

تاثیر مواد آلی و گچ بر بعضی از صفات گیاه ذرت در خاک شور-سدیمی

مجتبی خطبایی^۱ - حجت امامی^{۲*} - علیرضا آستارایی^۳ - امیر فتوت^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۹

چکیده

خاک‌های شور و سدیمی شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نامناسبی داشته و توان تولید محصول در آن‌ها پایین است. کاربرد اصلاح کننده اغلب می‌تواند راهکاری مناسب در اصلاح و بهبود باروری خاک‌های شور و سدیمی باشد. به منظور بررسی تاثیر مواد اصلاحی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و عملکرد گیاه ذرت (رقم سینگل کراس ۲۶۰) در خاک شور و سدیمی آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. پنج تیمار آزمایشی شامل کمپوست، ورمی کمپوست، کود مرغی و گچ هر یک به میزان ۱۰ تن در هکتار و تیمار شاهد بودند. نتایج نشان داد که کود مرغی و ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شدند ($P < 0/05$). کاربرد مواد اصلاحی مورد استفاده در این پژوهش باعث افزایش معنی‌دار قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و کاهش نسبت جذب سدیم نسبت به شاهد شد ($P < 0/05$).

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، ورمی کمپوست، مواد اصلاحی، وزن خشک گیاه

مقدمه

مقاومت گیاهان به شوری یا سدیم می‌تواند در بهره‌وری بهینه از این خاک‌ها موثر باشد.

با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه‌ی خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، مقدار ماده آلی در خاک بسیار اندک است. بنابراین کاربرد اصلاح کننده‌های آلی در این خاک‌ها جهت حفظ پایداری خاک الزامی است. بسیاری از ویژگی‌های خاک در اثر استفاده از اصلاح کننده‌های آلی بهبود می‌یابند (۱۰) و استفاده از مواد آلی تاثیر بسزایی در ساختمان خاک دارد. مطالعات نشان می‌دهند که کمپوست زباله شهری با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌تواند برای تولید محصولات کشاورزی مفید باشد، اما شوری، غلظت یون‌های سمی، تخلخل پایین و تغییرپذیری در خصوصیات کمپوست از عوامل محدود کننده برای استفاده از مقادیر بالای آن می‌باشد. کمپوست زباله شهری در مقایسه با کمپوست‌هایی با منشا کشاورزی از نظر عناصر غذایی غنی بوده (۱۵) و می‌تواند ذخیره نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش دهد (۲۵).

کرامر و همکاران (۱۲) نشان دادند که با افزایش شوری و مقدار سدیم خاک، جذب پتاسیم توسط گیاه به شدت کاهش یافت که این امر احتمالاً مربوط به رقابت سدیم با پتاسیم و جذب بیشتر سدیم بود. افزایش شوری، به علت عرضه فراوان آنیون کلر به گیاه، باعث کاهش

شوری و تخریب خاک ناشی از کیفیت نامناسب آب آبیاری و مدیریت نادرست، دو عامل تهدید کننده اراضی کشاورزی محسوب می‌شوند. اگرچه حاصلخیزی کم زمین‌های شور به مقادیر زیاد نمک‌ها نسبت داده می‌شود، اما کاهش ماده آلی و فراهمی عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز از عوامل اصلی کاهش حاصلخیزی خاک‌های شور است، به طوری که نگرانی‌ها در مورد خطرات شوری و کاهش کیفیت اکوسیستم‌های کشاورزی موجب توسعه عملیات مدیریتی جهت حفظ ذخایر و حاصلخیزی خاک شده است (۱۴). بر اساس آمار موجود، بیش از ۴۴/۵ میلیون هکتار از زمین‌های ایران به نوعی تحت تاثیر شوری قرار دارند و متأسفانه طبق مشاهدات عینی، این رقم هر سال افزایش می‌یابد (۶). اصلاح خاک‌های متأثر از شوری و سدیم به وسیله‌ی آبشویی اصلاح، توسعه سیستم زهکشی، کشت گیاهان با ریشه عمیق و یا استفاده از اصلاح کننده‌ها امکان پذیر است. داشتن دانش کافی درباره توسعه زمین‌های شور و سدیمی، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی این خاک‌ها،

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: hemami@um.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

اصلاح خاک شور-سدیمی و همچنین بررسی این مواد بر بعضی از صفات گیاه ذرت در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در جعبه‌هایی با ابعاد ۳۰×۴۰×۳۰ سانتی متر (به عنوان لایسیمتر) انجام شد. تیمارهای این مطالعه شامل شاهد بدون افزودن ماده آلی و گچ (Control)، کمپوست زباله شهری (MC) کارخانه کمپوست مشهد، ورمی کمپوست (VC) شرکت مزرعه مشهد، کود مرغی (PM) مرغداری دانشگاه فردوسی مشهد و گچ (G) بود که از هر کدام به میزان ۱۰ تن در هکتار (۳/۳ گرم بر کیلوگرم خاک) استفاده شد. در هیچ یک از تیمارهای مورد بررسی و شاهد کود شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت. قبل از انجام آزمایش، یک خاک شور-سدیمی انتخاب شد (جدول ۱)، سپس بر اساس جرم مخصوص ظاهری خاک در لایسیمترهای مورد نظر ریخته شد و پس از آن تیمارهای آزمایشی اعمال گردید (جدول ۲) و به منظور رسیدن به تعادل و شروع خاکدانه‌سازی و تشکیل ساختمان خاک به مدت دو ماه در شرایط گلخانه نگهداری شد. سپس شش عدد بذر ذرت رقم سینگل کراس ۲۶۰ (با دوره رشد ۱۲۰ روز) در هر جعبه کاشته شد که پس از مرحله چهار برگی به چهار عدد کاهش یافت. با توجه به کم بودن میزان تبخیر در شرایط گلخانه و همچنین کشت گیاه در فصل پاییز، آبیاری در فواصل یک هفته و در هر نوبت میزان آب آبیاری بر اساس رطوبت نقطه ظرفیت زراعی انجام شد. بعد از گذشت چهار ماه بوته‌های ذرت به صورت کفبر برداشت شد و بعضی از صفات گیاه شامل وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. همچنین نیتروژن کل به روش کج‌لدال (۱۸)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و همکاران (۱۷) و پتاسیم قابل استفاده با روش ریچارد (۲۱) در نمونه‌های کود آلی اندازه‌گیری شد. در نمونه‌های گیاهی نیز فسفر با استفاده از هضم خشک و دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل WPA-S200) در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن گیاه مانند خاک با اسید سولفوریک و کاتالیزور هضم صورت گرفت و میزان نیتروژن به روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پتاسیم در عصاره نمونه‌های گیاهی حاصل از هضم خشک و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل (مدل JENWAY-PEP7) انجام شد. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (EC_e) توسط دستگاه EC متر مدل JENWAY 4310 اندازه‌گیری شد. همچنین نسبت جذب سدیم (SAR) در نمونه‌های خاک پس از برداشت گیاه نیز با اندازه‌گیری غلظت سدیم،

غلظت آنیون‌های آلی و نیتروژن در داخل گیاه می‌شود. این کاهش جذب احتمالاً به علت کاهش تراوایی ریشه گیاه نسبت به نیتروژن است (۶). در آزمایشی ساها و همکاران (۲۲) با بررسی اثر کود آلی بر عملکرد ذرت (*Zea mays*) گزارش کردند که کشت ذرت دانه ای در شرایط مدیریت ارگانیک باعث افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه ذرت شد. پترسن و همکاران (۱۹) با بررسی تأثیر کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر رشد گیاه هیچ محدودیتی را گزارش نکردند. همچنین گزارش شده است که مقادیر بیش از ۴۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری تأثیری در افزایش عملکرد یونجه (*Medicago sativa*) نداشت (۱۶).

همچنین در برخی تحقیقات مشخص شده است که ورمی کمپوست به طور معنی‌داری رشد و جوانه زنی را در گیاهان بهبود می‌بخشد (۸ و ۲۶). در واقع ورمی کمپوست فعالیت میکروبی را که می‌تواند به جوانه زنی، ظهور گلها و محصول بیشتر کمک کند، تحریک نموده، که این اثر مستقل از دسترسی عناصر غذایی برای گیاهان می‌باشد (۸). احمدی نژاد و همکاران (۱) عنوان کردند که کودهای آلی (لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود دامی) اکثر صفات زراعی گندم (*Triticum monococcum*) (رقم الوند) را به جز تعداد سنبله در متر مربع و تعداد سنبلچه در سنبله افزایش دادند. هم‌چنین با افزایش مقدار کود دامی، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب اثر معنی‌داری بر اکثر صفات مورد مطالعه گزارش نشد. زمانی باب‌گه‌ری و همکاران (۳) گزارش نمودند که پسماندهای آلی (لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل اصفهان، کمپوست زباله شهری و کود گاوی) با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حاصلخیزی خاک توانستند سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت شوند و توانایی لجن فاضلاب در افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت کمتر از کمپوست و کود گاوی بود. مرادی و همکاران (۵) نیز با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر گیاه رازیانه دریافتند که کمپوست، ورمی کمپوست و ریزجاندران بهبود دهنده رشد گیاه باعث افزایش عملکرد، اجزای عملکرد، درصد و مقدار اسانس رازیانه شدند. بر اساس پژوهش فوق، مخلوط کمپوست ورمی کمپوست بدون کوچکترین صدمات و خطرات زیست محیطی و با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد داشت.

گیاهانی مثل جو (*Hordeum vulgare*)، برنج (*sativa indica*)، گندم و ذرت در مراحل اولیه رشد نسبت به نمک حساس بوده سپس در برابر آن مقاومت نشان می‌دهند. برنج در مرحله گل‌دهی نیز به نمک حساس است و چغندر قند و آفتابگردان در مرحله جوانه زدن نسبت به شوری حساسیت نشان می‌دهند. بنا به نظر برنستین (۹) حداکثر شوری محلول خاک در مرحله‌ای از رشد که گیاه نسبت به آن حساسیت نشان می‌دهد، نباید از ۸ میلی‌موس بر سانتی متر تجاوز کند. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر مواد آلی و گچ بر

تیمارهای آلی و گچ وزن هزار دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۴). تیمارهای ورمی کمپوست و کود مرغی نیز، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد، گچ و کمپوست افزایش دادند. افزایش در عملکرد ممکن است به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک باشد که به دنبال آن موجب افزایش رشد گیاه و در نتیجه تولید بالاتر می‌شود (۲۳). با مصرف کودهای آلی، میزان مواد خاک افزایش می‌یابد و موجب افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک و فراهمی بیشتر عناصر کم‌مصرف و پرمصرف مورد نیاز گیاه می‌شود و تلفات عناصر را از خاک کاهش می‌دهد، که می‌توان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب تداوم آن را در طی زمان حفظ کرد (۲۷ و ۲۸). در این مطالعه نیز بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در اثر استفاده از تیمار کود مرغی و ورمی کمپوست حاصل شد، به طوری که عملکرد دانه در تیمارهای کود مرغی و ورمی کمپوست، به ترتیب ۲۶ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. همچنین در اثر مصرف کود مرغی و ورمی کمپوست، ارتفاع بوته (به ترتیب ۲۵ و ۲۳ درصد) و وزن خشک اندام هوایی (به ترتیب ۲۶ و ۲۳ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین تیمارهای ورمی کمپوست و کود مرغی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی اختلاف آنها با سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۴). علاوه بر این وزن هزار دانه در تیمارهای گچ و کمپوست فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بود ولی با شاهد اختلاف آنها با شاهد معنی‌دار بود. همچنین عملکرد اندام هوایی و دانه و ارتفاع گیاه در تیمارهای شاهد، گچ و کمپوست فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بود (جدول ۴). فلاح و همکاران (۴) بالاترین غلظت عناصر غذایی و ماده خشک ذرت را با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود مرغی به دست آوردند. آتیه و همکاران (۷) نیز نشان دادند که ورمی کمپوست به طور معنی‌داری رشد و جوانه زنی گیاه را بهبود می‌بخشد، آنها همچنین نشان دادند که ورمی-کمپوست فعالیت میکروبی را که می‌تواند به جوانه زنی، ظهور گل‌ها و محصول بیشتر کمک کند تحریک می‌نماید، که این تاثیر مستقل از دسترسی عناصر غذایی برای گیاهان می‌باشد.

پتاسیم و منیزیم محلول (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) و با استفاده از رابطه $SAR = Na^+ / [Ca^{+2} + Mg^{+2}]^{0.5}$ محاسبه شد. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌های آزمایش با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و جهت ترسیم شکل‌ها از نرم افزار Microsoft Excel 2007 استفاده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک مورد آزمایش

پارامتر	واحد اندازه‌گیری	مقدار
بافت	-	لوم
pH	-	۹/۱
EC _e	dS m ⁻¹	۵
ESP	%	۳۵/۴
فسفر قابل جذب	mg kg ⁻¹	۸
نیتروژن کل	%	۰/۰۵
پتاسیم	mg kg ⁻¹	۲۷۰

جدول ۲- برخی از خصوصیات کمپوست، ورمی کمپوست و کود مرغی

	EC (1:5)	pH (1:5)	K P N		
			%		
کمپوست	۹	۷/۶۱	۰/۸	۱/۶۰	۱/۳۰
ورمی کمپوست	۷/۵	۸/۲۵	۱/۱	۱/۰۲	۱/۴۰
کود مرغی	۱۲	۸/۱۰	۱/۹	۰/۷۰	۱/۲

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، غلظت فسفر در اندام هوایی گیاه، EC_e و SAR در سطح ۰/۰۰۰۱٪، بر وزن هزار دانه و غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه ذرت در سطح ۰/۰۰۱٪ و بر ارتفاع و غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳).

نتایج مقایسه‌ی میانگین خصوصیات گیاه نشان داد، تمام

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات خطا) صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	ارتفاع	غلظت نیتروژن گیاه	غلظت فسفر گیاه	غلظت پتاسیم گیاه	EC _e	SAR
تیمار	۴	۴۴۹/۷****	۴۱۷/۹****	۳۸۱۸***	۵۹۳**	۰/۳۷۴**	۷۷۷۹۴****	۱۶۱۶۲۲۵۲***	۱۷/۳۵****	۳۰/۴۸****
خطا	۸	۱۷/۶۴	۷/۰۳	۱۰۰/۰۳	۵۶/۶	۰/۰۴۷	۲۱۹۴	۹۵۷۹۷۵	۰/۸۰۹	۰/۱۶۳
ضریب تغییرات		۴/۰۱	۴/۸	۹/۴۷	۵/۷۵	۴۳/۴	۲/۲۲	۹/۷	۵/۲	۳/۲

****- معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱٪، ***- معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱٪، **- معنی‌دار در سطح ۰/۰۱٪، *- معنی‌دار در سطح ۰/۰۱٪، ns- غیر معنی‌دار

جدول ۴- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر برخی خصوصیات ذرت

تیمارها	وزن خشک اندام هوایی (g per pot)	عملکرد دانه (g per pot)	وزن هزار دانه (g)	ارتفاع (cm)
شاهد	b۹۴/۴۷	b۴۵/۲۳	c۶۵/۹۳	b۱۱۷/۰۵
گچ	b۹۷/۰۸	b۴۷/۷۶	b۸/۸۷	b۱۱۷/۲۵
کمپوست	b۹۵/۸۹	b۴۷/۱۳	b۹/۶۷	b۱۲۹/۶۳
ورمی کمپوست	a۱۱۹/۴۱	a۵۸/۲۴	a۱۳/۴۳	a۱۴۶/۰۸
کود مرغی	a۱۱۶/۶۷	a۵۷/۱۶	a۱۴۷/۰۰	a۱۴۴/۱۸

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۵ درصد می باشند.

(12 dS m^{-1}) و افزودن آن به خاک باعث افزایش شوری خاک می شود. بین تیمار ورمی کمپوست و کمپوست تفاوت معنی داری وجود نداشت، ولی این دو تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد داشتند (شکل ۱). ورود یون های ناشی از تجزیه مواد آلی به محلول خاک و حل شدن تدریجی گچ مورد استفاده می تواند باعث افزایش غلظت الکترولیت خاک (EC_e) شود. تحقیقات (۱۱) نشان داد، کاربرد توام گچ و کود سبز در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از این مواد، EC خاک را به مقدار بیشتری افزایش داد.

جدول ۵- غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام های هوایی ذرت

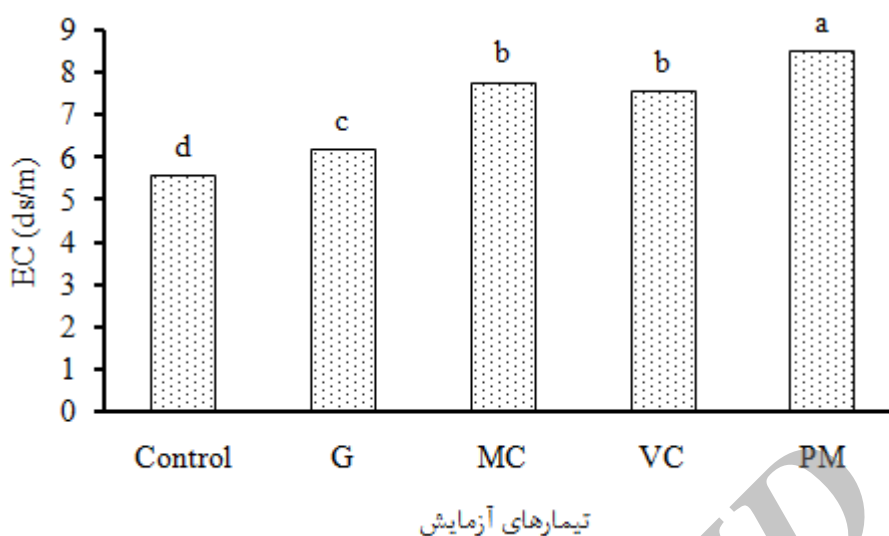
تیمارها	نیتروژن (%)	فسفر (mg kg^{-1})	پتاسیم (mg kg^{-1})
شاهد	۰/۷۲d	۱۸۶۶/۱c	۱۲۰۱۵/۴ b
گچ	۰/۸۶dc	۱۳۵۲/۲d	۱۱۶۵۶/۶ b
کمپوست	۰/۹۶c	۲۲۳۰/۱ b	۱۳۳۸۵/۶ b
ورمی کمپوست	۱/۱۴ b	۲۵۷۹/۵ a	۱۵۸۸۱/۱ a
کود مرغی	۱/۳۲a	۲۵۲۱/۴ a	۱۶۸۴۷/۵ a

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۵ درصد می باشند.

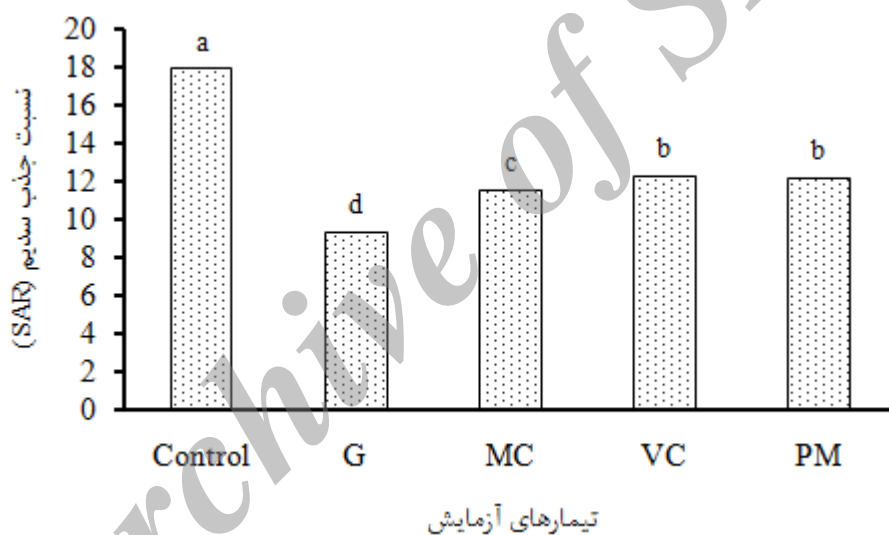
همان طور که در شکل ۲ مشخص شده است، کاربرد مواد اصلاحی باعث کاهش معنی دار SAR عصاره اشباع شد. بیشترین کاهش مربوط به تیمار گچ بود، به طوری که از ۱۷/۹ در تیمار شاهد به ۹/۳ کاهش یافت. که می تواند ناشی از افزایش میزان کلسیم محلول خاک باشد. افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک خود عاملی برای کاهش نسبت جذب سدیم تلقی می گردد. با کاربرد مواد اصلاحی در خاک سرعت نهایی نفوذ آب به خاک افزایش یافته و در نتیجه موجب افزایش آبشویی سدیم محلول از خاک شده است (نتایج آن در اینجا ارائه نشده است). تحقیقات غدیر و همکاران (۲۰) نشان داد با کاربرد ماده آلی در خاک، آبشویی سدیم تسریع و درصد سدیم تبدیلی خاک نیز کاهش یافته و موجب افزایش پایداری خاکدانه ها می شود.

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مواد آلی غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه ذرت را نسبت به شاهد افزایش داد (سطح ۵ درصد)، و تفاوت بین تیمار گچ و شاهد غیر معنی دار بود (جدول ۵). بیشترین افزایش مربوط به تیمار کود مرغی بود (جدول ۵) که ۱/۸ برابر نسبت به شاهد بود. کاناوا و کیوتو (۱۳) گزارش کردند که در اثر کاربرد کود دامی میزان فعالیت آنزیم گلوتامیناز به مقدار زیادی افزایش یافت. که این آنزیم نقش مهمی در چرخه نیتروژن خاک دارد و باعث تبدیل گلوتامین موجود در مواد آلی به اسید گلوتامیک و یون آمونیوم می شود. تحقیقات نشان داده که آزاد سازی نیتروژن از کمپوست در بیشتر موارد در حدود ۲۵ درصد در سال اول است و در سال های بعد، هر سال ۱۰ درصد آن آزاد می شود و این بدان خاطر است که کودهای کمپوست، در جریان تجزیه به صورت پیوند با دیگر عناصر به خصوص با کربن ظاهر می گردد (۲۴) غلظت فسفر توسط گیاه با کاربرد مواد آلی به طور معنی داری افزایش یافت، که در این میان تاثیر تیمار کود مرغی بیشتر بود (جدول ۵) و موجب ۳۵ درصد افزایش نسبت به شاهد شد، اما کاربرد گچ، مقدار فسفر جذب شده توسط گیاه را کاهش داد، زیرا با اضافه شدن گچ به خاک، یون کلسیم وارد محلول خاک می شود و با شکل های قابل جذب فسفر (ارتوفسفات ها) رسوبات کم محلول و نامحلولی را تشکیل می دهد، که در نتیجه آن جذب و غلظت فسفر در گیاه کاهش می یابد. در بین تیمارهای مورد مطالعه فقط تیمارهای کود مرغی و ورمی کمپوست غلظت پتاسیم در گیاه را نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش دادند (جدول ۵). علاوه بر این افزایش معنی دار غلظت پتاسیم در گیاه در این دو تیمار نسبت به گچ و کمپوست نیز معنی دار بود (جدول ۵). علت افزایش پتاسیم جذب شده توسط گیاه بر اثر کاربرد مواد اصلاحی احتمالاً ناشی از تاثیر این مواد بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آزاد شدن پتاسیم از این تیمارها می باشد.

بررسی نتایج حاصل از اندازه گیری قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) خاک نشان داد که کاربرد تمام تیمارها باعث افزایش معنی دار EC_e خاک شد (شکل ۱)، که از میان تیمارهای اعمال شده کود مرغی بیشترین افزایش را بر EC_e داشت، که با توجه به جدول ۲ منطقی به نظر می رسد، زیرا EC کود مرغی بالا است



شکل ۱- اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک
Control: شاهد، G: گچ، MC: کمپوست، VC: ورمی کمپوست، PM: کود مرغی



شکل ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر نسبت جذب سدیم
Control: شاهد، G: گچ، MC: کمپوست، VC: ورمی کمپوست، PM: کود مرغی

به نتایج به دست آمده از این بخش می‌توان گفت که نیتروژن و پتاسیم بیشترین نقش را در بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه ذرت داشته‌اند. در خاک‌های آهکی با وجود مقدار بالای فسفر در خاک، شکل قابل استفاده گیاه در آن‌ها کم است و با توجه به pH بالای خاک و آهکی بودن آن، ممکن است بخشی از فسفر آزاد شده از کودهای آلی با کلسیم رسوب تشکیل داده و به صورت نامحلول درآمده باشد، بنابراین با وجود این که غلظت فسفر در گیاه در نتیجه‌ی کاربرد کودهای آلی به طور نسبی افزایش یافته است، ولی میزان افزایش در مقایسه با نیتروژن و پتاسیم کم است و همبستگی آن با ویژگی‌های رشدی گیاه معنی‌دار نشده است.

نتایج ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های رشدی گیاه با غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه و همچنین شوری و SAR خاک نشان داد، که نیتروژن و پتاسیم موجود در اندام هوایی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P < 0.05$) با وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه ذرت داشتند. همچنین وزن هزار دانه با غلظت نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد و ارتفاع گیاه با نیتروژن و فسفر در سطح پنج درصد و با پتاسیم اندام هوایی در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. هیچ کدام از ویژگی‌های رشدی گیاه ذرت با مقادیر ECE و SAR همبستگی معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۶). با توجه

جدول ۶- ماتریس همبستگی صفات مورد بررسی

SAR	ECe	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	ارتفاع گیاه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	وزن خشک اندام هوایی
-.۰/۱۹ ^{ns}	.۰/۶۸ ^{ns}	-.۰/۹۳۴*	-.۰/۷۶۳ ^{ns}	-.۰/۸۸۴*	-.۰/۹۳*	-.۰/۹۶۵**	-.۰/۹۹۷**	۱
-.۰/۱۹۹ ^{ns}	.۰/۷۱۴ ^{ns}	-.۰/۹۵۱*	-.۰/۷۷۱ ^{ns}	-.۰/۹۱۳*	-.۰/۹۳۶*	-.۰/۹۷۶**	۱	عملکرد دانه
-.۰/۳۳۸ ^{ns}	.۰/۸۴۱ ^{ns}	-.۰/۹۶۸**	-.۰/۷۸۹ ^{ns}	-.۰/۹۷۳**	-.۰/۹۶۱**	۱	۱	وزن هزار دانه
-.۰/۲۱۴ ^{ns}	.۰/۸۶۳ ^{ns}	-.۰/۹۷۳**	-.۰/۹۱۶*	-.۰/۹۲۶*	۱	۱	۱	ارتفاع گیاه
-.۰/۳۷۸ ^{ns}	.۰/۹۱۸ ^{ns}	-.۰/۹۵۸*	-.۰/۷۷ ^{ns}	۱	۱	۱	۱	نیتروژن
.۰/۱۱۳ ^{ns}	.۰/۷۸۷ ^{ns}	-.۰/۸۹۴*	۱	۱	۱	۱	۱	فسفر
-.۰/۱۳۳ ^{ns}	.۰/۸۵۲ ^{ns}	۱	۱	۱	۱	۱	۱	پتاسیم
-.۰/۴۳۳ ^{ns}	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	ECe
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	SAR

***- معنی دار در سطح ۰/۰۱٪، **- معنی دار در سطح ۰/۰۵٪، ns- غیر معنی دار

بیشترین افزایش در اثر کاربرد کود مرغی به دست آمد. کاربرد تمام تیمارها باعث افزایش معنی دار ECe خاک شد که از میان تیمارهای اعمال شده کود مرغی سبب بیشترین افزایش در ECe شد. تفاوت ECe در تیمارهای ورمی کمپوست و کمپوست معنی دار نبود، ولی این دو تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی دار در سطح پنج درصد داشتند. همچنین کاربرد مواد اصلاحی باعث کاهش معنی دار SAR عصاره اشباع گردید، که بیشترین کاهش مربوط به تیمار گچ بود. از آنجا که ورمی کمپوست در مقایسه با سایر تیمارهای آلی تأثیر کمتری بر افزایش شوری خاک داشته است. همچنین در مقایسه با شاهد سبب کاهش معنی دار و قابل توجه SAR شده است. علاوه بر این ورمی کمپوست به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه، حتی بدون افزودن کود شیمیایی در شرایط خاک شور-سدیمی باعث افزایش شاخص های وزن خشک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه ذرت شده است، بنابراین کاربرد این نوع کود آلی (البته مقادیر کمتر از ۱۰ تن در هکتار) در کشاورزی توصیه می شود.

حسینی (۲) نیز همبستگی معنی داری بین عملکرد علفه خشک سورگوم علفه ای (*Moench (L) Sorghum bicolor*) و وزن هزار دانه آن با نیتروژن خاک گزارش نموده است ولی همبستگی آن ها با فسفر و پتاسیم خاک در اثر کاربرد لجن فاضلاب و کود نیتروژن معنی دار نشده بود.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تمام تیمارهای آزمایشی، عملکرد اندام هوایی، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه ذرت را نسبت به شاهد افزایش دادند، افزایش در عملکرد به دلیل بهبود ساختمان خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است که به دنبال آن موجب افزایش رشد گیاه و در نتیجه تولید بالاتر شده است. بالاترین افزایش در شاخص های رشدی گیاه ذرت در اثر استفاده از تیمار کود مرغی و ورمی کمپوست حاصل شد، و اختلاف آن ها با سایر تیمارها معنی دار بود. کاربرد تیمارهای آلی غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوایی گیاه ذرت را نسبت به شاهد افزایش دادند و

منابع

- ۱- احمدی نژاد، ر.، ن. ا. نجفی، ن. علی اصغر زاد، و ش. اوستان. ۱۳۹۲. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی های رشد گندم (رقم الوند). نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۲): ۱۷۷-۱۹۴.
- ۲- حسینی، ر. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب و کود نیتروژن بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک و اجزای عملکرد سورگوم علفه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد. ص ۱۲۵.
- ۳- زمانی باب گهری، ج. م. افیونی، ا. ح. خوشگفتارمنش، و ح. ر. عشقی زاده. ۱۳۸۹. اثر لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر ویژگی های خاک و عملکرد ذرت علفه ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۴(۵۴): ۱۵۳-۱۶۵.

- ۴- فلاح، س.، ا. قلاوند، د. قنبریان، و ع. یدوی. ۱۳۸۸. اثر مقدار و نحوه اختلاط کود مرغی با خاک بر برخی خصوصیات خاک و عملکرد گیاه ذرت. نشریه آب و خاک، ۲۳ (۳): ۷۸-۸۷.
- ۵- مرادی، ر. ا.، پ. رضوانی مقدم، م. نصیری محلاتی، و ا. لکزبان. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۲): ۶۲۵-۶۳۵.
- ۶- ملکوتی، م. ج.، و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران. ص ۳۲.
- 7- Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger, and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44:579-590.
- 8- Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworms processed organic wastes on plant growth. *Biosource Technology*. 84:7-14.
- 9- Bernstein, L. 1974. Crop growth and salinity. In: J. van Schilfgaarde (ed.), *Drainage for Agriculture*. Agronomy. 17: 39-54.
- 10- Chaney, K. and R. S. Swift. 1986. Studies on aggregate stability of reformed soil aggregates. *Journal of Soil Science*. 37:337-343.
- 11- Chorom, A., and P. Rengasamy. 1997. Carbonate Chemistry, pH, and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. *Australian Journal of Soil Research*. 35: 149-61.
- 12- Cramer, R., Y. Haly, A. Lauchli, and E. Epstein. 1987. Influx of Na^+ , K^+ , Ca^{+2} into roots of salt-stressed cotton seedling. *Journal of Plant Physiology*. 156: 510-516.
- 13- Kanazawa, S., and H. Kiyota. 2000. Effect of fertilizer and manure application on *L-glutaminase* and *L-asparaginase* activities in soils. *Soil Science and Plant Nutrition*. 46 (3): 125-146.
- 14- Lakhdar, A., C. Hafsi, M. Rabhi, A. Debez, F. Montemurro, C. Abdelly, N. Jedidi, and Z. Ouerghi. 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of salinewater in *Hordeum maritimum* L., *Bioresource Technology*. 99: 7160-7167.
- 15- Madrid, F., R. Lo'pez, and F. Cabrera. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*. 119: 249-256.
- 16- Mbarki, S., N. Labidi, H. Mahmoudi, N. Jdidi, and C. Abdelly. 2008. Contrasting effects of municipal compost on alfalfa growth in clay and in sandy soils: N, P, K, content and heavy metal toxicity. *Bioresource Technology*. 99(15): 6745-6750.
- 17- Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. U.S. Gov. Print office, Washington, DC.
- 18- Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney. 1982. *Methods of Soil Analysis, part2, chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- 19- Petersen, S. O., K. Henriksen, G. K. Mortensen, P. H. Krogh, K. K. Brandt, J. Sorensen, T. Madsen, J. Petersen, and C. Gron. 2003. Recycling of sewage sludge and house hold compost to arable land: Fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. *Soil and Tillage Research*. 72: 139-152.
- 20- Qadir, M., S. Schubert, A. A. Ghafoor, and G. Murtaza. 2001. Amelioration strategies for sodic soils: A review. *Land Degraation and Development* 12: 357-386.
- 21- Richards, L. A. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil*. USDA .Agriculture. Hand Book. No. 60.
- 22- Saha, S. G., K. Appireddy, S. Kundu, and H. S. Gupta. 2007. Comparative efficiency of three organic manures at varying rates of its application to baby corn. *Agronomy and Soil Science*. 53:507-517.
- 23- Sainju, U. M., B. P. Singh, and W. F. Whitehead. 2001. Comparison of the effects of cover crops and nitrogen fertilization on tomato yield, root growth, and soil properties. *Scientia Horticulturae*. 91: 201-214.
- 24- Sikora, L., and R. A. K. Szmidt. 2001. Nitrogen Sources, Mineralization Rates and Plant Nutrient Benefits from compost. In: P.J. Stoffella and A. Khan (Eds), *Compost utilization in horticultural cropping systems*. CRC Press Pub., USA.
- 25- Soumare, M., Tack, F.M.G., and Verloo, M.G. 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Journal of Bioresource Technology*. 86: 15-20.
- 26- Subler, S., C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 1998. Comparing vermicompost and compost. *Biocycle*. 39:63-68.
- 27- Yadav, R. L., B. S. Dwivedi, and P. S. Pandey. 2000. Rice-wheat cropping system: assessment of sustainability under green manuring and chemical fertilizer inputs. *Field Crops Research*. 65:15-30.
- 28- Yadvinder, S., B. S. Ladha, J. K. Khind, C. S. Gupta, R. K. Meelu, and O. P. Pasuquin. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in rice-wheat rotation. *Soil Science Society of America Journal*. 68: 845-853.