

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه آفتابگردان

نگارندگان

فریدون نورقلی پور و محمد هادی میرزاپور

اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع
طبیعی قم

نشریه فنی: 539

زمستان 1395

عنوان: دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه آفتابگردان

نویسندگان: فریدون نورقلی پور و محمد هادی میرزاپور

ناشر: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

سال انتشار: 1395

نوبت چاپ: اول

تیراژ: 100 نسخه

ویراستار: آقای دکتر حمید فیومی محمدی

صفحه آرای و حرفچینی: شیرین اسدزاده

کارشناس انتشارات: زهرا محمدی

طراح جلد: سید هرمز سجادی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

قیمت: 5000 تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این نشریه با شماره 51209 در تاریخ 95/11/25 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	1- کلیات.....
6	2- روشهای تشخیص کمبود عناصر غذایی.....
6	1-2- آزمون خاک.....
8	2-2- تجزیه گیاه.....
9	2-3- علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی.....
10	2-3-1- علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف.....
12	2-3-2- علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف.....
12	2-4- الگوی جذب عناصر غذایی.....
13	3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه آفتابگردان.....
14	3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی.....
15	3-1-1- توصیه مصرف نیتروژن.....
19	3-1-2- توصیه مصرف فسفر.....
23	3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم.....
25	3-1-3- توصیه مصرف گوگرد.....
27	3-1-4- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف.....
30	3-2- کاربرد ماده آلی در تولید آفتابگردان.....
32	3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت آفتابگردان.....
32	4-1- مدیریت تغذیه گیاه آفتابگردان در شرایط شور.....
35	4-2- تأثیر شرایط خشکی بر نیاز غذایی آفتابگردان و پتانسیل تولید.....
36	منابع.....
39	پیوست ها.....

1- کلیات

تولید روغن از دیرباز نتوانسته پاسخ‌گوی نیاز کشور باشد به‌گونه‌ای که در اغلب سال‌ها مقدار خودکفائی در تولید روغن در حدود 10 درصد بوده است. آفتابگردان (*Helianthus L. annuus*) به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای تولید روغن در کشور مورد توجه بوده است. آفتابگردان به دلیل اثرات مفید در تناوب با محصولات زراعی، قابلیت گسترش در طیف وسیعی از خاک‌ها، جایگاه مهمی در سامانه‌های کشت و تناوب‌ها دارد. یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد کمی و کیفی این دانه روغنی، تامین عناصر غذایی به مقدار بهینه و به موقع، می باشد. بهترین عملیات مدیریتی کودها (BMPs¹) برای آفتابگردان را می‌توان در چهار اصل (1) تعیین مقدار مورد نیاز عنصر یا عناصر غذایی، (2) تعیین منبع مناسب عنصر غذایی، (3) تعیین زمان مناسب کاربرد و (4) روش مناسب کاربرد بیان نمود.

ارتباط بین این چهار عامل همراه با بکارگیری سایر راهکارهای مدیریتی، همانند تهیه بستر مناسب (شخم عمیق، دیسک تا حد ایجاد خاکدانه‌های مناسب و تسطیح)، انتخاب تاریخ کاشت مناسب بر اساس اقلیم (مناطق گرم و مرطوب، گرم و خشک، نیمه سرد و مناطق سرد)، گزینش بذر مناسب، کنترل آفات و بیماری‌ها، مدیریت زراعی و مدیریت آبیاری منجر به دستیابی عملکرد بهینه خواهد شد.

در حال حاضر سطح کشت این محصول در کشور در جایگاه چهارم و بعد از کنجد از بین 5 محصول دانه روغنی قرار دارد (بی نام، 1392).

بر اساس پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایران با استفاده از روش یونسکو، بیش از 90 درصد کشور دارای رژیم رطوبتی خشک و نیمه خشک بوده و مابقی آن شامل نواحی با رژیم رطوبتی نیمه مرطوب، مرطوب و خیلی مرطوب می‌باشد. همچنین، بر اساس این روش، تیپ‌های زمستانه‌ی موجود در ایران شامل سرد، خنک و ملایم و تیپ‌های تابستانه نیز شامل خیلی گرم، گرم، ملایم و خنک است (7). اطلاع از خصوصیات اقلیمی مناطق در مدیریت زراعی آفتابگردان موثر خواهد بود. غالب مناطق مستعد کشت آفتابگردان در 4 پهنه‌ی زیر قرار می‌گیرند:

- خشک با زمستان خنک و تابستان گرم تا خیلی گرم:

از جمله این مناطق می‌توان استان‌های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، هرمزگان و مناطق گرم استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، خراسان جنوبی، کهگیلویه و بویر احمد، فارس، کرمان و قم را نام برد.

- نیمه خشک با زمستان خنک و تابستان گرم:

عمدتاً شامل مناطقی از مازندران، گلستان و مغان می‌باشد.

- نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان گرم:

از جمله این مناطق می‌توان به استان‌های تهران (کرج، ورامین و هشتگرد)، مرکزی (ساوه)، فارس (مرودشت، زرقان، شیراز)، کرمانشاه (کرمانشاه، اسلام آباد و ماهیدشت)، لرستان (خرم آباد و بروجرد)، سمنان (گرمسار و سمنان)، زاهدان (خاش)، خراسان (نیشابور، مشهد و تربت حیدریه)، اصفهان، یزد و کرمان اشاره نمود.

- نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان معتدل:

از جمله این مناطق می‌توان به استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان، همدان، کردستان، چهارمحال و بختیاری و مناطق سرد استان‌های لرستان (ازنا، الیگودرز، درود)، کرمانشاه (صحنه، کنگاور، سنقر و روان‌سر)، سمنان (شاهرود)، خراسان (قوچان، شیروان و بجنورد)، فارس (اقلید)، اصفهان (داران و گلپایگان)، مرکزی (اراک، خمین و شازند)، کرمان (بردسیر) اشاره نمود (7).

برای مدیریت مناسب مزارع آفتابگردان، علاوه بر خصوصیات اقلیمی منطقه کشت، دانستن مراحل رشد گیاه آفتابگردان نیز ضروری است. مراحل رشد گیاه آفتابگردان را می‌توان بطور خلاصه به صورت زیر تشریح نمود. از مرحله کاشت تا جوانه زدن 33 روز، از جوانه زدن تا ظهور غنچه 27 روز، از مشاهده غنچه تا باز شدن اولین گل 8 روز و از آخرین گل تا رسیدن، 30 روز طول می‌کشد که در تکوین این مراحل میزان حرارت مهم است (عرشی، 1369).

جوانه زنی^۱:

جوانی زنی شامل جذب آب، تورم، شکافتن پوسته بذر و خروج نوک ریشه می باشد. ریشه اصلی رشد کرده و ریشه های جانبی آن گسترش می یابد. ساقه جدید یا هیپوکوتیل رشد کرده و تولید دو برگ می کند. این اندام شبیه برگ، کوتیلدن نامیده می شود. کوتیلدن ها در نوک هیپوکوتیل توسعه یافته و به رنگ سبز در می آیند تا تغذیه گیاه در حال رشد را فراهم نمایند. در این مرحله از رشد، اولین برگ های اصلی ظهور کرده و کمتر از 4 سانتی متر طول دارند (Kandel و همکاران 2013).



(ب)

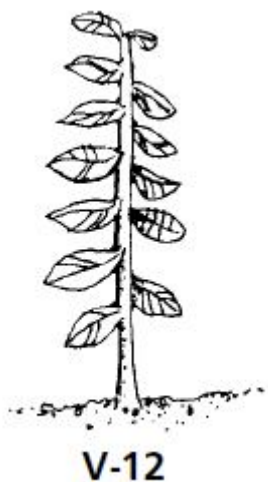


(الف)

شکل 1- مرحله جوانه زنی (الف) و برگ حقیقی به طول حداقل 4 سانتی متر

شروع رشد رویشی:

در این مرحله از رشد، برگ های حقیقی شروع به ظهور نموده و شمارش برگ هایی که طول آنها حداقل 4 سانتی متر باشد، مرحله رشد گیاه را مشخص خواهد نمود.



شکل 4- مرحله رشد رویشی



شکل 3- مرحله رشد رویشی

غنچه دهی^۱:

طولانی شدن روزها و افزایش درجه حرارت، تشکیل غنچه گل را سبب می‌شود. غنچه گل در مرکز ساقه قابل مشاهده بوده و ساقه نیز شروع به رشد و بلند شدن می‌نماید. غنچه گل با رشد طولی ساقه، بزرگتر می‌شود.



شکل 5- مرحله غنچه دهی

گلدهی¹:

گلدهی با باز شدن غنچه بر روی ساقه اصلی، شروع می‌شود. این مرحله از رشد می‌تواند به مراحل فرعی دیگری تقسیم بندی گردد.



شکل 6- مرحله گلدهی

- رسیدگی²:

گلدهی کامل شده و گلبرگ‌ها در حال خشک شدن می‌باشند و قسمت پشتی طبق در حال تغییر رنگ به زرد می‌باشد.

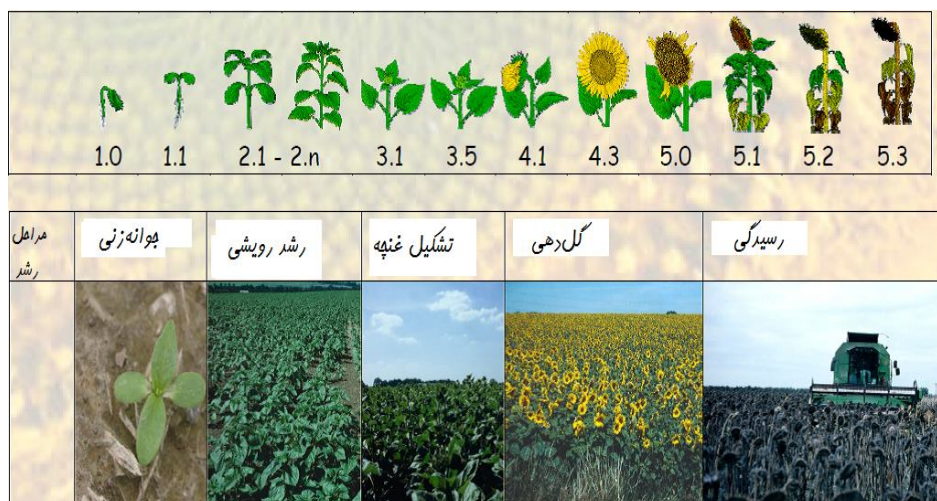


شکل 7- مرحله رسیدگی

در شکل زیر مراحل مختلف رشد آفتابگردان با هم مقایسه شده اند.

1- Flowering

2- Ripening



شکل 8- مراحل مختلف رشد آفتابگردان (Cook, 2009)

2- روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی

روش‌های مختلفی برای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه وجود دارد که در 3 گروه کلی: (1) آزمون خاک، (2) آزمون گیاه و (3) علائم کمبود قرار می‌گیرند. هریک از این روش‌ها جایگاه، مزایا و کاستی‌های خود را دارد که در زیر اشاره می‌شود.

2-1- آزمون خاک

خاک مخزن طبیعی عناصر غذایی می‌باشد. اما عناصر غذایی اغلب به شکلی هستند که بلافاصله قابل جذب توسط گیاه نیستند، زیرا به شکل‌هایی چون جذب سطحی بر روی ذرات، یا جزئی از ساختمان کانی خاک یا مواد آلی خاک می‌باشند. البته این عناصر جذب شده مجدداً قابل استفاده می‌باشند. فرآیندهایی که منجر به آزادسازی عناصر غذایی در خاک می‌شوند عبارتند از:

- 1- تجزیه میکروبی مواد آلی (معدنی شدن)
- 2- واکنش شیمیائی بر روی کانی‌های خاک (هوادیدگی)
- 3- رها سازی از سطح ذرات خاک

اما نکته مهم این است که این آزادسازی عناصر به کندی صورت می‌گیرد و چنانچه

مقدار برداشت توسط گیاه، مجدداً به نحو مناسبی جایگزین نگردد، خاک از عناصر غذایی، تخلیه می‌گردد.

آزمون خاک در مفهوم کلی شاید به تعیین خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک اطلاق می‌گردد، ولی در معنی دقیق‌تر آن، عبارت از اندازه‌گیری‌های شیمیایی سریع خاک به منظور تعیین مقدار قابل استفاده عناصر غذایی گیاه می‌باشد. امروزه تفسیر نتایج حاصله و ارزیابی نتایج و توصیه‌های کودی که براساس این آزمایش‌های شیمیایی انجام می‌گیرد را نیز جزئی از آزمون خاک می‌دانند. آزمون خاک برای عناصر کم مصرف در مقایسه با عناصر پر مصرف از قابلیت اعتماد کمتری برخوردار است. از این رو، برای تشخیص پاسخ گیاه به عناصر کم مصرف، ممکن است استفاده از آزمون بافت گیاه نیز نیاز باشد.

از میان روش‌های مختلف ارزیابی حاصلخیزی خاک، آزمون خاک، سریع، کم‌خرج و دقیق بوده و می‌تواند به موقع انجام شده و پایه و اساس توصیه‌های کودی قرار گیرد. برنامه آزمون خاک معمولاً دارای چهار مرحله اجرایی زیر است:

- 1) نمونه‌برداری درست خاک مزرعه
 - 2) تعیین روش مناسب عصاره‌گیری و تعیین عناصر غذایی قابل جذب در عصاره استخراج شده
 - 3) واسنجی¹ نتایج آزمایشگاهی با استفاده از آزمایش‌های گلخانه‌ای
 - 4) تفسیر و توصیه‌های کودی
- موفقیت برنامه آزمون خاک مستلزم دقت عمل در هر یک از مراحل و آگاهی از خطاهای احتمالی در آن‌ها می‌باشد.

برای برآورد توصیه کودی آفتابگردان بر اساس آزمون خاک (تجزیه خاک)، در وهله اول عملکرد مورد انتظار تعیین می‌گردد (جدول پیوست 4). سپس در جدول‌ها براساس مقدار عنصر قابل استفاده، توصیه کودی ارائه خواهد شد. در جدول (1) حدود بحرانی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف ارائه شده است. البته خصوصیات اقلیمی نیز در برآورد کود مورد نیاز در جداول مختلف، موثر خواهد بود.

جدول 1- حد بحرانی عناصر غذایی (میلی گرم در کیلوگرم) در خاک های زیر کشت آفتابگردان (ملکوتی و همکاران، 1384)

فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بور
15	250	7/0	1/0	5/0	1	1

2-2- تجزیه گیاه

یکی دیگر از روش های ارزیابی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، استفاده از آزمون گیاه می باشد. در این روش بخش (های) معینی از گیاه، در زمان معین نمونه برداری شده و پس از خشک کردن و هضم (به روش خشک یا تر) نسبت به اندازه گیری عناصر مورد نظر در آن اقدام می شود. مقایسه غلظت عناصر با مقادیر بهینه می تواند در شناسایی وضعیت تغذیه ای عنصر مورد نظر کمک بسیاری نماید. بهترین قسمت برای تعیین وضعیت عناصر غذایی در گیاه تجزیه برگ های پنجم و ششم بالایی گیاه می باشد (ملکوتی و همکاران، 1384). در جدول (2) حدود بهینه عناصر غذایی در برگ آفتابگردان آمده است (برگ حداقل باید 4 سانتی متر طول داشته باشد تا به عنوان برگ کامل در نظر گرفته شود).

جدول 2 - مقدار عناصر در برگ چهارم (کامل و بالغ) از قسمت بالایی گیاه در مرحله غنچه دهی (NSAC، 2012)

عنصر	واحد	مازاد	زیاد	کافی	حد بحرانی	کم
نیتروژن		4	3/5-3/9	2/0-3/4	1/5-1/9	1/4
فسفر		0/8	0/5-0/79	0/25-0/49	0/15-0/24	0/14
پتاسیم	درصد	5	3/0-4/9	1/5-2/9	1/0-1/4	0/9
گوگرد		1	0/4-0/99	0/2-0/39	0/15-0/19	0/14
کلسیم		2/5	2/0-2/4	0/3-1/9	0/2-0/29	0/19
منیزیم		2	1/5-1/9	0/2-1/4	0/1-0/19	0/09
روی	میلی گرم	150	70-149	15-69	11-14	11
مس	در	75	25-74	24-6	5-3	2
آهن	کیلوگرم	500	250-499	20-249	15-19	14
منگنز		350	100-249	15-99	14-10	9

جدول 3- ترکیب عناصر در اندام‌های مختلف آفتابگردان با عملکرد 2 تن دانه، 3/2 تن شاخه و برگ و 0/8 تن در هکتار ریشه (عرشی، 1369)

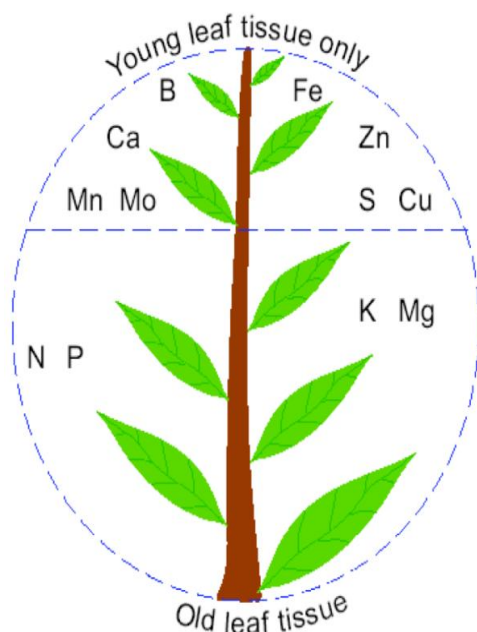
عناصر	ساقه، برگ و طبق		ریشه		دانه	
	دوره	دوره	دوره	دوره	دوره	دوره
عنصر	جوانه	غنچه دهی	گلدهی	رسیدن	غنچه دهی	رسیدن
برداشت شده	رسیدن	رسیدن	رسیدن	رسیدن	رسیدن	رسیدن
نیترژن	4/43	3/18	1/69	0/69	1/14	0/35
فسفر	0/32	0/36	0/26	0/14	0/35	0/05
پتاسیم	3/22	3/18	2/01	2/37	2/91	0/58
گوگرد	-	0/36	-	0/18	0/1	0/05
کلسیم	1/62	1/67	1/22	1/34	0/34	0/35
منیزیم	0/91	0/97	0/82	0/71	0/18	0/17
سدیم	0/004	0/04	0/05	0/04	0/29	0/24
	میلی گرم بر کیلوگرم					
آهن	400	200	70	80	1793	900
روی	51	28	25	12	39	23
مس	10	11	11	9	17	8
مولیبدن	2	2	2	2	22	4
منگنز	79	56	35	31	74	45
بور	38	46	39	39	21	12

2-3- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

چون هریک از عناصر غذایی وظایف خاصی را در گیاه به عهده دارند، کمبود هر کدام در گیاه سبب می شود که آن وظایف به خوبی انجام نگیرد و بسته به شدت کمبود، اختلالاتی در گیاه به وجود آید. علائم کمبود عمدتاً روی ساقه و برگ گیاهان ظاهر می شود. در صورتی که این علائم به موقع و با دقت کافی تشخیص داده شوند، تخمین ارزیابی حاصلخیزی خاک براساس آن‌ها امکان پذیر می باشد.

از مزایای این روش سرعت آن است. زیرا به محض مشاهده علامت ظاهری خاص می توان به کمبود عنصر مربوطه در گیاه و نتیجتاً خاک، پی برد. از طرف دیگر این روش دارای مشکلات و محدودیت‌های زیادی از جمله، نیاز به تخصص و تجربه برای تشخیص علائم،

اختصاصی نبودن بعضی علائم و امکان اشتباه در تشخیص، ظاهر نشدن علائم کمبودهای ضعیف (گرسنگی پنهان) می‌باشد. البته یکی از مهم‌ترین مشکلات پیش روی در استفاده از علائم کمبود آن است که علائم کمبود زمانی بروز می‌نمایند که معمولاً فرصت کافی برای جبران کمبود وجود ندارد. همچنین علائم خسارت برخی از آفات و بیماری‌ها نیز ممکن است با علائم کمبود عناصر، اشتباه گردد.



شکل 9 - نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص (Norton, 2013)

2-3-1- علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف

نیتروژن (N): علائم کمبود این عنصر به صورت رشد اولیه ضعیف، رشد سبزینه ای ضعیف و در حالت کمبود شدید، زرد شدن برگ‌های پیر و مرگ قسمت نوک آن‌ها می‌باشد (شکل پیوست 1 تا 3).

فسفر (P): فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است. این عنصر در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی در ترکیبات انرژی‌زا و در سازوکارهای (مکانیسم‌های) انتقال انرژی دخالت دارد. به علاوه فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده و نقش ویژه‌ای به عنوان جزئی از پروتئین هسته

سلول، غشاء سلولی و نوکلئوتیدها ایفا می‌کند. فسفر توسط گیاه به دو شکل $H_2PO_4^-$ یا HPO_4^{2-} جذب می‌شود. کمبود فسفر سبب ضعیف شدن ریشه و قسمت هوایی گیاه می‌شود. برگ‌های باریک از علائم کمبود فسفر است و رنگ سبز مایل به آبی با لکه‌های ارغوانی از علائم ظاهری این کمبود می‌باشد. هم‌چنین در شرایط کمبود فسفر برگ‌ها به ویژه در نوک برگ دچار مردگی (نکروز) می‌شود (James, 2013). کمبود فسفر در آفتابگردان توسعه و بلوغ ریشه را به تاخیر می‌اندازد. تغذیه ضعیف و حتی ملایم فسفر هم‌چنین توانایی محصول را در پاسخ دادن به مواد غذایی نظیر نیتروژن و گوگرد، می‌تواند کاهش دهد. کمبود فسفر موجب پوکی یا لاغری زیاد دانه‌ها شده و تشکیل گل و دانه مختل می‌شود.

پتاسیم (K): کمبود این عنصر به صورت کاهش رشد گیاه، برگ‌های کوچک و ساقه‌های باریک ظاهر می‌شود. برگ‌ها علائم کمبود رطوبت نشان داده و در کلیه برگ‌ها، کلروز بین رگبرگی دیده می‌شود. در کمبود شدید، حاشیه برگ‌ها زرد و خشک شده ولی همچنان بر روی ساقه باقی می‌ماند (شکل پیوست 5 و 6). کمبود پتاسیم باعث اختلال در تبدیل مواد معدنی و انیدرید کربنیک به مواد غذایی می‌شود. آثار کمبود پتاسیم عموماً بر روی برگ‌های پایینی ظاهر می‌شود. در بوته‌های جوان در قدیمی‌ترین برگ‌ها، نوعی زردی عمومی ایجاد شده و لکه‌های درشت نکروزه همراه با پیچیدگی شدید برگ ظاهر می‌گردد. نکروزه شدن در نوک برگ شدیدتر است و فنجانی شدن نوک برگ‌های زرد به طرف بالا یا پایین است.

گوگرد (S): گوگرد چهارمین عنصر غذایی مورد نیاز آفتابگردان می‌باشد که برای رشد کافی و مناسب ضروری است. قبل از آن‌که علائم کمبود ظاهر شود، کمبود آن سبب کاهش شدید عملکرد می‌گردد. به طور کلی علائم کمبود گوگرد بسیار مشابه با نیتروژن بوده و در مراحل غنچه دهی و گلدهی دیده می‌شود زیرا نیاز گیاه به گوگرد در طی این دوره بالا می‌باشد. علائم کمبود برعکس نیتروژن، ابتدا در برگ‌های بالایی ظاهر می‌شود. لذا در برگ‌های جدید، کمبود مشاهده می‌گردد. کمبود گوگرد سبب زرد شدن برگ‌های جوان در مراحل ابتدایی شده و این زردشدگی به تدریج به همه برگ‌ها سرایت می‌کند. آزمون بافت نیز می‌تواند در شناخت کمبود گوگرد استفاده شود. نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در بافت گیاهی نیز در تشخیص کمبود مهم است (شکل پیوست 7).

منیزیم (Mg): کمبود منیزیم باعث کلروز بین برگی در برگ‌هایی که جدیداً بالغ شده اند می شود و برگ‌های بالغ حالت فنجانی پیدا می کنند. علائم کمبود معمولاً ابتدا از برگ‌های مسن تر شروع شده و سپس به برگ‌های جوان گسترش می یابد. در حالت کمبود شدید، برگ‌ها خشک شده و پیش از رسیدن می ریزند (James, 2013).

2-3-2- علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف

روی (Zn): علائم کمبود روی در آفتابگردان در شکل پیوست (8) نشان داده شده است. کمبود روی در برگ‌های جوان باعث رنگ پریدگی و کوچک شدن برگ‌ها می گردد.

بور (B): علائم کمبود بور به صورت کوتاهی میان گره‌ها، چوب پنبه‌ای شدن ساقه‌ها، اختلال در رشد و تشکیل گل ظاهر می شود و دمبرگ‌ها کوتاه هستند (شکل پیوست 9).

مس (Cu): کمبود مس در گیاه آفتابگردان در برگ‌های جوان ظاهر شده و معمولاً رنگ پریدگی و لکه سوختگی از نشانه‌های آن می باشد (شکل پیوست 10).

منگنز (Mn): کمبود منگنز رشد را محدود کرده و در موارد شدیدتر مانع گلدهی می شود. علائم کمبود ابتدا در برگ‌های جوان به صورت لکه سوختگی در بخش‌هایی از برگ‌های جوان بین رگبرگ‌ها ظاهر می شود و سپس تعداد و اندازه لکه‌ها بیشتر شده و در نتیجه تقریباً تمام سطح برگ، به جز رگبرگ‌ها زرد می شود (شکل پیوست 11).

آهن (Fe): علائم کمبود آهن در آفتابگردان مشابه با سایر محصولات به صورت کلروز بین رگبرگ‌ها در برگ‌های جوان اتفاق می افتد. بدین صورت که کلروز آهن نخست در برگ‌های جوان در نوک شاخساره به وجود آمده و رنگ برگ‌ها به زردی می گراید. اما رگبرگ‌ها سبز باقی می مانند. لکه های قهوه ای یا بافت‌های مرده در صورت کمبود شدید اتفاق می افتد.

2-4- الگوی جذب عناصر غذایی

در مراحل اولیه رشد، جذب عناصر به منظور تولید ماده خشک شدید است. جذب عناصر در گیاهان جوان، شدید بوده و در مرحله رشدی رسیدگی گیاه، کمتر می شود. تحقیقات نشان داده آفتابگردان با عملکرد 2000 کیلوگرم، از طریق دانه 48 کیلوگرم نیتروژن، از طریق شاخه و برگ 31 کیلوگرم و از طریق ریشه 3 کیلوگرم نیتروژن جذب می نماید (عرشی،

1369). غلظت فسفر در مراحل اولیه رشد زیاد و در حدود 0/38 درصد می‌باشد. چنانچه محصول آفتابگردان با دو تن عملکرد در نظر باشد و شاخ و برگ آن به خاک برگردانده شود، میزان اندکی فسفر در مقایسه با نیتروژن به خاک اضافه می‌شود. آفتابگردان نیاز بالایی به پتاسیم دارد، هرچند مقدار آن در دانه کم می‌باشد. پتاسیم نقش مهمی در فعال‌سازی آنزیم‌ها، سوخت و ساز مواد فتوسنتزی و تبدیل آن‌ها به روغن و نیز بالا بردن مقاومت گیاه به تنش‌های زنده (مانند بیماری‌ها) و غیر زنده (نظیر خشکی) دارد. این عنصر برهم کنش مثبتی با نیتروژن، فسفر و نیز روی دارد.

آفتابگردان و بذر آن حاوی مقادیر بالایی پروتئین می‌باشند تا آن‌جا که آفتابگردان با عملکرد دو تن در هکتار، 5 کیلوگرم گوگرد از خاک خارج می‌کند. پروتئین نیز از واحدهای ساده‌ای به نام اسیدآمین تشکیل شده است که در آن گوگرد به کار رفته است که نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در آن دارای اهمیت می‌باشد. گوگرد هرچند جزئی از کلروفیل نیست، اما برای تشکیل کلروفیل برای فرآیند فتوسنتز، ضروری می‌باشد.

منیزیم یکی از اجزای ضروری کلروفیل می‌باشد ولی منیزیم موجود در کلروفیل فقط

15 درصد کل منیزیم موجود در گیاه را شامل می‌شود.

3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه آفتابگردان

تولید غذا برای جمعیت در حال رشد مستلزم مدیریت تلفیقی میزان عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک توسط کشاورزان می‌باشد. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه، به صورت استفاده هوشمندانه از ترکیب بهینه منابع آلی، معدنی و بیولوژیکی عناصر غذایی در یک تناوب زراعی برای دستیابی به عملکرد و تولید بهینه بدون آسیب رساندن به اکوسیستم خاک تعریف می‌شود. به عبارت دیگر مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه با حفظ حاصلخیزی خاک و فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه در سطح بهینه، منجر به تولید پایدار محصول به میزان مورد انتظار می‌گردد. استفاده مداوم از مقادیر بالای کودهای شیمیایی اثرات منفی بر تولید پایدار محصول داشته و استفاده نابجای آن‌ها می‌تواند به آلودگی محیط‌زیست منجر شود. کشاورزی پایدار چیزی جز مدیریت ماده آلی خاک و استفاده نسبی از کودهای آلی و بیولوژیک، کود سبز، بقایای گیاهی و انواع کمپوست نخواهد بود. از آنجایی که کودهای آلی

به تنهایی قادر به تأمین نیازهای غذایی محصولات کشاورزی پربازده در کشاورزی امروزی نیست، استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی راه حل مناسبی در توصیه کود می‌باشد. از طرف دیگر، استفاده توأم کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند به بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک کرده و به دنبال آن سبب افزایش میزان کربن آلی و عناصر غذایی خاک گردد.

3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی

در مزارع، کود عاملی برای افزایش تولید محصول و درآمد است. در شرایط و مواقعی که کمبود غذا مطرح می‌گردد، هدف، تولید حداکثر محصول از طریق کوددهی است و بر عکس در مواقعی که غذا به طور فراوان یافت می‌گردد، کارایی مصرف کود از لحاظ اقتصادی (نسبت درآمد به هزینه) مورد توجه می‌باشد. کاربرد کود با هزینه‌های ثابت (هزینه مصرف) و متغیر (هزینه خود کود) توأم بوده و به طور معمول از طریق افزایش محصول (مقدار کل محصول یا از لحاظ کیفی، مواد پر ارزش محصول) درآمد ایجاد می‌کند. معمولاً مصرف خیلی کم کود غیر اقتصادی بوده، چون هزینه آن بیشتر از درآمد آن می‌گردد (پایین تر از حد اقتصادی) و هم چنین مصرف خیلی زیاد کود سبب از دست رفتن پول است (بالا تر از حد اقتصادی). تصمیم‌گیری در مورد انجام کوددهی اقتصادی به حداکثر سوددهی (در زمان کمبود پول) و یا حداکثر درآمد خالص (در موقع کمبود زمین) بستگی دارد. برای محاسبه دقیق حد مطلوب این ارقام، رو در رو قرار دادن ارقام مربوط به محصول و هزینه ضروری است (کسرایبی، 1372 و ملکوتی و ریاضی همدانی، 1370). به طور خلاصه تعیین پرسودترین میزان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به دلایل زیر دشوار است:

1- افزایش مورد انتظار محصول به ازای واحد مقدار کود افزود شده

2- سطح مدیریت

3- پیش‌بینی قیمت محصول فروخته شده توسط کشاورز

4- قیمت کود

5- هزینه‌های اضافی برداشت و بازاریابی

6- اثرات باقیمانده کود

7- مقدار سایر عناصر غذایی در کود یا خاکورد

8- بازخورد مصرف انواع مختلف کود بر روی پایداری، سلامت و ساختار خاک، زمین

ریخت، سفره آب های زیرزمینی و ارکان حوضه های آبی

بدیهی است که پرسودترین میزان کود در سال های مختلف به دلیل تغییر قیمت تولیدات کشاورزی و کود، متفاوت خواهد بود و لازم است برای آن سال تعیین گردد (ملکوتی و ریاضی همدانی، 1370).

3-1-1- توصیه مصرف نیتروژن

نیتروژن به مقدار زیاد در بافت گیاهی مورد نیاز می باشد، زیرا این عنصر جزئی از پروتئین گیاهی، اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل می باشد. غلظت نیتروژن در کل گیاه در مرحله قبل از گل دهی حدود $1/69$ درصد می باشد. سطح پائین تر از $1/4$ درصد، کمبود و سطوح بالاتر از 4 درصد، بیش بود می باشد. گیاهان سالم آفتابگردان با نیتروژن کافی، دارای برگ سبز تیره می باشند اما از آن جا که این عنصر در گیاه متحرک است در زمان کمبود، برگ های پیرتر و ساقه ها، علائم کمبود را نشان می دهند (NSAC، 2012).

قسمت اعظم نیتروژن موجود در خاک در مواد آلی قرار دارد، ولی مقدار کمی از کل آن در هر سال در اختیار گیاه قرار می گیرد. ریزجانداران خاک از عوامل تجزیه و آزادسازی نیتروژن موجود در مواد آلی می باشند. عوامل مختلفی همانند وضعیت محیطی به ویژه نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در بقایای گیاهی، درجه حرارت و رطوبت خاک و نیز میزان مواد آلی، بر فعالیت ریزجانداران خاک تأثیر دارد. اغلب تنها 20-10 درصد کل نیتروژن مورد نیاز برای گیاهان پرمحصول از طریق نیتروژن آزادسازی شده از مواد آلی، تأمین می گردد، بنابراین لازم است از طریق مصرف کودهای نیتروژن و کودهای آلی بقیه نیاز نیتروژنی گیاه را تأمین نمود. ریشه آفتابگردان قادر است نیتروژن را از عمق 60 سانتی متری یا بیشتر جذب کند. واکنش گیاه نسبت به این کود تحت تاثیر نوع خاک، رطوبت و تعادل سایر عناصر غذایی می باشد.

مصرف نیتروژن در اغلب موارد سبب کاهش درصد روغن می‌گردد. به عبارت دیگر هر عملی که سبب افزایش پروتئین بذر شود سبب کاهش مقدار روغن می‌گردد. به هر حال مصرف مقادیر بالاتر کود سبب افزایش عملکرد دانه و مقدار تولید روغن در واحد سطح به دلیل افزایش عملکرد دانه می‌گردد، اما درصد روغن کاهش می‌یابد. در حقیقت همبستگی منفی بین میزان پروتئین و روغن دانه وجود دارد و با توجه به آن که ارزش روغن چند برابر پروتئین کنجاله می‌باشد، بنابراین مصرف بیش از حد نیتروژن به صرفه نیست. هرچند نیتروژن جزئی از مولکول گلوکوزینولات است ولی مطالعات نشان داده کاربرد کودهای نیتروژنی سبب کاهش میزان گلوکوزینولات ها در گیاه می‌گردد (ملکوتی و رضایی، 1380).

نیتروژن مورد نیاز آفتابگردان

میزان نیتروژن خالص جذب شده توسط گیاه با عملکرد $3/5$ تن دانه آفتابگردان در هکتار حدود 131 کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. به‌طور متوسط، میزان نیاز آفتابگردان به کود نیتروژنه حدود 50 کیلوگرم نیتروژن خالص به ازای هر تن دانه آفتابگردان می‌باشد (خادمی و همکاران 1384). کود نیتروژنه بطور مستقیم در رشد و نمو گیاه تأثیر دارد و باعث افزایش سطح برگ و افزایش تعداد دانه در طبق می‌شود. مصرف نیتروژن در مرحله ستاره سو شدن باعث افزایش قطر طبق و تعداد دانه در آن می‌شود. جذب نیتروژن بوسیله آفتابگردان تا مرحله شروع به گل کردن بشدت ادامه یافته و از آن به بعد بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

زمان و نحوه مصرف کود نیتروژن

در مورد زمان و چگونگی مصرف کودهای نیتروژنی در زراعت آفتابگردان باید گفت که تقسیم کودهای نیتروژنی و مصرف کودها مطابق با زمان نیاز حداکثری گیاه و توجه به مرحله رشدی آن می‌تواند روش خوبی برای کاهش هدر رفت نیتروژن و افزایش کارایی آن باشد. بطور کلی نیتروژن مورد نیاز آفتابگردان بهتر است در سه زمان مصرف گردد: در آبیاری سوم حدود 30 درصد و بقیه بصورت کود سرک در دو نوبت به مقدار مساوی، یکی بعد از تنک کردن (مرحله 7 تا 8 برگی) و بقیه در اواسط فصل رشد در مرحله ستاره سو

شدن (تشکیل غنچه). مصرف تمامی کود نیتروژنه قبل از زمان کاشت توصیه نمی‌شود زیرا مقدار زیادی از نیتروژن به دلیل آبیاری سنگین اولیه که برای جوانه‌زنی آفتابگردان مورد نیاز است، هدر می‌رود. علاوه بر آن شرایط غیرهوازی که از طریق اشباع خاک‌ها ایجاد می‌شود سبب احیای نیترات شده و از طریق تصعید فرم‌های گازی مقدار زیادی از آن هدر می‌رود. بنابراین باید فقط قسمتی از کود نیتروژنه مورد نیاز آفتابگردان را در آغاز کشت مصرف نمود. گزارش شده که مصرف حداکثر 10 کیلوگرم کود نیتروژنه به همراه بذر باعث تحریک جوانه زدن شده است، لیکن شواهدی دال بر این که چنین تحریک اولیه‌ئی سبب افزایش عملکرد می‌شود موجود نیست (خادمی و همکاران 1384).

آزمایش‌های مختلف نشان داده است که در واکنش آفتابگردان نسبت به کود نیتروژنه، تفاوت محسوسی بین منابع مختلف کودی وجود ندارد. مهم آنست که آبیاری (یا بارندگی) بعد از مصرف، این اطمینان را بدهد که کود مصرفی در محدوده ریشه قرار گرفته است. هرچند Kosegarten و همکاران (1998) اظهار داشتند وقتی منبع کود نیتروژنه برای آفتابگردان از نیترات تامین شود، حرکت آهن از ریشه به اندام‌های هوایی گیاه محدود می‌شود. در نتیجه برگ‌ها کمبود آهن را نشان می‌دهند. در بسیاری از کشورها معمولاً از منبع اوره (46% نیتروژن) برای تامین نیتروژن استفاده می‌شود. اما آنچه بین منابع مختلف در انتخاب نوع کود تفاوت ایجاد می‌کند، هزینه حمل و نقل کود در واحد عنصری کود، کارایی کود و نیز مقدار کاربرد است.

در جدول‌های (4) تا (7) مقدار کود اوره مورد نیاز آفتابگردان براساس عملکرد مورد انتظار، اقلیم و میزان کربن آلی خاک ارائه و توصیه شده است (خادمی و همکاران 1384).

جدول 4- توصیه کودی اوره برای آفتابگردان در پهنه‌ی خشک و نیمه خشک با زمستان خنک و تابستان گرم تا خیلی گرم (کیلوگرم در هکتار)

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)									%کربن آلی خاک
2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
235	260	270	280	290	300	310	320	350	<0/2
225	240	250	260	270	280	290	310	330	0/4
200	210	220	230	240	260	280	300	320	0/6
185	200	210	220	230	250	270	290	310	0/8
170	180	200	210	220	240	260	280	300	1/0
160	170	180	200	210	230	250	270	290	1/2
155	165	175	190	200	220	240	260	280	1/4
145	155	165	180	190	210	230	250	270	1/6
140	150	160	170	180	200	220	240	260	1/8
120	130	140	150	160	180	200	220	250	> 2/0

جدول 5- برآورد اوره مورد نیاز آفتابگردان برحسب کیلوگرم در هکتار در پهنه‌ی نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان گرم

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)									%کربن آلی خاک
2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
165	180	200	220	240	260	280	300	320	0/2
145	160	180	200	220	240	260	280	300	0/4
125	140	160	180	200	220	240	260	280	0/6
115	120	140	160	180	200	220	240	260	0/8
85	100	120	140	160	180	200	220	240	1/0
75	90	110	130	150	170	190	210	230	1/2
65	80	100	110	130	150	170	190	210	1/4
45	60	80	100	120	140	160	180	200	1/6
25	40	60	80	100	120	140	160	180	1/8
15	20	30	40	60	80	100	120	150	> 2/0

جدول 6- توصیه کودی اوره برای آفتابگردان در پهنه‌ی نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان معتدل (کیلوگرم در هکتار)

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)									%کربن آلی خاک
2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
160	170	180	200	220	240	260	280	300	<0/2
125	140	160	180	200	220	240	260	280	0/4
110	120	140	160	180	200	220	240	260	0/6
90	100	120	140	160	180	200	220	240	0/8
70	80	100	120	140	160	180	200	220	1/0
60	70	80	100	120	140	160	180	200	1/2
20	40	60	80	100	120	140	160	180	1/4
5	10	20	40	60	70	80	90	100	1/6
-	5	10	20	40	50	60	70	80	1/8
-	-	5	10	30	40	50	60	70	> 2/0

برای سهولت کار، در جدول‌های 4 تا 6 به جای نیتروژن خالص، مقدار برآورد برای کود اوره تنظیم شده است که می‌توان به کمک فرمول‌های ذیل به سایر کودهای نیتروژنه تبدیل نمود:

- مقدار کود بر حسب سولفات آمونیوم = $2/2 \times$ مقدار کود اوره به دست آمده از جدول

- مقدار کود بر حسب نترات آمونیوم = $1/5 \times$ مقدار کود اوره به دست آمده از جدول

3-1-2- توصیه مصرف فسفر

فسفر در بارور شدن آفتابگردان و تشکیل غنچه، گل و دانه مؤثر است. رشد گیاه در خاک‌های با فسفر کم، ضعیف است. جذب فسفر بوسیله آفتابگردان در تمام طول رویش گیاه ادامه می‌یابد (خادمی و همکاران 1384).

در خاک‌های آهکی، فسفر با آهک تشکیل ترکیبات نامحلولی می‌دهد که برای گیاه قابل استفاده نیست. بنابراین میزان کود فسفوری که گیاه آن را در سال اول جذب می‌کند

بین 5-20 درصد مقدار مصرفی می‌باشد. برای توصیه کودی فسفر از آزمون خاک استفاده می‌شود. متداول‌ترین و بهترین عصاره‌گیر برای خاک‌های آهکی مشابه کشور ایران، روش اولسن (بی‌کربنات سدیم در pH=8/2) می‌باشد.

از آن جا که فسفر در خاک تحرک نداشته و عنصری غیرمتحرک به شمار می‌آید در معرض آبشویی قرار نمی‌گیرد، اما در خاک‌های آهکی با کلسیم و منیزیم واکنش داده و ترکیبات با حلالیت کمتری ایجاد می‌نماید که این موضوع باعث کاهش قابلیت دسترسی آن می‌گردد. بنابراین کودهای فسفره بیشترین قابلیت استفاده را بلافاصله بعد از کاربرد دارند. آفتابگردان در مراحل اولیه‌ی رشد به سرعت این عنصر را جذب می‌نماید. بنابراین کود فسفر باید هم زمان با کاشت مصرف شود. کاربرد نواری و در زیر بذر کودهای فسفر در خاک‌های آهکی بسیار مفید است زیرا سطح تماس کود و خاک را کاسته و سرعت تبدیل فسفر به ترکیبات با حلالیت کم را کاهش می‌دهد. در این حالت میزان مصرف کود را می‌توان تا نصف کاهش داد. در غیر این صورت پخش سطحی و دیسک زدن بهترین روش مصرف می‌باشد. منابع مورد استفاده فسفر، سوپر فسفات تریپل، مونوآمونیم فسفات و دی آمونیم فسفات می‌باشند. منابع مایع فسفر مثل آمونیم پلی فسفات یا اسید فسفریک به ویژه در خاک‌های قلیایی با ظرفیت بافری بالا مورد توجه می‌باشند. یکی دیگر از راه‌کارهای مناسب برای کاهش مصرف کود فسفره علاوه بر روش مناسب جای‌گذاری کود، استفاده از ارقام فسفر کارا می‌باشد.

توصیه عمومی میزان مصرف کود فسفره برای آفتابگردان مقدار 20 کیلو گرم P_2O_5 (معادل 44 کیلو گرم سوپرفسفات تریپل یا مونوفسفات آمونیم) به‌ازای افزایش یک واحد به میزان فسفر خاک می‌باشد. برای مثال اگر فسفر قابل جذب خاک هفت میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد و بخواهیم آن را به 12 میلی‌گرم بر کیلوگرم برسانیم بایستی 100 کیلوگرم P_2O_5 (یا 220 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) را با خاک تا عمق 15 سانتیمتری مخلوط نماییم. غلظت مناسب فسفر برای گیاهچه در بهار (فروردین ماه) برابر 0/7 درصد در ماده خشک برگ و 0/4 درصد در ماده خشک ریشه است و در زمان برداشت به ترتیب به 0/35 و 0/2 درصد کاهش می‌یابد. در جدول‌های 7 تا 9، مقدار برآورد کود فسفر با توجه به جدول پتانسیل تولید در اقلیم‌های مختلف ارائه شده است.

جدول 9- برآورد سوپرفسفات تریپل مورد نیاز آفتابگردان بر حسب کیلوگرم در هکتار در پهنه‌ی نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان گرم

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)													فسفر قابل جذب mg.kg ⁻¹
1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	2
65	80	95	110	125	140	155	170	185	200	215	230	240	4
55	70	85	100	115	130	145	160	175	190	200	210	220	6
50	60	75	90	105	120	135	150	165	175	180	190	200	8
50	50	65	80	95	110	125	135	145	155	160	170	180	10
50	50	55	70	85	100	105	115	125	135	140	150	160	12
0	0	0	60	75	80	85	95	105	115	120	130	140	14
0	0	0	0	70	70	75	85	95	105	110	120	130	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=> 16

برای سهولت کار در جدول‌های 7 تا 9 توصیه کودی فسفر بجای فسفر خالص، براساس سوپر فسفات تریپل تنظیم شده است که می‌توان با استفاده از فرمول‌های ذیل به سایر کودهای فسفاته تبدیل نمود:

- مقدار کود بر حسب دی آمونیوم فسفات = مقدار کود سوپر فسفات تریپل به دست آمده از جدول.

- مقدار کود بر حسب سوپرفسفات ساده = $2/88 \times$ مقدار کود سوپرفسفات تریپل به دست آمده از جدول.

تذکر: نظر به این که دی آمونیوم فسفات حاوی 18 درصد نیتروژن خالص است، در صورتی که از کود دی آمونیوم فسفات استفاده شود طبق فرمول زیر مقدار کود نیتروژنه مورد نیاز تعدیل می‌شود.

- توصیه نهایی اوره = $(0/39 \times$ مقدار دی آمونیوم فسفات مصرفی) - مقدار کود اوره از جدول

3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم

پتاسیم موجب سلامتی و استحکام بافت‌های آفتابگردان می‌شود و جذب آن تا موقع تشکیل طبق‌ها ادامه یافته و بعد از آن متوقف می‌گردد.

آفتابگردان به پتاسیم زیاد نیاز دارد. مقدار پتاسیم جذب شده از هر هکتار با عملکرد 3/5 تن دانه در هکتار حدود 385 کیلوگرم می‌باشد که حدود 300 کیلوگرم از پتاسیم جذب شده، پس از برداشت محصول در مزرعه باقی مانده و به خاک برگردانده می‌شود. سیستم ریشه آفتابگردان می‌تواند از مواد غذایی اعماق خاک که برای تعدادی از محصولات قابل استفاده نیست نیز استفاده نماید. از طرف دیگر وجود مقادیر زیاد منیزیم در خاک‌ها، اغلب محدودیت‌هایی را در جذب پتاسیم توسط گیاه بوجود می‌آورد. با این حال نیاز آفتابگردان به پتاسیم خیلی بیش از زراعت‌هایی مانند گندم، پنبه و حتی چغندر قند است و بایستی از طریق آزمون خاک و بر طبق برآورد عملکرد مورد انتظار معین گردد (خادمی و همکاران، 1384).

در جدول‌های (10 تا 12) میزان پتاسیم مورد نیاز آفتابگردان به روش مصرف خاکی و بر اساس مقدار سولفات پتاسیم برای اقلیم‌های متفاوت در کشور برآورد گردیده است.

جدول 10 - برآورد سولفات پتاسیم مورد نیاز آفتابگردان بر حسب کیلوگرم در هکتار در پهنه‌ی

نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان معتدل

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)													پتاسیم قابل جذب mg.kg ⁻¹
1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
90	110	130	150	170	190	210	230	250	265	280	295	315	< 100
80	90	110	130	150	170	190	210	230	235	250	265	285	120
70	70	90	110	130	150	170	190	210	215	230	245	260	140
65	65	70	90	110	130	150	170	190	195	210	225	240	160
65	65	65	70	90	110	130	150	170	175	190	205	220	180
65	65	65	65	70	90	110	130	150	155	170	185	200	200
0	0	65	65	65	70	90	110	130	135	150	165	180	220
0	0	0	0	65	65	70	90	110	115	130	145	160	240
0	0	0	0	0	0	65	70	90	95	110	125	140	250

جدول 11- برآورد سولفات پتاسیم مورد نیاز آفتابگردان بر حسب کیلوگرم در هکتار در پهنه‌ی خشک و نیمه خشک با زمستان خنک و تابستان گرم تا خیلی گرم

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)													پتاسیم قابل جذب mg.kg ⁻¹
1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
60	80	100	120	140	160	180	200	220	235	250	265	285	< 100
50	60	80	100	120	140	160	180	200	205	220	235	255	120
50	50	60	80	100	120	140	160	180	185	200	215	230	140
50	50	50	60	80	100	120	140	160	165	180	195	210	160
50	50	50	50	60	80	100	120	140	145	160	175	190	180
50	50	50	50	50	60	80	100	120	125	140	155	170	200
0	0	50	50	50	50	60	80	100	105	120	135	150	220
0	0	0	0	50	50	50	60	80	85	100	115	130	240
0	0	0	0	0	0	50	50	60	65	80	95	110	250

جدول 12- برآورد سولفات پتاسیم مورد نیاز آفتابگردان بر حسب کیلوگرم در هکتار در پهنه‌ی نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان گرم

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)													پتاسیم قابل جذب mg.kg ⁻¹
1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
75	95	115	135	155	175	195	215	235	250	265	280	300	< 100
65	75	95	115	135	155	175	195	215	220	235	250	270	120
55	55	75	95	115	135	155	175	195	200	215	230	245	140
50	50	55	75	95	115	135	155	175	180	195	210	225	160
50	50	50	55	75	95	115	135	155	160	175	190	205	180
50	50	50	50	55	75	95	115	135	140	155	170	185	200
0	0	50	50	50	55	75	95	115	120	135	150	165	220
0	0	0	0	50	50	55	75	95	100	115	130	145	240
0	0	0	0	0	50	50	65	85	90	105	120	135	250

تذکر: اعداد جداول فوق برای خاک‌های با بافت سبک تا متوسط است. در خاک‌های با بافت سنگین (مقدار رس بیش از 30 درصد) مقدار 10 درصد به ارقام فوق اضافه گردد. مقدار کود بر حسب کلرید پتاسیم = 0/833 × مقدار کود سولفات پتاسیم به دست آمده از جدول

3-1-3- توصیه مصرف گوگرد

گوگرد چهارمین عنصر غذایی مورد نیاز آفتابگردان می‌باشد که برای رشد کافی و مناسب آفتابگردان ضروری است. غلظت گوگرد در گیاه نزدیک به غلظت فسفر در گیاه است. به عبارت دیگر اهمیت تغذیه‌ای گوگرد در گیاهان بویژه در دانه‌های روغنی بسیار مهم است. گوگرد جزئی از ترکیبات بی‌شماری از اسیدهای آمینه و در نتیجه پروتئین‌ها است. احتمالاً کمبود گوگرد از طریق تأثیر منفی در سنتز پروتئین‌ها سبب اختلالات رشد می‌گردد. علاوه بر آن کمبود گوگرد موجب تجمع نیتروژن غیرپروتئینی در گیاه می‌شود. نتایج آزمایش‌های انجام شده در دنیا نشان می‌دهد که با مصرف گوگرد به علت پایین آمدن pH اپوپلاست، حرکت آهن و روی و سایر عناصر ریزمغذی از ریشه به بافت‌های بالایی گیاه افزایش می‌یابد و مصرف گوگرد به همراه فسفر با محلول پاشی بور (2 در هزار) و یا مصرف گوگرد و نیتروژن سبب افزایش عملکرد دانه و مقدار روغن و نیز درصد پروتئین دانه می‌گردد. پروتئین‌هایی که دارای گروه عامل SH- زیادی هستند در کاهش سمیت فلزات سنگین نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این عوامل (SH-) با فلزات سنگین ترکیب شده و اثرات سمی آنها را خنثی می‌نماید.

مقدار کافی گوگرد به شکل سولفات در خاک به صورت قابل توجهی رشد رویشی و تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد و سبب افزایش عملکرد بذر با افزایش مقدار پروتئین در بذرها می‌گردد. گیاه، گوگرد را به صورت سولفات از خاک جذب می‌کند. تغذیه گوگرد بستگی بسیار زیادی به معدنی شدن مواد آلی خاک دارد. تأمین گوگرد کافی برای زراعت بستگی به برخی عوامل مانند مقدار گوگرد جذب شده از اتمسفر و مقدار سولفات موجود در آب آبیاری نیز دارد. معمولاً بیشتر گوگرد موجود در خاک به شکل آلی بوده و قابل جذب سریع گیاه نمی‌باشد. با توجه به این که معدنی شدن یک فرآیند زیستی (بیولوژیک) است، بنابراین با شرایط محیطی از جمله جمعیت ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد (که از جمله عمده آنها می‌توان باکتری‌های خانواده تیوباسیلوس را نام برد)، رطوبت، دما و ماده آلی مرتبط می‌باشد (خادمی و همکاران، 1384).

کودهای مختلف گوگردی در حال حاضر قابل استفاده می‌باشند. ترکیبات سولفات را می‌توان هنگام کاشت مصرف نمود. اما شکل گوگرد عنصری بایستی توسط ریزجانداران در خاک به شکل سولفات در آیند تا قابل استفاده گیاه شوند. تبدیل گوگرد عنصری معمولاً نیاز به چندین ماه شرایط گرم و رطوبت مناسب خاک دارد. به هر حال هنگامی که کمبود گوگرد، علائم خود را ظاهر می‌سازد بایستی از شکل‌های سولفاتی استفاده نمود.

مقدار مصرف

استفاده از گوگرد عنصری در حالت پودری و یا به شکل پاستیل قابل توصیه است. به علاوه می‌توان از گوگرد آلی گرانوله نیز استفاده کرد. این کودها پیش از کشت مصرف می‌گردند. در صورت استفاده از گوگرد عنصری می‌بایست شرایط لازم برای اکسیداسیون آن در خاک فراهم گردد. در این صورت کاربرد گوگرد به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس توصیه می‌شود. در صورتی که کود سولفات آمونیوم در دسترس باشد می‌توان 100 کیلوگرم در هکتار کود سولفات آمونیوم را در اولین مرحله مصرف، جایگزین 50 کیلوگرم در هکتار کود اوره نمود. البته باید توجه داشت در صورتی که برای جبران کمبود عناصر در خاک مثل پتاسیم، منیزیم، روی، منگنز، و مس از شکل سولفات این عناصر استفاده گردد می‌تواند تأمین کننده گوگرد مورد نیاز گیاه نیز باشد. مقدار مصرف گوگرد با در نظر گرفتن هدف مصرف می‌تواند متفاوت باشد. اگر هدف از مصرف گوگرد اصلاح ساختار فیزیکی و خواص شیمیایی خاک‌های شور و سدیمی (اصلاح خاک) باشد، معمولاً مصرف 3-1 تن گوگرد در هکتار از طریق فرمول محاسبه و توصیه می‌شود زیرا گوگرد بایستی در خاک اکسید شده و به همراه سدیم موجود در خاک بصورت سولفات سدیم از منطقه رشد ریشه خارج گردد. این فرآیند تا کاهش قابل توجه سدیم موجود در خاک ادامه می‌یابد. ولی اگر هدف از مصرف گوگرد استفاده از آن به عنوان یک ماده غذایی باشد معمولاً مصرف 200-400 کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود. ممکن است هدف از مصرف گوگرد اثرات ثانویه آن نظیر کاهش پ-هاش ریزوسفر، افزایش حلالیت عناصر غذایی و خنثی نمودن بی‌کربنات آب آبیاری باشد، در این صورت معمولاً مصرف 100-250 کیلوگرم گوگرد در هکتار توصیه می‌شود.

زمان و روش مصرف گوگرد:

برای اکسیداسیون سریع گوگرد عنصری بایستی آن را زیر خاک قرار داد. مصرف نواری گوگرد عنصری بر پخش سطحی آن بویژه هنگامی که مقادیر کم استفاده می‌شود ارجح‌تر است. زیرا با ایجاد pH پائین‌تر در ناحیه اطراف ریشه سهولت جذب عناصر غذایی و رشد بهتر ریشه را فراهم می‌سازد. مصرف گوگرد به دلیل پودری بودن و دشواری توزیع یکنواخت آن با محدودیت‌هایی روبروست و در سال‌های اخیر محصولات مختلفی از گوگرد عنصری به بازار آمده است که مقدار گوگرد قابل استفاده آنها از 63 تا 100 درصد متفاوت است. بایستی توجه داشت تأثیر گوگرد علاوه بر مقدار آن منوط به وجود باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد (تیوباسیلوس‌ها) و رطوبت مناسب در خاک و همچنین اندازه مناسب ذرات گوگرد است. بنابراین اکیداً توصیه می‌گردد مصرف گوگرد به همراه پودر زیستی تیوباسیلوس صورت گیرد و رطوبت در حد مطلوب نگهداری شود. در صورت عدم وجود باکتری‌های تلقیح‌کننده تیوباسیلوس، می‌توان گوگرد را با کودهای دامی (به نسبت 2 به 1 کود دامی به گوگرد) مخلوط کرده و سپس مصرف نمود.

3-1-4- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف

در اغلب خاک‌های کشور بدلیل پ- هاش بالای خاک، جذب چهار عنصر فلزی کم مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) با مشکلاتی روبروست. از طرف دیگر وجود کربنات کلسیم نسبتاً زیاد در خاک، باعث غیرفعال شدن این عناصر شده است. در نتیجه در اکثر مناطق کشورمان کمبود این عناصر را به همراه افت کمی و کیفی محصولات کشاورزی شاهد هستیم. بدیهی است نقش عناصر کم مصرف بیشتر در عملکردهای بالا نمایان می‌شود. آفتابگردان از جمله گیاهانی است که به کمبود بُر و مس حساسیت نشان می‌دهد. در مواردی که کمبود شدید عناصر کم مصرف به ویژه روی وجود داشته باشد، مصرف حاکی و محلول‌پاشی هر دو باید انجام گیرد. محلول‌پاشی با غلظت سه تا 5 در هزار سولفات روی می‌تواند در دو مرحله، یکی در 6-7 برگی و دیگری قبل از غنچه دهی و مصرف حاکی قبل از کاشت آن به میزان 20-30 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در خاک‌های دارای کمبود بُر که دارای کمتر از 1 میلی‌گرم در کیلوگرم بُر هستند،

مقدار 10-15 کیلوگرم در هکتار اسیدبوریک به صورت پخش یکنواخت توصیه می‌شود. هرگز بور به صورت نواری استفاده نگردد. چنانچه بیشتر از مقدار مورد نیاز بور مصرف شود برای گیاه ایجاد سمیت خواهد کرد. تأکید می‌شود که فقط در صورت کمبود بور در خاک می‌توان بور (اسید بوریک) مصرف نمود. در توصیه کودی بور علاوه بر مقدار آن در خاک (به خصوص در خاک‌های شور) باید مقدار آن در آب آبیاری نیز مد نظر قرار گیرد، چرا که ممکن است مقدار آن در آب آبیاری، کمبود در خاک را جبران نماید.

برای کنترل کمبود منگنز، اگر چه مصرف سولفات منگنز به خاک می‌تواند مؤثر واقع شود ولی محلول پاشی آن کارایی بیشتری دارد. معمولاً محلول پاشی 3-5 در هزار سولفات منگنز در هنگامی که بوته‌ها 4-5 برگ داشته باشند کافی است. اما در موارد کمبود شدید منگنز محلول پاشی در مراحل بعد ممکن است ضروری باشد. برای مقابله با کمبود آهن می‌توان از شیوه‌های زیر سود جست:

- 1- انتخاب ارقام مقاوم در برابر کلروز آهن
- 2- در مناطق دچار کمبود کاربرد کلات آهن در طی کشت توصیه می‌گردد. از جمله این روش‌ها استفاده از کلات Fe-EDDHA در خاک و یا به صورت محلول پاشی می‌باشد. اما گرانی این کودهای آلی مصرف آن را محدود می‌سازد. مواد دیگری نیز همچون سولفات آهن در خاک قابل استفاده می‌باشد، اما با توجه به عدم کارایی این کود در خاک‌های آهنکی، مصرف آن توصیه نمی‌شود.
- 3- محلول پاشی ترکیبات حاوی آهن نیز در رفع کلروز مؤثر می‌باشد. محلول پاشی گیاهان دچار کلروز در 2 نوبت با فاصله 15 روز با محلول چهار در هزار سولفات آهن بسیار مؤثر است. یعنی 4 کیلوگرم سولفات آهن ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) در 1000 لیتر آب حل شده و سپس استفاده گردد. استفاده از غلظت‌های بالاتر، اغلب سبب سوختگی برگ‌ها می‌شود. افزودن عوامل مرطوب‌کننده تجاری یا چند قطره مایع ظرفشویی پیش از محلول پاشی، الزامی است. در صورت ضرورت محلول پاشی بایستی قبل از ظهور زردی، انجام گیرد و در صورت بروز کمبود چندین بار بایستی محلول پاشی نمود. همچنین محلول پاشی باید در صبح یا غروب و هنگامی که درجه حرارت پایین و رطوبت بالا و باد آرام است، انجام گیرد.

- نکات فنی عمومی برای محلول پاشی

- محلول پاشی باید صبح زود یا عصر، هنگامی که نور خورشید مایل است انجام گیرد؛

- به محلول کودی تهیه شده، ماده سیتوویت یا مایع ظرفشویی به غلظت 0/2 در هزار (200 میلی لیتر در 1000 لیتر آب) اضافه گردد. این کار باعث کاهش نیروی کشش سطحی آب شده در نتیجه قطرات آب حالت پخشیده به خود گرفته و سطح تماس برگ با ذرات کودی بیشتر شده و میزان جذب برگی افزایش می‌یابد؛
- هنگام محلول پاشی سرعت وزش باد باید حداقل باشد؛
- پس از انجام محلول پاشی با حداقل فاصله زمانی، آبیاری مزرعه انجام گیرد؛
- حرارت محیط در هنگام محلول پاشی پایین‌تر از 29 درجه سانتی‌گراد باشد.
- برای اطمینان از صحت انجام عملیات فوق پیشنهاد می‌گردد کود مورد نظر را با غلظت مربوطه تهیه و در قطعه کوچکی از مزرعه برگ‌پاشی نمود. در صورت عدم ظهور علائم برگ سوزی، پس از سه روز در گیاه در تمام سطح مزرعه، برگ پاشی انجام پذیرد. در اراضی شور از کود عناصر کم مصرف بدون بور استفاده شود.
- محلول پاشی برگی بیشتر به عنوان یک ابزار موقتی و اضطراری استفاده می‌شود. به عبارت دیگر موارد استعمال کوددهی از طریق برگ به دنبال کوددهی از طریق خاک و برطرف نمودن کمبودهای نهفته و مبارزه با کمبودهای شدید عناصر غذایی کم مصرف می‌باشد (کسرای، 1372 و Kianci و Gulmezoglu، 2007). عناصر کم مصرف به طور کلی از طریق خاک و یا محلول پاشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما، تصمیم‌گیری در خصوص کاربرد عناصر کم مصرف به دو روش مزبور، منوط به سهولت کاربرد و مسائل اقتصادی می‌باشد (Jones و Jacobsen، 2009).

جدول 13- توصیه کودهای ریزمغذی برای آفتابگردان (بر حسب کیلوگرم در هکتار)

سولفات روی		اسید بوریک		سولفات مس		سولفات آهن	سولفات منگنز	مقدار عنصر ریزمغذی در خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
گرم/هکتار	* گرم/هکتار	گرم/هکتار	* گرم/هکتار	گرم/هکتار	* گرم/هکتار	* گرم/هکتار	* گرم/هکتار	
40	2	35	2	24	1	2	2	0/1
35	2	30	2	21	1	2	2	0/2
30	2	25	2	18	1	2	2	0/3
25	2	20	2	15	1	2	2	0/4
20	2	15	0	12	1	2	2	0/5
15	2	10	0	9	1	2	2	0/6
10	2	0	0	6	1	2	2	0/7
10	2	0	0	3	1	2	2	0/8
0	0	0	0	0	0	2	2	0/9
0	0	0	0	0	0	2	2	1/0
0	0	0	0	0	0	2	2	1/5
0	0	0	0	0	0	2	2	2
0	0	0	0	0	0	2	2	2/5
0	0	0	0	0	0	2	2	3
0	0	0	0	0	0	2	2	3/5
0	0	0	0	0	0	2	2	4
0	0	0	0	0	0	2	2	4/6
0	0	0	0	0	0	0	0	>5

برگ‌پاشی روی، منگنز، آهن و بر به غلظت دو در هزار و مس به غلظت یک در هزار به همراه دو کیلوگرم اوره در یک هزار لیتر آب در یک هکتار در دو نوبت مصرف شود. نوبت اول در مرحله 6-7 برگی و نوبت دوم: قبل از باز شدن غنچه‌ها.

3-2- کاربرد ماده آلی در تولید آفتابگردان

ماده آلی نه تنها تامین‌کننده بخشی از نیاز گیاه به عناصر غذایی می‌باشد بلکه با تشدید فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می‌کند، از سویی، مصرف مواد آلی در خاک، منجر به بهبود وضعیت فیزیکی خاک نیز می‌گردد که این امر به نوبه

خود به رشد و نمو بهتر گیاه کمک می‌کند.

کودهای آلی می‌تواند منشاء حیوانی یا گیاهی یا مخلوطی از آن‌ها را داشته باشد. بسته به روش مورد استفاده برای جمع‌آوری و ذخیره، کود دامی به شکل‌های مختلف وجود دارد. کود دامی از لحاظ زیستی غیرهمگن بوده و مقدار عناصر غذایی به نوع حیوان، نوع تغذیه، روش جمع‌آوری و مدت زمان نگهداری در انبار بستگی دارد و برای تعیین مقدار واقعی بایستی اقدام به تجزیه کود نمود. شاخص‌های لازم برای اندازه‌گیری عبارتند از: درصد کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم کل، pH و EC. البته باید گفت تجزیه ماده آلی و آزاد سازی عناصر غذایی برای گیاه غیرقابل پیش بینی بوده و بستگی به درجه حرارت، رطوبت، نسبت کربن به نیتروژن و میزان لیگنین دارد. همه این موارد سبب می‌شوند تا تخمین و تعیین مقدار عنصر آزادسازی شده از کودهای دامی در کوتاه مدت مشکل باشد. کودهای آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی به بهبود ساختمان خاک و افزایش مقدار هوموس خاک نیز کمک می‌نمایند. کود دامی یکی از منابعی است که باید در مکان‌هایی که وجود دارد به طور کامل استفاده شود. به هر حال این کودها بخشی از عناصر غذایی برداشت شده از خاک را به خاک بر می‌گردانند اما نمی‌توانند همه هدر رفت و خروج عناصر غذایی از مزرعه را جبران نمایند. هم چنین نسبت عناصر غذایی از کود دامی ممکن است مطابق با نیاز گیاه نباشد. در چنین حالتی کشاورز بایستی عناصر غذایی تکمیلی را از طریق کودهای شیمیایی تأمین نماید. البته سایر منابع مواد آلی نظیر کود سبز، استفاده از بقایای گیاهی و کمپوست حاصل از ضایعات آلی صنعتی نظیر باگاس نیشکر، قابلیت لازم را برای تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و هم به عنوان یک بهساز خاک دارا می‌باشند (خادمی و همکاران 1384). میزان مصرف کود آلی بستگی به درجه پوسیدگی، میزان عناصر غذایی، نسبت کربن به نیتروژن و نوع آن دارد. اگر کود آلی نپوسیده باشد بهتر است چند ماه جلوتر با خاک مخلوط و با اعمال رطوبت مناسب پوسانده شود. اگر کود آلی درجه رسیدگی کافی داشته باشد می‌توان همزمان با کشت آن را مصرف نمود. بهتر است کود آلی در عمق موثر ریشه با خاک کاملاً مخلوط شود.

جدول 14- برآورد حداقل کود حیوانی مورد نیاز آفتابگردان

1/6 >	1/5	1/4	1/3	1/2	1/1	1/0	0/9	0/8	0/7	0/6	0/5	0/4	0/3	0/2	0/1	کربن آلی خاک (درصد)
0	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	کود حیوانی (تن در هکتار)

3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت آفتابگردان

کودهای زیستی به مواد جامد (عمدتاً پودری)، مایع و یا در برخی موارد ژله مانند اطلاق می شود که قادر است جمعیتی انبوه از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاک‌زی و یا فرآورده سوخت و سازی آنها را روی یک ماده نگهدارنده یا حامل، از زمان تولید تا زمان مصرف نگهداری نماید. این دسته از کودها به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و یا افزایش رشد و عملکرد آنها، استفاده می شوند. انواع متفاوتی از کودهای زیستی امروزه در دنیا معرفی شده است که توسط زارعین برای کشت مورد استفاده قرار می گیرد. به‌عنوان مثال، استفاده از برخی کودهای زیستی با تولید هورمون‌های محرک رشد توسط ریزجانداران موجود در این کودها منجر به افزایش رشد و عملکرد محصولات زراعی می شود و مسایل و مشکلات محیطی مصرف کودهای شیمیایی را نیز کاهش می دهد. این کودهای زیستی، حاوی مجموعه ای از فعال‌ترین سویه‌های باکتری‌ها و قارچ‌ها است که می توانند به صورت تلقیح با بذر مصرف گردند.

مدیریت تغذیه گیاه آفتابگردان در شرایط تنش های محیطی

4-1- مدیریت تغذیه گیاه آفتابگردان در شرایط شور

در شوری خاک، جذب آب توسط گیاه کم شده و به‌علت خشکی فیزیولوژیکی، میزان فتوسنتز در گیاه و در نتیجه عملکرد کاهش می یابد. از این دیدگاه نیاز کودی گیاه تقلیل می یابد. این مسئله در بسیاری از تحقیقات گذشته به اثبات رسیده و تجزیه و تحلیل مجدد بر روی داده های آزمایشی داخل کشور نیز مؤید همین مطلب می باشند.

با افزایش شوری خاک، رشد ریشه گیاه کاهش یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه کم می شود. لذا برای تأمین مواد غذایی، لازم است غلظت عنصر غذایی نسبت به شرایط

غیر شور تا حدودی افزایش یافته و از این دیدگاه برای رسیدن به یک تولید معین در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور مقدار بیشتری کود بایستی مصرف گردد. تحقیقات سالهای 74 و 75 در استان قم نیز همین امر را تأیید نمود (مهاجر میلانی و همکاران، 1378، درودی و سیادت، 1378). تأثیر شوری خاک و آب بر عملکرد دانه آفتابگردان در جدول 1-3 ارائه شده است.

جدول 15- مقدار درصد کاهش نسبی محصول دانه گندم، پنبه و آفتابگردان به ازاء شوری خاک و آب (Rhoades و همکاران 1992 و Westcot و Ayers 1985)

شیب کاهش (درصد)	کاهش نسبی محصول (درصد)										محصول
	100		50		25		10		0		
7/1	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	گندم
	13	20	8/7	13	6/3	9/5	4/9	7/5	<4	<6*	
5/2	18/0	27/0	12/0	17/0	8/4	13/0	6/4	9/6	<5/1	<7/7*	پنبه
5/6	>12	>13/5	10	11	8	8/5	6/5	7	<4/8	<5*	آفتابگردان

*شوری خاک و آب برحسب دسی زیمنس بر متر (dS/m) است.

شوری خاک ارتباط مستقیم با شوری آب آبیاری و وضعیت زهکشی اراضی (نفوذ آب در خاک) دارد. به عبارت دیگر شوری آب آبیاری می‌تواند شوری خاک را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در جدول فوق، دو شوری آب ملحوظ شده است. بنابراین برای برآورد شوری واقعی، دو عامل شوری آب آبیاری و بافت خاک توأمأً دخالت داده شده‌اند. رابطه بین شوری واقعی خاک با شوری آب آبیاری و بافت خاک به شرح زیر است:

$$EC_a = EC_i \times C$$

که در آن:

EC_a و EC_i به ترتیب شوری واقعی خاک و شوری آب آبیاری برحسب دسی زیمنس بر متر و C ضریب بافت خاک می‌باشد. مقدار عددی C برای بافت‌های مختلف به شرح زیر است:

C = 2 برای بافت های رسی، سیلتی رسی و سیلتی

C = 1/5 برای بافت های لومی رسی سیلتی، لومی سیلتی و لومی رسی،

C = 1 برای بافت های لومی، لومی رسی شنی، و رسی شنی

C = 0/75 برای بافت های لومی شنی، شنی لومی و شنی نرم لومی

C = 0/5 برای بافت های شنی، شنی ریز، شنی درشت و شنی درشت لومی

تأثیر شوری آب آبیاری بر پتانسیل تولید در جدول 16 نشان داده شده است. بعلاوه

تحقیقات انجام شده در منطقه و جهان نشان می‌دهد که تحت شرایط شوری کم، اثر متقابل مصرف کود و شوری آب و خاک مثبت و معنی‌دار بود. ولی در شرایط شوری متوسط این اثر متقابل معنی‌دار نبود و در شوری‌های خیلی زیاد، اثر متقابل شوری و کود منفی بود. لذا با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌های گذشته، در شوری (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک متعادل شده با آب آبیاری: ECe) بین 6 تا 9/5 دسی زیمنس بر متر، به ازاء هر واحد افزایش شوری خاک مقدار 22 کیلوگرم به اوره، 15 کیلوگرم به فسفات آمونیوم* و 15 کیلوگرم در هکتار به مصرف سولفات پتاسیم محاسبه شده، افزوده می‌شود تا تأثیر شوری بر عملکرد تعدیل شود. در شوری بین 9/5 تا 13/5 به ازاء افزایش هر واحد شوری خاک مقدار 17 کیلوگرم اوره، 10 کیلوگرم فسفات آمونیوم و 10 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به مقدار کود محاسبه شده افزوده می‌شود.

همان‌طوری که قبلاً گفته شد برای ارائه توصیه کودی آفتابگردان ضروری است ابتدا پتانسیل تولید مزرعه مشخص گردد لذا تعداد آب آبیاری، شوری آب آبیاری، درصد کربنات کلسیم، شوری و بافت خاک را از نتایج تجزیه نمونه های آب و خاک استخراج کرده و در جدول 4 (پیوست) قرار می‌دهیم. با توجه به محدوده این ارقام، ردیف مربوط به هر ستون تعیین می‌گردد. در نهایت پایین‌ترین مقدار عملکرد حاصل از ارقام قرار داده شده در جدول دو را به عنوان پتانسیل تولید در نظر می‌گیریم. برای مثال در صورتی که میزان شوری واقعی خاک (dS/m)، شوری آب (dS/m)، کربنات کلسیم (%) و بافت خاک مزرعه‌ای به ترتیب معادل 8/2، 3/5، 38 و لومی باشد، پتانسیل تولید مزرعه به ترتیب معادل 5/5، 6/5، 7/0 و 5/0 تن در هکتار خواهد شد که با در نظر گرفتن محدودکننده ترین عامل که در این

* فسفات آمونیوم = دی آمونیوم فسفات

مثال کربنات کلسیم می باشد (چون پائین ترین حد تولید را نشان می دهد) تولید 5/0 تن در هکتار به عنوان پتانسیل تولید مزرعه انتخاب شده و توصیه کود بر مبنای آن صورت می - گیرد. انتخاب رقم متحمل به شوری از مواردی است که زارع در زمان مواجهه با خاک و آب شور، در پیش می گیرد.

4-2- تأثیر شرایط خشکی بر نیاز غذایی آفتابگردان و پتانسیل تولید

تنش خشکی یکی از محدودکننده ترین عوامل تولید آفتابگردان در نواحی خشک و نیمه خشک است. تنش خشکی به شرایطی اطلاق می شود که در آن آب کافی در محیط ریشه وجود ندارد. اثر تنش خشکی بر آفتابگردان به رقم، شدت و دوام تنش و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. همچنین به دلیل ارتباط نزدیک نیازهای غذایی و آبی با شرایط حاصلخیزی خاک نیز مرتبط است. تنش خشکی علاوه بر کاهش جذب مواد غذایی، بر فرآیندهای دیگری نظیر فتوسنتز، تورم سلولی و رشد سلولها اثر منفی دارد. تنش خشکی به طور کلی باعث کاهش جذب مواد غذایی می شود. یک اثر مهم کمبود آب، تاثیر بر جذب مواد غذایی توسط ریشه و انتقال آن به قسمت های هوایی گیاه است. کاهش جذب توسط ریشه می تواند ناشی از تداخل در جذب مواد غذایی و سازوکارهای بارگیری مواد غذایی و کاهش جریان تعرق باشد. هم چنین تاثیر خشکی بر جذب مواد غذایی ممکن است مرتبط با محدود شدن قابلیت دسترسی انرژی برای آلی سازی نیترات، آمونیوم، فسفات و سولفات باشد (Farooq و همکاران، 2008).

بررسی های صورت گرفته نشان می دهد که وقوع تنش خشکی در مرحله رشد طولی ساقه آفتابگردان و مرحله گلدهی (به ویژه)، به شدت بر اجزاء عملکرد و عملکرد دانه آفتابگردان، اثر منفی دارد به گونه ای که وقوع تنش خشکی در مراحل گفته شده منجر به کاهش تعداد دانه در طبق می گردد.

سازوکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات تنش خشکی بر آفتابگردان عبارتند از: توسعه ارقامی با کارایی و توانایی بالا برای مقاومت در شرایط تنش خشکی، انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به خصوص در مورد نیتروژن، پتاسیم و فسفر، آماده سازی بذر برای جوانه زدن با استفاده از اسیدهای آمینه حاوی روی و پتاسیم (seed

(priming)، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد (نظیر اسید جیبرلیک) و استفاده از حفاظ‌های اسمزی مثل پرولین (Farooq و همکاران، 2009) و استفاده از کودهای زیستی.

منابع

- 1) بی نام، 1392. آمارنامه کشاورزی (زراعی). وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
- 2) خادمی ز، پ. مهاجرمیلانی، م.ر. بلالی، م. س. درودی، م.ج. ملکوتی. 1384. بهینه سازی توصیه کود برای تعدادی از محصولات استراتژیک با استفاده از مدل کامپیوتری. گزارش نهایی پروژه، 84/1036 مورخ 84/11/23 مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، سازمان تحقیقات کشاورزی، تهران، ایران.
- 3) درودی، م. س. و ح. سیادت. 1378. تأثیر شوری آب آبیاری، کودهای سولفات پتاسیم و اوره بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در گندم. مجله خاک و آب، جلد 12 شماره 6 (ویژه نامه گندم)، تهران، ایران.
- 4) سپهر، ا. و م. ج. ملکوتی. 1379. ضرورت مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت آفتابگردان. نشریه فنی شماره 102، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
- 5) سماوات، س. 1378. مدیریت مصرف کود در کشت دانه‌های روغنی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 43، تهران، ایران.
- 6) عرشی، ی. 1369. تغذیه آفتابگردان. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه های روغنی، کرج، ایران.
- 7) غفاری، ع.ع. و ر. قاسمی و ا. دپائو. 1394. پهنه بندی اقلیم کشاورزی ایران با استفاده از روش یونسکو. نشریه زراعت دیم ایران، 4 (1): 63-95.
- 8) فرخی، ا.، ع. ر. پورنابی و ج. دانشیان. 1387. دستورالعمل تولید آفتابگردان در مناطق مختلف کشور. بخش تحقیقات دانه های روغنی. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان ترویج آموزش و تحقیقات کشاورزی، کرج، ایران.
- 9) کسرای، ر. 1372. چکیده ای در باره علم تغذیه گیاهی (ترجمه). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. 372 ص.

- 10) ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. 1379. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. چاپ دوم با بازنگری، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات، کرج، ایران.
- 11) ملکوتی، م. ج. و ح. رضائی. 1380. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
- 12) ملکوتی، م. ج. ف. مشیری و م. ن. غیبی. 1384. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی. نشریه فنی 405، انتشارات سنا، تهران، ایران.
- 13) ملکوتی، م. ج. و ع. ح. ریاضی همدانی. 1370. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران. 801 ص.
- 14) مهاجر میلانی، پ. 1378. تأثیر شوری آب و خاک بر نیاز نیتروژن و پتاسیم در گندم. نشریه فنی شماره 1054، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- 15) Ayers, R. S. and D. W. Westcot, 1985. Water quality for agriculture, FAO. Irrigation and Drainage Paper. No. 29. Rev. 1, Rome.
- 16) Cook, S. 2009. Sunflowers, A growers guide. <http://cereals.ahdb.org.uk/publications/2009/january/15/sunflowers-a-growers-guide.aspx>.
- 17) CYS. C, E. Van Ranst, J. Debaveye, and F. Beernaert. 1993. Land Evaluation, Part III Crop Requirements. Agricultural Publications No. 7, ITC, Brussels, Belgium.
- 18) Farooq, M., A. Wahid. N. Kobatashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29: 185-212.
- 19) James L. Gibson, Beth Bolles, Sheila Dunning, Theresa Friday, Dan Mullins, Carrie Stevenson, and Larry Williams. 2013. Nutrient Deficiencies in Production of Annual Floral Crops. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/EP/EP32500.pdf>.
- 20) Jones, C. and J. Jacobsen. 2009. Micronutrients: Cycling, Testing and fertilizer recommendation. Nutrient Management Module No. 7. Manitoba State University.
- 21) Kandel H. A.A.Schneiter, J.F. Miller and D.R. Berglund. 2013. Stages of Sunflower Development - NDSU Agriculture. <https://www.ag.ndsu.edu/.../plantsci/crops/a...>

- 22) Kianci, E. and N. Gulmezoglu. 2007. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilization. *Interscencia*. 32(9): 624- 628.
- 23) Kosegarten, H., U. Schwed, G. Wilson, and K. Mengel. 1998. Comparative investigation on susceptibility of faba bean and sunflower to iron chlorosis. *J. of Plant Nutrition*. 21 (7): 1511-1528.
North Dakota State University
- 24) Norton, R. 2013. Canola technology update for growers and advisors. International Plant Nutrition Institute.
- 25) NSAC.2012.Sunflower fertility. www.canadasunflower.com/wp-content/uploads/2012/11/Fertility.pdf
- 26) Rhoades, J. D., A. Kandiah, A. M. Mashali, 1992. The use of saline waters for crop production, FAO. Irrigation and Drainage Paper, No. 48, Rome.

پیوست ها

جدول پیوست 1- تقویم کوددهی آفتابگردان منطبق بر مراحل فنولوژیکی

گلدهی	غنچه دهی	رشد رویشی	جوانه زنی	قبل از کاشت	مراحل فنولوژیکی نوع کود
	35 درصد	35 درصد		30 درصد توصیه (آبیاری سوم)	کوددهی نیتروژن
	توصیه	توصیه		100 درصد توصیه ترجیحا به صورت نواری	کوددهی فسفر
				100 درصد توصیه ترجیحا به صورت نواری	کوددهی پتاسیم
				توسط دیسک با خاک مخلوط شود	کودهای آلی
				تلقیح بذر آفتابگردان با مایه تلقیح باکتری های محرک رشد PGPR	کودهای زیستی
		محلول پاشی			کودهای حاوی عناصر ریزمغذی
	همراه با آب آبیاری	همراه با آب آبیاری			اسید هیومیک
	محلول پاشی				کودهای محلول با پتاسیم بالا
		محلول پاشی			کودهای محلول با فسفر بالا

جدول پیوست 2- توضیح کوتاه در مورد علائم کمبود عناصر در آفتابگردان

علائم عمدتاً روی برگ های پیر			علائم عمدتاً روی برگ های جوانتر	
N	P	K	Mg	S
کاهش ارتفاع، قطر و سطح برگ، رنگ برگ سبز رنگ پریده متمایل به زرد	تغییر رنگ برگ ها و ساقه ها از قرمز مات، بنفش متمایل به قرمز تا صورتی	قهوه‌ای و متمایل به قرمز شدن گلبرگ‌ها، کلروزه و نکروزه شدن برگ ها، پژمردگی برگ‌ها در روزهای داغ، حساسیت بیشتر در شرایط خشک و یخبندان	کلروز بین رگبرگ‌های پهنک برگ، رگبرگ‌ها و بافت‌های مجاور سبز باقی می‌مانند.	برگ‌های سبز روشن و متمایل به زرد، رگبرگ‌ها سبزی باقی می‌مانند، اغلب با قرمز شدن رنگ همراه است.
ساقه ها نازک تر، کاهش گلدهی کاهش غنچه دهی	ساقه ها نازک تر، کاهش گلدهی کاهش غنچه دهی	کاهش رشد کمی همراه با کوتاه شدن بین گره ها و کاهش قطر ساقه	کمبود داخل یک مزرعه اغلب به صورت لکه لکه	ظاهر تمام یا کل گیاه زرد و رنگ پریده، برگ سفید، دوره گلدهی طولانی
کل مزرعه ظاهری زرد رنگ پریده کوتاه شدن دوره رسیدن	به تاخیر افتادن بلوغ	کاهش تعداد دانه در طبق		کاهش اندازه طبق و کاهش دانه در هر طبق

جدول پیوست 3- توضیح کوتاه در مورد علائم کمبود عناصر در آفتابگردان

علائم عمدتاً در برگ‌های جوان تر						
Ca	Fe	Zn	Cu	B	Mo	Mn
ایجاد	کلروز بین	رنگ	برگ‌های	تغییر رنگ	کلروز موضعی،	کلروز بین
لکه	رگبرگ‌های	پریدگی،	بزرگ‌تر به	برگ‌ها به	نکروزه شدن در	رگبرگ‌های
های	برگ	برنزه شدن	همراه کلروز در	صورت سبز	طول رگبرگ	برگ به
کلروز		سطح	پهنک	کمرنگ و	اصلی برگ،	شکل لکه
و		بالا تر	رگبرگ‌ها سبز	متمایل به	ماده شهددار	ای
نکروزه		برگ‌های	باقی می‌مانند و	قرمز، بین	چسبنده قهوه	
مانند		جوان تر،	رشد همه	رگبرگ‌ها زرد	ای رنگ روی	
در		ریزی برگ	بافت‌ها کاهش	لکه ای، ظاهر	برگ‌ها در	
پهنک			می‌یابد	گیاه انبوه و	رگبرگ، علائم	
برگ				پرپشت	دم شلاقی	
					شدن برگ	
		کوتاهی گیاه	ظاهر گیاه همانند گیاهی است که از کمبود آب رنج می‌برد	کوتاه ماندن، ساقه‌های پوک، اغلب با نکروزه قهوه‌ای، گل‌های غیر بارور همراه با ریزش گل و غنچه		تأخیر گل‌دهی
				کاهش تعداد بذر در هر طبق	کاهش رشد طبق در گیاه	کاهش توسعه طبق و به تأخیر افتادن رسیدن و زمان درو

جدول پیوست 4 - برآورد پتانسیل تولید مزرعه برای تولید آفتابگردان
(خادمی و همکاران، 1384)

عملکرد دانه آفتابگردان (کیلوگرم در هکتار)	شوری واقعی خاک (دسی زیمنس بر متر)	شوری آب (دسی زیمنس بر متر)	درصد کربنات کلسیم	بافت خاک*
4000	2	1/3	<10	Si, SiCL, CL, SiC, SiL, C
3750	3	2/0	10-16	Si, SiCL, CL, SiC, SiL, C
3500	4	2/7	17-23	Si, SiCL, CL, SiC, SiL, C
3250	5	3/3	24-30	SC, L, SCL
3000	6	4/0	31-37	SC, L, SCL
2750	7	4/7	38-44	SC, L, SCL
2500	8	5/3	45-51	LS, SL, LfS
2250	9	6/0	52-58	LS, SL, LfS
2000	10	6/7	59-64	LS, SL, LfS
1750	11	7/3	>= 65	LcS, fS, S
1500	12	8/0	>= 65	LcS, fS, S
1250	13	8/7	>= 65	LcS, fS, S
1000	14	9/3	>= 65	Cm, SiCm

SiCL = لوم رسی سیلتی

SCL = لوم رسی شنی

Si = سیلتی

Cm = رس متراکم

SiC = رس سیلتی

SC = رس شنی

C = رسی

SiCm = رس سیلتی متراکم

SiL = لوم سیلتی

SL = لوم شنی

S = شنی

L = لومی

جدول پیوست 5- ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف

از این شکل	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این شکل / یا از این شکل	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این شکل
NO ₃	0.226	N	4.427	NO ₃
NH ₃	0.820	N	1.216	NH ₃
NH ₄	0.776	N	1.288	NH ₄
CO(NH ₂) ₂ -urea	0.463	N	2.160	CO(NH ₂) ₂ -urea
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.212	N	4.716	(NH ₄) ₂ SO ₄
NH ₄ NO ₃	0.350	N	2.857	NH ₄ NO ₃
P ₂ O ₅	0.436	P	2.291	P ₂ O ₅
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.458	P ₂ O ₅	2.182	Ca ₃ (PO ₄) ₂
K ₂ O	0.830	K	1.205	K ₂ O
KCl	0.632	K ₂ O	1.580	KCl
KCl	0.525	K	1.905	KCl
ZnSO ₄ · H ₂ O	0.360	Zn	2.778	ZnSO ₄ · H ₂ O
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	0.230	Zn	4.348	ZnSO ₄ · 7 H ₂ O
ادامه جدول				
از این شکل	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این شکل / یا از این شکل	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این شکل
SO ₄	0.334	S	2.996	SO ₄
MgSO ₄	0.267	S	3.750	MgSO ₄
MgSO ₄ · H ₂ O	0.230	S	4.310	MgSO ₄ · H ₂ O
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0.130	S	7.680	MgSO ₄ · 7 H ₂ O
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.250	S	3.995	(NH ₄) ₂ SO ₄
SiO ₂	0.468	Si	2.139	SiO ₂
CaSiO ₃	0.242	Si	4.135	CaSiO ₃
MgSiO ₃	0.280	Si	3.574	MgSiO ₃
MgO	0.603	Mg	1.658	MgO
MgO	2.986	MgSO ₄	0.335	MgO
MgO	3.432	MgSO ₄ · H ₂ O	0.290	MgO
MgO	6.250	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0.160	MgO
MgO	2.091	MgCO ₃	0.478	MgO
CaO	0.715	Ca	1.399	CaO
CaCO ₃	0.560	CaO	1.780	CaCO ₃
CaCl ₂	0.358	Ca	2.794	CaCl ₂
CaSO ₄	0.294	Ca	3.397	CaSO ₄
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.388	Ca	2.580	Ca ₃ (PO ₄) ₂
FeSO ₄	0.368	Fe	2.720	FeSO ₄
MnSO ₄	0.364	Mn	2.748	MnSO ₄



شکل پیوست 2- گیاه آفتابگردان بدون کمبود نیتروژن در چپ و مبتلا به کمبود در راست



شکل پیوست 1 - علامت کمبود نیتروژن در آفتابگردان



شکل پیوست 4- کمبود فسفر در برگ آفتابگردان



شکل پیوست 3- کمبود منیزیم



شکل پیوست 6- کمبود پتاسیم



شکل پیوست 5- علائم کمبود کلسیم در آفتابگردان



شکل پیوست 6- کمبود پتاسیم



شکل پیوست 6- کمبود پتاسیم



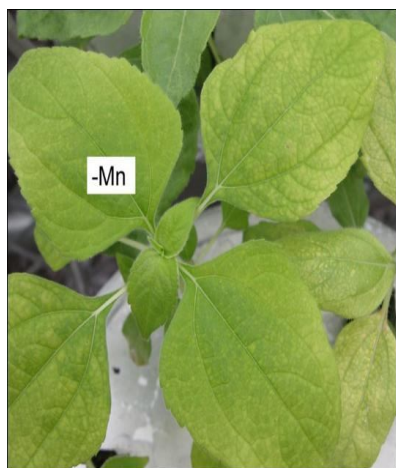
شکل پیوست 8- کمبود روی در آفتابگردان
(رنگ پریدگی، برنزه شدن سطح برگ‌های
جوان تر بالایی)



شکل پیوست 7- کمبود گوگرد در برگ
آفتابگردان (سبز روشن دم‌برگ)



شکل پیوست 9- کمبود بور (شکل راست) و (شکل چپ) در آفتابگردان



شکل پیوست 11- کمبود منگنز در آفتابگردان
(رنگ پریدگی برگ و سبز ماندن رگبرگ ها)



شکل پیوست 10- کمبود مس در آفتابگردان (رنگ
پریدگی و لکه های سوختگی در قسمت هایی از برگ)



شکل پیوست 12- کمبود آهن در آفتابگردان