

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، مهران افضلی، محمد مهدی طهرانی، محمد نبی غیبی

سرشناسه:	موسسه تحقیقات خاک و آب
عنوان و نام پدیدآور:	
مشخصات نشر:	
مشخصات ظاهری:	88 ص، جدول.
شابک:	
وضعیت فهرست نویسی:	فیا
موضوع:	--
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،
کدپستی: 3177993545، صندوق پستی: 311-31785، تلفن: 5-36203502-026، 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، چغندرقتند، 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

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

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

صفحه

عنوان

3	شکل 1- مرحله دانه رست
4	شکل 2- مرحله روزت
5	شکل 3- مرحله غنچه دهی
6	شکل 4- مرحله گلدهی
7	شکل 5- مرحله رسیدگی
7	شکل 6- مراحل مختلف رشد کلزا
11	شکل 7- نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص
14	شکل 8- مراحل و میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد برای کل گیاه کلزا
50	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
51	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

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 (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. معمولا 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

1- Fertilizers Best Management Practices

(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

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا /

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 طویل‌تر 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. بذرها 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 بذرها سریعاً به میزان 2 تا 3 درصد در روز کاهش می یابد. 40 تا 60 روز بعد از نخستین گلدهی، بذرها خورجین های پایینی می رسند.

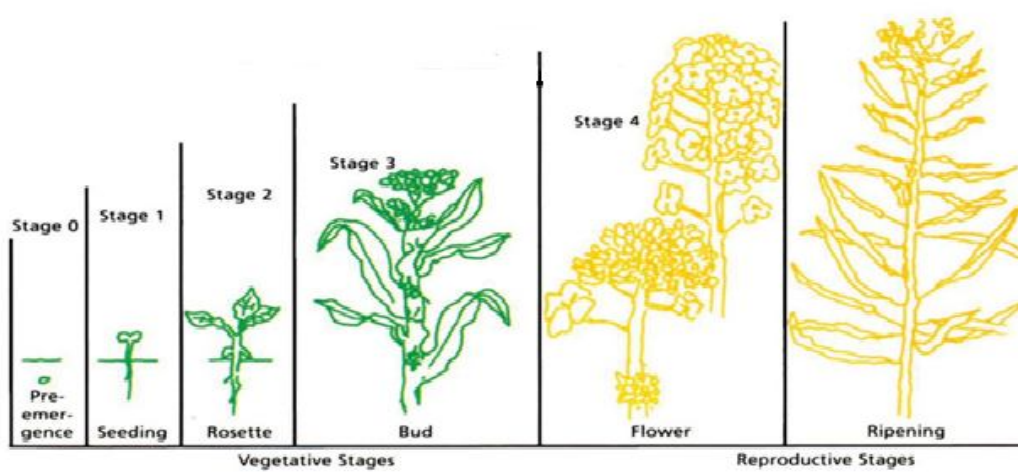
1- Ripening

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا ۷/



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

1- تجزیه میکروبی مواد آلی (معدنی شدن)

2- واکنش شیمیائی بر روی کانیهای خاک (هوادیدگی)

3- رها سازی از سطح ذرات خاک

اما نکته مهم این است که این آزادسازی عناصر به کندی صورت می‌گیرد و چنانچه مقدار برداشت توسط گیاه، مجدداً به نحو مناسبی جایگزین نگردد، خاک از عناصر غذایی، تخلیه می‌گردد.

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

پاسخ گیاه به عناصر کم مصرف، 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 نمونه برداری شده و پس از خشک کردن و هضم (به روش خشک یا تر) نسبت به اندازه گیری عناصر مورد نظر در آن اقدام 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		

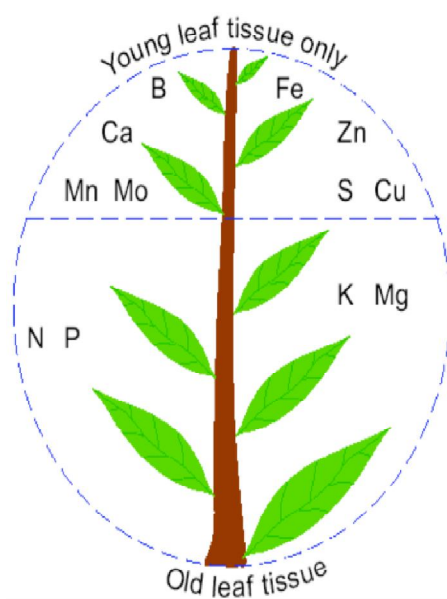
2-3- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

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،

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا / ۱۱

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 (مکانیسم‌های) انتقال انرژی دخالت دارد. به علاوه فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده و نقش ویژه‌ای به عنوان جزئی از پروتئین هسته سلول، غشاء سلولی و نوکلئوتیدها ایفا 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 برگ‌های 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، برگ‌های کوچک و ساقه‌های باریک، ظاهر می شود. در کمبود شدید حاشیه برگ‌ها 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 برگ‌های جدید، گل‌ها و در نوک خورجین‌ها، کمبود مشاهده می گردد. شاخه‌های در حال

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا / ۱۳

رشد بیشتر از برگ های 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 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 برگها رشد ضعیفی داشته و در بخشهای فوقانی گیاه بصورت فنجانگی شکل در آمده و رنگ ارغوانی در پشت برگها، مشاهده می شود. گلها 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 رگبرگها متصل شده و ممکن است به رنگ نارنجی یا نارنجی مایل به قرمز تغییر یابد. علائم کمبود معمولاً ابتدا از برگهای مسن تر شروع شده و سپس به برگ های جوان گسترش می یابد. در حالت کمبود شدید برگها 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 برگهای جوان باعث رنگ پریدگی و کوچک شدن برگها می گردد.

بور (B): علائم کمبود بور به صورت کوتاهی میان گرهها، 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 برگهای جوان ظاهر شده و معمولاً رنگ پریدگی و لکه های سوختگی در بخشهایی از برگ از نشانه های آن می باشد (شکل پیوست 10).

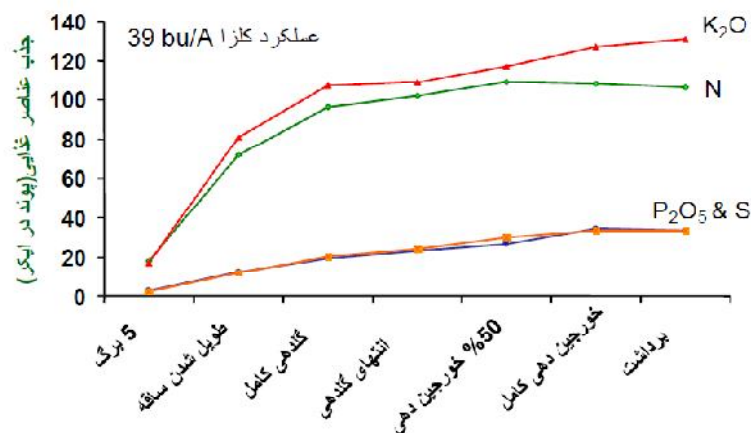
منگنز (Mn): کمبود منگنز رشد و شاخه بندی را محدود کرده و در موارد شدیدتر مانع گلدهی می شود. علائم کمبود ابتدا در برگهای جوان به صورت لکه های سوختگی بین

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.

2-4- 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 کاهش 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)

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا ۱۵/

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% × 2000) و میزان برداشت فسفر توسط کاه و کلش آن 6 کیلوگرم در هکتار (0/1% × 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 هاو ...) 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 دوره‌ی گلدهی به بیشترین مقدار در واحد سطح می‌رسد.

کلزا و بذره‌های 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 اسیدآمیننه 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. (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

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا / ۱۷

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 (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- 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 20-10 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 کارآیی 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