

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دستورالعمل مدیریت تلفیق حاصله نری خاک و تغذیه کارزا

زورندگان

نریدون زور قلی دور، عضوی وید بنیش تحقیقات شیرن، حاصله نری خاک و تغذیه گیاه
حلد رضایی، ارتادیارور نیس بنش تحقیقات اصلاح خاک و مدیریت پایداری اراضی
کامران میرزاشاهی، عضوی وقت نیس بنش تحقیقات خاک و آب صغی آباد ذوقول
محمد بنی غیبی، ارتادیار بنش تحقیقات شیرن، حاصله نری خاک و تغذیه گیاه
حرن حقیقت نیا، ارتادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
محمد و درضا رضازور، ارتادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران
محمد حسین ارزانش، ارتادیارور نیس بنش تحقیقات خاک و آب گلستان
مادی اسدی رحمانی، ارتادیارور نیس بنش تحقیقات بیولوژی خاک
محمد مادی میرزاور، عضوی وید بنیش تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قم
صدیق زانی، عضوی وقت نیس بنش تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
رضاء مادی کیا، محقق بنش تحقیقات آبیاری و فزینیک خاک
محمد مهدی طهرانی، ارتادیارور نیس بنش تحقیقات شیرن، حاصله نری خاک و تغذیه گیاه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف.....	پیش‌گفتار
1.....	1- کلیات
6.....	2- روشهای تشخیص کمبود عناصر غذایی
7.....	2-1-1- آزمون خاک
8.....	2-2- تجزیه گیاه
9.....	2-3-2- علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی
10.....	2-3-1-1- علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف
13.....	2-3-2-2- علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف
15.....	2-4-2- الگوی جذب عناصر غذایی
17.....	3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه کلزا
17.....	3-1-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی
18.....	3-1-1-1- توصیه مصرف نیتروژن
22.....	3-1-1-2- توصیه مصرف فسفر
25.....	3-1-1-3- توصیه مصرف پتاسیم
27.....	3-1-1-4- توصیه مصرف گوگرد
28.....	3-1-1-5- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف
30.....	3-2-2- کاربرد ماده آلی در تولید کلزا
31.....	3-3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت کلزا
33.....	4- مدیریت تغذیه گیاه کلزا در شرایط تنش های محیطی
33.....	4-1-1- مدیریت تغذیه گیاه کلزا در شرایط شور
36.....	4-2-2- تأثیر شرایط خشکی بر نیاز غذایی کلزا و پتانسیل تولید
37.....	منابع
44.....	پیوست

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول 1- حد بحرانی عناصر غذایی (میلی گرم در کیلوگرم) در خاک های زیر کشت کلزا	8
جدول 2- حدود بهینه عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در برگ کلزا.....	8
جدول 3- حدود بهینه عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در دانه کلزا	9
جدول 4- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم گرم	20
جدول 5- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم معتدل سرد	21
جدول 6- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم سرد	21
جدول 7- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر	22
جدول 8- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم گرم	23
جدول 9- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم معتدل سرد	24
جدول 10- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سرد	24
جدول 11- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سواحل دریای خزر	25
جدول 12- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم گرم	25
جدول 13- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم معتدل سرد	26
جدول 14- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سرد	26
جدول 15- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر.....	26
جدول پیوست 1- تقویم کوددهی کلزا منطبق بر مراحل فنولوژیکی	44
جدول پیوست 2- توضیح کوتاه در مورد علایم کمبود عناصر در کلزا.....	45
جدول پیوست 3- توضیح کوتاه در مورد علایم کمبود عناصر در کلزا.....	46
جدول پیوست 4- برآورد پتانسیل تولید مزرعه برای تولید کلزا	47
جدول پیوست 5- ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف	48

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
3	شکل 1- مرحله دانه رست
4	شکل 2- مرحله روزت
4	شکل 3- مرحله غنچه‌دهی
5	شکل 4- مرحله گلدهی
6	شکل 5- مرحله رسیدگی
6	شکل 6- مراحل مختلف رشد کلزا
7	شکل 7- نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص
10	شکل 8- علائم کمبود پیش‌رونده نیتروژن در کلزا
10	شکل 9- گیاه کلزا بدون کمبود و دارای کمبود نیتروژن
10	شکل 10- خورجین کلزا بدون کمبود و دارای کمبود نیتروژن
11	شکل 11- کمبود فسفر در برگ کلزا
11	شکل 12- علائم کمبود پتاسیم در کلزا
11	شکل 13- خورجین کلزا بدون کمبود و دارای کمبود پتاسیم
12	شکل 14- کمبود گوگرد در برگ کلزا
13	شکل 15- کمبود روی در کلزا
13	شکل 16- کمبود بور و سمیت بور در کلزا
14	شکل 17- کمبود مس در کلزا
14	شکل 18- کمبود منگنز در کلزا
15	شکل 19- مراحل و میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد برای کل گیاه کلزا

پیش‌گفتار

دستیابی به غذای کافی، سالم و مغذی به عنوان یکی از حقوق اساسی افراد جامعه در سند چشم‌انداز بیست ساله کشور در افق 1404 مورد تأکید قرار گرفته است. در این راستا بخش کشاورزی خود را موظف به دستیابی به توانمندی لازم در برقراری امنیت غذایی و خوداتکایی در محصولات اساسی می‌داند. با تلقی امانت‌دارانه، خاک امانتی است در اختیار ما که به عنوان منبع پایه و بستر تولید از اهمیت بسزایی برخوردار است به گونه‌ای که امنیت غذا در گرو امنیت خاک دانسته شده و برای تنویر افکار، سال 2015 به عنوان سال جهانی خاک نام‌گذاری گردیده است. در این راستا حاصلخیزی خاک نقشی محوری را در امنیت خاک و پشتیبانی تولید عهده‌دار است. لذا در ابتدای برنامه ششم و سال‌های باقی‌مانده تا 1404 وزارت جهاد کشاورزی مصمم گردیده تا با به‌کارگیری کلیه ذینفعان دخیل در حوزه حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ضریب خوداتکایی محصولات زراعی شامل گندم، جو، کلزا، پنبه، حبوبات، چغندر قند، ذرت و برنج را ارتقاء دهد. به این منظور، معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی تدوین برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه را با هدف افزایش ضریب خوداتکایی هشت محصول زراعی در خرداد ماه 1393 به موسسه تحقیقات خاک و آب محول نمود. در این راستا موسسه تحقیقات خاک و آب با برگزاری هم‌اندیشی با متخصصان این حوزه از جمله پیشکسوتان و محققان ستادی و استانی و بهره‌گیری از نتایج پژوهش‌ها و دستورالعمل‌های قبلی و اخیر موسسه و منابع بین‌المللی، راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای هشت محصول یاد شده را تدوین نمود. در این جلد مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کلزا که عبارت از به‌کارگیری توأمان از منابع شیمیایی، آلی و زیستی برای ارتقاء حاصلخیزی خاک است به صورت ویژه مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به تغییرات اقلیمی، کمبود مواد آلی و شرایط خاکی که کشور با آن مواجه است مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کلزا در شرایط تنش‌های محیطی (شوری و خشکی)، مدیریت تغذیه براساس مراحل رشد گیاه، استفاده از کودهای

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/7

نوین و محرک‌های رشد گیاهی، جنبه‌های بیولوژیک حاصلخیزی خاک مورد بحث قرار گرفته است. این دستورالعمل به گونه‌ای تنظیم شده است که برای گروه‌های عملکردی در اقلیم‌های مختلف مورد استفاده می‌باشد. به علاوه قابلیت تبدیل سریع به دستورالعمل‌های منطقه‌ای، بولتن‌های ترویجی و پیام‌های تلویزیونی را دارا می‌باشد.

امید است با اتکال به خداوند منان و عزم ملی کلیه دست‌اندرکاران در اجرای توصیه‌های مندرج در این راهنما و نهادینه نمودن اصول ارتقاء حاصلخیزی خاک اعم از مصرف بهینه کود، افزایش مواد آلی خاک و ... در اراضی کشاورزی زمینه تحقق اهداف پیش بینی شده در برنامه‌های خوداتکایی، دستیابی به امنیت غذا، سلامت جامعه و حفظ محیط زیست را فراهم نموده و امانت‌داری مسئول باشیم.

کاظم خاوازی

رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

آبان‌ماه 1393

1- کلیات

تولید روغن در کشور از دیرباز نتوانسته پاسخگوی تأمین میزان مورد نیاز باشد و در بیشتر سالها مقدار خودکفایی در تولید روغن در حدود 10 درصد بوده است. کلزا (*Brassica napus. L*) به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای تولید روغن در کشور از دهه 70 مورد توجه قرار گرفته است. امروزه کلزا به دلیل اثرات مفید در تناوب با محصولات زراعی و قابلیت گسترش در طیف وسیعی از خاکها (از خاک‌های شنی تا خاک‌های آهکی و رسی) در الگوی کشت گسترش یافته است. تأمین عناصر غذایی به مقدار بهینه یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد کمی و کیفی این دانه روغنی با ارزش به شمار می‌رود. بهترین عملیات مدیریتی (BMPs¹) کودها برای کلزا 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 کنترل آفات و بیماری‌ها، مدیریت زراعی، مدیریت آبیاری و ... منجر به دستیابی به عملکرد بهینه خواهد شد. معمولاً این مدیریت‌ها چنانچه در ترکیب با یکدیگر بکار روند، باعث هم‌افزایی خواهند شد. لازم به یادآوری است که به غیر از عوامل تغذیه و آبیاری عواملی 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)، انتخاب بذر مناسب، از جمله این موارد هستند.

به هر حال در ایران نیز در سال‌های اخیر، کشت گیاه کلزا مورد توجه جدی قرار گرفته است. در حال حاضر براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطحی معادل 93 هزار هکتار از اراضی زراعی آبی و دیم کشور، به کاشت این محصول (تیپ پاییزه و بهاره) اختصاص دارد (آمارنامه کشاورزی، 1391).

براساس تقسیم‌بندی صورت گرفته توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مناطق کشت کلزا در ایران شامل 1- اقلیم‌های گرم و مرطوب، 2- گرم و خشک، 3- معتدل سرد و 4- سرد می‌باشد.

2/ برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

- اقلیم گرم و مرطوب: مناطقی از کشور است که دارای آب و هوای گرم و مرطوب بوده و حداقل دمای هوا در زمستان بیشتر از 7- درجه سانتی‌گراد و شامل مناطقی چون گیلان، مازندران، گلستان و مغان می‌باشد.
 - اقلیم گرم و خشک: شامل مناطقی از کشور است که دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و حداقل دمای هوا در زمستان بالاتر از 7- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از جمله این مناطق می‌توان استان‌های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، هرمزگان و مناطق گرم استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، خراسان، کهگیلویه و بویر احمد، فارس و کرمان را نام برد.
 - اقلیم معتدل سرد: شامل مناطقی از کشور است که حداقل دمای هوا در زمستان در آنها تا 14- درجه سانتی‌گراد می‌باشد و ارتفاع آنها از سطح دریا در بیشتر موارد کمتر از 1000 متر می‌باشد. از جمله این مناطق می‌توان به استان‌های تهران (کرج، ورامین و هشتگرد)، مرکزی (ساوه)، فارس (مرودشت، زرقان، شیراز)، کرمانشاه (کرمانشاه، اسلام‌آباد و ماهیدشت)، لرستان (خرم‌آباد و بروجرد)، سمنان (گرمسار و سمنان)، زاهدان (خاش)، خراسان (نیشابور، مشهد و تربت حیدریه)، اصفهان، یزد و کرمان اشاره نمود.
 - اقلیم سرد: شامل مناطقی از کشور است که داری زمستان‌های سرد بوده و حداقل دمای هوا در زمستان به پایین‌تر از 14- درجه سانتی‌گراد می‌رسد و ارتفاع آنها از سطح دریا در بیشتر موارد بالاتر از 1000 متر می‌باشد. 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.
- اهمیت و ضرورت تولید روغن و افزایش ضریب خوداتکایی، ویژگی‌های زراعی کلزا، به ویژه در تناوب با غلاتی همانند گندم و پایداری تولید، لزوم توجه جدی‌تر به کشت این دانه روغنی را بیش از پیش نمایان می‌سازد. تغذیه گیاهی و مدیریت کود از جمله روش‌های مؤثر در افزایش تولید کلزا می‌باشد که در این نوشتار مورد توجه قرار گرفته است.

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/3

برای درک بهتر و مدیریت مناسب مزارع کلزا، دانستن مراحل رشد گیاه کلزا ضروری است. مراحل رشد گیاه کلزا را می‌توان به طور خلاصه به صورت زیر تشریح نمود:

- جوانه‌زنی¹: جوانه‌زنی شامل جذب آب، تورم، شکافتن پوسته بذر و خروج نوک ریشه می‌باشد. ریشه اصلی رشد کرده و ریشه‌های جانبی آن گسترش می‌یابد. ساقه جدید یا هیپوکوتیل رشد کرده و تولید دو برگ قلبی شکل تشکیل می‌شود. این اندام شبیه برگ، کوتیلدن نامیده می‌شود.

- دانه‌رست²: 4 تا 10 روز بعد از بذرکاری، دانه رست‌ها یک ساقه $1/25$ تا $2/5$ سانتی‌متری تولید می‌کنند (شکل 1). کوتیلدن‌ها در نوک هیپوکوتیل توسعه یافته و به رنگ سبز در می‌آیند تا تغذیه گیاه در حال رشد را فراهم نمایند.



شکل 1- مرحله دانه رست

روزت³ و شروع رشد رویشی: چندین روز پس از رویش دانه رست‌ها، نخستین برگ حقیقی ظاهر می‌شود. این مرحله در گیاه زمانی ایجاد می‌شود که به غیر از 2 برگ کوتیلدونی، برگ‌های دیگر ظاهر شوند (شکل 2). گیاه به سرعت یک روزت با برگ‌های پیر در پایین که در حال بزرگ شدن هستند و برگ‌های کوچک و جوان‌تر که در مرکز آن در حال رشد هستند، ایجاد می‌نماید. طول ساقه بدون تغییر باقی مانده و ضخامت آن افزایش می‌یابند. سیستم ریشه‌ای به رشد و گسترش ادامه می‌دهد و ریشه‌های ثانویه به سمت اطراف و پایین

1- Germination

2- Seedling

3- Rosette

4 / برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

ریشه اصلی، توسعه می‌یابند. پس از پایان مرحله روزت، گیاه به رشد شدید رویشی متمایل شده و شروع به ساقه‌دهی، می‌نماید. در این مرحله میان گره‌ها قابل دیدن هستند.



شکل 2- مرحله روزت

غنچه‌دهی¹: با طولانی شدن روزها و افزایش درجه حرارت غنچه‌ها تشکیل می‌شوند. خوشه‌ای از غنچه‌های گل در مرکز روزت قابل مشاهده بوده و ساقه نیز شروع به رشد و بلند شدن می‌نماید (شکل 3). خوشه‌های غنچه‌های گل با رشد طولی ساقه، بزرگتر شده و گل‌های باز نشده بزرگتر می‌شوند. شاخه‌های ثانویه از جوانه‌هایی که در محور اصلی برگ‌های بالایی ساقه اصلی قرار دارند، منشاء می‌گیرند. ساقه اصلی به 30 تا 60 درصد طول خود قبل از گلدهی می‌رسد. همچنین 30 تا 60 درصد حداکثر ماده خشک نیز در این مرحله، تولید می‌شود.



شکل 3- مرحله غنچه‌دهی

1- Budding

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/5

گلدهی¹: گلدهی با باز شدن پایین‌ترین غنچه بر روی ساقه اصلی، شروع می‌شود و به سمت بالا ادامه می‌یابد شکل (4). سه روز بعد از باز شدن، نخستین گل روی ساقه اصلی ظاهر می‌شود. در طی گلدهی، شاخه‌ها به رشد ادامه داده و طویل‌تر می‌شوند و غنچه‌ها به گل و گل‌ها به خورجین تبدیل می‌شوند.



شکل 4- مرحله گلدهی

- شکل‌گیری خورجین و رسیدگی²: این مرحله بسته به وضعیت رشد خورجین‌ها به 5 مرحله، تقسیم می‌شود که طی آن طول خورجین‌ها به مرور از کمتر از 2 سانتی‌متر به حدود 4 سانتی‌متر افزایش یافته و سرانجام خورجین‌ها به صورت توده‌ای در روی گیاه دیده می‌شوند. رسیدگی با افتادن گلبرگ‌ها شروع می‌شود. در طی هفته‌های اول رشد بذر، پوسته بذر گسترش می‌یابد تا به اندازه کامل خود برسد. بذر در این مرحله همانند یک بالون پر از آب می‌باشد. در این مرحله جنین شروع به رشد کرده و در داخل پوسته بذر شروع به رشد می‌کند. وزن بذر افزایش می‌یابد. حدود 35 تا 45 روز بعد از شروع گلدهی، پر شدن بذر کامل می‌شود. بذرها نارس وقتی پر می‌شوند که حاوی 40 درصد رطوبت باشند. سپس پوست بذر از رنگ سبز به زرد یا قهوه‌ای می‌گراید. رطوبت بذر به سرعت به میزان 2 تا 3 درصد در روز کاهش می‌یابد. 40 تا 60 روز بعد از نخستین

1- Flowering

2- Ripening

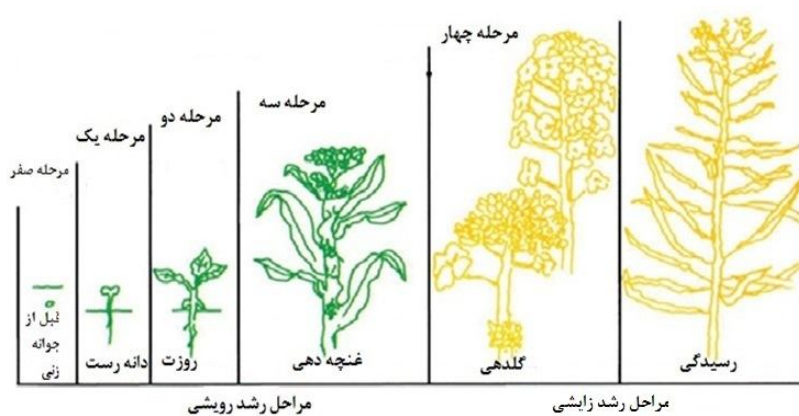
6 / برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

گلدهی، بذرهای خورجین‌های پایینی می‌رسند.



شکل 5- مرحله رسیدگی

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



شکل 6- مراحل مختلف رشد کلزا

2- روشهای تشخیص کمبود عناصر غذایی

روشهای مختلفی برای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه وجود دارد که در سه گروه کلی (1) آزمون خاک، (2) تجزیه گیاه و (3) علایم کمبود دسته‌بندی می‌شوند.

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/7

هر یک از این روشها جایگاه و مزایا و کاستی‌های خود را دارد که در زیر اشاره می‌شود.

2-1- آزمون خاک

خاک مخزن طبیعی عناصر غذایی می‌باشد. عناصر غذایی اغلب به شکلی هستند که بلافاصله قابل جذب توسط گیاه نیستند، زیرا به شکل‌هایی چون جذب شده بر روی سطوح ذرات خاک، موجود در ساختمان کانی‌های خاک یا مواد آلی خاک می‌باشند. فرآیندهایی که منجر به آزادسازی عناصر غذایی و قابلیت استفاده آن‌ها در خاک می‌شوند عبارتند از:

1- تجزیه میکروبی مواد آلی (معدنی شدن)

2- واکنش شیمیایی بر روی کانیهای خاک (هوادیدگی)

3- رهاسازی از سطح ذرات خاک

اما نکته مهم این است که این آزادسازی عناصر به کندی صورت می‌گیرد و چنانچه مقدار برداشت شده 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 باشد. 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، ممکن است برای تشخیص پاسخ گیاه به عناصر کم مصرف، استفاده از آزمون بافت گیاه نیز لازم باشد.

از میان روش‌های مختلف ارزیابی حاصلخیزی خاک، آزمون خاک سریع، کم خرج 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) نمونه برداری 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 کلزا 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) حد بحرانی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف ارائه شده است. البته خصوصیات اقلیمی نیز در برآورد کود مورد نیاز مؤثر خواهد بود.

جدول 1- حد بحرانی عناصر غذایی (میلی گرم در کیلوگرم) در خاک های زیر کشت کلزا

فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بور
15	200	5/0	1/0	5/0	0/8	0/8

2-2- تجزیه گیاه

یکی دیگر از روش‌های ارزیابی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه استفاده از تجزیه گیاه می‌باشد. در این روش بخش(های) معینی از گیاه، در زمان معین نمونه‌برداری شده و پس از خشک کردن و هضم (به روش خشک یا تر) نسبت به اندازه‌گیری عناصر مورد نظر در آن اقدام می‌شود. مقایسه غلظت عناصر با مقادیر بهینه می‌تواند در شناسایی وضعیت تغذیه‌ای عنصر مورد نظر کمک بسیاری نماید. بهترین زمان برای تعیین وضعیت عناصر غذایی در گیاه کلزا کاملترین برگ جوان در ابتدای گلدهی می‌باشد. در جداول (2) و (3) حدود بهینه عناصر غذایی در برگ کلزا آمده است.

جدول 2- حدود بهینه عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در برگ کاملاً توسعه یافته بر روی

ساقه اصلی در ابتدای طویل شدن ساقه کلزا

عناصر پرمصرف (درصد)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	گوگرد
4/0 - 5/5	0/3 - 0/5	3/0 - 4/5	1/0 - 2/2	0/1 - 0/2	0/5 - 0/7	
عناصر کم مصرف (میلی گرم در کیلوگرم)	آهن	منگنز	روی	مس	بور	مولیبدن
100-200	50-100	40-70	5-10	20-40	0/5 - 0/7	

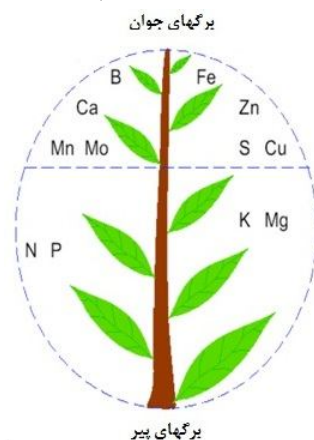
راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/9

جدول 3- حدود بهینه عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در دانه کلزا (ملکوئی و همکاران، 1384)

عناصر پر مصرف (درصد)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
	3/60	0/90	0/85	0/24	0/36
عناصر کم مصرف (میلی گرم در کیلوگرم)	آهن	منگنز	روی	مس	
	60 - 80	30 - 50	25 - 35	3/5 - 4/0	

3-2- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

چون هر یک از عناصر غذایی وظایف خاصی را در گیاه به عهده دارند، کمبود هر کدام در گیاه سبب می‌شود که آن وظایف به خوبی انجام نگیرد و بسته به شدت کمبود، اختلالاتی در گیاه به وجود آید. علایم کمبود بیشتر در ساقه و برگ گیاهان ظاهر می‌شود. در صورتی که این علایم به موقع و با دقت کافی تشخیص داده شوند، تخمین ارزیابی حاصلخیزی خاک براساس آنها امکان پذیر می‌باشد. از مزایای این روش سرعت آن است. زیرا به محض مشاهده علامت ظاهری خاص می‌توان به کمبود عنصر مربوطه در گیاه و در نتیجه خاک پی برد. از طرف دیگر این روش دارای مشکلات و محدودیت‌های زیادی از جمله نیاز به تخصص و تجربه برای تشخیص علایم، اختصاصی نبودن بعضی علایم و امکان اشتباه در تشخیص و ظاهر نشدن علایم کمبودهای ضعیف (گرسنگی پنهان) می‌باشد. یکی از مهمترین مشکلات پیش‌رو در استفاده از علایم کمبود آن است که علایم کمبود زمانی بروز می‌نمایند که معمولاً فرصت کافی برای جبران کمبود وجود ندارد. همچنین علایم خسارت برخی از آفات و بیماریها نیز ممکن است با علایم کمبود عناصر، اشتباه گردد.



شکل 7- نمای کلی محل بروز علایم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص (Norton، 2013)

2-3-1- علایم کمبود عناصر غذایی پر مصرف

نیترोजن: علایم کمبود این عنصر به صورت رشد اولیه ضعیف، رشد سبزینه ای ضعیف، ارغوانی شدن تمامی برگ‌ها و رگبرگ‌ها و در کمبود شدید، زرد شدن برگ‌های پیر و مرگ آنها می‌باشد (شکل 8 و 9).



شکل 9- گیاه کلزا بدون کمبود و دارای کمبود نیترोजن



شکل 8- علایم کمبود پیش‌رونده نیترोजن در کلزا (از چپ به راست کفایت نیترोजن در برگ چهارم)



شکل 10- خورجین کلزا بدون کمبود و دارای کمبود نیترोजن

فسفر: 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

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 11

ونوکلئوتیدها ایفا می کند. فسفر توسط گیاه به فرمهای $H_2PO_4^-$ یا HPO_4^{2-} جذب می شود. کمبود فسفر سبب ضعیف شدن ریشه و قسمت هوایی گیاه می شود. ساقه هایی با انشعابات کم و برگ های باریک از علائم کمبود فسفر است و رنگ سبز مایل به آبی با لکه های ارغوانی از علائم ظاهری این کمبود می باشد. همچنین در شرایط کمبود فسفر برگ ها به ویژه در حاشیه ها و نوک برگ بنفش می شود (Norton, 2013 و عزیزی و همکاران، 1378). البته در مناطق سرد در زمستان نیز سرما می تواند باعث ارغوانی شدن برگها گردد (شکل 11).

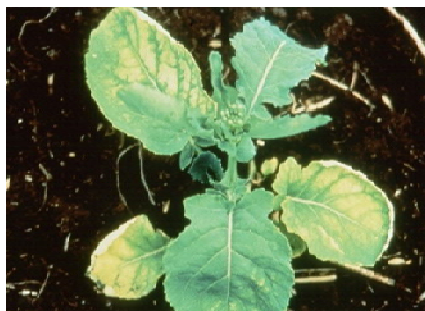


شکل 11- کمبود فسفر در برگ کلزا

پتاسیم: کمبود این عنصر به صورت کاهش رشد گیاه، برگ های کوچک و ساقه های باریک، ظاهر می شود. در کمبود شدید حاشیه برگ ها زرد و خشک شده ولی همچنان بر روی ساقه باقی می ماند (شکل 12 و 13).



شکل 13- خورجین بدون کمبود و دارای کمبود پتاسیم



شکل 12- علائم کمبود پتاسیم در کلزا

گوگرد: گوگرد چهارمین عنصر غذایی مورد نیاز کلزا می‌باشد که برای رشد کافی و مناسب ضروری است. قبل از آن که 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 غنچه‌دهی 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، گل‌ها و در نوک خورجین‌ها، کمبود مشاهده می‌گردد. شاخه‌های در حال رشد بیشتر از برگ‌های پیر در معرض کمبود گوگرد قرار دارند. کمبود گوگرد سبب زرد شدن برگهای جوان در مراحل ابتدایی شده و این زردشدگی به تدریج به همه برگها پیشرفت 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. در کمبود شدید گوگرد برگ‌ها رشد ضعیفی داشته و در بخش‌های فوقانی گیاه به صورت فنجانی شکل در آمده و رنگ ارغوانی در پشت برگ‌ها، مشاهده می‌شود. گل‌ها نیز اغلب رنگ پریده‌تر از حالت طبیعی می‌باشند (شکل 14).



شکل 14- کمبود گوگرد در برگ کلزا (لکه‌های زرد و سبز روشن شدن برگ)

منیزیم: کمبود منیزیم ابتدا به صورت لکه‌های کلروزه (لکه‌های زرد) در برگ‌ها دیده می‌شود که توسعه یافته و به رگبرگها متصل شده و ممکن است به رنگ نارنجی یا نارنجی مایل به قرمز تغییر یابد. علائم کمبود معمولاً ابتدا از برگهای مسن‌تر شروع شده و سپس به

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/13

برگ‌های جوان گسترش می‌یابد. در حالت کمبود شدید برگ‌ها خشک شده و پیش از رسیدن می‌ریزند.

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

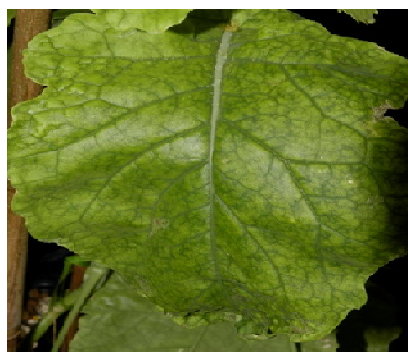
روی (Zn): علائم کمبود روی در کلزا در شکل (15) نشان داده شده است. کمبود روی در برگ‌های جوان باعث رنگ پریدگی و کوچک شدن برگ‌ها می‌گردد.

بور (B): علائم کمبود بور به صورت کوتاهی میان گره‌ها، ضخیم و چوب پنبه‌ای شدن ساقه‌ها و اختلال در رشد و تشکیل گل ظاهر می‌شود (شکل 16).

مس (Cu): کمبود مس در گیاه کلزا در برگ‌های جوان ظاهر شده و معمولاً رنگ پریدگی و لکه‌های سوختگی در بخشهایی از برگ از نشانه‌های آن می‌باشد (شکل 17).



شکل 15- کمبود روی در کلزا (رنگ پریدگی، برنزه شدن سطح برگ‌های جوان تر بالایی)



شکل 16- کمبود بور (شکل راست) و سمیت بور (شکل چپ) در کلزا



شکل 17- کمبود مس در کلزا (رنگ پریدگی و لکه های سوختگی در قسمت هایی از برگ)

منگنز (Mn): کمبود منگنز رشد و شاخه بندی را محدود کرده و در موارد شدیدتر مانع گلدهی می شود. علائم کمبود ابتدا در برگهای جوان به صورت لکه های سوختگی بین رگبرگها ظاهر می شود و سپس تعداد و اندازه لکه ها بیشتر شده و در نتیجه تمام سطح برگ به جز رگبرگ زرد می شود (شکل 18).



شکل 18- کمبود منگنز در کلزا (رنگ پریدگی برگ و سبز ماندن رگبرگها)

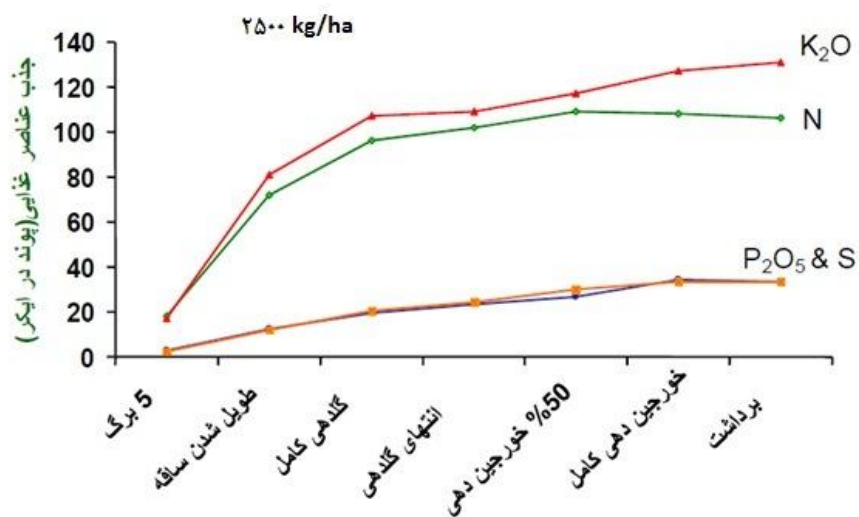
آهن (Fe): علائم کمبود آهن در کلزا مشابه با سایر محصولات به صورت کلروز بین رگبرگها در برگهای جوان اتفاق می افتد. بدین صورت که کلروز آهن نخست در برگهای

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/15

جوان در نوک شاخساره به وجود آمده و رنگ برگها به زردی می‌گراید. اما رگبرگها سبز باقی می‌ماند. لکه های قهوه ای یا بافتهای مرده در صورت کمبود شدید اتفاق می‌افتد.

2-4- الگوی جذب عناصر غذایی

در شکل (19) الگوی جذب عناصر غذایی توسط کلزا نشان داده شده است. الگوی جذب نیتروژن و تولید ماده خشک کلزا، مشابه گندم است. حداکثر تولید ماده خشک و تجمع نیتروژن بین آغاز ساقه دهی یا شاخه دهی و پایان گلدهی است. هرگونه تنش در این زمان تجمع ماده خشک و جذب نیتروژن را محدود خواهد کرد. از طرفی عملکرد دانه به دلیل کاهش شاخه فرعی و گلدهی کاهش می‌یابد (Koenig و همکاران، 2011).



شکل 19- مراحل و میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد برای کل گیاه کلزا (Koenig و همکاران، 2011)

نیاز به فسفر برای عملکرد بالای کلزا معمولاً از گندم یا جو بیشتر می‌باشد. غلظت فسفر در اندام های گیاه کلزا در مراحل اولیه رشد بسیار بالا و در حدود 0/5 درصد می‌باشد. چنانچه محصول کلزا با دو تن عملکرد در نظر باشد میزان برداشت فسفر متوسط دانه حدود 16 کیلوگرم در هکتار (8/0% × 2000) و توسط کاه و کلش آن 6 کیلوگرم در هکتار (1/0% ×

6000) می‌باشد. بنابراین وقتی کاه و کلش به خاک برگردانده می‌شود میزان کمی فسفر در مقایسه با نیتروژن به خاک اضافه می‌شود.

کلزا نیاز بالایی به پتاسیم دارد، هرچند مقدار این عنصر در دانه کم می‌باشد. همانگونه که در شکل (19) دیده می‌شود، مقدار جذب آن از نیتروژن نیز بیشتر است. پتاسیم نقش مهمی در سیستم‌های آنزیمی، متابولیسم مواد فتوسنتزی و تبدیل آنها به روغن و نیز بالا بردن مقاومت گیاه به تنش‌های زنده و غیر زنده دارد. این عنصر اثرات متقابل مثبتی با عناصر نیتروژن و فسفر و روی دارد. نیاز کلزا به این عنصر در مقایسه با غلات بیشتر است. این عنصر در مراحل اولیه رشد به سرعت از خاک جذب می‌شود. نیاز به آن در طول دوره‌ی گلدهی به بیشترین مقدار در واحد سطح می‌رسد.

کلزا و بذرهای آن حاوی مقادیر بالایی پروتئین می‌باشند تا آن جا که هر تن کلزا 4-5 برابر گندم 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 7-10 به یک می‌باشد. گوگرد هر چند 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. مقدار کل منیزیم مورد نیاز کلزا نسبت به عناصر اصلی و مواد غذایی ثانویه اندک می‌باشد به طوری که کشت‌های مطلوب کلزای پاییزه حداکثر 30 تا 40 کیلوگرم در هکتار منیزیم جذب می‌کنند. مقدار جذب به طور کلی از تولید ماده خشک تبعیت می‌کند و در طول دوره گلدهی و بعد از آن به حداکثر می‌رسد و سپس بین این مرحله و مرحله رسیدن محصول، کاهش می‌یابد (احمدی و جاویدفر، 1377).

کلزا در مقایسه با گندم، مقدار بیشتری روی (Zn) از خاک برداشت می‌کند که ممکن است به دو برابر مقدار جذب شده به وسیله گندم برسد. بنابراین لازم است به مقدار روی در گیاه توجه داشته باشیم که کمبود آن میزان عملکرد کلزا را محدود نسازد. تا وقتی مقدار روی در گیاه کلزا برابر با 30 میلی‌گرم در کیلوگرم باشد این محدودیت رخ نمی‌دهد. (Baily و Grant، 1993).

3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه کلزا

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 محیط زیست 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 هزینه های 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 غیراقتصادی است، زیرا هزینه آن بیشتر از درآمد حاصله خواهد شد (پایین تر از حد اقتصادی) و همچنین مصرف خیلی زیاد کود منجر به اتلاف

منابع مالی می‌شود (بالاتر از حد اقتصادی). تصمیم‌گیری در مورد کوددهی اقتصادی به حداکثر سوددهی (در زمان کمبود پول) و یا حداکثر در آمد خالص (در موقع کمبود زمین) بستگی دارد. برای محاسبه دقیق حد مطلوب این ارقام، رودرو قرار دادن ارقام مربوط به محصول و هزینه ضروری است (کسرای، 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- هزینه های اضافی برداشت و بازاریابی

6- اثرات باقیمانده کود

7- مقدار سایر عناصر غذایی در کود یا خاک

بدیهی است که پرسودترین میزان کود در سال‌های مختلف به دلیل تغییر قیمت های 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 می‌باشد، زیرا این عنصر جزئی از پروتئین گیاهی، اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل می‌باشد. غلظت نیتروژن در کل گیاه کلزا در مرحله گلدهی حدود 4-2/5 درصد است. مقادیر پایین‌تر از 2 درصد، کمبود نیتروژن و سطوح بالاتر از 5 درصد، بیش بود این عنصر می‌باشد. گیاهان سالم کلزا با نیتروژن کافی، دارای برگ سبز تیره می‌باشند اما از آن جا که این عنصر در گیاه متحرک است، در زمان کمبود، برگ‌های پیرتر و ساقه‌ها، علایم کمبود را نشان می‌دهند (Baily و Grant, 1993).

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/19

در مقایسه با بسیاری از گیاهان دانه‌ای، کلزا نیاز بیشتری به مواد غذایی برای دستیابی به عملکردهای بالا دارد به نحوی که در مقایسه با گندم، 25 درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتر و بیش از 2 برابر گندم، گوگرد نیاز دارد (Norton, 2013).

قسمت اعظم نیتروژن موجود در خاک در مواد آلی قرار دارد ولی مقدار کمی از کل آن در هر سال در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. ریز جانداران خاک مسئول تجزیه و آزادسازی نیتروژن موجود در مواد آلی می‌باشند. عوامل مختلفی مانند وضعیت محیطی به ویژه نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در بقایای گیاهی، درجه حرارت و رطوبت خاک و میزان مواد آلی بر فعالیت ریز جانداران خاک تأثیر دارد. در بیشتر موارد تنها 10-20 درصد کل نیتروژن مورد نیاز برای گیاهان پرمحصول از طریق نیتروژن آزادسازی شده از مواد آلی، تأمین می‌گردد. بنابراین لازم است از طریق مصرف کودهای نیتروژن و کودهای آلی بقیه نیاز نیتروژنی گیاه را تأمین نمود. ریشه‌ی کلزا قادر است نیتروژن را از عمق 60 سانتی‌متری یا بیشتر جذب کند. کود نیتروژن مورد نیاز در کلزا برای دستیابی به عملکردی مطلوب بسته به وضعیت خاک از 50 تا 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، متفاوت است. واکنش گیاه نسبت به این کود تحت تأثیر نوع خاک، رطوبت و تعادل سایر عناصر غذایی می‌باشد. 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. به‌رحال 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 آنکه ارزش روغن چند برابر پروتئین کنجاله می‌باشد، بنابراین مصرف بیش از حد نیتروژن به صرفه نیست (احمدی و جاویدفر، 1377). هرچند نیتروژن جزئی از مولکول گلوکوزینولات است ولی مطالعات نشان داده کاربرد کودهای نیتروژنی سبب کاهش میزان گلوکوزینولات‌ها در گیاه می‌گردد (ملکوتی و رضایی، 1380).

زمان و نحوه مصرف کود نیتروژن

در مورد زمان و چگونگی مصرف کودهای نیتروژنی در زراعت کلزا بایستی گفت که تقسیم کودهای نیتروژنی و مصرف کودها مطابق با نیاز حداکثری گیاه و توجه به

مرحله رشدی آن می‌تواند روش خوبی برای کاهش هدر رفت نیتروژن و افزایش کارایی آن باشد. به طور کلی نیتروژن مورد نیاز کلزا بهتر است در سه نوبت: پایه، ابتدای ساقه رفتن و قبل از مرحله گلدهی، مصرف شود. البته این نحوه تقسیم یک توصیه عمومی بوده و نتایج تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف کشور نشان داده که فرمول‌های دیگر تقسیم با توجه به موقعیت اقلیمی نقاط، متفاوت عمل می‌نمایند. با توجه به کمبود مواد آلی در خاکهای ایران، عدم کوددهی نیتروژن در مراحل اولیه رشد به خصوص در مناطق سرد و یا در کشتهای تأخیری، باعث کاهش رشد گیاهچه کلزا شده و به دنبال آن افزایش خسارت ناشی از تنش سرما خواهد شد. برای کاهش هدر روی کود می‌توان کود نیتروژن را پس از آبیاری اول و همراه با آبیاری دوم یا سوم مصرف نمود. منابع متفاوتی برای تأمین نیتروژن کلزا بکار می‌رود. هرچند بیشترین منبع مورد استفاده نیتروژن، اوره می‌باشد اما منابع دیگر شامل سولفات آمونیوم (تأمین نیتروژن و گوگرد) و نترات آمونیوم نیز قابل استفاده هستند. 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) توصیه مقدار کود اوره مورد نیاز کلزا براساس عملکرد مورد انتظار، اقلیم و میزان کربن آلی خاک ارائه شده است.

جدول 4- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم گرم (کیلوگرم در هکتار)

درصد کربن آلی خاک						عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
1/5-1/8	1/2-1/5	0/9-1/2	0/6-0/9	0/3-0/6	0/1-0/3	
155-170	170-185	185-200	200-215	215-230	230-240	1000
170-180	185-200	200-210	215-225	230-240	240-280	1400
180-190	200-205	210-220	225-235	240-280	280-320	1800
190-200	205-215	220-230	235-260	280-310	320-360	2200
200-210	215-225	230-240	260-300	310-360	360-400	2600
210-220	225-235	240-280	300-340	360-400	400-420	3000
220-230	235-260	280-320	340-380	400-440	420-480	>3400

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 21

جدول 5- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم معتدل سرد (کیلوگرم در هکتار)

درصد کربن آلی خاک						عملکرد مورد انتظار
1/5-1/8	1/2-1/5	0/9-1/2	0/6-0/9	0/3-0/6	0/1-0/3	(کیلوگرم در هکتار)
145	145-155	155-170	160-175	185-200	200-210	1000
145-155	155-165	170-175	185-195	200-210	210-250	1400
155-165	165-175	175-195	195-205	210-250	250-290	1800
165-175	175-185	195-205	205-230	250-270	290-330	2200
175-185	185-195	205-215	230-270	270-310	330-370	2600
185-195	195-205	215-255	270-310	310-350	370-410	3000
195-210	205-230	255-285	310-350	350-390	410-450	>3400

جدول 6- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم سرد (کیلوگرم در هکتار)

درصد کربن آلی خاک						عملکرد مورد انتظار
1/5-1/8	1/2-1/5	0/9-1/2	0/6-0/9	0/3-0/6	0/1-0/3	(کیلوگرم در هکتار)
135	135	140	140-155	155-175	170-180	1000
135	140	140-150	155-175	175-210	180-220	1400
135	140-155	150-160	175-185	210-220	220-260	1800
135	155-170	160-180	185-220	220-260	260-300	2200
135-150	170-180	180-195	220-235	260-300	300-340	2600
155-165	180-190	195-210	235-250	300-340	340-380	3000
165-180	190-210	210-230	250-300	340-380	380-420	>3400

جدول 7- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر (کیلوگرم در هکتار)

درصد کربن آلی خاک						عملکرد مورد انتظار
1/5-1/8	1/2-1/5	0/9-1/2	0/6-0/9	0/3-0/6	0/1-0/3	(کیلوگرم در هکتار)
145	145-155	155-170	170-185	185-200	200-210	1000
145-150	155-165	170-180	185-205	200-210	210-250	1400
150-160	165-175	180-190	205-215	210-250	250-290	1800
160-170	175-185	190-200	215-230	250-290	290-330	2200
170-180	185-200	200-210	230-270	290-330	330-370	2600
180-190	200-205	210-250	270-310	330-370	370-410	3000
190-215	205-230	250-290	310-350	370-410	410-450	>3400

3-1-2- توصیه مصرف فسفر

از آن جا که کلزا نیاز بالایی به فسفر دارد، رشد گیاه در خاک‌های با فسفر کم ضعیف است. در خاک‌های آهکی، فسفر با آهک تشکیل ترکیبات نامحلولی با کلسیم و منیزیم می‌دهد که برای گیاه قابل استفاده نیست. بنابراین میزان کود فسفر 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) می‌باشد.

کلزا دارای انشعابات ریشه زیاد با تارهای کشنده فراوان می‌باشد که این باعث افزایش سطح ریشه‌ها برای جذب فسفر از خاک می‌گردد. به علاوه، ریشه‌های کلزا، pH ریزوسفر را در شرایط کمبود فسفر کاهش می‌دهند و در نتیجه حلالیت فسفر و غلظت فسفر در مجاورت ریشه‌ها افزایش می‌یابد (Grant و Baily, 1993). از آن جا که فسفر در خاک تحرک ندارد. در معرض آبشویی نیز قرار نمی‌گیرد. کودهای فسفوری بیشترین قابلیت استفاده را بلافاصله بعد از کاربرد دارند. کلزا در مراحل اولیه‌ی رشد به سرعت این عنصر را جذب کرده و تا هشت هفته این جذب ادامه دارد. بنابراین کود فسفر باید هم زمان با کاشت مصرف شود. کاربرد نواری و در زیر بذر کودهای فسفوری در خاک‌های آهکی بسیار مفید است زیرا سطح تماس کود و خاک را کاسته و سرعت تبدیل فسفر به ترکیبات

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/23

با حلالیت کم را کاهش می‌دهد. در این حالت میزان مصرف 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، مونو آمونیوم فسفات و دی آمونیوم فسفات می‌باشند. منابع مایع فسفر مثل آمونیوم پلی فسفات یا اسید فسفریک به ویژه در خاک‌های قلیایی با ظرفیت بافری بالا مورد توجه می‌باشند. کمبود فسفر در کلزا توسعه و بلوغ ریشه را به تأخیر می‌اندازد. تغذیه ضعیف فسفر توانایی محصول را در پاسخ دادن به مواد غذایی نظیر نیتروژن و گوگرد، می‌تواند کاهش دهد. در مناطق سرد کشور کاربرد فسفر پیش از کشت تا سطح 17 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک نیز می‌تواند صورت گیرد چراکه این عنصر برای رشد اولیه سریع و رسیدن به مرحله رشدی 6 تا 8 برگی قبل از فرا رسیدن زمستان می‌تواند مؤثر باشد. یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف کود فسفری علاوه بر روش جایگذاری کود، استفاده از ارقام فسفر کارا می‌باشد که تحقیقات در این زمینه بر روی ارقام کلزای رایج در کشور در موسسه تحقیقات خاک و آب در حال اجرا می‌باشد.

در جدول‌های (8 تا 11) مقدار برآورد کود فسفر با توجه به جدول پتانسیل تولید در اقلیم‌های مختلف ارائه شده است.

جدول 8- توصیه کود فسفری مورد نیاز کلزا برای اقلیم گرم

(کیلوگرم دی آمونیوم فسفات یا سوپر فسفات تریپل در هکتار)

فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (میلی‌گرم در کیلوگرم)				عملکرد مورد انتظار
11-15	7-11	3-7	1-3	(کیلوگرم در هکتار)
0-50	50	50-90	90-110	1000
0-50	50-70	70-110	110-140	1400
0-50	50-90	90-140	140-170	1800
50-70	70-110	110-170	170-200	2200
50-90	90-140	140-200	200-220	2600
70-110	110-170	170-220	220-240	3000
90-140	140-200	200-240	240-260	>3400

جدول 9- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم معتدل سرد
(کیلوگرم دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل در هکتار)

فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (میلی گرم در کیلوگرم)				عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
11-15	7-11	3-7	1-3	
0-50	50	50-100	100-130	1000
0-50	50-70	70-130	130-160	1400
50	50-100	100-160	160-190	1800
50-70	70-130	130-190	190-210	2200
50-100	100-160	160-210	210-230	2600
70-130	130-190	190-230	230-240	3000
160-100	160-210	210-240	240-250	>3400

جدول 10- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سرد
(کیلوگرم دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل در هکتار)

فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (میلی گرم در کیلوگرم)				عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
11-15	7-11	3-7	1-3	
0	0-60	60-120	120-150	1000
0-30	30-90	90-150	150-180	1400
0-60	60-120	120-180	180-210	1800
30-90	90-150	150-210	210-235	2200
60-120	120-180	180-235	235-250	2600
90-150	150-210	210-250	250-260	3000
120-180	180-235	235-260	260-270	>3400

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 25

جدول 11- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سواحل دریای خزر

(کیلوگرم دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل در هکتار)

فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (میلی گرم در کیلوگرم)				عملکرد مورد انتظار
11-15	7-11	3-7	1-3	(کیلوگرم در هکتار)
0-50	50	50-100	100-130	1000
0-50	50-70	70-130	130-160	1400
50	50-100	100-160	160-190	1800
50-70	70-130	130-190	190-210	2200
50-100	100-160	160-210	210-230	2600
70-130	130-190	190-230	230-240	3000
100-160	160-210	210-240	240-250	> 3400

برای تامین فسفر مورد نیاز کلزا می‌توان بجای سوپرفسفات تریپل از کود میکروبی فسفات گرانوله با مقدار معادل استفاده کرد.

3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم

در جدول‌های (12 تا 15) میزان پتاسیم مورد نیاز کلزا به روش مصرف خاکی و بر

اساس مقدار سولفات پتاسیم برای چهار اقلیم متفاوت در کشور برآورد گردیده است.

جدول 12- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم گرم

(کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)

پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار
>200	160-200	120-160	80-120	40-80	<40	(کیلوگرم در هکتار)
0	10-40	20-60	60-90	90-120	120	1000
0	20-50	40-75	85-115	115-145	145	1500
0	30-60	60-95	110-140	140-170	170	2000
0	40-70	80-115	135-165	165-195	195	2500
0	50-80	100-135	160-190	190-220	220	3000
0	60-90	120-155	180-205	215-235	245	3500
0	100	160	210	240	270	≥4000

جدول 13- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم معتدل سرد (کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)

عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)				
	<40	40-80	80-120	120-160	160-200
1000	125	95-125	70-100	25-65	10-40
1500	150	120-150	90-120	45-80	20-50
2000	175	145-175	115-145	65-100	30-60
2500	200	170-200	140-170	85-120	40-70
3000	225	195-225	160-190	105-140	50-80
3500	250	215-240	180-210	125-160	60-90
≥4000	275	245	215	165	105

جدول 14- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سرد (کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)

عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)				
	<40	40-80	80-120	120-160	160-200
1000	140	100-140	75-110	30-70	15-45
1500	170	125-160	95-130	50-85	25-55
2000	195	150-180	120-150	70-105	35-65
2500	215	175-205	145-180	90-125	45-75
3000	235	200-230	165-200	110-145	55-85
3500	260	220-250	185-220	130-165	65-95
≥4000	280	250	220	170	110

جدول 15- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر (کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)

عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)				
	<40	40-80	80-120	120-160	160-200
1000	125	95-125	70-100	25-65	10-40
1500	150	120-150	90-120	45-80	20-50
2000	175	145-175	115-145	65-100	30-60
2500	200	170-200	140-170	85-120	40-70
3000	225	195-225	160-190	105-140	50-80
3500	250	215-240	180-210	125-160	60-90
≥4000	275	245	215	165	105

تذکره: اعداد جدول 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 می گردد.

3-1-4- توصیه مصرف گوگرد

گوگرد چهارمین عنصر غذایی مورد نیاز کلزا می‌باشد که برای رشد کافی و مناسب کلزا ضروری است. هر تن کلزا 4 تا 5 برابر گندم گوگرد از خاک خارج می‌کند. مقدار کافی گوگرد به شکل سولفات در خاک به صورت قابل توجهی رشد رویشی و تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد و سبب افزایش تعداد خورجین و 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 توسط گیاه نمی‌باشد. با توجه با اینکه معدنی شدن یک فرآیند زیستی (بیولوژیک) است، بنابراین با شرایط محیطی از جمله جمعیت ریزجانداران اکسید کننده گوگرد (که از عمده آنها می‌توان باکتری‌های خانواده تیوباسیلوس را نام برد) رطوبت، دما و ماده آلی مرتبط می‌باشد.

کودهای مختلف گوگردی در حال حاضر قابل استفاده می‌باشد. ترکیبات سولفاتی 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 نیاز به چندین هفته شرایط گرم و رطوبت مناسب خاک دارد. به هر حال هنگامی که کمبود علائم خود را ظاهر می‌سازد بایستی از فرمهای سولفاتی استفاده نمود.

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 کاشت 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 مرحله کاشت 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. بررسی‌های موجود نشان داده که کاربرد گوگرد به مقدار 250 تا 500 کیلوگرم در هکتار در مناطقی مثل داراب، دزفول، شهرکرد و مازندران و در منطقه ای مثل قم کاربرد 1000 کیلوگرم در هکتار به همراه تیوباسیلوس، باعث واکنش مثبت گیاه و افزایش معنی دار عملکرد کلزا شده است.

3-1-5- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف

روی: در مواردی که کمبود شدید عناصر کم مصرف به ویژه روی وجود داشته باشد، مصرف خاکی و محلول پاشی هر دو باید انجام گیرد. محلول پاشی با غلظت سه تا پنج در هزار سولفات روی می‌تواند در دو مرحله خروج از ریزوم و قبل از گلدهی انجام گیرد و مصرف خاکی آن 30 کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

بور: در خاک‌های دارای کمبود بور که دارای کمتر از 0/8 میلی‌گرم در کیلوگرم بور 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 (اسیدبوریک) 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.

منگنز: اگر چه دادن 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 30 درصد زمین را پوشانده باشند کافی است اما در موارد کمبود شدید منگنز در زراعت‌های پاییزه، محلول پاشی در اوایل بهار ممکن است ضروری باشد (احمدی و جاویدفر، 1377).

آهن: 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 توصیه می‌گردد. از جمله این روش‌ها استفاده

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/29

از کلات Fe-EDDHA در خاک و یا به صورت محلول پاشی می‌باشد. اما گرانی این کودها 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 آهکی، مصرف آن توصیه نمی‌شود.

3- محلول پاشی ترکیبات حاوی آهن نیز در رفع کلروز مؤثر می‌باشد. محلول پاشی گیاهان دچار کلروز در 2-3 نوبت با فاصله 15 روز با محلول چهار در هزار سولفات آهن بسیار مؤثر است. یعنی 4 کیلوگرم سولفات آهن ($FeSO_4$) در 1000 لیتر آب حل شده و سپس استفاده گردد. استفاده از غلظت‌های بالاتر اغلب سبب سوختگی برگ‌ها می‌شود. افزودن عوامل مرطوب کننده تجاری یا چند قطره مایع ظرفشویی پیش از محلول پاشی، الزامی است. استفاده از غلظت‌های بالاتر اغلب سبب سوختگی برگ‌ها می‌شود. در صورت ضرورت محلول پاشی بایستی قبل از ظهور زردی، انجام گیرد و در صورت بروز کمبود چندین بار بایستی محلول پاشی نمود.

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 می‌گیرد. در این شرایط سطح تماس برگ با ذرات کودی بیشتر شده و در نتیجه میزان جذب برگ‌ها افزایش می‌یابد.
- هنگام محلول پاشی سرعت وزش باد باید حداقل باشد.
- پس از انجام محلول پاشی، آبیاری مزرعه با حداقل فاصله زمانی، انجام گیرد.
- حرارت محیط در هنگام محلول پاشی پایین تر از 29 درجه سانتی گراد باشد.
- برای اطمینان از صحت انجام عملیات فوق پیشنهاد می‌گردد کود مورد نظر با غلظت مربوطه تهیه و در قطعه کوچکی از مزرعه برگ پاشی شود. در صورت عدم ظهور علائم برگ سوزی در گیاه پس از سه روز، در تمام سطح مزرعه، برگ پاشی انجام پذیرد. در اراضی شور از کود حاوی عناصر کم مصرف بدون بور استفاده شود.

محلول پاشی برگ‌گی 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 (کسرایی، 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).

3-2- کاربرد ماده آلی در تولید کلزا

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 غیر همگن 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 بایستی گفت تجزیه ماده آلی و آزادسازی عناصر غذایی برای گیاه غیرقابل پیش‌بینی 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. به هر حال این کودها بخشی از عناصر غذایی برداشت شده از خاک را به خاک برمی‌گرداند اما نمی‌تواند همه هدر رفت و خروج عناصر غذایی از مزرعه را جبران نمایند.

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 31

همچنین نسبت عناصر غذایی در 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 هم 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 مؤثر ریشه با خاک کاملاً مخلوط شود.

3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت کلزا

کودهای زیستی به مواد جامد (بیشتر پودری)، مایع و یا در برخی موارد ژله مانند اطلاق می‌شود که قادر است جمعیت انبوه از یک یا چند نوع ارگانیزم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک 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 می‌شوند. انواع متفاوتی از کودهای زیستی امروزه در دنیا معرفی شده است که توسط زارعین برای کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کودهای زیستی حاوی باکتریهای محرک رشد گیاه از مهمترین انواع کودهای زیستی قابل استفاده در کشت کلزا می‌باشند. باکتریهایی مانند سودوموناس، فلاوباکتریوم، باسیلوس، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم از انواع شناخته شده باکتریهای محرک رشد گیاه می‌باشند. باکتریهای محرک رشد گیاه به وسیله مکانیسم‌های مختلف، به طور مستقیم و یا غیر مستقیم رشد گیاهان را افزایش می‌دهند.

مکانیسم‌های مستقیم شامل تثبیت بیولوژیک نیتروژن، حلالیت فسفاتهای نامحلول، تولید تنظیم کننده‌های رشد و ویتامین‌ها می‌باشند که با تأثیر مستقیم بر رشد گیاه سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند. از مکانیسم‌های غیر مستقیم می‌توان به خصوصیاتمانند

تولید سیانید هیدروژن، آنتی بیوتیک‌ها و سیدروفورها اشاره کرد. مکانیسم های غیر مستقیم با تعدیل اثرات منفی تنش‌های زنده و غیر زنده سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند. مقدار و نحوه مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه بستگی زیادی به نوع فرمولاسیون آنها دارد. این کودها بیشتر به شکل مایع و یا پودری و به ندرت به صورت گرانول تولید می‌شوند. برحسب نوع فرمولاسیون هر کود نحوه مصرف آن به شرح زیر می‌باشد.

الف - کودهای زیستی محرک رشد گیاه با فرمولاسیون مایع

1- بذرمال: ابتدا مقدار معینی از بذر داخل ظرف مناسب تمیزی ریخته می‌شود. سپس متناسب با مقدار بذر مصرفی، کود زیستی مایع به آن اضافه شده و برای چند دقیقه محتویات ظرف به خوبی تکان داده می‌شود تا از آغشته شدن کلیه بذور به کود زیستی اطمینان حاصل گردد. اکنون بذرها برای کاشت آماده هستند. در صورت آماده نبودن شرایط کاشت، بذرها در مکان مناسب تمیزی (دور از نور مستقیم خورشید و در هوای خنک و خشک) نگهداری می‌شوند. نگهداری بذور در این شرایط بیش از 24 ساعت توصیه نمی‌شود. بهتر است از مرطوب نمودن بیش از حد بذرها اجتناب گردد.

مقدار کود زیستی مایع مصرفی بستگی به میزان و نوع بذر دارد. در مورد کلزا به ازای هر یک کیلوگرم بذر کاربرد 100 میلی لیتر از مایه تلقیح مایع توصیه می‌گردد.

2- نشاء: در شرایط خاص کشت کلزا با استفاده از نشاء نیز انجام می‌شود. در این شرایط و در هنگام انتقال نشاء به مزرعه، مجموعه‌ای از چندین بوته جدا شده و ریشه‌های آن به خوبی شسته می‌شود تا اثری از ذرات خاک وجود نداشته باشد. سپس ریشه گیاه به مدت 20 دقیقه داخل محلول کود نگهداری شده و بعد کشت می‌گردد. مقدار کود مصرفی بستگی زیادی به حجم ریشه گیاه مورد نظر دارد.

ب - کودهای زیستی محرک رشد گیاه با فرمولاسیون پودری

میزان مصرف کودهای زیستی پودری نیز بستگی به میزان و نوع بذر دارد. همچنین این کودها برای استقرار بهتر بر روی بذر نیازمند به استفاده از یک ماده چسباننده می‌باشند. بعضی از شرکت‌های معتبر در فرمولاسیون خود از مواد چسباننده استفاده کرده‌اند و در نتیجه در خصوص

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/33

این کودها نیازی به ماده چسباننده وجود ندارد. ولی بیشتر تولیدکننده‌ها یا در کنار کود خود این ماده چسباننده را قرار داده و یا مصرف کننده را به استفاده از ماده چسباننده راهنمایی می‌کنند. به منظور تلقیح بذر با کودهای پودری ابتدا بذر مورد نیاز به داخل ظرف مناسب تمیزی منتقل می‌شود. سپس متناسب با مقدار بذر درون ظرف، مقدار مشخصی از محلول ماده چسباننده به آن اضافه شده و به خوبی به هم زده می‌شود. پس از اطمینان کافی از چسبناک بودن کلیه بذور، کود زیستی اضافه شده و مجدداً به خوبی بهم زده می‌شود. در صورت امکان بهتر است قبل از کشت، بذرها اندکی هوا خشک شده (در سایه و در سطح تمیز) و سپس کشت شوند. برای چسبناک کردن بذور از مواد متعددی استفاده می‌شود. محلول 40 درصد صمغ عربی، 20 درصد شکر، 4 درصد متیل اتیل سلولز نمونه‌ای از این مواد می‌باشند. مقدار مواد چسباننده مصرفی بسیار مهم می‌باشد چرا که اگر ماده چسباننده بیش از نیاز اضافه گردد موجب چسبیدن بذرها به یکدیگر شده و در حالتی که کمتر از نیاز اضافه گردد مقدار کود اندکی را بر روی خود جای خواهد داد. در مورد کلزا کاربرد 40 میلی لیتر محلول چسباننده و حدود 50 گرم مایه تلقیح پودری توصیه می‌گردد.

4- مدیریت تغذیه گیاه کلزا در شرایط تنش های محیطی

4-1- مدیریت تغذیه گیاه کلزا در شرایط شور

شوری خاک و آب به روش‌های مختلف بر روی نیاز غذایی گیاهان اثر می‌گذارند. با افزایش شوری خاک، جذب آب توسط گیاه کم شده و به علت خشکی فیزیولوژیکی، میزان فتوسنتز در گیاه کاهش و در نتیجه عملکرد کم می‌شود. از این دیدگاه نیاز کودی گیاه تقلیل می‌یابد. این مسئله در بسیاری از تحقیقات گذشته به اثبات رسیده و تجزیه و تحلیل مجدد بر روی داده‌های آزمایشی داخل کشور نیز مؤید همین مطلب می‌باشد. با افزایش شوری خاک، رشد ریشه گیاه کاهش یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه کم می‌شود. 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. از سوی دیگر،

یکی از دلایل کاهش عملکرد در خاک های شور، کوتاه شدن دوره رشد بیان شده است. نتایج پژوهش های میرزاپور (1388) حاکی از وجود رابطه ای قوی میان مصرف نیتروژن و عملکرد کلزا در شرایط شور و از طریق بهبود پوشش سبز گیاهی برای دریافت نور، شادابی برگ ها برای انجام فتوسنتز، افزایش ارتفاع مطلوب گیاهی و رشد فعال برگ ها و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه و ماده خشک گیاهی است. بر اساس این نتایج، در شرایط شوری آب و خاک، با افزایش سطح نیتروژن مصرفی تا 225 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل 490 کیلوگرم اوره)، عملکرد دانه بهبود یافته در حالی که درصد روغن دانه، کاهش می یابد. این در حالی است که میزان توصیه شده نیتروژن بر اساس مدل جامع توصیه کودی موسسه تحقیقات خاک و آب در شرایط فوق برای شوری پایین آب آبیاری (5/5 دسی زیمنس بر متر)، 195 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل 420 کیلوگرم اوره در هکتار) و برای شوری بالاتر (8/3 دسی زیمنس بر متر) برابر 170 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل 370 کیلوگرم اوره در هکتار) بود. به نظر می رسد با توجه به عملکرد بالای شاخسار و اندام هوایی کلزا، نیاز به نیتروژن در کلزا از اهمیت فوق العاده ای برخوردار باشد به طوری که هر قدر بر میزان نیتروژن مصرفی افزوده شود، عملکرد نیز به صورت خطی افزایش می یابد. همچنین با شورتر شدن آب آبیاری، نیاز به فسفر در کلزا افزایش یافته به گونه ای که در شوری آب آبیاری 5/5 دسی زیمنس بر متر، مصرف 90 کیلوگرم فسفر در هکتار (معادل حدود 200 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) دارای بالاترین عملکرد دانه و روغن می باشد. این در حالی است که در شوری آب آبیاری 8/5 دسی زیمنس بر متر، با مصرف 135 کیلوگرم فسفر در هکتار (معادل حدود 300 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) بیشترین عملکرد دانه و روغن حاصل به دست می آید. به نظر می رسد شوری خاک با محدود کردن رشد ریشه، باعث کاهش جذب فسفر بوسیله گیاه می شود و لذا، برای رسیدن به سطح کافی فسفر در گیاه، باید مقادیر بیشتری فسفر در مقایسه با شرایط غیرشور مصرف کرد. ضمن آن که در شوری های بالای آب آبیاری، مقدار قابل توجهی از فسفر رسوب می نماید (میلانی، 1378) و بنابراین، نیاز است تا مقادیر فسفر مصرفی بیشتر از شرایط غیر شور باشد. در مورد مصرف پتاسیم در شرایط شور، نتایج تحقیقات مختلف بر لزوم مصرف این عنصر

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/35

تأکید دارد اما باید توجه داشت مقدار مصرف این کود بستگی به شوری آب آبیاری و خاک و نیز مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک دارد. به طور مثال در شوری پایین آب آبیاری (5/5 دسی‌زیمنس بر متر) مصرف 100 کیلوگرم پتاسیم (معادل حدود 200 کیلوگرم سولفات پتاسیم) اثر مثبتی بر عملکرد کلزا دارد اما با شورتر شدن آب آبیاری (8/5 دسی‌زیمنس بر متر) افزایش پتاسیم مصرفی به بیش از 50 کیلوگرم (معادل 100 کیلوگرم هکتار سولفات پتاسیم) سبب کاهش عملکرد دانه کلزا می‌گردد.

علاوه بر این در شرایط شور، جذب عناصر غذایی کم مصرف به دلیل کاهش حجم ریشه و خاصیت ضدیتی (آنتاگونیستی) بین عناصر غذایی و یون های سمی، کاهش می‌یابد. برخی تحقیقات نشان داده، کاهش جذب عناصر کم مصرف در شرایط شور، ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند کلسیم، منیزیم و سدیم است و از این رو، محلول‌پاشی عناصر کم مصرف برای رفع نیاز گیاه در این شرایط توصیه می‌گردد.

در شرایط کمبود روی قابل جذب در خاک، مصرف خاکی 40 کیلوگرم سولفات روی آبدار به همراه دو بار محلول‌پاشی سولفات روی آبدار با غلظت 5 در هزار (یکی در انتهای روزت و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول‌پاشی) برای دستیابی به عملکرد مطلوب دانه در کلزا و در شرایط شوری آب آبیاری (شوری‌های 7 و 8/5 دسی‌زیمنس بر متر) قابل توصیه است (میرزاپور، 1390). در شرایط کمبود آهن قابل جذب در خاک، مصرف خاکی ترکیب مناسب کلاته آهن به همراه دو بار محلول‌پاشی سولفات آهن آبدار با غلظت 5 در هزار (یکی در انتهای روزت و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول‌پاشی) برای دستیابی به عملکرد دانه بالا در کلزا و در شرایط شوری آب آبیاری (شوری‌های 7 و 8/5 دسی‌زیمنس بر متر) قابل دستیابی است (میرزاپور، 1390).

در شرایط کمبود منگنز قابل جذب در خاک، مصرف خاکی 25 کیلوگرم سولفات منگنز به همراه دو بار محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت 5 در هزار (یکی در انتهای روزت و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول‌پاشی) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا در شرایط شوری آب آبیاری (شوری‌های 7 و 8/5 دسی‌زیمنس بر متر) می‌گردد (میرزاپور، 1390). انتخاب رقم متحمل به شوری از مواردی است که زارع در زمان مواجهه

با خاک و آب شور، در پیش می‌گیرد. ارقام SLM 046 و Hyola 401 از جمله ارقام متحمل به شوری محسوب می‌شوند.

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

تنش خشکی یکی از محدودکننده ترین عوامل تولید کلزا در نواحی خشک و نیمه خشک است. تنش خشکی به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن آب کافی در محیط ریشه وجود ندارد. اثر تنش خشکی بر کلزا بسته به رقم، شدت و دوام تنش و شرایط آب و هوایی و همچنین به دلیل ارتباط نزدیک نیازهای غذایی و آبی به 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 می‌شود. یک اثر مهم کمبود آب، تأثیر بر جذب مواد غذایی توسط ریشه و انتقال آن به اندام‌های بالایی گیاه است. کاهش جذب توسط ریشه می‌تواند ناشی از تداخل در جذب مواد غذایی و سازوکارهای بارگیری مواد غذایی و کاهش جریان تعرق باشد. همچنین تأثیر 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).

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که وقوع تنش خشکی در مرحله رشد طولی ساقه کلزا و مرحله گلدهی به شدت بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه کلزا اثر منفی دارد. وقوع تنش خشکی در مراحل گفته شده منجر به کاهش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین می‌گردد (Robertson و همکاران، 2004 و Ahmadi و Bahrani، 2006).

سازوکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات تنش خشکی بر کلزا عبارتند از: توسعه ارقام 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، آماده‌سازی بذر برای جوانه‌زدن (seed priming)، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد (نظیر اسید جیبرلیک) و استفاده از حفاظ‌های اسمزی مثل پرولین (Farooq و همکاران، 2009).

منابع

- 1- آمار نامه کشاورزی. 1391. جلد اول. محصولات زراعی و باغی سال زراعی 90-1389. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصاد، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
- 2- احمدی، م. و ف. جاویدفر. 1377. تغذیه گیاه روغنی کلزا. شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی، تهران.
- 3- حقیقت نیا، ج. و م. رجایی. 1382. بررسی تاثیر میزان و روش مصرف عناصر کم مصرف بر عملکرد کلزا. هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، گیلان.
- 4- خادمی، ز.، ح. رضایی، م. ج. ملکوتی و پ. مهاجر میلانی. 1379. تغذیه بهینه کلزا گامی مؤثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت روغن (توصیه کودی برای تولید کنندگان کلزا در خاکهای کشور). نشریه شماره 142، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
- 5- خواجه نوری، ع. 1350. تأثیر کودهای شیمیایی بر روی دانه‌های روغنی آفتابگردان و سویا. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره 302. تهران، ایران.
- 6- خوشگفتارمنش، ا. م. و ح. سیادت. 1381. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی، چاپ اول، کرج، ایران.
- 7- 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.
- 8- رضایی، ح.، ن. منتجبی، ک. صیادیان، ح. حقیقت نیا، س. سلیم پور، م. کلهر، ا. کاویانی، ش. طباحیان، م. داودی، م. پاسبان، س. حسینی‌راد و ف. نورقلی پور. 1391. بررسی میزان و روش مصرف فسفر در زراعت کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 9- رضایی، ح.، ف. فائزینیا، ک. میرزاشاهی، ح. حقیقت نیا، ه. نقوی، م. افضلی، ه. کشاورزی شیرازی، ق. مرادی، م. کلهر، م. فروهر، ع. مرشدی و ف. نورقلی پور. 1391.

- بررسی اثرات کاربرد مقادیر مختلف و سرک پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 10- رضایی، ح، ج. قادری، ه. نقوی، م. زلفی باوریانی، ا. اخیانی، ح. حقیقت نیا، ا. اسدی جلودار، س. سلیم پور، م. کلهر، ج. سرحدی و ف. نورقلی پور. 1391. بررسی روش و میزان مصرف عناصر ریز مغذی در زراعت کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 11- رضایی، ح، ک. میرزاشاهی، ح. حقیقت نیا، ن. ا. منتجبی، ا. بای بوردی، م. زلفی، ا. اخیانی، ا. رستمی، م. کلهر، م. قنبر پوری، م. اسماعیلی، ک. صیادیان و ف. نورقلی پور. 1391. تعیین میزان و زمان مصرف ازت در زراعت کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 12- رضایی، ح، ر. وکیل و م. ه. میرزاپور. 1388. بررسی عوامل مؤثر بر رشد و تولید کلزا در شرایط شور در مزارع کشاورزان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 13- زراعی، ع. م. 1352. بررسی اثرات کودهای شیمیایی در سویا و آفتابگردان در مازندران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 369. تهران، ایران.
- 14- سلیم پور، س، ک. میرزاشاهی، ع. دریاشناس، م. ج. ملکوتی و ح. رضایی. 1379. مقایسه اثرات جایگزینی نواری با پخش سطحی کودهای فسفاته در زراعت کلزا در صفی آباد دزفول. مجله خاک و آب، ویژه نامه کلزا، جلد 12، شماره 12، ص 22-26.
- 15- سلیم پور، س، ک. میرزاشاهی، ع. دریاشناس، م. ج. ملکوتی و ح. رضایی. 1379. بررسی میزان و روش مصرف سولفات روی در زراعت کلزا در صفی آباد دزفول. مجله خاک و آب، ویژه نامه کلزا، جلد 12، شماره 12، ص 22-26.
- 16- سماوات، س. 1378. مدیریت مصرف کود در کشت دانه های روغنی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 43، تهران، ایران.

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 39

- 17- سیستانی، ه. 1375. گزارش نهایی طرح بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد دانه و صفات کمی و کیفی کلزا. نشریه شماره 995، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- 18- شهیدی، ا. و ک. فروزان. 1376. کلزا. شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی، تهران.
- 19- شهابی، ع. ا.، غ. شیراسماعیلی و م. رضایی. 1389. تعیین مناسب‌ترین رقم مقاوم کلزا نسبت به شوری آب آبیاری. گزارش نهایی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 20- شیرانی‌راد، ا.ح. 1378. بررسی تحمل به تنش آبی ارقام کلزا. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، صفحات 401-402.
- 21- عزیزی، م.، ا. سلطانی و س. خاوری خراسانی. 1378. کلزا" فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران، 230 ص.
- 22- کسرای، ر. 1372. چکیده‌ای درباره علم تغذیه گیاهی (ترجمه). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. 372 ص.
- 23- کوچکی، ع. و الف. علیزاده. 1370. اصول زراعت در مناطق خشک. انتشارات آستان قدس رضوی.
- 24- کیخا، غ. ع.، ح. ر. فنایی، م. ر. پل شکن پهلوان، ع. اکبری مقدم و ف. سراوانی. 1384. بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر روی، بُور و آهن بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا. نهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
- 25- مرشدی، الف.، م. ج. ملکوتی و ح. رضایی. 1379. تاثیر محلول‌پاشی آهن، روی و بُر بر عملکرد و خواص کیفی و غنی سازی دانه های کلزا در بردسیر کرمان. مجله علمی پژوهشی خاک و آب، ویژه نامه کلزا، جلد 12، شماره 12، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 26- ملکوتی، م. ج.، ز. خادمی و پ. مهاجر میلانی. 1379. توصیه بهینه کودی برای کلزا در کشور. مجله خاک و آب، ویژه‌نامه کلزا، جلد 12، شماره 12، ص 1-6.

- 27- 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.
- 28- 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.
- 29- ملکوتی، م. ج. و ع. ح. ریاضی همدانی. 1370. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). چاپ اول. مرکز نشر دانشگاهی. تهران، ایران. 801 ص.
- 30- ملکوتی، م. ج. 1377. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی (چاپ سوم با بازنگری). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- 31- 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.
- 32- میرزاپور، م. ه. 1388. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد و عملکرد ارقام کلزا در شرایط شور استان قم. گزارش نهایی، نشریه شماره 1439، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 33- میرزاپور، م. ه. 1390. مقایسه اثر روش های مختلف استفاده از عناصر کم مصرف بر رشد، عملکرد و ترکیب شیمیایی کلزا در شرایط شور. نشریه شماره 1517، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 34- میرزاشاهی، ک. و س. سعادت. 1389. تأثیر مواد آلی مختلف بر عملکرد کلزا و برخی خصوصیات شیمیایی خاک در شمال خوزستان. مجله پژوهش های خاک، جلد 24، شماره 1، ص 29-20.
- 35- میرزاشاهی، ک. 1380. تعیین بهترین میزان و زمان مصرف نیتروژن در زراعت کلزا. گزارش نهایی، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول، دزفول، ایران.
- 36- میرزاشاهی، ک. 1380. بررسی اثرات مقادیر و منابع مختلف و سرک پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا. گزارش نهایی، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول، دزفول، ایران.

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 41

37- نورقلی پور، ف.، م.ر. رفیع، ب. عطاردی، م. زارع، م. اسماعیلی، ع. منتظری، م. دادپور، ا. همتی، س. رادمهر، م. شریعتمداری و م. صلاحی. 1391. بهینه سازی توصیه کودی نیتروژن برای گیاه کلزا در مناطق گرم و سرد. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

38- نورقلی پور، ف.، ح. بشارتی، ف. نوابی، ف. حامدی، ع. محنت کش، س. سلیم پور، م. قنبرپوری. 1390. بررسی اثرات مصرف گوگرد و تیوباسیلوس بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

39- نورقلی پور، ف.، م. صادقی مطلق، ی. محمد نژاد، م. محمدی، ا. قاسمی، م. رجایی، ر. مطلبی فر، ع. منتظری و ک. میرزاشاهی. 1390. بررسی تاثیر مصرف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد دانه و روغن کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

40- نورقلی پور، ف.، ک. میرزاشاهی، م.ع. خودشناس، م. افضلی، ج. قادری و م. صلاحی. 1391. بررسی کارایی ارقام مختلف کلزا از لحاظ جذب فسفر. گزارش پژوهشی سال اول پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

41- وزیری، ژ. 1393. تعیین عمق و دور آبیاری در زراعت کلزا. گزارش نهایی، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

42- وزیری، ژ. 1393. بررسی اثرات کم آبیاری و تعیین کارآیی مصرف آب در کلزا. گزارش نهایی، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

1- Ahmadi, M. and M. J. Bahrani. 2006. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American- Eurasian J. Agric. And Environ. Sci. 5(6): 755- 791.

2- Anonymous. 2002. Balanced Fertilization. International Potash Institute Coordination India.

3- Anonymous. 1994. Foliar Nutrition. Midwest Laboratories, INC.

4- Anonymous. 2008. Nutrient management. Fertilizers. Tamilnadu Agricultural University. Combatore.

5- Brown, P. H. 2008. Micronutrient use in agriculture in the United States of America. In B. J. Hallaway (ed.) Micronutrient deficiencies in global crop production. Springer. 353 p.

6- Canola Council of Canada. 1990. Canola Oil and Meal: Standards and regulations. Canola Council of Canada, Winnipeg, Canada, 4 pp.

- 7- 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.
- 8- Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agron. J.* 86:233-237.
- 9- Graham, R. D., J. S. Ascher and S. C. Hynes. 1992. Selecting zinc efficient genotypes for soils of low zinc status. *Plant Soil.* 146: 241- 250.
- 10- Grant, C. A, and L. D. Baily. 1993. Fertility management in canola production, *Can. J. Plant Sci.* 73:651-670.
- 11- Grewal, H. S., U. Zil. and R. D. Graham. 1997. Influence of subsoil zinc on dry matter production, seed yield and distribution of zinc in oil seed range genotypes differing in zinc efficiency. *Plant Soil.* 92: 181-189.
- 12- Hu, Y. and U. Schmidhalter. 1997. Interactive effect of salinity and macronutrient level on wheat .I.Composition. *J. of Plant Nutrition* , 20(9),pp.1169-1182.
- 13- Hu, D., Beu, R. W. and Z. Xye. 1996. Zinc and phosphorus response in planted oilseed rape. *Soil Sci. and Plant Nutr.* 42:333-344.
- 14- Jones, C. and J. Jacobsen. 2009. Micronutrients: Cycling, Testing and fertilizer recommendation. Nutrient Management Module No. 7. Manitoba State University.
- 15- Karkosh, A.E., A.K. Walker, and J.J. Simmons. 1988. Seed treatment for control of iron-deficiency chlorosis of soybean. *Crop Sci.* 28:369-370.
- 16- Kianci, E. and N. Gulmezoglu. 2007. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilization. *Interscienca.* 32(9): 624- 628.
- 17- Koenig, R. T., W. Ashley Hammec and W. L. Pan. 2011. Canola growth, development and fertility. Washington State University Extension FACTSheet. FSO45E.
- 18- Mirzashahi, K., M. Pishdar Faradaneh and F. Nourgholopour. 2010. Effects different rates of nitrogen and sulphur application on canola yield in north of Khuzestan. *Journal of Research in Agriculture Science.* 2: 107- 112.
- 19- Norton, R. 2013. Canola technology update for growers and advisors. International Plant Nutrition Institute.
- 20- Penas. E. J., R. A. Wiese, R. W. Elmore, G. W. Hergert and R. S. Moomaw. 1990. Soybean chlorosis studies on high pH bottom land soils. *Bull.* 312. University of Nebraska.
- 21- Porter, P. M. 1998. Canola response to boron and nitrogen grown on the south eastern coastal plain. *J. Plant Nutrition.* 16(12):2371-2381.
- 22- Rashid, A., E. Rafique. and N. Bughio. 1994. Diagnosis deficiency in rape seed and mustard by plant analysis and soil testing. *Commun. Soil Plant. Anal.* 25 (18): 2883-2897.
- 23- 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.

- 24- Robertson, M. J. and J. F. Holland. 2004. Production risk of canola in semiarid subtropic of Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 55: 525- 538.
- 25- Tandon, H. 1990. Fertilizer recommendations for oilseed crops. A guide book. Fertilizer development and consulation organization, New Delhi, India.
- 26- Veseth, R. 1990. Winter rapeseed recropping considerations. Conservation tillage Handbook series crops and varieties, No. 14.
- 27- Victor, M., M. A. Shorrocs, M. A. D. Phil and M. I. Biol. 1990. Boron deficiency its prevention. Borax Holdings Limited, London, UK.

جدول پیوست 1- تقویم کوددهی کلزا منطبق بر مراحل فنولوژیکی

پیوست

مراحل رشد فنولوژیکی						نوع کود
گلدهی	غنچه دهی	ساقه دهی	خروج از روزت	دانه رست	قبل از کشت	
	35 درصد توصیه	35 درصد توصیه			30 درصد توصیه	کوددهی نیتروژن
					100 درصد توصیه ترجیحاً به صورت نواری	کوددهی فسفر
					100 درصد توصیه ترجیحاً به صورت نواری	کوددهی پتاسیم
					توسط دیسک با خاک مخلوط شود	کودهای آلی
					بذرمال	کودهای زیستی
	محلول پاشی		محلول پاشی			کودهای حاوی عناصر ریزمغذی
		محلول پاشی		کودآبیاری		اسید هیومیک
		محلول پاشی				محرکهای رشد گیاهی
	محلول پاشی					کودهای محلول با پتاسیم بالا
			محلول پاشی			کودهای محلول با فسفر بالا

فصل هفتم: راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/45

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

علائم بیشتر روی برگ های پیر			علائم بیشتر روی برگ های جوان و میانی	
N	P	K	Mg	S
کاهش ارتفاع، قطر ساقه و سطح برگ، رنگ برگ سبز کم رنگ متمایل به زرد	تغییر رنگ برگ ها و ساقه ها به قرمز مات، بنفش متمایل به قرمز تا صورتی	قهوه ای و متمایل به قرمز شدن گلبرگ ها، کلروزه و نکروزه شدن برگ ها، پژمردگی برگ ها در روزهای داغ، حساسیت بیشتر در شرایط خشک و یخبندان	کلروز بین رگبرگ های پهنک برگ، رگبرگ ها و بافت های مجاور سبز باقی می ماند.	برگ های سبز روشن و متمایل به زرد، رگبرگ های سبزی باقی می ماند، قاشقی شدن و بد شکلی، اغلب با قرمز شدن رنگ برگ همراه است.
ساقه ها نازک تر، کاهش گلدهی کاهش غنچه دهی		کاهش رشد همراه با کوتاه شدن بین گره ها و کاهش قطر ساقه	کمبود منیزیم داخل یک مزرعه اغلب به صورت لکه لکه	ظاهر تمام یا کل گیاه زرد و رنگ پریده، برگ سفید، دوره گلدهی طولانی
کل مزرعه با ظاهر زرد رنگ، کوتاه شدن دوره رسیدن	به تأخیر افتادن بلوغ	کاهش تعداد خورجین		کاهش تعداد و اندازه غلاف ها کاهش دانه در هر خورجین

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

علائم بیشتر در برگ‌های جوان تر						
Ca	Fe	Zn	Cu	B	Mo	Mn
ایجاد لکه های کلروز و نکروزه مانند در پهنک برگ	کلروز بین رگبرگ‌های برگ	رنگ پریدگی، برنزه شدن سطح برگ‌های جوان‌تر، ریزی برگ	کلروز در پهنک برگ‌ها، رگبرگ‌ها سبز باقی می‌مانند و رشد همه بافت‌ها کاهش می‌یابد	تغییر رنگ برگ‌ها به صورت سبز کم‌رنگ و متمایل به قرمز، بین رگبرگ‌ها زرد لکه‌ای، ظاهر گیاه انبوه و پر پشت	کلروز موضعی، نکروزه شدن در طول رگبرگ اصلی برگ، ماده شهد دار چسبنده قهوه ای رنگ روی برگ‌ها در رگبرگ	کلروز بین رگبرگ‌های برگ به شکل لکه ای
		کوتاهی گیاه در اثر کاهش رشد میان گره ها	ظاهر گیاه همانند گیاهی است که از کمبود آب رنج می‌برد	کوتاه ماندن بین گره‌ها در ساقه، ساقه های ضخیم، لکه‌های نکروزه قهوه‌ای، گل‌های غیر بارور همراه با ریزش گل و غنچه	کاهش انشعابات یا پنجه زنی در هر گیاه	تأخیر گل‌دهی
				کاهش تعداد خورجین و بذر در هر خورجین	کاهش خورجین در گیاه	کاهش توسعه خورجین دهی و به تأخیر افتادن رسیدگی و زمان درو

فصل هفتم: راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا/ 47

جدول پیوست 4- برآورد پتانسیل تولید مزرعه برای تولید کلزا

عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	تعداد نوبت آبیاری	درصد کربنات کلسیم	شوری عصاره خاک (دسی زیمنس بر متر)	بافت خاک
بیش از 3400	1/3 مساوی یا کمتر از	11	کمتر از 15	2 مساوی یا کمتر از	لوم، لوم رسی، رسی
3400	2	11	15-19/9	3	لوم، لوم رسی، رسی
3200	2/7	10	20-24/9	4	لوم، لوم رسی، رسی
3000	3/3	10	25-29/9	5	لوم، لوم رسی، رسی
2800	4	9	30-34/9	6	لوم شنی، سیلت
2600	4/7	9	35-39/9	7	لوم رس سیلتی
2400	5/3	8	40-44/9	8	رس شنی، رس سیلتی
2200	6	7	45-49/9	9	شن لومی، رس سیلتی متراکم
2000	6	6	50-54/9	9	شن لومی، رس سیلتی متراکم
1800	6/7	5	55-59/9	10	شن لومی، رس سیلتی متراکم
1600	6/7	4	55-59/9	10	شن لومی، رس سیلتی متراکم
1400	7/3	4	55-59/9	11	شن لومی، رس سیلتی متراکم
1200	7/3	4	60	11	شن لومی، رس سیلتی متراکم
کمتر از 1000	0/8 مساوی یا کمتر از	کمتر از 4	بیشتر از 60	12 مساوی یا بیشتر از	شن، رسی متراکم

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
SO ₂	0/501	S	1/997	SO ₂
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