

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

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم

فرهاد مشیری، محمد مهدی طهرانی، علی اصغر شهابی، پیمان کشاورز،
زهرا خوگر، ولی فیضی اصل، هادی اسدی رحمانی، سعید سماوات،
محمد حسین سدري، ناصر رشیدی، سعید سعادت و زهرا خادمی

سرشناسه:	موسسه تحقیقات خاک و آب
عنوان و نام پدیدآور:	
مشخصات نشر:	
مشخصات ظاهری:	88 ص، جدول.
شابک:	
وضعیت فهرست نویسی:	فیا
موضوع:	--
موضوع:	--
موضوع:	--
موضوع:	--
شناسه افزوده:	--
شناسه افزوده:	--
شناسه افزوده:	ایران. موسسه تحقیقات خاک و آب
رده بندی کنگره:
رده بندی دیویی:
شماره کتابشناسی ملی:

نام کتاب: برنامه دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم
نویسندگان: فرهاد مشیری، علی اصغر شهابی، پیمان کشاورز، زهرا خوگر، ولی فیضی اصل، هادی اسدی
رحمانی، سعید سماوات، محمد حسین سدری، ناصر رشیدی، سعید سعادت و زهرا خادمی
ویراستار فنی: محمد نبی غیبی
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب
صفحه آرای: لیلا اسدزاده
طرح روی جلد: سید هرمز سجادی
چاپ اول: سال 1393
شمارگان: 1000 نسخه
قیمت: 100,000 ریال
شابک:

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب،
کد پستی: 3177993545، صندوق پستی: 311-31785، تلفن: 5-026-36203502، نمابر: 36210121

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

Email: info@swri.ir

پیشگفتار

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

و با مشارکت حداکثری از متخصصین و استفاده از تجربیات کارشناسی و منابع بین المللی و با تقویت نگرش مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه (به کارگیری از منابع شیمیایی، آلی و زیستی برای تامین عناصر غذایی) تدوین گردیده است. توجه به مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش های محیطی (شوری، خشکی، سرما و گرما)، توجه به توصیه مصرف کود در کشاورزی حفاظتی، توصیه کود برای مناطق دیم، توجه بیشتر به مدیریت تغذیه بر اساس مراحل رشد فیزیولوژیکی گیاه، استفاده از کودهای نوین و محرک های رشد گیاهی، توجه به تناوب زراعی و کود سبز در توصیه کودی، توجه به تولید محصول مغذی و با کیفیت در توصیه کودی، توجه ویژه به جنبه بیولوژیک حاصلخیزی خاک، قابلیت کاربرد برای گروه های عملکردی در اقلیم های مختلف و قابلیت تبدیل سریع به دستورالعمل های منطقه ای، بولتن های ترویجی و پیام های تلویزیونی از مزایای این راهنما محسوب می شود.

امید است با اتکال به خداوند عزیز و عزم ملی کلیه دست اندرکاران در اجرای توصیه های 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 برنامه خوداتکایی گندم، دستیابی به امنیت غذا، سلامت جامعه و حفظ محیط زیست را فراهم نموده و امانتدار مسئولی باشیم.

کاظم خاوازی

رئیس موسسه تحقیقات خاک و آب

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

1- کلیات.....	1
2- روش های تشخیص کمبود عناصر غذایی.....	4
1-2-1- آزمون خاک.....	5
2-2- تجزیه گیاه.....	7
3-2- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی.....	10
2-3-2-1- علایم کمبود عناصر غذایی پر مصرف.....	10
2-3-2-2- علایم کمبود عناصر غذایی کم مصرف.....	14
4-2- الگوی جذب عناصر غذایی.....	18
3- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه گندم.....	22
1-3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی.....	22
1-1-3-1- توصیه مصرف نیتروژن.....	22
2-1-3-2- توصیه مصرف فسفر.....	30
3-1-3-3- توصیه مصرف پتاسیم.....	36
4-1-3-4- کاربرد گوگرد.....	41
5-1-3-5- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف.....	43
2-3-2- کاربرد مواد آلی در تولید گندم.....	46
1-2-3-1- مصرف کودهای آلی در زراعت گندم.....	49
2-2-3-2- تناوب زراعی و کود سبز.....	49
3-2-3-3- کاربرد اسید های هیومیک و محرک های رشد گیاه.....	52
3-3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت گندم.....	53
1-3-3-1- کودهای زیستی حاوی باکتریهای محرک رشد گیاه.....	53
2-3-3-2- کودهای زیستی حاوی باکتری های اکسید کننده گوگرد.....	56

ادامه فهرست مطالب

صفحه

عنوان

56.....	4- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش های محیطی
56.....	1-4- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط خاک های شور
56.....	1-1-4- برخی تعاریف
58.....	2-1-4- اصلاح خاک های شور
60.....	3-1-4- توصیه کودی گندم در شرایط شور
61.....	2-4- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش خشکی
67.....	3-4- مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش سرما
73.....	4-4- مدیریت زراعی در شرایط تنش گرما
75.....	5- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم در کشاورزی حفاظتی
76.....	1-5- کاربرد نیتروژن
80.....	2-5- کاربرد فسفر
81.....	3-5- کاربرد پتاسیم
82.....	4-5- کاربرد عناصر کم مصرف
83.....	5-5- کاربرد کودهای بیولوژیک
84.....	منابع
87.....	پیوست

فهرست جداول

صفحه

عنوان

7	جدول 1- حد بهینه نیتروژن در گیاه گندم.....
8	جدول 2- حد بهینه فسفر در گیاه گندم.....
8	جدول 3- حد بهینه پتاسیم در گیاه گندم.....
8	جدول 4- حد بهینه کلسیم در گیاه گندم.....
9	جدول 5- حد بهینه منیزیم در گیاه گندم.....
9	جدول 6- حد بهینه گوگرد در گیاه گندم.....
9	جدول 7- حد بهینه عناصر کم مصرف در گیاه گندم*.....
24	جدول 8- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاکهای کمتر از 0/5 درصد کربن آلی.....
24	جدول 9- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاکهای بین 0/75 - 0/5 درصد کربن آلی.....
25	جدول 10- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاکهای بین 1 - 0/75 درصد کربن آلی.....
25	جدول 11- توصیه عمومی مقدار مصرف کود اوره برای تولید گندم آبی.....
26	جدول 12- توصیه عمومی مصرف نیتروژن برای گندم دیم بر حسب بارندگی در سال زراعی.....
32	جدول 13- گروه بندی فسفر قابل استفاده خاک برای کشت گندم.....
33	جدول 14- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای کمتر از 5 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده.....
33	جدول 15- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای 10-5 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده.....
34	جدول 16- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای 12-10 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده.....
34	جدول 17- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای 15-12 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده.....
35	جدول 18- متوسط نیاز به مصرف فسفر در کشت گندم دیم بر اساس آزمون خاک.....
38	جدول 19- گروه بندی پتاسیم قابل استفاده خاک برای کشت گندم.....
39	جدول 20- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاکهای 100-0 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده.....
39	جدول 21- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاکهای 150-100 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده.....
40	جدول 22- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاکهای 200-150 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده.....
44	جدول 23- گروه بندی غلظت عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک برای کشت گندم.....

ادامه فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول 24- طبقه‌بندی کیفی خاکها از نظر شوری و سدیمی بودن در کشاورزی.....	57
جدول 25- توصیه آب مورد نیاز شستشوی خاک با توجه به شوری برای کشت گندم.....	59
جدول 26- اثرات تنش کم آبی در مراحل مختلف نمو گندم.....	62
جدول 27- مرحله رشد گندم و میزان خسارت سرمازدگی.....	70
جدول پیوست 1- تقویم کوددهی گندم منطبق بر مراحل فنولوژیکی.....	87
جدول پیوست 2- ضرایب تبدیل برای عناصر غذائی در کودهای مختلف.....	88

فهرست شکلها

صفحه

عنوان

10	شکل 1- کمبود نیتروژن
11	شکل 2- کمبود فسفر
12	شکل 3- کمبود پتاسیم
13	شکل 4- کمبود گوگرد
14	شکل 5- کمبود منیزیم
15	شکل 6- کمبود روی
16	شکل 7- کمبود آهن
16	شکل 8- کمبود منگنز
17	شکل 9- کمبود مس
18	شکل 10- کمبود بر
19	شکل 11- الگوی رشد گندم بر اساس مقیاس فیکس و زادکس
19	شکل 12- روند جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم طی مراحل مختلف رشد و نمو گندم
20	شکل 13- الگوی جذب و تجمع نیتروژن در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم
21	شکل 14- الگوی جذب و تجمع فسفر در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم
21	شکل 15- الگوی جذب و تجمع پتاسیم در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم
67	شکل 16- خسارت خشکی در مزرعه گندم
70	شکل 17- عوارض خسارت سرمازدگی در ساقه اصلی گندم
71	شکل 18- خوشه سرمازده در گندم
71	شکل 19- خسارت سرمازدگی در نواحی مختلف خوشه گندم

1- 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 1393 برای مدت 5 سال و با افق 12 ساله تا انتهای برنامه چشم انداز 20 ساله توسعه ایران در سال 1404 بر خوداتکایی محصول گندم، افزایش تولید در واحد سطح و در عین حال کاهش تقاضای مصرف آب می‌باشد. به علاوه می‌بایست کیفیت محصول تولیدی در جهت حفظ و ارتقای سطح سلامت جامعه مد نظر قرار گیرد. در نگاه کلی بحث امنیت غذایی با وجود محدودیت در منابع آب در طرح خود اتکایی محصولات کشاورزی ملاک عمل قرار گرفته است. بنا به تعریف، امنیت غذا عبارتست 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 خود مدیریتهای رایج را زیر سوال 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 خود اتکایی 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 زیست محیطی، 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 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 در هر هکتار باعث برداشت 51/0 کیلوگرم نیتروژن (N)، 25/4 کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و 15/3 کیلوگرم پتاسیم (K_2O) و تولید هر تن کلش گندم سبب برداشت 15/0 کیلوگرم نیتروژن (N)، 3/7 کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و 26/1 کیلوگرم پتاسیم (K_2O) می‌گردد. 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 زیست محیطی 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. ضمناً با توجه به شرایط حاکم بر خاکهای کشور (کمبود مواد آلی، خشک و آهکی بودن خاکها) مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف (آهن، روی، منگنز، مس و بور) و یا حتی عناصر مفید نظیر سیلیسیوم نقش موثری در ارتقای عملکرد و افزایش کیفیت محصول تولیدی بر عهده دارد. برای کاهش اثرات 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.

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 پیش‌رو 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 (کمتر از 3 تن دانه در هکتار)، متوسط (4 تا 7 تن دانه در هکتار) و بالا (بیش از 7 تن در هکتار) طراحی شده است. امید است که مطالب حاضر راهگشایی مناسب برای حل مسائل مربوط به تغذیه بهینه و متعادل گندم باشد.

2- روش های 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 بدست 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 بعضاً 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 همت گمارد.

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، بر 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 انجماد 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.

2-1- آزمون خاک

با آزمون خاک قبل از کشت از طریق نمونه برداری 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 پیش آگاهی از نقاط قوت و ضعف خاک در تصمیم‌گیریهای مدیریتی می‌باشد.

از جمله نکات برجسته آن است که این طریق و بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان توصیه کودی مناسب را انجام داد. آزمون خاک روشی سریع، کم‌خرج و دقیق بوده که با انجام آن می‌توان توصیه کودی صحیح را اریه کرد. برنامه آزمون خاک شامل:

- نمونه‌برداری صحیح از خاک که بیشتر توسط زارعین انجام می‌شود
- 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، معمولاً از هر 10 تا 15 هکتار، برداشت یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی کفایت می‌کند. بدین منظور یک مسیر مارپیچ در مزرعه در نظر می‌گیرند. در طی مسیر، حدود 7 الی 10 نمونه برداشت و پس از مخلوط کردن، یک کیلوگرم از آن به آزمایشگاه فرستاده می‌شود. عمق نمونه برداری در حدود 30 سانتیمتری خاک سطحی است که غالباً عمق منطقه گسترش ریشه گندم در خاک می‌باشد. نکاتی که باید در موقع نمونه برداری از خاک مزرعه رعایت شود، عبارتند از:

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

- قبل از نمونه برداری باید کاملاً اطمینان حاصل شود که سطح خاک آغشته به کودهای حیوانی و یا شیمیایی و یا بقایای گیاهی نباشد.

- حتی الامکان باید از برداشت نمونه از قطعاتی نظیر راه آبها، توده‌های قدیمی و پوسیده کاه، کناره دیوار و یا پرچین‌ها خودداری شود.

- در مواقعی که زمین خیلی مرطوب است باید از نمونه برداری اجتناب کرد. بهترین موقع نمونه برداری وقتی است که زمین گاورو باشد.

- به طور کلی بهترین موقع نمونه برداری 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 اتیکت نوشته شود. یک اتیکت در داخل ظرف قرار گرفته و دیگری روی ظرف چسبانده می‌شود. بر روی اتیکت زمان نمونه برداری، محل نمونه برداری، نام نمونه بردار، عمق نمونه برداری و کشت قبلی نوشته می‌شود.

2-2- 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 بیش بود 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 موثر واقع شود. لذا این نتایج بیشتر برای تصمیم‌گیری در کشت بعدی و یا برای سال بعد می‌تواند اثرگذار باشد. تجزیه گیاه نمی‌تواند جانشین 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 (1) تا (7) آورده شده است.

جدول 1- حد بهینه نیتروژن در گیاه گندم

در کل اندام هوایی	
مقدار در وزن خشک (درصد)	مرحله رشد
4-5	پنجه‌زنی
3/5-4	ساقه‌دهی
3-4	طویل شدن ساقه تا ظهور برگ پرچم
2/5-3	ظهور کامل برگ پرچم

جدول 2- حد بهینه فسفر 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	0/4-0/7	ظهور کامل برگ پرچم	0/2-0/3
ساقه‌دهی تا ظهور کامل برگ پرچم	0/2-0/4		

جدول 3- 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	3/2-4	ظهور کامل برگ پرچم	2-3
ساقه‌دهی تا ظهور برگ پرچم	2-3/5		
ظهور برگ پرچم تا کامل شدن آن	1/8-3		

جدول 4- 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	0/2-0/5	ظهور کامل برگ پرچم	0/3-0/5
پرچم			

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم/9

جدول 5- 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	0/15-0/5	ظهور کامل برگ پرچم	0/2-0/6

جدول 6- 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)
پنجه زنی	0/22-0/55	ظهور کامل برگ پرچم	0/15-0/4
ساقه دهی	0/19-0/55		
طویل شدن ساقه	0/17-0/55		
ظهور برگ پرچم تا کامل شدن آن	0/15-0/4		

جدول 7- حد بهینه عناصر کم مصرف در گیاه گندم*

مقدار در وزن خشک (میلی گرم در کیلوگرم)	عنصر
18-70	روی
30-200	آهن
25-150	منگنز
5-20	مس
3-20	بر

* مقدار عنصر در کل اندام هوایی در مراحل پنجه زنی تا ظهور برگ پرچم می باشد.

3-2- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

2-3-1- علایم کمبود عناصر غذایی پرمصرف

کمبود نیتروژن: کمبود نیتروژن معمول ترین و گسترده‌ترین کمبود عناصر غذایی در غلات دانه‌ریز است (شکل 1). گیاهان مبتلا به کمبود نیتروژن رنگ پریده و زرد هستند. علایم اختصاصی کمبود نیتروژن ابتدا در مسن‌ترین برگ‌ها ظاهر می‌شود، در حالی که برگ‌های جوان نسبتاً سبز باقی می‌مانند. برگ‌های مسن‌تر نسبت به برگ‌های جوانتر کم رنگ تر شده و کلروز (زرد شدن برگ) ایجاد می‌گردد، که این کلروز تدریجاً در قاعده برگ به رنگ سبز روشن تبدیل خواهد شد. در مزرعه علایم، تقریباً همیشه به صورت قطعاتی به رنگ سبز روشن یا زرد ظاهر می‌گردند که در ادامه رشد گیاه کاهش یافته و ساقه‌ها نازک می‌شوند.



شکل 1- کمبود نیتروژن

کمبود فسفر: مشخص ترین 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 2). 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 2- کمبود فسفر

کمبود پتاسیم: علائم اختصاصی کمبود پتاسیم در گندم همیشه در برگ های پیر ظاهر می گردد. تحت شرایط کمبود پتاسیم، زرد شدن و نکروزه شدن نوک و حاشیه برگ های پیر مشاهده می شود (شکل 3). در نتیجه گسترش این بافت نکروزه، بافت سبزرنگی به شکل پیکان در قاعده تا مرکز برگ باقی می ماند. در شرایط کمبود شدید پتاسیم این علائم به برگ های جوان نیز منتقل می گردد. گیاهانی که شدیداً مبتلا به کمبود پتاسیم می شوند، ظاهری مشابه گیاهان دچار تنش خشکی را پیدا می کنند.



شکل 3- 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 4). با این حال کمبود گوگرد بر خلاف کمبود نیتروژن بیشتر در برگ های جوان دیده می شود. کمبود شدید گوگرد موجب عدم تشکیل خوشه می گردد.



شکل 4- کمبود گوگرد

کمبود منیزیم: علائم کمبود منیزیم در برخی موارد شبیه به کمبودهای پتاسیم و آهن است، اما از نظر محل قرار گرفتن علائم اولیه اختلاف فاحشی با کمبود پتاسیم دارد (شکل 5). برخلاف کمبود پتاسیم، در کمبود منیزیم، برگ های جوان در مقایسه با برگ های پیر رنگ روشن تری دارند و این حالت شبیه کمبود آهن است. در ابتدا لکه های رنگ پریده به شکل دانه های تسبیح بین رگبرگ ها و لکه های نکروزه در نوک برگ ظاهر می شود. در ادامه، برگ ها زرد شده و کوچک می شوند. کمبود منیزیم در مزرعه گندم عمومیت نداشته و بیشتر در خاک های سبک شنی مشاهده می شود.



شکل 5- کمبود منیزیم

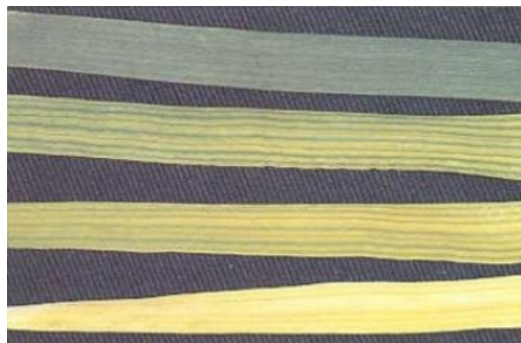
2-3-2- علائم کمبود عناصر غذایی کم مصرف

کمبود روی: علائم کمبود روی در گندم به طور معمول ابتدا در برگ‌های میانی مشاهده می‌شود گرچه ممکن است در بعضی از بوته‌ها علائم به طور همزمان در برگ‌های پیر و میانی ظاهر گردند (شکل 6). علائم اولیه، تغییر رنگ از سبز طبیعی و سالم به سبز برنزی کدر بوده که عموماً در وسط برگ‌ها ظاهر می‌شوند. در این قسمت برگ، لکه‌هایی به صورت سوختگی و علائم 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. علائم کمبود روی در خاک‌های سبک و در خاک‌های آهکی مشاهده می‌شود.



شکل 6- 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 7). در کمبود آهن تفاوت بین رنگ سبز برگ‌های پیر و زردی برگ‌های جوان مشخص‌تر از سایر عناصر نسبتاً غیرمتحرک 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 تاخوردار دارند. در مزرعه کمبود آهن غالباً در خاک‌های آهنکی مشاهده می‌شود.



شکل 7- کمبود آهن

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 8). سپس لکه و نوارهای برنزی کم رنگی در قاعده جوان‌ترین برگ‌گی که کاملاً 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 رنگ پریده و افتاده‌تری دارد.



شکل 8- 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 می آید (شکل 9). اگر کمبود شدید باشد تأثیر آن روی میزان رشد پنجه ها تعیین کننده است. گیاهان در اثر کمبود مس رنگ روشن تری دارند. سوختگی نوک برگ های جوان اولین نشانه مشخص کمبود مس است. این حالت به طور ناگهانی باعث خشک شدن و پیچ خوردگی انتهای پهنک برگ شده و در مواقعی تا نصف طول برگ را فرا می گیرد، ولی قسمت پایین برگ تا زمان پیری طبیعی آن به رنگ سبز باقی می ماند.



شکل 9- کمبود مس

کمبود بُر: اولین نشانه کمبود بُر، ترک خوردگی برگ های جوان نزدیک رگبرگ اصلی است. این علامت با تعدادی دندانه های غیر طبیعی در حاشیه برگ همراه است که در طرف مقابل رگبرگ اصلی تا قسمت ترک خورده در طول برگ ایجاد می شوند (شکل 10). عقیم شدن گل ها نیز از علائم مشخص کمبود بُر است. در مواردی کل خوشه عقیم می شود، پرچم ها باز شده و تخمدان رشد نمی کند. ضمناً کمبود بُر به کاهش وزن هزار دانه و چروکیدگی و خشک شدن دانه ها منجر می شود.



شکل 10- کمبود بُر

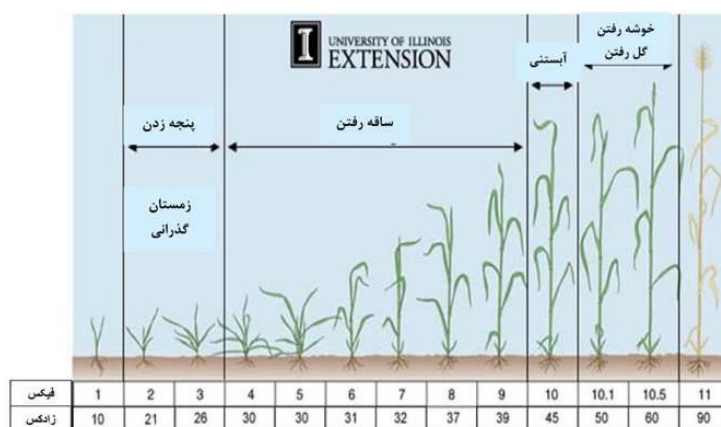
4-2- الگوی جذب عناصر غذایی

مطالعه دقیق رشد و توسعه گیاه و دانستن عواملی که بر پتانسیل عملکرد دانه تأثیر 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 فیکس¹ و زادکس² اشاره نمود (شکل 11). یکی از مزایای عمده استفاده از این مقیاس‌ها این است که ارتباط بین تولید کنندگان، محققین و مروجین را افزایش می‌دهد. این مقیاس‌ها همچنین منجر به توصیه‌های دقیق و به هنگام 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

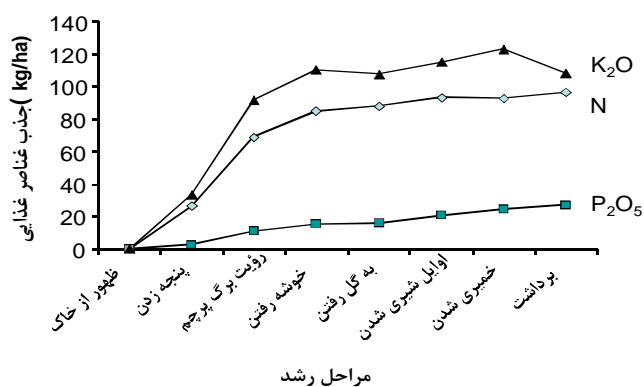
1 - Feeks

2 - Zadoks

بهترین راه‌های مدیریت صحیح مصرف کودها در گندم است که در دستیابی به یک مدیریت صحیح بسیار حایز اهمیت می باشد. 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 می نماید. در شکل (12) میزان برداشت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک طی یک دوره رشد توسط گیاه گندم نشان داده شده است.

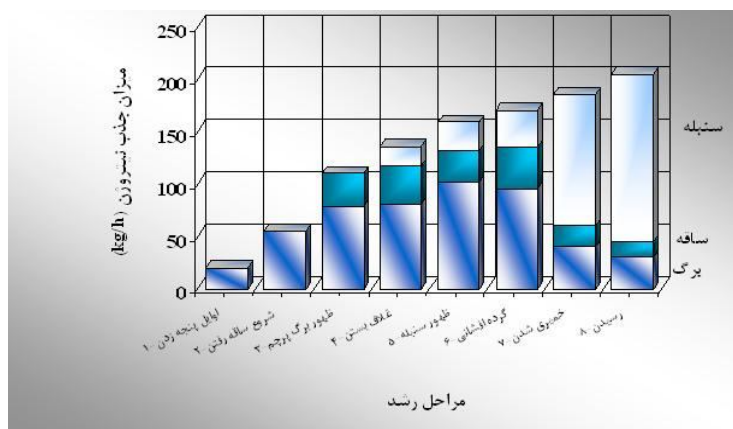


شکل 11- الگوی رشد گندم بر اساس مقیاس فیکس و زادکس



شکل 12- روند جذب 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 می افتد. 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 13).



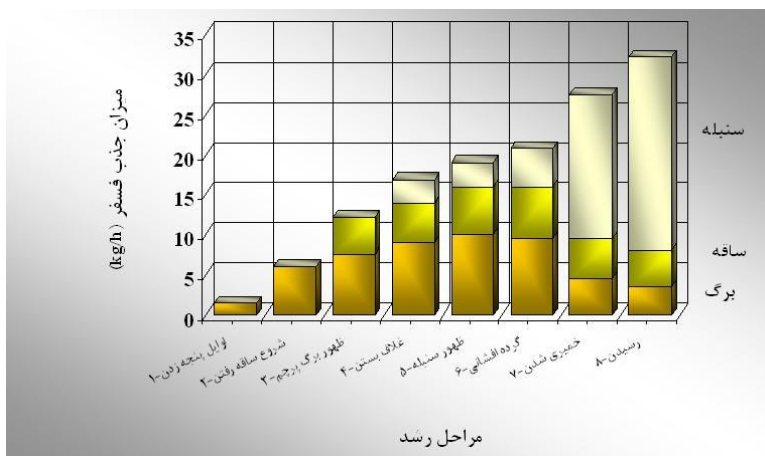
شکل 13- الگوی جذب و تجمع نیتروژن در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم

در مورد فسفر، جذب و تجمع آن در برگ، از مرحله شروع پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن فوق العاده سریع است و بین چهار مرحله اول رشد (1- شروع پنجه زدن، 2- شروع ساقه رفتن، 3- ظهور برگ پرچم، 4- غلاف بستن) اختلاف قابل توجهی مشاهده نمی شود. از مرحله غلاف بستن تا مرحله گرده افشانی، جذب و تجمع فسفر ثابت بوده و در مراحل خمیری شدن و رسیدن دانه میزان آن به شدت کاهش می یابد. به استثنای مراحل ظهور سنبله و گرده افشانی، روند جذب و تجمع فسفر در برگ در مراحل مختلف رشد افزایشی می باشد. بالاترین سرعت جذب کل فسفر در گیاه بین مرحله پنجه زدن و غلاف بستن و نیز بین گرده افشانی و رسیدن کامل حاصل می شود (شکل 14).

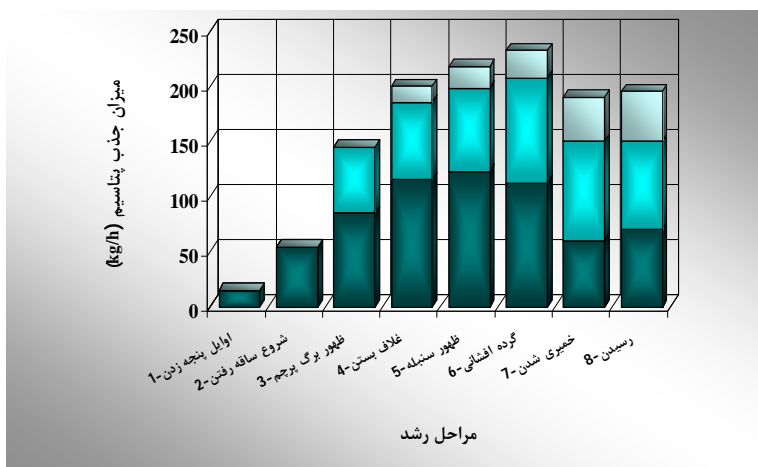
در مورد پتاسیم نیز، بالاترین سرعت جذب در برگ از مرحله پنجه زدن تا مرحله

دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم 21/

غلاف بستن اتفاق می افتد. بالاترین میزان پتاسیم در ساقه و برگ انداخته شده (78/5%) و فقط 21/5% در زمان رسیدن در سنبله ذخیره می گردد (شکل 15).



شکل 14- الگوی جذب و تجمع فسفر در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم



شکل 15- الگوی جذب و تجمع پتاسیم در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم

3- 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 راه حل مناسبی در توصیه کود می‌باشد. از طرف دیگر، استفاده توأم کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند به بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک کرده و به دنبال آن سبب افزایش میزان کربن آلی و عناصر غذایی خاک گردد.

3-1- مصرف بهینه کودهای شیمیایی

3-1-1- توصیه مصرف نیتروژن

انواع کود های نیتروژنی: معمول‌ترین کود نیتروژنی موجود برای کشت گندم، کود اوره حاوی 46 درصد نیتروژن خالص می‌باشد. به دلیل پویایی کود اوره، مصرف یکباره آن قبل از کشت در هیچ شرایطی توصیه نمی‌شود لکن مصرف چند باره آن به صورت پایه و سرک مورد تأکید است.

کود سولفات آمونیوم (حاوی 21 درصد نیتروژن و 24 درصد سولفات) نیز یکی دیگر

از کودهای حاوی نیتروژن می‌باشد که در خاکهای آهکی (بخش عمده خاکهای تحت کشت گندم کشور) کود مناسبی است لکن به علت گرانی نسبی واحد ازت موجود در آن در مقایسه با کود اوره تأکید بر مصرف آن نمی‌باشد. مضافاً اینکه در شرایط اعمال مدیریت تقسیط اوره، کود سولفات آمونیم 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 نترات آمونیوم (حاوی 34 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، 6 تا 9 دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان کود پایه و سرک به جای اوره می‌توان استفاده کرد.

رابطه تبدیل مقدار کود اوره به دیگر کودهای نیتروژنی به صورت زیر می‌باشد:

مقدار کود سولفات آمونیوم = $2/2 \times$ مقدار کود اوره

مقدار کود نترات آمونیوم = $1/5 \times$ مقدار کود اوره

نیتروژن در انواع مختلف کودهای مرکب نیز وجود دارد. کودهایی محلول حاوی عناصر غذایی پر مصرف 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، مقدار کود اوره مورد نیاز در گروه‌های عملکردی کم (3 تن و کمتر)، متوسط (3 تا 6 تن)

و زیاد (7 تن و بیشتر) در جدول‌های (8) تا (10) آمده است. در خاکهای با مقدار کربن آلی کمتر میزان نیاز به مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد.

جدول 8- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاکهای کمتر از 0/5 درصد کربن آلی
(کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥7	6	5	4	3
گرم و مرطوب	420	380	340	290	240
گرم و خشک	430	400	360	310	260
معتدل	420	380	340	290	240
سرد	390	350	310	260	210

جدول 9- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاکهای بین 0/5 - 0/75 درصد کربن آلی
(کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	≥7	6	5	4	3
گرم و مرطوب	390	350	310	260	210
گرم و خشک	400	370	330	280	230
معتدل	390	350	310	260	210
سرد	360	320	280	230	180

جدول 10- توصیه مقدار مصرف کود اوره برای خاکهای بین 1- 0/75 درصد کربن آلی
(کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	3	4	5	6	≥ 7
گرم و مرطوب	180	230	280	320	360
گرم و خشک	200	250	300	340	370
معتدل	180	230	280	320	360
سرد	150	200	250	290	330

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 می توان میزان مصرف کودهای نیتروژنی را تعیین نمود. در جدول (11) 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 می شود 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 11- توصیه عمومی مقدار مصرف کود اوره برای تولید گندم آبی (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	3	4	5	6	≥ 7
گرم و مرطوب	220	270	320	360	400
گرم و خشک	240	290	340	380	410
معتدل	220	270	320	360	400
سرد	190	240	290	330	370

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 بارندگی های 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 می باشد، اما با متوسط مصرف 50 الی 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به ترتیب معادل 110 الی 130 کیلوگرم اوره در هکتار) می توان به عملکردهای مطلوب در بارندگی های 300 الی 375 میلی متر دست یافت. برای بارندگی های خارج از این محدوده نیز می توان از جدول (12) 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 10 الی 20 کیلوگرم در هکتار کمتر خواهد بود.

جدول 12- 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)
250-275	40	87
275-300	45	98
300-325	50	109
325-350	55	120
350-375	60	130
375-400	65	141
بیش از 400	70	152

زمان و نحوه مصرف کودهای نیتروژنی

تنظیم و تطبیق برنامه کود پاشی نیتروژن (سرک دهی) براساس 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 1- پنجه‌زنی، 2- ساقه‌دهی، 3- خوشه‌دهی، و 4- 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 پائیزه معروف است نکات ذیل می‌بایست مورد توجه قرار می‌گیرد.

1- 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 هوائی بیشتر است و گیاه را قادر می‌سازد که آب و مواد غذایی بیشتری جذب نماید.

2- گیاه گندم اگر در تاریخ کاشت مناسب کاشته شود بطور معمول قبل از خواب زمستانه، جوانه زده و تولید پنجه می‌کند. اگر چه 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 به میزان 40 درصد کل کود نیتروژنی برآورد شده برای کل فصل رشد موکول شود. بدیهی است در این شرایط تا حد زیادی عمل پنجه زنی 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 پنجه زنی موکول می‌گردد.

3- باید از مصرف غیرضروری کود در مرحله‌ای از رشد رویشی که منجر به خوابیدگی گیاه (ورس) و در نتیجه کاهش عملکرد می شود اجتناب ورزید. مصرف زیاد نیتروژن در این مرحله موجب هدر رفت نیتروژن در اثر شستشو شده و گیاه را نسبت به شیوع بیماریها و مرگ و میر زمستانه حساس می کند. برای پیشگیری از آبخویی 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 می شود. 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 می انجامد، میانگره‌ها در ساقه گندم ظاهر می شوند 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 یک سوم 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)، یک سوم (30 درصد) تا 40 درصد نیتروژن در مرحله آب دوم (شروع پنجه زنی قبل از شروع سرمای زمستانی)، یک سوم در مرحله تکمیل پنجه زنی و پس از گذراندن سرمای زمستانی و یک سوم در مرحله ساقه دهی (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 پنجه زنی، تکمیل پنجه زنی، ساقه دهی و گلدهی مصرف شود. در صورت امکان و به ویژه در خاکهای نسبتاً سبک بهتر آن

است که 25 درصد نیتروژن کل در مرحله شکم خوش (متورم شدن ساقه) و 15 درصد بعد از گلدهی و شروع پرشدن دانه ها مصرف گردد.

در زراعت گندم دیم، دو سوم مقدار کود نیتروژنی توصیه شده می بایست در پاییز (ترجیحا از منبع نیترات آمونیوم) همزمان با کشت به صورت جایگذاری زیر بستر بذر در فاصله 7 تا 9 سانتی متری بذر مصرف شود. یک سوم باقیمانده نیز در صورت وجود بارندگی های بهاره بصورت سرک در فاصله زمانی نیمه دوم اسفند تا نیمه اول فروردین ماه بصورت سرک توصیه می شود. در مناطقی که دو سوم کود از ته در پاییز مصرف شده، در صورت عدم وجود بارندگی بهاره از مصرف کود سرک خودداری شود. به دلیل اینکه در روش جایگذاری بیش از 40 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در زیر بذر از منبع آمونیومی نیتروژن مانند اوره رشد ریشه محدود می گردد توصیه می شود برای بیش از 40 کیلو گرم 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 چرا که این عمل باعث سوزش بذر و عدم جوانه زنی آن خواهد شد. بر این اساس نمی توان بیش از 10 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 ویژه ای برخوردار است. جذب نیتروژن توسط گندم در اواخر دوره رشد می تواند 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 می باشد. محلولپاشی نیتروژن در مراحل ظهور خوشه ها و شیرینی شدن دانه به افزایش پروتئین دانه منجر خواهد شد. بدین منظور در طول 7 روز پس از 50 درصد گلدهی گندم، محلولپاشی کود سولفات آمونیوم و یا اوره به میزان 4 تا 8 کیلوگرم در هکتار توصیه می گردد. محلولپاشی کود نیتروژنی در این مرحله را می توان به صورت توأم با مصرف سم برای مبارزه با سن گندم انجام داد. غلظت محلول نیتروژن برای

محلولپاشی از 7 در هزار بیشتر نشود. برای غنی سازی دانه گندم از لحاظ پروتئین می توان 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 می توان در اوایل ساقه دهی به همراه علف کش جهت کنترل علف های هرز از محلول پاشی اوره به غلظت 3 الی 5 درصد استفاده نمود.

3-1-2- توصیه مصرف فسفر

کمبود فسفر در گندم می تواند 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 می دهد. کمبود فسفر در مراحل اولیه رشد گندم پتانسیل عملکرد را به شدت کم می کند. مراحل اولیه رشد حدود 5 تا 6 هفته اول می باشد و توصیه بر این است که فسفر کافی در این مرحله در اختیار ریشه گیاه قرار گیرد. حدود 15% از کل فسفر جذب شده توسط گندم در دو هفته اول رشد گندم جذب می شود. 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 می گیرند و کمبود فسفر در انتهای رشد تأثیر کمی روی تولید محصول گندم دارد. پنجه های کافی و قوی نقش اساسی در افزایش تولید گندم دارند و فسفر نقش بارزی در تولید پنجه های قوی بازی می کند.

حرکت فسفر در خاک کند می باشد. قسمت زیادی از کود فسفوری مصرفی در سطح خاک باقی مانده و ممکن است در خاک تثبیت شود. این امر، کارایی کود فسفوری را کاهش می دهد. کارایی نسبی کود فسفوری 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 می باشد. برای افزایش کارایی مصرف کود فسفوری نکات زیر می باید مدنظر قرار گیرد:

الف: مصرف کود فسفوری بصورت نواری بویژه در خاکهای اسیدی و قلیایی

ب: استفاده از ارقام کارآمد

ج: مصرف سایر عناصر غذایی به مقدار کافی

د: کنترل علف های هرز

ه: مصرف کافی آب

و: کنترل فرسایش داخل مزرعه

حدود 10 تا 30 درصد فسفر مصرف شده، جذب گیاه گندم می شود و باقیمانده آن به صورت غیرقابل جذب در می آید. بنابراین کودهای فسفوری دارای اثرات باقیمانده برای کشت محصول بعدی می باشند. در سیستم های 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 کشت های قبلی نیاز فسفر گندم را تأمین می نماید.

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 می گردد. 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 می دهد.

انواع کودهای فسفوری

از انواع مهم کودهای فسفوری مصرفی متداول در کشور، دی آمونیوم فسفات (با 46 درصد P_2O_5) و سوپر فسفات تریپل (با 46 درصد P_2O_5) می باشد. کود سوپر فسفات ساده (20-16 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 کودآبیاری مناسب می باشند. 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 سوپرفسفات تریپل برای تأمین فسفر مورد نیاز گندم می‌توان از کود میکروبی فسفات‌گرانوله 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 15 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 15 باشد افزایش می‌یابد. در جدول (13) دسته بندی مقدار فسفر قابل استفاده خاک بر اساس آزمون خاک ارائه شده است.

جدول 13- گروه بندی فسفر قابل استفاده خاک برای کشت گندم

فسفر قابل استفاده خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)			
>15	10-15	5-10	<5
زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
عنوان گروه			
احتمال پاسخ به مصرف کود (درصد)			
بدون پاسخ	کمتر از 50 درصد	50-75	75-100

در جدول‌های (14) تا (17) مقدار کود سوپر فسفات 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 دو سوم 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 40 تا 60 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 براساس مراحل رشد گندم آورده شده است که برای توصیه مقدار مصرف فسفر می‌توان به آن مراجعه نمود.

جدول 14- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای کمتر از 5 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	3	4	5	6	≥ 7
گرم و مرطوب	200	230	260	290	310
گرم و خشک	185	215	245	275	295
معتدل	200	230	260	290	310
سرد	220	250	280	310	330

جدول 15- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای 10-5 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقلیم	عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)				
	3	4	5	6	≥ 7
گرم و مرطوب	160	190	220	250	270
گرم و خشک	145	175	205	235	255
معتدل	160	190	220	250	270
سرد	180	210	240	270	290

جدول 16- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای 10-12 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)	اقلیم				
	≥7	6	5	4	3
180	160	130	100	70	گرم و مرطوب
165	145	115	85	55	گرم و خشک
180	160	130	100	70	معتدل
200	180	150	120	90	سرد

جدول 17- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای 12-15 میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)	اقلیم				
	≥7	6	5	4	3
130	110	80	50	20	گرم و مرطوب
120	100	70	40	20	گرم و خشک
130	110	80	50	20	معتدل
160	130	100	70	40	سرد

در زراعت گندم دیم حد بحرانی فسفر 9 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 (18) محاسبه نمود.

جدول 18- 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 (کیلوگرم در هکتار)	سوپرفسفات تریپل مورد نیاز
9	7	15
8	14	30
7	21	45
6	28	60
5	35	75
4	42	90

زمان و نحوه مصرف کودهای فسفوری

مقادیر توصیه شده در جداول (14) تا (17) 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 5 تا 10 سانتی متر قرار گیرد. در کل مصرف کودهای فسفوری به صورت نواری نسبت به روش دستپاش و یا پخش سطحی از اولویت بیشتری برخوردار است، ضمن اینکه مقدار کود مصرف شده به 75 تا 50 درصد مقدار محاسبه شده برای پخش سطحی کاهش می‌یابد. این میزان بستگی به مقدار فسفر قابل استفاده خاک دارد. در مقادیر خیلی کم تا کم فسفر (جدول 13) در خاک کاربرد نواری نسبت به پخش سطحی ارجحیت دارد و سبب کاهش 50 درصدی مقدار توصیه کود به روش پخش سطحی می‌گردد. در مقادیر متوسط تا بالای فسفر (جدول 13) 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 60 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 (کود آبیاری) و یا محلولپاشی استفاده شوند. بهترین مراحل کودآبیاری گندم در دو مرحله ابتدای رشد رویشی گندم (آب سوم) و یا اواخر پنجه زنی و اواسط ساقه دهی می‌باشد. در این مراحل در مجموع 5 تا 10 کیلوگرم از کودهای محلول در آب حاوی فسفر زیاد به صورت کود آبیاری و همچنین در همین مراحل رشد استفاده از منابع کودی که حاوی مقادیر زیادی فسفر می‌باشند به صورت محلولپاشی 5-2/5 کیلوگرم در هکتار توصیه می‌گردد.

از کودهای میکروگرانول فسفوری می‌توان در ردیف کاشت بذر استفاده کرد. این روش کاربرد به نام پاپ-آپ¹ مشهور است. به این صورت که دستگاه بذر کار 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 روش های دیگر مصرف کودهای فسفوری در خاک است.

3-1-3- توصیه مصرف پتاسیم

برای بدست 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 کانی ها می‌باشد. کمبود پتاسیم در خاک‌های با بافت سبک و شنی بیشتر متداول

1- pop-up

است. گیاه گندم در مرحله ساقه رفتن بیشتر از سایر مراحل به پتاسیم احتیاج دارد. در این مرحله روزانه 3/5 تا 8 کیلوگرم در هر هکتار پتاسیم جذب می‌نماید. مصرف کودهای پتاسیمی این نیاز را جبران می‌کند. به علاوه، گاه گندم منبع با ارزشی است که حدود 85 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 سرمای افزایش می‌دهد. این عنصر سبب افزایش بازدهی استفاده از کودهای نیتروژنی نیز می‌شود.

انواع کودهای پتاسیمی

از انواع متداول کودهای پتاسیمی می‌توان به سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم به ترتیب با مقادیر 50 و 60 درصد اکسید پتاسیم (K_2O) اشاره نمود. در بسیاری از موارد بین سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم تفاوتی از لحاظ اثر بخشی 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 مراحل 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 200 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. به عبارت دیگر در صورتی که مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد احتمال پاسخ به کاربرد کود افزایش می‌یابد و در مقادیر بالاتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم به احتمال زیاد پاسخی از مصرف کود پتاسیمی در خاک مشاهده

نمی‌شود. با این حال کاربرد پتاسیم به صورت کودآبیاری به ویژه برای دستیابی به عملکردهای بالا حتی در شرایطی که پتاسیم در خاک کافی به نظر می‌رسد توصیه می‌گردد. در جدول (19) گروه‌بندی آزمون خاک برای پتاسیم قابل استفاده آورده شده است.

جدول 19- گروه بندی پتاسیم قابل استفاده خاک برای کشت گندم

پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)			
>200	150-200	100-150	<100
زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
بدون پاسخ	کمتر از 50 درصد	50-75	75-100
عنوان گروه احتمال پاسخ به مصرف کود (درصد)			

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 صورتیکه میزان پتاسیم قابل جذب خاک در محدوده 150 تا 200 میلی گرم در کیلوگرم باشد دو راه کار برای کوددهی وجود دارد.

الف: اگر سیستم زراعی فشرده وجود داشته و زارع علاقمند باشد میزان پتاسیم خاک از کمترین حد یعنی 150 میلی گرم 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 150 میلی گرم تا 200 میلی گرم پتاسیم قابل استفاده در هر کیلوگرم خاک، کود پتاسیمی را تا 100 کیلوگرم K_2O در هکتار (200 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 (20) تا (22) 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.

جدول 20- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاکهای 0-100 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقليم	عملکرد پتانسیل (تن)				
	3	4	5	6	≥7
گرم و مرطوب	220	240	260	280	300
گرم و خشک	210	230	250	270	290
معتدل	220	240	260	280	300
سرد	230	250	270	290	310

جدول 21- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاکهای 100-150 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقليم	گروه های عملکرد پتانسیل (تن)				
	3	4	5	6	≥7
گرم و مرطوب	150	170	190	210	230
گرم و خشک	140	160	180	190	220
معتدل	150	170	190	210	230
سرد	160	180	200	220	240

جدول 22- توصیه مصرف سولفات پتاسیم برای خاکهای 150-200 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

اقليم	گروه های عملکرد پتانسیل (تن)				
	3	4	5	6	≥7
گرم و مرطوب	50	70	90	110	120
گرم و خشک	40	60	80	100	110
معتدل	50	70	90	110	120
سرد	60	80	100	120	140

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 های 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 دستگاہ 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 پنجه زنی و اواسط ساقه دهی استفاده از کودهای قابل حل در آب که حاوی مقادیر مناسبی پتاسیم باشند به مقدار 10 تا 20 کیلوگرم در هکتار توصیه می شود. همچنین محلولپاشی کودهای حاوی این عنصر در همین مراحل رشد به مقدار 2-3 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 دانه ها و افزایش عملکرد گندم دارد.

3-1-4- کاربرد گوگرد

گوگرد به صورت یون سولفات جذب گیاه گندم می گردد. کمبود گوگرد در خاکهای معدنی با زهکشی مناسب، بافت درشت و ماده آلی کم وجود دارد. در سالهای گذشته بدلیل افزایش آلودگی هوا مقدار بیشتری گوگرد از طریق اتمسفر، بارانهای اسیدی و همچنین قارچ کشهای حاوی گوگرد و کودهای شیمیایی وارد خاک می گردید و کمبود آن کمتر دیده می شد. ولی در سالهای اخیر، استفاده از محصولات پرنیاز به عناصر غذایی، مصرف کودها با درجه خلوص بالا و کشاورزی متمرکز، کمبود این عنصر در مناطقی از جهان تشدید شده است. در مطالعات صورت گرفته نشان داده شده است که میزان گوگرد قابل استفاده 37 درصد از خاکهای تحت کشت گندم در کشور کمتر از حد بحرانی (12 میلی گرم در کیلوگرم) می باشد. به عبارت دیگر حدود 37 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 13/7 تعیین گردیده است. حد بحرانی گوگرد (به صورت سولفات) در خاک 12 میلی گرم در کیلوگرم می باشد.

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 شده اند. به دلیل اینکه گوگرد در خاک ابتدا می‌بایست به کمک فرایندهای بیولوژیکی به سولفات تبدیل و سپس توسط گیاه جذب گردد کاربرد مستقیم گوگرد می‌بایست همراه با باکتری‌های اکسید کننده گوگرد (تیوباسیلوس‌ها) مصرف گردد. نحوه مصرف کودهای زیستی اکسید کننده گوگرد در بخش (3-3-2) به تفصیل بیان شده است. کشاورزان باید دقت زیادی به نیاز کودی گوگرد گیاهان زمستانه بکنند 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 زمان بر بودن فرایند تبدیل آن به سولفات توسط فرایندهای بیولوژیکی در اثر بخشی آن بسیار مؤثر است. کاربرد گوگرد در خاک به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس 2 تا 4 ماه قبل از کشت توصیه می‌شود.

مقدار مصرف گوگرد بسته به نوع آن متفاوت است. گوگرد پودری و پاستیل به میزان 500 تا 1000 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 اکسید کننده 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 آهکی ایران سبب افزایش فراهمی عناصری چون فسفر، روی و آهن می‌گردد. لذا افزایش 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.

3-1-5- توصیه کاربرد عناصر کم مصرف

کمبود عناصر غذایی کم مصرف معمولاً در خاک‌های سبک و درشت بافت (شنی)، خاک‌های آهکی و خاک‌های با ماده آلی کم اتفاق می‌افتد. مشخص شده است که از اراضی تحت کشت گندم 37 درصد دچار کمبود شدید آهن، 40 درصد دچار کمبود شدید روی، 25 درصد دچار کمبود منگنز و 24 درصد نیز دچار کمبود مس می‌باشند. در صورتی که نتایج تجزیه نمونه خاک، غلظت این عناصر را پایین تر 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 کم مصرف

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 کم مصرف 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 (23) 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 23- 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 50	<0/25	<2/5	<3
کم	50-75	0/25-0/5	2/5-5	3-6
متوسط	75-100	0/5-1/0	5-7/5	6-10
زیاد	بدون پاسخ	>1/0	>7/5	>10

* 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 3 تا 4 در هزار در مراحل پنجه زنی، اوایل ساقه دهی و حتی در مرحله گلدهی محلولپاشی شوند. مصرف بور در مناطقی که دارای خاک شور می باشند توصیه نمی گردد. محلولپاشی این عناصر از منابع کودی سولفات مانند سولفات آهن و روی با غلظت 5 تا 7 در هزار امکان پذیر است. در خاک های آهکی، کارایی سولفات آهن کاهش می یابد که در این صورت از محلولپاشی سولفات آهن و یا مصرف حاکی کلات آهن (Fe-EDDHA) به میزان 2-3 کیلوگرم در هکتار استفاده می شود. با این حال مصرف حاکی 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 25-40 کیلوگرم در هکتار توصیه می شود. در رفع کمبود روی مصرف توام خاکی به همراه محلولپاشی سولفات روی ارجحیت دارد.

کودهای حاوی عناصر کم مصرف بایستی قبل از کاشت مصرف شوند یا آنکه در مراحل پنجه زنی 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 سیتووت یا مایع ظرفشوئی به غلظت 0/2 در هزار (200 میلی‌لیتر در 1000 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 برگگی 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 علائم برگ سوزی پس از سه روز در گیاه در تمام سطح مزرعه برگپاشی انجام شود.
- در اراضی شور از کود میکروی کامل بدون بر استفاده شود.
- برای غنی سازی بذر کودهای حاوی عناصر کم مصرف در مراحل مختلف پنجه زنی، ساقه‌دهی و حتی شیری شدن دانه را می‌توان محلولپاشی نمود.

3-2- کاربرد مواد آلی در تولید گندم

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است و میزان کربن آلی در بیش از 60 درصد از اراضی زیر کشت کمتر از یک درصد و دربخش قابل توجهی از آن کمتر از 0/5 درصد می باشد. چنین وضعیتی در خاک‌های کشور بی تردید 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 0/1 درصد یا 3 تن در هکتار) عملکرد دانه گندم به طور میانگین 286 کیلوگرم در هکتار افزایش می یابد. افزون بر این با افزایش کربن آلی از محدودیت خاک‌های شور (قابلیت هدایت الکتریکی حداکثر تا 10/5 دسی زیمنس بر متر) و سبک (میزان رس کمتر از 15 درصد) بر عملکرد دانه گندم کاسته خواهد شد.

مواد آلی ترکیبات کربنی می باشند که بوسیله گیاهان، ریز جانداران و جانوران در خاک تولید می شوند. وجود مواد آلی علاوه بر اینکه نشان دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری آن به شمار می آید که حاصل بر همکنش فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک است. ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه سازی و وضعیت تخلخل، نفوذ پذیری آب را در خاک بهبود بخشیده و قدرت نگهداری آب را نیز در خاک افزایش می دهد. از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن، مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف 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 ازت (C/N) اثر مستقیم دارد.

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

کودهای آلی: مواد تهیه شده از فرآوری ترکیبات با منشاء 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 10 درصد و ماده آلی بیش از 25 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 5 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 باقی مانده‌های گیاهی یا حیوانی، پسماندهای فضولات حیوانی، ضایعات گیاهی، ضایعات کشتارگاهی و رسوبات لجن واحدهای تصفیه فاضلاب می‌باشد گفته می‌شود.

کرم پوسال (ورمی کمپوست): کرم پوسال 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 دانه های کوچک حاوی مقدار زیادی عناصر غذایی قابل دسترس گیاه می‌شود.

محرك های 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 محرك استخراج شده از بافتهای مختلف گیاهی و غیره باشد.

هوموس: ماده سیاه رنگ، بی شکل، کلوئیدی، نسبتاً پایدار به تجزیه میکروبی با ترکیب مولکولی پیچیده ای است که محصول نهایی تجزیه میکروبی ماده آلی در خاک است. این ماده نسبت به تجزیه میکروبی نسبتاً مقاوم بوده و وزن مخصوص ظاهری کمی ($0/45-2 \text{ gcm}^{-3}$) دارد.

اسید هیومیک: اسید هیومیک از تجزیه جزئی ترکیبات آلی آروماتیک که از منشاء گیاهان خشکی زی است تشکیل شده و از مواد تیره رنگ بی شکل که محصول نهایی فعالیت باکتریها و برخی آنزیمهاست بوجود می‌آید. این اسید در محیطهای قلبایی 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.

اسیدهای آمینه: اسیدهای آمینه اسیدهای کربوکسیلی هستند که حاوی گروه های عامل آمینی نیز می‌باشد. حدود 20 نوع اسید آمینه به عنوان واحدهای سازنده مولکولی بسیاری از گیاهان و حیوانات تاکنون شناخته شده است.

3-2-1- 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 که میزان کربن آلی آن کمتر از یک درصد می‌باشد 15-20 تن در هکتار، کود گاوی تازه 10-15 تن در هکتار و کود مرغی 5-10 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 مساله در انتخاب نوع و مقدار کود آلی قیمت این نهاده می‌باشد که در هنگام مصرف مد نظر 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 معمولاً به علت داشتن عناصر غذایی بیشتر به واسطه انجام عمل غنی سازی و حالت گرانوله بودن به میزان 300-600 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 25 تا 35 درصد گزارش شده است.

3-2-2- تناوب زراعی و کود سبز

انتخاب یک تناوب مناسب با تأکید بر جنبه‌های حفاظت محیط زیست برای هر منطقه شرط اصلی افزایش بهره‌وری و پایداری تولید در دراز مدت 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 می باشد. منظور از کود سبز، برگرداندن شاخ و برگ گیاهان عمدتاً از تیره بقولات بواسطه شخم زدن و افزودن آن 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 موثر 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 سبزی 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.

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 موثر 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 بعنوان کود سبز استفاده می‌شود می‌بایستی ابتدا آنها را با ماشین آلاتی مانند کولتیواتور پنجه‌غازی از پائین طوقه قطع نمود تا خشک گردند و یا آنها را با علف‌کش مناسب خشک کرد و 3 تا 4 هفته بعد در وضعیت گاورو بودن خاک، شخم زده شوند. در غیر این صورت این گیاهان مجدداً رشد کرده و به صورت علف هرز در خواهند آمد. هیچگاه نبایستی 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 می تواند 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 می توان تا 100 کیلوگرم در هکتار از میزان کود ازتی مصرفی کاست.

3-2-3- کاربرد اسیدهای هیومیک و محرک های رشد گیاه

اسیدهای هیومیک تأثیر بسزایی در بهبود شرایط شیمیایی، 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 پنجه زنی، ساقه‌دهی و یا قبل از ظهور خوشه همراه با آبیاری مصرف نمود. کاربرد محلول های اسید هیومیک از طریق سیستم آبیاری و محلولپاشی و یا مصرف بذر مال امکان پذیر می‌باشد.

تاکنون محرک های رشد مختلفی معرفی شده اند. در این بین کاربرد اسیدهای آمینه و عصاره جلبک‌های دریایی تأثیر به سزایی در رشد گیاه گندم دارد. کاربرد اسیدهای آمینه در شرایط تنش سرمایی در زمان پنجه زنی به میزان 1 تا 2 لیتر در هکتار به صورت محلولپاشی برای کاهش خسارت سرما توصیه می‌شود. این ترکیبات در مقابله با شرایط تنش های خشکی و یا شوری نیز قابل مصرف می‌باشند.

3-3- کاربرد کودهای زیستی در زراعت گندم

کودهای زیستی به مواد جامد (عمدتاً پودری)، مایع و یا در برخی موارد ژله مانند اطلاق می شود 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 می شوند. انواع متفاوتی از کودهای زیستی امروزه در دنیا معرفی شده است که توسط زارعین برای کشت غلات بویژه گندم مورد استفاده قرار می گیرد.

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

کودهای زیستی حاوی باکتریهای محرک رشد گیاه از مهمترین انواع کودهای زیستی قابل استفاده در کشت گندم می باشند. باکتریهایی مانند سودوموناس، فلاوباکتریوم، باسیلوس، ازتوباکتر و آزوسپیریوم از انواع شناخته شده باکتریهای محرک رشد گیاه می باشند. باکتریهای محرک رشد گیاه بوسیله مکانیسم های مختلف، بطور مستقیم و یا غیر مستقیم رشد گیاهان را افزایش می دهند.

مکانیسم های مستقیم شامل تثبیت بیولوژیک نیتروژن، حلالیت فسفاتهای نامحلول، تولید تنظیم کننده های رشد و ویتامین ها می باشند که با اثرات مستقیم بر رشد گیاه سبب افزایش عملکرد گیاهان می باشند. از مکانیسم های غیر مستقیم می توان به خصوصیاتمانند تولید سیانید هیدروژن، آنتی بیوتیک ها و سیدروفورها اشاره کرد. مکانیسم های غیر مستقیم با تعدیل اثرات منفی تنش های زنده و غیر زنده سبب بهبود رشد گیاهان می شوند.

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 عموماً 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:

1- 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 24 ساعت توصیه نمی‌شود.

مقدار کود زیستی مایع مصرفی بستگی به میزان و نوع بذر دارد. درمورد گندم به ازای هر یک کیلوگرم بذر کاربرد 20-30 میلی لیتر از مایه تلقیح مایع توصیه می‌گردد. نتایج آزمایشات اخیر انجام شده در موسسه تحقیقات خاک و آب نشان داده است کاربرد کود زیستی ویژه گندم (فلاویت) به مقدار یک لیتر در هکتار می‌تواند بطور متوسط سبب افزایش عملکرد گندم تا 10 درصد گردد.

2- محلول پاشی:

نتایج آزمایشات سالهای اخیر نشان داده است کاربرد باکتریهای محرک رشد گیاه بصورت محلولپاشی دارای اثرات مثبتی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی و از جمله گندم شده است. برای اینکار ابتدا با استفاده از یک سمپاش مقدار آب مصرفی برای محلولپاشی مزرعه کالیبره می‌شود. محلولپاشی معمولاً 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 قطعا می‌بایستی کود مورد نظر رقیق گردد. بر اساس جمعیت میکروارگانیسم موثر موجود در کود رقیق سازی تا صد بار نیز مجاز می‌باشد. 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. محلولپاشی بهتر است در هنگام غروب آفتاب صورت گیرد تا ضمن جلوگیری از اثرات منفی امواج ماوراء بنفش نور خورشید، از فرصت کافی برای نفوذ به فیلوسفر 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 کود ها برای استقرار بهتر بر روی بذر نیازمند به استفاده از یک ماده چسباننده می باشند. بعضی از کمپانی های معتبر در فرمولاسیون خود از مواد چسباننده استفاده کرده اند و در نتیجه در خصوص این کودها نیازی به ماده چسباننده وجود ندارد؛ ولی عموماً تولیدکننده ها یا در کنار کود خود این ماده چسباننده را قرارداده 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 40 درصد صمغ عربی، 20 درصد شکر، 4 درصد متیل اتیل سلولز نمونه ای از این مواد می باشند. مقدار مواد چسباننده مصرفی بسار مهم می باشد چرا که اگر ماده چسباننده بیش از نیاز اضافه گردد موجب چسبیدن بذر ها 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 20-30 میلی لیتر محلول چسباننده و حدود 30 گرم مایه تلقیح پودری توصیه می گردد.

3-3-2- کودهای زیستی حاوی باکتری های اکسید کننده گوگرد

گوگرد از عناصری است که در خاک وجود داشته ولی فرم قابل جذب آن بصورت 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 غالباً بدلیل اکسیداسیون کند این عنصر چاره ساز نبوده و لازم است با کاربرد باکتریهای اکسید کننده گوگرد بویژه 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 می دهد. مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس عموماً به شکل پودری تهیه می شود و به ازای 50 کیلوگرم گوگرد باید یک کیلوگرم مایه تلقیح تیوباسیلوس قبل از کشت مصرف نمود. اخیراً پالایشگاه گاز خانگیران اقدام به تولید گوگرد بنتونیتی پاستیلی به فرم عدس نموده است که به سرعت در خاک پخشیده می شود و از کارایی بالاتری نسبت به سایر فرم های گوگرد برخوردار است.

4- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش های محیطی

4-1- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط خاک های شور

4-1-1- برخی تعاریف

شوری خاک (**ECe**): مجموع نمک های محلول در عصاره اشباع خاک را شوری خاک گویند. واحد شوری خاک دسی زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) است که معادل واحد قدیمی آن یعنی میلی موس بر سانتی متر (mmhos/cm) می باشد.

سدیم تبادل خاک (**ESP**): سدیم تبدلی خاک مقدار سدیمی است که در محل های تبدلی ذرات خاک قرار گرفته و در تعادل با مقدار سدیم موجود در محلول خاک می باشد. سدیم به عنوان یک عنصر مضر در خاک قلمداد می شود زیرا زیادی 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 شوری گفته می‌شود که ECe عصاره اشباع خاک بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) در 25 درجه سانتیگراد و درصد سدیم تبادل‌ی (ESP) آن کمتر از 15 باشد. اسیدیته یا واکنش (pH) این قبیل خاکها معمولاً از 8/5 کمتر است.

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 15 باشد. اسیدیته یا واکنش (pH) این قبیل خاکها از 8/5 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 15 باشد. خلاصه مطالب بیان شده در جدول (24) ارائه شده است.

جدول 24- طبقه‌بندی کیفی خاکها از نظر شوری و سدیمی بودن در کشاورزی

ویژگیهای عصاره اشباع خاک	غیر شور	شور	شور و سدیمی	سدیمی
شوری ($\text{ECe}(\text{dS.m}^{-1})$)	<4	>4	>4	<4
درصد سدیم تبادل‌ی ESP	<15	<15	>15	>15
اسیدیته یا واکنش pH	<8/5	<8/5	<8/5	>8/5

4-1-2- 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 ویژه‌های خاک و تعیین شاخص‌های مندرج در جدول (25) نوع خاک و عملیات اصلاحی را تعیین و سپس برای اصلاح آن اقدام نمود.

اصلاح این قبیل خاکها در شرایط معمولی اغلب امکان پذیر است، مگر آنکه شرایط زهکشی (طبیعی) خاکها نامناسب باشد. به طور طبیعی در بیشتر خاکهای شور مقادیر کلسیم مورد نیاز برای جایگزینی سدیم کافی می‌باشد، لیکن لازم به ذکر است که برای اصلاح خاکها، آب آبشویی 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 آبشویی خاک استفاده نمود. روش‌های عملی اصلاح خاک‌های شور به طور اختصار عبارتند از:

الف) شستشوی خاک: بایستی شستشوی خاک حتی الامکان با آب مناسب به روش متناوب (در چند نوبت) صورت گیرد تا که شوری خاک به کمتر از 6 دسی‌زیمنس بر متر (برای کشت گندم) کاهش یابد. از سوی دیگر بایستی عملیات آبشویی 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 (25) آب مورد نیاز شستشوی خاک با توجه به شوری برای کشت گندم آمده است.

جدول 25- 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 آبشویی ندارد.	6 >
آبیاری اول سنگین انجام شود.	6/0 – 7/5
آبیاری اول و دوم سنگین انجام شود.	7/6 – 9/5
یک نوبت آبیاری قبل از کشت و آبیاری اول و دوم سنگین* انجام شود.	9/6 – 13/0
یک نوبت آبیاری بسیار سنگین قبل از کشت و آبیاری اول و دوم سنگین انجام شود.	13/1 – 20/0
با در دست داشتن نتیجه آزمایش آب با کارشناس مربوطه مذاکره گردد.	> 20

* یک نوبت آبیاری سنگین معادل 1000 مترمکعب آب در هکتار می‌باشد.

ب) کشت گیاهان متحمل به شوری در الگوی زراعی حداقل در سال اول پس از آبشویی 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 آبشویی 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 آبشویی همزمان با آبیاری محصول انجام شود.

اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و سدیمی مبتنی بر اعمال روشهای فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی است که انتخاب نوع روش و یا تلفیقی از چند روش بستگی به امکانات

تخصصی و تکنیکی منطقه مورد اجرا دارد. موثرترین شیوه در اصلاح و بهسازی چنین خاک‌هایی اعمال روش تلفیقی می‌باشد که بایستی با مشورت متخصصین امر انجام شود.

4-1-3- توصیه کودی گندم در شرایط شور

مصرف کودهای نیتروژنه در شرایط شور با غیر شور متفاوت است. براساس نتایج تحقیقات صورت گرفته در خاک‌های با هدایت الکتریکی (ECe) کمتر از 7 دسی زیمنس بر متر مقدار نیتروژن معادل مصرف در شرایط غیر شور می‌باشد. در خاک‌های با شوری بین 7-12 دسی زیمنس بر متر، مقدار 30 درصد به میزان توصیه کود نیتروژنی مصرفی براساس مقادیر کربن آلی افزوده می‌شود. ولی در شوری‌های خاک بالاتر از 12 دسی زیمنس بر متر خاک از مقدار توصیه کود نیتروژنی 30 درصد کاسته می‌گردد.

مصرف نیتروژن در اوایل دوره ی رویشی گیاه (پنجه دهی) و در دوره ی رسیدگی دانه گندم در شرایط شور از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. زیرا مصرف نیتروژن، سبب افزایش تعداد پنجه و وزن هزار دانه و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه و گاه می‌گردد.

بطور کلی کودهای نیتروژنه در خاک‌های سبک (شنی) سه یا چهار بار و در خاک‌های سنگین (رسی) دو تا سه بار در مراحل شروع پنجه زنی 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 پنجه زنی، سپس در مرحله تکمیل پنجه زنی 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 معمولاً در 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 بطور مساوی در مراحل بعد

مصرف شوند. در خاک‌های متوسط و سنگین بافت، مصرف 50 تا 70 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی در زمان شروع پنجه زنی و بقیه بطور 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 4 تا 8 دسی زیمنس بر متر، مصرف فسفر تا 20 درصد بیشتر و در شوری‌های بیشتر میزان مصرف مطابق با توصیه در شرایط غیر شور خواهد بود.

مصرف پتاسیم در دو قسط همزمان با کاشت و هنگام ساقه رفتن باعث بهبود معنی‌دار عملکرد می‌شود. مصرف پتاسیم تا شوری 7 دسی زیمنس بر متر برابر توصیه مصرف در شرایط غیر شور و در شوری 7 تا 13 دسی زیمنس بر متر مصرف بیشتر پتاسیم به میزان 30 درصد بیشتر پتاسیم توصیه می‌شود.

مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف به صورت محلولپاشی همانند شرایط غیر شور توصیه می‌گردد. ولی مصرف خاکی کود سولفات روی به میزان 30 کیلوگرم در هکتار برای شرایط شور بسیار مطلوب خواهد بود.

4-2- 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 50 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 محدود کننده 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 (26) علایم و نشانه های خسارت خشکی در مراحل مختلف رشد در گیاه گندم نشان داده شده است.

جدول 26- اثرات تنش کم آبی در مراحل مختلف نمو گندم

مرحله نموی گندم	اثر تنش کم آبی
جوانه زدن	تشکیل گیاهچه ضعیف
پنجه زنی	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
ساقه رفتن	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 عبارتند از: 1) بسته بودن روزنه‌ها و 2) آسیب دیدن کلروفیل و سایر اجزای

دخیل در فرایند فتوسنتز. همچنین در اثر این تنش، تعادل میان تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)¹ و آنتی‌اکسیدانهای 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 آنتی‌اکسیدانهای نظیر سوپراکسید دسموتاز (SOD)²، کاتالاز (CAT)³ و پراکسیداز (POD)⁴، اثرات سمی ROS را در سلولهای گیاه کاهش می‌دهند. این آنتی‌اکسیدانها، ROS را بیرون رانده و اکسیداسیون نوری⁵ 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 کم آبی، 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 کم آبی نیز به‌طور کامل بسته نشوند. کمبود پتاسیم در گیاه باعث کاهش فتوسنتز و مواجهه گیاه و سلولهای ریشه با

1-Reactive Oxygen Species

2-Superoxide Dismutase

3-Catalase

4-Peroxidase

5-Photo-oxidation

کمبود انرژی گردیده و بنابراین مقاومت گیاه به کم آبی 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 کم مصرف 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)¹، افزایش مواد آلی خاک می‌باشد. در همه گروههای بافت خاک، هنگامی که میزان ماده آلی خاک، 1-3 درصد افزایش می‌یابد، ظرفیت آب قابل دسترس خاک تقریباً دو برابر می‌شود و هنگامی که مقدار افزایش آن به 4 درصد می‌رسد، بیش از 60 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 نیمه خشک کشور می‌باشد، افزودن 50-100 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 می‌نماید.

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 میکروارگانیسم‌های موجود در خاک کمک زیادی می‌کنند. میکروهمومات‌ها در مناطق کم آب و نسبتاً خشک به گیاه کمک می‌کنند تا طول دوران

1 - Available water Capacity

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 اجازه نفوذ و تکثیر یابند. لذا رطوبت خاک به عنوان یکی از عوامل اصلی محدود کننده 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: 1- روش‌هایی که نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهند، 2- روش‌هایی که مربوط به مدیریت تبخیر از سطح خاک است و 3- 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 پوسته 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 بدست 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 غیر مستقیم 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 3/7 درصدی ظرفیت نگهداری آب خاک می‌گردد.

حفظ پوشش گیاهی آیش در سطح خاک منجر به کاهش تبخیر و افزایش 4 درصدی آب خاک می‌گردد. این مقدار معادل تقریباً 8 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 (12-8 تن در هکتار) منجر به ذخیره 80-90 میلی‌متر آب ذخیره بیشتر در خاک می‌گردد.



شکل 16- خسارت خشکی در مزرعه گندم

3-4- مدیریت تغذیه گیاه 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 می باشد. با افزایش دما در بهار، گندم این مقاومت را از دست داده و با خروج از مرحله زمستان گذرانی شروع به رشد می نماید. با پیشرفت مراحل رشد گیاه (به ویژه در مرحله به گل رفتن)، میزان آسیب پذیری گیاه افزایش می یابد. بسته به شدت خسارت یخبندان و مراحل مختلف رشد گیاه، تأثیر آن بر عملکرد محصول متفاوت می باشد.

علائم و نشانه های خسارت سرما می تواند 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 برگ های جوان و نوظهور می گردد. به مرور که گیاه با شرایط سرما خو می گیرد، علائم سرمازدگی کاهش می یابد. 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. هر چند 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 می گردد. گندم در خاک های خشک نسبت به خاک های مرطوب بیشتر در برابر خسارت سرما آسیب می بیند، زیرا در این شرایط، سرما سریع تر در گیاه نفوذ نموده و آن را تحت تأثیر قرار خواهد داد. همچنین خسارت سرما در مناطق شیب دار و مرتفع و شیبهای رو به شمال شدیدتر می باشد. در مجموع می توان گفت دماهای پایین می تواند به بخشهای مختلف گیاه اعم از برگ ها، گره ها و ساقه ها صدمه وارد نماید. در ابتدای خسارت سرمازدگی، برگ ها تیره رنگ می شوند و به نظر می رسد که در اثر جذب آب خیس شده اند. ساقه های خسارت دیده نیز ممکن است ابتدا رنگ پریده، خیس و نرم شده و در نهایت خشن و تیره شوند. این نواحی خمیده و درهم پیچیده شده و موجب واژگونی ساقه می گردند. اگر ساقه در اثر سرمازدگی کاملاً واژگون نگردد و فقط از ناحیه گره های ساقه خمیده شود، می تواند بعد از گذر از سرما مجدداً رشد نموده و ایستادگی خود را بازیابد.

یخ زدن در ابتدای بهار، موجب از بین رفتن نقطه رشد¹ گیاه و در اواخر آن، منجر به عقیم شدن خوشه‌ها می‌گردد. اگر نقطه رشد از بین برود، یک برگ رنگ پریده 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. 24 ساعت بعد از سرمازدگی، این نشانه‌ها با یک ذره 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 (27) میزان خسارت سرمازدگی را هنگامی که گیاه بیش از 2 ساعت در معرض دمای پایین قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

جدول 27- مرحله رشد گندم و میزان خسارت سرمازدگی

مرحله رشد	دما (درجه سانتیگراد)	علائم سرمازدگی	تأثیر بر عملکرد
پنجه زدن	-11	زرد شدن و سوختن برگ‌ها	کم تا متوسط
ساقه رفتن	-4/4	سوختن برگ‌ها/ از بین رفتن نقطه رشد	متوسط تا زیاد
آبستنی	-2/2	عقیم شدن گلچه‌ها/ رنگ پریدگی خوشه‌ها	عمدتاً زیاد
خوشه رفتن	-1/1	عقیم شدن گلچه‌ها/ رنگ پریدگی خوشه‌ها/ سفید و بی رنگ شدن خوشه و برگ‌ها	زیاد
به گل رفتن	-1/1	عقیم شدن گلچه‌ها/ رنگ پریدگی خوشه‌ها/ سفید و بی رنگ شدن خوشه و برگ‌ها	زیاد
شیری شدن	-2/2	بی رنگ شدن خوشه‌ها، کوچک، چروکیده، کم رنگ و ناصاف شدن دانه‌ها	عمدتاً زیاد
سفت شدن	-2/2	دانه‌ها بی‌رنگ و چروکیده	کم تا متوسط



شکل 17- عوارض خسارت سرمازدگی در ساقه اصلی گندم

ساقه اصلی گیاه گندم در اثر سرما از بین رفته است. دو پنجه دیگر نیز رشد نکرده و زنده نخواهند ماند.



شکل 18- خوشه سرمازده در گندم- یخبندان موجب رنگ زرد و ظاهر نمناک پوسته دانه‌ها در خوشه شده است.



شکل 19- 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 گاه و کلش از جمله راههای مدیریت خسارت‌های ناشی از تنش سرما در گندم می‌باشند.

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 خوسه 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 سرما زدگی 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 خودبخود 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 بدلیل 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. سومین ساز و کار 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 درون سلولی را افزایش داده و با این مکانیسم هم به مقابله با سرما کمک می‌کنند.

4-4- مدیریت زراعی 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 زودهنگام گندم شده و در نتیجه منجر به صدمه زدن به گیاه در حرارت پایین بعدی می‌گردد. در ارقامی که زود به مرحله بلوغ می‌رسند، معمولاً 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 گل دهی) نیز گندم دچار تنش و خسارت خواهد. هنگامی که دما به 32-35 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 30 روز قبل از گلدهی تا اندکی پس از گل دهی و اندازه دانه‌ها طی مدت زمان پر شدن آنها تعیین می‌گردد. نزدیک

به انتهای فصل، هنگامی که عموماً 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 20 درجه سانتیگراد بالاتر باشد. هر چند این مسئله برای جبران مدت زمان کم پر شدن دانه کافی نمی‌باشد و در نهایت اندازه دانه‌ها کوچک خواهد ماند. در دماهای بیشتر از 30 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 زود رس 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 2 درجه سانتیگراد افزایش دما، تا 50 درصد برآورد می‌نمایند.

علائم و نشانه‌های خسارت گرما در مزرعه

- 1- ساقه گیاه ظاهر فشرده و ناسالم می‌یابد.
- 2- پهنک برگ دارای یک نوار سوختگی قهوه‌ای یا سیاه رنگ می‌باشد.
- 3- برگ‌ها کوچک‌تر و اندازه خوشه‌ها بسیار کوچک می‌باشد.
- 4- بسته به درجه سوختگی، برگ‌ها آویزان شده و فرو می‌افتند.
- 5- قهوه‌ای شدن سریع و ناگهانی برگ پرچم
- 6- چروکیدگی و پژمرده شدن دانه‌ها قبل از بلوغ (هنگامی که درجه حرارت بالا در طول پر شدن دانه‌ها اتفاق افتد)
- 7- از بین رفتن گیاه در دمای بسیار بالا

مدیریت مقابله با تنش گرما

- 1- با اقدامات مدیریتی مانند حفظ رطوبت خاک و آبیاری به موقع می‌توان این خسارت را کاهش داد.

- 2- در مناطقی که احتمال بروز تنش گرما و خشکی آخر فصل وجود دارد، بهتر است از ارقامی استفاده گردد که زودتر به گل می‌روند.
- 3- 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.

5- 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 جدی‌تر می‌باشد. یکی از مهمترین مسائل در سامانه‌های حفاظتی، تأمین عناصر غذایی برای گیاهان به مقدار لازم در زمان مناسب توأم با جایگذاری صحیح می‌باشد.

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

- 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 (معمولاً دشتهای رسوبی)،
- عدم وجود سخت لایه در خاک،
- وجود زهکشی طبیعی خاک (نفوذپذیری مناسب)،
- عدم محدودیت شوری خاک و آب،
- پوشش حداقل 30 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.

5-1- کاربرد نیتروژن

مصرف نیتروژن در طول رشد گیاه در سیستم کشت به صورت بی خاکورزی و یا خاکورزی حداقل در حالتی که بخشی (حدود 30 تا 40 درصد) از بقایای گیاهی کشت قبلی در سطح مزرعه باقی مانده است، با دو هدف عمده به شرح زیر صورت می گیرد:

1- مصرف نیتروژن برای بقایای گیاهی: کاربرد کلش و برگرداندن آن به خاک سبب افزایش مواد آلی خاک، ریزجانداران 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 ریزجانداران مفید خاک، سفت شدن خاک، شور شدن تدریجی خاک و در نهایت تولید محصول گندم در بلند مدت می شود. میزان نیتروژن مورد نیاز با توجه به نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بقایا، نسبت کربن به نیتروژن ریزجانداران تجزیه کننده، درصدی از بقایا که در مدت زمان مشخص توسط ریزجانداران تجزیه می شوند و درصدی از کربن موجود در بقایا که توسط ریزجانداران قابل تجزیه است، صورت می گیرد. از آنجا که نسبت کربن به نیتروژن در بقایای کلش برخی گیاهان زراعی (به جز کلش برنج که حدود 120 بوده و در شرایط معمول و به دلیل ترکیب خاص خود نسبت به تجزیه میکروبی مقاومتر است) نظیر گندم و ذرت دانه ای حدود 60 تا 80 می باشد، 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 35 کیلوگرم در هکتار اوره، و برای بقایای ذرت، مقدار 30 کیلوگرم در هکتار

اوره، بقایای پنبه و آفتابگردان مقدار 25 کیلوگرم اوره و برای بقایای گیاهی سبزی و صیفی نظیر سیب زمینی، پیاز، گوجه، خیار و سایر بقایای گیاهی غیر خشبی و عمدتاً برگی مقدار 20 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 جمع آوری 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 جمع آوری شده از سطح (با فرض 30 درصد پوشش سطح) یک متر مربع از مزرعه ای 0/2 کیلوگرم باشد، در این صورت میزان کاه و کلش موجود در سطح یک هکتار 2 تن خواهد بود. در این شرایط میزان اوره مورد نیاز جهت پوشیدن بقایا و جلوگیری از بروز مشکل برای گیاه از نظر تغذیه نیتروژن، 70 کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نحوه مصرف نیز به اینگونه است که 40 تا 50 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 30-20 کیلوگرم کود اوره به همراه آن مصرف شود. مقدار نیتروژن اضافی نبایستی بیش از 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل حدود 90 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 50 درصد کمتر). در خاکهای با بافت سبک و مصرف نواری نیتروژن بایستی به همان مقدار مصرف در خاکورزی معمول استفاده شود. البته بعد از 5 تا 10 سال مقدار نیتروژن مصرفی کاهش خواهد یافت.

2- 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 - بی خاکورزی (کشت مستقیم):

در این روش، 20 درصد کل نیتروژن برآورد شده برای طول دوره رشد به صورت پایه و همزمان با کاشت توسط دستگاه کارنده در زیر و کنار بذر همراه با سایر کودهای مورد نیاز جایگذاری گردد. به عنوان مثال اگر نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره 400 کیلوگرم در هکتار باشد در این صورت 20 درصد این مقدار، معادل 80 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 25 درصد نیتروژن یا اوره کل برآورد شده برای دوره رشد می باشد. به عنوان مثال در صورتی که نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره 400 کیلوگرم در هکتار باشد، در این صورت 25 درصد آن معادل 100 کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله مصرف گردد.

مصرف 25 درصد نیتروژن یا اوره کل برآورد شده برای دوره رشد در زمان پنجه زنی گندم یا مرحله رشد رویشی گیاه. به عنوان مثال در صورتی که نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره 400 کیلوگرم در هکتار باشد، در این صورت 25 درصد آن معادل 100 کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله مصرف گردد.

مصرف مابقی نیتروژن (30 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 می باشد 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 4 ساعت باشد، 2 ساعت آبیاری بدون کود انجام شود و در زمان باقی مانده (2 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 معمولاً میزان مواد آلی در بیشتر خاکهای زراعی کمتر از یک درصد بوده و از طرفی حد فاصل زمانی بین آبیاری نوبت دوم و سوم مصادف با مرحله پنجه زنی گندم می‌باشد، لذا 35 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 اسفند ماه و یا اوایل فروردین ماه) در شرایطی که گندم در اواخر مرحله پنجه‌زنی و یا تکمیل آن است، 30 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 200 کیلوگرم در هکتار باشد. در این حالت 30 درصد این مقدار یعنی 60 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 (46 درصد) مقدار 130 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 (35 درصد) در مرحله متورم شدن ساقه گندم و یا همزمان با ظهور خوشه و یا قبل از مرحله گلدهی گیاه می‌باشد.

مناسبترین نوع کود نیتروژنه برای مناطق دیم نیترات آمونیم است. در شرایط کشت با سیستم بی خاکورزی، مصرف مقدار 80 کیلوگرم نیترات آمونیم یا در صورت عدم دسترسی به نیترات آمونیم مقدار 65 کیلوگرم اوره بصورت جایگذاری در زیر و کنار بذر همزمان با کشت توصیه می‌شود. در بهار و هنگام انتظار بارندگی نیز مقدار 80 کیلوگرم نیترات آمونیم و یا 65 کیلوگرم اوره بصورت سرک در سطح مزرعه توزیع گردد. نیتروژن مورد نیاز برای پوسیدن کاه و کلش: در این حالت مقدار 30 کیلوگرم در هکتار اوره یا 40 کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیم به ازای هر تن کلش مورد نیاز می باشد که 50 درصد آن پس از انجام کشت بایستی بصورت دستی یا دستگاه سانتریفوژ پشت تراکتوری، در سطح مزرعه توزیع و مابقی به سر جمع کود مورد استفاده در مرحله سرک (هنگام بهار) اضافه و بطور یکنواخت در سطح مزرعه توزیع می‌گردد.

2-5- کاربرد فسفر

الف - کشت مستقیم (بی خاکورزی):

در صورتی که فسفر قابل جذب خاک کمتر از 15 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 (15 میلی‌گرم بر کیلوگرم) مقدار 15 کیلوگرم در هکتار و در خاکهای با بافت سبک مقدار 10 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل یا فسفات آمونیم توسط دستگاه کارنده در زیر و کنار بذرجایگذاری می‌شود. به عنوان مثال در صورتی که فسفر قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر، 10 میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد و بافت خاک نیز متوسط (لوم) باشد در این صورت مقدار کود فسفاتی مورد نیاز 75 کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

ب- کم خاکورزی:

در صورتی که فسفر قابل جذب خاک کمتر از 15 میلی گرم بر کیلوگرم باشد. در خاکهای با بافت متوسط (لومی) به ازای هر یک میلی گرم کمتر از حد فوق (15 میلی گرم بر کیلوگرم) مقدار 30 کیلوگرم در هکتار و در خاکهای نسبتاً سبک بافت مقدار 20 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، 10 میلی گرم بر کیلوگرم باشد و بافت خاک نیز متوسط (لوم) باشد در اینصورت مقدار کود فسفاتی مورد نیاز 150 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 آماده سازی 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 بی خاکورزی یعنی معادل نصف مقادیر فوق (بند الف) مصرف گردد.

با توجه به حد بحرانی فسفر خاک در مناطق دیم (حدود 9 میلی گرم بر کیلوگرم)، به ازای هر یک میلی گرم فسفر قابل جذب کمتر از مقدار فوق، میزان 20 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و یا فسفات آمونیم به روش جایگذاری مصرف گردد. در صورتی که آزمایش خاک انجام نشده باشد مقدار 50 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و یا فسفات آمونیم به صورت جایگذاری مصرف گردد.

5-3- کاربرد پتاسیم

الف- کشت مستقیم (بی خاکورزی):

در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک کمتر از 280 میلی گرم بر کیلوگرم باشد، به ازای هر واحد کمتر از مقدار فوق در خاکهای با بافت متوسط، میزان 1/5 کیلوگرم در هکتار

سولفات پتاسیم مصرف گردد. به عنوان مثال در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، در این صورت لازم است مقدار 120 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم توسط دستگاه کارنده، زیر و کنار بذر جایگذاری گردد.

ب- کم خاکورزی:

در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک کمتر از 280 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 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، در این صورت لازم است مقدار 240 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) به روش دستی و یا توسط دستگاه کودپاش سانتی‌فوژی قبل از هر گونه عملیات خاکورزی در سطح مزرعه توزیع گردد.

در صورتی که پس از آماده سازی زمین با ادوت کم خاکورزی امکان کشت مکانیزه وجود دارد در این حالت نیز از روش جایگذاری کود استفاده شود. بدیهی است میزان کود پتاسیمی مورد نیاز به جای مقادیر فوق همان مقادیر اشاره شده در روش بی‌خاک‌ورزی (بند الف) مصرف گردد.

4-5- کاربرد عناصر کم مصرف

عناصر کم مصرف بر اساس آزمون خاک مطابق با جداول توصیه کودی در شرایط خاکورزی مرسوم می‌بایست مصرف شوند. با توجه به توسعه محدود سیستم ریشه‌ای گیاه در بعضی از خاکها و مشکلات جذب عناصر کم مصرف از خاک توسط گیاه، عناصر کم مصرف به همراه اوره در دو نوبت یکی در اواسط دوران پنجه زنی و دیگری حداقل بین مرحله ساقه‌دهی و ظهور خوشه با غلظت 5 در هزار عناصر کم مصرف و 5 در هزار اوره در هکتار (مجموعاً 10 در هزار یا یک درصد) توصیه می‌شود. مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف به صورت بذر مال نیز در این شرایط قابل توصیه می‌باشد.

5-5- کاربرد کودهای بیولوژیک

بذر مال و یا تلقیح بذر با ترکیبات حامل نیتروژنوباکتر (تثبیت کننده های آزادی نیتروژن) و یا محرک های 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 می تواند اثرات مثبتی بر رشد گیاه بر جای گذارد.

منابع

- 1- اسدی، فاطمه و زهرا خادمی. 1391. تنش ها و راهکارهای مدیریتی در گندم. نشریه فنی شماره 522. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- 2- پیمانی، ناصر. 1380. راهنمای تشخیص علائم کمبود و مسمومیت عناصر غذایی در گندم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- 3- حسینی، ماشاله، محمد پاسبان، محمود شریعتمداری، مهناز فیض اله زاده اردبیلی، زهرا خادمی. 1389. گزارش نهایی پروژه "تعیین بهترین زمان کاربرد کودهای گوگردی در خاکهای زیر کشت گندم". موسسه تحقیقات خاک و آب
- 4- خادمی، زهرا و فاطمه اسدی. 1390. مدیریت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مراحل مختلف رشد گندم. نشریه شماره 503. موسسه تحقیقات خاک و آب
- 5- خادمی، زهرا، پرویز مهاجر میلانی، محمد رضا بلالی، محمد سعید درودی و محمدجعفر ملکوتی. 1382. 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، 386 صفحه. شماره 84/1036. تهران، ایران.
- 6- سماوات، سعید، محمد مهدی طهرانی، کامبیز بازرگان و مجید بصیرت. 1392. دستورالعمل نحوه بررسی مواد آلی. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- 7- شهابی، علی اصغر. 1389. دستورالعمل کاربردی مدیریت تغذیه گندم در سیستمهای کشت مستقیم (بی خاکورزی) و خاکورزی حداقل. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- 8- شهابی، علی اصغر. 1390. دستورالعمل کاربردی چگونگی استفاده از کودهای پر مصرف و کم مصرف در زراعت گندم. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- 9- فیض اله زاده اردبیلی، مهناز، غلامرضا معافپوریان، جلال قادری، سعید رضائیان، محمد

- مهدی طهرانی و زهرا خادمی. 1389. گزارش نهایی پروژه "ارزیابی و بررسی روش های مصرف توأم کودهای نیتروژن و گوگرد در کشت گندم". موسسه تحقیقات خاک و آب
- 10- فیض اله زاده اردبیلی، مهناز و زهرا خادمی. 1389. 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
- 11- فیضی محمد و پرویز مهاجر میلانی. 1383. بهینه سازی مصرف کودهای نیتروژنی، فسفاتی و پتاسیمی در شرایط شور برای گندم. در: روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). ویراستار: محمدجعفر ملکوتی، زهرا خادمی و زهرا خوگر. صفحه 485-465. دفتر طرح خود کفایی گندم، وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.
- 12- کشاورز، پیمان. 1378. راهنمای مزرعه ای برای تشخیص علائم کمبود عناصر غذایی در گندم. نشریه فنی شماره 56، موسسه تحقیقات خاک و آب
- 13- کشاورز، پیمان، مهدی زنگی آبادی و مهدی عباس زاده. 1392. تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش های خاک. جلد 27 شماره 3، ص. 371-359.
- 14- لطف الهی، محمد. 1379. چگونه کیفیت گندم را بالا ببریم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی
- 15- معافپوریان غلامرضا، حسین پسندیده، جلال قادری، ابراهیم جواهری، شهریار صفربور، مهناز فیض اله زاده اردبیلی، زهرا خادمی. 1386. گزارش نهایی پروژه "بررسی وضعیت گوگرد در اراضی عمده تحت کشت گندم در کشور". موسسه تحقیقات خاک و آب
- 16- ملکوتی، محمد جعفر و محمد مهدی طهرانی. 1384. نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. چاپ سوم، دانشگاه تربیت مدرس.
- 17- ملکوتی، محمد جعفر. 1379. تغذیه متعادل گندم. نشر آموزش کشاورزی
- 18- ملکوتی، محمد جعفر، فرهاد مشیری و محمد نبی غیبی. 1384. حد مطلوب عناصر

- غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش اول: محصولات زراعی). نشریه فنی شماره 405. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا، تهران، ایران.
- 19- مهاجر میلانی پرویز، و پرهام جواهری. 1379. برآورد آب مورد نیاز خاک‌های شور ایران. نشر آموزش کشاورزی، 103 صفحه. کرج، ایران.
- 20- مهاجر میلانی، پرویز، رضا و کیل و سعید سعادت. 1378. تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. مجله علوم خاک و آب. ویژه‌نامه گندم، جلد 12 شماره 6، صفحه 196 – 187. تهران، ایران.
- 21- مهاجر میلانی، پرویز. 1385. مدیریت مصرف بهینه کود در شرایط شور. نشریه فنی شماره 85/1286 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

پیوست:

جدول پیوست 1- تقویم کوددهی گندم منطبق بر مراحل فنولوژیکی

مراحل رشد فیز یولوژیک							
نوع کود	قبل از کشت	دومین آبیاری	شروع پنجه زنی	تکمیل پنجه زنی	ساقه دهی	قبل از ظهور خوشه	دانه بندی شدن دانه ها
کود نیتروژنی	30 درصد توصیه شده	30 درصد توصیه شده	30 درصد توصیه شده	30 درصد توصیه شده	محلولپاشی	محلولپاشی	محلولپاشی
کود فسفوری	100 درصد توصیه ترجیحا به صورت نواری						
کود پتاسیمی	100 درصد توصیه ترجیحا به صورت نواری						
کودهای حاوی عناصر ریزمغذی	بصورت تیمار بذر مال		محلولپاشی	محلولپاشی			
کودهای قابل حل با پتاسیم بالا			کود آبیاری	محلولپاشی-کود آبیاری			محلولپاشی
کودهای قابل حل با فسفر بالا		همراه با آب آبیاری		محلولپاشی			
کودهای آلی	توسط دیسک با خاک مخلوط شود						
کودهای زیستی	قبل از کشت با بذر مخلوط شود						
اسیدهای هیومیک	بذر مال	همراه با آب آبیاری		محلولپاشی			
محرک های رشد گیاهی			محلولپاشی	محلولپاشی			

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

از این فرم	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این فرم / یا از این فرم	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این فرم
NO ₃	0.226	N	4.427	NO ₃
NH ₃	0.820	N	1.216	NH ₃
NH ₄	0.776	N	1.288	NH ₄
CO(NH ₂) ₂ -urea	0.463	N	2.160	CO(NH ₂) ₂ -urea
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.212	N	4.716	(NH ₄) ₂ SO ₄
NH ₄ NO ₃	0.350	N	2.857	NH ₄ NO ₃
P ₂ O ₅	0.436	P	2.291	P ₂ O ₅
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.458	P ₂ O ₅	2.182	Ca ₃ (PO ₄) ₂
K ₂ O	0.830	K	1.205	K ₂ O
KCl	0.632	K ₂ O	1.580	KCl
KCl	0.525	K	1.905	KCl
ZnSO ₄ · H ₂ O	0.360	Zn	2.778	ZnSO ₄ · H ₂ O
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	0.230	Zn	4.348	ZnSO ₄ · 7 H ₂ O
SO ₂	0.501	S	1.997	SO ₂
SO ₄	0.334	S	2.996	SO ₄
MgSO ₄	0.267	S	3.750	MgSO ₄
MgSO ₄ · H ₂ O	0.230	S	4.310	MgSO ₄ · H ₂ O
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0.130	S	7.680	MgSO ₄ · 7 H ₂ O
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.250	S	3.995	(NH ₄) ₂ SO ₄
SiO ₂	0.468	Si	2.139	SiO ₂
CaSiO ₃	0.242	Si	4.135	CaSiO ₃
MgSiO ₃	0.280	Si	3.574	MgSiO ₃
MgO	0.603	Mg	1.658	MgO
MgO	2.986	MgSO ₄	0.335	MgO
MgO	3.432	MgSO ₄ · H ₂ O	0.290	MgO
MgO	6.250	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0.160	MgO
MgO	2.091	MgCO ₃	0.478	MgO
CaO	0.715	Ca	1.399	CaO
CaCO ₃	0.560	CaO	1.780	CaCO ₃
CaCl ₂	0.358	Ca	2.794	CaCl ₂
CaSO ₄	0.294	Ca	3.397	CaSO ₄
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.388	Ca	2.580	Ca ₃ (PO ₄) ₂
FeSO ₄	0.368	Fe	2.720	FeSO ₄
MnSO ₄	0.364	Mn	2.748	MnSO ₄



کمبود فسفر



کمبود نیتروژن



کمبود منیزیم



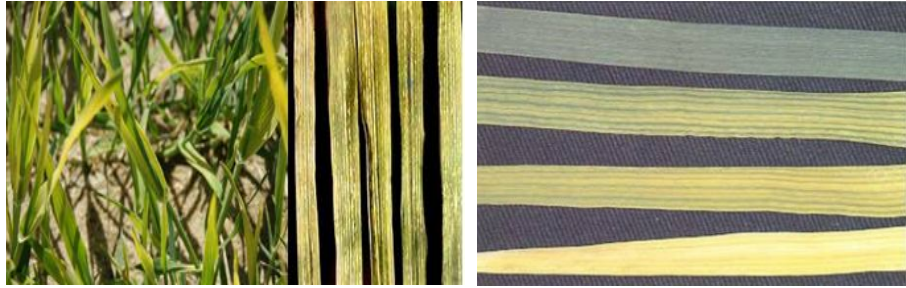
کمبود پتاسیم



کمبود روی



کمبود گوگرد



کمیود منگنز

کمیود آهن



کمیود مس



شکل 10- کمیود بُر