Archive of SID

مدیریت تغذیه گیاهی در سامانه‌های خاکورزی حفاظتی

مصلح‌الدین رضایی
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

برای درک و مدیریت حاصلخیزی خاک و مواد غذایی، در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی باید شرایط منحصر به فرد این سیستم را که بر رفتار مواد غذایی و مدیریت آن تأثیر گذار است؛ مد نظر قرار دهیم. یکی از مهمترین وظایف سامانه‌های خاکورزی حفاظتی نگهداری باقیمانده

www.SID.ir

Archive of SID

محصول در سطح خاک برای حفاظت از خاک در مقابل فرسایش است. بمنظور دستیابی مناسب به نگهداری باقی مانده گیاهان در سطح خاک، باید بر هم زدن و اختلاط خاک محدود گردد. اگر باقیمانده گیاهی با خاک مخلوط نگردد کودهای شیمیایی و آلی و سنگ آهک نیز با خاک مخلوط نمی‌شود. عدم اختلاط می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر رفتار و مدیریت مواد غذایی داشته باشد. به طور سنتی تولید کنندگان به خاکورزی برای مخلوط کردن مواد غذایی کم و بی تحرک مانند فسفر با خاک و در نتیجه حرکت آن به منطقه رشد ریشه متکی هستند ولی با سیستم‌های خاکورزی حفاظتی این اختلاط و حرکت رخ نمی‌دهد. عدم اختلاط منابع نیتروژن حاوی اوره با خاک به هدر رفت قابل توجه نیروژن به علت تبخیر از سطح خاک منجر می‌شود. از طرفی دیگر پویایی پتاسیم در خاک کمترتحت تاثیر تغییرات سامانه‌های خاکورزی قرار می‌گیرد.

یکی از اهداف اصلی سامانه‌های خاکورزی حفاظتی، حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک بوده، که تضمین کننده تجمع مواد آلی در نزدیکی سطح خاک است. تجمع مواد آلی فعالیت میکروبی خاک را افزایش داده و یک منبع انرژی در فرم ترکیبات کربن در اختیار میکروب‌های خاک قرار می‌دهد. با این حال، در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی بقایای گیاهی با اندازه‌های بزرگ در سطح خاک باقیمانده و زمان طولانی‌تری برای تجزیه آنها لازم است. همچنین، مالچ سطحی دمای سطح خاک را کاهش داده و باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی خاک می‌شود. رفتار ازت خصوصاً، به طور گسترده‌ای توسط فعالیت میکروبی تعیین می‌شود. به این ترتیب، تجمع مواد آلی، اثر مهمی در پویایی و مدیریت نیتروژن در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی دارد. نفوذ آب، رواناب و فرسایش از جمله دلایل اصلی برای بکارگیری سامانه‌های خاکورزی حفاظتی هستند. به طور کلی، خاکورزی حفاظتی نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان رطوبت در خاک افزایش می‌یابد. افزایش رطوبت خاک بر رشد محصول، تحمل به خشکی و رفتار میکروبی تأثیر گذار است. یک نمونه از اثرات بارز آن هدر رفت ازت در خلال پروسه نیترات‌سازی میکروبی (نیتریفیکاسیون) در خاک‌های مرطوب است. افزایش نفوذ پذیری خاک نیز می‌تواند شستشوی مواد غذایی متحرک در خاک را بدنبال داشته، که نگرانی‌های زیست محیطی مهم در رابطه با ازت- نیتراته را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر تا حد زیادی هدر روی فسفر، از طریق فرسایش خاک انجام می‌گیرد، بنابراین کاهش فرسایش خاک در سامانه خاکورزی حفاظتی زیان هدر رفت فسفر را کاهش می‌دهد.

تغییرات درجه حرارت و رطوبت خاک بر فعالیت میکروبی تأثیر گذار است. خاکورزی حفاظتی همچنین بر الگوهای رشد ریشه گیاهان تاثیر گذار بوده و معمولاً تراکم بالاتری از ریشه را در نزدیکی سطح خاک در مقایسه با سیستم خاکورزی معمولی بهمراه دارد و عدم پویایی غذایی در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی اغلب این گرایش را تقویت می‌کند. مواد غذایی در سیستم‌های

www.SID.ir

Archive of SID

خاکورزی حفاظتی به علت عدم اختلاط با خاک معمولاً لایه-لایه می‌شود. میزان مواد غذایی در نزدیکی سطح خاک که مواد غذایی در روی آن پخش می‌گردد و بقایای گیاهای تجزیه می‌شوند بیشتر است. بنابراین، ریشه یک سطح یکنواخت از مواد غذایی را در منطقه ریشه‌های اولیه تشخیص نمی‌دهد و ممکن است در نزدیکی سطح خاک، که رطوبت و مواد غذایی یافت می‌شود؛ تجمع یابد. اغلب pH خاک در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی در اثر مصرف آهک و تشکیل فرم‌های اسیدی ازت و کودهای آلی بصورت لایه-لایه است. لایه لایه شدن pH خاک می‌تواند بر الگوی رشد ریشه، فراهمی مواد غذایی و اثرمندی علف کش‌ها تاثیر گذارد. سیستم‌های خاکورزی حفاظتی اغلب افزایش بقایای گیاهی در سطح و محدود کردن مخلوط شدن مواد آلی و مواد غذایی در خاک را بهمراه داد و در نتیجه کاهش فرسایش خاک، تجمع مواد آلی در نزدیکی سطح خاک، کاهش دمای خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، کاهش رواناب آب، رطوبت بالاتر خاک، لایه-لایه شدن مواد مواد غذایی و pH خاک، و در نتیجه باعث تغییر الگوی رشد ریشه در گیاهان زراعی می‌گردد. در بخش بعدی، اثرات این شرایط منحصر به فرد به طور خاص براسیدیته خاک، N، P، K، و مدیریت کود در سامانه‌های خاکورزی حفاظتی مورد بحث قرار می‌گیرد.

اسیدیته خاک

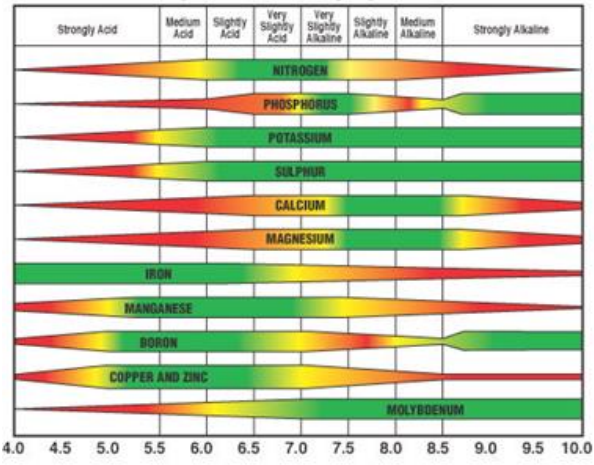
هر موجود زنده برای ادامه حیات خود قادر به تحمل بازه مشخصی ازpH است. خاک نیز به عنوان یک توده زنده از این قاعده مستثنی نیست. موادی که pH را تحت تاثیر قرار می‌دهند عموما آب، کودها و مواد آلی است که به صورت کود به خاک داده می‌شوند. آب آبیاری و یا باران با توجه به که تقریباً دارای pH خنثی است، واکنش خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مواد آلی نیز به دلیل تولید اسیدهای آلی باعث ایجاد pH اسیدی خواهند شد. اما تاثیرات کودها و مدیریت خاک بر pH خاک بسته به نوع کود متفاوت است. در آزمایشات خاک فعالیت اسیدیته خاک با اندازه‌گیری "pH خاک" بیان می‌گردد. pH برابر با ۷ خنثی است، pH کمتر از ۷ اسیدی و pH بیشتر از ۷ بازی است.

اسیدیته خاک ناشی از یون‌های هیدروژن (H^{+}) و آلومینیوم (Al^{+3}) محلول در خاک است. در این میان pH خاک بر جذب عناصر غذایی در این کودها نیز تاثیر به سزایی داردکه عمدتاً برقابل دسترس بودن عناصر غذایی، از جمله مواد غذایی ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین مواد غذایی ثانویه، ریزمغذی‌ها و عناصر بالقوه سمی مانند آلومینیم است. شاید عمده ترین اثر خاک بر روی رشد نبات تاثیر آن در قابلیت استفاده عناصر غذایی است. به طور مثال، در اسیدیته کمتر از ۵/۵ فراوانی آلومینیم و آهن،کمبود فسفر و یا تثبیت بخش مهمی از آمونیاک در خاک پدید می‌آید. بسیاری باکتریهای همزیست بقولات طالب واکنش حدود ۵/۶ یا بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

هستند، چغندر و جو در خاک‌های اسیدی رشد خوبی ندارند. یونجه در خاک های دارای pH بین ۷/۸ – ۶/۲ بسیار خوب رشد می‌کند، در حالیکه سویا در pH بین ۷-۶ رشد بسیار خوبی دارد. بادام زمینی در خاک هایی که pH بین ۶/۶ – ۵/۳ دارند بسیار خوب رشد می‌کند. رشد ونموبسیاری از گیاهان زراعی دیگر، گیاهان سبزی و صیفی، بوته‌ها و گل‌های زینتی، درختان، علف های هرز و درختان میوه و برای دستیابی به عناصر غذایی به pH محلول خاک وابسته هستند. شکل ۱- دامنه مناسب pH خاک را برای جذب عناصر غذایی نشان می‌دهد.



شکل ۱ - فراهمی عناصر غذایی در pH های مختلف خاک. نواحی پهن و باریک بترتیب حداکثر و حداقل قابلیت فراهمی عناصر را نشان می‌دهند.

اسیدی یا بازی بودن طبیعی خاک بیش از هر چیز بستگی به میزان بارندگی سالیانه دارد. در خاک‌های مناطق پر باران که میزان بارندگی بیش از تبخیر- تعرق گیاهان است خاکها معمولاً اسیدی و در مناطق کم باران و خشک که بارندگی کمتر از تبخیر-تعرق است خاک‌ها خنثی تا قلیایی می‌باشند. محدوده بهینه pH خاک برای تولید محصولات کشاورزی بین ۶ تا ۷ است، در حالیکه دامنه تغییرات pH خاک در بیشتر اراضی بین ۵ تا ۹ می‌باشد. pH اکثر خاک‌ها در مناطق خشک بین ۷ تا ۸ و در مناطق مرطوب کمتر از ۷ می‌باشد. بنابراین مدیریت خاک و کود باید به سمت برقراری pH مناسب خاک برای کشت گیاهان زراعی سوق داده شود. مشکلات شوری و قلیائیت خاک‌ها در pH ۸ و بیشتر از ۸ بوجود می‌آید و تجمع زیاد سدیم و سایر املاح در خاک برای گیاهان زیان آور و سمّی هستند. pH خاک‌های فلات مرکزی ایران در اکثر موارد

www.SID.ir

Archive of SID

دارای خاصیت بازی بوده و pH آن بیشتر از ۷ است؛ که علّت آن وجود کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و املاح سدیمی می‌باشد. در بعضی از خاک‌های غنی از سدیم و کربناتهای pH محلول خاک از ۹ نیز تجاوز نموده و به ۹/۷ و حتی بیشتر می‌رسد. مثلاً خاک غنی از سدیم، pH خاک تا ۱۰ افزایش می‌یابد. pH حداکثر خاک‌های زراعی در استان اصفهان قلیایی بوده و بین ۷ تا ۸ در نوسان است. در این نوع خاک‌ها باید از کودهای اسیدزا استفاده نمود تا pH خاک را کاهش دهد. معمولا دو کود گوگرد دار سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم همیشه در ایران مصرف می‌شدند و توسط متخصصان حاصلخیزی توصیه شده است. تصور می‌رود که خاصیت اسیدزایی این کود مورد توجه است. همچنین استفاده از گوگرد بهمراه باکتری تیوباسیلوس و کودهای آلی برای کاهش pH خاک توصیه شده است.

در مناطق مرطوب با (pH پایین خاک، خاصیت اسیدی) یکی از دلایل اصلی برای مدیریت pH خاک با کاربرد آهک، کاهش اثرات سمی آلومینیوم بر روی ریشه گیاهان است. در pH پایین، در دسترس بودن آلومینیوم بالا و در نتیجه سمّیت آن می‌تواند به شدت رشد ریشه و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی را محدود کند. اکثر میکروب‌های خاک به pH خاک حساس‌اند، که به نوبه خود بر فراهمی و در دسترس بودن مواد غذایی (به ویژه نیتروژن)، ماده آلی خاک، و به طور کلی سلامت خاک اثرگذار است. نسبت قارچها به میکروب‌های خاک با افزایش مواد آلی و کاهش pH افزایش می‌یابد. همچنین، بسیاری از آفت کش‌ها به pH خاک حساس هستند. در pH بسیار بالا و پایین خاک کارآیی یا فعالیت آفت‌کش‌ها را افزایش داده، که می‌تواند به سوختگی گیاه منجر گردد.

در مناطق خشک و نیمه خشک مانند استان اصفهان خاک‌ها معمولا آهکی بوده و pH خاک دامنه ۷ تا ۸ قرار دارد. pH بالای خاک موجب محدودیت حلالیت عناصر کم‌مصرف و مشکل جذب آنها را توسط گیاه بدنبال دارد (شکل ۱). در این خاک‌ها pH بالای خاک اغلب به کمبود آهن، روی و در دسترس بودن میزان کم فسفر منتهی می‌شود. کاهش pH خاک در این نوع خاکها مطلوب بوده و به افزایش فراهمی و میزان حلالیت مواد غذایی کمک میکند.

خاک‌های مناطق خشک همچنین دارای مواد آلی کم می‌باشند. در این مناطق افزایش مواد آلی خاک علاوه بر بهبود فیزیکی خاک موجب کاهش اندک اسیدیته خاک می‌گردد که به افزایش حلالیّت برخی عناصر غذایی کم مصرف مانند آهن و روی کمک شایانی می‌نماید. کودها و مواد آلی به دلیل تولید اسیدهای آلی در فرآیند پوسیدگی از قبیل اسید هومیک،اسید سیتریک pH خاک را در طول فصل زراعی به مقدار ناچیزی کاهش می‌دهند. اکثر کودهای آلی چنین اثری دارند مگر کودهایی که حاوی فلزهای قلیایی مانند خاکستر چوب (پتاسیم) و استخوان بخار پز شده (کلسیم) که واکنش خاک را به سمت بازی می‌برند.

www.SID.ir

Archive of SID

در خاکهای قلیایی خاکورزی حفاظتی معمولا به افزایش مواد آلی در سطح خاک کمک می‌نماید که در نتیجه pH خاک را اندکی کاهش می‌دهد. در مراکش خاکورزی حفاظتی pH خاک را از ۸ در خاکورزی مرسوم به ۷/۸ کاهش داد. کشاورزی ارگانیک در یک مزرعه در خاک‌های آهکی میزان pH خاک را در ۳۳٪ قطعات مورد کشت بطور معنی‌داری کاهش داد بطوریکه در کلیه قطعات مورد کشت pH خاک از دامنه ۷/۹ تا ۸/۱ به دامنه ۷/۶ تا ۷/۹ در طی مدت ۵ تا ۱۶ سال کاهش یافت. همچنین کاهش pH خاک با افزایش مواد آلی خاک مانند ورمی کمپوست، کمپوست و بصورت تازه گزارش شده است.

عوامل متعددی می‌توانند اسیدیته خاک را کاهش داده و خاک را اسیدی کند، از جمله تجزیه و فساد بقایای گیاهی، بارش‌های اسیدی، آبشویی یون‌های اساسی خاک (برجای گذاشتن آلومینیوم که بصورت محکمی به خاک چسبیده)، و اثر اسیدی آمونیاک از منابع کودی نیتروژن است. نیتروژن آمونیومی معمولاً بزرگترین منبع اصلی اسیدیته در خاک‌های زراعی است. هر منبع ازت آمونیومی اسیدیته خاک را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، بیشترین منبع معمول کودهای ازته، شامل ازت، کودهای حیوانی، اوره محلول نیترات اوره- آمونیم، تیترات آمونیم، آمونیم، سولفات آمونیم بوده که تمامی اسیدیته خاک را افزایش می‌دهند. حدود ۳ کیلوگرم سنگ آهک (کربنات کلسیم خالص) در هکتار برای خنثی کردن اسیدیته از ۱ کیلوگرم N از هر یک از این منابع ازت بجز سولفات آمونیوم، که ۶ کیلو از سنگ آهک در هر هکتار را برای هر یک کیلوگرم N نیاز دارد. بنابراین، برای خنثی کردن اسیدیته ایجاد شده از ۱۵۰ کیلوگرم در هر هکتار اوره در کشت ذرت ۴۵۰ کیلوگرم در هر هکتار سنگ آهک نیاز دارد. اسیدیته خاک در خاک‌های اسیدی با استفاده از آهک آسیاب شده، عمدتاً سنگ آهک مدیریت می‌شود. در این مواد کربنات‌ها برای خنثی کردن اسیدیته خاک واکنش نشان می‌دهند.

از ویژگی‌های عمده سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی در درجه اول لایه‌بندی اسیدیته خاک با توجه به مصرف کود نیتروژن و یا کودهای حیوانی است. از آنجا که اختلاط عمودی نیتروژن در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی کم است، اسیدیته تشکیل شده در اثر واکنش این مواد با خاک در نزدیکی سطح خاک باقی مانده و در نتیجه pH را در نزدیکی سطح خاک کاهش می‌دهد. جدول ۱ اثر اسیدی شدن سطح بدون شخم ذرت را با کار برد چندین ساله نیتروژن مایع نشان می‌دهد. در سیستم‌های کمخاکورزی این اثر "سقف اسیدی" نامیده می‌شود.

جدول ۱. سقف اسیدی در کشت بدون شخم ذرت

عمق نمونه گیری pH خاک (cm)	pH خاک
۰ -۱۵	۶/۲
۰ -۲/۵	۵/۸

www.SID.ir

Archive of SID

اسیدیته بیشتر سطح خاک در سامانه‌های بیخاکورزی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر کنترل علف‌های هرز داشته باشد. علف کش تریازین به pH خاک بسیار حساس است. هنگامی که pH به کمتر از ۶/۲ کاهش می‌یابد؛ اثر بخشی خود را تا حد زیادی از دست می‌دهد. همچنین، این علف‌کش‌ها عمدتاً در لایه سطحی خاک اثر می‌کند. اگر pH در این لایه سطحی به پایین تر از ۶/۲ کاهش یابد؛ می‌تواند عدم کنترل علف هرز را توسعه دهد و مشکلات جدی ایجاد کند. یکی دیگر از معضلات کاهش pH خاک سطحی این است که در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی با مقادیر فراوان باقی مانده بقایای گیاهی بر روی سطح خاک، بیشتر میزان ریشه‌های گیاه در نزدیکی سطح خاک متمرکز می‌شود. بنابراین، در صورتی که لایه سطحی اسیدی شود، می‌تواند باعث سمّیت آلومینیوم شود. این مسمومیت می‌تواند رشد ریشه و در نتیجه توانایی ریشه گیاه برای جذب مواد غذایی و آب محدود نماید. همچنین در pH های پایین تر، در دسترس بودن برخی از مواد معدنی ممکن است کمتر از حد pH مطلوب باشد. در نهایت، فعالیت مفید جزء آلی خاک با توجه به ممانعت از فعالیت‌های میکروبی در اثر متمرکز شدن در نزدیکی سطح در این سیستم‌ها می‌تواند کاهش یابد.

داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که، در عمق معمول نفوذ ریشه pH خاک برای کنترل علف‌های هرز مناسب است. ولی درخاک سطحی که در آن علف کش‌ها فعالیت می‌کنند، pH کاملاً کمتر از ۶/۲ است. بنابراین، به صورت دوره‌ای باید pH خاک سطحی را در سامانه‌های کمخاکورزی بررسی نمود. اگر pH خاک سطحی کمتر از ۶/۲ است، سنگ آهک باید بدون توجه به pH نمونه خاک در عمق نفوذ ریشه مصرف شود.

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است لایه‌بندی pH خاک همچنین ممکن است در نتیجه مصرف سنگ آهک بوجود آید. در سال گذشته ۲ تن در هکتار سنگ آهک مصرف شده است.

جدول ۲. لایه بندی pH خاک به دلیل کاربرد آهک در روش بی‌خاکورزی و شخم مرسوم

	خاکورزی مرسوم	بیخاکورزی
عمق خاک (سانتیمتر)	pH خاک در اعماق مختلف	
۰ – ۲/۵	۶/۸	۶/۶
۲/۵ - ۵	۶/۸	۴/۶
۵ – ۷/۵	۷/۰	۶/۳
۷/۵ – ۱۵	۶/۸	۶/۵

در سیستم‌های خاکورزی مرسوم، با گاوآهن اثرات مصرف آهک بطور یکنواخت در سراسر لایه شخم توزیع می‌شود. ولی در یک سیستم بیخاکورزی، اثرات مفید سنگ آهک در نزدیکی سطح بیشترین مقدار است و با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد. از آنجایی که سیستم کمخاکورزی

www.SID.ir

Archive of SID

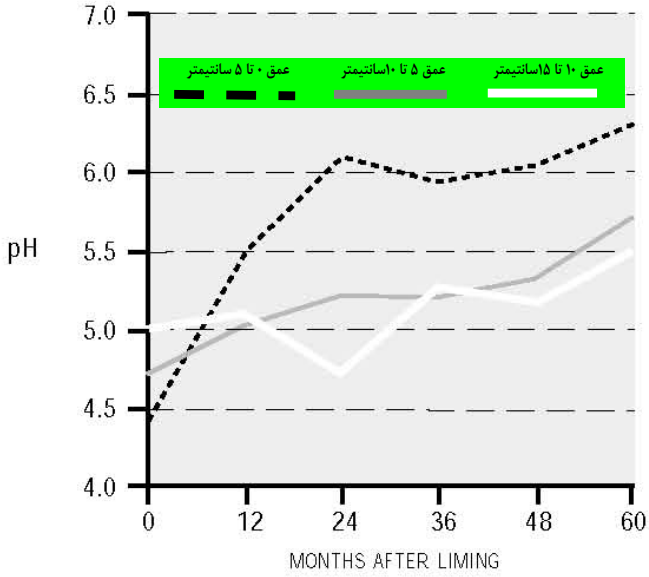
سنگ آهک را به میزان کمی و یا بدون مخلوط شدن با خاک رها می‌کند و شخم با چیزل یا دیسک یک سوم از عمق شخم مرسوم با گاوآهن را دارد یک الگوی مشابه حالت بیخاکورزی در خاک یافت می‌شود. این اثر لایه‌بندی فیزیکی از نظر شیمیایی هم تقویت می‌شود؛ زیرا سنگ آهک به میزان بسیار کمی در خاک حرکت می‌کند. به این دلیل توصیه استاندارد و معمول مخلوط نمودن کامل سنگ آهک با خاک است. زمانیکه در شروع کار pH خاک مناسب است، حرکت سنگ آهک بمنظور حفظ مؤثر pH خاک در منطقه رشد ریشه به اندازه کافی سریع است. با این حال، اگر pH اولیّه خاک بسیار پایین باشد، افزایش کافی pH خاک در تمامی منطقه رشد ریشه می‌تواند فرآیندی بسیار آهسته در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی باشد. پژوهش در مورد آهک‌دهی در یک خاک اسیدی بروش بیخاکورزی نشان داد که ممکن است چهار یا پنج سال لازم باشد تا اثر مصرف سطحی سنگ آهک در عمق بیشتر از ۵ سانتیمتر خاک آشکار گردد (شکل ۲).

کشاورزانی که قصد اجرای سیستم خاکورزی حفاظتی را دارند باید قبل از حذف شخم و شروع کمخاکورزی، pH و تمام مواد مورد نیاز تغذیه گیاه را به حد مطلوب ارتقاء دهند. هنگامی که قبل از شروع کم خاکورزی امکان مخلوط کردن سنگ آهک با خاک وجود ندارد، هنگام کار برد سنگ آهک باید اجازه داد تا حداکثر زمان برای مخلوط کردن طبیعی آن با خاک مهیّا باشد. بنابراین همانند سیستم خاکورزی متداول بهترین زمان آهک‌دهی پاییز است. همچنین، تولید کنندگان باید از شرایط رطوبت خاک در هنگام استفاده از آهک آگاه باشند، چون هیچ فرصتی برای تصحیح مشکلات فشردگی یا ردپای چرخ‌ها در سطح خاک توسط ماشین آلات پخش آهک در خاک مرطوب وجود ندارد.

بعلت شرایط منحصر به‌فرد خاکورزی حفاظتی، لازم است pH خاک سطحی و عمق شخم مورد آزمایش قرار گرفته و بر اساس آن میزان سنگ آهک توصیه و مصرف شود. برای در دسترس بودن بهینه مواد غذایی، رشد ریشه، و کارآیی علف کش‌ها، pH خاک در سراسر لایه شخم باید نزدیک به ۶/۵ و حداقل بالاتر از ۶/۰ باشد. میزان pH بهینه را با مخلوط کردن مقادیر توصیه شده از سنگ آهک با کیفیت بالا در تمامی لایه شخم قبل از شروع سیستم های خاکورزی حفاظتی باید برقرار کرد. آهک به طور منظم بر اساس آزمایش خاک، باید بعد از برقراری سیستم خاکورزی حفاظتی برای نگهداری pH مناسب خاک مصرف شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تغییرات pH خاک در طول ماه‌های پس از مصرف ۶ تن آهک در هکتار

ازت خاک

نیتروژن تقریبا ۸۰ درصد هوا را تشکیل می‌دهد، اما این نیتروژن برای استفاده گیاه باید از هوا استخراج و به صورت مایع یا جامد تبدیل شده تا بتواند در دسترس گیاهان قرار گیرد. نیتروژن را نیز بصورت صنعتی می‌توان تبدیل به کودهای شیمیایی تجاری کرد یا توسط بعضی از باکتری‌ها در همزیستی با ریشه گیاهان لگومینه به ازت قابل استفاده گیاه تبدیل نمود.

تنها ۲ درصد از ازت موجود در خاک در فرم‌های معدنی N؛ بصورت آمونیوم و نیترات، به راحتی در دسترس گیاهان است. کودهای تجاری در اشکال مختلف معدنی ازت اضافی مورد نیاز را برای جذب سریع توسط گیاهان تامین می‌کنند. ۹۸ درصد باقیمانده ازت موجود در خاک در مواد آلی خاک محبوس است. فرم نیتروژن آلی خاک، بعلت ترکیب شیمیایی خود در برابر تغییرات بسیار مقاوم است و برای جذب توسط گیاهان در دسترس نیست. فرم آلی نیتروژن تنها زمانی قابل استفاده است که توسط میکروب‌های خاک در یک فرآیند به نام معدنی شدن به فرم معدنی آمونیوم N^{-} ($NH4^{+}$) به ازت نیتراته ($NO3^{-}$) که فرم اصلی مورد استفاده در گیاهان است تبدیل می‌گردد. بدون در نظر گرفتن منبع آمونیم، یکی از مواد تولید شده در اثر تبدیل آمونیم به نیترات افزایش اسدیته خاک است. در حقیقت این واکنش منبع اصلی اسدیته در خاک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی است. اثرات این واکنش بر pH خاک و ایجاد سقف اسیدی در بخش اسیدیته خاک بررسی گردید.

در خاک، مواد معدنی ازت‌دار بعلت اثرات متقابل آب و هوا و میکروب‌های خاک به انواع پیچیده‌ای از فرایندهای آسیب‌پذیر می‌باشند. برخی از این پروسه ممکن است به از دست دادن و تلف شدن ازت قابل استفاده گیاه منجر شود. بنابراین مقدار ازت معدنی در خاک و در دسترس بودن آن برای گیاهان به طور کلی غیر قابل پیش بینی است. در زیر مسیرهای بالقوه از دست رفتن نیتروژن توضیح داده می‌شود.

تثبیت ازت

زمانی که میزان کربن خاک بالا و میزان ازت مواد آلی از قبیل بقایای ذرت کم باشد؛ ازت موجود ممکن است توسط باکتری‌های خاک مورد استفاده قرار گیرد، باکتری با تجزیه مواد کربن دار نیاز به ازت اضافی برای پروتئین خود دارند، بنابراین تمام ازت خاک را در خود تثبیت می‌نمایند. در این فرآیند، که به احتمال زیاد در تولید ذرت بیخاکورزی که کود ازت در سطح خاک پخش می‌شود و بقایای گیاهی ذرت از فصل‌های قبلی باقی مانده باشد؛ ازت به طور موّقت از دسترس گیاهان یا خارج شده و یا از هدر رفت آن از راه‌های دیگر جلوگیری می‌شود. از آنجا که عدم تحرک ازت موقتی است، هیچ تفاوتی در میزان مصرف بهینه ازت میان روش‌های مختلف خاکورزی و یا بیخاکورزی وجود ندارد.

دیتریفیکاسیون

خاک ممکن است به علت زهکشی ضعیف یا بارش بیش از حد باران از آب اشباع شود، یا در گودال‌های زمین خاک ماندابی شود. با پر شدن خلل فرج خاک توسط آب، هوا از خاک بیرون رانده می‌شود و خلل و فرج خاک از آب پر می‌شود. با توجه به اینکه باکتری‌های هوازی به اکسیژن احتیاج دارند، بعلت نبود اکسیژن در خاک اشباع، آنها اکسیژن را از نیترات (NO_3) می‌گیرند. در نتیجه نیترات به فرم‌های مختلف گازی شکل مانند، اکسید نیتروژن (N_2O)، نیتروژن عنصری (N_2) و نیتریک اکساید (NO) تبدیل می‌شود. این فرم‌های ازت برای گیاهان غیر قابل دسترس هستند و به راحتی توسط تبخیر به اتمسفر از دست می‌روند. تخمین میزان از دست رفتن ازت توسط فرایند دی‌نیتریفیکاسیون دشوار است، اما در شرایط اشباع خاک در کمتر از یک هفته میزان قابل توجهی ازت می‌تواند از خاک بصورت گاز به اتمسفر متصاعد شود. دو شرط لازم برای دینیتریفیکاسیون؛ خاک اشباع و منبع انرژی بصورت مواد آلی برای فعالیت میکروب‌های خاک است. امکان فراهم شدن هر دوی این شرایط در سیستم‌های بی‌خاکورزی افزایش می‌یابند، جایی که معمولاً میزان بالاتری از ماده آلی خاک و رطوبت خاک همزمان وجود دارد. بنابراین، پتاسیل دینیتریفیکاسیون در سامانه‌های بیخاکورزی بیشتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

آبشویی

آب باران اضافه تر از آنچه که می‌تواند در یک خاک با زهکشی خوب ذخیره شود از داخل خاک عبور کرده و با عث حمل نیترات (آبشویی نیترات) با خود می‌شود. نیترات خاک به دلیل حلالیّت زیاد در آب و عدم نگهداری آن توسط بار منفی ذرات خاک براحتی از خاک شسته و آبشویی می‌شود. با توجه به اینکه آمونیوم دارای یک بار مثبت است، توسط بار منفی ذرات خاک نگهداری شده و مانع شستشوی آن می‌شود. بیشترین پتاسیل آبشویی نیتروژن در زمستان و بهار در خاک با زهکشی خوب رخ می‌دهد. رواناب در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی، معمولاً کاهش می‌یابد و در نتیجه نفوذ آب در خاک افزایش می‌یابد. بنابراین، با افزایش میزان نفوذ آب به خاک در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی روان آب کاهش یافته، و امکان آبشویی بالقوه نیتروژن افزایش می‌یابد. با این حال، در سیستم بدون شخم، اغلب منافذ بزرگ افزایش یافته و فضاهای و تَرک‌های بزرگ وجود دارد زیرا آنها همراه با شخم سالانه شکسته نمی‌شود. این خلل و فرج بزرگ پیوسته می‌توانند آب اضافی را تخلیه کرده و بسیاری از مواد شیمیایی را که قبلاً توصیف شد دُور (by pass) بزنند. در این وضعیت، منافذ بزرگ پیوسته که نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهد؛ می‌توانند آبشویی نیترات را افزایش نداده مگر آنکه بعد ار مصرف کودهای باران سنگینی ببارد که در این صورت نیتروژن مستقیماً از طریق نفوذ در خلل و فرج و تَرک‌های بزرگ خاک (نفوذ ترجیهی آب در خاک) شسته می‌شود. نیتروژن آبشویی شده از دسترس گیاه خارج شده و منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی یا روان آب می‌گردد.

تصعید ازت

نیتروژن علاوه بر این که از طریق دینیتریفکاسیون توسط میکروب‌های خاک در جو رها می‌شود، همچنین از طریق واکنش‌های شیمیایی دیگر در خاک از دست می‌رود. فرم ازت به شکل اوره که در کودهای شیمیایی دارای اوره و در کودهای حیوانی یافت می‌شود، از طریق شیمیایی به گاز آمونیم (NH_3) تبدیل می‌شود، مقدار قابل توجهی از N به جا مانده در سطح خاک ممکن است از این طریق از دسترس گیاه خارج شده و وارد جو شود. در حالتی که اوره با خاک مخلوط شود، فرم نیترون موجود در کودهای حاوی اوره به گاز آمونیاک، NH_3 تبدیل می‌شود و توسط ذرات خاک جذب می‌گردد. کودهای حاوی اوره را می‌توان از طریق برخی از روش‌های خاکورزی یا بارندگی در زیر خاک مدفون و یا با خاک مخلوط کرد. جدول ۳ برآورد درصد تبخیر آمونیاک و هدر رفت آنرا از طریق تبخیر در شرایط مختلف میزان بارندگی و روزهای بعد از مصرف در شرایط بی‌خاکورزی نشان می‌دهد.

جدول ۳- هدر روی ازت از طریق تصعید در روزهای بعد از مصرف تا زمان مخلوط با خاک توسط باران.

www.SID.ir

Archive of SID

میزان بارندگی (میلیمتر)	روزهای بعد از بارش	در صد هدر روی
۱/۲۵	۲	صفر
۱/۲۵	۳	کمتر از ده
۰/۷۵	۵	۱۰ الی ۳۰
صفر	۶	بیشتر از ۳۰

منبع: برگرفته از R.H. Fox و L.D. Hoffman از Agron. J. 73:891-895

پویایی رفتار N در خاکورزی حفاظتی دارای اثرات مهم مدیریتی است. شاید بزرگترین نگرانی از تلفات تبخیر مواد حاوی اوره در خاکورزی حفاظتی باشد. داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد، که این تلفات می‌تواند بسیار زیاد باشد. راه‌کارهای مختلفی برای مقابله با این مشکل وجود دارد. اَشکال دیگری از کودهای حاوی نیتروژن، از قبیل نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم را که بخار نمی‌شوند می‌توان استفاده نمود. هرچند که این منابع معمولاً گران تر بوده و همیشه در دسترس نیستند. استفاده از سیستم‌های حداقل خاکورزی می‌تواند بسیاری از خواص بیخاکورزی را حفظ نموده در حالی که اجازه اختلاط کود با خاک را بطور کافی به منظور کاهش تلفات تبخیر فراهم می‌کند.. بهترین راه برای مقابله با تبخیر کود اوره در سامانه بیخاکورزی تنظیم زمانی کودهی است بطوریکه پس از مصرف کود حداقل ۱/۵ سانتیمتر باران یا آبیاری داشته باشیم. مصرف نواری بجای پاشیدن کود در سطح خاک همچنین می‌تواند تصعید کود را کاهش دهد. مصرف نواری کود مایع UAN یک عمل رایج جهت کاهش هدرروی نیتروژن است. یک سیستم بینابینی می‌تواند شامل تزریق مواد حاوی اوره در خاک باشد. بسیاری از تزریق‌کننده‌ها بهم‌خوردگی کمی در سطح خاک ایجاد نموده و تمامی بقایای گیاهی را در سطح خاک حفظ کرده در حالی که نیتروژن را درون خاک طوری جای داده که تلفات تبخیر را کاهش می‌دهد. تزریق نیتروژن به زیر سطح خاک نیز می‌تواند تثبیت ازت را بعلت مواد آلی بیشتر در سطح خاک در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی کاهش دهد. تثبیت ازت مشکل جدی نبوده زیرا بطور موقتی ازت را تثبیت می‌کند. در موارد که در آن میزان نیتروژن خاک در حد بحرانی است تثبیت ازت می‌تواند، منجر به کمبود N در اوایل فصل رشد گیاه شود.

استفاده از خاکورزی حفاظتی به طور بالقوه می‌تواند هدر رفت N را از طریق دینیترفکاسیون به علت مواد آلی بیشتر و معمولاً رطوبت بیشتر خاک افزایش دهد. همچنین، به دلیل نفوذ بیشتر آب در خاک از طریق نفوذ در توده خاک و نفوذ ترجیهی آب در تَرک‌ها و خلل فرج بزرگ در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی، پتانسیل بیشتری برای هدرفت ازت از طریق آبشویی وجود دارد. با این حال کشاورزان می‌توانند امکان شستشوی ازت را با زمانبندی مصرف آن و در هنگامیکه گیاه آماده جذب ازت است؛ کاهش دهند، تا در نتیجه آن مدّت زمانیکه نیتروژن در خاک باقی

www.SID.ir

Archive of SID

مانده و مستعد آبشویی است کاهش یابد. برای مثال در کشت ذرت شرایط برای دیتیریفیکاسیون و آبشیویی در اوایل بهار بیشترین میزان است. ولی جذب ازت تا حدود ۳۵ روز بعد از استقرار بسیار کم است. به تأخیر انداختن مصرف عمده نیتروژن (۵۰ تا ۹۰ درصد) تا زمانی که ذرت به ارتفاع ۲۵ تا ۵۰ سانتیمتر (هشت برگی) رشد کند به کشاورزان اجازه می‌دهد تا از هدر رفت نیتروژن در اوایل دوره رشد در بهار که زمین مرطوب و احتمال هدر روی ازت بیشترین مقدار است جلوگیری کرده و همچنین نیاز گیاه را به ازت تامین کند. آب و هوای مرطوب در پاییز می‌تواند به از دست رفتن ازت، به خصوص در روش کمخاکورزی که خاک مرطوبتر است منجر شود. بهترین راه برای به حداقل رساندن این تلفات مدیریت دقیق میزان مصرف نیتروژن بوده تا میزان کمی ازت اضافی در پایان فصل رشد در زمانیکه که جذب نیتروژن متوقّف می‌شود در خاک باقی بماند. اگر میزان مصرف صحیح باشد و هدر روی نیتروژن در پاییز کم باشد، میزان زیادی نیتروژن در پایان فصل رشد برای آبشویی باقی نمانده است.

دماهای سردتر خاک در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی ناشی از پوشش باقی مانده-گیاهی بالا، مدیریت ازت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این اثر به خصوص هنگامی که تولید کنندگان از منابع آلی نیتروژن مانند کودهای حیوانی و کود سبز مانند لگوها استفاده می‌کنند؛ آشکارتر است. بطور کلی دمای سردتر خاک معدنی شدن مواد آلی خاک را کندتر نموده و در نتیجه تولید فرم‌های مختلف نیتروژن در دسترس محصول را کند می‌سازد. این فرایند اغلب زمانی مشاهده می‌شود که ذرت بعد از گیاهان پوششی لگومینه در زمین کشت شود. ذرت کاشته شده بدون شخم در گیاهان پوششی لگومینه در اوایل فصل رشد معمولا به رنگ سبز تیره گیاهی که در یک زمینی با پوشش لگومینه با شخم با خاک مخلوط شده نخواهد بود. در اغلب موارد رنگ کمتر تیره گیاه در اوایل فصل رشد بر عملکرد ذرت در سیستم‌های مختلف خاکورزی اثری نخواهد داشت. دوران طولانی هوای سرد در طول فصل رشد می‌تواند عملکرد محصول راکاهش داده لیکن این موارد بندرت رخ می‌دهد.

جای‌گذاری کود نیتروژن در سامانه بی‌خاکورزی ازخاکورزی مرسوم مهمتر است. به طور طبیعی، اگر نیتروژن در محلی قرار گیرد که ریشه گیاه به آن دسترسی پیدا کند، روش جایگزاری کود خیلی مهم نیستند. به عنوان مثال، ذرت می‌تواند نیتروژن خود را از یک نوار بین دو پشته جذب کند. با توجه به اینکه در خاکورزی حفاظتی ریشه‌های بیشتر در نزدیکی سطح خاک متمرکز هستند، مصرف نواری ازت در سطح خاک می‌تواند بیشتر در دسترس گیاه نسبت به خاکورزی مرسوم باشد. با این حال، شانس فشردگی خاک در بین دو ردیف کشت بیشتری از خود ردیف کشت بوده زیرا در روش بیخاکورزی جهت سست کردن رد پای چرخ‌های هیچ نوع خاکورزی صورت نمی‌گیرد. اگر بین دو ردیف کشت فشردگی شود؛ رشد ریشه ممکن است در وسط پشته

www.SID.ir

Archive of SID

محدود گردد. بنابراین خاک در محل جایگزاری نیتروژن در روی پشته متراکم می‌شود و برای گیاه ممکن است قابل استفاده نباشد.

فسفر

رفتار فسفر (P) با فقدان تحرک شیمیایی در خاک مشخص می‌شود. بر خلاف نیتروژن، که می‌تواند به روش‌های گوناگونی هدر رود، فسفر معمولا تنها توسط رواناب یا فرسایش به‌هدر می‌رود. اگرچه خاک حاوی فسفات محلول بسیار کمی (PO_4) در هر زمان است، مقدار زیادی فسفر همیشه در خاک وجود دارد و قسمتی از این فسفر در بخشی از ماده آلی خاک است. دسترسی به فرم‌های آلی فسفر فصلی است زیرا برای تجزیه مواد آلی توسط فعالیت‌های میکروبی خاکی مرطوب و گرم لازم است. بیشتر فسفر در خاک به اشکال غیر آلی است و به جای حل شدن در محلول خاک، بیشترین میزان آن با درجات مختلف چسبندگی، به ترکیبات آهن و آلومینیوم در خاک متصل شده‌اند. ذخیره مجدد فسفر محلول خاک از آن دسته از ترکیباتی که فسفات آنها ضعیف ترین اتصال را به ذرات خاک دارند، تأمین می‌شود. فسفر با تعدادی از یون‌های فلزی کمپلکس‌های محلول می‌سازد.محلول خاک معمولا دارای تعدادی یون های فلزی است که علاوه بر فسفات،با یون های دیگری نیز واکنش می دهند.فسفر نیز خود ممکن است در واکنش های همگن شرکت می کند. خاک قادر است مقدار زیادی از کود فسفری را که به آن اضافه می شود تثبیت کند.به طوری که فقط ۱۰ تا ۳۰٪ کود فسفری که به خاک داده می شود در همان سال به وسیله گیاه می تواند جذب شود. بیشترین میزان فسفر در دسترس گیاهان در محدوده pH ۶/۵ تا ۷/۰ است. فسفر محلول در خاک باید بیش از ۵۰۰ بار در طول فصل رشد برای پاسخگویی به نیازهای تغذیه‌ای محصول تجدید شود.

در pH پایین تر، در خاک خیلی اسیدی، آهن و آلومینیوم بیشتری برای تشکیل ترکیبات نامحلول فسفات، در دسترس است بنابراین، فسفات کمتر در دسترس گیاه است. حتّی هنگامی که pH خاک در محدوده بهینه است، فسفر می‌تواند به شدت به ذرّات خاک متصل شده بطوریکه نتواند فسفر محلول در خاک را مجدداً تامین کند و برای گیاه قابل استفاده نیست. قابلیت فسفر برای جذب شدن به اشکال غیر قابل دسترس در میان خاک‌ها متفاوت بوده و به میزان آهن، آلومینیوم، و نوع رس خاک بستگی دارد. فرم‌های مختلف فسفر به طور مستقل در خاک عمل نمی‌کنند، بلکه بین فرم‌ها مختلف فسفر تعادل وجود دارد. هنگامی که فرم‌های فسفر محلول به خاک اضافه شود، در تعادل اختلال پیش می‌آید. در ابتدا سطح فسفر محلول خاک بالا هستند، اما در مدّت یک یا دو روز، بیشتر فسفر اضافه شده با آلومینیوم، آهن و سطوح رس خاک واکنش نشان می‌دهد. در طول یک دوره چند هفته یا بیشتر، بتدریج به اشکال کمتر محلول تبدیل

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. هنگامی که گیاه فسفر محلول خاک جذب نمود؛ برخی از اشکال کمتر محلول فسفر، محلول شده و جایگزین فسفر جذب شده می‌گردند.

به علت کم تحرکی فسفر و تثبیت آن در خاک، جایگذاری کود فسفر می‌تواند بر دسترس بودن آن تأثیرگذار باشد. کودهایی که در سطح خاک پخش شوند و خاک پس از آن شخم‌زده شود با میزان زیادی خاک مخلوط و در نتیجه در حجم زیادی از خاک بطور یکنواخت پخش می‌شود. به این ترتیب، احتمال تماس ریشه با کود به حداکثر میزان خود می‌رسد. با این حال، کود نیز جذب ذرات خاکی که با آن تماس پیدا کرده شده و به اشکال کمتر در دسترس گیاه تعییر فرم می‌دهد. هنگامی که کود به صورت نواری و متمرکز شده جایگذاری شود، با خاک تماس کمتری داشته و به این ترتیب حداقل میزان تثبیت را دارد. با این حال، عدم تحرک فسفر از محل جایگذاری شده، تعداد ریشه‌های مورد تماس با کود را نیز به حداقل می‌رساند. هر چه قابلیت تثبیت فسفر در خاک بیشتر باشد اهمّیت کاهش تثبیت فسفر با مصرف نواری آن بیشتر است. پاسخ گیاه به قرار دادن کود فسفر با توجه به ویژگی‌های ریشه، میزان فسفر خاک و درجه حرارت خاک پیچیده‌تر می‌شود. محدودیت جایگذاری کود در روش بی‌خاکورزی اغلب تجمع مواد غذایی در نزدیکی سطح خاک را بهمراه دارد. هنگامی که مدیریت صحیح بقایای گیاهی اعمال شود، بنظر می‌رسد که ریشه ذرت به رطوبت خاک و جایگذاری کودها در کشت بیخاکورزی که با تمرکز بیشتر ریشه در سطح خاک همراه است؛ پاسخ مناسب دهد. بنابراین جذب عناصر غذایی در حالت مصرف سطحی در روش بیخاکورزی معمولاً برابر با یا بیشتر از جذب در شرایط شخم مرسوم است.

اینکه آیا تولید کنندگان باید کود فسفر را بصورت نواری جایگذاری کنند یا در سطح خاک پخش کنند، بیشتری به وضعیت فسفر خاک بستگی دارد. در خاک با سطح بهینه یا سطوح بالای فسفر، جایگذاری نواری کمتر سودمند است و پخش سطحی به طور کلی مناسب است و حتّی گاهی اوقات ارجحیت دارد. به نظر می‌رسد محصولات ردیفی به طور کلی و به خصوص ذرت، زمانی که خاک حاوی سطوح نسبتاً بالایی از فسفر در سراسر منطقه رشد ریشه است عملکرد بیشتری دارد. تحقیقات نشان داده است که در خاک‌هایی که آزمون خاک فسفر کمتری را نشان می‌دهد ترکیبی از کاربرد فسفر بصورت جایگذاری موضعی و پخشی محصول بسیار بیشتری را نسبت به استفاده از یک روش به تنهایی دارد. برتری روش ذخیره‌سازی و بالابردن سطح فسفر خاک در منطقه ریشه می‌تواند نشانه‌ای از نیاز سرتاسر محیط رشد ریشه به جذب فسفر باشد. در مقایسه، غلات ریزدانه سیستم ریشه محدود تری داشته که قابلیت آنها را برای استفاده از فسفر خاک محدود می‌نماید. علاوه بر این، فصل رشد آنها کوتاهتر بوده و اغلب در دماهای سردتر رشد می‌کنند. بنابراین، جایگذاری فسفر برای غلات ریز دانه و گیاهان چند ساله مهمتر است. حصول

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد بیشتر در روش مصرف نواری فسفر امری عادی است، به ویژه در خاکی که فسفر کم یا توانایی بالایی در تثبیت فسفر دارد. میزان توصیه فسفر در روش پخش سطحی و مخلوط کرن آن با خاک برای غلات اغلب دو برابر میزان مصرف فسفر بصورت نواری است، زیرا سطح فسفر بالاتر خاک با کاهش قابلیت جذب فسفر توسط گیاه خنثی شده و توانایی جذب فسفر را کاهش می‌دهد. در مزارعی که میزان فسفر خاک تا حد بهینه یا بالاتر افزایش یابد؛ جایگذاری نواری یا پخش سطحی اثر یکسانی دارد. برای کسب موفّقیت در اجرای بی‌خاکورزی بسیار مهم است که سطح فسفر خاک قبل از شروع بیخاکورزی، در لایه شخم تا حد بهینه افزایش یابد. اگر بیخاکورزی با میزان بهینه فسفر شروع شود، امکان نگهداری این سطح فسفر به روش پخشی و مصرف فسفر زمان کشت امکان پذیر است.

مصرف کود اصلی در زمان کاشت خود یک نوع جایگذاری نواری در یک زمان مشخص است. حتّی اگر در حال برنامه‌ریزی برای مصرف اکثر کود فسفر مورد نیاز بصورت پخشی هستید، جایگذاری نواری فسفر در محصولات بهاره، به خصوص ذرت لازم است. خصوصاً در قطعات بیخاکورزی، رشد محدود ریشه و همزمانی آن با سردی و رطوبت بالای خاک در اوایل فصل می‌تواند فراهمی فسفر و توانایی جذب آنرا توسط گیاهان کاهش دهد. قدرت رشد اولیه گیاه و عملکرد نهایی اغلب توسط مصرف نواری کود در زمان کاشت در نزدیکی ریشه گیاه جوان حتی زمانیکه میزان فسفر خاک بالا باشد یا زمانی که کود آلی به کار رفته است، بهبود می‌یابد. مخلوط نمودن فسفات با کود آمونیوم- نیتروژن‌دار جذب فسفر گیاه را افزایش می‌دهد. فسفر به خودی خود دارای اثر نمک کمی است و مصرف نزدیک آن به بذر امکان پذیر است. با این حال، اگر فسفر همراه با نیتروژن و پتاسیم استفاده شود باید حدود ۵ سانتیمتر از بذر فاصله داشته باشد و میزان مصرف باید محدود بوده و از ۷۰ کیلو در هکتار نیتروژن و K_2O بیشتر نشود. حلالیت بالای منابع فسفر مصرفی در زمان کشت مهم است. فسفات آمونیوم این خاصیت را داشته و همزمان حاوی نیتروژن می‌باشد. با این‌حال، دی فسفات آمونیم diammonium Phosphate (DAP) با محلول خاک واکنش نشان می‌دهد و آمونیاک تولید می‌نماید، که به طور بالقوه برای ریشه گیاه جوان سمّی است. بنابراین، میزان استفاده از DAP به عنوان یک منبع کودی در زمان کاشت را باید پایین نگه داشته و حداقل ۵ سانتیمتر از بذر فاصله داشته باشد.

از آنجا که بیشترین مقدار فسفر از طریق رواناب و فرسایش هدر می‌رود، شیوه‌های خاکورزی حفاظتی که رواناب و فرسایش را کاهش می‌دهد، برای کاهش هدر رفت فسفر و آلودگی بالقوه مهّم است. متأسفانه تحقیقات خاکورزی حفاظتی نشان داده است که یک مبادله دو طرفه بین این دو عامل وجود دارد. هدر رفت فسفر از طریق کاهش میزان فسفر متصل به رسوبات شدیداً کاهش می‌یابد، لیکن مواد غذایی بعلت عدم مخلوط شدن خاک درلایه‌های سطحی بیشتر تثبیت

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. اگر روان آب کاهش نمی‌یافت، جریان آب در سطح خاک می‌توانست مقدار بسیار زیادی از فسفر محلول را با خود از مزرعه خارج نماید و بالقوه آبهای سطحی را آلوده سازد. در یک مطالعه با استفاده از تیمارهای مختلف خاکورزی، در تیمار خاکورزی حفاظتی میزان هدر رفت فسفر توسط فرسایش ۸۸ درصد کاهش یافت، در حالیکه کل میزان فسفر هدر رفته به علت افزایش غلظت فسفر قابل حل در روان آب فقط ۹ درصد بود.

پتاسیم

در بیشتر خاک‌های کشاورزی حدود ۲۴ هزارکیلوگرم پتاسیم در هکتار وجود دارد. بنابراین، کمبود این عنصر غذایی قطعاً در خاک جهت تامین نیاز گیاه وجود ندارد. با این‌حال، پتاسیم حداقل در سه شکل در خاک وجود دارد: شکل محلول، تبادلی، و معدنی. همانند سایر مواد غذایی، پتاسیم توسط ریشه‌های گیاه فقط از طریق محلول خاک جذب می‌شود. اما، پتاسیم در بخش محلول خاک نسبت بسیار کوچکی از کل پتاسیم در خاک است. پتاسیم محلول خاک توسط گیاهان جذب شده باید با پتاسیم منابع دیگر برای پاسخگویی به نیاز گیاه در حال رشد جایگزین شود. این جایگزینی در درجه اول از منبع پتاسیم به حالت قابل دسترس "پتاسیم تبادلی" بدست می‌آید.

پتاسیم تبادلی، مانند دیگر آنیون‌ها از قبیل منگنز (Mg)، کلسیم (Ca)، آلومنیم (Al) توسط خاک بطور ضغیفی توسط سطوح با بار منفی خاک همانند یک آهنربا به یخچال جذب می‌شود؛ میزان بار منفی خاک یک خصوصیت مهم خاک بوده که ظرفیت تبادلی (CEC) خاک نامیده می‌شود. هنگامی که پتاسیم به خاک اضافه می‌شود، مکان‌های دارای بار منفی بر روی ذرات خاک را با تبادل آنیونهای خاک، اشغال می‌کند. با جذب پتاسیم توسط گیاه پتاسیم از این منابع بداخل محلول خاک منتشر شده و میزان آن وابسته به مقدار پتاسیم محلول و نسبت پتاسیم اشغال شده بر روی CEC به کل CEC خاک است. بنابراین، مقدار قابل تعویض پتاسیم با میزان پتاسیم قابل جذب گیاه همبستگی دارد. این مقدارپتاسیم قابل جذب توسط آزمون خاک اندازه‌گیری می‌شود. بیشترین میزان پتاسیم خاک در بخش معدنی خاک است، که بطور محکمتری به خاک متصل شده یا در درون ساختار بلورهای خاک مبحوس گردیده است. این شکل پتاسیم غیر قابل تبادل نامیده شده و بطور کلی قابل دسترس نبوده و یا بطور کند وآهسته‌ای برای گیاه قابل استفاده است. بنابراین این بخش ازپتاسیم توسط آزمون خاک اندازه‌گیری نمی‌شود. تجزیه مواد آلی در خاک کمک کمی به پتاسیم قابل استفاده برای گیاه نموده زیرا پتاسیم یک عنصر غذایی محلول بوده که براحتی از بقایای تازه گیاهی و کودهای آلی

www.SID.ir

Archive of SID

آبشویی می‌شود. از طرف دیگر مواد آلی به سبب ظرفیت بالای تبادلی، مکان‌های با بار منفی زیادی را برای جذب پتاسیم قابل تبادل در خاک فراهم می‌کنند.

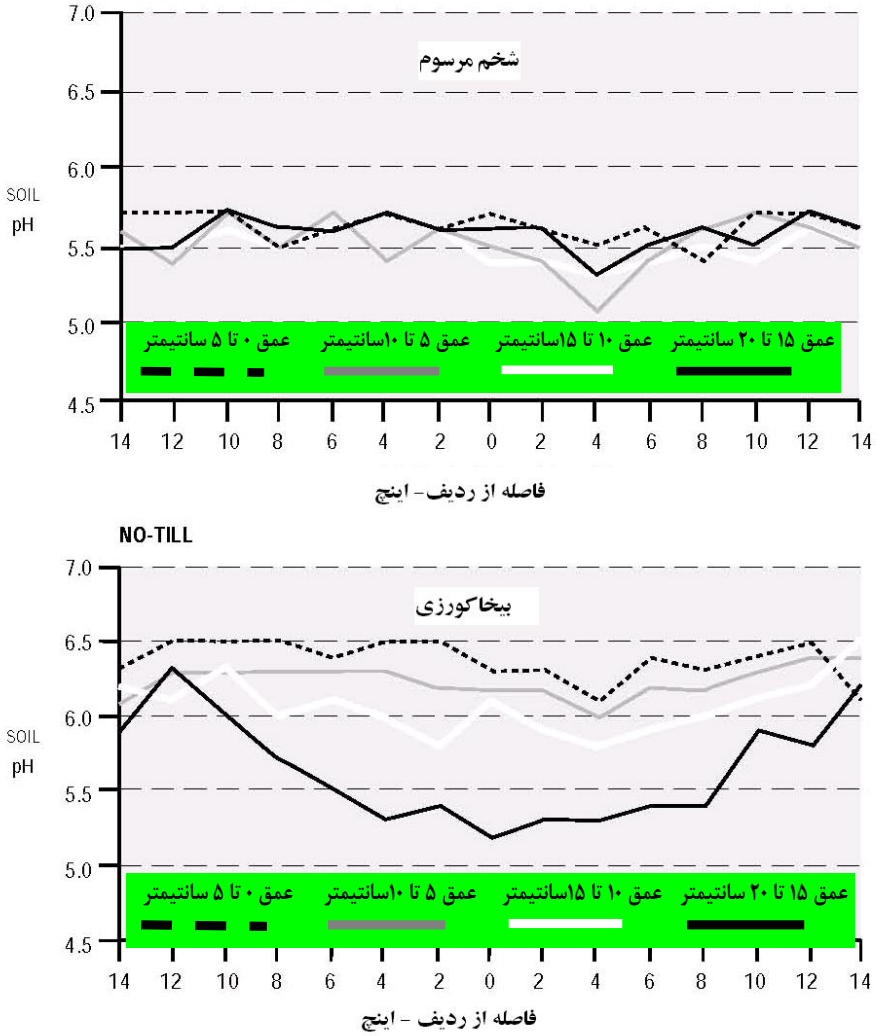
تحرک پذیری پتاسیم متوسط بوده و بین N و P قرار دارد. رفتار پتاسیم بمیزان یونیایی N نبوده زیرا که هیچ فرم شیمیایی پتاسیم که می‌توان فرار باشد وجود ندارد و اختلاط آن برای کاهش هدر رفت آن لازم نیست و در اغلب خاک‌ها پتاسیم به طور زود هنگامی به اشکال غیر قابل جذب تبدیل نمی‌شود. با این حال، پتاسیم متحرک‌تر از فسفر بوده و قرار دادن دقیق آن در خاک تا حد فسفر مهم و حیاتی نیست. بهرحال، در بعضی از خاک‌ها، بخصوص خاک‌های با میزان پتاسیم کم ممکن است از روش مصرف نواری پتاسیم سود برند. در خاک‌های مطلوب و با آزمون بالای پتاسیم بین روش پخشی و جایگذاری نواری کود اختلاف کمی وجود دارد. همچنین کابرد پتاسیم به عنوان یک کود اصلی نسبت به فسفر مهم نیست. بعلاوه مطالعات نشان داده است که مصرف پتاسیم به عنوان کود اصلی در کشت بیخاکورزی مهمتر از کشت مرسوم است. بنابراین کود کامل N-P-K باید بعنوان کود اصلی در هنگام یا قبل از کشت در خاکورزی حفاظتی استفاده شود. تهیه نمونه خاک جهت آزمون خاک در سیستم خاکورزی حفاظتی به علّت لایه‌بندی خاک نیاز به برخی ملاحظات خاص دارد. شکل ۳ توزیع متفاوت pH رادر خاکورزی مرسوم و بی‌خاکورزی عمود بر ردیف کشت را نشان می‌دهد.

pH اعماق مختلف خاک:

در سیستم‌های خاکورزی مرسوم، هیچ الگوی مکانی آشکار pH خاک وجود ندارد و فقط دارای برخی از تغییرات تصادفی است که در سرشت طبیعی مواد پیچیده‌ای مانند خاک است. با این حال، در روش بیخاکورزی یک الگوی بسیار متمایز در pH خاک مشاهده می‌شود. کمترین مقدار pH در نزدیکی سطح بوده، و pH خاک تمایل به افزایش با عمق دارد. در درجه اول این الگو به علت اثر اسیدی کننده کود نیتروژن استفاده شده در سطح خاک در سیستم بیخاکورزی است که می‌تواند منجر به کاهش رشد ریشه، کاهش دسترسی به مواد غذایی و کاهش اثر علف کش‌ها شود. اگر قطعه زمین دارای مدیریت بی‌خاکورزی ذرت بدون شخم برای دو سال متوالی یا بیشتر بوده توصیه می‌شود که pH سطح خاک با یک وسیله قابل اطمینان اندازه‌گیری شود.

www.SID.ir

Archive of SID



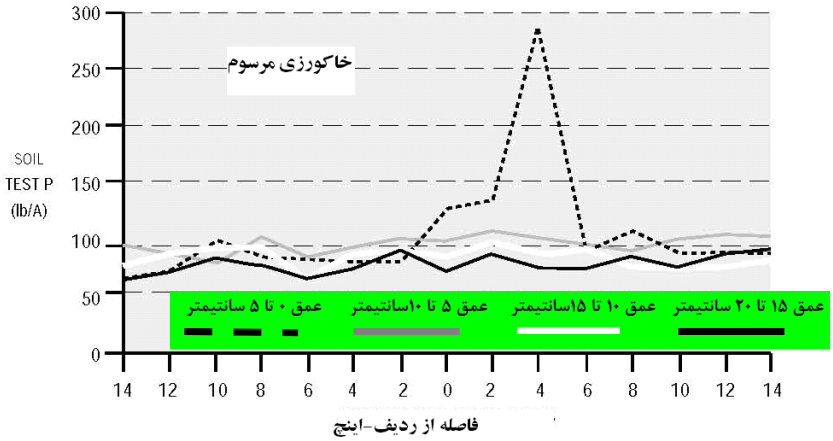
شکل ۳. توزیع pH خاک در سراسر ردیف کشت ذرت در سیستم‌های خاکورزی مرسوم و بیخاکورزی

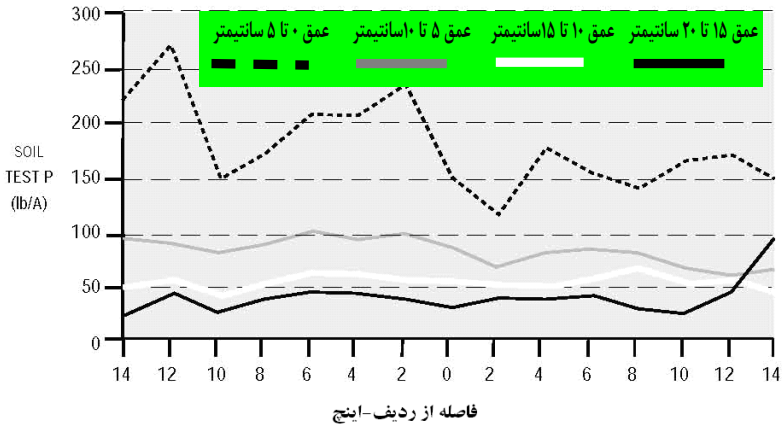
چندین نمونه استوانه‌ای با عمق کمتر از ۵ سانتیمتر از قطعه بیخاکورزی تهیه کنید و آنهارا در یک سطل کاملاً تمیز مخلوط کنید و یک نمونه از آنرا برای تعیین pH خاک استفاده کنید. یک وسیله اندازه‌گیری دقیق، قابل اعتماد و با دوام می‌تواند برای اندازه‌گیری قابل اطمینان pH خاک

www.SID.ir

Archive of SID

در مزرعه سال‌ها مورد استفاده قرار گیرد. به طور معمول برای اندازه‌گیری pH خاک یک بسته ساده pH رنگ سنجی یکی از رضایت بخش‌ترین روش‌ها





www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴. توزیع فسفر خاک در اعماق مختلف خاک در سراسر ردیف کشت ذرت در سیستم‌های خاکورزی مرسوم و بیخاکورزی

برای استفاده در مزرعه است. اگر pH سطح خاک کمتر از ۶/۲ است، یک نمونه استاندارد خاک را برای تجزیه‌های استاندارد به آزمایشگاه ارسال دارید. مقدار توصیه شده آهک را در اسرع وقت قبل از کشت در زمین مصرف کنید. اگر این نمونه استاندارد نیاز به مصرف سنگ آهک را نشان نمی‌دهد و pH سطح خاک کمتر از ۶/۲، ۲۰۰۰ کیلوگرم کربنات کلسیم معادل در هکتار هر دو سال یک بار مصرف کنید. این مقدار باید برای خنثی کردن اسیدیته ایجاد شده توسط نیتروژن مصرف شده در سطح خاک کافی باشد.در سیستم خاکورزی مرسوم تنها الگویی که قابل مشاهده است فسفر بالای خاک حاصل از مصرف نواری کود اصلی فسفر در کشت قبلی در سطح خاک می‌باشد. بنابراین، نمونه خاک باید از وسط ردیف‌های قدیمی گرفته شود. نمونه‌هایی که خیلی نزدیک به ردیف گرفته می‌شوند ممکن است بطور مصنوعی و غیر واقعی نتایج بالایی از آزمون خاک را در نوار جایگذاری کود نشان دهند. همانطوریکه از نتایج pH خاک دیده می‌شود، برخی تغییرات تصادفی در یک جسم ناهمگن امری عادی است. با این حال، در سیستم بیخاکورزی، یک الگوی بسیار متمایز در مقدار فسفر خاک دیده می‌شود. مقدار زیادی فسفر در نزدیکی سطح خاک وجود دارد و این مقدار تمایل به کاهش با افزایش عمق دارد. این کاهش به علت عدم تحرک فسفر مصرف شده در سطح خاک بوده که تمایل به ماندگاری در محل مصرف را دارد. حتی اگر سیستم بیخاکورزی مقداری شخم زده شود، الگوی لایه‌بندی pH و فسفر خاک بسیار شبیه به شکل ۳ و ۴ در سیستم بیخاکورزی خواهد بود. از آنجا که سیستم بیخاکورزی برای عدم مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک طراحی شده است، میزان اختلاط عمودی کم است. بنابراین، عمق نمونه‌برداری در سیستم بی‌خاکورزی بسیار مهم است. کشاورزان با استفاده از شخم مرسوم نتایج تقریباً یکسانی در داخل لایه شخم بدون در نظر گرفتن عمیق خاک بدست خواهند آورد. در روش شخم حفاظتی، نمونه‌های سطحی معمولاً سطوح پایین تر pH و بالاتر فسفر و پتاسیم را نشان می‌دهد. در حال حاضر توصیه تهیه نمونه خاک تا عمق شخم قدیم است؛ که بهتر است با مشاهده لایه‌های مختلف خاک در نیمرخ خاک در هنگام نمونه برداری همانگونه انجام شود.

کودهای حیوانی

کود حیوانی منبع قابل توجهی از مواد غذایی در بسیاری از مزارع است. برای مصرف مؤثر کود به عنوان یک منبع مواد غذایی، محتوا و رفتار مواد غذایی موجود در کود باید شناخته شود. بهترین

www.SID.ir

Archive of SID

روش تعیین مواد غذایی کود آزمایش یک نمونه واقعی از کود است. اعداد کتابی به طور متوسط میانگین خوبی از محتوای مواد غذایی کود بدست می‌دهند، اما تجزیه عملی ممکن است، حتی ۱۰۰ درصد کمتر یا بیشتر از نتایج کتابی متفاوت باشد. رفتار مواد غذایی موجود در کود برای عناصر مختلف متفاوت است. بنابراین، ملاحظات مدیریتی برای استفاده از کود در سیستم خاکورزی حفاظتی متفاوت است.

نیتروژن در کود را می‌توان به دو بخش عمده تقسیم کرد: بخش مواد آلی نا پایدار و بخش مواد آلی پایدار. بخش آلی نا پایدار عمدتاً اوره بود که به سرعت به ازت آمونیومی و سپس در اثر نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل می‌شود. در مورد خاکورزی حفاظتی رفتار این بخش معدنی نیتروژن در بخش‌های قبلی شرح داده شد. لیکن یک رابطه کاملاً منحصر بفردی بین کودهای آلی و سیستم خاکورزی حفاظتی وجود دارد. از آنجایی‌که بیشتر نیتروژن کود بصورت اوره است، در صورتیکه کود با خاک مخلوط نشود؛ همانند سیستم بی‌خاکورزی قابلیت زیادی در هدر رفت نیتروژن در پروسه تصعید آمونیم وجود دارد.

در یک سیستم خاکورزی حفاظتی مخلوط کردن کود با خاک میزان دسترسی به نیتروژن را افزایش می‌دهد. با این حال، هدف از خاکورزی حفاظتی باقی گذاشتن حداکثر میزان بقایای گیاهی در سطح خاک است. برای به حداکثر رساندن دسترسی به نیتروژن لازم است که کود کاملاً با خاک مخلوط شود. شاید بهترین سازش در حال حاضر تزریق کود حیوانی مایع به طور مستقیم در خاک است. این روش بطور کامل کود را زیر خاک کرده و حداقل میزان بقایای گیاهی را با خاک مخلوط می‌کند. همچنین همانند استفاده از کود اوره ۱/۲۵ سانتیمتر باران بلافاصله بعد از مصرف هدر روی نیتروژن را کاهش می‌دهد. یکی دیگر از مشکلات خاصیت اسیدی کننده نیتروژن کود حیوانی بوده که در بخش اسیدی شدن خاک در مورد آن بحث گردد.

چون کود حیوانی حاوی مقدار قابل زیادی مواد آلی و نیتروژن است، استفاده از کود حیوانی موجب تجمع بیشتری از مواد آلی در خاکورزی حفاظتی در سطح خاک می‌گردد. همانطوریکه قبلاً ذکر شد در خاکورزی حفاظتی این تجمع مواد آلی در نزدیکی سطح خاک می‌تواند هدر روی نیتروژن را از طریق تثبیت و دینیتریفیکاسیون افزایش دهد. پتانسیل هدر روی نیتروژن از طریق دینیتریفکاسیون از طریق تزریق کود مایع زیاد است. زمانیکه کود مایع حیوانی تزریق شود، منطقه تزریق در حالت اشباع بوده و در نتیجه تمامی شرایط لازم را برای دینیتریفیکاسیون شامل ازت نیتراته، مواد آلی و رطوبت خاک را دارد.

نیتروژن موجود در مواد آلی پایدار خاک، به آرامی در طول چندین سال توسط میکروب‌های خاک تجزیه می‌شوند. از آنجا که این یک فرآیند بیولوژیکی است، به شرایط محیطی موجود محل

www.SID.ir

Archive of SID

استقرار کود بسیار حساس است. در کمخاکورزی و به ویژه، بیخاکورزی شرایط محیطی از خاکورزی مرسوم متفاوت است. بنابراین تجزیه این بخش از مواد آلی و رها شدن نیتروژن از آن با شدت متفاوتی رخ می‌دهد. به طور کلی، شدت تجزیه کود در سیستم‌های کمخاکورزی به علت کاهش اختلاط کود و خاک، کاهش هوادهی رطوبت بالاتر و درجه حرارت کمتر کاهش می‌یابد. فسفر موجود در کود فقط به آرامی در دسترس محصول قرار می‌گیرد. با این حال، فسفر موجود در کودهای حیوانی به راحتی کودهای فسفر بسیار قابل محلول در خاک تثبیت نمی‌شود. نتیجه نهایی این است که برای ذخیره سازی فسفر در خاک میزان فراهمی فسفر خاک در کود حیوانی همانند فسفر در کودهای معدنی بوده، هرچند که مکانیزم آنها متفاوت است. فسفر موجود در کود حیوانی را می‌توان به میزان برابر جایگزین فسفر کودهای معدنی نمود. با این حال یک استثناء برای این قاعده موجود است. با توجه به اینکه فسفر از منبع کود حیوانی به آرامی آزاد می‌شود، نمی‌توان آنرا جایگزین فسفر بعنوان کود اصلی در زمان کشت نمود که این رفتار نکته مهمی در سیستم خاکورزی‌حفاظتی است. بنابراین، حتی اگر فسفر کود حیوانی در مقادیر کافی استفاده شود، هنوز هم ممکن است استفاده از کود معدنی فسفر در زمان کاشت مفید باشد. همانند بخش نیتروژن کود حیوانی، سیستم کمخاکورزی بر فعالیتهای بیولوژیکی خاک و بنابراین سرعت رهاسازی فسفر اثر می‌گذارد. در شرایط کمخاکورزی فسفر کود حیوانی در خاک تجمع می‌یابد. بنابراین در تناوب زراعی میزان فسفر مصرف شده بیش از نیاز گیاه در کشت بعدی مصرف خواهد شد. پتاسیم موجود در کود حیوانی بیشتر همانند پتاسیم موجود در کودهای شیمیایی به شکل محلول در خاک بوده، بنابراین، پتاسیم کود حیوانی را می‌توان بطور برابر و مساوی جایگزین پتاسیم کود معدنی نمود.

حلالیّت بالای پتاسیم موجود در کود حیوانی در صورت تکرار زیاد مصرف کود حیوانی بخصوص در خاک‌های سبک می‌تواند منجر به افزایش بیش از حد نمک محلول در خاک شود. تجمع بیش از حد نمک بخصوص زمانیکه مقادیر بالایی از کود مرغی قبل از کشت مصرف شود مشکل‌ساز خواهد بود. همانند فسفر، پتاسیم املاح در خاک تجمع یافته و بنابراین در دوره‌ای از تناوب زراعی می‌تواند ذخیره و در دوره‌ای دیگر مصرف شود. همانطوریکه که قبلاً گفته شده مدیریت پتاسیم چندان تحت تأثیر روش خاکورزی قرار نمی‌گیرد.

در روش بی‌خاکورزی برای مصرف کود حیوانی در اثر تردد ماشین‌آلات پخش کود، خاک به فشرده شدن تمایل بیشتری دارد. به علت فشار تدارکاتی برای پخش بموقع کود در بهار و تردد ماشین آلات سنگین و همراه شدن آن با بیخاکورزی منجر به مشکل افزایش تراکم خاک می‌شود. ساده‌ترین راه برای جلوگیری از تراکم خاک اجتناب از پخش کود در خاک مرطوب است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده:

- اسدی، ا. افیونی، د. همت، ع. و س، فرهمند. (۱۳۸۵). مقایسه کشت پشته‌ای و مسطح گندم آبی و بررسی امکان حفظ پشته‌ها به روش کم‌خاک‌ورزی برای کاشت ذرت علوفه‌ای. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۷. شماره ۲۸. صفحه ۲۷-۴۰.
- اسدی، ا. و ع. همت. (۱۳۷۷). اثرات شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی بر روی محصول گندم آبی و مقایسه پارامترهای عملکردی آنها. گزارش پژوهشی نهایی. نشریه شماره ۱۰۶. ۸۵ صفحه.
- اسدی، ا. و م. یحیی‌آبادی. (۱۳۸۵). اثر مدیریت بقایای جو بر برخی خصوصیات گیاه و خاک در تناوب جو- ذرت. گزارش پژوهشی نهایی. شماره ثبت ۸۵/۸۹۹.
- بای‌بوردی، م. (۱۳۷۰). فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه اصفهان.
- تاکی، ا و ا. اسدی. ۱۳۸۸. خاک‌ورزی حفاظتی در مناطق خشک و لزوم آن در کشاورزی پایدار. سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان
- تاکی، ا. (۱۳۸۵). بررسی اثر مدیریت بقایای گیاهی در کشت متناوب گندم آبی با محصولات ردیفی بر عملکرد محصول، مواد آلی و پایداری خاکدانه‌ها.
- حق نیا، غ. ح و ع. کوچکی. (۱۳۷۵). مدیریت پایدار خاک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۴ صفحه.
- کوچکی، ع. م، حسینی و ح. خزراعی. (۱۳۷۶). نظام‌های کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۸ صفحه.
- محمدجعفر ملکوتی، م. ج. و م. همایی. (۱۳۷۴) حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک "مشکلات و راه حل‌ها". دانشگاه تربیت مدرس.
- همت، ع. و ا. اسدی. (۱۳۷۶). اثرات سیستمهای کاشت، بی‌برگردان‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر عملکرد دانه گندم آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۸. شماره ۱.
- همت، ع. و م.ر. مصدقی. (۱۳۸۰). خاک‌ورزی برای تولید محصول در مناطق کم‌باران (ترجمه). انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۶۱ صفحه.
- Blevins, R.L., M.S. Smith, G.W. Thomas and W.W. Frye. 1993. Influence of conservation tillage on soil properties. J. Soil. Water Consev. 38:301-305.
- Mrabet R (2000). Differential response of wheat to tillage management systems under continuous cropping in a semiarid area of Morocco. Field Crops Research 66,165–174.

www.SID.ir

Archive of SID

- Mrabet, R., Bouzza, A., Peterson, G.A., 1993. Potential reduction of soil erosion in Morocco using no-till systems. Am. Soc. Agron. Madison, WI, USA, p. 323 (Agron abstract).

www.SID.ir