

راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کندم

نویسندگان:

فرهاد مشیری، علی اصغر شهبابی، پیمان کشاورز، زهرا جوگر، ولی محمد فیضی اصل، محمد حسین سدری، ناصر رشیدی،

زهرا خادمی، محمد نبی غیبی، بادی اسدی رحمانی، سعید سعادت، سعید سماوات

اعضاء هیات علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

۱- کلیات

گندم یکی از محصولات زراعی استراتژیک کشور می‌باشد و تاکنون برنامه‌های متعددی برای نیل به خودکفایی تولید این محصول به اجرا در آمده است. سیاست وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳ برای مدت ۵ سال و با افق ۱۲ ساله تا انتهای برنامه چشم انداز ۲۰ ساله توسعه ایران در سال ۱۴۰۴ بر خوداتکایی محصول گندم، افزایش تولید در واحد سطح و در عین حال کاهش تقاضای مصرف آب می‌باشد. به علاوه 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 خوداتکایی 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 آنست که از منابع موجود نه تنها بایستی بیش از گذشته غذا تولید نمود بلکه بایستی غذای تولیدی سالم هم باشد که نیازمند مدیریت جامع‌تریست 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، اعمال سایر عملیات به‌زراعی به ویژه مدیریت بهینه مصرف کود و آب از ضروریات می‌باشد تا بتوان به اهداف طرح خوداتکایی محصول گندم دست یافت. بدیهی است تولیدکنندگان موفق گندم بایستی مدیریتی 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 مزرعه 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 قوانینی 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 نور خورشید و آب 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 ۵۱/۰ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۲۵/۴ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۱۵/۳ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) و تولید هر تن کلش گندم سبب برداشت ۱۵/۰ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۳/۷ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۲۶/۱ 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 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 نارساییهای بهداشتی و ارتقای سطح سلامت جامعه خواهد شد.

در برنامه بهینه سازی مصرف کودها، اقدامات متعددی از قبیل ایجاد تعادل بین مقادیر مصرف انواع عناصر اصلی از طریق تغییر در نوع، نحوه و زمان مصرف کودهای نیتروژنه،

فسفوری و پتاسیمی صورت می گیرد. 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 برنامه های تغذیه متعادل مصرف محرک های 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 می رود. 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 با بهبود شرایط شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک منجر به افزایش توان تولید خاک می گردد. مدیریت های مناسب در حفظ و افزایش کربن آلی خاک شامل مدیریت کشاورزی حفاظتی، استفاده از کودهای دامی و انواع کمپوست ها (گیاهی، حیوانی و زباله شهری) و کاربرد اسیدهای هیومیک می باشد.

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 کشت های آبی، سابقه شرایط اقلیمی نظیر شرایط دمایی و بارندگی به ویژه در کشت های دیم، آگاهی از انواع کودهای محتوی عناصر غذایی و محرک های رشد برای مصرف خاکی، محلولپاشی و کاربرد در آب آبیاری و همچنین ارزیابی های اقتصادی ضروری است.

راهنمای حاضر 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 گونه ای تنظیم شده است که طیف وسیعی از مخاطبان از جمله مدیران، کارشناسان و کشاورزان را در بر می گیرد. این راهنما برای سه گروه عملکردی کم (کمتر از ۳ تن دانه در هکتار)، متوسط (۴ تا ۷ تن دانه در هکتار) و بالا (بیش از ۷ تن در هکتار) طراحی شده است. امید است که مطالب حاضر راهگشایی مناسب برای حل مسائل مربوط به تغذیه بهینه و متعادل گندم باشد.

۲- روش های تشخیص کمبود عناصر غذایی

شناخت کمبود عناصر غذایی برای کشت گندم از راه های مختلفی امکان پذیر است. دو روش تجزیه خاک و تجزیه برگ (گیاه) برای بدست آوردن مقادیر صحیح و مناسب می بایست مدنظر قرار گیرند. شناخت علائم کمبود عناصر غذایی گندم نیز یکی دیگر از این روش ها می باشد. گندم نیز همانند سایر محصولات زراعی علائم خاصی از کمبود و یا بعضاً اثرات سمی عناصر غذایی را از خود بروز می دهد، که با شناخت این علائم می توان 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 ریزمغذی ها مانند آهن، روی، مس، منگنز، بر و مولیبدن مورد نیاز گیاه می باشند. گونه های مختلف گیاهان نیازمندی های غذایی متفاوتی دارند. همچنین قابلیت جذب عناصر غذایی در بین واریته های مختلف یک گیاه نیز متفاوت است. با این حال کمبود برخی از عناصر مانند پتاسیم در شرایطی بدون بروز علائم می تواند سبب کاهش قابل توجهی در عملکرد و تولید محصول گردند که به این پدیده گرسنگی پنهان گفته می شود. کمبود و یا مسمومیت بعضی از عناصر هم ممکن است علائمی مشابه علائم تنش های دیگر در اندام های 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 طوری کلی آزمایش‌های بعدی و یا تجزیه خاک و برگ برای تشخیص این تنش‌ها از یکدیگر ضروری است. اگر تشخیص کمبود یا مسمومیت عنصر غذایی از طریق علائم ظاهری صحیح صورت پذیرد، تجزیه برگ نیز آن را نشان خواهد داد. به منظور آشنایی بیشتر، به مواردی از شاخص‌ترین علائم کمبود عناصر غذایی به طور خلاصه اشاره می‌شود که می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های کلی تعیین عناصر مورد نظر در رفع کمبودها به کار رود.

۲-۱- آزمون خاک

با آزمون خاک قبل از کشت مشخص خواهد شد که چه عناصری برای رشد کافی گندم در طول فصل زراعی مورد نیاز خواهد بود. به عبارت دیگر، آزمون خاک به منظور تعیین مقدار عناصر غذایی قابل استفاده گیاه در خاک انجام می‌گیرد. از 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. معمولاً از هر ۱۰ تا ۱۵ هکتار مزرعه با خاک یکنواخت، یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی

۷/ راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم

تهیه می کنند. بدین منظور یک مسیر مارپیچ در مزرعه در نظر می گیرند. در طی مسیر، حدود ۷ الی ۱۰ نمونه برداشت می کنند و پس از مخلوط کردن، یک کیلوگرم از آن را به آزمایشگاه می فرستند. عمق نمونه برداری در حدود ۳۰ سانتیمتری خاک سطحی است که غالباً عمق منطقه گسترش ریشه گندم در خاک می باشد. نکاتی که باید در موقع نمونه برداری از خاک مزرعه رعایت شود، عبارتند از:

- نمونه خاکی که به آزمایشگاه ارسال می شود 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 تقسیم بندی 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، توده های قدیمی و پوسیده کاه، کناره دیوار و یا پرچینها خودداری شود.

- در موقعی 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 می باشد.

- نمونه مرکب خاک می بایست 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 ایتکت نوشته شود. یک ایتکت در داخل ظرف قرار گرفته و دیگری روی ظرف چسبانده می شود. بر روی ایتکت زمان نمونه برداری، محل نمونه برداری، نام نمونه بردار، عمق نمونه برداری و کشت قبلی نوشته می شود.

۲-۲- تجزیه گیاه

تجزیه گیاه یکی از راه های شناخت کمبود و توصیه مصرف عناصر غذایی محسوب

می شود. اگر کمبود عناصر غذایی در ابتدای رشد تشخیص داده شود امکان اصلاح وجود داشته و عملکرد و کیفیت محصول از دست نخواهد رفت. تجزیه گیاه تنها کمبود و یا بیش بود عناصر غذایی را نشان می دهد. هنگامی که کمبود یک عنصر در تجزیه گیاه مشخص شد اعمال روش های رفع کمبود از جمله مصرف عنصر غذایی همیشه نمی تواند موثر واقع شود. بنابراین این نتایج بیشتر برای تصمیم گیری در کشت بعدی و یا برای سال بعد می تواند اثر گذار باشد. تجزیه گیاه نمی تواند جانشین آزمون خاک شود ولی هنگامی که در کنار آزمون خاک انجام گیرد می تواند در جهت تکمیل توصیه کودی مؤثر واقع شود. تجزیه گیاه پس از توصیه و مصرف کود می تواند نشان دهد که تا چه حد مصرف کود موثر واقع شده است. غلظت عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد گندم متفاوت است. در ادامه محدوده مقدار مطلوب عناصر غذایی در اندام های مختلف گندم آورده شده است.

جدول ۱- حد بهینه نیتروژن در گیاه گندم

در کل اندام هوایی	
مقدار (درصد)	مرحله رشد
۴-۵	پنجه زنی
۳/۵-۴	ساقه دهی
۳-۴	طویل شدن ساقه تا ظهور برگ پرچم
۲/۵-۳	ظهور کامل برگ پرچم

جدول ۲- حد بهینه فسفر در گیاه گندم

در کل بخش هوایی		در برگ پرچم	
مقدار (درصد)	مرحله رشد	مقدار (درصد)	مرحله رشد
۰/۴-۰/۷	پنجه زنی تا شروع ساقه دهی	۲-۳٪	ظهور کامل برگ پرچم
۰/۲-۰/۴	ساقه دهی تا ظهور کامل برگ پرچم		

جدول ۳- حد بهینه پتاسیم در گیاه گندم

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

جدول ۴- حد بهینه کلسیم در گیاه گندم

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

جدول ۵- حد بهینه منیزیم در گیاه گندم

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

جدول ۶- حد بهینه گوگرد در گیاه گندم

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

جدول ۷- حد بهینه عناصر کم مصرف در گیاه گندم*

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

* مقدار عنصر در کل اندام هوایی در مراحل پنجه‌زنی تا ظهور برگ پرچم می‌باشد.

۲-۳- علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

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

کمبود نیتروژن: کمبود نیتروژن معمول ترین و گسترده ترین کمبود عناصر غذایی در غلات دانه ریز است (شکل ۱). گیاهان مبتلا به کمبود نیتروژن رنگ پریده و زرد هستند. علایم اختصاصی کمبود نیتروژن ابتدا در مسن ترین برگ‌ها ظاهر میشود، در حالی که برگ‌های جوان نسبتاً سبز باقی می‌مانند. برگ‌های مسن تر 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 ۱- کمبود نیتروژن

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



شکل ۲- کمبود فسفر

کمبود پتاسیم: علائم اختصاصی کمبود پتاسیم در گندم همیشه در 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 ۳). 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 ۳- کمبود پتاسیم

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



شکل ۴- 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 ۵). 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 تسیح 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 شود.



شکل ۵- کمبود منیزیم

۲-۳-۲- 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 ۶). علائم اولیه، تغییر رنگ از سبز طبیعی و سالم به سبز یرنزی 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 ۶- کمبود روی

کمبود آهن: علایم کمبود آهن و منیزیم در اکثر گیاهان شبیه هم هستند. در کمبود منیزیم و آهن برگ‌های جوان ابتدا تحت تاثیر کمبود قرار گرفته و زرد می‌شوند (شکل ۷). در کمبود آهن تفاوت بین رنگ سبز برگ‌های پیر و زردی برگ‌های جوان مشخص‌تر از سایر عناصر نسبتاً 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 تاخورده دارند. در مزرعه کمبود آهن غالباً در خاک‌های آهکی مشاهده می‌شود.



شکل ۷- 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 ۸). سپس لکه و نوارهای برنزی کم رنگی در قاعده جوان‌ترین برگ‌ها 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 افتاده‌تر دارد.



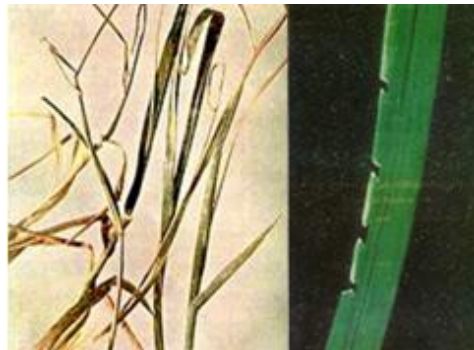
شکل ۸- کمبود منگنز

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



شکل ۹- قمبود مس

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



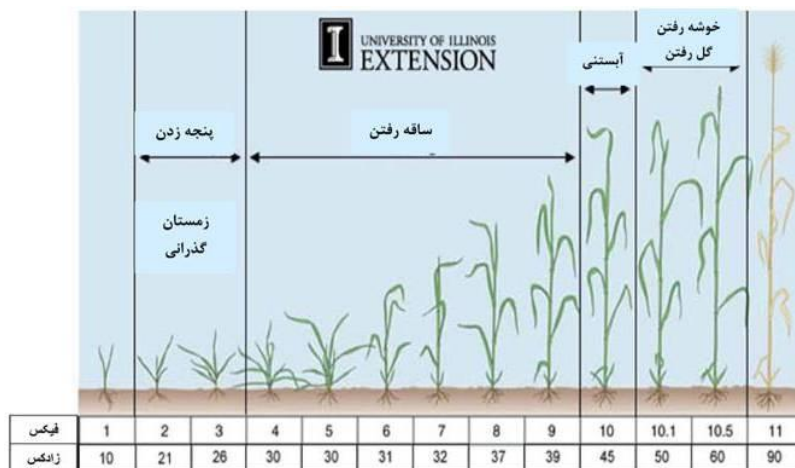
شکل ۱۰- قمبود بر

۲-۴- الگوی جذب عناصر غذایی

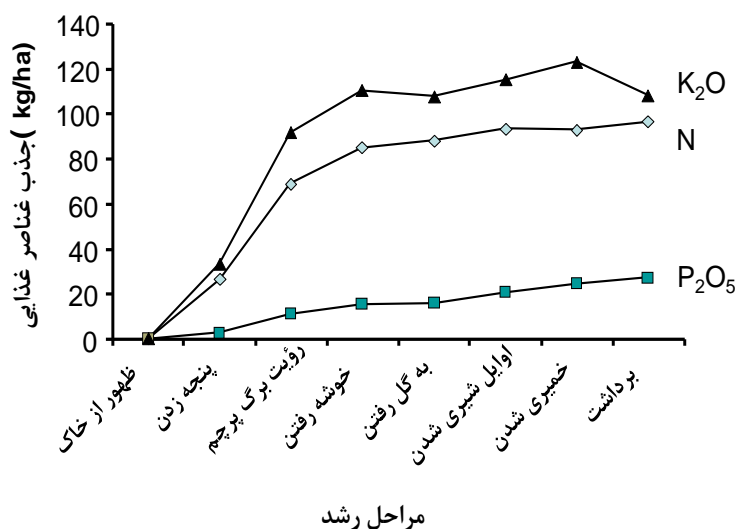
مطالعه دقیق رشد و توسعه گیاه و دانستن عواملی که بر پتانسیل عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند، می‌تواند باعث بهبود تصمیم‌های مدیریتی گردد. تشخیص صحیح مراحل رشد گندم در هر منطقه برای انجام اقدامات مهم مدیریتی در هر مرحله لازم و ضروری است. از مقیاس‌های عمده که برای تشخیص مراحل توسعه و رشد غلات مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان به مقیاس‌های فیکس^۱ و زادکس^۲ اشاره نمود (شکل ۱۱). 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 بهترین راه‌های مدیریت صحیح مصرف کودها در گندم است که در دستیابی به یک مدیریت صحیح بسیار حایز اهمیت می‌باشد. توجه به الگوی جذب عناصر غذایی بر اساس مراحل مختلف رشد به تعیین مقدار و زمان مصرف کود برای جلوگیری از بروز اثر کمبود عناصر کمک می‌نماید. در شکل (۱۲) میزان برداشت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک طی یک دوره رشد توسط گیاه گندم نشان داده شده است.

۱ - Feeks

۲ - Zadoks



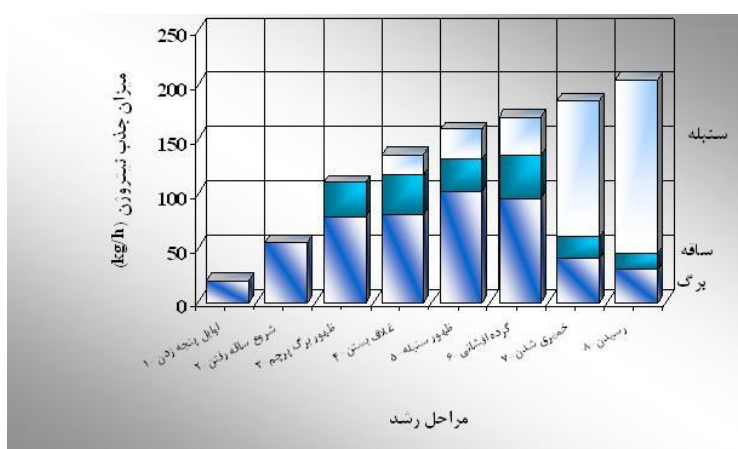
شکل ۱۱- الگوی رشد گندم بر اساس مقیاس فیکس و زادکس



شکل ۱۲- 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 سنبه 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 ۱۳).

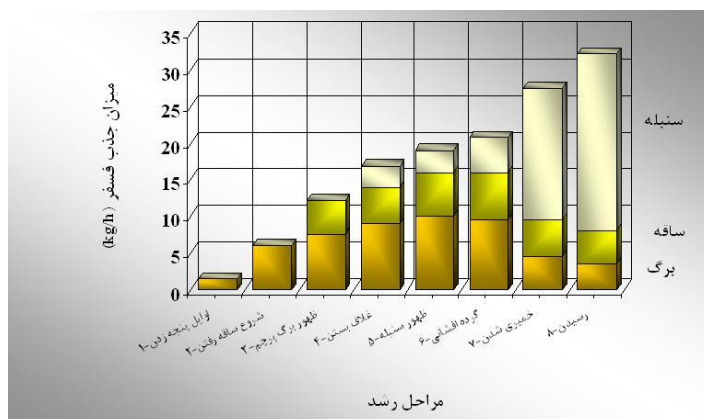


شکل ۱۳- الگوی جذب و تجمع نیتروژن در برگ، ساقه و سنبله در مراحل مختلف رشد و نمو گندم

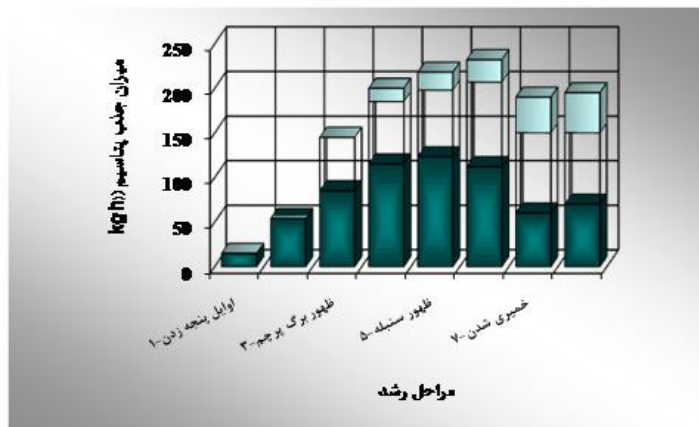
در مورد فسفر، جذب و تجمع آن در برگ، از مرحله شروع پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن فوق العاده سریع است و بین چهار مرحله اول رشد (۱-شروع پنجه زدن، ۲- شروع ساقه رفتن، ۳- ظهور برگ پرچم، ۴- غلاف بستن) اختلاف قابل توجهی مشاهده نمی شود. از مرحله غلاف بستن تا مرحله گرده افشانی، جذب و تجمع فسفر ثابت بوده و در مراحل 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 ۱۴).

۲۱/ راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم

در مورد پتاسیم نیز، بالاترین سرعت جذب در برگ از مرحله پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن اتفاق می افتد. بالاترین میزان پتاسیم در ساقه و برگ اندوخته شده (۷۸/۵٪) و فقط ۲۱/۵٪ در زمان رسیدن در سنبله ذخیره می گردد (شکل ۱۵).



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



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

۳- مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه گندم

تولید غذا برای جمعیت در حال رشد مستلزم مدیریت تلفیقی میزان عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک توسط کشاورزان می باشد. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه، به صورت استفاده هوشمندانه از ترکیب بهینه منابع آلی، معدنی و بیولوژیکی عناصر غذایی در یک تناوب زراعی برای دستیابی به عملکرد و تولید بهینه بدون آسیب رساندن به اکوسیستم خاک تعریف می شود. 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 می گردد. استفاده مداوم از مقادیر بالای کودهای شیمیایی اثرات منفی بر تولید پایدار محصول داشته و استفاده نابجای آنها می تواند 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 می باشد. از طرف دیگر، استفاده توأم کودهای شیمیایی و آلی می تواند به بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک کرده و به دنبال آن سبب افزایش میزان کربن آلی و عناصر غذایی خاک گردد.

۳-۱- مصرف بهینه کودهای شیمیایی

۳-۱-۱- توصیه مصرف نیتروژن

نوع کود های نیتروژنی: معمولترین کود نیتروژنی موجود برای کشت گندم، کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص می باشد. به دلیل پویایی کود اوره، مصرف آن قبل از کشت و یا در زمان های رشد به صورت سرک و یا در آب آبیاری توصیه می گردد. با توجه به حلالیت فراوان اوره بایستی مصرف آن به صورت تقسیط صورت گیرد.

کود سولفات آمونیوم (حاوی ۲۰ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد سولفات) نیز یکی دیگر از کودهای حاوی نیتروژن می باشد که به ویژه در مناطق سرد در بهار می تواند به عنوان کود سرک برای گندم استفاده شود. این کود به دلیل داشتن سولفات می تواند بخشی از نیاز گیاه به گوگرد را نیز برطرف نماید.

از کود نترات آمونیوم (حاوی ۳۴ درصد نیتروژن) به عنوان یکی دیگر از منابع کودی نیتروژنی در شرایط شور (شوری خاک، کمتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان کود سرک به جای اوره می‌توان استفاده کرد.

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

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

مقدار کود نترات آمونیوم = $۱/۵ \times$ 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 می باشد. در این شرایط آبیاری امکان تقسیط بیشتر نیتروژن در مراحل مختلف رشد فراهم می باشد.

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 می شود. بر اساس آزمون خاک و تعیین مقدار کربن آلی، مقدار کود اوره مورد نیاز در گروه های عملکردی کم (۳ تن و کمتر)، متوسط (۳ تا ۶ تن) و زیاد (۷ تن و بیشتر) در جدول های (۸) تا (۱۰) آمده است. در خاکهای با مقدار کربن آلی کمتر میزان نیاز به مصرف نیتروژن افزایش می یابد.

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

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

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

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

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

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

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 (۱۱) توصیه عمومی مقدار مصرف کودها اوره برای دستیابی به عملکرد مورد انتظار در اقلیمهای مختلف ارائه شده است. بدیهی است در مواردی که از ارقام پر محصول استفاده می شود و با در دسترس بودن آب کافی، برای برداشت حداکثر محصول باید نیاز غذایی رقم بر محصول را با افزایش مقدار کود مصرفی تامین کرد.

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

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

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 تامین 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 ۵۰ الی ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به ترتیب معادل ۱۱۰ الی ۱۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار) می توان به عملکردهای مطلوب در بارندگی های ۳۰۰ الی ۳۷۵ میلی متر دست یافت. برای بارندگی های خارج از این محدوده نیز می توان از جدول (جدول ۱۲) استفاده نمود. این مقادیر برای سیستم تناوبی آیش-گندم توصیه شده است. چنانچه سیستم تناوبی به علوفه (لگوم)-گندم تغییر کند، مصرف نیتروژن برای گندم به طور متوسط ۱۰ الی ۲۰ کیلوگرم در هکتار کمتر خواهد بود.

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

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

زمان و نحوه مصرف کودهای نیتروژنی

تنظیم و تطبیق برنامه 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 ۱- پنجه دهی، ۲- ساقه دهی، ۳- خوشه دهی، و ۴- پر شدن دانه می باشد 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 می بایست مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱- مقدار نیتروژن به اندازه نیاز موجب تشکیل یک سیستم ریشه‌ای توسعه یافته می‌شود که گیاه را در مقابل مرگ و میر سرمای زمستان مقاوم می‌کند. میزان رشد سیستم ریشه‌ای نسبت به بخش هوایی بیشتر است و گیاه را قادر می‌سازد که آب و مواد غذایی بیشتری جذب نماید.

۲- گیاه گندم اگر در تاریخ کاشت مناسب کاشته شود بطور معمول قبل از خواب زمستانه، جوانه زده و تولید پنجه می‌کند. 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 احتمال نیاز به آبیاری نوبت دوم قبل از فصل یخبندان و به دنبال آن توقف یا کندی رشد فراهم گردد، اولین نوبت مصرف نیتروژن به قبل از آبیاری دوم و به میزان ۴۰ 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 قبل از شروع فصل سرما محیا نگردد (دیر کاشت یا کاشت کرپه) مصرف کود نیتروژنی به بعد از فصل سرما و در زمان تکمیل پنجه زنی موکول می‌گردد.

۳- باید از مصرف غیرضروری کود در مرحله ای 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 آبخسویی 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 می گویند. پیشنهاد شده است با توجه به شرایط خاک و مدیریت آبیاری و مزرعه حداقل یک سوم از کود نیتروژن مورد نیاز در این مرحله مصرف شود.

در خاک‌های با بافت ریز و سنگین (رسی و لوم رسی) و متوسط (لوم)، یک سوم 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 ۲۵ درصد نیتروژن

کل در مرحله شکم خوش (متورم شدن ساقه) و ۱۵ 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 همزان با کشت به صورت جایگذاری زیر بستر بذر در فاصله ۷ تا ۹ 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 ازته در پاییز مصرف شده، در صورت عدم وجود بارندگی بهاره از مصرف کود سرک خودداری شود. به دلیل اینکه در روش جایگذاری بیش از ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در زیر بذر از منبع آمونیومی نیتروژن مانند اوره رشد ریشه محدود می گردد توصیه می شود برای بیش از ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص مصرف کود به روش تقسیط انجام داد. 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 ۱۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار را به همراه بذر مصرف نمود.

به منظور افزایش کیفیت دانه گندم به ویژه افزایش پروتئین آن، مدیریت مصرف نیتروژن از اهمیت 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 شیری شدن دانه به افزایش پروتئین دانه منجر خواهد شد. بدین منظور در طول ۷ روز پس از ۵۰ درصد گلدهی گندم، محلولپاشی کود سولفات آمونیوم و یا اوره به میزان ۴ تا ۸ کیلوگرم در هکتار توصیه 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 ۷ در هزار بیشتر نشود. برای غنی سازی دانه گندم از لحاظ پروتئین می توان از کودهای با محتوای نیتروژنی بالا در مرحله شسیری 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 محلولپاشی اوره به غلظت ۳ الی ۵ درصد استفاده نمود.

۳-۱-۲- 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 ۵ تا ۶ هفته اول می باشد و توصیه بر این است که فسفر کافی در این مرحله در اختیار ریشه گیاه قرار گیرد. حدود ۱۵٪ از کل فسفر جذب شده توسط گندم در دو هفته اول رشد گندم جذب می شود. این مقدار کم است ولی تاثیر 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 تاثیر 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 فسفردار مصرفی در سطح خاک باقی مانده و ممکن است در خاک تثبیت شود. این امر، کارائی کود فسفردار را کاهش می دهد. کارائی نسبی کود فسفردار 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

۳۱/ راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم

عوامل حلالیت و فراهمی فسفر در خاک می‌باشد. برای افزایش کارایی مصرف کود فسفردار نکات زیر می‌باید مدنظر قرار گیرد

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

ب: استفاده از ارقام کارآمد

ج: مصرف سایر عناصر غذایی به مقدار کافی

د: کنترل علف‌های هرز

ه: مصرف کافی آب

و: کنترل فرسایش داخل مزرعه

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

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

انواع کودهای فسفری: از انواع مهم کودهای فسفردار مصرفی متداول در کشور، دی‌آمونیم فسفات (با ۴۶ درصد P_2O_5) و سوپر فسفات تریپل (با ۴۶ درصد P_2O_5) می‌باشد. کود سوپر فسفات ساده (۲۰-۱۶ درصد P_2O_5) نیز از جمله کودهای فسفری است که ظرفیت مناسبی برای تولید آن در کشور وجود دارد. کودهای فسفری با حلالیت بالا وجود دارد که برای کاربرد به صورت کودآبیاری مناسب می‌باشند. مزیت استفاده از این کودها، کاربرد آسان

آنها در مرحله تشکیل پنجه همزمان با حداکثر نیاز گیاه به فسفر می باشد. کاربرد کودهای میکروگرانول فسفوری نیز در حال گسترش می باشد و برای زراعت گندم قابل توصیه است. همچنین بجای سوپرفسفات تریپل برای تامین فسفر مورد نیاز گندم می توان از کود میکروبی فسفات گرانوله به مقدار معادل استفاده کرد.

مقدار مصرف کود فسفوری: مقدار کاربرد کودهای فسفوری بسته به نوع، زمان و روش مصرف متفاوت است. آزمون خاک برای توصیه مصرف کودهای فسفوری توصیه می شود. حد بحرانی فسفر در خاک ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر احتمال پاسخ گندم به مصرف کودهای فسفوری هنگامی که در خاک مقدار فسفر قابل استفاده کمتر از ۱۵ باشد افزایش می یابد. در جدول (۱۳) دسته بندی مقدار فسفر قابل استفاده خاک بر اساس آزمون خاک ارائه شده است.

جدول ۱۳ - گروه بندی فسفر قابل استفاده خاک برای کشت گندم

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

در جدول های (۱۴) تا (۱۷) مقدار کود سوپر فسفات تریپل برای دستیابی به عملکردهای مورد انتظار آورده شده است. مقدار کود توصیه شده برای کاربرد به روش پخش سطحی می باشد. 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 جدول های زیر کاهش می یابد. مقدار مصرف کودهای میکروگرانول فسفوری که همراه با کاشت بذر درست در کنار بذر مصرف می شوند مقدار ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می گردد.

مبنای توصیه مصرف خاکی فسفر، آزمون خاک می باشد. 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 می بایست 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 فسفر می توان به آن مراجعه نمود.

جدول ۱۴- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای کمتر از ۵ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

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

جدول ۱۵- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای ۱۰-۵ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

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

جدول ۱۶- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای ۱۰-۱۲ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

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

جدول ۱۷- توصیه مصرف سوپرفسفات تریپل برای خاکهای ۱۲-۱۵ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار)

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

در زراعت گندم دیم حد بحرانی فسفر ۹ میلی گرم در کیلوگرم تعیین شده است که کشاورز می تواند متوسط نیاز فسفوری مزرعه خود را بر اساس آزمون خاک از طریق جدول (۱۸) محاسبه نماید.

جدول ۱۸ - متوسط نیاز فسفوری گندم بر اساس آزمون خاک

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

زمان و نحوه مصرف کودهای فسفوری

مقادیر توصیه شده در جداول (۱۷-۱۴) 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 تاثیر زیادی بر روی تعداد پنجه و توسعه سیستم ریشه‌ایی دارد. به دلیل تثبیت فسفر در خاک و عدم تحرک آن در مقایسه با کودهای نیتروژنی بهتر است کود فسفوری با دستگاه بذرکار-کودکار، در زیربذر به فاصله ۵ تا ۱۰ سانتی متر قرار گیرد. در کل مصرف کودهای فسفوری به صورت نواری نسبت به روش دستپاش و یا پخش سطحی از اولویت بیشتری برخوردار است، ضمن اینکه مقدار کود مصرف شده به ۷۵ تا ۵۰ درصد مقدار محاسبه شده برای پخش سطحی کاهش می‌یابد. این میزان بستگی به مقدار فسفر قابل استفاده خاک دارد. در مقادیر خیلی کم تا کم فسفر (جدول ۱۳) در خاک کاربرد نواری نسبت به پخش سطحی ارجحیت دارد و سبب کاهش ۵۰ درصدی مقدار توصیه کود به روش پخش سطحی می‌گردد. در مقادیر متوسط تا بالای فسفر (جدول ۱۳) تفاوت چندانی بین دو روش در کاربرد کود توصیه شده وجود ندارد. چنانچه این روش به دلیل عدم وجود تجهیزات کافی عملی نباشد می‌توان کود فسفوری را در

سطح خاک پخش کرده و با دیسک در عمق خاک قرار داد. در صورت کاربرد کود همزمان با بذر می بایست دقت شود که میزان مصرف از ۶۰ کیلوگرم بیشتر نباشد. در زمان داشت گندم می توان از منابع دیگری از کودهای فسفوری محلول در آب استفاده نمود. این منابع می توانند 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 می باشد. در این مراحل در مجموع ۵ تا ۱۰ 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 می باشند به صورت محلولپاشی ۵-۲/۵ کیلوگرم در هکتار توصیه می گردد.

از کودهای میکروگرانول فسفوری می توان در ردیف کاشت بذر استفاده کرد. این روش کاربرد به نام پاپ-آپ^۱ 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 می کند. این روش با روش کاربرد نواری که کود با فاصله از بذر (در زیر و کنار بذر) قرار می گیرد 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.

۳-۱-۳ توصیه مصرف پتاسیم

برای بدست آوردن یک عملکرد مطلوب تأمین عنصر پتاسیم برای گندم ضروری است. با توجه به مصرف بی رویه کودهای نیتروژنی و فسفردار و مصرف اندک کودهای پتاسیمی، در بسیاری از موارد مقدار برداشت پتاسیم از خاک بیش از سرعت آزادسازی این عنصر از کانی ها می باشد. کمبود پتاسیم در خاک های با بافت سبک و شنی بیشتر متداول است.

۱- pop-up

گیاه گندم در مرحله ساقه رفتن بیشتر از سایر مراحل به پتاسیم احتیاج دارد. در این مرحله روزانه ۳/۵ تا ۸ کیلوگرم در هر هکتار پتاسیم جذب می‌نماید. مصرف کودهای پتاسیمی این نیاز را جبران می‌کند. به علاوه، گاه گندم منبع با ارزشی است که حدود ۸۵ درصد از پتاسیم جذب شده توسط گیاه در ترکیب آن قرار می‌گیرد. پتاسیم مقاومت گیاه را در برابر آفات و بیماری‌ها و صدمات ناشی از تنش‌های سرمایی افزایش می‌دهد. این عنصر سبب افزایش بازدهی استفاده از کودهای نیتروژنی نیز می‌شود.

انواع کودهای پتاسیمی

از انواع متداول کودهای پتاسیمی می‌توان به سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم به ترتیب با ۵۰ و ۶۰ درصد 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 ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. به عبارت دیگر در صورتی که مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد احتمال پاسخ به کاربرد کود افزایش می‌یابد و در مقادیر بالاتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به احتمال زیاد پاسخی از مصرف کود پتاسیمی در خاک مشاهده نمی‌شود. با این

حال کاربرد پتاسیم به صورت کود آبیاری به ویژه برای دستیابی به عملکردهای بالا حتی در شرایطی که پتاسیم در خاک کافی به نظر می رسد توصیه می گردد. در جدول (۱۹) گروه بندی آزمون خاک برای پتاسیم قابل استفاده آورده شده است.

جدول ۱۹- گروه بندی پتاسیم قابل استفاده خاک برای کشت گندم

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

علاوه بر آن توجه به سیستم کشت و تناوب زراعی در توصیه کاربرد کود پتاسیمی موثر 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 ۱۵۰ تا ۲۰۰ 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 ۱۵۰ 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 می شود سالانه کود پتاسیمی مصرف نماید. به این راه کار، استراتژی نگهداشت می گویند

ب: در صورتی که زارع از توان اقتصادی خوبی برخوردار است می توان از محدوده ۱۵۰ میلی گرم تا ۲۰۰ میلی گرم پتاسیم قابل استفاده در هر کیلوگرم خاک، کود پتاسیمی را تا ۱۰۰ کیلوگرم K_2O در هکتار (۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) مصرف کرد. در

این راه کار که به استراتژی ذخیره پتاسیم در خاک معروف است، پتاسیم در خاک ذخیره می شود و مقدار پتاسیم در خاک در حد بالا باقی می ماند.

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

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

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

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

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

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

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

مبنای توصیه مصرف خاکی پتاسیم، آزمون خاک می باشد. 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 می بایست 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 می توان به آن ها مراجعه نمود.

زمان و نحوه مصرف کودهای پتاسیمی

تمام کود پتاسیمی قبل از کاشت مصرف و با دیسک زیر خاک قرار داده می شود. 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 می گردد. برای افزایش کارایی کود پتاسیمی می توان این کود را با دستگاه بذرکار- کودکار در ردیف کشت بذر قرار داد. با این روش مقدار مصرف کود

پتاسیمی کاهش خواهد یافت. برای اثربخشی بیشتر، بهتر است همراه با کود پتاسیمی مقداری کود نیتروژنی نیز مصرف شود. در مراحل انهای پنجه زنی و اواسط ساقه دهی استفاده از کودهای قابل حل در آب که حاوی مقادیر مناسبی پتاسیم باشند به مقدار ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می شود. همچنین محلول پاشی کودهای حاوی این عنصر در همین مراحل رشد به مقدار ۲-۳ کیلوگرم در هکتار نقش موثری 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.

۳-۱-۴- 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 می افتد. مشخص شده است که از اراضی تحت کشت گندم ۳۷ درصد دچار کمبود شدید آهن، ۴۰ درصد دچار کمبود شدید روی، ۲۵ درصد دچار کمبود منگنز و ۲۴ درصد نیز دچار کمبود مس می‌باشند. در صورتی که نتایج تجزیه نمونه خاک، غلظت این عناصر را 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 می گذارد. 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 می باشد 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 (۲۳) گروه‌بندی غلظت عناصر غذایی کم مصرف در خاک برای دستیابی به تولید مطلوب گندم آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که هر چه غلظت عنصر غذایی در خاک پایین‌تر باشد احتمال اینکه با مصرف کود عملکرد گندم افزایش یابد بیشتر خواهد بود.

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

گروه	عملکرد نسبی با			
	مصرف عنصر غذایی			
	روی	آهن	منگنز	مس
	عناصر غذایی قابل استفاده			
	(درصد)*			
خیلی کم	<۰/۲۵	<۲/۵	<۳	-
کم	۰/۲۵-۰/۵	۲/۵-۵	۳-۶	<۰/۲۵
متوسط	۰/۵-۱/۰	۵-۷/۵	۶-۱۰	۰/۲۵-۰/۵
زیاد	>۱/۰	>۷/۵	>۱۰	>۰/۵

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

کودهای حاوی عناصر کم مصرف در صورت کاربرد در خاک بایستی قبل از کاشت مصرف شده و با شخم زیر خاک شوند و یا با غلظت ۳ تا ۴ در هزار در مراحل پنجه زنی، اوایل ساقه دهی و حتی در مرحله گلدهی محلول پاشی شوند. مصرف بر در مناطقی که دارای خاک شور می باشند توصیه نمی گردد. محلول پاشی این عناصر از منابع کودی سولفات مانند سولفات آهن و روی با غلظت ۵-۷ در هزار امکان پذیر است. در خاک‌های آهنکی، کارایی سولفات آهن کاهش می یابد که در این صورت از محلولپاشی سولفات آهن و یا مصرف حاکی سبکترین آهن به میزان ۱۵-۱۰ کیلوگرم در هکتار استفاده می شود. در شرایط کمبود شدید این عناصر در خاک مصرف حاکی کودهای حاوی عناصر کم مصرف به ویژه سولفات روی و منگنز به میزان ۲۵-۴۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می شود.

کودهای حاوی عناصر کم مصرف بایستی قبل از کاشت مصرف شده و با شخم زیر خاک شوند یا آنکه با غلظت سه در هزار در مراحل پنجه دهی کامل، اوایل ساقه رفتن و حتی در مرحله گلدهی محلول پاشی شوند.

برای محلولپاشی یا برگپاشی رعایت کلیه نکات فنی زیر ضروری است:

- محلول پاشی باید صبح زود یا عصر هنگامی که اشعه آفتاب مایل است انجام گیرد.
- به محلول کودی تهیه شده، ماده سیتووت یا مایع ظرفشویی به غلظت ۰/۲ در هزار (۲۰۰ میلی‌لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب) اضافه گردد. این کار باعث کاهش نیروی کشش سطحی آب شده و در نتیجه قطرات آب حالت پخشیده به خود گرفته و سطح تماس برگ با ذرات کودی افزایش یافته و در نتیجه میزان جذب برگی افزایش می‌یابد.
- هنگام محلول پاشی سرعت وزش باد باید حداقل باشد.
- پس از انجام محلول پاشی 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 میکروبی کامل بدون بر استفاده شود.
- برای غنی سازی بذر کودهای حاوی عناصر کم مصرف در مراحل مختلف پنجه زنی، ساقه دهی و حتی شیرینی شدن دانه را می توان محلولپاشی نمود.

۳-۲- کاربرد ماده آلی در تولید گندم

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است و میزان کربن آلی در بیش از ۶۰ درصد از اراضی زیر کشت کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آن کمتر از ۰/۵ درصد می باشد. چنین وضعیتی در خاک های کشورهای بی تردید توان تولید خاکها را محدود کرده و دستیابی به اهداف افزایش تولید و پایداری آن را دشوار می نماید. بررسی ها نشان داده است که به ازای افزایش هر گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک (معادل ۰/۱ درصد یا ۳ تن در هکتار) عملکرد دانه گندم به طور میانگین ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار افزایش می یابد. افزون بر این با افزایش کربن آلی از محدودیت خاک های شور (قابلیت هدایت الکتریکی حداکثر تا ۱۰/۵ دسی زیمنس بر متر) و سبک (میزان رس کمتر از ۱۵ درصد) بر عملکرد دانه گندم کاسته خواهد شد.

مواد آلی ترکیبات کربنی 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، شیمیائی 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 غذائی پر مصرف و کم مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک زیادی می نماید.

منابع تامین 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 کارخانه های قند، چای خشک کنی، چوب و کاغذ و کشت و صنعت های تولید قارچ خوراکی، کمپوست حاصل از تخمیر زباله ها 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 می دهند. 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 می نماید. در زیر واژه هایی که در ارتباط با مواد آلی خاک قرار دارند تعریف شده اند.

کربن آلی: کربن آلی، کربنی است که در مواد آلی موجود بوده و در نسبت 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 می شود.

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 می نامند. کودهای آلی باید از نظر مواد اولیه و محتوای کربن آلی، خصوصیت آلی بودن را دارا باشند (کربن آلی بیش از ۱۰ درصد و ماده آلی بیش از ۲۵ درصد). کودهای آلی می بایست حاوی مقادیر کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باشند تا به عنوان کود شناخته شوند (میزان عناصر غذایی N، P₂O₅ و K₂O به صورت مجموع یا منفرد بیشتر از ۵ درصد در ماده خشک). این مواد ممکن است عناصر غذایی را فوراً در دسترس گیاه قرار ندهند ولی موجب افزایش حاصلخیزی خاک می شوند.

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

کمپوست: کمپوست به ترکیبی از ماده آلی که حاصل تجزیه تدریجی باقی مانده های گیاهی یا حیوانی، پسماندهای فضولات حیوانی، ضایعات گیاهی، ضایعات کشتارگاهی و رسوبات لجن واحدهای تصفیه فاضلاب می باشد گفته می شود.

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 می شود گفته می شود. مواد آلی هضم شده با اختلاط با ذرات ریز خاک موجب ایجاد دانه های کوچک حاوی مقدار زیادی عناصر غذایی قابل دسترس گیاه می شود.

محرک های رشد آلی: به ترکیباتی گفته می شود که از طرقی غیر از تأمین عناصر غذایی و یا کاهش آفات و عوامل بیماریزا موجب بهبود رشد گیاه می گردند این مواد می تواند شامل اسیدهای هیومیک و فولویک، اسیدهای آمینه و مواد محرک 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 (2 g cm^{-3}) دارد.

اسید هیومیک: اسید هیومیک از تجزیه جزئی ترکیبات آلی آرومانیک 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 می آید. این اسید در محیطهای قلیایی محلول بوده و در محیطهای خیلی اسیدی رسوب می نماید.

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

اسیدهای آمینه: اسیدهای آمینه اسیدهای کربوکسیلی هستند که حاوی گروه های عامل آمینی نیز می باشد. حدود ۲۰ نوع اسید آمینه به عنوان واحدهای سازنده مولکولی بسیاری از گیاهان و حیوانات تا کنون شناخته شده است.

۳-۲-۱- مصرف کودهای آلی در زراعت گندم

میزان مصرف کود آلی بستگی به درجه پوسیدگی، نسبت کربن به نیتروژن و نوع آن دارد. کود گاوی کمپوست شده (پوسیده) با درجه رسیدگی بالا در خاکی که میزان کربن آلی آن کمتر از یک درصد می باشد ۲۰-۱۵ تن در هکتار توصیه می شود. کود گاوی تازه ۱۵-۱۰ تن در هکتار و کود مرغی ۱۰-۵ تن در هکتار. از کودهای کمپوست زباله شهری نیز می توان استفاده کرد. مهمترین مساله در انتخاب نوع و مقدار کود آلی قیمت این نهاده می باشد که در هنگام مصرف مد نظر قرار می گیرد.

اگر کود آلی نپوسیده باشد بهتر است چند ماه جلوتر با خاک مخلوط و با اعمال رطوبت مناسب پوسانده شود. اگر کود آلی درجه رسیدگی کافی داشته باشد می توان همزمان با کشت آن را مصرف نمود. بهتر است کود آلی در عمق موثر ریشه با خاک کاملاً مخلوط شود.

کود های آلی گرانوله معمولاً به علت داشتن عناصر غذایی بیشتر و حالت گرانوله بودن به میزان ۳۰۰-۶۰۰ کیلو گرم در هکتار مصرف می شوند.

نشان داده شده است که با مصرف کودهای آلی می توان از میزان مصرف کودهای شیمیایی کاست. میزان جایگزینی کودهای شیمیایی در اثر مصرف کودهای آلی بسته به نوع عنصر غذایی و میزان آن در خاک بین ۲۵ تا ۳۵ درصد گزارش شده است.

۳-۲-۲- تناوب زراعی و کود سبز

از آنجا که عملکرد گیاهان زراعی ناشی از برآیند اثرات فیزیکی، بیولوژیکی و مدیریتی سیستمهای زراعی است، انتخاب یک تناوب مناسب با تأکید بر جنبه‌های حفاظت محیط زیست برای هر منطقه شرط اصلی افزایش بهره‌وری در دراز مدت خواهد بود. تناوب، کشت گیاهان مختلف با ویژگیهای متفاوت در توالی یکدیگر می‌باشد. در میان سیستمهای زراعی، تناوب، نقش بسیار مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا می‌کند. انتخاب تناوب زراعی صحیح، به دلیل بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک، افزایش مواد آلی خاک، کاهش بیماریها، آفات و علفهای هرز و کاهش فرسایش باعث افزایش تولید می‌شود. یکی از راههای افزایش ماده آلی خاک استفاده از کود سبز در تناوب زراعی می‌باشد. منظور از کود سبز، شخم زدن گیاه 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 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 تامین 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 فعالیت های زیستی و مبارزه با علفهای هرز خلاصه نمود.

کود سبز در سیکل تناوبی فقط می تواند جایگزین آیش فصلی گردد. چنانچه طول آیش فصلی موجود برای تولید یک محصول کفایت می نماید، استفاده از کود سبز طی آن آیش فصلی مجاز نیست. نوع آیش فصلی (زمستانه یا تابستانه) که در شرایط کشت آبی توسط کود سبز جایگزین می شود به شرایط اقلیمی بستگی دارد. در نواحی اقلیمی که با زمستان سرد مشخص می شوند، گیاهان وجینی (مانند چغندر قند، پنبه، ذرت و سیب زمینی) در بهار کاشته می شوند و آیش زمستانه می تواند توسط کود سبز اشغال گردد. در نواحی اقلیمی با زمستان ملایم، گیاهان وجینی ممکن است در پائیز (مانند چغندر قند و سیب زمینی) یا در بهار (مانند ذرت، پنبه و آفتابگردان) کاشته شوند و کود سبز می تواند 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 می گیرند. یونجه به عنوان کود سبز کاشته نمی شود، اما در صورتی که پس از حصول رشد کافی سبزینه ای به خاک برگردانده شود، بعضی از هدفهای کود سبز را تامین می کند. گیاهانی مثل گندم سیاه، چاودار و شبدر ایرانی به خوبی در خاکهای فقیر رشد می کنند و در بهبود باروری و ساختمان خاکها موثر می باشند.

کود سبز را حداقل دو هفته قبل از کاشت گندم به خاک بر می گردانند. هرچه درصد مواد خشبی کود سبز بیشتر و نیتروژن آن کمتر باشد، می بایستی با فاصله زمانی طولانی تری از کاشت گندم به خاک برگردانده شود. در صورتی که از گیاهانی مثل یونجه یا شبدر بعنوان کود سبز استفاده می شود می بایستی ابتدا آنها را با ماشین آلاتی مانند کولتیواتور پنجه غازی از پائین طوقه قطع نمود تا خشک گردند و یا آنها را با علف کش مناسب خشک کرد و ۳ تا ۴ هفته بعد در وضعیت گاورو بودن خاک، شخم شوند. در غیر این صورت این گیاهان

مجدداً رشد کرده و به صورت علف هرز در خواهند آمد. هیچگاه نیاستی 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 امکان پذیر 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 ۱۰۰ کیلوگرم از میزان کود ازتی مصرفی کاست.

۳-۲-۳- کاربرد اسیدهای هیومیک و محرک های رشد گیاه

اسیدهای هیومیک تاثیر بسزایی در بهبود شرایط شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک برای رشد گندم ایفا می نماید. به علاوه کاربرد اسید هیومیک کارایی استفاده از عناصر غذایی از جمله فسفر را افزایش می دهد. اسید هیومیک را به صورت بذرمال در زمان کشت گندم مصرف نمود. این عمل شرایط سبز شدن و جوانه زدن دانه را بهبود می بخشد. به علاوه اسید هیومیک را می توان در زمان پنجه زنی، ساقه رفتن 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 می باشد.

تاکنون محرک های رشد مختلفی معرفی شده اند. در این بین کاربرد اسیدهای آمینه و عصاره جلبک های دریایی تاثیر به سزایی در رشد گیاه گندم دارد. کاربرد اسیدهای آمینه

در شرایط تنش سرمایی در زمان پنجه زنی برای کاهش خسارت سرما توصیه می شود. این ترکیبات در مقابله با شرایط تنش های خشکی و یا شوری نیز قابل مصرف می باشند.

۳-۳- 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 ارگانسیم 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.

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

کودهای زیستی حاوی باکتریهای محرک رشد گیاه از مهمترین انواع کودهای زیستی قابل استفاده در کشت گندم 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 باشد که با تاثیرات مستقیم بر رشد گیاه سبب افزایش عملکرد گیاهان می باشند. از مکانیسم های غیر مستقیم می توان به خصوصیات مانند تولید سیانید هیدروژن، آنتی بیوتیک ها و سیدروفورها اشاره کرد. مکانیسم های غیر مستقیم با تعدیل تاثیرات 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:

۱- بذر مال:

ابتدا مقدار معینی از بذر داخل ظرف مناسب تمیزی میشود. سپس متناسب با مقدار بذر مصرفی، کود بیولوژیک مایع به آن اضافه شده و برای چند دقیقه محتویات ظرف به خوبی تکان داده میشود تا از آغشته شدن کلیه بذور به کود بیولوژیک اطمینان حاصل گردد. سپس بذر ها برای کاشت آماده هستند. در صورت آماده نبودن شرایط کاشت، بذر ها در مکان مناسب تمیزی (دور از نور مستقیم خورشید و ترجیحاً هوای سرد و خشک) نگهداری میشوند. نگهداری بذور در این شرایط بیش از ۲۴ ساعت توصیه نمی‌شود. مقدار کود بیولوژیک مایع مصرفی بستگی به میزان و نوع بذر دارد. درمورد گندم به ازای هر یک کیلوگرم بذر کاربرد ۳۰ 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 ۱۰ درصد گردد.

۲- 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 است. برای اینکار ابتدا با استفاده از یک سمپاش مقدار آب مصرفی برای محلول پاشی مزرعه کالیبره میشود. محلول پاشی معمولاً در دو تا سه مرحله توصیه می‌شود. بنابراین با توجه به سطح سبز مزرعه، مقدار کود بیولوژیک مصرفی متفاوت خواهد بود. در روش

محلول پاشی، به لحاظ اقتصادی قطعاً می‌بایستی کود مورد نظر رقیق گردد. بر اساس جمعیت میکروارگانیزم موثر موجود در کود رقیق سازی تا صد بار نیز مجاز می‌باشد. بهتر است از کودهای بیولوژیک با جمعیت پایه ۱۰۷ و انواعی که بیش از دو ماه از تاریخ تولید آنها گذشته باشد استفاده نشود. محلول پاشی بهتر است در هنگام غروب آفتاب صورت گیرد تا ضمن جلوگیری از تاثیرات 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 کودها برای استقرار بهتر بر روی بذر نیازمند به استفاده از یک ماده چسباننده می‌باشند. بعضی از کمپانی‌های معتبر در فرمولاسیون خود از مواد چسباننده استفاده کرده‌اند و در نتیجه در خصوص این کودها نیازی به ماده چسباننده وجود ندارد؛ ولی عموماً تولیدکننده‌ها یا در کنار کود خود این ماده چسباننده را قرارداده و یا مصرف کننده را به استفاده از ماده چسباننده راهنمایی می‌کنند.

به منظور تلقیح بذر با کودهای پودری ابتدا بذر مورد نیاز به داخل ظرف مناسب تمیزی منتقل میشود. سپس متناسب با مقدار بذر درون ظرف، مقدار مشخصی از محلول ماده چسباننده به آن اضافه شده و به خوبی بهم میشود. پس از اطمینان کافی از چسبناک بودن کلیه بذور، کود زیستی اضافه شده و مجدداً به خوبی بهم زده میشود. در صورت امکان بهتر است قبل از کشت بذرها اندکی هوا خشک شده (در سایه و در سطح تمیز) و سپس کشت شوند.

برای چسبناک کردن بذور از مواد متعددی استفاده میشود. محلول ۴۰ درصد صمغ عربی، ۲۰ درصد شکر، ۴ درصد متیل اتیل سلولز نمونه ای از این مواد می‌باشند. مقدار مواد چسباننده مصرفی بسار مهم می‌باشد 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 ۲۰-۳۰ میلی لیتر محلول چسباننده و حدود ۳۰ گرم مایه تلقیح پودری توصیه می گردد.

۳-۳-۲- 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 ۵۰ کیلوگرم گوگرد باید یک s کیلوگرم مایه تلقیح تیوباسیلوس و 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 میشود و از کارایی بالاتری نسبت به سایر فرم های گوگرد برخوردار است.

۴- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط تنش های محیطی

۴-۱- مدیریت تغذیه گیاه گندم در شرایط خاک های شور

۴-۱-۱- 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 تبادلی خاک (ESP): سدیم تبادلی خاک مقدار سدیمی است که در محل های تبادلی 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 زیاده 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 می شود. واحد سدیم تبادلی خاک «درصد» می باشد.

واکنش خاک (pH): واکنش خاک شاخصی است که میزان اسیدی یا بازی بودن خاک را نشان می دهد. این شاخص در خاک اشباع شده (گل اشباع) اندازه گیری می شود و بدون واحد می باشد.

خاک شور: به خاکی اطلاق می گردد که میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) آن به اندازه ای باشد که رشد و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. به عنوان قرارداد هنگامی که شوری گفته می شود که ECe عصاره اشباع خاک بیشتر از چهار دسی زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) در ۲۵ درجه سانتیگراد و درصد سدیم تبادلی (ESP) آن کمتر از ۱۵ باشد. اسیدیته یا واکنش (pH) این قبیل خاکها معمولاً از ۸/۵ 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 ۱۵ باشد. اسیدیته یا واکنش (pH) این قبیل خاکها از ۸/۵ بیشتر است.

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

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

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

۴-۱-۲- اصلاح خاک‌های شور

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

اصلاح این قبیل خاکها در شرایط معمولی اغلب 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 می باشد، لیکن لازم به ذکر است که برای اصلاح خاکها، آب آبخوئی 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 می توان برای آبخوئی خاک استفاده نمود. روش های عملی اصلاح خاک های شور به طور اختصار عبارتند از:

الف) شستشوی خاک: بایستی شستشوی خاک حتی الامکان با آب مناسب به روش متناوب (در چند نوبت) می باشد تا که شوری خاک به کمتر از ۶ دسی زیمنس بر متر (برای کشت گندم) کاهش یابد. از دیگر سو بایستی عملیات آبخوئی خاک با هدف حفظ وضعیت شوری و جلوگیری از تجمع نمکها نیز بایستی مداوماً انجام گیرد که در جدول (۲۵) آمده است.

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

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

* یک نوبت آبیاری سنگین معادل ۱۰۰۰ مترمکعب آب در هکتار می باشد.

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 بحدی 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 و سدیمی مبتنی بر اعمال روشهای فیزیکی، شیمیائی و زیستی 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 خاک‌های اعمال روش تلفیقی می‌باشد که بایستی با مشورت متخصصین امر انجام شود.

۴-۱-۳- توصیه کودی گندم در شرایط شور

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

مصرف نیتروژن در اوایل 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 می گردد.

بطور کلی کودهای نیتروژنه در خاک‌های سبک (شنی) سه یا چهار بار و در خاک‌های سنگین (رسی) دو تا سه بار در مراحل قبل از کاشت، بعد از پنجه‌زنی کامل، مراحل اولیه ساقه رفتن و ظهور خوشه مصرف می‌شود. در خاک‌های متوسط و سنگین یک نوبت قبل از کشت، سپس در مرحله پنجه‌دهی 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

۶۰/ راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم

و بقیه کود بطور مساوی در مراحل بعد مصرف شوند. در خاک‌های متوسط و سنگین بافت، مصرف ۵۰ تا ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی قبل از کاشت و بقیه بطور مساوی در مراحل بعد مصرف شوند.

در شرایط شور، برای تامین فسفر مورد نیاز گندم، تفاوتی بین کودهای سوپرفسفات تریپل، فسفات آمونیوم و فسفات سولفات آمونیوم وجود ندارد. در شرایط شوری $8 < ECe < 4$ دسی زیمنس بر متر مصرف فسفر تا ۲۰ درصد بیشتر و در شوری‌های بیشتر میزان مصرف مطابق با توصیه در شرایط غیر شور خواهد بود.

مصرف پتاسیم در دو قسط همزمان با کاشت و هنگام ساقه رفتن باعث بهبود معنی دار عملکرد می شود. مصرف پتاسیم تا شوری ۷ دسی زیمنس بر متر برابر توصیه مصرف در شرایط غیر شور و در شوری تا $13 < ECe < 7$ دسی زیمنس بر متر مصرف بیشتر پتاسیم به میزان ۳۰ درصد بیشتر پتاسیم توصیه می شود.

مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف به صورت محلول پاشی همانند شرایط غیر شور توصیه می گردد. ولی مصرف خاکی کود سولفات روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار برای شرایط شور بسیار مطلوب خواهد بود.

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

آب به عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای حیاتی گیاه در هنگام اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر رشد گیاه چه از نظر کمیت و چه از نظر کیفیت در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. تنش رطوبتی یکی از مهم‌ترین تنش‌هایی است که ممکن است گیاه در طول دوره رشد خود با آن مواجه گردد. آرمانی‌ترین شرایط از نظر رطوبتی برای اکثر گیاهان زراعی حفظ رطوبت خاک در دامنه حد ظرفیت مزرعه (FC) تا حد تخلیه رطوبتی خاک یعنی ۵۰ درصد آب سهل‌الوصول می‌باشد. گیاه گندم با فرار از خشکی و یا ایجاد مقاومت در برابر خشکی می‌تواند بر تنش رطوبتی فائق آید. در ایران بخش عمده رشد گیاه در طول پاییز و بعد از

سرماي زمستان كه زمان نزول بيشتري بارندگي است، رخ مي دهد. گندمي كه قبل از ماههاي خشك و گرم برداشت مي گردد، از اين طريق از خشكي فرار مي كند. با اين حال، رطوبت كم و درجه حرارت بالا، به عنوان عوامل محدود كننده توليد گندم محسوب مي - گردند. سيستم ريشه گسترده گندم، اين گياه را قادر مي سازد تا رطوبت مورد نياز خود را از بخشهاي مختلف خاک به دست آورد. اگر نقطه رشد گياه سالم مانده باشد، با بهبود شرايط رطوبتي خاک، گياه مجدداً رشد خود را از سر خواهد گرفت، اما با کاهش عملكرد مواجه خواهد شد. در جدول (۲۶) علايم و نشانه هاي خسارت خشكي در مراحل مختلف رشد در گياه گندم نشان داده شده است.

جدول ۲۶- اثرات تنش كم آبي در مراحل مختلف نمو گندم

اثر تنش كم آبي	مرحله نموي گندم
تشكيل گياهچه ضعيف	جوانه زدن
علاوه بر کاهش تعداد پنجه، در اين مرحله ريشه هاي ثانويه يا دائمي تشكيل مي گردند كه نقش اصلي و حياتي در تغذيه گياه دارند كه در اثر وقوع تنش ضعيف خواهند بود	پنجه زني
كاهش تعداد سنبله و سنبلچه	ساقه رفتن
علاوه بر افزايش گلهاي نازا كه نتيجه آن کاهش تعداد دانه در سنبله است، چون در اين مرحله برگ پرچم رشد مي كند. در صورت بروز تنش، کاهش سطح برگ پرچم و در نهايت کاهش سطح فتوسنتز سبب کاهش وزن هزار دانه خواهد داشت	سنبله رفتن
عدم تلقیح گلها و کاهش تعداد دانه در سنبله	گلدهي
چروك و لاغر بودن دانه ها و کاهش وزن هزار دانه	شيري شدن دانه

براي مقابله با شرايط تنش خشكي از مديريت هاي مختلف به نژادي و به زراعي مي توان بهره جست. استفاده از ارقام مقاوم به شرايط تنش خشكي و كشت به موقع براي عبور از تنش خشكي آخر فصل از جمله راهكارهاي عملي براي مقابله با اين شرايط محسوب مي شود. مديريت تغذيه گياه گندم نيز تاثير به سزايي در کاهش اثرات نامطلوب خشكي مي

تواند داشته باشد. در اثر تنش خشکی میزان فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد که دلایل آن عبارتند از: ۱) بسته بودن روزنه‌ها و ۲) آسیب دیدن کلروفیل و سایر اجزای دخیل در فرایند فتوسنتز. همچنین در اثر این تنش، تعادل میان تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)^۱ و آنتی اکسیدانهای دفاعی در گیاه از بین می‌رود که نتیجه آن تجمع ROS در سلولها و آسیب دیدن پروتئین‌ها، چربیهای غشاء و دیگر اجزای سلول می‌باشد.

در این بین، عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم، از طریق افزایش غلظت آنتی اکسیدانهایی نظیر سوپراکسید دسموتاز (SOD)^۲، کاتالاز (CAT)^۳ و پراکسیداز (POD)^۴، اثرات سمی ROS را در سلولهای گیاه کاهش می‌دهند. این آنتی اکسیدانها، ROS را بیرون رانده و اکسیداسیون نوری^۵ را کاهش می‌دهند، غشاء کلروپلاست‌ها را استحکام بخشیده و میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهند. همچنین برخی عناصر غذایی میکرو مانند روی و سیلیسیم (Si) و منیزیم نیز از طریق افزایش غلظت آنتی اکسیدانها، 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 روزنه‌ها 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 روزنه 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 روزنه به بسته شدن و کاهش تلفات آب افزایش می‌یابد. بدیهی است در شرایط کمبود پتاسیم، روزنه‌ها از حساسیت کافی برخوردار

۱-Reactive Oxygen Species

۲-Superoxide Dismutase

۳-Catalase

۴-Peroxidase

۵-Photo-oxidation

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

۱ - Available water Capacity

می‌نمایند. اسیدهای هیومیک برای مناطق نسبتاً خشک و زمین‌های زراعی وسیع مهم می‌باشند چون به فعال کردن میکروارگانیسم‌های موجود در خاک کمک زیادی می‌کنند. میکرو هومات‌ها در مناطق کم‌آب و نسبتاً خشک به گیاه کمک می‌کنند تا طول دوران رشد زیادتری را داشته باشد. به‌علاوه مولکول‌های هیومیک اسید با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردد. از اینها گذشته 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.

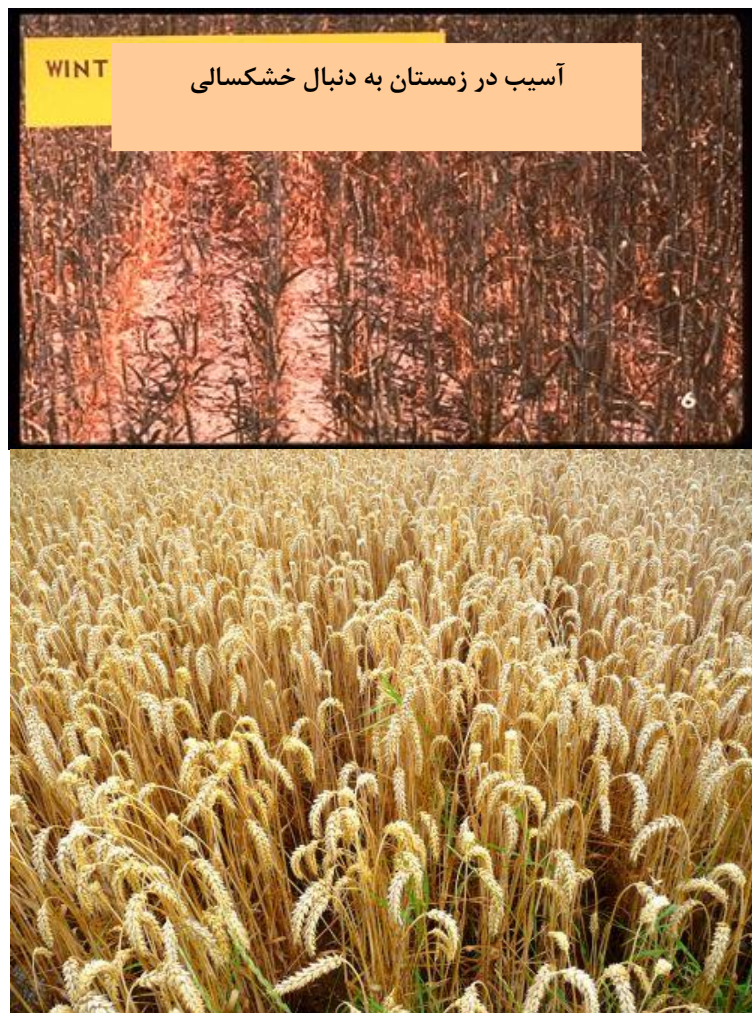
برای به حداقل رساندن تأثیر خشکسالی، لازم است خاک، آب باران را به همان اندازه که ممکن است برای استفاده گیاه در آینده مورد نیاز باشد، جذب نماید تا ریشه‌های گیاه اجازه نفوذ و تکثیر یابند. لذا رطوبت خاک به عنوان یکی از عوامل اصلی محدود کننده برای رشد محصول است. ظرفیت خاک برای حفظ و انتشار آب به طیف گسترده‌ای 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: (۱) روش‌هایی که نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهند، (۲) روش‌هایی که مربوط به مدیریت تبخیر از سطح خاک است و (۳) روش‌هایی که ظرفیت ذخیره‌سازی رطوبت خاک را افزایش می‌دهند. هر سه روش مربوط به ماده آلی خاک می‌شود. به منظور ایجاد یک خاک مقاوم در برابر خشکسالی، درک مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رطوبت خاک ضرورت دارد.

ماده آلی شرایط فیزیکی خاک را به طرق مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. بقایای گیاهی که سطح خاک را می‌پوشانند، از ایجاد سله و پوسته 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 مالچ های 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 ۳/۷ درصدی ظرفیت نگهداری آب خاک می‌گردد.

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



شکل ۱۶- خسارت خشکی در مزرعه گندم

۴-۳- 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 رشد^۱ گیاه و در اواخر آن، منجر به عقیم شدن خوشه‌ها می‌گردد. اگر نقطه رشد از بین برود، یک برگ رنگ پریده به‌طور حلقه وار 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 قهوای و ظاهر خوشه چروکیده خواهد شد. در حالی که یک خوشه سالم دارای رنگ نسبتاً سفید تا متمایل به سبز و ظاهر شاداب می‌باشد. اصولاً گیاهان سرما زده بر خلاف گیاهان سالم نمی‌توانند به‌طور طبیعی رشد نمایند، برگ‌های آنها رنگ پریده شده و مزرعه ظاهر زرد و خشبی پیدا می‌کند. هنگامی که یخبندان در مرحله به گل رفتن رخ دهد، چند نوع خسارت ممکن است اتفاق بیفتد. دمای صفر درجه یا زیر صفر درجه سانتیگراد به بساکها که بسیار حساس‌تر از کلاله هستند، صدمه وارد می‌نماید و موجب عقیمی گلچه‌ها می‌گردد. بساکها چروکیده و در هم پیچیده می‌شوند، در حالی که رنگ آنها هنوز زرد مایل به سبز است. ۲۴ ساعت بعد از سرمازدگی، این نشانه‌ها با 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 (۲۷) میزان خسارت سرمازدگی را هنگامی که گیاه بیش از ۲ ساعت در معرض دمای پایین قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

۱ - Growing point

جدول ۲۷- مرحله رشد گندم و میزان خسارت سرمازدگی

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



شکل ۱۷- ساقه اصلی گیاه گندم در اثر سرما از بین رفته است. دو پنجه دیگر نیز رشد نکرده و زنده

نخواهند ماند.

۷۰/ راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم



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



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

توجه به تاریخ کاشت، انتخاب صحیح ارقام و تهیه بستر مناسب بذر از طریق کاشت بذر در بستری از کاه و کلش از جمله راههای مدیریت خسارت‌های ناشی از تنش سرما در گندم 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 خورشه 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 پنجه زنی، مرحله پنجه زنی و ساقه رفتن می‌تواند کمک شایانی به افزایش مقاومت به شرایط تنش‌های سرمایی بیانجامد. اسیدهای آمینه که حاوی پتاسیم نیز باشند در این بین موثرترند.

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

۴-۴- 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 زود هنگام گندم شده و در نتیجه منجر به صدمه زدن به گیاه در حرارت پایین بعدی می‌گردد. در ارقامی که زود به مرحله بلوغ می‌رسند، 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 ۳۵-۳۲ 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 دانه ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تعداد دانه ها طی یک دوره زمانی از ۳۰ روز قبل از گلدهی تا اندکی پس از گل دهی و اندازه دانه ها 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 دانه ها می باشد. دمای بالا همچنین می تواند سرعت پر شدن دانه را افزایش دهد، اما این شرایط تنها هنگامی به وجود می آید که دما اندکی از ۲۰ درجه سانتیگراد بالاتر باشد. هر چند این مسئله برای جبران مدت زمان کم پر شدن دانه کافی نمی باشد و در نهایت اندازه دانه ها کوچک خواهد ماند. در دماهای بیشتر از ۳۰ درجه سانتیگراد، گرما می تواند سرعت پر شدن دانه ها را نیز کند نماید که دلیل آن تا اندازه ای نقصان سازوکار فتوسنتز برگ ها در محدوده های دمایی بالا می باشد که در نهایت به افزایش سرعت روند پیری گیاه می انجامد. پیری زود رس گیاه یک محدودیت مهم در روند پر شدن دانه ها می باشد که به کاهش عملکرد می انجامد. مدل های گیاهی، میزان کاهش عملکرد گیاه را برای برخی کشتها به ازای هر ۲ درجه سانتیگراد افزایش دما، تا ۵۰ درصد برآورد می نمایند.

علائم و نشانه های خسارت گرما در مزرعه

- ۱- ساقه گیاه ظاهر فشرده و ناسالم می یابد.
- ۲- پهنک برگ دارای یک نوار سوختگی قهوه ای یا سیاه رنگ می باشد.
- ۳- برگ ها کوچک تر و اندازه خوشه ها بسیار کوچک می باشد.
- ۴- بسته به درجه سوختگی، برگ ها آویزان شده و فرو می افتند.
- ۵- قهوه ای شدن سریع و ناگهانی برگ پرچم
- ۶- چروکیدگی و پژمرده شدن دانه ها قبل از بلوغ (هنگامی که درجه حرارت بالا در طول پر شدن دانه ها اتفاق افتد)
- ۷- از بین رفتن گیاه در دمای بسیار بالا

مدیریت مقابله با تنش گرما

- ۱- با اقدامات مدیریتی مانند حفظ رطوبت خاک و آبیاری به موقع می توان این خسارت را کاهش داد.

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

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

کشاورزی حفاظتی مبتنی بر الف) کاهش مقدار خاکورزی، ب) حفظ مقدار کافی بقایای گیاهی بر روی سطح زمین، ج) رعایت تناوب مناسب، ضمن ملحوظ نمودن جوانب اقتصادی اجتماعی در پذیرش آن می‌باشد. در سالیان گذشته بیشتر توجه به خاکورزی بوده است لیکن به منظور نهادینه شدن کشاورزی حفاظتی، دیگر اصول نیز نیازمند توجهی جدی‌تر می‌باشد. یکی از مهمترین مسائل در سامانه های حفاظتی، تامین عناصر غذایی برای گیاهان به مقدار لازم در زمان مناسب توام 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 بالا

- 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،

- باقی ماندن حداقل ۳۰ درصد 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 و سبب ایجاد لکه های زرد ناشی از کمبود نیتروژن در سطح مزرعه طی دوره رشد گیاه می شود.

۵-۱- کاربرد نیتروژن

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

۱- مصرف نیتروژن برای بقایای گیاهی: کاربرد کلش و برگرداندن آن به خاک سبب افزایش مواد آلی خاک، ریزجانداران مفید خاک، 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 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 ۱۲۰ بوده و در شرایط معمول و به دلیل ترکیب خاص خود نسبت به تجزیه میکروبی مقاومتر است) نظیر گندم و ذرت دانه ای حدود ۶۰ تا ۸۰ 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 ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره، و برای بقایای ذرت، مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره، بقایای پنبه و آفتابگردان مقدار ۲۵ کیلوگرم اوره و برای بقایای گیاهی سبزی و صیفی نظیر سیب زمینی، پیاز، گوجه، خیار و سایر بقایای گیاهی غیر خشبی و عمدتاً برگی مقدار ۲۰ کیلوگرم

در هکتار اوره مازاد بر نیتروژن مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد، مصرف گردد. تعیین میزان بقایای گیاهی (کاه و کلش) از طریق 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 می گیرد. به عنوان مثال در صورتی که میانگین مقدار کاه و کلش جمع آوری شده از سطح یک متر مربع از مزرعه ای ۰/۲ کیلوگرم باشد، در این صورت میزان کاه و کلش موجود در سطح یک هکتار ۲ تن خواهد بود. در این شرایط میزان اوره مورد نیاز جهت پوسیدن بقایا و جلوگیری از بروز مشکل برای گیاه از نظر تغذیه نیتروژن، ۷۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نحوه مصرف نیز به اینگونه است که ۴۰ تا ۵۰ درصد نیتروژن محاسبه شده همزمان با کشت در سطح مزرعه توزیع و آبیاری صورت می گیرد و مابقی در دو نوبت به همراه مصرف سرک نیتروژن به سرجمع کود مورد نیاز در هر نوبت سرک اضافه می شود.

با توجه به اینکه نسبت کربن به نیتروژن در کلش غلات زیاد است بهتر است به ازای هر تن کلش که به خاک اضافه می شود ۳۰-۲۰ کیلوگرم کود اوره به همراه آن مصرف شود. مقدار نیتروژن اضافی نایستی بیش از ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل حدود ۹۰ کیلوگرم در هکتار اوره) به توصیه در شرایط معمول اضافه نمود. اگر نیتروژن به صورت نواری در زیر بذر استفاده شود بایستی مصرف نیتروژن مقدار کمی افزایش یابد. در خاکهای با بافت سبک و مصرف نواری نیتروژن بایستی مقدار مصرف در خاکورزی معمول استفاده شود. البته بعد از ۵ تا ۱۰ سال مقدار نیتروژن مصرفی کاهش خواهد یافت. مصرف شش تن کلش قابل مقایسه با ۲۵ تن کود حیوانی می باشد.

۲- مصرف نیتروژن به منظور فراهم نمودن رشد مطلوب گیاه: با توجه به اینکه انتظار بر آن است تا در سیستم بی خاکورزی 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) :

۲۰ 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 ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد در این صورت ۲۰ درصد این مقدار، معادل ۸۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله به طریق جایگذاری مصرف گردد.

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

مصرف ۲۵ درصد نیتروژن یا اوره کل برآورد شده برای دوره رشد در زمان پنجه زنی گندم یا مرحله رشد رویشی گیاه (به طور مثال برای ذرت در مرحله شش تا هشت برگگی). به عنوان مثال در صورتی که نیتروژن کل برآورد شده بر حسب اوره ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد، در این صورت ۲۵ درصد آن معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که لازم است در این مرحله مصرف گردد.

مصرف مابقی نیتروژن (۳۰ درصد) در مرحله قبل از گلدهی گیاه به طور مثال برای گندم در مرحله متورم شدن ساقه و یا همزمان با ظهور خوشه (تقسیط 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 ۴ ساعت باشد، ۲ ساعت آبیاری بدون کود انجام شود و در زمان باقی مانده (۲ ساعت) شیر بشکه در مسیر آب باز شود تا مخلوط آب و کود به طور یکنواخت در سطح 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 گردیده، توصیه نمی شود. 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 دهی گندم می- باشد، لذا ۳۵ درصد کل نیتروژن برآورد شده برای تمام دوره رشد با آبیاری نوبت دوم به عنوان اولین سرک نیتروژن مصرف گردد.

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

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

مناسبتین نوع کود نیتروژنه برای مناطق دیم نیترات آمونیم است. در شرایط کشت با سیستم بی خاکورزی، مصرف مقدار ۸۰ کیلوگرم نیترات آمونیم یا در صورت عدم دسترسی به نیترات آمونیم مقدار ۶۵ کیلوگرم اوره بصورت جایگذاری در زیر و کنار بذر همزمان با

کشت توصیه می شود. در بهار و هنگام انتظار بارندگی نیز مقدار ۸۰ کیلوگرم نیترات آمونیم و یا ۶۵ کیلوگرم اوره بصورت سرک در سطح مزرعه توزیع گردد. نیتروژن مورد نیاز برای پوسیدن کاه و کلش: در این حالت مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره یا ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیم به ازای هر تن کلش مورد نیاز می باشد که ۵۰ 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 می گردد.

۵-۲- کاربرد فسفر

الف - کشت مستقیم (بی خاکورزی): در صورتی که فسفر قابل جذب خاک کمتر از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد. در خاکهای با بافت متوسط (لومی) به ازای هر یک میلی گرم فسفر قابل جذب کمتر از حد فوق (۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار و در خاکهای با بافت سبک مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل یا فسفات آمونیم توسط دستگاه کارنده در زیر و کنار بذرجایگذاری می شود. به عنوان مثال در صورتی که فسفر قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر، ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد و بافت خاک نیز متوسط (لوم) باشد در این صورت مقدار کود فسفاتی مورد نیاز ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

ب- کم خاکورزی: در صورتی که فسفر قابل جذب خاک کمتر از ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد. در خاکهای با بافت متوسط (لومی) به ازای هر یک میلی گرم کمتر از حد فوق (۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار و در خاکهای نسبتاً سبک بافت مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل یا فسفات آمونیم مورد نیاز است. به عنوان مثال در صورتی که فسفر قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر، ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد و بافت خاک نیز متوسط (لوم) باشد در این صورت مقدار کود فسفاتی مورد

نیاز ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که بایستی به روش دستی و یا دستگاه کودپاش سانتریفوژی قبل از هر گونه عملیات خاکورزی در سطح مزرعه توزیع و سپس توسط ادوات خاص خاکورزی با خاک مخلوط گردد.

نکته: در صورتی که پس از 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 (بند الف) مصرف گردد.

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

۵-۳- کاربرد پتاسیم

الف - کشت مستقیم (بی خاکورزی): در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک کمتر از ۲۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، به ازای هر واحد کمتر از مقدار فوق در خاکهای با بافت متوسط، میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) مصرف گردد. به عنوان مثال در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، در این صورت لازم است مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) توسط دستگاه کارنده، زیر و کنار بذر جایگذاری گردد.

ب- کم خاکورزی: در صورتی که پتاسیم قابل جذب خاک کمتر از ۲۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، به ازای هر واحد کمتر از مقدار فوق در خاکهای با بافت متوسط، میزان سه کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) مصرف گردد. به عنوان مثال در صورتی

که پتاسیم قابل جذب خاک در مزرعه مورد نظر ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم باشد، در این صورت لازم است مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (کلرور پتاسیم) به روش دستی و یا توسط دستگاه کودپاش سانتریفوژی قبل از هر گونه عملیات خاکورزی در سطح مزرعه توزیع گردد.

در صورتی که پس از 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 کودپتاسه مورد نیاز به جای مقادیر فوق همان مقادیر اشاره شده در روش بی خاکورزی (بند الف) مصرف گردد.

۵-۴- 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 ریشه ای 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 حذفاصل بین مرحله ساقه دهی و ظهور خوشه با غلظت ۵ در هزار عناصر کم مصرف و ۵ در هزار اوره در هکتار (مجموعاً ۱۰ در هزار یا یک درصد) توصیه می‌شود. مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف به صورت بذر مال نیز در این شرایط قابل توصیه می‌باشد.

۶-۴- 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 می‌تواند اثرات مثبتی بر رشد گیاه بر جای گذارد.

منابع:

- ۱- اسدی، فاطمه و زهرا خادمی. ۱۳۹۱. تنش ها و راهکارهای مدیریتی در گندم. نشریه فنی شماره ۵۲۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۲- پیمانی، ناصر. ۱۳۸۰. راهنمای تشخیص علائم کمبود و مسمومیت عناصر غذایی در گندم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ۳- خادمی، زهرا و فاطمه اسدی. ۱۳۹۰. مدیریت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مراحل مختلف رشد گندم. نشریه شماره ۵۰۳. موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۴- خادمی، زهرا، پرویز مهاجر میلانی، محمد رضا بلالی، محمد سعید درودی و محمدجعفر ملکوتی. ۱۳۸۲. بهینه سازی توصیه کود برای تعدادی از محصولات استراتژیک با استفاده از مدل کامپیوتری- گندم، جو، ذرت، چغندر قند، سیب زمینی، سویا، کلزا، پنبه، آفتابگردان، هلو، سیب و مرکبات- (دو جلد). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۳۸۶ صفحه. شماره ۸۴/۱۰۳۶. تهران، ایران.
- ۵- سماوات، سعید، محمد مهدی طهرانی، کامبیز بازرگان و مجید بصیرت. ۱۳۹۲. دستورالعمل نحوه بررسی مواد آلی. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۶- شهابی، علی اصغر. ۱۳۸۹. دستورالعمل کاربردی مدیریت تغذیه گندم در سیستمهای کشت مستقیم (بی خاکورزی) و خاکورزی حداقل. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۷- شهابی، علی اصغر. ۱۳۹۰. دستورالعمل کاربردی چگونگی استفاده از کودهای پر مصرف و کم مصرف در زراعت گندم. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
- ۸- فیضی محمد و پرویز مهاجر میلانی. ۱۳۸۳. بهینه سازی مصرف کودهای نیتروژنه، فسفاتی و پتاسیمی در شرایط شور برای گندم. در: روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). ویراستار: محمدجعفر ملکوتی، زهرا خادمی و زهرا خوگر. صفحه ۴۸۵-۴۶۵. دفتر طرح خود

کفایی گندم، وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

- ۹- کشاورز، پیمان. ۱۳۷۸. راهنمای مزرعه ای برای تشخیص علائم کمبود عناصر غذایی در گندم. نشریه فنی شماره ۵۶، موسسه تحقیقات خاک و آب
- ۱۰- لطف الهی، محمد. ۱۳۷۹. چگونه کیفیت گندم را بالا ببریم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی
- ۱۱- ملکوتی، محمد جعفر و محمد مهدی طهرانی. ۱۳۸۴. نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. چاپ سوم، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۲- ملکوتی، محمد جعفر. ۱۳۷۹. تغذیه متعادل گندم. نشر آموزش کشاورزی
- ۱۳- ملکوتی، محمد جعفر، فرهاد مشیری و محمد نبی غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش اول: محصولات زراعی). نشریه فنی شماره ۴۰۵. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا، تهران، ایران.
- ۱۴- مهاجر میلانی پرویز، و پرهام جواهری. ۱۳۷۹. برآورد آب مورد نیاز خاک‌های شور ایران. نشر آموزش کشاورزی، ۱۰۳ صفحه. کرج، ایران.
- ۱۵- مهاجر میلانی، پرویز، رضا وکیل و سعید سعادت. ۱۳۷۸. تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. مجله علوم خاک و آب. ویژه‌نامه گندم، جلد ۱۲ شماره ۶، صفحه ۱۹۶-۱۸۷. تهران، ایران.
- ۱۶- مهاجر میلانی، پرویز. ۱۳۸۵. مدیریت مصرف بهینه کود در شرایط شور. نشریه فنی شماره ۸۵/۱۲۸۶ مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

پیوست:

جدول پیوست ۱ - تقویم کوددهی گندم منطبق بر مراحل فنولوژیکی

مراحل فنولوژیکی		قبل از کاشت	دومین آبیاری	شروع پنجه زنی	تکمیل پنجه زنی	ساقه دهی	قبل از ظهور خوشه	دانه بندی	شیری یا خمیری شدن دانه ها
کوددهی نیتروژن		۱۰۰ درصد توصیه	۳۰ درصد توصیه شده	۳۰ درصد توصیه شده	۳۰ درصد توصیه شده			محلول پاشی	محلول پاشی
کوددهی فسفره		ترجیحا به صورت نواری							
کوددهی پتاسه		۱۰۰ درصد توصیه نواری							
کودهای حاوی عناصر ریزمغذی		بصورت تیمار بذر مال		محلول پاشی	محلول پاشی	محلول پاشی			
۲۰-۲۰-۲۰				محلول پاشی	محلول پاشی			محلول پاشی	
۳۰-۱۰-۱۰									
۱۲-۱۲-۳۶									
۱۲-۳-۴۳									
یا سولفات پتاسیم کاملا محلول در آب									
۱۰-۵۲-۱۰			همراه با آب آبیاری						
کودهای آلی		توسط دیسک با خاک مخلوط شود							
کودهای زیستی		قبل از کشت با بذر مخلوط شود							
اسید هیومیک			همراه با آب آبیاری				همراه با آب آبیاری		
اسید آمینه				محلول پاشی					

جدول پیوست ۲ - ضرایب تبدیل برای عناصر غذایی در کودهای مختلف

از این فرم	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این فرم / یا از این فرم	ضرب در این عدد	برای رسیدن به این فرم
NO _x	۰,۲۲۶	N	۴,۴۲۷	NO _x
NH _x	۰,۸۲۰	N	۱,۲۱۶	NH _x
NH _۴	۰,۷۷۶	N	۱,۲۸۸	NH _۴
CO(NH _۲) _x -urea	۰,۴۶۳	N	۲,۱۶۰	CO(NH _۲) _x -urea
(NH _۲) _x SO _x	۰,۲۱۲	N	۴,۷۱۶	(NH _۲) _x SO _x
NH _۴ NO _x	۰,۳۵۰	N	۲,۸۵۷	NH _۴ NO _x
P _x O _۵	۰,۴۳۶	P	۲,۲۹۱	P _x O _۵
Ca _x (PO _۴) _x	۰,۴۵۸	P _x O _۵	۲,۱۸۲	Ca _x (PO _۴) _x
K _x O	۰,۸۳۰	K	۱,۲۰۵	K _x O
KCl	۰,۶۳۲	K _x O	۱,۵۸۰	KCl
KCl	۰,۵۲۵	K	۱,۹۰۵	KCl
ZnSO _۴ · H _۲ O	۰,۳۶۰	Zn	۲,۷۷۸	ZnSO _۴ · H _۲ O
ZnSO _۴ · v H _۲ O	۰,۲۳۰	Zn	۴,۳۴۸	ZnSO _۴ · v H _۲ O
SO _x	۰,۵۰۱	S	۱,۹۹۷	SO _x
SO _x	۰,۳۳۴	S	۲,۹۹۶	SO _x
MgSO _۴	۰,۲۶۷	S	۳,۷۵۰	MgSO _۴
MgSO _۴ · H _۲ O	۰,۲۳۰	S	۴,۳۱۰	MgSO _۴ · H _۲ O
MgSO _۴ · v H _۲ O	۰,۱۳۰	S	۷,۶۸۰	MgSO _۴ · v H _۲ O
(NH _۲) _x SO _x	۰,۲۵۰	S	۳,۹۹۵	(NH _۲) _x SO _x
SiO _x	۰,۴۶۸	Si	۲,۱۳۹	SiO _x
CaSiO _x	۰,۲۴۲	Si	۴,۱۳۵	CaSiO _x
MgSiO _x	۰,۲۸۰	Si	۳,۵۷۴	MgSiO _x
MgO	۰,۶۰۳	Mg	۱,۶۵۸	MgO
MgO	۲,۹۸۶	MgSO _۴	۰,۳۳۵	MgO
MgO	۳,۴۳۲	MgSO _۴ · H _۲ O	۰,۲۹۰	MgO
MgO	۶,۲۵۰	MgSO _۴ · v H _۲ O	۰,۱۶۰	MgO
MgO	۲,۰۹۱	MgCO _x	۰,۴۷۸	MgO
CaO	۰,۷۱۵	Ca	۱,۳۹۹	CaO
CaCO _x	۰,۵۶۰	CaO	۱,۷۸۰	CaCO _x
CaCl _x	۰,۳۵۸	Ca	۲,۷۹۴	CaCl _x

۸۶ / راهنمای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم

CaSO _۴	۰,۲۹۴	Ca	۳,۳۹۷	CaSO _۴
Ca _۳ (PO _۴) _۲	۰,۳۸۸	Ca	۲,۵۸۰	Ca _۳ (PO _۴) _۲
FeSO _۴	۰,۳۶۸	Fe	۲,۷۲۰	FeSO _۴
MnSO _۴	۰,۳۶۴	Mn	۲,۷۴۸	MnSO _۴