

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

موسسه تحقیقات خاک و آب

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا

فریدون نورقلی پور، حامد رضایی، کامران میرزاشاهی، حسن حقیقت نیا،
محمودرضا رمضانپور، محمدحسین ارزانش، هادی اسدی رحمانی،
محمد هادی میرزاپور، صدقعلی زمانی، صفدر محمدی کیا و مهران افضلی

سرشناسه: موسسه تحقیقات خاک و آب

عنوان و نام پدیدآور:

مشخصات نشر:

مشخصات ظاهری: 88 ص، جدول.

شابک:

وضعیت فهرست نویسی:

فیپا

موضوع:

--

موضوع:

--

موضوع:

--

موضوع:

--

شناسه افزوده:

--

شناسه افزوده:

--

شناسه افزوده: ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب

رده بندی کنگره:

.....

رده بندی دیویی:

.....

شماره کتابشناسی ملی:

.....

نام کتاب: دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا

نویسندگان: فریدون نورقلی پور، حامد رضایی، کامران میرزاشاهی، حسن حقیقت نیا، محمودرضا رمضانپور،

محمدحسین ارزانش، هادی اسدی رحمانی، محمدهادی میرزاپور، صدقلی زمانی، صفدر محمدی کیا و

مهران افضلی

ویراستار فنی: فرهاد مشیری

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب

صفحه آرای: لیلا اسدزاده

طرح روی جلد: سید هرمز سجادی

چاپ اول: سال 1393

شمارگان: 1000 نسخه

قیمت: 100,000 ریال

شابک:

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب،

کد پستی: 3177993545، صندوق پستی: 311-31785، تلفن: 026-36203502، نمابر: 36210121

web Add: <http://www.swri.ir>

Email: info@swri.ir

پیشگفتار

دستیابی به غذای کافی، سالم و مغذی به عنوان یکی از حقوق اساسی شهروندان ایرانی در سند چشم انداز بیست ساله کشور در افق 1404 مورد تاکید قرار گرفته است. در این راستا بخش کشاورزی خود را موظف به دستیابی توانمندی لازم در برقراری امنیت غذایی و خود اتکایی در محصولات اساسی می‌داند. با تلقی امانت‌دارانه، خاک به عنوان منبع پایه و بستر تولید از اهمیت بسزائی برخوردار است به گونه‌ای که امنیت غذا در گرو امنیت خاک دانسته شده و برای تنویر افکار، سال 2015 سال جهانی خاک نام‌گذاری شده است. در این راستا حاصلخیزی خاک نقشی محوری در امنیت خاک و ارائه خدمات توسط خاک به عهده دارد. در ابتدای برنامه ششم و سالهای باقی‌مانده تا 1404 وزارت جهاد کشاورزی مصمم گردیده تا با بکارگیری کلیه ذینفعان دخیل در حوزه حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، ضریب خوداتکائی محصولات زراعی (گندم، جو، کلزا، پنبه، حبوبات، چغندرقتد، ذرت، 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 خوداتکائی هشت محصول زراعی در خرداد ماه 1393 به موسسه تحقیقات خاک و آب محول نمود. ارائه دستورالعمل‌های مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه از ملزومات تدوین این برنامه می‌باشد. در این راستا موسسه تحقیقات خاک و آب با برگزاری هم‌اندیشی با متخصصین این حوزه از جمله پیشکسوتان و محققین ستادی و استانی در جهت تدوین راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای هشت محصول یاد شده گام برداشت. راهنمای پیش رو برای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کلزا ارائه شده است. این راهنما با

بهره‌گیری از نتایج تحقیقات و دستورالعمل‌های قبلی و اخیر موسسه تحقیقات خاک و آب و با مشارکت حداکثری از متخصصین و استفاده از تجربیات کارشناسی و منابع بین‌المللی و با تقویت نگرش مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه (به کارگیری از منابع شیمیایی، آلی و زیستی برای تامین عناصر غذایی) تدوین گردیده است. توجه به مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش‌های محیطی (شوری، خشکی، سرما و گرما)، توجه به توصیه کود برای مناطق دیم، توجه بیشتر به مدیریت تغذیه بر اساس مراحل رشد فیزیولوژیکی گیاه، استفاده از کودهای نوین و محرک‌های رشد گیاهی، توجه به تناوب زراعی و کود سبز در توصیه کودی، توجه به تولید محصول مغذی و با کیفیت در توصیه کودی، توجه ویژه به جنبه بیولوژیک حاصلخیزی خاک، قابلیت کاربرد برای گروه‌های عملکردی در اقلیم‌های مختلف و قابلیت تبدیل سریع به دستورالعمل‌های منطقه‌ای، بولتن‌های ترویجی و پیام‌های تلویزیونی از مزایای این دستورالعمل محسوب می‌شود.

امید است با اتکال به خداوند عزیز 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 پیش‌بینی شده در برنامه خوداتکایی کزا، دستیابی به امنیت غذا، سلامت جامعه و حفظ محیط‌زیست را فراهم نموده و امانتدار مسئولی باشیم.

کاظم خاوازی

رئیس موسسه تحقیقات خاک و آب

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
1- کلیات	1
2- روشهای تشخیص کمبود عناصر غذایی	8
1-2- آزمون خاک	8
2-2- تجزیه گیاه	10
3-2- علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی	10
1-3-2- علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف	12
2-3-2- علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف	13
4-2- الگوی جذب عناصر غذایی	14
3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه کلزا	16
1-3- مصرف بهینه کودهای شیمیایی	17
1-1-3- توصیه مصرف نیتروژن	18
2-1-3- توصیه مصرف فسفر	22
3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم	26
3-1-3- توصیه مصرف گوگرد	28
4-1-3- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف	29
2-3- کاربرد ماده آلی در تولید کلزا	31
3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت کلزا	33
4- مدیریت تغذیه گیاه کلزا در شرایط تنش های محیطی	35
1-4- مدیریت تغذیه گیاه کلزا در شرایط شور	35
2-4- تأثیر شرایط خشکی بر نیاز غذایی کلزا و پتانسیل تولید	38
منابع	39
پیوست	46

فهرست جداول

صفحه

عنوان

9.....	جدول 1- حد بحرانی عناصر غذایی در خاک های زیر کشت کلزا.....
جدول 2-	حدود بهینه عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در برگ کاملاً توسعه یافته بر روی ساقه
10.....	اصلی در مرحله رشد در ابتدای طویل شدن ساقه کلزا.....
10.....	جدول 3- حدود بهینه عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در دانه کلزا.....
20.....	جدول 4- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم گرم.....
21.....	جدول 5- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم معتدل سرد.....
21.....	جدول 6- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم سرد.....
22.....	جدول 7- توصیه کودی اوره برای کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر.....
24.....	جدول 8- توصیه کود فسفری مورد نیاز کلزا برای اقلیم گرم.....
24.....	جدول 9- توصیه کود فسفری مورد نیاز کلزا برای اقلیم معتدل سرد.....
25.....	جدول 10- توصیه کود فسفری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سرد.....
25.....	جدول 11- توصیه کود فسفری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سواحل دریای خزر.....
26.....	جدول 12- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم گرم.....
26.....	جدول 13- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم معتدل سرد.....
27.....	جدول 14- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سرد.....
27.....	جدول 15- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر.....
46.....	جدول پیوست 1- تقویم کوددهی کلزا منطبق بر مراحل فنولوژیکی.....
47.....	جدول پیوست 2- توضیح کوتاه در مورد علائم کمبود عناصر در کلزا.....
47.....	جدول پیوست 3- توضیح کوتاه در مورد علائم کمبود عناصر در کلزا.....
48.....	جدول پیوست 4- برآورد پتانسیل تولید مزرعه برای تولید کلزا.....
49.....	جدول پیوست 5- ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف.....

فهرست شکلها

عنوان	صفحه
شکل 1- مرحله دانه رست.....	3
شکل 2- مرحله روزت.....	4
شکل 3- مرحله غنچه دهی.....	5
شکل 4- مرحله گلدهی.....	6
شکل 5- مرحله رسیدگی.....	7
شکل 6- مراحل مختلف رشد کلزا.....	7
شکل 7- نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص.....	11
شکل 8- مراحل و میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد برای کل گیاه کلزا.....	14
شکل پیوست 1- علائم کمبود پیشرونده نیتروژن در کلزا.....	50
شکل پیوست 2- گیاه کلزا بدون کمبود نیتروژن در چپ و مبتلا به کمبود در راست.....	50
شکل پیوست 3- خورجین بدون کمبود نیتروژن در چپ و دارای کمبود در راست.....	50
شکل پیوست 4- کمبود فسفر در برگ کلزا.....	50
شکل پیوست 5- علائم کمبود پتاسیم در کلزا.....	50
شکل پیوست 6- خورجین بدون کمبود پتاسیم در چپ و.....	50
شکل پیوست 7- کمبود گوگرد در برگ کلزا.....	51
شکل پیوست 8- کمبود روی در کلزا (رنگ پریدگی، برنزه شدن سطح برگهای جوانتر بالایی).....	51
شکل پیوست 9- کمبود بور (شکل راست) و سمیت بور (شکل چپ) در کلزا.....	51
شکل پیوست 10- کمبود مس در کلزا.....	51
شکل پیوست 11- کمبود منگنز در کلزا.....	51

1- کلیات

تولید روغن در کشور از دیرباز نتوانسته تأمین میزان مورد نیاز را پاسخگو باشد. چندان که در اغلب سالها مقدار خودکفائی 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، قابلیت گسترش در طیف وسیعی از خاکها (از خاک‌های شنی تا خاک‌های آهکی و رسی) را در سامانه‌های کشت و تناوبها پیدا کرده است. تأمین عناصر غذایی به مقدار بهینه یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد کمی و کیفی این دانه روغنی با ارزش می باشد. بهترین عملیات مدیریتی (¹BMPs) 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.

بهرحال 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 موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مناطق کشت کلزا در ایران شامل 1- اقلیم های گرم و مرطوب، 2- گرم و خشک، 3- معتدل سرد و 4- سرد می باشد.

• **اقلیم گرم و مرطوب:** شامل مناطقی از کشور است که دارای آب و هوای گرم و مرطوب بوده و حداقل دمای هوا در زمستان بیشتر از 7- درجه سانتی گراد می باشد که شامل مناطقی چون گیلان، مازندران، گلستان و مغان می باشد.

• **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 سانتی گراد می باشد. از جمله این مناطق می توان استان های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، هرمزگان و مناطق گرم استان های 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 سانتی گراد می باشد و ارتفاع آنها از سطح دریا غالباً کمتر از 1000 متر می باشد. از جمله این مناطق می توان به استان های 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.

• **اقلیم سرد:** شامل مناطقی از کشور است که دارای زمستان های سرد بوده و حداقل دمای هوا در زمستان به پایین تر از 14- درجه سانتی گراد می رسد و ارتفاع آنها از سطح دریا غالباً بالاتر از 1000 متر می باشد. از جمله این مناطق می توان به استان های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان، همدان، کردستان، چهارمحال و بختیاری و مناطق سرد استان های 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 (خادمی و همکاران، 1379). 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 موثر در افزایش تولید کلزا می‌باشد که در این نوشتار مورد توجه قرار گرفته است.

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:** جوانی‌زنی 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 می‌کند. این اندام شبیه برگ، کوتیلدن نامیده می‌شود (شهیدی و فروزان‌فر، 1376).

- **دانه رست²:** 4 تا 10 روز بعد از بذرکاری، دانه رست‌ها یک ساقه $1/25$ تا $2/5$ سانتی‌متری تولید می‌کنند. کوتیلدن‌ها در نوک هیپوکوتیل توسعه یافته و به رنگ سبز در می‌آیند تا تغذیه گیاه در حال رشد را فراهم نمایند (شهیدی و فروزان‌فر، 1376).



شکل 1- مرحله دانه رست

1- Germination

2- Seedling

روزت¹ 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 کوتیلدون، برگ‌های دیگر ظاهر شوند. گیاه سریعاً یک روزت با برگ‌های پیر در پائین که در حال بزرگ شدن هستند و برگ‌های کوچک و جوانتر که در مرکز آن در حال رشد هستند، ایجاد می‌نماید. طول ساقه اصولاً بدون تغییر باقی مانده و ضخامت آن افزایش می‌یابد. سیستم ریشه‌ای به رشد و گسترش ادامه می‌دهد و ریشه‌های ثانویه به سمت اطراف و پایین از ریشه اصلی، توسعه می‌یابد. پس از پایان مرحله روزت، گیاه شدیداً به رشد رویشی متمایل شده و شروع به ساقه‌دهی، می‌نماید. در این مرحله میان گره‌ها قابل دیدن هستند.



شکل 2- مرحله روزت

غنچه‌دهی²: طولانی شدن روزها و افزایش درجه حرارت تشکیل غنچه را سبب می‌شود. خوشه‌ای از غنچه‌های گل در مرکز روزت قابل مشاهده بوده و ساقه نیز شروع به رشد و بلند شدن می‌نماید. خوشه‌های غنچه‌های گل با رشد طولی ساقه، بزرگتر شده و گل‌های باز نشده

1- Rosette

2- Budding

بزرگتر می‌شوند و 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 غنچه دهی

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

1- Flowering



شکل 4- مرحله گلدهی

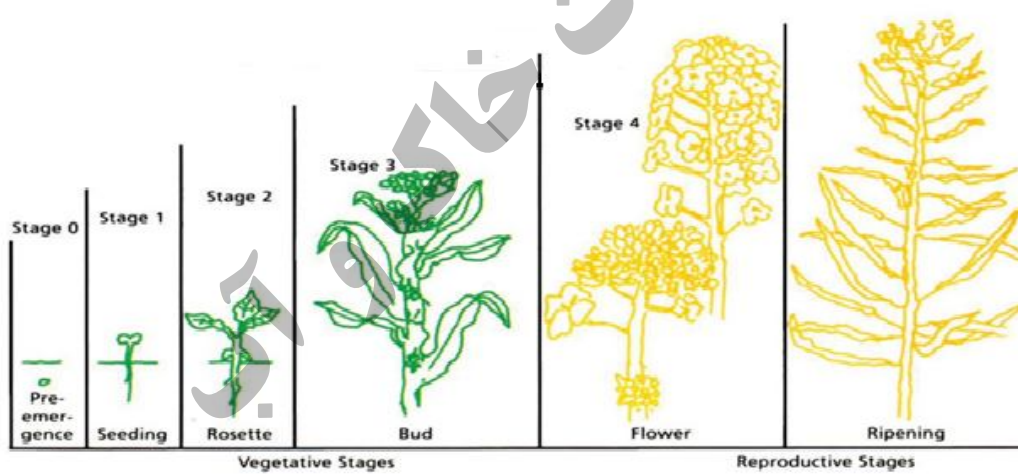
- شکل گیری خورجین و رسیدگی¹: این مرحله بسته به وضعیت رشد خورجین ها به 5 مرحله، تقسیم می شود که طی آن طول خورجین ها به مرور از کمتر از 2 سانتی متر به حدود 4 سانتی متر افزایش یافته و سرانجام خورجین ها به صورت توده ای در روی گیاه دیده می شوند. رسیدگی با افتادن گلبرگ ها شروع می شود. در طی هفته های اول رشد بذر، پوسته بذر گسترش می یابد تا به اندازه کامل خود برسد. بذر در این مرحله همانند بالون پر از آبی می باشد. در این مرحله جنین شروع به رشد کرده و در داخل پوسته بذر شروع به رشد می کند. وزن بذر افزایش می یابد. حدود 35 تا 45 روز بعد از شروع گلدهی، پر شدن بذر کامل می شود. بذره های نارس وقتی پر می شوند که حاوی 40 درصد رطوبت باشند. سپس پوست بذر از رنگ سبز به زرد یا قهوه ای می گراید. رطوبت بذرسریعاً به میزان 2 تا 3 درصد در روز کاهش می یابد. 40 تا 60 روز بعد از نخستین گلدهی، بذره های خورجین های پایینی می رسند.

1- Ripening



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 3 گروه کلی (1) آزمون خاک، (2) آزمون گیاه و (3) علائم کمبود می باشد. هر یک از این روشها جایگاه و مزایا و کاستی های خود را دارد که در زیر اشاره می شود.

2-1- آزمون خاک

خاک مخزن طبیعی عناصر غذایی می باشد. عناصر غذایی اما اغلب به شکلی هستند که بلافاصله قابل جذب توسط گیاه نیستند، زیرا به شکل هایی چون جذب سطحی بر روی ذرات، یا جزئی از ساختمان کانی خاک یا مواد آلی خاک می باشند. البته این عناصر جذب شده مجدداً قابل استفاده می باشند. فرآیندهایی که منجر به آزادسازی عناصر غذایی در خاک می شوند 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 می گیرد و چنانچه مقدار برداشت توسط گیاه، مجدداً به نحو مناسبی جایگزین نگردد، خاک از عناصر غذایی، تخلیه می گردد.

آزمون خاک در مفهوم کلی شاید به تعیین خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک اطلاق می گردد، ولی در معنی دقیق تر آن، عبارت از اندازه گیری های شیمیایی سریع خاک به منظور تعیین مقدار قابل استفاده عناصر غذایی گیاه می باشد. امروزه تفسیر نتایج حاصله و ارزیابی نتایج و توصیه های کودی که براساس این آزمایش های شیمیایی انجام می گیرد را نیز جزئی از آزمون خاک می دانند. 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، استفاده از آزمون بافت گیاه نیز ممکن است، نیاز باشد. از میان روش های مختلف ارزیابی حاصلخیزی خاک، آزمون خاک سریع، کم خرج و دقیق بوده و می تواند به موقع انجام شده و پایه و اساس توصیه های کودی، قرار گیرد. برنامه آزمون خاک معمولاً دارای چهار مرحله اجرایی زیر است:

- (1) نمونه برداری درست خاک مزرعه
 - (2) تعیین روش مناسب عصاره گیری و تعیین عناصر غذایی قابل جذب در عصاره استخراج شده
 - (3) واسنجی¹ نتایج آزمایشگاهی با استفاده از آزمایشات گلخانه ای
 - (4) تفسیر و توصیه های کودی
- موفقیت برنامه آزمون خاک مستلزم دقت عمل در هر یک از مراحل و آگاهی از خطاهای احتمالی در آنها می باشد.
- برای برآورد توصیه کودی کلزا بر اساس آزمون خاک (تجزیه خاک) در وهله اول عملکرد مورد انتظار تعیین می گردد (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 کلزا (رضایی و ملکوتی، 1379)

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 آزمون 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 اندازه گیری 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 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 پر مصرف و کم مصرف در برگ کاملاً توسعه یافته بر روی ساقه اصلی در مرحله رشد در ابتدای طویل شدن ساقه کلزا (ملکوتی و همکاران، 1384)

عناصر پر مصرف (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	بر	مولیبدن
	100-200	50-100	40-70	5-10	20-40	0/5- 0/7

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

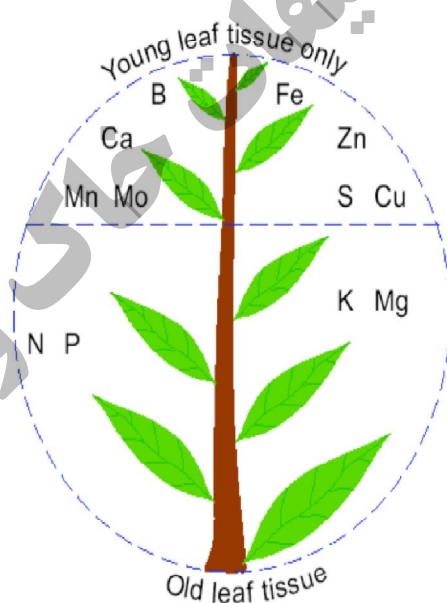
عناصر پر مصرف (درصد)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
	3/60	0/90	0/85	0/24	0/36
عناصر کم مصرف (میلی گرم در کیلوگرم)	آهن	منگنز	روی	مس	
	60- 80	30- 50	25- 35	3/5- 4/0	

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 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 می‌شود. در صورتی که این علائم 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 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) و ... 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 7- نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص (Norton، 2013)

2-3-1- علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف

نیتروژن: علائم کمبود این عنصر به صورت رشد اولیه ضعیف، رشد سبزینه ای ضعیف، ارغوانی شدن تمامی برگ ها و رگبرگ ها و در کمبود شدید، زرد شدن برگهای پیر و مرگ آنها می باشد (شکل پیوست 1 تا 3).

فسفر: فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است. این عنصر در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی در ترکیبات انرژی زا و در سازوکارهای (مکانیسم های) انتقال انرژی دخالت دارد. به علاوه فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده و نقش ویژه ای به عنوان جزئی از پروتئین هسته سلول، غشاء سلولی و نوکلئوتیدها 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، هم چنین 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 پیوست 4).

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 پیوست 5 و 6).

گوگرد: گوگرد چهارمین عنصر غذایی مورد نیاز کلزا می باشد که برای رشد کافی و مناسب ضروری است. قبل از آن که علائم کمبود ظاهر شود، کمبود آن سبب کاهش شدید عملکرد می گردد. به طور کلی علائم کمبود گوگرد بسیار مشابه با نیتروژن بوده و در مراحل غنچه دهی و گلدهی دیده می شود زیرا نیاز گیاه به گوگرد در طی این دوره بالا می باشد. علائم کمبود برعکس نیتروژن ابتدا در برگهای بالایی ظاهر می شود. لذا در برگ های جدید، گل ها و در نوک خورجین ها، کمبود مشاهده می گردد. شاخه های در حال

رشد بیشتر از برگ های پیر در معرض کمبود گوگرد قرار دارند. کمبود گوگرد سبب زرد شدن برگ های جوان در مراحل ابتدایی شده و این زردشدگی به تدریج به همه برگ ها پیشرفت می کند. آزمون بافت نیز می تواند 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 برگ ها رشد ضعیفی داشته و در بخش های فوقانی گیاه بصورت فنجانی شکل در آمده و رنگ ارغوانی در پشت برگ ها، مشاهده می شود. گل ها نیز اغلب رنگ پریده تر از حالت طبیعی می باشند (شکل پیوست 7).

منیزیم: کمبود منیزیم ابتدا بصورت لکه های کلروزه (لکه های زرد) در برگ ها دیده می شود که توسعه یافته و به رگبرگ ها متصل شده و ممکن است به رنگ نارنجی یا نارنجی مایل به قرمز تغییر یابد. علائم کمبود معمولاً ابتدا از برگ های مسن تر شروع شده و سپس به برگ های جوان گسترش می یابد. در حالت کمبود شدید برگ ها خشک شده و پیش از رسیدن می ریزند (احمدی و جاویدفر، 1378).

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

روی (Zn): علائم کمبود روی در کلزا در شکل پیوست (8) نشان داده شده است. کمبود روی در برگ های جوان باعث رنگ پریدگی و کوچک شدن برگ ها می گردد.

بور (B): علائم کمبود بور به صورت کوتاهی میان گره ها، ضخیم و چوب پنبه ای شدن ساقه ها و اختلال در رشد و تشکیل گل ظاهر می شود (شکل پیوست 9).

مس (Cu): کمبود مس در گیاه کلزا در برگ های جوان ظاهر شده و معمولاً رنگ پریدگی و لکه های سوختگی در بخش هایی از برگ از نشانه های آن می باشد (شکل پیوست 10).

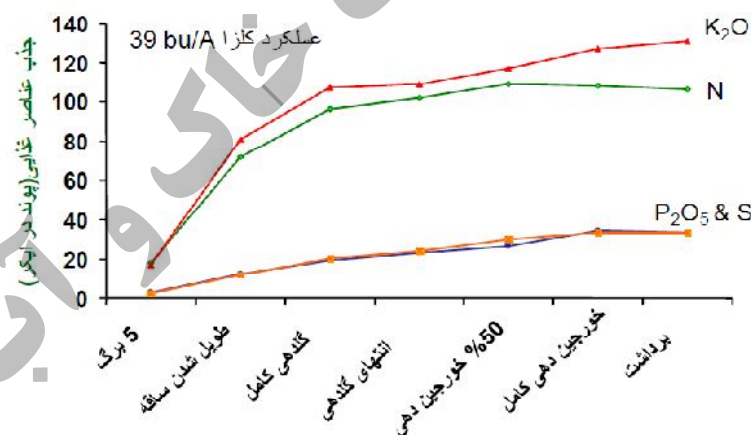
منگنز (Mn): کمبود منگنز رشد و شاخه بندی را محدود کرده و در موارد شدیدتر مانع گلدهی می شود. علائم کمبود ابتدا در برگ های جوان به صورت لکه های سوختگی بین

رگبرگ ها ظاهر می شود و سپس تعداد و اندازه لکه ها بیشتر شده و در نتیجه تقریباً تمام سطح برگ به جز رگبرگ زرد می شود (شکل پیوست 11).

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 جوان در نوک شاخساره به وجود آمده و رنگ برگها به زردی می گراید، اما رگبرگها سبز باقی می ماند. لکه های قهوه ای یا بافتهای مرده در صورت کمبود شدید اتفاق می افتد.

4-2- الگوی جذب عناصر غذایی

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 می یابد (Koenig و همکاران، 2011).



شکل 8- 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 حدود 16 کیلوگرم در هکتار ($0/8\% \times 2000$) و میزان برداشت فسفر توسط کاه و کلش آن 6 کیلوگرم در هکتار ($0/1\% \times 6000$) 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 آن در دانه کم می‌باشد و همانگونه که در شکل (19) دیده می‌شود مقدار جذب آن از نیتروژن نیز بیشتر است. پتاسیم نقش مهمی در سیستم های آنزیمی، متابولیسم مواد فتوسنتزی و تبدیل آنها به روغن و نیز بالا بردن مقاومت گیاه به تنش های زنده (بیماری ها و ...) و غیر زنده (خشکی و ...) 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 دوره ی گلدهی به بیشترین مقدار در واحد سطح می‌رسد.

کلزا و بذره های 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 ساده ای به نام اسیدآمینو 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 کشت های 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. (1993, Baily و Grant).

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 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، رودرو قرار دادن ارقام مربوط به محصول و هزینه ضروری است (کسرایی، 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 خاک

بدیهی است که پرسودترین میزان کود در سال‌های مختلف به دلیل تغییر قیمت‌های 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 در مرحله گلدهی حدود 4-2/5 درصد می‌باشد. سطح پائین تر از 2 درصد کمبود و سطوح بالاتر از 5 درصد، بیش بود 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، علائم کمبود را نشان می‌دهند (Grant و Baily، 1993).

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 نسبت به گندم، گوگرد بیشتری 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 همانند 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. اغلب 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. ریشه ی کلزا قادر است نیتروژن را از عمق 60 سانتی متری 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 تاثیر نوع خاک، رطوبت و تعادل سایر عناصر غذایی می باشد. مصرف نیتروژن در اغلب موارد سبب کاهش درصد روغن می گردد. به عبارت دیگر هر عملی که سبب افزایش پروتئین بذر شود سبب کاهش مقدار روغن می گردد. به هر حال مصرف مقادیر بالاتر کود سبب افزایش عملکرد دانه و مقدار تولید روغن در واحد سطح به دلیل افزایش عملکرد دانه می گردد، اما درصد روغن کاهش می یابد. در حقیقت همبستگی منفی بین میزان پروتئین و روغن دانه وجود دارد و با توجه به آنکه ارزش روغن چند برابر پروتئین کنجاله می باشد، بنابراین مصرف بیش از حد نیتروژن به صرفه نیست (احمدی و جاویدفر، 1377). هر چند نیتروژن جزئی از مولکول گلوکوزینولات است ولی مطالعات نشان داده کاربرد کودهای نیتروژنی سبب کاهش میزان گلوکوزینولات ها در گیاه می گردد (ملکوتی و رضایی، 1380).

زمان و نحوه مصرف کود نیتروژن

در مورد زمان و چگونگی مصرف کودهای نیتروژنی در زراعت کلزا بایستی گفت که تقسیط کودهای نیتروژنی و مصرف کودها مطابق با نیاز حداکثری گیاه و توجه به مرحله رشدی آن می تواند روش خوبی برای کاهش هدر رفت نیتروژن و افزایش کارایی آن باشد. بطور کلی نیتروژن مورد نیاز کلزا بهتر است در سه نوبت: پایه، ابتدای ساقه رفتن و قبل از مرحله گلدهی، مصرف شود. البته این نحوه تقسیط یک توصیه عمومی بوده و نتایج تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف کشور نشان داده که فرمولهای دیگر تقسیط نیز با توجه به موقعیت اقلیمی نقاط، متفاوت عمل می نمایند. با توجه به کمبود مواد آلی در خاکهای ایران، عدم کوددهی نیتروژن در مراحل اولیه رشد بخصوص در مناطق سرد و یا در

کشتهای تاخیری، 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 تامین نیتروژن کلزا بکار می‌رود هر چند که بیشترین منبع مورد استفاده اوره می‌باشد اما منابع دیگر شامل سولفات آمونیوم (تامین نیتروژن و گوگرد) و نترات آمونیوم می‌باشد. اما آنچه بین منابع مختلف در انتخاب نوع کود تفاوت ایجاد می‌کند، هزینه حمل و نقل کود در واحد عنصری کود، کارائی 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)

عملکرد مورد انتظار						(کیلوگرم در هکتار)
درصد کربن آلی خاک						
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

جدول ۵- 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 ۶- 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)

عملکرد مورد انتظار						درصد کربن آلی خاک
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

3-2-1- 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 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 عصاره گیر برای خاک‌های آهکی مشابه کشور ایران، روش اولسن (بی کربنات 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 می‌دهد و حلالیت فسفر و غلظت فسفر در مجاورت ریشه‌ها افزایش می‌یابد (Grant و Baily, 1993). از آن جا که فسفر در خاک تحرک نداشته و عنصری غیر متحرک 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. 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 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 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 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 تاخیر می‌اندازد. تغذیه ضعیف و حتی ملایم فسفر هم چنین 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 میلی گرم 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 موثر باشد. یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف کود فسفره 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 (جدول 8 تا 11) مقدار برآورد کود فسفر با توجه به جدول پتانسیل تولید در اقلیم‌های مختلف ارائه شده است.

جدول 8- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم گرم
(کیلوگرم 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	50-90	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 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
(کیلو گرم سوپرفسفات تریپل در هکتار)

فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (میلی گرم در کیلو گرم)				عملکرد مورد انتظار (کیلو گرم 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

جدول 11- توصیه کود فسفوری مورد نیاز کلزا برای اقلیم سواحل دریای خزر
(کیلو گرم سوپرفسفات تریپل در هکتار)

فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (میلی گرم در کیلو گرم)				عملکرد مورد انتظار (کیلو گرم 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
100-160	160-210	210-240	240-250	>3400

برای تامین فسفر مورد نیاز کلزا می توان 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 (کیلوگرم در هکتار)
>200	160-200	120-160	80-120	40-80	<40	
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)**

پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
220-200	160-200	120-160	80-120	40-80	<40	
0	10-40	25-65	70-100	95-125	125	1000
0	20-50	45-80	90-120	120-150	150	1500
0	30-60	65-100	115-145	145-175	175	2000
30	40-70	85-120	140-170	170-200	200	2500
50	50-80	105-140	160-190	195-225	225	3000
60	60-90	125-160	180-210	215-240	250	3500
65	105	165	215	245	275	≥4000

جدول ۱۴- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سرد

(کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)

پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار
220-200	160-200	120-160	80-120	40-80	<40	(کیلوگرم در هکتار)
0	15-45	30-70	75-110	100-140	140	1000
0	25-55	50-85	95-130	125-160	170	1500
20	35-65	70-105	120-150	150-180	195	2000
35	45-75	90-125	145-180	175-205	215	2500
55	55-85	110-145	165-200	200-230	235	3000
65	65-95	130-165	185-220	220-250	260	3500
70	110	170	220	250	280	≥4000

جدول ۱۵- توصیه کود پتاسیمی مورد نیاز کلزا در اقلیم سواحل دریای خزر

(کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار)

پتاسیم قابل استخراج توسط روش استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار
220-200	160-200	120-160	80-120	40-80	<40	(کیلوگرم در هکتار)
0	10-40	25-65	70-100	95-125	125	1000
0	20-50	45-80	90-120	120-150	150	1500
0	30-60	65-100	115-145	145-175	175	2000
25	40-70	85-120	140-170	170-200	200	2500
35	50-80	105-140	160-190	195-225	225	3000
45	60-90	125-160	180-210	215-240	250	3500
55	105	165	215	245	275	≥4000

تذکر: اعداد جداول فوق برای خاک‌های با بافت سبک تا متوسط است. در خاک‌های با بافت سنگین (مقدار رس بیش از ۳۰ درصد) مقدار ۱۰ درصد به ارقام فوق اضافه گردد.

3-1-3- 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 بذرهای 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 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 باکتری های خانواده تیوباسیلوس را نام برد) رطوبت، دما و ماده آلی مرتبط می‌باشد (احمدی و جاویدفر، 1371).

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 معمولاً 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.

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 می شود. در صورتی که کود سولفات آمونیوم در دسترس باشد می توان 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 می تواند تأمین کننده گوگرد مورد نیاز گیاه نیز باشد. بررسی های 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.

4-1-3- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف

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 5 در هزار سولفات روی می تواند در دو مرحله خروج از ریزش و قبل از گلدهی انجام گیرد و مصرف خاکی آن 30 کیلوگرم در هکتار می باشد.

در خاک های دارای کمبود بور که دارای کمتر از 0/8 میلی گرم در کیلوگرم بور هستند، مقدار 10-15 کیلوگرم در هکتار اسیدبوریک به صورت پخش یکنواخت توصیه می شود. هرگز بور به صورت نواری استفاده نگردد. چنانچه بیشتر از مقدار مورد نیاز بور مصرف شود برای گیاه ایجاد سمیت خواهد کرد. تأکید می شود که فقط در صورت کمبود بور در خاک می توان بور (اسیدبوریک) مصرف نمود. در توصیه کودی بور علاوه بر مقدار آن در خاک (بخصوص 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.

در کنترل کمبود منگنز: اگر چه دادن سولفات منگنز به خاک می تواند 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، محلول‌پاشی در اوایل بهار ممکن است ضروری باشد (احمدی و جاویدفر، 1377).

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 محلول‌پاشی 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 آهکی، مصرف آن توصیه نمی‌شود.
- 3- محلول‌پاشی ترکیبات حاوی آهن نیز در رفع کلروز مؤثر می‌باشد. محلول‌پاشی 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 مرطوب‌کننده تجاری یا چند قطره مایع ظرفشویی پیش از محلول‌پاشی، الزامی است. استفاده از غلظت‌های بالاتر اغلب سبب سوختگی برگ‌ها می‌شود. در صورت ضرورت محلول‌پاشی بایستی قبل از ظهور زردی، انجام گیرد و در صورت بروز کمبود چندین بار بایستی محلول‌پاشی نمود. همچنین بایستی در صبح یا غروب هنگامی که درجه حرارت پایین است و رطوبت بالا و باد آرام است، انجام گیرد.

- نکات فنی عمومی برای محلول‌پاشی

- محلول‌پاشی 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 ایش یافته و در نتیجه میزان جذب برگ افزایش می یابد؛

- 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 پایین تر از 29 درجه سانتی گراد باشد.

- برای اطمینان از صحت انجام عملیات فوق پیشنهاد می گردد کود مورد نظر را با غلظت مربوطه تهیه و در قطعه کوچکی از مزرعه برگ پاشی 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 برگ بیشتر به عنوان یک ابزار موقتی و اضطراری استفاده می شود. به عبارت دیگر موارد استعمال کوددهی از طریق برگ به دنبال کوددهی از طریق خاک و برطرف نمودن کمبودهای نهفته و مبارزه با کمبود های شدید عناصر غذایی کم مصرف می باشد (کسرای، 1372 و Kianci و Gulmezoglu، 2007).

عناصر کم مصرف به طور کلی از طریق خاک و یا محلول پاشی مورد استفاده قرار می گیرند. اما، تصمیم گیری در خصوص کاربرد عناصر کم مصرف به دو روش مزبور، منوط به سهولت کاربرد و مسائل اقتصادی می باشد (Jones و Jacobsen، 2009).

3-2- کاربرد ماده آلی در تولید کلزا

ماده آلی نه تنها تامین کننده بخشی از نیاز گیاه به عناصر غذایی می باشد بلکه با تشدید فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می کند، از سویی، مصرف مواد آلی در خاک، منجر به بهبود وضعیت فیزیکی خاک نیز می گردد که این امر به نوبه خود به رشد و نمو بهتر گیاه کمک می کند.

کودهای آلی می تواند منشاء حیوانی یا گیاهی یا مخلوطی از آنها را داشته باشد. بسته به

روش مورد استفاده برای جمع‌آوری و ذخیره، کود دامی به شکل های 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 آزاد سازی 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. کود دامی یکی از منابعی است که بایستی 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 برمی‌گردانند 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.

3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت کلزا

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

3-3-1- کودهای زیستی حاوی باکتریهای محرک رشد گیاه در کلزا

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 بوسیله مکانیزم‌های مختلف، بطور مستقیم و یا غیر مستقیم رشد گیاهان را افزایش می‌دهند.

مکانیزم‌های مستقیم شامل تثبیت بیولوژیک نیتروژن، حلالیت فسفاتهای نامحلول، تولید تنظیم کننده‌های رشد و ویتامین‌ها می‌باشند که با تاثیرات مستقیم بر رشد گیاه سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند. از مکانیزم‌های غیر مستقیم می‌توان به خصوصياتی مانند تولید سیانید هیدروژن، آنتی بیوتیک‌ها و سیدروفورها اشاره کرد. مکانیزم‌های غیر مستقیم با تعدیل تاثیرات 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 عموماً 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- بذر مال: ابتدا مقدار معینی از بذر داخل ظرف مناسب تمیزی ریخته می‌شود. سپس متناسب با مقدار بذر مصرفی، کود بیولوژیک مایع به آن اضافه شده و برای چند دقیقه محتویات ظرف به خوبی تکان داده می‌شود تا از آغشته شدن کلیه بذور به کود بیولوژیک اطمینان حاصل گردد. سپس بذرها برای کاشت آماده هستند. در صورت آماده نبودن شرایط کاشت، بذرها در مکان مناسب تمیزی (دور از نور مسقیم خورشید و ترجیحا هوای سرد 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 بیولوژیک مایع مصرفی بستگی به میزان و نوع بذر دارد. درمورد 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 می‌گردد و سپس کشت می‌گردد. مقدار کود مصرفی بستگی زیادی به حجم ریشه گیاه مورد نظر دارد.

ب- کودهای بیولوژیک 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 این کودها نیازی به ماده چسباننده وجود ندارد؛ ولی عموماً تولیدکننده‌ها یا در کنار کود خود این ماده چسباننده را قرارداده 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 می‌گذارد. 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 پژوهش‌های میرزاپور (1388) حاکی از وجود رابطه‌ای قوی میان مصرف نیتروژن و عملکرد کلزا در شرایط شور و از طریق بهبود پوشش سبز گیاهی برای دریافت نور، شادابی برگ‌ها برای انجام فتوسنتز، افزایش ارتفاع مطلوب گیاهی و رشد فعال برگ‌ها 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 می‌یابد. 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 دسی‌زیمنس بر متر)، 195 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل 420 کیلوگرم اوره در هکتار) و برای شوری بالاتر (8/3 دسی‌زیمنس بر متر) برابر 170 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل 370 کیلوگرم اوره در هکتار) بود. به نظر می‌رسد با توجه به عملکرد بالای شاخسار و اندام هوایی کلزا، نیاز به نیتروژن در کلزا از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار باشد به طوری که هر قدر بر میزان نیتروژن مصرفی افزوده شده، عملکرد نیز به صورت خطی افزایش می‌یابد. همچنین با شورتر شدن آب آبیاری، نیاز به فسفر در کلزا افزایش یافته به گونه‌ای که در شوری آب آبیاری 5/5 دسی‌زیمنس بر متر، مصرف 90 کیلوگرم فسفر در هکتار (معادل حدود 200 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) دارای بالاترین عملکرد دانه و روغن می‌باشد. این در حالی است که در شوری آب آبیاری 8/5 دسی‌زیمنس بر متر، با مصرف کردن 135 کیلوگرم فسفر در هکتار (معادل حدود 300 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) بیشترین عملکرد دانه و روغن حاصل به دست می‌آید. به نظر می‌رسد شوری خاک با محدود کردن رشد ریشه، باعث کاهش جذب فسفر بوسیله گیاه می‌شود 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 شوری‌های بالای آب آبیاری، مقدار قابل توجهی از فسفر رسوب می‌نماید (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 تاکید 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 پائین 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 در 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، محلول پاشی 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 محلول پاشی سولفات روی آبدار با غلظت 5 در هزار (یکی در انتهای روزت و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول پاشی) برای دستیابی به عملکرد دانه در کلزا و در شرایط شوری آب آبیاری (شوری های 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 محلول پاشی سولفات آهن آبدار با غلظت 5 در هزار (یکی در انتهای روزت و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول پاشی) برای دستیابی به عملکرد دانه بالا در کلزا و در شرایط شوری آب آبیاری (شوری های 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 محلول پاشی سولفات منگنز با غلظت 5 در هزار (یکی در انتهای روزت و دیگری، دو هفته پس از اولین محلول پاشی) سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه کلزا در شرایط شوری آب آبیاری (شوری های 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.

2-4- 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 اندام‌ها بالای گیاه است. جذب کاسته شده توسط ریشه می‌تواند ناشی از تداخل در جذب مواد غذایی و سازوکارهای بارگیری مواد غذایی و کاهش جریان تعلق باشد. هم چنین 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 ویژه) بشدت بر اجزا عملکرد و عملکرد دانه کلزا، اثر منفی دارد. بنابراین 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 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، 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 1389-90. 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) خوشگفتار منش، 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، مؤسسه 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 دانه‌های روغنی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 43، تهران، ایران.
- 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) شیرانی راد، 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، به‌نژادی 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 20-29.

- (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.
- (37) نورقلی پور، ف.، م.ر. رفیع، ب. عطاردی، م. زارع، م. اسماعیلی، ع. منتظری، م. دادپور، ا. همتمی، 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. نوایی، 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 کارایی مصرف آب در کلزا. گزارش نهایی، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

- 43) 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.
- 44) Anonymous. 2002. Balanced Fertilization. International Potash Institute Coordination India.
- 45) Anonymous. 1994. Foliar Nutrition. Midwest Laboratories, INC.
- 46) Anonymous. 2008. Nutrient management. Fertilizers. Tamilnadu Agricultural University. Combatore.
- 47) Brown, P. H. 2008. Micronutrient use in agriculture in the United States of America. In B. J. Halloway (ed.) *Micronutrient deficiencies in global crop production*. Springer. 353 p.
- 48) Canola Council of Canada. 1990. Canola Oil and Meal: Standards and regulations. Canola Council of Canada, Winnipeg, Canada, 4 pp.
- 49) 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.
- 50) Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agron. J.* 86:233-237.
- 51) 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.
- 52) Grant, C. A, and L. D. Baily. 1993. Fertility management in canola production, *Can. J. Plant Sci.* 73:651-670.
- 53) 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.
- 54) 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.
- 55) 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.
- 56) Jones, C. and J. Jacobsen. 2009. Micronutrients: Cycling, Testing and fertilizer recommendation. Nutrient Management Module No. 7. Manitoba State University.
- 57) 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.
- 58) Kianci, E. and N. Gulmezoglu. 2007. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilization. *Interscienia.* 32(9): 624- 628.

- 59) Koenig, R. T., W. Ashley Hammec and W. L. Pan. 2011. Canola growth, development and fertility. Washington State University Extension FACTSheet. FSO45E.
- 60) 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.
- 61) Norton, R. 2013. Canola technology update for growers and advisors. International Plant Nutrition Institute.
- 62) 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.
- 63) Porter, P. M. 1998. Canola response to boron and nitrogen grown on the south eastern coastal plain. *J. Plant Nutrition*. 16(12):2371-2381.
- 64) 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.
- 65) 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.
- 66) Robertson, M. J. and J. F. Holland. 2004. Production risk of canola in semiarid subtropic of Australia. *Aust. J. Agric. Res*. 55: 525- 538.
- 67) Tandon, H. 1990. Fertilizer recommendations for oilseed crops. A guide book. Fertilizer development and consulation organization, New Delhi, India.
- 68) Veseth, R. 1990. Winter rapeseed recropping considerations. *Conservation tillage Handbook series crops and varieties*, No. 14.
- 69) Victor, M., M. A. Shorrocks, M. A. D. Phil and M. I. Biol. 1990. Boron deficiency its prevention. Borax Holdings Limited, London, UK.

پیوست

جدول پیوست 1- تقویم کوددهی کلزا منطبق بر مراحل فنولوژیکی

مراحل فنولوژیکی نوع کود	قبل از کاشت	جوانه زنی	دانه رست	روزت	ساقه دهی	غنچه دهی	گلدهی
کوددهی نیتروژن	30 درصد توصیه				35 درصد توصیه	35 درصد توصیه	
کوددهی فسفر	100 درصد توصیه ترجیحا به صورت نواری						
کوددهی پتاسیم	100 درصد توصیه ترجیحا به صورت نواری						
کودهای آلی	توسط دیسک با خاک مخلوط شود						
کودهای زیستی	تلقیح بذر کلزا با مایه تلقیح باکتریهای محرک رشد PGPR						
کودهای حاوی عناصر ریزمغذی		محلول پاشی	محلول پاشی			محلول پاشی	
اسید هیومیک		همراه با آب آبیاری			محلول پاشی		همراه با آب آبیاری
محرکهای رشد گیاهی					محلول پاشی		
کودهای محلول با پتاسیم بالا						محلول پاشی	
کودهای محلول با فسفر بالا					محلول پاشی		

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

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

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

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

جدول پیوست 4 - برآورد پتانسیل تولید مزرعه برای تولید کلزا (خادمی و همکاران، 1379)

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

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

برای رسیدن به این شکل	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این شکل / یا از این شکل	ضرب در این عدد	از 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



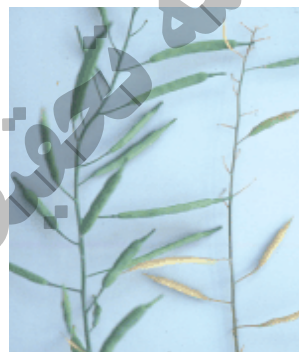
شکل پیوست 2- گیاه کلزا بدون کمبود نیتروژن در چپ و مبتلا به کمبود در راست



شکل پیوست 1- علائم کمبود پیش‌رونده نیتروژن در کلزا (از چپ به راست کفایت نیتروژن در برگ چهارم)



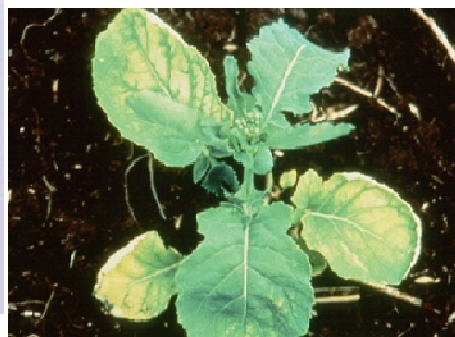
شکل پیوست 4- کمبود فسفر در برگ کلزا



شکل پیوست 3- خورجین بدون کمبود نیتروژن در چپ و دارای کمبود در راست



شکل پیوست 6- خورجین بدون کمبود پتاسیم در چپ و خورجین های دارای کمبود در سمت راست



شکل پیوست 5- علائم کمبود پتاسیم در کلزا



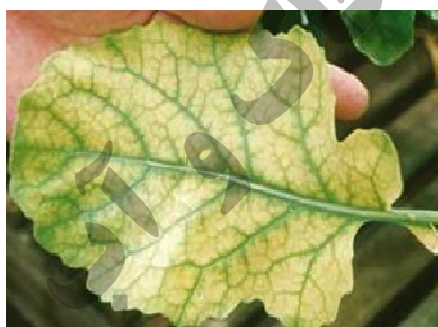
شکل پیوست 8- کمبود روی در کلزا (رنگ پریدگی،
برنزه شدن سطح برگ‌های جوان‌تر بالایی)



شکل پیوست 7- کمبود گوگرد در برگ کلزا
(لکه‌های زرد و سبز روشن شدن برگ)



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



شکل پیوست 11- کمبود منگنز در کلزا
(رنگ پریدگی برگ و سبز ماندن رگبرگ‌ها)



شکل پیوست 10- کمبود مس در کلزا (رنگ پریدگی و
لکه‌های سوختگی در قسمت‌هایی از برگ)