

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی

خاک و تغذیه گندم

نویسندگان

فرهاد مشیری، استادیار و معاون بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
علی اصغر شهابی، استادیار و رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان
پیمان کشاورز، استادیار و رئیس بخش تحقیقات خاک و آب خراسان رضوی
زهرا خوگر، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
ولی فیضی اصل، عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات دیم کشور
محمد مهدی طهرانی، استادیار و رئیس بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
هادی اسدی رحمانی، دانشیار و رئیس بخش تحقیقات بیولوژی خاک
سعید سماوات، استادیار بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
محمد نبی غیبی، استادیار بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
محمد حسین سدری، رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
ناصر رشیدی، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان
سعید سعادت، استادیار و مشاور معاون وزیر در امر ساماندهی کود و بهبود تغذیه گیاهی
زهرا خادمی، استادیار بازنشسته موسسه تحقیقات خاک و آب

فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
پیش‌گفتار.....	الف
1- کلیات	1
2- روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی	3
2-1- آزمون خاک	4
2-2- تجزیه گیاه	6
2-3- علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی	8
2-3-1- علائم کمبود عناصر غذایی پر مصرف	8
2-3-2- علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف	11
2-4- الگوی جذب عناصر غذایی	14
3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه گندم	18
3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی	19
3-1-1- توصیه مصرف نیتروژن	19
3-1-2- توصیه مصرف فسفر	25
3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم	30
3-1-4- کاربرد گوگرد	34
3-1-5- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف	36
3-2- کاربرد مواد آلی در تولید گندم	38
3-2-1- مصرف کودهای آلی در زراعت گندم	41
3-2-2- تناوب زراعی و کود سبز	41
3-2-3- کاربرد اسیدهای هیومیک و محرک‌های رشد گیاه	43
3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت گندم	44
3-3-1- کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه	44
3-3-2- کودهای زیستی حاوی باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد	46
4- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش‌های محیطی	47
4-1- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط خاک‌های شور	47
4-1-1- برخی تعاریف	47
4-1-2- اصلاح خاک‌های شور	48
4-1-3- توصیه کودی گندم در شرایط شور	50
4-2- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش خشکی	51
4-3- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش سرما	56
4-4- مدیریت زراعی گندم در شرایط تنش گرما	61
5- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم در کشاورزی حفاظتی	62
5-1- کاربرد نیتروژن	63
5-2- کاربرد فسفر	67
5-3- کاربرد پتاسیم	68
5-4- کاربرد عناصر کم مصرف	69
5-5- کاربرد کودهای بیولوژیک	69
منابع	69
پیوست	72

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
6	جدول 1- حد بهینه نیتروژن در گیاه گندم
6	جدول 2- حد بهینه فسفر در گیاه گندم
7	جدول 3- حد بهینه پتاسیم در گیاه گندم
7	جدول 4- حد بهینه کلسیم در گیاه گندم
7	جدول 5- حد بهینه منیزیم در گیاه گندم
7	جدول 6- حد بهینه گوگرد در گیاه گندم
8	جدول 7- حد بهینه عناصر کم مصرف در کل اندام هوایی گیاه گندم
20	جدول 8- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاک‌های کمتر از 0/5 درصد کربن آلی
20	جدول 9- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاک‌های حاوی 0/5-0/75 درصد کربن آلی
20	جدول 10- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاک‌های حاوی 1-0/75 درصد کربن آلی
21	جدول 11- توصیه عمومی مقدار مصرف کود اوره برای تولید گندم آبی
22	جدول 12- توصیه عمومی مصرف نیتروژن برای گندم دیم بر حسب بارندگی در سال زراعی
27	جدول 13- گروه‌بندی فسفر قابل استفاده خاک برای کشت گندم
27	جدول 14- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده
27	جدول 15- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های حاوی 5-10 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده
28	جدول 16- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های حاوی 10-12 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده
28	جدول 17- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های حاوی 12-15 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده
28	جدول 18- متوسط نیاز به مصرف فسفر در کشت گندم دیم بر اساس آزمون خاک
32	جدول 19- گروه‌بندی پتاسیم قابل استفاده خاک برای کشت گندم
33	جدول 20- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاک‌های حاوی 0-100 میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده
33	جدول 21- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاک‌های حاوی 100-150 میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده
33	جدول 22- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاک‌های حاوی 150-200 میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده
37	جدول 23- گروه‌بندی غلظت عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک برای کشت گندم
48	جدول 24- طبقه‌بندی کیفی خاک‌ها از نظر شوری و سدیمی بودن در کشاورزی
49	جدول 25- توصیه آب مورد نیاز شستشوی خاک با توجه به شوری برای کشت گندم
52	جدول 26- اثرات تنش کم‌آبی در مراحل مختلف نمو گندم
58	جدول 27- مرحله رشد گندم و میزان خسارت سرمازدگی
72	جدول پیوست 1- تقویم کوددهی گندم منطبق بر مراحل فنولوژیکی
73	جدول پیوست 2- ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
8	شکل 1- کمبود نیتروژن
9	شکل 2- کمبود فسفر
10	شکل 3- کمبود پتاسیم
10	شکل 4- کمبود گوگرد
11	شکل 5- کمبود منیزیم
12	شکل 6- کمبود روی
12	شکل 7- کمبود آهن
13	شکل 8- کمبود منگنز
14	شکل 9- کمبود مس
14	شکل 10- کمبود بور
15	شکل 11- الگوی رشد گندم بر اساس مقیاس فیکس و زادکس
16	شکل 12- روند جذب تجمعی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم طی مراحل مختلف رشد و نمو گندم
16	شکل 13- الگوی جذب و تجمع نیتروژن در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم
17	شکل 14- الگوی جذب و تجمع فسفر در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم
18	شکل 15- الگوی جذب و تجمع پتاسیم در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم
56	شکل 16- خسارت خشکی در مزرعه گندم
59	شکل 17- عوارض خسارت سرمازدگی در گندم
59	شکل 18- خوشه سرمازده در گندم-یخبندان موجب رنگ زرد و ظاهر نمناک پوسته دانه‌ها در خوشه شده است
59	شکل 19- خسارت سرمازدگی در نواحی مختلف خوشه گندم-ممکن است همه گلچه‌ها همزمان دچار سرمازدگی نشوند

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 گندم که عبارت از به‌کارگیری توأمان از منابع شیمیایی، آلی و زیستی برای ارتقاء حاصلخیزی خاک است به صورت ویژه مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به تغییرات اقلیمی، کمبود مواد آلی و شرایط خاکی که کشور با آن مواجه است مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش-های محیطی (شوری، خشکی، سرما و گرما)، توصیه مصرف کود در کشاورزی حفاظتی، توصیه کود برای مناطق دیم، مدیریت تغذیه براساس 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، جنبه‌های بیولوژیک حاصلخیزی خاک مورد بحث قرار گرفته است. این دستورالعمل به گونه‌ای تنظیم شده است که برای گروه‌های عملکردی

در اقلیم‌های مختلف مورد استفاده می‌باشد. به علاوه قابلیت تبدیل سریع به دستورالعمل‌های منطقه‌ای، بولتن‌های ترویجی و پیام‌های تلویزیونی را دارا می‌باشد.

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

کاظم خاوازی

رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

آبان‌ماه 1393

۱- کلیات

گندم یکی از محصولات زراعی استراتژیک کشور می‌باشد و تاکنون برنامه‌های متعددی برای نیل به خودکفایی تولید این محصول به اجرا در آمده است. سیاست وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳ برای مدت ۵ سال و با افق ۱۲ ساله تا انتهای برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله توسعه ایران در سال ۱۴۰۴ مبتنی بر خوداتکایی محصول گندم، افزایش تولید در واحد سطح و در عین حال کاهش تقاضای مصرف آب می‌باشد. به علاوه، کیفیت محصول تولیدی نیز بایستی در جهت حفظ و ارتقای سطح سلامت جامعه مدنظر قرار گیرد. در نگاه کلی بحث امنیت غذایی با وجود محدودیت در منابع آب در طرح خوداتکایی محصولات کشاورزی ملاک عمل قرار گرفته است. بنا به تعریف، امنیت غذایی عبارت است از دسترسی کافی به غذای سالم در تمام طول عمر برای داشتن یک زندگی سالم و فعال. این به معنی آن است که از منابع موجود نه تنها بایستی بیش از گذشته غذا تولید نمود بلکه بایستی غذای تولیدی سالم هم باشد که نیازمند مدیریت جامع‌تری است تا کارایی‌ها را افزایش دهد و این موضوع مدیریت‌های رایج را زیر سؤال می‌برد.

در راستای افزایش تولید در واحد سطح و همچنین ارتقای کیفیت گندم، در کنار استفاده از ارقام پرمحصول، سایر عملیات به‌زراعی به ویژه مدیریت بهینه مصرف کود و آب از ضروریات می‌باشد تا بتوان به اهداف طرح خوداتکایی محصول گندم دست یافت. بدیهی است تولیدکنندگان موفق گندم بایستی مدیریت کودهای مزرعه خود را طوری تنظیم نمایند تا گیاه دچار کمبود و یا سمیت عناصر غذایی نشده و علاوه بر آن، درصد پروتئین و غلظت عناصر ریزمغذی در دانه افزایش یابد.

مدیریت بهینه و متعادل عناصر غذایی از جمله الزامات موجود در یک برنامه عملیات مناسب کشاورزی است. عملیات مناسب کشاورزی، مجموعه فعالیت‌های زراعی است که در آن پایداری تولید از لحاظ زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مدنظر قرار می‌گیرد. عملیات مناسب کشاورزی شامل سلسله کدها، استانداردها و قوانینی است که ایمنی و کیفیت محصول را در جیره غذایی جامعه از طریق استفاده بهینه از منابع طبیعی تضمین می‌نماید. به علاوه، این عملیات شامل مجموعه قوانین لازم برای حفظ سلامت کارگران و شاغلین بخش کشاورزی، بهبود شرایط کار و ایجاد فرصت‌های بازاریابی جدید برای محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه نیز می‌باشد.

گیاه، عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به کمک انرژی حاصل از نور

۲ / برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

خورشید، آب و دی اکسید کربن در تولید محصول به کار می‌گیرد. بدون مدیریت مناسب تغذیه و حاصلخیزی خاک، تولید مداوم یک محصول سبب کاهش مقدار عناصر غذایی در خاک می‌گردد. باید در نظر داشت که تولید هر تن دانه گندم باعث برداشت ۲۰/۴ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۹/۴ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۵/۹ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) و تولید هر تن کلش گندم سبب برداشت ۷/۲ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۱/۸ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۱۸/۲ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) می‌گردد. میزان برداشت عناصر ثانویه گوگرد (S)، کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) توسط هر تن دانه گندم به ترتیب ۱/۲، ۰/۴ و ۲/۶ کیلوگرم می‌باشد. این میزان برای عناصر کم‌مصرف آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، مس (Cu) و بور (B) به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۵۰، ۳۰، ۱۵ و ۲۰ گرم می‌باشد. در طول زمان، کاهش تجمعی این عناصر سبب کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تولید و عملکرد گندم و کیفیت آن می‌شود. مصرف عناصر غذایی از طریق کودهای شیمیایی و آلی این نقیصه را جبران می‌نماید. از طرف دیگر مصرف بیش از حد برخی از عناصر موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی شده و باعث ایجاد خسارت به گیاه، دام و در نهایت انسان می‌گردد. از این رو رعایت اصل برقراری تعادل در میزان مطلق و نسبی مصرف عناصر غذایی برای پایداری در تولید و حفظ حاصلخیزی خاک و سلامت محیط زیست و در نهایت حرکت در راستای کشاورزی پایدار الزامی است. تغذیه متعادل گندم، علاوه بر افزایش مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری‌ها، شرایط خشکی و شوری خاک و همچنین سرمای نابهنگام، به دلیل افزایش غلظت عناصر مفید در دانه گندم، سبب کاهش بعضی از بیماری‌ها و مشکلات ناشی از سوء تغذیه و ارتقای سطح سلامت جامعه خواهد شد.

در برنامه بهینه‌سازی مصرف کودها، اقدامات متعددی از قبیل ایجاد تعادل بین مقادیر مصرف انواع عناصر اصلی از طریق تغییر در نوع، نحوه و زمان مصرف کودهای نیتروژنی، فسفوری و پتاسیمی صورت می‌گیرد. در ضمن با توجه به شرایط حاکم بر خاک‌های کشور (کمبود مواد آلی، خشک و آهکی بودن خاک‌ها)، مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز، مس و بور) و یا حتی عناصر مفید نظیر سیلیسیم نقش مؤثری در ارتقای عملکرد و افزایش کیفیت محصول تولیدی بر عهده دارد. برای کاهش اثر شرایط نامتعارف نظیر سرمای نابهنگام و یا شوری و خشکی در تولید گندم در برنامه‌های تغذیه متعادل مصرف محرک‌های رشد گیاهی نظیر اسیدهای آمینه و اسیدهای هیومیک به همراه عناصر غذایی معمول شده است.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۳/

در برنامه پایداری تولید محصول، پایداری حاصلخیزی خاک از ارکان اصلی به شمار می‌رود. برای پایداری در حاصلخیزی خاک علاوه بر مصرف کودهای شیمیایی و جبران برداشت عناصر غذایی از خاک کاربرد کودهای آلی به منظور حفظ و افزایش کربن آلی خاک ضروری است. افزایش کربن آلی خاک از طریق بهبود شرایط شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک منجر به افزایش توان تولید خاک می‌گردد. مدیریت‌های مناسب در حفظ و افزایش کربن آلی خاک شامل مدیریت کشاورزی حفاظتی، استفاده از کودهای دامی و انواع ترکیبات کمپوست شده (گیاهی، حیوانی و زباله شهری) و کاربرد اسیدهای هیومیک می‌باشد.

در توصیه متعادل مصرف کودها برای تولید محصول گندم، شناخت کمبود عناصر غذایی در خاک و گیاه، آگاهی از الگوی جذب عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد گیاه و شناخت مراحل حساس به کمبود عناصر غذایی، آگاهی از توان تولید خاک به ویژه از لحاظ سطح کربن آلی و شرایط شوری، وضعیت منابع آب در دسترس به ویژه در کشت‌های آبی، سابقه شرایط اقلیمی نظیر شرایط دمایی و بارندگی به ویژه در کشت‌های دیم، آگاهی از انواع کودهای محتوی عناصر غذایی و محرک‌های رشد برای مصرف خاکی، محلول‌پاشی و کاربرد در آب آبیاری و همچنین ارزیابی‌های اقتصادی ضروری است.

مجموعه پیش رو به عنوان راهنمایی برای نیل به اهداف کمی طرح خوداتکایی گندم در کنار حفظ پایداری تولید و ارتقای سطح سلامت جامعه تنظیم شده است. مطالب این راهنما به گونه‌ای تنظیم شده است که طیف وسیعی از مخاطبان از جمله مدیران، کارشناسان و کشاورزان را در بر می‌گیرد. این راهنما برای سه گروه عملکردی کم (۳ تن در هکتار و کمتر)، متوسط (۳ تا ۷ تن دانه در هکتار) و بالا (بیش از ۷ تن در هکتار) طراحی شده است. امید است که مطالب حاضر راهگشایی مناسب برای حل مسائل مربوط به تغذیه بهینه و متعادل گندم باشد.

۲- روش‌های تشخیص کمبود عناصر غذایی

آگاهی از احتمال بروز کمبود عناصر غذایی برای گندم از راه‌های مختلفی امکان‌پذیر است. دو روش تجزیه خاک و تجزیه برگ (گیاه) برای به دست آوردن مقادیر صحیح و مناسب می‌بایست مدنظر قرار گیرند. بروز علائم کمبود عناصر غذایی گندم نیز یکی دیگر از این روش‌ها می‌باشد، گندم نیز همانند سایر محصولات زراعی علائم خاصی از کمبود و یا در بعضی موارد اثرات سمی عناصر غذایی را از خود بروز می‌دهد، که با شناخت این علائم می‌توان

به رفع هر یک از کمبودها و در نتیجه فراهم نمودن شرایط رشد مطلوب گندم اقدام نمود. گروهی از عناصر شیمیایی تحت عنوان عناصر پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر کم مصرف یا ریزمغذی‌ها مانند آهن، روی، مس، منگنز، بور و مولیبدن مورد نیاز گیاه می‌باشند. گونه‌های مختلف گیاهان نیازمندی‌های غذایی متفاوتی دارند. همچنین قابلیت جذب عناصر غذایی در بین واریته‌های مختلف یک گیاه نیز متفاوت است. با این حال کمبود برخی از عناصر مانند پتاسیم در شرایط بدون بروز علائم می‌تواند سبب کاهش قابل توجهی در عملکرد و تولید محصول گردند که به این پدیده گرسنگی پنهان گفته می‌شود. کمبود و یا مسمومیت بعضی از عناصر هم ممکن است علائمی مشابه علائم تنش‌های دیگر در اندام‌های هوایی گیاه ایجاد نمایند به عنوان مثال در کمبود مس در مرحله زایشی ممکن است وضع ظاهری خوشه‌ها مشابه خوشه‌هایی باشند که در مرحله گلدهی (رشد پرچم‌ها) تحت شرایط سرمازدگی یا خشکی بوده‌اند.

به طور کلی آزمایش‌های بعدی و یا تجزیه خاک و برگ برای تشخیص این تنش‌ها از یکدیگر ضروری است. اگر تشخیص کمبود یا مسمومیت عنصر غذایی از طریق علائم ظاهری صحیح صورت پذیرد، تجزیه برگ نیز آن را نشان خواهد داد. به منظور آشنایی بیشتر، به مواردی از شاخص‌ترین علائم کمبود عناصر غذایی به طور خلاصه اشاره می‌شود که می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های کلی تعیین عناصر مورد نظر در رفع کمبودها به کار رود.

۲-۱- 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 بهینه گیاه و دستیابی به عملکرد مورد انتظار است و چه عناصری برای رشد کافی گندم در طول فصل زراعی مورد نیاز خواهد بود. به عبارت دیگر، روشی مناسب برای پیش‌آگاهی از نقاط قوت و ضعف خاک در تصمیم‌گیری‌های مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌باشد. به عبارت دیگر آزمون خاک روشی سریع، کم‌خرج و دقیق بوده که با انجام آن می‌توان توصیه کودی صحیح را ارائه کرد. برنامه آزمون خاک شامل:

- نمونه‌برداری صحیح از خاک که بیشتر توسط زارعین انجام می‌شود.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۵

- تجزیه صحیح خاک در آزمایشگاه تجزیه خاک و گیاه به منظور تعیین دقیق غلظت عنصر غذایی قابل استفاده گیاه در خاک.
 - تفسیر نتایج آزمایشگاهی و انجام توصیه کودی که توسط کارشناسان مسائل تغذیه گیاهی صورت می‌گیرد.
- نمونه برداری 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، به طور معمول از هر ۱۰ تا ۱۵ هکتار، برداشت یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی کفایت می‌کند. بدین منظور یک مسیر مارپیچ در مزرعه در نظر می‌گیرند. در طی مسیر، حدود ۷ الی ۱۰ نمونه برداشت و پس از مخلوط کردن، یک کیلوگرم از آن به آزمایشگاه فرستاده می‌شود. عمق نمونه‌برداری در حدود ۳۰ سانتیمتری خاک سطحی است که غالباً عمق منطقه گسترش ریشه گندم در خاک می‌باشد. نکاتی که باید در موقع نمونه‌برداری از خاک مزرعه رعایت شود، عبارت‌اند 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 محصول و غیره تقسیم‌بندی شود.
 - قبل از نمونه‌برداری باید به طور کامل اطمینان حاصل شود که سطح خاک آغشته به کودهای حیوانی و یا 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 گاو رو 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، کاغذی، قوطی، جعبه مقوایی و یا بطری سرگشاد 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 اتیکت زمان نمونه‌برداری، محل نمونه‌برداری، نام نمونه‌بردار، عمق نمونه‌برداری و کشت قبلی نوشته می‌شود.

۲-۲- تجزیه گیاه

تجزیه گیاه یکی دیگر از راه‌های آگاهی از کمبود و سپس تصمیم‌گیری برای توصیه مصرف عناصر غذایی محسوب می‌شود. اگر کمبود عناصر غذایی در ابتدای رشد تشخیص داده شود امکان اصلاح وجود داشته و کاهش عملکرد و کیفیت محصول به حداقل ممکن خواهد رسید. تجزیه گیاه تنها کمبود و یا بیش‌بود عناصر غذایی را نشان می‌دهد. هنگامی که کمبود یک عنصر در تجزیه گیاه مشخص شد، اعمال روش‌های رفع کمبود از جمله مصرف عنصر غذایی همیشه نمی‌تواند مؤثر واقع شود. لذا این نتایج بیشتر برای تصمیم‌گیری در کشت بعدی و یا برای سال بعد می‌تواند اثرگذار باشد. تجزیه گیاه نمی‌تواند جانسین آزمون خاک شود ولی هنگامی که در کنار آزمون خاک انجام گیرد می‌تواند در جهت تکمیل توصیه کودی مؤثر واقع شود. تجزیه گیاه پس از توصیه و مصرف کود می‌تواند نشان دهد که تا چه حد مصرف کود مؤثر واقع شده است. غلظت عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد گندم متفاوت است. در ادامه محدوده مقدار مطلوب عناصر غذایی در اندام‌های مختلف گندم در جداول (۱) تا (۷) آورده شده است.

جدول ۱- حد بهینه نیتروژن در گیاه گندم

در کل اندام هوایی	
مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد
۴-۵	پنجه‌زنی
۳/۵-۴	ساقه‌دهی
۳-۴	طویل شدن ساقه تا ظهور برگ پرچم
۲/۵-۳	ظهور کامل برگ پرچم

جدول ۲- حد بهینه فسفر در گیاه گندم

در کل بخش هوایی		در برگ پرچم	
مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد
۰/۴-۰/۷	پنجه‌زنی تا شروع ساقه‌دهی	۰/۲-۰/۳	ظهور کامل برگ پرچم
۰/۲-۰/۴	ساقه‌دهی تا ظهور کامل برگ پرچم		

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۷/

جدول ۳- حد بهینه پتاسیم در گیاه گندم

در کل بخش هوایی		در برگ پرچم	
مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)
پنجه‌زنی تا شروع ساقه‌دهی	۳/۲-۴	ظهور کامل برگ پرچم	۲-۳
ساقه‌دهی تا ظهور برگ پرچم	۲-۳/۵		
ظهور برگ پرچم تا کامل شدن آن	۱/۸-۳		

جدول ۴- حد بهینه کلسیم در گیاه گندم

در کل بخش هوایی		در برگ پرچم	
مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)
پنجه‌زنی تا ظهور کامل برگ پرچم	۰/۲-۰/۵	ظهور کامل برگ پرچم	۰/۳-۰/۵

جدول ۵- حد بهینه منیزیم در گیاه گندم

در کل بخش هوایی		در برگ پرچم	
مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)
ظهور کامل برگ پرچم	۰/۱۵-۰/۵	ظهور کامل برگ پرچم	۰/۲-۰/۶

جدول ۶- حد بهینه گوگرد در گیاه گندم

در کل بخش هوایی		در برگ پرچم	
مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد	مقدار در وزن خشک (درصد)
پنجه‌زنی	۰/۲۲-۰/۵۵	ظهور کامل برگ پرچم	۰/۱۵-۰/۴
ساقه‌دهی	۰/۱۹-۰/۵۵		
طویل شدن ساقه	۰/۱۷-۰/۵۵		
ظهور برگ پرچم تا کامل شدن آن	۰/۱۵-۰/۴		

جدول ۷- حد بهینه عناصر کم مصرف در کل اندام هوایی
(مراحل پنجه زنی تا ظهور برگ پرچم) گیاه گندم

مقدار در وزن خشک (میلی گرم در کیلوگرم)	عنصر
۱۸-۷۰	روی
۳۰-۲۰۰	آهن
۲۵-۱۵۰	منگنز
۵-۲۰	مس
۳-۲۰	بر

۲-۳- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

۲-۳-۱- علایم کمبود عناصر غذایی پر مصرف

کمبود نیتروژن: کمبود نیتروژن معمول ترین و گسترده ترین کمبود عناصر غذایی در غلات است (شکل ۱). گیاهان مبتلا به کمبود نیتروژن رنگ پریده و زرد هستند. علایم اختصاصی کمبود نیتروژن ابتدا در مسن ترین برگ ها ظاهر می شود، در حالی که برگ های جوان نسبتاً سبز باقی می ماند. برگ های مسن تر نسبت به برگ های جوان تر کم رنگ تر شده و کلروز (زرد شدن برگ) ایجاد می گردد، که این کلروز به تدریج در قاعده برگ به رنگ سبز روشن تبدیل خواهد شد. در مزرعه علایم، همیشه به صورت قطعاتی به رنگ سبز روشن یا زرد ظاهر می گردند که در ادامه رشد گیاه کاهش یافته و ساقه ها نازک می شوند.



شکل ۱- کمبود نیتروژن

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۹

کمبود فسفر: مشخص‌ترین نشانه کمبود فسفر در مراحل اولیه رشد رویشی گندم، کاهش توانایی رشد و تعداد پنجه است. گیاهان مبتلا به کمبود فسفر به رنگ سبز تیره و برگ‌های مسن در نوک و لبه‌ها به رنگ ارغوانی مایل به قرمز تغییر رنگ می‌یابند (شکل ۲). کلروز از نوک برگ پیر شروع شده و به طرف قاعده برگ گسترش می‌یابد، ولی قاعده برگ مانند سایر قسمت‌های گیاه سبز تیره باقی می‌ماند. برگ‌های گندم مبتلا به کمبود فسفر دچار پیچیدگی شده و بعضی اوقات برگ‌های پیر، به دور برگ‌های جوان‌تر پیچ می‌خورند. گیاهان کوتاه مانده و ارتفاع بوته‌ها کاهش می‌یابند. کمبود فسفر، سبب تأخیر و نامنظمی در رسیدگی دانه و تولید خوشه‌های کوچک می‌شود.



شکل ۲- کمبود فسفر

کمبود پتاسیم: علائم اختصاصی کمبود پتاسیم در گندم همیشه در برگ‌های پیر ظاهر می‌گردد. تحت شرایط کمبود پتاسیم، زرد شدن و نکروزه شدن نوک و حاشیه برگ‌های پیر مشاهده می‌شود (شکل ۳). در نتیجه گسترش این بافت نکروزه، بافت سبزرنگی به شکل پیکان در قاعده تا مرکز برگ باقی می‌ماند. در شرایط کمبود شدید پتاسیم این علائم به برگ‌های جوان نیز منتقل می‌گردد. گیاهانی که به کمبود شدید پتاسیم مبتلا می‌شوند، ظاهری مشابه گیاهان دچار تنش خشکی را پیدا می‌کنند.



شکل ۳- کمبود پتاسیم

کمبود گوگرد: از آنجایی که گوگرد در تشکیل کلروفیل گیاهان دخالت دارد، لذا علائم کمبود آن در گندم شبیه کلروز ناشی از کمبود نیتروژن (زردی عمومی برگ) است (شکل ۴). با این حال کمبود گوگرد برخلاف کمبود نیتروژن بیشتر در برگ‌های جوان دیده می‌شود. کمبود شدید گوگرد موجب عدم تشکیل خوشه می‌گردد.



شکل ۴- کمبود گوگرد

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۱۱

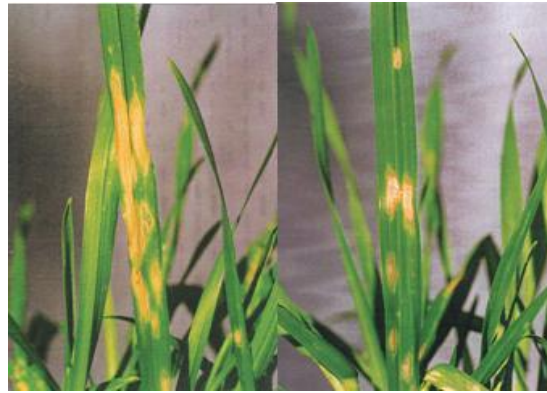
کمبود منیزیم: علایم کمبود منیزیم در برخی موارد شبیه به کمبودهای پتاسیم و آهن است، اما از نظر محل قرار گرفتن علایم اولیه اختلاف فاحشی با کمبود پتاسیم دارد (شکل ۵). برخلاف کمبود پتاسیم، در کمبود منیزیم، برگ‌های جوان در مقایسه با برگ‌های پیر رنگ روشن‌تری دارند و این حالت شبیه کمبود آهن است. در ابتدا لکه‌های رنگ پریده به شکل دانه‌های تسبیح بین رگبرگ‌ها و لکه‌های نکروزه در نوک برگ ظاهر می‌شود. در ادامه، برگ‌ها زرد شده و کوچک می‌شوند. کمبود منیزیم در مزرعه گندم عمومیت نداشته و بیشتر در خاک‌های سبک شنی مشاهده می‌شود.



شکل ۵- کمبود منیزیم

۲-۳-۲- علایم کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف

کمبود روی: علایم کمبود روی در گندم به طور معمول ابتدا در برگ‌های میانی مشاهده می‌شود گرچه ممکن است در بعضی از بوته‌ها علایم به طور همزمان در برگ‌های پیر و میانی ظاهر گردند (شکل ۶). علایم اولیه شامل تغییر رنگ از سبز طبیعی و سالم به سبز برنزی کدر می‌باشد که بیشتر در وسط برگ‌ها ظاهر می‌شوند. در این قسمت برگ، لکه‌هایی به صورت سوختگی و علایم تنش خشکی ظاهر شده که از یک نقطه کوچک نکروزه سریعاً گسترش می‌یابد و تدریجاً به حاشیه برگ کشیده می‌شود. کمبود شدید روی در مزرعه موجب کوتاه ماندن گیاه و زردی شده و برگ‌ها به خاطر سوختگی در مرکزشان چین خورده می‌شوند. علایم کمبود روی در خاک‌های سبک و در خاک‌های آهکی مشاهده می‌شود.



شکل ۶- کمبود روی

کمبود آهن: علائم کمبود آهن و منیزیم در اکثر گیاهان شبیه هم هستند. در کمبود منیزیم و آهن، برگ‌های جوان ابتدا تحت تأثیر کمبود قرار گرفته و زرد می‌شوند (شکل ۷). در کمبود آهن تفاوت بین رنگ سبز برگ‌های پیر و زردی برگ‌های جوان مشخص‌تر از سایر عناصر نسبتاً غیر متحرک است. حالت زردی ناشی از کمبود آهن به صورت کلروز نواری و مشاهده نوارهای سبز و زرد متناوب در امتداد رگبرگ اصلی ایجاد می‌شود. این نوارها نسبت به کمبود منیزیم و منگنز منظم‌تر هستند. در حالت کمبود شدید آهن، برگ‌های جوان زرد کم‌رنگ و سفید می‌شوند. در شرایط کمبود آهن، گیاهان کاملاً ایستاده هستند در حالی که در کمبود منگنز گیاهان حالت افتاده و تاخوردگی دارند. در مزرعه کمبود آهن بیشتر در خاک‌های آهکی مشاهده می‌شود.



شکل ۷- کمبود آهن

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۱۳

کمبود منگنز: علائم کمبود منگنز در گندم ابتدا در برگ‌های جوان آشکار می‌شوند که در مقایسه با برگ‌های پیر ظاهری زرد و پژمرده پیدا می‌کنند (شکل ۸). سپس لکه و نوارهای برنزی کم‌رنگی در قاعده جوان‌ترین برگ‌ها که به طور کامل باز شده است ظاهر می‌گردد و در ادامه تمام طول برگ را می‌گیرد. کمبود شدید در مزرعه علاوه بر علائم مزبور، خشکی برگ‌های جوان را نیز نشان می‌دهد. کمبود منگنز را مانند کمبود آهن می‌توان در خاک‌های آهکی مشاهده نمود. در مقایسه با سرسبزی گندم سالم، گندم مبتلا به کمبود منگنز ظاهری رنگ‌پریده و افتاده‌تری دارد.



شکل ۸- کمبود منگنز

کمبود مس: اولین نشانه ظاهری کمبود مس در گندم پژمردگی گیاه است که در اوایل پنجه دهی، حتی اگر رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه باشد، پیش می‌آید (شکل ۹). اگر کمبود شدید باشد تأثیر آن روی میزان رشد پنجه‌ها تعیین‌کننده است. گیاهان در اثر کمبود مس رنگ روشن‌تری دارند. سوختگی نوک برگ‌های جوان اولین نشانه مشخص کمبود مس است. این حالت به طور ناگهانی باعث خشک شدن و پیچ‌خوردگی انتهای پهنک برگ شده و در مواقعی تا نصف طول برگ را فرا می‌گیرد، ولی قسمت پایین برگ تا زمان پیری طبیعی آن به رنگ سبز باقی می‌ماند.



شکل ۹- کمبود مس

کمبود بور: اولین نشانه کمبود بور، ترک خوردگی برگ‌های جوان نزدیک رگبرگ اصلی است. این علامت با تعدادی دندان‌های غیر طبیعی در حاشیه برگ همراه است که در طرف مقابل رگبرگ اصلی تا قسمت ترک خورده در طول برگ ایجاد می‌شوند (شکل ۱۰). عقیم شدن گل‌ها نیز از علائم مشخص کمبود بور است. در مواردی کل خوشه عقیم می‌شود، پرچم‌ها باز شده و تخمدان رشد نمی‌کند. در ضمن کمبود بور به کاهش وزن هزار دانه و چروکیدگی و خشک شدن دانه‌ها منجر می‌شود.



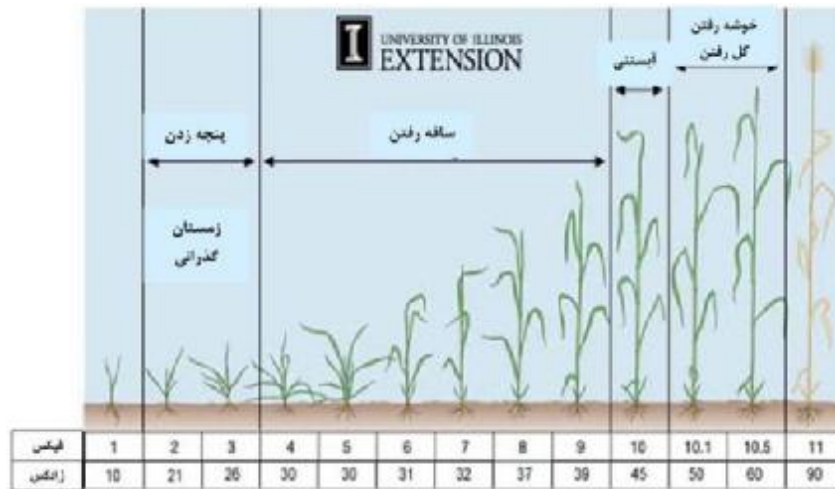
شکل ۱۰- کمبود بور

۲-۴- الگوی جذب عناصر غذایی

مطالعه دقیق رشد و توسعه گیاه و دانستن عواملی که بر پتانسیل عملکرد دانه تأثیر

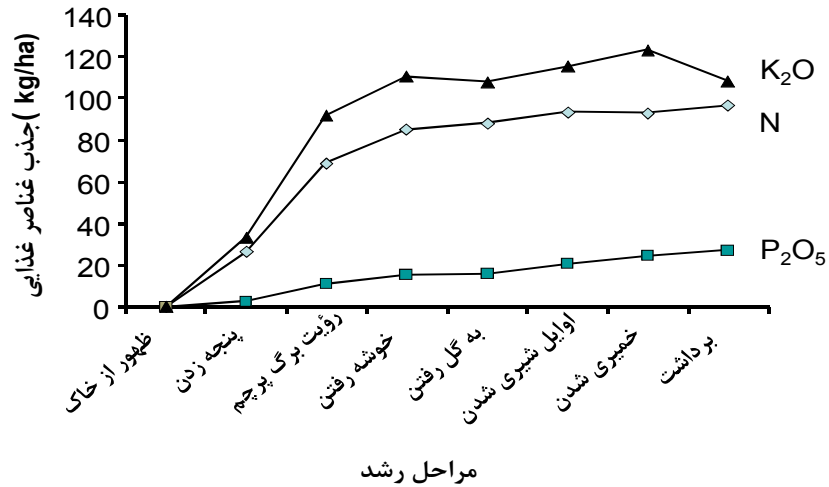
دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۱۵

می‌گذارند، می‌تواند باعث بهبود تصمیم‌های مدیریتی گردد. تشخیص صحیح مراحل رشد گندم در هر منطقه برای انجام اقدامات مهم مدیریتی در هر مرحله لازم و ضروری است. از مقیاس‌های عمده که برای تشخیص مراحل توسعه و رشد غلات مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان به مقیاس‌های فیکس^۱ و زادکس^۲ اشاره نمود (شکل ۱۱). یکی از مزایای عمده استفاده از این مقیاس‌ها این است که ارتباط بین تولیدکنندگان، محققان و مروجان را افزایش می‌دهد. این مقیاس‌ها همچنین منجر به توصیه‌های دقیق و به‌هنگام در مدیریت محصول می‌گردند. افزایش دقت در شرح و تشخیص مرحله رشد گیاه منجر به اصلاح و بهبود توصیه‌های مدیریتی مانند مصرف کود و مبارزه با آفات خواهد گردید. تشخیص مراحل مختلف رشد گندم و تعیین الگوی جذب عناصر غذایی مطابق با مراحل رشد، یکی از بهترین راه‌های مدیریت صحیح مصرف کودها در گندم است که در دستیابی به یک مدیریت صحیح بسیار حائز اهمیت می‌باشد. توجه به الگوی جذب عناصر غذایی بر اساس مراحل مختلف رشد به تعیین مقدار و زمان مصرف کود برای جلوگیری از بروز اثر کمبود عناصر کمک می‌نماید. در شکل (۱۲) میزان برداشت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک طی یک دوره رشد توسط گیاه گندم نشان داده شده است.



شکل ۱۱- الگوی رشد گندم بر اساس مقیاس فیکس و زادکس

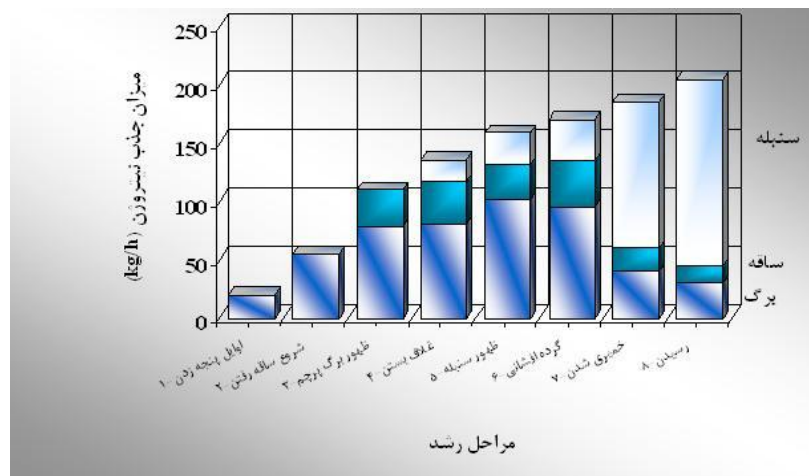
- 1 - Feeks
- 2 - Zadoks



مراحل رشد

شکل ۱۲- روند جذب تجمعی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم طی مراحل مختلف رشد و نمو گندم

بر اساس الگوی جذب عناصر غذایی مطابق با مراحل رشد گندم مشخص گردیده است که بالاترین میزان تجمع نیتروژن در برگ در مراحل ظهور سنبله و گرده افشانی اتفاق می‌افتد. البته از مرحله شروع پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن، جذب و تجمع نیتروژن فوق العاده سریع است و به استثنای مراحل ظهور سنبله و گرده افشانی که تفاوت چندانی با همدیگر ندارند، روند جذب و تجمع نیتروژن افزایشی است. این روند نیز در مورد تجمع نیتروژن در سنبله نیز صادق است (شکل ۱۳).

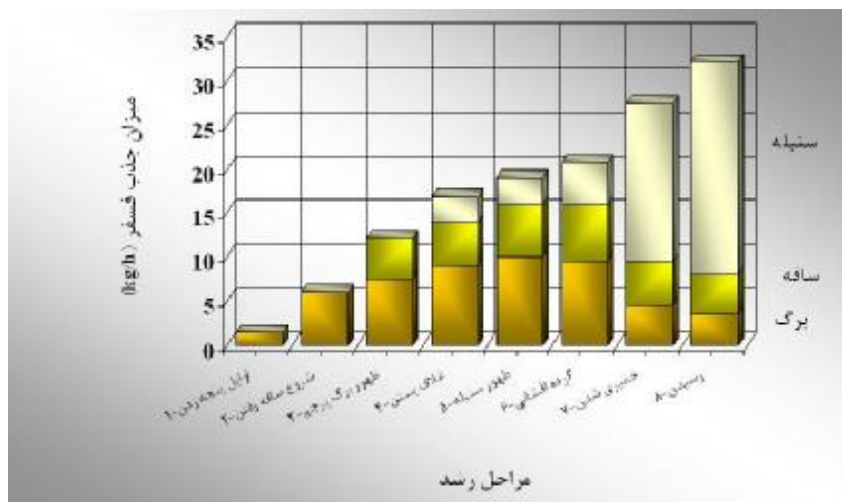


شکل ۱۳- الگوی جذب و تجمع نیتروژن در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم

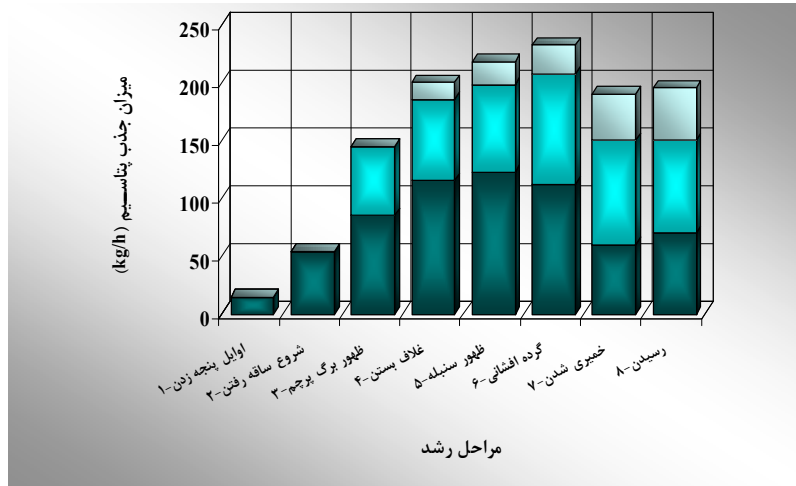
دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۱۷/

در مورد فسفر، جذب و تجمع آن در برگ، از مرحله شروع پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن فوق‌العاده سریع است و بین چهار مرحله اول رشد (۱- شروع پنجه زدن، ۲- شروع ساقه رفتن، ۳- ظهور برگ پرچم، ۴- غلاف بستن) اختلاف قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. از مرحله غلاف بستن تا مرحله گرده‌افشانی، جذب و تجمع فسفر ثابت بوده و در مراحل خمیری شدن و رسیدن دانه میزان آن به شدت کاهش می‌یابد. به استثنای مراحل ظهور سنبله و گرده‌افشانی، روند جذب و تجمع فسفر در برگ در مراحل مختلف رشد افزایشی می‌باشد. بالاترین سرعت جذب کل فسفر در گیاه بین مرحله پنجه‌زدن و غلاف بستن و نیز بین گرده‌افشانی و رسیدن کامل حاصل می‌شود (شکل ۱۴).

در مورد پتاسیم نیز، بالاترین سرعت جذب در برگ از مرحله پنجه‌زدن تا مرحله غلاف بستن اتفاق می‌افتد. بالاترین میزان پتاسیم در ساقه و برگ اندوخته شده (۷۸/۵ درصد) و فقط ۲۱/۵ درصد در زمان رسیدن در سنبله ذخیره می‌گردد (شکل ۱۵).



شکل ۱۴- الگوی جذب و تجمع فسفر در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم



شکل ۱۵- الگوی جذب و تجمع پتاسیم در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم

۳- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه گندم

مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه، به صورت استفاده هوشمندانه از ترکیب بهینه منابع آلی، معدنی و بیولوژیکی عناصر غذایی با هدف استفاده از منابع ذاتی خاک در یک تناوب زراعی برای دستیابی به عملکرد و تولید بهینه بدون آسیب رساندن به اکوسیستم خاک تعریف می‌شود. به عبارت دیگر مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه با حفظ حاصلخیزی خاک و فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه در سطح بهینه، منجر به تولید پایدار محصول به میزان مورد انتظار می‌گردد. استفاده مداوم از مقادیر بالای کودهای شیمیایی اثرات منفی بر تولید پایدار محصول داشته و استفاده نابجای آن‌ها می‌تواند به آلودگی محیط زیست منجر شود. کشاورزی پایدار چیزی جز مدیریت ماده آلی خاک و استفاده نسبی از کودهای آلی و بیولوژیک، کود سبز، بقایای گیاهی و انواع کمپوست نخواهد بود. از آنجایی که، کودهای آلی به تنهایی قادر به تأمین نیازهای غذایی محصولات کشاورزی پربازده در کشاورزی امروزی نیست، استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی راه‌حل مناسبی در توصیه کود می‌باشد. از طرف دیگر، استفاده توأم کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند به بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک کرده و به دنبال آن سبب افزایش میزان کربن آلی و عناصر غذایی خاک گردد.

۳-۱- مصرف بهینه کودهای شیمیایی

۳-۱-۱- توصیه مصرف نیتروژن

نوع کود نیتروژنی

رایج‌ترین کود نیتروژنی موجود برای کشت گندم، کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص می‌باشد. به دلیل پویایی کود اوره، مصرف یک‌باره آن قبل از کشت در هیچ شرایطی توصیه نمی‌شود لکن مصرف چندباره آن به صورت پایه و سرک مورد تأکید است. کود سولفات آمونیوم (حاوی ۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد سولفات) نیز یکی دیگر از کودهای حاوی نیتروژن می‌باشد که در خاک‌های آهکی (بخش عمده خاک‌های تحت کشت گندم کشور) کود مناسبی است اما به علت گرانی نسبی واحد نیتروژن موجود در آن در مقایسه با کود اوره تأکید بر مصرف آن نمی‌باشد. افزون بر این در شرایط اعمال مدیریت تقسیط اوره، کود سولفات آمونیوم از مزیت نسبی بالاتری برخوردار نیست. این کود به دلیل داشتن سولفات می‌تواند بخشی از نیاز گیاه به گوگرد را نیز برطرف نماید.

از کود نیترات آمونیوم (حاوی ۳۴ درصد نیتروژن) به عنوان یکی دیگر از منابع کودی نیتروژنی در مناطق سرد و به ویژه در دیمزارها و نیز در شرایط شوری کم تا متوسط (شوری خاک، ۶ تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و به عنوان کود سرک به جای کود اوره می‌توان استفاده کرد. رابطه تبدیل مقدار کود اوره به دیگر کودهای نیتروژنی به صورت زیر می‌باشد:

مقدار کود سولفات آمونیوم = $۲/۲ \times$ مقدار کود اوره

مقدار کود نیترات آمونیوم = $۱/۵ \times$ مقدار کود اوره

نیتروژن در انواع مختلف کودهای مرکب نیز وجود دارد. کودهای محلول حاوی عناصر غذایی پرمصرف از جمله نیتروژن برای مصرف در آب آبیاری طراحی شده که در شرایط آبیاری تحت فشار و بارانی قابل توصیه می‌باشد. در این شرایط آبیاری امکان تقسیط بیشتر نیتروژن در مراحل مختلف رشد فراهم می‌باشد.

مقدار مصرف کودهای نیتروژنی

نیتروژن یک عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در غلات است. گندم در دوره رشد خود احتیاج زیادی به نیتروژن قابل جذب دارد. انجام آزمون خاک در تعیین مقدار نیتروژن مورد نیاز توصیه می‌شود. بر اساس آزمون خاک و تعیین مقدار کربن آلی،

۲۰ / برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

مقدار کود اوره مورد نیاز در گروه‌های عملکردی کم (۳ تن و کمتر)، متوسط (۳ تا ۷ تن) و زیاد (۷ تن و بیشتر) در جدول‌های (۸) تا (۱۰) آمده است. در خاک‌های با مقدار کربن آلی کمتر میزان نیاز به مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد.

جدول ۸- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاک‌های کمتر از ۰/۵ درصد کربن آلی
(کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۴۲۰	۳۸۰	۳۴۰	۲۹۰	۲۴۰
گرم و خشک	۴۳۰	۴۰۰	۳۶۰	۳۱۰	۲۶۰
معتدل	۴۲۰	۳۸۰	۳۴۰	۲۹۰	۲۴۰
سرد	۳۹۰	۳۵۰	۳۱۰	۲۶۰	۲۱۰

جدول ۹- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاک‌های حاوی ۰/۷۵ - ۰/۵ درصد کربن آلی
(کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۳۹۰	۳۵۰	۳۱۰	۲۶۰	۲۱۰
گرم و خشک	۴۰۰	۳۷۰	۳۳۰	۲۸۰	۲۳۰
معتدل	۳۹۰	۳۵۰	۳۱۰	۲۶۰	۲۱۰
سرد	۳۶۰	۳۲۰	۲۸۰	۲۳۰	۱۸۰

جدول ۱۰- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاک‌های حاوی ۱ - ۰/۷۵ درصد کربن آلی
(کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۳۶۰	۳۲۰	۲۸۰	۲۳۰	۱۸۰
گرم و خشک	۳۷۰	۳۴۰	۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰
معتدل	۳۶۰	۳۲۰	۲۸۰	۲۳۰	۱۸۰
سرد	۳۳۰	۲۹۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۲۱

در صورت عدم امکان انجام آزمون خاک و تعیین میزان کود نیتروژنی مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک با توجه به شرایط اقلیمی، سابقه کشت قبلی، میزان آب قابل دسترس تراکم کشت و پتانسیل عملکرد مورد انتظار می‌توان میزان مصرف کودهای نیتروژنی را تعیین نمود. در جدول (۱۱) توصیه عمومی مقدار مصرف کودها اوره برای دستیابی به عملکرد مورد انتظار در اقلیم‌های مختلف ارائه شده است. بدیهی است در مواردی که از ارقام پر محصول استفاده می‌شود مشروط به در دسترس بودن آب کافی، برای برداشت حداکثر محصول باید نیاز غذایی رقم پر محصول را با افزایش مقدار کود مصرفی تأمین کرد.

جدول ۱۱- توصیه عمومی مقدار مصرف کود اوره برای تولید گندم آبی (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	۳	۴	۵	۶	≥۷
گرم و مرطوب	۲۲۰	۲۷۰	۳۲۰	۳۶۰	۴۰۰
گرم و خشک	۲۴۰	۲۹۰	۳۴۰	۳۸۰	۴۱۰
معتدل	۲۲۰	۲۷۰	۳۲۰	۳۶۰	۴۰۰
سرد	۱۹۰	۲۴۰	۲۹۰	۳۳۰	۳۷۰

در زراعت گندم دیم مقدار مصرف کود نیتروژن بسته به میزان نیتروژن اولیه خاک، میزان رشد و عملکرد مورد انتظار و میزان و توزیع بارندگی پاییزه و بهاره دارد. در این بین میزان بارندگی‌های بهاره که بتواند رطوبت خاک و نیاز رشد گیاه را تا پایان دوره رشد تأمین نماید از اهمیت خاصی برخوردار است. اگرچه نیاز اقتصادی مصرف نیتروژن برای ارقام مختلف گندم دیم بر حسب میزان و توزیع بارندگی در سال زراعی متفاوت می‌باشد، اما با متوسط مصرف ۵۰ الی ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به ترتیب معادل ۱۱۰ الی ۱۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار) می‌توان به عملکردهای مطلوب در بارندگی‌های ۳۰۰ الی ۳۷۵ میلی‌متر دست یافت. برای بارندگی‌های خارج از این محدوده نیز می‌توان از جدول (۱۲) استفاده نمود. این مقادیر برای سیستم تناوبی آیش-گندم توصیه شده است. چنانچه سیستم تناوبی به علوفه (لگوم)-گندم تغییر کند، مصرف نیتروژن برای گندم به طور متوسط ۱۰ الی ۲۰ کیلوگرم در هکتار کمتر خواهد بود.

جدول ۱۲- توصیه عمومی مصرف نیتروژن برای گندم دیم بر حسب بارندگی در سال زراعی

بارندگی سال زراعی (میلی متر)	نیتروژن مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)	اوره (کیلوگرم در هکتار)
۲۵۰-۲۷۵	۴۰	۸۷
۲۷۵-۳۰۰	۴۵	۹۸
۳۰۰-۳۲۵	۵۰	۱۰۹
۳۲۵-۳۵۰	۵۵	۱۲۰
۳۵۰-۳۷۵	۶۰	۱۳۰
۳۷۵-۴۰۰	۶۵	۱۴۱
بیش از ۴۰۰	۷۰	۱۵۲

زمان و نحوه مصرف کودهای نیتروژنی

تنظیم و تطبیق برنامه کودپاشی نیتروژن (سرک‌دهی) بر اساس مراحل رشد گندم، اهمیت علمی و عملی زیادی دارد. جذب نیتروژن از مرحله نشایی آغاز شده و در مرحله گلدهی به حداکثر می‌رسد. چهار مرحله اساسی در رشد گندم شامل ۱- پنجه‌زنی، ۲- ساقه‌دهی، ۳- خوشه‌دهی، و ۴- پر شدن دانه می‌باشد که تأمین نیتروژن مورد نیاز در این مراحل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در مورد مصرف کود نیتروژنی مورد نیاز در مرحله شروع کاشت که به مصرف پاییزه معروف است نکات ذیل می‌بایست مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱- مقدار نیتروژن به اندازه نیاز موجب تشکیل یک سیستم ریشه‌ای توسعه یافته می‌شود که گیاه را در مقابل خسارت ناشی از سرمای زمستان مقاوم می‌کند. در شرایط مصرف پایه کود نیتروژنی، میزان رشد سیستم ریشه‌ای نسبت به بخش هوایی بیشتر است و گیاه را قادر می‌سازد که آب و مواد غذایی بیشتری جذب نماید.

۲- گیاه گندم اگر در تاریخ کاشت مناسب کاشته شود به طور معمول قبل از خواب زمستانه، جوانه‌زده و تولید پنجه می‌کند. اگرچه در این شرایط مقدار ماده خشک تولید شده کم بوده و نیاز نیتروژنه آن نیز کم می‌باشد، اما نیاز به مصرف نیتروژن برای استقرار خوب و تولید پنجه‌های قوی ضروری است. در صورتی که تاریخ کاشت به گونه‌ای باشد که با انجام آبیاری اول گیاه سبز گردیده و استقرار یافته باشد و شرایط برای انجام آبیاری نوبت دوم قبل از فصل یخبندان فراهم گردد، اولین نوبت مصرف نیتروژن به قبل از آبیاری دوم و

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۲۳

به میزان ۴۰ درصد کل کود نیتروژنی برآورد شده برای کل فصل رشد موکول شود. بدیهی است در این شرایط تا حد زیادی عمل پنجه‌زنی گندم قبل از شروع فصل سرما و یخبندان صورت می‌گیرد. در شرایطی که امکان آبیاری نوبت دوم قبل از شروع فصل سرما وجود نداشته باشد (دیر کاشت یا کاشت کرپه) مصرف کود نیتروژنی به بعد از فصل سرما و در زمان تکمیل پنجه‌زنی موکول می‌گردد.

۳- باید از مصرف غیرضروری کود در مرحله‌ای از رشد رویشی که منجر به خوابیدگی گیاه (ورس) و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود اجتناب ورزید. مصرف زیاد نیتروژن در این مرحله موجب هدر رفت نیتروژن در اثر شستشو شده و گیاه را نسبت به شیوع بیماری‌ها و مرگ‌ومیر زمستانه حساس می‌کند. برای پیشگیری از آبه‌سویی و آلودگی آب‌های زیرزمینی، بهتر است نیتروژن را به دفعات (تقسیم) مصرف نمود.

دوره رشد و فعالیت مجدد گندم زمستانه بعد از دوره سرما شروع می‌شود. در این دوره پنجه‌های جدید ظاهر و پنجه‌های قدیم رشد می‌یابند و بسته به رشد اولیه گندم تا اواسط فروردین ادامه دارد. از نیمه دوم فروردین مرحله جدید و بسیار حساس ظهور ساقه آغاز می‌شود. شروع ساقه با ظهور اولین گره در دو سانتیمتری سطح خاک آشکار است. بیشترین نیاز نیتروژنه گندم در این مرحله است.

در مرحله طویل شدن ساقه که دو تا سه هفته به طول می‌انجامد، میان گره‌ها در ساقه گندم ظاهر می‌شوند در انتهای این مرحله خوشه در غلاف ساقه پنهان شده است که به آن مرحله خوشه در شکم یا شکم خوش نیز می‌گویند. پیشنهاد شده است با توجه به شرایط خاک و مدیریت آبیاری و مزرعه حداقل یک‌سوم از کل کود نیتروژنی مورد نیاز در طول دوره رشد در این مرحله مصرف شود.

در خاک‌های با بافت ریز و سنگین (رسی و لوم رسی) و متوسط (لوم)، یک‌سوم (۳۰ درصد) تا ۴۰ درصد نیتروژن در مرحله آب دوم (شروع پنجه‌زنی قبل از شروع سرمای زمستانی)، یک‌سوم در مرحله تکمیل پنجه‌زنی و پس از گذراندن سرمای زمستانی و یک‌سوم در مرحله ساقه‌دهی (ظهور اولین گره در ساقه) و یا تشکیل خوشه (متورم شدن ساقه و یا شکم خوش) مصرف می‌شود. در خاک‌های با بافت درشت و سبک (شنی) بهتر است نیتروژن در چهار مرحله، همزمان با آب دوم و شروع پنجه‌زنی، تکمیل پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و گلدهی مصرف شود. در صورت امکان و به ویژه در خاک‌های نسبتاً سبک بهتر

آن است که ۲۵ درصد نیتروژن کل در مرحله شکم خوش (متورم شدن ساقه) و ۱۵ درصد بعد از گلدهی و شروع پرشدن دانه‌ها مصرف گردد.

در زراعت گندم دیم، دوسوم مقدار کود نیتروژنی توصیه شده می‌بایست در پاییز (ترجیحاً از منبع نترات آمونیوم) همزمان با کشت به صورت جایگذاری زیر بستر بذر در فاصله ۷ تا ۹ سانتی‌متری بذر مصرف شود. یک‌سوم باقیمانده نیز در صورت وجود بارندگی‌های بهاره به صورت سرک در فاصله زمانی نیمه دوم اسفند تا نیمه اول فروردین ماه به صورت سرک توصیه می‌شود. در مناطقی که دوسوم کود نیتروژنی در پاییز مصرف شده، در صورت عدم وجود بارندگی بهاره از مصرف کود سرک خودداری شود. به دلیل اینکه در روش جایگذاری بیش از ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در زیر بذر از منبع آمونیومی نیتروژن مانند اوره رشد ریشه محدود می‌گردد توصیه می‌شود برای بیش از ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص مصرف کود به روش تقسیط صورت گیرد. به علاوه هرگز نباید کود نیتروژنی آمونیومی را با بذر در نوار کشت با عمق یکسان مصرف کرد چون این عمل باعث سوزش بذر و عدم جوانه‌زنی آن خواهد شد. بر این اساس نمی‌توان بیش از ۱۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار را به همراه بذر مصرف نمود.

به منظور افزایش کیفیت دانه گندم به ویژه افزایش پروتئین آن، مدیریت مصرف نیتروژن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جذب نیتروژن توسط گندم در اواخر دوره رشد می‌تواند به افزایش پروتئین دانه گندم منجر شود. مصرف خاکی کودهای نیتروژنی در اواخر فصل رشد گندم با مشکلاتی همراه است. با این حال بهترین روش برای کاربرد کودهای نیتروژنی در این زمان محلول‌پاشی می‌باشد. محلول‌پاشی نیتروژن در مراحل ظهور خوشه‌ها و شیری شدن دانه به افزایش پروتئین دانه منجر خواهد شد. بدین منظور در طول ۷ روز پس از ۵۰ درصد گلدهی گندم، محلول‌پاشی کود سولفات آمونیوم و یا اوره به میزان ۴ تا ۸ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌گردد. محلول‌پاشی کود نیتروژنی در این مرحله را می‌توان به صورت توأم با مصرف سم برای مبارزه با سن گندم انجام داد. غلظت محلول نیتروژن برای محلول‌پاشی از ۷ در هزار بیشتر نشود. برای غنی‌سازی دانه گندم از لحاظ پروتئین می‌توان از کودهای با محتوای نیتروژنی بالا در مرحله شیری شدن دانه همراه با آب آبیاری (کودآبیاری) استفاده نمود. در زراعت گندم دیم به منظور افزایش پروتئین دانه و عملکرد

گندم دیم می‌توان در اوایل ساقه‌دهی به همراه علف‌کش جهت کنترل علف‌های هرز از محلول‌پاشی اوره به غلظت ۳ الی ۵ درصد استفاده نمود.

۳-۱-۲- توصیه مصرف فسفر

کمبود فسفر در گندم می‌تواند به علت پایین بودن فسفر بومی خاک و یا کوددهی کم فسفر باشد. pH پائین (در خاک‌های اسیدی) و یا pH بالا (در خاک‌های قلیائی و آهکی)، خاک سرد و خاک خشک جذب فسفر را کاهش می‌دهد. کمبود فسفر در مراحل اولیه رشد گندم پتانسیل عملکرد را به شدت کم می‌کند. مراحل اولیه رشد حدود ۵ تا ۶ هفته اول می‌باشد و توصیه بر این است که فسفر کافی در این مرحله در اختیار ریشه گیاه قرار گیرد. حدود ۱۵٪ از کل فسفر جذب شده توسط گندم در دو هفته اول رشد گندم جذب می‌شود. این مقدار کم است ولی تأثیر زیادی در دستیابی به عملکرد مطلوب دارد. میزان فسفر ذخیره شده در خاک بیشتر در مراحل بعدی رشد گندم مورد استفاده قرار می‌گیرند و کمبود فسفر در انتهای رشد تأثیر کمی روی تولید محصول گندم دارد. پنجه‌های کافی و قوی نقش اساسی در افزایش تولید گندم دارند و فسفر نقش بارزی در تولید پنجه‌های قوی بازی می‌کند.

حرکت فسفر در خاک کند می‌باشد. قسمت زیادی از کود فسفوری مصرفی در سطح خاک باقی‌مانده و ممکن است در خاک تثبیت شود. این امر، کارایی کود فسفوری را کاهش می‌دهد. کارایی نسبی کود فسفوری بستگی به pH خاک، مقدار و شکل فسفر در خاک، مقدار، روش و زمان مصرف کود و نیاز خاص ارقام گندم دارد. pH خاک از مهم‌ترین عوامل حلالیت و فراهمی فسفر در خاک می‌باشد. برای افزایش کارایی مصرف کود فسفوری نکات زیر می‌باید مدنظر قرار گیرد:

الف: مصرف کود فسفوری به صورت نواری به‌ویژه در خاک‌های اسیدی و قلیایی

ب: استفاده از ارقام کارآمد

ج: مصرف سایر عناصر غذایی به مقدار کافی

د: کنترل علف‌های هرز

ه: مصرف کافی آب

و: کنترل فرسایش داخل مزرعه

حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد فسفر مصرف شده، جذب گیاه گندم می‌شود و باقیمانده آن به صورت غیرقابل جذب در می‌آید. بنابراین کودهای فسفوری دارای اثرات باقیمانده برای کشت محصول بعدی می‌باشند. در سیستم‌های تناوب زراعی گندم-ذرت-گندم، در صورتی که برای کشت اول گندم و کشت دوم ذرت کود فسفوری به مقدار کافی بر اساس آزمون خاک مصرف شده باشد، کشت سوم گندم به کود فسفوری کمتری نیازمند بوده به عبارت دیگر کاربرد کود فسفوری در کشت‌های قبلی نیاز فسفر گندم را تأمین می‌نماید.

در برخی موارد مصرف بیش از حد کودهای فسفوری و به دنبال آن، جذب بیش از حد نیاز فسفر توسط بعضی از گیاهان موجب کاهش تولید می‌گردد. چنین اثرهایی ممکن است به این دلیل باشد که فسفات سرعت جذب و انتقال بعضی از عناصر غذایی کم مصرف مانند روی، آهن و مس را کاهش می‌دهد.

نوع کود فسفوری

از انواع مهم کودهای فسفوری مصرفی متداول در کشور، دی آمونیوم فسفات (با ۴۶ درصد P_2O_5) و سوپر فسفات تریپل (با ۴۶ درصد P_2O_5) می‌باشد. کود سوپر فسفات ساده (۲۰-۱۶ درصد P_2O_5) نیز از جمله کودهای فسفوری است که ظرفیت مناسبی برای تولید آن در کشور وجود دارد. کودهای فسفوری با حلالیت بالا وجود دارد که برای کاربرد به صورت کود آبیاری مناسب می‌باشند. مزیت استفاده از این کودها، کاربرد آسان آنها در مرحله تشکیل پنجه همزمان با حداکثر نیاز گیاه به فسفر می‌باشد. کاربرد کودهای میکروگرانول فسفوری نیز در حال گسترش می‌باشد و برای زراعت گندم قابل توصیه است. همچنین بجای سوپر فسفات تریپل برای تأمین فسفر مورد نیاز گندم می‌توان از کود میکروبی فسفات گرانوله به مقدار معادل استفاده کرد.

مقدار مصرف کود فسفوری

مقدار کاربرد کودهای فسفوری بسته به نوع، زمان و روش مصرف متفاوت است. آزمون خاک برای توصیه مصرف کودهای فسفوری توصیه می‌شود. حد بحرانی فسفر در خاک ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر احتمال پاسخ گندم به مصرف کودهای فسفوری هنگامی که در خاک مقدار فسفر قابل استفاده کمتر از ۱۵ باشد

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۲۷/

افزایش می‌یابد. در جدول (۱۳) دسته‌بندی مقدار فسفر قابل استفاده خاک بر اساس آزمون خاک ارائه شده است.

جدول ۱۳- گروه‌بندی فسفر قابل استفاده خاک برای کشت گندم

فسفر قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)			
>۱۵	۱۰-۱۵	۵-۱۰	<۵
زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
عنوان گروه			
احتمال پاسخ به مصرف کود (درصد)			
بدون پاسخ	کمتر از ۵۰ درصد	۵۰-۷۵	۷۵-۱۰۰

در جدول‌های (۱۴) تا (۱۷) مقدار کود سوپرفسفات تریپل برای دستیابی به عملکردهای مورد انتظار آورده شده است. مقدار کود توصیه شده برای کاربرد به روش پخش سطحی می‌باشد. در صورتی که کود با دستگاه کودکار-بذرکار و به صورت نواری مصرف گردد مقدار توصیه به یک دوم تا دوسوم مقادیر ارائه شده در جدول‌های زیر کاهش می‌یابد. مقدار مصرف کودهای میکروگرانول فسفوری که همراه با کاشت بذر درست در کنار بذر مصرف می‌شوند مقدار ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌گردد.

مبنای توصیه مصرف خاکی فسفر، آزمون خاک می‌باشد. در مواردی که این امکان فراهم نباشد برای توصیه مقدار کاربرد کودهای فسفوری با توجه به سابقه کاشت، عملکرد مورد انتظار، میزان برداشت فسفر توسط گندم از خاک می‌بایست به کارشناس تغذیه گیاهی آشنا با شرایط خاکی منطقه مراجعه شود. در جدول‌های پیوست نیز تقویم مصرف کود بر اساس مراحل رشد گندم آورده شده است که برای توصیه مقدار مصرف فسفر می‌توان به آن مراجعه نمود.

جدول ۱۴- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های کمتر از ۵

میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	۳	۴	۵	۶	≥۷
گرم و مرطوب	۲۰۰	۲۳۰	۲۶۰	۲۹۰	۳۱۰
گرم و خشک	۱۸۵	۲۱۵	۲۴۵	۲۷۵	۲۹۵
معتدل	۲۰۰	۲۳۰	۲۶۰	۲۹۰	۳۱۰
سرد	۲۲۰	۲۵۰	۲۸۰	۳۱۰	۳۳۰

جدول ۱۵- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های حاوی ۵-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۲۷۰	۲۵۰	۲۲۰	۱۹۰	۱۶۰
گرم و خشک	۲۵۵	۲۳۵	۲۰۵	۱۷۵	۱۴۵
معتدل	۲۷۰	۲۵۰	۲۲۰	۱۹۰	۱۶۰
سرد	۲۹۰	۲۷۰	۲۴۰	۲۱۰	۱۸۰

جدول ۱۶- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های حاوی ۱۰-۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۱۸۰	۱۶۰	۱۳۰	۱۰۰	۷۰
گرم و خشک	۱۶۵	۱۴۵	۱۱۵	۸۵	۵۵
معتدل	۱۸۰	۱۶۰	۱۳۰	۱۰۰	۷۰
سرد	۲۰۰	۱۸۰	۱۵۰	۱۲۰	۹۰

جدول ۱۷- توصیه مصرف دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل برای خاک‌های حاوی ۱۲-۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۱۳۰	۱۱۰	۸۰	۵۰	۲۰
گرم و خشک	۱۲۰	۱۰۰	۷۰	۴۰	۲۰
معتدل	۱۳۰	۱۱۰	۸۰	۵۰	۲۰
سرد	۱۶۰	۱۳۰	۱۰۰	۷۰	۴۰

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۲۹

در زراعت گندم دیم حد بحرانی فسفر ۹ میلی گرم در کیلوگرم تعیین شده است که بر این اساس می توان متوسط نیاز به فسفر مزرعه را بر اساس آزمون خاک از طریق جدول (۱۸) محاسبه نمود.

جدول ۱۸ - متوسط نیاز به مصرف فسفر در کشت گندم دیم بر اساس آزمون خاک

فسفر اولیه خاک (میلی گرم در کیلوگرم)	میزان پنتاکسید فسفر مورد نیاز (P_2O_5) (کیلوگرم در هکتار)	دی آمونیوم فسفات یا سوپرفسفات تریپل مورد نیاز
۹	۷	۱۵
۸	۱۴	۳۰
۷	۲۱	۴۵
۶	۲۸	۶۰
۵	۳۵	۷۵
۴	۴۲	۹۰

زمان و نحوه مصرف کودهای فسفوری

مقادیر توصیه شده در جداول (۱۴) تا (۱۷) برای کاربرد خاکی به روش پخش سطحی پیشنهاد شده است. توصیه بر این است که تمام کود فسفوری قبل از کاشت گندم و یا همزمان با کاشت بذر مصرف گردد. مصرف فسفر در این دوره تأثیر زیادی بر روی تعداد پنجه و توسعه سیستم ریشه‌ای دارد. به دلیل تثبیت فسفر در خاک و عدم تحرک آن در مقایسه با کودهای نیتروژنی بهتر است کود فسفوری با دستگاه بذرکار-کودکار، در زیربذر به فاصله ۵ تا ۱۰ سانتی متر قرار گیرد. در کل مصرف کودهای فسفوری به صورت نواری نسبت به روش دست پاش و یا پخش سطحی از اولویت بیشتری برخوردار است، ضمن اینکه مقدار کود مصرف شده به ۷۵ تا ۵۰ درصد مقدار محاسبه شده برای پخش سطحی کاهش می یابد. این میزان بستگی به مقدار فسفر قابل استفاده خاک دارد. در مقادیر خیلی کم تا کم فسفر (جدول ۱۳) در خاک کاربرد نواری نسبت به پخش سطحی ارجحیت دارد و سبب کاهش ۵۰ درصدی مقدار توصیه کود به روش پخش سطحی می گردد. در مقادیر متوسط تا بالای فسفر (جدول ۱۳) تفاوت چندانی بین دو روش در کاربرد کود توصیه شده

وجود ندارد. چنانچه این روش به دلیل عدم وجود تجهیزات کافی عملی نباشد می‌توان کود فسفوری را در سطح خاک پخش کرده و با دیسک یا دندانه در عمق خاک قرار داد. در صورت کاربرد کود همزمان با بذر (روش جایگذاری) می‌بایست دقت شود که میزان مصرف از ۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر نباشد.

در زمان داشت گندم می‌توان از منابع دیگری از کودهای فسفوری محلول در آب استفاده نمود. این منابع می‌توانند همراه با آب آبیاری (کودآبیاری) و یا محلول‌پاشی استفاده شوند. بهترین مراحل کودآبیاری گندم در دو مرحله ابتدای رشد رویشی گندم (آب سوم) و یا اواخر پنجه‌زنی و اواسط ساقه‌دهی می‌باشد. در این مراحل در مجموع ۵ تا ۱۰ کیلوگرم از کودهای محلول در آب حاوی فسفر زیاد به صورت کودآبیاری و همچنین در همین مراحل رشد استفاده از منابع کودی که حاوی مقادیر زیادی فسفر می‌باشند به صورت محلول‌پاشی ۵-۲/۵ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌گردد.

از کودهای میکروگرانول فسفوری می‌توان در ردیف کاشت بذر استفاده کرد. این روش کاربرد به نام پاپ-آپ^۱ مشهور است. به این صورت که دستگاه بذرکار همزمان با کاشت بذر در ردیف کشت، کود را نیز در همان ردیف درست کنار بذر جایگذاری می‌کند. این روش با روش کاربرد نواری که کود با فاصله از بذر (در زیر و کنار بذر) قرار می‌گیرد متفاوت است. مقدار مصرف کود در این روش به دلیل احتمال سوختگی برای گیاهچه کمتر از روش‌های دیگر مصرف کودهای فسفوری در خاک است.

۳-۱-۳- توصیه مصرف پتاسیم

برای به دست آوردن یک عملکرد مطلوب تأمین عنصر پتاسیم برای گندم ضروری است. با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی و فسفوری و مصرف اندک کودهای پتاسیمی، در بسیاری از موارد مقدار برداشت پتاسیم از خاک بیش از سرعت آزادسازی این عنصر از کانی‌ها می‌باشد. کمبود پتاسیم در خاک‌های با بافت سبک و شنی بیشتر متداول است. گیاه گندم در مرحله ساقه رفتن بیشتر از سایر مراحل به پتاسیم احتیاج دارد. در این مرحله روزانه ۳/۵ تا ۸ کیلوگرم در هر هکتار پتاسیم جذب می‌نماید. مصرف کودهای

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۳۱/

پتاسیمی این نیاز را جبران می‌کند. به علاوه، کاه گندم منبع با ارزشی است که حدود ۸۵ درصد از پتاسیم جذب شده توسط گیاه در ترکیب آن قرار می‌گیرد. پتاسیم مقاومت گیاه را در برابر آفات و بیماری‌ها و صدمات ناشی از تنش‌های سرمایی افزایش می‌دهد. این عنصر سبب افزایش بازدهی استفاده از کودهای نیتروژنی نیز می‌شود.

نوع کود پتاسیمی

از انواع متداول کودهای پتاسیمی می‌توان به سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم به ترتیب با مقادیر ۵۰ و ۶۰ درصد اکسید پتاسیم (K_2O) اشاره نمود. در بسیاری از موارد بین سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم تفاوتی از لحاظ اثربخشی وجود ندارد. تنها در شرایط کشت گندم در خاک‌های شور کاربرد کود کلرید پتاسیم توصیه نمی‌شود. ملاحظات مربوط به کاربرد کودهای پتاسیمی در شرایط شور در بخش مربوطه در این راهنما ارائه شده است. کودهای پتاسیمی با بنیان سولفات نیز وجود دارند که به راحتی در آب قابل حل بوده و برای کاربرد در آب آبیاری در مراحلی از رشد گندم که به کمبود پتاسیم حساس می‌باشد قابل توصیه است. به علاوه کودهای پتاسیمی مرکب که حاوی عناصر دیگر از جمله نیتروژن و فسفر می‌باشند نیز برای کاربرد در آب آبیاری توصیه می‌گردد.

مقدار مصرف کودهای پتاسیمی

توصیه مصرف کود پتاسیمی می‌بایست بر اساس آزمون خاک صورت گیرد. حد بحرانی پتاسیم قابل استفاده در خاک ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. به عبارت دیگر در صورتی که مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد احتمال پاسخ به کاربرد کود افزایش می‌یابد و در مقادیر بالاتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به احتمال زیاد پاسخی از مصرف کود پتاسیمی در خاک مشاهده نمی‌شود. با این حال کاربرد پتاسیم به صورت کود آبیاری به ویژه برای دستیابی به عملکردهای بالا حتی در شرایطی که پتاسیم در خاک کافی به نظر می‌رسد توصیه می‌گردد. در جدول (۱۹) گروه‌بندی آزمون خاک برای پتاسیم قابل استفاده آورده شده است.

جدول ۱۹- گروه‌بندی پتاسیم قابل استفاده خاک برای کشت گندم

پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)			
>۲۰۰	۱۵۰-۲۰۰	۱۰۰-۱۵۰	<۱۰۰
زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
احتمال پاسخ به مصرف کود (درصد)	کمتر از ۵۰ درصد	۵۰-۷۵	۷۵-۱۰۰

علاوه بر آن توجه به سیستم کشت و تناوب زراعی در توصیه کاربرد کود پتاسیمی مؤثر است. در مواردی مانند کشت متوالی گندم و ذرت به دلیل تخلیه شدید پتاسیم از خاک بهتر است پس از آزمون خاک، کود پتاسیمی مصرف شود. در صورتی که میزان پتاسیم قابل جذب خاک در محدوده ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد دو راه کار برای کوددهی وجود دارد.

الف: اگر سیستم زراعی فشرده وجود داشته و زارع علاقه‌مند باشد میزان پتاسیم خاک از کمترین حد یعنی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کمتر نشود. به عبارتی پتاسیم خاک را در یک محدوده ثابت نگه دارد باید به اندازه پتاسیمی که توسط گیاه گندم از مزرعه خارج می‌شود سالانه کود پتاسیمی مصرف نماید. به این راه کار، استراتژی نگهداشت می‌گویند.

ب: در صورتی که زارع از توان اقتصادی خوبی برخوردار است می‌توان از محدوده ۱۵۰ میلی‌گرم تا ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم قابل استفاده در هر کیلوگرم خاک، کود پتاسیمی را تا ۱۰۰ کیلوگرم K_2O در هکتار (۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) مصرف کرد. در این راه کار که به استراتژی ذخیره پتاسیم در خاک معروف است، پتاسیم در خاک ذخیره می‌شود و مقدار پتاسیم در خاک در حد بالا باقی می‌ماند.

میزان کاربرد کودهای پتاسیمی بسته به نوع و زمان مصرف متفاوت است. در جدول‌های (۲۰) تا (۲۲) مقدار مصرف کود سولفات پتاسیم در خاک به روش پخش سطحی برای دستیابی به عملکردهای مورد انتظار در سطوح مختلف پتاسیم قابل استفاده خاک آورده شده است. در صورت کاربرد کود به صورت نواری در کنار بذر مقادیر توصیه شده به نصف کاهش می‌یابد. در زراعت دیم به دلیل اینکه اغلب مزارع دارای پتاسیم بالا می‌باشند مصرف خاکی پتاسیم توصیه نمی‌شود.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۳۳

جدول ۲۰- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاک‌های حاوی ۱۰۰-۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۳۰۰	۲۸۰	۲۶۰	۲۴۰	۲۲۰
گرم و خشک	۲۹۰	۲۷۰	۲۵۰	۲۳۰	۲۱۰
معتدل	۳۰۰	۲۸۰	۲۶۰	۲۴۰	۲۲۰
سرد	۳۱۰	۲۹۰	۲۷۰	۲۵۰	۲۳۰

جدول ۲۱- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاک‌های حاوی ۱۵۰-۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقليم	گروه‌های عملکرد پتانسیل (تن)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۲۳۰	۲۱۰	۱۹۰	۱۷۰	۱۵۰
گرم و خشک	۲۲۰	۱۹۰	۱۸۰	۱۶۰	۱۴۰
معتدل	۲۳۰	۲۱۰	۱۹۰	۱۷۰	۱۵۰
سرد	۲۴۰	۲۲۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۶۰

جدول ۲۲- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاک‌های حاوی ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقليم	گروه‌های عملکرد پتانسیل (تن)				
	≥۷	۶	۵	۴	۳
گرم و مرطوب	۱۲۰	۱۱۰	۹۰	۷۰	۵۰
گرم و خشک	۱۱۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰
معتدل	۱۲۰	۱۱۰	۹۰	۷۰	۵۰
سرد	۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰

مبنای توصیه مصرف خاکی پتاسیم، آزمون خاک می‌باشد. در مواردی که این امکان فراهم نباشد برای توصیه مقدار کاربرد کودهای پتاسیمی با توجه به سابقه کاشت، عملکرد مورد انتظار، میزان برداشت پتاسیم توسط گندم از خاک می‌بایست به کارشناس تغذیه

گیاهی آشنا با شرایط خاکی منطقه مراجعه شود. در جدول پیوست نیز تقویم مصرف کود بر اساس مراحل رشد گندم آورده شده است که برای توصیه مقدار مصرف پتاسیم می‌توان به آن‌ها مراجعه نمود.

زمان و نحوه مصرف کودهای پتاسیمی

تمام کود پتاسیمی قبل از کاشت مصرف و با دیسک یا داندانه زیر خاک قرار داده می‌شود. در صورتی که پتاسیم موجود در خاک برای رفع نیاز گیاه کافی نباشد و کود پتاسیمی نیز قبل از کاشت مصرف نشده باشد، مصرف سرک کلرید پتاسیم در یک نوبت در مراحل اولیه رشد گندم توصیه می‌گردد. برای افزایش کارایی کود پتاسیمی می‌توان این کود را با دستگاه بذرکار-کودکار در ردیف کشت بذر قرار داد. با این روش مقدار مصرف کود پتاسیمی کاهش خواهد یافت. برای اثربخشی بیشتر، بهتر است همراه با کود پتاسیمی مقداری کود نیتروژنی نیز مصرف شود.

در مراحل انتهایی پنجه‌زنی و اواسط ساقه‌دهی استفاده از کودهای قابل حل در آب که حاوی مقادیر مناسبی پتاسیم باشند به مقدار ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود. همچنین محلول‌پاشی کودهای حاوی این عنصر در همین مراحل رشد به مقدار ۳-۲ کیلوگرم در هکتار نقش مؤثری در افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم دارد. برای دستیابی به عملکردهای زیاد مصرف سرک کودهای حاوی پتاسیم بالا به صورت کودآبیاری و یا محلول‌پاشی در مراحل گلدهی (قبل از ظهور خوشه) و شیری شدن دانه کمک به سزایی در پر شدن دانه‌ها و افزایش عملکرد گندم دارد.

۳-۱-۴- کاربرد گوگرد

گوگرد به صورت یون سولفات جذب گیاه گندم می‌گردد. کمبود گوگرد در خاک‌های معدنی با زهکشی مناسب، بافت درشت و ماده آلی کم وجود دارد. در سال‌های گذشته به دلیل افزایش آلودگی هوا مقدار بیشتری گوگرد از طریق اتمسفر، باران‌های اسیدی و همچنین قارچ‌کش‌های حاوی گوگرد و کودهای شیمیایی وارد خاک می‌گردید و کمبود آن کمتر دیده می‌شد. ولی در سال‌های اخیر، استفاده از محصولات پرنیاز به عناصر غذایی، مصرف کودها با درجه خلوص بالا و کشاورزی متمرکز، کمبود این عنصر در

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۳۵

مناطق از جهان تشدید شده است. در مطالعات صورت گرفته نشان داده شده است که میزان گوگرد قابل استفاده ۳۷ درصد از خاک‌های تحت کشت گندم در کشور کمتر از حد بحرانی (۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد. به عبارت دیگر حدود ۳۷ درصد از اراضی تحت کشت گندم به کاربرد گوگرد نیازمندند.

نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در بافت گیاهی برای تشخیص کمبود گوگرد بسیار مهم است و حد بحرانی آن در بافت گیاهی گندم ۱۳/۷ تعیین گردیده است. حد بحرانی گوگرد (به صورت سولفات) در خاک ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

یون سولفات از طریق ترکیبات موجود در خاک از جمله گچ و یا از طریق آب آبیاری به خاک اضافه می‌شود. به علاوه کاربرد کودها با بنیان سولفات نظیر سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم نیز می‌تواند در رفع کمبود گوگرد در گیاه گندم مؤثر واقع شود. با این حال کاربرد گوگرد به صورت پودری، گوگرد پاستیل و یا کودهای آلی گرانوله گوگردی نیز به عنوان منابع مهم تأمین گوگرد مورد نیاز گندم شناخته شده‌اند. به دلیل اینکه گوگرد در خاک ابتدا می‌بایست به کمک فرایندهای زیستی به سولفات تبدیل و سپس توسط گیاه جذب گردد کاربرد مستقیم گوگرد می‌بایست همراه با باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد (تیوباسیلوس‌ها) مصرف گردد. نحوه مصرف کودهای زیستی اکسیدکننده گوگرد در بخش (۳-۳) به تفصیل بیان شده است. کشاورزان باید دقت زیادی به نیاز کودی گوگرد گیاهان زمستانه داشته باشند. زیرا وقتی درجه حرارت پایین و رطوبت خاک زیاد باشد باکتری‌هایی که گوگرد طبیعی را به سولفات تبدیل می‌کنند خیلی کم هستند. زمان مصرف گوگرد به دلیل زمان‌بر بودن فرایند تبدیل آن به سولفات توسط فرایندهای زیستی در اثربخشی آن بسیار مؤثر است. کاربرد گوگرد در خاک به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس ۲ تا ۴ ماه قبل از کشت توصیه می‌شود.

مقدار مصرف گوگرد بسته به نوع آن متفاوت است. گوگرد پودری و پاستیل به میزان ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود. به دلیل سهولت در مصرف گوگرد پاستیل کاربرد آن نسبت به گوگرد پودری ارجحیت دارد. گوگرد همراه با مواد آلی نیز قابل مصرف می‌باشد. به ویژه در شرایطی که استفاده از باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد امکان‌پذیر نیست مصرف گوگرد به همراه مواد آلی به ویژه کودهای حیوانی توصیه می‌شود. گوگرد آلی گرانوله از دیگر انواع کودهای آلی است که حاوی گوگرد می‌باشد.

علاوه بر نقش گوگرد در تغذیه گندم، کاربرد آن در کاهش pH خاک‌ها به ویژه در ناحیه فعالیت ریشه گندم مؤثر می‌باشد. این امر در خاک‌های آهنی ایران سبب افزایش فراهمی عناصری چون فسفر، روی و آهن می‌گردد. لذا افزایش جذب این عناصر توسط گندم با کاربرد گوگرد مشاهده شده است. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای در گندم و بهبود خصوصیات خاک برای رشد گیاه، در خصوصیات کیفی دانه گندم و به دنبال آن در خصوصیات نان تولیدی نیز نقش دارد.

۳-۱-۵- توصیه کاربرد عناصر کم‌مصرف

کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به طور معمول در خاک‌های سبک و درشت‌بافت (شنی)، خاک‌های آهنی و خاک‌های با ماده آلی کم اتفاق می‌افتد. مشخص شده است که از اراضی تحت کشت گندم ۳۷ درصد دچار کمبود شدید آهن، ۴۰ درصد دچار کمبود شدید روی، ۲۵ درصد دچار کمبود منگنز و ۲۴ درصد نیز دچار کمبود مس می‌باشند. در صورتی که نتایج تجزیه نمونه خاک، غلظت این عناصر را پایین‌تر از حد بحرانی نشان دهد بایستی از کودهای محتوی این عناصر استفاده شود. میزان مصرف این کودها کم است با این حال اثرات فراوانی بر عملکرد به ویژه بر کیفیت گندم تولیدی برجای می‌گذارد. کاربرد این عناصر به ویژه روی و آهن سبب افزایش غلظت آن‌ها در دانه شده که به دنبال آن آرد تولیدی از ارزش غذایی بالاتری برخوردار خواهد بود. با مصرف بهینه کود به ویژه سولفات روی، ضمن کاهش اسید فیتیک و افزایش غلظت عناصر غذایی، نسبت مولی اسید فیتیک به روی که معیاری برای قابلیت جذب عناصر غذایی مهم در بدن انسان می‌باشد نیز کاهش می‌یابد.

انواع کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف

کودهای سولفات روی، سولفات آهن، سولفات مس، سولفات منگنز، اسیدبوریک و کود میکروی کامل و کودهای کلاته (در این کودها از بنیان‌های آلی از جمله EDTA و EDDHA استفاده می‌شود) از جمله کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف می‌باشند که هر یک از آن‌ها نقش خاص و بسزایی در زراعت گندم دارند.

مقدار، زمان و نحوه کاربرد کودهای حاوی عناصر کم مصرف

در جدول (۲۳) گروه بندی غلظت عناصر غذایی کم مصرف در خاک برای دستیابی به تولید مطلوب گندم آورده شده است. این جدول نشان می دهد که هر چه غلظت عنصر غذایی در خاک پایین تر باشد احتمال اینکه با مصرف کود عملکرد گندم افزایش یابد بیشتر خواهد بود.

جدول ۲۳- گروه بندی غلظت عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک برای کشت گندم

گروه	مصرف عنصر غذایی (درصد)*	عنصر غذایی قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم)		
		روی	آهن	منگنز
خیلی کم	کمتر از ۵۰	<۰/۲۵	<۲/۵	<۳
کم	۵۰-۷۵	۰/۲۵-۰/۵	۲/۵-۵	۳-۶
متوسط	۷۵-۱۰۰	۰/۵-۱/۰	۵-۷/۵	۶-۱۰
زیاد	بدون پاسخ	>۱/۰	>۷/۵	>۱۰

* عملکرد گندم در اثر مصرف عنصر غذایی نسبت به پتانسیل عملکرد در نظر گرفته شده است.

کودهای حاوی عناصر کم مصرف در صورت کاربرد در خاک بایستی قبل از کاشت مصرف شده و با شخم زیر خاک شوند و یا با غلظت ۳ تا ۴ در هزار در مراحل پنجه زنی، اوایل ساقه دهی و حتی در مرحله گلدهی محلول پاشی شوند. مصرف بور در مناطقی که دارای خاک شور می باشند توصیه نمی گردد. محلول پاشی این عناصر از منابع کودی سولفات مانند سولفات آهن و روی با غلظت ۵ تا ۷ در هزار امکان پذیر است. در خاک های آهنکی، کارایی سولفات آهن کاهش می یابد که در این صورت از محلول پاشی سولفات آهن و یا مصرف خاکی کلات آهن (Fe-EDDHA) به میزان ۲-۳ کیلوگرم در هکتار استفاده می شود. با این حال مصرف خاکی سولفات آهن همراه با کود اوره به صورت کود آبیاری در رفع کمبود آهن می تواند مؤثر باشد. در شرایط کمبود شدید عناصر کم مصرف در خاک مصرف خاکی کودهای حاوی عناصر کم مصرف به ویژه سولفات روی و منگنز به میزان ۲۵-۴۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می شود. در رفع کمبود روی مصرف توأم خاکی به همراه محلول پاشی سولفات روی ارجحیت دارد. کودهای حاوی عناصر کم مصرف بایستی قبل از

کاشت مصرف شوند یا آنکه در مراحل پنجه‌زنی کامل، اوایل ساقه رفتن و حتی در مرحله گلدهی به صورت محلول‌پاشی مصرف شوند. برای محلول‌پاشی یا برگ‌پاشی رعایت کلیه نکات فنی زیر ضروری است:

- محلول‌پاشی باید صبح زود یا عصر هنگامی که اشعه آفتاب مایل است انجام گیرد.
- به محلول کودی تهیه شده، ماده سیتوتوت یا مایع ظرف‌شوئی به غلظت ۰/۲ در هزار (۲۰۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب) اضافه گردد. این کار باعث کاهش نیروی کشش سطحی آب شده و در نتیجه قطرات آب حالت پخشیده به خود گرفته و سطح تماس برگ با ذرات کودی افزایش یافته و در نتیجه میزان جذب برگی افزایش می‌یابد.
- هنگام محلول‌پاشی سرعت وزش باد باید حداقل باشد.
- پس از انجام محلول‌پاشی با حداقل فاصله زمانی آبیاری مزرعه انجام گیرد.
- برای اطمینان از صحت انجام عملیات فوق پیشنهاد می‌گردد کود مورد نظر را با غلظت مربوطه تهیه و در قطعه کوچکی از مزرعه برگ‌پاشی انجام گیرد. در صورت عدم ظهور علایم برگ‌سوزی پس از سه روز در گیاه در تمام سطح مزرعه برگ‌پاشی انجام شود.
- در اراضی شور از کود میکروبی کامل بدون بور استفاده شود.
- برای غنی‌سازی بذر کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف در مراحل مختلف پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و حتی شیری شدن دانه را می‌توان محلول‌پاشی نمود.
- در محلول‌پاشی باید از آب با کیفیت مناسب (شوری و pH مناسب) استفاده شود.

۳-۲- کاربرد مواد آلی در تولید گندم

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است و میزان کربن آلی در بیش از ۶۰ درصد از اراضی زیر کشت کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آن کمتر از ۰/۵ درصد می‌باشد. چنین وضعیتی در خاک‌های کشور بی‌تردید توان تولید خاک‌ها را محدود کرده و دستیابی به اهداف افزایش تولید و پایداری آن را دشوار می‌نماید. بررسی‌ها نشان داده است که به ازای افزایش هر گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک (معادل ۰/۱ درصد یا ۳ تن در هکتار)، عملکرد دانه گندم به طور میانگین ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. افزون بر این با افزایش کربن آلی از محدودیت خاک‌های شور (قابلیت هدایت الکتریکی

حداکثر تا ۱۰/۵ دسی زیمنس بر متر) و سبک (میزان رس کمتر از ۱۵ درصد) بر عملکرد دانه گندم کاسته خواهد شد.

مواد آلی ترکیبات کربنی می‌باشند که به‌وسیله گیاهان، ریز جانداران و جانوران در خاک تولید می‌شوند. وجود مواد آلی علاوه بر اینکه نشان‌دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری آن به شمار می‌آید که حاصل برهمکنش فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک است. ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه سازی و وضعیت تخلخل، نفوذپذیری آب را در خاک بهبود بخشیده و قدرت نگهداری آب را نیز در خاک افزایش می‌دهد. از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن، مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک زیادی می‌نماید.

منابع تأمین مواد آلی دارای تنوع زیادی است و شامل انواع کودهای حیوانی، کمپوست حاصل از بقایای محصولات کشاورزی نظیر شاخه و برگ گیاهان، سبوس برنج و کلش گندم، ضایعات نیشکر و پسته، ضایعات کارخانه‌های قند، چای خشک کنی، چوب و کاغذ و کشت و صنعت‌های تولید قارچ خوراکی، کمپوست حاصل از تخمیر زباله‌ها و فاضلاب شهری، پودر استخوان و سایر مواد قابل تجزیه گیاهی و حیوانی است که علاوه بر اصلاح نسبت کربن به نیتروژن، غلظت عناصر غذایی مورد استفاده گیاهان زراعی را در خاک افزایش می‌دهند. به علاوه مدیریت صحیح زراعی و اعمال کشاورزی حفاظتی از جمله انتخاب تناوب زراعی مناسب، استفاده از کود سبز، استفاده از بقایای کاه و کلش محصولات و انجام خاک‌ورزی حفاظتی کمک شایانی در حفظ و ارتقای کربن آلی خاک می‌نماید. در زیر واژه‌هایی که در ارتباط با مواد آلی خاک قرار دارند تعریف شده‌اند.

کربن آلی: کربن آلی، کربنی است که در مواد آلی موجود بوده و در نسبت کربن به نیتروژن (C/N) اثر مستقیم دارد.

ماده آلی: به انواع مختلف ترکیبات کربنی موجود در باقی‌مانده گیاهی و یا جانوری که در مراحل مختلف تجزیه قرار دارند ماده آلی گفته می‌شود.

کودهای آلی: مواد تهیه شده از فرآوری ترکیبات با منشأ زیستی و یا ترکیبات فرآوری نشده گیاهی و حیوانی و یا پسماندهای آلی واحدهای فرآوری صنعتی که توسط تجزیه میکروبی یکنواخت شده را کود آلی می‌نامند. کودهای آلی باید از نظر مواد اولیه و محتوای کربن آلی، خصوصیت آلی بودن را دارا باشند (کربن آلی بیش از ۱۰ درصد و ماده آلی بیش از

۲۵ درصد). کودهای آلی می‌بایست حاوی مقادیر کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باشند تا به عنوان کود شناخته شوند (میزان عناصر غذایی N، P₂O₅ و K₂O به صورت مجموع یا منفرد بیشتر از ۵ درصد در ماده خشک). این مواد ممکن است عناصر غذایی را فوراً در دسترس گیاه قرار ندهند ولی موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شوند.

کود آلی- معدنی: این ترکیبات از اختلاط کودهای شیمیائی با مواد آلی مانند پیت، لیگنین، لجن خشک و غیره ایجاد می‌شوند. کودهای معدنی به منظور افزایش سطح عناصر غذایی در این کودها به کار می‌رود.

کمپوست: کمپوست به ترکیبی از ماده آلی که حاصل تجزیه تدریجی باقی‌مانده‌های گیاهی یا حیوانی، پسماندهای فضولات حیوانی، ضایعات گیاهی، ضایعات کشتارگاهی و رسوبات لجن واحدهای تصفیه فاضلاب می‌باشد گفته می‌شود.

کرم‌پوسال (ورمی کمپوست): کرم‌پوسال به کمپوست تهیه شده توسط کرم‌های خاکی که از طریق هضم و دفع فضولات و دیگر پسماندهای آلی ایجاد می‌شود گفته می‌شود. مواد آلی هضم شده با اختلاط با ذرات ریز خاک موجب ایجاد دانه‌های کوچک حاوی مقدار زیادی عناصر غذایی قابل دسترس گیاه می‌شود.

محرک‌های رشد آلی: به ترکیباتی گفته می‌شود که از طرقی غیر از تأمین عناصر غذایی و یا کاهش آفات و عوامل بیماری‌زا موجب بهبود رشد گیاه می‌گردند این مواد می‌تواند شامل اسیدهای هیومیک و فولویک، اسیدهای آمینه و مواد محرک استخراج شده از بافت‌های مختلف گیاهی و غیره باشد.

هوموس: ماده سیاه‌رنگ، بی‌شکل، کلئیدی، تا حدودی پایدار به تجزیه میکروبی با ترکیب مولکولی پیچیده‌ای است که محصول نهایی تجزیه میکروبی ماده آلی در خاک است. این ماده نسبت به تجزیه میکروبی تا حدودی مقاوم بوده و وزن مخصوص ظاهری کمی ۰/۴۵-۲ گرم بر سانتی متر مکعب دارد. اسید هیومیک: اسید هیومیک از تجزیه جزئی ترکیبات آلی آروماتیک که از منشأ گیاهان خشکی زی است تشکیل شده و از مواد تیره‌رنگ بی‌شکل که محصول نهایی فعالیت باکتری‌ها و برخی آنزیم‌هاست به وجود می‌آید. این اسید در محیط‌های قلیایی محلول بوده و در محیط‌های خیلی اسیدی رسوب می‌نماید.

اسید فولویک: اسید فولویک مولکول‌های طبیعی هستند که از فعالیت میکروب‌های مفید بر روی بقایای گیاهی ایجاد می‌شود. این اسید هم در محیط‌های اسیدی و هم در محیط‌های بازی محلول می‌باشد و وزن مولکولی آن کمتر از اسیدهای هیومیک است.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۴۱/

اسیدهای آمینه: اسیدهای آمینه اسیدهای کربوکسیلی هستند که حاوی گروه‌های عامل آمینی نیز می‌باشد. تاکنون حدود ۲۰ نوع اسید آمینه به عنوان واحدهای سازنده مولکولی بسیاری از گیاهان و حیوانات شناخته شده است.

۳-۲-۱- مصرف کودهای آلی در زراعت گندم

میزان مصرف کود آلی بستگی به درجه پوسیدگی، نسبت کربن به نیتروژن و نوع آن دارد. به عنوان مثال میزان کود آلی قابل توصیه از منابع کود گاوی کمپوست شده (پوسیده) با درجه رسیدگی بالا در خاکی با میزان کربن آلی کمتر از یک درصد به مقدار ۲۰-۱۵ تن در هکتار، کود گاوی تازه ۱۵-۱۰ تن در هکتار و کود مرغی ۱۰-۵ تن در هکتار می‌باشد. استفاده از کودهای مرغی در مزارع ممکن است خطر بروز نماتد را افزایش دهد لذا بهتر است از کودهای مرغی فرآوری شده استفاده نمود. از کودهای کمپوست زباله شهری نیز می‌توان استفاده کرد. مهم‌ترین مسئله در انتخاب نوع و مقدار کود آلی قیمت این نهاده می‌باشد که در هنگام مصرف مدنظر قرار می‌گیرد.

اگر کود آلی نپوسیده باشد، بهتر است چند ماه قبل از مصرف با خاک مخلوط و با اعمال رطوبت مناسب پوسانده شود. اگر کود آلی درجه رسیدگی کافی داشته باشد می‌توان همزمان با کشت آن را مصرف نمود. بهتر است کود آلی در عمق مؤثر ریشه با خاک کاملاً مخلوط شود. کودهای آلی گرانوله به طور معمول به علت داشتن عناصر غذایی بیشتر به واسطه انجام عمل غنی‌سازی و حالت گرانوله بودن به میزان ۶۰۰-۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌شوند. مطالعات متعدد نشان داده است که با مصرف کودهای آلی می‌توان از میزان مصرف کودهای شیمیایی کاست. میزان جایگزینی کودهای شیمیایی در اثر مصرف کودهای آلی بسته به نوع عنصر غذایی و میزان مصرف آن در خاک بین ۲۵ تا ۳۵ درصد گزارش شده است.

۳-۲-۲- تناوب زراعی و کود سبز

انتخاب یک تناوب مناسب با تأکید بر جنبه‌های حفاظت محیط‌زیست برای هر منطقه شرط اصلی افزایش بهره‌وری و پایداری تولید در درازمدت خواهد بود. تناوب، کشت گیاهان مختلف با ویژگی‌های متفاوت در توالی با یکدیگر می‌باشد. در میان سیستم‌های زراعی، تناوب نقش بسیار مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا می‌کند. انتخاب تناوب زراعی

صحیح، به دلیل بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک، افزایش مواد آلی خاک، کاهش بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز و کاهش فرسایش باعث افزایش تولید می‌شود.

یکی از راه‌های افزایش ماده آلی خاک استفاده از کود سبز در تناوب زراعی می‌باشد. منظور از کود سبز، برگ‌زدان شاخ و برگ گیاهان به خاک پس از رشد کافی و بدون برداشت محصول است. اثر کود سبز بر خصوصیات فیزیکی خاک همانند کود حیوانی می‌باشد. در صورتی که از گیاهان تیره بقولات به عنوان کود سبز استفاده شود، تمام نیتروژن تثبیت شده به خاک بر می‌گردد. از طرف دیگر کود سبز با جذب و ذخیره مواد غذایی در خود از شسته شدن آن‌ها جلوگیری می‌نماید. نشان داده شده است که کشت شبدر شیرین به عنوان کود سبز به دلیل ریشه‌های توسعه یافته و عمیق خود سبب انتقال فسفر از اعماق خاک به سطح خاک شده و در افزایش حاصلخیزی خاک سطحی مؤثر است. گیاه مورد استفاده به عنوان کود سبز می‌بایستی اثرات منفی (آللوپاتی) بر رشد محصول بعدی نداشته باشد، فصل رشد کوتاهی داشته، تراکم بوته بالا و رشد سبزینه‌ای زیادی داشته باشد تا علاوه بر این که مقدار زیادی ماده آلی به خاک اضافه می‌کند، پوشش کامل خاک را نیز تأمین نماید. پوشش کامل خاک برای جلوگیری از فرسایش خاک و بازداری از رشد علف‌های هرز ضرورت دارد. بنابراین اهداف کود سبز را می‌توان در افزایش ماده آلی خاک، حفظ مواد غذایی خاک (و در صورت استفاده از گیاهان تیره بقولات افزایش نیتروژن خاک)، جلوگیری از فرسایش خاک، ازدیاد فعالیت‌های زیستی و مبارزه با علف‌های هرز خلاصه نمود.

کود سبز در سیکل تناوبی فقط می‌تواند جایگزین آیش فصلی گردد. چنانچه طول آیش فصلی موجود برای تولید یک محصول کفایت می‌نماید، استفاده از کود سبز طی آن آیش فصلی مجاز نیست. نوع آیش فصلی (زمستانه یا تابستانه) که در شرایط کشت آبی توسط کود سبز جایگزین می‌شود به شرایط اقلیمی بستگی دارد. در نواحی اقلیمی که با زمستان سرد مشخص می‌شوند، گیاهان وجینی (مانند چغندر قند، پنبه، ذرت و سیب‌زمینی) در بهار کاشته می‌شوند و آیش زمستانه می‌تواند توسط کود سبز اشغال گردد. در نواحی اقلیمی با زمستان ملایم، گیاهان وجینی ممکن است در پائیز (مانند چغندر قند و سیب‌زمینی) یا در بهار (مانند ذرت، پنبه و آفتابگردان) کاشته شوند و کود سبز می‌تواند محصولی تابستانه یا پائیزه (عکس دوران رشد محصول اصلی) باشد.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۴۳

کودهای سبز در بیشتر مواقع از گیاهان خانواده بقولات هستند. گیاهانی از جمله خلر، لوبیا روغنی، انواع لوبیا، چاودار، شبدر، جو و گندم سیاه به عنوان کود سبز در کشت آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یونجه به عنوان کود سبز کاشته نمی‌شود، اما در صورتی که پس از حصول رشد کافی سبزینه‌ای به خاک برگردانده شود، بعضی از هدف‌های کود سبز را تأمین می‌کند. گیاهانی مثل گندم سیاه، چاودار و شبدر ایرانی به خوبی در خاک‌های فقیر رشد می‌کنند و در بهبود باروری و ساختمان خاک‌ها مؤثر می‌باشند.

کود سبز را حداقل دو هفته قبل از کاشت گندم به خاک بر می‌گردانند. هرچه درصد مواد خشبی کود سبز بیشتر و نیتروژن آن کمتر باشد، می‌بایستی با فاصله زمانی طولانی‌تری از کاشت گندم به خاک برگردانده شود. در صورتی که از گیاهانی مثل یونجه یا شبدر به عنوان کود سبز استفاده می‌شود می‌بایستی ابتدا آن‌ها را با ماشین‌آلاتی مانند کولتیواتور پنجه‌غازی از پائین طوقه قطع نمود تا خشک گردند و یا آن‌ها را با علف‌کش مناسب خشک کرد و ۳ تا ۴ هفته بعد در وضعیت گاو رو بودن خاک، شخم زده شوند. در غیر این صورت این گیاهان مجدداً رشد کرده و به صورت علف هرز در خواهند آمد. هیچ‌گاه نیابستی کود سبز را به عنوان علوفه برداشت و یا مورد چرای دام قرار داد. این عمل باعث خروج مواد غذایی از خاک شده و ممکن است رشد و عملکرد محصول بعدی را کاهش دهد. چرای دام یا یک برداشت مختصر علوفه از کود سبز هنگامی امکان‌پذیر است که کود شیمیائی کافی به خاک داده شود و آیش فصلی موجود اجازه رشد مجدد و کافی را به کود سبز بدهد.

ماش نیز می‌تواند به عنوان کود سبز مورد استفاده قرار گیرد. این گیاه، گرمسیری و تابستانه بوده و دارای نیاز حرارتی زیادی است. ماش پس از سبز شدن به خشکی مقاوم بوده و در اراضی سبک و غنی از مواد آلی یا خاک‌های شنی رسی تولید بیشتری دارد. از آنجایی که ماش حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد از جایگاه ویژه‌ای در تناوب زراعی با گندم برخوردار است. در مواردی که از بقولات به عنوان کود سبز استفاده شود به دلیل تثبیت زیستی نیتروژن توسط این گیاهان می‌توان تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از میزان کود نیتروژنی مصرفی کاست.

۳-۲-۳- کاربرد اسیدهای هیومیک و محرک‌های رشد گیاه

اسیدهای هیومیک تأثیر بسزایی در بهبود شرایط شیمیائی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک برای رشد گندم ایفا می‌نماید. به علاوه کاربرد اسید هیومیک کارایی استفاده از عناصر

غذایی از جمله فسفر را افزایش می‌دهد. نوع مایع اسید هیومیک را می‌توان به صورت بذرمال در زمان کشت گندم مصرف نمود. این عمل شرایط سبز شدن و جوانه زدن دانه را بهبود می‌بخشد. به علاوه اسید هیومیک را می‌توان در زمان پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و یا قبل از ظهور خوشه همراه با آبیاری مصرف نمود. کاربرد محلول‌های اسید هیومیک از طریق سیستم آبیاری و محلول‌پاشی و یا مصرف بذر مال امکان‌پذیر می‌باشد.

تاکنون محرک‌های رشد مختلفی معرفی شده‌اند. در این بین، کاربرد اسیدهای آمینه و عصاره جلبک‌های دریایی تأثیر به‌سزایی در رشد گیاه گندم دارد. کاربرد اسیدهای آمینه در شرایط تنش سرمایی در زمان پنجه‌زنی به میزان ۱ تا ۲ لیتر در هکتار به صورت محلول‌پاشی برای کاهش خسارت سرما توصیه می‌شود. این ترکیبات در مقابله با شرایط تنش‌های خشکی و یا شوری نیز قابل مصرف می‌باشند.

۳-۳- کاربرد کودهای زیستی در زراعت گندم

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

۳-۳-۱- کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه

کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه از مهم‌ترین انواع کودهای زیستی قابل استفاده در کشت گندم می‌باشند. باکتری‌هایی مانند سودوموناس، فلاوباکتریوم، باسیلوس، ازتوباکتر و آزوسپیریوم از انواع شناخته شده باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند. باکتری‌های محرک رشد گیاه به‌وسیله مکانیسم‌های مختلف، به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم 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

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۴۵

عملکرد گیاهان می‌باشند. از مکانیسم‌های غیرمستقیم می‌توان به خصوصیات مانند تولید سیانید هیدروژن، آنتی‌بیوتیک‌ها و سیدروفورها اشاره کرد. مکانیسم‌های غیرمستقیم با تعدیل اثرات منفی تنش‌های زنده و غیر زنده سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند.

نحوه مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه در گندم

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

الف- کودهای زیستی محرک رشد گیاه با فرمولاسیون مایع

۱- بذر مال

ابتدا مقدار معینی از بذر داخل ظرف مناسب تمیزی 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. در این شرایط بذرها برای کاشت آماده هستند. در صورت آماده نبودن شرایط کاشت، بذرها در مکان مناسب تمیزی (دور از نور مستقیم خورشید و ترجیحاً هوای سرد و خشک) نگهداری می‌شوند. نگهداری بذور در این شرایط بیش از ۲۴ ساعت توصیه نمی‌شود.

مقدار کود زیستی مایع مصرفی بستگی به میزان و نوع بذر دارد. در مورد گندم به ازای هر یک کیلوگرم بذر کاربرد ۲۰-۳۰ میلی‌لیتر از مایه تلقیح مایع توصیه می‌گردد. نتایج آزمایش‌های اخیر انجام شده در موسسه تحقیقات خاک و آب نشان داده است کاربرد کود زیستی ویژه گندم (فلاوایت) به مقدار یک لیتر در هکتار می‌تواند به‌طور متوسط سبب افزایش عملکرد گندم تا ۱۰ درصد گردد.

۲- محلول‌پاشی

نتایج آزمایش‌های سال‌های اخیر نشان داده است کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه به‌صورت محلول‌پاشی دارای اثرات مثبتی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی و از جمله گندم شده است. برای این کار ابتدا با استفاده از یک سمپاش مقدار آب مصرفی برای محلول‌پاشی مزرعه کالیبره می‌شود. محلول‌پاشی به‌طور معمول در دو تا سه مرحله توصیه می‌شود. بنابراین با توجه به سطح سبز مزرعه، مقدار کود زیستی مصرفی متفاوت خواهد بود. در روش محلول‌پاشی، به لحاظ اقتصادی قطعاً می‌بایستی کود مورد نظر رقیق گردد. بر اساس

جمعیت ریز جانداران مؤثر موجود در کود رقیق سازی تا صد بار نیز مجاز می باشد. بهتر است از کودهای بیولوژیک با جمعیت پایه 10^7 و انواعی که بیش از دو ماه از تاریخ تولید آن‌ها گذشته باشد استفاده نشود. محلول پاشی بهتر است در هنگام غروب آفتاب صورت گیرد تا ضمن جلوگیری از اثرات منفی امواج ماوراءبنفش نور خورشید، از فرصت کافی برای نفوذ به بافت گیاهی برخوردار باشد.

ب- کودهای زیستی محرک رشد گیاه با فرمولاسیون پودری

میزان مصرف کودهای زیستی پودری نیز بستگی به میزان و نوع بذر دارد. همچنین این کودها برای استقرار بهتر بر روی بذر نیازمند به استفاده از یک ماده چسباننده می باشند. 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 قرار داده و یا مصرف کننده را به استفاده از ماده چسباننده راهنمایی می کنند.

به منظور تلقیح بذر با کودهای پودری ابتدا بذر مورد نیاز به داخل ظرف مناسب تمیزی منتقل می شود. سپس متناسب با مقدار بذر درون ظرف، مقدار مشخصی از محلول ماده چسباننده به آن اضافه شده و به خوبی بهم زده می شود. پس از اطمینان کافی از چسبناک بودن کلیه بذور، کود زیستی اضافه شده و مجدداً به خوبی بهم زده می شود. 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 می شود. محلول ۴۰ درصد صمغ عربی، ۲۰ درصد شکر، ۴ درصد متیل اتیل سلولز نمونه‌ای از این مواد می باشند. مقدار مواد چسباننده مصرفی بسیار مهم می باشد 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 گندم کاربرد ۲۰-۳۰ میلی لیتر محلول چسباننده و حدود ۳۰ گرم مایه تلقیح پودری توصیه می گردد.

۳-۲- کودهای زیستی حاوی باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد

گوگرد از عناصری است که در خاک وجود داشته ولی فرم قابل جذب آن به صورت سولفات می باشد. گوگرد در کمیت و کیفیت محصول اثر داشته و همچنین در اصلاح خاک‌های شور و قلیایی کاربرد دارد. افزودن گوگرد به خاک‌ها در بیشتر موارد به دلیل

اکسیداسیون کند این عنصر چاره‌ساز نبوده و لازم است با کاربرد باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد به‌ویژه تیوباسیلوس سرعت بیشتری یابد. این باکتری‌ها قادرند با اکسید کردن گوگرد عنصری افزوده شده به خاک، سبب قابل جذب شدن آن برای گیاه شوند. از طرف دیگر این اکسیداسیون سبب کاهش موضعی اسیدیته خاک شده و قابلیت جذب عناصری مانند فسفر، روی، آهن و مس را افزایش می‌دهد. مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بیشتر به شکل پودری تهیه می‌شود و به ازای ۵۰ کیلوگرم گوگرد باید یک کیلوگرم مایه تلقیح تیوباسیلوس قبل از کشت مصرف نمود. در حال حاضر پالایشگاه گاز خانگیان اقدام به تولید گوگرد بنتونیتی پاستیلی به فرم عدس نموده است که به سرعت در خاک پخشیده می‌شود و از کارایی بالاتری نسبت به سایر فرم‌های گوگرد برخوردار است.

۴- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش‌های محیطی

۴-۱- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط خاک‌های شور

۴-۱-۱- برخی تعاریف

شوری خاک (ECe): مجموع نمک‌های محلول در عصاره اشباع خاک را شوری خاک گویند. واحد شوری خاک دسی‌زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) است که معادل واحد قدیمی آن یعنی میلی‌موس بر سانتی‌متر (mmhos.cm^{-1}) می‌باشد.

سدیم تبادلی خاک (ESP): سدیم تبادلی خاک مقدار سدیمی است که در محل‌های تبادلی ذرات خاک قرار گرفته و در تعادل با مقدار سدیم موجود در محلول خاک می‌باشد. سدیم به عنوان یک عنصر مضر در خاک قلمداد می‌شود زیرا زیاده‌ای این عنصر در خاک باعث پراکنده شدن ذرات خاک شده و در نهایت مجاری نفوذ آب در خاک را مسدود نموده و با کاهش هدایت هیدرولیکی خاک مانع رسیدن آب و عناصر غذایی به ریشه می‌شود. واحد سدیم تبادلی خاک «درصد» می‌باشد.

واکنش خاک (pH): واکنش خاک شاخصی است که میزان اسیدی یا بازی بودن خاک را نشان می‌دهد. این شاخص در خاک اشباع شده (گل اشباع) اندازه‌گیری می‌شود و بدون واحد می‌باشد.

خاک شور: به خاکی اطلاق می‌گردد که میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) آن به اندازه‌ای باشد که رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. به عنوان قرارداد، هنگامی که ECe عصاره اشباع خاک بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درصد سدیم تبادلی (ESP) آن کمتر از ۱۵ باشد به آن خاک شور می‌گویند. اسیدیته یا واکنش (pH) این قبیل خاک‌ها به طور معمول از ۸/۵ کمتر است. شوری خاک بعد از آبیاری ملاک اندازه‌گیری شوری خاک می‌باشد.

خاک سدیمی: خاکی است که در آن شوری عصاره اشباع خاک (ECe) کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) و درصد سدیم تبادلی آن بیشتر از ۱۵ باشد. اسیدیته یا واکنش (pH) این قبیل خاک‌ها از ۸/۵ بیشتر است.

خاک شور و سدیمی: به خاکی گفته می‌شود که در آن میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) و درصد سدیم تبادلی (ESP) آن بیشتر از ۱۵ باشد. خلاصه مطالب بیان شده در جدول (۲۴) ارائه شده است.

جدول ۲۴- طبقه‌بندی کیفی خاک‌ها از نظر شوری و سدیمی بودن در کشاورزی

ویژگی‌های عصاره اشباع خاک	غیر شور	شور	شور و سدیمی	سدیمی
شوری ($\text{ECe}(\text{dS.m}^{-1})$)	<۴	>۴	>۴	<۴
درصد سدیم تبادلی ESP	<۱۵	<۱۵	>۱۵	>۱۵
نسبت جذب سدیم SAR	<۱۳	<۱۳	>۱۳	>۱۳
اسیدیته یا واکنش pH	<۸/۵	<۸/۵	>۸/۵	>۸/۵

۴-۱-۲- اصلاح خاک‌های شور

به طور خلاصه اصلاح و بهسازی خاک و اراضی با محدودیت شوری و سدیمی شامل زهکشی اراضی، شستشوی نمک‌های منطقه رشد ریشه‌ها (آبشویی) و انجام عملیاتی که همواره مقدار یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در خاک بیش از یون سدیم باشد، است. برای عملیات اصلاح خاک، ابتدا بایستی از طریق اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های خاک و تعیین شاخص‌های مندرج در جدول (۲۵) نوع خاک و عملیات اصلاحی را تعیین و سپس برای اصلاح آن اقدام نمود.

اصلاح این قبیل خاک‌ها در شرایط معمولی اغلب امکان‌پذیر است، مگر آنکه شرایط زهکشی (طبیعی) خاک‌ها نامناسب باشد. به طور طبیعی در بیشتر خاک‌های شور مقادیر

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۴۹/

کلسیم مورد نیاز برای جایگزینی سدیم کافی می‌باشد، لیکن لازم به ذکر است که برای اصلاح خاک‌ها، آب آبخویی نیز بایستی دارای مقدار کمی املاح محلول بوده و از نسبت سدیم به کلسیم متناسبی نیز برخوردار باشد. در حالتی که آب غیر شور در دسترس نباشد از آب کمی شور نیز با رعایت مدیریت مربوطه می‌توان برای آبخویی خاک استفاده نمود. روش‌های عملی اصلاح خاک‌های شور به طور اختصار عبارت‌اند از:

الف) شستشوی خاک: شستشوی خاک بایستی حتی‌الامکان با آب مناسب به روش متناوب (در چند نوبت) صورت گیرد تا شوری خاک به کمتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر (برای کشت گندم) کاهش یابد. از سوی دیگر بایستی عملیات آبخویی خاک با هدف حفظ شوری خاک در سطح معین و مورد نظر و جلوگیری از تجمع نمک‌ها نیز بایستی به طور مداوم انجام گیرد. در جدول (۲۵) آب مورد نیاز شستشوی خاک با توجه به شوری برای کشت گندم آمده است.

جدول ۲۵- توصیه آب مورد نیاز شستشوی خاک با توجه به شوری برای کشت گندم

شرح اصلاح خاک	مقدار شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)
نیاز به آبخویی ندارد.	۶ >
آبیاری اول سنگین انجام شود.	۶/۰ - ۷/۵
آبیاری اول و دوم سنگین انجام شود.	۷/۶ - ۹/۵
یک نوبت آبیاری قبل از کشت و آبیاری اول و دوم سنگین [*] انجام شود.	۹/۶ - ۱۳/۰
یک نوبت آبیاری بسیار سنگین قبل از کشت و آبیاری اول و دوم سنگین انجام شود.	۱۳/۱ - ۲۰/۰
با در دست داشتن نتیجه آزمایش آب با کارشناس مربوطه مذاکره گردد.	> ۲۰

^{*} یک نوبت آبیاری سنگین معادل ۱۰۰۰ مترمکعب آب در هکتار می‌باشد.

ب) کشت گیاهان متحمل به شوری در الگوی زراعی حداقل در سال اول پس از آبخویی خاک مانند جو و کوتاه نمودن فواصل بین دو آبیاری

ج) آبیاری زمستانه

د) کشت پیش از موعد مرسوم و استفاده از بذور ارقام متحمل به شوری و اقلیم هر محل

ه) کشت بر روی شیب فارو و آبیاری به روش کرتی یا فارویی.

با توجه به ویژگی‌های خاک‌های شور و سدیمی برای آبخوبی املاح و اصلاح خاک‌های شور، بهتر است ابتدا املاح موجود در عمق متعارف از نیم‌رخ خاک به حدی کاهش داده شود که امکان رشد و نمو گیاهان متحمل به شوری در آن فراهم گردد، سپس تا زمانی که شوری خاک به حد قابل تحمل گیاه مورد نظر برسد ادامه عملیات آبخوبی همزمان با آبیاری محصول انجام شود.

اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و سدیمی مبتنی بر اعمال روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که انتخاب نوع روش و یا تلفیقی از چند روش بستگی به امکانات تخصصی و تکنیکی منطقه مورد اجرا دارد. مؤثرترین شیوه در اصلاح و بهسازی چنین خاک‌هایی اعمال روش تلفیقی می‌باشد که بایستی با مشورت متخصصین امر انجام شود.

۴-۱-۳- توصیه کودی گندم در شرایط شور

مصرف کودهای نیتروژنه در شرایط شور با غیر شور متفاوت است. بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته در خاک‌های با هدایت الکتریکی (ECe) کمتر از ۷ دسی زیمنس بر متر مقدار نیتروژن معادل مصرف در شرایط غیر شور می‌باشد. در خاک‌های با شوری بین ۷-۱۲ دسی زیمنس بر متر، مقدار ۳۰ درصد به میزان توصیه کود نیتروژنی مصرفی بر اساس مقادیر کربن آلی افزوده می‌شود. ولی در شوری‌های خاک بالاتر از ۱۲ دسی زیمنس بر متر خاک از مقدار توصیه کود نیتروژنی ۳۰ درصد کاسته می‌گردد.

مصرف نیتروژن در اوایل دوره‌ی رویش گیاه (پنجه‌دهی) و در دوره‌ی رسیدگی دانه گندم در شرایط شور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. زیرا مصرف نیتروژن، سبب افزایش تعداد پنجه و وزن هزار دانه و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه و گاه می‌گردد.

به‌طور کلی کودهای نیتروژنی در خاک‌های سبک (شنی) سه یا چهار بار و در خاک‌های سنگین (رسی) دو تا سه بار در مراحل شروع پنجه‌زنی و یا همزمان با آبیاری دوم، تکمیل پنجه‌زنی، مراحل اولیه ساقه رفتن و ظهور خوشه مصرف می‌شود. در خاک‌های متوسط و سنگین یک نوبت در زمان شروع پنجه‌زنی، سپس در مرحله تکمیل پنجه‌زنی و نوبت سوم در مرحله ساقه رفتن مصرف می‌شود. در شرایطی که مصرف کود نیتروژنی با ماشین‌آلات به دلیل بلندی بوته‌های گندم به روش جامد در مزرعه مقدور نباشد، مصرف کود اوره از طریق آب آبیاری بسیار مؤثر خواهد بود. با توجه به اینکه به‌طور معمول در

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم ۵۱/

شرایط شور آبیاری اول سنگین انجام می‌شود، بنابراین توصیه می‌شود در خاک‌های سبک بافت، شروع مصرف کود نیتروژنی قبل از آبیاری نوبت دوم باشد و بقیه کود به‌طور مساوی در مراحل بعد مصرف شوند. در خاک‌های متوسط و سنگین بافت، مصرف ۵۰ تا ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی در زمان شروع پنجه‌زنی و بقیه به‌طور مساوی در مراحل بعد مصرف شوند. در شرایط شور، برای تأمین فسفر مورد نیاز گندم، تفاوتی بین کودهای سوپرفسفات تریپل، فسفات آمونیوم و فسفات سولفات آمونیوم وجود ندارد. در شرایط شوری بین ۴ تا ۸ دسی زیمنس بر متر، مصرف فسفر تا ۲۰ درصد بیشتر و در شوری‌های بیشتر میزان مصرف مطابق با توصیه در شرایط غیر شور خواهد بود.

در شرایط شور محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم به ویژه در مراحل میانی و انتهایی رشد سبب افزایش کارایی استفاده این عناصر می‌شود. مصرف پتاسیم در دو قسط همزمان با کاشت و هنگام ساقه رفتن باعث بهبود معنی‌دار عملکرد می‌شود. مصرف پتاسیم تا شوری ۷ دسی زیمنس بر متر برابر توصیه مصرف در شرایط غیر شور و در شوری ۷ تا ۱۳ دسی زیمنس بر متر مصرف به میزان ۳۰ درصد بیشتر پتاسیم توصیه می‌شود.

مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف به صورت محلول‌پاشی همانند شرایط غیر شور توصیه می‌گردد. ولی مصرف خاکی کود سولفات روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار برای شرایط شور بسیار مطلوب خواهد بود.

۴-۲- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش خشکی

آب به عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای حیاتی گیاه در هنگام اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر رشد گیاه چه از نظر کمیت و چه از نظر کیفیت در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. تنش رطوبتی یکی از مهم‌ترین تنش‌هایی است که ممکن است گیاه در طول دوره رشد خود با آن مواجه گردد. آرمانی‌ترین شرایط از نظر رطوبتی برای اکثر گیاهان زراعی حفظ رطوبت خاک در دامنه حد ظرفیت مزرعه (FC) تا حد تخلیه رطوبتی خاک یعنی ۵۰ درصد آب سهل‌الوصول می‌باشد. گیاه گندم با فرار از خشکی و یا ایجاد مقاومت در برابر خشکی می‌تواند بر تنش رطوبتی فائق آید. در ایران بخش عمده رشد گیاه در طول پاییز و بعد از سرمای زمستان که زمان نزول بیشترین بارندگی است، رخ می‌دهد. گندمی که قبل از ماه‌های خشک و گرم برداشت می‌گردد، از این طریق از خشکی فرار می‌کند. با این حال،

رطوبت کم و درجه حرارت بالا، به عنوان عوامل محدودکننده تولید گندم محسوب می‌گردند. سیستم ریشه گسترده گندم، این گیاه را قادر می‌سازد تا رطوبت مورد نیاز خود را از بخش‌های مختلف خاک به دست آورد. اگر نقطه رشد گیاه سالم مانده باشد، با بهبود شرایط رطوبتی خاک، گیاه مجدداً رشد خود را از سر خواهد گرفت، اما با کاهش عملکرد مواجه خواهد شد. در جدول (۲۶) علایم و نشانه‌های خسارت خشکی در مراحل مختلف رشد در گیاه گندم نشان داده شده است.

جدول ۲۶- اثرات تنش کم‌آبی در مراحل مختلف نمو گندم

مرحله نمو گندم	اثر تنش کم‌آبی
جوانه زدن	تشکیل گیاهچه ضعیف
پنجه‌زنی	علاوه بر کاهش تعداد پنجه، در این مرحله ریشه‌های ثانویه یا دائمی تشکیل می‌گردند که نقش اصلی و حیاتی در تغذیه گیاه دارند که در اثر وقوع تنش ضعیف خواهند بود
ساقه‌دهی	کاهش تعداد سنبله و سنبلچه
سنبله رفتن	علاوه بر افزایش گل‌های نازا که نتیجه آن کاهش تعداد دانه در سنبله است، چون در این مرحله برگ پرچم رشد می‌کند. در صورت بروز تنش، کاهش سطح برگ پرچم و در نهایت کاهش سطح فتوسنتز سبب کاهش وزن هزار دانه خواهد داشت
گلدهی	عدم تلقیح گل‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله
شیری شدن دانه	چروک و لاغر بودن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه

برای مقابله با شرایط تنش خشکی از مدیریت‌های مختلف به نژادی و به زراعی می‌توان بهره جست. استفاده از ارقام مقاوم به شرایط تنش خشکی و کشت به موقع برای عبور از تنش خشکی آخر فصل از جمله راهکارهای عملی برای مقابله با این شرایط محسوب می‌شود. مدیریت تغذیه گیاه گندم نیز تأثیر به‌سزایی در کاهش اثرات نامطلوب خشکی می‌تواند داشته باشد. در اثر تنش خشکی میزان فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد که دلایل آن عبارت‌اند از: ۱) بسته بودن روزنه‌ها و ۲) آسیب دیدن کلروفیل و سایر اجزای دخیل در فرایند فتوسنتز. همچنین در اثر این تنش، تعادل میان تولید گونه‌های اکسیژن فعال

(ROS)^۱ و آنتی اکسیدانهای دفاعی در گیاه از بین می‌رود که نتیجه آن تجمع ROS در سلول‌ها و آسیب دیدن پروتئین‌ها، چربی‌های غشاء و دیگر اجزای سلول می‌باشد. در این بین، عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم، از طریق افزایش غلظت آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر سوپر اکسید دسموتاز (SOD)^۲، کاتالاز (CAT)^۳ و پراکسیداز (POD)^۴، اثرات سمی ROS را در سلول‌های گیاه کاهش می‌دهند. این آنتی‌اکسیدان‌ها، ROS را بیرون رانده و اکسیداسیون نوری^۵ را کاهش می‌دهند، غشاء کلروپلاست‌ها را استحکام بخشیده و میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهند. همچنین برخی عناصر غذایی میکرو مانند روی و سیلیسیم (Si) و منیزیم نیز از طریق افزایش غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها، مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی را افزایش می‌دهند.

افزون بر این، عناصری مانند فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی، رشد ریشه را بهبود می‌بخشند که این عامل به نوبه خود باعث افزایش جذب آب به داخل گیاه گشته و به تنظیم عمل روزه‌ها و افزایش مقاومت گیاه به خشکی کمک می‌نماید. عناصری مانند پتاسیم و کلسیم در افزایش قدرت نگهداری آب سلول تحت شرایط خشکی و تنظیم فشار اسمزی مؤثرند. از طرف دیگر پتاسیم به عنوان فراوان‌ترین کاتیون در سلول‌های محافظ روزه بوده و عملاً باز و بسته شدن آن‌ها از طریق ورود و خروج پتاسیم به این سلول‌ها صورت می‌گیرد. در شرایط کم‌آبی، با وجود پتاسیم کافی در گیاه، حساسیت روزه به بسته شدن و کاهش تلفات آب افزایش می‌یابد. بدیهی است در شرایط کمبود پتاسیم، روزه‌ها از حساسیت کافی برخوردار نبوده و ممکن است در بحرانی‌ترین شرایط از نظر کم‌آبی نیز به‌طور کامل بسته نشوند. کمبود پتاسیم در گیاه باعث کاهش فتوسنتز و مواجهه گیاه و سلول‌های ریشه با کمبود انرژی گردیده و بنابراین مقاومت گیاه به کم‌آبی کاهش می‌یابد. لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مصرف تجملی پتاسیم و افزایش غلظت پتاسیم قابل جذب در خاک تا حدی که منجر به ایجاد اثرات متقابل منفی (Antagonistic) برای سایر عناصر غذایی نظیر کلسیم و منیزیم در خاک نگردد، وضعیتی مفید برای مقابله با تنش خشکی به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، عناصر کم‌مصرف

1-Reactive Oxygen Species

2-Superoxide Dismutase

3-Catalase

4-Peroxidase

5-Photo-oxidation

مانند مس (Cu) و بور (B) از طریق فعال‌سازی فرایندهای فیزیولوژیکی، بیولوژیکی و متابولیسمی در گیاه در کاهش اثرات مضر تنش خشکی مؤثر می‌باشند.

یکی دیگر از راه‌های افزایش ظرفیت آب قابل دسترس خاک (AWC)^۱، افزایش مواد آلی خاک می‌باشد. در همه گروه‌های بافت خاک، هنگامی که میزان ماده آلی خاک، ۱-۳ درصد افزایش می‌یابد، ظرفیت آب قابل دسترس خاک تقریباً دو برابر می‌شود و هنگامی که مقدار افزایش آن به ۴ درصد می‌رسد، بیش از ۶۰ درصد ظرفیت نگهداری آب خاک را به خود اختصاص می‌دهد. ماده آلی حجم خاک را نیز افزایش می‌دهد، به طوری که ظرفیت آب قابل دسترس خاک در واحد عمق خاک افزایش می‌یابد. همچنین افزایش ماده آلی، نفوذپذیری، زه کشی و تهویه خاک را نیز بهبود می‌بخشد. نشان داده شده است که در منطقه ایران مرکزی (اصفهان) که یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور می‌باشد، افزودن ۵۰-۱۰۰ تن ماده آلی به هر هکتار خاک می‌تواند در کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش نفوذپذیری آب در خاک مؤثر بوده و خصوصیات فیزیکی خاک را برای تولید پایدار مهیا نماید.

اسیدهای هیومیک از طریق اتصال به ذرات خاک و ایجاد خاکدانه به افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و در نتیجه افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی کمک می‌نمایند. اسیدهای هیومیک برای مناطق نسبتاً خشک و زمین‌های زراعی وسیع مهم می‌باشند چون به فعال کردن ریز جانداران موجود در خاک کمک زیادی می‌کنند. میکروهمومات‌ها در مناطق کم آب و نسبتاً خشک به گیاه کمک می‌کنند تا طول دوران رشد زیادتری را داشته باشد. به علاوه مولکول‌های هیومیک اسید با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حد زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردد. گذشته از این مولکول‌های فولویک اسید (بخش ریز مولکول هیومیک اسید) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند، با پیوند شدن به مولکول‌های آب، تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کنند.

برای به حداقل رساندن تأثیر خشک‌سالی، لازم است خاک، آب باران را به همان اندازه که ممکن است برای استفاده گیاه در آینده مورد نیاز باشد، جذب نماید تا ریشه‌های گیاه

1 - Available water Capacity

اجازه نفوذ و تکثیر یابند. لذا رطوبت خاک به عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده برای رشد محصول است. ظرفیت خاک برای حفظ و انتشار آب به طیف گسترده‌ای از عوامل مانند بافت خاک، عمق خاک، معماری خاک (ساختار فیزیکی از جمله منافذ)، مقدار ماده آلی و فعالیت‌های بیولوژیکی بستگی دارد. با این حال، مدیریت مناسب خاک می‌تواند این ظرفیت را بهبود بخشد. روش‌های افزایش رطوبت خاک را می‌توان در سه گروه طبقه‌بندی کرد: ۱- روش‌هایی که نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهند، ۲- روش‌هایی که مربوط به مدیریت تبخیر از سطح خاک است و ۳- روش‌هایی که ظرفیت ذخیره‌سازی رطوبت خاک را افزایش می‌دهند. هر سه روش مربوط به ماده آلی خاک می‌شود. به منظور ایجاد یک خاک مقاوم در برابر خشک‌سالی، درک مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رطوبت خاک ضرورت دارد.

ماده آلی شرایط فیزیکی خاک را به طرق مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. بقایای گیاهی که سطح خاک را می‌پوشانند، از ایجاد سله و پوسته‌پوسته شدن خاک در اثر برخورد قطرات باران ممانعت می‌نمایند، بنابراین نفوذ آب باران در خاک افزایش یافته و رواناب کاهش می‌یابد. یکی از راهکارهای مدیریتی برای مقابله با تنش خشکی، استفاده از مالچ‌های آلی به منظور حفظ رطوبت خاک و کاهش رقابت علف‌های هرز برای به دست آوردن آب می‌باشد. افزودن مواد آلی مانند کاه و کلش گندم و جو به خاک، موجب بالا رفتن راندمان مصرف آب و در نهایت باعث کاهش دفعات آبیاری و هدر رفتن آب می‌گردد که در مقابله با تنش خشکی مؤثر می‌باشد.

نفوذ سطحی آب در خاک به عواملی مانند دانه‌بندی، نحوه اتصال و ثبات خاکدانه‌ها، افزایش منافذ و ترک‌ها و شرایط سطح خاک بستگی دارد. افزایش ماده آلی به افزایش تخلخل خاک کمک غیرمستقیم می‌نماید. مواد آلی تازه فعالیت جانوران خاک مانند کرم‌های خاکی را تحریک نموده و این جانوران تونل‌هایی را در خاک ایجاد می‌نمایند که انباشته از ترشحات چسب مانند و پوسته بدن این جانوران می‌باشد. ایجاد این منافذ بزرگ به نفوذ آسان‌تر و نگهداری بهتر آب در خاک کمک فراوان می‌نماید. علاوه بر این ماده آلی خاک تأثیر قابل توجهی در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد. به ویژه در سطح خاک که میزان مواد آلی بیشتر است، آب بیشتری در خاک ذخیره می‌گردد. نشان داده شده است که هر یک درصد افزایش ماده آلی خاک، منجر به افزایش $\frac{3}{7}$ درصدی ظرفیت نگهداری آب خاک می‌گردد.

حفظ پوشش گیاهی آیش در سطح خاک منجر به کاهش تبخیر و افزایش ۴ درصدی آب خاک می‌گردد. این مقدار معادل تقریباً ۸ میلی‌متر باران است. این مقدار آب اضافی می‌تواند از پژمردگی محصول در دوره‌های خشک (تنش خشکی طی فصل رشد) جلوگیری نموده و به بقای گیاه بیانجامد. سطوح بالای بقایای گیاهی (۸-۱۲ تن در هکتار) منجر به ذخیره ۸۰-۹۰ میلی‌متر آب ذخیره بیشتر در خاک می‌گردد.



شکل ۱۶- خسارت خشکی در مزرعه گندم

۳-۴- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش سرما

شدت خسارت یخبندان یا سرمای زیر صفر درجه در محصولاتی مانند گندم به فاکتورهای متفاوتی بستگی دارد. مرحله رشد گیاه یا میزان رسیدگی محصول، میزان کاهش دما و طول زمانی که گیاه در معرض این خطر قرار گرفته است، از عوامل مهم می‌باشند. مقاومت در برابر خسارت یخبندان یکی از ویژگی‌های گندم زمستانه در ماه‌های سرد زمستان می‌باشد. با افزایش دما در بهار، گندم این مقاومت را از دست داده و با خروج از

مرحله زمستان گذرانی شروع به رشد می‌نماید. با پیشرفت مراحل رشد گیاه (به ویژه در مرحله به گل رفتن)، میزان آسیب‌پذیری گیاه افزایش می‌یابد. بسته به شدت خسارت یخبندان و مراحل مختلف رشد گیاه، تأثیر آن بر عملکرد محصول متفاوت می‌باشد.

علائم و نشانه‌های خسارت سرما می‌تواند در اغلب مراحل مهم رشد گندم زمستانه مشاهده شود. تواتر شب‌های بسیار سرد پس از روزهای گرم منجر به ایجاد یک نوار رنگی زرد تا سفید یا ارغوانی بر روی برگ‌های جوان و نوظهور می‌گردد. به‌مرور که گیاه با شرایط سرما خو می‌گیرد، علائم سرمازدگی کاهش می‌یابد. بعد از اینکه گیاه در اثر کاهش دما در پاییز به سرما عادت نمود، قادر است در برابر ماه‌های خیلی سرد نیز با حداقل اثرات زیان‌بار پایدار بماند. هرچند حتی گیاهان مقاوم شده در برابر سرما نیز هنگامی که دمای خاک به حدود 12°C - برسد، خسارت خواهند دید. درجه حرارت بسیار پایین منجر به مرگ زمستانه در گندم می‌گردد. گندم در خاک‌های خشک نسبت به خاک‌های مرطوب بیشتر در برابر خسارت سرما آسیب می‌بیند، زیرا در این شرایط، سرما سریع‌تر در گیاه نفوذ نموده و آن را تحت تأثیر قرار خواهد داد. همچنین خسارت سرما در مناطق شیب‌دار و مرتفع و شیب‌های رو به شمال شدیدتر می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت دماهای پایین می‌تواند به بخش‌های مختلف گیاه اعم از برگ‌ها، گره‌ها و ساقه‌ها صدمه وارد نماید. در ابتدای خسارت سرمازدگی، برگ‌ها تیره‌رنگ می‌شوند و به نظر می‌رسد که در اثر جذب آب خیس شده‌اند. ساقه‌های خسارت‌دیده نیز ممکن است ابتدا رنگ‌پریده، خیس و نرم شده و در نهایت خشن و تیره شوند. این نواحی خمیده و درهم پیچیده شده و موجب واژگونی ساقه می‌گردند. اگر ساقه در اثر سرمازدگی کاملاً واژگون نگردد و فقط از ناحیه گره‌های ساقه خمیده شود، می‌تواند بعد از گذر از سرما مجدداً رشد نموده و ایستادگی خود را بازیابد.

یخ زدن در ابتدای بهار، موجب از بین رفتن نقطه رشد^۱ گیاه و در اواخر آن، منجر به عقیم شدن خوشه‌ها می‌گردد. اگر نقطه رشد از بین برود، یک برگ رنگ‌پریده به‌طور حلقه‌وار دور ساقه ظاهر می‌گردد. خوشه سرمازده نیز سفید، خشک و بی‌آب به نظر می‌رسد که دارای کرک‌های ریز می‌باشد و در نهایت رنگ آن تبدیل به سفید قهوه‌ای و ظاهر خوشه چروکیده خواهد شد. در حالی که یک خوشه سالم دارای رنگ نسبتاً سفید تا متمایل به سبز و ظاهر

شاداب می‌باشد. اصولاً گیاهان سرما زده بر خلاف گیاهان سالم نمی‌توانند به‌طور طبیعی رشد نمایند، برگ‌های آن‌ها رنگ پریده شده و مزرعه ظاهر زرد و خشبی پیدا می‌کند.

هنگامی که یخبندان در مرحله به گل رفتن رخ دهد، چند نوع خسارت ممکن است اتفاق بیفتد. دمای صفر درجه یا زیر صفر درجه سانتی‌گراد به بساک‌ها که بسیار حساس‌تر از کلاله هستند، صدمه وارد می‌نماید و موجب عقیمی گلچه‌ها می‌گردد. بساک‌ها چروکیده و در هم پیچیده می‌شوند، در حالی که رنگ آن‌ها هنوز زرد مایل به سبز است. ۲۴ ساعت بعد از سرمازدگی، این نشانه‌ها با یک‌ذره بین دستی قابل مشاهده است. در چنین شرایطی مقدار دانه‌ها کم، دانه‌ها چروکیده، دارای وزن و ظرفیت پروتئین پایین می‌باشند. علاوه بر این، یخبندان به پنجه‌ها و ساقه‌های اولیه گندم صدمه وارد نموده و موجب تحریک رشد پنجه‌های دوم و سوم در گیاه می‌شود که در نهایت به تأخیر در برداشت می‌انجامد. جدول (۲۷) میزان خسارت سرمازدگی را هنگامی که گیاه بیش از ۲ ساعت در معرض دمای پایین قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

جدول ۲۷- مرحله رشد گندم و میزان خسارت سرمازدگی

مرحله رشد	دما (درجه سانتی‌گراد)	علائم سرمازدگی	تأثیر بر عملکرد
پنجه زدن	-۱۱	زرد شدن و سوختن برگ‌ها	کم تا متوسط
ساقه رفتن	-۴/۴	سوختن برگ‌ها/ از بین رفتن نقطه رشد	متوسط تا زیاد
آبستنی	-۲/۲	عقیم شدن گلچه‌ها/ رنگ پریدگی خوشه‌ها	عمدتاً زیاد
خوشه رفتن	-۱/۱	عقیم شدن گلچه‌ها/ رنگ پریدگی خوشه‌ها/ سفید و بی‌رنگ شدن خوشه و برگ‌ها	زیاد
به گل رفتن	-۱/۱	عقیم شدن گلچه‌ها/ رنگ پریدگی خوشه‌ها/ سفید و بی‌رنگ شدن خوشه و برگ‌ها	زیاد
شیری شدن	-۲/۲	بی‌رنگ شدن خوشه‌ها، کوچک، چروکیده، کم‌رنگ و ناصاف شدن دانه‌ها	عمدتاً زیاد
سفت شدن	-۲/۲	دانه‌ها بی‌رنگ و چروکیده	کم تا متوسط



شکل ۱۷- عوارض خسارت سرمازدگی در گندم



شکل ۱۸- خوشه سرمازده در گندم- یخبندان موجب رنگ زرد و ظاهر نمناک پوسته دانه‌ها در خوشه شده است.



شکل ۱۹- خسارت سرمازدگی در نواحی مختلف خوشه گندم- ممکن است همه گلچه‌ها همزمان دچار سرمازدگی نشوند.

توجه به تاریخ کاشت، انتخاب صحیح ارقام و تهیه بستر مناسب بذر از طریق کاشت بذر در بستری از کاه و کلش از جمله راه‌های مدیریت خسارت‌های ناشی از تنش سرما در گندم می‌باشد. مدیریت تغذیه نیز از جمله عوامل مهم در کاهش خسارت ناشی از سرما محسوب می‌شود. مقدار مصرف کود نیتروژن در جلوگیری از خطر سرمازدگی می‌تواند مؤثر باشد. گیاهانی که دارای کمبود نیتروژن هستند، اغلب از نظر تاریخ خوشه رفتن تفاوتی با گیاهانی که نیتروژن کافی دریافت داشته‌اند، ندارند، اما ظاهر گیاه کوچک‌تر و عملکرد آن پایین‌تر می‌باشد. مصرف کود نیتروژن موجب افزایش رشد رویشی و شادابی گیاه گردیده، ساقه‌ها آبدار و مستعد سرمازدگی می‌شوند. مصرف کود نیتروژن باید قبل از مرحله ساقه رفتن به منظور دستیابی به عملکرد حداکثر انجام گردد. از مصرف بیش از حد کود نیتروژن در پاییز باید اجتناب نمود، اما مقادیر کافی فسفر جهت رشد قوی ریشه توصیه می‌شود. گیاهانی که به اندازه کافی پتاسیم دریافت نکرده‌اند، اغلب به سرمازدگی حساس‌تر هستند که این به کمبود آب در سلول مربوط می‌شود. بنابراین، کافی نبودن میزان پتاسیم، عاملی است که به افزایش خطر سرمازدگی منجر می‌گردد.

از طرفی با افزایش مواد آلی محلول از قبیل قندها و پروتئین‌ها به سلول‌های گیاهان زراعی، می‌توان مقاومت آن‌ها را در برابر سرمازدگی افزایش داد. استفاده از محلول‌های محرک رشد گیاه حاوی اسیدهای آمینه آزاد و چپ‌گرا در مراحل قبل از پنجه‌زنی، مرحله پنجه‌زنی و ساقه رفتن می‌تواند کمک شایانی به افزایش مقاومت به شرایط تنش‌های سرمایی بیانجامد. اسیدهای آمینه که حاوی پتاسیم نیز باشند در این بین مؤثرترند.

هیومیک اسید نیز با سازوکارهایی می‌تواند تا حدودی مانع سرمازدگی شود. مکانیسم نخست مربوط می‌شود به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک که خودبه‌خود سبب گرم شدن خاک در اطراف ریشه می‌شود. اگرچه چرخش شیره گیاهی در درون آوندها در فصل زمستان کند و بطئی است، اما همین چرخش کند هم می‌تواند تا حدودی گرمای ریشه را به قسمت‌های هوایی منتقل کند. دومین سازوکار مربوط می‌شود به حفظ بیشتر رطوبت خاک که به دلیل بالا بودن گرمای ویژه آب مقدار کالری بیشتری در درون خاک ذخیره می‌شود. در طول روز آفتاب به سطح زمین می‌تابد و آن را گرم می‌کند و در شب خاک خشک به سرعت گرما را از دست می‌دهد. اما خاک مرطوب که مقدار بیشتری کالری ذخیره کرده است آهسته‌تر خنک می‌شود، در نتیجه احتمال سرمازدگی کاهش می‌یابد.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۶۱

سومین سازوکار هیومیک اسید برای مقابله با سرمازدگی این است که رنگ تیره‌ای به خاک می‌دهد و در نتیجه انرژی خورشیدی بیشتر به خاک جذب می‌شود. از همه این‌ها گذشته هیومیک اسید و فولیک اسید متابولیسم درون‌سلولی را افزایش داده و با این مکانیسم هم به مقابله با سرما کمک می‌کنند.

۴-۴- مدیریت زراعی گندم در شرایط تنش گرما

خسارت ناشی از درجه حرارت بالا بسته به مرحله رشد گیاه گندم می‌تواند متفاوت باشد. در طول پاییز، درجه حرارت بالا سبب کاهش تعداد پنجه می‌شود و در زمستان باعث رشد زود هنگام گندم شده و در نتیجه منجر به صدمه زدن به گیاه در حرارت پایین بعدی می‌گردد. در ارقامی که زود به مرحله بلوغ می‌رسند، به طور معمول درجه حرارت بالا و تنش رطوبتی با هم رخ می‌دهد. گندم گیاهی است که به افزایش دما به ویژه هنگام کشت، در طول دوره جوانه زدن و تولید پنجه حساس می‌باشد. همچنین با افزایش دما در ادامه مراحل رشد (ورود به مرحله زایشی، ساقه رفتن، خوشه رفتن و گل‌دهی) نیز گندم دچار تنش و خسارت خواهد. هنگامی که دما به ۳۲-۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، رشد گیاه گندم متوقف شده و کاهش وزن می‌تواند اتفاق افتد.

در شرایط وقوع تنش گرما، عملکرد دانه در اثر هر دو عامل تغییر تعداد و اندازه دانه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تعداد دانه‌ها طی یک دوره زمانی از ۳۰ روز قبل از گلدهی تا اندکی پس از گل‌دهی و اندازه دانه‌ها طی مدت زمان پر شدن آن‌ها تعیین می‌گردد. نزدیک به انتهای فصل، هنگامی که شرایط گرما در اکثر مناطق حاکم است، بارزترین اثر گرما، کاهش طول زمان پر شدن دانه‌ها می‌باشد. دمای بالا همچنین می‌تواند سرعت پر شدن دانه را افزایش دهد، اما این شرایط تنها هنگامی به وجود می‌آید که دما اندکی از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر باشد. هرچند این مسئله برای جبران مدت زمان کم پر شدن دانه کافی نمی‌باشد و در نهایت اندازه دانه‌ها کوچک خواهد ماند. در دماهای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد، گرما می‌تواند سرعت پر شدن دانه‌ها را نیز کند نماید که دلیل آن تا اندازه‌ای نقصان سازوکار فتوسنتز برگ‌ها در محدوده‌های دمایی بالا می‌باشد که در نهایت به افزایش سرعت روند پیری گیاه می‌انجامد. پیری زودرس گیاه یک محدودیت مهم در روند پر شدن دانه‌ها می‌باشد که به

کاهش عملکرد می‌انجامد. مدل‌های گیاهی، میزان کاهش عملکرد گیاه را برای برخی کشت‌ها به ازای هر ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، تا ۵۰ درصد برآورد می‌نمایند.

علامه و نشانه‌های خسارت گرما در مزرعه

- ۱- ساقه گیاه ظاهر فشرده و ناسالم می‌یابد.
- ۲- پهنک برگ دارای یک نوار سوختگی قهوه‌ای یا سیاه‌رنگ می‌باشد.
- ۳- برگ‌ها کوچک‌تر و اندازه خوشه‌ها بسیار کوچک می‌باشد.
- ۴- بسته به درجه سوختگی، برگ‌ها آویزان شده و فرو می‌افتند.
- ۵- قهوه‌ای شدن سریع و ناگهانی برگ پرچم
- ۶- چروکیدگی و پژمرده شدن دانه‌ها قبل از بلوغ (هنگامی که درجه حرارت بالا در طول پر شدن دانه‌ها اتفاق افتد)
- ۷- از بین رفتن گیاه در دمای بسیار بالا

مدیریت مقابله با تنش گرما

- ۱- با اقدامات مدیریتی مانند حفظ رطوبت خاک و آبیاری به موقع می‌توان این خسارت را کاهش داد.
- ۲- در مناطقی که احتمال بروز تنش گرما و خشکی آخر فصل وجود دارد، بهتر است از ارقامی استفاده گردد که زودتر به گل می‌روند.
- ۳- کاربرد کودهای پتاسیمی محلول در مرحله ظهور خوشه‌ها و شیری شدن دانه نیز می‌تواند منجر به کاهش اثرات تنش گرمایی در کاهش وزن هزار دانه گندم در گرمای آخر فصل رشد گردد.

۵- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم در کشاورزی حفاظتی

کشاورزی حفاظتی مبتنی بر الف) کاهش مقدار خاک‌ورزی، ب) حفظ مقدار کافی بقایای گیاهی بر روی سطح زمین، ج) رعایت تناوب مناسب، ضمن ملحوظ نمودن جوانب اقتصادی اجتماعی در پذیرش آن می‌باشد. در سالیان گذشته بیشتر توجه به خاک‌ورزی بوده است لیکن به منظور نهادینه شدن کشاورزی حفاظتی، دیگر اصول نیز نیازمند توجهی

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۶۳

جدی تر می باشد. یکی از مهم ترین مسائل در سامانه های حفاظتی، تأمین عناصر غذایی برای گیاهان به مقدار لازم در زمان مناسب توأم با جایگذاری صحیح می باشد.

به طور کلی وجود شرایط زیر در مزرعه برای موفقیت جایگزینی کشاورزی حفاظتی با خاک ورزی مرسوم (شخم با گاو آهن برگرداندار و ...) مؤثر می باشد.

- مقدار مواد آلی خاک بالاتر از یک درصد
- بافت خاک لومی و سبک، بدیهی است در خاکهای سنگین نظیر رسی و لوم-رسی موفقیت امر بسته به میزان مواد آلی خاک، وجود ساختمان و نوع آن و نفوذپذیری خاک دارد
- عمق زیاد خاک (به طور معمول دشت های رسوبی)،
- عدم وجود سخت لایه در خاک،
- وجود زهکشی طبیعی خاک (نفوذپذیری مناسب)،
- عدم محدودیت شوری خاک و آب،
- پوشش حداقل ۳۰ درصد سطح توسط کاه و کلش و بقایای پوششی محصول قبلی
- یکنواختی توزیع کلش در سطح مزرعه، بدیهی است در صورت تجمع بیش از حد کلش در برخی نقاط در مزرعه نه تنها با ایجاد مزاحمت برای دستگاه، یکنواختی و کشت بذر دچار مشکل شده بلکه این امر سبب ایجاد لکه های زرد ناشی از کمبود نیتروژن در سطح مزرعه طی دوره رشد گیاه می شود.

۵-۱- کاربرد نیتروژن

مصرف نیتروژن در طول رشد گیاه در سیستم کشت به صورت بی خاکورزی و یا خاک ورزی حداقل در حالتی که بخشی (حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد) از بقایای گیاهی کشت قبلی در سطح مزرعه باقی مانده است، با دو هدف عمده به شرح زیر صورت می گیرد:

۱- مصرف نیتروژن برای بقایای گیاهی: کاربرد کلش و برگرداندن آن به خاک سبب افزایش مواد آلی خاک، ریز جانداران مفید خاک، افزایش راندمان مصرف کودهای شیمیایی، عملکرد کمی و کیفی محصول و رطوبت خاک می گردد. در حالی که سوزاندن کلش در مزرعه موجب کاهش مواد آلی، کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش جمعیت ریز جانداران مفید خاک، سفت شدن خاک، شور شدن تدریجی خاک و در نهایت تولید محصول گندم در

بلندمدت می‌شود. میزان نیتروژن مورد نیاز با توجه به نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بقایا، نسبت کربن به نیتروژن ریز جانداران تجزیه‌کننده، درصدی از بقایا که در مدت زمان مشخص توسط ریز جانداران تجزیه می‌شوند و درصدی از کربن موجود در بقایا که توسط ریز جانداران قابل تجزیه است، صورت می‌گیرد. از آنجا که نسبت کربن به نیتروژن در بقایای کلش برخی گیاهان زراعی (به جز کلش برنج که حدود ۱۲۰ بوده و در شرایط معمول و به دلیل ترکیب خاص خود نسبت به تجزیه میکروبی مقاوم‌تر است) نظیر گندم و ذرت دانه‌ای حدود ۶۰ تا ۸۰ می‌باشد، لذا برای تجزیه بقایا و جلوگیری از بروز مشکل کمبود نیتروژن به دلیل وجود بقایا لازم است به ازای هر تن کلش گندم و یا جو، مقدار ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره، و برای بقایای ذرت، مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره، بقایای پنبه و آفتابگردان مقدار ۲۵ کیلوگرم اوره و برای بقایای گیاهی سبزی و صیفی نظیر سیب‌زمینی، پیاز، گوجه، خیار و سایر بقایای گیاهی غیر خشبی و عمدتاً برگری مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره مازاد بر نیتروژن مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد، مصرف گردد. تعیین میزان بقایای گیاهی (کاه و کلش) از طریق جمع‌آوری و توزین کلش در سطح یک تا دو متر مربع در دو یا سه تکرار و تبدیل آن به سطح یک هکتار صورت می‌گیرد. به عنوان مثال در صورتی که میانگین مقدار کاه و کلش جمع‌آوری‌شده از سطح یک مترمربع از مزرعه‌ای ۰/۲ کیلوگرم باشد (با فرض ۳۰ درصد پوشش سطح)، میزان کاه و کلش موجود در سطح یک هکتار، ۲ تن خواهد بود. در این شرایط، میزان اوره مورد نیاز جهت پوسیدن بقایا و جلوگیری از بروز مشکل برای گیاه از نظر تغذیه نیتروژن، ۷۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نحوه مصرف نیز به این گونه است که ۴۰ تا ۵۰ درصد نیتروژن محاسبه شده همزمان با کشت در سطح مزرعه توزیع و آبیاری صورت می‌گیرد و مابقی در دو نوبت به همراه مصرف سرک نیتروژن به سرجمع کود مورد نیاز در هر نوبت سرک اضافه می‌شود.

با توجه به اینکه نسبت کربن به نیتروژن در کلش غلات زیاد است، بهتر است به ازای هر تن کلش که به خاک اضافه می‌شود، ۲۰-۳۰ کیلوگرم کود اوره به همراه آن مصرف شود. مقدار نیتروژن اضافی نبایستی بیش از ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل حدود ۹۰ کیلوگرم در هکتار اوره) به توصیه در شرایط معمول اضافه نمود. اگر نیتروژن به صورت نواری در زیر بذر استفاده شود، بایستی مصرف نیتروژن مقدار کمتری افزایش یابد (حدود ۵۰ درصد کمتر). در خاک‌های با بافت سبک و مصرف نواری نیتروژن بایستی به

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۶۵

همان مقدار مصرف در خاک‌ورزی معمول استفاده شود. البته بعد از ۵ تا ۱۰ سال مقدار نیتروژن مصرفی کاهش خواهد یافت.

۲- مصرف نیتروژن به منظور فراهم نمودن رشد مطلوب گیاه: با توجه به اینکه انتظار بر آن است تا در سیستم بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل، میزان عملکرد حداقل به اندازه عملکرد حاصل در سیستم خاک‌ورزی مرسوم باشد، نحوه و میزان مصرف نیتروژن در هر روش خاک‌ورزی به شرح زیر است.

الف- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم)

در این روش، ۲۰ درصد کل نیتروژن برآورد شده برای طول دوره رشد به صورت پایه و همزمان با کاشت توسط دستگاه کارنده در زیر و کنار بذرها همراه با سایر کودهای مورد نیاز جایگذاری گردد. به عنوان مثال اگر نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد در این صورت ۲۰ درصد این مقدار، معادل ۸۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله به طریق جایگذاری مصرف گردد.

مصرف نیتروژن همزمان و یا قبل از آبیاری نوبت سوم (تقسیم اول) به میزان ۲۵ درصد نیتروژن یا اوره کل برآورد شده برای دوره رشد می‌باشد. به عنوان مثال در صورتی که نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد، در این صورت ۲۵ درصد آن معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله مصرف گردد.

مصرف ۲۵ درصد نیتروژن یا اوره کل برآورد شده برای دوره رشد در زمان پنجه‌زنی گندم یا مرحله رشد رویشی گیاه. به عنوان مثال در صورتی که نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد، در این صورت ۲۵ درصد آن معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله مصرف گردد.

مصرف مابقی نیتروژن (۳۰ درصد) در مرحله قبل از گلدهی گیاه به طور مثال برای گندم در مرحله متورم شدن ساقه و یا همزمان با ظهور خوشه (تقسیم سوم)

نکته: بهترین روش مصرف کودهای نیتروژنی از جمله اوره با توجه به حلالیت زیاد آنها به همراه آب آبیاری می‌باشد. به این ترتیب که کود مورد نیاز برای مصرف در بشکه آب حل گردد و در زمان دوم آبیاری با آب مخلوط و استفاده شود. به طور مثال اگر زمان لازم برای آبیاری قطعه زمینی ۴ ساعت باشد، ۲ ساعت آبیاری بدون کود انجام شود و در زمان

باقی‌مانده (۲ ساعت) شیر بشکه در مسیر آب باز شود تا مخلوط آب و کود به طور یکنواخت در سطح کرت و تا عمق مؤثر توسعه ریشه توزیع گردد.

ب- کم خاک‌ورزی

در شرایطی که از سامانه کم خاک‌ورزی برای کشت استفاده گردد، مصرف کود نیتروژن (اوره) به صورت پایه (همزمان با کشت) یا قبل از آبیاری نوبت اول (خاک آب) اضافه بر آنچه که جهت پوسیدن بقایا (اشاره شده در بالا) به آن اشاره گردید، توصیه نمی‌شود. از آنجا که به طور معمول میزان مواد آلی در بیشتر خاک‌های زراعی کمتر از یک درصد بوده و از طرفی حدفاصل زمانی بین آبیاری نوبت دوم و سوم مصادف با مرحله پنجه‌زنی گندم می‌باشد، لذا ۳۵ درصد کل نیتروژن برآورد شده برای تمام دوره رشد با آبیاری نوبت دوم به عنوان اولین سرک نیتروژن مصرف گردد.

در آبیاری پس از دوران سرما و یخبندان (در اسفندماه و یا اوایل فروردین ماه) در شرایطی که گندم در اواخر مرحله پنجه‌زنی و یا تکمیل آن است، ۳۰ درصد نیتروژن (اوره) برآورد شده برای کل دوره رشد به عنوان سرک دوم بایستی در این مرحله مصرف گردد. به عنوان مثال اگر مقدار نیتروژن (خالص) مورد نیاز برای کل فصل رشد با توجه به شرایط منطقه و عملکرد مورد انتظار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد، ۳۰ درصد این مقدار یعنی ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باید در این مرحله مصرف گردد که این مقدار در قالب کود اوره و با توجه به درصد خلوص نیتروژن در کود اوره (۴۶ درصد) مقدار ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. برای سایر زراعت‌ها در مرحله رشد رویشی گیاه نوبت سرک دوم بر اساس درصد فوق مصرف می‌شود.

مصرف مابقی نیتروژن (۳۵ درصد) در مرحله متورم شدن ساقه گندم و یا همزمان با ظهور خوشه و یا قبل از مرحله گلدهی گیاه می‌باشد.

مناسب‌ترین نوع کود نیتروژنی برای مناطق دیم نیترات آمونیم است. در شرایط کشت با سیستم بی‌خاک‌ورزی، مصرف مقدار ۸۰ کیلوگرم نیترات آمونیم یا در صورت عدم دسترسی به نیترات آمونیم مقدار ۶۵ کیلوگرم اوره به صورت جایگذاری در زیر و کنار بذر همزمان با کشت توصیه می‌شود. در بهار و هنگام انتظار بارندگی نیز مقدار ۸۰ کیلوگرم نیترات آمونیم و یا ۶۵ کیلوگرم اوره به صورت سرک در سطح مزرعه توزیع گردد.

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۶۷

نیترژن مورد نیاز برای پوسیدن کاه و کلش: در این حالت مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره یا ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیم به ازای هر تن کلش مورد نیاز می‌باشد که ۵۰ درصد آن پس از انجام کشت بایستی به صورت دستی یا دستگاه سانتریفوژ پشت تراکتوری، در سطح مزرعه توزیع و مابقی به سرجمع کود مورد استفاده در مرحله سرک (هنگام بهار) اضافه و به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه توزیع می‌گردد.

۵-۲- کاربرد فسفر

الف- کشت مستقیم (بی خاک‌ورزی)

در صورتی که فسفر قابل جذب خاک کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مصرف کود به روش جایگذاری باشد، در خاک‌های با بافت متوسط (لومی) به ازای هر یک میلی‌گرم فسفر قابل جذب کمتر از حد فوق (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار و در خاک‌های با بافت سبک مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل یا فسفات آمونیم توسط دستگاه کارنده در زیر و کنار بذر جایگذاری می‌شود. به عنوان مثال در صورتی که فسفر قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر، ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد و بافت خاک نیز متوسط (لوم) باشد در این صورت مقدار کود فسفاتی مورد نیاز ۷۵ کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

ب- کم خاک‌ورزی

در صورتی که فسفر قابل جذب خاک کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد. در خاک‌های با بافت متوسط (لومی) به ازای هر یک میلی‌گرم کمتر از حد فوق (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار و در خاک‌های نسبتاً سبک بافت مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل یا فسفات آمونیم مورد نیاز است. به عنوان مثال در صورتی که فسفر قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر، ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد و بافت خاک نیز متوسط (لوم) باشد در این صورت مقدار کود فسفاتی مورد نیاز ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که بایستی به روش دستی و یا دستگاه کودپاش سانتریفوژی قبل از هر گونه عملیات خاک‌ورزی در سطح مزرعه توزیع و سپس توسط ادوات خاص خاک‌ورزی با خاک مخلوط گردد.

نکته: در صورتی که پس از آماده‌سازی زمین با ادوات کم خاک‌ورزی امکان کشت

مکانیزه وجود دارد در این حالت نیز از روش جایگذاری کود استفاده شود. بدیهی است میزان کود فسفاتی مورد نیاز به جای مقادیر فوق همان مقادیر اشاره شده در روش بی‌خاکورزی یعنی معادل نصف مقادیر فوق (بند الف) مصرف گردد.

با توجه به حد بحرانی فسفر خاک در مناطق دیم (حدود ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به ازای هر یک میلی‌گرم فسفر قابل جذب کمتر از مقدار فوق، میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و یا فسفات آمونیم به روش جایگذاری مصرف گردد. در صورتی که آزمایش خاک انجام نشده باشد، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و یا فسفات آمونیم به صورت جایگذاری مصرف گردد.

۵-۳- کاربرد پتاسیم

الف- کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی)

در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، به ازای هر واحد کمتر از مقدار فوق در خاک‌های با بافت متوسط، میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم مصرف گردد. به عنوان مثال در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، در این صورت لازم است مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم توسط دستگاه کارنده، زیر و کنار بذر جایگذاری گردد.

ب- کم‌خاک‌ورزی

در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، به ازای هر واحد کمتر از مقدار فوق در خاک‌های با بافت متوسط، میزان سه کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) مصرف گردد. به عنوان مثال در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، در این صورت لازم است مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) به روش دستی و یا توسط دستگاه کودپاش سانتریفوژی قبل از هر گونه عملیات خاک‌ورزی در سطح مزرعه توزیع گردد. در صورتی که پس از آماده‌سازی زمین با ادوات کم‌خاک‌ورزی امکان کشت مکانیزه وجود دارد در این حالت نیز از روش جایگذاری کود استفاده شود. بدیهی است میزان کود

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۶۹

پتاسیمی مورد نیاز به جای مقادیر فوق همان مقادیر اشاره شده در روش بی‌خاک‌ورزی (بند الف) مصرف گردد.

۵-۴- کاربرد عناصر کم‌مصرف

عناصر کم‌مصرف بر اساس آزمون خاک مطابق با جداول توصیه کودی در شرایط خاک ورزی مرسوم می‌بایست مصرف شوند. با توجه به توسعه محدود سیستم ریشه‌ای گیاه در بعضی از خاک‌ها و مشکلات جذب عناصر کم‌مصرف از خاک توسط گیاه، عناصر کم‌مصرف به همراه اوره در دو نوبت یکی در اواسط دوران پنجه‌زنی و دیگری حداقل بین مرحله ساقه‌دهی و ظهور خوشه با غلظت ۵ در هزار عناصر کم‌مصرف و ۵ در هزار اوره در هکتار (مجموعاً ۱۰ در هزار یا یک درصد) توصیه می‌شود. مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف به صورت بذر مال نیز در این شرایط قابل توصیه می‌باشد.

۵-۵- کاربرد کودهای بیولوژیک

بذر مال و یا تلقیح بذر با ترکیبات حامل نیتروژن‌نوباکتر (تثبیت‌کننده‌های آزادی نیتروژن) و یا محرک‌های رشد آغشته کردن بذر هنگام کشت با ترکیبات فوق به میزان یک تا دو لیتر (برای ترکیبات مایع) نظیر نیتروکسین و یک تا دو کیلوگرم (برای ترکیبات جامد) در هکتار می‌تواند اثرات مثبتی بر رشد گیاه بر جای گذارد.

منابع

- ۱- اسدی، ف. و ز. خادمی. ۱۳۹۱. تنش‌ها و راهکارهای مدیریتی در گندم. نشریه فنی شماره ۵۲۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۲- پیمانی، ن. ۱۳۸۰. راهنمای تشخیص علایم کمبود و مسمومیت عناصر غذایی در گندم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ۳- حسینی، م.، م. پاسبان، م. شریعتمداری، مهناز فیض اله زاده اردبیلی، زهرا خادمی. ۱۳۸۹. گزارش نهایی پروژه "تعیین بهترین زمان کاربرد کودهای گوگردی در خاک‌های زیر کشت گندم". موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۴- خادمی، ز. و ف. اسدی. ۱۳۹۰. مدیریت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در

- مراحل مختلف رشد گندم. نشریه شماره ۵۰۳. موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۵- خادمی، ز. پ. مهاجر میلانی، م. ر. بلالی، م. س. درودی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۲. بهینه‌سازی توصیه کود برای تعدادی از محصولات استراتژیک با استفاده از مدل کامپیوتری - گندم، جو، ذرت، چغندر قند، سیب‌زمینی، سویا، کلزا، پنبه، آفتابگردان، هلو، سیب و مرکبات - (دو جلد). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۳۸۶ صفحه. شماره ۸۴/۱۰۳۶. تهران، ایران.
- ۶- سماوات، س. م. م. طهرانی، ک. بازرگان و م. بصیرت. ۱۳۹۲. دستورالعمل نحوه بررسی مواد آلی. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۷- شهابی، ع. ا. ۱۳۸۹. دستورالعمل کاربردی مدیریت تغذیه گندم در سیستم‌های کشت مستقیم (بی خاک‌ورزی) و خاک‌ورزی حداقل. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۸- شهابی، ع. ا. ۱۳۹۰. دستورالعمل کاربردی چگونگی استفاده از کودهای پرمصرف و کم‌مصرف در زراعت گندم. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۹- فیض‌الهزاده اردبیلی، م. غ. ر. معاف‌پوریان، ج. قادری، س. رضائیان، م. م. طهرانی و ز. خادمی. ۱۳۸۹. گزارش نهایی پروژه "ارزیابی و بررسی روش‌های مصرف توأم کودهای نیتروژن و گوگرد در کشت گندم". موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۱۰- فیض‌الهزاده اردبیلی، م. و ز. خادمی. ۱۳۸۹. گزارش نهایی طرح "ارزیابی و مدیریت وضعیت گوگرد در خاک‌های تحت کشت گندم در راستای عملکرد کمی و کیفی گندم آبی". موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۱۱- فیضی، م. و پ. مهاجر میلانی. ۱۳۸۳. بهینه‌سازی مصرف کودهای نیتروژنی، فسفاتی و پتاسیمی در شرایط شور برای گندم. در: روش‌های نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). ویراستار: م. ج. ملکوتی، زهرا خادمی و زهرا خوگر. صفحه ۴۸۵-۴۶۵. دفتر طرح خودکفایی گندم، وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.
- ۱۲- کشاورز، پ. ۱۳۷۸. راهنمای مزرعه‌ای برای تشخیص علایم کمبود عناصر غذایی در گندم. نشریه فنی شماره ۵۶، موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۱۳- کشاورز، پ. م. زنگی‌آبادی و م. عباس‌زاده. ۱۳۹۲. تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش‌های خاک. جلد ۲۷، شماره ۳، ص. ۳۷۱-۳۵۹.
- ۱۴- لطف الهی، م. ۱۳۷۹. چگونه کیفیت گندم را بالا ببریم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۷۱

- ۱۵- معافپوریان غ، ح. پسندیده، ج. قادری، ا. جواهری، ش. صفرپور، م. فیض اله زاده اردبیلی، ز. خادمی. ۱۳۸۶. گزارش نهایی پروژه "بررسی وضعیت گوگرد در اراضی عمده تحت کشت گندم در کشور". مؤسسه تحقیقات خاک و آب
- ۱۶- ملکوتی، م.ج. و م.م. طهرانی. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. چاپ سوم، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۷- ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. تغذیه متعادل گندم. نشر آموزش کشاورزی
- ۱۸- ملکوتی، م.ج.، ف. مشیری و م.ن. غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش اول: محصولات زراعی). نشریه فنی شماره ۴۰۵. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا، تهران، ایران.
- ۱۹- مهاجر میلانی پ، و پ. جواهری. ۱۳۷۹. برآورد آب مورد نیاز خاک‌های شور ایران. نشر آموزش کشاورزی، ۱۰۳ صفحه. کرج، ایران.
- ۲۰- مهاجر میلانی، پ، ر. وکیل و س. سعادت. ۱۳۷۸. تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. مجله علوم خاک و آب. ویژه‌نامه گندم، جلد ۱۲ شماره ۶، صفحه ۱۹۶-۱۸۷. تهران، ایران.
- ۲۱- مهاجر میلانی، پ. ۱۳۸۵. مدیریت مصرف بهینه کود در شرایط شور. نشریه فنی شماره ۸۵/۱۲۸۶ مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

پیوست:

جدول ۱- تقویم کوددهی گندم منطبق بر مراحل فنولوژیکی

مراحل رشد فنولوژیک							نوع کود
شیری یا خمیری شدن دانه‌ها	دانه‌بندی	قبل از ظهور خوشه	ساقه‌دهی	تکمیل پنجه‌زنی	شروع پنجه‌زنی	دومین آبیاری	
	محلول پاشی		۳۰ درصد توصیه شده	۴۰ درصد توصیه شده		۳۰ درصد توصیه شده	کود نیتروژنی
						۱۰۰ درصد توصیه ترجیحاً به صورت نواری	کود فسفوری
						۱۰۰ درصد توصیه ترجیحاً به صورت نواری	کود پتاسیمی
			محلول پاشی	محلول پاشی		بذر مال-مصرف خاکی	کودهای حاوی عناصر ریزمغذی
محلول پاشی		محلول پاشی - کودآبیاری		کودآبیاری			کودهای قابل حل با پتاسیم بالا
			محلول پاشی			کودآبیاری	کودهای قابل حل با فسفر بالا
						توسط دیسک با خاک مخلوط شود	کودهای آلی
						بذر مال	کودهای زیستی
			محلول پاشی			کودآبیاری	اسیدهای هیومیک
				محلول پاشی	محلول پاشی		محرك‌های رشد گیاهی

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم / ۷۳

جدول پیوست ۲- 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	۰/۲۲۶	N	۴/۴۲۷	NO ₃
NH ₃	۰/۸۲۰	N	۱/۲۱۶	NH ₃
NH ₄	۰/۷۷۶	N	۱/۲۸۸	NH ₄
CO(NH ₂) ₂ -urea	۰/۴۶۳	N	۲/۱۶۰	CO(NH ₂) ₂ -urea
(NH ₄) ₂ SO ₄	۰/۲۱۲	N	۴/۷۱۶	(NH ₄) ₂ SO ₄
NH ₄ NO ₃	۰/۳۵۰	N	۲/۸۵۷	NH ₄ NO ₃
P ₂ O ₅	۰/۴۳۶	P	۲/۲۹۱	P ₂ O ₅
Ca ₃ (PO ₄) ₂	۰/۴۵۸	P ₂ O ₅	۲/۱۸۲	Ca ₃ (PO ₄) ₂
K ₂ O	۰/۸۳۰	K	۱/۲۰۵	K ₂ O
KCl	۰/۶۳۲	K ₂ O	۱/۵۸۰	KCl
KCl	۰/۵۲۵	K	۱/۹۰۵	KCl
ZnSO ₄ · H ₂ O	۰/۳۶۰	Zn	۲/۷۷۸	ZnSO ₄ · H ₂ O
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	۰/۲۳۰	Zn	۴/۳۴۸	ZnSO ₄ · 7 H ₂ O
SO ₂	۰/۵۰۱	S	۱/۹۹۷	SO ₂
SO ₄	۰/۳۳۴	S	۲/۹۹۶	SO ₄
MgSO ₄	۰/۲۶۷	S	۳/۷۵۰	MgSO ₄
MgSO ₄ · H ₂ O	۰/۲۳۰	S	۴/۳۱۰	MgSO ₄ · H ₂ O
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	۰/۱۳۰	S	۷/۶۸۰	MgSO ₄ · 7 H ₂ O
(NH ₄) ₂ SO ₄	۰/۲۵۰	S	۳/۹۹۵	(NH ₄) ₂ SO ₄
SiO ₂	۰/۴۶۸	Si	۲/۱۳۹	SiO ₂
CaSiO ₃	۰/۲۴۲	Si	۴/۱۳۵	CaSiO ₃
MgSiO ₃	۰/۲۸۰	Si	۳/۵۷۴	MgSiO ₃
MgO	۰/۶۰۳	Mg	۱/۶۵۸	MgO
MgO	۲/۹۸۶	MgSO ₄	۰/۳۳۵	MgO
MgO	۳/۴۳۲	MgSO ₄ · H ₂ O	۰/۲۹۰	MgO
MgO	۶/۲۵۰	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	۰/۱۶۰	MgO
MgO	۲/۰۹۱	MgCO ₃	۰/۴۷۸	MgO
CaO	۰/۷۱۵	Ca	۱/۳۹۹	CaO
CaCO ₃	۰/۵۶۰	CaO	۱/۷۸۰	CaCO ₃
CaCl ₂	۰/۳۵۸	Ca	۲/۷۹۴	CaCl ₂
CaSO ₄	۰/۲۹۴	Ca	۳/۳۹۷	CaSO ₄
Ca ₃ (PO ₄) ₂	۰/۳۸۸	Ca	۲/۵۸۰	Ca ₃ (PO ₄) ₂
FeSO ₄	۰/۳۶۸	Fe	۲/۷۲۰	FeSO ₄
MnSO ₄	۰/۳۶۴	Mn	۲/۷۴۸	MnSO ₄