نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، فروردین –اردیبهشت ۱۳۹۱، ص. ۲۱۳-۲۰۳

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 203-213

بررسی تغییرات عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم و تنفس میکروبی طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی

نجمه یزدان‌پناه[1*]- مجید محمودآبادی[2]

تاریخ دریافت:۹۰/۳/۳۱
تاریخ پذیرش:۹۰/۷/۱۹

چکیده

وضعیت نامطلوب حاصلخیزی و فعالیت‌های زیستی از جمله محدودیت‌های مهم خاک‌های شور و سدیمی محسوب می‌شود. تحقیق حاضر به بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین تنفس میکروبی طی فرآیند اصلاح خاک آهکی شور و سدیمی می‌پردازد. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار مواد اصلاحی معدنی و آلی شامل؛ شاهد، کود گاوی، تفاله پسته، گچ، ترکیب کود گاوی با گچ و ترکیب تفاله پسته با گچ، ۲ تیمار آب آبیاری (با و بدون اسید سولفوریک) و ۳ تکرار بود که در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از ستون خاک اجرا گردید. چهار مرحله آبیاری به روش متناوب با فواصل زمانی یک ماه هر کدام به میزان یک حجم تخلخل انجام شد. در طول مدت آزمایش‌های آبشویی، تنفس میکروبی و در پایان دوره، غلظت عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در عمق‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که هر دو ماده آلی به‌طور یکسانی مقادیر نیتروژن بیشتری نسبت به تیمارهای شاهد و گچ به خاک افزوده‌اند. در پایان عملیات اصلاح، برای تمام تیمارها به‌جز تیمار گچ، مقدار فسفر قابل جذب با عمق کاهش یافت. نتایج همچنین دلالت بر این داشت که در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار شاهد و گچ کمترین و تیمار تفاله پسته بیشترین کارایی را در افزایش فراهمی سه عنصر پرمصرف مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین با مصرف اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری، فسفر و پتاسیم قابل جذب نسبت به آبیاری با آب معمولی افزایش یافت. بررسی تنفس میکروبی نشان داد که سرعت تنفس در تیمار شاهد کمترین و در تیمار کود دامی بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد. یافته‌های این تحقیق روشن ساخت که تفاله پسته، کارایی مطلوب‌تری نسبت به سایر اصلاح‌کننده‌ها در افزایش فراهمی سه عنصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم داشته است.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، فعالیت زیستی، معدنی‌شدن کربن، مواد اصلاح‌کننده

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت، نیاز به تولید بیشتر محصولات غذایی بیش از پیش احساس می‌شود و کشاورزی به‌عنوان یکی از محوری‌ترین بخش‌ها در تأمین نیازهای غذایی بشر مطرح است. این در حالیست که بخش قابل توجهی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای مشکل شوری و یا سدیمی هستند. شوری خاک و آب در اراضی تحت کشت آبی، به یک معضل جهانی تبدیل شده (۱۴) زیرا در این خاک‌ها، ترکیب شیمیایی و غلظت نمک‌های محلول، سبب افزایش فشار اسمزی می‌شود که همین امر دسترسی گیاهان به آب را با مشکل مواجه می‌سازد (۱۵). خاک‌های سدیمی به‌طور معمول ساختار فیزیکی نامناسب (۴۵)، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی ضعیف (۱۲) و قابلیت تولید رواناب و فرسایش شدید (۲۶) دارند. به‌طور کلی در خاک‌های شور و سدیمی، عدم توازن عناصر غذایی در فرآیند جذب توسط گیاه می‌تواند بر رشد آن مؤثر باشد (۳۲). در چنین خاک‌هایی مشکلات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ناشی از کمبود ماده آلی، حاد بوده و کاهش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی، خاکدانه‌سازی ضعیف، ظرفیت کم تبادل کاتیونی و کاهش فعالیت میکروبی، از جمله علائم رایج این‌گونه خاک‌ها محسوب می‌شوند (۱۷).

به دلیل محدودیت‌های خاک‌های شور و سدیمی، ضرورت اصلاح و احیا این اراضی که پتانسیل و قابلیت کشت و کار در آنها وجود دارد، امری اجتناب‌ناپذیر به‌نظر می‌رسد. از این رو برخی محققان به بررسی روش‌های اصلاح خاک‌های شور و سدیمی پرداخته‌اند. احیای

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: najmeyazdanpanah@yahoo.com)
۲- استادیار گروه مهندسی خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

خاک‌های سدیمی به‌طور معمول با افزودن اصلاح‌کننده‌های آلی و یا شیمیایی به منظور تأمین منبعی از یون کلسیم برای جایگزینی یون سدیم تبادلی انجام می‌گیرد و پس از آن، سدیم به واسطه آبشویی از ناحیه ریشه خارج می‌شود. گچ (۲۳ و ۵۰)، اسید سولفوریک (۲ و ۳۷) و ماده آلی (۱۶ و ۴۴) برخی از این اصلاح‌کننده‌ها هستند که مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از طریق آبشویی نیز توسط برخی از محققان انجام شده است (۱ و ۳).

در اراضی کشاورزی، عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌دلیل نیاز زیاد گیاهان به آنها از اهمیت وافری برخوردارند. با تأمین عناصر غذایی پرمصرف در خاک‌های شور و سدیمی، وضعیت حاصلخیزی و رشد گیاهان بهبود می‌یابد (۳۱). این در حالیست که طی فرآیند اصلاح خاک با افزودن مواد اصلاح‌کننده مختلف و یا از طریق آبشویی، مقدار و توزیع عناصر یاد شده تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اصلاح‌کننده‌های آلی سبب افزایش کربن آلی و نیتروژن (۱۹ و ۲۲)، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و فراهمی عناصر غذایی (۱۳ و ۴۷) می‌شود. مصرف گچ باعث بهبود ساختمان خاک (۲۳) و همچنین کاهش هدایت الکتریکی (EC) و درصد سدیم تبادلی (ESP) (۱۱ و ۳۳) شده و کاربرد اسید سولفوریک سبب افزایش نفوذپذیری آب (۲) و کاهش pH (۳۶) می‌گردد. در مجموع مصرف مواد یادشده، بهبود خصوصیات خاک و عرضه مطلوب‌تر عناصر غذایی پرمصرف و در نهایت افزایش رشد گیاه و تولید محصول را به دنبال دارد. به علاوه، استفاده از آب آبیاری به منظور آبشویی، باعث تخلیه املاح مضر و ایجاد محیط مناسب‌تری برای رشد گیاه می‌شود (۱۶). البته کاربرد آب اضافی ممکن است منجر به خروج عناصر غذایی پرمصرف از منطقه ریشه گردد (۴).

مطالعات متعددی در زمینه اثرات شوری و سدیمی بودن خاک بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن انجام شده ولی اطلاعات اندکی در مورد تأثیر بر فرآیندهای زیستی نظیر تنفس میکروبی وجود دارد (۴۲). همچنین تأثیر مواد اصلاح‌کننده بر تنفس میکروبی طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تنفس میکروبی به عوامل زیستی، قابلیت دسترسی سوبسترا و کمیت و کیفیت شرایط محیطی مانند وجود اکسیژن کافی و رطوبت و حرارت مناسب بستگی دارد. در خاک‌های شور، کاهش تولید دی اکسید کربن بیانگر وجود تنش وارد بر جمعیت میکروبی می‌باشد (۴۳). در این خاک‌ها، فعالیت میکروبی کند بوده و میزان ماده آلی و پوشش گیاهی ناچیز است. به‌طور کلی در خاک شور، فشار اسمزی و در خاک سدیمی، سمیت یون‌ها و pH بالا عامل بازدارنده از فعالیت و رشد میکروبی می‌باشند (۳۵). با توجه به اهمیت اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، فراهمی مناسب عناصر غذایی پرمصرف و رفتار زیستی خاک در تولید محصولات کشاورزی، تحقیق حاضر به بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم و تنفس میکروبی طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه

خاک مورد مطالعه در این تحقیق، خاک شور و سدیمی و همچنین آهکی بود که از ۳۰ سانتی‌متر سطحی با کاربری کشاورزی نمونه‌برداری گردید. پس از انتقال نمونه خاک به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک گردید و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱). میزان pH و EC به‌ترتیب در گل و عصاره اشباع و کاتیون‌های محلول شامل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر اندازه‌گیری شدند. کربن آلی به روش والکی- بلاک، بافت به روش هیدرومتری و میزان $CaCO_3$ معادل از روش تیتراسیون تعیین گردید (۲۹).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی (واحد)	مقدار	ویژگی (واحد)	مقدار
سدیم ($meq\ L^{-1}$)	۲۶۴/۵	pH	۷/۸
پتاسیم ($meq\ L^{-1}$)	۴/۱۹	کربنات کلسیم معادل (٪)	۲۰/۷۵
کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	۳۷/۰	کربن آلی (٪)	۰/۴۹
منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	۹۸/۰	شن (٪)	۴۸
هدایت الکتریکی($dS\ m^{-1}$)	۱۹/۸۱	سیلت (٪)	۴۰
نسبت جذبی سدیم	۳۲/۲	رس (٪)	۱۲

انجام آزمایش‌های اصلاح

آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار مواد اصلاحی معدنی و آلی، ۲ تیمار آب آبیاری و ۳ تکرار بود که در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از ستون خاک اجرا شد. تیمارهای مواد اصلاح‌کننده عبارت بودند از: ۱) گچ برابر با نیاز گچی خاک مورد مطالعه به مقدار ۵/۲ گرم در کیلوگرم (G)، ۲) کود گاوی پوسیده به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم (M)، ۳) تفاله پسته پوسیده به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم (P)، ۴) گچ + کود گاوی (G+M)، ۵) گچ + تفاله پسته (G+P) و ۶) شاهد (C). همچنین دو تیمار آب آبیاری شامل آب معمولی و آب حاوی اسید سولفوریک معادل گچ نیز مورد استفاده قرار گرفت. مواد آلی مورد استفاده به‌عنوان اصلاح‌کننده دارای خصوصیات شیمیایی متفاوتی بودند. میزان EC تفاله پسته (۱۰/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر) بیشتر از کود گاوی (۸/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر) بود. همچنین تفاله پسته pH بیشتری نسبت به کود گاوی داشت. در بین کاتیون‌ها، میزان سدیم و منیزیم در کود گاوی نسبت به تفاله پسته، بیشتر و پتاسیم و کلسیم کمتر بود.

پس از ساخت ستون‌ها و نصب زهکش از جنس شن، تیمارهای مواد آلی و معدنی با خاک کاملاً مخلوط و به داخل ستون‌ها منتقل گردید. انتقال بصورت لایه به لایه (۲/۵ سانتیمتر) و رساندن وزن مخصوص به شرایط مزرعه (۱/۵۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) تا ایجاد عمق همگن ۳۰ سانتی‌متر در هر ستون انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ماه در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها به مدت ۱۲۰ روز تحت آزمایش‌های آبشویی قرار گرفت. برای نزدیک‌شدن به شرایط طبیعی منطقه، آبیاری به روش متناوب با دور ۳۰ روز و به میزان یک حجم تخلخل صورت گرفت. در مجموع، ۴ آزمایش آبشویی در فواصل زمانی یک ماهه اعمال گردید. همچنین به منظور بررسی نقش اسید سولفوریک به‌عنوان یک اصلاح‌کننده، آبیاری ستون‌های خاک با دو نوع آب با کیفیت متفاوت (با و بدون اسید سولفوریک) انجام شد. در تیمار با اسید، میزان اسید مصرفی معادل گچ (۳/۱ گرم اسید سولفوریک در کیلوگرم خاک) در نظر گرفته شد که طی ۴ مرحله آبیاری مصرف گردید. به‌دلیل اهمیت کیفیت آب آبیاری، برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش‌های آبشویی اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

اندازه‌گیری عناصر غذایی پر مصرف و تنفس میکروبی

پس از اتمام آزمایش‌های آبشویی، از هر ستون در سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. پس از هواخشک نمودن نمونه‌ها، غلظت عناصر غذایی پرمصرف (NPK) اندازه‌گیری گردید. نیتروژن کل با دستگاه کجلدال، فسفر قابل جذب با دستگاه اسپکتروفوتومتر و پتاسیم قابل جذب با استفاده از فلیم فوتومتر تعیین گردید (۲۸). بر این اساس تغییرات عمقی عناصر غذایی پرمصرف در اثر اعمال روش‌های مختلف اصلاح، بررسی گردید. از دیگر عوامل مهمی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، تغییرات زمانی تنفس میکروبی حاصل از مصرف اصلاح‌کننده‌های مختلف طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی بود. بدین منظور، فرآیند تنفس میکروبی در طول مدت ۱۳۵ روز اندازه‌گیری شد که ۱۵ روز آن مربوط به قبل از شروع آزمایش‌های آبشویی و ۱۲۰ روز مربوط به عملیات آبشویی بود. در تحقیق حاضر تنفس به‌صورت درجا و در داخل ستون‌های خاک تعیین گردید. بدین صورت که ظرف پلی اتیلنی حاوی سود را در سطح خاک داخل ستون قرار داده و برای جلوگیری از تبادلات گازی، دهانه ستون مسدود می‌شد. در فواصل زمانی مختلف، میزان دی اکسید کربن تثبیت شده در هیدروکسید سدیم، پس از افزودن کلرید باریم و فنل فتالئین به باقیمانده سود و تیتر آن با اسید کلریدریک، اندازه‌گیری شد (۳۴).

نتایج و بحث

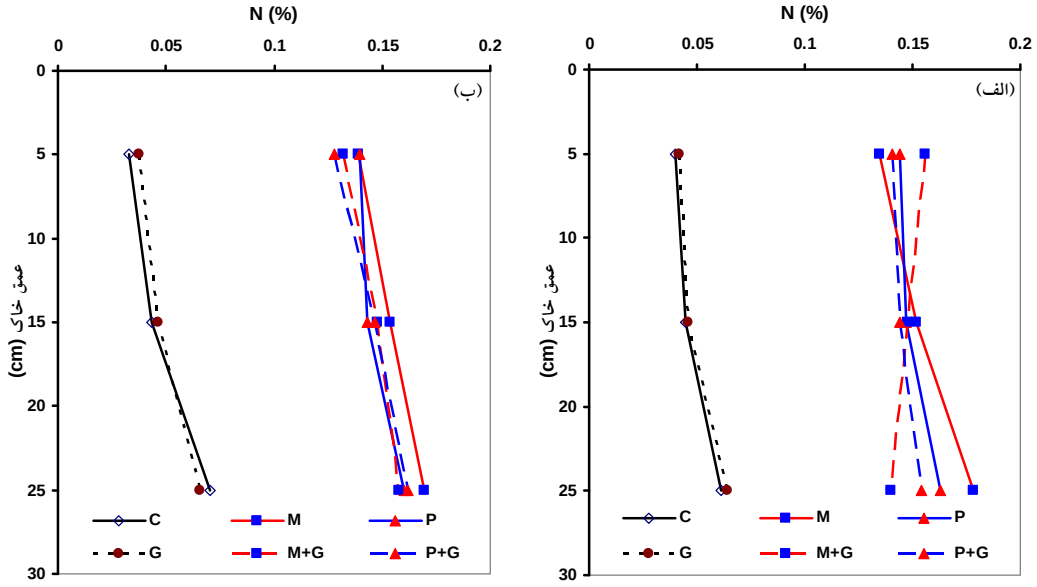
نیتروژن

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد برای هر دو نوع آب آبیاری (شکل ۱ الف و ب) تیمارهای شاهد و گچ، کمترین مقدار نیتروژن کل را دارا می‌باشند. همچنین در مقایسه با خاک اولیه، پس از عملیات آبشویی، نیتروژن کل برای دو تیمار یاد شده تغییر معنی‌داری پیدا نکرده است. به‌دلیل مقدار بسیار کم ماده آلی موجود در خاک اولیه، منبعی برای ورود نیتروژن به خاک وجود نداشته و بنابراین مقدار آن حداقل است. مقایسه نیتروژن کل برای تیمار شاهد قبل و بعد از عملیات آبشویی نشان می‌دهد که به رغم مقدار بسیار کم نیتروژن خاک اولیه، مقداری از آن هر چند اندک از خاک تخلیه شده است. برخی محققان به نقش آبشویی در تخلیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه نیترات پرداخته‌اند (۶). علاوه بر این پس از آبشویی، خروج املاح مضر نظیر سدیم از خاک باعث ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده است. در نتیجه بخشی از ماده آلی خاک تجزیه گشته و نیتروژن حاصل از آن در بیوماس میکروبی به شکل غیرمتحرک در آمده است.

در هر دو شرایط آبیاری، تیمارهای مواد آلی به تنهایی و یا در ترکیب با گچ، به‌طور معنی‌داری نیتروژن بیشتری نسبت به تیمار شاهد به خاک افزوده‌اند. منابع متعددی گزارش کرده‌اند که ماده آلی سبب افزایش کربن آلی و میزان نیتروژن خاک می‌شود (۱۹ و ۲۲). غلظت نیتروژن همبستگی بالایی با غلظت کربن آلی خاک دارد و معمولا غلظت هر دو از الگوی مشابهی تبعیت می‌کنند (۸) که به شدت به غلظت ماده آلی ورودی خاک بستگی دارد. حضور نیتروژن، سبب افزایش کربن آلی خاک و کاهش SAR و pH خاک‌های سدیمی می‌شود (۲۰). نتایج همچنین نشان داد که هر دو نوع ماده آلی، تقریباً به یک میزان نیتروژن خاک را افزایش داده‌اند. نقش مواد آلی از نظر رهاسازی عناصر غذایی و قابلیت دسترسی آنها در خاک، بستگی به ماهیت شیمیایی و سرعت تجزیه آنها دارد (۱۱). تجزیه خصوصیات مواد آلی نشان داد که درصد نیتروژن کود دامی کمتر از تفاله پسته بوده، ولی سرعت تجزیه کود دامی بیشتر از تفاله پسته می‌باشد که در ادامه ارائه می‌گردد. با وجود مقدار کمتر نیتروژن کود دامی، سرعت بیشتر تجزیه آن کاستی فراهمی نیتروژن را جبران می‌نماید. مواد آلی با تجزیه‌پذیری سریع‌تر، اثرات کوتاه‌مدتی در تغییر خصوصیات خاک دارند. در مقابل، آن دسته از مواد آلی با سرعت تجزیه کندتر می‌توانند تا مدت‌ها در خاک باقی مانده و لذا در بلندمدت قادرند خصوصیات خاک را در شرایط بهینه نگه دارند. کود دامی سریع‌تر از تفاله پسته تجزیه می‌شود و می‌تواند تقریباً به اندازه تفاله پسته، نیتروژن را به خاک عرضه نماید، ولی به‌نظر می‌رسد که پس از مدتی اثر آن کاهش یافته باشد. از این رو تفاله پسته بر کود دامی از نظر عرضه نیتروژن در بلندمدت برتری دارد.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش‌های آبشویی

EC	pH	کاتیون‌های محلول ($meq\ L^{-1}$)			آنیون‌های محلول ($meq\ L^{-1}$)			SAR
($dS\ m^{-1}$)		سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	کربنات	بیکربنات	کلر	$(meq\ L^{-1})^{0.5}$
۰/۵۳۶	۸/۰	۲/۹۷	۰/۰۲	۸/۰	۲/۰	ناچیز	۵	۳	۱/۳

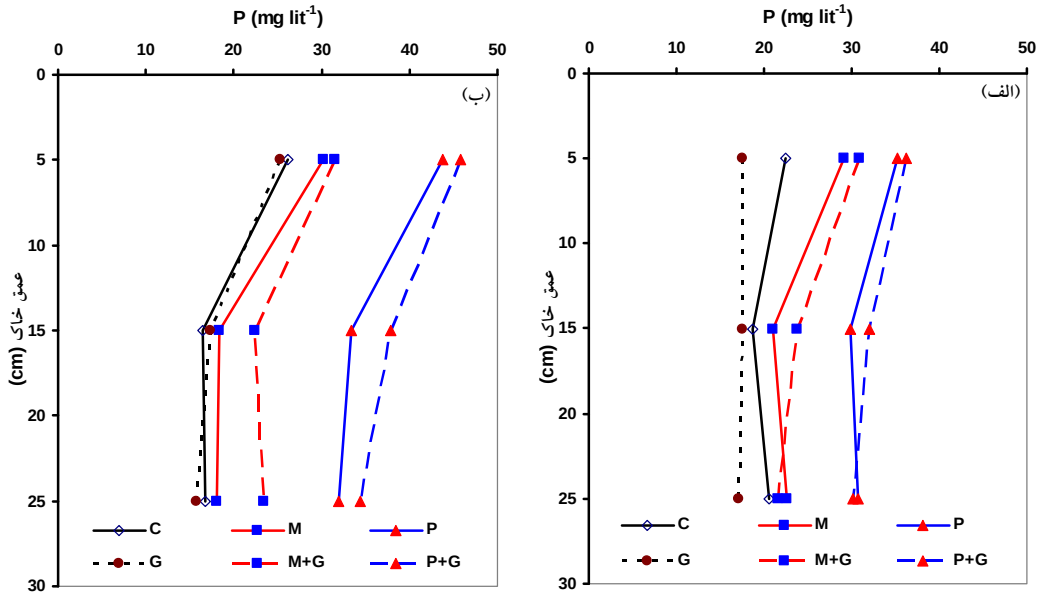


شکل ۱- تغییرات نیتروژن کل در عمق‌های مختلف خاک برای تیمارهای مورد مطالعه پس از آبیاری با الف) آب معمولی و ب) آب تیمارشده با اسید سولفوریک

فسفر

استفاده از تیمارهای مختلف، اثرات متفاوتی بر تغییرات فسفر قابل جذب در عمق‌های مختلف نشان می‌دهد. مطابق شکل ۲ الف، در شرایطی که از آب معمولی برای آبیاری ستون‌های خاک استفاده شده، تمام تیمارها به‌جز تیمار گچ تقریباً میزان فسفر قابل جذب بیشتری در سطح خاک نشان داده و با افزایش عمق مقدار آن کاهش یافته است. از آنجا که تخلیه نمک‌های مضر طی عملیات آبشویی از سطح بیشتر از عمق خاک است، بنابراین در اثر تجزیه بیشتر منابع آلی موجود در خاک، فسفر بیشتری در سطح خاک آزاد می‌گردد. از طرفی فسفر این قابلیت را دارد که به کلوئیدهای خاک متصل شده و کمتر در معرض آبشویی قرار گیرد. همچنین، حرکت فسفر از طریق انتقال ذرات معلق خاک صورت می‌گیرد که این انتقال در ستون خاک مشهود نیست. نتیجه آنکه در اثر تجزیه بیشتر مواد آلی در سطح خاک، فسفر قابل جذب بیشتری به خاک عرضه می‌شود که در برابر آبشویی مقاومت می‌کند (۴۹).

در بین تیمارهای مورد مطالعه در اثر آبیاری با آب معمولی، تیمار گچ دارای کمترین مقدار فسفر قابل جذب در خاک می‌باشد (شکل ۲ الف). نتایج برخی تحقیقات به‌طور مشابهی نشان می‌دهد که کاربرد گچ همراه با آبشویی، باعث کاهش میزان فسفر خاک می‌شود (۳۰)، زیرا در اثر حل‌شدن گچ، کلسیم با فسفات تشکیل فسفات کلسیم داده که به‌صورت پوششی بر روی عنصر غذایی قرار گرفته و فراهمی آن را کاهش می‌دهد. در تحقیق حاضر، میزان فسفر در مورد تیمار گچ حتی کمتر از تیمار شاهد و خاک اولیه (۲۱/۶ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. این یافته تحقیق نشان می‌دهد که گچ بر فراهمی فسفر قابل جذب تأثیر منفی داشته به‌طوری که افزودن گچ نه تنها مقدار فسفر قابل جذب را افزایش نمی‌دهد، بلکه باعث کاهش فراهمی آن شده است. به‌نظر می‌رسد این احتمال در حضور آهک نیز وجود دارد ولی به‌دلیل حلالیت کمتر آهک نسبت به گچ در تیمار شاهد، فسفات کلسیم کمتری ایجاد می‌شود. به همین دلیل افزودن گچ حتی نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش فسفر قابل جذب شده است.



شکل ۲- تغییرات فسفر قابل جذب در عمق‌های مختلف خاک برای تیمارهای مورد مطالعه پس از آبیاری با الف) آب معمولی و ب) آب تیمارشده با اسید سولفوریک

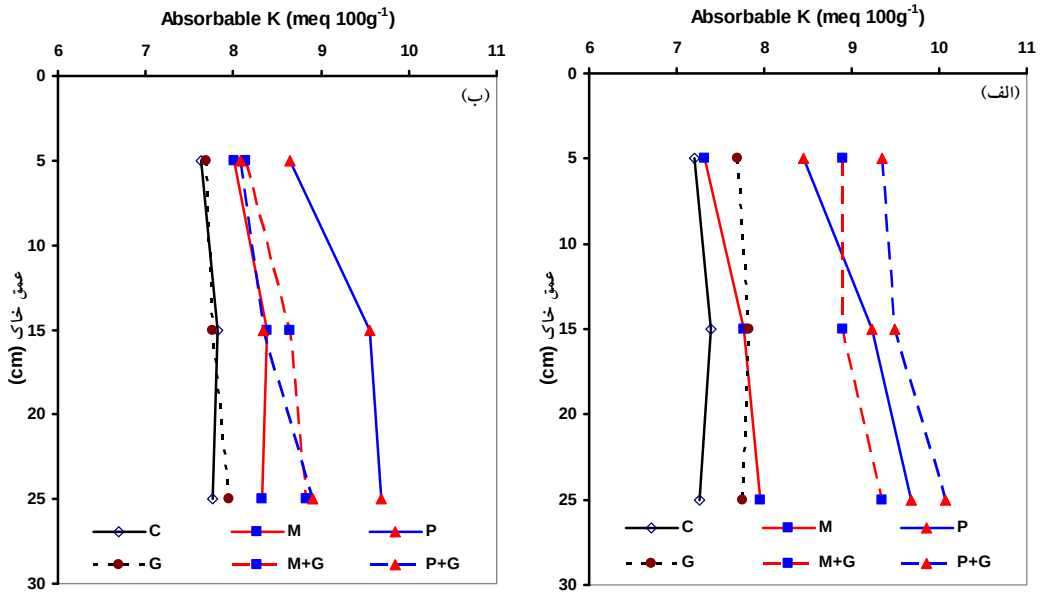
افزودن مواد آلی به تنهایی و یا همراه با گچ میزان فسفر قابل جذب خاک را افزایش داده است. قدیر و همکاران (۳۰) دریافتند که استفاده از منبع آلی باعث افزایش فراهمی فسفر شد که به کاهش pH و حل‌شدن برخی عناصر غذایی پوشیده شده توسط کلسیت ارتباط داشت. در تحقیق حاضر تفاله پسته با ۰/۳۷ درصد، نسبت به کود دامی (۰/۴۱ درصد)، فسفر کمتری دارد ولی فسفر قابل جذب بیشتری را در خاک فراهم نموده است. در واقع، پس از افزودن مواد آلی به خاک و اجرای عملیات آبشویی، در ابتدا سرعت تجزیه کود دامی بیشتر از تفاله پسته بوده (شکل ۴) ولی از آنجا که تفاله پسته دیرتجزیه است، تجزیه آن در مراحل پایانی قابل توجه می‌باشد. سرعت تجزیه بیشتر کود دامی در مراحل اولیه باعث آزادسازی فسفر شده که در اثر آبشویی‌های متوالی از خاک شسته شده است. در حالی‌که، تفاله پسته به‌تدریج و در بلندمدت تجزیه شده و بنابراین فسفر خود را به تدریج رها کرده و لذا کمتر در معرض آبشویی قرار می‌گیرد. نتایج همچنین نشان داد در شرایطی که مواد آلی و گچ با یکدیگر ترکیب شوند، نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آنها، فسفر قابل جذب افزایش یافته است.

در شرایطی که اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری استفاده شود (شکل ۲ ب)، افزایش فسفر قابل جذب به‌ویژه در لایه سطحی خاک نسبت به آبیاری با آب معمولی محسوس است. میزان تأثیر اسید سولفوریک در این شرایط به حدی است که حتی برای تیمار گچ نیز افزایش فسفر در لایه سطحی مشاهده می‌شود. به‌دلیل خاصیت حل‌کنندگی اسید سولفوریک بر ترکیباتی نظیر آهک، گچ و نیز ترکیبات ثانویه فسفات کلسیم، فسفر کمتر تشکیل رسوب می‌دهد. در بین تیمارهای مورد مطالعه، همچنان تیمار گچ کمترین مقدار فسفر قابل جذب را ایجاد نموده است، در حالی‌که تیمار تفاله پسته به‌ویژه زمانی‌که در ترکیب با گچ استفاده می‌شود، بیشترین کارایی را در افزایش فسفر قابل جذب نشان می‌دهد.

پتاسیم

پتاسیم از جمله کاتیون‌هایی است که علاوه بر نقشی که در روند اصلاح خاک‌های شور و سدیمی داشته، از نظر حاصلخیزی خاک نیز اهمیت فراوانی دارد. مطابق شکل ۳ الف تقریباً برای تمام تیمارهای مورد مطالعه افزایش پتاسیم قابل جذب با افزایش عمق مشاهده می‌شود، هر چند این افزایش محسوس نیست. در بین تیمارها، شاهد کمترین مقدار پتاسیم قابل جذب را نشان می‌دهد که در مقایسه با خاک اولیه تفاوت معنی‌داری ندارد. به‌عبارتی در اثر آبیاری با آب معمولی، پتاسیم قابل جذب چندانی در طول ستون خاک تغییر نکرده است.

در مقابل برای تیمارهای ماده آلی چه به تنهایی و چه در ترکیب با گچ پتاسیم قابل جذب افزایش معنی‌داری داشته است. تفاوت پتاسیم تیمار شاهد با تیمارهای مواد آلی مربوط به میزان پتاسیمی است که توسط آنها به خاک افزوده شده است.



شکل ۳- تغییرات غلظت پتاسیم قابل جذب در عمق‌های مختلف خاک برای تیمارهای مورد مطالعه پس از آبیاری با الف) آب معمولی و ب) آب تیمارشده با اسید سولفوریک

در واقع، در اثر افزودن مواد آلی به خاک مقداری پتاسیم وارد خاک شده که بخش عمده‌ای از پتاسیم تحت تأثیر آبشویی به عمق‌های پایین‌تر شسته شده است و قسمت کمتری از آن بر روی مکان‌های تبادلی جایگزین گشته است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری با آب معمولی، افزودن گچ نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش پتاسیم قابل جذب شده در واقع، گچ به‌طور مستقیم پتاسیمی به محلول خاک نمی‌افزاید ولی به‌طور غیرمستقیم شرایطی را مهیا می‌کند که پتاسیم بیشتری بر روی مکان‌های تبادلی قرار گیرد. در حضور گچ حلالیت منابع کلسیم‌دار کاهش یافته، بدین‌ترتیب کلسیم کمتری با کاتیون‌های تک‌ظرفیتی نظیر سدیم و پتاسیم برای قرار گرفتن بر روی مکان‌های تبادلی رقابت می‌کند. نتیجه اینکه هم سدیم تبادلی و هم پتاسیم تبادلی با افزودن گچ بر روی مکان‌های تبادلی نسبت به تیمار شاهد، افزایش می‌یابند.

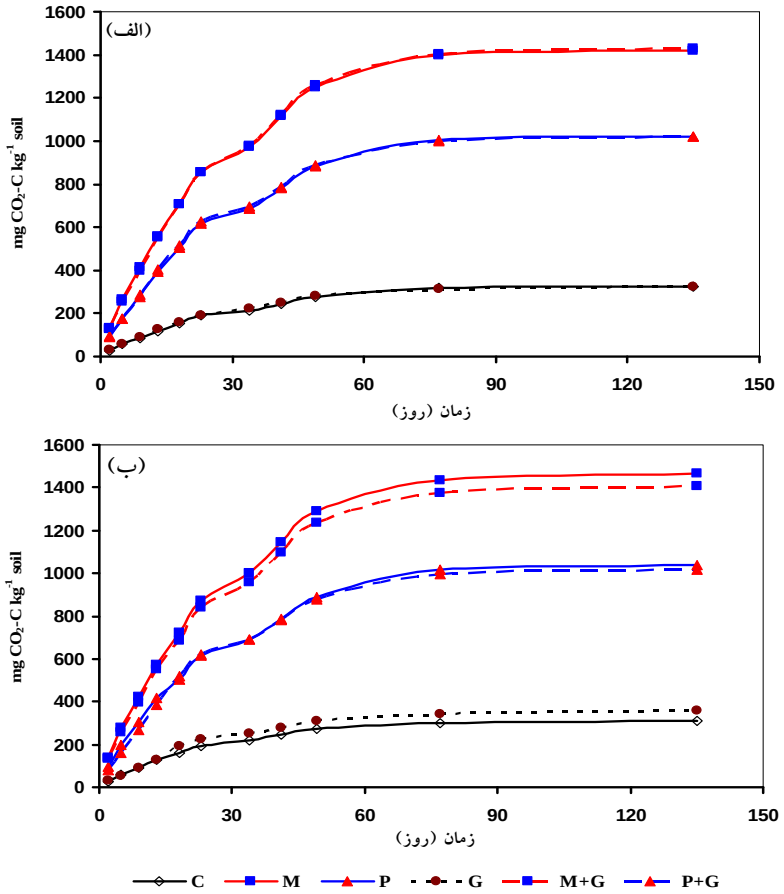
مطابق شکل ۳ ب، مشاهده می‌شود که در حضور اسید سولفوریک، لایه سطحی تمام تیمارها کم و بیش کمترین مقدار پتاسیم قابل جذب را داشته و با افزایش عمق مقدار آن کمی افزایش یافته است. در اثر مصرف اسید سولفوریک، پتاسیم قابل جذب تیمار شاهد در مقایسه با آب معمولی افزایش یافته است. همچنین در حضور اسید تیمارهای شاهد و گچ با افزایش عمق، افزایش ناچیزی در پتاسیم قابل جذب نشان می‌دهند. این افزایش در مورد تیمارهایی که در آنها ماده آلی استفاده شده بیشتر است زیرا این تیمارها به‌طور مستقیم پتاسیم را به خاک می‌افزایند. در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمارهای شاهد و گچ کمترین و تفاله پسته بیشترین پتاسیم قابل جذب را پس از عملیات اصلاح دارا می‌باشند. به‌طور کلی مشخص می‌شود که تفاله پسته کارایی مطلوبی در افزودن پتاسیم به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری داشته است.

تنفس زیستی

در تحقیق حاضر فرآیند زیستی تنفس در طول مدت اصلاح خاک شور و سدیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعه اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف بر سرعت تنفس تجمعی در شکل ۴ نشان داده شده است. در شرایطی که از آب معمولی برای آبیاری ستون‌های خاک استفاده شده، سرعت تنفس در تیمار شاهد از بقیه تیمارها کمتر بوده و حداکثر مقدار آن در دو روز اول مشاهده شد در حالیکه سرعت تنفس میکروبی در تیمارهای ماده آلی در ابتدا به شدت بالا بود. پس از افزودن ماده آلی به‌دلیل فراهم بودن سوبسترا مناسب، جمعیت به‌صورت تصاعدی و خیلی سریع افزایش یافت. به‌طور مشابهی، سریگ و استین برگر (۳۸) دریافتند که در شرایط شور، جمعیت میکروبی زمانی به بیشترین مقدار خود می‌رسد که بقایای گیاهان نمک‌دوست بیابانی به‌عنوان سوبسترا میکروارگانیسم‌ها وارد خاک شوند. علاوه بر این، با اضافه کردن ماده آلی به خاک، فعالیت‌های آنزیمی که با فراهم کردن مواد غذایی قابل دسترس میکروارگانیسم‌ها

به فعالیت آنها کمک می‌کنند، افزایش می‌یابند (۱۷ و ۴۱). ماده آلی اثرات منفی شوری را کاهش می‌دهد، چنانچه بررسی‌ها نشان داده که با افزودن بقایای یونجه به خاک اثرات مخرب کلرید سدیم کاهش یافته و بدین‌ترتیب تنفس در این خاک نسبت به خاک فاقد ماده آلی کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد (۲۱). به‌طور کلی با گذشت زمان، شیب منحنی تنفس میکروبی در همه تیمارها کاهش یافته که این به مفهوم کاهش تجزیه ماده آلی و سوبسترا و در نتیجه کاهش تولید کربن معدنی با گذشت زمان می‌باشد. مطابق شکل ۴ مشاهده می‌شود که در نهایت پس از اتمام دوره اصلاح خاک، سرعت معدنی‌شدن کربن به حد تقریباً ثابتی رسیده است. به‌طور مشابهی نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه حاکی از آن بوده که در شرایط ماندگار، بیوماس میکروبی با میزان سوبسترای خاک به تعادل می‌رسد (۱۸).

در تیمار کود دامی، سرعت تنفس بعد از ۸۰ روز انکوباسیون به مقدار ثابت رسید. به‌طور کلی در مدت ۱۳۵ روز فرآیند اصلاح، بیشترین مقدار کربن معدنی در تیمار کود دامی، مشاهده گردید که سرعت تولید آن با گذشت زمان افزایش کمتری نسبت به سایر تیمارهای مورد مطالعه داشت. این موضوع به تأمین منبع کربن آلی خاک ارتباط دارد. هر چه میزان کربن آلی بیشتر باشد، فعالیت میکروبی شدیدتر است. مطالعات قبلی نشان داده است که بین مواد آلی و تنفس میکروبی همبستگی مثبتی وجود دارد، به‌طوری که با افزایش کربن آلی خاک، جمعیت و فعالیت میکروبی نیز افزایش می‌یابد (۳۹). با افزودن ماده آلی و نمک‌های حاصل از حلالیت آن، سوبسترا لازم برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌گردد. در نتیجه تنفس و بیوماس میکروبی افزایش می‌یابد. اضافه کردن این‌گونه سوبسترا حتی می‌تواند اثرات منفی حاصل از تنش pH و فشار اسمزی را کاهش دهد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد (۹). ماده آلی خاک می‌تواند به‌عنوان یک بافر در محلول خاک مانع از کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه در شرایطی که سطح شوری و سدیمی خاک در حال افزایش است، عمل کند (۲۱).



شکل ٤- سرعت تنفس تجمعی خاک طی فرآیند اصلاح برای تیمارهای مورد مطالعه و آبیاری با الف) آب معمولی و ب) آب تیمارشده با اسید سولفوریک

در تیمار تفاله پسته، بیشترین مقدار دی‌اکسیدکربن آزاد شده در سه روز ابتدایی دوره بوده که این مقدار در طی زمان و به‌تدریج کاهش یافت که در این زمینه نقش سدیم قابل تأمل است. در خاک‌های سدیمی، پس از افزودن ماده آلی، سدیم می‌تواند ترکیبات آلی قابل تجزیه و متابولیت‌های میکروبی را سریعاً حل کرده و در نتیجه سرعت تنفس افزایش یابد (۲۷). با مقایسه تنفس میکروبی در خاک دارای کود دامی و تفاله پسته می‌توان دریافت که هرچند کود دامی سبب افزایش فعالیت میکروبی در ابتدای دوره انکوباسیون شده است، اما با گذشت زمان همراه با اصلاح خاک، سرعت آن با شیب کمتری افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که با افزودن گچ به خاک در مقایسه با تیمار شاهد، در فرآیند تنفس میکروبی تغییر چندانی رخ نداده است. به‌علاوه، در شرایط آبشویی با آب معمولی، ترکیب گچ و مواد آلی تأثیر اندکی در سرعت تنفس مواد آلی داشته است. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل آهکی بودن خاک مورد مطالعه، گچ نتوانسته تأثیری بر فرآیند تنفس داشته باشد و جمعیت میکروبی قبلاً با این شرایط سازگار شده است. نتایج مطالعات قبلی نشان می‌دهد که سرعت تنفس ویژه در حضور نمک تغییر معنی‌داری پیدا نمی‌کند (۴۸). در واقع بیوماس میکروبی با وجود نمک در شرایط فیزیولوژیکی یکسانی مشابه با قبل قرار داشت. آنها پیشنهاد کردند که جمعیت میکروبی که قبلا به شوری حساس بوده، با این شرایط سازگار شده است. به‌طور مشابهی اندرسون (۵) بیان کرد که آبیاری یک خاک اسیدی با آب اسیدی تأثیری بر سرعت تنفس ویژه ندارد زیرا جمعیت میکروبی خود را با این شرایط وفق داده است.

در شرایطی که به جای آب معمولی، از آب تیمارشده با اسید سولفوریک برای آبیاری ستون‌های خاک استفاده شده بود (شکل ۴ ب)، نتایج تقریباً مشابهی به‌دست آمد. در این حالت، همچنان تیمار کود دامی، بیشترین و تیمار شاهد کمترین سرعت تولید کربن معدنی را در بین تیمارهای مورد مطالعه نشان دادند. نتایج همچنین حاکی از آن است که تیمار گچ در مقایسه با تیمار شاهد، سرعت بیشتری در رهاسازی کربن دارد. گچ سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک به‌ویژه ساختمان خاک شده و با تسریع تبادلات آب و هوا به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش فعالیت‌های زیستی خاک می‌گردد (۱۰). نتایج همچنین نشان داد که در حضور اسید سولفوریک با افزودن گچ به مواد آلی، سرعت معدنی‌شدن کربن اندکی کاهش می‌یابد. افزودن گچ به مواد آلی، سبب افزایش غلظت الکترولیت‌های محلول خاک شده و منجر به تشکیل خاکدانه می‌گردد. این خاکدانه‌ها از سوبسترا محافظت فیزیکی کرده و قابلیت فراهمی آن کاهش می‌یابد و در نهایت فعالیت میکروبی و در نتیجه تولید کربن معدنی کم می‌شود. در مطالعات قبلی برهمکنش گچ و ماده آلی بررسی شده است. افزودن گچ به همراه مواد آلی سبب کاهش پراکنده‌شدن ذرات خاک شده (۴۶) و در نتیجه تأثیر زیادی در افزایش پایداری خاکدانه‌ها دارد (۲۵). علاوه بر این، هدررفت ماده آلی با افزودن گچ به خاک کاهش یافته و در نتیجه شدت معدنی‌شدن کربن نیز کاهش می‌یابد زیرا افزایش پایداری خاکدانه‌ها از طریق برقراری ارتباط بین کلسیم و مواد آلی و تشکیل کمپلکس رس- کلسیم- مولکول آلی صورت می‌گیرد (۷). هدررفت کربن آلی از طریق تشکیل خاکدانه‌های پایدار و محافظت فیزیکی مواد آلی توسط آنها کاهش می‌یابد. به‌طور مشابه، گچ مانع از تجزیه ماده آلی توسط میکروارگانیسم‌ها شده و در نتیجه غلظت کربن آلی محلول کاهش و هدررفت آن توسط آبشویی نیز کم می‌شود (۴۰). این در حالیست که ماده آلی حفاظت فیزیکی شده و در دسترس میکروارگانیسم‌ها نمی‌باشد. به‌علاوه با افزودن ترکیبات کلسیم به فرم آهک و یا گچ، معدنی‌شدن گلوکز کاهش می‌یابد که البته تأثیر گچ در این زمینه بیشتر از آهک می‌باشد (۲۴).

نتیجه‌گیری

بررسی تغییر در غلظت عناصر پرمصرف طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی نشان داد که هر دو ماده آلی به تنهایی و یا در ترکیب با گچ، نیتروژن بیشتری نسبت به تیمار شاهد به خاک افزوده‌اند. همچنین کود دامی سریع‌تر از تفاله پسته تجزیه شده و از این رو، پس از مدتی اثر آن کاهش می‌یابد. بنابراین تفاله پسته بر کود دامی از نظر عرضه نیتروژن در بلندمدت برتری دارد. در پایان عملیات اصلاح، تمام تیمارها به‌جز تیمار گچ میزان فسفر قابل جذب بیشتری در سطح خاک نشان داده و با افزایش عمق مقدار آن کاهش یافت. همچنین گچ بر فراهمی فسفر قابل جذب تأثیر منفی داشت به‌طوری که افزودن گچ نه تنها مقدار فسفر قابل جذب را افزایش نداد، بلکه باعث کاهش فراهمی آن گردید. در مقابل، افزودن مواد آلی به تنهایی و یا همراه با گچ میزان فسفر قابل جذب خاک را افزایش داد. در حضور اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری، فسفر قابل جذب به‌ویژه در لایه سطحی خاک نسبت به آبیاری با آب معمولی افزایش محسوسی داشت. در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار گچ کمترین و تیمار تفاله پسته بیشترین کارایی را در افزایش فسفر قابل جذب نشان دادند. برای تمام تیمارهای مورد مطالعه افزایش پتاسیم قابل جذب با عمق مشاهده شد، هر چند این افزایش چندان زیاد نبود. در اثر مصرف اسید سولفوریک، پتاسیم قابل جذب تیمار شاهد در مقایسه با آب معمولی افزایش یافت. در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمارهای شاهد و گچ کمترین و تفاله پسته بیشترین پتاسیم قابل جذب را پس از عملیات اصلاح دارا بودند. یافته‌های این تحقیق روشن ساخت که به‌طور کلی تفاله پسته، کارایی مطلوب‌تری در افزودن فراهمی سه عنصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم داشته است. بررسی تنفس

میکروبی نشان داد که سرعت تـنفس در تیمـار شـاهد کمتـرین و در تیمار کود دامی بیشتر از سایر تیمارها بود. به‌طور کلی با گذشت زمان، شیب منحنی تنفس میکروبی در همه تیمارها تا رسیدن به حـد ثـابتی کاهش یافت که این به مفهوم کاهش تجزیه ماده آلی و سوبسترا و در نتیجه کاهش تولید کربن معدنی با گذشت زمـان مـی‌باشـد. بـه‌دلیـل آهکی بودن خاک مورد مطالعه، گچ تأثیری بر فرآیند تـنفس نداشـت. حضور اسید سولفوریک بر تغییرات تنفس میکروبی تأثیری نداشت. در پایان، نتایج این تحقیق روشن ساخت که تیمـار تفالـه پسـته، کـارایی مطلوب‌تری نسبت به سایر اصلاح‌کننده‌هـا در افـزایش فراهمـی سـه عنصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارد.

منابع

1- Akhtar M.S., Steenhuis T.S., Richards B.K., and McBride M.B. 2003. Chloride and lithium transport in large arrays of undisturbed silt loam and sandy loam soil columns. Vadose Zone J., 2: 715-727.
2- Amezketa E., Aragues R., and Gazol R. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agron. J. 97, 983-989.
3- Ammari T.G., Tahboub A.B., Saoub H.M., Hattar B.I., and Al-Zubi Y.A. 2008. Salt removal efficiency as influenced by phyto-amelioration of salt-affected soils. J. Food Agri., Environ. 6, 456-460.
4- Anapali O., Sahin V., Oztas T., and Hanay A. 2001. Defining effective salt leaching regions between drains. Turk. J. Agric. 25, 51-56.
5- Anderson T.H. 1998. The influence of acid irrigation and liming on the soil microbial biomass in a Norway spruce (*Picea abies*, L.K.) stand. Plant and Soil. 199, 117-122.
6- Asadi M.E. Clemente R.S., Gupta A.D., Loof R., and Hansen G.K. 2002. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid- sulphate soil in Thailand. Agric. Water Manag. 52, 197-213.
7- Baldock J.A., Aoyama M., Oades G.M., Susant O., and Grant C.D. 1994. Structural amelioration of a South Australian red-brown Earth using calcium and organic amendments. Aust. J. Soil Res. 32, 571-594.
8- Breuer L., Huisman J.A., Keller T., and Frede H.G. 2006. Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related properties: analysis of a 60 year chronosequence. Geoderma. 133, 6-18.
9- Chander K., Goyal S., and Kapoor K.K. 1994. Effect of sodic water irrigation and farm yard manure application on soil microbial biomass and microbial activity. Appl. Soil Ecol. 1, 139-144.
10- Chorom M., and Rengasamy P. 1997. Carbonate chemistry, pH and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. Aust. J. Soil Res. 35, 149-161.
11- Clark G.J., Dodgshun N., Sale P.W.G., and Tang C. 2007. Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. Soil Biol. Biochem. 39, 2806-2817.
12- Halliwell D.J., Barlow K.M., and Nash D.M. 2001. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. Aust. J. Soil Res. 39, 1259-1267.
13- Hanay A., and Yardimci N. 1992. A research on the effects of municipal compost and barnyard manure on some physical and chemical properties of soils and soil - water relations. Agric. Forestry. 16, 91-102.
14- Katerji N., Van Hoorn J.W., Hamdy A., Mastrorilli M., and Oweis T. 2005. Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. Agri. Water Manag. 72, 177-194.
15- Keren R. 2000. Salinity. In: Sumner M.E. (Ed.), Handbook of Soil Science. pp. G3-G25. CRC Press, Boca Raton.
16- Li F.H., and Keren R. 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. Pedosphere. 19(4), 465-475.
17- Liang Y., Si J., Nikolic M., Peng Y., Chen W., and Jiang Y. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary Salinization. Soil Bio. Biochem. 37, 1185-1195.
18- Liu H.S., Li L.H., Han X.G., Huang J.H., Sun J.X., and Wang H.Y. 2006. Respiratory substrate availability plays a crucial role in the response of soil respiration to environmental factors. Appl. Soil Ecol. 32, 284-292.
19- Marschner P., Kandeler E., and Marschner B. 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. Soil Biol. Biochem. 35, 453-461.
20- McAndrew D.W., and Malhi S.S. 1992. Long-term N fertilization of a solonetzic soil: effects on chemical and biological properties. Soil Biol. Biochem. 24, 619-623.
21- McCormick R.W., and Wolf D.C. 1980. Effect of sodium chloride on CO2 evolution, ammonification, and nitrification in a sassafras sandy loam. Soil Bio. Bioch. 12, 153-157.
22- Melero S., Madejon E., Ruiz J.C., and Herencia J.F. 2007. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dry land agriculture system as affected by organic fertilization. Europ. J. Agronomy. 26, 327-334.
23- Mitchell J.P., Shennan C., Singer M.J., Peters D.W., Miller R.O., Prichard T., Grattan S.R., Rhoades J.D., May D.M., and Munk D.S. 2000. Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. Agri. Water Manag. 45, 55-71.
24- Muneer M., and Oades J.M. 1989a. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability I. Laboratory studies with 14C-glucose, $CaCO_3$ and $CaSO_4.2H_2O$. Aust. J. Soil Res. 27, 389-399.

25- Muneer M., and Oades J.M. 1989b. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability II. Field studies with 14C-labelled straw, $CaCO_3$ and $CaSO_4.2H_2O$. Aust. J. Soil Res. 27, 401-409.
26- Mzezewa J., Gotosa J., and Nyamwanza B. 2003. Characterization of a sodic soil catena for reclamation and improvement strategies. Geoderma. 113, 161-175.
27- Nelson P.N., Ladd J.N., and Oades J.M. 1996. Decomposition of 14C labelled plant material in a salt affected soil. Soil Biol. Biochem. 28, 433-441.
28- Page A.L., Miller R.H., and Jeeney D.R. 1992. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and mineralogical properties. SSSA Pub., Madison. 1159 p.
29- Pansu M., and Gautheyrou J. 2006. Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer. 993 p.
30- Qadir M., Qureshi R.H., and Ahmad N. 1998. Horizontal flushing: a promising ameliorative technology for hard saline-sodic and sodic soils. Soil Till. Res. 45, 119-131.
31- Qadir M., Ghafoor A., and Murtaza G. 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. Agr. Water Manag. 50, 197-210.
32- Qadir M., and Schubert S. 2002. Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. Land Deg. Dev. 13, 275-294.
33- Qadir M., and Oster J.D. 2004. Review, Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. Sci. Total Envir. 323, 1-19.
34- Renella G., Chaudri A.M., and Brookes P.C. 2002. Fresh additions of heavy metals do not model long- term effects on microbial biomass and activity. Soil Biol. Biochem. 34, 121-124.
35- Rietz D.N., and Haynes R.J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. Soil Bio. Biochem. 35, 845-854.
36- Sadiq M., Hassan G., Chaudhry G.A., Hussain N., Mehdi S.M., and Jamil M. 2003. Appropriate land preparation methods and sulfuric acid use for amelioration of salt affected soils. Pakistan J. agronomy. 138-145.
37- Sadiq M., Hassan G., Mehdi S.M., Hussain N., and Jamil M. 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. Pedosphere. 17(2), 182-190.
38- Sarig S., and Steinberger Y. 1994. Microbial biomass response to seasonal fluctuation in soil salinity under the canopy of desert halophytes. Soil Biol. Biochem. 26, 1405-1408.
39- Schnurer J.M., Clarholm M., and Roswell T. 1985. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents. Soil Bio. Biochem. 17, 611-618.
40- Suriadi A., Murray R.S., Grant C.D., and Nelson P.N. 2002. Structural stability of sodic soils in sugarcane production as influenced by gypsum and molasses. Aust. J. Exp. Agri. 42, 315-322.
41- Tejada M., Garcia C., Gonzalez J.L., and Hernandez M.T. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Bio. Biochem. 38, 1413-1421.
42- Tripathi S., Kumari S., Chakraborty A., Gupta A., Chkrabarti K., and Bandyapadhyay B.K. 2005. Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils. Biol. Fertil. Soils. 42, 273-277.
43- Usman A.R.A., Kuzyakov Y., and Stahr K. 2004. Dynamics of organic C mineralisation and the mobile fraction of heavy metals in a calcareous soil incubated with organic wastes. Water, Air Soil Pollution. 158, 401-408.
44- Valzano F.P., Greene R.S.B., Murphy B.W., Rengasamy P., and Jarwal S.D. 2001. Effects of gypsum and stubble retention on the chemical and physical properties of a sodic grey Vertosol in western Victoria. Aust. J. Soil Res. 39, 1333-1347.
45- Van der Zee S.E.A.T.M., Shah S.H.H., Van Uffelen C.G.R., Raats P.A.C., and dal Ferro N. 2010. Soil sodicity as a result of periodical drought. Agri. Water Manag. 97, 41-49.
46- Vance W.H., Tisdell J.M., and McKenzie B.M. 1998. Residual effects of surface application of organic matter and calcium salts on the sub-soil of a red-brown earth. Aust. J. Exp. Agri. 38, 595-600.
47- Von Lutzow M., Leifeld J., Kainz M., Kogel-Knabner I., and Munch J.C. 2002. Indications for soil organic matter quality in soils under different management. Geoderma. 105, 243-258.
48- Wichern J., Wichern F., and Joergensen R.G. 2006. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. Geoderma. 137, 100-108.
49- Withers P.J.A., and Bailey G.A. 2003. Sediment and phosphorus transfer in overland flow from a maize yield receiving manure. Soil Use and Management. 19, 28-35.
50- Wong V.N.L., Dalal R.C., and Greene R.S.B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. Appl. Soil Ecol. 41, 29-40.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 203-213

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، فروردین –اردیبهشت ۱۳۹۱، ص. ۲۱۳-۲۰۳

Study on Changes of Nitrogen, Phosphorous and Potassium Macronutrients and Microbial Respiration in Ameliorating Process of Saline Sodic Soil

N. Yazdanpanah[1*]- M. Mahmoodabadi[2]

Received: 21-6-2011
Accepted: 11-10-2011

Abstract

Unfavorable fertility and microbial activity are two limitations of saline sodic soils. This study focused on variation of nitrogen, phosphorous and potassium macronutrients and microbial respiration in ameliorating process of calcareous saline sodic soil. The experiment was factorial based on CRD using 6 soil treatments consist of control, cattle manure, pistachio residue, gypsum, and their combination; 2 water treatments (with and without sulfuric acid) and 3 replicates, which was conducted in laboratory conditions by soil column. Four intermittent irrigation steps with one month intervals and one pore volume were applied. Microbial respiration was measured during leaching operations, while at the end of experiments, macronutrients concentrations of nitrogen, phosphorous and potassium were determined at different depths. The results showed that both organic matters similarly added higher amounts of nitrogen to the soil compared to control and gypsum treatments. At the end of reclamation experiments, absorbable phosphorous decreased with depth for all of the treatments except to gypsum. The results also indicated that control and gypsum had the least while pistachio treatment showed the highest efficiency in improving availability of three study macronutrients. Additionally, in comparison to the untreated irrigation water, application of sulfuric acid in conjunction with irrigation water, led to an increase in absorbable phosphorous and potassium content. Investigation of microbial respiration showed that respiration rate was lower for control while, cattle manure found to have the highest rate. The findings of this research reveal that among different amendments, pistachio residue have the highest efficiency in increasing availability of macronutrients.

Keywords: Leaching, Biological activity, Carbon mineralization, Amendments

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Islamic Azad University, Kerman Branch
(*- Corresponding Author Email: najmeyazdanpanah@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman