



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سویا



نگارندگان

فریدون نورقلی پور^۱، هادی اسدی رحمانی^۲، محمدحسین ارزانش^۳، کامران میرزاشاهی^۴، حسن حقیقت
نیا^۵، محمودرضا رمضانپور^۶، صدقلی زمانی^۷، مهران افضلی^۸، مریم غزاییان^۹ و محمد مهدی طهرانی^{۱۰}

^{۱،۲،۱۰} اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

^{۳،۹} اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

^۴ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دزفول

^۵ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

^{۶،۸} اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

^۷ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

نشریه فنی: ۵۸۱

۱۳۹۸

عنوان و نام پدیدآور	دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سویا/ نگارندگان فریدون نورقلی پور ... [و دیگران]؛ ویراستار زهرا محمدی.
مشخصات نشر	کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	۴۵ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
فروست	کتاب‌های پژوهشی و علمی؛ ۲.
شابک	978-622-6705-05-9
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	فریدون نورقلی پور، هادی اسدی رحمانی، محمدحسین ارزانش، کامران میرزاشاهی، حسن حقیقت نیا، محمودرضا رمضانپور، صدقلی زمانی، مهران افضلی و مریم غزاییان.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	سویا
موضوع	Soybean
موضوع	سویا -- خاک
موضوع	Soybean -- Soils
موضوع	سویا -- تغذیه
موضوع	Soybean -- Nutrition
شناسه افزوده	نورقلی پور، فریدون، ۱۳۵۹-
شناسه افزوده	موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	Soil & water research institute
رده بندی کنگره	SB۲۰۵
رده بندی دیویی	۶۳۵/۶۵۵
شماره کتابشناسی ملی	۵۸۷۸۹۲۴

عنوان: دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سویا

نگارندگان: فریدون نورقلی پور، هادی اسدی رحمانی، محمدحسین ارزانش، کامران میرزاشاهی، حسن حقیقت نیا، محمودرضا رمضانپور، صدقلی زمانی، مهران افضلی، مریم غزاییان و محمد مهدی طهرانی

ناشر: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

کارشناس انتشارات: زهرا محمدی

ویراستار: زهرا محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طراح جلد: سید هرمز سجادی

شابک: 978-622-6705-05-9

سال انتشار: ۱۳۹۸

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات

خاک و آب، کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵ - صندوق پستی: ۳۱۱-۳۱۷۸۵

دورنگار: ۰۲۶-۳۶۲۱۰۱۲۱

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰

Website: www.swri.ir

Email: info@swri.ir

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این نشریه با شماره ۵۶۳۲۴ در تاریخ ۹۸/۷/۲۳ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	گیاه‌شناسی گیاه سویا.....
۵	روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی.....
۵	آزمون خاک.....
۶	تجزیه گیاه.....
۸	علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی.....
۹	علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف و ثانویه.....
۱۳	علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف.....
۱۶	الگوی جذب عناصر غذایی.....
۱۹	مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه سویا.....
۲۰	مصرف بهینه کودهای شیمیایی.....
۲۱	توصیه مصرف نیتروژن.....
۲۲	توصیه مصرف فسفر.....
۲۳	توصیه مصرف پتاسیم.....
۲۴	توصیه کاربرد عناصر کم مصرف.....
۲۶	برخی نکات فنی عمومی برای برگ‌پاشی عناصر.....
۲۷	کاربرد ماده آلی برای بهبود تولید گیاه سویا.....
۲۸	کاربرد کودهای زیستی در زراعت گیاه سویا.....
۲۹	روش‌های استفاده از کودهای زیستی.....
۳۲	مدیریت تغذیه گیاه سویا در شرایط تنش‌های محیطی.....
۳۲	مدیریت تغذیه گیاه سویا در شرایط خاک‌های شور.....
۳۲	مدیریت تغذیه گیاه سویا در شرایط تنش خشکی.....
۳۴	اختلال در غلاف‌بندی گیاه سویا و نقش تغذیه بهینه در کاهش اثرات آن.....
۳۶	منابع.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱- مصارف چندگانه گیاه سویا.....	۱
شکل ۲- مراحل مختلف رشد گیاه سویا.....	۳
شکل ۳- نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص.....	۸
شکل ۴- ایجاد گره‌های فعال برای تثبیت نیتروژن ملکولی.....	۹
شکل ۵- علایم کمبود نیتروژن در برگ و بوته گیاه سویا.....	۹
شکل ۶- مقایسه مزرعه دارای کمبود فسفر و بدون کمبود فسفر.....	۱۰
شکل ۷- علایم کمبود فسفر در برگ‌های گیاه سویا.....	۱۰
شکل ۸- علایم کمبود پتاسیم.....	۱۱
شکل ۹- علایم کمبود منیزیم در گیاه سویا.....	۱۲
شکل ۱۰- علایم کمبود گوگرد در مزرعه گیاه سویا.....	۱۲
شکل ۱۱- علایم کمبود کلسیم در گیاه سویا.....	۱۳
شکل ۱۲- علایم کمبود بور در گیاه سویا.....	۱۳
شکل ۱۳- علایم کمبود مس در مزرعه گیاه سویا.....	۱۴
شکل ۱۴- علایم کمبود آهن در گیاه سویا.....	۱۴
شکل ۱۵- علایم کمبود منگنز در گیاه سویا.....	۱۵
شکل ۱۶- علایم کمبود روی در گیاه سویا.....	۱۵
شکل ۱۷- علایم کمبود روی در گیاه سویا.....	۱۶
شکل ۱۸- الگوی جذب عناصر غذایی پرمصرف و ثانویه در دانه، گل‌ها، غلاف، ساقه، دمبرگ و برگ‌های گیاه سویا در روزهای پس از کشت یا مراحل رشد.....	۱۷
شکل ۱۹- الگوی جذب عناصر غذایی کم مصرف در دانه، گل‌ها، غلاف، ساقه، دمبرگ و برگ‌های گیاه سویا در روزهای پس از کشت یا مراحل رشد گیاه سویا.....	۱۸
شکل ۲۰- بهبود تشکیل گره در ریشه گیاه سویا در منطقه تاج با مصرف کودهای زیستی	۲۰
حاوی باکتری‌های محرک رشد.....	۳۱
شکل ۲۱- عدم تکامل دانه گیاه سویا به علت تنش خشکی در مرحله R5 تا R6.....	۳۴
شکل ۲۲- اختلال در غلاف‌بندی گیاه سویا در گلستان.....	۳۵

شکل پیوست ۱- کاربرد مایه تلقیح باکتری برادی ریزوبیوم همزمان با کشت و به صورت
مایع ۴۰



موسسه تحقیقات خاک و آب

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱- غلظت بحرانی عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت گیاه سویا.....	۶
جدول ۲- حدود بهینه عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در برگ کاملاً توسعه یافته گیاه سویا قبل از تشکیل غلاف.....	۷
جدول ۳- مقدار عناصر غذایی برداشت شده در دانه و کل گیاه سویا.....	۱۹
جدول ۴- برآورد کود دی‌آمونیم فسفات یا سوپرفسفات تریپل مورد نیاز گیاه سویا بر حسب کیلوگرم در هکتار.....	۲۲
جدول ۵- برآورد کود سولفات پتاسیم مورد نیاز گیاه سویا بر حسب کیلوگرم در هکتار.....	۲۳
جدول ۶- نقش عناصر کم مصرف در متابولیسم گیاه سویا.....	۲۴
جدول ۷- کاهش عملکرد اقتصادی گیاه سویا و کلزا در اثر تنش خشکی.....	۳۳
جدول پیوست ۱: تقویم کوددهی گیاه سویا منطبق بر مراحل فنولوژیکی رشد.....	۳۹



موسسه تحقیقات خاک و آب

گیاه شناسی سویا

گیاه سویا علاوه بر ارزش غذایی فراوان، این توانایی را دارد که نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق همزیستی با ریزوبیوم تأمین نماید. در حال حاضر گیاه سویا در کشور به دو صورت کشت می‌شود: ۱- کشت دوم یا تابستانه پس از برداشت محصولات پاییزه که مناسب شمال و شمال شرق کشور است ۲- کشت بهاره که مناسب برای همه نقاط، به‌ویژه مناطق گرم جنوبی کشور است. دوره رشد آن در مناطق معتدل از زمان کشت تا رسیدگی ۱۵۰-۱۳۰ روز و در مناطق گرم ۹۰-۱۰۰ روز به طول می‌انجامد (دانشیان، ۱۳۹۸).



شکل ۱- مصارف چندگانه گیاه سویا (Miransari و همکاران، ۲۰۱۶)

گیاه سویا مقاومت نسبی خوبی به آب زیاد و مقاومت بیشتری نسبت به سرما در مقایسه با سورگوم دارد و در مقایسه با ذرت، مقاومت بیشتری به خشکی، نشان می‌دهد. دانه‌های گیاه سویا حاوی ۴۰ تا ۴۱ درصد پروتئین و ۲۱ درصد روغن در ماده خشک، است. پروتئین گیاه سویا حاوی اسیدهای آمینه ضروری برای بدن انسان و حیوانات است که از جمله می‌توان به لیزین، تریپتوفان، متیونین و سیستئین، اشاره کرد. میزان بالای

پروتئین دانه‌ها پس از روغن‌کشی، می‌تواند منبع خوبی برای جایگزینی با گوشت، ماهی، شیر و مصارف متعددی داشته باشد (شکل ۱). روغن سویا نیز از کیفیت جذبی بالایی برخوردار است (Miransari و همکاران، ۲۰۱۶).

برای مدیریت مناسب تغذیه گیاه در مزارع سویا، اطلاع کافی از مراحل رشد آن، ضروری است.

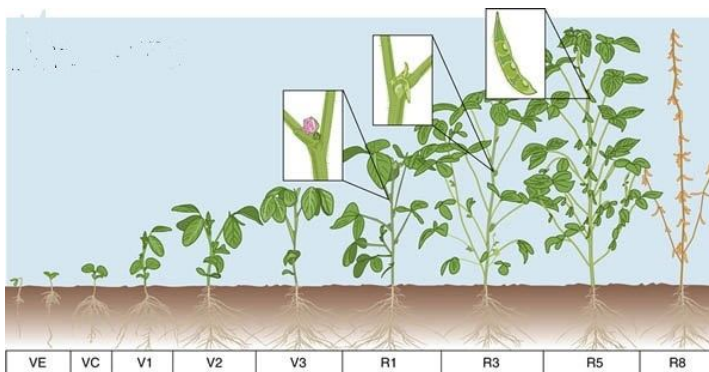
سویا گیاهی حساس به طول روز بوده و یک گیاه روز کوتاه است. از جوانه‌زنی تا ظهور گل، حدود ۸-۵ هفته به طول می‌انجامد. گل‌دهی با شروع کوتاه شدن روزها شروع می‌شود. این موضوع در تعیین تاریخ کشت، بسیار دارای اهمیت است. در رقم‌های با رشد محدود،^۱ گیاه پس از گلدهی به حداکثر ارتفاع می‌رسد؛ اما در رقم‌های با رشد نامحدود،^۲ گیاه پس از دوره گلدهی نیز رشد می‌کند و ارتفاع گیاه به حدود یک متر هم می‌رسد. شاخه‌های گل‌دهنده با گل‌آذین خوشه‌ای از محور برگ، ظاهر می‌شوند. تعداد گل در هر خوشه (گل‌آذین) بسته به شرایط محیطی (تغذیه، نور و درجه حرارت) متفاوت است. گلدهی ممکن است ۳ تا ۵ هفته به طول بیانجامد. در ارقام با رشد نامحدود، اولین گل‌ها بر روی گره ۵ و ۶ ظاهر شده و گلدهی به سمت بالا با رشد گیاه ادامه می‌یابد. در ارقام با رشد محدود، اولین گل‌ها بر روی گره‌های ۸ تا ۱۰ ظاهر شده و گلدهی هم به سمت بالا و هم به سمت پایین ادامه پیدا می‌کند. هر گل، خود گرده افشان است، اما باروری معمولاً پایین بوده و حدود ۷۵ درصد گل‌ها می‌ریزند. دلایل این عدم باروری، کاملاً شناخته شده نیست، اما عواملی نظیر تنش‌های آبی در افزایش ریزش گل‌ها، مؤثرند. نخستین غلاف، دو هفته بعد از شروع گلدهی ظاهر می‌شود. پرشدن دانه نیز حدود یک ماه به طول می‌انجامد. این مرحله بحرانی است چرا که شرایط نامناسب همانند تنش آبی در این مرحله تأثیر بسیار منفی بر روی عملکرد دارد و تعداد و وزن دانه‌ها را کاهش می‌دهد. با پرشدن دانه‌ها مقدار رطوبت آن‌ها از ۹۰ درصد به ۶۵-۶۰ درصد کاهش می‌یابد. این کاهش رطوبت ادامه پیدا می‌کند، به‌طوری‌که در انتهای مرحله پرشدن دانه‌ها، مقدار رطوبت به ۱۵ درصد می‌رسد (Prairie Californian، ۲۰۱۵).

مراحل رشد گیاه سویا در شکل (۲) نشان داده شده است. مراحل رشد این گیاه به دو

1- Determinative

2- Indeterminative

بخش رویشی (V)^۱ و زایشی (R)^۲ تقسیم‌بندی می‌شود. در مرحله رشد رویشی شماره سه برگگی در کنار حرف V بیان می‌شود. مثلاً V₁ مرحله‌ای از رشد گیاه سویا است که یک سه برگگی در گیاه وجود دارد. البته مراحل VE و VC مرحله خروج کوتیلدون‌ها از خاک و تکامل آن‌ها است. بخش رشد زایشی، به مراحل مختلف ظهور غنچه، تشکیل غلاف، تشکیل دانه و رسیدگی تقسیم می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- مراحل مختلف رشد گیاه سویا (Prairie Californian, ۲۰۱۵)

- VE: مرحله جوانه‌زنی، خروج لپه‌ها^۳ از زمین (تشکیل غده از این مرحله شروع می‌شود)
- VC: مرحله تکامل لپه‌ها
- V1-V3: ظهور اولین سه برگگی در بند دوم- ظهور سومین سه برگگی در بند چهارم
- R1: شروع ظهور اولین غنچه گل در ساقه اصلی (رشد سریع عمودی ریشه)
- R3: شروع تشکیل غلاف در ساقه اصلی
- R5: شروع تشکیل دانه (نیاز به عناصر غذایی و آب خیلی زیاد)
- R8: رسیدگی کامل (Casteel, ۲۰۱۰)

ریشه‌ها پس از جوانه‌زنی به سرعت رشد نموده و می‌توانند در صورت مناسب بودن خاک زیرین از لحاظ حاصلخیزی، بافت و ساختمان تا عمق دو متری، نفوذ کنند. البته در این میان کوددهی نیز در نحوه گسترش ریشه‌ها، نقش مهمی دارد.

امروزه در بیشتر کشورهای دنیا ریزوبیوم‌های مؤثر و کارآمد از خاک‌ها جداسازی شده و پس از تکثیر با مواد حامل آلی یا معدنی، فرموله و به صورت مایه تلقیح‌های تجاری به کشاورزان ارائه می‌شوند. تلقیح به صورت‌های مختلف بذری و یا خاکی انجام می‌شود. تلقیح بذور به‌ویژه در مناطقی که یک گیاه لگوم جدید معرفی می‌شود و یا به دلیل شرایط نامساعد اقلیمی - خاکی، تعداد و کارایی ریزوبیوم‌های بومی در خاک کافی نباشد، توصیه می‌شود. آزمایش‌های انجام شده در اکثر نقاط دنیا نشان داده است که تلقیح گیاهان لگوم مانند گیاه سویا، نخود، لوبیا، یونجه، عدس و شبدر با ریزوبیوم سبب افزایش رشد و عملکرد و دیگر صفات زراعی آن‌ها شده است.

غده‌ها در اثر همزیستی ریشه گیاه با باکتری برادی ریزوبیوم جاپونیکوم^۱ ایجاد می‌شوند و معمولاً ۱۲ روز بعد از جوانه‌زنی، این غده‌ها تشکیل، سپس بزرگ شده و تعداد آن‌ها بیشتر می‌شود. به دلیل این که گیاه سویا بیش از ۷۰ درصد از نیاز نیتروژنی خود را می‌تواند از طریق همزیستی، تأمین نماید، در صورت فعالیت گره‌ها در امر تثبیت نیتروژن ملکولی (BNF^۲)، داخل غده به رنگ صورتی، خواهد بود. در صورت عدم تثبیت نیتروژن به رنگ سبز کم رنگ، دیده می‌شود.

برای آن که گیاه سویا بتواند رشد مناسبی داشته باشد باید، عناصر غذایی کافی در زمان مناسب در اختیار گیاه قرار داشته باشد؛ اما متأسفانه در اغلب موارد کمبود عناصر غذایی در گیاه سویا باعث تغییرات در فیزیولوژی آن می‌شود که این تغییرات در گیاه به صورت علائم کمبود در مزرعه، قابل مشاهده است. برای جلوگیری از این کمبود، لازم است که روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی برای گیاه سویا تعیین شود. در ادامه روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی آورده شده است.

1- Bradyrhizobium japonicum

2 - Biological Nitrogen Fixation

روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی

آزمون خاک

خاک منبع طبیعی عناصر غذایی است. این عناصر اغلب نمی‌توانند بلافاصله جذب گیاه شوند، زیرا به شکل‌های مختلف از جمله جذب سطحی روی ذرات معدنی خاک و یا جزئی از ساختمان کانی‌ها یا مواد آلی خاک می‌شوند. لازم به ذکر است که این عناصر جذب شده، ممکن است دوباره توسط گیاه استفاده شوند. فرآیندهایی که سبب آزادسازی عناصر غذایی در خاک می‌شوند عبارتند از:

۱- تجزیه میکروبی مواد آلی (معدنی شدن)

۲- هوادیدگی کانی‌های خاک

۳- آزادسازی دوباره عنصر غذایی از سطح ذرات خاک

اما نکته مهم این است که این آزادسازی عناصر از منبع خاک به‌کندی صورت می‌گیرد و چنانچه فقط برداشت عناصر صورت گیرد و یا مقدار برداشت شده دوباره جبران نشود، به‌مرور خاک از عناصر غذایی تخلیه می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

تجزیه خاک به مفهوم تعیین ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک است، ولی آزمون خاک مفهوم گسترده‌تری داشته و شامل اندازه‌گیری‌های شیمیایی سریع به‌منظور تعیین مقدار قابل استفاده عناصر غذایی در خاک برای رشد و نمو بهینه گیاه نیز است. امروزه تفسیر و ارزیابی نتایج آزمون خاک و توصیه‌های کودی که براساس این آزمایش‌های شیمیایی انجام می‌گیرد نیز جزئی از فرآیند آزمون خاک، محسوب می‌شود. آزمون خاک برای عناصر کم‌مصرف در مقایسه با عناصر پرمصرف از درجه اعتبار کمتری برخوردار است. از این‌رو، برای تشخیص پاسخ بالقوه عناصر کم‌مصرف، ممکن است استفاده از آزمون بافت گیاه نیز لازم باشد. از میان روش‌های مختلف ارزیابی حاصلخیزی خاک، آزمون خاک روشی سریع، کم‌هزینه و دقیق بوده و می‌تواند به‌موقع انجام شده و پایه و اساس توصیه‌های کودی قرار گیرد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). یک برنامه آزمون خاک، معمولاً دارای چهار مرحله اجرایی به‌صورت زیر است:

۱- جمع‌آوری نمونه‌های خاک یا نمونه‌برداری خاک

۲- تعیین روش مناسب عصاره‌گیری و سپس تعیین عناصر غذایی قابل جذب در عصاره استخراج شده

۳- تفسیر نتایج آزمایشگاهی

۴- توصیه‌های کودی

به‌علت وجود مراحل چهار گانه بالا، آزمون خاک یک برنامه به‌حساب می‌آید و به‌عنوان برنامه آزمون خاک^۱ معروف است. موفقیت برنامه آزمون خاک، مستلزم دقت عمل در هر مرحله و آگاهی از خطاهای احتمالی در هر یک از آن مراحل است. بعد از دانستن تمام این اطلاعات باید این اطلاعات پایه با شرایط مزرعه، واسنجی شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). در واقع بعد از آزمایش‌های مختلف، محققان با داشتن اطلاعات زیاد از وجود یا عدم وجود یک عنصر غذایی، حدود بحرانی را در خاک‌های مختلف، تعیین می‌کنند. لازم به ذکر است که برای هر یک از عناصر غذایی، مقدار حد بحرانی در خاک تعریف و تعیین می‌شود که به‌عنوان معیاری برای مطلوبیت مقدار عناصر غذایی در خاک است. به عنوان نمونه در جدول (۱) مقدار بحرانی عناصر غذایی در خاک برای گیاه سویا، آورده شده است.

جدول ۱- غلظت بحرانی عناصر غذایی (میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک‌های زیر کشت گیاه سویا (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)

فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بر
۱۵	۲۰۰	۵	۱	۵	۰/۵	۰/۵

در بعضی از مواقع مشاهده می‌شود که علی‌رغم وجود عنصر غذایی کافی در خاک، هنوز هم علائم کمبود در گیاهان مشاهده می‌شود. از این‌رو در این مرحله، نیاز به عملیات اجرایی کامل‌تری است که تجزیه گیاه نام دارد.

تجزیه گیاه

در این روش، غلظت عناصر غذایی در گیاه تعیین می‌شود. اندازه‌گیری ممکن است به

دو طریق آزمایش سریع بافت^۱ و یا تجزیه کامل^۲ صورت گیرد. در آزمایش سریع بافت، شیره گیاهی را با فشار از سلول خارج نموده و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم آن را تعیین می‌کنند (بدون انتقال به آزمایشگاه). نتایج آزمایش‌های بافت گیاهی معمولاً به‌صورت درجات کم، متوسط و زیاد، گزارش می‌شود. مهم‌ترین مزیت آزمایش بافت، سرعت عمل و سهولت انجام آن است و مزیت دیگر آن پی بردن به کمبود قبل از ظاهر شدن علائم آن است. اشکال مهم این روش، کمی نبودن نتایج و نبودن روش‌های سریع اندازه‌گیری برای کلیه عناصر است. در این روش، نمونه به آزمایشگاه ارسال نشده و تنها با استفاده از مواد شیمیایی، مقدار و حدود عناصر به‌صورت کیفی، تعیین می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

در روش تجزیه کامل آزمایشگاهی، گیاه کامل یا قسمتی از آن، مورد آزمایش قرار گرفته و مقدار کل عنصر موردنظر در آن تعیین و سپس نتایج با مقادیر بهینه مقایسه می‌شود. مزیت عمده روش تجزیه کامل، کمی و دقیق بودن آن است. از معایب آن نیز می‌توان به طولانی بودن آزمایش‌ها و مخارج نسبتاً زیاد آن اشاره نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). بهترین رابطه بین ترکیب عناصر غذایی در برگ و عملکرد گیاه سویا در محدوده زمانی شروع گلدهی تا تشکیل غلاف است که برای نمونه‌گیری، مرحله شروع گلدهی تا قبل از تشکیل غلاف توصیه می‌شود (جدول ۲). در هر نمونه‌برداری بایستی تعداد ۳۰ نمونه از سومین برگ از برگ‌های بالایی و بالغ شاخه اصلی گیاه تهیه شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

جدول ۲- حدود بهینه عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در برگ کاملاً توسعه یافته گیاه سویا قبل از تشکیل غلاف

عناصر پرمصرف	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	گوگرد
(درصد)	۳/۵ - ۵/۵	۰/۳ - ۰/۴	۱/۷ - ۲/۵	۱/۱ - ۲/۲	۰/۳ - ۱/۰	۰/۳ - ۰/۴
عناصر کم‌مصرف	آهن	منگنز	روی	مس	بر	مولیبدن
(میلی گرم در کیلوگرم)	۱۰۰ - ۲۰۰	۵۰ - ۱۰۰	۳۰ - ۸۰	۱۰ - ۳۰	۳۰ - ۶۰	۳

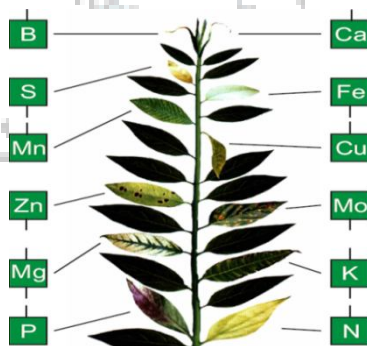
1- Tissue test

2- Complete analysis

علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی

هر یک از عناصر غذایی وظایف خاصی را در گیاه به عهده دارند، از این رو کمبود هر عنصر در خاک سبب می شود که آن وظایف به خوبی انجام نگرفته و بسته به شدت کمبود، اختلالاتی در فرآیندهای گیاه به وجود آید. علائم کمبود بیشتر بر روی ساقه و برگ گیاهان ظاهر می شود. در صورتی که این علائم به موقع و بادقت تشخیص داده شوند، تخمین ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس آن ها، امکان پذیر است.

از مزایای این روش سرعت و تعیین نوع کمبود عنصر غذایی است، زیرا به محض مشاهده علامت خاص، می توان به کمبود عنصر مربوطه در گیاه و به دنبال آن در خاک پی برد. از طرفی از روی مقدار و شدت تغییرات رنگی میزان و شدت کمبودها را تخمین زد. از طرف دیگر این روش دارای مشکلات و محدودیت های زیادی نیز است که از آن جمله می توان به نیاز به تخصص و تجربه برای تشخیص علائم، اختصاصی نبودن برخی علائم و امکان اشتباه در تشخیص آن ها، تشابه برخی علائم با صدمات ناشی از آفات و بیماری ها، ظاهر نشدن علائم کمبودهای ضعیف (گرسنگی پنهان) و بالاخره ظاهر شدن علائم در زمانی که فرصت کافی برای جبران کمبود ممکن نیست، اشاره نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر غذایی در برگ سویا در شکل (۳) نشان داده شده است. در ادامه علائم ظاهری کمبودها به طور خلاصه و به صورت کلی ارائه شده است.



شکل ۳ - نمای کلی محل بروز علائم کمبود عناصر به عنوان یک راهنمای تشخیص

(در قسمت های انتهایی عناصر بور و کلسیم، در برگ های جوان عناصر گوگرد، آهن، منگنز، مس، در برگ های قدیمی عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم و منیزیم) (nutrico، ۲۰۱۸)

علائم کمبود عناصر غذایی پرمصرف و ثانویه

نیتروژن: بوته‌های جوان گیاه سویا ممکن است علائم کمبود نیتروژن را به دلایلی مثل آبیاری نامناسب و بیش‌ازحد و ناکافی بودن مقدار نیتروژن خاک و عدم ایجاد رابطه همزیستی (ایجاد گره) نشان دهند. برای جذب نیتروژن توسط گیاه سویا تشکیل گره‌های فعال برای تثبیت نیتروژن مولکولی ضروری است (شکل ۴). در این حالت رشد عمومی گیاه کاهش یافته و با توجه به آن که نیتروژن بخشی از ساختار کلروفیل است، در اثر کمبود، کلروفیل‌سازی دچار خدشه شده و برگ‌های گیاه زرد رنگ می‌شود (Cropwatch، ۲۰۱۷؛ Spivey و Lee، ۲۰۱۸). زرد شدن برگ‌های گیاه ابتدا در برگ‌های مسن و پایینی، مشاهده می‌شود. البته در برخی مواقع به دلیل برقرار نشدن همزیستی مناسب بین ریزوبیوم و گیاه سویا به دلیل کم بودن جامعه ریزوبیومی خاک و یا کارآمدی پایین جدایه‌های ریزوبیوم، علائم کمبود در مراحل تشکیل غلاف نیز ممکن است مشاهده شود (شکل ۵).



شکل ۴- ایجاد گره‌های فعال برای تثبیت نیتروژن مولکولی (Sissel و Reidun، ۲۰۱۷)



شکل ۵- علائم کمبود نیتروژن در برگ و بوته گیاه سویا (Cropwatch، ۲۰۱۷)

فسفر: علایم کمبود فسفر خیلی قطعی و مشخص نیست ولی کمبود فسفر با یک مشخصه عمومی شامل رشد ضعیف گیاه در سطح مزرعه مشخص شده و رنگ برگ‌ها به سمت آبی (شکل‌های ۶ و ۷)، گرایش پیدا می‌کند (Cropwatch, ۲۰۱۷).



شکل ۶- مقایسه مزرعه دارای کمبود فسفر (سمت راست) و بدون کمبود فسفر (سمت چپ)



شکل ۷- علایم کمبود فسفر در برگ‌های گیاه سویا (Cropwatch, ۲۰۱۷)

پتاسیم: در خاک‌های با کمبود شدید پتاسیم، علایم کمبود ظاهر می‌شود. در این حالت حاشیه برگ‌ها به زردی گرایش پیدا می‌کند. سپس زردی به سمت داخل برگ گسترش یافته و مرکز برگ سبز تیره باقی می‌ماند. در موارد کمبود خیلی شدید، حاشیه برگ‌ها، نکروزه (سوخته) می‌شوند. لازم به ذکر است که علایم کمبود پتاسیم، ابتدا در برگ‌های پیر ظاهر می‌شود (شکل ۸) (Cropwatch, ۲۰۱۷).



شکل ۸- علایم کمبود پتاسیم (Cropwatch, ۲۰۱۷)

منیزیم: منیزیم دارای نقش چندگانه بوده و برای فتوسنتز، ضروری است. منیزیم به‌عنوان یون مرکزی مولکول کلروفیل بوده و کوفاکتور فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها، است. هنگامی که مقدار منیزیم کم باشد، تثبیت دی‌اکسیدکربن، محدود می‌شود. همچنین منیزیم نقش مهمی را در تثبیت نیتروژن ایفاء می‌کند. در بررسی مقدار منیزیم در خاک و گیاه بایستی مقدار منیزیم را با پتاسیم و کلسیم در نظر گرفت، زیرا در بسیاری مواقع بالا بودن مقدار پتاسیم در اندام هوایی سبب بروز کمبود منیزیم می‌شود. به‌طور معمول تشخیص علایم کمبود منیزیم بسیار مشکل است، زیرا معمولاً با کمبود پتاسیم، آهن و منگنز اشتباه گرفته می‌شود. علایم کمبود منیزیم شامل زرد شدن بین رگبرگی است که نخست در بین برگ‌های پیرتر ظاهر می‌شود (شکل ۹). در گیاهان دانه روغنی، غلظت منیزیم بر مقدار روغن اندام روغنی این گیاهان تأثیر دارد. در گیاه سویا فراهمی منیزیم در مرحله پیش از گلدهی برای دستیابی به عملکرد دانه و روغن مناسب ضروری است (Führs و Gerendas, ۲۰۱۳).



شکل ۹- علائم کمبود منیزیم در گیاه سویا (Cropwatch, ۲۰۱۷)

گوگرد: گوگرد به فرم یون سولفات (SO_4^{2-}) جذب شده و برای ساخت اسیدهای آمینه و تشکیل پروتئین‌ها، ضروری است. گیاهان دانه روغنی از جمله گیاه سویا نسبت به محصولات دیگر به مقدار بیشتر گوگرد نیاز دارند. این عنصر در کنار عنصر منیزیم در ساخت روغن در گیاهان دانه روغنی موثر است (Walker و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۱۰- علائم کمبود گوگرد در مزرعه گیاه سویا (Cropwatch, ۲۰۱۷)

به‌هرحال کمبود گوگرد در صورت بروز از لحاظ ظاهر، همانند کمبود نیتروژن است با این تفاوت که کمبود نیتروژن ابتدا در برگ‌های پیر، ظاهر می‌شود ولی کمبود گوگرد در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود (شکل ۱۰). همچنین گوگرد در سنتز کلروفیل نیز دخیل است. کمبود گوگرد اغلب به پایین بودن میزان مواد آلی خاک ارتباط داشته و سبب کاهش وزن گره‌ها و کاهش تثبیت نیتروژن می‌شود (Cropwatch, ۲۰۱۷).

کلسیم: از وظایف کلسیم در گیاه می‌توان به تقسیم سلولی، کارکرد درست غشای سلولی و نفوذپذیری سلول‌ها اشاره نمود. کمبود کلسیم در خاک‌های اسیدی، ماسه‌ای و دارای کمبود مواد آلی دیده می‌شود. این علائم به‌صورت کاهش سطح برگ، برگ‌های اولیه فنجان‌ی شکل، لکه‌های قهوه‌ای و ریزش برگ، قابل مشاهده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- علائم کمبود کلسیم در گیاه سویا

علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف

بور: علائم کمبود به‌صورت شکل غیرمعمول برگ‌ها و لکه‌های سوختگی در برگ‌های جوان‌تر، بروز می‌نماید (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- علائم کمبود بور در گیاه سویا (Cropwatch, ۲۰۱۷)

مس: علایم کمبود مس شامل رنگ پریدگی برگ‌های جوان‌تر و لکه‌های سوختگی در قسمت‌هایی از برگ است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- علایم کمبود مس در مزرعه گیاه سویا (Cropwatch، ۲۰۱۷)

آهن: آهن نقش فیزیولوژیکی وسیعی را در گیاه دارد و جزء ضروری کلروفیل بوده و برای فتوسنتز ضروری است. کمبود آهن معمولاً در شرایط pH بالای خاک، آهن زیاد، تهویه نامناسب، درجه حرارت پایین و کمبود مواد آلی تشدید می‌شود. در زمان کمبود، رگبرگ‌ها سبز باقی‌مانده و بقیه قسمت‌های برگ زرد می‌شود (شکل ۱۴). این علایم بسیار شبیه به کمبود منیزیم است با این تفاوت که کمبود آهن اغلب در برگ‌های جوان‌تر و بالایی دیده می‌شود (Cropwatch، ۲۰۱۷؛ Spivey و Lee، ۲۰۱۸)



شکل ۱۴- علایم کمبود آهن در گیاه سویا (Cropwatch، ۲۰۱۷)

منگنز: در زمان کمبود منگنز، برگ‌ها سبز ولی رنگ پریده می‌شوند و رگبرگ‌ها، سبزتر باقی‌مانده و بین آن‌ها زرد و یا سفید می‌شود. در نهایت برگ‌ها زرد یا سفید خواهند شد (شکل ۱۵). در موارد بروز کمبود شدید، ریزش برگ اتفاق می‌افتد. تشخیص علائم کمبود آهن و منگنز، بسیار دشوار است اما با تجزیه خاک می‌توان به تشخیص مناسب رسید.



شکل ۱۵- علائم کمبود منگنز در گیاه سویا (Cropwatch، ۲۰۱۷)

روی: در زمان کمبود، برگ‌ها و شاخه‌ها کوچک شده، بین رگبرگ‌ها زرد یا برگ‌های پایین‌تر، قهوه‌ای می‌شود (شکل‌های ۱۶ و ۱۷). کمبود روی بیشتر در خاک‌هایی که دارای آهن زیاد هستند، ظاهر می‌شود.



شکل ۱۶- علائم کمبود روی در گیاه سویا (Cropwatch، ۲۰۱۷)

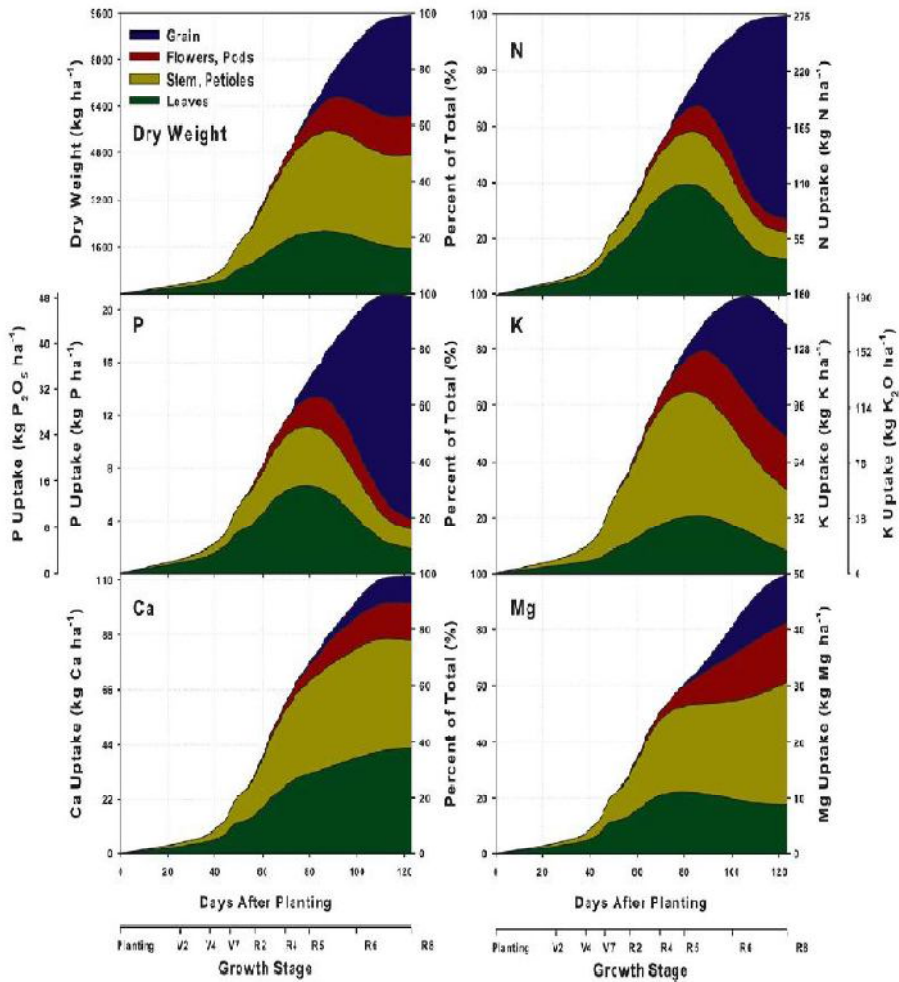


شکل ۱۷- علائم کمبود روی در گیاه سویا (Cropwatch، ۲۰۱۷)

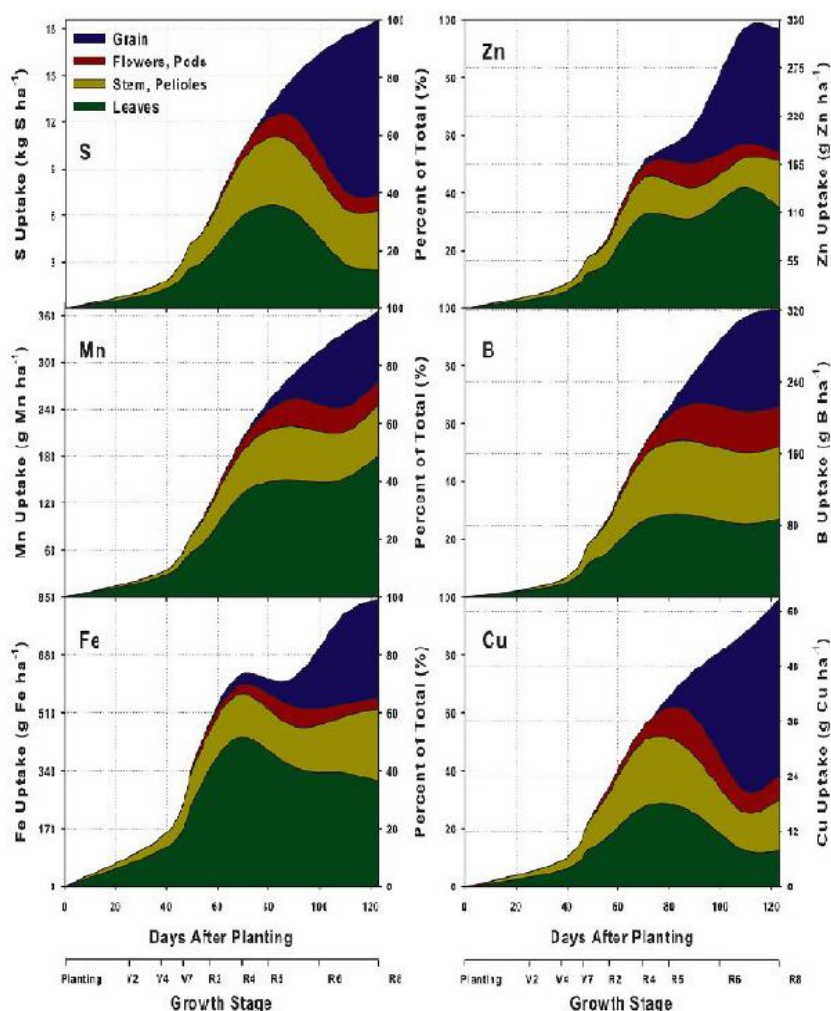
مولیبدن: مولیبدن در ساختمان دو آنزیم نیترات ریداکتاز و نیتروژناز که برای احیای نیترات و تثبیت نیتروژن لازم است، وجود دارد. بنابراین برای انجام وظیفه درست غده‌های ریشه و تثبیت نیتروژن، لازم است. کمبود آن بسیار مشابه با کمبود نیتروژن است. کمبود مولیبدن بیشتر در خاک‌های اسیدی اتفاق می‌افتد و در این حالت گیاه ضعیف شده و تعداد غده‌های ریشه، کاهش می‌یابد (Cropwatch، ۲۰۱۷؛ Spivey و Lee، ۲۰۱۸)

الگوی جذب عناصر غذایی

الگوی جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، منیزیم و کلسیم در شکل‌های (۱۸ و ۱۹) نشان داده شده است. در مقایسه با جذب نیتروژن، فسفر، گوگرد، منیزیم، کلسیم، بور، منگنز و مس که در کل طول دوره رویشی و پرشدن دانه جذب می‌شوند، تقریباً ۷۵ درصد از جذب پتاسیم، قبل از شروع مرحله پرشدن دانه، انجام می‌شود. پس جذب پتاسیم در مرحله رویشی و اوایل دوره زایشی بیشتر است. مشابه این وضعیت در مورد آهن نیز دیده می‌شود. بدون در نظر گرفتن عنصر پتاسیم، مقدار حداکثری جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در دوره کوتاه R3 تا R4 اتفاق می‌افتد. با توجه به شاخص برداشت (درصدی از کل عنصر جذب شده که به دانه‌ها منتقل می‌شود)، وجود مقدار کافی از عناصر نیتروژن، فسفر، گوگرد و مس در مرحله زایشی و پرشدن دانه نیز ضروری است (Mallarino، ۲۰۱۱؛ Bender و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۱۸- الگوی جذب عناصر غذایی پرمصرف و ثانویه در دانه، گل‌ها، غلاف، ساقه، دمبرگ و برگ‌های گیاه سویا در روزهای پس از کشت یا مراحل رشد (Bender و همکاران، ۲۰۱۵)



شکل ۱۹- الگوی جذب عناصر غذایی کم مصرف در دانه، گل ها، غلاف، ساقه، دمبرگ و برگ های گیاه سویا در روزهای پس از کشت یا مراحل رشد گیاه سویا (Bender و همکاران، ۲۰۱۵)

در جدول (۳) مقدار کل جذب عناصر غذایی توسط گیاه سویا در عملکردهای مختلف ارائه شده است. میزان برداشت عناصر کم مصرف به ازای هر تن دانه گیاه سویا در هکتار عبارتند از: آهن ۸۳ گرم، بور ۳۴ گرم، روی ۴۰ گرم و منگنز ۳۳/۷ گرم.

جدول ۳- مقدار عناصر غذایی برداشت شده در دانه و کل گیاه سویا (Brown, ۲۰۰۸)

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)					
۵۱۰۰	۴۰۸۰	۳۰۶۰	۲۰۴۰	۱۰۲۰	
۲۹۵	۲۳۸	۱۷۸	۱۱۶	۵۸/۶	دانه
۴۴۵	۳۵۹	۲۶۹	۱۷۶	۸۸/۲	کل گیاه
۵۹	۴۵/۸	۳۴/۳	۱۵/۸	۶/۶	دانه
۷۹	۶۱/۶	۴۶/۲	۲۱/۳	۸/۹	کل گیاه
۱۲۲	۸۹	۶۶/۷	۴۱/۴	۲۱/۷	دانه
۲۲۷	۱۶۵	۱۲۴	۷۷	۴۰/۴	کل گیاه
۸/۵	۶/۷	۵/۳	۴/۰	۲/۰	دانه
۳۸/۳	۳۰/۶	۲۴/۲	۱۸	۸/۳	کل گیاه
۹/۷	۷/۷	۵/۸	۳/۵	۱/۶	دانه
۲۴/۲	۱۹/۴	۱۴/۶	۸/۸	۴/۲	کل گیاه
۱۶/۶	۱۳/۳	۸/۸	۶/۴	۳/۶	دانه
۵۰/۳	۴۰/۲	۲۶/۵	۱۹/۵	۱۱	کل گیاه

مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه سویا

تولید غذا برای جمعیت در حال رشد مستلزم مدیریت تلفیقی میزان عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک توسط کشاورزان است. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه، به صورت استفاده هوشمندانه از ترکیب بهینه منابع آلی، معدنی و زیستی عناصر غذایی در یک تناوب زراعی برای دستیابی به عملکرد و تولید بهینه، بدون آسیب رساندن به اکوسیستم خاک تعریف می شود. به عبارت دیگر، مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه با حفظ حاصلخیزی خاک و فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه در سطح بهینه، سبب تولید پایدار محصول به میزان مورد انتظار می شود. استفاده مداوم از مقادیر زیاد کودهای شیمیایی، اثرات منفی بر تولید پایدار محصول داشته و استفاده نابجای آن ها می تواند به آلودگی محیط زیست منجر شود. کشاورزی پایدار چیزی جز مدیریت ماده آلی خاک و استفاده نسبی از کودهای شیمیایی، آلی و بیولوژیک، کودسبز، 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 است. 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 شود.

مصرف بهینه کودهای شیمیایی

در تفکر زارعین، کود وسیله‌ای برای افزایش تولید محصول و درآمد است. در مواقع و شرایط زمانی که محدودیت و کمبود غذا وجود دارد، هدف اصلی در کوددهی، تولید حداکثر محصول است و برعکس در شرایط و مواقعی که غذا فراوان است، کارآیی مصرف کود از لحاظ اقتصادی (نسبت درآمد به هزینه) مورد توجه است. کاربرد کود با هزینه‌های ثابت (هزینه مصرف) و متغیر (هزینه خود کود) توأم بوده و به‌طور معمول از طریق افزایش محصول (مقدار کل محصول یا بهبود کیفیت محصول) درآمد ایجاد می‌کند. مصرف خیلی کم کود، معمولاً غیراقتصادی است چون هزینه آن بیشتر از درآمد حاصله است (پایین‌تر از حد اقتصادی) و مصرف خیلی زیاد کود نیز علاوه بر احتمال کاهش تولید، می‌تواند سبب از دست رفتن درآمد شود (بالا‌تر از حد اقتصادی). محدوده تصمیم‌گیری در مورد انجام کوددهی اقتصادی به حداکثر سوددهی (در زمان کمبود پول) و یا حداکثر درآمد خالص (در موقع کمبود زمین) بستگی دارد (کسرایی، ۱۳۷۲؛ ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰).

برای محاسبه دقیق حد مطلوب این ارقام، رودرو قرار دادن ارقام مربوط به درآمد محصول و هزینه، ضروری است. به‌طور خلاصه، تعیین پرسودترین میزان مصرف عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به دلایل زیر دشوار است:

- افزایش مورد انتظار محصول به ازای هر مقدار کود مصرفی
- سطح مدیریت
- قیمت مورد انتظار کشاورز برای محصول تولیدی
- قیمت کود
- هزینه‌های اضافی برداشت و بازاریابی
- اثرات باقیمانده کود
- مقدار دیگر عناصر غذایی در کود یا خاک

بنابراین پرسودترین میزان کود در سال‌های مختلف به دلیل تغییر قیمت تولیدات کشاورزی و کود، متفاوت خواهد بود و لازم است برای همان سال تعیین شود (کسرای، ۱۳۷۲؛ ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰).

توصیه مصرف نیتروژن

گیاه سویا از گروه لگوم‌ها بوده و بخش عمده نیاز نیتروژنی خود را از طریق همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم تأمین می‌نماید. تثبیت همزیستی نیتروژن از مرحله ظهور اولین غنچه گل (۵۰-۴۰ روز پس از کاشت) شروع می‌شود. از این رو معمولاً نیتروژن به عنوان آغازگر^۱ (استارتر) توصیه می‌شود. نیتروژن از منبع اوره به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در اراضی با بافت سنگین و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، برای اراضی با بافت سبک تأمین می‌شود. با این حال کودهای دیگری همانند سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و فسفات آمونیوم نیز حاوی نیتروژن هستند که می‌توانند استفاده شوند. مصرف بیش از حد نیتروژن در مرحله اولیه رشد از ایجاد همزیستی باکتریایی و در نتیجه تثبیت نیتروژن ممانعت خواهد نمود.

در صورتی که به هر دلیلی گره‌بندی مناسب روی ریشه‌های گیاه سویا حاصل نشود و یا گره‌های ایجاد شده فعال نباشد، کوددهی به صورت سرک با توجه به مقدار کربن آلی خاک، توصیه می‌شود.

در این حالت در منطقه دزفول کاربرد اوره در دو مرحله ۵-۸ برگی گیاه سویا و همزمان با عملیات کولتیواتور زنی به مقدار ۱۰۰-۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و مرحله شروع پرشدن دانه در ارقام رشد نامحدود و شروع گلدهی در ارقام رشد محدود به مقدار ۱۰۰-۱۲۵ کیلوگرم در هکتار (قدرتی و همکاران، ۱۳۸۶) و در منطقه گلستان و مازندران کاربرد تقسیطی اوره هر ۱۰ روزه به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار در ۳-۴ مرحله (تا قبل از ظهور گل) توصیه می‌شود (اندرخو و همکاران، ۱۳۹۷).

در صورتی که مقدار کربن آلی خاک زیاد است از مقدار سرک‌ها کاسته می‌شود. کاربرد کود نیتروژنی پروتئین دانه را افزایش داده و میزان روغن آن را کاهش می‌دهد. البته این

کاهش میزان روغن توسط افزایش محصول به مقدار قابل توجهی (تا یک سطح معین) جبران می‌شود. محلول پاشی اوره یا نیترات آمونیوم یا سولفات آمونیوم بر روی بوته‌های گیاه سویا هنگامی که غلاف‌ها پر شده‌اند، میزان رشد و باردهی دانه را افزایش می‌دهد.

توصیه مصرف فسفر

فسفر برای انتقال انرژی و مواد ساخته شده در گیاه ضروری است. فسفر همچنین در رشد و نمو ریشه، گلدهی و افزایش عملکرد، نقش مهمی دارد. منبع فسفر قابل استفاده گیاه، خاک است که در صورت کمبود بایستی از طریق کوددهی جبران شود. در جدول (۴) مقدار برآورد کود فسفوری در زراعت گیاه سویا ارائه شده است.

جدول ۴- برآورد کود دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل مورد نیاز گیاه سویا برحسب کیلوگرم در هکتار (خادمی و همکاران، ۱۳۸۴)

فسفر قابل جذب خاک به روش							عملکرد مورد انتظار دانه (تن در هکتار)
اولسن (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴
< ۱	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۷۰	۱۸۰
۲	۵۵	۷۵	۹۵	۱۱۵	۱۳۵	۱۶۰	۱۷۰
۳	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۵۰	۱۶۰
۴	۴۵	۶۵	۸۵	۱۰۵	۱۲۵	۱۴۰	۱۵۰
۵	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۴۰
۶	۳۵	۵۵	۷۵	۹۵	۱۱۵	۱۲۰	۱۲۵
۷	۳۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰
۸	۲۵	۴۵	۶۵	۸۵	۱۰۵	۱۱۰	۱۱۵
۹	۲۵	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۵	۱۱۰
۱۰	۲۵	۳۵	۵۵	۷۵	۹۵	۱۰۰	۱۰۵
۱۱	۲۵	۳۰	۵۰	۷۰	۹۰	۹۵	۱۰۰
۱۲	۰	۲۵	۳۵	۵۵	۷۵	۸۰	۸۵
۱۳	۰	۰	۲۵	۳۵	۶۰	۶۵	۷۰
۱۴	۰	۰	۰	۲۵	۵۰	۵۵	۶۰
۱۵	۰	۰	۰	۰	۴۰	۴۵	۵۰
≥ ۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

در صورت عدم وجود نتایج آزمون خاک در استان‌های گلستان، مازندران و منطقه دزفول مصرف به ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل قابل توصیه است.

توصیه مصرف پتاسیم

گیاه سویا نیاز بالایی به پتاسیم دارد و فراوان‌ترین کاتیون در گیاه است. این عنصر در واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه بسیار مهم بوده و در درون گیاه متحرک است. پتاسیم در انتقال ترکیبات ساخته شده در گیاه، فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها، توازن آب در گیاه و فتوسنتز، نقش دارد. پتاسیم تشکیل غده را در گیاه سویا و در نتیجه، تثبیت نیتروژن را افزایش می‌دهد. حضور این عنصر همچنین اثر زیادی بر روی عملکرد و افزایش وزن دانه دارد. برای رفع کمبود پتاسیم می‌توان از کودهای کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم، استفاده کرد. در جدول (۵) مقدار برآورد کود پتاسیمی ارائه شده است.

جدول ۵- برآورد کود سولفات پتاسیم مورد نیاز گیاه سویا بر حسب کیلوگرم در هکتار

(خادمی و همکاران، ۱۳۸۴)

پتاسیم قابل جذب خاک به							روش استات آمونیوم
عملکرد دانه (تن در هکتار)							(میلی گرم بر کیلوگرم)
۴	۳/۵	۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱	
۲۲۰	۲۱۰	۱۹۰	۱۷۰	۱۴۰	۱۱۰	۸۰	< ۱۰۰
۲۱۵	۲۰۵	۱۸۵	۱۶۵	۱۳۵	۱۰۵	۷۵	۱۲۰
۲۱۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۶۰	۱۳۰	۱۰۰	۷۰	۱۲۰
۲۰۵	۱۹۵	۱۷۵	۱۵۵	۱۲۵	۹۵	۶۵	۱۳۰
۲۰۰	۱۹۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۲۰	۹۰	۶۰	۱۴۰
۱۹۵	۱۸۵	۱۶۵	۱۴۵	۱۱۵	۸۵	۵۵	۱۵۰
۱۹۰	۱۸۰	۱۶۰	۱۴۰	۱۱۰	۸۰	۵۰	۱۶۰
۱۸۵	۱۷۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۰۵	۷۵	۴۵	۱۷۰
۱۸۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۳۰	۹۵	۶۵	۴۵	۱۸۰
۱۷۰	۱۶۰	۱۴۵	۱۲۰	۸۵	۵۵	۰	۱۹۰
۱۵۰	۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	۶۵	۴۵	۰	۲۰۰
۱۳۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۴۵	۰	۰	۲۱۰

در صورت عدم وجود نتایج آزمون خاک در استان‌های گلستان، مازندران و منطقه دزفول به ترتیب مصرف ۵۰، ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم قابل توصیه است.

توصیه کاربرد عناصر کم‌مصرف

عناصر کم مصرف به‌طور کلی از طریق خاک و یا محلول‌پاشی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ اما، تصمیم‌گیری در خصوص کاربرد عناصر کم مصرف به دو روش مزبور منوط به سهولت کاربرد و مسائل اقتصادی است (Jones و Jacobsen، ۲۰۰۹). پاسخ گیاه سویا به عناصر منگنز، روی و آهن زیاد، به بور و مس کم و به مولیبدن متوسط است. در جدول (۶) به‌طور خلاصه به نقش عناصر غذایی کم‌مصرف، اشاره شده است.

جدول ۶- نقش عناصر کم‌مصرف در متابولیسم گیاه سویا (Brown، ۲۰۰۸)

فرآیندهای متابولیکی	بور	مس	آهن	منگنز	روی	مولیبدن
فتوسنتز	*	*	*	*	*	*
سنتز قندها	*	*	*	*	*	*
سنتز پروتئین	*	*	*	*	*	*
سنتز اسیدهای چرب	*	*	*	*	*	*
فعالیت آنزیم	*	*	*	*	*	*
تشکیل دیواره سلولی	*	*	*	*	*	*
تحمل به تنش اکسیداتیو	*	*	*	*	*	*

آهن: مقدار جذب آهن توسط گیاه سویا حدود یک کیلوگرم در هکتار است. برای مقابله با کمبود آهن می‌توان از شیوه‌های زیر استفاده کرد:

- * انتخاب ارقام مقاوم با توجه به شرایط خاک برای مقابله با کمبود آهن
- * رعایت تراکم مناسب کشت. در شرایط تراکم پایین کلروز بیشتر اتفاق می‌افتد.

* در مناطق دچار کمبود آهن، کاربرد کلات‌های آهن توصیه می‌شود. از جمله این کودها استفاده از کلات Fe-EDDHA یا سکوسترین آهن در خاک است. سولفات آهن نیز در خاک قابل استفاده است، اما مصرف حاکی سولفات آهن توصیه نمی‌شود.

* محلول‌پاشی ترکیبات حاوی آهن در رفع کمبود آن مؤثر است. محلول‌پاشی گیاهان دچار کمبود در ۳-۲ نوبت با فاصله ۱۵ روز با محلول سه-چهار در هزار سولفات آهن در مرحله ۵-۶ برگ و تکرار آن ۱۴ روز بعد بسیار مؤثر است. استفاده از غلظت‌های بالاتر اغلب سبب سوختگی برگ‌ها می‌شود. افزودن عوامل مرطوب‌کننده تجاری یا چند قطره مایع ظرف‌شویی پیش از محلول‌پاشی، الزامی است. محلول‌پاشی بایستی قبل از ظهور زردی انجام گیرد و در صورت بروز کمبود، چندین بار محلول‌پاشی می‌بایست تکرار شود. همچنین بایستی محلول‌پاشی در صبح یا غروب هنگامی که درجه حرارت پایین، رطوبت بالا و باد آرام است، انجام شود. کلات‌های آهن غیر از کلات Fe-EDDHA را می‌توان برای محلول‌پاشی استفاده کرد. استفاده از ترکیبات فولوات آهن (نمک‌های اسید فولویک) نیز در رفع کمبود آهن، می‌تواند مؤثر باشد.

منگنز: منگنز در فعال ساختن آنزیم‌ها، سنتز کلروفیل، فتوسنتز و احیای نیتрат گیاه، ضروری است. منگنز در غده‌بندی و تغذیه نیتروژن گیاه نیز نقش دارد. کمبود منگنز در خاک را می‌توان توسط محلول‌پاشی با نمک‌های منگنز و مصرف حاکی آن، برطرف نمود. برای برطرف نمودن کمبود منگنز، محلول‌پاشی ۳-۲ نوبت سولفات منگنز با غلظت ۵-۳ در هزار قبل از گلدهی پیشنهاد می‌شود.

روی: روی نیز در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها و متابولیسم نیتروژن، نقش دارد. گیاه سویا به کمبود روی حساس بوده و بالا بودن pH، آهک فراوان، فسفر فراوان و کمبود مواد آلی از عوامل مؤثر در بروز کمبود روی در گیاه است. میزان طبیعی آن در برگ ۳۰ میلی-گرم در کیلوگرم است. در حالت کمبود مقدار این عنصر در برگ به ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رسد. در شرایط کمبود، کاربرد حاکی سولفات روی به میزان ۳۵ کیلوگرم در هکتار و ۳-۲ نوبت محلول‌پاشی سولفات روی به فاصله ۱۵ روز با غلظت ۵-۳ در هزار قبل از گلدهی، توصیه می‌شود.

بور: این عنصر در فعال سازی ریشه ها، رشد مریستم انتهایی شاخه ها و ریشه ها و اندام های زایشی، دارای اهمیت بسیار است. نیاز گیاه به بور زیاد نبوده و کمبود آن در pH بالا و خاک های حاوی مقادیر بالای کربنات کلسیم یا در خاک های سبک (به ویژه در مناطقی که بارندگی هم زیاد است) با ماده آلی کم، اتفاق می افتد. گیاه سویا همچنین به سمیت بور، حساس است و از این رو محلول پاشی بور قبل از ظهور آثار کمبود، نباید انجام شود. کمبود این عنصر از طریق محلول پاشی با اسیدبوریک با غلظت دو در هزار در دو نوبت به فاصله ۱۵ روز تا مرحله شروع گل دهی برطرف می شود.

مس: این عنصر وظایف مهمی را در کلروپلاست و در بهبود فتوسنتز دارد. کمبود آن موجب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد می شود. در صورتی که نتایج تجزیه خاک مقدار مس خاک را پایین تر از حد بحرانی اعلام نماید، محلول پاشی سولفات مس با غلظت ۲-۴ در هزار ۲-۳ نوبت به فاصله ۱۵ روز تا قبل از گلدهی در صبح یا غروب انجام می شود.

برخی نکات فنی عمومی برای برگ پاشی عناصر

- برگ پاشی باید صبح زود یا عصر، هنگامی که نور خورشید مایل است انجام گیرد.
- به محلول کودی تهیه شده، مایع ظرف شویی به غلظت ۰/۲ در هزار (۲۰۰ میلی لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب) اضافه شود. این کار باعث کاهش نیروی کشش سطحی آب شده در نتیجه قطرات آب حالت پخشیده به خود می گیرد و سطح تماس برگ با ذرات کودی افزایش می یابد. در نهایت میزان جذب برگي بیشتر می شود. برگ پاشی عناصر کم مصرف در گیاه سویا را علاوه بر مرحله قبل گلدهی در مرحله غلاف دهی نیز می توان تکرار نمود.
- هنگام برگ پاشی سرعت وزش باد باید حداقل باشد.
- پس از انجام برگ پاشی با حداقل فاصله زمانی، آبیاری مزرعه انجام گیرد.
- حرارت محیط در هنگام برگ پاشی کمتر از ۲۹ درجه سانتی گراد باشد.

- در صورتی که کمبود عناصر میکرو برای چند عنصر باشد می‌توان محلول‌پاشی کود میکروی کامل با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله ۱۰ روز پیش از گلدهی و ۱۴ روز بعد از گلدهی را انجام داد.

برای اطمینان از صحت انجام عملیات فوق پیشنهاد می‌شود، کود موردنظر را با غلظت مربوطه تهیه و در قطعه کوچکی از مزرعه به صورت برگ‌پاشی مصرف نمود. در صورت عدم ظهور علائم برگ‌سوزی پس از سه روز در گیاه، در تمام سطح مزرعه، برگ‌پاشی انجام شود. در اراضی شور نیز از کودهای بدون بور استفاده شود.

برگ‌پاشی عناصر غذایی بیشتر به عنوان یک ابزار موقتی و اضطراری استفاده می‌شود. به عبارتی موارد استعمال کوددهی از طریق برگ به عنوان مکمل کوددهی از طریق خاک و برطرف نمودن کمبودهای نهفته و مبارزه با کمبودهای شدید عناصر غذایی کم مصرف است (Kianci و Gulmezoglu، ۲۰۰۷).

کاربرد ماده آلی برای بهبود تولید گیاه سویا

ماده آلی نه تنها تأمین‌کننده بخشی از نیاز گیاه به عناصر غذایی است بلکه با تشدید فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می‌کند. از سویی مصرف مواد آلی در خاک، سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک نیز می‌شود که این امر به نوبه خود به رشد و نمو بهتر گیاه کمک می‌نماید.

کودهای آلی می‌توانند منشأ حیوانی یا گیاهی یا مخلوطی از آن‌ها را داشته باشند. بسته به روش استفاده برای جمع‌آوری و ذخیره، کوددामी به شکل‌های مختلف وجود دارد. کود دامی غیریکنواخت بوده و مقدار عناصر غذایی به نوع حیوان، نوع تغذیه، روش جمع‌آوری و مدت زمان نگهداری در انبار بستگی دارد. برای تعیین مقدار واقعی مصرف کود آلی بایستی اقدام به تجزیه کود نمود. شاخص‌های لازم برای اندازه‌گیری عبارتند از: درصد کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم کل، pH و EC. البته بایستی گفت تجزیه ماده آلی و آزادسازی عناصر غذایی برای گیاه غیرقابل پیش‌بینی بوده و بستگی به درجه حرارت، رطوبت، نسبت کربن به نیتروژن و میزان لیگنین دارد. همه این موارد سبب می‌شوند تا تخمین و تعیین مقدار عنصر آزاد شده از کودهای دامی در کوتاه‌مدت مشکل

باشد. کودهای آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی، به بهبود ساختمان خاک و افزایش مقدار هوموس خاک نیز کمک می‌نمایند. به هر حال این کودها بخشی از عناصر غذایی برداشت شده از خاک را به خاک برمی‌گردانند؛ اما نمی‌توانند همه هدر رفت و خروج عناصر غذایی از مزرعه را جبران نمایند. هم‌چنین نسبت عناصر غذایی موجود در کود دامی ممکن است مطابق با نیاز گیاه نباشد. در چنین حالتی کشاورز بایستی عناصر غذایی تکمیلی را از طریق کودهای شیمیایی تأمین نماید. البته دیگر منابع مواد آلی نظیر کود سبز، استفاده از بقایای گیاهی و کمپوست حاصل از ضایعات آلی صنعتی نظیر باگاس نیشکر قابلیت لازم را هم برای تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و هم به عنوان یک بهساز خاک دارا هستند. میزان مصرف کود آلی بستگی به درجه پوسیدگی، میزان عناصر غذایی، نسبت کربن به نیتروژن و نوع آن دارد. اگر کود آلی نپوسیده باشد بهتر است چند ماه جلوتر با خاک مخلوط و با اعمال رطوبت مناسب پوسانده شود. اگر کود آلی درجه رسیدگی کافی داشته باشد می‌توان هم‌زمان با کشت آن را مصرف نمود. بهتر است کود آلی در عمق مؤثر ریشه با خاک کاملاً مخلوط شود (خادمی و همکاران، ۱۳۸۴). میزان مصرف بسته به میزان ماده آلی خاک و سابقه استفاده از این کودها بین ۱۰ تا ۲۰ تن در هکتار است. اگر از کود آلی قبل از کشت استفاده شده است به ازاء مصرف هر تن کود مرغی از میزان مصرف نیتروژن و فسفر به ترتیب ۲۰ و ۱۰ کیلوگرم و به ازاء مصرف هر تن کود گاوی یا گوسفندی از میزان مصرف نیتروژن و فسفر به ترتیب ۱۰ و ۵ کیلوگرم کم شود.

کاربرد کودهای زیستی در زراعت گیاه سویا

کودهای زیستی به مواد جامد (پودری)، مایع و یا در برخی موارد ژله مانند اطلاق می‌شود که از یک ماده نگه‌دارنده با جمعیت انبوه از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها ترکیب و فرموله شده است و به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و یا افزایش رشد و عملکرد آن‌ها استفاده می‌شوند. انواع متفاوتی از کودهای زیستی امروزه در دنیا معرفی شده است که توسط زارعین برای کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مایه تلقیح‌های ریزوبیومی در کشت گیاه سویا: امروزه در بیشتر کشورهای دنیا ریزوبیوم‌های مؤثر و کارآمد از خاک‌ها جداسازی شده و پس از تکثیر با مواد حامل آلی یا معدنی، فرموله و به‌صورت مایه تلقیح‌های تجاری به کشاورزان ارائه می‌شوند. تلقیح به صورت‌های مختلف بذری و یا خاکی انجام می‌شود. تلقیح بذور به‌ویژه در مناطقی که یک گیاه لگوم جدید معرفی می‌شود و یا به دلیل شرایط نامساعد اقلیمی - خاکی، تعداد و کارایی ریزوبیوم‌های بومی در خاک کافی نباشد، توصیه می‌شود.

آزمایش‌های انجام شده در اکثر نقاط دنیا نشان داده است تلقیح گیاهان لگوم مانند گیاه سویا، نخود، لوبیا، یونجه، عدس و شبدر با ریزوبیوم سبب افزایش رشد و عملکرد و دیگر صفات زراعی آنها شده است.

کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ریزوبیوم در دو فرمولاسیون کلی مایع و پودری تولید و عرضه می‌شوند. فرمولاسیون‌های مایع به نحوی تهیه می‌شوند که قابلیت کاربرد آسان روی بذر دارند ولی ممکن است نتوانند به مدت طولانی ریزوبیوم‌ها را در خود زنده نگه دارند. از طرف دیگر فرمولاسیون‌های پودری برای کاربرد نیاز به یک ماده چسباننده دارند ولی می‌توانند به مدت طولانی‌تری از جمعیت ریزوبیوم‌ها، محافظت نمایند.

روش‌های استفاده از کودهای زیستی

- **بذر مال:** در این روش که مایه تلقیح‌های ریزوبیومی بعد از رطوبت‌دهی یا با استفاده از ماده چسباننده عمدتاً به میزان ۲ درصد وزنی به بذر آغشته می‌شوند. بذرهاي تلقیح شده بعد از هوا خشک شدن بلافاصله کاشته می‌شوند.

- **روش محلول آبکی:** در این روش مایه تلقیح ریزوبیومی (پودری) مورد استفاده را همراه و یا بدون ماده چسباننده با آب مخلوط می‌کنند تا سوسپانسیونی سیال ساخته شود. سپس این سوسپانسیون به بذر اضافه می‌شود و به خوبی بهم‌زده می‌شود. سپس بذرها در سایه پهن شده و پس از خشک شدن اقدام به کشت می‌شود. از معایب این روش این است که در بسیاری از موارد کشاورزان از آب به تنهایی استفاده می‌کند که سبب پایین آمدن کیفیت تلقیح می‌شود. در صورتی که مایه تلقیح از نوع مایع باشد می‌توان آن

را مستقیماً بر روی بذر و بر اساس مقادیری که شرکت سازنده توصیه می‌نماید، استفاده نمود.

- روش دو مرحله‌ای: در این روش که متداول‌ترین روش تلقیح می‌باشد در مرحله اول بذرها درون ظرف مناسب یا کیسه پلاستیکی ریخته شده و به آن محلول چسباننده (محلول ۲۰ درصد شکر، ۴ درصد متیل اتیل سلولز و یا ۴۰ درصد صمغ عربی) اضافه شده و به خوبی بهم‌زده می‌شود تا بذرها چسبناک شوند. در مرحله دوم، مایه تلقیح (بیشتر از نوع پودری) به بذرها اضافه شده و به خوبی بهم‌زده می‌شود تا مایه تلقیح به طور یکنواخت به بذرها بچسبد. سپس بذرها در سایه خشک شده و اقدام به کشت می‌شود. کارآیی این روش به دلیل استقرار بهتر باکتری بر روی بذر، بیشتر از دیگر روش‌ها است. در صورت استفاده از صمغ عربی به عنوان ماده چسباننده لازم است pH آن توسط سود یک نرمال روی هفت تنظیم شود. باید توجه داشت که بذر فقط باید مرطوب شود زیرا باخیس شدن بذر پوست آنها کنده شده و قوه نامیه آن کاهش می‌یابد. امروزه برخی از شرکت‌ها اقدام به تولید مایه تلقیح‌های ریزوبیومی مایع نموده‌اند که ماده چسباننده در فرمولاسیون آن لحاظ شده است و از این‌رو استفاده از ماده چسباننده، موردنیاز نیست. این نوع مایه تلقیح‌ها مستقیماً قابل استفاده بر روی بذر هستند. در مورد گیاه سویا کاربرد ۲۰-۱۰ میلی لیتر محلول چسباننده و ۱۰ گرم مایه تلقیح پودری برای هر کیلوگرم بذر گیاه سویا، توصیه می‌شود.

- روش پلیت کردن بذرها: گاه لازم است به منظور حفظ جمعیت ریزوبیوم‌ها بر روی بذر، آن را با یک لایه محافظ پوشش داد. بدین منظور بیشتر از موادی مانند آهک، رس یا خاک فسفات استفاده می‌شود. در مرحله اول، مایه تلقیح به یکی از روش‌های فوق (محلول آبکی یا دو مرحله‌ای) به بذرها افزوده می‌شود. سپس بلافاصله و در حالی که هنوز بذرها مرطوب هستند، آهک یا خاک فسفات پودری افزوده شده و بهم‌زده می‌شود تا این مواد کاملاً سطح بذر را بپوشانند. در این مرحله بذرها با وجود اینکه ظاهر خشکی دارند در سایه پهن می‌شوند تا کاملاً خشک شوند. پلیت کردن بذرها در شرایط زیر ضروری است.

- هنگامی که شرایط آب و هوایی اجازه کشت بلافاصله بذرها را ندهد.

- هنگامی که خاک خیلی خشک یا گرم است.

- هنگامی که آفاتی مانند حشرات زیاد هستند.

- هنگامی که خاک خیلی اسیدی است.

روش تلقیح خاک: در تلقیح خاک لازم است مایه تلقیح ریزوبیومی مورد استفاده به شکل گرانول باشد تا به راحتی با دست و یا به صورت مکانیزه قابل مصرف شود. در این روش مایه تلقیح به صورت ردیفی در زیر بذر و یا در کنار آن ریخته می‌شود. به دلیل نبود مایه تلقیح‌های گرانوله در ایران، این روش در ایران کاربرد ندارد.



شکل ۲۰- بهبود تشکیل گره در ریشه گیاه سویا در منطقه تاج با مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد

باکتری‌های برادی ریزوبیوم در خاک برای چندین سال علیرغم مصرف حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، باقی خواهند ماند. با این حال در بیشتر موارد تعداد آن‌ها کاهش می‌یابد و از این رو از حیث تعداد و یا کارایی برای ایجاد گره‌های مؤثر کافی نخواهند بود. به همین دلیل تلقیح هر ساله بذرهای گیاه سویا با مایه تلقیح‌های کارآمد توصیه می‌شود. کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه در کنار تلقیح با مایه تلقیح‌های ریزوبیومی می‌تواند در بهبود گره‌بندی گیاه سویا و افزایش رشد و عملکرد آن مؤثر باشد (شکل ۲۰). مقدار مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه حدود نیم تا یک کیلوگرم در هکتار است و عملیات تلقیح باید همزمان با کاربرد مایه تلقیح ریزوبیومی باشد.

در برخی از کشورها از جمله برزیل و آمریکا ادوات کشت به نحوی طراحی شده‌اند که مایه تلقیح مایع از طریق مخزن و لوله‌هایی که بر روی دستگاه کشت طراحی شده، در محل کشت بذر تزریق می‌شود و در این حالت نیاز به بذر مال نمودن با مایه تلقیح پیش از کشت نیست. تحقیقات بر روی این روش کاربرد با همکاری موسسه تحقیقات خاک و آب و موسسه تحقیقات فنی - مهندسی کشاورزی در حال انجام است. (شکل پیوست ۱).

مدیریت تغذیه گیاه سویا در شرایط تنش‌های محیطی

مدیریت تغذیه گیاه سویا در شرایط خاک‌های شور

شوری خاک سبب کاهش محصول گیاه سویا می‌شود (شکل ۱۲). گیاه سویا از نظر مقاومت به شوری در گروه گیاهان تا حدودی متحمل بوده و حد آستانه تحمل آن ۵ دسی زیمنس بر متر و درصد کاهش بیش از آستانه تحمل ۲۰ درصد است (FAO، ۱۹۹۹). تحمل به شوری در بین ارقام مختلف و حتی در بین دوره‌های مختلف رشد متفاوت است و مرحله رشد گیاهچه حساس‌تر از جوانه‌زنی به شوری است (Phang و همکاران، ۲۰۰۸). شوری خاک و آب به روش‌های مختلف بر روی نیاز غذایی گیاهان اثر می‌گذارند. با افزایش شوری خاک، جذب آب توسط گیاه کم شده و به علت خشکی فیزیولوژیکی، میزان فتوسنتز در گیاه کاهش و در نتیجه محصول کم می‌شود. از این دیدگاه نیاز کودی گیاه تقلیل می‌یابد. با افزایش شوری خاک، رشد ریشه گیاه کاهش یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه کم می‌شود. از این‌رو 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 شود. با افزایش شوری از یک حد معین، کاربرد مقدار بیشتر کود اثر عکس بر رشد گیاه خواهد داشت. در خاک‌هایی با شوری زیاد (بیش از ۷ دسی - زیمنس بر متر) نباید از مقدار بیشتر کود استفاده کرد.

مدیریت تغذیه گیاه سویا در شرایط تنش خشکی

تنش خشکی یکی از محدودکننده‌ترین عوامل تولید گیاه سویا است. تنش خشکی به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن آب کافی در محیط ریشه وجود ندارد. اثر تنش خشکی بر گیاه سویا به رقم، شدت و دوام تنش، شرایط آب و هوایی و شرایط تغذیه‌ای گیاه بستگی دارد. تنش خشکی علاوه بر کاهش جذب مواد غذایی بر فرآیندهای دیگری نظیر فتوسنتز، تورم سلولی و رشد سلول‌ها اثر منفی دارد. یک اثر مهم کمبود آب، تأثیر بر جذب مواد غذایی توسط ریشه و انتقال آن به قسمت‌های بالایی گیاه است. جذب کاسته شده توسط ریشه می‌تواند ناشی از تداخل در جذب مواد غذایی، سازوکارهای بارگیری مواد غذایی و کاهش جریان تعرق باشد. همچنین تأثیر خشکی بر جذب مواد غذایی ممکن است با محدود شدن قابلیت دسترسی انرژی برای آلی سازی نیتрат، آمونیوم، فسفات و سولفات مرتبط باشد.

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که وقوع تنش خشکی در مرحله رشد طولی ساقه گیاه سویا و به ویژه مرحله گلدهی به شدت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا اثر منفی دارد. وقوع تنش خشکی در مراحل گفته شده، سبب کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداددانه در غلاف، می‌شود (شکل ۲۱). سازوکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه سویا عبارتند از: توسعه ارقام با کارایی و توانایی بالا برای تحمل شرایط تنش خشکی، انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد، بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به ویژه در نیتروژن، پتاسیم و فسفر، آماده‌سازی بذر برای جوانه زدن (seed priming)، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد (نظیر اسید جیبرلیک) و استفاده از حفاظ‌های اسمزی مثل پرولین است. در جدول (۷) اثر خشکی بر میزان کاهش عملکرد گیاه سویا ارائه شده است.

جدول ۷- کاهش عملکرد اقتصادی گیاه سویا و کلزا در اثر تنش خشکی

(Farooq و همکاران، ۲۰۰۹)

محصول	تنش در مرحله رشد	کاهش عملکرد
سویا	زایشی	۴۶ تا ۷۱ درصد
کلزا	زایشی	۳۰ درصد



شکل ۲۱- عدم تکامل دانه گیاه سویا به علت تنش خشکی در مرحله R5 تا R6

اختلال در غلاف‌بندی گیاه سویا و نقش تغذیه بهینه در کاهش اثرات آن

در این پدیده غلاف‌ها بدون دانه، کوچک و ضخیم باقی می‌مانند و دیررس می‌شوند و به این ترتیب موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (شکل ۲۲). این عارضه به شکل‌های گوناگون، عدم باردهی و کم باردهی، عمدتاً لکه‌ای و گاه‌به‌طور گسترده از مزارع را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مزارع به صورت سبز و رویشی تا زمان برداشت باقی‌مانده و گل‌ها و غلاف‌ها به صورت مجتمع، نابالغ و سبز بر روی گیاه مشاهده می‌شوند. سپس بوته‌ها برای جبران، اقدام به گلدهی دوباره می‌نمایند و گل‌های دوباره تشکیل شده توانایی و فرصت تکمیل نمی‌یابند و ممکن است به همان صورت و یا این‌که در حد غلاف‌های تکامل نیافته بر روی بوته‌ها باقی‌مانده و یا ریزش نمایند.

تعداد روزهایی که در مرحله گلدهی دما بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد (۵ روز قبل و ۱۰ روز بعد از گلدهی)، همبستگی بالایی با بروز عارضه عدم غلاف‌بندی دارد. در زمان بروز این عارضه مکانیسمی از انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها ممانعت می‌نماید. و سبب ریزش شدید گل‌ها و تلاش دوباره گیاه برای گلدهی می‌شود. تنش دمایی زیاد به تنهایی یا همراه با تنش خشکی بر مرحله گلدهی و تکامل غلاف گیاه سویا تاثیر می‌گذارد. بروز تنش دمایی در مرحله گرده‌افشانی می‌تواند باعث کاهش عملکرد شود اگرچه در دوره‌های دیگر رشد، ممکن است دما مناسب باشد. این اختلال در مزارع سویایی که دیرکشت گردند، شدیدتر است. بروز عارضه فوق می‌تواند تحت تاثیر خاک مزارع و شرایط مدیریتی حاکم بر آن نیز قرار گیرد.

سرعت جذب عناصر غذایی به‌ویژه در مرحله رشد سریع گیاه، زیاد بوده و محلول‌پاشی در این مراحل رشد به‌منظور تامین بهتر و سریع‌تر عناصر غذایی لازم است. در شرایط تنش که انتقال مواد غذایی به‌وسیله جریان تعرق دچار مشکل می‌شود، محلول‌پاشی، عناصر را در اختیار اندام‌های هوایی گیاه قرار می‌دهد. در جریان توده‌ای عناصر که وابسته به تعرق است، تنش خشکی یا حرارت می‌تواند جریان تعرق را مختل کند و روی حرکت آب و در نتیجه جذب و انتقال آب تاثیر منفی بگذارد. و در نتیجه جذب و انتقال عناصر غذایی تحت تاثیر قرار بگیرد.

کمبود عناصر غذایی یا عدم توانایی گیاه سویا در جذب یا انتقال عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در استان‌های کشور امری متداول است. به‌طور کلی محلول‌پاشی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و ترکیبات کلسیم و روی به همراه اسیدهای آمینه در مراحل شروع گلدهی، شروع تشکیل غلاف و شروع پر شدن دانه می‌تواند سبب بهبود عملکرد شود (فرجی، ۱۳۷۹). مبارزه با آفات مکنده در مزارع گیاه سویا بسیار مهم است و باید به این عامل نیز در کنار شاخص‌های آبیاری و کوددهی توجه شود تا از شدت خسارت ناشی از اختلال در غلاف بندی گیاه سویا کاسته شود. کشت در تاریخ مناسب، استفاده از ارقام مقاوم، مدیریت آبیاری به‌ویژه در مرحله گلدهی، مدیریت تغذیه گیاه و عوامل دیگر می‌تواند بر کاهش شدت بروز عارضه کمک نماید.



شکل ۲۲- اختلال در غلاف‌بندی گیاه سویا در گلستان (بونه بدون تشکیل غلاف)

(فرجی ۱۳۹۷)

منابع

- (۱) اسدی کنگر شاهی، ع. ۱۳۸۲. تعیین حد بحرانی روی و منگنز در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای برای محصول سویا در خاک‌های مازندران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- (۲) اندرخو، س.ع.، براری، ح.، دلیلی، س.ع.، افضلی، م. و م. نورعلی‌زاده. ۱۳۹۷. دستورالعمل فنی زراعت سویا. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی استان مازندران، ساری، ایران.
- (۳) خادمی، ز.، مهاجرمیلانی، پ.، بلالی، م.ر.، درودی، م. س. و م.ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. بهینه سازی توصیه کود برای تعدادی از محصولات استراتژیک با استفاده از مدل کامپیوتری. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- (۴) دانشیان، ج. ۱۳۹۸. اصول کاشت، داشت و برداشت سویا. دستورالعمل، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران.
- (۵) درودی، م.س. ۱۳۷۹. تاثیر شوری بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. پایان نامه دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
- (۶) سماوات، س. ۱۳۷۸. مدیریت مصرف کود در کشت دانه‌های روغنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۴۳. تهران. ایران.
- (۷) فرجی، ا. ۱۳۹۷. بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر غذایی و تنش خشکی بر عملکرد و عارضه اختلال در غلاف‌بندی سویا در استان گلستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان، ایران.
- (۸) قدرتی، غ.ر.، سیاح‌پور، ه.، کلانتر احمدی، ا.، سلیم‌پور، س.، میرزاشاهی، ک.، اسلامی - زاده، ر.، زاده دباغ، غ.، قنبری بیرگانی، د.، اشرفی‌زاده، س.ر.، شهربانو نژاد، م.، خرمیان، م. و م. شرفی‌زاده. ۱۳۸۶. زراعت سویا در خوزستان. نشریه ترویجی شماره ۱۷۳. حوزه ترویج و نظام بهره‌برداری، سازمان جهاد کشاورزی خوزستان، دزفول، ایران.
- (۹) کسرای، ر. ۱۳۷۲. چکیده‌ای درباره علم تغذیه گیاهی (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ۳۷۲ ص.

- ۱۰) ملکوتی، م.ج. و م.ن. غیبی. ۱۳۷۹. 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.
- ۱۱) ملکوتی، م.ج. و ع. ریاضی همدانی. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). چاپ اول. مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران. ۸۰۱ ص.
- ۱۲) ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ. و ن.ع. کریمیان. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- ۱۳) ملکوتی، م.ج.، مشیری، ف. و م.ن. غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی. نشریه فنی ۴۰۵، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- 14) Bender, R.R., Haegele, J.W. and F.E. Below. 2015. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. *Agronomy Journal*, 107(2):563-573.
- 15) 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.
- 16) Casteel, S. 2010. Soybean Growth and Development. Soybean Physiology: How Well Do You Know Soybeans? Purdue University. [https:// www.agry.purdue.edu/ext/soybean/arrivals/10soydevt.pdf](https://www.agry.purdue.edu/ext/soybean/arrivals/10soydevt.pdf).
- 17) Cropwatch. 2017. Symptom identification key for nutrient deficiencies in soybeans. University of Nebraska–Lincoln. Institute of Agriculture and Natural Resources. <https://cropwatch.unl.edu/soils/soybean-nutrients>.
- 18) FAO. 1999. Annex 1. Crop salt tolerance data. [http:// www.fao.org/3/y4263e/y4263e0e.htm](http://www.fao.org/3/y4263e/y4263e0e.htm).
- 19) Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185- 212.
- 20) Gerendas, J. and H. Führrs. 2013. The significance of magnesium for crop quality. *Plant and Soil*, 368(1-2): 101-128.
- 21) Jones, C. and J. Jacobsen. 2009. Micronutrient: Cycling, testing and fertilizer recommendation. *Nutrient Management Module*. No 7. Manitoba State University, 1-15.

- 22) Kianci, E. and N. Gulmezoglu. 2007. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilization. *Interciencia*. 32(9): 624- 628.
- 23) Mallarino, A.P., Oltmans, R.R., Prater, J.R., Villavicencio, C.X. and L.B. Thompson. 2011. Nutrient uptake by corn and soybean, removal, and recycling with crop residue. *Integrated Crop Management Conference - Iowa State University*, 103-113.
- 24) Miransari, M. 2016. *Environmental Stresses in Soybean Production: Soybean Production (Vol. 2)*. Academic Press.
- 25) Nurico. 2018. Plant nutrient deficiencies. typical nutrient deficiency symptoms seen on plant foliage. <http://www.nurico.co.za/plant-nutrient-deficiencies>.
- 26) Phang, T.H., Shao, G. and H.M. Lam. 2008. Salt tolerance in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(10):1196-1212.
- 27) Prairie Californian. 2015. Soybean growth stages. <https://prairiecalifornian.com/soybean-growth-stages/>.
- 28) Reidun, P. and H. Sissel. 2017. Examining root nodule activity on legumes. Technical Note. Research Institut of Organic Agriculture (FiBL), CH-Frick and Norwegian Centre for Organic Agriculture (NORSØK), NO-Tingvoll. <https://www.fertilcrop.net/fc-home-news/fc-newsitem/article/1572.html>.
- 29) Spivey, T. and D. Lee. 2018. Louisiana Soybean, Nutrient Handbook. <https://www.lsuagcenter.com/articles/page1544546713123>.
- 30) Walker, K.C. and E.J. Booth. 2003. Sulphur nutrition and oilseed quality. In *Sulphur in Plants* (pp. 323-339). Springer, Dordrecht.

پیوست

جدول پیوست ۱- تقویم کوددهی گیاه سویا منطبق بر مراحل فنولوژیکی رشد

مراحل فنولوژیکی					
نوع کود	قبل از کاشت	توسعه برگ در ساقه اصلی	تشکیل ساقه‌های جانبی	گلدهی	غلاف دهی
کوددهی نیتروژن	۱۰۰ درصد توصیه به عنوان آغازگر				
کوددهی فسفری	۱۰۰ درصد توصیه ترجیحاً به صورت نواری				
کوددهی پتاسیمی	۱۰۰ درصد توصیه				
کودهای آلی	توسط دیسک با خاک مخلوط شود				
کودهای زیستی	بذر مال				
کودهای حاوی عناصر کم مصرف			محلول پاشی	محلول پاشی	
اسید هیومیک	کودآبیاری				
محرکهای رشد گیاهی	بذر مال		محلول پاشی	محلول پاشی	
کودهای قابل حل با پتاسیم بالا			محلول پاشی	کودآبیاری	محلول پاشی
کودهای قابل حل با فسفر بالا		محلول پاشی	کودآبیاری		



شکل پیوست ۱- کاربرد مایه تلقیح باکتری برادی ریزوبیوم هم زمان با کشت و به صورت مایع از طریق سیستم تزریق

موسسه تحقیقات خاک و آب