نمونه برگ	آهن	منگنز	روی	مس	بور
	میلی گرم بر کیلوگرم				
	۱۲۰	۲۳	۱۱	۲۳	۴۸
باغ دوم	۱۶۰	۳۸	۱۵	۳۸	۵۹

پاسخ ۱۴۱- با توجه به نتایج تجزیه خاکی و برگ، به رغم نمونه برداری آخر فصل، توصیه کودی زیر برای باغ‌های مرکبات موجود توصیه می‌شود: مصرف یک الی ۱/۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم به ازاء هر درخت به صورت چالکود (در فاصله مناسب سایبان هر درخت زیر قطره چکان‌ها، دو تا چهار چالکود در ابعاد ۴۰×۳۰ سانتیمتر مربع حفر شود)، مصرف حداقل نیم کیلوگرم سولفات روی و یک کیلوگرم سولفات منیزیم به ازاء هر درخت به صورت چالکود (در فاصله مناسب سایبان هر درخت)، برای اصلاح هر چه بهتر کمبود پتاسیم (چون بافت خاک رسی است لذا تثبیت شدید می‌باشد)، بهتر است به ازاء هر درخت، در طول فصل رشد در تابستان، در فواصل هر دو آبیاری در صورت وجود سیستم آبیاری در باغ‌های مرکبات) یک بار از ۲۰۰ - ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم محلول محلول به‌ازاء هر درخت همراه با آب آبیاری استفاده شود. با عنایت به زیادی آهن و بور در خاک‌های زیر کشت و برگ‌های هر دو باغ، احتمال کمبود این‌ها بعید به نظر می‌رسد. بنابراین، نیازی به مصرف سولفات آهن، سولفات منگنز و اسید بوریک نمی‌باشد. این کودها همراه با کود حیوانی و خاک سطحی به خوبی مخلوط شده و داخل چاله‌ها ریخته شود. در مقطع فعلی مصرف کودهای فسفاتی متوقف و در طول تابستان به جای اوره از ۲۵۰ گرم سولفات آمونیوم به ازاء هر درخت به تقسیط استفاده شود. البته می‌توان در طول تابستان از کود کامل ماکروی آبیاری نیز به جای سولفات پتاسیم محلول و سولفات آمونیوم، به صورت سرک استفاده نمود.

پرسش ۱۴۲- باغدار سمیرمی، ضمن ارائه نتایج تجزیه خاک باغ سیب خود به کارشناس، از مشکلات ظاهری میوه باغ خود شکایت کرده است. اظهار کرده که با وجود این که هر سال مقدار کافی از کودهای اوره، سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل و سولفات آهن مصرف کرده است و از آب چشمه برای آبیاری خود استفاده نموده، لیکن، عملکرد هکتاری او چندان افزایش پیدا نکرده است. توصیه کودی پیشنهادی برای افزایش عملکرد هکتاری چنین باغ میوه سیب، چیست؟ نتایج تجزیه خاک باغ به شرح زیر می‌باشد:

نتایج تجزیه خاک باغ سیب سمیرم

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (ds m ⁻¹)	pH	کربن آلی	رس	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
			درصد			میلی گرم بر کیلوگرم				
۰-۳۰	۰/۷۲	۷/۴	۱/۶۳	۳۳	۲۰	۳۳۵	۱۴	۱/۵۰	۲/۸۰	۱۸
۳۰-۶۰	۰/۶۳	۷/۴	۰/۸۸	۳۸	۵	۲۶۵	۱۴	۰/۸۶	۲/۷۲	۱۵

پاسخ ۱۴۲- باید از باغدار خواسته شود که حتماً نتایج تجزیه برگ درختان سیب و خصوصیات شیمیایی آب آبیاری به خصوص مقدار بی‌کربنات آب آبیاری را همراه داشته باشد. از مشاهدات میوه‌های سیب تولیدی، علائم کمبود کلسیم (لکه تلخی) کاملاً مشهود بوده و به نظر می‌رسد که به دلیل مصرف زیادی کودهای نیتروژنی و پتاسیم، نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) و پتاسیم به کلسیم (K/Ca) این نسبت‌ها در سیب به ترتیب بیشتر از ۱۰ و ۲۵ باشد. بنابراین به منظور

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۳۷۵

افزایش غلظت کلسیم در میوه سیب و حفظ خصوصیات آن در طول مدت انبارداری و جلوگیری از بروز عوارض فیزیولوژیکی بعد از برداشت ناشی از کمبود کلسیم، محلول پاشی کلرور کلسیم با غلظت پنج در هزار در لیتر بر هکتار، در ۸ نوبت انجام شود. شروع محلول پاشی از زمان فندقی شدن میوه به فواصل زمان ۲ هفته و آخرین نوبت محلول پاشی ۱۰ روز قبل از برداشت است. بنابراین توصیه عمومی کودی برای این باغ سیب سمیرم به این صورت پیشنهاد می شود: در اطراف هر درخت به فاصله ۱۲۰ سانتیمتر از تنه درخت، تعداد دو الی چهار عدد چاله هر یک به قطر ۵۰ در عمق ۶۰ سانتی حفر شود و سپس کودهای شیمیایی شامل یک کیلو سولفات آهن، ۵۰۰ گرم سولفات روی، ۲۵۰ گرم سولفات منگنز، ۱۵۰ گرم اسید بوریک، دو کیلو گرم گوگرد پودری، ۲۵۰ گرم سوپر فسفات ساده و یا کود میکربی فسفاتی و ۷۰۰ گرم سولفات آمونیم که مجموعه آن ها با میزان تقریبی ۴۰ کیلو کود دامی مخلوط و بین ۲ تا ۴ عدد چاله حفر شده توزیع می شود. محلول پاشی میوه با استفاده از ترکیب اوره ۵ در هزار در هکتار و با غلظت ۵ در هزار در هکتار سولفات روی و اسید بوریک با غلظت ۵ در هزار بر هکتار در دو نوبت در پاییز بعد از برداشت میوه و اوایل بهار قبل از متورم شدن جوانه ها انجام شود.

پرسش ۱۴۳- مدیریت تغذیه ای در باغ سیب روستای بندر هنزا واقع در ارتفاعات غربی استان کرمان چگونه بوده است؟



نقش مصرف بهینه کود در بهبود عملکرد سیب در بندر هنزا- کرمان (اهدایی جناب آقای مهندس مقبلی، ۱۳۹۴)

پاسخ ۱۴۳- ابتدا نمونه از خاک، آب، برگ و میوه های سیب تولیدی در منطقه تهیه و سپس نمونه ها تجزیه و نتایج مطابق جدول های ذیل گزارش گردید:

خواص فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق خاک (سانتی متر)	pH گل اشباع	درصد کربنات کلسیم معادل	شوری خاک (dS m^{-1})	رطوبت اشباع (درصد)	ماده آلی (درصد)
۰-۳۰	۸/۰۱	۵/۵	۰/۷۸	۳۲	۱/۷۴
فسفر (میلی گرم بر کیلو گرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلو گرم)	شن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک
۸/۳	۱۵۱	۶۴	۱۰	۲۶	SL

۳۷۶ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

نتایج تجزیه کیفیت آب آبیاری

pH	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	بی کربنات (HCO _۳ ⁻)	کلر (Cl)	سدیم (Na)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	نسبت جذب سدیم (SAR)
		(meq/L)					
۳/۷	۳۵/۰	۲/۲	۳۹/۰	۰۴/۱	۶۵/۲	۱۲/۰	۸۸/۰

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه برگ درختان سیب

نمونه برگ	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	کلسیم (درصد)	منیزیم (درصد)
	۳/۱۰	۰/۱۸	۱/۵۴	۳/۱۰	۰/۴۳
نمونه برگ	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)
	۱۴۰	۷۴	۳۶	۱۲	۵۸

نتایج تجزیه شیمیایی میوه سیب

غلظت عناصر غذایی میوه (میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه)	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)
	۴۸	۱۴	۱۶۵	۱۰	۶	۲۱/۰	۱۰/۰	۸۰/۰
نسبت های کیفی مهم در میوه	N/Ca	K/Ca	Ca/Mg					
	۸/۴	۵/۱۶	۶۷/۱					

با عنایت به نتایج تجزیه های فوق، کوددهی بدین ترتیب انجام شد: افزودن ۱۵ کیلوگرم کود دامی به صورت جایگذاری عمقی به ازای هر درخت در پاییز، افزودن ۱۲۰۰ گرم کود اوره به ازای هر درخت در بهار، اضافه کردن ۱۵۰۰ گرم کود فسفات دی آمونیوم و ۱۰۰۰ گرم سولفات پتاسیم به صورت چالکود به ازای هر درخت در اواخر اسفند ماه.

یادآوری- آب کافی در درون چالکود بلافاصله بعد از کوددهی انجام شد و کود دامی مصرف شده، حدود یک سال زیر خاک مدفون و پوسیده شده بود.

پرسش ۱۴۴- دو اصله از درختان افرای زینتی (افرای سیاه) در مازندران در سال ۱۳۹۳ در ظاهر علائم ریزبرگی (کمبود روی) را نشان می دادند. در یکی از این درختان همراه با آب آبیاری، کلات روی (EDTA-Zn) مصرف شد (تصویر سمت چپ)، لیکن در دیگری (تصویر سمت راست)، کلات روی مصرف نگردید. پس از گذشت نه ماه، در اردیبهشت ۱۳۹۴، علائم ریزبرگی در درخت تیمار شده برطرف گردید. در اواخر بهار ۱۳۹۴، از این دو درخت نمونه برداری برگی به عمل آمد و نمونه برگ ها تجزیه و غلظت عناصر غذایی در برگ ها به شرح زیر گزارش گردید:



درخت افرای زینتی در مازندران که علائم ریزبرگی (کمبود روی) را نشان می‌دهد (شاهد) درخت افرای زینتی در مازندران که همراه با آب آبیاری، کلات روی (EDTA-Zn) مصرف شده است

نتایج تجزیه شیمیایی دو نمونه برگ درخت افرای زینتی

نمونه برگ	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	کلسیم (درصد)	منیزیم (درصد)	گوگرد (درصد)
برگ درخت شاهد	۲/۱۶	۰/۳۶	۱/۸۰	۱/۸۹	۰/۱۹	۰/۱۶
برگ درخت تیمار شده	۲/۶۹	۰/۳۵	۲/۰۲	۱/۸۸	۰/۱۹	۰/۱۸
نمونه برگ	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)	
برگ درخت شاهد	۲۲۸	۳۲	۲۴	۴	۲۱	
برگ درخت تیمار شده	۱۹۳	۲۲	۲۷	۸	۱۶	

پاسخ ۱۴۴- با بررسی نتایج تجزیه برگ‌های دو درخت افرای زینتی و مقایسه آن‌ها با غلظت مطلوب عناصر غذایی در برگ‌های درختان زینتی چنین استنباط گردید که **الف)** عامل عمده برای ریزبرگی و کچلی ساقه‌های جوان در درختان زینتی افرای سیاه، کمبود روی (Zn) بوده که با مصرف کلات روی، علایم کمبود به طور نسبی بر طرف شد، **ب)** به رغم وجود شرایط رشدی نسبتاً مطلوب در شمال کشور، چون عموماً از کودها برای درختان زینتی (در این درختان از کودهای شیمیایی پرمصرف استفاده شده است) استفاده نمی‌شود، لذا غلظت اکثر عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف در آن‌ها کمتر از سطح مطلوب است، **پ)** متأسفانه مسئولین محترم فضای سبز و شهرداری‌های کشور چندان توجهی به تغذیه مطلوب درختان زینتی که به ظاهر غیرمثمر ولی در واقع برای تداوم حیات انسان بسیار مثبت و موثر می‌باشند، نمی‌نمایند. بنابراین، با عنایت به نتایج تجزیه برگ‌ها بر مسئولین فضای سبز و شهرداری‌های کشور لازم است در راستای افزایش سطح فضای سبز، از طرق مختلف برای تغذیه متعادل این درختان حداقل با استفاده از کودآبیاری و یا محلول پاشی، استفاده نمایند.

پرسش ۱۴۵- روش‌های توصیه کودی در ایالت نبراسکای آمریکا را نام ببرید؟ مناسب‌ترین آن‌ها کدام است و چرا؟

پاسخ ۱۴۵- چهار روش برای انجام توصیه کودی، **الف)** مصرف مداوم (سالانه) کودهای فسفاتی؛

ب) اصلاح کمبود عناصر غذایی در خاک؛ پ) نگهداشت مطلوب عناصر غذایی و ت) میزان برداشت عناصر غذایی از مزرعه توسط محصول را بررسی و اثرات متفاوت تجمعی مصرف کودهای فسفاتی بر اساس این چهار روش را مطالعه نمودند. آن‌ها چنین گزارش نمودند که در روش کوددهی بر مبنای روش اصلاح کمبود مواد غذایی، کود به مقدار مورد نیاز مصرف و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. اما در روش‌های توصیه کودی بر مبنای روش نگهداشت عناصر غذایی و یا مصرف مداوم کودهای فسفاتی، با مصرف بیشتر کود، عملکرد افزایش نیافته یا مقدار افزایش آن ناچیز می‌باشد. در این روش‌ها برای کسب ضریب اطمینان بیشتر، مقدار کود بیشتری مصرف می‌گردد. پس از ده سال جمع‌آوری آمار عملکردها و هزینه‌های خرید کود و فروش ذرت در پنج منطقه، چنین جمع‌بندی نمودند که کوددهی بر اساس روش اصلاح کمبود عناصر غذایی در مقایسه با کوددهی در سه روش دیگر، به‌رغم آنکه میانگین عملکرد ذرت در ده سال در هر پنج منطقه تقریباً مشابه هم بودند و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، لیکن هزینه‌های تهیه و مصرف کودها در روش اصلاح کمبود عناصر غذایی تقریباً نصف هزینه‌های کوددهی در مقایسه با سه روش دیگر بود (گروه ترویج دانشگاه نیراسکا، ۱۹۹۹).

پرسش ۱۴۶- بادامکاری در منطقه چهارمحال و بختیاری، رقم بادام مامائی کشت کرده است، ولی ضمن مراجعه به کارشناس از ریزش بادام‌های درخت اظهار نگرانی نموده است. نتایج تجزیه خاک، آب آبیاری و برگ بادام‌های او به صورت زیر بوده است. باغدار را چگونه راهنمایی می‌کنید؟

نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک

بور	روی	منگنز	آهن	پتاسیم	فسفر	کربن آلی	TNV	بافت خاک	هدایت الکتریکی (ds/m)	pH	عمق (سلنتیمتر)
میلی گرم بر کیلوگرم						درصد					
۰/۴۸	۱/۰۴	۲۳	۸	۹۲۰	۳۳	۲/۱۲	۲۰	SiCL	۲/۱۰	۷/۵	۰-۳۰
۰/۸۳	-	۷	۵	۳۳۰	۲۱	۰/۴۹	۵۵	SiCL	۰/۷۰	۷/۸	۳۰-۶۰

نتایج تجزیه کیفیت آب آبیاری

نسبت جذب سدیمی (SAR)	منیزیم (Mg)	کلسیم (Ca)	سدیم (Na)	کلر (Cl)	بی‌کربنات (HCO_3)	هدایت الکتریکی (ds m^{-1})	pH
	میلی اکیوالانت بر لیتر						
۰/۳۵	۰/۵۰	۲/۷۰	۰/۴۰	۰/۶	۲/۹	۰/۳۵۰	۸/۲

غلظت عناصر غذایی در برگ درختان بادام

بور	مس	روی	منگنز	آهن	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
(میلی گرم بر کیلوگرم)					(درصد)				
۳۰	۵	۸	۶۳	۷۳	۰/۳۸	۳/۲۱	۲/۳۱	۰/۱۱	۱/۷۱

پاسخ ۱۴۶- جدول نشان می‌دهد که خاک بدون محدودیت شوری و دارای بافت نسبتاً سبک می‌باشد. میزان عناصر پرمصرف به جز نیتروژن در سطح مطلوب و گاهی بالاتر از سطح بحرانی است و به خصوص در مورد فسفر، احتمال اثرات آنتاگونیسمی با سایر عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی وجود دارد. آب آبیاری مورد استفاده بدون محدودیت شوری و سدیم است، ولی بالا بودن نسبی pH آن در کاهش قابلیت استفاده عناصر ریزمغذی احتمالاً موثر خواهد بود. توصیه کودی به صورت زیر خواهد بود: کود حیوانی ۵۰ کیلوگرم برای هر درخت به صورت چالکود؛ محلول پاشی پاییزه و بهاره؛ اوره و اسید بوریک و سولفات روی با غلظت ۵ در هزار بر هکتار به اضافه دو بار محلول پاشی با کود کامل مایع به ترتیب در دو مرحله ۳۰ و ۶۰ روز پس از پایان گلدهی با غلظت ۳ در هزار در هکتار انجام گیرد. ۳۵۰ گرم نیتروژن به صورت تقسیط و در سه مرحله (نوبت اول: دو پنجم کل نیتروژن در اواسط زمستان (اواسط بهمن)، نوبت دوم: دو پنجم کل نیتروژن ۱۵ روز بعد از تمام گل و در مرحله فندقی شدن میوه (اواخر فروردین) و نوبت سوم: یک پنجم کل نیتروژن ۴۵ روز پس از تمام گل (اواخر اردیبهشت) مصرف شود. ۱-۱/۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱ کیلوگرم سولفات منیزیم، ۲ کیلوگرم گوگرد پودری، ۱۵۰ گرم سولفات روی، ۱۰۰ گرم سولفات منگنز، ۷۵ گرم سولفات مس، ۷۵ گرم اسید بوریک و ۵۰۰ گرم سولفات آهن برای هر درخت ۱۰ ساله بادام با کود حیوانی مخلوط شده و در داخل هر چاله که در انتهای سایه انداز درخت در زیر قطره‌چکان‌های سیستم آبیاری قطره‌ای حفر شده‌اند، جایگذاری شود. قطر چاله‌ها بین ۵۰-۳۰ سانتیمتر و عمق آن‌ها بسته به عمق پراکنش درخت بین ۵۰-۴۰ سانتی‌متر باشد. در ضمن کوددهی به روش عرف منطقه و روش چالکود قبل از متورم شدن جوانه‌های گل انجام شود.

پرسش ۱۴۷- با عنایت به نتایج تجزیه خاک و خارج از فصل برگ‌های نمونه درختان شاداب و ضعیف گردو (جدول‌های ذیل)، مدیریت کودی شما برای باغ گردو در شه‌میرزاد سمنان برای یک سال زراعی چگونه خواهد بود؟



منظره عمومی از باغ گردوی کشت و صنعت شه‌میرزاد در زمستان - سنگلاخی بودن خاک‌های زیر کشت باغ مشخص می‌باشد (اهدایی جناب آقای اکبری، ۱۳۹۳)

۳۸۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

خواص فیزیکی شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق خاک (سانتی متر)	pH گل اشباع	شوری خاک (dS m ⁻¹)	رطوبت اشباع (درصد)	کربن آلی (درصد)	ماده آلی (درصد)
۰-۳۰	۷/۸	۱/۲	۳۳	۰/۲۷	۰/۴۷
فسفر	پتلسیم	رس	سیلت	شن	بافت خاک
(میلی گرم بر کیلوگرم)			درصد		
۳/۳	۱۵۹	۸	۲۷	۶۵	SL

نتایج تجزیه شیمیایی برگ درختان گردوی ضعیف در مقایسه با برگ درختان شاداب (مهرماه ۱۳۹۲)

شماره	مشخصات برگ	نیترژن	فسفر	پتاسیم	گوگرد	آهن	منگنز	روی	مس	بور
		(درصد)					(میلی گرم بر کیلوگرم)			
نمونه ۱	گردوی ضعیف	۲/۳۲	۰/۱۹	۰/۴۷	۰/۰۷	۱۷۲	۲۶۵	۱۳	۱۱/۶	۲۸۲
نمونه ۲	گردوی شاداب	۲/۸۸	۰/۱۹	۱/۰۰	۰/۱۰	۱۳۹	۲۱۰	۱۷	۸/۱	۲۸۶

پاسخ ۱۴۷- تفسیر نتایج تجزیه برگگی خارج از فصل: با عنایت به نتایج تجزیه خاک و خارج از فصل برگ‌ها از نمونه درختان شاداب و ضعیف، چنین استنباط می‌شود که به غیر از نیترژن، فسفر و منگنز در برگ‌ها که غلظت آن‌ها در حد بهینه و یا کمی بیشتر می‌باشد، بقیه عناصر غذایی از جمله پتاسیم و روی حتی در درختان شاداب، کمبود وجود دارد. بنابراین، لازم است در مصرف نوع و مقدار کودها تجدید نظر شود. برنامه‌های کودی اواخر تابستان، اواخر پاییز، اوایل بهار، کوددهی سرک بهاره و تابستانه درختان گردو به شرح زیر خواهد بود:

الف- برنامه کودی اواخر تابستان درختان گردو به منظور افزایش تشکیل میوه (Fruit-Set):
 نظر به غیرپویا بودن بور (B) در درختان گردو و کمبود روی (Zn) و نیاز فراوان گردو به بور، کمبود بور در این منطقه محتمل است و زیادی آن در مهرماه به دلیل غیر پویایی بور در گردو بوده و نگران کننده نمی‌باشد (شکاف‌های عمودی در روی تنه درختان گردو قابل مشاهده است). یکی از علل سال‌آوری (On-Off) در درختان گردو، ریزش زودهنگام گل‌ها قبل از عمل تلقیح عمدتاً به دلیل کمبود روی (Zn) و بور (B) می‌باشد. برای حل این مشکل، انجام محلول‌پاشی برای باغ‌های گردو حداقل دوبار در سال (اوایل پاییز و اوایل بهار) پیشنهاد می‌شود. بنابراین، محلول‌پاشی (Fruit Set)، یک‌بار در اواخر تابستان و یا اوایل پاییز (بعد از برداشت میوه و قبل از ریزش برگ‌ها) با ترکیبی از اوره پنج در هزار، سولفات روی پنج در هزار و اسید بوریک پنج در هزار در هکتار به میزان ۲۰ الی ۲۵ لیتر برای هر درخت ۲۰ ساله، عملکرد هکتاری را به‌طور قابل توجهی افزایش خواهد داد.

ب- برنامه کودی اواخر پاییزه درختان گردو در درون چالکود: مقرر شد در قطعه چهارم (ضلع جنوبی انبار) با حفر دو چالکود (کانالکود) در دو طرف درختان گردو ۲۰ ساله در ابعاد ۵۰ × ۱۰۰ سانتی متری، کودهای زیر در دیماه مصرف شوند: در پای هر درخت مقدار کافی خاک سطحی با ۲۰ کیلوگرم کودهای حیوانی و دو و نیم کیلوگرم گوگرد آلی گرانوله + ۱۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (در صورت نبود سولفات آمونیوم، مصرف یک کیلوگرم اوره به ازاء هر درخت گردو در سه تقسیط - در اوایل بهار، اواسط بهار و آخر بهار- توصیه می گردد) + یک کیلوگرم سولفات پتاسیم + نیم کیلوگرم سولفات روی و ۱۵۰ گرم اسید بوریک مخلوط و در دو چالکود حفر شده ریخته و سپس چهار قطره چکان در این دو چالکود نصب و براساس نیاز آبی، آب کافی به این درختان داده شود (دادن آب کافی در درون چالکود و یا کانالکود بلافاصله بعد از کوددهی اجباری است). سپس با کمک علفهای هرز خشک شده و یا کاه سطح سایبان درختان پوشانده شده تا تبخیر و تعرق از سطح خاک به حداقل برسد.

پ- برنامه کودی اوایل بهار به منظور افزایش تشکیل میوه (Fruit-Set): بار دوم در اواسط فروردین ماه (حدود ۱۰ روز مانده به شروع گلدهی) با محلول پاشی ترکیبی از اوره پنج در هزار، سولفات روی پنج در هزار و اسید بوریک پنج در هزار در هکتار به میزان ۲۰ الی ۲۵ لیتر برای هر درخت ۲۰ ساله، عملکرد هکتاری را به طور قابل توجهی افزایش خواهد داد (انجام این محلول پاشی حداقل یکبار در سال بایستی اجباری انجام شود) انجام شود. اصولی را که در محلول پاشی باید رعایت نمود عبارتند از: غلظت در هکتار در نظر گرفته شود؛ محلول تهیه شده همان روز مصرف شود و حتماً محلول تهیه شده از صافی و فیلتر رد شده تا کاملاً صاف شود؛ در هنگام محلول پاشی باد شدید نوزد؛ نازل های دستگاه محلول پاشی محلول را خوب پودر نمایند و از مواد چسباننده مانند مایع ظرفشویی استفاده شود تا سطح جذب بین برگ و محلول مایع افزایش یابد.

ت- برنامه کودی سرک بهاره و تابستانه درختان گردو: رنگ سبز متمایل به زرد برگ های درختان گردو در اواخر اردیبهشت ماه، حاکی از وجود علائم کمبود عناصر غذایی علی الخصوص نیتروژن بود. مقرر شد کودهای ذیل از اول خرداد ماه به صورت سرک همراه با آب آبیاری مصرف شوند: برای هر درخت دو مرتبه کودآبیاری (هر مرتبه نیم کیلوگرم) + دو مرتبه اوره (هر مرتبه نیم کیلوگرم) + دوبار سولفات پتاسیم محلول (هر بار ۱۰۰ گرم) + دو بار آمینوکلرات روی (هر بار ۱۰۰ میلی لیتر) + دو بار اسید بوریک (هر بار ۵۰ گرم) مصرف شود. مقرر شد میزان آب مصرف را تا دو برابر دفعات قبل افزایش دهند. پس از انجام دو بار مصرف کودها همراه با آب آبیاری (حدود اواخر خرداد ماه)، وضعیت رشدی (ظاهری) درختان گزارش و می خواهد در این تاریخ نمونه برداری از برگ های درختان ضعیف و شاداب تهیه و تجزیه شیمیایی آنها انجام می شود.

ث- بررسی نتایج تجزیه برگ‌های درختان گردو: نتایج تجزیه برگ‌های درختان گردو (برای اطمینان از صحت و سقم نتایج، نمونه‌ها به سه آزمایشگاه مختلف ارسال گردید)، در ذیل نشان داده می‌شود. با عنایت به نتایج تجزیه برگ‌های درختان گردو، موارد زیر به استحضار می‌رساند:

نتایج تجزیه برگ‌های گردو در دو قطعه باغ گردوی شه میرزاد (سمنان) - اوایل تیر ماه

تیمارهای کودی	نتایج تجزیه آزمایشگاهی	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	گوگرد (S)
(درصد)							
نمونه شماره یک (کوددهی سنتی)	آزمایشگاه تفتان	۲/۷۰	۰/۲۸	۱/۹۴	۲/۵۷	۰/۶۳	-
	آزمایشگاه ساری	۲/۱۵	۰/۲۲	۱/۸۵	۱/۲۸	۰/۴۵	-
	آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب	۲/۰۶	۰/۱۶	۱/۳۸	۲/۷۶	۰/۵۹	۰/۱۲
نمونه شماره دو- قطعه شماره ۴	آزمایشگاه تفتان	۲/۵۰	۰/۲۳	۱/۵۰	۲/۴۶	۰/۶۰	-
	آزمایشگاه ساری	۲/۷۵	۰/۲۴	۱/۴۸	۱/۳۲	۰/۴۷	-
	آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب	۱/۷۵	۰/۲۰	۱/۲۱	۲/۷۹	۰/۵۹	۰/۱۰
سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی							
ردیف	نتایج آزمایشگاه	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	بور (B)	
		(میلی گرم بر کیلوگرم)					
نمونه شماره یک (کوددهی سنتی)	آزمایشگاه تفتان	۲۴۱	۱۶۸	۲۲	۶	۱۸۸	
	آزمایشگاه ساری	۹۷	۱۰۰	۲۰	۱۰	-	
	آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب	۲۶۸	۱۴۳	۱۸	۵	۱۳۰	
نمونه شماره دو- قطعه شماره ۴	آزمایشگاه تفتان	۱۹۵	۱۶۸	۱۹	۶	۱۹۳	
	آزمایشگاه ساری	۸۸	۱۳۹	۱۹	۱۰	-	
	آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب	۲۱۹	۱۹۳	۱۵	۸	۲۳۸	
سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی							
		۱۰۰	۷۰	۴۰	۱۵	۶۰	

به طوری که ملاحظه می‌فرمایید به رغم مصرف کودهای حاوی پتاسیم، گوگرد و روی در قطعه چهار، غلظت پتاسیم، گوگرد و روی در برگ‌های گردو حتی در قطع‌های که مصرف کود در آن بهینه بوده، بسیار کمتر از حد انتظار (سطح مطلوب) می‌باشد. یکی از این دو دلیل زیر می‌تواند عامل این امر بوده باشد:

- مصرف آب به حدی پایین بوده که ریشه درختان، خود را نتوانستند به چالکود برسانند تا بتوانند از مواد غذایی محلول در داخل چالکود استفاده نمایند.

- یا این که کودهای مانده موجود که عمر انباری آن‌ها بیش از ۱۰ سال بوده، اثربخشی خود را از دست داده باشند. پس از بررسی‌های متعدد و مشاهده تصاویر چالکود، در قطعاتی که آب کافی در محیط اطراف چالکود وجود داشت، صحت و سقم بند اول تأیید می‌گردد.



ه- برای ممانعت از سیاه شدگی مغز گردو: بنظر جناب آقای صمدزاده (۱۳۹۲) باغدار موفق در مراغه، ایشان، برای ممانعت از سیاه شدگی مغز گردو، لازم است حداقل ۲۰ روز بین زمان آخرین آبیاری و برداشت گردو، فاصله افتاده باشد. بدین معنی اگر زمان برداشت گردو در اواخر شهریور ماه باشد، تحت چنین شرایطی در دهه اول شهریور ماه، می‌بایستی آبیاری درختان گردو قطع شود. **یادآوری ۱-** در کانالکودها وضعیت توسعه ریشه‌ها بررسی و ملاحظه شد، در درختانی که میزان رطوبت در محیط ریزوسفری در باغ‌های گردو به حد وفور بوده، ریشه‌دهی جدید بسیار عالی بود ولی در درختان کم آب این مسئله (ریشه‌های جدید) مشاهده نشد (شکل فوق). بنابراین، در صورت نبود بارندگی کافی، آبیاری سنگین در اواخر پاییز توصیه می‌شود. **یادآوری ۲-** تداوم مصرف کودهای سرک در طول تابستان، منوط به بررسی وضعیت عملکردی درختان گردو خواهد بود.

پرسش ۱۴۸- نتایج تجزیه خاک و برگ نارنگی باغ مرکبات در جهرم فارس به صورت زیر است. توصیه کودی پیشنهادی شما چیست؟

۳۸۴ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک

بور	مس	آهن	منگنز	روی	پتاسیم	فسفر	کربن آلی (درصد)	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	درصد اشباع	عمق (سنتیمتر)
(میلی گرم بر کیلوگرم)											
۱/۲۲	۰/۱۴	۱/۴۸	۳/۱۴	۲/۸	۱۱۶	۵/۲	۰/۱۴	۷/۴	۳/۱۰	۱۷	۰-۳۰
۰/۵۸	۰/۱۴	۱/۴۸	۱/۵۲	۰/۴	۸۴	۲/۸	۰/۰۸	۷/۵	۲/۱۰	۱۵	۳۰-۶۰

نتایج تجزیه برگی نمونه‌های نارنگی

بور	مس	روی	منگنز	آهن	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
میلی گرم بر کیلوگرم					درصد				
۲۰۴	۸	۱۱	۲۹	۴۵	۰/۳۶	۲/۷۰	۱/۰۰	۰/۱۲	۲/۷۰

پاسخ ۱۴۸- از آنجا که آب مورد استفاده در منطقه جهرم دارای میزان بالایی از بور است و با توجه به این مساله، انتظار پایین آمدن ضریب انحلال عناصر ریزمغذی از جمله آهن، روی، منگنز و مس وجود دارد و به همین لحاظ میزان جذب و انتقال این عناصر در درختان نیز کاهش می‌یابد. تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک نشان‌دهنده بالا بودن میزان pH بوده و از طرف دیگر به علت پایین بودن میزان مواد آلی در خاک‌های این منطقه که به تشدید این ناهنجاری‌ها کمک می‌کند، مصرف مواد آلی به صورت جایگزینی عمقی توصیه می‌شود. در این مناطق کمبود پتاسیم شدید است. برای مرکبات بارده جنوب توصیه عمومی کودی به این ترتیب ارائه می‌شود: اوره ۲۵۰ + سولفات آمونیوم ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات پتاسیم ۲۵۰ کیلوگرم، بیوفسفات طلایی ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار، ساری کود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به همراه مواد آلی و باکتری‌های تیوباسیلوس سولفات آهن ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات منگنز ۵۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات مس ۲۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات روی ۷۵ کیلوگرم بر هکتار به صورت چالکود مصرف شود. ضمناً از کود کامل میکرو (بدون بور) ۵ کیلوگرم بر هکتار به صورت محلول پاشی بعد از فندقی شدن میوه استفاده شود. ضمناً باید در نظر داشت در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد (حدود دو ماه و نیم پس از شکوفه‌دهی)، چون توانمندی خاک برای تامین به‌هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف تقسیطی حدود ۵۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار از هریک از کودهای کامل ماکرو آبیاری بدون بور و سولفات پتاسیم محلول همراه با آب آبیاری بسیار مفید خواهد بود.

پرسش ۱۴۹- آیا می‌توان در طول تابستان (فصل گرما) به درختان مرکبات کود داد یا نه؟ مناسب‌ترین زمان کوددهی برای مرکبات در مناطق گرمسیری مانند جیرفت و دزفول چگونه باید باشد؟

پاسخ ۱۴۹- طی فصل گرما (از خرداد تا شهریور) مدت زمان چهار ماه به دلیل درجه حرارت بسیار زیاد در جیرفت و دزفول، چون درختان مرکبات دچار تنش گرما هستند، فقط به آب نیاز دارند. بنابراین، کوددهی طی این چهار ماه (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) باید تعطیل شود. همان‌گونه که

می‌دانید طبق آیات شریفه قرآن مجید، همه موجودات زنده از جمله درختان میوه همچون انسان زنده‌اند (و النجم و الشجر یسجدان - سوره الرحمن). همان گونه که انسان به هنگام تشنگی تنها به دنبال رفع تشنگی و تأمین آب سلول‌های بدن خویش است، درختان نیز هنگامی که با تنش گرمایی روبرو می‌شوند، عمدتاً به فکر تأمین آب و اعمال روش‌هایی مناسب برای رویارویی با گرما می‌باشند و در این موقع دیگر چندان به فکر تأمین غذای آنچنانی نمی‌باشند. بنابراین، نیاز عمده آن‌ها در این مقطع زمانی (فصل گرما) آب بوده و مقدار غذای مصرفی در حد رفع احتیاجات اولیه که معمولاً به مقدار بسیار کم می‌باشد، از بقایای کودهای مصرفی قبلی (مصرف کود آبیاری چند باره در فصل زمستان و اوایل بهار) قابل تأمین می‌باشد. لیکن، با عنایت به نقش مثبت پتاسیم و روی در مقابله با تنش گرما، بهتر است دو بار از کودهای سولفات پتاسیم محلول (سولفات پتاسیم محلول) و کلات روی (Zn-EDTA) به صورت کودآبیاری با غلظت کم (طبق دستورالعمل) استفاده شود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود کودهای غیرپویا (سوپرفسفات ساده، سولفات پتاسیم، سولفات آهن، سولفات روی، سولفات منگنز و ...) به صورت عمقی در پاییز به صورت چالکود هر دو سال یکبار اقدام شود. لیکن، زمان مصرف کودهای پویا (کودآبیاری، اوره، سولفات پتاسیم محلول، کلات آهن، کلات روی، کلات منگنز، اسیدبوریک و ...) در زمان رشد همراه با آب آبیاری بطور تقسیط (کود آبیاری) چهار بار در سال (از بهمن ماه لغایت اردیبهشت ماه هر ماه یک بار) مصرف گردند.

پرسش ۱۵۰- برای کاهش اثرات تنش گرما در درختان مرکبات در مناطق گرمسیری همچون جیرفت و دزفول، آیا محلول پاشی با محلول شش در هزار رس کائولین به صلاح می‌باشد یا نه؟

پاسخ ۱۵۰- در برخی از باغ‌های مرکبات برای مقابله با گرمای شدید منطقه، از محلول پاشی کائولین استفاده می‌شد. کم و کیف این کار بررسی و چنین جمع‌بندی شد که این کار اقدامی مثبت است (Jifon و Syvertsen، ۲۰۰۳ و Rosati، ۲۰۰۷). از مطالب مندرج در مقالات متعدد از جمله این دو مقاله چنین استنباط گردید که در مناطق گرمسیری در درختان مرکبات برای کاهش اثرات تنش گرما، کاهش تبخیر از سطح برگ‌ها از طریق ایجاد پوشش مناسب بر روی سطح برگ‌ها، از محلول پاشی رس کائولین طی فصل گرما، با غلظت ۶۰ گرم بر لیتر برای چهار ماه (خرداد، تیر، مرداد و شهریور - هر ماه دو بار) استفاده شده و نتایج در کاهش اثرات تنش گرما و کاهش درجه حرارت سطح برگ تا سه درجه سانتی‌گراد مثبت بوده است. بنابراین، محلول پاشی برگی با کائولین با غلظت شش درصد برای مقابله با اثرات تنش گرما در مناطق گرمسیری مانند جیرفت و دزفول مثبت ارزیابی می‌شود. همچنین، به دلیل نقش بی‌بدیل پتاسیم در کاهش تنش گرمایی، پیشنهاد می‌شود همزمان با محلول پاشی رس کائولین، از کودهای سولفات پتاسیم محلول (سولفات پتاسیم محلول) و کلات روی (Zn-EDTA) بصورت سرک همراه با آب آبیاری استفاده شود، زیرا سبب افزایش مقاومت مرکبات در برابر گرما می‌شود. به عقیده جناب آقای دکتر طباطبایی، از اکسید روی نیز که مشابه

۳۸۶ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

کرم‌های ضدآفتاب می‌باشد، می‌توان بجای محلول شش در هزار رس کائولین استفاده نمود.
پرسش ۱۵۱- با عنایت به نتایج تجزیه خاک و برگ‌های نمونه درختان مرکبات (جدول‌های زیر)، مدیریت بهینه کودی شما در مناطق گرمسیری نظیر نظیر جیرفت و دزفول در طول یک سال زراعی چگونه باید باشد؟

پاسخ ۱۵۱- در جدول یک، نتایج تجزیه شیمیایی نمونه خاک زیرکشت باغ پرتقال و در جدول‌های دو و سه نتایج تجزیه شیمیایی چهار نمونه برگ‌های پرتقال و لیمولیسبون درج شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکو شیمیایی خاک زیرکشت باغ مرکبات جیرفت

عمق خاک (cm)	هدایت الکتریکی (ds m ⁻¹)	pH گل اشباع	کربن آلی (درصد)	بافت خاک	پH	Ca	Mg	K	Na	Cl
۰-۳۰	۰/۷۶	۷/۸	۰/۲۳	شنی	۷	۵۸	۳	۲	۰/۲	۳/۶
سطح مطلوب	<۱	۷/۷	>۱۵۰	لوم	۱۲	۲۵۰	۱۰	۷	۲	۱

جدول ۲- غلظت عناصر غذایی در برگ‌های پرتقال در کشت و صنعت جیرفت

عناصر پر نیاز (درصد)	N	P	K	Ca	Mg
نمونه شماره یک	۱/۶۶	۰/۱۱	۱/۳۰	۴/۵۲	۰/۲۷
نمونه شماره دو	۱/۶۳	۰/۱۳	۱/۴۱	۴/۳۲	۰/۲۶
نمونه شماره یک	۱۲۴	۱۷	۲۰	۱۷	۹۵
نمونه شماره دو	۱۰۴	۱۴	۱۹	۸	۶۱

جدول ۳- غلظت عناصر غذایی در برگ‌های لیمولیسبون در کشت و صنعت جیرفت

عناصر پر نیاز (درصد)	N	P	K	Ca	Mg	S
نمونه شماره یک	۱/۵۰	۰/۱۶	۰/۹۶	۵/۷۴	۰/۳۴	؟
نمونه شماره دو	۱/۷۳	۰/۱۸	۱/۱۳	۴/۷۶	۰/۳۲	؟
عناصر کم نیاز (میلی گرم بر کیلوگرم)	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Cl
نمونه شماره یک	۱۶۰	۲۲	۹۲	۸	۶۹	؟
نمونه شماره دو	۱۹۸	۲۵	۲۶	۱۶	۶۱	؟

از ارقام مندرج در جدول‌های فوق چنین استنباط می‌گردد که در اثر عدم رعایت اصول مصرف بهینه

کودی، خاک‌های زیرکشت مرکبات از مواد آلی تهی شده و درصد کربن آلی آن‌ها به کم تر از حتی نیم درصد افت پیدا نموده است. بنابراین، لازم است به همراه کودهای غیریو، مصرف کودهای آلی بصورت چالکود و در زیر قطره چکان‌ها اقدام شود. همچنین، مقدار پتاسیم، روی و منگنز به کم تر از غلظت بحرانی افت پیدا نموده و کچلی سرشاخه‌های لیمولیسون احتمالاً به دلیل کمبود مشترک پتاسیم، روی و منگنز می‌باشد. بنابراین، خاک‌های آهکی اراضی زیرکشت و درختان مرکبات در این کشت و صنعت غالباً با کمبود پتاسیم، روی و منگنز مواجه بوده و در مقابل مقدار بور قابل استفاده و کلر زیاد می‌باشد. توصیه کودی برای باغ‌های مرکبات با عنایت به نتایج تجزیه برگ مرکبات به شرح زیر می‌باشد: (الف) در درختان مرکبات با بیش از پنج سال عمر، کودهای زیر به مقادیر سولفات آمونیوم دو کیلوگرم، سولفات پتاسیم دو کیلوگرم، سوپرفسفات ساده یک کیلوگرم، سولفات آهن یک کیلوگرم، سولفات روی ۵۰۰ گرم و سولفات منگنز ۵۰۰ گرم به ازای هر درخت همراه با مقدار فراوان کود حیوانی و یا کود آلی بخوبی مخلوط و در داخل چالکود (حداقل چهار چالکود برای هر درخت زیر قطره چکان‌ها) در اوایل فصل پاییز ریخته شود. (ب) نظر به این‌که نوع کودهای مصرفی رایج در باغ‌های مرکبات کشت و صنعت جیرفت با کیفیت مطلوب بوده و زمان مصرف این کودها نیز که عمدتاً همراه با آب آبیاری بصورت سرک مصرف می‌گردند، صحیح می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود این نوع کوددهی (کود آبیاری) کمافی‌السابق چهار بار در سال (از بهمن ماه لغایت اردیبهشت ماه هر ماه یک بار) در باغ‌های مرکبات طبق برنامه قبلی علاوه بر مصرف چالکود کودهای مندرج در بند یک در پاییز سال جاری، کماکان ادامه یابد. بدیهی است در صورت لزوم در بهار سال ۱۳۹۶، پس از انجام تجزیه چند نمونه برگی و بررسی عملکرد هکتاری باغ‌های مرکبات، نسبت به تداوم و یا تغییر نحوه کوددهی مجدداً تصمیم‌گیری خواهد شد و (پ) در شرایطی که درختان مرکبات تحت تنش قرار داشته و یا در اوج نیاز غذایی خود باشند (حدود اواسط اردیبهشت ماه)، چون توانمندی خاک‌های شنی منطقه برای تامین به هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر هکتار کود آبیاری کامل توصیه می‌شود.

پرسش ۱۵۲- چرا در سال ۱۳۹۵، میوه‌های مرکبات در شمال کشور، خشک و کم آب بوده و از کیفیت پایینی برخوردار بودند؟ تفاوت بین درصد ماده خشک و مقدار درصد آب در چند میوه پرتقال سالم و ناسالم را ملاحظه نمایید (درصد ماده خشک و مقدار درصد آب در دو مثال واقعی زیر را محاسبه نمایید).

پاسخ ۱۵۲- میوه‌های مرکبات شمال در سال ۱۳۹۵ کم آب بوده و علت عمده آن گرمای بیش از حد در تابستان سال ۱۳۹۵، عدم آبیاری اکثر باغ‌های مرکبات، مصرف نامتعادل و جایگذاری ناصحیح کودها بوده است. در نمونه‌های جمع‌آوری شده از بازار، دو نمونه پرتقال با کیفیت پایین و سالم با وزن‌های ۳۸۵/۱۵ و ۴۴۳/۶۷ گرم توزین و پس از ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شده و وزن آن‌ها به ترتیب ۸۵/۴۳ و ۱۰۸/۱۰ گرم شد. درصد ماده خشک و درصد رطوبت به شرح زیر محاسبه می‌شود:

الف) در پرتقال با کیفیت پایین: مقدار آب (گرم) $299/7 = 85/43 - 385/15$
مقدار رطوبت در پرتقال سرما زده $77/8 = 385/15 - (100 \times 299/7)$

۳۸۸ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

مقدار ماده خشک در پرتقال سرما زده (درصد) $100 - 77/8 = 22/20$

(ب) در پرتقال سالم: مقدار آب (گرم) $443/67 - 108/10 = 335/57$

مقدار رطوبت در پرتقال سالم (درصد) $100 \times 335/57 / 443/67 = 75/6$

مقدار ماده خشک در پرتقال سالم (درصد) $100 - 75/6 = 24/4$

مقدار تفاوت رطوبت در پرتقال های سالم و سرمازده (درصد) $77/8 - 75/6 = 2/20$

مقدار تفاوت ماده خشک در پرتقال های سالم و سرمازده (درصد) $24/4 - 22/2 = 2/20$

بطوری که مشاهده می شود غلظت عناصر غذایی در نمونه های سالم $2/20$ درصد بیشتر از نمونه های با کیفیت پایین بوده است.

پرسش ۱۵۳- رابطه بین غلظت عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و درصد آب در درون سلول های میوه مرکبات را با افزایش مقاومت میوه ها نسبت به سرما توضیح دهید. تفاوت بین درصد ماده خشک و مقدار درصد آب در یک میوه پرتقال سالم و سرمازده را ملاحظه نمایید. چه راه حلی برای استفاده معقول از چندین هزار تن میوه مرکبات سرمازده ارائه می نماید؟

پاسخ ۱۵۳- پتاسیم و روی در کاهش تنش های زنده و غیرزنده بسیار اثربخش بوده و اثرات مفید آن ها بر بهبود کیفیت محصول اثبات شده است. زیرا با افزایش غلظت عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و کاهش درصد آب در درون سلول های میوه مرکبات در شمال کشور، میتوان مقاومت میوه ها را نسبت به سرما به طور نسبی افزایش داد. همچنین، استفاده بیش از نیاز از کودهای پتاسیمی برعکس سایر عناصر غذایی، چندان زیان آور نبوده و گیاه را در برابر تنش های زنده و غیرزنده سرحال نگه می دارد.

الف) در پرتقال سرما زده: مقدار آب (گرم) $384/73 - 65/70 = 319/03$

مقدار رطوبت در پرتقال سرما زده (درصد) $(100 \times 319/03) / 384/73 = 82/92$

مقدار ماده خشک در پرتقال سرما زده (درصد) $100 - 82/92 = 17/08$

(ب) در پرتقال سالم: مقدار آب (گرم) $194/56 - 31/01 = 163/55$

مقدار رطوبت در پرتقال سرما زده (درصد) $(100 \times 163/55) / 194/56 = 84/06$

مقدار ماده خشک در پرتقال سرما زده (درصد) $100 - 84/06 = 15/94$

مقدار تفاوت ماده خشک در پرتقال های سالم و سرمازده (درصد) $17/08 - 15/94 = 1/14$

بطوری که مشاهده می شود برعکس مثال فوق، غلظت عناصر غذایی در نمونه های سالم $1/14$ درصد کمتر از نمونه های سرما زده است. مناسب ترین روش برای میوه های مرکبات سرمازده دفن کردن آن ها در سایه بان درختان مرکبات به صورت چالکود می باشد.

پرسش ۱۵۴- نقش تغذیه متعادل در سبزی و شادابی درختان زینتی را تشریح نمایید.



پاسخ ۱۵۴- با عنایت به تصویر فوق (سمت راست)، که در اثر تداوم خشکسالی و عدم مصرف کود، در حال خشکیدن است، لیکن در مقابل، تصویر سمت چپ، شادابی درخت زینتی را که ضمن آبیاری مرتب، کوددهی در آن متعادل (جایگذاری عمقی کودها با روش کانالکود) نشان می‌دهد.

پرسش ۱۵۵- برگ‌های گل‌های زینتی کشت شده در محیط هیدروپونیک دانشکده، دچار حاشیه‌سوزی شده‌اند، راه حل شما برای حل مشکل این نوع کمبود چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۵۵- با توجه به مشخصات حاشیه‌سوزی برگ‌های گل رز به نظر می‌رسد بوته‌های گل با کمبود پتاسیم و احتمالاً مسمومیت بور مواجه هستند. برای حل مشکل، بهتر است مصرف سولفات پتاسیم محلول و کلات روی در محلول غذایی به میزان ۵۰ درصد افزایش داده شود.

پرسش ۱۵۶- تفاوت توصیه کودی شما برای گیاهان زینتی چند ساله و یکساله و نحوه مصرف کودها چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۵۶- توصیه کودی گیاهان زینتی یکساله مشابه گیاهان زراعی و دارویی از طریق بررسی نتایج تجزیه خاک بوده، ولی توصیه کودی درختان زینتی غیرمثمر، مشابه درختان میوه از طریق تجزیه برگی انجام می‌شود. کوددهی در گیاهان زینتی یکساله مشابه محصولات زراعی و دارویی، از طریق مصرف قبل از کاشت همراه با شخم و یا سرک به همراه آب آبیاری بوده، اما کوددهی در درختان زینتی چند ساله از طریق کانالکود (چالکود)، محلول پاشی و کود آبیاری می‌باشد.

پرسش ۱۵۷- دو تولیدکننده اصفهانی خواستار صادرات گل‌های ارکیده فالانوپسیس تولیدی خود به کشورهای عربی هستند. در سال اول، در حین صادرات کیفیت گل‌ها کاهش یافت و قسمت اعظم گل‌ها از بین رفت. برای جلوگیری از بروز این واقعه در سال‌های بعد چه توصیه کودی پیشنهاد می‌کنید؟

پاسخ ۱۵۷- توصیه کودی برای گل‌های ارکیده این گلخانه به شرح ذیل می‌باشد: سولفات پتاسیم ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار، سولفات روی ۷۵ کیلوگرم بر هکتار، اسید بوریک ۴۰ کیلوگرم بر هکتار، سکوسترین آهن ۴۰ کیلوگرم بر هکتار و یا ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات آهن به همراه ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار ساری کود. ضمناً باید در نظر داشت در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار دارد و یا در اوج نیاز غذایی خود باشد، چون توانمندی خاک برای تامین به‌هنگام مقدار عناصر غذایی مورد تردید است، در چنین شرایطی، مصرف حدود ۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود آبیاری کامل (کریستالون تولید داخل) توصیه می‌شود. در واقع می‌توان از فرمول کودی سال گذشته استفاده نمود و به‌منظور افزایش کیفیت و طول عمر گل‌های شاخه بریده از

محلول پاشی کلرور کلسیم با غلظت پنج در هزار قبل از هر برداشت (حداقل دو بار) استفاده نمود.

پرسش ۱۵۸- شهرداری بندر عباس در نظر دارد در حاشیه ساحلی خلیج فارس، کمربند فضای سبز با استفاده از گل های کاغذی ایجاد نماید. با عنایت به اینکه خاک منطقه شور و آب خلیج فارس نیز دارای درجه ی شوری بسیار بالایی (حدود ۶۰ دسی زیمنس بر متر) می باشد، چه روشی را برای ایجاد فضای سبز در این منطقه و یا سایر مناطق مشابه، پیشنهاد می نمایید توضیح آن که آب مصرفی در بندر عباس از سد میناب تأمین و درجه شوری آن کم تر از یک دسی زیمنس بر متر می باشد.

پاسخ ۱۵۸ - با عنایت به درجه شوری بسیار بالای آب خلیج فارس، امکان کشت موفقیت آمیز گیاهان زینتی حتی درختان مقاوم به شوری در بستر خاکی شور ساحل دریا اندک است. در این مناطق حاشیه دریا، بهتر است طبق تصاویر زیر، از بسترهای کشت باز یافتی شهرداری تهران که دارای پایه های نیم متری و روزنه برای خروج آب زهکش می باشند، استفاده شود.



پرسش ۱۵۹- چرا درختان زینتی کهنسال و حتی درختان جوان در حاشیه خیابان ها و پارک ها مطابق تصاویر زیر خشک شده و یا در حال خشک شدن هستند؟

پاسخ ۱۵۹- یکی از علل عمده خشک شدن درختان زینتی کهنسال در تهران، بنا به دلایل زیر، کمبود آب در محیط ریشه (ریزوسفر) می باشد: **الف)** افت سطح آب های زیرزمینی. در اواخر دهه ۷۰،



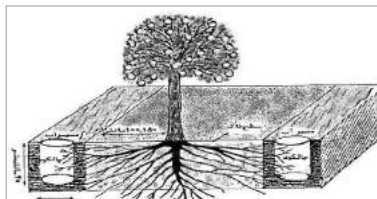
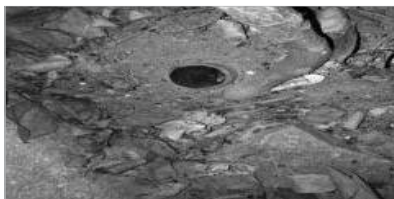
در حالی که عمق آب زیرزمینی در شمال تهران مثلاً در دزاشیب تجریش در حدود ۱۲ متر بود، در حال حاضر به بیش از ۲۵ متر افت پیدا کرده و لازم است که عمق پراکنش ریشه ها نیز همزمان بررسی گردد. بدین منظور پیشنهاد می شود در حاشیه یکی از درختان زینتی کهنسال که خشک شده، کانالی در فاصله دو تا سه متری و با عمق مناسب تا ریشه های فرعی حفر گردد؛ **ب)** بتونه کاری، سیمان کاری و پوشش سطح و کف بستر رودخانه ها و جوی های آب کنار خیابان

در سطح شهر تهران. بعد از وقوع سیل شدید شمیران در اواخر دهه ۶۰، شهرداری تهران برای ایمن‌سازی ساکنین حاشیه رودخانه‌ها، تمامی بستر رودخانه‌ها و حتی جوی‌های آب را غیرقابل نفوذ نمود. بدیهی است این امر سبب عدم نفوذ آب و هوا به محیط ریشه درختان (عدم تبادل هوا بین اتمسفر و هوای خاک) شده است؛ پ) خشک شدن قنوات متعدد موجود در سطح شهر تهران. دلیل عمده خشک شدن قنوات عمدتاً به ساخت و سازها، شبکه‌های فاضلاب و کاهش نزولات جوی در دهه گذشته و افت سطح آب‌های زیرزمینی مربوط می‌شود و ت) توسعه ساخت و سازهای بی‌رویه در حاشیه خیابان‌ها و در سطح شهر منجر به قطع ریشه‌های درختان جوان و حتی درختان کهنسال شده است.



تصاویری از ساخت‌وسازهای غیراصولی در حاشیه خیابان ولی‌عصر (عج) و بتونه کردن بستر کشت درختان در تهران

راه حل مسئله: برای پیشگیری از خشک شدن بیشتر درختان زینتی به دو طریق می‌توان آب و مواد غذایی مورد نیاز درختان را که در اعماق پایین‌تری از سطح زمین می‌باشند، مطابق تصاویر زیر تامین نمود: الف) در چهار طرف محل سایبان درختان زینتی، چهار چالکود عمیق حفر تا به محل ریزوسفر درختان رسیده و سپس مواد غذایی مورد نیاز را در چهار چالکود با کمک مواد آلی تامین و سپس آب آبیاری را به درون چالکودها هدایت نمود، ب) در صورت کمی آب آبیاری در محل، در چهار سمت سایبان درختان زینتی، لوله‌های پلاستیکی (PVC) را در درون حفره‌هایی که به همین منظور تا محل ریزوسفر حفر گردیده، نصب و آب آبیاری همراه با کودهای محلول در آب مرتب به درون لوله‌های پلاستیکی (PVC) تزریق نمود. توضیح آن که لازم است بستر جوی‌های آب و رودخانه‌ها برای تامین آب‌های زیرزمینی و تهیه رطوبت مناسب برای درختان کهنسال در محیط ریزوسفری قابل نفوذ شوند و در خاتمه پ) برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز درختان، لازم است در اواخر خرداد ماه، از برگ‌های درختان غیرسالم و سالم نمونه برداری تا تجزیه کامل انجام و سپس براساس نتایج حاصله، توصیه بهینه کودی اجرا شود.



پرسش ۱۶۰- زمان تقریبی لازم برای جذب ۵۰ درصد عناصر غذایی قابل استفاده در روش های مصرف خاکی، کود آبیاری و محلول پاشی (برگ پاشی) را بنویسید. در کدام روش جذب سریع تر می باشد؟

پاسخ ۱۶۰- مدت زمان لازم برای جذب عناصر غذایی در گیاهان متفاوت بوده و به طور عمده به درجه حالیت کود مورد مصرف و نوع عنصر غذایی، نوع گیاه، رطوبت نسبی هوا و وضعیت تغذیه ای گیاه بستگی دارد در جدول زیر مدت زمان تقریبی لازم برای جذب عناصر غذایی به درون بافت های گیاهی در دو روش مصرف خاکی و محلول پاشی گنجانده شده است.

مقایسه مدت زمان تقریبی لازم برای جذب ۵۰ درصد عناصر غذایی به درون بافت های گیاهی در دو روش

مصرف خاکی و محلول پاشی (Fageria و همکاران، ۲۰۰۹ و Valverde Pérez، ۲۰۱۳)

عنصر غذایی	روش مصرف	مدت زمان لازم برای جذب	عنصر غذایی	روش مصرف	مدت زمان لازم برای جذب
نیتروژن (N)	مصرف خاکی	۱ تا ۶ ساعت	آهن (Fe)	مصرف خاکی	۲ روز
	محلول پاشی	نیم تا ۲ ساعت		محلول پاشی	۱۰ تا ۲۰ روز
پتاسیم (K)	مصرف خاکی	۴ روز	روی (Zn)	مصرف خاکی	۲ روز
	محلول پاشی	۱۰ تا ۲۴ ساعت		محلول پاشی	۱ تا ۲ روز
فسفر (P)	مصرف خاکی	۱۵ روز	مس (Cu)	مصرف خاکی	-
	محلول پاشی	۵ تا ۱۰ روز		محلول پاشی	۱ تا ۲ روز
کلسیم (Ca)	مصرف خاکی	۶ روز	منگنز (Mn)	مصرف خاکی	۲ روز
	محلول پاشی	۱ تا ۲ روز		محلول پاشی	۱ تا ۲ روز
منیزیم (Mg)	مصرف خاکی	۵ ساعت	بور (B)	مصرف خاکی	-
	محلول پاشی	۲ تا ۵ ساعت		محلول پاشی	۲ تا ۵ ساعت
گوگرد (S)	مصرف خاکی	۱۲ روز	مولیبدن (Mo)	مصرف خاکی	۲ روز
	محلول پاشی	۸ روز		محلول پاشی	۱۰ تا ۲۰ روز

بطوری که ملاحظه می شود، مدت زمان لازم برای جذب عناصر غذایی در روش محلول پاشی سریع تر از روش مصرف خاکی می باشد. بهترین زمان محلول پاشی عصر هنگام و یا صبح هنگام (در شرایط بدون

باد و بارندگی) می‌باشد و تحقیقات نشان داده که مقدار جذب در شب هنگام بیشتر از روز هنگام است. بارندگی طی دو روز پس از محلول‌پاشی می‌تواند از اثر بخشی محلول‌پاشی بکاهد. زیرا همهٔ عناصر غذایی که توسط محلول‌پاشی مصرف می‌شوند، بی‌درنگ توسط برگ جذب نمی‌گردند. در مورد شروع زمان جذب و جذب ۵۰ درصدی کودهای پویا به‌ویژه سولفات پتاسیم محلول در روش کودآبیاری، مدرک مستندی بدست نیامد. لیکن، آن که مسلم است با توجه به فعال بودن ریشه‌ها در زمان مصرف سرک کودهای پویا، مدت زمان جذب در روش کودآبیاری، حد واسط روش‌های مصرف خاکی و محلول‌پاشی خواهد بود. برای پاسخ دقیق‌تر به پرسش فوق، انجام تحقیقات بیشتر مورد نیاز است.

پرسش ۱۶۱- باغدار نمونه در شهرستان مراغه (آقای صمدزاده) به رغم رعایت اصول مصرف بهینه کودی در باغ میوه خود، در اواخر تابستان سال جاری (۱۳۹۶)، در تعدادی از درختان آلوئی خود که از باردهی بسیار بالایی نیز برخوردار بودند، مطابق تصاویر زیر، علائم کمبود و یا مسمومیت در برگ‌ها را مشاهده نمودند. علت و یا دلایل آنرا بنویسید؟



پاسخ ۱۶۱- درنگاه اول، از ظاهر درختان آلو چنین استنباط می‌گردد که این درختان با توجه به باردهی بسیار بالا، دارای علائم کمبود پتاسیم می‌باشند. در تجزیه از برگ‌ها و میوه‌های درختان آسیب دیده در مقایسه با درختان سالم، به رغم خارج از فصل بودن زمان نمونه برداری (مهر ماه ۱۳۹۶)، علائم کمبود پتاسیم و، روی محرز گردید. در دو جدول زیر، مقایسه نتایج تجزیه برگ‌ها و میوه‌های آسیب دیده با برگ‌ها و میوه‌های سالم نشان داده شده است. نتایج تجزیه برگ‌ها و میوه‌های آسیب دیده در مقایسه با نتایج تجزیه برگ‌ها و میوه‌های سالم، این کمبودها را تایید می‌نماید.

نتایج تجزیه برگ‌های درختان آلو در باغ آقای صمدزاده-مراغه- آبان‌ماه ۱۳۹۶

مشخصات نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	(درصد)				(میلی گرم بر کیلوگرم)				
نمونه سالم	۲/۲۰	۰/۱۱	۰/۹۰	۴/۲۰	۰/۵۸	۳۲۵	۱۱۴	۱۶	۶
نمونه ناسالم	۲/۴۰	۰/۱۲	۰/۴۰	۵/۱۰	۰/۶۴	۳۹۰	۹۶	۱۶	۶

مقایسه نتایج تجزیه میوه‌های درختان آلوئی ناسالم با سالم در باغ آقای صمدزاده-مراغه (آبان‌ماه ۱۳۹۶)

مشخصات نمونه	توزن	فسفر	کلسیم	پتاسیم	نیترات	نیترات	نیترات	نیترات	نیترات
(میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خوراکی بر حسب وزن تازه)									
نمونه ناسالم	۱۰۲	۱۳	۷۰	۱۳	۹	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵
نمونه سالم	۱۱۵	۱۴	۱۰۲	۱۱	۱۰	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵

• **برنامه کودی پاییزی درختان:** مقرر شد با حفر دو چالکود (کانالکود) در دو طرف درختان در ابعاد ۵۰ × ۱۰۰ سانتیمتری، کودهای زیر در آذر ماه مصرف شوند: در پای هر درخت مقدار کافی خاک سطحی با ۲۰ کیلوگرم کودهای حیوانی و دو و نیم کیلوگرم گوگردآلی + یک کیلوگرم سولفات آمونیوم (در صورت نبود سولفات آمونیوم، مصرف یک کیلوگرم اوره به ازا هر درخت در سه تقسیط- در اوایل بهار، اواسط بهار و آخر بهار- توصیه می‌گردد) + دو کیلوگرم سولفات پتاسیم + یک کیلوگرم سولفات روی + ۱۰۰ گرم اسید بوریک همراه با سایر کودهای رایج مصرفی مخلوط و در دو چالکود حفر شده ریخته و سپس چهار قطره چکان در این دو چالکود نصب و براساس نیاز آبی، آب کافی به این درختان داده شود.

• **برنامه کودی سرک بهاره و تابستانه درختان:** مقرر شد کودهای ذیل از اول خرداد ماه بصورت سرک همراه با آب آبیاری مصرف شوند: برای هر درخت دو مرتبه کودکامل آبیاری (هر مرتبه نیم کیلوگرم) + دو مرتبه اوره (هر مرتبه نیم کیلوگرم) + دو بار سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی (هر بار ۵۰ گرم) + دو بار اسید بوریک (هر بار ۱۵۰ گرم) مصرف شود.

پرسش ۱۶۲- علت و یا عوامل ترک خوردگی در میوه‌های سیب، انار، آلو و پرتقال را به طور علمی توضیح دهید؟



پاسخ ۱۶۲- الف) سیب: نتایج حاصل از تجزیه برگ‌ها و میوه‌ها موید آن است که میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ درختان دارای میوه ناسالم (میوه ترک خورده) بالاتر از سطح مطلوب است، ولی در برگ درختان دارای میوه سالم بطور نسبی در سطح مطلوب می‌باشند. در این باغ از طریق

محلول پاشی غلظت عناصر غذایی بیش از اندازه افزایش یافته و می بایستی در مصرف کودها مخصوصاً کودهای نیتروژنی و فسفات‌های صرفه جویی به عمل بیاید. بنابراین، دلیل اصلی ترک خوردگی میوه‌های سیب تولیدی این درختان عمدتاً به دلایل زیادی نیتروژن و احتمالاً برداشت دیر هنگام میوه‌های سیب بوده است. برای افزایش استحکام میوه‌های سیب، محلول پاشی مکرر (حداقل ۶ الی ۸ بار در اوایل تابستان بفواصل ۱۰ روزه) با کلرور کلسیم پنج در هزار در هکتار الزامی است.

ب) آلو: با توجه به نتایج تجزیه برگ و میوه، علل ترک خوردگی میوه‌های آلو (نتایج تجزیه میوه‌های آلو ترک خورده- ناسالم و ترک نخورده- سالم، اختلاف چندان معنی داری با یکدیگر ندارند) می تواند به دلیل درجه بالای شوری آب آبیاری بوده باشد. تمام درختان میوه موجود در منطقه، نسبت به شوری بالای آب آبیاری حساس بوده و با افزایش درجه شوری عملکرد (کمی و کیفی) آن‌ها به شدت کاهش می یابد. بنابراین، از مصرف آب آبیاری شور جداً خودداری شود.

پ) پرتقال والنسیا و انار: با توجه به نتایج تجزیه‌های میوه‌های پرتقال و انار ترک خورده و سالم، کمبود کلسیم، روی و منیزیم در میوه‌های ترک خورده پرتقال و زیادی بور و کمبود شدید پتاسیم و روی در میوه‌های ترک خورده انار مشهود می باشد. کلاً عدم توازن عناصر غذایی در میوه‌ها به دلیل مصرف نامتعادل کودها، می تواند از علل ترک خوردگی میوه‌های پرتقال و انار می باشد.

ت) با عنایت به مطالب فوق، می توان چنین جمع بندی نمود که عامل عمده ترکیدگی میوه در تعدادی از درختان میوه به غیر از موارد استثنایی نظیر استفاده از آب آبیاری شور در باغ میوه مراغه، به مصرف نامتعادل کودها مربوط می شود. به هر حال، برای ممانعت از بروز چنین ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، می بایستی به نقش تمام عناصر غذایی مورد نیاز درختان میوه اعم از عناصر غذایی پرمصرف، میان مصرف، کم مصرف به ویژه به مصرف کودهای محتوی پتاسیم (K)، گوگرد (S)، کلسیم (Ca)، روی (Zn) و بور (B) توجه (متوازن) نمود تا علاوه بر جلوگیری از بروز چنین ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، عملکرد هکتاری، غنی سازی و ارتقاء سطح سلامت جامعه و افزایش درآمد باغداران نیز تحقق یابد. بنابراین، با عنایت به مطالب فوق جمع بندی زیر به عمل می آید: علت عمده ترک خوردگی میوه‌های سیب، انار، آلو و پرتقال را می توان در مصرف نامتعادل کودها و جایگذاری اشتباه آن‌ها دانست. میزان پتاسیم، کلسیم و روی در میوه‌های ناسالم کمتر از سطح مطلوب است (دلیل اصلی ترک خوردگی میوه‌های سیب تولیدی این درختان عمدتاً به دلایل زیادی نیتروژن و برداشت دیر هنگام میوه‌های سیب بوده است). برای حل مشکل ترکیدگی، ضمن رعایت اصول مصرف بهینه کودی و جایگذاری صحیح کودها، افزایش استحکام میوه ها از طریق محلول پاشی مکرر کلرور کلسیم با غلظت پنج در هزار در هکتار (حداقل ۴ الی ۵ بار در اوایل تابستان بفواصل ۱۰ روزه) توصیه می شود.

پرسش ۱۶۳- سه چالش مهمی که تولیدکنندگان سیب کشور ما با آن‌ها مواجه می باشند را با ارائه راه حل‌های عملی، نام ببرید؟

پاسخ ۱۶۳- سه چالش مهم در باغ‌های سیب عبارتند است از **الف)** کمبود شدید روی، بور و

کلسیم، ب) سال آوری (off-on) و پ) جایگذاری ناصحیح (پابیل) کود. برای حل این سه مشکل مصرف کودهای سولفات روی و اسیدبوریک و محلول پاشی کلرورکلسیم به این شرح، الزامی می باشد: محلول پاشی پاییزه و بهاره باید با استفاده از محلول پنج در هزار اوره، پنج در هزار سولفات روی و پنج در هزار اسید بوریک در هر هکتار به منظور کاهش ریزش میوه های نارس (fruit-set) و اصلاح سال آوری (off-on) انجام شود. همچنین، در طول تابستان به منظور غنی سازی، افزایش استحکام و زمان ماندگاری میوه ها، محلول پاشی با محلول کلرورکلسیم پنج در هزار در هکتار به فواصل ۱۰ روز حداقل ۸ مرتبه در طول تابستان انجام شود. مصرف کودهای غیریو یا (کودهای فسفاتی، سولفات پتاسیم، گوگردی، کودهای سولفاتی محتوی عناصر کم مصرف)، لازم است بصورت چالکود (کانالکود) صورت گیرد. لیکن کودهای پویا نظیر نیترات پتاسیم، سولفات منیزیم، اسید بوریک و کود کامل آبیاری به صورت سرک، مصرف شوند.

۸-۴-۷- مباحث مربوط به شیوه مصرف کودها در شرایط شور

پرسش ۱۶۴- نقش پتاسیم در نحوه مقابله با شوری خاک را بنویسید؟

پاسخ ۱۶۴- پتاسیم از طریق زیر در کاهش تنش شوری دخالت می نماید.

ترشح (Exlude) بی کربنات از ریشه ها و جذب نیترات: در شرایط غیرشور، نیترات جذب شده در ریشه ها به وسیله شاتل (حرکت رفت و برگشتی) پتاسیم به اندام هوایی منتقل شده و در آنجا احیا و نهایتاً با کمک پتاسیم (K) تبدیل به پروتئین می گردد. به واسطه فعالیت های متابولیسمی در اندام هوایی، مالات (Malate) تولید می شود. بخشی از مالات تولیدی توسط پتاسیم به صورت مالات پتاسیم به ریشه ها منتقل می گردد. در آنجا مالات اکسید شده و برای ریشه ها تولید انرژی می کند. به دنبال اکسید شدن مالات و تولید آنیون بی کربنات (HCO_3^-)، این آنیون از ریشه ها خارج شده و به جای آن نیترات داخل می گردد و این چرخه همچنان ادامه می یابد. از طرف دیگر وجود پتاسیم در محیط رشد از جذب فراوان سدیم به دلیل بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) ممانعت می نماید. تحت شرایط شور (زیادی کلر و فراوانی سدیم) و کمبود نسبی نیترات در محلول خاک، جذب کلر بر نیترات برتری می یابد. کلر به جای نیترات، سدیم به جای پتاسیم توسط شاتل پتاسیم از ریشه ها به اندام هوایی منتقل شده و در آنجا تجمع می یابد. در این وضعیت کلر بر خلاف نیترات نمی تواند وارد متابولیسم شده و در نتیجه علائم مسمومیت با تجمع کلر در برگ ها آغاز می گردد. علاوه بر این پروتئین نیز کاهش می یابد. هنگامی که سدیم در محلول خاک زیاد است، سدیم به جای پتاسیم به صورت شاتل عمل کرده و نیترات را به اندام هوایی منتقل می کند. ولی سدیم بر خلاف پتاسیم قابلیت انتقال مجدد را در سیستم گیاهی نداشته و در نتیجه در برگ ها تجمع یافته و ایجاد مسمومیت می کند. همچنین در این شرایط مالات تولید شده در اندام هوایی نمی تواند به ریشه ها انتقال یابد (چون پتاسیم اندک است) و در نتیجه ریشه ها رشد کافی نخواهند داشت (دلیل کاهش رشد ریشه در شرایط شور). پتاسیم باعث فعال شدن پمپ $\text{H}^+ \text{-ATPase}$ گردیده و سدیم را علاوه بر

کنترل در مقدار جذب (کاهش جذب از طریق افزایش نسبت K/Ca در محلول خاک)، به داخل واکوئل‌ها ارسال نموده (می‌فرستد) و از این طریق اثر سوء سدیم را خنثی می‌نماید.

پرسش ۱۶۵- نقش نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) را در مقابله با شوری خاک بنویسید؟

پاسخ ۱۶۵- با افزایش این نسبت مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های شوری افزایش می‌یابد. زیرا با پتاسیم فراوان در محلول خاک و در محیط ریشه (ریزوسفر)، از جذب سدیم زیادی جلوگیری شده و در سلول‌های برگ نیز به دلیل فعال شدن آنزیم $H^+-ATPase$ ، سدیم‌های اضافی به واکوئل‌ها فرستاده شده و بدین ترتیب، از اثرات سوء سدیم ممانعت به عمل می‌آید. در خاک‌های شور، گاهی علائم کمبود پتاسیم علی‌رغم پتاسیم فراوان، در برگ‌ها مشاهده می‌شود زیرا مقداری از پتاسیم برای خنثی‌سازی آنیون کلر در برگ‌ها که عمدتاً در واکوئل‌ها هستند، به کار رفته است. به همین دلیل نیاز پتاسیمی گیاهان در شرایط شور افزایش می‌یابد.

پرسش ۱۶۶- نقش روی (Zn) بر کاهش تنش شوری چیست؟

پاسخ ۱۶۶- شوری موجب تغییرات ساختمانی در ساقه، ریشه و برگ گیاهان می‌شود. به‌طوری که گیاهان تحت تنش شوری، دستجات آوندی کمتر و با قطر کوچکتری دارند، ولی در مقابل، دارای سلول‌های پارانشیمی بیشتری هستند. در غیاب روی (Zn)، شوری اثر بازدارنده‌ای بر رشد ساقه دارد. علاوه بر این، مصرف سولفات‌روی در غلظت‌های بالا می‌تواند رشد ریشه را در شرایط شور بهبود داده و تشکیل آوندی چوبی را در مقایسه با گیاهان بدون مصرف روی، زیاد نماید. غلظت‌های بالاتر روی (Zn) نقش مهمی در افزایش سطح جذب ریشه به واسطه طول نمودن آن و همچنین تسهیل انتقال آب و عناصر غذایی در گیاه، به دلیل افزایش قطر و تعداد آوندها خواهد داشت.

پرسش ۱۶۷- دو علت اساسی اثر شوری در کوچک و کوتاه ماندن و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی را نام ببرید.

پاسخ ۱۶۷- با زیادی املاح محلول خاک، مکش آب خاک زیاد شده و به این ترتیب، آب قابل استفاده، کم می‌شود. اثر دیگر شوری در گیاه سمیت خاص یون‌های موجود در خاک نظیر سدیم و کلر می‌باشد.

پرسش ۱۶۸- چرا شوری خاک در کشاورزی مسئله مهمی است؟

پاسخ ۱۶۸- شوری از طریق افزایش فشار اسمزی باعث کاهش آب قابل استفاده گیاه می‌شود؛ شوری از طریق ایجاد سمیت برخی عناصر غذایی، برای رشد ممانعت ایجاد می‌نماید؛ در شرایط شوری، گیاه مجبور است از بین عناصر غیر ضروری با غلظت بسیار زیاد، عناصر ضروری با غلظت پائین را جذب نماید؛ با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی افزایش یافته و در نهایت بر جذب آب و عناصر غذایی اثر سوء می‌گذارد. بنابراین شوری به دو صورت (افزایش فشار اسمزی و افزایش سمیت برخی از یون‌ها) بر رشد و نمو گیاهان اثر سوء گذاشته و امنیت غذایی را تهدید می‌نماید. در شوری خاک، گیاه برای جذب مقدار معینی عناصر غذایی، انرژی زیادی مصرف می‌کند و در نهایت انرژی کمتری برای فرآیندهای حیاتی در اختیار گیاه باقی می‌ماند. لذا گیاه دچار کاهش رشد و عملکرد می‌شود. زیرا مقدار زیادی از انرژی

گیاه صرف جذب عناصر غذایی مورد نیاز که عموماً کم نیز هستند می‌گردد. شوری باعث کاهش رشد ریشه، ساقه، تأخیر در باز شدن جوانه‌ها، ظهور لکه‌های نکروزه در روی برگ‌ها و سبب کاهش میزان فتوسنتز و کاهش ساخت پروتئین می‌گردد. در شوری در اثر جایگزینی سدیم با کلسیم، عدم توازن بار مطرح شده و در نهایت صدمه به غشاء سلولی وارد می‌گردد.

پرسش ۱۶۹- شوری خاک به چند طریق بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد؟

پاسخ ۱۶۹- شوری بالا موجب افزایش فشار اسمزی (با بالا رفتن غلظت عناصر در محلول خاک، فشار اسمزی افزایش می‌یابد) شده و فراهمی آب را کاهش می‌دهد. هنگامی که شوری خاک افزایش یابد، در حقیقت غلظت املاح محلول در خاک افزایش یافته و باعث می‌شود انرژی ملکول‌های آب (پتانسیل آب) کاهش یابد. در نتیجه گیاه بایستی مکش بیشتری اعمال نماید تا بتواند آب را جذب نماید. در این حالت گیاه با جذب برخی از عناصر مانند پتاسیم (K)، فشار اسمزی سلول‌های ریشه را افزایش داده تا آب بیشتری جذب نماید. با افزایش غلظت یک عنصر، توازن عناصر غذایی در خاک بهم خورده و جذب سایر عناصر غذایی نیز مختل می‌شود. سمیت ویژه یونی- سدیم علاوه بر این که مانع جذب سایر عناصر غذایی نظیر پتاسیم می‌گردد، سدیم (Na) زیادی، جایگزین Ca در دیواره سلولی شده و بدین ترتیب ساختار دیواره سلولی و تراوانی آن را خراب می‌کند. غشاء سلولی خاصیت انتخابی خود را از دست داده و در Na زیادی، توازن بین یون‌ها Ca ، K و Na بر هم خورده، فرآیند فتوسنتز مختل و متابولیسم نیتروژن دچار اختلال می‌گردد. چرا که در غشاء کلروپلاست، رنگدانه‌ها (سیستم انتقال الکترون) و آنزیم $ATPase$ قرار دارد و شوری باعث کاهش فتوسنتز، کاهش انرژی و عدم انتقال e^- و همچنین عدم انتقال قندها خواهد شد. شوری همچنین باعث کاهش نسبت ساقه به ریشه، توقف طویل شدن ساقه، نکروزه شدن ریشه، برگ و جوانه‌های جانبی و کوچک ماندن برگ‌ها و کاهش جوانه‌زنی می‌گردد که اینها شبیه به علائم کمبود فسفر نیز می‌باشند. شوری همچنین باعث ایجاد اختلال در توازن یونی در گیاه می‌شود. شوری در متابولیسم آنزیم‌ها، پروتئین و غشاء سلولی اثر می‌گذارد. انرژی تولیدی در فرآیندهای فسفوریلاسیون فتوسنتزی و اکسیداتیو نیز کاهش می‌یابد. در شوری، متابولیسم نیتروژن دچار اختلال شده و پروتئین نیز به شدت کاهش می‌یابد. در حضور زیادی نمک، قندها در برگ‌ها تجمع یافته و به ریشه انتقال نمی‌یابد چون برای حرکت مواد غذایی در آوندهای آبکش نیاز به فشار از بالا به پایین خواهد بود. در شرایط شوری، انتقال قند از برگ به آوند آبکش انجام نمی‌گیرد و در نتیجه رشد ریشه کاهش و گیاه کوتاه (*Dwarfism*) می‌ماند. در شرایط شور، گیاه نسبت به شدت نور حساس‌تر شده و چون غشاء داخلی کلروپلاست‌ها آسیب می‌بیند و انرژی تولید شده در فتوسنتز مصرف نمی‌گردد، موجب تولید سوپراکسید (O_2^-) می‌شود. در شوری خاک، مکانیسم انتقال قند از برگ به سلول‌های غربالی (آبکش) مختل می‌شود و در نتیجه مواد قندی از برگ (*Source*) به ریشه (*Sink*) نمی‌روند و ریشه ضعیف می‌ماند. کوتاهی قد گیاه، ریز بودن برگ‌ها، کوچک ماندن ساقه‌ها، کاهش رشد

گیاه، بافت مردگی سلول‌ها و خشک شدن حاشیه برگ‌ها و کمبود فسفر، از اثرات شوری می‌باشد. علت چنین مواردی هم کاهش تولید سیتوکینین است و افزایش مواد بازدارنده نظیر اتیلن و ABA (هورمون اسید آبسازیک) که منجر به پیری زودرس در گیاه می‌شود.

پرسش ۱۷۰- بهترین روش برای مقابله با شوری خاک چیست؟

پاسخ ۱۷۰- بهترین روش برای مقابله با شوری، انتخاب ارقام مقاوم به شوری است. ارقامی که با مکانیسم‌های مختلفی نمک‌ها را در پروتوپلاسم (واکوئل) خود نگهداری نموده و با استفاده از Compatible solute، توانایی سنتز اسیدهای آلی در شرایط شور را داشته باشند. گیاهان شور دوست توانایی مقابله با سمیت عناصر غذایی و یا فشار اسمزی حاصل از املاح را داشته و به راحتی آب و سایر عناصر غذایی مورد نیاز خود را جذب می‌نمایند.

پرسش ۱۷۱- دو نسبت مهم در ارزیابی کیفی آب‌های آبیاری و عصاره اشباع خاک کدامست؟ مهم‌ترین تفاوت آن‌ها چیست؟

پاسخ ۱۷۱- نسبت‌های یونی در آب آبیاری با اثر بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد گیاه موثر هستند. نسبت سدیم به مجموع کلسیم و منیزیم (SAR) در آب آبیاری و یا عصاره خاک از معروف‌ترین و پرکاربردترین این نسبت‌ها می‌باشد. نسبت کلسیم به منیزیم (Ca/Mg) نیز در منابع مختلف به عنوان شاخصی در بررسی کیفیت آب‌های آبیاری و خاک مورد توجه قرار گرفته است. در مفهوم پارامتر SAR، یون‌های کلسیم و منیزیم از لحاظ تأثیرات مثبت در بهبود و حفظ ساختمان خاک، در یک رده قرار داده شده است. ولی در بررسی اثرات متقابل این دو یون بر فیزیک خاک و رشد گیاه، همواره این حساسیت وجود دارد که منیزیم می‌تواند باعث تخریب ساختمان خاک و ایجاد سولنتزهای منیزی می‌شود.

پرسش ۱۷۲- کاهش نسبت کلسیم به منیزیم (Ca/Mg) در آب آبیاری چه تأثیر بر خاک دارد؟

پاسخ ۱۷۲- کاهش نسبت کلسیم به منیزیم (Ca/Mg) آب آبیاری، موجب افزایش نسبی غلظت یون منیزیم در عصاره اشباع خاک و به تبع آن روی فاز تبادل می‌شود. این افزایش باعث می‌شود یون منیزیم به تدریج مانند یون سدیم عمل کرده باعث تخریب خواص فیزیکی خاک شود.

پرسش ۱۷۳- افزایش نسبت منیزیم به کلسیم (Mg/Ca) در محیط رشد ریشه چه اثراتی بر رشد گیاه می‌تواند داشته باشد؟

پاسخ ۱۷۳- زیادی منیزیم نسبت به کلسیم (Mg/Ca) در محیط رشد ریشه، باعث کاهش دسترسی به کلسیم (Ca) شده و می‌تواند علائم مشابه کمبود کلسیم، ایجاد کند. با کاهش قابلیت دسترسی Ca در محلول خاک، Ca پیوندی با غشاء سلولی براحتی با سایر کاتیون‌ها، تعویض می‌شود و کارکرد سلول‌ها تحت تأثیر این جابجایی با مشکل روبرو می‌شود. کلسیم رقابت زیادی با Mg^{2+} داشته و جایگاه‌های موجود بر غشاء پلاسمایی ریشه در حالت عادی، تمایل کمتری به Mg^{2+} کاملاً هیدراته نسبت به Ca دارند. در صورت جایگزینی منیزیم با کلسیم، کارکرد غشاء مخصوصاً در شرایط شور با اختلال مواجه

می‌شود. در اوکالیپتوس، نمک‌های منیزیمی از نمک‌های سدیمی رشد ریشه را محدودتر کرده‌اند. زیادی منیزیم باعث افزایش غلظت آن در ساقه و برگ می‌شود و گیاه سیستمی برای ممانعت از انتقال زیادی آن ندارد. زیادی منیزیم بر واکنشهای آنزیمی در چای اثر منفی داشته و در نهایت منیزیم زیاد، جوانه‌زنی، رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار داده است. نسبت بالای منیزیم به کلسیم (Mg/Ca)، باعث کاهش رشد نهال پسته شده و این اثر در شوری‌های مختلف مشاهده گردید. خشکسالی‌های مکرر و برداشت زیاد آب‌ها از سفره‌های زیرزمینی، موجب افت شدید سطح آب و کیفیت آب‌های زیر زمینی اغلب مناطق خشک کشور شده است. تغییر در ترکیب یونی آب آبیاری، از جمله کاهش نسبت کلسیم به منیزیم، موجب تغییر در ترکیب یونی محلول خاک و فاز تبادلی و در نتیجه تأثیر روی تغذیه گیاهان گردیده است. کاهش نسبت کلسیم به منیزیم آب آبیاری و محلول خاک، کاهش معنی‌دار این نسبت را در اندام‌های گیاه، به‌ویژه برگ، به دنبال داشت. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که درصد بزرگی از آب‌های آبیاری کشور دارای نسبت کلسیم به منیزیم کوچکتر از یک هستند. کاهش این نسبت علاوه بر تأثیر منفی روی ویژگی‌های شیمیایی فاز محلول و فاز تبادلی خاک، موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۱).

پرسش ۱۷۴- چاهی با آب‌دهی ۴۰ لیتر بر ثانیه، اگر قرار باشد ۶ ماه از سال را هر روز ۲۴ ساعت آب به بیرون پمپاژ نماید و درجه شوری آب آبیاری یک دسی زیمنس بر متر (۱۰۰۰ میکروموز بر سانتیمتر) و بی کربنات آن نیز برابر ۳ میلی‌اکیوالنت بر لیتر بوده باشد، میزان نمک و بی کربناتی را که این چاه در ۵۰ هکتار از اراضی تحت کشت وارد می‌نماید، چقدر است؟ با محاسبه نشان دهید.

پاسخ ۱۷۴- آب‌دهی در هر ساعت (متر مکعب آب) $144 = 40 \times 3600$
آب‌دهی در روز (متر مکعب) $3456 = 144 \times 24$

آب‌دهی در ۶ ماه (متر مکعب) $62208 = 3456 \times 180$

کل میزان بی کربنات خروجی از آب چاه (تن) $114 = 62208 \times 183$

میزان بی کربنات وارده در هر هکتار (کیلوگرم) $2300 = 114 \div 50 = 2/3$ (تن) $\times 1000$

میزان نمک وارده به اراضی زراعی $0/64 \text{ g/l} = 640 \text{ mg/l} = \text{dS/m}$

۰/۶۴ گرم نمک در ۱ لیتر

$62208 \times 105 \times$

نمک وارده $\text{گرم } 1400 \times 10^6 \times$

میزان نمک وارده به اراضی کشاورزی (تن در سال) $x = 400$

پرسش ۱۷۵- با علم به این‌که بیلان منفی آب در ایران هم اکنون بیش از ۱۰ میلیارد متر مکعب در سال است (طبق اظهارنظر مسئولین امر، در حال حاضر بیش از ۳۰۰ هزار حلقه چاه غیر قانونی در کشور در حال فعالیت هستند)، اثرات سوء این بیلان منفی را در تولید محصولات کشاورزی بیان نمایید.

پاسخ ۱۷۵- با تشدید بیلان منفی آب، علاوه بر کاهش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی، نشت زمینی،

افزایش هزینه‌های تولید و کاهش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی، کیفیت آب آبیاری نیز به شدت کاهش می‌یابد. در این راستا، علاوه بر افزایش درجه شوری آب آبیاری (شورتر شدن آب)، غلظت نسبی منیزیم و سدیم در مقایسه با غلظت کلسیم و پتاسیم اضافه می‌گردد. در آب‌های آبیاری در مناطق کویری ایران، معمولاً نسبت کلسیم به منیزیم (Ca/Mg) بیشتر از یک می‌باشد. ولی با افزایش بیلان منفی آب، نسبت به Ca/Mg به کمتر از یک کاهش یافته و به عبارت دیگر، مقدار منیزیم آب آبیاری افزایش و با کاهش نسبت Ca/Mg به کمتر از یک، آب آبیاری تلخ می‌شود (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۱).

پرسش ۱۷۶- زارعی در استان قم در مزارع گندم خود علی‌رغم مصرف بهینه هر ساله کودهای اوره، سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل، علائم کمبود پتاسیم (سوختگی حاشیه برگ) در برگ‌های گندم مشاهده نموده است. علت را چگونه توجیه می‌کنید؟ راهکارهای مناسب را ارائه کنید.

پاسخ ۱۷۶- از آنجاکه قم منطقه‌ای با آب و خاک شور است پس با توجه به ویژگی‌های خاک شور (زیادی املاح محلول)، وجود مقادیر قابل توجه کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، کلر (Cl) و احتمالاً بور (B) که سبب کاهش رشد گیاهان می‌گردد، مصرف برخی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، پتاسیم و روی، فراتر از نیاز باشد تا بتوان اثرات سوء برخی از کاتیون‌ها نظیر سدیم (Na) و آنیونی نظیر کلر (Cl) در سلول‌های گیاهی را کاهش دهد. نتایج نشان داد در خاک‌های شور، به‌ازاء هر یک درجه‌ای که به شوری خاک افزوده می‌گردد، علاوه بر مقدار توصیه کودی توسط تجزیه خاک، حدود ۲۰ کیلوگرم کود نیتروژنی و ۱۵ کیلوگرم کود پتاسیمی اضافه، مصرف گردد. در شرایط شوری کم، برهمکنش نیتروژن و پتاسیم در عملکرد، مثبت بود. در خاک‌های شور، چنانچه غلظت املاح در آب آبیاری، از محدوده ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تجاوز نماید، رشد گندم عمدتاً تابع شوری است و نه مصرف کودهای نیتروژنی و پتاسیمی. با مصرف اوره و سولفات پتاسیم، ضمن کاهش غلظت کلر در برگ‌های گندم، تنش شوری را می‌توان کاهش داد. شواهد نشان می‌دهد که تحت شرایط شوری، علائم کمبود پتاسیم با وجود بالا بودن غلظت آن در برگ‌های گندم، همچنان وجود دارد، مقداری از پتاسیم جذب شده برای خنثی کردن بار الکتریکی کلر (Cl) ذخیره شده در واکنش تجمع یافته و کمکی به واکنش‌های حیاتی نمی‌نماید. لذا در این شرایط با افزایش مصرف سولفات پتاسیم می‌توان علاوه بر رفع علائم کمبود، اثرات مسمومیت شوری را کاهش و عملکرد را افزایش داد. با افزایش غلظت پتاسیم در محلول خاک، تحمل گیاهان به تنش شوری زیاد می‌گردد. این در حالی است که وقتی میزان آب قابل دسترس گیاه کم باشد، افزایش پتاسیم در شوری‌های بالا (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) باعث بیشتر شدن تحمل گیاه می‌گردد. مصرف سولفات پتاسیم در شرایط شور موجب کاهش اثرات سوء تجمع سدیم و کلر در برگ‌های گندم شده و در نهایت عملکرد را افزایش می‌دهد. سطح بحرانی پتاسیم برای محصولات زراعی مقاوم به شوری نظیر پنبه در شرایط شور (۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش از شرایط غیر شور (۲۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است و برای گیاهان نیمه‌متحمل و یا حساس به شوری این اختلاف بیشتر می‌باشد. با افزایش غلظت پتاسیم و روی (Zn) در شرایط شور، پراکنش و طول ریشه‌ها زیاد شده و در نتیجه سطح

جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد. همچنین مصرف سولفات روی در این شرایط تشکیل آوندهای چوبی را در گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با گیاهان بدون مصرف آن بهبود داده و از تخریب آوندها جلوگیری می‌نماید. از آنجایی که کلر در رقابت با نیترات خاک، جذب نیتروژن را مختل می‌نماید و از طرفی با مصرف پتاسیم باز یافت نیتروژن افزایش می‌یابد. بنابراین، میزان نیاز گندم به نیتروژن، پتاسیم و روی با شورتر شدن آب آبیاری و یا خاک زراعی افزایش می‌یابد. با عنایت به نتایج به دست آمده به ازای افزایش هر واحد شوری حدود ۲۵ کیلوگرم اوره و ۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵ کیلوگرم سولفات روی در هر هکتار بیش از مقدار کود توصیه شده در شرایط غیر شور پیشنهاد می‌گردد.

پرسش ۱۷۷- آب غیر متعارفی که از تصفیه آب فاضلاب و یا آب رودخانه جنوب تهران (نهر فیروزآباد در شهر ری) برای آبیاری در دسترس است. ترتیب استفاده از این آب غیر متعارف را در امر آبیاری برای گیاهان زراعی، باغی و زینتی بنویسید.

پاسخ ۱۷۷- با عنایت به این که مسیر آب این رودخانه از شمال به جنوب تهران بوده و انواع پساب خانگی و صنعتی در آن وارد می‌شوند، این آب به رغم تصفیه چون حاوی انواع آلاینده‌ها و فلزات سنگین نیز می‌باشد، ترتیب اولویت استفاده از این آب برای آبیاری در ابتدا به درختان غیرمثمر (برای مصارف چوب و کاغذ) می‌باشد و سپس برای گیاهان زینتی (فضای سبز) کاربرد دارد. در صورت اجبار می‌توان از آن با لحاظ کلیه ضوابط زیست محیطی، برای آبیاری درختان میوه و در نهایت محصولات کشاورزی دانه‌ای استفاده کرد. بدیهی است تحت هیچ شرایطی از این آب غیرمتعارف برای آبیاری سبزی‌ها و صیفی‌جات ریشه‌ای (هویج و ...)، ساقه‌ای (کرفس و ...) و برگی (انواع سبزی‌های خوردنی) نباید استفاده کرد. در هر حال، استفاده از چنین آب‌هایی موجب تجمع انواع فلزات سنگین به‌ویژه آلاینده‌های کادمیوم، سرب و آرسنیک در خاک شده و در طولانی مدت باعث آلودگی خاک‌های تحت کشت خواهد شد.

پرسش ۱۷۸- آب مغناطیسی چیست؟ کاربردهای مفید آن را نام ببرید؟

پاسخ ۱۷۸- آبی که از میدان مغناطیسی با شار عمود بر جریان آب عبور می‌کند آب مغناطیسی نام دارد که عملکرد و خصوصیات فیزیکی و بیوفیزیکی آن با آب معمولی چندان متفاوت نمی‌باشد. به منظور بررسی اثر آب مغناطیسی بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک و میزان جذب آن‌ها توسط گیاه در شرایط شور، پژوهشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. برای تهیه آب مغناطیسی از دستگاه تولید آب مغناطیسی با شدت میدان ۸ تا ۱۰ میلی‌تسلا استفاده شد. تجزیه شیمیایی آب نشان داد که میدان مغناطیسی اثر معنی‌داری روی ویژگی‌های شیمیایی آن نداشته است. مطالعه طیف جذبی آب در ناحیه مادون قرمز نیز نشان داد که قطبیت و پخشیدگی مولکول‌های آب افزایش یافته و ضخامت شعاع آب‌پوشی یون‌های محلول در آب نیز کاهش یافته است. اثر آب مغناطیسی روی شاخص‌های جوانه‌زنی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاهان از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بررسی اثر آب مغناطیسی در شرایط شوری بالا، بر جذب عناصر

ضروری گیاهان در اندام‌های ریشه، ساقه، برگ و دانه ذرت و لوبیا موثر بود. همچنین آب مغناطیسی جذب عناصرغذایی در برگ و دانه را در شرایط شور به طور معنی‌داری افزایش داده اما این تغییرات در توسعه ریشه و ساقه معنی‌دار نبود. به طور کلی، با توجه به ناشناخته بودن آب مغناطیسی، تعاریف متفاوت تولیدکنندگان، عملکرد متفاوت دستگاه‌های آب مغناطیسی و اثرات سوء احتمالی آن بر کیفیت و سلامت مواد غذایی، پیشنهاد می‌شود: الف) با عنایت به بومی‌سازی تولید آب مغناطیسی در داخل کشور (مازندران) و اثرات سوء احتمالی آن بر کیفیت و سلامت مواد غذایی، منبع‌د تحقیقات آینده روی آب‌های غیرمتعارف صورت گیرد و ب) در استفاده از دستگاه آب‌مغناطیسی در مقیاس وسیع، به جنبه‌های اقتصادی آن نیز توجه شود (آقامیر، ۱۳۹۴). لیکن، به عقیده نگارنده و با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش‌های مشابه، استفاده از دستگاه آب‌مغناطیسی در سطح مزارع و باغ‌ها با استفاده از آب‌های متعارف، توصیه نمی‌شود. به عبارت دیگر، دستکاری بر روی آب‌های متعارف توصیه نمی‌شود.

پرسش ۱۷۹- دلایل کاهش جذب نیتروژن، فسفر و روی توسط گیاه در خاک‌های شور چیست؟ چرا با افزایش درجه شوری خاک، مقدار روی (Zn) قابل استفاده خاکی افزایش ولی جذب (bioavailability) آن توسط گیاهان، کاهش می‌یابد؟^۱

پاسخ ۱۷۹- پاسخ در سه بخش بیان می‌گردد: الف) **نیتروژن:** در شرایط شور، عوامل زیادی باعث کاهش قابلیت استفاده نیتروژن توسط گیاه می‌گردد که عبارتند از ۱) کمی جذب نیتروژن در محیط شور به علت کاهش تراوایی ریشه گیاه، ۲) کاهش فعالیت زیستی (بیولوژیک) خاک و بدنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی، ۳) کاهش تعداد ریزجانداران تثبیت‌کننده نیتروژن در خانواده بقولات، ۴) کاهش جذب نیتروژن (نیترات) در اثر عرضه زیاد آنیون کلر در محیط ریشه گیاه و بالاخره، ۵) کاهش فعالیت نیترات زایی (نیتریفیکاسیون) در خاک. کاهش تراوایی ریشه به دلیل افزایش فشار اسمزی محلول خاک، کاهش جذب نیتروژن را به دنبال خواهد داشت. این بدان دلیل است که نیترات در خاک بوسیله مکانیسم حرکت توده‌ای و همراه با آب جذب گیاه می‌گردد. از طرف دیگر، چون بخش عمده نیتروژن در خاک به شکل ترکیبات آلی است، تجزیه این مواد جهت رها کردن نیتروژن به شکل آمونیوم و نیترات ضروری می‌باشد. تجزیه مواد آلی خاک شامل واکنش‌های پیچیده بیوشیمیایی بوده که توسط ریزجانداران انجام می‌شود. اما شرایط خاک اثر محسوسی در سرعت و میزان این واکنش‌ها دارد. برای مثال شوری رشد و فعالیت ریزجانداران خاک را کاهش داده و بدین ترتیب بطور غیرمستقیم بر تغییر و تبدیل نیتروژن و قابلیت جذب آن توسط گیاه تاثیر خواهد گذاشت. شواهد بدست آمده نشان می‌دهد که جمعیت ریزجانداران در خاک غیرشور 10^8 (۱۰۰ میلیون) در هر گرم خاک بوده، در صورتی که در خاک شور این تعداد به ۱۵۰۰ تا ۷۰۰۰۰ در هر گرم خاک میرسد (افیونی و همکاران، ۱۳۷۶). افزون بر این، شوری خاک به روش‌های مختلف باعث انهدام سیستم‌های همزیستی تثبیت

۱ در تهیه پاسخ این سه پرسش، از مساعدت‌های همکار گرامی جناب آقای دکتر پیمان کشاورز دانشیار محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی بهره‌مند بوده‌ام که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌نمایم.

نیترژن نیز می‌گردد، همچنین موجب کاهش جمعیت ریزوبیوم در خاک و یا کاهش توانایی ریشه گیاه نسبت به سرایت باکتری شده و بنابراین، تشکیل گره را محدود میکند. شکل‌های آمونیومی و نیتراتی نیترژن در خاک نیز تا حدود زیادی تحت تأثیر شوری خاک قرار می‌گیرند، به طوری که نیترات زایی در خاک‌های شور یا بطور کلی حذف شده و یا تنها در مراحل ابتدایی تبدیل نیترات متوقف می‌شود. این در حالی است که اثر رقابتی (آنتاگونیستی) بین یون‌های کلر و نیترات، نیز در شرایط شور بر فرایند جذب نیترات توسط گیاه اثر منفی خواهد گذاشت. **ب) فسفر:** حرکت فسفر از محلول خاک به طرف ریشه بیشتر از طریق پخشیدگی بوده و در فاصله خیلی نزدیک به ریشه گیاه اتفاق می‌افتد، این در حالی است که با افزایش شوری از طول ریشه کاسته می‌شود و گیاه نمی‌تواند مانند شرایط طبیعی فسفر را جذب نماید. **ج) روی:** با افزایش شوری خاک، pH خاک به دلیل فشرده‌گی لایه دو گانه تا حدودی کاهش می‌یابد، با این وجود در خاک‌های شور مقدار جذب روی توسط گیاه به دلیل بالا بودن غلظت سدیم خاک کاهش می‌یابد. در این رابطه شواهد بدست آمده نشان می‌دهد که مصرف سولفات روی در شرایط شور، توانسته است جذب سدیم را در گندم به طور معنی‌داری کاهش دهد (Saadat و Keshavarz, ۲۰۱۶).

پرسش ۱۸۰- چرا با افزایش شوری خاک، تجمع آمونیوم در خاک‌ها بیشتر از نیترات می‌شود ؟ ارجحیت کدام نوع کود نیترژنی در خاک‌های شور بیشتر است؟

پاسخ ۱۸۰- الف) عمل نیتریفیکاسیون در خاک (تبدیل آمونیوم به نیترات) به فعالیت ریزجانداران نیتروزوموناس و نیتروباکتر وابسته است. این در حالی است که شوری موجب کاهش فعالیت زیستی خاک و جمعیت ریزجانداران می‌شود. در نتیجه به دلیل کاهش فرایند نیترات زایی در خاک‌های شور غلظت نیترات خاک کاهش و به عکس آمونیوم افزایش خواهد یافت. از این رو در شرایط شور قابلیت استفاده نیترژن در کودهای آمونیومی، بدلیل کاهش فرایند نیترات‌زایی در خاک و اتلاف گازی نیترژن به صورت آمونیاک، اندک خواهد بود. بنابراین، نوع نیترا ته کود نیترژنه نسبت به شکل آمونیومی آن در خاک‌های شور برتری دارد.

پرسش ۱۸۱- در شرایط شوری، واکنش گیاهان نسبت به مصرف کودهای شیمیایی چگونه خواهد بود؟

پاسخ ۱۸۱- واکنش گیاهان نسبت به مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شوری را می‌توان در دو بند خلاصه نمود: **الف)** واکنش مثبت گیاهان نسبت به مصرف کودهای شیمیایی در خاک‌های شور منجر به شوری‌های کم تا متوسط بوده و در شوری‌های بالا، به دلیل افزایش تجمع فشار اسمزی، واکنش گیاه نسبت به مصرف کودها منفی بوده و بنابراین عملکرد هکتاری گیاه کاهش می‌یابد. **ب)** افزودن کودهای شیمیایی در حد بهینه و مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول محتوی کلات‌روی به خاک‌های شور همراه با کاهش جذب عناصر سمی نظیر سدیم و کلر و آلاینده‌هایی نظیر نیترات و کادمیوم، همراه بوده و این نوع کودها حد تحمل گیاه را به شوری افزایش داده و بنابراین عملکرد هکتاری گیاه را افزایش می‌دهند.

۹-۴-۷- مباحث مربوط به رابطه بین مصرف بهینه کودی با افزایش کارایی مصرف کود و آب

پرسش ۱۸۲- در حال حاضر با عنایت به میانگین عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی استراتژیک در کشور، بالاترین کارایی آب در کدام یک از محصولات زراعی می‌باشد؟ آیا این رقم بالاتر از میانگین جهانی است؟ و چگونه می‌توان کارایی آب را در این محصولات مهم افزایش داد؟

پاسخ ۱۸۲- در حالی که کارایی آب در برنج کمتر از $۰/۴$ ، در گندم حدود $۰/۷$ ، کلزا $۱/۰$ ، سیب‌زمینی $۲/۵$ ، پیاز $۴/۰$ ، چغندر قند $۶/۵$ و در گوجه‌فرنگی حدود ۱۰ کیلوگرم گوجه‌فرنگی تازه خوری به ازای هر متر مکعب آب مصرفی می‌باشد، این ارقام بسیار پایین‌تر از آمار میانگین جهانی است. یکی از عوامل عمده آن، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی در تولید محصولات زراعی استراتژیک می‌باشد. زیرا عملکرد هکتاری در این محصولات زراعی بسیار پایین بوده و در نهایت کارایی آب در این محصولات زراعی بسیار پایین‌تر از استاندارد جهانی است. بدیهی است با بهبود روش‌های مدیریتی از جمله رعایت اصول مصرف بهینه کودی (مصرف کود بر مبنای نتایج تجزیه خاک و برگ) و انتخاب روش‌های صحیح آبیاری به سهولت می‌توان کارایی آب و کود را به دو برابر ارقام فعلی افزایش داد. توضیح آن که کارایی کودهای نیتروژنی در گندم در حال حاضر کمتر از ۷ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم کود نیتروژنی مصرفی است.

پرسش ۱۸۳- تفاوت بین کارایی و درصد باز یافت کودها را با ذکر مثالی بیان کنید. آیا با مدیریت بهینه کودی کارایی آب تغییر می‌کند یا خیر؟

پاسخ ۱۸۳- کارایی کود و آب عبارتست از میزان ماده خشک تولیدی به ازای هر کیلوگرم کود مصرفی و یا هر متر مکعب آب مصرفی و واحد آن‌ها به ترتیب بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم و کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی می‌باشد. لیکن، درصد باز یافت، آن مقدار درصدی از کود است که در تولید ماده خشک محصول به کار رفته و واحد آن بر حسب درصد بیان می‌شود. به‌طور مثال، در مزرعه ده هکتاری در آذربایجان شرقی که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و بذر یکسان بود، مزرعه به سه قسمت تقسیم شد و میزان آب مصرفی در مزرعه گندم برابر ۴۵۰۰ متر مکعب بر هکتار بود. میزان کودهای مصرفی در قطعه شاهد (قطعه اول) صفر، در قطعه دوم (کوددهی بر اساس عرف زارعین-NP) برابر ۴۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار و در قطعه سوم (کوددهی بر اساس نتایج تجزیه خاک) نیز ۴۵۰ کیلوگرم از مجموعه کودهای مورد نیاز در مزرعه گندم مصرف گردید. کلیه عملیات کشت، داشت و برداشت در هر سه قطعه مشابه بود. پس از برداشت گندم، عملکرد هکتاری در قطعه اول ۲۲۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار با درصد نیتروژن $۱/۲۵$ ، در قطعه دوم ۴۵۰۰ کیلوگرم کود بر هکتار با درصد نیتروژن $۱/۷۵$ و در قطعه سوم ۶۷۵۰ کیلوگرم کود بر هکتار با درصد نیتروژن $۲/۲۵$ بود. کارایی آب، کود و درصد باز یافت کودها را محاسبه نمایید.

$$۰/۵۰ = (۴۵۰۰)/(۲۲۵۰) = \text{کارایی آب در قطعه اول (شاهد)}$$

کیلوگرم دانه گندم به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی

$$۱/۰۰ = (۴۵۰۰)/(۴۵۰۰) = \text{کارایی آب در قطعه دوم (کوددهی بر اساس عرف زارعین)}$$

کیلوگرم دانه گندم به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی

$$۱/۵۰ = (۶۷۵۰)/(۴۵۰۰) = \text{کارایی آب در قطعه سوم (کوددهی بر اساس نتایج تجزیه خاک)}$$

کیلوگرم دانه گندم به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی

به طوری که ملاحظه می شود با مصرف کود حتی در شرایط کوددهی سنتی (عرف زارعین) کارایی آب افزایش یافته، لیکن با مصرف بهینه کود این افزایش به ۵۰ درصد نیز می رسد. پس بلی با تغییر مدیریت بهینه کودها، کارایی آب افزایش می یابد.

کیلوگرم دانه گندم به ازاء هر کیلوگرم کود مصرفی $5 = (450) / (2250 - 4500)$ = کارایی کود در قطعه دوم (کوددهی براساس عرف زارعین)

کیلوگرم دانه گندم به ازاء هر کیلوگرم کود مصرفی $10 = (450) / (6750 - 2250)$ = کارایی کود در قطعه سوم (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک)

درصد باز یافت کودها $11 = (450 / 100) \times [(2250 \times 1 / 25) - (4500 \times 1 / 75)]$ = درصد باز یافت کودها در قطعه دوم (کوددهی براساس عرف زارعین)

درصد باز یافت کودها $28 = (450 / 100) \times [(2250 \times 1 / 25) - (6750 \times 2 / 25)]$ = درصد باز یافت کودها در قطعه سوم (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک)

به طوری که ملاحظه می شود با مصرف بهینه کود (مصرف کودها براساس نتایج تجزیه خاک) به رغم مدیریت یکسان در سایر عوامل موثر در تولید، درصد باز یافت کودها، به بیش از دو برابر افزایش یافته است.

پرسش ۱۸۴- راهکارهای عملی برای افزایش کارایی کود و آب را بنویسید؟

پاسخ ۱۸۴- ضمن بهبود سایر عوامل موثر در تولید از جمله انتخاب بذور غنی شده، عملیات کشت، داشت و برداشت، با اعمال روش های ذیل می توان نسبت به افزایش کارایی کود و آب اقدام نمود: **الف)** مصرف آب به میزان نیاز گیاه، **ب)** اصلاح روش آبیاری (حذف روش غرقابی و جایگزینی آن با روش های نوین آبیاری نظیر قطره ای)، **پ)** مصرف بهینه کودها (کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک در مزارع و نتایج تجزیه برگ در درختان میوه)، **ت)** جایگزینی اوره قبل از کاشت با کود کامل ماکرو و یا با اوره با پوشش گوگردی حاوی روی (Zn)، **ث)** تقسیط هر چه بیشتر کودهای پویا و **ج)** جایگذاری صحیح کودهای غیر پویا در مزارع و باغ ها.

پرسش ۱۸۵- در منطقه شمال غرب کشور، بارندگی سالانه حدود ۳۰۰ میلی متر می باشد و اگر با مصرف ۲۵ کیلوگرم کود بر هکتار سولفات روی، عملکرد دانه گندم از ۱/۵ به ۳ تن بر هکتار افزایش یافته باشد، کارایی سولفات روی را با محاسبه نشان دهید و کارایی آب را نیز محاسبه نمایید که در کدام کرت بیشتر بود.

پاسخ ۱۸۵- مقدار آب ورودی به مزرعه از طریق بارندگی (مترمکعب در هر هکتار) $3000 \text{ m}^3/\text{ha} = 3000 \times 1000$

$$1500 \div 3000 = 0.5 \text{ kg/m}^3$$

کارایی آب در قطعات شاهد

$$3000 \div 3000 = 1.0 \text{ kg/m}^3$$

کارایی آب در قطعات کود داده شده

$$(3000 - 1500) \div 25 = 60$$

کارایی سولفات روی

بنابراین، کارایی سولفات روی برابر ۶۰ کیلوگرم دانه گندم به ازای هر کیلوگرم سولفات روی مصرفی خواهد بود.

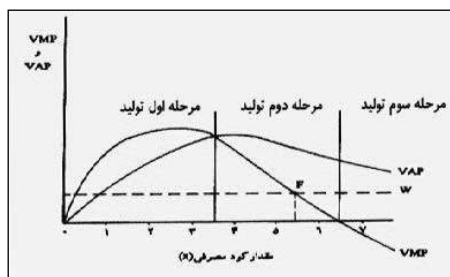
۱۰-۴-۷ شیوه تعیین مقدار بهینه (اقتصادی) کود در مزارع

پرسش ۱۸۶- بازده اقتصادی (Economic Return) و یا برگشت سرمایه برای هر کودی از جمله کودهای فسفاتی برابر است با افزایش عملکرد ضربدر قیمت فروش محصول تقسیم بر مقدار کود مصرفی ضربدر قیمت همان کود (Jat و Kumar، ۲۰۱۲). به عبارت دیگر،

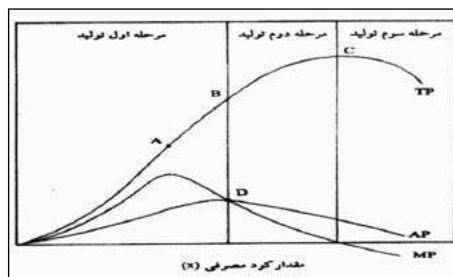
(قیمت فروش محصول $\times$ افزایش عملکرد با مصرف همان کود)
 برگشت سرمایه = $\frac{\text{قیمت کود} \times \text{قیمت کود مصرفی}}{\text{قیمت کود مصرفی}}$

روش تعیین مقدار بهینه (اقتصادی) کود در مزارع را با ذکر مثال بیان نمایید. مقدار مصرف کود از دیدگاه اقتصادی چقدر باید باشد؟ چه مقدار از نهاده کود مصرف گردد تا تولید حداکثر گردد؟ چه مقدار از نهاده کود مصرف گردد تا سود حداکثر گردد؟

پاسخ ۱۸۶- از دیدگاه اقتصادی، تقاضای بهینه برای کود، مقداری است که در ناحیه دوم تولیدی (II) قرار گرفته باشد. در شکل زیر رابطه فیما بین مقدار کود مصرفی با تولید کل (Total Physical Product (TPP)، تولید متوسط (Average Physical Product (APP)، تولید نهایی (Marginal Physical Product (MPP) نشان داده شده است. مطابق قانون بازده نزولی، با مصرف مقدار کم کود، تولید کل با نرخ افزایشی بالا می‌رود، اما از نقطه B به بعد، هرچند که تولید کل افزایش می‌یابد، لیکن با افزایش مقدار کود مصرفی، نرخ آن کاهش یافته تا به حداکثر تولید کل در نقطه C برسد. از این مرحله به بعد در صورت مصرف بیشتر از این مقدار کود، تولید کل نه تنها افزایشی نخواهد داشت، بلکه کاهش هم می‌یابد. توجه این مطلب با منحنی‌های تولید نهایی و تولید متوسط امکان‌پذیر است (Ferguson و Maurice، ۱۹۷۸).



رابطه مقدار کود مصرفی با ارزش تولید متوسط و ارزش تولید نهایی (Ferguson و Maurice، ۱۹۷۸)



رابطه مقدار کود مصرفی با تولید متوسط و تولید کل (Ferguson و Maurice، ۱۹۷۸)

نقطه B، بر روی منحنی تولید کل، حداکثر تولید متوسط را نشان می‌دهد که همان نقطه D در شکل فوق است. اهمیت این نقطه در آن است که آغاز ناحیه تولید اقتصادی بوده و در آن $MPP = APP$ است. لذا از دیدگاه اقتصادی کاربرد کود بیشتر برای افزایش تولید، به سود تولیدکننده است. به عبارت دیگر، در ناحیه I به ازای استفاده از هر واحد کود، تولید کل افزایش می‌یابد (در ناحیه یک، از نهاده کود کمتر از حد بهینه استفاده شده است). ناحیه II اقتصادی که از نقطه D شروع می‌شود تا جایی که تولید کل به حداکثر رسیده، ادامه می‌یابد. به دیگر سخن، انتهای ناحیه II اقتصادی جایی است که $MPP = 0$ می‌شود. به عبارت دیگر، نقطه‌ای است که خط تولید

نهایی، محور X را قطع می‌نماید (در ناحیه دو، از نهاده کود در حد بهینه استفاده شده است). از این نقطه به بعد، ناحیه III تولیدی آغاز می‌گردد که در آن $MPP < 0$ است. در این ناحیه نباید کود داد، زیرا تولید کل کاهش خواهد یافت (در ناحیه سه، از نهاده کود بیش از حد بهینه استفاده شده است). در اینجا این پرسش مطرح می‌شود، حال که ناحیه II تولید به عنوان ناحیه اقتصادی مشخص شده است، چه نقطه‌ای از ناحیه II انتخاب شود؟ برای پاسخ به این پرسش باید به جای منحنی تولید نهایی (TPP)، از ارزش تولید نهایی (VMP) استفاده کرد و با افزودن هزینه تولید به آن، نقطه‌ای که حداکثر سود را عاید می‌سازد، مشخص ساخت. اگر قیمت کود (Fertilizer Price (FP باشد، از تلاقی دو خط قیمت کود (FP) و ارزش تولید نهایی (VMP) نقطه F حاصل می‌شود که در ناحیه II تولیدی قرار دارد. در حقیقت محل تلاقی این دو خط، نشانگر مقدار بهینه استفاده از کود است. از طرف دیگر، بنا به گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO)، سودآورترین نقطه تولید با توجه به ارزش تولید نهایی (ارزش محصول) و قیمت کود، جایی است که فاصله بین این دو خط، حداکثر بوده و مقدار بهینه کود، نقطه‌ای است که این خط محور X را قطع می‌نماید. بدیهی است هر چه قیمت کود کمتر باشد، نقطه A به سمت راست و در صورت گران بودن، به سمت چپ میل خواهد نمود. با ذکر دو مثال زیر، مقدار بهینه کود مشخص می‌گردد.

مثال اول- در آزمایش کودی در مزرعه سیب‌زمینی در منطقه دماوند ضمن رعایت اصول مصرف بهینه کودی، با مقادیر ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، عملکرد سیب‌زمینی به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۴، ۵۷ و ۴۸ تن بر هکتار، گزارش شده است. مقدار بهینه (اقتصادی) مصرف کود اوره را محاسبه نمایید. قیمت جهانی هر کیلوگرم اوره (FP) ۱۰۰۰ تومان و هر کیلوگرم سیب‌زمینی (V) ۵۰۰ تومان است. کلیه محاسبات مثال فوق در جدول زیر ارائه شده است:

رابطه بین مقدار اوره مصرفی، عملکرد سیب‌زمینی، ارزش تولید نهایی و بازده اقتصادی

بازده اقتصادی **	ارزش تولید نهایی (VMP) (تومان)	ارزش تولید متوسط (VAP) (تومان)	ارزش تولید (VTP) (تومان)	قیمت کود (FP) (تومان)	بازده تولید نهایی (MPP)	میانگین تولید (AP) (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد کل (*TPP) (کیلوگرم بر هکتار)	مقدار کود (X) (کیلوگرم بر هکتار)
—	—	—	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	—	—	—	۲۰,۰۰۰	۰
۵۰	+۵۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	+۱۰۰	۳۰۰	۳۰,۰۰۰	۱۰۰
۳۵	+۷۰,۰۰۰	۱۱۰,۰۰۰	۲۲,۰۰۰,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰	+۱۴۰	۲۲۰	۴۴,۰۰۰	۲۰۰
۲۲	+۶۵,۰۰۰	۹۵,۰۰۰	۲۸,۵۰۰,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰	+۱۳۰	۱۹۰	۵۷,۰۰۰	۳۰۰
-۱۱	-۴۵,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	۲۴,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰	-۹۰	۱۲۰	۴۸,۰۰۰	۴۰۰

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۴۰۹

* عملکرد کل (TPP) Total Physical Product؛ میانگین تولید $(X)/(TPP) = APP$ ؛ بازده تولید نهایی $MPP = (DTPP)/(DX)$ ؛ ارزش تولید $(V) = (TPP)$ ؛ ارزش تولید متوسط $VAP = (VTP)/(X)$ و ارزش تولید نهایی $VMP = (MPP) \cdot V$
 ** بازده اقتصادی (Economic Return): بازده اقتصادی عبارت است از ارزش افزوده ناشی از عملکرد اضافی تقسیم بر هزینه کود مصرفی. به عبارت دیگر، به ازای هر یک تومان هزینه برای خرید کود، چند تومان سود (بازده) دارد.

با عنایت به ارقام جدول فوق، بازده تولید نهایی (MPP) با مصرف ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره قابل حصول است. لیکن، با توجه به ارزش تولید (VTP) حداکثر (۲۸،۵۰۰،۰۰۰ تومان) و سیر نزولی ارزش تولید نهایی (VMP) با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار اوره و برای دستیابی به تولید محصولات کشاورزی سالم، ضمن رعایت جنبه‌های زیست محیطی، مقدار بهینه اوره مصرفی در این مثال بخصوص ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود. مطابق نظر سازمان خواروبار و کشاورزی هم که بیشترین فاصله عمودی موجود بین ارزش تولید و قیمت کود را محل حداکثر سود می‌داند، مقدار بهینه کود، نقطه‌ای است که این خط محور X را قطع می‌نماید. بنابراین، مقدار بهینه اوره مصرفی حدود ۳۴۰ کیلوگرم بر هکتار است. **مثال دوم** - در آزمایش کودی در مزرعه ذرت دانه‌ای، ضمن رعایت اصول مصرف بهینه کود، با مقادیر ۰، ۸۵، ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم، عملکرد ذرت دانه‌ای به ترتیب ۵۴۰۰، ۹۴۰۰، ۱۱۰۰۰ و ۱۰۷۰۰ کیلوگرم بر هکتار، گزارش شده است.

مقدار بهینه (اقتصادی) مصرف کود سولفات پتاسیم را محاسبه نمایید. قیمت جهانی هر کیلوگرم سولفات پتاسیم (FP) ۲۵۰۰ تومان و هر کیلوگرم دانه ذرت (V) ۶۰۰ تومان است. کلیه محاسبات مثال فوق در جدول زیر ارائه شده است:

رابطه بین مقدار سولفات پتاسیم مصرفی، عملکرد ذرت دانه‌ای و ارزش تولید

مقدار کود (X) (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد کل (TPP) (کیلوگرم بر هکتار)	میانگین تولید (APP) (کیلوگرم بر هکتار)	بازده تولید نهایی (MPP)	قیمت کود (FP) (تومان)	ارزش تولید (VTP) (تومان)	ارزش تولید متوسط (VAP) (تومان)	ارزش تولید نهایی (VMP) (تومان)	بازده اقتصادی**
۰	۵،۴۰۰	---	---	---	۳،۲۴۰	---	---	---
۸۵	۹،۴۰۰	۱۱۱	+۴۷/۱	۵۰۰،۲۱۲	۶۴۰۵،۰۰۰	۲۵۳،۶۶	+۲۶۰،۲۸	۱۴
۱۷۰	۱۱،۰۰۰	۶۵	+۱۸/۸	۰۰۰،۴۲۵	۶۰۰۶،۰۰۰	۸۲۴،۳۸	+۲۸۰،۱۱	۲۲
۲۵۵	۱۰،۷۰۰	۴۲	-۳/۵	۵۰۰،۶۳۷	۴۲۰۶،۰۰۰	۱۷۶،۲۵	-۱۰۰،۲	-۰/۳
۴۰۰	۴۸،۰۰۰	۱۲۰	-۹۰	۴۰۰،۰۰۰	۰۰۰،۰۰۰	۶۰،۰۰۰	-۴۵،۰۰۰	-۱۱

* عملکرد کل (TPP) Total Physical Product؛ میانگین تولید $(X)/(TPP) = APP$ ؛ بازده تولید نهایی $MPP = (DTPP)/(DX)$ ؛ ارزش تولید $(V) = (TPP)$ ؛ ارزش تولید متوسط $VAP = (VTP)/(X)$ و ارزش تولید نهایی $VMP = (MPP) \cdot V$
 ** بازده اقتصادی (Economic Return): بازده اقتصادی عبارت است از ارزش افزوده ناشی از عملکرد اضافی تقسیم بر هزینه کود مصرفی. به عبارت دیگر، به ازای هر یک تومان هزینه برای خرید کود، چند تومان سود (بازده) دارد.

۴۱۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

با عنایت به ارقام جدول فوق، بازده تولید نهایی (MPP) با مصرف حدود ۲۵۵ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم قابل حصول است. لیکن، با توجه به ارزش تولید (VTP) حداکثر (۶۰۰،۰۰۰، ۶ تومان) و سیر نزولی ارزش تولید نهایی (VMP) با مصرف حدود ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم، مقدار بهینه سولفات پتاسیم مصرفی در این مثال بخصوص ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود. مطابق نظر سازمان خواروبار و کشاورزی هم مقدار بهینه سولفات پتاسیم مصرفی حدود ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار است.

۱۱-۴-۷- مباحث مربوط به رابطه مصرف بهینه کودی با کاهش آلاینده‌ها

پرسش ۱۸۷- علائم سمیت کلر در گیاهان را ذکر کنید؟

پاسخ ۱۸۷- کلر زیادی سبب زردی، زودرسی، سوختگی حاشیه و نوک برگ‌ها، برنزه شدن و ریزش برگ‌ها می‌شود. غلظت زیاد در اثر وجود نمک (NaCl) می‌باشد که در این شرایط پتانسیل اسمزی اطراف ریشه تغییر کرده و محدودیت جذب آب به وجود می‌آید. کلر با نیترات رابطه آنتاگونیستی داشته و می‌تواند غلظت نیتروژن در گیاه را کاهش دهد.

پرسش ۱۸۸- حد مجاز نیترات در برخی از محصولات کشاورزی برحسب میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه را بیان نمایید.

پاسخ ۱۸۸- حد مجاز نیترات در برخی از محصولات کشاورزی برحسب میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه به شرح جدول زیر است.

حد مجاز نیترات در برخی از محصولات کشاورزی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه (WHO ۲۰۰۳؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Malakouti و همکاران، ۲۰۱۳)

نوع محصول		حد مجاز نیترات		نوع محصول
بهاره	پاییزه	بهاره	پاییزه	
سبزی‌های غده‌ای (تربچه و)	۱۲۰۰	۱۵۰۰	خریزه و هندوانه	۷۵
سبزی‌های ساقه‌ای (کرفس و)	۱۰۰۰	۱۲۰۰	کدو و بادمجان	۷۵
سبزی‌های برگ‌ی (جعفری و ...)	۷۵۰	۱۰۰۰	چغندر لبویی	۱۲۰
اسفناج	۱۵۰۰	۲۰۰۰	خیار	۷۵
کاهو	۱۲۰۰	۱۵۰۰	پیاز	۷۰
ساقه کرفس	۱۲۰۰	۱۵۰۰	سیب زمینی	۶۰
برگ کرفس	۱۰۰۰	۱۲۰۰	گوجه فرنگی	۶۰
گندم و ذرت	<۵۰	-	برنج	<۵۰

در بررسی‌های میدانی که بر تغییرات غلظت نیترات در قسمت‌های خوراکی انواع سبزی و صیفی در سطح استان اصفهان انجام شد، مشاهده گردید که در اکثر محصولات سبزی و صیفی، غلظت نیترات کمتر از حد مجاز بوده است. علت عمده می‌تواند اولاً به دلیل گرانتر شدن قیمت فروش کودهای پرمصرف از سال ۱۳۹۰، مقدار مصرف آن‌ها کاهش یافته و ثانیاً در برخی از گلخانه‌ها و مزارع مصرف بهینه کودی رعایت شده است (هفت برادران و همکاران، ۱۳۹۶).

پرسش ۱۸۹- کادمیوم (Cd) با کدامیک از عناصر ضروری از لحاظ شیمیایی شبیه است و این شباهت چه نتایجی به دنبال دارد؟

پاسخ ۱۸۹- یون‌های کادمیوم (Cd) و روی (Zn) به دلیل تشابه ویژگی‌های الکترونی می‌توانند بجای یکدیگر توسط گیاه جذب شوند. به عبارت دیگر، مشابهت بین کادمیوم و روی (Zn) سبب شده در خاک‌هایی که روی (Zn) در آن‌ها شدیداً پایین باشد، جذب نسبی کادمیوم توسط ریشه گیاه افزایش یابد. زیرا کادمیوم از لحاظ شیمیایی شبیه روی (Zn) بوده (هر دو در جدول تناوبی مندلیف در یک گروه قرار دارند) و به همین علت کادمیوم می‌تواند جذب گیاه شده و جایگزین روی (Zn) در انجام وظایف متابولیستی در گیاه گردد. علاوه بر این، با افزایش غلظت یک عنصر در محلول خاک از جمله کادمیوم، جذب آن عنصر توسط گیاه بیشتر می‌شود (افزایش تدریجی غلظت یون کادمیوم در محلول خاک به دلیل استمرار در مصرف بیرویه کودهای فسفاتی کادمیوم-دار می‌تواند منجر به بالارفتن جذب کادمیوم توسط گیاه گردد). این در حالی است که کادمیوم بر عکس روی برای انسان و حیوان سمی است.

پرسش ۱۹۰- به نظر شما محصولات کشاورزی کدام استان، بیشترین کادمیوم (Cd) را دارا می‌باشد. چرا؟

پاسخ ۱۹۰- پتانسیل انباشت کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی تولیدی در استان خوزستان بنا به دلایل زیر بسیار بالا می‌باشد: **الف)** شوری نسبی بالا در برخی از خاک‌های مزارع گندم استان سبب شده تا حلالیت نسبی املاح حاوی کادمیوم (مثلاً کلرور کادمیوم) افزایش یابد. **ب)** وجود کارخانجات فولاد، لاستیک‌سازی، باتری‌سازی، استخراج نفت و گاز، پالایشگاه‌ها سبب انتشار کادمیوم در فضا شده و در نهایت وارد خاک‌های منطقه شود. **پ)** زیادی درصد کربنات کلسیم در خاک‌های خوزستان تا حد ۴۵ الی ۵۰ درصد، سبب شده تا میزان فسفر قابل استفاده به شدت کاهش یابد. **ت)** کمبود شدید روی (Zn) در خاک‌های زراعی استان، **ر)** استمرار در مصرف بی‌رویه و بیش از اندازه کودهای فسفاتی حاوی کادمیوم، **د)** به دلیل تشابه ویژگی‌های الکترونی یون‌های کادمیوم و روی (Zn)، کادمیوم می‌تواند بجای روی (Zn) توسط گیاه جذب شود. به عبارت دیگر، مشابهت بین کادمیوم و روی سبب شده، در خاک‌هایی که روی (Zn) در آن‌ها شدیداً پایین باشد، جذب نسبی کادمیوم توسط ریشه گیاه افزایش یابد. زیرا کادمیوم از لحاظ شیمیایی شبیه روی (Zn) بوده (هر دو در جدول تناوبی مندلیف در یک گروه قرار دارند) و به همین علت کادمیوم می‌تواند جذب گیاه شده و جایگزین روی (Zn) در انجام وظایف متابولیستی در گیاه گردد (Jafarnejadi و همکاران، ۲۰۱۱).

۱۲-۴-۷- مباحث مربوط به رابطه مصرف بهینه کودی با تولید محصولات کشاورزی سالم
پرسش ۱۹۱- منظور از مصرف بهینه کودی در محصولات زراعی و باغی چیست؟ نسبت متعادل

(آرمانی) کودی برای محصولات مختلف زراعی و باغی در خاک‌های آهکی ایران چقدر باید باشد؟
پاسخ ۱۹۱- منظور از مصرف بهینه کودی این است که در گیاهان زراعی و دارویی مصرف انواع کودها براساس نتایج تجزیه خاک و در گیاهان باغی و گل‌های زینتی براساس نتایج تجزیه برگ و آب آبیاری استوار باشد. نسبت کودی متعادل (آرمانی) برای خاک‌های آهکی کشور در مقطع کنونی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

(کودهای آلی) ۲۵٪ - (ریزمغذی) ۴٪ - (گوگرد) ۳۰ - (پتاسیم) ۲۵ - (فسفر) ۳۰ - (نیتروژن) ۱۰۰

پرسش ۱۹۲- نقش مصرف بهینه کود در تولید محصولات کشاورزی سالم را بیان نمایید.
پاسخ ۱۹۲- بر پایه گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، رتبه بهداشت سلامت در جامعه ایران از بین ۱۹۲ کشور، ۱۲۳ است. متأسفانه این رتبه بسیار پایین بوده و علت اصلی آن سوء تغذیه می‌باشد. به‌رغم آن که بیش از ۸۵ درصد مردم کشور سیر می‌باشند، لیکن، حدود ۹۰ درصد مردم به‌نحوی دچار گرسنگی سلولی می‌باشند. زیرا تولیدکنندگان محصولات کشاورزی توجهی به مفهوم امنیت غذایی ندارند. براساس آخرین اطلاعات جمع‌آوری شده از چند استان، حدود ۹۵ درصد کودهای مصرفی در کشور به اوره و سوپرفسفات تریپل اختصاص یافته است. این موضوع عملاً زنگ خطری برای تولید محصولات کشاورزی سالم و تهدیدی برای امنیت غذایی کشور می‌باشد. هم‌اکنون یارانه دولتی عمدتاً به کودهای نیتروژنی و فسفاتی پرداخت می‌شود. در حالی که باید توجه داشت که اولاً کارایی این دو کود به دلایل مختلف از جمله سوء مدیریت در یارانه کودها، پایین است و ثانیاً مصرف این کودها به دلیل این که باعث تجمع نترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی می‌شوند، نقش چندان مثبتی در سلامت جامعه ندارند. پرداخت چنین یارانه سنگینی تنها به این دو کود باعث شده که کشاورزان علاوه بر مصرف بی‌رویه و هدر دادن این دو کود در کشور، چندان رغبتی به استفاده از دیگر کودها، به‌ویژه کودهای زیستی، آلی، گوگردی و ریزمغذی نداشته باشند. حال آن که مصرف کودهای اخیر افزون‌بر سازگار بودن با محیط زیست، نقش بسیار مثبتی بر سلامت انسان دارند. بنابراین، در مقطع کنونی مدیریت علمی تولید و مصرف انواع کودها امری اجتناب‌ناپذیر است، تا بتوان از طریق اصلاح ساختار تولید- مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم، سطح سلامت جامعه را ارتقاء داد. از طرف دیگر رابطه مثبتی بین مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم وجود دارد. لذا، مسئولین وزارت جهاد کشاورزی باید این اصل مهم را در تأمین نوع، مقدار، زمان استفاده از کودها را در عمل رعایت و نسبت به جلوگیری از سوزاندن بقایای گیاهی، رعایت اصول مصرف بهینه کودی، غنیسازی محصولات کشاورزی در مزرعه، مدیریت علمی تولید و مصرف انواع کودها، جلوگیری از ورود کودهای فسفاتی دارای بیش از ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم، حذف یارانه از کودهای نیتروژنی و فسفاتی و اختصاص آن به کودهای زیستی، آلی، ریزمغذی و گوگردی به منظور افزایش عملکرد، بهبود

کیفیت محصولات کشاورزی و تولید محصولات کشاورزی سالم، اقدام نمایند.

پرسش ۱۹۳- روش‌های عملی برای تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم را نام ببرید؟

پاسخ ۱۹۳- راهکارهای مهم برای تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم عبارتند از: **الف)** افزایش سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور؛ **ب)** رعایت مصرف بهینه کود و اصلاح تناسب کودی کشور به طرق مختلف از جمله توصیه کودی بر مبنای نتایج تجزیه خاک برای محصولات زراعی و تجزیه برگ برای درختان میوه؛ **پ)** مصرف سرک کودهای نیتروژنی و صرفه‌جویی در مقدار مصرف آن‌ها؛ **ت)** تولید ارگانیک و در نهایت مصرف کودهای کامل اختصاصی برای تک تک محصولات کشاورزی استراتژیک کشور.

پرسش ۱۹۴- تفاوت در تولیدات کشاورزی سالم با تولیدات کشاورزی ارگانیک (آلی) در چیست؟

پاسخ ۱۹۴- هدف از تولید محصولات کشاورزی سالم آن است که در تولید این قبیل محصولات کشاورزی، اصول مصرف بهینه کودی که براساس نتایج تجزیه خاک در محصولات زراعی، دارویی و زینتی و نتایج تجزیه برگ در محصولات باغی و درختان زینتی انجام می‌گیرد، رعایت شده و مصرف سموم نیز در حداقل مقدار ممکن و در زمان صحیح انجام گرفته باشد. لیکن در کشاورزی ارگانیک (آلی)، اصولاً از کودهای شیمیایی و سموم استفاده نشده و در مقابل برای تأمین نیاز غذایی گیاهان از کودهای آلی، زیستی و مواد معدنی فرآیند شیمیایی نشده نظیر خاک‌فسفات، ساری کود (گوگرد معدنی) و ... استفاده شده باشد. توضیح آن که تولید محصولات کشاورزی ارگانیک در کشور ما که رشد جمعیت سریع بوده ولی دارای درآمد ملی پایین است و دولت نیز برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز کشور به واردات محصولات کشاورزی نیازمند است (در سال ۱۳۹۱، تولید مواد غذایی در داخل کشور فقط برای حدود ۱۶۰ روز در سال کفایت می‌نمود) و مردم نیز از گرسنگی سلولی رنج می‌برند (عملکرد هکتاری در کشاورزی نسبتاً پایین‌تر از کشاورزی رایج می‌باشد)، در سطح وسیع به صرفه و صلاح کشور نمی‌باشد. لیکن لازم است تولید و عرضه محصولات کشاورزی ارگانیک که حدود ۳۰ درصد گرانتر از تولیدات معمولی است، در جامعه فرهنگ‌سازی شود.

پرسش ۱۹۵- تغییرات غلظت عناصر غذایی در فرآورده‌های کشاورزی در جهت افزایش است و یا کاهش؟

پاسخ ۱۹۵- متأسفانه به دلایل متعددی از جمله افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی، تخلیه شدید خاک‌های زراعی از مواد غذایی و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی، غلظت عناصر غذایی در فرآورده‌های کشاورزی رو به تنزل گذاشته و این کاهش در کشورهایی نظیر ایران که مصرف کود در آن‌ها نامتعادل می‌باشد، شدیدتر است. Dvis و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی ترکیب غذایی ۴۳ محصول سبزی و صیفی، به این نتیجه رسیدند که غلظت عناصر غذایی در عمده محصولات کشاورزی رو به کاهش می‌باشد. Dvis (۲۰۰۹) مجدداً در مقاله‌ای اعلام نمود که غلظت عناصر غذایی در عمده محصولات کشاورزی رو به کاهش (۱۰ تا ۴۰ درصد) است و این موضوع اخیراً در سایت‌های مختلف

نیز درج شده است. سه عامل برای این کاهش بیان می‌گردد:

الف) وجود رابطه معکوس بین عملکرد و غلظت عناصر معدنی؛ ب) در اثر قانون رقت (dilution effect)، این کاهش عمدتاً با افزایش عملکرد مطرح می‌گردد و پ) با افزایش عملکرد هکتاری و تخلیه شدید خاک‌های زراعی، غلظت عناصر معدنی در فرآورده‌های کشاورزی کاهش می‌یابد. این کاهش در کشورهای مشابه ایران که مصرف کود در آن‌ها نامتعادل است، سریع‌تر می‌باشد. بدیهی است در صورت عدم ممانعت از این روند کاهش، تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم به مخاطره خواهد افتاد.

پرسش ۱۹۶- روش ارزیابی مواد آلی را توضیح داده و مراحل انجام آن را به اختصار بیان نمایید.
پاسخ ۱۹۶- ارزیابی مواد آلی در دو بخش الف) ارزیابی برای عدم منع مصرف و ب) ارزیابی برای اثر بخشی صورت می‌گیرد. برای ارزیابی عدم منع مصرف، با ارسال نمونه از ترکیب مورد نظر به موسسات تحقیقاتی پاستور، گیاه پزشکی، واکسن و سرم‌سازی رازی و خاک و آب، از عدم آلودگی ترکیب مورد نظر به پاتوژن‌های انسانی، گیاهی، حیوانی و عناصر سنگین (کادمیوم و سرب) اطمینان حاصل کرده و در صورت دارا بودن شرایط لازم تعریف شده برای ترکیبات بهساز خاک، کودهای آلی و یا محرک‌های رشد، عدم منع مصرف آن مورد تأیید قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی، برای تکمیل ارزیابی، باید اثربخشی آن‌ها در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی در موسسه تحقیقات خاک و آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدیهی است که به‌هنگام ارزیابی اثر بخشی، اعمال شرایط توصیه بهینه کودی ضروری بوده و مقایسه اثربخشی ترکیب مورد نظر در شرایط عرف زارع و یا شرایط کوددهی غیر بهینه، اشتباه است.
پرسش ۱۹۷- تغییرات کیفی، طعم و خوش خوراکی فرآورده‌های کشاورزی در طول چند دهه گذشته مثبت و یا منفی بوده و دلیل آن را بیان نمایید؟

پاسخ ۱۹۷- بر اساس گزارش اینترنتی دوستدار محیط زیست (Darbon، ۲۰۱۴)، طعم، غلظت عناصر غذایی و مقدار ویتامین‌ها در محصولات کشاورزی تولیدی در هزاره سوم کمتر از غلظت تولیدات کشاورزی هزاره دوم می‌باشد. طبق همین گزارش، ۵۰ سال پیش، میزان کلسیم موجود در لوبیای سبز ۴۳ درصد بیشتر از میزان کنونی بوده است. در دهه ۱۹۵۰ میلادی میزان مواد غذایی موجود در سبزیجات ۲۵ درصد بیشتر از میزان امروزی آن بوده است. در مجموع، میزان ویتامین‌ها و مواد معدنی موجود در میوه و سبزیجات در دهه‌های گذشته بسیار بیشتر از میزان امروزی آن‌ها بوده است. مهم‌ترین علت این کاهش میزان مواد مغذی، کاهش کیفیت خاک و تخلیه آن می‌باشد. خاکی که تهی از مواد معدنی باشد، نمی‌تواند محصول غنی را در خود پرورش دهد. راه حل این مشکل اولاً رعایت اصول مصرف بهینه کودی (برگردان عناصر غذایی برداشتی به خاک، بهبود کیفیت خاک و کوددهی بر مبنای نتایج تجزیه خاک و یا تجزیه برگ)، ثانیاً خرید و حمایت از آن دسته از تولیدکنندگانی است که به سلامت خاک مزرعه و باغ خود و تولید محصولات کشاورزی سالم با غلظت پایین آلاینده‌ها، اهمیت می‌دهند.

پرسش ۱۹۸- راه حل عملی مناسب برای خرید گندم بر مبنای ارزیابی کمی-کیفی دانه آن بدون

نیاز به اعتبارات دولتی چیست؟ ویژگی‌های کیفی دانه گندم برای خرید با قیمت بالاتر را ذکر کنید؟

پاسخ ۱۹۸- خرید گندم براساس ارزیابی کمی- کیفی دانه آن را می‌توان بدون تحمیل هزینه اضافی به دولت و با صرف هزینه‌ای اندک توسط خود کشاورز انجام داد. بدین صورت که با تقاضای تحویل‌دهنده گندم به مراکز خرید، نمونه‌برداری از گندم‌های تولیدی انجام شده و نمونه‌ها با شماره محرمانه و با هزینه خود متقاضی (تحویل‌دهنده گندم)، جهت آزمایش به آزمایشگاه‌های خصوصی معتبر و مورد تایید موسسه تحقیقات خاک و آب (آزمایشگاه‌های مرجع) تحویل داده شود. پس از انجام آزمایش، چنانچه صحت ادعای کشاورزان (مبنی بر تولید گندم غنی‌شده با درصد پروتئین و خصوصیات کیفی بالاتر) توسط آزمایشگاه‌ها تأیید شود، می‌تواند گندم آن‌ها با قیمت بالاتری نسبت به گندم‌های غنی نشده خریداری گردد.

پرسش ۱۹۹- رابطه مصرف بهینه کود با کاهش ضایعات محصولات کشاورزی چیست؟

پاسخ ۱۹۹- طبق آخرین اطلاعات موجود در کشور، سالانه از ۸۰ میلیون تن محصولات کشاورزی تولیدی، حدود ۱۵ درصد یعنی ۱۵ میلیون تن به صورت ضایعات از گردونه مصرف خارج می‌گردد که علاوه بر هدررفت بیت‌المال، ارزش اقتصادی آن‌ها بسیار بالا می‌باشد. طبق بررسی‌های انجام گرفته از عواملی مهمی که در کاهش عمر انبارداری محصولات کشاورزی موثر می‌باشند، می‌توان به درصد ماده خشک، غلظت نیتروژن، آلاننده‌های نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) و نحوه نگهداری محصولات کشاورزی اشاره نمود. نتایج تحقیقات ۲۰ ساله اخیر نشان داده یکی از علل زیادی ضایعات کشاورزی، پایین بودن درصد ماده خشک (زیادی درصد رطوبت) در محصولات کشاورزی است که عمدتاً ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی، فسفاتی و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی است. نتایج آزمایش‌های متعدد که در طول دو دهه گذشته در مزارع سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی و سایر محصولات کشاورزی در اقلیم مختلف در سطح کشور انجام گرفته، نشان داد درحالی‌که میانگین درصد رطوبت در قطعات مصرف نامتعادل کود (عرف رایج کوددهی سنتی) در سیب‌زمینی برابر ۸۲ درصد بود، این مقدار در تیمارهای مصرف بهینه کودی تا ۷۷ درصد کاهش نشان داد. به عبارت دیگر میانگین درصد ماده خشک سیب‌زمینی از ۱۸ به ۲۳ درصد و در پیاز میانگین درصد مواد جامد محلول از ۱۰/۸ به ۱۳/۲ ارتقاء یافت. اخیراً یکی از شرکت‌های سازنده چیپس، به‌ازای افزایش هر یک درصد ماده خشک در غده سیب‌زمینی، آن‌ها را با قیمت بیشتری خریداری می‌نماید.

پرسش ۲۰۰- چرا در آذرماه ۱۳۹۴، حدود ۱۴۰۰ تن سیب‌زمینی در استان فارس امحاء (زیرخاک) شد؟ و با اعمال چه روش‌هایی می‌توان از بروز این‌گونه هدررفت‌ها را ممانعت نمود؟

پاسخ ۲۰۰- صرف نظر از نوع رقم سیب‌زمینی مورد استفاده از آنجا که عمده تولیدکنندگان این محصول زراعی در کشور از جمله سیب‌زمینی‌کاران استان فارس به طریقه سنتی (اوره

و سوپر فسفات)، کود مصرف می‌نمایند، صرف نظر از غلظت نیترات و کادمیوم (مقادیر آن‌ها گزارش نشده است)، معمولاً مقدار ماده خشک در غده سیب‌زمینی تولیدشده با روش کوددهی سنتی به دلیل عدم رعایت تعادل کودی پایین است (کمتر از ۱۹ درصد). تحت چنین شرایطی به دلیل بالا بودن میزان رطوبت غده‌ها (بیش از ۸۰ درصد)، ماندگاری سیب‌زمینی بسیار پایین خواهد بود. بدیهی است درجه حرارت بالای انبارهای نگهداری سیب‌زمینی نیز خود می‌تواند عامل دیگری برای جوانه‌زدن و خراب شدن غده‌های سیب‌زمینی باشد. در تصاویر پخش شده در شبکه‌های اجتماعی از جمله صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران، غده‌های سیب‌زمینی اکثراً جوانه‌زده بودند. با اعمال روش‌های زیر می‌توان از بروز این قبیل ضایعات و هدررفت بیت‌المال ممانعت نمود: **الف)** کوددهی در مزارع بر اساس نتایج تجزیه خاک انجام شود و ب) در مصرف کودهای مرعی، اوره و آب‌آبیاری تعادل رعایت شود. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در این خصوص، به مطالب مندرج در فصل اول این کتاب مراجعه فرمایید.



پرسش ۲۰۱- علت و یا علل خرابی پرتقال‌های انبار شده برای فروش در شب عید سال ۱۳۹۵ را در چه می‌دانید؟

پاسخ ۲۰۱- نظر به این که عمده تولیدکنندگان مرکبات در کشور از جمله تولیدکنندگان پرتقال استان مازندران به طریقه سنتی از کودهای اوره و سوپر فسفات، استفاده می‌نمایند، تحت چنین شرایطی، ماندگاری مرکبات بسیار پایین خواهد بود. بدیهی است شرایط نامطلوب انبارهای نگهداری مرکبات (انبارداری نامطلوب)، عامل دیگری برای خراب شدن پرتقال‌های شب عید بوده است. برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در این خصوص، به مطالب مندرج در فصل پنجم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.

پرسش ۲۰۲- در نمونه‌برداری از دو مزرعه سیب‌زمینی که در اولی مصرف کود غیرمتعادل (NP) و در دومی متعادل بود، مقدار نیتروژن (N) در غده‌های سیب‌زمینی در تیمار شاهد ۱۵۰ و در تیمار مصرف بهینه کود ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود. درصد ماده خشک در غده‌های سیب‌زمینی مزرعه اول ۱۸ و در مزرعه دوم ۲۲ تعیین گردید. با عنایت به این که حد مجاز نیترات حدود ۵۰

میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن می باشد، ضمن محاسبه غلظت نیتрат در غده های دو نمونه سیب زمینی، در کدام یک، غلظت نیترات پایین تر از حد مجاز می باشد؟ با اعمال چه قسمتی می توان غلظت نیترات را پایین تر از حد مجاز نگه داشت؟

پاسخ ۲۰۲- با توجه به اینکه درصد ماده خشک در غده های سیب زمینی مزرعه اول ۱۸ و در غده های سیب زمینی مزرعه دوم ۲۲ می باشد. بنابراین میزان نیترات موجود در هر کیلوگرم سیب زمینی در دو حالت کوددهی مزارع سیب زمینی مطابق عرف زارعین (NP) و کوددهی بر اساس نتایج تجزیه خاک، به شرح زیر خواهد بود:

الف) در حالت اول کوددهی مزارع سیب زمینی مطابق عرف زارعین (NP)

- میزان نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه) $664 = 14 / (62 \times 150)$

- میزان نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه) $120 = 100 / (664 \times 18)$

ب) در حالت دوم (کوددهی بر اساس نتایج تجزیه خاک)

- میزان نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه) $222 = 14 / (62 \times 50)$

- میزان نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن تازه) $49 = 100 / (222 \times 22)$

به طوری که مشاهده می گردد، غلظت نیترات در تیمار کود بهینه داده شده کمتر از حد مجاز می باشد. با صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژنی، رعایت اصول مصرف بهینه کودی بالاخص مصرف سولفات پتاسیم، سولفات روی و نیز انتخاب ارقام مناسب، می توان غلظت نیترات را کاهش داد.

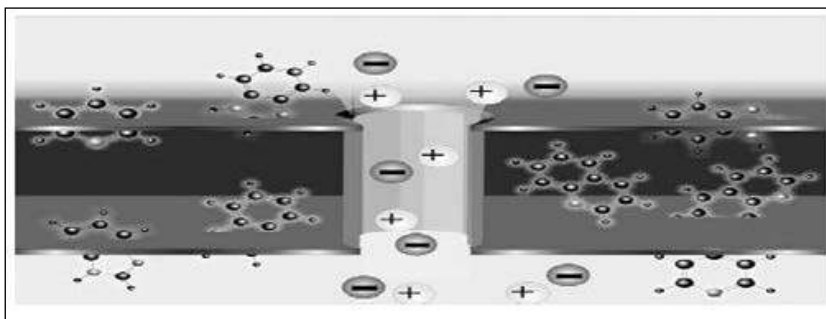
پرسش ۲۰۳- آیا کلات روی (Zn-EDTA) را می توان در گیاهان بصورت محلول پاشی مصرف نمود و یا خیر؟ جذب ریشه ای کلات روی (Zn-EDTA) را در مقایسه با سولفات روی ($ZnSO_4$) تشریح نمایید. آیا مصرف کلات روی را در تولید محصولات کشاورزی سالم به صلاح می دانید و یا خیر؟

پاسخ ۲۰۳- پاسخ در سه بخش بیان می گردد: **الف)** فرایند جذب عناصر غذایی توسط برگ در مقایسه با ریشه می تواند متفاوت باشد. زیرا دیواره سلولی سلول های برگ توسط لایه کوتینی پوشیده شده اند، در حالی که در ریشه چنین پوششی دیده نمی شود. این پوشش نسبت به ترکیبات آلی، معدنی و همچنین مولکول های تفکیک نشده، قابلیت جذب دارند. با این حال، وجود حفرات باردار در این لایه کوتینی، امکان جذب ترکیبات و یون ها را فراهم می آورد (شکل ۱).

بنابراین، عناصر غذایی می توانند از طریق کوتیکول و یا روزنه به درون برگ نفوذ کنند. البته عواملی نظیر حلالیت در آب، اندازه و همچنین خصوصیات سطح برگ مانند مقدار رطوبت، ترکیب کوتیکول و تراکم روزنه نیز در جذب عناصر غذایی از سطح برگ موثر هستند. تخمین های اولیه از اندازه حفره موجود در کوتیکول های جدا شده از مرکبات نشان داد که قطر این حفرات یک نانومتر بوده و مانع ورود مولکول های بزرگ به داخل برگ می باشند. شواهدی از جذب محلول ها از طریق سطح برگ وجود دارد که نشان دهنده جذب مستقیم

از طریق روزنه بدون عبور از کوتیکول است. ذرات آبدوست (۴۳ نانومتر) در آب حل شده و می‌توانند از طریق پخشیدگی در طول دیواره سلولی روزنه‌های سطح برگ جذب شوند (Eichert و Fernández, ۲۰۰۹).

از جمله عوامل مؤثر در عبور ترکیبات از این منافذ می‌توان به شعاع یونی، ابعاد و وزن مولکولی آن‌ها اشاره کرد. وزن مولکولی بالای کلات‌روی در مقایسه با سایر ترکیبات از جمله سولفات‌روی، امکان جذب عنصر روی از این منبع کودی را توسط این حفرات باردار کاهش می‌دهد. Schreiber و Schonherr (۲۰۰۴) گزارش کردند که با افزایش وزن مولکولی از ۱۰۰ تا ۵۰۰ گرم بر مول، نفوذ توسط لایه‌های کوتینی، ۱۳ برابر کاهش می‌یابد. با توجه به وزن مولکولی بالای کلات‌روی (۳۵۲ گرم بر مول) و همچنین حجم مولی بالای آن (۱۷۰ سانتی‌مترمکعب بر مول)، لذا به نظر می‌رسد که ورود کلات‌روی (Zn-EDTA) از لایه سطحی برگ ناچیز باشد.



شکل ۱- حفرات باردار در لایه‌های کوتیکول سطح برگ (Schönherr, ۲۰۰۶)

یکی دیگر از راه‌های ورود عناصر غذایی به درون برگ، روزنه‌ها می‌باشند. وجود روزنه‌ها در سطح رویی و زیرین برگ، جذب برگی آن‌ها را تسهیل می‌کنند. در برخی گیاهان، تعداد این روزنه‌ها در زیر برگ و در برخی بر روی آن، بیشتر است. وجود تعداد بالای روزنه، سبب افزایش جذب عناصر غذایی و ترکیبات می‌شود. از مقایسه ابعاد این روزنه‌ها (جدول یک) با ابعاد مولکولی Zn-EDTA (۱۷۰ سانتی‌مترمکعب بر مول)، می‌توان دریافت که ابعاد روزنه‌ها در زمان باز بودن از اندازه مولکولی کلات‌روی بیشتر بوده و لذا این ترکیب می‌تواند از طریق روزنه‌ها جذب گردد. اما بزرگی ابعاد روزنه‌ها در مقایسه با ابعاد مولکول Zn-EDTA، قابل ملاحظه نمی‌باشد. لذا، جذب برگی بالایی از طریق کلات‌روی صورت نمی‌گیرد. بنابراین، استفاده از این منبع کودی در هنگام محلول‌پاشی هر چند سبب جذب روی توسط برگ می‌شود، اما در مقایسه با سایر ترکیبات نظیر سولفات‌روی، از کارایی پایین‌تری برخوردار است. همچنین، ذکر این نکته نیز ضروری به نظر می‌رسد که از جمله عوامل مؤثر در باز بودن روزنه‌ها و افزایش جذب

عناصر در زمان محلول پاشی، وجود رطوبت کافی در برگ می باشد که به دنبال آن سبب افزایش تورژسانس سلول های نگهبان روزنه و در نتیجه باز شدن روزنه ها می گردد. لذا، برای افزایش کارایی محلول پاشی، بهتر است مزارع قبل از محلول پاشی، آبیاری شوند.

از آنجایی که یون ها پس از جذب توسط سلول های برگ (Source)، می بایست وارد سیتوپلاسم سلول های برگ شده و از آن جا توسط آوند آبکش به میوه و یا ریشه ها (Sink) منتقل شوند، وجود غشاهای زیستی در این آوند سبب می گردد تا انتقال کلات روی (Zn-EDTA) به شرط پایداری درون گیاه به مقدار خیلی کم صورت گیرد. لذا توصیه می گردد که در محلول پاشی عنصر روی از نمک سولفات روی و یا روی همراه با لیگاندهای طبیعی مانند آمینواسیدها که دارای قدرت انتقال بالایی به درون برگ و از آنجا به میوه و یا ریشه ها هستند، استفاده شود.

جدول ۱- تعداد و ابعاد روزنه در چند گیاه زراعی (Echerson, ۱۹۰۸)

نام گیاه	روزنه (تعداد در میلی متر مربع)	ابعاد روزنه باز (میکرون)
	سطح رویی برگ	سطح زیرین برگ
یونجه	۱۶۹	۱۳۸
سیب درختی	۰	۲۴۹
لوبیا	۴۰	۲۸۱
کلم	۱۴۱	۲۲۶
کرچک	۶۴	۱۷۶
ذرت	۵۲	۶۸
سیب زمینی	۵۱	۱۶۱
آفتابگردان	۸۵	۱۵۶
گوجه فرنگی	۱۲	۱۳۰
گندم	۳۳	۱۴

ب) در جذب یون ها توسط ریشه، یون ها ابتدا از منافذ دیواره سلولی عبور کرده و وارد فضای آپوپلاست (فضای غیرزنده بین دیواره سلولی) می شوند و سپس از مسیر سیمپلاستی وارد سیتوپلاسم سلول های ریشه شده و به دنبال آن از طریق آوند چوبی به اندام هوایی منتقل می شوند. در مورد نقش EDTA در جذب روی توسط ریشه گیاه دو فرضیه را می توان مطرح کرد. در فرضیه اول درشت تر بودن اندازه کلات روی در مقایسه با یون روی حاصل از تفکیک سولفات روی، می تواند ضمن کاهش دادن ورود روی به درون فضای آپوپلاست، جذب سیمپلاست آن را نیز به دلیل درشتی ابعاد کمپلکس EDTA کاهش دهد (Marschner, ۱۹۹۵). بدیهی است کاهش غلظت روی در شرایط کلات شده با EDTA، می تواند غلظت آن در اندام هوایی را نیز کاهش دهد (جدول ۲). در فرضیه دوم کلات Zn-EDTA با ورود به فضای آپوپلاستی و

۴۲۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

کاهش جذب سطحی و نگهداشت روی در فضاهای باردار آپوپلاستی، انتقال روی به درون آوند چوبی را تسهیل کرده و جذب روی را افزایش می‌دهد.

جدول ۲- جذب و انتقال روی به وسیله ریشه‌های جو تحت تأثیر منابع مختلف روی (Marschner, ۱۹۹۵)*

منبع روی		میزان جذب و انتقال روی
		(میکروگرم روی بر گرم وزن تازه برگ در ۲۴ ساعت)
سولفات روی	ریشه	شاخساره
۴۵۹۸	۳۰۵	
۴۵	۳۵	

* مصرف سرک سولفات روی همراه با آب آبیاری به میزان پنج کیلوگرم بر هکتار در مزارع استان خراسان رضوی بررسی شده و اثر بخشی آن در افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی موفقیت‌آمیز بوده است (مصاحبه حضوری با جناب آقای دکتر پیمان کشاورز، ۱۳۹۶).

پ) نظر به این که سرنوشت کمپلکس EDTA در زنجیره غذایی چندان مشخص نبوده و به احتمال فراوان مصرف تولیدات کشاورزی محتوی این نوع کمپلکس‌ها برای دام و انسان زیان‌آور باشد، لذا لازم است در مصرف کمپلکس‌های EDTA و EDDHA، دقت لازم به عمل آید. انجام تحقیقات بیشتر در این خصوص مورد انتظار است. در تهیه پاسخ پرسش فوق، سرکار خانم دکتر دلیر عضو محترم هیأت علمی گروه خاکشناسی و آقایان مهندس علی‌اکبر زارع و مهندس سجاد بیات دانشجویان دکتری گروه خاکشناسی با اینجانب همکاری نمودند که بدینوسیله تشکر می‌نماید.

پرسش ۲۰۴- در اینترنت، چگونه علائم کمبود و یا بیش‌بود (سمیت) عناصر غذایی را در گیاه دام و انسان پیدا می‌کنید؟

پاسخ ۲۰۴ - ابتدا در کامپیوتر، شبکه اینترنت متصل، سپس تارنمای WWW.google.com را باز نموده، در مرحله بعدی با کلیک بالای صفحه تارنمای WWW.google.com، Images را فعال نموده تا تارنمای (Google Images) در صفحه کامپیوتر ظاهر شده و سپس با تایپ علائم کمبود و یا بیش‌بود عنصر غذایی مربوط مورد نظر (به هر دو زبان فارسی و یا انگلیسی، تصاویر مربوطه ظاهر می‌شود. ضمناً برای اطلاع از آخرین اخبار کشاورزی در کشور و جهان می‌توانید به تارنمای (سایت) وزارت جهاد کشاورزی WWW.maj.ir و یا از طریق [search google](http://search.google) پاسخ لازم را دریافت دارید.

۵-۷- جمع بندی

از مجموع یافته‌های تحقیقاتی و مطالب ارائه شده در این فصل، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- ۱- اکثر خاک‌های زراعی کشور ما با کمبود شدید مواد آلی، بیش‌بود نسبی فسفر و کمبود شدید ریزمغذی‌ها به‌ویژه روی و در مراحل بعدی کمبود بور، آهن، منگنز مواجه می‌باشند. بنابراین، در برنامه کودی کشور حتماً افزایش مقدار مواد آلی خاک‌های زراعی، مصرف متوازن

تمام کودهای موثر در تولید بخصوص کودهای ریزمغذی به‌ویژه سولفات‌روی و تقسیط هر چه بیشتر کودهای محلول نظیر اوره، کلروپتاسیم، سولفات پتاسیم محلول ویژه کودآبیاری حاوی کلات‌روی، اسید بوریک و کودآبیاری مد نظر قرار داده شود. با عنایت به آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، نوع کودهای نیتروژنی (اوره) و فسفاتی (سوپرفسفات‌تریپل) مصرفی باید توسط شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران و بخش خصوصی تغییر یابد. به‌عبارت دیگر، به جای اوره قبل از کاشت از کودهای سولفات آمونیوم، اوره با پوشش گوگردی (SCU)، کود کامل‌ماکرو و نترات فسفات آمونیوم و به جای سوپرفسفات‌تریپل، از کودهای سوپرفسفات ساده و میکروبی فسفاتی و همچنین، از کودهای گوگردی و ریزمغذی‌ها هر چه بیشتر استفاده شود. ضمناً، در مقام مقایسه کودهای نیتروژنی باید گفت سولفات آمونیوم مشابه غسل، نترات آمونیوم مشابه وضو و اوره مشابه تیمم است.

۲- نیتروژن (N) یکی از مهمترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی و باغی می‌باشد. نیتروژن در گیاهان بالاترین غلظت را داشته و گلوگاه رشد است. غلظت نیتروژن در اندام‌های گیاهی بسیار متفاوت بوده ولی میانگین آن در ماده خشک گیاهی حدود دو تا سه درصد است. میزان نیتروژنی که به وسیله گیاهان مختلف جذب می‌شود، بسته به عملکرد آن‌ها، متفاوت می‌باشد. بنابراین، نیتروژن نقش مهمی در افزایش عملکرد کمی و کیفی دارد، به طوری که الف) کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی، عملکرد را کاهش می‌دهد، ب) از دیگر سو، پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی عبارتند از: کاهش میزان مواد آلی خاک، خوابیدگی غلات، آبدار شدن بافت‌های گیاهی، کاهش تحمل گیاهان در برابر بیماری‌ها و آفت‌ها، کاهش کارایی نیتروژن و آلودگی زیست‌بوم، تجمع نترات در سبزی و صیفی و افت کیفیت میوه و آب تباهی و پ) در مقابل، مصرف بهینه، بهنگام و به دفعات کودهای نیتروژنی، سبب افزایش بیش از ۵۰ درصدی در عملکرد هکتاری محصولات زراعی می‌شود.

۳- فسفر (P) یکی دیگر از مهمترین عناصر غذایی مورد نیاز در تولید محصول به شمار می‌آید. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا، سازوکار انتقال انرژی و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد، به طوری که الف) کمبود آن، عملکرد را کاهش می‌دهد، ب) پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی عبارتند از مقدار زیادی فسفر مورد استفاده به‌عنوان کود از طریق واکنش رسوب و تثبیت تبدیل به فرم‌های نامحلول می‌شود. این موضوع و تحرک پائین فسفر در خاک، موجب تجمع فسفر در افق سطحی خاک‌های زراعی شده و باعث بروز معضلات و مشکلات متعددی از جمله مسمومیت فسفوری، کاهش عملکرد، تأثیر منفی بر جذب عناصر کم‌مصرف می‌گردد، آب تباهی، آلودگی خاک، گیاه و انسان به کادمیوم، اثرات زیست‌محیطی، خروج ارز از کشور به خاطر واردات سوپرفسفات‌تریپل، با مصرف بیش از

نیاز کودهای فسفاتی حاوی کادمیوم، علاوه بر اثرهای آنتاگونیسمی با روی (Zn)، درصد ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی، کاهش (افت کیفیت)، جذب روی دچار مشکل شده و غلظت آلاینده‌هایی نظیر کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد. همچنین، شاخص نامطلوب تغذیه‌ای (PA/Zn) کاهش می‌یابد و (پ) در مقابل، مصرف بهینه کودهای فسفاتی با مدیریت مطلوب سایر عوامل موثر در تولید، به هنگامی که مقدار فسفر قابل استفاده خاک زراعی حدود پنج میلی گرم بر کیلوگرم است، از ۲۰ درصد تجاوز نمی‌نماید. نظر به این که آزاد شدن فسفر در خاک‌های آهکی به مراتب آسان‌تر از خاک‌های اسیدی (انرژی اتصال فسفات به کلسیم پنج مرتبه کمتر از انرژی اتصال فسفات به آهن و آلومینیوم می‌باشد) است و از طرف دیگر، چون رابطه مستقیمی بین فسفر کل و فسفر قابل جذب خاک وجود دارد، لذا با توجه به نتایج بدست آمده، دور از انتظار نیست که در ایران، مبنا قرار دادن سطح بحرانی فسفر بدون توجه به مقدار فسفر کل خاک غیرعقلایی باشد. چرا که مصرف همه‌ساله کودهای فسفاتی سبب افزایش فسفر کل خاک‌ها می‌شود. در نتیجه ضرورتی برای مصرف همه‌ساله کودهای فسفاتی در خاک‌های آهکی نمی‌باشد. بنابراین لازم است وزارت جهاد کشاورزی با حذف یارانه از کودهای فسفاتی و توصیه مصرف آن‌ها فقط بر مبنای نتایج تجزیه خاک (در مزارعی که مقدار فسفر قابل استفاده با روش اولسن کمتر از ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد)، افزون بر افزایش عملکرد هکتاری محصول و صرفه جویی ارزی، از غلظت آلاینده کادمیوم که به همراه کودهای فسفاتی وارد خاک‌های زراعی می‌گردد، در محصولات کشاورزی نیز بکاهد تا سلامت جامعه نیز ارتقاء یابد. از طرف دیگر، نظر به این که در سال اول مصرف بیش از ۱۵ تا ۲۵ درصد از کودهای فسفاتی مصرف شده، توسط گیاهان جذب نشده و مابقی در خاک‌های آهکی به صورت فسفات‌تری کلسیم رسوب می‌نماید. بنابراین، انباشتگی ترکیبات فسفاتی در خاک به‌ویژه در شرایطی که همه‌ساله کودهای فسفاتی مصرف شود، اتفاق می‌افتد. بدیهی است تحت چنین شرایطی با در نظر گرفتن مقدار فسفر کل موجود در خاک، می‌بایستی در مقدار سطح بحرانی فسفر قابل استفاده تجدیدنظر شود. نتایج بدست آمده از تجزیه آزمایشگاهی بیش از ۹۰ نمونه خاک اراضی تحت کشت نشان داد که مقدار فسفر کل خاک این منطقه از ۷۱۳ تا ۲۳۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم و مقدار فسفر قابل جذب از هشت تا ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر بود. در این منطقه، چنانچه توصیه کودی براساس سطح بحرانی فسفر قابل جذب خاک (۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) صورت گیرد، می‌باید در حدود ۵۰ درصد اراضی زراعی، کودهای فسفاتی توصیه شود، در صورتی که با در نظر گرفتن شاخص زیست‌محیطی فسفر کل، چون مقدار فسفر کل در ۹۷ درصد از خاک‌های زراعی این منطقه بیشتر از ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود، لذا کشاورزان منطقه، مجاز به استفاده از کودهای فسفاتی نخواهند بود. همچنین، لازم است در پژوهش‌های آینده، رابطه بین

میزان فسفر کل و مقدار فسفر قابل جذب خاک بررسی و نقش ریزجانداران حل کننده فسفات بررسی شود تا بتوان با توجه به مقدار فسفر کل، نیاز فسفوری گیاه را با مصرف ریزجانداران حل کننده فسفات مدیریت کرده و از این طریق مقدار مصرف کودهای فسفاتی را کاهش داد. در راستای هدفمند کردن یارانه‌ها، یارانه به کودهای موثر بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (تولید محصولات کشاورزی سالم) که اکثراً تولید داخل می‌باشند، اختصاص یابد و تحویل کودهای فسفاتی یارانه‌ای به مولدین کشاورزی منحصراً از طریق نتایج تجزیه خاک و تجزیه برگ انجام گیرد. از ورود کودهای فسفاتی و یا خاک فسفات حاوی بیش از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم و یا بیش از ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم سرب اکیداً جلوگیری شود. به مصرف کودهای فسفاتی تولید داخل نظیر سوپرفسفات ساده، میکروبی فسفاتی، و بیوگرددآلی اولویت داده شود. با عنایت به اثربخشی انواع کودها در افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی، در مقطع فعلی، بهتر است نوع کودهای فسفاتی مصرفی حتی الامکان تغییر نموده و در راستای نیل به تولید محصولات کشاورزی سالم، به جای سوپرفسفات تریپل وارداتی حاوی کادمیوم بالا، از کود سوپرفسفات ساده و یا کود میکروبی فسفاتی همراه با کودهای زیستی تولید داخل استفاده شود. همچنین، در راستای تشویق کشاورزان برای تولید محصولات کشاورزی سالم، شرکت خدمات حمایتی کشاورزی نسبت به عقد قرارداد برای تولید انواع کودهای فسفاتی تولید داخل از جمله سوپرفسفات ساده و کود میکروبی فسفاتی عاری از کادمیوم (Cd) به هنگام تدارک، اولویت را به تهیه و توزیع این کودهای با ارزش تولید داخل اختصاص دهد. به دلیل انباشتگی فسفر در خاک‌های زراعی کشور، در مصرف کودهای فسفاتی تجدید نظر شود و در مقابل به مصرف کودهای گوگردی تا حد کودهای فسفاتی افزوده شود. به عبارت دیگر، تحویل کودهای فسفاتی حتماً برپایه نتایج تجزیه خاک انجام شود. در غیر این صورت، یارانه آن حذف و در مقابل، یارانه به کودهای موثر در افزایش کمی-کیفی محصولات کشاورزی همچون کودهای سولفات روی، زیستی و آلی اختصاص یابد. همچنین، رابطه بین فسفر کل و فسفر قابل استفاده در خاک‌های زراعی بعد از کشت‌های متفاوت و نیز میزان توانمندی کودهای میکروبی فسفاتی در قابل استفاده نمودن فسفر برای گیاه از فسفات‌های کلسیم، آهن و آلومینیوم در خاک‌های آهکی و اسیدی تعیین شود. ضمناً از ورود کودهای فسفاتی و یا خاک فسفات حاوی بیش از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیوم و یا بیش از ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم سرب اکیداً جلوگیری شود و مصرف بهینه کودی به‌ویژه استفاده از کودهای نیتروژنی به صورت تقسیط، کودهای فسفاتی تولید داخل مانند سوپرفسفات ساده، میکروبی فسفاتی، بیوفسفات طلایی حاوی روی و بیوگردد آلی رعایت شود. جایگزینی کودهای سوپرفسفات ساده و میکروبی فسفاتی تولید داخل با کادمیوم و سرب پایین با کودهای سوپرفسفات تریپل وارداتی محتوی کادمیوم و سرب بالا، اکیداً توصیه می‌شود.

۴- با عنایت به آهکی بودن خاک‌های کشاورزی کشور، نوع کودهای نیتروژنی (اوره) و فسفاتی مصرفی باید توسط شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران و بخش خصوصی تغییر یابد. به عبارت دیگر، به جای اوره از کودهای سولفات آمونیوم، اوره با پوشش گوگردی (SCU)، نترات آمونیوم و کود کامل ماکرو و به جای سوپرفسفات تریپل، کودهای سوپرفسفات ساده و میکروبی فسفاتی در راستای نیل به تولید پایدار و تأمین امنیت غذایی کشور تولید و مصرف گردد.

۵- پتاسیم (K) فراوان‌ترین کاتیون موجود در سیتوپلاسم گیاهی است و نقش آن در گیاه بسیار متنوع بوده و برخلاف نیتروژن، فسفر، گوگرد و ...، جزئی از ساختمان گیاه نبوده و در داخل سلول‌های گیاهی به شکل یون می‌باشد. لذا بسیار پویا (متحرک) بوده و در بسیاری از فعل و انفعالات گیاهی حضور فعال دارد. پتاسیم در اعمال فیزیولوژیکی متعددی از جمله سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، کنترل و تنظیم فعالیت‌های گوناگون، خنثی کردن اسیدهای آلی، مقابله با تنش‌های زنده و غیرزنده، تنظیم روزه‌ها و آب، نقش اساسی دارد. پتاسیم در کاهش تنش‌های زنده و غیرزنده بسیار اثربخش بوده و اثرات مفید آن بر بهبود کیفیت محصول (با افزایش غلظت عناصر غذایی به‌ویژه پتاسیم و کاهش درصد آب در درون سلول‌های میوه به‌ویژه مرکبات در شمال کشور، می‌توان مقاومت میوه‌ها را نسبت به سرما به طور نسبی افزایش داد)، افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن، مقاومت به تنش خشکی، مقاومت به سرمازدگی، اصلاح ساختار آوندهای گیاهی و کاهش اثرات شوری، آفات و بیماری‌ها و آلاینده‌های نترات و کادمیوم، ثابت شده است. به طوری که الف) کمبود آن، عملکرد کمی و کیفی را در محصولات زراعی و باغی کاهش می‌دهد، ب) استفاده بیش از نیاز از کودهای پتاسیمی برعکس سایر عناصر غذایی، چندان زیان‌آور نبوده (ایجاد اشکال و دشواری در جذب کلسیم و منیزیم)، بلکه جذب لوکس گیاه شده و گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده سرحال نگه می‌دارد و پ) در مقابل، مصرف بهینه، بهنگام و به دفعات کودهای پتاسیمی و روی، سبب افزایش بیش از ۵۰ درصدی در عملکرد هکتاری محصولات زراعی از جمله سیب‌زمینی می‌شود.

۶- مصرف تلفیقی کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی که به این‌ها کود کیفیت نیز می‌توان گفت، علاوه بر خنثی‌سازی پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی و فسفاتی، نقش بسیار مهمی در الف) اصلاح آوندهای گیاهی و کاهش نفوذپذیری دیواره سلولی گیاه، ب) کاهش تنش‌های زنده (آفت‌ها و بیماری‌ها) و تنش‌های غیرزنده (شوری، سرمازدگی، کم‌آبی، گرما)، پ) افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، ت) کاهش آلاینده‌های نترات و کادمیوم در محصولات کشاورزی، ث) تولید محصولات کشاورزی سالم، و ج) در ارتقای سطح سلامت جامعه دارند. بنابراین، برای کنترل و کاهش هرچه بیشتر غلظت آلاینده‌ها از جمله نترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) در محصولات کشاورزی، افزایش

عملکرد هکتاری و بهبود کارایی مصرف کود و آب، بهتر است ضمن رعایت اصول مصرف بهینه کودی، از کودهای پتاسیمی به ویژه سولفات پتاسیم محلول ویژه کودآبیاری حاوی کلات روی (تولید داخل) به صورت سرک با رعایت جنبه‌های اقتصادی (در دو نوبت همراه با مصرف سرک اوره) استفاده شود. مزایای سولفات پتاسیم محلول بر کلرور پتاسیم عبارت است از ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی، نداشتن سوختگی در برگ‌ها به دلیل نبود کلر، کاربرد بیشتر آن در مناطق شور و جذب سریع‌تر پتاسیم توسط برگ. بنابراین، لازم است در حد توان و هرچه بیشتر از تولید و مصرف قبل از کاشت و سرک انواع کودهای پتاسیمی و روی از جمله سولفات پتاسیم، کلرور پتاسیم، سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی تولید داخل و سولفات روی، در سبد خرید و توزیع شرکت خدمات حمایتی کشاورزی قرار داده شود.

۷- استفاده از کودآبیاری برای رفع سریع نیاز غذایی گیاهان و سولفات پتاسیم محلول برای رفع نیاز سریع پتاسیمی گیاهان به‌ویژه در شرایطی که گیاه دچار تنش شوری بوده و یا پتاسیم خاک شدیداً تخلیه شده باشد، به صورت سرک همراه با آب آبیاری سبب افزایش عملکرد و غنی‌سازی محصولات کشاورزی می‌گردد. همچنین، برای افزایش محصولات کشاورزی، استفاده از کودهای زیستی مایه تلقیح‌های بقولات، باکتری‌های تیوباسیلوس و حل‌کننده فسفات به همراه کودهای گوگردی و خاک‌فسفات و کودهای زیستی نیتروژنوباکتر (فلاویت)، قارچ‌های میکوریز-آرسکولار (مایکوروت) با روش تلقیح بذری به‌همراه مواد آلی، همگانی شود.

۶-۷- منابع مورد استفاده

۱-۶-۷- منابع مورد استفاده در چاپ‌های قبلی

۱. ابراهیمی، س، بهرامی ح ع و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. نقش مواد آلی در اصلاح خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های آهکی کشور. نشریه‌های فنی شماره ۳۰۲، ۴۰۱، ۴۰۴، ۴۰۸ و ۴۴۹. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۲. اسدی، ع، اخلاقی ن و ملکوتی م ج. ۱۳۹۰. بررسی اثر باقیمانده سولفات منگنز بر رشد، عملکرد و جذب منگنز توسط سویا. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۴۲، از صفحه ۱۴۳ الی ۱۵۳.
۳. اسدی، م. ا. ۱۳۹۴. گزارشی از نقش نسوزاندن بقایای گیاهی و کشت بدون شخم در عملکرد هکتاری سویا. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان. گرگان. ایران.
۴. اکبری، س. ۱۳۹۳. بررسی نقش روی و بور در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول انگور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۵. الطافی، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثرات کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی بر ویژگی‌های زراعی و افزایش عملکرد دو رقم کلزا در آذربایجان شرقی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۶. افیونی، م، مجتبی‌پور ر و نوربخش ف. ۱۳۷۶. خاک‌های شور، سدیمی و اصلاح آن‌ها (گردآوری

- و ترجمه). انتشارات نشر کارا. اصفهان، ایران.
۷. انجمن علوم خاک ایران. ۱۳۹۰. وضعیت فرسایش خاک در ایران. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه تبریز، ایران.
۸. انصاری، م، ملکوتی م ج و بهرامی سامانی ع. ۱۳۹۱. بررسی نقش باکتری‌های حل‌کننده روی در کشت متوالی گندم و ذرت با استفاده از روی ۶۵. مجله علوم و فنون هسته‌ای، جلد ۶۱، از صفحه ۳۴ الی ۳۹.
۹. آذرمی، ف، ملکوتی م ج و خاوازی ک. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح ریزجانداران حل‌کننده فسفات در افزایش کارایی و درصد بازیافت کودهای فسفاتی در کلزا: مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۳۷، از صفحه ۴۹۹ الی ۵۰۷.
۱۰. بای‌بوردی، م. ۱۳۸۵. مدیریت پایدار خاک در کشاورزی و محیط زیست. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، صفحات ۷ الی ۹، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۱۱. بای‌بوردی، م و سیادت ح. ۱۳۸۴. کشاورزی، کودها و محیط زیست (ترجمه از کتاب Laegreid و همکاران. ۱۹۹۹). مؤسسه انتشارات نزهت، ۳۰۵ صفحه، تهران، ایران.
۱۲. بای‌بوردی، ا، ملکوتی م ج و اسلام‌زاده م. ۱۳۸۰. نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش PA/Zn در مزارع گندم میانه. مجله خاک و آب: ویژه‌نامه مصرف بهینه کود، جلد ۱۲، از صفحه ۱۰ الی ۱۶.
۱۳. برمکی، س، مدرس ثانوی س ع م و مهدی‌زاده و. ۱۳۸۹. کاربرد فناوری نانو در راستای مصرف بهینه کودهای شیمیایی با تاکید بر نانو کودها. مجموعه مقالات شفافی اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود، صفحات ۵۳ الی ۶۱، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۱۴. بنی‌جمالی، س م و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. ضرورت کوددهی پتاسیم در گل‌های شاخه بریده (افزایش محصول با بهبود کیفیت). نشریه فنی شماره ۴۴۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۵. بهرامی، آ. ۱۳۹۰. بررسی اثر روی در افزایش عملکرد و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) دانه گندم در برخی از مزارع گندم دیم استان زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۶. بهرامی، ب. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر منابع مختلف کودهای پتاسیمی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت در دو مزرعه با میزان پتاسیم متفاوت در استان کرمانشاه پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۷. پسندیده، م. ۱۳۹۷. تغییرنگرش در مصرف کودهای فسفاتی با عنایت به فسفر کل خاک. پیشنهادیه رساله دکتری گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران - ایران.
۱۸. ندین، م س، خوگر ز، معاف‌پوریان غ ر، ضیائی‌ان ع ح، کشاورز ه، نوابی ف، همتی ا، حقیقتنیا ح، رستگار ح، میرزاوند ج ب و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان فارس. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۴۵۶، انتشارات سنا، ۴۵ صفحه، تهران، ایران.

۱۹. جمزادفرد، م. ۱۳۹۱. تأثیر نانوذرات اکسید آهن جهت تأمین آهن مورد نیاز رز ارقام ایلونا و مینیاتوری در شرایط درون شیشه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
۲۰. خادمی، ز، ملکوتی م ج، مهاجر میلانی پ و بلالی م. ۱۳۸۵. بهینه‌سازی توصیه کودهای شیمیایی برای گندم با استفاده از برنامه کامپیوتری. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰، صفحات ۱۹۱ الی ۲۰۳.
۲۱. خادمی، ز، م ر بلالی، ف اسدی، ک شهبازی، ح رضایی، م فیض‌اله‌زاده اردبیلی، ک بازرگان و م م طهرانی. ۱۳۹۰. افزایش کارایی کودهای پرمصرف و بررسی نقش گوگرد و منیزیم بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی شماره ۱۷۰۳- مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۴۲۳ صفحه. کرج-ایران.
۲۲. خاوازی، ک و ملکوتی م ج. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور «مجموعه مقالات» مؤسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.
۲۳. خاوازی، ک، اسدی رحمانی ه و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات، چاپ دوم با بازنگری بنیادی) مؤسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی. ۴۱۸ صفحه. تهران، ایران.
۲۴. خلیج، م ع. ۱۳۷۸. بررسی بازیافت (راندمن) مصرف نیتروژن در دو رقم برنج ساحل و خزر در استان مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲۵. خلیلی، ب. ۱۳۹۰. بررسی مکانیسم احیای نیترات به وسیله نانو ذرات آهن صفر در حضور یون بی‌کربنات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲۶. دادخواه، ح. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف روی و بور بر عملکرد و ماده خشک در سیب‌زمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲۷. درودی، م س، بلالی م ر، ملکوتی م ج، شهبازی ک، کیانی ش، مجیدی ع، افخمی م، شهبان م، خادمی ز، منوچهری س، بصیرت م، داودی م ح، رضایی ح، قادری ج، کافی م، کاووسی م و لطف‌اللهی م. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کرمان، کرمانشاه و گیلان. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه‌های فنی شماره ۱۹۵ الی ۲۰۰، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران.
۲۸. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۹. آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی و باغی، سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، حوزه معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، پست الکترونیک info@maj.ir و صفحه ابرمتنی www.maj.ir، تهران، ایران.
۲۹. دهقان، رع، شریعتمداری ح و خادمی ح. ۱۳۸۶. شکل‌های فسفر خاک در اراضی مناطق اصفهان و شهرکرد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۴۲، صفحه ۴۶۳ الی ۴۷۳.
۳۰. دهقانی، ف، راهنمایی ر، ملکوتی م ج و سعادت س. ۱۳۹۱. بررسی وضعیت نسبت کلسیم به منیزیم در برخی از آب‌های آبیاری کشور. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۶، صفحات ۱۱۳ الی ۱۲۵.

۳۱. رجالی، ف. ۱۳۸۴. مروری اجمالی بر همزیستی میکوریزی «مبانی و کاربردها». نشریه فنی شماره ۴۶۸. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا. تهران، ایران.
۳۲. رجالی، ف. ۱۳۸۹. تهیه مایه تلقیح قارچ‌های میکوریز- آریسکولار به روش کشت درون شیشه ای. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی شماره ۱۴۸۰، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
۳۳. رجالی، ف و اسدی رحمانی. ه. ۱۳۹۰. مروری اجمالی بر همزیستی میکوریزی. قسمت دوم: نقش رابطه همزیستی میکوریزی در افزایش جذب عناصر معدنی گیاه میزبان. نشریه فنی شماره ۵۰۲، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. صفحه. تهران، ایران.
۳۴. رفیعی، م ر و ملکوتی م ج. ۱۳۷۸. مقایسه اثر بخشی روش‌های مختلف توصیه کودی بر عملکرد کمی و کیفی گندم. مجله علوم خاک و آب، ویژه‌نامه گندم، جلد ۱۲، شماره ۶، از صفحه ۶۷ الی ۷۴.
۳۵. روحی، ا. ۱۳۹۴. گزارش نقش تغذیه بهینه در کاهش اثرات مخرب تنش‌های محیطی (یخبندان و خشکی). گزارش موضوعی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم قاملو- معاونت پژوهش و فناوری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان- سنجندج. ایران.
۳۶. روحی، ت. ۱۳۹۱. نقش کودهای زیستی فسفاتی در کاهش مصرف کودهای فسفاتی در مزارع ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳۷. روحی، ت، ملکوتی م ج، خاوازی ک و دادخواه ه. ۱۳۹۲. تغذیه تلفیقی ذرت با استفاده از کود زیستی و سوپرفسفات تریپل. مجموعه مقالات سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳۸. رهبر شیراز، ز. ۱۳۹۱. بررسی مصرف بهینه کودی در افزایش عملکرد و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳۹. زارع، ع. ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر مصرف بهینه کود و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه دارویی به‌لیمو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴۰. زهرائی، ن. ا. ۱۳۷۲. ویتامین‌ها (ترجمه از کتاب A. A. Mindel). چاپ گلشن، ۳۹۹ صفحه، تهران، ایران.
۴۱. سفلائی، ف. ۱۳۹۳. بررسی بررسی روش‌های استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس در کشت کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴۲. سماواتی، م و حسین پور ع. ۱۳۸۵. تعیین شکل‌های مختلف فسفر معدنی در تعدادی از خاک‌های انتخابی استان همدان و ارتباط آن‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اجزای خاک. علوم خاک و آب. جلد ۲۰، صفحه ۲۴۶ الی ۲۵۹.
۴۳. شاکری، م. ۱۳۷۶. بررسی تاثیر تراکم جمعیت نماتد سیستی غلات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴۴. شفاعی، ش، فتوت ا و خراسانی ر. ۱۳۹۱. مقایسه تاثیر نانوذرات آهن صفر ظرفیتی و اکسیدهای آهن بر فراهمی فلزات سنگین در یک خاک آهکی. نشریه آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۳، ۵۹۶-۵۸۶.

۴۵. شهبابی، ع. ا. ۱۳۷۴. تعیین معادل کودی سفر در خاک‌های زراعی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴۶. شهبابی، ع. ا. و ملکوتی م. ج. ۱۳۷۹. مقایسه کارایی روش جایگذاری موضعی (چالکود) کودها با روش باغدار در رفع ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در باغ‌های سیب سمیرم. نشریه علمی- پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، ویژه‌نامه باغبانی، جلد ۱۲ شماره ۸، صفحات ۳۰ الی ۳۸.
۴۷. شهبابی، ع. ا. و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۰. تاثیر بی‌کربنات آب آبیاری در سبزی‌نگی و غلظت عناصر غذایی در برگ نهال‌های ارقام مختلف سیب. نشریه علمی- پژوهشی خاک و آب، ویژه‌نامه مصرف بهینه کود، جلد ۱۲ شماره ۱۴، صفحات ۱۵۴-۱۶۵.
۴۸. شهبابی، ع. ا. و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۶. تعیین معادل کودی پتاسیم در خاک‌های زراعی اصفهان (مقاله کوتاه). مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، پردیس کرج دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴۹. شهبابی، م. و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۴. اثر منابع و سطوح پتاسیم در کمیت و کیفیت برگ توت در گیلان. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، صفحات ۹ الی ۱۶.
۵۰. شهبازی ک. و بشارتی ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. مجله پژوهش‌های خاک (نشریه مدیریت اراضی). جلد ۱، از صفحه ۱ الی ۱۵.
۵۱. شهریاری، ع. ح. ۱۳۸۷. ایران رتبه ۱۲۳ جهانی را در بین ۱۹۲ کشور دنیا در تأمین سلامت مردم دارد. مصاحبه با خبرگزاری فارس در روز چهارشنبه مورخ ۲۲ آبان ۱۳۸۷، تهران، ایران.
۵۲. شبانی، ا. ۱۳۹۴. کمپوست و اثر آن در کشاورزی پایدار. مجله دهاتی (ماهانه علمی، پژوهشی، کشاورزی و زیست‌محیطی). سال دوازدهم، از صفحه ۲۲ الی ۳۱.
۵۳. صالح، ج. و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۳. جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی. بخش دوم: نقش گوگرد بر بهبود وضعیت رشدی و عملکردی مرکبات در استان هرمزگان، نشریه شماره ۳۴۴، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۵۴. صدیقین، ن. و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۳. نقش سلنیم (Se) در عملکرد گیاهان و ارتقاء سلامت دام و انسان. نشریه فنی شماره ۳۳۱، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۵۵. صلحی، م. ملکوتی م. ج. و سماوات س. ۱۳۸۴. پراکنش و حد مجاز غلظت عناصر سنگین در چرخه حیات (خاک، آب، گیاه و انسان). نشریه فنی شماره ۴۷۰، موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۵۶. صیادیان، ک. و بهشتی آل آقا ع. ۱۳۸۴. بی‌خاک ورزی و چالش‌های پیش‌رو. انتشارات دانشگاه رازی، ۱۴۷ صفحه، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۵۷. صیادیان، ک. و بهشتی آل آقا ع. ۱۳۸۶. سامانه‌های کربن‌گیری. انتشارات دانشگاه رازی، ۱۷۶ صفحه، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۵۸. طباطبایی، س. ج. ۱۳۹۲. اصول تغذیه معدنی گیاهان (مفاهیم نظری و عملی). انتشارات دانشگاه تبریز، ۵۴۴ صفحه، تبریز، ایران.

۴۳۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

۵۹. طباطبایی، س ج و ملکوتی م ج. ۱۳۷۸. اثرات کلرور کلسیم بر روی سفتی بافت میوه و خصوصیات کیفی سیب قرمز. نشریه علمی - پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، ویژه نامه مصرف بهینه کود، جلد ۱۲ شماره ۱، صفحات ۶۳ الی ۷۰.
۶۰. طباطبایی، س ج و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. تهیه بستر، تغذیه و آبیاری در محصولات گلخانه‌ای (ترجمه از کتاب Reed). ۲۸۰ صفحه، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۶۱. طباطبایی، س ج، ملکوتی م ج و بای‌وردی ا. ۱۳۸۵. اثر طیف نور و فیلترهای مختلف رنگی بر غلظت نیترات و رشد و نمو کاهو در روش آبکشت. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰، صفحات ۲۶ الی ۳۴.
۶۲. طلایی، ع ر. ۱۳۷۷. فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۶۳. طهرانی، م م. ۱۳۹۴. بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های زراعی ایران. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران: امنیت خاک - حیات پاک. دانشگاه ولی عصر (عج) - رفسنجان، ایران.
۶۴. عباسی، ر. ۱۳۹۲. بررسی اثربخشی اشعه گاما در شرایط مصرف بهینه کودی و کشاورزی ارگانیک بر افزایش طول عمر انباری سیب زمینی و پیاز در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۶۵. عبداللهی، ع، ملکوتی م ج و قادری ج. ۱۳۹۰. انجام توصیه کودی پتاسیم با استفاده از معادله میچرلیخ-بری در برخی از مزارع گندم آبی استان کرمانشاه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۴۲. از صفحه ۱۲۱ تا ۱۲۸.
۶۶. عسگری، م ص، خدادادی م، سرمیدیان ف و نوروزی ع ا. ۱۳۸۵. کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در ارزیابی کیفیت خاک به منظور مدیریت کشاورزی پایدار (آمایش سرزمین) در منطقه قزوین. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، صفحات ۲۹ الی ۳۰، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۶۷. علی‌احیایی، م. ۱۳۸۰. تهیه نقشه عناصر ریزمغذی در خاک‌های زراعی استان‌های کرمانشاه، تهران، قم و گرگان. گزارش نهایی سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، شورای پژوهش‌های علمی کشور در چهار جلد، جلد ۱۸۸، صفحه، تهران، ایران.
۶۸. غالبی، س و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. نقش تغذیه بهینه بر کنترل آتشک (Fire blight) گل‌ابی. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۴۰۲، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۶۹. غفاریان، م ه. ۱۳۹۳. روش‌های بهینه‌سازی مشخصات نانوذرات آهن جهت رفع کلروز آهن در سویا. رساله دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.
۷۰. فتح‌اله کرمانشاهی، ک. ۱۳۹۱. تجارت گل و گیاهان زینتی. صفحات ۱ الی ۱۰، سمپوزیوم توسعه صنعت گل و گیاهان زینتی، ایران.
۷۱. فرشی، ا، شریفی م ر، شهابی فر ر و تولایی م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۷۲. فلاحي، ا. ۱۳۸۳، بررسی تاثیر مصرف نان کامل حاصل از گندم غنی شده با کودهای میکرو بر شاخص های خونی آهن و برخی از ریزمغذی های سرم. پایان نامه دکتری دانشکده بهداشت و تغذیه دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، ایران.
۷۳. فیضی، ح، رضوانی مقدم پ و أبرهمند ع. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد و صفات کیفی ریشه چغندر قند تحت تاثیر میدان مغناطیسی و کاربرد نانوذرات نقره. مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۹، شماره ۱، ۸۸-۹۸.
۷۴. فیضی اصل، و و ولی زاده غ ر. ۱۳۸۳. آزمون خاک: تفسیر نتایج تجزیه خاک با استفاده از روش های تصویری و تجزیه واریانس کیت-نلسون. بولتن فنی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مراغه، ایران.
۷۵. قاسمی، ح. ۱۳۸۲. امنیت غذا و تغذیه و چالش های آینده در کشور. نخستین همایش کشاورزی و توسعه ملی. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۷۶. قربانی، م. ۱۳۹۳. بررسی اثر مصرف بهینه کود بر عملکرد کمی و کیفی سیر در استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۷۷. کاوسی، م و ملکوتی م ج. ۱۳۸۵. تعیین سطح بحرانی پتاسیم با عصاره گیر استات آمونیوم در شالیزارهای گیلان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۰، صفحات ۱۱۳ الی ۱۲۴.
۷۸. کشاورز پ. ۱۳۸۳. اثر شوری بر قابلیت جذب روی توسط گندم در خاک های آهکی. رساله دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.
۷۹. کشاورز پ. ۱۳۸۸. تعیین حد مجاز شوری خاک در پاسخ به استفاده عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در گندم. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، نشریه شماره ۸۸/۷۵۴. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.
۸۰. کشاورز، پ و ملکوتی م ج. ۱۳۸۱. جایگاه بور در تغذیه بهینه گیاهان. انتشارات معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸ صفحه، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۸۱. کشاورز، پ و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. اثر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی گندم. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، صفحات ۱۱۵ الی ۱۲۳.
۸۲. کشاورز، پ، ملکوتی م ج و همایی م. ۱۳۸۳. مدیریت حاصلخیزی خاک های شور. صفحات ۳۴۵ الی ۳۷۱، از کتاب بنایی و همکاران. خاک های ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری. انتشارات سنا، تهران، ایران.
۸۳. کشاورز، ع و کلاتری ع. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد برنامه چهارم بخش کشاورزی و انطباق با سند چشم انداز. معاونت پژوهش های اقتصادی مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص نظام، گزارش راهبردی شماره ۱۴۰ در ۱۹ صفحه، تهران، ایران.
۸۴. کریمیان، ن. ۱۳۷۷. پیام های زیاده روی در مصرف کودهای فسفاتی. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۲،

صفحات ۱ الی ۱۴.

۸۵. کریمیان، ن. ۱۳۹۲. سرنوشت کودهای شیمیایی در خاک‌های آهکی. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهید چمران، اهواز.

۸۶. کریمیان، ن، مفتون م، ابطحی ع و یثربی ج. ۱۳۷۳. اثر باقیمانده سولفات روی بر فرم‌های شیمیایی روی در خاک و رابطه این فرم‌ها با جذب روی توسط گیاه. معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز. انتشارات مرکز دانشگاه شیراز، شماره ۸۱، شیراز، ایران.

۸۷. کلانتری، ع. ۱۳۹۰. وضعیت تغذیه چهار دهک اول جوامع شهری و روستایی بر مبنای گزارش سالنامه آماری کشور در سال ۱۳۸۷. سخنرانی در دبیرخانه مجمع تشخیص مصلحت نظام، تهران، ایران.

۸۸. کوهپایه زاده، ح، ترابیان ع، نبی‌بیدهندی غ و حبشی ن. ۱۳۹۱. تأثیر نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی بر حذف آرسنیک پنج ظرفیتی از آب آشامیدنی. نشریه آب و فاضلاب، جلد ۳، شماره ۳، ۶۷-۶۰.

۸۹. کیانی، ش. ۱۳۸۷. تأثیر آمونیوم، پتاسیم و کلسیم بر کنترل بیماری کپک خاکستری و کیفیت گل رز. پایان‌نامه دکتری گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۹۰. کیانی، ش و ملکوتی م ج. ۱۳۸۴. ارزیابی وضعیت تغذیه گل رز در شمال خوزستان. نشریه فنی شماره ۴۵۸، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.

۹۱. کیانی، ش، ملکوتی م ج و شهابیان م. ۱۳۸۵. تأثیر پتاسیم و عناصر کم‌مصرف بر عملکرد کمی و کیفی درختان پرتقال در شمال خوزستان. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰، صفحات ۲۰۴ الی ۲۱۲.

۹۲. گلچین، ا و شفیع س. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر کارخانجات سرب و روی زنجان بر آلودگی محصولات زراعی و باغی به فلزات سنگین. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، صفحات ۲۱ الی ۲۲، دانشکده مهندسی آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۹۳. لطف‌اللهی، م، ملکوتی م ج و بازرگان ک. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و عناصر کم‌مصرف بر عملکرد ارقام پیشرفته گندم نان. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، صفحات ۱ الی ۸.

۹۴. مجیدی، ع. ۱۳۷۵. بررسی اثرات مقادیر و منابع کود روی در عملکرد و خصوصیات کیفی گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۹۵. مجیدی، ع و ملکوتی م ج. ۱۳۸۶. اهمیت بور در غذای گیاه، دام و انسان (از کمبود تا سمیت). گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس. نشریه فنی شماره ۱، انتشارات سنا، تهران، ایران.

۹۶. محبی، ع ج. ۱۳۹۰. اصول و مبانی تغذیه نخل خرما. انتشارات کتیبه سبز، ۱۳۰ صفحه. اهواز- ایران.

۹۷. محمدی، م. ۱۳۹۳. مقایسه کودهای زیستی و شیمیایی از نظر افزایش عملکرد و کاهش ویژگی‌های کیفی نامطلوب (تانن، اسید فنلیک، اسید فیتیک، بازدارنده‌های تریپسین) در دو رقم لوبیا. رساله دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۹۸. محمودسلطانی، ش و صمدی ع. ۱۳۸۲. تعیین شکل‌های مختلف فسفر معدنی در تعدادی از خاک‌های انتخابی استان همدان و ارتباط آن‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اجزای خاک. علوم خاک و آب.

- جلد ۲۰، صفحه ۲۴۶ الی ۲۵۹.
۹۹. محمودی، م، ملکوتی م ج، رمضانپور م ر و ولی نژاد م. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر سولفات روی بر عملکرد دو رقم برنج در شرق مازندران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۲، صفحات ۵۵ الی ۶۳.
۱۰۰. مرکز آمار ایران. ۱۳۸۲. آمار سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات کشاورزی در ایران <http://www.sci.ir/persia>.
۱۰۱. مستشاری، م، اردلان م م، کریمیان ن، رضایی ح و میرحسینی ح. ۱۳۸۸. توزیع شکل های معدنی فسفر و ارتباط آن با ویژگی های خاک در برخی خاک های آهکی استان قزوین. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۳، از صفحه ۱۱ الی ۲۲.
۱۰۲. مشیری، م. ۱۳۵۶. ارشاد الزراعه (ترجمه از کتابی که ۶۰۰ سال پیش توسط قاسم بن یوسف ابونصری هروی تألیف شده است). موسسه انتشارات امیرکبیر، تهران، ایران.
۱۰۳. مطلبی فرد، ر. ۱۳۷۹. تأثیر نوع و مقادیر مختلف کود پتاسیمی و اسیدی کردن آب آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی گل میخک. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۰۴. مطلبی فرد، ر، ملکوتی م ج و کافی م. ۱۳۷۹. ضرورت مصرف کلسیم برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل و گیاهان زینتی در کشور. معاونت ترویج کشاورزی سازمان تات، تهران، ایران.
۱۰۵. مظاهری، ح. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر ترکیبات کلسیمی بر بهبود صفات کیفی گل لیلیوم رقم Navona. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۰۶. مظاهری، ح، ملکوتی م ج و بصیرت م. ۱۳۸۸. تأثیر دمای ناحیه ریشه بر جذب کلسیم و نکروزه شدن برگ های گل شاخه بریده سوسن هیبرید 'ناوانا'. مجله علوم و فنون باغبانی، از صفحه ۱ الی ۱۰.
۱۰۷. مظاهری نیا، س، آستارائی ع و فتوت ا. ۱۳۹۰. مقایسه مقدار جذب و تجمع آهن در گندم با کاربرد اکسید آهن معمولی و نانو همراه با کود کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی. پژوهش و سازندگی، شماره ۹۲، جلد ۱، ۱۱۱-۱۰۳.
۱۰۸. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشیدگی پسته. پایان نامه دکتری گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۰۹. مظفری، و، ملکوتی م ج، خلدبرین ب و بای بوردی م. ۱۳۸۴. بررسی چند عامل سرخشیدگی پسته و کنترل آن با تغذیه بهینه. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، صفحات ۱۵۴ الی ۱۶۵.
۱۱۰. ملکوتی، م ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی، ۲۷۹ صفحه، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
۱۱۱. ملکوتی، م ج. ۱۳۷۹. تغذیه متعادل گندم راهی به سوی خودکفایی در کشور و تأمین سلامت جامعه (مجموعه مقالات). انتشارات سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی وزارت کشاورزی، ۵۴۴ صفحه، کرج، ایران.

۴۳۴ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

۱۱۲. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۱. بررسی اثر کودهای نیتروژنی در تجمع نیتрат در سبزی‌های مزارع کشور. گزارش نهایی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.
۱۱۳. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. ضرورت ارتقاء جایگاه تغذیه‌ای گوگرد در کشور. نشریه فنی شماره ۳۱۵. نشر آموزش کشاورزی معاونت تحقیقات و آموزش وزارت جهاد کشاورزی، ایران.
۱۱۴. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. ضرورت مصرف بهینه کود و آب در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی پسته. نشریه فنی شماره ۲۹۳، نشر آموزش کشاورزی معاونت تحقیقات و آموزش وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
۱۱۵. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. غنی سازی محصولات کشاورزی ضرورتی انکارناپذیر در افزایش عملکرد و ارتقاء سطح سلامت جامعه. نشریه فنی شماره ۳۲۲، نشر آموزش کشاورزی معاونت تات وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
۱۱۶. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل گندم راهی به سوی خودکفایی در کشور و تامین سلامت جامعه. مجموعه مقالات. چاپ دوم. ۵۴۴ صفحه. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.
۱۱۷. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. تعیین معیارهای کیفی میوه‌های صادراتی، افزایش عملکرد و ارتقاء کیفی آن‌ها با مصرف بهینه کود و آب در کشور (گزارش نهایی). کمیسیون کشاورزی شورای پژوهش‌های علمی کشور، تهران، ایران.
۱۱۸. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۴. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ سوم با بازنگری کامل، انتشارات سنا، ۴۶۸ صفحه، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۱۱۹. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۹. رابطه مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم (مقاله مروری). مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، شماره ۱۶، صفحات ۱۳۳ الی ۱۵۱.
۱۲۰. ملکوتی، م. ج. ۱۳۹۰. راهکار افزایش کیفیت نان‌های مصرفی در کشور. مجله علمی پژوهشی فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۳۱، صفحات ۱۱ الی ۲۰.
۱۲۱. ملکوتی، م. ج. ۱۳۹۲. ضرورت حمایت از تولید کود در داخل کشور در برنامه پنجم توسعه: فرصت‌ها و چالش‌ها. کنفرانس مدیریت بهره‌وری در بخش کشاورزی، تهران، ایران.
۱۲۲. ملکوتی، م. ج. ۱۳۹۳. توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها باهدف خودکفایی نسبی، تامین امنیت غذایی جامعه و افزایش درآمد کشاورزان. خانه کشاورز، شماره ۱۰۱، ۳۳۰ صفحه، انتشارات مبلغان، تهران، ایران.
۱۲۳. ملکوتی، م. ج و نفیسی م. ۱۳۶۷. مصرف کود در اراضی زراعی «فاریاب و دیم». ۲۸۰ صفحه، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۲۰. تهران، ایران.
۱۲۴. ملکوتی، م. ج و ریاضی همدانی س. ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک «ترجمه». مرکز نشر دانشگاهی، ۸۰۰ صفحه، تهران، ایران.
۱۲۵. ملکوتی، م. ج و همایی م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه‌حل‌ها». ۴۹۴ صفحه، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۲۲. ایران.

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۴۳۵

۱۲۶. ملکوتی، م ج و مشایخی ح ج. ۱۳۷۵. ضرورت مصرف سولفات روی برای افزایش کمی، کیفی و غنی سازی تولیدات کشاورزی در کشور. نشریه فنی شماره ۲۵. نشر آموزش کشاورزی سازمان تات، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

۱۲۷. ملکوتی، م ج و طهرانی م م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۲۹۹ صفحه، تهران، ایران.

۱۲۸. ملکوتی، م ج و لطف الهی م. ۱۳۷۸. نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و بهبود سلامت جامعه «روی عنصر فراموش شده». نشر آموزش کشاورزی، ۱۹۳ صفحه، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

۱۲۹. ملکوتی، م ج و شاهرخ نیا ع. ۱۳۷۹. ضرورت تغییر نگرش در مصرف کودهای فسفاتی در راستای کاهش کادمیوم در مواد غذایی «بررسی طولانی مدت تغییرات فسفر در خاکهای زراعی کشور» نشریه فنی شماره ۱۶۴. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

۱۳۰. ملکوتی، م ج و غیبی م ن. ۱۳۷۹. تعیین سطح بحرانی عناصر غذایی در محصولات استراتژیک کشور. نشر آموزش کشاورزی، ۹۲ صفحه، کرج، ایران.

۱۳۱. ملکوتی، م ج و شاهرخ نیا ع. ۱۳۷۹. بررسی طولانی مدت تغییرات فسفر در خاکهای زراعی کشور. نشریه فنی شماره ۱۶۴، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت کشاورزی، ایران.

۱۳۲. ملکوتی، م ج و رضائی ح. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، ۱۸۱ صفحه، کرج، ایران.

۱۳۳. ملکوتی، م ج و طباطبایی س ج. ۱۳۸۰. مدیریت تغذیه بهینه در باغهای میوه کشور، تولید بیشتر با کیفیت برتر - مجموعه مقالات. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۳۰۴ صفحه، تهران، ایران.

۱۳۴. ملکوتی، م ج و منوچهری س. ۱۳۸۰. ارزیابی بهترین نسبت نیتروژن به کلسیم (N/Ca) در برگها و میوه سیب. نشریه فنی شماره ۲۲۶، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۱۳۵. ملکوتی، م ج و بصیرت م. ۱۳۸۱. کودآبیاری روشی مؤثر در افزایش عملکرد و ارتقاء کارایی مصرف آب و کود در تولید محصولات کشاورزی. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۱۱۰ صفحه، تهران، ایران.

۱۳۶. ملکوتی، م ج و داودی م ح. ۱۳۸۱. روی در کشاورزی «عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، دام و انسان». انتشارات معاونت باغبانی، وزارت جهاد کشاورزی، ۲۱۵ صفحه، تهران، ایران.

۱۳۷. ملکوتی، م ج و کافی م. ۱۳۸۱. مباحثی نوین در صنعت تولید گل و گیاهان زینتی با تکیه بر تغذیه متعادل (افزایش عملکرد، بهبود کیفیت). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت باغبانی. شماره ۴، انتشارات سنا، تهران، ایران.

۱۳۸. ملکوتی، م ج و سپهر ا. ۱۳۸۲. تغذیه بهینه دانه های روغنی گامی مؤثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور. مجموعه مقالات، معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات خانیان، ۴۵۲ صفحه، تهران، ایران.

۱۳۹. ملکوتی، م ج و بلالی م ر. ۱۳۸۲. مصرف بهینه کود و پایداری حاصلخیزی خاک کلید دستیابی به افزایش عملکرد هکتاری، حفظ محیط زیست، ارتقاء سطح سلامت جامعه و تأمین امنیت غذایی در برنامه‌های آتی توسعه. نشریه فنی شماره ۳۳۴، انتشارات خانیان، تهران، ایران.
۱۴۰. ملکوتی، م ج و غیبی م ن. ۱۳۸۲. اصول تغذیه صحیح ذرت، بهینه‌سازی مصرف کود گامی به سوی خودکفایی در تولید ذرت در کشور «مجموعه مقالات». دفتر نباتات علوفه‌ای و طرح ذرت، وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۳۴۶ صفحه، تهران، ایران.
۱۴۱. ملکوتی، م ج و نفیسی م. ۱۳۸۲. روش‌های برآورد نیاز کودی کشور. نشریه فنی شماره ۳۲۶، نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
۱۴۲. ملکوتی، م ج و کاووسی م. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل برنج. معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۶۱۱ صفحه، تهران، ایران.
۱۴۳. ملکوتی، م ج و همایی م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها). چاپ دوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۸۲ صفحه، تهران، ایران.
۱۴۴. ملکوتی، م ج و بابا اکبری م. ۱۳۸۴. ضرورت افزایش کارآیی کودهای نیتروژنی در کشور. قسمت اول: تعاریف و مثال‌های کاربردی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۴۲۵، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۴۵. ملکوتی، م ج و کشاورز پ. ۱۳۸۴. نگرشی بر حاصلخیزی خاک‌های ایران «شناسایی و بهره‌برداری». مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۵۰۳ صفحه، تهران، ایران.
۱۴۶. ملکوتی، م ج و طباطبایی س ج. ۱۳۸۴. تغذیه صحیح درختان میوه در خاک‌های آهکی ایران. چاپ دوم با بازنگری بنیادی. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۳۰۴ صفحه، تهران، ایران.
۱۴۷. ملکوتی، م ج و طهرانی م. ۱۳۸۴. نقش عناصر ریز مغذی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تأثیر کلان). چاپ سوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۵۱۱ صفحه، تهران، ایران.
۱۴۸. ملکوتی، م ج، علی‌احیایی م و خوش‌خبر ژ. ۱۳۷۸. بی‌کربنات آب‌های آبیاری مانعی در راه افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در کشور. نشریه فنی شماره ۶۷، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۴۹. ملکوتی، م ج، نفیسی م و متشرع زاده ب. ۱۳۸۰. عزم ملی برای تولید کود در داخل کشور گامی ارزنده بسوی خودکفایی و دستیابی به کشاورزی پایدار. سازمان تات وزارت جهاد کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۵۵۰ صفحه، کرج، ایران.
۱۵۰. ملکوتی، م ج، بای‌وردی ا و طباطبایی س ج. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود گامی موثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربرد، ۳۳۳ صفحه، تهران، ایران.
۱۵۱. ملکوتی، م ج، خوگر ز و خادمی ز. ۱۳۸۳. روش‌های نوین تغذیه گندم. دفتر طرح خودکفایی گندم وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۸۹۰ صفحه، تهران، ایران.

فصل هفتم: مباحث نوین در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۴۳۷

۱۵۲. ملکوتی، م ج، طباطبایی س ج و کافی م. ۱۳۸۴. روش‌های نوین تأمین به موقع عناصر غذایی در گیاهان. معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۳۸۸ صفحه، تهران، ایران.
۱۵۳. ملکوتی، م ج، شهابی ع ا و بازرگان ک. ۱۳۸۴. پتاسیم در کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، ۲۵۰ صفحه، ایران.
۱۵۴. ملکوتی، م ج، کلانتری ع و ملکوتی ا. ۱۳۸۴. لزوم تغییر نگرش از تأمین کالری روزانه به حل مشکل گرسنگی سلولی در سبذ غذایی جامعه. نشریه‌های فنی شماره ۴۰۸ و ۴۴۴، موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۵۵. ملکوتی، م ج، مشیری ف و غیبی م ن. ۱۳۸۴. سطح مطلوب عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش اول: محصولات زراعی). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی ۴۰۵، انتشارات سنا، ۲۱ صفحه، تهران، ایران.
۱۵۶. ملکوتی، ا، بای‌وردی ع و ملکوتی م ج. ۱۳۸۷. میزان غلظت روی در خون دانشجویان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران (۸۱-۱۳۸۰). فصل نامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (بهبود)، جلد ۱۲، صفحات ۱۵۸ الی ۱۷۰.
۱۵۷. ملکوتی، م ج، بابا اکبری م و نظامی س. ۱۳۸۷. تأثیر منابع مختلف کودهای حاوی نیتروژن پایه بر عملکرد، کارایی و درصد بازیافت نیتروژن در گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی منابع طبیعی، شماره ۴، صفحات ۱۲۹ الی ۱۴۰.
۱۵۸. ملکوتی، م ج، کشاورز پ و کریمیان ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار «چاپ هفتم با بازنگری کامل». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۱۰۲، ۷۵۵ صفحه، تهران، ایران.
۱۵۹. ملکوتی، م ج، رئیسی ف، طباطبایی س ج و سمر س م. ۱۳۷۷. معرفی روش تزریق مواد غذایی در تنه درختان میوه برای رفع کمبودها و بهبود کمی و کیفی محصولات باغی در کشور. نشریه فنی شماره ۳۴، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۶۰. ملکوتی، م ج، کشاورز پ، سعادت س و خلدبرین ب. ۱۳۸۱. تغذیه گیاهان در شرایط شور. انتشارات معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، ۲۲۰ صفحه، تهران، ایران.
۱۶۱. ملکوتی، م ج، لطف‌الهی م، مشیری ف و قجقی د. ۱۳۸۲. محلول‌پاشی عناصر غذایی با استفاده از هواپیما گامی موثر در راستای ارتقاء کمی و کیفی محصولات کشاورزی. نشریه فنی شماره ۳۲۹، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۱۶۲. ملکوتی، م ج، نوری ا، سماوات س و بصیرت م. ۱۳۸۴. علل تجمع نیترات در سبزی‌های میوه‌ای (خیار- گوجه‌فرنگی) و روش‌های کنترل آن. نشریه فنی شماره ۴۱۴، موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۶۳. ملکوتی، م ج، ف مشیری و م ن غیبی. ۱۳۸۴. سطح مطلوب عناصر غذایی در خاک و برخی از

- محصولات زراعی و باغی (بخش اول: محصولات زراعی). مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی ۴۰۵. انتشارات سنا. ۲۱ صفحه. تهران، ایران.
۱۶۴. ملکوتی، م ج، مشیری ف، غیبی م ن و مولوی ص. ۱۳۸۴. سطح مطلوب عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش دوم: محصولات باغی). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی ۴۰۶، انتشارات سنا، ۲۰ صفحه، ایران.
۱۶۵. ملکوتی، م ج، غیبی م ن، بای بوردی ا و لطف‌الهی م. ۱۳۸۶. ارجحیت کودهای کامل ماکرو و اوره با پوشش گوگردی بر اوره قبل از کاشت در مزارع گندم. نشریه فنی شماره ۳۰۰ گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳ صفحه، تهران، ایران.
۱۶۶. ملکوتی، م ج، ملکوتی ا، بای بوردی ع و خامسی ع ا. ۱۳۸۹. روی (Zn) عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، دام و انسان «چاپ دهم با بازنگری کامل». نشریه فنی شماره ۷۰۰، ۱۴ صفحه، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۶۷. ملکوتی م ج، محمدی م، پسندیده م و جوکار ل. ۱۳۹۴. ضرورت تغییر نگرش در شیوه مصرف کودهای فسفاتی در کشور. مجله مدیریت اراضی (تحت بررسی).
۱۶۸. ملکوتی، م ج، بالایی ر، گلچین ا، مجیدی ع، م درودی س، ضیاییان ع ح، آقا لطف‌الهی م، شهبانیان م، بصیرت م، منوچهری س، داودی م ج، خادمی ز و شهبازی ک. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان زنجان. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۲۰۰، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۶۹. ملکوتی، م ج، مجیدی ع، سرچشمه‌پور م، دهقانی ف، شهبانی ع ا، کشاورز پ، بصیرت م، رستگار ح، طاهری م، گندمکار ا، تدین م س، اسدی ع، کیانی ش، بای بوردی ا، محمودی م، صالح ج، مستشاری م، منوچهری س، افخمی م، رسولی م ح و مظفری و. ۱۳۸۴. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، تعیین معیارهای کیفی و سطح مطلوب غلظت عناصر غذایی در میوه‌های تولیدی در خاک‌های آهکی ایران. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۶۰۰ صفحه، تهران، ایران.
۱۷۰. منوچهری، س و ملکوتی م ج. ۱۳۷۹. ارزیابی نسبت پتاسیم به کلسیم در میوه سیب. شورای عالی کاربرد کودهای بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی. نشریه فنی شماره ۲۰۵، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۷۱. میخک، آ. ۱۳۸۸. حذف نیترات بوسیله ذرات نانو آهن پوشیده با کوارتز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۷۲. میراحمدی، م. ۱۳۸۹. نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بوسکولار در تامین فسفر مورد نیاز ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۷۳. میراحمدی، م، ملکوتی م ج و خاوازی ک. ۱۳۹۰. اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات در تأمین فسفر مورد نیاز ذرت در خاک‌های آهکی. مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره علوم خاک

- ایران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۱۷۴. میرانصاری، م ر، بهرامی ح ع، رجالی ف و ملکوتی م ج. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز آربسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت در شرایط تنش تراکم خاک. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰، صفحات ۱۰۶ الی ۱۲۱.
۱۷۵. میرزاوند، ج. ۱۳۸۴. نقش کلر در کشاورزی (آب- خاک- گیاه). موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۴۸۸، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۷۶. نادری، م ر و دانش شهرکی ع. ۱۳۸۹. نانو کودها و نقش آن‌ها در پایداری کشاورزی. مجموعه مقالات اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود، صفحات ۲۱ الی ۲۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۱۷۷. نظامی، س. ۱۳۹۴. نقش اسیدهای آلی در جذب عناصر فسفر و روی و پالایش خاک‌های آلوده به رادیوم ۲۲۶ توسط ذرت. رساله دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۷۸. نظامی، س، ملکوتی م ج، بهرامی سامانی ع، بازرگان ک و قنادی مراغه م. ۱۳۹۳. بررسی نقش اسید- های آلی در جذب فسفر و روی به وسیله گیاه ذرت در خاک‌های آهکی با استفاده از رادیوایزوتوپ‌های P^{32} و Zn^{65} . مجله علوم و فنون هسته‌ای. جلد ۶۸، صفحه ۱ الی ۹.
۱۷۹. نورقلی پور، ف. ۱۳۷۹. اثر اسیدی کردن آب و دو میکروارگانسیم بر قابلیت جذب آهن از کنسانتره آهن و فسفر از خاک فسفات بوسیله گیاه ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۸۰. نورقلی پور، ف، ملکوتی م ج و خاوازی ک. ۱۳۸۰. روش‌های کاربری مستقیم خاک فسفات در مزارع و باغ‌های کشور. نشریه فنی ۱۹۱، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۸۱. نوروزی، س. ۱۳۸۳. اثرات تغذیه‌ای روی و بور بر درصد جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۸۲. نوری، ا، ملکوتی م ج و کافی م. ۱۳۸۴. تغذیه چمن، قسمت اول: جایگاه تغذیه‌ای عناصر غذایی و قسمت دوم: تعیین سطح مطلوب عناصر غذایی در چمن. نشریه‌های فنی شماره ۴۹۱ و ۴۹۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۸۳. نوری، ا، ملکوتی م ج و کوشش صبا م. ۱۳۸۴. نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در کیفیت محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح جامعه. نشریه فنی شماره ۴۵۳، انتشارات سنا، تهران، ایران.
۱۸۴. نیکبخت، ع م و زکی‌دیزجی ح. ۱۳۸۴. کشاورزی دقیق، چالش‌ها و دورنمای آن در ایران. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، سال سوم، شماره دهم، صفحات ۳۴ الی ۴۱، تهران، ایران.
۱۸۵. هاشمی، ا. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر نانوذرات آنتاز بر روی کمیت و کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی در شرایط کشت هیدروپونیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۱۸۶. هفت برادران، ش، م ج ملکوتی و ا ح خوش‌گفتارمنش. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات غلظت نیتрат در

- اندام‌های خوراکی سبزی و صیفی‌های تولیدی در استان اصفهان. مجله کاربردی علوم خاک (زیر چاپ). ۱۸۷. همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهشکی ایران، شماره انتشار ۵۸، صفحه ۹۸، تهران، ایران.
۱۸۸. یزدانی، ن، ملکوتی م ج و خاوازی ک. ۱۳۸۳. نقش مولیبدن در افزایش عملکرد گیاهان و سلامت دام و انسان. نشریه فنی شماره ۳۳۰، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۸۹. یوسفی، م. ۱۳۹۴. بررسی اثر مواد افزودنی (ملاس، سنگ فسفات، ویناس) بر روی سرعت تجزیه باگاس نیشکر تلقیح شده با تریکودرما و باسیلوس و کیفیت کمپوست تولید شده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.
190. Alloway, BJ. 2004. Zinc in soils and crops nutrition. International Zinc Association (IZA), Brussels, Belgium. 127 p.
191. Alloway, BJ. 2007. Micronutrient deficiencies in global crop production. Springer. Book Company. England. 340 p.
192. Anjana, US and Iqbal M. 2006. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications: Agron. Sustain. Dev, 26: 1-13. www.edpsciences.org.
193. Anjana, US, Iqbal M and Abrol YP. 2006. Are nitrate concentrations in leafy vegetables within safe limits? Current Science, 92: 355-362.
194. Balali MR, Moameni A, Malakouti MJ and Afkhami M. 2003. Balanced soil fertilization towards sustainable agriculture and food security in Iran. Congress on Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization, FAO, Rome, Italy. 16 p.
195. Barber, SA. 1995. Soil nutrient bioavailability. 2nd edition. John Wiley and Sons. New York. 414p.
196. Barker, AV. and DJ. Pilbeam. 2007. Handbook of plant nutrition. New York. 613 p.
197. Bazarghan, K, Classen N and Malakouti MJ. 2006. Effect of root exudates on potassium dynamics in wheat and sugar beet rhizosphere (Abstract). 553 p. Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science: Frontiers of Soil Science Technology and the Information Age. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
198. Beaton, JD and Malakouti MJ. 2008. Sulphur coated urea: A slow release source of N for improving fertilizer efficiency and protecting the environment. Farming Ourlook, Pakistan.
199. Bennett, WF. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. American Phytopathological Society. ASP press. USA. 202 p.
200. Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants: Visual and analytical diagnosis. Phosyn, Gustav-Fischer. Leipzig, Germany. 385 p.
201. Bergmann, W. 1997. Colur atlas of nutritional disorders of plants: Development,

- visual and analytical diagnosis. Gustav-Fischer. Stuttgart, Germany. 741 p.
202. Black, CA. 1993. Soil fertility evaluation and control. Lewis Publishers, London, England. 746 p.
203. Bruulema, T, Heffer P, Welch RM, Cakmak I and Moran K. 2012. Fertilizing crops to improve human health: A scientific review. International plant nutrition institute (IPNI), Norcross, GA, USA; International fertilizer industry association (IFA), Paris, France. 241 p.
204. Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research priorities to meet human needs for food security in sustainable ways. *Plant & Soil*, 247: 3-24.
205. Cakmak, I. 2006. Enriching grain with micronutrients: Benefits for crop plants and human health. Agriculture Conference. International Fertilizer Association (IFA). Kunming, China.
206. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant & Soil*, 302: 1-17.
207. Cakmak, I, Kalayci M, Ekiz H, Braun HJ, Kilinc Y and Yilmaz A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in The Middle East countries: A NATO-Science for stability project. *Field Crop Research*, 60: 175-188.
208. Campell, CR. 2000. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin, No. 394. Southern Extension and Research activities, USA.
209. Davis, DR. 2009. Declining fruit and vegetable nutrient composition: What is the evidence? *Hort Science*, 44: 15-19.
210. Davis, DR, Melvin D Riordan HD. 2004. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops. *J of the Amer. College of Nutr.*, 23: 669-682.
211. Dilmaghani, MR, Malakouti MR, Neilsen GH and Fallahi E. 2004. Interaction effects of K and Ca on K/Ca ratio and its consequences to apple fruit quality on calcareous soils in Iran. *Journal of Plant Nutrition*. 27: 1149-1162.
212. Dinkins, CP and Jones C. 2007. Developing Fertilizer Recommendations for Agriculture. Montana State University Extension circular MT200703AG. 700-707.
213. Doran, JW and Parkin TB. 1994. Defining and assesing soil quality. pp. 3-21. In: J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B. A. Stewart. (Eds.). *Defining soil quality for sustainable environment*. SSSA Special Publication No. 35, Soil Science Society of America, Madison, WI.
214. Drechsel P, Heffer P, Magen H, Mikkelsen R and Michelins D. 2015. Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification. International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Managing Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI) and International Potash Institute (IPI). Paris, France. 257P.

215. Eckert, DJ. 1994. Site-specific soil tests and interpretations for potassium. In soil testing prospects for improving nutrient recommendations. SSSA Special Pub., 10: 162-171.
216. Erdal, I, Yilmaz A, Taban S, Eker S, Torun B and Cakmak I. 2002. Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. J. Plant Nutr., 25: 113-127.
217. FAO. 2013. Gobar land and water resources. Food and Agriculture Organization of United Nations. FAO Statistics. www.fao.org.
218. Frossard, E, Bucher M, Machler F, Mozafar A and Hurrell R. 2000. Review: Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plant for human nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 861-879.
219. Gadallah MAA and Ramadan T. 1997. Effects of zinc and salinity on growth and anatomical structure of *Carthamus tinctorius* L. *Biologia Plantarum*, 39: 411-418.
220. Ghadiri, H, Dordipour E, Bybordi M and Malakouti MJ. 2006. Potential use of Caspian Sea water for supplementary irrigation in Northern Iran, 79: 209-224.
221. Gibson, RS. 1998. Inadequate intakes of Micronutrient in developing countries. Practical house-hold strategies to reduce risk of deficiency. www.Micronutrient.world.org.health
222. Gibson, RS, Yeudall F, Drost N, Mitimuni B and Cullinan T. 1998. Dietary interventions to prevent zinc deficiency. *Am. J. Clin Nutr.*, 68: 484-487..
223. Graham, RD and Webb MJ. 1991. Micronutrients and plant disease resistance and tolerance in plants. 329-370 p. In: JJ Mortvedt, FR Cox, LM Shuman and RM Welch (eds.): *Micronutrients in agriculture* (Second edition). SSSA book series No. 4. Madison. WI.
224. Graham, RD, Welch RM and Bouis HE. 2000. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Adv. in Agronomy*, 70: 77-142.
225. Grusak, MA and Della Penna D. 1999. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50: 133-61.
226. Hagin, J and Tucker B. 1982. Fertilization of dragland and irrigated soils. Springer-Verlag, New York, 186 p.
227. Hamdallah G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. A Paper presented at Regional Workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, 2-5 October 2000, Amman, Jordan.
228. Harris, G. 1998. An analysis of global fertilizer application rates for major crops. IFA. Annual Conference. Toronto, Canada.
229. Havlin, JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson WL. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7th eds. Pearson and Prentice-Hall Upper Saddle River. New Jersey, USA. 515 p.

230. Heffer, P. 2008. Assessment of fertilizer use by crop at the global level. International Fertilizer Industry Association. rue Marbeuf, Paris, France. www.fertilizer.org. 5p.
231. Heffer, P. 2013. Short-term prospects for world agriculture and fertilizer demand 2012-2013. 39th IFA Enlarged Council Meeting. International Fertilizer Industry Association. rue Marbeuf, Paris, France. WWW.fertilizer.org. 33 p.
232. Heffer, P. 2015. Short-term prospects for World agriculture and fertilizer demand. 2014-2017. IFA Strategic Forum. International Fertilizer Industry Association. Rue Marbeuf, Paris, France. www.fertilizer.org. 31 p.
233. Heffer, P and Prud'homme M. 2013. Short-term fertilizer outlook 2013-2014. 39th IFA Enlarged Council Meeting. International Fertilizer Industry Association. Rue Marbeuf, Paris, France. www.fertilizer.org. 5 p.
234. Helmenstine, AM. 2011. How much oxygen does one tree produce? <http://chemistry.about.com/bio/Anne-Marie-Helmenstine-Ph-D-7815.htm>.
235. Hergert, GW, Pam W L, Herggins DR, Grove JH, Heck TR, Pierce FJ and Saddler EJ. 1997. Adequacy of current fertilizer recommendations for site/site specific management in State of Site Specific Management for Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, 283-300.
236. Hotz, Ch. 2009. The potential to improve zinc status through biofortification of staple food crops with zinc. Food and Nutrition Bull. International Nutrition Foundation for United Nations. Univ. Press, 30: S172-S178.
237. Hull, GH. 1898. Electro-horticulture. Knickerbocker Press Publisher. Germany.
238. Ilaco. 1981. Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics, Elsevier-Scientific pub. Co. New York. 737 p.
239. IZA. 2000. Zinc and human health. International Zinc Association. Stockholm, Sweden. www.iza.com & www.zinc.world.org.health & www.zinc-health.org & www.zincworld.org/documents.pdf.
240. Jafarnejadi, AR, Homae M, Sayyad GH and Bybordi M. 2011. Large scale special variability of accumulated cadmium in the wheat farm grains. Journal of Soil and Sediment Contamination, 20: 1-16.
241. Jat, ML, Kumar D, Pampolino M, Gupta N, Singh V, Dwivedi BS, Singh VK, Singh V, Kamboj BR, Sidhu HS and Johnston A. 2012. Crop response and economics of phosphorus fertiliser application in rice, wheat and maize in the Indo-Gangetic Plains. Indian J. Fert., 8: 62-72.
242. Jones, Jr, Wolf J B and Mills HA. 1991. Plant analysis hand book: A practical sampling preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing Inc. Athens. Georgia, USA. 213 p.
243. Kalayci, M, Torun B, Ekeç S, Aydin M, Ozturk L and Cakmak I. 1999. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivars grown in a zinc-deficient

- calcareous soil in field and greenhouse. *Field Crops Research*, 63: 87-98.
244. Keshavarz, P, Malakouti MJ, Karimian N and Fotovat A. 2006. The effects of salinity on extractability and chemical fractions of zinc in selected calcareous soils. *J. Agricultural Science and Technology*, 8:181-190.
 245. Keshavarz, P and Saadat S. 2016. Assessment of salinity tolerance threshold for two wheat genotypes in response to zinc. *Archives of Agron. & Soil Sci.*, 62: 247-259.
 246. Khan, AA, Jilani G, Akhtar MS, Naqvi SMS and Rashid M. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal of Agriculture and Biology Science*, 1:48-58.
 247. Khoshgoftarmanesh, AH, Shariatmadari H, Karimian NA, Kalbasi M and Khajehpour MR. 2004. Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1953-1962.
 248. Kirchhoff, P, Socrates Th, Sidani Sh, Duffy A, Breidthardt T, Grob Ch, Viehl CT, Beglinger Ch, Oertli D and Geibel JP. 2010. Zinc salts provide a novel, prolonged and rapid inhibition of gastric acid secretion. *The Amer. J. of Gastroenterology*: 1-9 p. www.amjgastro.com.
 249. Kobayashi, KD, Kaufman AJ, Griffis J and McConnell J. 2007. Using houseplants to clean indoor air. *Ornamentals and Flowers*. Cooperative Extension Service. University of Hawaii at Manoa, USA. p. 1-7.
 250. Laegreid, M, Bockman OC and Kaarstad O. 1999. *Agriculture, fertilizers and the environment*. NorskHydro ASA. CABI Publishing, Norway. 294 p.
 251. Lin, J and Schorr M. 1997. Challenge for the phosphate industry: Cd removal. *Phosphorus and Potassium*, 208: 27-31.
 252. Ma, YB and Uren NC. 1997. The fate and transformation of zinc added to soil. *Australian Journal of Soil Resources*, 35: 727-738.
 253. Malakouti, A. 2003. An investigation in the extent of Zn deficiency in the Medical Science students of Tehran University. M.D. Thesis. Iran.
 254. Malakouti, MJ. 1990. Diagnosis of nutrient requirements of corn by DRIS method. *Commun. Soil Sci. & Plant Anal.*, 23: 2687-2698.
 255. Malakouti, MJ. 1992. Determining the diagnostic norms for corn on the calcareous soils of Iran. *Commun. Soil Sci. & Plant Anal.*, 23:2686-2695.
 256. Malakouti, MJ. 1993. Iran confronts the imbalances in fertilizer use. 9-26 p. In: AE Johnston and W Maibaum (Eds.). *Proceedings of the International Symposium on the Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium*. Soil and Water Research Institute-International Potash Institute. Tehran, Iran.
 257. Malakouti, MJ. 1997. Nutrient balance and chemical fertilizer control in Iran. Accomplishments and future challenges in dryland soil fertility research in the Mediterranean area. 260-266 p. In: J Ryan (Ed.). *International Center for*

- Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria.
258. Malakouti, MJ. 2006. Increasing the yield and quality of pistachio nuts by applying balanced amounts of fertilizers. Proceedings of the fourth International Symposium on Pistachio and Almonds. 293-297 p. In: A. Javanshah, E. Facelli and M. Wirthensohn (Eds.). Acta Horticulturae Number 726, ISHS. Tehran, Iran.
259. Malakouti, MJ. 2006. Nutritional disorders in fruit trees on the calcareous soils of Iran (Abstract). 552 p. Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science: Frontiers of Soil science Technology and the Information Age. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
260. Malakouti, MJ. 2006. Quality indices and optimum levels of nutrient in fruits grown on the calcareous soils of Iran (Abstract). 639 p. Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science: Frontiers of Soil science Technology and the Information Age. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
261. Malakouti, MJ. 2007. Zinc is a neglected element in the life cycle of plants: A review. Middle Eastern and Russian J. of Plant Sci. & Biotechn., 1: 1-12.
262. Malakouti, MJ. 2008. Effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. Turk J Agric For, 32: 215-220.
263. Malakouti, MJ. 2010. Why our agricultural products facing zinc deficiency? Proceedings of the 7th International Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives. Trace Elements and Electrolytes, 27: 176-177.
264. Malakouti, MJ. 2011. The role of zinc in improving the quality of consumed bread. 3rd International Zinc Symposium: Improving crop production and human health. Hyderabad, India.
265. Malakouti, MJ and Bybordi A. 2006. Interaction between potassium (K) and zinc (Zn) on the yield and quality of tuber vegetables. International Symposium on Balanced Fertilization for Sustainability of Crop Productivity. Ludhiana, India.
266. Malakouti, MJ and Mozaffari V. 2009. Determination of an appropriate method to increase potassium content in the leaves of pistachio under abiotic stresses. 5th International Symposium on Pistachios and Almonds. University of Harran, Sanliurfa, Turkey.
267. Malakouti MJ, Ladan Sh and Tabatabaee SJ. 2013. Nitrate content in the edible parts of vegetables: Origin, safety, toxicity limits and the prevalence of cancer in Iran. 93-122 p. In: Sh. Umar, N.A. Anjum and N. A. Khan (Eds.). Nitrate in leafy vegetables: Toxicity and safety measures. I. K. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi, India. 208 p.
268. Malakouti, MJ, Tabatabaei SJ, Shahabi AA and Fallahi E. 1999. Effects of calcium chloride on apple fruit quality of trees grown in calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 22: 1451-1456.
269. Malakouti, MJ, Khavazi K, Besharati H and Nourgholipour F. 2001. Review

- on the direct application of rock phosphate on the calcareous soils of Iran (country report). International Meeting on Direct Application of Rock Phosphate and related Appropriate Technology. Latest Development and Practical Experiences. Kuala Lumpur, Malaysia.
270. Malakouti, MJ, Bybordi A, Lotfollahi M, Shahabi AA, Siavoshi K, Vakil R, Ghaderi J, Shahabifar J, Majidi A, Jafarnajadi AR, Dehghani F, Keshavarz MH, Ghasemzadeh M, Ghanbarpouri R, Dashadi M, Babaakbari M and Zaynalifard N. 2008. Comparison of Complete and Sulfur Coated Urea Fertilizers with Pre-plant Urea in Increasing Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency in Wheat. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 10: 173-183.
 271. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. Second ed., Academic Press. Harcourt Brace Company, Pub. Co. New York. 890 p.
 272. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third edition. Academic Press is an imprint of Elsevier. Waltham, MA, USA. 651 p.
 273. Mayer, AM. 1997. Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *Brit. Food J.* 99: 207-211.
 274. Mayer, JE, Wolfgang HP and Beyer P. 2008. Biofortified crops to alleviate micronutrient malnutrition. *Current Opinion in Plant Biology*, 11: 166-170.
 275. Mc Aliney, M. 1993. Arguments for land conservation: Documentation and information sources for land resources protection, Trust for Public Land, Sacramento, CA, USA.
 276. McKenzie, R. 1998. Crop nutrition and fertilizer requirements. Agri-Facts. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Lethbruidge, Canada, 7 p.
 277. Mengel, K and Kirkby EA. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute (IPI). 4th edition. Bern, Switzerland. 687 p. www.ipipotash.org.
 278. Montana State University Extension. 2007. Developing fertilizer recommendations for agriculture. A self-learning resource from Montana State University Extension. www.montana.edu/publications. USA.
 279. Montanes, L, Heras L, Abadia J and Samz M. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage. *Journal of Plant Nutrition*, 16: 1289-1308.
 280. Mortvedt, J. 2007. Calculating salt index. Fertilizer Technology. Bulletin No. 33P8-11. Nura-Flo's Online Resoure for Agriculture Fertilizers. Florida, USA.
 281. Mortvedt, JJ, Cox FR, Shuman LM and Welch RM. 1991. Zinc in agriculture. 2nd edition. Soil Science Society of America. Book Series No. 4. Soil Sci. Soc. Amer, Inc., Madison, WI.
 282. Mousavi-Nik, M, Rengel Z, Hollamby GJ and Ascher J. 1997. Seed manganese content is more important than fertilization for wheat growth under Mn-deficient conditions. *Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment*, 267-268.

283. Murdock, L. 1998. Evaluating fertilizer recommendations. <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr151/agr151.htm>.
284. Musaiger, AO and Miladi SS. 1996. Micronutrient deficiencies in the Arab Middle East countries, FAO Regional Office of the Near East (RNEA), Cairo, Egypt-FAO; Rome, Italy. 99 p.
285. Nebraska University Cooperative Extension. 1999. Soils-Part 10. The scientific basis for making fertilizer recommendation. Plant & Soil series. University of Nebraska Cooperative Extension Publications, www.passel.unl.edu. Lincoln, Nebraska, USA.
286. Nielsen, FH. 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plant & Soil*, 193: 199-208.
287. Oliver, MA. 1997. Soil and human health: A review. *European Journal of Soil Science*, 48: 573-
288. Page, AL, Miller RH and Keeney DR. 1982. Methods of soil analysis. ASA, SSSA Inc. Madison, WI.
289. Prasad, R, Shivay YS and Kumar D. 2014. Agronomic biofortification of cereal grains with iron and zinc. *Advances in Agronomy*, 125: 55-92.
290. Raun, WR and Johnson GV. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91: 357-363.
291. Reddy, NR, Pierson MD, Sathe SK and Salunkhe DK. 1989. Phytate in cereals and legumes. Boca Raton, FL: CRC Press.
292. Regmi, BD, Rengel Z and Khabaz-Saberi H. 2011. Impact of zinc fertilization on grain phytate and phosphorous concentrations in zinc efficient and in-efficient wheat genotypes. 3rd International Zinc Symposium: Improving crop production and human health. Hyderabad, India.
293. Rengel, Z and Graham RD. 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on zinc deficient soil. (II: Grain yield). *Plant & Soil*, 173: 267-274.
294. Rengel, Z, Batten GD and Crowley DE. 2005. Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field Crop Research*, 60: 27- 40.
295. Rezaei, H and Malakouti MJ. 2002. Determination of critical levels of iron, zinc, and boron and their effects on the yield and quality of cotton in Varamin region. *J. Agricultural Sciences and Technology*, 3: 147-153.
296. Rezaei, H, Khosgholgh Sima NA, Malakouti MJ and Pessarakli M. 2006. Salt tolerance of canola in relation to accumulation and xylem transportation of cations. *Journal of Plant Nutrition*, 29:1903-1917.
297. Rhoades, JD, Chanduvi F and Lesch S. 1999. Soil salinity assessment-Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO irrigation and drainage paper No.57. FAO, Rome, Italy.
298. Russell, EW. 1973. Soil conditions and plant growth. Longman Group limited. London and New York. 849 p.

299. Samadi, A. 2006. Phosphorus sorption characteristics in relation to soil properties in some calcareous soils of Western Azarbaijan province. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 8: 251-264.
300. Sanchez, PA and Swaminathan MS. 2005. Hunger in Africa: The link between unhealthy people and unhealthy soils. *Lancet*, 365: 442-444.
301. Shahabi, AA, Malakouti MJ and Fallahi E. 2005. Effect of bicarbonate content of irrigation water on nutritional disorders of some apple varieties. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 1663-1678.
302. Sharma, P and Abrol V. 2012. Crop production technologies. This book is indexed In: WorldCat, BASE, SCIRUS and Google. India. 276 p.
303. Sillanpaa, M. 1982. Mironutrients and the nutrient status of soil. A global study, FAO. Soil Bull., No. 48. Rome, Italy. 125 p.
304. Sillanpaa, M. 1990. Micronutrient assessment at the country level: An international study. The Government of Finland (FINNDA) - Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Rome, Italy. 297 p.
305. Six, J. (2011). Plant nutrition for sustainable development and global health (Editorial). *Plant & Soil*, 339:1-2.
306. Snowball, K and Roboson AD. 1991. Nutrient deficiencies and toxicities in wheat: A guide for field identification. CIMMYT, Mexico.
307. Soltanpour, PN, Malakouti MJ and Ronaghi A. 1995. Comparison of diagnosis and recommendation integrated system and nutrient sufficiency range for corn. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 59: 133-139.
308. Somani, LL. 2008. Micronutrients for soil and plant Aearth Agrotech Publishing Academy (ATPA). Udiapur. New Delhi, India. 288 p.
309. Stewart, WM., DW Dibb, AE Johnston and TJ Smyth. 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy J.*, 97: 1-6.
310. Stiles, WS and Reid Sh. 1999. Orchard nutrition management. Bulletin number 219. Cornell University. California, USA.
311. Sullivan, J. 2013. How many plants would you need to generate oxygen for yourself in an airlock? <http://www.search.ask.com/web>.
312. Tandon, HLS. 2014. Soil testing for balanced fertilization: Technology, application, problems and solutions (Ed.). Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, India. 170 p.
313. Tandon, HLS and IJ Kimmo. 1993. Balanced fertilizer use: Its Practical importance and guidelines for agriculture in the Asia-Pacific region. ESCAP/FAO/UNIDO, United Nations, New York. 46 p.
314. Tehrani, MM. 2003. Fate of applied zinc and its interaction with applied nitrogen and phosphorous in wheat-maize sequence using isotopic tracers. PhD

- thesis. Indian Agricultural Research Institute. New Delhi, India.
315. Thompson, C. 1992. Recycled papers: The essential guide. MIT press. Cambridge, MA. USA. www.ask.com.
316. Walsh, LM and Beaton JD. 1973. Soil testing and plant analysis. SSSA. Inc. Special Pub., Madison WI.
317. Welch, RM. 1993. Zinc concentrations and forms in plants for human and animals. 183-195 p. In: A. D. Robson (Ed.). Zinc in soil and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Germany.
318. Welch, RM. 2002. Breeding strategies for biofortified staple plant foods to reduce micronutrient malnutrition globally. American Society for Nutritional Sciences (Supplement): 495S-499S.
319. Welch, RM. 2003. Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health. IFA-FAO Agricultural Conference on Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization. Rome, Italy.
320. Westerman, RL. 1990. Soil testing and plant analysis. SSSA. Book series No. 3, Madison, WI.
321. WHO. 1996. Trace element intakes in human nutrition and health. World Health Organization. Geneva, Switzerland. 361 p.
322. WHO. 2002. The world health report: Reducing risks and promoting healthy life. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
323. Wibberly, E J. 2006. Fertilizing small-grain cereals for sustainable yield and high. quality International Potash Institute (IPI). Bulletin No.17, Bern, Switzerland. www.ipipotash.org. 177 p.
324. Wolverton, BCB. 2009. Improving indoor air quality with plant-based systems. Wolverton Enviromental Services Inc. (WEC), NASA, USA. p. 1-15.
325. Yilmaz, A, Ekiz H, Torun B, Gultekin L, Karanlike S, Bagci SA and Cakmak I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 29: 461-471.
326. Zimmerman, S. 2012. Phytate effect and nutrition levels in whole grain flour. Proceedings Whole Grains Summit. AACC International Inc., USA. 61-62 p.

۲-۶-۷- منابع مورد استفاده در چاپ چهارم

۱. افیونی، م، مجتبی پور ر و نوربخش ف. ۱۳۷۶. خاک‌های شور، سدیمی و اصلاح آن‌ها (گردآوری و ترجمه). انتشارات ارکان- ۲۱۶ صفحه- اصفهان، ایران.
۲. آقامیر، ف. ۱۳۹۴. اثر آب مغناطیسی بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک و میزان جذب آن‌ها توسط گیاه. رساله دکترای خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۸ صفحه. تهران- ایران.

۴۵۰ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

۳. اکرمی، م. ر. ۱۳۹۱. عملکرد گل و کلاله زعفران تحت تاثیر مصرف پتاسیم و روی در غرب استان خراسان رضوی. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴. پسندیده، م.، ملکوتی م ج، محمدی م و جوکار ل. ۱۳۹۷. ضرورت تغییر نگرش در شیوه مصرف کودهای فسفاتی در کشور. نشریه مدیریت اراضی (در دست بررسی). تهران- ایران.

۵. پسندیده، م.، ملکوتی، م ج و شهبازی ک. ۱۳۹۷. رابطه فسفر کل خاک با فسفر قابل استفاده در برخی از خاک‌های زراعی کشور. مقاله (در دست اقدام).

۶. پزشکی، س. ۱۳۹۵. تأثیر سیلیسیم (Si) بر روی عملکرد گندم و کارایی کود و آب در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۷. پورمراد، م. ۱۳۹۵. بررسی اثر اسید هیومیک و اسید فولویک بر عملکرد گندم و کارایی کود و آب در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۸. تومانیان، ن. ۱۳۹۰. خاک‌های کچی (ویژگی و کاربرد). انتشارات پلک، ۱۹۹ صفحه. تهران، ایران.

۹. زارع، ع ا. ۱۳۹۷. جذب کادمیوم توسط کاهو از خاک تیمار شده با لجن فاضلاب حاوی نسبت‌های مختلف کادمیوم به روی و ارزیابی خطر آن برای سلامت انسان. پایان نامه دکتری گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

۱۰. زارع، ع ا، ملکوتی م ج، بهرامی ح ع و سفیدکن ف. ۱۳۹۵. تأثیر مصرف کود زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی به لیمو (*Lippia citriodora*). مجله تغذیه گیاهان باغی. جلد ۱، صفحات ۲۹ الی ۴۰.

۱۱. عبداللهی، ع، ملکوتی م ج و قادری ج. ۱۳۹۰. انجام توصیه کودی پتاسیم با استفاده از معادله میچرلیخ-بری در برخی از مزارع گندم آبی استان کرمانشاه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۴۲. از صفحه ۱۲۱ تا ۱۲۸.

۱۲. سلیمان، م. ۱۳۹۶. نقش منابع مختلف روی (Zn) در بهبود کمی-کیفی گندم و افزایش کارایی روی در اراضی استان سلیمانیه-عراق. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۱۳. شهبازی ع ا. ۱۳۸۹. بررسی نقش پتاسیم و روی در کاهش غلظت آلاینده کادمیوم در دانه گندم. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. ۴۶ صفحه. اصفهان ایران.

۱۴. شیرین‌بیان، ش. ۱۳۹۵. غربال‌گری باکتری‌های نیتروژنوباکتر و بررسی نقش آن‌ها در رشد ذرت در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۱۵. حسینی، س ع. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر پتاسیم و روی بر جذب و تجمع کادمیوم در غده‌های سیب

زمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی- دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران- ایران.

۱۶. حمیدی، م. ۱۳۹۶. بررسی نقش افزایش عملکردی و کارایی کودهای پتاسیمی در دو خاک با سطح پتاسیم متفاوت در استان مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۱۷. خلدبرین، ب و اسلام‌زاده ط. ۱۳۸۴. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه از کتاب Marschner، ۱۹۹۵). جلد اول (چاپ دوم). انتشارات دانشگاه شیراز، شماره ۳۲۸. ۴۹۵ صفحه. شیراز، ایران.

۱۸. خلدبرین، ب و اسلام‌زاده ط. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه از کتاب Marschner، ۱۹۹۵). جلد دوم (چاپ اول). انتشارات دانشگاه شیراز، شماره ۳۲۸. ۴۰۶ صفحه. شیراز، ایران.

۱۹. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۹۳. مبانی تغذیه گیاه. ویرایش دوم. شماره کتاب ۱۱۴. ۵۴۰ صفحه. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان- ایران.

۲۰. جوکار، ل، پورمراد م، پزشک س و ملکوتی م. ج. ۱۳۹۷. بررسی اثر بذرمال و پرایمینگ بذر بر رشد و عملکرد گندم. مجله سنبله (زیرچاپ). تهران- ایران.

۲۱. قادری، ج. ۱۳۹۶. بررسی معدنی شدن گوگرد عنصری در شرایط رطوبتی و حرارتی مختلف و تعیین سطح بحرانی آن برای گندم، ذرت و کلزا. رساله دکتری گروه خاکشناسی، ۱۹۱ صفحه. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۲۲. قاسمی، ز و شهبازی ع. ۱۳۹۲. اثر پتاسیم و روی در کاهش غلظت آلاینده کادمیوم در اندام‌های مختلف گوجه فرنگی در کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای. سال چهارم- شماره ۱۴. از صفحه ۵۱ تا ۵۸. ۲۳. قلی‌زاده، ب. ۱۳۹۵. بررسی اثرات باقیمانده سولفات روی و اسید بوریک بر عملکرد انگور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲۴. کریمی، ه. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر منابع مختلف کودهای فسفاتی بر تجمع کادمیوم در غده‌های سیب‌زمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی- دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران- ایران.

۲۵. کشاورز، پ و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۴. اثر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی گندم. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، شماره ۲. از صفحه ۱۱۵ تا ۱۲۳.

۲۷. کشاورز، پ، مهدی زنگی‌آبادی و مهدی عباس‌زاده. ۱۳۹۲. تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۷، شماره ۳. از صفحه ۲۵۹ تا ۲۷۱.

۲۸. متشرع‌زاده، ب، موسوی س م، شیخی ج. ۱۳۹۴. تغذیه برگی «اصول علمی و عملیات مزرعه‌ای». ترجمه از کتاب Fernandez و همکاران (۲۰۱۳). انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۳۶۶۷. ۱۶۷ صفحه. کرج، ایران.

۲۹. ملکوتی، ا، بای‌بوردی ع و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۷. میزان غلظت روی در خون دانشجویان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران. فصل‌نامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (مجله بهبود).

۴۵۲ نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی سالم

جلد ۱۲، صفحات ۱۵۸ الی ۱۷۰.

۳۰. ملکوتی، ا. عاکف س، ملکوتی م ج و بای بوردی ۱۳۸۵. اثر غنی سازی آرد با سولفات روی و سولفات آهن بر غلظت روی و آهن سرم در افراد مؤسسات مقدم مرصاد. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. جلد ۲۸، صفحات ۱۱۵ تا ۱۱۹.

۳۱. ملکوتی، م ج. ۱۳۹۴. توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها برای دستیابی به خودکفایی نسبی، تولید غذای سالم و افزایش درآمد کشاورزان. چاپ سوم با بازنگری کامل. خانه کشاورز، شماره ۱۰۳، ۴۲۰ صفحه. انتشارات مبلغان، ایران.

۳۲. ملکوتی، م ج و پسندیده م. ۱۳۹۵. بررسی علل زیادی غلظت آلاینده کادمیوم در برخی از محصولات کشاورزی. مجله اقتصاد. شماره ۷۱، از صفحه ۶ تا ۸. تهران، ایران.

۳۳. ملکوتی، م ج و پسندیده م. ۱۳۹۵. روش‌های عملی برای کاهش غلظت آلاینده کادمیوم در برخی از محصولات کشاورزی. مجله صدای کشاورز. شماره ۵۲، از صفحه ۲۰ تا ۲۳. تهران، ایران.

۳۴. ملکوتی، م ج و رجبی ع. ۱۳۹۵. ارجحیت سوپرفسفات ساده بر سوپرفسفات تریپل وارداتی از نظر تولید محصولات کشاورزی سالم. مجله صدای کشاورز. شماره ۵۶، از صفحه ۲۳ تا ۲۵. تهران، ایران.

۳۵. ملکوتی، م ج و فرهادی ص. ۱۳۹۵. ارجحیت مصرف سرک سولفات پتاسیم محلول تولید داخل بر دیگر کودهای پتاسیمی. مجله صدای کشاورز (در دست بررسی). تهران- ایران.

۳۶. ملکوتی، م ج، کشاورز پ، سعادت س و خلدبرین ب. ۱۳۸۱. تغذیه گیاهان در شرایط شور. انتشارات معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، ۲۲۰ صفحه، تهران، ایران.

۳۷. ملکوتی، م ج، شهابی ع ا و بازرگان ک. ۱۳۹۵. پتاسیم در کشاورزی: نقش پتاسیم در تولید محصولات کشاورزی سالم. چاپ دوم با درج یافته‌های جدید. سفارش شرکت مروارید ارس باران - انتشارات مبلغان، ۳۵۲ صفحه. تهران- ایران.

۳۸. ملکوتی، م ج، پسندیده م، کریمی ه و حسینی س ع. ۱۳۹۴. مقایسه اثربخشی کودهای پرمصرف در میزان افزایش عملکرد هکتاری و تولید محصولات کشاورزی سالم. مجله صدای کشاورز. شماره ۴۹، از صفحه ۲۷ تا ۲۹. تهران، ایران.

۳۹. ملکوتی م ج، ملکوتی ا، مجیدی ع، بای بوردی ا، سالاری ا و فلاحی ا. ۱۳۸۸. مقایسه اثربخشی غنی سازی گندم در مزرعه با غنی سازی آرد در کارخانه در ارتقاء سطح سلامت جامعه. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. جلد ۶، صفحات ۱۱۷ تا ۱۳۰.

۳۹. میرنیا، س خ، ملکوتی م ج، کشاورز ع و میراب زاده م. ۱۳۷۷. تخمین مقدار تصعید نیتروژن از اوره در شالیزارهای شمال ایران. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۲، شماره ۴. از صفحه ۲۵ تا ۳۴.

۴۰. هفت برادران، ش. ۱۳۹۶. تاثیر مدیریت تغذیه ای گیاه بر غلظت نیترات و خطرپذیری آن برای سلامت انسان در استان اصفهان. رساله دکتری گروه خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۴۱. یاسینی، ک. ۱۳۹۷. نقش تغذیه متعادل در بهبود عملکرد و افزایش تحمل میوه پرتقال به سرمازدگی در شهرستان نکا، استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

42. Aravind, P and Prasad MNV. 2005. Cadmium-zinc interactions in a hydroponic system using *Ceratophyllum demersum* L.: Adaptive ecophysiology, biochemistry and molecular toxicology. *Brazilian J. of Plant Physiology*, 17:3-20.

43. Armstrong, DL (Ed). 1998. Functions of potassium in plants. *Better Crops*. 82: 3-40.

44. Ball, J. 2004. Don't overlook role of potassium. *Soils and Crops*. The Samuel Roberts Nobel Foundation. <http://www.noble.org/ag/soils/roleofpotassium/>

45. Beegle, D. 2011. Interpretation of soil testing results. In the bulletin of Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States (3rd edition). Prepared by: The Northeast Coordinating Committee for Soil Testing (NEC-1012). Northeastern Regional Publication No. 493, Agricultural Experiment Stations of Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Pennsylvania, Rhode Island, Vermont and West Virginia, USA.

46. Bender, RR, Haegele JW, Ruffo ML and Below FE. 2013. Nutrient uptake, partitioning and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agronomy J.*, 105: 161-170.

47. Blumwald, E, Aharon GS and Apse MP. 2000. Sodium transport in plant cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1465:140-151.

48. Bolster, C H. 2011. A critical evaluation of the Kentucky P index. *Journal of the Kentucky Academy of Science*. 72 (1): 466-580.

49. Bolster, C H, Delgoda J and Horvant T. 2013. The new combined Kentucky nitrogen and phosphorus index to protect water quality. *Kentucky Agricultural Science and Monitoring Cittee Meeting*. , USA.

50. Cakmak. I and Marschner H. 2003. Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. *J. of Plant Physiology*, 132: 356-361.

51. Campbell, CR. 2003. References sufficiency ranges for plant analysis in the Southern region of the United States. *Southern Cooperative Series Bulletin* No. 394. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Agronomic Division, NC. USA. www.ncagr.gov/agronomi/saesd/scsb394.pdf.

52. Clemens, S, Antosiewicz DM, Ward JM, Schachtman DP and Schroeder, JI. 1998. The plant cDNA LCT_1 mediates the uptakes of calcium and cadmium in yeast. *Proc. Natl. Acad. Sci. (Plant Biology)*, 29:12043-8.

53. Cohen, CK, Garvin DF and Kochian LV. 2004. Kinetic properties of a micronutrient transporter from *Pisum sativum* indicate a primary function in

- Fe uptake from the soil. *Planta*, 218:784-792.
54. Eckerson, SH. 1908. The number and size of the stomata. *Botanical Gazette*, 46: 221-224.
55. Eichert, Th, Kurtz A, Steiner U and Goldbach, HE. 2008. Size exclusion limits and lateral heterogeneity of the stomatal foliar uptake pathway for aqueous solutes and water-suspended nanoparticles. *Physiologia Plantarum*. 134: 151–160.
56. Fageria, NK, MP Barbosa, Filho, A Moreira and CM Guimarães. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32:1044-1064.
57. Fernández V. and Eichert T. 2009. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 28: 36-68.
58. G. Rehm, Minnesota University, USA: Pp. 205-216. *Encyclopedia of Agricultural Science*. Tehran Iran.
59. Heffer, P. 2015. Short-term prospects for world agriculture and fertilizer demand for 2014/15 – 2016/17. International Fertilizer Industry Association (IFA). rueMarbeuf, Paris, France. WWW. fertilizer.org. 31 p.
60. FAO-WHO. 2011. Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF. Food and Agriculture Organization–World Health Organization. Fifth Session. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. The Hague, the Netherlands. 88 p.
61. Ferguson, C E and Maurice, S C. 1978. *Economic analysis theory and application* Third edition Richard C. Irwin, INC., Homewood, Illinois, USA 520p.
62. Ghafariyan, MH, Malakouti MJ, Dadpour MR, Stroeve P and Mahmoudi M. 2013. Effects of Magnetite Nanoparticles on Soybean Chlorophyll. *Environmental Science & Technology*, 47: 10645–10652.
63. Graham RD, Welch RM, and Bouis HE. 2000. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: Principles, perspectives and knowledge gaps. *Advances in Agron.*, 70:77-161.
64. He, FJ and MacGregor GA. 2008. Beneficial effects of potassium on human health. *Plant Physiol.*, 133:725-735.
65. Jafarnejadi, A, Homae M, Sayad GH and Bybordi M. 2011. Large scale special variability of accumulated cadmium in the wheat farm grains. *Soil and Sediment Contamination: An International J.*: 20: 98–113.
66. Jalali, M, Ghanati F and Modares-Sanavi AM, Khoshgoftarmnesh AH. 2017. Physiological effects of repeated foliar application of magnetite nanoparticles on maize plants. *J. of Agronomy and Crop Sci.*, 203: 593-602.
67. Jifon, JL and Syvertsen JP. 2003. Kaolin particle film applications can increase

- photosynthesis and water use efficiency of Ruby Red grapefruit leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128: 107-112.
68. Lindsay, LW. 2001. Chemical equilibria in soils. The Blackburn Press. www.amazon.com/books. USA. 450 p.
69. Karimian, N and Tehrani MM. 2018. Soil fertility. 175-188 p. In: MH Roozitalab, H. Siadat and A. Farshad (Eds.). *The soils of Iran*. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland. 255 p.
70. Keshavarz, P. and Saadat S. 2016. Assessment of salinity tolerance threshold for two wheat genotypes in response to zinc. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 62: 247-259.
71. Köleli, N, Eker S and Cakmak I. 2004. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread wheat grown in zinc-deficient soil. *Environmental Pollution*, 131: 453-459.
72. Malakouti, M. J. 2010. Relationship between balanced fertilization and healthy agricultural products (A review). *J. of Crop and Weed Ecophysiology*, 10: 11-16.
73. Malakouti, M. J. 2017. Fertilizer management and technology. Translated from the paper of G. Rehm, Minnesota University, USA: Pp. 205-216. *Encyclopedia of Agricultural Science*. Tehran Iran.
74. Malakouti MJ, Ladan Sh and Tabatabaee SJ. 2013. Nitrate content in the edible parts of vegetables: Origin, safety, toxicity limits and the prevalence of cancer in Iran. 93-122 p. In: Sh. Umar, NA Anjum and NA Khan (Eds.). *Nitrate in leafy vegetables: Toxicity and safety measures*. IK International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi, India. 208 p.
75. McLaughlin, MJ, Maier N, Freeman AK, Tiller KG, Williams CMJ and Smart MK. 1995. Effect of potassic and phosphatic fertilizer type, fertilizer Cd concentration and zinc rate on cadmium uptake by potatoes. *Fertilizer Research* 40: 63-70.
76. Meyer, MW, Fricke FL, Holmgren GGS, Kubota J and Chaney RL. 1982. Cadmium and lead in wheat grain and associated surface soils of major wheat production areas of the United States. In *Agronomy Abstracts*. The American Society of Agronomy. Madison, WI, p34.
77. Munson, RD. 1985. Potassium in agriculture (Ed.). American Society of Agronomy. Madison, WI., USA. 1223 Pp.
78. Osmond D, Sharpley A, Bolster C, Cabreva M, Feayley S, Lee B, Mitchell C and Zhang H. 2012. Comparing P indices from twelve Southern US States against monitored P loads from six prion southern studies. *Journal of Environmental Quality*, 41(6):41-90.

79. Rosati, A. 2007. Physiological effects of kaolin particle film technology: A review. *Functional Plant Science and Biotechnology*.
80. Schönherr, J. 2006. Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *Journal of Experimental Botany*, 57: 2471-2491.
81. Schönherr, J. and Schreiber L. 2004. Size selectivity of aqueous pores in stomatous cuticular membranes isolated from *Populus canescens* (Aiton) Sm. leaves. *Planta* 219: 405-411.
82. Shahi, VB, Kumar A, Gupta N, Majumdar K, Jat, ML, Satyanarayana T, Pampolino M, Dutta S, Khurana HS and Johnston AM. 2012. Economics of fertilizing irrigated cereals in the Indo-Gangetic plains. *Better Crops*, 96: 13-18.
83. Sonar, KR and Babhulkar, VP. 2007. Application of Mitscherlich-Bray equation for fertilizer use in wheat. *J. Commun. in Soil Sci. & Plant Anal.*, 33:1532-2416.
84. Valverde Pérez, W. 2015. How many days it takes the plant to uptake urea, DAP and SOP fertilizer with available form after soil application. Central University of Ecuador. <https://www.researchgate.net/post>.
85. Wakeel A, Gul M and Zorb Ch 2016. Potassium for sustainable agriculture. Pp: 159-192. Hakeem et al. (Eds). *Soil Science: Agricultural and Environmental Prospective*. Springer International Publishing. Switzerland. 432pp.
86. Weaver, CM. 2013. Potassium and health. *Adv. Nutr.*, 4: 368S-377S.
87. WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Technical Report Series No 916. Geneva, Switzerland.
88. Wojcik, P. 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization (Review). *Orchard Management in Sustainable Fruit Production*, 12: 201-220.
89. Zare, AA, Khoshgoftarmanesh AH, Malakouti MJ, Bahrami HA, and Chaney RL. 2018. Root uptake and shoot accumulation of cadmium by lettuce at various Cd:Zn ratios in nutrient solution. *Ecotoxicology and Environmental Safety* J., 148:441-446.
90. Zhu, YG, Smith SE and Smith FA. 2001. Zinc (Zn)-phosphorus (P) interactions in two cultivars of spring wheat differing in P uptake efficiency. *Annals of Botany* 88: 941-945.

“Health comes from the farm, not from the pharmacy”

Optimal Fertilizer Use Recommendations for Yield Increase and Production of Healthy Crops: Determining Quantity, Type and Time of Fertilizer Application for Achieving an Obtainable Self-Sufficiency, Sustainable Food Security and Optimizing Farmers' Income (4th edition, completely revised)¹

M. J. Malakouti
Professor, Tarbiat Modares University
Farmer's House Publication No. 104
2018- Tehran, Iran

Highlights: FAO literature indicates that improved soil fertility through adding fertilizers accounted for over one-third of crop yield increases and agricultural output during the last four decades. According to our findings, fertilizers account for up to half and even higher yield increases in soils depleted of plant nutrients when balanced fertilization is practiced.

The concept of balanced fertilization (in the field crops, application of fertilizers according to the soil test results and in horticultural crops, application of fertilizers based on the leaf analysis data) has been extensively studied in recent years in relation to new outlooks in Soil Science, which include the topics of soil and human health in directing soil nutrient management, concerns more towards human safety and health rather than merely yield increases, so that the topic of bio-fortified crop for human health is considered to be one of the primary objectives for controlling malnutrition in human populations; most importantly by emphasizing iron (Fe), zinc (Zn) and boron (B) nutrients in our agricultural products.

Furthermore, it is worthy of mentioning that while our research results have revealed that crop enrichment has more superiority over food fortification due to more yield increase, higher crop quality and better absorbability by human digestive system, in this book, especially in chapter one, the correct way has been shown in more practical ways. In this connexion, the appropriate requests have been sent to the responsible authorities. The overall objective of this book is to address agricultural production and sustainability issues related to fertilizer use and their role in ensuring adequate food supplies, which entails supplying plants with precise and balanced amounts of nutrients needed for their optimal growth and development while avoiding excessive amounts that can eventually cause damage to human health and the environment.

¹. SoluPotasse® is a registered Trademark of Tessenderlo Group -NV/SA-, Ham, Belgium.

In this book, chapters one, two, and three deal with finding the ways for preparing healthy agricultural products, scientific basis for precision fertilizer application, the role of nutrients on the plant growth and different types of organic, chemical and biological fertilizers and reviews on the effects of fertilizers in improving the yield and quality of agricultural products along with other information on the application methods of fertilizers. Chapters four, five and six explain the optimal fertilizer use in agricultural crops including agronomy and medical crops, fruits and ornamental trees and determination of amount, type and time of fertilizer application for the purpose of achieving relative self-sufficiency, food security, sustainable agriculture and increasing farmers' income.

In chapter seven, new scientific considerations such as a) the role of macronutrients and zinc in producing healthy crops, b) necessity of changing attitudes on the P-fertilizers and consumption practices in the country with taking under consideration amount of total P in the arable soils land P-solubilizes availability, c) new challenges on producing healthy crops with low amount of contaminants, i.e. permitted levels of nitrate (NO_3) and cadmium (Cd) in potato tubers are 50 mg kg^{-1} FW and 0.20 mg kg^{-1} DW, respectively, d) around 200 applicable questions and related answers, e) summaries of scientific materials at the end of each chapter and finally, f) all cited references which have been covered in this book.

The book is intended for anyone who is interested in agriculture, fertilizer, healthy crop production and the environment, especially in the relevant aspects of soil fertility, plant nutrition and human diet. So, the authorities of the Ministry of Jihad-e-Agriculture are supposed to consider this important principle for a) supplying suitable kinds and amounts of fertilizers to the farmers during application seasons in the production of the intended agricultural products, b) banning the act of burning the plants' residues, c) observing the rules of balanced fertilization, d) enrichment of agricultural products on the farm, e) scientific management of production and application of all kinds of fertilizers, f) avoiding the imports of P-fertilizers which contain Cd in excess of 15 mg kg^{-1} , g) removing the subsidy from N and P-fertilizers in order to increase the yield and quality of agricultural products, and h) enhancing society's health toward establishing a positive relationship between balanced fertilization and production of healthy agricultural products. Finally, we welcome and shall be indebted to any comments and suggestions in order to improve the contents and quality of our third edition manuscript.

Mohammad J. Malakouti

Emeritus Professor of Soil Fertility & Plant Nutrition

Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

E-mail: mjmalakouti@modares.ac.ir

Web Site: <https://scholar.google.com/citations?user=dTVHHvMAAAAJ&hl=en>



مروارید ارس باران

شرکت مروارید ارس باران در سال ۱۳۸۵ توسط سهامدارانی پایه‌گذاری شد که از دهه هفتاد در زمینه تولید کودهای کشاورزی فعالیت داشتند. از ابتدای تاسیس، تحقیقات جهت تولید انواع کودهای شیمیایی شروع شد. با بررسی انجام گرفته به این نتیجه رسیدیم که در زمینه تولید سولفات پتاسیم، که کود کیفیت نیز بدان گفته می‌شود، فعالیت نمائیم. چون هیچ‌گونه تولیدی در کشور صورت نمی‌گرفت. مصرف این کود در گذشته کم بوده و کشاورزی کشورمان نیز نیاز مبرم به آن دارد. در نتیجه، تلاش سهامداران شرکت در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸، به بار نشست و اولین واحد تولید سولفات پتاسیم کشور در شهرستان گرمسار افتتاح شد که در حال حاضر با ظرفیت تولید سالانه ۲۰ هزار تن سولفات پتاسیم، اولین و بزرگترین تولیدکننده سولفات پتاسیم در کشور است. خوشبختانه دومین واحد تولیدی این شرکت با ظرفیت ۶۰ هزار تن در سال اخیراً راه‌اندازی شده است.

فعالیت‌های شرکت، تنها محدود به تولید سولفات پتاسیم نبوده، بلکه زمینه‌های دیگری را در حوزه بازرگانی و واردات انواع کودهای شیمیایی، در دایره وسیعی از دو برند MAXAMCHIRCHIQ و URALKALI با مقادیر مختلف از کشورهای روسیه و ازبکستان، به منظور توسعه فعالیت‌های تجاری، تامین مواد اولیه جهت تولید و پاسخگویی به نیازهای مشتریان را در بر می‌گیرد.

شرکت همواره با حذف واسطه‌های موجود در عرضه کالا و ارائه محصولات با قیمت‌های واقعی، رضایت کشاورزان سخت‌کوش را به شکلی شایسته کسب نموده است. اهم خدمات شرکت مروارید ارس باران عبارتند از:

- اولین و بزرگترین تولیدکننده سولفات پتاسیم در کشور
- تولید روزانه ۸۰ الی ۱۰۰ تن اسیدکلریدریک ۳۰ الی ۳۳ درصد
- تولیدکننده سولفات سدیم
- تهیه و توزیع انواع کودهای کشاورزی
- مجهز به جدیدترین سیستم گرانول‌سازی کودها
- مشاوره و راه‌اندازی پروژه تولید سولفات پتاسیم با ظرفیت‌های گوناگون در سطح کشور





اولین و بزرگترین تولیدکننده سولفات پتاسیم در ایران سولفات پتاسیم با حلالیت بسیار بالا

مصرف این کود پس از انجام تجزیه خاک زراعی و یا تجزیه برگ درختان میوه، طبق توصیه کارشناسان مجرب، مشاوران اجرای نحوه مصرف کودهای کشاورزی اعم از اساتید دانشگاهی و با نظر و توصیه کارشناسان حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به کار برده می شود.

توصیه شرکت مروارید ارس باران:

سولفات پتاسیم تولید شده در این شرکت، مناسبترین و بنیادیترین کود برای محصولات کشاورزی، خصوصاً برای گلخانه ها می باشد که با داشتن پتاسیم (K_2O) بیش از ۵۰ درصد و گوگرد (S) بیش از ۱۸ درصد به فرم سولفات (بیش از ۵۰ درصد)، دارای دو ماده غذایی بسیار مهم است که هر دو آن ها قابل جذب فوری به وسیله گیاه می باشند و یک منبع مطلوب پتاس و گوگرد برای رسیدن به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب هستند و باعث افزایش تعداد بوته و مقاومت به کم آبی می شود. همچنین، موجب بهبود مقاومت نسبت به آفات و بیماری ها، نگهداری PH مطلوب در ناحیه ریشه ها، گل دهی فراوان و میوه بستن خوب، افتادن میوه کمتر، طعم عالی و امکان انبارداری طولانی را سبب می گردد. همچنین، مصرف این کود، گیاه را نسبت به سرمازدگی، کم آبی و گرما مقاوم تر می کند و از پژمردگی زودرس و سیاه شدن غده های سیب زمینی و پیاز جلوگیری و باعث افزایش شیرینی میوه ها می شود. با مصرف به موقع سولفات پتاسیم، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، درآمد کشاورزان نیز افزایش می یابد.



ضرورت استفاده از پتاسیم در غلات

سنبله فشرده با دانه‌های درشت و درخشان، افتخار کشاورزان بوده و پایه ضروری برای به دست آوردن عملکرد بالا و درآمد خوب می‌باشد. ولی برای رسیدن به عملکردهای بالا و کیفیت عالی، غلات نیاز به تامین مواد غذایی متعادل دارند. مقدار نیاز غلات به پتاسیم مشابه نیتروژن بسیار بالا می‌باشد. کود سولفات پتاسیم (SOP) به جهات مختلف به افزایش عملکرد (کمی و کیفی) هکتاری غلات شما از طرق زیر کمک می‌کند:

- رشد سریع و ظهور سنبله را تضمین می‌نماید.
- برای پر شدن دانه‌ها ضروری است.
- با گسترش ریشه و تقویت ساقه، از خوابیدن (ورس) جلوگیری می‌نماید.
- مقاومت نسبت به آفات و امراض را بهبود می‌بخشد.
- گیاه را نسبت به سرمازدگی، کم‌آبی و گرما مقاوم‌تر می‌نماید.

توصیه‌های کودی: در مواردی که کود سولفات پتاسیم مورد نیاز گیاه باشد، برای غلات معمولاً ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم که معادل ۴ تا ۶ کیسه (SOP) می‌باشد، برای هر هکتار توصیه می‌گردد. نصف این مقدار در زمان کاشت و مابقی همراه با اوره به صورت دوبار تقسیط مصرف می‌شود. با توجه به شرایط محلی و اهداف عملکرد، ممکن است برای هر محل، مقادیر کود مشخصی مورد نیاز باشد. بنابراین، برای کسب اطلاعات علمی بیشتر، با مروج و مشاور کودی در محل اقامت خود، تماس بگیرید.

توجه: برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.





ضرورت استفاده از پتاسیم در سبزیجات و سیب‌زمینی

سبزیجات و سیب‌زمینی در مجموع نیاز قابل توجهی به پتاس و حساسیت زیادی نسبت به کلر و علاوه بر این، اکثر آن‌ها (مخصوصاً کلم) نیاز مبرم به گوگرد دارند. از این‌رو سولفات پتاسیم که منبعی سرشار از پتاس و گوگرد و همچنین عاری از کلر می‌باشد، می‌تواند عملکردهای بالایی با کیفیت عالی، توام با قدرت انبارداری طولانی، مقاومت بیشتر در حمل و نقل، ظاهر و مزه‌ای بهتر و تولیدی سالم و عاری از آلاینده‌هایی نظیر نیترات (NO_3) و کادمیوم (Cd) را موجب گردد که تمامی عوامل یاد شده برای تولید محصول سالم با قیمت مناسب در بازار و درآمدی خوب برای کشاورزان، ضروری می‌باشد. علاوه بر موارد فوق، استفاده از سولفات پتاسیم برای موارد ذیل نیز ضروری می‌باشد:

- از هدر رفتن آب و پژمردگی زود رس جلوگیری می‌نماید.
- از رنگ‌پریدگی و شکنندگی گوجه‌فرنگی جلوگیری می‌نماید.
- از سیاه شدن غده سیب‌زمینی جلوگیری می‌کند.
- طعم و میزان شیرینی خربزه و هندوانه را بهبود می‌بخشد.
- از ایجاد سوختگی و چروکیدگی سطحی جلوگیری می‌نماید.
- مقاومت گیاه را در برابر آفات و بیماری‌ها افزایش می‌دهد.
- کارایی مصرف کود و آب را افزایش داده و درآمد هکتاری کشاورزان را بیشتر می‌نماید.

توصیه‌های کودی: برای داشتن سیستم ریشه دوانی ضعیف، عملکردهای بالا و زمان رشد و نمو مطلوب گیاه، پتاس فراوان را طلب می‌نماید. مقدار کم کلر در کود سولفات سدیم (SOP) از تاثیر منفی آن در صورت مصرف مقادیر زیاد، جلوگیری می‌نماید. با توجه به شرایط محلی و اهداف عملکرد، ممکن است برای هر محل مقادیر کود مشخصی مورد نیاز باشد. بنابراین، برای کسب اطلاعات بیشتر با مروج و مشاور کودی خود تماس بگیرید.

توجه: برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.



ضرورت استفاده از پتاسیم در درختان میوه و گل‌های زینتی

میوه‌هایی که خوش طعم و خوش ترکیب باشند و مزه تازگی آن‌ها حس شود، همان چیزی است که مصرف‌کنندگان از بازار انتظار دارند و همچنین تضمینی است برای تولیدکنندگانی که می‌خواهند درآمد خوبی از محصول خود به دست آورند. تولیدکنندگان می‌توانند با مصرف مقادیر مورد نیاز کود سولفات پتاسیم در درختان خود، به این هدف برسند. حساسیت اغلب درختان میوه، به خصوص میوه‌های هسته‌دار به کلر، کودهای پتاسیمی عاری از کلر مخصوصاً سولفات پتاسیم (SOP) را می‌طلبد. سایر اثرات مفید سولفات پتاسیم در بهبود کمی و کیفی تولیدات کشاورزی عبارتند از:

- گل‌دهی فراوان و میوه بستن خوب
- افتادن میوه کمتر (کاهش سال آوری)
- رنگ روشن و مشتری‌پسند میوه‌ها
- انبارداری طولانی
- عملکرد متعادل در هر سال
- مقاوم در برابر سرمای دیر هنگام و گرمای شدید
- افزایش مقاومت گیاه در برابر آفات و بیماری‌ها
- طعم تازه میوه

توصیه‌های کودی: نیاز درختان میوه به کود سولفات پتاسیم با توجه به رقم و نوع درخت متغیر می‌باشد. بررسی نتایج تجزیه برگ و عملکرد هکتاری، علائم اضافی برای تعیین مقادیر صحیح کود می‌باشد. در مواردی که کود سولفات پتاسیم مورد نیاز باشد، معمولاً مطابق جدول زیر توصیه می‌گردد:

محصول	مقدار مطلوب در تجزیه برگ (درصد پتاسیم در ماده خشک)	SOP (کیلوگرم بر هکتار)	SOP (کیسه در هکتار)
سیب / کلابی	۱/۸۵-۲/۰۰	۳۰۰ تا ۲۰۰	۶ تا ۴
میوه‌های هسته‌دار	۲/۰۰-۲/۲۰	۳۰۰ تا ۲۰۰	۶ تا ۴
مرکبات	۲/۲۰-۲/۴۰	۵۰۰ تا ۳۰۰	۱۰ تا ۶
انگور / کیوی	۲/۴۰-۳/۰۰	۵۰۰ تا ۳۰۰	۱۰ تا ۶
موز	۳/۲۰-۵/۰۰	۱۰۰۰ تا ۶۰۰	۲۰ تا ۱۲

با توجه به شرایط محلی و اهداف عملکردی، ممکن است برای هر محل مقادیر کود مشخصی مورد نیاز باشد. بنابراین، برای کسب اطلاعات بیشتر با مروج و مشاور کودی خود تماس بگیرید.





ضرورت استفاده از پتاسیم پودری میکرونیزه محلول در آب، در محصولات کشاورزی

شرکت مروارید ارس باران تنها تولیدکننده سولفات پتاسیم پودری میکرونیزه محلول در آب می باشد. این محلول، قابل استفاده در سیستم آبیاری مکانیزه و گلخانه های هیدروپونیک، جهت تامین عنصر موثر پتاسیم که باعث گل دهی و پرباری، افزایش طول عمر گیاه، خوش رنگی و مشتری پسندی، خوش طعمی و افزایش مدت انبارداری محصولات کشاورزی می باشد، بسیار ضروری است. در مواردی که کود سولفات پتاسیم پودری میکرونیزه محلول در آب مورد نیاز باشد، معمولاً مطابق جدول زیر توصیه می گردد:

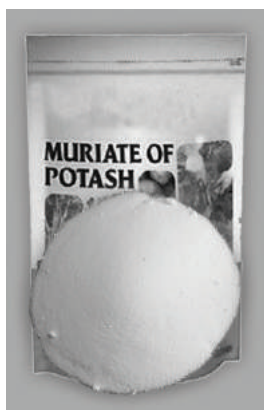
محصول	کیلوگرم بر هکتار	محصول	کیلوگرم بر هکتار	محصول	کیلوگرم بر هکتار
پسته	۵۰۰ تا ۳۰۰	میوه های نرم	۵۰۰ تا ۳۰۰	موز	۶۰۰ تا ۱۰۰۰
دانه های روغنی	۴۰۰ تا ۲۰۰	مرکبات	۵۰۰ تا ۳۰۰	خیار- هندوانه	۴۰۰ تا ۲۰۰
انگور	۳۰۰ تا ۱۰۰	غلات	۳۰۰ تا ۲۰۰	کاهو	۸۰۰ تا ۴۰۰
سیب زمینی	۶۰۰ تا ۲۰۰	کوجه فرنگی	۶۰۰ تا ۳۰۰	باغ های میوه	۴۰۰ تا ۲۰۰
سبزیجات	۶۰۰ تا ۲۰۰	پیاز	۵۰۰ تا ۳۰۰	گل های زینتی	۲۰۰۰ تا ۵۰۰

کودهای مهمی که این شرکت وارد، تولید و توزیع می نماید، عبارتند از:



۱ - کلرورپتاسیم پودری (MOP)

کودهای پتاسیمی عمدتاً از طریق استخراج نمک‌های پتاسیمی از رسوباتی که خود از تبخیر دریاچه‌ها و دریاچه‌های بسته تشکیل شده در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی و یا از طریق خشکاندن آب دریاچه‌های نمکی، به وجود آمده‌اند، تهیه می‌شود. منبع عمده این ذخایر در کشورهای فدراتیو روسیه، آلمان، کانادا، اردن و فرانسه بوده و به مقدار کمی نیز در دیگر کشورها از جمله ایران (خور بیابانک) یافت می‌شود. در ساخت کودهای سولفات پتاسیم عموماً از کلرورپتاسیم استفاده می‌شود. فرایند تشکیل نمک‌های پتاسیمی عمدتاً بر مبنای اختلاف در حلالیت، یا تفاوت در جرم ویژه نمک‌ها استوار بوده و جداسازی آن از سایر نمک‌های همراه عمدتاً از طریق بلوری کردن مجدد و یا به حالت تعلیق در آوردن نمک‌های پتاسیمی امکان‌پذیر است. کلرورپتاسیم رایج‌ترین کود پتاسیمی بوده و از کانی‌های حاوی پتاسیم به دست می‌آید. با وجود آن که تولید این کود طی چند مرحله انجام می‌گیرد، مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید آن به مراتب کمتر از انرژی لازم برای ساختن کودهای نیتروژنی و فسفاتی می‌باشد. کلرورپتاسیم محتوی ۵۰ درصد پتاسیم (۶۰ درصد اکسیدپتاسیم) بوده و حلالیت آن در آب حدود ۳۵ درصد و مصرف سرک آن در شالیزارهای شمال کشور و مناطق پرباران رایج است. کلرورپتاسیم به جای نمک طعام نیز استفاده می‌شود و همچنین، در صنایع غذایی، تهیه گل حفاری، صنایع کشاورزی، رنگ‌های شیمیایی و داروها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



توجه: برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.

مشخصات فیزیکی

رنگ: سفید • حالت: پودری

فرمول شیمیایی:

آنالیز: $\text{K}_2\text{O} = 60\%$ ، $\text{KCl} = 98/6\%$ ، $\text{Na} = 0/51\%$ ، $\text{NaCl} = 1/3\%$ و رطوبت کمتر از نیم درصد

بسته‌بندی: جامبو انبار: ایوانکی

کلرورپتاسیم وارداتی از کشور روسیه با برند URALKALI



۲- سولفات پتاسیم (SOP)

سولفات پتاسیم تولید شده در این شرکت مناسبترین و بنیادیترین نوع برای تمام محصولات کشاورزی خصوصاً برای گلخانه‌ها می‌باشد که با داشتن پتاسیم (K_2O) بیش از ۵۰ درصد و گوگرد (S) بیش از ۱۸ درصد به فرم سولفات (بیش از ۵۰ درصد) دارای دو ماده غذایی بسیار مهم است که هر دو آن‌ها قابل جذب فوری به وسیله گیاه می‌باشند و یک منبع مطلوب پتاس و گوگرد برای رسیدن به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب هستند و باعث افزایش تعداد بوته‌ها و مقاومت به کم‌آبی می‌شوند. همچنین موجب بهبود مقاومت نسبت به آفات و امراض، نگهداری PH مطلوب در ناحیه ریشه‌ها، گل دهی فراوان و میوه بستن خوب، افتادن میوه کمتر، طعم عالی و سبب انبارداری طولانی می‌گردد. مصرف این کود گیاه را نسبت به سرمازدگی، کم آبی و گرما مقاوم می‌کند و از پژمردگی زودرس و سیاه شدن غده سبب زمینی جلوگیری می‌نماید و باعث افزایش شیرینی میوه‌ها می‌گردد. سولفات پتاسیم پودری میکرونیزه محلول در آب که قابل استفاده در سیستم آبیاری مکانیزه و گلخانه‌های هیدروپونیک جهت تامین عنصر موثر پتاسیم که باعث گل‌دهی و پرباری، افزایش طول عمر گیاه، خوش‌رنگی و مشتری پسندی، خوش طعمی و افزایش مدت انبارداری محصولات کشاورزی می‌باشد. مصرف این نوع کود پس از انجام تجزیه خاک زراعی و یا تجزیه برگ درختان میوه، طبق توصیه کارشناسان مجرب، مشاوران اجرای نحوه مصرف کود کشاورزی، اساتید دانشگاهی و با نظر و توصیه کارشناسان حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به کار برده می‌شود.

توجه: برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.



مشخصات فیزیکی

رنگ: سفید • حالت: گرانوله، پودری میکرونیزه

فرمول شیمیایی:

آنالیز: ۵۰ درصد پتاسیم، ۱۸ درصد گوگرد و رطوبت کمتر از نیم درصد

بسته‌بندی: کیسه ۲۵ کیلوگرمی

انبار: ایوانکی

سولفات پتاسیم موجود:

• سولفات پتاسیم تولیدی شرکت به صورت گرانوله

• سولفات پتاسیم تولیدی شرکت به صورت پودری میکرونیزه

۳ - سولفات پتاسیم کریستال (محلول)

همانطوری که بیان شد، پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاه شناخته می‌شود و نقش‌های بسیار موثری در گیاه ایفا می‌کند. پتاسیم باز و بسته شدن روزنه‌ها را تنظیم کرده و از این طریق، در جذب دی اکسید کربن و فرایندهای تبخیر و تعرق در گیاه نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. بنابراین، پتاسیم در تنظیم تعادل آب در گیاه تأثیری فراوان دارد. یکی از افتخارات این شرکت، تولید کود سولفات پتاسیم محلول (کریستال) با قیمت نازل‌تر در مقایسه با مشابه خارجی، در داخل کشور می‌باشد. تعدادی از مزایای سولفات پتاسیم کریستال (محلول) عبارتند از:

- با مصرف دو بار سرک این کود، عملکرد محصول تا ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.
 - قابلیت جذب از طریق ریشه و برگ
 - افزایش مقاومت گیاه در برابر انواع استرس‌ها یا تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده)
 - بهبود کیفیت رنگ و طعم میوه‌ها و بازارپسندی محصولات کشاورزی
 - کاهش نسبی pH در محیط اطراف ریشه و مساعد کردن محیط برای جذب بهتر سایر عناصر غذایی
- روش مصرف:** در گیاهان گلخانه‌ای و گل‌های زینتی، انواع صیفی جات و سبزیجات، ۳ تا ۶ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب و در باغ‌ها و درختان میوه نظیر سیب، گلابی، پسته، مرکبات، انگور، غلات (گندم و برنج) و دانه‌های روغنی مانند کلزا، پنبه و کتان ۴ تا ۷ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب به صورت محلول‌پاشی انجام پذیرد. این کود را نیز می‌توان همراه با آب آبیاری (به میزان ۲۰ تا ۶۰ کیلوگرم بر هکتار به صورت دوبار تقسیط همراه با سرک اوره) استفاده نمود.

توجه: برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.





۴ - سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات روی

پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاه شناخته می‌شود و نقش‌های بسیاری در گیاه ایفا می‌کند. پتاسیم باز و بسته شدن روزنه‌ها را تنظیم کرده و از این طریق، در جذب دی اکسید کربن و فرایندهای تبخیر و تعرق در گیاه نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. به طور کلی پتاسیم در تنظیم تعادل آب در گیاه تاثیر فراوان دارد. کلات روی موجود در این کود، باعث تاثیرات متعددی بر روی گیاهان می‌شود که مهمترین آن‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین است که باعث تاخیر در پیری برگ‌ها شده و تولید کلروفیل را افزایش می‌دهد. یکی از افتخارات این شرکت، تولید کود سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات روی در داخل کشور می باشد. اهم مزایای سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات روی عبارتند از:

- مصرف دو بار سرک آن عملکرد محصول را بیش از ۲۵ درصد افزایش می‌دهد.
 - کاهش سمیت مواد مسموم کننده درون خاک
 - قابلیت جذب از طریق ریشه
 - افزایش مقاومت گیاه در برابر انواع استرس ها یا تنش های محیطی (زنده و غیرزنده)
 - بهبود کیفیت رنگ و طعم میوه‌ها و بازار پسندی محصولات کشاورزی
 - کاهش نسبی pH در محیط اطراف ریشه و مساعد کردن محیط برای جذب بهتر سایر عناصر غذایی
- روش مصرف:** در گیاهان گلخانه‌ای و گل های زینتی، انواع صیفی جات و سبزیجات و در غلات (گندم و برنج) به مقدار ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم بر هکتار استفاده می شود. برای درختان میوه نظیر سیب، گلابی، پسته، مرکبات، انگور و دانه‌های روغنی مانند کلزا، پنبه و کتان، به مقدار ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم بر هکتار همراه با آبیاری به صورت دوبار سرک انجام پذیرد.
- توجه:** برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود با ارزش، به مطالب مندرج در فصول سوم و هفتم کتاب حاضر پایان‌نامه‌های سلیمان (۱۳۹۶)، حمیدی (۱۳۹۶) و بهرامی (۱۳۹۷)* مراجعه فرمایید.
- * بهرامی. ب. ۱۳۹۷. بررسی کارایی مصرف تلفیقی کودهای پتاسیمی و روی بر عملکرد و کارایی پتاسیم در دو خاک با میزان پتاسیم و روی متفاوت در استان کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.



۵- سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات های روی و آهن

کلات روی موجود در این کود، باعث تأثیرات متعددی بر روی گیاهان می شود که مهمترین آن ها، تولید هورمون های گیاهی از جمله اکسین است که باعث تأخیر در پیری برگ ها شده و تولید کلروفیل را افزایش می دهد. آهن عنصری غیرپویا بوده و علائم کمبود آن که رنگ پریدگی است، ابتدا از برگ های جوان نمایان می شود. آهن این کود به صورت کلات، مقدار جذب را بیشتر و توازن از دست رفته گیاه را باز گردانده و با سبز شدن مجدد برگ ها، عملیات فتوسنتز را بیشتر امکان پذیر می سازد. پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاه شناخته می شود. پتاسیم باز و بسته شدن روزنه ها را تنظیم کرده و از این طریق، در جذب دی اکسید کربن و فرایندهای تخییر و تعرق در گیاه نقش عمده ای ایفا می کند. به طور کلی پتاسیم در تنظیم تعادل آب در گیاه تأثیر فراوان دارد. یکی از افتخارات این شرکت، تولید کود سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات های روی و آهن با قیمت نازل تر در مقایسه با مشابه خارجی، در داخل کشور می باشد. اهم مزایای استفاده از سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات های روی و آهن عبارتند از:

- عملکرد محصول را تا ۲۵ درصد افزایش می دهد.
 - کاهش سمیت مواد مسموم کننده درون خاک
 - قابلیت جذب از طریق ریشه
 - افزایش مقاومت گیاه در برابر انواع استرس ها یا تنش های محیطی (زنده و غیرزنده)
 - بهبود کیفیت رنگ و طعم میوه ها و بازار پسندی محصولات کشاورزی
 - کاهش نسبی pH در محیط اطراف ریشه و مساعد کردن محیط برای جذب بهتر سایر عناصر غذایی
- روش مصرف:** در گیاهان گلخانه ای و گل های زینتی، انواع صیفی جات و سبزیجات و در غلات (گندم و برنج) به مقدار ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم بر هکتار استفاده می شود. برای درختان میوه نظیر سیب، گلابی، پسته، مرکبات، انگور و دانه های روغنی مانند کلزا، پنبه و کتان، به مقدار ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم بر هکتار همراه با آبیاری به صورت دوبار سرک انجام پذیرد.
- توجه:** برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.





۶- سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات‌های روی، آهن و منگنز

کلات روی موجود در این کود روی گیاهان دارای نقش‌های متعددی می‌باشد که مهمترین آن‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین است که باعث تاخیر در پیری برگ‌ها شده و تولید کلروفیل را افزایش می‌دهد. این کود می‌تواند مقاومت گیاهان را نسبت به تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده) افزایش دهد. آهن مانند منگنز عنصری غیرپویا بوده و نشانه‌های کمبود آن (رنگ‌پریدگی)، معمولاً ابتدا در برگ‌های جوان نمایان می‌شود. منگنز نیز مانند سایر عناصر گروه فلزی سنگین، در فعال‌سازی آنزیم‌های متعددی که با متابولیسم کربوهیدرات‌ها، واکنش‌های فسفریل شدن و چرخه اسید سیتریک سروکار دارند، نقش دارد. پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاه شناخته می‌شود و نقش‌های بسیاری در گیاه ایفا می‌کند. پتاسیم باز و بسته شدن روزنه‌ها را تنظیم کرده و از این طریق، در جذب دی اکسید کربن و فرایندهای تبخیر و تعرق در گیاه نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. به طور کلی پتاسیم در تنظیم تعادل آب در گیاه تاثیر فراوان دارد. اهم مزایای استفاده از سولفات پتاسیم کریستال (محلول) حاوی کلات‌های روی، آهن و منگنز عبارتند از:

- عملکرد محصول را تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهد.
 - کاهش سمیت مواد مسموم‌کننده درون خاک
 - قابلیت جذب از طریق ریشه
 - افزایش مقاومت گیاه در برابر انواع استرس‌ها یا تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده)
 - بهبود کیفیت رنگ و طعم میوه‌ها و بازار پسندی محصولات کشاورزی
 - کاهش نسبی pH در محیط اطراف ریشه و مساعد کردن محیط برای جذب بهتر سایر عناصر غذایی
- روش مصرف:** در گیاهان گلخانه‌ای و گل‌های زینتی، انواع صیفی‌جات و سبزیجات و در غلات (گندم و برنج) به مقدار ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم بر هکتار استفاده می‌شود. برای درختان میوه نظیر سیب، گلابی، پسته، مرکبات، انگور و دانه‌های روغنی مانند کلزا، پنبه و کتان، به مقدار ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم بر هکتار همراه با آبیاری به صورت دوبار سرک انجام پذیرد.
- توجه:** برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.



۷ - سولفات آمونیوم (AS)

این کود از ترکیب آمونیاک و اسید سولفوریک به دست می‌آید. به علت اسیدزایی آن، هنگام اضافه شدن به خاک، PH ریزوسفر را تا حدودی پایین می‌آورد. این کود یکی از بهترین و مناسب‌ترین کودهای نیتروژنی برای خاک‌های آهکی، مخصوصاً باغ‌های میوه به شمار می‌رود. زیرا، این کود هم دارای گوگرد بوده و هم اسیدزا می‌باشد. به دلیل داشتن نیتروژن آمونیومی، به رس‌ها متصل و کمتر از سایر کودهای نیتروژنی از خاک شسته می‌شود. این کود دارای ۲۴ درصد گوگرد و ۲۱ درصد نیتروژن است. به همین دلیل مصرف آن برای محصولات باغی و سبزی و صیفی که تولیدکننده به دنبال بهبود کیفیت آن‌ها می‌باشد، اکیداً توصیه می‌گردد. نیتروژن بخش مهمی از دیگر قسمت‌های گیاه مثل رنگدانه کلروفیل و کوآنزیم‌ها را تشکیل می‌دهد. این ماده رشد گیاه را تحریک می‌نماید ولی باید توجه داشت که در صورت مصرف زیاده از حد، منجر به ایجاد بافت‌های نرم در آن شده و بر رشد گیاه اثر معکوس می‌گذارد. نیتروژن موجود در خاک‌های کشاورزی از طریق استفاده از کودهای شیمیایی و آلی از جمله سولفات آمونیوم تأمین می‌شود. سولفات آمونیوم بهترین کود برای خاک‌های کشاورزی ایران است. کود سولفات آمونیوم در کشاورزی بهترین تأمین‌کننده گوگرد و نیتروژن برای درختان میوه و دیگر گیاهانی است که به این دو عنصر نیاز بسیاری دارند. سولفات آمونیوم بر سایر کودهای حاوی نیتروژن، به سبب دارا بودن نیتروژن آمونیاکی دارای مزیت بیشتری است. نیتروژن آمونیاکی با صرف حداقل انرژی توسط گیاه به سرعت جذب می‌شود. از سوی دیگر، وجود گوگرد (به صورت سولفات) در این کود به همراه نیتروژن سبب تنظیم PH خاک و تسهیل جذب سایر ریزمغذی‌های موجود در خاک مثل روی، آهن، منگنز و مس می‌شود. درختانی مثل پسته، مرکبات و انگور که نسبت به اوره حساس هستند و در اثر وجود آن برگ‌هایشان زرد می‌شود، با مصرف سولفات آمونیوم بهبود می‌یابند.

توجه: برای کسب اطلاعات علمی بیشتر در مورد این کود، به فصل سوم کتاب حاضر مراجعه فرمایید.

مشخصات فیزیکی

رنگ: سفید • حالت: کریستال (محلول در آب)

فرمول شیمیایی:

آنالیز: ۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد

بسته‌بندی: کیسه ۵۰ کیلوگرمی انبار: مشهد

سولفات آمونیوم موجود:

سولفات آمونیوم وارداتی از کشور ازبکستان با برند MAXAM-CHIRCHIQ • سولفات آمونیوم وارداتی از کشور هند



MORVARID ARAS BARAN CO.
www.morvaridaras.com

گواهینامه‌های ثبت مواد کودی که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب صادر شده است.







MORVARID ARAS BARAN CO.
www.morvaridas.com

گواهینامه‌های ایزو و تایید کیفیت تولیدات شرکت موروارید ارس باران





پروفسور محمد جعفر ملکوتی، استاد ممتاز دانشگاه تربیت مدرس، در سال ۱۳۷۵ به عنوان استاد نمونه کشوری؛ در سال ۱۳۷۶ به دلیل صرفه جویی در مصرف کودهای فسفاته وارداتی، موفق به دریافت نشان لیاقت درجه سه در کار و تولید؛ در سال ۱۳۷۹ به دلیل ارائه روش عملی برای مصرف نان سیوس دان غنی شده در جامعه، موفق به دریافت جایزه رتبه اول در رشته تغذیه و بهداشت از ششمین جشنواره تحقیقات پزشکی رازی؛ در سال ۱۳۸۱ دریافت لوح یادبود از رئیس جمهور محترم به دلیل اصلاح فرمول کودی کشور؛ در سال ۱۳۸۳ موفق به دریافت جایزه از هجدهمین جشنواره بین المللی خوارزمی؛ در سال ۱۳۸۳ برنده جایزه جهانی پتاس از اتحادیه بین المللی کود (کانادا) شدند.

ایشان در سال ۱۳۸۴ به خاطر همکاری کردن مصرف ریزمغذی ها به ویژه سولفات روی در محصولات کشاورزی، به عنوان اولین دانشمند ایرانی موفق به دریافت جایزه از آکادمی علوم جهان سوم (TWAS) شدند. همچنین، در سال ۱۳۸۶ عنوان استاد ممتاز در رشته خاکشناسی از طرف انجمن علوم خاک ایران و در سال ۱۳۸۷ به دلیل تلاش های علمی در زمینه بهبود کمی- کیفی محصولات کشاورزی (تولید فرآورده های کشاورزی سالم) و ارتقاء سطح سلامت جامعه، چهره ماندگار در علوم کشاورزی (خاکشناسی) شدند. پروفسور ملکوتی تا کنون راهنمایی بیش از ۱۵۰ پایان نامه کارشناسی ارشد و رساله دکتری در رشته های مختلف کشاورزی به ویژه حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی را عهده دار بوده و بیش از ۱۵۰۰ عنوان کتاب، مقاله علمی، نشریه فنی و گزارش نهایی را به چاپ رسانده اند.

مبلغا
اشارات

