

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دسترورا لعمال مديریت تلفیق حاصیلہ نری خاک و تغذیہ برنج

زورندگان

محمد حسین داوودی، ارتادیار و رئیس بخش آزمایشگاهها

ناصر دوانگر، ارتادیار و معاون پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

بهمن امیری لاریجانی، رئیس مرکز آموزش کاپیک

فرهاد مرثی، ارتادیار و مسئول تحقیقات شیری، حاصیلہ نری خاک و تغذیہ گیاه

محمد مهدی طهرانی، ارتادیار و مسئول تحقیقات شیری، حاصیلہ نری خاک و تغذیہ گیاه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف.....	پیش گفتار.....
1.....	1- کلیات.....
2.....	2- روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی.....
2.....	2-1- آزمون خاک.....
3.....	2-2- تجزیه گیاه.....
6.....	2-3-2- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی.....
6.....	2-3-2-1- علایم کمبود عناصر غذایی پر مصرف.....
15.....	2-3-2-2- علایم کمبود عناصر غذایی کم مصرف.....
23.....	3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه برنج.....
23.....	3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی.....
23.....	3-1-1- توصیه مصرف نیتروژن.....
36.....	3-1-2- توصیه مصرف فسفر.....
41.....	3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم.....
42.....	3-1-4- کلسیم.....
43.....	3-1-5- گوگرد.....
46.....	3-1-6- سیلیسیم.....
47.....	3-1-7- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف.....
56.....	3-2- کاربرد کودهای زیستی در زراعت برنج.....
60.....	منابع.....
64.....	پیوست.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول 1- متوسط برداشت عناصر غذایی توسط واریته های پر محصول برنج	1
جدول 2- دامنه مناسب و سطح بحرانی برای کمبود نیتروژن در برگ در مراحل مختلف رشد برنج...	3
جدول 3- غلظت فسفر در قسمتهای مختلف گیاه در دو زمان خوشه دهی و برداشت	4
جدول 4- دامنه مناسب و سطح بحرانی برای کمبود فسفر در برگ در مراحل مختلف رشد برنج	4
جدول 5- حد مطلوب پتاسیم در برگ در مراحل مختلف رشد برنج	5
جدول 6- دامنه مناسب و سطح بحرانی کلسیم در بافتهای گیاه برنج	5
جدول 7- دامنه مناسب و سطح بحرانی گوگرد دریافت گیاهی برنج	5
جدول 8- دامنه مناسب و حد بحرانی برای کمبود و سمیت عناصر کم مصرف و سیلیسیم در بافت گیاه برنج	6
جدول 9- منابع کود نیتروژنی برای گیاه برنج	26
جدول 10- توصیه کود نیتروژنی اوره بر اساس مقدار کربن آلی خاک	27
جدول 11- مقادیر نیتروژن مصرفی بر اساس اعداد کلروفیل متر در مراحل رشد برنج	28
جدول 12- گروه بندی فسفر خاک به روش عصاره گیری اولسن	36
جدول 13- گروه بندی فسفر خاک برای کشت برنج به روش عصاره گیری بری 1-	36
جدول 14- توصیه کودی دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل	37
جدول 15- انواع کودهای فسفوری قابل استفاده در زراعت برنج	40
جدول 16- توصیه مصرف سولفات پتاسیم در کشت برنج	41
جدول 17- محدوده سمیت آهن در برگ برنج	49
جدول 18- منابع کودی بور برای برنج	55
جدول پیوست 1- تقویم کوددهی براساس مراحل رشد فنولوژیکی برنج	64
جدول پیوست 2- ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف	65

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل 1- علایم کمبود نیتروژن در مزرعه و بوته‌های برنج	7
شکل 2- علایم کمبود نیتروژن در برنج	8
شکل 3- توقف رشد و کاهش تعداد پنجه در اثر کمبود فسفر	10
شکل 4- ساقه‌های نازک و دوک‌دار در اثر کمبود فسفر	10
شکل 5- بی‌رنگ شدن برگ در اثر کمبود فسفر	10
شکل 6- علایم کمبود پتاسیم در برگ برنج	12
شکل 7- علایم کمبود منیزیم در برنج	13
شکل 8- کاهش در ارتفاع گیاه و تعداد پنجه در اثر کمبود گوگرد	14
شکل 9- کلروزه شدن برگها در اثر کمبود گوگرد	14
شکل 10- زردی برگ و بوته برنج در اثر کمبود گوگرد	14
شکل 11- علایم کمبود روی در برنج	15
شکل 12- کاهش تعداد پنجه و ظهور لکه های قهوه ای روی برگ برنج	15
شکل 13- علایم کمبود آهن در گیاه برنج	16
شکل 14- زردی بین رگبرگی در کمبود آهن	16
شکل 15- توقف رشد و برگهای باریک در کمبود آهن	17
شکل 16- کلروزه شدن برگهای جوان در اثر کمبود منگنز	18
شکل 17- کلروز بین رگبرگی در اثر کمبود منگنز	18
شکل 18- خسارت وارد شده به کل گیاه در اثر سمیت منگنز	18
شکل 19- به نقاط قهوه‌ای رنگ روی برگها علایم خسارت برگی در سمیت منگنز و ظهور	18
شکل 20- کلروزه شدن برگها در اثر کمبود مس	19
شکل 21- سوزنی شکل شدن برگها در اثر کمبود مس	19
شکل 22- علایم کمبود بور در برنج	20
شکل 23- علایم سمیت بور در برگ برنج	20
شکل 24- علایم کمبود سیلیسیم (Si) در برنج	21
شکل 25- تصویری از کارت اندازه‌گیری درجه سبزینگی برگهای برنج (LCC)	27
شکل 26- اختلاف در رنگ بین چهار تیمار کود نیتروژنی در اواخر پنجه زنی	30

شکل 27- زمان مصرف کود نیتروژن و سایر کودها در مراحل مختلف رشد برنج..... 31

شکل 28- مراحل رشد و نمو گیاه برنج..... 32

شکل 29- زمان مصرف کود سرک نیتروژن در گیاه برنج در ارقام زودرس و دیررس..... 34

پیش‌گفتار

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

حاصلخیزی خاک تهیه گردیده است. این دستورالعمل به گونه‌ای تنظیم شده است که برای گروه‌های عملکردی مختلف مورد استفاده می‌باشد. به علاوه قابلیت تبدیل سریع به دستورالعمل‌های منطقه‌ای، بولتن‌های ترویجی و پیام‌های تلویزیونی را دارا می‌باشد. امید است با اتکال به خداوند منان و عزم ملی کلیه دست‌اندرکاران در اجرای توصیه‌های مندرج در این راهنما و نهادینه نمودن اصول ارتقاء حاصلخیزی خاک اعم از مصرف بهینه کود، افزایش مواد آلی خاک و ... در اراضی کشاورزی زمینه تحقق اهداف پیش بینی شده در برنامه‌های خوداتکایی، دستیابی به امنیت غذا، سلامت جامعه و حفظ محیط زیست را فراهم نموده و امانت‌داری مسئول باشیم.

کاظم خاوازی

رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

آبان‌ماه 1393

1- کلیات

غرقاب شدن خاک مجموعه‌ای از تغییرات شیمیایی و الکتروشیمیایی در آن ایجاد می‌کند که در حاصلخیزی خاک بسیار مؤثر است. حاصلخیزی یک خاک نیز به توانایی خاک برای تأمین عناصر غذایی به مقدار، اشکال و نسبت‌های مناسب برای تأمین حداکثر رشد گیاه اطلاق می‌گردد. این توانایی به ویژگی‌هایی چون پایداری خاک در تأمین و عرضه عناصر غذایی به مقدار مناسب و متناسب با رشد گیاه، وجود ترکیب یونی مناسب، عدم وجود مواد مسموم‌کننده برای گیاه یا مداخله‌گر در جذب عناصر غذایی بستگی دارد که جملگی تحت تأثیر تغییرات شیمیایی و الکتروشیمیایی حاصل از غرقاب شدن خاک قرار می‌گیرند. مهمترین تغییرات شیمیایی و الکتروشیمیایی در خاک‌های غرقاب شامل مصرف اکسیژن و تهی شدن خاک از آن، تغییر در واکنش خاک (pH)، کاهش پتانسیل رداکس (Eh)، تغییر در قابلیت هدایت الکتریکی (Eh) می‌باشد. این تغییرات موجب تشدید خاک، دنیتریفیکاسیون، تجمع آمونیوم و نیتروژن گازی، احیای منگنز چهار ظرفیتی، احیای آهن سه ظرفیتی، احیای سولفات و تشکیل سولفید هیدروژن، تولید اسیدهای آلی، تجمع دی اکسید کربن و تغییر در غلظت آهن، منگنز، فسفر، سیلیسیوم، بور، مس، مولیبدن و روی محلول در آب می‌گردد. شدت این تغییرات با توجه به خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، رژیم آبی و دمایی خاک در خاک‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. برای مدیریت تغذیه گیاه برنج دانستن نیاز غذایی این گیاه ضروری است در جدول (1) میزان برداشت عناصر غذایی توسط گیاه برنج ارائه شده است.

جدول 1- متوسط برداشت عناصر غذایی توسط وارپته های پر محصول برنج

(کیلوگرم به ازای تولید هر تن دانه برنج)

B	Cu	Mn	Fe	Ca	Mg	Si	S	Zn	K	P	N
کل برداشت عناصر غذایی در دانه و کاه و کلش											
0/015	0/012	0/50	0/50	4/0	3/5	80	1/8	0/05	17/0	3/0	17/5
برداشت عناصر غذایی توسط دانه											
0/005	0/009	0/05	0/20	0/5	1/5	15	1/0	0/02	2/5	2/0	10/5

2- روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی

2-1- آزمون خاک

با آزمون خاک قبل از کشت از طریق نمونه‌برداری صحیح و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و به ویژه غلظت عناصر غذایی قابل جذب خاک مشخص خواهد شد که تا چه حد شرایط خاک برای تأمین رشد گیاه و دستیابی به عملکرد مورد انتظار بهینه است و چه عناصری برای رشد کافی برنج در طول فصل زراعی مورد نیاز خواهد بود. به عبارت دیگر، آزمون خاک روشی مناسب برای پیش آگاهی از نقاط قوت و ضعف خاک در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی می‌باشد.

آزمون خاک روشی سریع، کم‌خرج و دقیق بوده که با انجام آن می‌توان توصیه کودی صحیح را اریه کرد. برنامه آزمون خاک شامل مراحل زیر می‌باشد.

- نمونه‌برداری صحیح از خاک که بیشتر توسط زارعین انجام می‌شود.
- تجزیه صحیح خاک در آزمایشگاه تجزیه خاک و گیاه به منظور تعیین غلظت عنصر غذایی قابل استفاده گیاه در خاک.
- تفسیر نتایج آزمایشگاهی و انجام توصیه کودی که توسط کارشناسان تغذیه گیاهی صورت می‌گیرد.

نمونه‌برداری صحیح از خاک، کاری بسیار مهم و حساس است. نمونه‌های برداشت شده از مزرعه باید به گونه‌ای باشند تا بتوان آنها را نماینده کل خاک آن مزرعه دانست. در صورت یکنواخت بودن خاک مزرعه، معمولاً از هر 10 تا 15 هکتار، برداشت یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی کفایت می‌کند. بدین منظور یک مسیر مارپیچ در مزرعه در نظر می‌گیرند. در طی مسیر، حدود 7 الی 10 نمونه برداشت شده و پس از مخلوط کردن، یک کیلوگرم از آن به آزمایشگاه فرستاده می‌شود. عمق نمونه‌برداری در حدود 30 سانتیمتری خاک سطحی است که در بیشتر موارد عمق منطقه گسترش ریشه در خاک می‌باشد. نکاتی که باید در موقع نمونه‌برداری از خاک مزرعه رعایت شود، عبارتند از:

- نمونه خاکی که به آزمایشگاه ارسال می‌شود باید نمودار واقعی زمین زراعی باشد. یعنی اینکه زمین باید قبلاً به قطعات یکنواخت از نظر رنگ، شیب، تاریخچه کشت، تناوب و نوع

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /3

محصول تقسیم‌بندی شود.

- قبل از نمونه‌برداری باید کاملاً اطمینان حاصل شود که سطح خاک آغشته به کودهای حیوانی، شیمیایی و یا بقایای گیاهی نباشد.
- حتی‌الامکان باید از برداشت نمونه از قطعاتی نظیر راه‌آبها، توده‌های قدیمی و پوسیده کاه، کناره دیوار و یا پرچین‌ها خودداری شود.
- در مواقعی که زمین خیلی مرطوب است باید از نمونه‌برداری اجتناب کرد. بهترین موقع نمونه‌برداری وقتی است که زمین گاوری باشد.
- به طور کلی بهترین موقع نمونه‌برداری از خاک در مورد گیاهان زراعی، قبل از کشت می‌باشد.
- نمونه مرکب خاک می‌بایست قبل از انتقال به آزمایشگاه در داخل یک کیسه پلاستیکی و یا کاغذی ریخته شده و مشخصات آن روی دو برچسب نوشته شود. یک برچسب در داخل ظرف قرار گرفته و دیگری روی ظرف چسبانده می‌شود. بر روی برچسب زمان نمونه‌برداری، محل نمونه‌برداری، نام نمونه‌بردار، عمق نمونه‌برداری و کشت قبلی نوشته می‌شود.

2-2- تجزیه گیاه

بافت برگگی به عنوان یک شاخص مطمئن برای ارزیابی وضعیت عناصر غذایی گیاه برنج می‌باشد. برگ پرچم، و یا جوان‌ترین برگ در زمان پنجه‌دهی فعال، مناسب‌ترین قسمت می‌باشد. در جدول (2) دامنه غلظت مناسب نیتروژن در برگ برنج ارائه شده است.

جدول 2- دامنه مناسب و سطح بحرانی برای کمبود نیتروژن در برگ در مراحل مختلف رشد برنج

مرحله رشد	قسمت گیاه	دامنه مناسب (درصد)	سطح بحرانی برای کمبود (درصد)
پنجه‌زنی تا تشکیل خوشه اولیه	برگ جوان	2/9-4/2	< 2/5
گل‌دهی	برگ پرچم	2/2-3	< 2
رسیدن دانه	کاه و کلش	0/6-0/8	

4 / برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

غلظت فسفر در اندامهای هوایی گیاه نسبت به ریشه بیشتر است. در طی رشد زایشی ترتیب غلظت فسفر بصورت دانه < برگ < ساقه < ریشه می‌باشد. ریشه‌ها در دوره رویشی گیاه دارای غلظت بالاتری از فسفر هستند. به طور معمول در مرحله رسیدگی، دانه‌ها دارای بالاترین غلظت فسفر می‌باشند. غلظت فسفر در بافتهای رویشی با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. این الگوی تغییرات متغیر بوده و احتمالاً به وارپته، سطح فسفر خاک و شرایط محیطی که میزان رشد را تحت تاثیر قرار می‌دهد بستگی دارد. مقدار متوسط فسفر در گیاه برنج تقریباً 0/26 درصد می‌باشد. مقدار آن در کاه و کلش برنج به دلیل تغییرات نسبت دانه به کاه در وارپته‌های مختلف متفاوت می‌باشد. در مرحله رسیدن، غلظت فسفر در کاه و کلش حدود 0/1 درصد خواهد بود.

در گیاه برنج اگر غلظت فسفر در برگ 0/2-0/4 درصد در طی دوره رشد رویشی (قبل از گل‌دهی) باشد ذخیره فسفر کافی بوده و گیاه پاسخی به مصرف فسفر نمی‌دهد. عملکرد بیش از 7 تن در هکتار نیاز به فسفر بیش از 0/06 درصد در کاه و کلش و فسفر بیش از 0/18 در برگ پرچم در مرحله گل‌دهی دارد. در جدول (3) تا (6) غلظت مناسب فسفر، پتاسیم و کلسیم ارائه شده است.

جدول 3- غلظت فسفر (درصد) در قسمتهای مختلف گیاه در دو زمان خوشه‌دهی و برداشت

مرحله رشد	لبه برگ	پهنک برگ	ساقه	ریشه	سنبله
خوشه‌دهی	0/061	0/078	0/066	0/049	0/056
برداشت	0/015	0/015	0/028	0/042	0/026

جدول 4- دامنه مناسب و سطح بحرانی برای کمبود فسفر در برگ در مراحل مختلف رشد برنج

مرحله رشد	اندام گیاه	حد مناسب (درصد)	سطح بحرانی کمبود (درصد)
پنجه‌زنی تا تشکیل خوشه اولیه	برگ جوان	0/2-0/4	< 0/1
گل‌دهی	برگ پرچم	0/2-0/3	< 0/18
رسیدن دانه	کاه و کلش	0/1-0/15	< 0/06

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /5

جدول 5- حد مطلوب پتاسیم در برگ در مراحل مختلف رشد برنج

مرحله رشد	قسمت گیاه	حد مطلوب (درصد)
شروع گلدهی	برگ پرچم	1/8
رسیدن دانه	دانه	0/26
رسیدن دانه	کاه	1/40

جدول 6- دامنه مناسب و سطح بحرانی کلسیم در بافتهای گیاه برنج

مرحله رشد	قسمت گیاه	دامنه مناسب (درصد)	سطح بحرانی کمبود (درصد)
جوانه زنی تا خوشه دهی	برگ جوان، ساقه	0/2-0/6	<0/15
رسیدن دانه	اندام هوایی	0/3-0/5	<0/15

در طی رشد رویشی قبل از گل دهی در غلظت های بیش از 0/15 درصد گوگرد در ساقه برنج، احتمال پاسخ گیاه به کاربرد کود گوگردی کم است. بین پنجه زنی و گل دهی غلظت کمتر از 0/10 درصد گوگرد در ساقه با نسبت نیتروژن به گوگرد (N:S) بیش از 15-20 مشخصه کمبود گوگرد می باشد. در مرحله رسیدگی، غلظت کمتر از 0/06 درصد گوگرد با نسبت نیتروژن به گوگرد (N:S) بیش از 14 در اندام هوایی (بیش از 26 در دانه) نشانه کمبود گوگرد می باشد. در جدول (7) دامنه مناسب غلظت گوگرد و در جدول (8) غلظت مناسب عناصر کم مصرف و سیلیسیم در گیاه برنج نشان داده شده است.

جدول 7- دامنه مناسب و سطح بحرانی گوگرد در بافت گیاهی برنج

مرحله رشد	قسمت گیاه	دامنه مناسب (درصد)	سطح بحرانی کمبود (درصد)
پنجه زنی	برگ جوان	0/15-0/30	<0/16
پنجه زنی	ساقه		<0/11
گل دهی	برگ پرچم	0/10-0/15	<0/10
گل دهی	ساقه		<0/07
رسیدن دانه	اندام هوایی		<0/06

جدول 8- دامنه مناسب و حد بحرانی برای کمبود و سمیت عناصر کم مصرف و سیلیسیم در بافت گیاه برنج

عنصر	مرحله رشد	اندام گیاه	دامنه مناسب (میلی گرم در کیلوگرم)	حد بحرانی برای کمبود (میلی گرم در کیلوگرم)	حد بحرانی برای بیش بود (میلی گرم در کیلوگرم)
روی	تشکیل خوشه اولیه	برگ پرچم	25-50	<20	>500
	پنجه دهی	ساقه	25-50	<10	>500
آهن	پنجه دهی	برگ پرچم	75-150	<70	>300
	پنجه دهی	ساقه	60-100	<50	
منگنز	پنجه دهی	برگ پرچم	40-700	<40	>800
	پنجه دهی	ساقه	50-150	<20	
مس	پنجه دهی	برگ پرچم	7-15	<5	>25
	رسیدگی	کاه		<6	>30
بور	پنجه دهی	برگ پرچم	6-15	<5%	>100
	رسیدگی	کاه		<3%	>100
سیلیسیم	پنجه دهی	برگ پرچم		<5%	
	رسیدگی	کاه	8-10%	<5%	

3-2-3- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

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

کمبود نیتروژن

نیتروژن جزء ترکیبات ضروری اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوتیدها و کلروفیل می باشد. رشد سریع گیاه (افزایش ارتفاع و تعداد پنجه)، اندازه برگ، تعداد خوشچه در خوشه، درصد خوشچه‌های پر در هر خوشه و درصد پروتئین دانه به میزان نیتروژن گیاه بستگی دارد. بنابراین نیتروژن همه فاکتورهای مؤثر در عملکرد را تحت تأثیر قرار می دهد. غلظت نیتروژن در برگ ارتباط نزدیک با میزان فتوسنتز برگ و تولید بیوماس دارد. نیتروژن، نیاز به دیگر عناصر غذایی مثل فسفر و پتاسیم را نیز افزایش می دهد.

کمبود نیتروژن در همه اراضی شالیزاری که واریته‌های جدید بدون مصرف کافی از کودهای نیتروژنی کشت می شوند وجود دارد. این کمبود در شرایطی که کود نیتروژنی در زمان نامناسب و به روش نادرست مصرف شود نیز شایع است.

این عنصر در داخل گیاه خیلی متحرک بوده و به دلیل انتقال آن از برگهای پیر به برگهای جوان تر، علایم کمبود آن ابتدا در برگهای پیر مشاهده می شود. در صورت کمبود،

دستور العمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج / 7

علایم آن در مزرعه به صورت رنگ پریدگی عمومی، کوچک ماندن اندازه برگها و ضعف عمومی بوته‌ها و توقف رشد، بروز می‌نماید (شکل 4-1).



شکل 1- علایم کمبود نیتروژن در مزرعه (a) و بوته‌های برنج (b, c) که با مصرف کود نیتروژنی بلافاصله طی 3 روز رنگ سبز طبیعی بوته‌ها اصلاح گردید (d).

در شرایط کمبود نیتروژن، برگهای پیرتر یا تمام گیاه سبز متمایل به زرد شده و نوک برگها کلروزه می‌شود. در شرایط کمبود شدید برگها می‌میرند. به جز برگهای جوان که سبزتر هستند، برگها باریک، کوتاه، عمودی و سبز متمایل به زرد لیمویی می‌باشند. تمام مزرعه ظاهری زرد رنگ دارد. پنجه‌زنی و تعداد دانه در متر مربع کاهش می‌یابد.

کمبود نیتروژن ممکن است با کمبود گوگرد تداخل یابد، ولی در کمبود گوگرد ابتدا برگهای جوان‌تر یا همه برگها در گیاه برنج زرد رنگ می‌شود که در کمبود نیتروژن این چنین نیست. علایم کمبود نیتروژن در وسط فصل می‌تواند با کمبود آهن اشتباه گرفته شود. کمبود نیتروژن در اراضی شالیزاری بسیار شایع بوده و ممکن است به دلایل زیر بروز نماید. مقدار کم ذخیره نیتروژن در خاک، کاربرد ناکافی کودهای نیتروژنی، پایین بودن راندمان کودهای نیتروژنی (هدر رفت از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، زمان مصرف نامناسب، جایگذاری نامناسب، آبخویی و روان آب)، کاهش ذخیره معدنی نیتروژن در اثر غرقاب طولانی مدت (بطور مثال در سیستم چند کشتی)، هدر رفت از طریق بارندگی سنگین (آبخویی، نفوذ عمقی)، خشک شدن ناگهانی خاک در طی دوره رشد و تثبیت

8/ برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

زیستی ضعیف نیتروژن به دلیل کمبود شدید فسفر.

خصوصیات خاکهایی که در معرض کمبود نیتروژن هستند به شرح زیر می باشد.

- خاکهای با مقدار کربن آلی خیلی کم (بطور مثال کمتر از 0/5 درصد کربن آلی)

- خاکهای اسیدی با بافت درشت.

- خاکهای با خصوصیات ویژه برای ذخیره طبیعی نیتروژن بطور مثال، خاکهای اسیدی

سولفات، خاکهای شور، خاکهای مبتلا به کمبود فسفر، خاکهای با زهکشی ضعیف و

خاکهایی که معدنی شدن نیتروژن یا تثبیت زیستی نیتروژن در آنها کم می باشد.

- خاکهای قلیایی و آهکی با مقدار کم مواد آلی و پتانسیل بالای تصعید نیتروژن.

نیتروژن در تمام دوره رشد گیاه مورد نیاز می باشد اما زمان حداکثر نیاز نیتروژن

برنج بین ابتدای پنجه زنی تا اواسط آن و نیز مرحله تشکیل خوشه اولیه می باشد. ذخیره کافی

از نیتروژن در دوره رسیدن دانه برای تأخیر در پیری برگ، ثابت ماندن فتوسنتز در زمان

پرشدن دانه و افزایش درصد پروتئین دانه مورد نیاز می باشد.



شکل 2- علائم کمبود نیتروژن در برنج.

مصرف بیش از حد نیتروژن نیز با علایمی همراه است. رنگ گیاه به سبز تیره تغییر

می یابد. در کمبود فسفر نیز برگها سبز تیره می شوند که ممکن است با مصرف اضافی

نیتروژن اشتباه گرفته شود ولی در کمبود فسفر، پنجه زنی کاهش و رشد متوقف خواهد شد.

زیادی نیتروژن، در صورتی که مقدار سایر عناصر غذایی کم باشد، دوره رشد گیاه را

طولانی تر کرده و رسیدن محصول را به تأخیر می اندازد. چنانچه نیتروژن اضافی به گیاه برسد

و شرایط رشد نیز مناسب باشد، کربوهیدراتها صرف ساختن پروتئین می شوند. به همین

خاطر، آب بیشتر جذب پروتوپلاسم گیاه شده و در نتیجه گیاه ترد و شکننده می شود.

دستور العمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /9

در این شرایط گیاه برنج ممکن است سالم باشد، اما در مرحله رسیدن (مخصوصاً در کشت مستقیم) ورس خواهد کرد. در این شرایط ساقه‌های برنج نسبت به بیماریها (بلایت برگ‌گی باکتریایی، شیت بلایت و بلاست) و یا خسارت حشرات (کرم برگ‌خوار برنج) حساس خواهد شد.

کمبود فسفر

فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه به شمار می‌آید. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و سازوکار انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین یاخته بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشاء یاخته‌ای و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد.

فسفر در درون گیاه پویا بوده و سبب افزایش پنجه‌دهی، توسعه ریشه و گلدهی شده و زمان رسیدن محصول را به ویژه در شرایطی که درجه حرارت پایین باشد، تسریع می‌نماید. کمبود فسفر، فعل و انفعالات سوخت و ساز، نظیر تبدیل قند به نشاسته را متوقف ساخته و در نهایت آنتوسیانین (رنگ ارغوانی) در برگ تشکیل می‌شود. جذب فسفر به مقدار کافی در اوایل دوره رشد گیاه، اهمیتی بسیار دارد. این اهمیت در اندامهای زایشی، بیشتر نمایان است. فسفر عامل زودرسی محصولات، به ویژه غلات است.

کمبود فسفر در همه سیستمهای کشت برنج به عنوان یک عامل محدود کننده رشد در خاکهای با قدرت تثبیت فسفر بالا معمول می‌باشد. ذخیره پایین فسفر خاک، کاربرد ناکافی کودهای فسفوری معدنی، راندمان پایین کودهای فسفوری به دلیل ظرفیت تثبیت بالای فسفر و هدر رفت از طریق فرسایش، تثبیت فسفر به شکل فسفاتهای کلسیم، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی همراه با مصرف ناکافی فسفر، اختلاف ارقام در حساسیت به کمبود فسفر و پاسخ به کودهای فسفوری، روش استقرار گیاه (کمبود فسفر به طور معمول در روش کشت مستقیم برنج به دلیل تراکم بالا و سیستم ریشه‌ای ضعیف اتفاق می‌افتد) از دلایل عمده کمبود فسفر به حساب می‌آید.

خاکهای با بافت درشت، مقادیر کم مواد آلی و با ذخیره فسفر پایین (خاکهای شنی) خاکهای به شدت هوا دیده، خاکهای اسیدی با قدرت تثبیت بالای فسفر (التی‌سل و اکسی‌سل‌ها)، خاکهای آهکی، شور و سدیک، خاکهای آتشفشانی با ظرفیت تثبیت بالای فسفر (اندی‌سل‌ها)، خاکهای پیت (هیستوسل‌ها) و خاکهای اسیدی سولفات‌ها با مقادیر بالای آهن و آلومینیم در معرض کمبود فسفر قرار دارند.

مهمترین علائم کمبود فسفر در برنج شامل توقف رشد و کاهش پنجه‌زنی می‌باشد. در این شرایط برگها به ویژه برگهای پیرتر، باریک، کوتاه، خیلی عمودی و سبز تیره هستند. رنگ قرمز و آبی کم رنگ در اثر تولید آنتوسیانین در برگها ظاهر می‌شود و در نهایت برگهای پیر قهوه‌ای شده و می‌میرند. ساقه نازک و دوک‌دار شده و تأخیر در رشد گیاه اتفاق می‌افتد. تعداد برگ، خوشه و تعداد دانه در خوشه کم می‌شود. وقتی کمبود نیتروژن و فسفر همزمان با هم باشد، رنگ برگها سبز کم رنگ خواهد شد. تشخیص کمبود فسفر در حد متوسط در مزرعه مشکل است. کمبود فسفر به طور معمول با دیگر عارضه‌ها مثل سمیت آهن در pH پایین، کمبود روی، کمبود آهن و شوری در خاکهای قلیایی همراه است. وقتی کمبود فسفر شدید باشد، گیاه به گل‌دهی کامل نمی‌رود و نسبت بالایی از خوشه‌ها پوک می‌شوند. در این شرایط وزن هزار دانه پایین آمده و کیفیت دانه نیز کم می‌شود. عدم پاسخ به مصرف کودهای نیتروژنی، تحمل کم به آب سرد و عدم وجود جلبک در آب غرقابی از نشانه‌های کمبود فسفر است.



شکل 4- ساقه‌های نازک و دوک‌دار در اثر

کمبود فسفر



شکل 3- توقف رشد و کاهش تعداد پنجه در اثر

کمبود فسفر



شکل 5- بی‌رنگ شدن برگ در اثر کمبود فسفر

کمبود پتاسیم

پتاسیم مانند نیتروژن و فسفر جزو عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاه می‌باشد. مقدار پتاسیمی که جذب گیاه می‌شود با مقدار نیتروژن مورد استفاده گیاه در اکثر مواقع برابری می‌نماید. پتاسیم عنصری پویا بوده که در صورت کمبود، به بافت‌های جوان و زاینده گیاه منتقل می‌شود. کمبود پتاسیم ابتدا در برگ‌های پایینی و در صورت کمبود بیشتر، در برگ‌های جوان و بالایی پدیدار می‌گردد. گرچه پتاسیم در تشکیل هیچ یک از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتوپلاسم، چربیها و سلولز شرکت ندارد، ولی از آن جا که به عنوان یک کاتالیزور عمل می‌کند، دارای نقشی اساسی است. این عنصر مجموعه آنزیمی را در فرآیندهای بیوشیمیایی فعال ساخته و نقشی مهم در فعال کردن آنزیم‌های احیاکننده دی اکسید کربن ایفا می‌کند. پتاسیم در اعمال زیستی نظیر سوخت و ساز نیتروژن و ساختن پروتئین‌ها، فعال کردن آنزیم‌های مختلف، سوخت و ساز کربوهیدراتها، خنثی‌سازی اسیدهای آلی و تسریع رشد بافت‌های زاینده نقش دارد. پتاسیم نقش مهمی در کنترل اسمزی، تنظیم pH سلولها، تعادل بین آنیون-کاتیون درون سلولی، کنترل تبخیر و تعرق از طریق تنظیم روزه‌ها و انتقال مواد فتوسنتزی دارد. در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، کربوهیدرات‌های غیر اشباع، ترکیبات نیتروژنی محلول و اسیدهای آمینه انباشته شده ولی از مقدار نشاسته و پروتئین برگها کاسته می‌شود. پتاسیم سبب لیگنینی شدن دیواره‌های سلولی و استحکام آنها می‌گردد. بدین ترتیب، گیاهان دارای پتاسیم فراوان، در مقایسه با گیاهان مبتلا به کمبود، دارای بافت نگهدارنده قوی تری خواهند بود. بر اثر وجود این بافتها، پایداری غلات در برابر خوابیدگی (ورس) افزایش یافته و آلودگی به بیماریهای قارچی کاهش می‌یابد. پتاسیم برخلاف نیتروژن و فسفر، نقش چندانی در پنجه‌زنی ندارد ولی در مقابل، سبب افزایش تعداد غلاف و تعداد دانه در هر سنبله و افزایش وزن هزار دانه می‌گردد.

در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، برگها به رنگ زرد با حاشیه سوخته در می‌آیند. ساقه‌ها در بیشتر موارد ضعیف شده و در برابر عوامل طبیعی بیماریزا حساستر می‌باشند.

تحت شرایط کمبود شدید پتاسیم، نوک برگها زرد متمایل به قهوه‌ای می‌شود. علائم کمبود ابتدا در برگ‌های مسن‌تر در امتداد حاشیه برگها و در نهایت در کل پهنک برگ

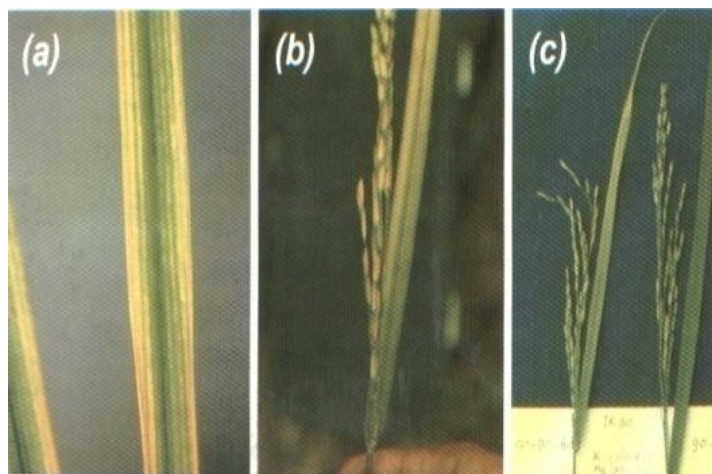
ظاهر می‌شود. برگ‌های بالایی کوتاه، افتاده و به رنگ سبز تیره در می‌آیند. اگر کمبود پتاسیم در گیاه اصلاح نشود تغییر رنگ در برگ‌های جوانتر نیز بروز می‌کند (شکل 6).



شکل 6- علائم کمبود پتاسیم در برگ برنج

کمبود منیزیم

کمبود منیزیم در مزارع برنج به ویژه در شمال کشور محتمل بوده و در این شرایط مقاومت گیاهان در برابر خطرات سرمازدگی کاهش می‌یابد. در مقطع فعلی کمبود منیزیم در مزارع برنج در شمال کشور چندان محدودکننده عامل رشد نمی‌باشد. علائم کمبود آن در مزارع برنج در شکل (7) نشان داده شده است.



شکل 7- علائم کمبود منیزیم در برنج

کمبود گوگرد

گوگرد جزو ترکیبات ضروری اسیدهای آمینه سیستین، متیونین و سیستین بوده که در تولید کلروفیل و در نتیجه برای تولید پروتئین مورد نیاز هستند. این عنصر جزو کوآنزیم مورد نیاز در سنتز پروتئین نیز می‌باشد. این عنصر در هورمونهای تیامین و بیوتین که در متابولیسم کربوهیدراتها نقش دارند نیز وجود دارد. گوگرد در بعضی از واکنشهای اکسیداسیون نیز نقش دارد. این عنصر نسبت به نیتروژن در گیاه از تحرک کمتری برخوردار بوده در نتیجه علائم کمبود ابتدا در برگهای جوان رخ می‌دهد.

در شرایط کمبود گوگرد گیاه ظاهری سبز کم رنگ و یا زرد پیدا می‌کند. کلروزه شدن برگهای جوان یا سبز روشن یا کلروزه شدن نوک گیاه از علائم کمبود گوگرد می‌باشد. در این شرایط برگهای پایین نکروزه می‌شود. کمبود گوگرد در طی رشد رویشی بر عملکرد تأثیر می‌گذارد. کاهش در ارتفاع گیاه و توقف در رشد، کاهش تعداد پنجه، خوشه و کاهش در تعداد خوشچه در خوشه، تأخیر در توسعه گیاه و رسیدگی در 1-2 هفته، زردی نشاها در خزانه با تأخیر در رشد و افزایش تلفات بعد از کاشت نشاء از دیگر علائم کمبود گوگرد به حساب می‌آید. گیاهان دچار کمبود گوگرد، مقاومت کمتری نسبت به شرایط غیر معمول مانند سرما دارند.



شکل 8- کاهش در ارتفاع گیاه و تعداد پنجه در اثر کمبود گوگرد



شکل 9- کلروزه شدن برگها در اثر کمبود گوگرد

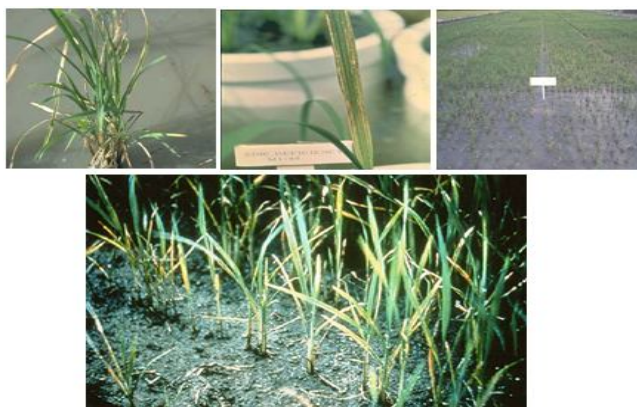


شکل 10- زردی برگ و بوته برنج در اثر کمبود گوگرد

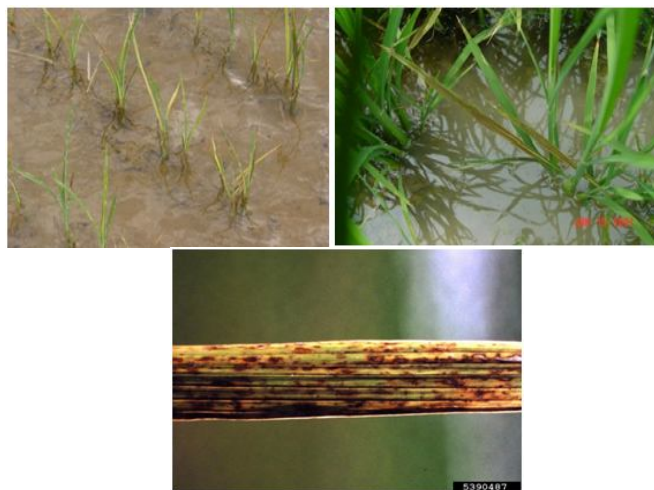
2-3-2- علایم کمبود عناصر غذایی کم مصرف

کمبود روی

علایم کمبود روی به طور معمول 2 تا 3 هفته بعد از غرقاب وقتی گیاهان شروع به رشد می کنند به صورت نقاط قهوه ای مایل به قرمز روی برگهای پیرتر دیده می شود و همزمان رشد گیاه نیز کند می شود. رگبرگهای میانی برگهای جوان تر به ویژه در قسمت قاعده برگ، کلروزه می شوند. در ادامه رشد گیاه متوقف شده و پنجه زنی کاهش می یابد. در این شرایط کاهش اندازه پهنک برگ اتفاق می افتد اما غلاف برگ کمتر تحت تأثیر قرار می گیرد.



شکل 11- علایم کمبود روی در برنج



شکل 12- کاهش تعداد پنجه و ظهور لکه های قهوه ای روی برگ برنج

در کمبود شدید روی گیاهان از بین می‌روند. در کمبود متوسط، رسیدن به تأخیر می‌افتد و محصول کاهش می‌یابد. شیوع کمبود روی وقتی که مقدار نیتروژن و فسفر مصرفی زیاد باشد تشدید می‌گردد. در شرایط مزرعه، رفع کمبود به صورت خود به خودی 6 تا 8 هفته بعد از غرقاب اتفاق می‌افتد. کاهش محصول به علت کمبود روی در واریته‌های مختلف بسیار متفاوت است. گیاهان جوان ممکن است از کمبود موقتی روی به دلیل نیاز بیشتر به آن در طی مراحل اولیه رشدشان زیان بینند ولی طویل تر شدن سیستم ریشه ممکن است عاملی در بازگشت از حالت کمبود باشد.

کمبود آهن

آهن جزو ترکیب پورفیرین آهن و فرودوکسین‌ها بوده و در انتقال الکترون در فاز نوری فتوسنتز مورد نیاز می‌باشد. آهن به عنوان یک قبول کننده الکترون مهم در واکنش-های اکسیداسیون و احیاء و به عنوان فعال کننده چند آنزیم (بطور مثال، کاتالاز، سوبسینیک دهیدروژناز و اکونیتاز) می‌باشد. در کمبود آهن زردی بین رگبرگی و کلروزه شدن جوانه‌های برگ‌ها اتفاق می‌افتد. تمام برگ‌ها کلروزه شده و سپس خیلی بی‌رنگ می‌شوند. اگر کمبود خیلی شدید شود، تمام گیاه کلروزه شده و در نهایت می‌میرد. تولید ماده خشک کاهش می‌یابد.



شکل 13- علائم کمبود آهن در گیاه برنج



شکل 14- زردی بین رگبرگی در کمبود آهن



شکل 15- توقف رشد و برگهای باریک در کمبود آهن

کمبود منگنز

منگنز در سیستم انتقال الکترون به عنوان واکنش گر اکسیداسیون و احیا، در چرخه اکسیژن، در فتوسنتز و فعال کردن آنزیمهای مشخص (اکسیداز، پراکسیداز، هیدروژناز، کربوکسیلاز و کیناز)، تشکیل و پایداری کلروپلاست، ساخت پروتئین، احیای نیترات و چرخه تری کربوکیسلیک (TCA) نقش دارد.

یون Mn^{+2} تشکیل اسید فسفوفیتیک در سنتز فسفولیپیدها برای ساختمان غشای سلولی را کاتالیز می کند. منگنز برای نگهداری ذخیره اکسیژن در فرآیندهای فتوسنتز مورد نیاز می باشد. منگنز قبل از اینکه به قسمت های هوایی منتقل شود در ریشه تجمع می یابد. مقدار کمی از منگنز از برگهای پیر به برگهای جوان منتقل می شود.

در شرایط کمبود منگنز کلروز بین رگبرگی اتفاق افتاده و در برگهای جوان، رنگ سبز خاکستری کم رنگ از نوک به طرف انتهای برگ گسترش می یابد. نقاط قهوه ای نکروزه در برگ پدیدار شده و در نهایت برگ به رنگ قهوه ای تیره در خواهد آمد. جوانه های برگ، کوتاه، باریک و سبز کم رنگ خواهند شد. در مرحله پنجه زنی، گیاهان دچار کمبود کوتاه با برگهای کمتر و سیستم ریشه ای ضعیف خواهند شد. در این شرایط رشد متوقف می گردد. گیاهان دچار کمبود نسبت به پوسیدگی قهوه ای حساسیت بیشتری خواهند داشت. گیاهان مبتلا به کمبود منگنز اغلب با کمبود فسفر همراه خواهند بود. در خاکهایی که هم کمبود منگنز و هم سمیت آهن دارند، گیاهان برنج دارای کمبود منگنز غلظت بالایی از آهن را داشته و ممکن است علائم برنزه شدن را نشان دهند.



شکل 17- کلروز بین رگبرگی در اثر کمبود منگنز



شکل 16- کلروزه شدن برگهای جوان در اثر کمبود منگنز

سمیت منگنز

نقاط زرد متمایل به قهوه‌ای بین رگبرگها که به طرف سطح برگ گسترش می‌یابد از علائم سمیت منگنز می‌باشد. نقاط قهوه‌ای روی رگبرگ‌های برگ‌های پایینی و غلاف برگ ظاهر می‌گردد. خشک شدن نوک برگ در حدود هشت هفته بعد از کاشت، کلروزه شدن برگ‌های جوان تر با علائم مشابه با کلروز آهن، توقف رشد، کاهش پنجه‌زنی، عقیمی و کاهش عملکرد از دیگر علائم سمیت منگنز می‌باشد.



شکل 19- به نقاط قهوه‌ای رنگ روی برگها علائم خسارت برگی در سمیت منگنز و ظهور



شکل 18- خسارت وارد شده به کل گیاه در اثر سمیت منگنز

کمبود مس

مس برای سنتز لیگنین (و بنابراین برای مکانیسم‌های دفاع سلول) و نیز ترکیب اسید آسکوربیک، آنزیمهای اکسیداز، فنولاز و پلاستوسیانین مورد نیاز می‌باشد. این عنصر به عنوان

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /19

فاکتور تنظیم کننده واکنشهای آنزیمی (تأثیر کننده، پایدار کننده و ممانعت کننده) و به عنوان کاتالیزور واکنشهای اکسیداسیون می باشد. این عنصر نقش کلیدی در متابولیسم نیتروژن، پروتئین و هورمون‌ها، فتوسنتز و تعرق، تشکیل دانه گرده و عمل لقاح بر عهده دارد. تحرک عنصر مس در گیاه برنج بستگی به وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن دارد. انتقال مجدد مس در گیاهان دچار کمبود نیتروژن، کم اتفاق می افتد. علایم کمبود مس بیشتر در برگهای جوان اتفاق می افتد.

نوارهای نکروزه روی لبه رگبرگها گسترش می یابد. نقاط کلروزه به رنگ قهوه‌ای تیره روی نوک برگها پدیدار می شود. برگها اغلب سبز متمایل به آبی شده و نوک برگها کلروزه می شود. برگهای جدید جمع شده و قسمتهای انتهایی برگها به صورت سوزنی در می آید. جوانه زنی دانه گرده و قدرت ادامه زندگی آن در شرایط کمبود مس کاهش می یابد. بنابراین عقیمی سنبله و تعداد دانه‌های پرنشده افزایش می یابد.



شکل 21- سوزنی شکل شدن برگها در

اثر کمبود مس



شکل 20- کلروزه شدن برگها در اثر

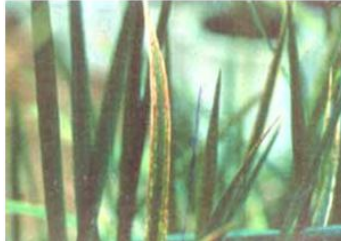
کمبود مس

کمبود بور

بور نقش اساسی در بیوسنتز دیواره سلولی، ساختمان و تکامل غشای پلاسمایی دارد. برای متابولیسم کربوهیدراتها، انتقال قندها، تشکیل لیگنین، سنتز نوکلئوتیدها، تعرق و تداوم حیات دانه‌های گرده لازم است. بور در ساختمان آنزیم نبوده و روی فعالیت آنزیمها نیز تأثیری ندارد. در گیاه برنج به طور نسبی غیر متحرک می باشد. به دلیل اینکه در رشد رویشی، انتقال مجدد ندارد، علایم کمبود به طور معمول در برگهای جوان ظاهر می شود.

سفید شستگی و جمع شدن نوک برگهای جوان، کاهش در ارتفاع گیاه و مرگ نقاط رویشی از علایم اصلی کمبود بور به حساب می آید. کلروزه شدن نوک و حاشیه برگها به عنوان

علائم اولیه، نقاط بیضی شکل قهوه‌ای تیره روی سطوح بی‌رنگ شده برگ، نقاط نکروزه شده در مرحله پنجه‌زنی اولیه، قهوه‌ای شدن نوک برگها و نقاط بیضوی شکل قهوه‌ای تیره روی برگها از دیگر علائم کمبود بور می‌باشد. در این شرایط رشد رویشی بطور مشخص کاهش نمی‌یابد. اگر کمبود بور در مرحله تشکیل خوشه اتفاق بیافتد، گیاهان قادر به تشکیل خوشه نمی‌باشد.



شکل 22- علائم کمبود بور در برنج

یک شیب تند غلظتی از بور در برگها از مقادیر کم بور در ته برگ به مقادیر زیاد آن در نوک برگ وجود دارد. حد بحرانی سمیت بور در خاک به شرح زیر می‌باشد. بیش از 4 میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک با عصاره گیر 0/05 نرمال HCl، بیش از 5 میلی‌گرم بور در کیلوگرم با آب داغ، غلظت بیش از 2/5 میلی‌گرم بور در لیتر محلول خاک و در آب آبیاری غلظت بیش از 2 میلی‌گرم در لیتر در آب آبیاری زیان‌آور می‌باشد. علائم سمیت بور در برنج در شکل (23) نشان داده شده است.

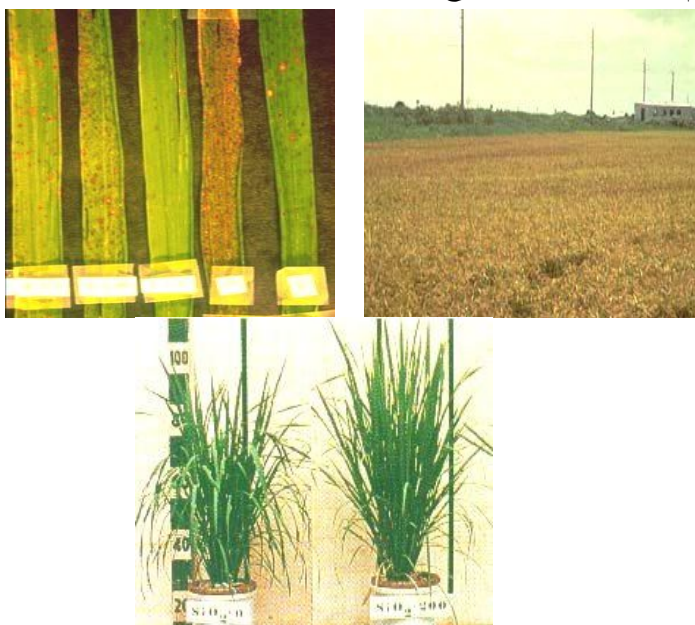


شکل 23- علائم سمیت بور در برگ برنج

کمبود سیلیسیم

سیلیسیم یک عنصر مفید برای برنج می‌باشد اما وظیفه فیزیولوژیکی آن به خوبی شناخته نشده است. این عنصر برای توسعه برگهای قوی، ساقه و ریشه مورد نیاز است. تشکیل لایه اپیدرمی ضخیم سیلیکاتی، حساسیت گیاه را نسبت به آفات، بیماری‌ها و قارچ‌ها و باکتری‌ها کاهش می‌دهد. گیاهان برنجی که مقدار کافی از سیلیسیم را در خود ذخیره دارند، برگهای عمودی، رشد مناسب و بنابراین راندمان استفاده از نور و کودهای نیتروژنی بالاتری دارند. راندمان استفاده از آب در گیاهان دچار کمبود به دلیل افزایش تعرق کاهش می‌یابد. سیلیسیم موجب افزایش قدرت اکسیداسیون ریشه شده و سمیت آهن و منگنز را به وسیله کاهش در جذب این عناصر کاهش می‌دهد.

در شرایط کمبود سیلیسیم برگ‌ها و ساقه‌ها نرم و پژمرده شده و در نتیجه گیاه دچار ورس می‌شود. کاهش فعالیت فتوسنتز، کاهش عملکرد دانه، افزایش حساسیت به بیماری‌ها مثل بلاست یا پوسیدگی قهوه‌ای از دیگر علائم کمبود سیلیسیم می‌باشد. در کمبود شدید سیلیسیم، تعداد خوشه در مترمربع و تعداد خوشچه‌های پر شده در خوشه کاهش می‌یابد.



شکل 24- علائم کمبود سیلیسیم (Si) در برنج.

22 / برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

به طور خلاصه کلید تشخیص کمبود عناصر غذایی در گیاه برنج به شرح زیر می باشد.

واقع شده روی برگهای پیر اولیه			
<ul style="list-style-type: none"> • کلروز بین رگبرگی • پرتقالی-زرد، رنگ تیکه تیکه • رنگ سبز تیره بصورت تیکه تیکه می ماند(نه بصورت نواری) 	<ul style="list-style-type: none"> • سبز تیره، باریک و راست شدن برگها 	<ul style="list-style-type: none"> • برگهای سبز تا سبز تیره • حاشیه های کلروزه-نکروزه • نقاط نکروزه قهوه ای • نوارهای سبز و زرد • لوله شدن برگ 	<ul style="list-style-type: none"> • سبز روشن، باریک و کوتاه شدن برگها
<ul style="list-style-type: none"> • سیستم ریشه ای غیر سالم 	<ul style="list-style-type: none"> • توقف رشد • کاهش پنجه زنی 	<ul style="list-style-type: none"> • گیاهان کوتاه تر 	<ul style="list-style-type: none"> • توقف رشد • کاهش پنجه زنی
	<ul style="list-style-type: none"> • تاخیر در رسیدن 	<ul style="list-style-type: none"> • پژمردگی و رسیدن زودهنگام • سیستم ریشه ای غیر سالم • افزایش شیوع بیماریها 	<ul style="list-style-type: none"> • تمام گیاه ظاهر زرد به خود می گیرد • تاخیر در رسیدن
Mg	P	K	N
واقع شده روی برگهای جوان تر (I)			
<ul style="list-style-type: none"> • کلروزه و زرد شدن بین رگبرگی برگهای تازه • کاهش مقدار کلروفیل در برگها • کلروزه شدن و یا سفید شدن تمام برگ 	<ul style="list-style-type: none"> • نوک برگ لوله شده و نوار کلروزه-نکروزه شده • علائم فقط در کمبود شدید قابل رویت می باشد. 	<ul style="list-style-type: none"> • برگهای سبز روشن و کم رنگ • کلروزه شدن برگهای بالایی • تمام گیاه تحت تأثیر قرار می گیرد اما در ابتدا برگهای بالایی 	<ul style="list-style-type: none"> • برگهای نرم و رو به پایین
		<ul style="list-style-type: none"> • توقف رشد • کاهش پنجه زنی 	<ul style="list-style-type: none"> • توقف رشد • کاهش پنجه زنی
<ul style="list-style-type: none"> • فقط در خاک خشک • خیلی به ندرت در شالیزارهای غرقابایی 	<ul style="list-style-type: none"> • سیستم ریشه ای غیر سالم • خیلی به ندرت در شالیزارهای غرقابایی 	<ul style="list-style-type: none"> • تاخیر در رسیدن 	<ul style="list-style-type: none"> • رشد نا منظم در مزرعه
Fe	Ca	S	Zn
واقع شده روی برگهای جوان تر (II)			
علائمی که در محل خاصی واقع نمی شود.			
<ul style="list-style-type: none"> • برگهای نرم و رو به پایین 	<ul style="list-style-type: none"> • سفید شدن و لوله شدن نوک برگهای جوان تر • مرگ تفلط در کمبود شدید • کاهش ارتفاع گیاه 	<ul style="list-style-type: none"> • نوارهای کلروزه • برگهای سبز متمایل به آبی • پژمردگی برگهای جوان تر • کاهش پنجه زنی 	<ul style="list-style-type: none"> • کلروز بین رگبرگی خاکستری کم رنگ در نوک برگهای جوان تر • نقاط نکروزه • گیاهان کوتاه تر
<ul style="list-style-type: none"> • ورس • افزایش شیوع بیماریها 	<ul style="list-style-type: none"> • توقف خروج گل آذین • خیلی به ندرت در شالیزارهای غرقابایی 	<ul style="list-style-type: none"> • افزایش عمیقی در خوشچه ها 	<ul style="list-style-type: none"> • فقط در خاک خشک • خیلی به ندرت در شالیزارهای غرقابایی
Si	B	Cu	Mn

3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه برنج

3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی

3-1-1- توصیه مصرف نیتروژن

پاسخ به مصرف کودهای نیتروژنی سریع بوده و بعد از 2 تا 3 روز علایم خود را نشان می‌دهد (سبز شدن و بهبود رشد رویشی گیاه). تأثیر مصرف کود نیتروژنی در رفع علایم کمبود به وارسته برنج، نوع خاک، شرایط آب و هوایی، مقدار، زمان و روش مصرف کود نیتروژنی بستگی دارد. در مدیریت افزایش راندمان استفاده از کودهای نیتروژنی بایستی پویایی نیتروژن در خاک و فاکتورهای گیاهی مد نظر قرار گیرد. مقدار مصرف کود نیتروژنی با توجه به میزان نیتروژن خاک (نیتروژن آلی و معدنی)، براساس زمان، روش جایگذاری و منبع کود نیتروژنی تعیین می‌گردد. مدیریت عمومی برای بهبود راندمان استفاده از کودهای نیتروژنی بستگی به مدیریت زراعی، خاک و آب در شرایط غرقابی دارد.

- **مدیریت زراعی:** پاسخ مناسب به کودهای نیتروژنی بستگی به مدیریت گیاه دارد. استفاده از بذر سالم یک وارسته با عملکرد بالا و مقاوم به آفات و بیماریها و انتخاب تراکم مناسب برای استقرار گیاه لازم می‌باشد. کنترل علف‌های هرز که با گیاه برنج برای مصرف نیتروژن رقابت می‌کنند و کنترل آفات و بیماری‌ها از دیگر مدیریتهای زراعی مؤثر در مدیریت کاربرد کودهای نیتروژنی محسوب می‌شود. انتخاب فاصله کاشت مناسب برای هر رقم بسیار مهم می‌باشد و گیاهانی که تراکم مناسب ندارند، از کودهای نیتروژنی به طور مؤثر استفاده نمی‌کنند. تعداد تقسیط و زمان مصرف این کودها براساس روش استقرار گیاه تنظیم می‌شود. کشت نشاء و کشت مستقیم بذر نیاز به استراتژی‌های متفاوتی دارد.

- **مدیریت خاک:** خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تغییر و تبدیل نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پاسخ به مصرف کودهای نیتروژنی در شرایط خاکهای اسیدی، خاکهای با حاصلخیزی کم، سمیت عناصر و کمبود عناصر پایین است. در خاکهای با ظرفیت تبادل کاتیونی¹ پایین استفاده از مواد بهبود دهنده برای بالا بردن ظرفیت جذب آمونیوم (NH_4^+) توصیه می‌شود. استفاده از ژئولیت ($\text{CEC}=200-300\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$) و یا ورمی کولیت ($\text{CEC}=100-200\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$) برای

1 - CEC (Cation Exchange Capacity)

افزایش راندمان استفاده از کودهای نیتروژنی در خاکهای با ظرفیت تبادل کاتیونی پایین (آلی سل اسیدی، اکسی سل، خاکهای شالیزاری و تخریب شده) مؤثر می‌باشد. این مواد می‌توانند بطور مستقیم با خاک و یا مخلوط با کودهای نیتروژنی (با نسبت 20 درصد وزنی) مصرف شوند.

در طولانی مدت، حفظ و افزایش ذخیره نیتروژن از منابع طبیعی از طریق مدیریت مناسب کربن آلی می‌تواند انجام شود. مصرف مواد آلی قابل دسترس (کود دامی، باقیمانده گیاهی، کمپوست) در خاکهای با مقادیر کم کربن آلی به ویژه در اراضی پست و در سیستم کشت متراکم که در آن گیاه برنج با گیاهانی مانند گندم و ذرت در تناوب می‌باشند توصیه می‌شود.

در سیستم کشت غرقابی برنج، انجام شخم کم عمق در 2 هفته بعد از برداشت زمانی که خاک خشک است مفید می‌باشد. شخم اولیه باعث افزایش فعالیت اکسیداسیون خاک و تجزیه باقیمانده گیاهی در طی دوره بعدی کشت و افزایش قابلیت استفاده نیتروژن می‌شود.

افزایش قدرت ذخیره طبیعی نیتروژن در خاکهایی که بطور دائم غرقاب هستند بوسیله زهکشی و خشک کردن دوره‌ای انجام می‌شود. بطور مثال، زهکشی اواسط فصل به مدت 5 تا 7 روز در انتهای مرحله پنجه‌زنی (حدود 35 روز بعد از کاشت) یا هوادهی خاک به وسیله جایگزینی گیاه دیگر به جای برنج در یک فصل کشت و یا آیش زمین، کمک شایانی به افزایش ذخیره نیتروژن خاک می‌نماید.

- وارسته: برای وارسته‌هایی که پاسخ کمی به نیتروژن می‌دهند، از کاربرد مقادیر زیاد نیتروژن می‌بایست جلوگیری شود. وارسته‌های جدید در راندمان استفاده از عناصر غذایی اختلاف چندانی ندارند. در مقایسه با وارسته‌های بومی، برنج‌های هیبرید به دلیل پتانسیل بالاتر جذب و استفاده از نیتروژن خاک به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی تر (ریشه‌های سطحی بیشتر و قدرت بالاتر اکسیداسیون ریشه) و راندمان بالاتر انتقال نیتروژن از منبع (ساقه و برگ) به مخزن (دانه) نیاز به مصرف نیتروژن بالاتری دارند. برنج‌های هیبرید نیتروژن معدنی بیشتری (به ویژه نیترات) را در طی مراحل رشد نسبت به دیگر وارسته‌ها جذب می‌کنند.

- مدیریت آب: تغییر نامنظم سطح آب باعث افزایش هدررفت نیتروژن به علت انجام فرآیند نیتریفیکاسیون - دنیتریفیکاسیون می‌شود. کنترل مناسب سطح آب و نگهداری مزرعه در حالت غرقاب، به منظور ممانعت از دنیتریفیکاسیون و جلوگیری از هدررفت نیتروژن از

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /25

طریق روان آب ضروری است. شرایط رطوبتی مزرعه می‌بایست به صورت مرطوب، بدون اینکه سطح ثابتی از آب در مراحل اولیه رشد داشته باشد، نگهداری شود. به هر حال گیاه برنج، به ویژه در طی رشد زایشی برای رشد مناسب و جذب عناصر غذایی و عملکرد نیاز به شرایط غرقابی دارد.

- مدیریت کودی: برای تولید 6 تن شلتوک حدود 150 کیلوگرم نیتروژن از زمین برداشت می‌شود که 40 درصد آن مربوط به کاه و کلش برنج است. برای رسیدن به عملکرد 5-7 تن در هکتار میزان مصرف نیتروژن در دامنه 80 تا 150 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. به طور عمومی مصرف 15-20 کیلوگرم نیتروژن خالص برای تولید هر تن عملکرد دانه توصیه می‌شود. نیتروژن اضافی یا عدم بالانس کودی (مقادیر بالای نیتروژن همراه با مقادیر کم فسفر، پتاسیم یا دیگر عناصر غذایی) ممکن است به دلایل زیر عملکرد را کاهش دهد:

- ساقه‌های بلند و ضعیف و حالت سایه دو طرفه برگ که رشد اضافی رویشی را سبب می‌شود.

- افزایش تعداد پنجه‌های غیر بارور که باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد.

- کاهش راندمان پرشدن دانه و کیفیت پایین دانه

- افزایش شیوع بیماریها مانند بلایت برگی، باکتریایی، شیت بلایت به دلیل رشد زیاد برگ و تراکم بالا

- افزایش شیوع خسارت حشرات مضر

کودهای نیتروژنی به صورت تقسیط حداقل دو بار مصرف می‌شوند. مصرف پایه نیتروژن بستگی به میزان آزادسازی نیتروژن، وارپته و روش استقرار گیاه دارد. مصرف کود نیتروژنی می‌بایست در خاکهای با نیتروژن معدنی کم (کمتر از 4 کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، در شرایط انتخاب فواصل کشت زیاد (کمتر از 20 بوته در هر مترمربع) برای افزایش پنجه‌زنی، در مناطق که در زمان کاشت نشاء و یا کشت بذر درجه حرارت آب و هوا پایین است بیشتر مصرف گردد. خاکهای با نیتروژن قابل استفاده بالا (بیش از 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) اغلب نیاز به مصرف نیتروژن به صورت پایه ندارند. برنج‌های هیبرید اغلب نیاز به مصرف پایه نیتروژن دارند. از مصرف بیش از حد کود نیتروژنی به صورت پایه (بیش از 50 کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار) ممانعت شود. در جدول (9) منابع مهم کودهای نیتروژنی قابل استفاده در زراعت برنج نشان داده شده است.

جدول 9- منابع کود نیتروژنی برای گیاه برنج

نام	فرمول	میران عنصر (درصد)
نیترات آمونیم	NH_4NO_3	33-34 N
کلراید آمونیم	NH_4Cl	28 N
سولفات آمونیم	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21 N 24 S
اوره	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46 N
منوآمونیوم فسفات (MAP)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	11 N 61 P_2O_5
دی آمونیوم فسفات (DAP)	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18-21 N 46 P_2O_5
اوره فسفات	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$	18 N 46 P_2O_5

تخمین‌هایی که براساس فاکتورهای گیاهی برای محاسبه نیتروژن مورد نیاز برنج زده می‌شود، قابل اعتمادتر می‌باشد. در اراضی شالیزاری، بطور معمول، آزمون خاک برای پیش‌بینی نیاز نیتروژنی در شرایط مزرعه، ناتوان بوده و بنابراین سطح بحرانی در این شرایط را نمی‌توان ارائه داد.

کربن آلی یا مقدار نیتروژن کل خاک به عنوان شاخص برای محاسبه نیتروژن مورد نیاز گیاه در اراضی غرقابی مؤثر نبوده اما برای اراضی خشکه کاری می‌تواند استفاده شود (جدول 10).

مقدار نیتروژن خاک را می‌توان با تیمار کردن خاک در شرایط غیرهوازی اندازه‌گیری کرده (دو هفته در 30 درجه سانتی‌گراد) و نتایج آن را برای پیش‌بینی نیاز کودی به کار برد. این روش بایستی با احتیاط استفاده شود زیرا که ممکن است مقدار نیتروژن خاک را کمتر از مقدار واقعی آن تخمین بزند.

جدول 10- توصیه کود نیتروژنی اوره بر اساس مقدار کربن آلی خاک

عملکرد شلتوک (تن در هکتار)							کربن آلی خاک (درصد)
9	8	7	6	5	4	3	
				400	350	300	کمتر از 0/1
				380	330	270	0/2
			400	360	320	240	0/4
400	390	380	360	340	300	250	0/6
380	380	360	340	320	280	240	0/8
360	360	340	320	300	260	220	1
340	340	320	300	280	240	200	1/2
320	320	300	280	260	220	180	1/4
300	300	280	260	240	200	160	1/6
280	280	260	240	220	180	140	1/8
260	260	240	220	200	160	120	2
260	240	220	200	180	140	100	بیشتر از 2

وضعیت نیتروژن گیاه برای به دست آوردن زمان و مقدار مناسب مصرف این کود لازم است. در این رابطه می‌توان از کلروفیل متر و یا کارت سبزی‌نگی برگ 1 استفاده نمود شکل (25). مصرف این کود بایستی زمانی انجام شود که گیاه بیشترین نیاز و بالاترین جذب را داشته باشد. بالاترین راندمان از مصرف کود نیتروژنی زمانی بدست می‌آید که مصرف آن در آخر پنجه‌زنی تا خوشه‌دهی باشد. برای مصرف سرک این کود از منبع آمونیومی استفاده شود. برای به دست آوردن یک عملکرد مناسب، مقداری از کود نیتروژنی را در زمان گل‌دهی برای تأخیر در پیری برگ و افزایش پرشدن دانه‌ها بکار می‌برند. برای کاهش ریسک ورس و آفات، از مصرف اضافی این کود در مرحله تشکیل خوشه اولیه و گل‌دهی می‌بایست خودداری شود.



شکل 25- تصویری از کارت اندازه‌گیری درجه سبزی‌نگی برگهای برنج (LCC) که از شماره یک (سبز کم‌رنگ) تا شماره 6 (سبز پررنگ) علامت گذاری شده است.

از مصرف مستقیم کود نیتروژنی در آب غرقابی در هنگام سرک نیتروژن خودداری شود. در مزرعه، هنگام مصرف سرک نیتروژن، سطح آب کم یا برداشت شده و سپس به سطح ثابت برای افزایش تحرک نیتروژن در خاک رسانده شود. در هنگام بارندگی سنگین از مصرف این کود خودداری شود. در هنگام شرایط بادی و درجه حرارت بالای آب از مصرف کود اوره خودداری شود. جایگذاری عمقی کود حدود 8-10 سانتی متر زیر سطح خاک و استفاده از کودهای کندرها مثل SCU در افزایش راندمان مصرف نیتروژن در زراعت برنج مؤثر است.

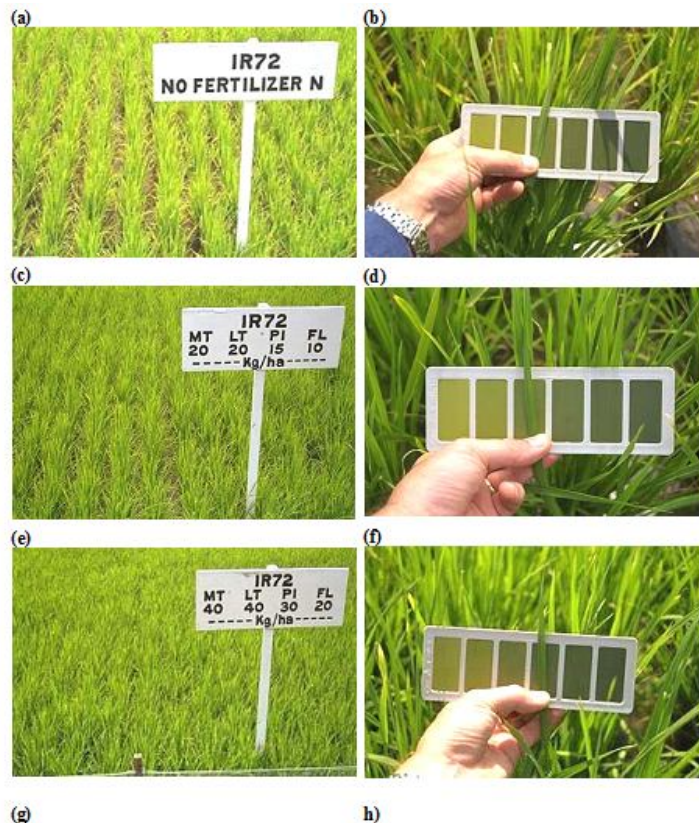
برای حصول به پتانسیل عملکرد، نیتروژن برگ می‌بایست بالاتر از 1/4 گرم بر متر مربع سطح برگ نگه داشته شود. این میزان معادل قرائت کلروفیل متر (SPAD) 35 یا قرائت کارت سبزیگی برگ (LCC) برابر با 4 می‌باشد. در کشت مستقیم، سطح بحرانی برای کمبود نیتروژن در قرائت کلروفیل متر 32-33 و برای کارت سبزیگی برگ برابر با 3 در نظر گرفته می‌شود.

توجه شود که قرائت کلروفیل متر و یا کارت سبزیگی برگ ارتباط ضعیفی با مقدار نیتروژن برگ براساس وزن خشک (گرم در هر گرم وزن خشک برگ) دارد اما ارتباط آن با مقدار نیتروژن برگ براساس سطح برگ (گرم نیتروژن در هر متر مربع برگ) نزدیک و خوب می‌باشد. در جدول (11) توصیه میزان مصرف نیتروژن براساس قرائت کلروفیل متری در مراحل مختلف رشد برنج برای دو نوع سیستم کشت نشایی و مستقیم ارائه شده است.

جدول 11- مقادیر نیتروژن مصرفی بر اساس اعداد کلروفیل متر در مراحل رشد برنج

مرحله رشد	تعداد روز بعد از نشاء کاری	کشت نشائی برنج		کشت مستقیم برنج	
		اعداد کلروفیل متر	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تعداد روز بعد از کشت	اعداد کلروفیل متر
ابتدای پنجه دهی	14-20	> 36	0	> 34	0
		34-36	20	32-34	20
		< 34	30	< 32	30
حداکثر پنجه دهی	20-35	> 36	30	> 34	30
		34-36	40	32-34	40
		< 34	50	< 32	50
ابتدای خوشه‌دهی	40-50	> 36	40	> 34	50
		34-36	50	32-34	60
		< 34	60	< 32	70
خوشه - دهی گال دهی	55-65	> 36	0	> 34	0
		34-36	15	32-34	15
		< 34	20	< 32	20

- محاسبه مقدار کود نیتروژنی مورد نیاز برای عملکرد مطلوب با استفاده از درجه سبزی‌نگی برگ‌های برنج به شرح زیر می‌باشد (شکل 26).
- در مورد برنج درجه سبزی‌نگی برگ‌ها 14 روز بعد از نشاء کردن یا 21 روز بعد از کشت بذر برنج در شالیزار مطابق کارت سبزی‌نگی برگ (LCC) قرائت می‌گردد. آخرین قرائت میزان سبزی‌نگی برگ موقع گلدهی گیاه برنج انجام می‌شود.
 - اندازه‌گیری درجه سبزی‌نگی برگ‌ها همیشه باید در ساعت معین روز (بین 8 تا 10 صبح یا 2 تا 4 بعدازظهر) انجام شود. به طوری که فرد کاربر پشت به خورشید ایستاده و برگ‌های مورد مطالعه در سایه او باشد.
 - هر بار حداقل 10 گیاه سالم برنج که دارای تراکم یکنواخت باشد برای قرائت میزان سبزی‌نگی برگ انتخاب می‌شود.
 - برای تعیین درجه سبزی‌نگی برگ، وسط جوان‌ترین برگ کامل از هر 10 گیاه انتخابی را در بالای هر یک از مستطیل‌ها قرار داده و با مقایسه کردن، میزان سبزی برگ با عدد زیر مستطیل مشخص می‌شود.
 - هر گاه قرائت و درجه سبزی‌نگی شش برگ از 10 برگ انتخابی کمتر از حد معین درجه سبزی‌نگی دلخواه برای برنج و مطابق مستطیل 4 بود، 23 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در فصل بارانی و یا 35 کیلوگرم در هکتار در فصل غیر بارانی نیتروژن مصرف می‌شود (یک کیسه 50 کیلوگرمی اوره 23 کیلوگرم نیتروژن خالص و یک کیسه 50 کیلوگرمی سولفات آمونیوم 10 کیلوگرم نیتروژن دارد). درجه سبزی‌نگی دلخواه برای برنج نشاء کاری باید مطابق مستطیل 4 و برای کشت بذری و تراکم باید حداقل 3 باشد. این اعداد می‌بایست با یکی دو بار تولید محصول و مطابق شرایط مزرعه و روش کشت و کار در هر مزرعه تعدیل گردد.
 - اندازه‌گیری درجه سبزی‌نگی برگ هر 7 تا 10 روز یکبار در مراحل اصلی رشد گیاه (مرحله پنجه‌زنی اولیه، مرحله فعال پنجه زنی، شروع خوشه دهی و شروع گلدهی) تکرار شده و نیتروژن مورد نیاز مصرف می‌شود.



شکل 26- اختلاف در رنگ بین چهار تیمار کود نیتروژنی در اواخر پنجه زنی. به پنجه زنی بیشتر و رنگ سبز تیره تر در تیمارهایی که مقادیر بیشتری کود نیتروژنی دریافت کرده‌اند، توجه شود (مقایسه شکل g و h با تیمار شاهد a و b)

در کشت مستقیم بذر برنج در برخی مناطق از جمله جنوب استرالیا، آزمایش سریع نیتروژن ساقه در مرحله تشکیل خوشه اولیه برای توصیه سرک نیتروژن مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار نیتروژن براساس تراکم پنجه و مقدار نیتروژن در ساقه برنج تنظیم می‌شود. مصرف سرک نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی هنگامی که تراکم بوته 800-1000 ساقه در متر مربع و مقدار نیتروژن ساقه در مرحله خوشه‌دهی بیش از 2 درصد باشد و یا تراکم بوته

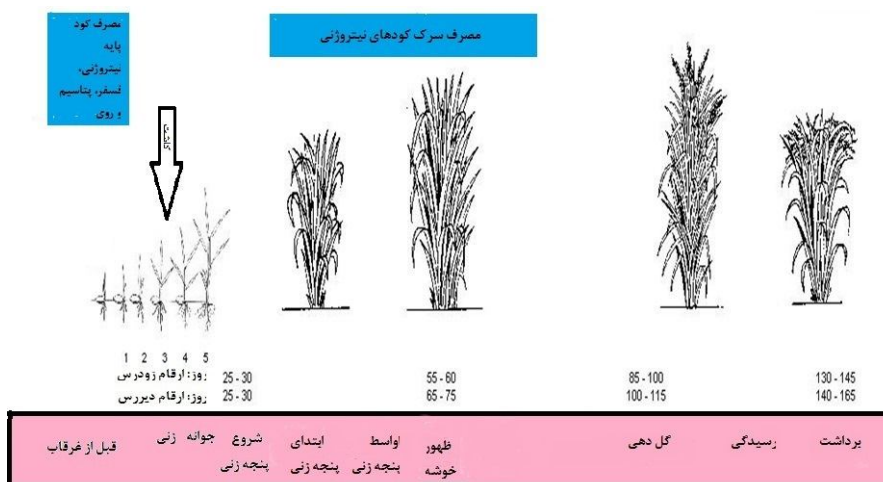
دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج / 31

1000-1200 ساقه در متر مربع و مقدار نیتروژن ساقه در مرحله تشکیل خوشه اولیه بیش از 1/75 درصد باشد توصیه نمی‌شود.

مدیریت مصرف کود نیتروژنی در مراحل مختلف رشد و نمو برنج

برای مدیریت تغذیه به هنگام و افزایش عملکرد محصول برنج در ابتدا باید بدانیم که عملکرد برنج از چه اجزایی تشکیل شده است. عملکرد برنج از چهار جزء و طبق رابطه (1) حاصل می‌شود.
 عملکرد در متر مربع = تعداد خوشه در متر مربع × تعداد دانه در خوشه × درصد دانه‌های رسیده × وزن هزار دانه × $\frac{1}{100000}$ (رابطه 1)

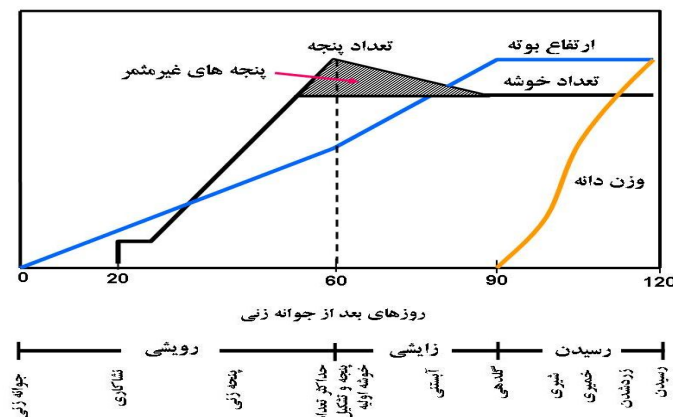
بنابراین به منظور افزایش عملکرد دانه، چهار جزء فوق باید افزایش یابند. برای مدیریت و بهینه سازی اجزاء فوق می‌بایست مشخص شود که چه وقت و چگونه هر کدام از این اجزاء تعیین می‌گردد. قبل از ورود به این موضوع باید مراحل رشد و نمو برنج شناسایی شود. چرخه حیات گیاه برنج از سه بخش دوره رشد رویشی، دوره رشد زایشی و دوره تشکیل شده است (شکل 27).



شکل 27- زمان مصرف کود نیتروژن و سایر کودها در مراحل مختلف رشد برنج

برای اجرای مدیریت مطلوب تغذیه برنج شناخت دوره‌های رشد رویشی و زایشی بسیار مهم می‌باشد. دوره رشد رویشی دوره‌ای است که گیاه از نظر فیزیکی رشد کرده و بزرگ می‌شود. ویژگی غالب گیاه در طی این دوره افزایش تعداد پنجه‌ها می‌باشد. دوره رشد زایشی دوره‌ای است که گیاه برنج به منظور زادآوری بعدی رشد می‌نماید و

خصوصیت اصلی گیاه در این دوره تمایز و نمو خوشه‌های جوان می باشد. به منظور مدیریت مطلوب کشت برنج و تغذیه مناسب، درک و تشخیص این دو دوره زمانی بسیار مهم می باشد. بطور کلی زمانی که تعداد پنجه‌ها افزایش نیابند، دوره رشد رویشی پایان می یابد. بنابراین بطور کلی دوره رشد رویشی در مرحله حداکثر تعداد پنجه به پایان می رسد. از آنجایی که تعداد پنجه و ارتفاع گیاه نشان دهنده ماده خشک گیاه است، میزان رشد گیاه بطور قابل ملاحظه‌ای در هر مرحله از رشد محاسبه می شود. اگر تعداد پنجه‌ها و ارتفاع گیاه در فاصله 7 تا 10 روز اندازه گیری شوند (شکل 28)، مراحل ظاهری و فیزیولوژیکی رشد بخوبی شناسایی می شود.



شکل 28- مراحل رشد و نمو گیاه برنج

همانطوری که در شکل (28) نشان داده شده است، تعداد پنجه‌های گیاه برنج بعد از نشاکاری با شیب تندی رو به افزایش است که مهمترین عنصر غذایی اثرگذار در افزایش تعداد پنجه‌ها در این مرحله نیتروژن می باشد. مصرف مقدار مناسب و کافی نیتروژن بصورت پایه و سرک (بعد از استقرار نشاء و رشد ریشه) به خصوص در ارقام میان‌رس و دیررس که از طول دوره رشد رویشی زیادتری برخوردارند، می تواند نیاز غذایی گیاه را تامین نماید. قسمت هاشور خورده شکل (28) نشان دهنده پنجه‌های غیر مشمر می باشد که به علت کمبود عناصر غذایی، کمبود نور و فضا، استرس‌های خشکی و شوری، رقابت علفهای هرز و خسارت

آفات و بیماریها دچار مرگ و میر می‌شوند. برای کاهش مرگ و میر پنجه‌ها و افزایش تعداد پنجه مثمر که تامین کننده تعداد خوشه می‌باشد، مدیریت مطلوب تغذیه بسیار حیاتی و مهم است.

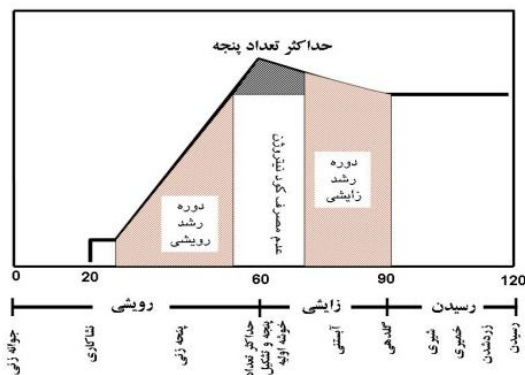
با توجه به رابطه (1)، تعداد خوشه در مترمربع یکی از اجزای بسیار مهم عملکرد برنج است که خود حاصلضرب تعداد بوته در مترمربع و تعداد خوشه در بوته می‌باشد. تعداد بوته متاثر از تراکم کاشت و فواصل نشاء در زمان نشاکاری و نیز میزان بذر در روش کشت مستقیم می‌باشد. تعداد بوته تثبیت شده در مزرعه بعد از کاشت نیز نشان دهنده تعداد بوته در واحد سطح می‌باشد. البته کیفیت نشاء و بذر نیز در میزان استقرار و تعداد بوته تثبیت شده مؤثرند. تعداد خوشه در بوته متاثر از حداکثر تعداد پنجه و تعداد پنجه مثمر می‌باشد. بنابراین برای تامین تعداد کافی خوشه در واحد سطح، می‌بایست در مرحله رشد رویشی برای افزایش تعداد پنجه کوشید و نیز در مرحله تشکیل خوشه جوان و بعد از آن از مرگ و میر پنجه‌ها جلوگیری کرد. مصرف کود سرک نیتروژن در مرحله فعال پنجه زنی و نیز مرحله مرگ و میر پنجه‌ها (شکل 29) به خصوص در ارقام دیررس و پرمحصول (در صورت کمبود مواد آلی خاک و کمبود نیتروژن در گیاه) برای دستیابی به عملکردهای قابل قبول بسیار مهم می‌باشد.

تعداد دانه در خوشه یا تعداد خوشچه در خوشه یکی دیگر از اجزای بسیار مهم عملکرد برنج می‌باشد. دو دوره بحرانی وجود دارد که تعداد خوشچه‌ها را در خوشه مشخص می‌کند یک دوره در حدود اواسط مرحله تمایز محور ثانویه خوشه می‌باشد که در آن تعداد دانه در حال افزایش است و دوره دیگر در حدود اواسط دوره آبستنی است که در آن دانه‌ها کاهش می‌یابند. تعداد دانه در خوشه بوسیله تفاوت بین تعداد دانه تمایز یافته در مرحله اول و تعداد دانه عقیم در مرحله دوم مشخص می‌شود. تعداد دانه‌های عقیم در مرحله اواسط آبستنی بیشترین تاثیر را می‌پذیرند و سرانجام 5 روز قبل از خوشه دهی مشخص می‌شوند. برای جلوگیری از مرگ و میر خوشچه‌ها و افزایش تعداد دانه در خوشه مدیریت مطلوب تغذیه گیاه برنج در طی دوره 30 روز قبل از خوشه دهی تا اواسط مرحله آبستنی بسیار مهم می‌باشد.

درصد دانه‌های رسیده ارتباط نزدیکی با تعداد دانه‌های پر و پوک در خوشه دارد. هر چقدر تعداد دانه پوک بیشتری در خوشه باشد نشان‌دهنده اثر محدودیت سیستم فتوسنتزی بطور مستقیم و شرایط محیطی و تغذیه‌ای بطور غیرمستقیم در طول دوره پر شدن دانه است.

با توجه به اینکه بذر برنج توسط دو پوسته خارجی احاطه شده است، اندازه پوسته بذر تعیین کننده حداکثر اندازه و وزن دانه برنج می‌باشد. بنابراین وزن هزار دانه توسط دو عامل مشخص می‌شود، یکی اندازه پوسته بذر که در زمان خوشه دهی مشخص شده است و دیگری توسعه و رشد دانه که بعد از خوشه دهی مشخص می‌شود. بنابراین اندازه پوسته به آسانی توسط شرایط نامساعد در مرحله آبستنی کاهش می‌یابد. چنانچه اندازه پوسته بذر کوچک باشد، اندازه دانه داخل پوسته هرگز بزرگ نمی‌شود.

عملکرد دانه توسط دو فاکتور عمده تعداد دانه در متر مربع و درصد دانه‌های رسیده بیان می‌شود و بیشترین مشکل در افزایش عملکرد برنج وجود همبستگی منفی بین تعداد دانه و درصد دانه‌های رسیده می‌باشد. به منظور دستیابی به عملکرد بالا، در آغاز باید تعداد دانه در متر مربع را افزایش داد که بدین منظور جذب نیتروژن توسط گیاه برنج باید بخوبی انجام گیرد. بطور کلی درصد دانه‌های رسیده با جذب بیش از حد نیتروژن توسط گیاه برنج کاهش می‌یابد. بر همین اساس، حتی اگر تعداد دانه افزایش یابد عملکرد به دلیل کاهش درصد دانه‌های رسیده افزایش نخواهد یافت. با وجود ثابت بودن میزان نیتروژن جذب شده، چنانچه نیتروژن در مرحله مناسب، جذب گیاه برنج شود، درصد دانه‌های رسیده افزایش می‌یابد. بنابراین به آسانی می‌توان دریافت که به منظور دستیابی به عملکرد بالا، نیتروژن باید بطور کامل در اوایل دوره رشد (مرحله فعال پنجه زنی) در ارقام زودرس و نیز در دوره رشد زایشی در ارقام دیررس و پرمحصول مصرف شود (شکل 29).



شکل 29- زمان مصرف کود سرک نیتروژن در گیاه برنج در ارقام زودرس و دیررس

از نظر مدیریتی دوره رشد گیاه برنج به سه دوره مجزا شامل اوایل دوره رشد (از جوانه زنی تا مرحله حداکثر پنجه زنی و تشکیل خوشه اولیه)، اواسط دوره رشد (از شروع رشد زایشی تا گلدهی) و اواخر دوره رشد (دوره پر شدن دانه) تقسیم می‌گردد. در اواسط دوره رشد هدف، بهبود و کنترل تیپ بوته می‌باشد. با کنترل تیپ بوته کارایی استفاده از نور افزایش یافته و از ورس نیز جلوگیری می‌شود. به علاوه شرایط فیزیکی و مورفولوژیکی بخشهای مختلف گیاه از جمله برگ، ریشه و ساقه بهبود می‌یابد. کنترل تیپ گیاه و جلوگیری از ورس، به طور مستقیم با بهبود درصد دانه‌های رسیده مرتبط می‌باشد. بهبود شرایط فیزیکی باعث افزایش نسبت کربن به نیتروژن (C/N) می‌شود. هرچه این نسبت بزرگتر باشد درصد دانه‌های رسیده بیشتر می‌شود و در همان زمان مقاومت گیاه در مقابل شرایط نامناسب آب و هوایی، آفات و بیماریها افزایش می‌یابد. در این دوره جذب بیش از حد نیتروژن (به ویژه در ارقام پابلند و محلی) باید محدود گردد. البته باید توجه داشت که محدودیت زیاد جذب نیتروژن در اواسط دوره رشد، باعث کاهش تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه می‌شود که در نتیجه تعداد دانه در متر مربع کاهش می‌یابد. استفاده از شاخص رنگ برگ و اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ در این مرحله اهمیت بسیاری دارد.

در ارقام دیررس و پرمحصول کود سرک نیتروژن از اواخر تمایز خوشچه تا مرحله خوشه‌دهی (منطقه هاشورخورده دوم در شکل 29) میزان کربوهیدرات گیاه را افزایش می‌دهد. به طور خلاصه، مرحله اواخر تمایز خوشچه نقطه عطف و مرحله مهم در فیزیولوژی و چرخه حیات گیاه برنج است. بعد از کاربرد کود سرک در اواخر تمایز خوشچه، مرحله بعدی سرک‌پاشی (در ارقام دیررس و پرمحصول) در زمان خوشه‌دهی کامل می‌باشد. بعد از خوشه‌دهی، نیتروژن برگها به سمت خوشه انتقال یافته و محتوای نیتروژن برگها به سرعت و روز به روز کاهش می‌یابد. در نتیجه میزان جذب کربن با کاهش میزان نیتروژن، بطور مستقیم کاهش می‌یابد. به دلیل اینکه فعالیت و توانایی رشد ریشه در مرحله خوشه‌دهی کامل ضعیف شده است، میزان نیتروژن مصرفی به عنوان سرک، باید مساوی یا بیشتر از مقداری باشد که در زمان اواخر تمایز خوشچه مصرف شده است. عملکرد دانه و افزایش میزان تولید ماده خشک بعد از خوشه‌دهی به مقدار بسیار زیاد تحت تأثیر میزان نیتروژن و میزان تشعشع خورشیدی در طی دوره رسیدن می‌باشد.

3-1-2- توصیه مصرف فسفر

برنج به صورت‌های مختلف کشت می‌شود که هر کدام از این روش‌ها بر مقدار ذخیره فسفر تأثیر می‌گذارد. 93 درصد از کشت در شرایط غرقابی و حدود 7 درصد آن در اراضی فاریاب مثل دیگر غلات کشت می‌شود. پاسخ به کوددهی فسفر، در شرایط غرقاب به دلیل شرایط احیایی که موجب افزایش حلالیت فسفر می‌شود، نامشخص است. در خاکهای با مقدار کم آهن فعال و فسفر کل و مقدار کم فسفر قابل استفاده خاک پاسخ به این نوع کودها محتمل خواهد بود. پاسخ به کودهای فسفوری در شرایط فاریاب دارای احتمال بیشتری می‌باشد. به هر حال توصیه کود فسفوری می‌بایستی بر اساس آزمون خاک، نوع خاک و تاریخچه پاسخ به مصرف فسفر باشد. سطح بحرانی فسفر در خاک بستگی به نوع خاک و عملکرد مورد انتظار دارد. از روش‌های عصاره‌گیری مختلفی برای عصاره‌گیری فسفر در خاک‌های شالیزاری استفاده می‌شود. در اراضی شالیزاری با کربنات کلسیم کم و یا بدون آن، نتایج روش اولسن می‌تواند به صورت جدول (12) طبقه‌بندی شود.

جدول 12- گروه بندی فسفر خاک به روش عصاره گیری اولسن

فسفر قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)			عنوان گروه
>10	5-10	<5	
زیاد	متوسط	کم	احتمال پاسخ به مصرف کود
تنها در عملکرد بالا (بیش از 6 تن در هکتار)			

برای دسته بندی خاک به روش بری-1 می‌توان از جدول (13) استفاده نمود. روش اولسن به دلیل اینکه در دامنه pH وسیعی استفاده شده و نیز قابلیت اندازه‌گیری فسفر قابل استفاده در شرایط ریزوسفر ویژه گیاه برنج را دارد، مناسب می‌باشد. عصاره‌گیری اسیدی مانند بری-1، برای اندازه‌گیری فسفر در خاکهای شالیزاری و خشکه کاری اسیدی مناسب می‌باشد.

جدول 13- گروه بندی فسفر خاک برای کشت برنج به روش عصاره گیری بری-1

فسفر قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)			عنوان گروه
>20	7-20	<7	
زیاد	متوسط	کم	احتمال پاسخ به مصرف کود
تنها در عملکرد بالا (بیش از 6 تن در هکتار)			

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج / 37

برنج با عملکرد هشت تن در هکتار همراه با کاه و کلش 22 کیلوگرم فسفر در هکتار (معادل 110 کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل)، از خاک برداشت می‌کند. برای حفظ عملکرد 5-7 تن در هکتار و جایگزینی فسفر تخلیه شده، میزان مصرف کودهای فسفوری در دامنه 15-30 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در جدول (14) توصیه مصرف فسفر براساس آزمون خاک ارائه شده است.

جدول 14- توصیه کودی دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل بر حسب کیلوگرم در هکتار

عملکرد شلتوک (تن در هکتار)							فسفر قابل جذب خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
9	8	7	6	5	4	3	
				250	250	200	≤1
				240	200	170	2
		250	270	230	175	150	4
350	300	230	220	200	150	100	6
300	250	200	200	175	130	75	8
250	200	150	150	150	120	50	10
200	150	100	100	100	100	50	12
150	100	50	50	50	50	50	14
100	50	50	50	50	50	0	16
50	50	50	50	50	50	0	18
0	0	0	0	0	0	0	≥20

غلظت فسفر به سن گیاه، میزان نیتروژن مصرفی و وارسته برنج بستگی دارد. در شرایط افزایش مصرف نیتروژن و کمبود فسفر، به دلیل اثر رقت، مقدار فسفر در بافت گیاهی کاهش می‌یابد. غلظت فسفر در برگها در مرحله گل‌دهی زمانی که گیاه برنج دچار کمبود پتاسیم و منگنز است، بیشتر می‌باشد.

مشابه با دیگر عناصر غذایی، جذب فسفر به درجه حرارت وابسته است. جذب فسفر وقتی درجه حرارت از 15°C به 30°C کاهش یابد، 56 درصد کم می‌شود. وجود سولفید هیدروژن در شرایط غرقابی موجب ترشح فسفر از ریشه می‌شود. افزایش در حلالیت فسفر

در اثر شرایط غرقاب، موجب افزایش غلظت فسفر در گیاه می‌گردد. غلظت فسفر گیاه در نتیجه غرقاب تقریباً از 0/06 به 0/1 درصد می‌رسد.

به دلیل اینکه بخش زیادی از فسفر در گیاه برنج در مرحله رسیدگی در دانه وجود دارد و غلظت فسفر دانه به طور نسبی ثابت می‌باشد، جذب کل فسفر بوسیله گیاه متأثر از عواملی است که عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. 70 درصد تغییرات در جذب فسفر با تغییرات عملکرد همراه است. جذب کل فسفر ارتباط نزدیکی با تولید ماده خشک دارد.

سطح فسفر خاک و مصرف کود فسفوری همراه با نیتروژن و دیگر عناصر غذایی ممکن است غلظت فسفر در بافت برگی را تحت تاثیر قرار دهد. کود فسفر، میزان فسفر گیاه را به صورت معنی‌دار افزایش می‌دهد. واریته‌های برنج اختلاف قابل توجهی در مرحله پنجه‌دهی در غلظت فسفر دارند. در مرحله گل‌دهی اختلاف واریته‌ها، خیلی زیاد نیست.

کود فسفوری ممکن است برای چندین سال اثرات باقی مانده داشته باشد. میزان مصرف کودهای فسفوری می‌بایست با تأکید بر روی میزان برداشت فسفر توسط گیاه و حفظ سطح فسفر قابل استفاده خاک تا جایی که ذخیره فسفر خاک عامل محدودکننده رشد و راندمان استفاده از نیتروژن نباشد، مدیریت گردد. جذب این عنصر به ویژه در مرحله اولیه رشد مهم است. وقتی فسفر بومی خاک پایین و سیستم ریشه گیاه توسعه ضعیفی دارد، استفاده بیشتر از مقدار نیاز گیاه، توصیه می‌شود. فسفر در داخل گیاه اگر به مقدار کافی در طی مراحل اولیه رشد جذب شده باشد، در مراحل بعدی دوباره وارد سیستم گیاه می‌شود. روشهای معمول که موجب ممانعت از کمبود فسفر و بهبود راندمان آن می‌شود به شرح زیر است:

- واریته: کشت ارقامی از برنج که توانایی استفاده مؤثر از فسفر را به ویژه در خاکهای اسیدی دارند در کاهش کمبود فسفر گیاه مؤثرند. ارقام فسفر کارا به دلیل مورفولوژی بهتر ریشه یا افزایش ترشح اسیدهای آلی و اکسیژن از ریشه‌ها و همچنین عملکرد بیشتر در شرایط جذب فسفر پایین راندمان بالاتری در استفاده از فسفر دارند.

- مدیریت خاک: در سیستم کشت برنج - برنج، انجام شخم خشک کم عمق (10 سانتی متر) در طی دو هفته بعد از برداشت توصیه می‌شود. شخم اولیه موجب افزایش اکسیداسیون خاک و تجزیه باقیمانده‌های گیاهی در طی دوره بعد کشت شده و باعث افزایش قابلیت استفاده

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /39

فسفر در کشت بعدی برنج می‌شود. این عمل برای سیستم کشت خشکه کاری، به دلیل اینکه شخم اولیه بعد از برداشت برنج موجب کاهش قابلیت استفاده فسفر برای محصول بعدی (به طور مثال گندم) می‌گردد، توصیه نمی‌شود.

- مصرف فسفوباکتريا: استفاده از این کود زیستی به صورت پوشش روی بذر یا غوطه‌ور کردن ریشه نشاء در محلول آن مؤثر می‌باشد.

- مدیریت گیاه: استفاده از بذر سالم ارقام با عملکرد بالا، تراکم مناسب و مدیریت مناسب آبیاری و مبارزه آفات،

- مدیریت کاه و کلش: مخلوط کردن کاه و کلش با خاک. اگر چه کل مقدار برگشتی فسفر از این طریق کم می‌باشد (یک کیلوگرم فسفر در هر تن کاه و کلش)، در طولانی مدت برای بالانس فسفر خاک مفید خواهد بود.

- مدیریت کودی: مصرف مقادیر مناسبی از کودهای نیتروژنی و پتاسیمی و رفع کمبود عناصر کم مصرف در کنار جایگزینی فسفر برداشت شده از خاک به وسیله محصول با مصرف کودهای فسفوری، کودهای دامی و مواد دیگر (مثل کمپوست) در رفع کمبود فسفر مؤثر است. اگر علائم کمبود فسفر وجود داشته باشد، ممکن است پاسخ به مصرف کود فسفوری دیده نشود.

نوع کود مصرفی، روش و زمان مصرف، ظرفیت ذخیره فسفر خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ذخیره دیگر عناصر غذایی (مانند نیتروژن و پتاسیم)؛ مدیریت آب، درجه حرارت، نوع وارپته، سیستم کشت و تاریخچه کشت در پاسخ برنج به مصرف کودهای فسفوری مؤثرند. توصیه‌های عمومی برای استفاده کودهای فسفوری به شرح زیر است:

- اگر کاه و کلش در مزرعه باقی می‌ماند و مقدار فسفر وارد شده از طریق کود دامی پایین است،

مصرف حداقل 2 کیلوگرم فسفر در هکتار به ازای هر تن دانه برداشته شده (بطور مثال، 10

کیلوگرم فسفر برای عملکرد 5 تن در هکتار) برای جلوگیری از تخلیه فسفر خاک ضروری است.

- اگر بیشتر کاه و کلش از مزرعه خارج شده و فسفر ورودی از منابع دیگر (کود دامی،

آبیاری و رسوبات) خیلی کم است، مصرف حداقل 3 کیلوگرم فسفر در هکتار به ازای

هر تن دانه (بطور مثال 15 کیلوگرم فسفر برای عملکرد 5 تن در هکتار) برای

جلوگیری از تخلیه فسفر ضروری است.

روش و زمان مصرف کودهای فسفوری: کاربرد این کودها می‌بایست در زمان کاشت و یکبارہ انجام شود. در شرایط اراضی غرقابی، کودهای فسفوری قبل از کشت و در ضمن عملیات و آماده‌سازی زمین در سطح خاک پخش شده و با شخم یا دیسک زیر خاک می‌شوند. بین منابع کودهای فسفوری اختلاف کمی وجود دارد. به جز خاک فسفات که در خاک‌های به شدت اسیدی نسبت به سوپر فسفات ساده برتری دارد. منابع کودی فسفر برای برنج به شرح جدول (15) می‌باشد.

جدول 15- انواع کودهای فسفوری قابل استفاده در زراعت برنج

مقدار عنصر (درصد)	فرمول	نام
16-21 P ₂ O ₅		
12 S	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O+CaSO ₄ .(2H ₂ O)	سوپر فسفات ساده
13-20 Ca		
46 P ₂ O ₅		
1/4 S	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	سوپر فسفات تریپل
9-14 Ca		
61 P ₂ O ₅		
11 N	NH ₄ H ₂ PO ₄	منو آمونیم فسفات (MAP)
46 P ₂ O ₅		
18-21 N	(NH ₄) ₂ HPO ₄	دی آمونیم فسفات (DAP)
46 P ₂ O ₅		
18 N	CO(NH ₂) ₂ +H ₃ PO ₄	اوره فسفات UP

منبع کود فسفوری براساس قیمت هر کیلوگرم فسفر (P₂O₅)، مقدار عناصر غذایی دیگر، حالیت و واکنش کود فسفوری با خاک انتخاب می‌شود. کودهای فسفوری مقداری از گوگرد مورد نیاز را نیز تأمین می‌نمایند. در تغییر منبع کود فسفره عاری از گوگرد مثل سوپر فسفات تریپل به منبع دارای گوگرد مثل سوپر فسفات ساده توجه شود که ذخیره کافی در خاک یا ورودی به آن وجود داشته باشد. محلول کودی حاصل از حل شدن سوپر فسفات pH در حدود 1 تا 3 خواهد داشت. زمانی که منبع کودی فسفات آمونیم باشد محلول حاصل pH در حدود 7/5 تا 8 خواهد داشت.

3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم

برای تولید شش تن شلتوک حدود 100 کیلوگرم پتاسیم از زمین برداشت می‌شود که 80 درصد آن مربوط به گاه و کلش می‌باشد. توصیه مصرف پتاسیم می‌بایست براساس آزمون خاک صورت گیرد. حد بحرانی پتاسیم در خاک با روش استات آمونیوم یک نرمال برای خاکهای شالیزاری بسیار متغیر می‌باشد. در جدول (16) توصیه مصرف پتاسیم براساس آزمون خاک ارائه شده است. مناسب‌ترین روش برای تعیین پتاسیم مورد نیاز، تعیین پتاسیم قابل استفاده خاک براساس ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است. اگر مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک کمتر از 2/5 درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک باشد، عکس‌العمل برنج نسبت به مصرف کودهای پتاسیمی مثبت است. کاربرد کودهای پتاسیمی محلول در مراحل خوشه‌دهی و پر شدن دانه به تولید دانه‌های با وزن بالا کمک می‌نماید.

جدول 16- توصیه مصرف سولفات پتاسیم بر حسب کیلوگرم در هکتار در کشت برنج

عملکرد شلتوک (تن در هکتار)							پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم)
9	8	7	6	5	4	3	
				400	350	300	کمتر از 100
				380	330	270	120
			400	360	320	240	140
400	390	380	360	340	300	250	160
380	380	360	340	320	280	240	180
360	360	340	320	300	260	220	200
340	340	320	300	280	240	200	220
320	320	300	280	260	220	180	240
300	300	280	260	240	200	160	260
280	280	260	240	220	180	140	280
260	260	240	220	200	160	120	300
260	240	220	200	180	140	100	بیشتر از 300

3-1-4- کلسیم

کلسیم جزو ساختمانی پکتات‌ها در ساختمان دیواره سلولی بوده و نیز به عنوان یک فعال کننده آنزیمی در پایداری غشاء زنده مؤثر می‌باشد. کلسیم در تنظیم اسمزی سلول و تنظیم نسبت کاتیون به آنیون نقش دارد. کلسیم نسبت به منیزیم و پتاسیم در گیاه برنج کمتر متحرک می‌باشد. به دلیل عدم انتقال مجدد کلسیم به نقاط رویشی جدید، کمبود آن ابتدا در برگهای جوان مشاهده می‌شود. کمبود کلسیم موجب خلل در وظایف ریشه شده و گیاه برنج را در معرض سمیت آهن قرار می‌دهد. ذخیره کافی از کلسیم مقاومت گیاه برنج به بیماریها مثل بلایت باکتریایی برگی را افزایش می‌دهد.

در گیاه نسبت $Ca:Mg$ در ساقه‌های برنج در مرحله جوانه‌زنی یا خوشه‌دهی اگر $1-1/5$ باشد مناسب است. سفیدی نوک برگها در نسبت $Ca:Mg$ کمتر از یک ممکن است مشاهده شود. در خاک، هنگامی که کلسیم تبدالی خاک کمتر از یک سانتی مول بار در هر کیلوگرم خاک و یا درصد اشباع کلسیم خاک کمتر از 8 درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک باشد، کمبود کلسیم اتفاق می‌افتد. برای رشد مناسب، اشباع ظرفیت تبادل کاتیونی از کلسیم بایستی بیش از 20 درصد باشد. برای رشد مناسب نسبت $Ca:Mg$ می‌بایست بیش از $1:3-4$ در قسمت تبدالی و $1:1$ در محلول خاک باشد.

کمبود کلسیم ممکن است با کمبود بور اشتباه شود. برای تشخیص مساله تجزیه بافتهای گیاه می‌تواند کمک کند. دلایل کمبود کلسیم به شرح زیر می‌باشد.

- مقادیر خیلی کم کلسیم قابل استفاده خاک (خاکهای هوادیده، اسیدی، شنی و خاکهای با ظرفیت تبادل کاتیونی کم)
- pH قلیایی با نسبت $Na:Ca$ تبدالی بالا که موجب کاهش جذب کلسیم می‌شود.
- استفاده از آب آبیاری غنی از بی کربنات سدیم
- نسبت بالای $Fe:Ca$ یا $Mg:Ca$ که منجر به کاهش جذب کلسیم می‌شود. کاشت طولانی مدت برنج منجر به افزایش این نسبت‌ها می‌شود.
- کاربرد زیاد کودهای نیتروژنی و پتاسیمی که منجر به افزایش نسبت $NH_4:Ca$ یا $K:Ca$ و کاهش در جذب کلسیم می‌شود.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /43

- کاربرد مقادیر بالای فسفر که به علت تشکیل فسفاتهای کلسیم منجر به کاهش کلسیم قابل استفاده می‌شود.
 - کمبود کلسیم در اراضی شالیزارهای پائین دست غیرمعمول می‌باشد چونکه مقادیر کافی کلسیم در خاک، کودهای مصرفی و آب آبیاری وجود دارد.
- کاربرد کود دامی و بازگرداندن بقایای گیاه برنج برای جبران کلسیم برداشت شده از خاک مفید است. از سوپرفسفات ساده (20-13 درصد کلسیم) و یا سوپرفسفات تریپل (14-9 درصد کلسیم) به عنوان منبع کلسیمی نیز می‌توان استفاده کرد.

3-1-5- گوگرد

تشخیص علامت کمبود گوگرد مشکل است. علائم آن بعضی اوقات با کمبود نیتروژن اشتباه می‌شود. دلایل کمبود گوگرد شامل مقدار قابل استفاده کم گوگرد در خاک، تخلیه گوگرد خاک در نتیجه کشت متراکم و استفاده از منابع کودی عاری از گوگرد (مثل اوره به جای سولفات آمونیم، سوپرفسفات تریپل به جای سوپرفسفات ساده و KCl به جای K_2SO_4) می‌باشد. در بیشتر کشورهای در حال توسعه مقدار گوگرد موجود در ته نشتهای اتمسفری به دلیل سطح آلودگی کم صنعتی ناچیز می‌باشد. غلظت گوگرد در آب زیرزمینی دارای دامنه وسیعی است. آب آبیاری دارای مقدار خیلی زیادی از غلظت سولفات می‌باشد. خاکهایی که در معرض کمبود گوگرد هستند شامل خاکهای حاوی آلوپانها (مثل اندی سل‌ها)، خاکهای دارای مواد آلی کم، خاکهای با هوادیدگی زیاد و مقادیر بالای اکسیدهای آهن و خاکهای شنی می‌باشند. آزمون خاک برای گوگرد قابل اعتماد نیست مگر اینکه منابع معدنی گوگرد از معدنی شدن بعضی از ترکیبات آلی گوگرد موجود باشد. سطح بحرانی گوگرد برای وقوع کمبود گوگرد به شرح زیر می‌باشد:

- عصاره گیری با HCl، 0/05 مولار، کمتر از 5 میلی گرم گوگرد در کیلوگرم در خاک
 - عصاره گیری با KCl، 0/25 مولار، کمتر از 6 میلی گرم گوگرد در کیلوگرم در خاک
 - عصاره گیری با $Ca(H_2PO_4)_2$ ، 0/01 مولار، کمتر از 9 میلی گرم گوگرد در کیلوگرم در خاک
- اصول مدیریتی: در بیشتر اراضی پایین دست تأمین گوگرد از منابع طبیعی یا کودهای گوگردی به اندازه یا بیش از برداشت گوگرد توسط گیاه می‌باشد. غلظت گوگرد در آب باران دارای دامنه

وسیع بوده و از طرف ساحل یا مناطق صنعتی با فاصله کم می‌شود. در آسیا، تهنشست سالانه گوگرد در بارندگی‌ها از 2 تا 50 کیلوگرم گوگرد در هکتار می‌باشد. آب آبیاری به طور معمول به مقدار 30-10 کیلوگرم گوگرد را به شکل سولفات تأمین می‌کند. کمبود گوگرد به راحتی به وسیله استفاده از کودهای گوگردی برطرف می‌شود. بعضی از مدیریت‌های مختلف برای مقابله با کمبود گوگرد شامل تخمین مقدار ورودی گوگرد از اتمسفر برای نیاز به مدیریت گوگرد، کاربرد گوگرد در بستر بذر (خزانه برنج) بوسیله استفاده از کودهای حاوی گوگرد مثل سولفات آمونیم و سوپرفسفات ساده، مخلوط کردن بقایا با خاک به جای برداشت کامل یا سوزاندن آن (در حدود 40-60 درصد گوگرد در بقایای گیاهی در طی سوزاندن از بین می‌رود) و بهبود مدیریت خاک برای جذب بهتر گوگرد توسط گیاه می‌باشد.

نفوذپذیری مناسب (5 میلی‌متر در روز) برای ممانعت از شرایط احیاء، انجام شخم بعد از برداشت برای افزایش میزان اکسیداسیون سولفیدها در طی دوره بعدی کشت از جمله اقدامات مهم در بهبود شرایط خاکی است. رفع کمبود گوگرد نیاز به بالانس بین منابع کودی گوگرد و ورودی گوگرد از منابع دیگر مثل اتمسفر، آبیاری و مقدار موجود در خاک دارد. اگر کمبود گوگرد در مرحله اول رشد باشد، پاسخ به کود گوگردی سریع بوده و بازگشت علایم در طی 5 روز از کاربرد کود گوگردی می‌تواند رفع شود. در رفع کمبود گوگرد به وسیله کودهای گوگردی به نکات زیر توجه شود:

در مناطقی که وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر گوگرد خوب است و آب دارای مقادیر بالای گوگرد می‌باشد کود گوگردی استفاده نشود. در جایی که کمبود گوگرد نسبتاً مشاهده می‌شود، کاربرد 10 کیلوگرم گوگرد در هکتار و در خاکهای با کمبود شدید گوگرد کاربرد 20-40 کیلوگرم گوگرد در هکتار توصیه می‌شود. کاربرد 15-20 کیلوگرم گوگرد در هکتار دارای اثرات باقیمانده برای دوره بعدی کشت برنج می‌باشد.

سمیت ناشی از سولفید

غلظت بالای سولفید هیدروژن (H_2S) در محلول خاک به علت شرایط احیای شدید و رسوب کم سولفید آهن (FeS) و همچنین کاهش در قدرت اکسیداسیون ریشه به علت

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /45

وضعیت نامناسب تغذیه گیاه از جمله کمبود پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم اتفاق می‌افتد. کاربرد اضافی سولفات‌ها در کودها و فاضلاب‌های صنعتی در اراضی بازهکشی ضعیف و خاکهای دارای شرایط احیای شدید به ایجاد شرایط سمیت ناشی از احیای گوگرد و تشکیل سولفید هیدروژن کمک می‌نماید. اگر مقادیر کافی از آهن آزاد (Fe^{+2}) وجود داشته باشد، غلظت سولفید هیدروژن به علت تشکیل سولفید آهن غیرمحلول، کاهش می‌یابد. سمیت به طور معمول همراه با مقادیر کم آهن در خاک می‌باشد. به دلیل اینکه باکتریهای احیا کننده سولفات (SO_4^{-2}) در pH بیش از 5 فعال می‌شوند، سمیت سولفید هیدروژن به طور معمول بعد از غرقاب طولانی مدت بوجود می‌آید.

علایم سمیت سولفید به صورت کلروز بین رگبرگی در جوانه‌های برگگی، سیستم ریشه‌ای با رنگ قهوه‌ای تیره و افزایش وقوع بیماری مثل پوسیدگی قهوه‌ای به دلیل عدم بالانس عناصر غذایی بروز می‌نماید. سمیت سولفید بستگی به غلظت سولفید در محلول خاک دارد. سمیت سولفید هیدروژن (H_2S) وقتی غلظت آن در محلول خاک بیش از 0/07 میلی گرم در لیتر باشد به وقوع می‌پیوندد. علایم برگگی سمیت سولفید با علایم کمبود آهن مشابهت دارد. دیگر معیارهای تشخیص مشابهت با سمیت آهن دارد.

در غلظت بالای سولفید هیدروژن در خاک، جذب عناصر غذایی به دلیل کاهش در ترشح ریشه کاهش می‌یابد. مقادیر بالای سولفید هیدروژن اثر معکوسی بر متابولیسم گیاه برنج دارد. ریشه‌های گیاه برنج اکسیژن را برای اکسیداسیون H_2S در ریزوسفر آزاد می‌کنند. سمیت H_2S بستگی به قدرت اکسیداسیون ریشه، غلظت H_2S در محلول خاک و ذخیره عناصر غذایی در ریشه دارد. گیاه برنج جوان قبل از توسعه شرایط اکسیداسیون در ریزوسفر نسبت به سمیت سولفید حساس است.

مدیریت کاهش اثرات سمیت سولفید: وارپته‌های برنج با ظرفیت بالا در آزادسازی اکسیژن از ریشه‌ها تحمل بالایی به سمیت سولفید دارند. در آب و هوای معتدل، پوشش بذرها با اکسیدانت (مثل پراکسیداز) برای افزایش ذخیره اکسیژن و بهبود جوانه‌زنی بذر مناسب می‌باشد. ممانعت از غرقاب طولانی مدت و استفاده از آبیاری متناوب در خاکهایی که دارای غلظت بالای گوگرد و مواد آلی می‌باشند به بهبود شرایط کمک می‌نماید.

تغذیه متعادل برنج به منظور بهبود قدرت اکسیداسیون ریشه توصیه می‌شود. کاربرد مقادیر کافی از پتاسیم و ممانعت از مصرف مقادیر بالای مواد آلی از جمله مدیریتهای کودی در کاهش اثرات سمی سولفید می‌باشد. انجام شخم خشک بعد از برداشت برنج به منظور افزایش اکسیداسیون گوگرد و آهن نیز توصیه می‌شود.

3-1-6- سیلیسیم

گیاه برنجی با تولید 5 تن در هکتار دانه حدود 230-470 کیلوگرم سیلیسیم عنصری را از یک هکتار زمین برحسب نوع خاک و رقم جذب می‌نماید. آزمایش خاک و گیاه برای ارزیابی کمبود سیلیسیم می‌تواند انجام شود. سطح بحرانی سیلیسیم در خاک برای وقوع کمبود، 40 میلی گرم سیلیسیم در کیلوگرم خاک با عصاره گیر استات سدیم یک مولار در pH برابر 4 می‌باشد.

دلایل عمده کمبود سیلیسیم در خاک شامل قدرت ذخیره سازی سیلیسیم کم خاک ناشی از هوادیدگی شدید و فرسودگی خاک، کمبود سیلیسیم در مواد مادری و تخلیه سیلیسیم از خاک در اثر کشت متراکم و برنگرداندن بقایا به خاک می‌باشد.

مقدار کم سیلیسیم در خاک مشخصه پایین بودن حاصلخیزی خاک اراضی شالیزاری است (سیلیسیم عنصری حساس به آبشویی می‌باشد). خاکهایی که از لحاظ مقدار سیلیسیم پایین هستند به طور معمول از نظر عناصر غذایی دیگر نیز فقیر می‌باشند. به جزء خاکهای آتشفشانی که اغلب غنی از سیلیسیم بوده و از نظر فسفر، کلسیم و منیزیم فقیر هستند وضعیت سیلیسیم در گیاه برنج شاخص عمومی وضعیت تغذیه‌ای محسوب می‌شود. به دلیل اینکه مصرف سیلیسیم معمول نمی‌باشد، و در اثر کشت متراکم، مقادیر بالایی از کاه و کلش برداشت می‌شوند، بالانس سیلیسیم اغلب منفی (150-350 کیلوگرم سیلیسیم در هکتار) بوده و کمبود سیلیسیم ممکن است در آینده در این سیستم‌ها گسترش یابد. خاکهایی که در معرض کمبود سیلیسیم هستند دارای خصوصیات زیر می‌باشند:

خاکهای شالیزار قدیمی در مناطق معتدله (مثل ژاپن و کره) یا نیمه حاره (مثل شمال ویتنام)، خاکهای آلی با مقادیر کم سیلیسیم معدنی (مثل پیت در فلوریدا، اندونزی، و

مادگاسکار)، خاکهای به شدت هوا دیده و آبشویی شده مناطق حاره (مثل شمال شرق تایلند). اصول مدیریتی: مقداری از سیلیسیم از طریق آب آبیاری وارد می‌شود. به ویژه اگر آب زیرزمینی از مناطقی که دارای سنگهای آتشفشانی باشند بگذرد. با فرض غلظت سیلیسیم 3-8 میلی گرم سیلیسیم در لیتر و در حدود 1000 میلی متر آب آبیاری، سیلیسیم ورودی از طریق آب آبیاری در حدود 80-30 کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

در طی مدت طولانی، کمبود سیلیسیم با برگرداندن گاه و کلش به مزرعه اتفاق نمی‌افتد. گاه و کلش برنج 5-6 درصد سیلیسیم و پوسته برنج 10 درصد سیلیسیم دارند. در شرایط کمبود سیلیسیم ممانعت از کاربرد مقادیر اضافی از کودهای نیتروژنی که موجب افزایش عملکرد و جذب کل نیتروژن و سیلیسیم شده در نتیجه کاهش غلظت سیلیسیم در گاه و کلش را به دنبال دارد ممانعت گردد. رفع کمبود سیلیسیم با کاربرد سیلیکات کلسیم و اسید سیلیسیک امکان پذیر است.

3-1-7- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف

- روی

کمبود روی در خاکهای آهنکی، سدیمی، خاکهای دارای pH بالا، هیستوسل، خاکهای شنی، لومی شنی، لومی و آلی (نسبت به خاکهای سیلتی یا رسی) و نیز خاکهایی که برای مدت طولانی مرطوب بوده‌اند شایع تر است. همچنین خاکهای دارای مقدار بالای سیلیسیم محلول در آب و خاکهایی که نسبت منیزیم به کلسیم بیش از یک دارند کمبود روی از خود نشان می‌دهند. ساده‌ترین روش برای برطرف کردن کمبود روی زهکشی کردن مزرعه و در نتیجه افزایش حلالیت روی می‌باشد. اما این روش اغلب به دلیل اثرات مفید غرقاب طولانی مدت برای کشت برنج غیرممکن یا نامطلوب است. کمبود روی را بوسیله غوطه‌ور کردن نشاهای برنج در سوسپانسیون 2 درصد اکسید روی در آب می‌توان برطرف نمود.

به علاوه مقدار 25 کیلوگرم در هکتار سولفات روی را می‌توان با 50 کیلوگرم شن خشک مخلوط کرده و در یک هکتار به کار برد. این مقدار را نیز می‌توان به نسبت 1:10 با کود دامی پوسیده مخلوط کرده و با رطوبت مناسب به مدت 30 روز رها نمود. این مخلوط قبل از کشت مصرف می‌گردد. در صورت کاربرد کود سبز (6/5 تن در هکتار) مقدار

12/5 کیلوگرم در هکتار سولفات روی کافی است. در صورت مشاهده علائم کمبود روی، برنج با محلول حاوی 0/5 درصد سولفات روی و یک درصد اوره با فاصله 15 روز یک بار تا زمان رفع کمبود محلول پاشی می‌گردد. محلول پاشی در زمان پنجه‌زنی تا گلدهی می‌تواند مؤثر باشد.

- آهن

برای تأیید کمبود آهن می‌توان هم خاک و هم گیاه را آزمایش نمود. به منظور بررسی وضعیت تغذیه‌ای آهن، مقدار آهن فعال برگ از مقدار کل آهن شاخص مناسب‌تری می‌باشد. حد بحرانی آهن در 40 روز بعد از کاشت 45 میلی‌گرم در کیلوگرم در بافت برگ می‌باشد. حد بحرانی آهن در مناطق مرستمی دارای رشد سریع، بسیار بالاتر است. در بافتهای رویشی مثل ساقه‌ها، حد بحرانی آهن در حدود 200 میلی‌گرم در کیلوگرم برای آهن کل و 60-80 میلی‌گرم در کیلوگرم برای آهن فعال می‌باشد.

حد بحرانی آهن در خاک 2 میلی‌گرم در کیلوگرم با عصاره گیر استات آمونیوم و 4-5 میلی‌گرم در کیلوگرم برای عصاره گیر DTPA تعیین شده است.

غلظت کم Fe^{+2} در محلول خاک اراضی بالادست، شرایط احیای ناکافی خاک در شرایط غرقابی (به طور مثال خاکهای با ماده آلی کم)، خاکهای با pH بالا یا قلیایی یا خاکهای آهکی (کاهش حلالیت و جذب آهن به دلیل غلظت بالای بی‌کربنات)، نسبت فسفر به آهن بالا در خاک و ترکیب آهن به صورت فسفاتهای آهن در اثر کاربرد مقادیر بالای فسفر، غلظت بالای منگنز، مس، روی، مولیبدن، نیکل و آلومینیوم در خاک، کشت ارقام با پتانسیل کم برای ترشح اسیدهای آلی که آهن را قابل حل می‌کنند و افزایش pH ریزوسفر بعد از کاربرد مقادیر بالای کودهای نیتروژنی یا نیتراتی از عوامل مؤثر در کمبود آهن در کشت برنج می‌باشد. در خاکهای قلیایی، غیرمتحرک شدن آهن در ریشه‌های گیاه به دلیل رسوب آهن اتفاق می‌افتد. به دلیل اینکه آهن در بافت گیاهی برنج غیرمتحرک است، علائم کمبود آن ابتدا در برگهای جوان اتفاق می‌افتد.

مدیریت کمبود آهن: انتخاب و اصلاح ارقام متحمل به کمبود آهن، کاربرد مواد آلی، استفاده از کودهای حاوی آهن. در مقطع فعلی کمبود آهن در مزارع برنج در شمال کشور نه تنها

مطرح نمی‌باشد، بلکه مسمومیت آن تحت شرایطی مساله ساز شده است. سمیت آهن: در شرایط غرقابی به دلیل احیای آهن، غلظت بالای آن از آهن قابل جذب در محلول خاک تجمع می‌یابد که ممکن است به سمیت آهن منجر شود. در شرایط سمیت آهن، نقاط قهوه‌ای باریک روی برگهای قدیمی تشکیل می‌شود. این نقاط از نوک برگ شروع شده و به طرف انتهای برگ گسترش می‌یابد. نقاط در بین رگبرگها به هم پیوسته شده و برگها رنگ قهوه‌ای نارنجی پیدا کرده و در نهایت می‌میرند. برگها باریک شده اما اغلب سبز باقی می‌مانند. در بعضی واریته‌ها نوک برگها به رنگ زرد نارنجی درآمده و خشک می‌شوند. با پوشش قهوه‌ای تیره روی سطح ریشه، ریشه‌ها آسیب دیده و می‌میرند. برای تشخیص سمیت آهن هم آزمایش خاک و هم گیاه می‌تواند انجام شود. دامنه مناسب و سطح بحرانی برای وقوع سمیت آهن در بافت گیاهی به شرح (17) می‌باشد.

جدول 17- محدوده سمیت آهن در برگ برنج

مرحله رشد	قسمت گیاه	دامنه مناسب (میلی گرم در کیلوگرم)	سطح بحرانی سمیت (میلی گرم در کیلوگرم)
جوانه‌زنی تا خوشه‌دهی	برگهای جوان	100-150	> 300

به طور معمول مقدار آهن در گیاهان دچار مسمومیت بالا بوده (300-2000 میلی گرم در کیلوگرم) اما مقدار بحرانی آن بستگی به سن گیاه و وضعیت تغذیه‌ای آن دارد. مقدار بحرانی آن در خاکهای فقیر و در شرایطی که بالانس تغذیه‌ای مناسب نیست، پایین می‌باشد. در گیاهان دچار مسمومیت آهن مقدار پتاسیم برگ پایین می‌باشد (کمتر از یک درصد) و نسبت K:Fe کمتر از 1:17-18 در اندام هوایی و 1:1/5 در ریشه‌ها می‌باشد که ممکن است سمیت آهن را مشخص نماید.

غلظت بحرانی آهن در محلول خاک برای وقوع سمیت آن دارای دامنه وسیعی است. گزارش‌ها حاکی از دامنه 10-100 میلی گرم آهن در لیتر محلول خاک است که مشخص می‌نماید سمیت آهن تنها به غلظت آن در محلول خاک بستگی ندارد. اختلاف بین غلظت

بحرانی آهن در محلول خاک به اختلاف در ریشه‌های ارقام مختلف برنج برای کاهش اثرات سمیت آهن بستگی دارد. غلظت بالای Fe^{+2} در محلول خاک به دلیل شرایط احیای شدید در خاک یا در pH پایین، وضعیت ضعیف عناصر غذایی یا عدم بالانس آنها، اکسیداسیون ضعیف ریشه و قدرت ترشح کم Fe^{+2} به دلیل کمبود پتاسیم، منیزیم، کلسیم و فسفر، کمبود پتاسیم همراه با درصد اشباع بازی کم خاک و کاربرد فاضلاب‌های صنعتی یا کشاورزی غنی از آهن از دلایل عمده سمیت آهن محسوب می‌شود.

- مکانیسم عارضه: سمیت آهن ابتدا به دلیل اثرات سمی جذب آهن اضافی در اثر غلظت بالای آهن در محلول خاک اتفاق می‌افتد. آهن اضافی به علت افزایش نفوذپذیری ریشه و افزایش احیای میکروبی آهن در ریزوسفر ریشه گیاهان، جذب می‌شود. جذب آهن اضافی منجر به افزایش فعالیت پلی‌فنل اکسیداز شده و برگ‌ها برنزه می‌شوند. مقادیر بالای آهن در گیاه موجب افزایش تشکیل رادیکال‌های اکسیژن می‌گردد. رادیکال‌های آزاد اکسیژن به شدت فعال بوده و عامل اصلی برای تجزیه پروتئین‌ها و چربی‌های غشاء سلول هستند. واریته‌های برنج نسبت به سمیت آهن حساسیت متفاوت دارند. مکانیسم‌های اصلی تطابق گیاهان برای مقابله با سمیت آهن شامل اکسیداسیون Fe^{+2} در ریزوسفر ریشه و ممانعت از جذب اضافی Fe^{+2} و رسوب Fe^{+3} به وسیله ریشه‌ها (پوشش قهوه‌ای قرمز روی ریشه‌ها) می‌باشد. در خاک‌های به شدت احیا شده که مقادیر بالایی از آهن دارند، ممکن است اکسیژن کافی برای اکسیداسیون Fe^{+2} در سطح ریشه وجود نداشته باشد. در چنین شرایطی، جذب آهن زیاد شده و سطح ریشه‌ها به دلیل حضور سولفید آهن سیاه می‌شود. زمانی که ذخیره عناصر غذایی (Mg و Ca، P، Si، K) پایین است و مقادیر بالایی از ترکیبات سمی مثل H_2S وجود دارد، قدرت اکسیداسیون ریشه کاهش می‌یابد.

سمیت آهن با چند عامل محدودیت تغذیه‌ای که منجر به کاهش قدرت اکسیداسیون ریشه می‌شود ارتباط دارد. ریشه‌های گیاهان دچار کمبود پتاسیم، فسفر، کلسیم و یا منیزیم، متابولیتهای بیشتری با وزن مولکولی کم (مثل قندهای محلول، آمیدها، اسیدهای آمینه) ترشح می‌کنند. در دوره شدت فعالیت متابولیکی (بطور مثال جوانه‌زنی)، ترشح این متابولیت‌ها منجر به افزایش جمعیت ریزجانداران شده که موجب افزایش تقاضا برای قبول کنندهای الکترون

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج / 51

می‌شود. در چنین شرایطی، باکتریهای غیرهوازی اجباری و اختیاری آهن، Fe^{+3} را به Fe^{+2} تبدیل می‌کنند.

مدیریت کاهش سمیت آهن: کاشت واریته‌های متحمل به مسمومیت آهن با قدرت اکسیداسیون بالای ریشه و ذخیره کافی عناصر غذایی در گیاه از مهمترین راه‌های کاهش اثرات سمی غلظتهای بالای آهن می‌باشد.

در آب و هوای معتدل که بذر به طور مستقیم کشت می‌شود، بذرها با اکسیدکننده‌های شیمیایی مثل کلسیم پراکسیداز به مقدار 50 تا 100 درصد وزن بذر برای بهبود جوانه‌زنی و پایداری نشاء پوشش داده می‌شود. دیگر راه‌های کاهش سمیت آهن شامل موارد زیر است:

- تأخیر در کاشت تا زمانی که حداکثر غلظت آهن در محلول خاک گذشته باشد (به طور مثال 10 تا 20 روز بعد از غرقاب).

- آبیاری متناوب و ممانعت از غرقاب دائمی در خاکهای با زهکشی ضعیف که مقادیر بالایی از غلظت آهن و مواد آلی دارند.

- برقراری بالانس عناصر غذایی. مصرف مقادیر مناسبی از کودهای پتاسیم، فسفر و منیزیم.
- انجام شخم خشک بعد از برداشت برنج به منظور افزایش اکسیداسیون در طی دوره شخم.
این عمل موجب کاهش غلظت Fe^{+2} در طی دوره غرقاب بعدی می‌شود.

- افزایش pH خاکهای اسیدی با آهک دهی.
- مصرف 100-200 کیلوگرم در هکتار اکسید منگنز (MnO_2) در خاک سطحی برای کاهش احیای Fe^{+3} .

- جلوگیری از مصرف بالای مواد آلی (کود دامی و گیاهی) در خاکهای با مقادیر بالای آهن و زهکشی ضعیف.

- استفاده از اوره به جای سولفات آمونیوم.
- انجام زهکشی وسط فصل برای کاهش تجمع Fe^{+2} . در 25-30 روز بعد از کاشت، زهکشی مزرعه و نگه‌داشتن آن به صورت مرطوب حدود 7-10 روز، ذخیره اکسیژن خاک را در مرحله پنجه‌زنی افزایش می‌دهد.

- منگنز

نسبت Fe:Mn بیش از 1:2/5 در اندام هوایی در مراحل اولیه رشد (پنجه‌زنی) نشانه کمبود منگنز می‌باشد. مصرف منگنز برای خاکهای با منگنز بیش از 40 میلی گرم در کیلوگرم با عصاره‌گیر HCl 0/1 مولار و بیش از 5 میلی گرم در کیلوگرم با عصاره‌گیری DTPA توصیه نمی‌شود. دامنه مناسب غلظت منگنز در محلول خاک 30-3 میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد.

مقدار منگنز قابل استفاده کم در خاک، غلظت بالای آهن در خاک، افزایش غلظت یونهای Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، Zn^{+2} و NH_4^+ در محلول خاک و تجمع سولفید هیدروژن از دلایل عمده کمبود منگنز می‌باشد. کمبود منگنز به طور معمول در اراضی خشکه کاری برنج مشاهده می‌شود ولی در اراضی پایین دست با غرقاب طولانی به دلیل افزایش حلالیت منگنز در شرایط غرقاب معمول نمی‌باشد. انواع خاک‌هایی که در معرض کمبود منگنز هستند شامل:

خاکهای اسیدی خشکه کاری (آتی سل‌ها و اکسی سل‌ها)، خاکهای قلیایی و آهکی با مواد آلی کم و مقدار منگنز قابل استفاده کم، خاکهای غرقابی هوادیده حاوی مقادیر بالای آهن فعال، خاکهای شنی و شسته شده با مقادیر منگنز پایین می‌باشد. در مقطع فعلی کمبود منگنز در مزارع برنج در شمال کشور نه تنها مطرح نمی‌باشد، بلکه مسمومیت آن نیز تحت شرایطی مسئله‌ساز می‌باشد.

سمیت منگنز: سمیت منگنز می‌تواند بوسیله آزمایش خاک و گیاه اثبات شود. سطح بحرانی برای وقوع سمیت منگنز در برگ جوان برنج و یا در ساقه آن در هنگام پنجه‌زنی بیش از 800-2500 میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد سمیت منگنز به طور معمول با سمیت آلومینیوم همزمان می‌شود.

غلظت بالای منگنز در محلول خاک به دلیل pH پایین خاک (کمتر از 5/5)، پتانسیل اکسیداسیون و احیای پایین، وضعیت ضعیف و غیر متعادل عناصر غذایی، افزایش حلالیت Fe^{+2} به دلیل کمبود Si، K، P، Ca و Mg، ممانعت از انجام تعرق از طریق تولید FeS ، H_2S و اسیدهای آلی و مصرف پسماندهای صنعتی غنی از منگنز از دلایل بروز علائم سمیت منگنز در برنج می‌باشد.

سمیت منگنز به ندرت در اراضی شالیزاری واقع می‌شود. برخلاف غلظت بالای منگنز در محلول خاک به دلیل تحمل برنج به غلظت بالای این عنصر سمیت منگنز اهمیت چندانی ندارد. ریشه‌های برنج قادر به خروج منگنز از سلول‌های خود بوده و در این صورت بافتهای گیاهی تحمل بالایی نسبت به غلظت منگنز در محلول خاک دارند.

مقدار بالای منگنز در بافت گیاهی موجب تغییر فرآیندهای متابولیسمی (فعالیت آنزیمی و ترکیبات آلی) و ظهور علائم مسمومیت مثل کلروز (اکسیداسیون نوری کلروفیل) یا نکروز (تجمع ترکیبات فنلی اکسید شده مثل آنتوسیانین) می‌شود. واریته‌های برنج نسبت به سمیت منگنز حساسیت متفاوت دارند. واریته‌های مقاوم منگنز بیشتری را در ریشه خود نگه می‌دارد.

آزاد کردن اکسیژن از ریشه‌ها برای اکسیداسیون Mn^{+2} در ریزوسفر، اختلاف در آناتومی و مورفولوژی ریشه و ذخیره مناسب از عناصر غذایی K، Si، P، Ca و Mg قدرت اکسیداسیون ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مدیریت سمیت منگنز: پوشش دار کردن بذر با اکسیدانت (مانند کلسیم پراکسیداز) برای بهبود جوانه‌زنی و استقرار نشاء بوسیله افزایش ذخیره اکسیژن در اطراف ریشه از راههای کاهش سمیت منگنز می‌باشد. برقراری تعادل تغذیه‌ای و کاربرد مقادیر کافی کودهای پتاسیمی، استفاده از کودهایی که خاصیت اسیدزایی کمتری دارند (مثل اوره) از دیگر روشهای کاهش اثرات سمی منگنز می‌باشد. جذب منگنز در حضور یون آمونیم نسبت به نیترات کاهش می‌یابد. برگرداندن بقایا به منظور جایگزینی سیلیسیم و پتاسیم برداشت شده از مزرعه و ذخیره مناسب از سیلیسیم در گیاه به منظور کاهش در جذب منگنز، سمیت آن را کنترل می‌کند.

- مس

سطح بحرانی برای وقوع کمبود مس در خاک با عصاره گیر HCl، 0/1 میلی گرم در کیلوگرم و با عصاره گیر DTPA برابر با 0/2-0/3 میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد.

مقادیر مس قابل استفاده کم در خاک، جذب قوی مس بوسیله اسیدهای هیومیک و فولویک (خاکهای پیت)، مقادیر کم مس در مواد مادری (خاکهای شنی دارای منشاء کوارتز)، میزان بالای کاربرد کودهای حاوی عناصر پرمصرف و در نتیجه رشد سریع گیاه

و کم شدن مس در محلول خاک، آهک دهی بیش از حد خاکهای اسیدی، افزایش مقادیر کمپلکس شده مس بوسیله مواد آلی یا جذب شده و محبوس شده بوسیله اکسیدها و هیدروکسیدها و مقادیر بالای روی در خاک از دلایل عمده کمبود مس به حساب می‌آید. کمبود مس در خاکهای زیر به وقوع می‌پیوندد:

خاکهای با مواد آلی بالا (هیستوسل، خاکهای با خاکسترهای آتشفشانی)، لاتریت‌ها و خاکهای با هوادیدگی بالا (الٹی سل و اکسی سل‌ها)، خاکهای دارای منشاء رسوبات دریایی (لایم استن‌ها)، خاکهای با بافت شنی و خاکهای آهکی. فرو بردن ریشه‌های نشاء در سوسپانسیون یک درصد سولفات مس به مدت یک ساعت قبل از کاشت، ممانعت از آهک‌دهی زیاد خاک به منظور کاهش جذب مس، کاربرد اکسید مس و سولفات مس به میزان (5 تا 10 کیلوگرم در هکتار هر 5 سال یکبار) برای نگهداری مس قابل استفاده خاک در حد مناسب و به مدت طولانی (به روش پخش سطحی و یا مخلوط با خاک) از روشهای معمول در رفع کمبود مس محسوب می‌شود. سولفات مس به شدت آب دوست بوده و ممکن است در صورت اختلاط با کودهای پرمصرف مثل فسفر تشکیل ترکیبات نامحلول دهد. کودهای مس دارای اثرات باقیمانده زیاد هستند. در مقطع فعلی کمبود مس در مزارع برنج در شمال کشور چندان محدودکننده عامل رشد نمی‌باشد.

- بور

کمبود به صورت خیلی نادر به ویژه در سیستم کشت اراضی آبی برنج اتفاق می‌افتد. برای برنج این عارضه خیلی نادر بوده ولی در خاکهای به شدت هوا دیده، خاکهای اسیدی قرمز و خاکهای شنی به وقوع می‌پیوندد. در مقطع فعلی کمبود بور در مزارع برنج در شمال کشور چندان محدودکننده عامل رشد نمی‌باشد.

مدیریت کمبود بور: به دلیل تحرک بالای بور در اراضی شالیزار مدیریت آب و جلوگیری از آبشویی می‌تواند در عدم بروز کمبود بور مؤثر باشد.

سطح بحرانی غلظت بور در خاک به روش آب داغ 0/5 میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. سطح بحرانی آن بسته به عصاره گیرهای مختلف در دامنه 0/1-0/7 میلی گرم در کیلوگرم متغیر است.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج /55

در خاک‌های دچار کمبود بور، از منابع کندرهای بور مثل کولمانیت (20 تا 30 کیلوگرم در هکتار در خاکهای سیلتی و رسی و 20 تا 50 کیلوگرم در هکتار در خاکهای شنی) به فاصله 2 تا 3 سال یکبار استفاده شود. کودهای حاوی بور در خاک‌های سیلتی و رسی دارای اثرات باقیمانده زیادی نسبت به خاکهای شنی می‌باشد. در سیستم تناوبی برنج - گندم، کاربرد بور در زراعت گندم، مقدار نیاز زراعت برنج را نیز برطرف می‌نماید. کاربرد فرم‌های محلول بور مانند اسید بوریک (3-5/0 کیلوگرم بور در هکتار) و یا برآکس برای رفع سریع کمبود بور به صورت پخش سطحی و مخلوط با خاک قبل از کاشت و همچنین مصرف سرک یا محلول‌پاشی در طی رشد رویشی گیاه برنج توصیه می‌شود. برآکس و دیگر کودهای بور نبایستی با یکدیگر مخلوط شوند. در جدول (18) مشخصات منابع کودی بور نشان داده شده است.

جدول 18- منابع کودی بور برای برنج

میزان بور (درصد)	فرمول	نوع کود
20	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	سولوبور
14	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	برات
11	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	برآکس
10	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	کولمانیت
17	H_3BO_3	اسید بوریک

سمیت بور: غلظت بالای بور در محلول خاک به دلیل استفاده از آب زیرزمینی غنی از بور و با درجه حرارت بالا (به طور مثال در مناطق خشک، بالا آوردن آب از اعماق خیلی زیاد، یا در مناطق با فعالیت‌های آتشفشانی) و یا به دلیل وجود مواد مادری غنی از بور در خاک (مقدار بور در بعضی از رسوبات دریایی، سنگهای آذرین درونی و دیگر مواد آتشفشانی بالاست اما مقدار آن در سنگهای آذرین بیرونی پایین است) مشاهده می‌شود. استفاده زیاد از کود برآکس یا مواد کمپوستی از جمله دلایل وقوع سمیت بور می‌باشد. سمیت بور

در مناطق خشک و نیمه خشک معمول بوده اما در شالیزارهای دیگر مناطق نیز گزارش شده است.

فیزیولوژی تحمل و مسمومیت بور هنوز به خوبی شناخته نشده است. جذب بور توسط گیاه در ارتباط نزدیک با غلظت آن در محلول خاک و میزان تعرق گیاه دارد. وقتی غلظت بور در محلول خاک بالاست در تعرق معمول، بور به مقدار زیاد جذب گیاه شده که موجب تجمع آن در حاشیه و نوک برگها می شود. بور اضافی از تشکیل نشاسته از قندها ممانعت به وجود آورده و موجب تشکیل کمپلکس های بور- کربوکسیلات و تأخیر در پرشدن دانه می گردد. در این شرایط رشد رویشی گیاه طبیعی است.

اصول مدیریتی برای کاهش اثرات سمیت بور

- کاشت واریته های متحمل به سمیت بور. واریته های متحمل به سمیت بور می توانند عملکردی بیشتر از 2 تن در هکتار نسبت به واریته های حساس داشته باشند.

- استفاده از آبهای سطحی با غلظت بور کم. اگر از آبهای زیرزمینی استفاده می شود، به طور منظم غلظت بور پایش شود. اگر غلظت بور بیش از حد معمول باشد با آب با غلظت کم بور رقیق شده و سپس مصرف شود.

- زمانی که خاک خشک است به دلیل اینکه بور در خاک سطحی تجمع می یابد، شخم زده شده و با آب با غلظت کم بور آبشویی شود.

3-2- کاربرد کودهای زیستی در زراعت برنج

کودهای زیستی به مواد جامد (بیشتر پودری)، مایع و یا در برخی موارد ژله مانند اطلاق می شود که قادرند جمعیت انبوه از یک یا چند نوع ارگانیزم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آنها را روی یک ماده نگهدارنده یا حامل از زمان تولید تا زمان مصرف نگهداری نماید. این دسته از کودها به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و یا افزایش رشد و عملکرد آنها، استفاده می شوند. انواع متفاوتی از کودهای زیستی امروزه در دنیا معرفی شده است که توسط زارعین برای کشت مورد استفاده قرار می گیرد.

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

مکانیسم‌های مستقیم شامل تثبیت زیستی نیتروژن، حلالیت فسفات‌های نامحلول، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و ویتامین‌ها می‌باشند که با اثرات مستقیم بر رشد گیاه سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌باشند. از مکانیسم‌های غیر مستقیم می‌توان به خصوصیات مانند تولید سیانید، آنتی‌بیوتیک‌ها و سیدروفورها اشاره کرد. مکانیسم‌های غیر مستقیم با تعدیل اثرات منفی تنش‌های زنده و غیر زنده سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند.

- نحوه مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه در برنج: مقدار و نحوه مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه بستگی زیادی به نوع فرمولاسیون آنها دارد. این کودها بیشتر به شکل مایع و یا پودری تولید می‌شوند. حسب نوع فرمولاسیون هر کود نحوه مصرف آن به شرح زیر می‌باشد.

الف- کودهای بیولوژیک محرک رشد گیاه با فرمولاسیون مایع

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

مقدار کود زیستی مایع مصرفی بستگی به میزان و نوع بذر دارد. درمورد برنج به ازای هر یک کیلوگرم بذر کاربرد 100 میلی‌لیتر از مایه تلقیح مایع توصیه می‌گردد.

2- خزانه‌ای: در گیاهان خزانه‌ای مانند برنج پیشنهاد می‌شود که قبل از کاشت بذر در خزانه با روش بذرمال تلقیح گردند. سپس در هنگام انتقالات به زمین اصلی نیز تلقیح انجام می‌شود.

در این روش در هنگام انتقال نشاء به مزرعه، مجموعه‌ای از چندین بوته را از خزانه جدا کرده و ریشه‌های آن‌ها را به خوبی می‌شویند تا اثری از ذرات خاک وجود نداشته باشد. سپس ظرف تمیز مناسبی را تهیه کرده و کود زیستی مورد نظر را به داخل آن منتقل می‌کنند. پس از آن ریشه گیاه به مدت 20 دقیق داخل محلول کود نگهداری می‌شود. مقدار کود مصرفی بستگی زیادی به حجم ریشه گیاه مورد نظر دارد. در صورتی که جمعیت میکروارگانسیم‌های موجود در کود پایه ای از 10^8 و یا 10^9 باشد می‌توان به ترتیب تا ده و صد بار کود را با آب تمیز غیر کلره و ترجیحاً جوشانده شده رقیق نمود. برای نتیجه بهتر توصیه می‌شود قبل از انتقال گیاه به ظرف حاوی کود، کود مورد نظر را با مقدار معینی از مواد مخلوط، چسبناک نموده و پس از اطمینان از حل شدن کامل و یکنواخت چسب در آن، گیاه به ظرف مورد نظر منتقل شود. برای رقیق‌سازی، از کودهای زیستی با جمعیت پایه 10^7 و انواعی که بیش از دو ماه از تاریخ تولید آنها گذشته باشد استفاده نشود.

در مجموع تلقیح برنج در سه زمان امکان‌پذیر بوده که از کارایی متفاوتی برخوردار می‌باشند. این زمان‌ها شامل 1- زمان کاشت بذر در خزانه 2- زمان نگهداری گیاه در خزانه و 3- زمان انتقال گیاه به مزرعه می‌باشد. در صورتی که به لحاظ اقتصادی امکان تلقیح در هر سه مرحله باشد بهترین نتیجه حاصل خواهد شد. در غیر این صورت دو تلقیح تجمعی مرحله اول و سوم بیشترین تأثیر را خواهد داشت. پس از آن تلقیح منفرد در مرحله اول و یا مرحله سوم از کارایی بیشتری برخوردار می‌باشند. روش تلقیح اضطراری به صورت کودآبیاری در سطح بستر از کمترین تأثیر برخوردار می‌باشد.

3- محلول پاشی: نتایج آزمایشات سالهای اخیر نشان داده است کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه به صورت محلول‌پاشی دارای اثرات مثبتی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی از جمله برنج است. برای این کار ابتدا با استفاده از یک سمپاش مقدار آب مصرفی برای محلول‌پاشی مزرعه کالیبره می‌شود.

محلول‌پاشی معمولاً در دو تا سه مرحله در دوره رشد سبزینه‌ای توصیه می‌شود. با توجه به سطح سبز مزرعه، مقدار کود زیستی مصرفی متفاوت خواهد بود. در روش محلول‌پاشی، به لحاظ اقتصادی می‌بایستی کود مورد نظر رقیق گردد. بر اساس جمعیت میکروارگانسیم مؤثر موجود در

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج / 59

کود، رقیق‌سازی تا صد بار نیز مجاز می‌باشد. بهتر است از کودهای زیستی با جمعیت پایه 10^7 و انواعی که بیش از دو ماه از تاریخ تولید آنها گذشته باشد استفاده نشود. محلول‌پاشی بهتر است در هنگام غروب آفتاب صورت گیرد تا ضمن جلوگیری از اثرات منفی امواج ماوراء بنفش نور خورشید، باکتریها از فرصت کافی برای نفوذ به فیلوسفر برخوردار باشند.

ب- کودهای بیولوژیک محرک رشد گیاه با فرمولاسیون پودری

میزان مصرف کودهای زیستی پودری نیز بستگی به میزان و نوع بذر دارد. این کودها برای استقرار بهتر بر روی بذر نیازمند به استفاده از یک ماده چسباننده می‌باشند. بعضی از کمپانی‌های معتبر در فرمولاسیون خود از مواد چسباننده استفاده کرده‌اند و در نتیجه در خصوص این کودها نیازی به ماده چسباننده وجود ندارد. ولی بیشتر تولیدکننده‌ها یا در کنار کود خود این ماده چسباننده را قرارداده و یا مصرف‌کننده 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 به هم 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 برنج کاربرد 50 میلی لیتر محلول چسباننده و حدود 50 گرم مایه تلقیح پودری توصیه می‌گردد.

منابع

1. بای‌بوردی، م.؛ م.ج. ملکوتی؛ ه. امیرمکری و م. نفیسی. 1379. تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی. کرج. ایران.
2. رضایی، ح. و م.ج. ملکوتی. 1380. آزمون خاک: روش‌های تعیین حد بحرانی عناصر غذایی در خاک (قسمت دوم). نشریه فنی شماره 233، شورای عالی توسعه کاربرد کودهای بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، کرج، ایران.
3. ملکوتی، م.ج. و س.ع.ح. ریاضی همدانی، 1370. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی شماره 598، تهران، ایران.
4. Ali M. 1999. Evaluation of green manure technology in tropical lowland rice systems. *Field Crops Res.* 61:61–78.
5. Armstrong W. 1967. The oxidizing activity of roots in waterlogged soils. *Physiol. Plant.* 20:920–926.
6. Balasubramanian V, Morales AC, Cruz RT, Abdurachman S. 1999. On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 53:59–69.
7. Balasubramanian V, Morales AC, Cruz RT, Thiyagarajan TM, Nagarajan R, Babu M, Adulrachman S, Hai LH. 2000. Adoption of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. *Int. Rice Res. Notes* 25 (1):4-8.
8. Becker M, Ladha JK, Ali M. 1995. Green manure technology—potential, usage, and limitations—a case study for lowland rice. *Plant Soil* 174:181–194.
9. Begg CBM, Kirk GJD, Mackenzie AF, Neue HU. 1994. Root-induced iron oxidation and pH changes in the rice rhizosphere. *New Phytol.* 128:469–477.
10. Buresh RJ, De Datta SK. 1990. Denitrification losses from puddled rice soils in the tropics. *Biol. Fert. Soils* 9:1–13.
11. Buresh RJ, De Datta SK. 1991. Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems. *Adv. Agron.* 45:1–59.
12. Cassman KG, De Datta SK, Amarante ST, Liboon SP, Samson MI, Dizon MA. 1996. Long-term comparison of agronomic efficiency and residual benefits of organic and inorganic nitrogen sources on irrigated lowland rice in the tropics. *Exp. Agric.* 32:427–444.
13. Crop and Resource Management Network (CREMNET). 2000. Farmer Participatory Approach to Nitrogen Management in Rice Production. Using the Leaf Color Chart (LCC). (CREMNET Technology Evaluation Protocol No. 1 (Revised Feb 2000)). International Rice Research Institute (IRRI). Makati City 1271, Philippines.

14. De Datta SK, Patrick WH Jr. 1986. Nitrogen economy of flooded rice soils. *Developments in Plant and Soil Sciences* 26. The Hague: Martinus Nijhoff Publ.
15. Fillery IRP, Vlek PLG. 1986. Reappraisal of the significance of ammonia volatilization as an N loss mechanism in flooded rice fields. *Fert. Res.* 9:79–98.
16. Freney JR, Trevitt ACF, De Datta SK, Obcemea WN, Real JG. 1990. The interdependence of ammonia volatilization and denitrification as nitrogen loss processes in flooded rice fields in the Philippines. *Biol. Fert. Soils* 9:31–36.
17. George T, Buresh RJ, Ladha JK, Punzalan G. 1998. Recycling in situ of legume-fixed and soil nitrogen in tropical lowland rice. *Agron. J.* 90:429–437.
18. George T, Ladha JK, Garrity DP, Torres RO. 1995. Nitrogen dynamics of grain legume–weedy fallow–flooded rice sequences in the tropics. *Agron. J.* 87:1–6.
19. Greenland DJ. 1997. The sustainability of rice farming. Oxon, Manila: CAB International and International Rice Research Institute.
20. Inoko A. 1984. Compost as a source of plant nutrients. In: *Organic matter and rice*. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. p 137–145.
21. IRRI. 1984. *Organic matter and rice*. Manila (Philippines): International Rice Research Institute.
22. Kirk GJD, Bajita JB. 1995. Root-induced iron oxidation, pH changes and zinc solubilization in the rhizosphere of lowland rice. *New Phytol.* 131:129–137.
23. Kirk GJD, Begg CBM, Solivas JL. 1993. The chemistry of the lowland rice rhizosphere. *Plant Soil* 155/156:83–86.
24. Kirk GJD, Saleque MA. 1995. Solubilization of phosphate by rice plants growing in reduced soil: prediction of the amount solubilized and the resultant increase in uptake. *Eur. J. Soil Sci.* 46:247–255.
25. Kirk GJD, Solivas JL. 1997. On the extent to which root properties and transport through the soil limit nitrogen uptake by lowland rice. *Eur. J. Soil Sci.* 48:613–621.
26. Kumar A, Yadav DS. 1995. Use of organic manure and fertilizer in rice (*Oryza sativa*)–wheat (*Triticum aestivum*) cropping system for sustainability. *Indian J. Agric. Sci.* 65:703–707.
27. Ladha JK, Kundu DK, Coppenolle MGA, Peoples MB, Carangal VR, Dart PJ. 1996. Legume productivity and soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:183–192.
28. Mikkelsen DS. 1987. Nitrogen budgets in flooded soils used for rice production. *Plant Soil* 100:71–97.
29. Olk DC, Cassman KG, Mahieu N, Randall EW. 1998. Conserved chemical properties of young soil humic acid fractions in tropical lowland soils under intensive irrigated rice cropping. *Eur. J. Soil Sci.* 49:337–349.
30. Patnaik S, Panda D, Dash RN. 1989. Long-term fertilizer experiments with wetland rice. *Fert. News.* 34(4):47–52.
31. Patrick WH Jr. 1982. Nitrogen transformations in submerged soils. In: Stevenson FJ, editor. *Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy 2. Madison, WI: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. p 449–465.

32. Patrick WH Jr., Delaune RD. 1972. Characterization of the oxidized and reduced zones in flooded soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36:573–576.
33. Peng S, Cassman KG, Kropff MJ. 1995. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in the tropics. *Crop Sci.* 35:1627–1630.
34. Peng S, Garcia FV, Laza MRC, Cassman KG. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agron. J.* 85:987–990.
35. Peng S, Garcia FV, Laza MRC, Sanico AL, Visperas RM, Cassman KG. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Res.* 47:243–252.
36. Peng S, Laza MRC, Garcia FV, Cassman KG. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf area-based nitrogen concentration of rice. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:927–935.
37. Ponnampetuma FN. 1972. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24:29–96.
38. Ponnampetuma FN. 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice. In: *Organic matter and rice*. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. P 117–136.
39. Qi-Xiao W. 1984. Utilization of organic materials in rice production in China. In: *Organic matter and rice*. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. p 45–56.
40. Reddy KR, Patrick WH Jr. 1986. Fate of fertilizer nitrogen in the rice root zone. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:649–651.
41. Revsbech NP, Pedersen O, Reichardt W, Briones A. 1999. Microsensor analysis of oxygen and pH in the rice rhizosphere under field and laboratory conditions. *Biol. Fert. Soils.* 29:379–385.
42. Roger PA. 1996. Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields. Manila (Philippines): International Rice Research Institute/ ORSTOM.
43. Savant NK, De Datta SK. 1982. Nitrogen transformations in wetland rice soils. *Adv. Agron.* 35:241–302.
44. Singh Y, Singh B, Maskina MS, Meelu OP. 1988. Effect of organic manures, crop residues, and green manure (*Sesbania aculeata*) on nitrogen and phosphorus transformations in a sandy loam soil at field capacity and under waterlogged conditions. *Biol. Fertil. Soils* 6:183–187.
45. Tadano T, Yoshida S. 1978. Chemical changes in submerged soils and their effect on rice growth. In: *Soils and rice*. Los Ba (Philippines): International Rice Research Institute. p 399–420.
46. Takai Y, Kamura T. 1966. The mechanisms of reduction in waterlogged paddy soil. *Folia Microbiol.* 11:304–313.
47. Takebe M, Yoneyama T. 1989. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. *Jpn. Agric. Res. Q.* 23:86–93.
48. Turner FT, Jund MF. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. *Agron. J.* 83:926–928.

49. Turner FT, Jund MF. 1994. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter. *Aust. J. Exp. Agr.* 34:1001–1005.
50. Ventura WB, Ladha JK. 1997. Sesbania phosphorus requirements when used as biofertilizer for long-term rice cultivation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1240–1244.
51. Verma TS, Bhagat RM. 1992. Impact of rice straw management practices on yield, nitrogen uptake, and soil properties in a wheat-rice rotation in northern India. *Fert. Res.* 33:97–106.
52. Vlek PLG, Byrnes BH. 1986. The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice. *Fert. Res.* 9:131–147.
53. Witt C, Cassman KG, Ottow JCG, Biker U. 1998. Soil microbial biomass and nitrogen supply in an irrigated lowland rice soil as affected by crop rotation and residue management. *Biol. Fertil. Soils* 28:71–80.

جدول پیوست 1- تقویم کوددهی براساس مراحل رشد فنولوژیکی برنج

مراحل رشد فنولوژیک					نوع کود
شیری یا خمیری شدن دانه‌ها	تکمیل خوشه دهی	ساقه‌دهی	شروع پنجه‌زنی	قبل از کشت نشاء	
محلول پاشی	20 درصد توصیه	30 درصد توصیه	30 درصد توصیه	20 درصد توصیه	کود نیتروژنی
				100 درصد توصیه	کود فسفوری
				100 درصد توصیه	کود پتاسیمی
		محلول پاشی	محلول پاشی		کودهای حاوی عناصر ریزمغذی
محلول پاشی	محلول پاشی-کودآبیاری				کودهای قابل حل با پتاسیم بالا
			محلول پاشی		کودهای قابل حل با فسفر بالا
				توسط دیسک با خاک مخلوط شود	کودهای آلی
				تیمار بذرمال در خزانه	کودهای زیستی
		محلول پاشی	کودآبیاری	تیمار بذرمال در خزانه	اسیدهای هیومیک
			محلول پاشی		محرك‌های رشد گیاهی
		محلول پاشی			کودهای سیلیسیمی

جدول پیوست 2- ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف

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