تأثیر اسید هومیک، کمپوست و کود فسفر بر خصوصیات رویشی گیاه ریحان و غلظت عناصر کم‌مصرف در گیاه و خاک

زهره سید جمالی[۱*]، علیرضا آستارایی[۱] و حجت امامی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۶)

چکیده

مواد آلی از ترکیبات مهم خاک هستند که اثرهای قابل ملاحظه‌ای بر فراهمی عناصر و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک دارند. رویکرد روزافزون استفاده از گیاهان دارویی، انجام تحقیقات گسترده در مورد آنها در جهت توسعه کشاورزی پایدار را ضروری می‌سازد. به منظور بررسی کاربرد مقادیر مختلف اسید هومیک، کمپوست و کود فسفر بر خصوصیات رویشی و جذب برخی عناصر کم‌مصرف در گیاه دارویی ریحان، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح اسید هومیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، سه سطح کمپوست زباله شهری (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و سه سطح فسفر (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، از منبع کود سوپرفسفات تریپل) بودند. پس از برداشت، وزن خشک اندام هوایی، تعداد ساقه فرعی، ارتفاع ساقه و غلظت و جذب آهن، منگنز، مس و روی در اندام هوایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر اسید هومیک و کمپوست در سطوح دوم و سوم بر ارتفاع ساقه، تعداد ساقه فرعی و وزن خشک اندام هوایی گیاه ریحان در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود؛ اما این دو سطح با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست همراه با کود فسفر بر ارتفاع، تعداد ساقه فرعی و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار نبود. کاربرد اسید هومیک و کمپوست موجب افزایش معنی‌دار غلظت عناصر آهن، منگنز، روی و مس در اندام هوایی گیاه شد و کاربرد کودهای آلی فراهمی عناصر آهن، منگنز، روی و مس در خاک را افزایش داد. اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست در خاک بر غلظت آهن، منگنز، روی و مس گیاه و مقادیر قابل دسترس در خاک معنی‌دار بود. در اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست همراه با فسفر، کاربرد فسفر اغلب موجب کاهش غلظت آهن، منگنز، روی و مس گیاه و مقادیر قابل دسترس آنها در خاک شد. لیکن، بررسی این برهمکنش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد کودهای آلی می‌تواند اثر منفی ناشی از زیادی فسفر بر فراهمی این عناصر را تا حدی بهبود بخشد و استفاده از آنها در جهت بهبود شرایط شیمیایی خاک و افزایش خصوصیات رشدی گیاه ریحان توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، کودهای آلی، فراهمی عناصر، کودهای شیمیایی

مقدمه

مواد آلی نقش مهمی در حفظ و بهبود ویژگی‌های خاک ایفا می‌کنند و باروری خاک‌های زراعی به‌شدت با سطح مواد آلی آنها مرتبط است. برای ارتقاء سطح مواد آلی خاک‌های کشاورزی، ابتدا لازم است که ضرورت و اهمیت این مواد در خاک مشخص گردد. این کار زمانی امکان‌پذیر است که درک کافی و اطلاعاتی جامع از نقش و وظایف ماده آلی در خاک وجود داشته باشد (۱۳). استفاده از کودهای شیمیایی در درازمدت موجب تخریب برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. بنابراین، به منظور افزایش عملکرد

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: z.jamali.56@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

در واحد سطح، اهمیت کودهای آلی که مزایای زیادی در اصلاح خاک دارند نباید نادیده گرفته شود (۱۸).

اغلب خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک آهکی بوده و ویژگی‌هایی همچون واکنش قلیایی و فقر مواد آلی موجب شده بسیاری از گیاهان زراعی در این خاک‌ها با کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف، به‌ویژه آهن، روی و منگنز روبرو شوند (۱). وجود pH قلیایی و غلظت زیاد یون کلسیم باعث شده که بعضی از عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها توسط pH کنترل می‌شود به صورت ترکیب‌های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاه درآیند. مقدار زیاد یون بی‌کربنات تولید شده در خاک، ضمن افزایش pH خاک‌های آهکی باعث کاهش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف، بخصوص آهن، توسط گیاه می‌شود (۴). عناصر کم‌مصرف در گیاهان آثار مهمی بر جای می‌گذارند. این عناصر در صورت کمبود می‌توانند گاهی به عنوان محدود کننده رشد و جذب سایر عناصر غذایی عمل کنند و همین امر لزوم توجه بیشتر به کاربرد آنها را مشخص می‌سازد (۱۷).

تحقیقات به‌عمل آمده در خصوص اثر کود کمپوست از منابع مختلف بر محصولات کشاورزی در دنیا همگی حاکی از مفید بودن آن از نظر حاصل‌خیزی و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد و باعث افزایش محصول و قابل کشت کردن بسیاری از نقاط غیرحاصل‌خیز شده است (۱۵). مواد هومیک (اسید هومیک و اسید فولیک) ترکیبات مهم مواد آلی خاک هستند و کلمه هوموس به طور گسترده‌ای به عنوان مترادف مواد آلی خاک پذیرفته شده است. این مواد تأثیر مستقیم و غیر مستقیم بر رشد گیاه دارند. اثرهای مستقیم آنها شامل افزایش فعالیت آنزیمی و نفوذپذیری غشا می‌باشد (۲۵). اثرهای غیر مستقیم آنها شامل بهبود ویژگی‌های خاک مانند خاکدانه‌سازی، تهویه، نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری آب و دسترسی و انتقال عناصر کم‌مصرف می‌باشد (۴۴). چلیک و همکاران (۲۲) با کاربرد اسید هومیک دریافتند که این ماده سبب افزایش وزن خشک و جذب عناصر غذایی روی، مس، آهن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر غذایی گیاه ذرت می‌شود. توجه محققین و کشاورزان نیز به اهمیت و ارزش عناصر کم-مصرف روز به روز بیشتر می‌شود. به طور کلی، می‌توان گفت که علت اصلی توجه بیشتر به عناصر کم‌مصرف، پیدایش کمبود و بروز مسائل جدیدی است که در نتیجه برداشت بیشتر این عناصر و عدم افزایش آنها به خاک حاصل شده است (۹).

کاسترو و همکاران (۲۱) افزایش غلظت برخی عناصر میکرو از جمله آهن، روی و مس را در کاهوی کشت شده در تیمارهای شاهد و کمپوست زباله شهری در مقایسه با لجن فاضلاب و کود شیمیایی گزارش نمودند و علت افزایش غلظت مس و روی در کاهو را محتوای زیاد این عناصر در کمپوست زباله شهری بیان نمودند، که با نتایج ایگلسیاس- خیمنز (۳۰) مطابقت دارد. آنها اظهار داشتند که افزودن کمپوست سبب افزایش مواد آلی کل و عناصر ماکرو و میکرو در خاک اصلاح شده، مطابق با میزان کاربرد کمپوست، شده است.

دیر زمانی نیست که محققین دریافته‌اند که تنها تأمین عناصر مورد نیاز گیاه برای رشد و سلامت آن کافی نیست. بلکه تأمین متوازن عناصر بسیار مهمتر است. در این راستا، اسید هومیک نه تنها ابزار کارا و مفیدی است، بلکه به کاهش قلیائیت خاک‌های قلیایی، که بیشتر زمین‌های کشاورزی در ایران را شامل می‌شوند، کمک می‌کند. بعلاوه، با تحریک رشد تیوباسیلوس‌ها و تولید اسید سولفوریک در خاک نیز می‌تواند به این منظور کمک کند. چون جذب عناصر و بخصوص عناصر میکرو در خاک‌های قلیایی با مشکل جدی روبرو است، لذا کمبود عناصری مثل آهن، روی و مس در زمین‌های قلیایی بسیار شایع است که دلیل آن تشکیل کمپلکس‌های نامحلول این عناصر در خاک‌های قلیایی است. اسید هومیک علاوه بر این که خود ذخیره خوبی از عناصر میکرو را در بر دارد، به آزاد سازی و جذب بهتر عناصر تثبیت شده نیز کمک می‌کند. در ضمن، اسید هومیک در تغییرات شدید نقش ضربه‌گیر بافر را ایفا می‌نماید و از تغییر سریع اسیدیته و یا قلیائیت خاک جلوگیری می‌کند. در غیر این صورت، بسیاری از موجودات زنده خاک‌زی در این نوسانات تلف می‌شدند (۳۵).

www.SID.ir

امروزه رویکرد روزافزون بشر به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی، اهمیت کشت، تولید و فرآوری این گیاهان را افزایش می‌دهد. تحقیقات در زمینه این گیاهان نشان داده که کودهای آلی در کشت گیاهان دارویی، با فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز آنها، تولید زیست‌توده و ترکیب‌های استخراج شده از این گیاهان را افزایش می‌دهند (۴۸). عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاهان دارویی را می‌توان با کاربرد کودهای آلی در خاک تأمین کرد (۳۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که مقادیر بسیار کم از مواد آلی اثر زیادی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک داشته و به علت وجود ترکیبات هورمونی، اثر زیادی بر افزایش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی دارند (۱۰). انواع مختلفی از این مواد مانند کمپوست، کود دامی و اسید هومیک می‌توانند سبب افزایش رشد گیاهان شوند. اسید هومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ دالتن و اسید فولیک با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ دالتن به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردند (۳۱).

جنس *Ocimum* متعلق به تیره نعنا بوده که اکوتیپ‌های آن تنوع مورفولوژیک زیادی دارند. این جنس حداقل ۶۰ گونه و تعداد زیادی واریته را شامل می‌شود. در بین گونه‌های این جنس، گونه ریحان (*O. bacilium* L.) اهمیت اقتصادی فراوان داشته و به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه استفاده می‌شود. همچنین، در صنایع غذایی، داروسازی، عطرسازی و دندانپزشکی کاربرد فراوان دارد (۴۰).

با توجه به مطالب یاد شده و با توجه به فقر شدید خاک‌های ایران از نظر مواد آلی، اهمیت آنها در توان تولیدی خاک‌ها، تأثیر مطلوب اسید هومیک و کمپوست به عنوان کود آلی در میزان قابل جذب عناصر کم‌مصرف خاک و همچنین اثر مثبت این کودها در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاهان دارویی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر اسید هومیک، کمپوست زباله شهری و کود فسفر بر برخی خصوصیات رشدی گیاه ریحان، غلظت آهن، منگنز، مس و روی قابل دسترس خاک و جذب آنها توسط این گیاه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ به صورت کشت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، به مرحله اجرا در آمد. آزمایش در گلدان‌های سه کیلوگرمی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار روی گیاه ریحان اجرا شد. تیمارهای کودی شامل سه سطح اسید هومیک (صفر (بدون اسید هومیک)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم اسید هومیک در کیلوگرم خاک، به ترتیب H_1، H_2 و H_3)، سه سطح کمپوست (صفر (بدون کمپوست)، ۵ و ۱۰ تن کمپوست در هکتار، به ترتیب C_1، C_2 و C_3، تهیه شده از کارخانه بازیافت زباله شهری) و سه سطح فسفر (صفر (بدون فسفر)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، به ترتیب P_1، P_2 و P_3، با استفاده از کود سوپرفسفات تریپل) بودند. پس از آماده‌سازی خاک گلدان‌ها، تعداد ۱۰عدد بذر گیاه ریحان به عمق یک سانتی‌متر در هر گلدان کشت شد. آبیاری بلافاصله بعد از کشت و بعد از آن هر ۵ روز یکبار برای هر گلدان صورت گرفت. برای حصول تراکم مناسب، گیاهان پس از استقرار کامل، در مراحل سه و شش برگی تنک شدند و به سه عدد در هر گلدان کاهش یافتند. در طول دوره رشد گیاه، آبیاری با آب معمولی و وجین علف‌های هرز با دست انجام گرفت. در طول دوره رشد گیاه از هیچگونه کود شیمیایی یا سم علف‌کش استفاده نشد.

پس از گذشت ۹۰ روز از کاشت، گیاه ریحان از سطح هر گلدان برداشت و پس از جداسازی ریشه و اندام هوایی، ارتفاع و تعداد ساقه فرعی اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌های تر توزین و پس از خشک کردن در آون تهویه‌دار با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، وزن مادهٔ خشک محاسبه گردید. نمونه‌های خشک شده، پس از آسیاب کردن، با استفاده از روش هضم تر (۲۵) عصاره‌گیری گردیده و غلظت عناصر آهن، منگنز، مس و روی در عصارهٔ حاصل با دستگاه جذب اتمی (مدل PG- 990)، اندازه‌گیری شد. به منظور تجزیه شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش، نمونه خاک مورد مطالعه هواخشک، کوبیده و از الک دو

www.SID.ir

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک قبل از شروع آزمایش

بافت	اسیدیته	نیتروژن کل (٪)	پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	ماده آلی (٪)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
لوم	۷/۹	۰/۰۶	۳۱۷	۱۱	۰/۸۵	۱/۹۵	۷/۲	۰/۹۳	۰/۵۲

جدول ۲. خصوصیات اسید هومیک و اسید فولویک مورد استفاده (براساس برچسب کود)

pH	ECe (dS/m)	اسید فولویک	اسید هومیک
		(٪)	
۶	۰/۲۳۹	۵	۷۵

جدول ۳. برخی ویژگی‌های شیمیایی کمپوست

pH	نیتروژن (٪)	پتاسیم (٪)	فسفر (٪)	ماده آلی (٪)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
۷/۵	۱/۵	۱/۵	۲/۴	۴۵	۷۵۷۲	۴۸۰	۷۱۲	۱۹۵

میلی‌متری گذرانده شد. pH خاک در گل اشباع با pH متر، بافت خاک به روش هیدرومتری، نیتروژن کل به روش کلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن، پتاسیم به روش شعله-سنجی با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر و مقدار مادهٔ آلی خاک به روش والکلی و بلک اندازه‌گیری شدند (۲۵). مقدار قابل جذب عناصر غذایی کم‌مقدار خاک شامل آهن، منگنز، مس و روی به وسیله محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA حاوی ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم عصاره‌گیری شده (۳۳) و با استفاده از دستگاه طیف سنج جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. مقدار غلظت قابل جذب آهن، منگنز، مس و روی خاک بعد از برداشت گیاه در هر گلدان نیز تعیین گردید. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین اسید هومیک و کمپوست زباله شهری در جداول ۱ تا ۳ ارائه شده است.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار JUMP انجام گردید و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر کودهای آلی و فسفر بر خصوصیات رویشی اندام هوایی گیاه

همانگونه که در جدول ۴ نشان داده شده، افزودن کود اسید هومیک سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گیاه ریحان شد؛ به گونه‌ای که ارتفاع بوته در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم اسید هومیک در کیلوگرم خاک به ترتیب با ۴۵/۰۹ و ۴۵/۱۵ سانتی‌متر در مقایسه با شاهد (۴۱/۸۶ سانتی‌متر)، ۷ و ۸ درصد افزایش نشان داد. اما این دو سطح اسید هومیک با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. فاطمی و همکاران (۱۱) نشان دادند که غلظت ۵ گرم در لیتر اسید هومیک باعث افزایش ارتفاع بوته ریحان از ۱۵/۱۷ به ۳۴/۸۳ سانتی‌متر می‌شود. اسید هومیک از طریق اثر هورمونی، با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (۳۸). محققین دیگر نیز افزایش ارتفاع گیاه را با کاربرد اسید هومیک تأیید می‌کنند (۴۵ و ۴۷).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴. مقایسه میانگین برخی خصوصیات رویشی گیاه ریحان در برهمکنش اسید هومیک و فسفر

اسید هومیک (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	میانگین	تعداد شاخه فرعی در بوته	میانگین	وزن خشک کل بوته در گلدان (گرم)	میانگین
صفر (H_1)	صفر (P_1)	۴۱/۶۹c	۴۱/۸۶B	۹/۰۷b	۹/۵۸B	۵/۰۹f	۵/۴۰B
	۱۰ (P_2)	۴۲/۱۶bc		۹/۷۶ab		۵/۳۳ef	
	۲۰ (P_3)	۴۱/۷۴c		۹/۹۱ab		۵/۵۱def	
۱۰ (H_2)	صفر (P_1)	۴۳/۹۲abc	۴۵/۰۹A	۱۰/۱۶ab	۱۰/۳۷A	۶/۰۰cde	۶/۵۱A
	۱۰ (P_2)	۴۴/۴۳a		۱۰/۱۹ab		۶/۳۳bc	
	۲۰ (P_3)	۴۴/۲۸ab		۱۰/۷۵a		۷/۲۱a	
۲۰ (H_3)	صفر (P_1)	۴۵/۰۴a	۴۵/۱۵A	۱۰/۴۵a	۱۰/۵۱A	۶/۵۹abc	۶/۶۹A
	۱۰ (P_2)	۴۵/۲۵a		۱۰/۶۲a		۶/۸۵ab	
	۲۰ (P_3)	۴۵/۵۵a		۱۰/۴۷a		۶/۶۲abc	

میانگین‌های دارای حروف بزرگ اثر اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک اثر مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشند. اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۵. مقایسه میانگین برخی خصوصیات رویشی گیاه ریحان در برهمکنش کمپوست و فسفر

کمپوست (ton/ha)	فسفر (mg/kg)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	میانگین	تعداد شاخه فرعی در بوته	میانگین	وزن خشک کل بوته در گلدان (گرم)	میانگین
صفر (C_1)	صفر (P_1)	۴۱/۴۷b	۴۱/۷۵C	۹/۴۸abc	۹/۸۰ B	۵/۳۷de	۵/۳۹B
	۱۰ (P_2)	۴۱/۹۸b		۹/۵۸bc		۵/۱۵e	
	۲۰ (P_3)	۴۱/۸۲b		۱۰/۳۲bc		۵/۶۵cde	
۱۰ (C_2)	صفر (P_1)	۴۴/۴۳a	۴۴/۴۰B	۹/۹۵bc	۱۰/۳۲ A	۶/۲۹abc	۶/۵۲A
	۱۰ (P_2)	۴۴/۳۲a		۱۰/۵۶ab		۶/۶۶ab	
	۲۰ (P_3)	۴۴/۴۶a		۱۰/۴۴abc		۶/۶۳ab	
۲۰ (C_3)	صفر (P_1)	۴۴/۷۵a	۴۶/۱۶A	۹/۳۹c	۱۰/۳۱A	۶/۰۲bcd	۶/۶۲A
	۱۰ (P_2)	۴۵/۴۷a		۱۰/۴۳abc		۶/۷۸ab	
	۲۰ (P_3)	۴۵/۵۰a		۱۱/۱۱a		۷/۰۶a	

میانگین‌های دارای حروف بزرگ اثر اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک اثر مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشند. اعداد در هر ستون باحداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، در بین سطوح کمپوست، بیشترین ارتفاع بوته مربوط به سطح مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست بود، که تفاوت معنی‌داری با سطح ۵ تن در هکتار و شاهد داشت (جدول ۵). نتایج تهامی زرندی و همکاران (۳) نشان داد که هر دو صفت ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی ریحان به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کمپوست قرار گرفتند و با کاربرد کمپوست در خاک، میزان ارتفاع و وزن خشک افزایش یافت. از جمله دلایل تأثیر کمپوست بر ارتفاع

www.SID.ir

جدول ۶. مقایسه میانگین برخی خصوصیات رویشی گیاه ریحان در برهمکنش اسید هومیک و کمپوست

اسید هومیک (mg/kg)	کمپوست (ton/ha)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	تعداد شاخه فرعی در بوته	وزن خشک کل بوته در گلدان (گرم)
صفر (H_1)	صفر (C_1)	۳۶/۴۸d	۸/۸۰c	۴/۱۰d
	۵ (C_2)	۴۳/۳۹c	۹/۵۰bc	۵/۶۹c
	۱۰ (C_3)	۴۵/۷۱ab	۱۰/۴۳ab	۶/۲۱bc
۱۰ (H_2)	صفر (C_1)	۴۴/۶۸abc	۱۰/۳۲ab	۵/۵۵c
	۵ (C_2)	۴۴/۳۱abc	۱۰/۳۶ab	۷/۰۹a
	۱۰ (C_3)	۴۴/۳۲abc	۱۰/۴۲ab	۶/۹۰ab
۲۰ (H_3)	صفر (C_1)	۴۴/۱۱bc	۱۰/۲۸ab	۶/۵۳ab
	۵ (C_2)	۴۵/۲۵abc	۱۱/۰۹a	۶/۷۹ab
	۱۰ (C_3)	۴۶/۳۹a	۱۰/۰۷ab	۶/۷۵ab

اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

گیاه و وزن خشک آن را می‌توان به تأثیر مثبت کاربرد این ماده بر خواص فیزیکی خاک دانست که موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج و بهبود تهویه خاک می‌شود. از سوی دیگر، این ماده هم خود حاوی مقادیری مواد غذایی، از جمله نیتروژن است، و در اثر حضور آن در خاک، قابلیت جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاهان افزایش می‌یابد (۲۰).

در برهمکنش اسید هومیک و فسفر، بیشترین ارتفاع بوته (۴۵/۵۵ سانتی‌متر) در تیمار ۲۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم و سطح زیاد اسید هومیک و کمترین ارتفاع (۴۱/۶۹ سانتی‌متر) در عدم کاربرد فسفر و اسید هومیک مشاهده شد. اما در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر، با آن که ارتفاع بوته افزایش یافت، اما تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند.

در برهمکنش کمپوست و فسفر، بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد سطح زیاد کمپوست و سطح ۲۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). در اینجا نیز در هر سطح کمپوست، همانند اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر، ارتفاع بوته افزایش یافت؛ اما تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. می‌توان نتیجه گرفت که اثر فسفر بر ارتفاع بوته ریحان از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. نتایج تهامی زرندی و همکاران (۲) نشان داد که کمترین ارتفاع بوته ریحان در گیاهان تحت تیمارهای کود شیمیایی و شاهد بود که دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کود آلی بودند.

در برهمکنش اسید هومیک و کمپوست نیز بیشترین ارتفاع بوته در تیمار H_3C_3 مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد (عدم استفاده از کود آلی و فسفر) بسیار معنی‌دار بود؛ به گونه‌ای که باعث ۲۷٪ افزایش در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۶). یکی از عوامل اصلی تعیین کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. تیمارهای کود آلی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی، این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند.

نتایج نشان داد که اثرهای اصلی تیمارها (H_2، H_3، C_2 و C_3) بر تعداد ساقه فرعی در بوته نسبت به شاهد (H_1 و C1) معنی‌دار بود (جداول ۴ و ۵). در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هومیک، تعداد ساقه فرعی در بوته نسبت به شاهد افزایش یافت؛ اما این دو سطح با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۴). در بین سطوح کمپوست نیز با افزایش مقادیر کمپوست، تعداد ساقه فرعی در بوته افزایش یافت. اما تفاوت دو سطح ۵ و ۱۰ تن در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۵). تهامی زرندی و همکاران (۳) تأثیر انواع کودهای آلی در افزایش تعداد

www.SID.ir

شاخه فرعی گیاه دارویی ریحان را معنی‌دار گزارش کردند. ایشان دلیل این موضوع را به فراهمی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه در نتیجه‌ی استفاده از کودهای آلی نسبت دادند. نتایج نشان داد که تفاوت سطوح دوم و سوم اسید هومیک و کمپوست بر تعداد ساقه فرعی گیاه ریحان معنی‌دار نبود، که نشان می‌دهد استفاده از کودهای آلی در مقدار کمتر نیز با تأمین عناصر غذایی باعث افزایش تعداد ساقه فرعی در ریحان شده است.

جدول ۴ اثر متقابل اسید هومیک و فسفر بر تعداد ساقه فرعی در بوته ریحان را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، همه تیمارها تعداد ساقه فرعی در بوته را نسبت به شاهد (H_1P_1) افزایش دادند که این افزایش در بعضی از آنها نسبت به شاهد معنی‌دار است. بیشترین تعداد ساقه فرعی (۱۰/۷۵) در تیمار H_2P_3 مشاهده شد که با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (۹/۰۷)، تعداد ساقه فرعی بیشتری را دارا بود. اثر متقابل کمپوست و فسفر نیز روی تعداد ساقه فرعی در بوته ریحان فقط در سطح زیاد کمپوست همراه با سطح ۲۰ میلی‌گرم، نسبت به شاهد معنی‌دار بود و تفاوت تیمارهای دیگر بر تعداد ساقه فرعی در بوته نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. در برهمکنش کمپوست و اسید هومیک همراه با فسفر، با آن که در هر سطح کمپوست و اسید هومیک، با افزایش سطوح فسفر، تعداد ساقه فرعی افزایش یافت اما تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند که می‌توان نتیجه گرفت که اثر کود فسفر بر تعداد ساقه فرعی ریحان از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. نتایج رضایی مؤدب و نبوی کلات (۶) نشان داد که کمترین ساقه فرعی ریحان در گیاهان تحت تیمار کود شیمیایی و شاهد بود که دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کود آلی و زیستی بودند.

در برهمکنش اسید هومیک و کمپوست، همه تیمارها تعداد ساقه فرعی در بوته را افزایش دادند و تفاوت آنها (بجز H_1C_2) با شاهد بسیار معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته (۱۱/۰۹) در تیمار H_3C_2 مشاهده شد که نسبت به شاهد ۲۶٪ افزایش داشت. نتایج نشان دهنده این حقیقت است که استفاده از کودهای آلی با تأمین عناصر غذایی، باعث افزایش تعداد ساقه جانبی در ریحان می‌شود. بهبود بستر رشد گیاه و افزایش رشد رویشی گیاه، بخصوص تا پیش ازمرحله گل‌دهی، می‌تواند منجر به ظهور تعداد ساقه‌های فرعی بیشتر در گیاه شود.

نتایج نشان داد که سطوح دوم و سوم اسید هومیک و کمپوست اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی گیاه ریحان در مقایسه با شاهد داشتند (جداول ۴ و ۵). بیشترین وزن خشک اندام هوایی در بیشترین سطح اسید هومیک (H_3) و کمپوست (C_3) به‌دست آمد. به گونه‌ای که تیمار H_3 با ۲۳٪ افزایش و تیمار C_3 با ۲۲٪ افزایش در عملکرد ریحان، هر یک به ترتیب بیشترین افزایش را نسبت به شاهد خود (H_1 و C_1) داشتند. اما سطوح دوم و سوم اسید هومیک و کمپوست با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. آنچه مشهود است این که دو نوع کود آلی توانستند تأثیر زیادی بر عملکرد بگذارند که احتمالاً بیشتر به خاطر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و همچنین تأمین عناصر غذایی کم‌مصرف است. فاطمی و همکاران (۱۱) با بررسی مقادیر مختلف اسید هومیک بر عملکرد گیاه دارویی ریحان به این نتیجه رسیدند که بیشترین وزن کل، وزن شاخساره و تعداد گره مربوط به تیمار کاربرد سطح زیاد اسید هومیک و کمترین آنها مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

اثر متقابل اسید هومیک و فسفر بر وزن خشک اندام هوایی، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر و شاهد نشان داد (جدول ۴). بعضی تیمارها نیز از این نظر اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در برهمکنش اسید هومیک و فسفر، بیشترین وزن خشک به ترتیب در تیمارهای H_2P_3 و H_3P_2 به‌دست آمد؛ اما این دو تیمار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین وزن خشک ۷/۲۱ و ۶/۸۵ گرم در گلدان بود که با وزن خشک شاهد (۵/۰۹ گرم در گلدان) تفاوت معنی‌دار داشتند. اختلاف افزایش بین تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هومیک همراه با فسفر نسبت به یکدیگر نشان داد که تیمار ۲۰ میلی‌گرم

www.SID.ir

در کیلوگرم بیشترین وزن خشک را دارا بود. اردال و همکاران (۲۹) با کاربرد اسید هومیک روی گیاه ذرت در خاک‌های آهکی دریافتند که اسید هومیک سبب افزایش وزن خشک، جذب و غلظت فسفر گیاه شد. همچنین، اثر اسید هومیک بر این پارامترها در ترکیب با کودهای حاوی فسفر بیشتر از اسید هومیک به تنهایی بود. سیفولا و باربیری (۴۰) گزارش کردند که ترکیب کودهای آلی با کودهای نیتروژنه معدنی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه ریحان شد.

در برهمکنش کمپوست و کود فسفر، بیشترین عملکرد خشک به ترتیب در تیمار مصرف ۱۰ تن بر هکتار کمپوست همراه با سطوح ۲۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با شاهد (عدم مصرف کمپوست و فسفر) نشان داد (جدول ۵). با آن که در هر سطح کمپوست و اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر، وزن خشک در اغلب تیمارها افزایش یافته است اما در هر سطح تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند و می‌توان نتیجه گرفت که کود فسفر تأثیری بر وزن خشک اندام هوایی ریحان نداشته است. در برهمکنش اسید هومیک و کمپوست، بیشترین عملکرد خشک در تیمار کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هومیک و ۵ تن در هکتار کمپوست مشاهده شد، که تفاوت معنی‌داری با شاهد (H_1C_1) نشان داد و سبب افزایش ۷۲٪ عملکرد خشک در مقایسه با شاهد شد. خالد و همکاران (۳۲) در آزمایشی دریافتند که ترکیب نوعی کمپوست و عصاره همان کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی ریحان، نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی رایج، شد.

تأثیر کودهای آلی و فسفر بر غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه

نتایج نشان داد که اثرهای اصلی تیمارهای آزمایشی (H_2، H_3، C_2 و C_3) بر غلظت‌های آهن، منگنز، روی و مس گیاه نسبت به شاهد معنی‌دار شدند (جداول ۷ و ۸). بیشترین غلظت آهن و منگنز گیاه در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هومیک مشاهده شد که نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۳۳ و ۷۸ درصد افزایش معنی‌داری نشان دادند. بیشترین غلظت مس و روی گیاه نیز در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هومیک مشاهده شد که نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۲۲ و ۳۱ درصد افزایش معنی‌دار داشتند (جدول ۷).

کاربرد کمپوست زباله شهری نیز مانند اسید هومیک افزایش غلظت آهن، منگنز، مس و روی اندام هوایی گیاه را در پی داشته و بیشترین غلظت این عناصر در گیاه در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست مشاهده شد. آهن و منگنز نسبت به شاهد هر یک به ترتیب حدود ۲۶ و ۵۵ درصد و مس و روی نیز هر یک به ترتیب حدود ۱۷ و ۲۳ درصد افزایش معنی‌دار نشان دادند (جدول ۸). متقیان و همکاران (۱۴) با بررسی مقادیر مختلف کمپوست بر عملکرد گیاه دارویی ریحان به این نتیجه رسیدند که گیاهان تحت تیمارهای ۴۵ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست به ترتیب بیشترین محتوای آهن، مس و روی اندام هوایی در گیاه را نسبت به کود شیمیایی و شاهد دارا بودند. کاسترو و همکاران (۲۱) نیز افزایش غلظت برخی عناصر میکرو از جمله آهن، روی و مس را در کاهوی کشت شده در تیمار کمپوست زباله شهری در مقایسه با لجن فاضلاب و کود شیمیایی گزارش نمودند و علت افزایش غلظت مس و روی را محتوای زیاد این عناصر در کمپوست زباله شهری بیان نمودند.

اثر متقابل اسید هومیک و کود فسفر (جدول ۷) بر غلظت و جذب آهن اندام هوایی گیاه نشان داد که در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر در خاک، غلظت آهن اندام هوایی گیاه کاهش یافت. در تمام سطوح اسید هومیک، بیشترین کاهش را کاربرد فسفر در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (P_3)، نسبت به سطوح دیگر ایجاد کرده و میانگین کاهش این سطح با سطح صفر فسفر (P_1) حدود ۱۰٪ بود که ممکن است نتیجه کاهش انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی گیاه باشد. الیوت و لوچلی (۲۸) کاهش غلظت آهن در گیاه ذرت به وسیله فسفات را پیامد اثر بازدارندگی فسفر بر جذب آهن به وسیله ریشه و یا بر انتقال آهن از ریشه به ساقه می‌دانند. این پژوهشگران بیان

www.SID.ir

جدول ۷. اثر متقابل اسید هومیک و فسفر بر غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه ریحان

اسید هومیک	کود فسفر	آهن	منگنز	مس	روی
(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)			
	صفر (P_1)	۱۳۸/۸۵g	۵۹/۳b	۱۷/۹۵f	۲۵/۷f
صفر (H_1)	۱۰ (P_2)	۱۳۹/۲۷g	۴۰/۷۲d	۱۷/۱۷g	۲۵/۴۸f
	۲۰ (P_3)	۱۳۵/۷۷g	۴۲/۸۷c	۱۸/۸۲e	۲۲/۹۵g
	$\bar{x}$	۱۳۷/۹۷C	۴۷/۶۳C	۱۷/۹۸C	۲۴/۷۱C
	صفر (P_1)	۱۶۶/۳d	۶۶/۶۷b	۲۰/۰۶d	۳۰/۰۶c
۱۰ (H_2)	۱۰ (P_2)	۱۶۰/۰۹e	۶۵/۳۷b	۲۰/۸۸c	۲۷/۴۲de
	۲۰ (P_3)	۱۵۱/۷۶f	۶۱/۴۵b	۱۹/۲۰e	۲۶/۷۲ef
	$\bar{x}$	۱۵۹/۳۸B	۶۴/۵۰B	۲۰/۰۵B	۲۸/۰۷B
	صفر (P_1)	۱۹۲/۲۵a	۸۷/۱۴a	۲۲/۹۲a	۳۵/۶۲a
۲۰ (H_3)	۱۰ (P_2)	۱۸۲/۶۰b	۸۲/۹۴a	۲۱/۹۸b	۳۳/۰۵b
	۲۰ (P_3)	۱۷۳/۴۵c	۸۲/۸۵a	۲۱/۲۹bc	۲۸/۵۳d
	$\bar{x}$	۱۸۲/۷۷A	۸۴/۳۱A	۲۲/۰۶A	۳۲/۴۰A

میانگین‌های دارای حروف بزرگ اثرهای اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک اثرهای مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشند. اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۸. اثر متقابل کمپوست و فسفر بر غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه ریحان

کمپوست	کود فسفر	آهن	منگنز	مس	روی
(ton/ha)	(mg/kg)	(mg/kg)			
	صفر (P_1)	۱۴۶/۴۴ef	۵۳/۱۵e	۱۸/۴۸e	۳۰/۲۵b
صفر (C_1)	۱۰ (P_2)	۱۴۲/۶۴f	۴۸/۷۳e	۱۸/۰۶e	۲۴/۷e
	۲۰ (P_3)	۱۳۶/۳۵g	۵۳/۱۳e	۱۸/۷۵e	۲۳/۴۸e
	$\bar{x}$	۱۴۱/۸۱C	۵۱/۶۷C	۱۸/۴۳C	۲۶/۱۴B
	صفر (P_1)	۱۶۴/۱۴d	۶۷/۷۸cd	۲۰/۱۶cd	۲۷/۴۸d
۵ (C_2)	۱۰ (P_2)	۱۵۹/۱۹d	۶۱/۹۸d	۲۰/۵۱c	۲۸/۴۰cd
	۲۰ (P_3)	۱۵۲/۰۵e	۶۳/۹۴cd	۱۹/۶d	۲۴/۲۲e
	$\bar{x}$	۱۵۸/۴۶B	۶۴/۵۷B	۲۰/۰۹B	۲۶/۷۰B
	صفر (P_1)	۱۸۶/۸۲a	۹۲/۱۷a	۲۲/۲۸a	۳۳/۶۵a
۱۰ (C_3)	۱۰ (P_2)	۱۸۰/۱۳b	۷۸/۳۲b	۲۱/۴۵b	۳۲/۸۶a
	۲۰ (P_3)	۱۷۲/۵۸c	۷۰/۱۱c	۲۰/۹۷bc	۳۰/۵۰bc
	$\bar{x}$	۱۷۹/۸۴A	۸۰/۲۰A	۲۱/۵۷ˊA	۳۲/۳۴A

میانگین‌های دارای حروف بزرگ اثرهای اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک اثرهای مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشند. اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

Archive of SID

www.SID.ir

کردند که فسفر به دلیل رقابت با سیترات، که وظیفه انتقال آهن به آوندها را دارد، مانع انتقال آهن می‌شود. رونقی و همکاران (۸) به نقل از ونکاتا و مهاتا، دلیل کاهش غلظت آهن به دنبال مصرف فسفر در گیاه برنج را تشکیل فسفات آهن در خاک می‌دانند. اما مطالعه برهمکنش اسید هومیک و فسفر بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه (جدول ۷) نشان داد که کاربرد اسید هومیک روند افزایشی در غلظت آهن اندام هوایی داشته است. به گونه‌ای که در هر سطح معین فسفر، با افزایش سطح اسید هومیک، غلظت آهن اندام هوایی گیاه افزایش یافت. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ترکیب‌های آلی نقش مهمی در فراهمی آهن گیاه دارند. مواد هومیک، با تشکیل کمپلکس‌های آلی محلول، از رسوب اکسیدهای آهن جلوگیری کرده و پخشیدگی آهن به سمت ریشه گیاه را افزایش می‌دهند (۲۶). امباتا (۳۴) غلظت بیشتر آهن را در سبزی‌هایی که کود آلی نیز دریافت کرده‌اند، نسبت به آنهایی که تنها با کود شیمیایی تیمار شده‌اند، گزارش کرده است. برهمکنش مثبت بین دو تیمار اسید هومیک و فسفر می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که توقف آهن به دلیل اثر منفی ناشی از فسفر ممکن است با کاربرد منابع آلی کاهش یابد. کودهای آلی به دلیل ایجاد تعادل غذایی برای گیاه می‌توانند از اثر منفی ناشی از زیادی عناصر ویژه جلوگیری کنند (۲۷). در واقع چنین به نظر می‌آید که کاربرد اسید هومیک همراه با فسفر اثر منفی ناشی از فسفر را تا حدی بهبود می‌بخشد.

اثر متقابل اسید هومیک و کود فسفر بر غلظت و جذب منگنز در اندام گیاهی ریحان در جدول ۷ ارائه شده است. در اینجا نیز در هر سطح معین اسید هومیک، کاربرد فسفر در اغلب تیمارها سبب کاهش معنی‌دار غلظت این عنصر در اندام هوایی گیاه در مقایسه با یکدیگر شد. اما مقایسه مقادیر غلظت منگنز نشان می‌دهد که کاربرد اسید هومیک به گونه‌ای معنی‌دار غلظت و جذب منگنز را در اندام گیاهی ریحان افزایش داد و در هر سطح معین فسفر، با افزایش سطح اسید هومیک، غلظت منگنز گیاه افزایش یافت. از آنجا که کودهای آلی منبعی با ارزش از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف‌اند، هنگام کاربرد همزمان با کودهای شیمیایی تعادل تغذیه‌ای مناسبی را برای گیاه فراهم می‌کنند و به جذب بیشتر عناصر غذایی و پاسخ‌های عملکردی مشخص در گیاه منجر می‌شوند (۳۹). به نظر می‌آید که کاربرد کود آلی اسید هومیک همراه با فسفر اثر منفی ناشی از فسفر را تا حدی بهبود می‌بخشد. به گونه‌ای که در وضعیت بدون کاربرد اسید هومیک، تفاوت بین سطوح فسفر، یعنی تیمارهای H_1P_1، H_1P_2 و H_1P_3 معنی‌دار است. لیکن در وضعیت کاربرد اسید هومیک، در هر دو سطح H_2 و H_3، تفاوت بین سطوح فسفر معنی‌دار نیست.

اثر متقابل اسید هومیک و کود فسفر بر غلظت روی و مس در اندام هوایی گیاه ریحان در جدول ۷ ارائه شده است. با کاربرد اسید هومیک در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم همراه با افزایش سطح فسفر، غلظت مس اندام هوایی روند کاهشی نشان داد. اما در دو سطح دیگر اسید هومیک (H_1 و H_2)، همراه با افزایش سطح فسفر، غلظت مس اندام هوایی روند متفاوتی نشان داد. اثر متقابل اسید هومیک و کود فسفر بر غلظت روی اندام هوایی گیاه (جدول ۷) نشان داد که در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر در خاک، غلظت روی اندام هوایی گیاه کاهش یافت. بیشترین غلظت روی اندام هوایی در اثر متقابل اسید هومیک سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم همراه با سطح صفر فسفر مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت.

نتایج اثر متقابل کمپوست زباله شهری با کود فسفر نشان داد که با کاربرد فسفر، غلظت و جذب آهن اندام هوایی گیاه کاهش یافت که این امر می‌تواند ناشی از برهمکنش منفی بین فسفر و آهن باشد. بیشترین کاهش غلظت آهن گیاه در تیمار C_1P_3 بود که کاهش معنی‌داری نسبت به همه تیمارهای آزمایشی نشان داد (جدول ۸). سینگ و همکاران (۴۱) گزارش کردند که در یک سطح معین آهن، با افزایش سطح فسفر، غلظت آهن در گیاه نخود کاهش می‌یابد. برهمکنش آهن و فسفات به طور رایج هم در محیط خاک و هم در متابولیسم گیاه رخ می‌دهد. قرشی و همکاران (۱۲) در آزمایشی با کاربرد کود آلی، آهک و فسفر بر رشد و جذب آهن بر گیاه ذرت گزارش کردند که افزودن تیمار آهک و فسفر در خاک سبب کاهش

www.SID.ir

معنی‌دار غلظت آهن شاخساره گیاه ذرت شد. کاربرد سطح بیشتر فسفر، جذب کل آهن را نیز به گونه‌ای معنی‌دار کاهش داد. اما کاربرد کود آلی به همراه فسفر اثر منفی ناشی از آن را تا حدی بهبود بخشید. میل ترکیبی بین Fe^{3+} و $H_2PO_4^-$ به خوبی شناخته شده است و از این رو رسوب فسفات آهن در شرایط مساعد رخ می‌دهد. از سوی دیگر، آنیون‌های فسفات با گیاه برای جذب آهن رقابت می‌کنند و بنابراین فسفات در جذب و انتقال درونی آهن دخالت می‌کند (۴۶).

نتایج برهمکنش کمپوست و فسفر بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه نشان داد که کاربرد کمپوست روند افزایشی بر غلظت آهن اندام هوایی داشته است؛ به گونه‌ای که در هر سطح معین فسفر، با افزایش سطح کمپوست، غلظت آهن اندام هوایی گیاه افزایش یافت (جدول ۸). در اینجا نیز کاربرد کود کمپوست همراه با فسفر اثر منفی ناشی از فسفر را تا حدی بهبود می‌بخشد. چن و همکاران (۲۳) گزارش دادند که استفاده از کمپوست باعث افزایش جذب آهن در دو گیاه پیاز و سویا در یک خاک آهکی شده است. آنها دلیل این امر را وجود کلات‌کننده‌های آهن دانستند که به وسیله میکروارگانیزم‌های موجود در کمپوست تولید و سبب افزایش جذب آهن در گیاه می‌شوند. آلوز و همکاران (۱۹) در تحقیقات خود در مورد اثر کمپوست در یک خاک شنی روی گیاه سورگوم نشان دادند که مصرف کمپوست زباله شهری موجب افزایش غلظت عناصر ریزمغذی مانند آهن در خاک می‌شود.

اثر متقابل کمپوست و کود فسفر بر غلظت و جذب منگنز در اندام گیاهی ریحان در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج نشان داد که فقط در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست، با افزایش سطح فسفر، تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند. در دو سطح صفر و ۵ تن در هکتار کمپوست، با افزایش سطح فسفر، مقدار منگنز گیاه کاهش یافت. اما در هر سطح، تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند.

بیشترین کاهش غلظت مس گیاه در تیمار C_1P_2 بود، که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای C_1P_1 و C_1P_3 نشان نداد (جدول ۸). بیشترین غلظت مس گیاه در تیمار C_3P_1 بود که با همه تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد.

در همه سطوح کمپوست زباله شهری، با افزایش سطح کود فسفر مصرفی، غلظت روی گیاه روند کاهشی داشت و کمترین غلظت روی گیاه در تیمار C_3P_3 مشاهده شد. بیشترین غلظت روی گیاه در تیمار C_3P_1 مشاهده شد که با همه تیمارها (بجز C_3P_2) اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۸). غلظت زیاد عناصر غذایی ضروری مانند فسفر، مس و روی در قابلیت استفاده آهن اثر منفی دارند. همچنین، غلظت زیاد آهن، فسفر و روی در محلول خاک جذب مس را به وسیله گیاهان محدود می‌کند و به طور مشابه، مس، آهن و منگنز از جذب روی جلوگیری می‌کنند (۱۶). افزایش فسفر خاک می‌تواند مانع جذب همه این عناصر شود، چرا که فسفر با این عناصر تولید فسفات‌های نامحلول می‌کند. از آنجا که مواد آلی نقش مهمی در نگهداری آهن، منگنز، مس و روی ایفا می‌کنند، با اضافه شدن به خاک، عوامل کلات‌کننده مانند آلیفاتیک اسیدهای ساده، فنل‌ها، فنولیک اسید، ترکیبات پلیمری فنل‌ها و اجزای پایدار هوموس، مانند اسید هومیک و اسید فولویک، تولید می‌کنند. این عوامل، کلات‌کننده آهن و منگنز را برای گیاهان قابل استفاده‌تر می‌نمایند (۴۳). در مورد مس و روی، گروه‌های کربوکسیل و فنلی و زوج الکترون آزاد نیتروژن جایگاه‌های غالب نگهداری این عناصر هستند (۱۶). همان طور که نتایج این آزمایش نشان داد، در هر سطح اسید هومیک و کمپوست، با افزایش سطح فسفر، غلظت آهن، منگنز، مس و روی در اغلب تیمارهای آزمایشی کاهش یافت که بیانگر برهمکنش منفی فسفر با این عناصر است. اما استفاده از اسید هومیک و کمپوست اثر مثبت بر غلظت و جذب این عناصر در گیاه ریحان داشت و تا حدی اثر منفی ناشی از فسفر را بهبود بخشید که نشان می‌دهد مواد آلی به عنوان یک عامل مهم برای فراهمی و ایجاد تعادل بین عناصر به شمار می‌آیند.

اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست بر غلظت آهن، منگنز، مس و روی در اندام هوایی گیاه ریحان در جدول ۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹. اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست بر غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه ریحان

اسید هومیک	کمپوست	آهن	منگنز	مس	روی
(mg/kg)	(ton/ha)	(mg/kg)			
	صفر (C_1)	۱۰۰/۰۵g	۳۶/۴۶f	۱۷/۲۳f	۲۲/۶۸e
صفر (H_1)	۵ (C_2)	۱۴۵/۸fg	۵۶/۵۶de	۱۷/۶۸f	۲۲/۷۸e
	۱۰ (C_3)	۱۶۸/۰۶d	۴۹/۸۶e	۱۹/۰۳e	۲۸/۶۶c
	صفر (C_1)	۱۵۱/۰۸e	۵۹/۲۱cd	۱۹/۱۵e	۲۷/۴۶c
۱۰ (H_2)	۵ (C_2)	۱۴۹/۷۶ef	۶۶/۲۵bc	۱۹/۹۹d	۲۵/۶۱d
	۱۰ (C_3)	۱۷۷/۳۱bc	۶۸/۰۴b	۲۱/۰۵c	۳۱/۱۳b
	صفر (C_1)	۱۷۴/۳۰c	۵۹/۳۴cd	۱۸/۹۱e	۲۸/۲۸c
۲۰ (H_3)	۵ (C_2)	۱۷۹/۸۳b	۷۰/۹۰b	۲۲/۶۰b	۳۱/۷۱b
	۱۰ (C_3)	۱۹۴/۱۷a	۱۲۲/۷۰a	۲۴/۶۷a	۳۷/۲۱a

اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

ارائه شده است. اثر برهمکنش اسید هومیک و کمپوست بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه (جدول ۹) نشان داد که کاربرد همزمان این تیمارها روند افزایشی بر غلظت آهن اندام هوایی داشته و در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح کمپوست در خاک، غلظت آهن اندام هوایی گیاه افزایش یافت. بیشترین غلظت آهن اندام هوایی در اثر متقابل ۲۰ میلی‌گرم اسید هومیک در کیلوگرم همراه با سطح ۱۰ تن کمپوست در هکتار مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها و افزایشی برابر با ۹۴٪ را نسبت به شاهد نشان داد. تأثیر کودهای آلی بر جذب آهن ممکن است به این دلیل باشد که کود آلی افزون بر اینکه خود دارای عناصر کم‌مصرفی مانند آهن می‌باشد، به شکل یک منبع انرژی برای ریزجانداران خاک بوده و در فرایند معدنی شدن، به دلیل آزاد سازی اسیدهای آلی، سبب کاهش موضعی pH خاک شده و جذب آهن را افزایش می‌دهد (۳۷). همچنین، لیگاندهای آلی محلول که در نتیجه تجزیه مواد آلی تشکیل می‌شوند در نگهداری آهن به شکل فراهم مؤثرند (۴۶).

در رابطه با عنصر منگنز، کاربرد اسید هومیک در سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، همراه با افزایش سطح کمپوست، غلظت آن را در اندام هوایی افزایش داده و بیشترین مقدار در تیمار H_3C_3 مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها و شاهد بسیار معنی‌دار بود.

مقایسه مقادیر غلظت مس و روی (جدول ۹) نشان می‌دهد که کاربرد اسید هومیک همراه با تمام سطوح کمپوست (بجز H_2C_2) به گونه‌ای معنی‌دار غلظت و جذب این عناصر را در اندام هوایی گیاه ریحان افزایش داده است. به نظر می‌رسد که کاربرد اسید هومیک (سطوح H_2 و H_3) همراه با کمپوست، غلظت و جذب عناصر کم‌مصرف توسط اندام هوایی را در مقایسه با عدم کاربرد اسید هومیک (سطح H_1) افزایش داده است؛ به صورتی که در هر سطح کمپوست، با افزایش سطح اسید هومیک، غلظت و جذب عناصر کم‌مصرف گیاه افزایش یافته است.

تأثیر کودهای آلی و فسفر بر غلظت قابل دسترس عناصر کم‌مصرف خاک

نتایج نشان داد که کاربرد اسید هومیک و کمپوست زباله شهری اثرهای مثبتی بر افزایش فراهمی آهن، منگنز، روی و مس خاک داشته است. در بین سطوح اسید هومیک، بیشترین غلظت آهن، منگنز، روی و مس قابل دسترس خاک در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هومیک مشاهده شد (جدول ۱۰). در بین سطوح کمپوست نیز بیشترین غلظت آهن، منگنز، روی و مس

www.SID.ir

جدول ۱۰. اثر متقابل اسید هومیک و فسفر بر غلظت قابل دسترس عناصر کم‌مصرف در خاک

اسید هومیک	کود فسفر	آهن	منگنز	مس	روی
(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)			
	صفر (P_1)	۳/۴۶c	۷/۳۶bc	۰/۷۱d	۰/۸۴e
	۱۰ (P_2)	۳/۴۷c	۶/۶۸ef	۰/۷۳d	۰/۷۳g
صفر (H_1)	۲۰ (P_3)	۳/۲۴c	۶/۶۲f	۰/۷۰d	۰/۷۸f
	$\bar{x}$	۳/۳۹C	۶/۸۹C	۰/۷۱C	۰/۷۸C
	صفر (P_1)	۴/۴۱b	۷/۴۵b	۰/۹۹c	۱/۵۹c
	۱۰ (P_2)	۴/۳۰b	۷/۱۶cd	۱/۰۳c	۱/۵۲d
۱۰ (H_2)	۲۰ (P_3)	۴/۳۸b	۶/۹۳de	۱/۰۴c	۱/۴۸d
	$\bar{x}$	۴/۳۶B	۷/۱۸B	۱/۰۲B	۱/۵۳B
	صفر (P_1)	۵/۱۲a	۸/۹۸a	۱/۳۰a	۱/۸۳a
	۱۰ (P_2)	۵/۰۴a	۸/۹۶a	۱/۱۷b	۱/۸۲a
۲۰ (H_3)	۲۰ (P_3)	۵/۰۶a	۸/۷۹a	۱/۲۱b	۱/۷۴b
	$\bar{x}$	۵/۰۷A	۸/۹۱A	۱/۲۳A	۱/۸۰A

میانگین‌های دارای حروف بزرگ اثرهای اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک اثرهای مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشند. اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۱۱. اثر متقابل کمپوست و فسفر بر غلظت قابل دسترس عناصر کم‌مصرف در خاک

اسید هومیک	کود فسفر	آهن	منگنز	مس	روی
(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)			
	صفر (P_1)	۳/۷۱c	۷/۰۶d	۰/۷۰f	۱/۱۴e
	۱۰ (P_2)	۳/۷۷c	۷/۲۶d	۰/۷۷e	۱/۰۱f
صفر (C_1)	۲۰ (P_3)	۳/۵۴c	۷/۰۲d	۰/۷۳ef	۱/۰۴f
	$\bar{x}$	۳/۶۷C	۷/۱۱C	۰/۷۳C	۱/۰۶C
	صفر (P_1)	۴/۵۰ab	۷/۸۸b	۱/۰۶c	۱/۴۴c
	۱۰ (P_2)	۴/۳۷b	۷/۵۹c	۰/۹۸d	۱/۴۰d
۵ (C_2)	۲۰ (P_3)	۴/۴۳b	۷/۵۲cd	۱/۱۴b	۱/۳۶d
	$\bar{x}$	۴/۴۴B	۷/۶۶B	۱/۰۶B	۱/۴۲B
	صفر (P_1)	۴/۷۸a	۸/۸۴a	۱/۲۳a	۱/۶۸a
	۱۰ (P_2)	۴/۶۷ab	۷/۹۶b	۱/۱۸ab	۱/۶۳b
۱۰ (C_3)	۲۰ (P_3)	۴/۷۱ab	۷/۸۰bc	۱/۰۸bc	۱/۶۱b
	$\bar{x}$	۴/۷۲A	۸/۱۹A	۱/۱۶A	۱/۶۴A

میانگین‌های دارای حروف بزرگ اثرهای اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک اثرهای مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشند. اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

قابل دسترس خاک در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست مشاهده شد (جدول ۱۱). افزایش غلظت مس قابل دسترس در خاک احتمالاً مربوط به مقادیر مس موجود در مواد آلی مصرفی، افزایش حلالیت عناصر کم‌مصرف در اثر خاصیت

Archive of SID

www.SID.ir

کمپلکس‌کنندگی ماده آلی با فلز مربوطه و همچنین اثر سطوح تیمارهای آلی بر CEC، pH و هدایت الکتریکی خاک باشد. این نتایج مشابه گزارش‌های محققین دیگر است (۷ و ۱۸). رضائی‌نژاد و افیونی (۷) اظهار داشتند که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش معنی‌دار قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف روی، مس و آهن خاک می‌شود. کمپلکس‌های محلول روی و مواد مغذی شامل اسیدهای آلی، آمینواسیدها یا فولویک اسید می‌توانند قابلیت استفاده روی برای گیاه را افزایش دهند (۲۴). حسین‌پور و قاجار سپانلو (۵) گزارش کردند که افزایش در میزان عناصر میکروی قابل جذب خاک و اندام گیاهی کاهو متناسب با افزایش دفعات و مقادیر کاربرد کمپوست می‌باشد، که با نتایج ایگلسیاس- خیمنز (۳۰) مطابقت دارد. آنها اظهار داشتند که افزودن کمپوست سبب افزایش مواد آلی کل و عناصر ماکرو و میکرو در خاک اصلاح شده، مطابق با میزان کاربرد کمپوست، شده است.

همانطور که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود، کاربرد اسید هومیک در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث افزایش آهن، منگنز، روی و مس قابل دسترس خاک به مقدار بیشتری نسبت به کاربرد سطح ۱۰ تن کمپوست در هکتار شده است. کاربرد همزمان کمپوست و اسید هومیک سبب افزایش آهن، منگنز، روی و مس قابل دسترس خاک به مقدار بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه آنها شد و این افزایش نشان دهنده پتانسیل این کودها در برطرف کردن کمبود این عناصر در خاک می‌باشد. افزایش آهن و منگنز قابل دسترس خاک در همه تیمارها نسبت به شاهد معنی‌دار شد، که بیانگر غنی بودن اسید هومیک وکمپوست زباله شهری برای تأمین این عناصر غذایی در گیاه است. این نتیجه مشابه نتایج سایر محققین در خصوص افزایش غلظت قابل جذب عناصر مغذی کم‌مقدار در خاک در اثر کاربرد کمپوست مواد جامد شهری است (۴۲).

اثر متقابل اسید هومیک و کود فسفر بر غلظت و جذب آهن، منگنز، مس و روی قابل دسترس خاک در جدول ۱۰ نشان داده شده است. کاربرد اسید هومیک همراه با فسفر در خاک موجب کاهش غلظت آهن قابل دسترس خاک شد؛ اما در هر سطح اسید هومیک، سطوح فسفر با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۱۰). مطالعه برهمکنش فسفر و اسید هومیک نشان می‌دهد که کاربرد همزمان این دو کود بر غلظت منگنز قابل دسترس خاک در اغلب تیمارها نسبت به شاهد معنی‌دار است. در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر، غلظت منگنز قابل دسترس خاک کاهش می‌یابد که فقط در سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هومیک، سطوح فسفر با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند (جدول ۱۰).

تأثیر برهمکنش فسفر و اسید هومیک بر غلظت مس قابل دسترس خاک نشان می‌دهد که با آنکه در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر، غلظت مس قابل دسترس خاک کاهش می‌یابد، اما تیمارها نسبت به هم در هر سطح تفاوت معنی‌دار ندارند. کمترین مقدار مس قابل دسترس خاک در تیمار H_1P_3 مشاهده شد که تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشت (جدول ۱۰). در رابطه با عنصر روی، با آنکه در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح فسفر، غلظت روی قابل دسترس خاک کاهش یافت، اما فقط در سطح صفر اسید هومیک، با سه سطح فسفر، همه تیمارها نسبت به یکدیگر معنی‌دار شدند (جدول ۱۰). بیشترین مقدار روی قابل دسترس خاک در تیمار H_3P_1 مشاهده شد.

تأثیر برهمکنش کمپوست و کود فسفر بر غلظت آهن قابل دسترس خاک نشان می‌دهد که در هر سطح کمپوست، با افزایش سطح فسفر، مقدار آهن قابل دسترس خاک کاهش می‌یابد؛ اما در هر سطح، اغلب تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند (جدول ۱۱). طی کاربرد کمپوست، کاربرد کود فسفر در خاک موجب کاهش غلظت منگنز قابل دسترس خاک شد. اما در هر سطح کمپوست، سطوح فسفر با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند.

بیشترین مقدار منگنز قابل دسترس خاک در تیمار C_3P_1 مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری با همه تیمارها نشان داد

www.SID.ir

جدول ۱۲. اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست بر غلظت قابل دسترس عناصر کم‌مصرف در خاک

اسید هومیک	کمپوست	آهن	منگنز	مس	روی
(mg/kg)	(ton/ha)	(mg/kg)			
	صفر (C_1)	۳/۰۵e	۶/۶۰f	۰/۴۸f	۰/۴۴h
صفر (H_1)	۵ (C_2)	۳۱/۳e	۶/۷۰f	۰/۶۴e	۰/۹۰g
	۱۰ (C_3)	۳/۸۲d	۷/۳۶de	۱/۰۱d	۱/۰۱f
	صفر (C_1)	۳/۹۲d	۶/۷۴f	۰/۶۲e	۱/۲۹e
۱۰ (H_2)	۵ (C_2)	۴/۷۰c	۷/۵۶d	۱/۳۱a	۱/۳۷d
	۱۰ (C_3)	۴/۴۷c	۷/۲۴e	۱/۱۳c	۱/۹۲b
	صفر (C_1)	۴/۰۵d	۸/۰۱c	۱/۱۰c	۱/۴۵c
۲۰ (H_3)	۵ (C_2)	۵/۲۹b	۸/۷۳b	۱/۲۴b	۱/۹۷a
	۱۰ (C_3)	۵/۸۷a	۱۰/۰۱a	۱/۳۵a	۱/۹۶a

اعداد در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک، در سطح اطمینان ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

(جدول ۱۱). تأثیر برهمکنش کمپوست و فسفر بر غلظت مس قابل دسترس خاک نشان می‌دهد که فقط در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست، با افزایش سطح فسفر، غلظت مس قابل دسترس خاک به‌طور منظم کاهش می‌یابد (جدول ۱۱). مطالعه برهمکنش کمپوست و فسفر نشان می‌دهد که در هر سطح کمپوست، با افزایش سطح فسفر، غلظت روی قابل دسترس خاک کاهش می‌یابد. در هر سطح کمپوست، دو سطح ۵ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشته، اما با سطح صفر فسفر تفاوت معنی‌دار نشان دادند (جدول ۱۱).

اثر متقابل اسید هومیک و کمپوست بر غلظت آهن، منگنز، مس و روی قابل دسترس خاک در جدول ۹ ارائه شده است. اثر برهمکنش اسید هومیک و کمپوست بر غلظت آهن قابل دسترس خاک نشان داد که کاربرد همزمان این تیمارها روند افزایشی بر غلظت آهن قابل دسترس خاک داشته است. در هر سطح اسید هومیک، با افزایش سطح کمپوست، غلظت آهن در همه تیمارها (بجز H_1C_2) روند افزایشی معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین غلظت آهن قابل دسترس خاک در اثر متقابل اسید هومیک سطح ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم همراه با سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها و افزایشی برابر با ۹۲٪ را نسبت به شاهد نشان داد. در رابطه با غلظت منگنز قابل دسترس خاک، کاربرد اسید هومیک در هر سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، همراه با افزایش سطح کمپوست، غلظت منگنز قابل دسترس خاک را افزایش داد و بیشترین مقدار در تیمار H_3C_3 مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها و شاهد بسیار معنی‌دار بود. مقایسه مقادیر غلظت مس و روی نشان می‌دهد که کاربرد اسید هومیک، همراه با تمام سطوح کمپوست، به گونه‌ای معنی‌دار غلظت قابل دسترس این عناصر را در خاک بعد از برداشت گیاه افزایش داده است. به نظر می‌رسد که کاربرد اسید هومیک (سطوح H_2 و H_3) همراه با کمپوست، غلظت قابل دسترس این عناصر را در خاک در مقایسه با عدم کاربرد اسید هومیک (سطح H_1) افزایش داده است؛ به گونه‌ای که در هر سطح کمپوست، با افزایش سطح اسید هومیک، مقدار آهن، منگنز، مس و روی قابل دسترس خاک افزایش یافته است. همچنین، کاربرد همزمان این دو کود آلی (جدول ۱۲) نسبت به کاربرد جداگانه هر یک (جداول ۱۰ و ۱۱) مقدار آهن، منگنز، مس و روی قابل دسترس خاک را افزایش داده است. برهمکنش سه تیمار اسید هومیک، کمپوست و فسفر بر غلظت آهن، منگنز، مس و روی قابل دسترس خاک از نظر آماری معنی‌دار نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان دهنده تأثیر مثبت کودهای آلی اسید هومیک و کمپوست بر ارتفاع، وزن خشک کل اندام هوایی، تعداد ساقه فرعی و جذب آهن، منگنز، روی و مس در گیاه ریحان می‌باشد. کاربرد اسید هومیک و کمپوست باعث افزایش جذب آهن، منگنز، روی و مس قابل دسترس خاک شد. بنابراین، کاربرد این دو کود به عنوان کود آلی حاوی عناصر کم‌مصرف برای تأمین نیاز ریحان به آهن، منگنز، روی و مس مناسب است. عوامل مختلفی از جمله pH، نوع و مقدار مواد آلی، برهمکنش سایر عناصر در محلول خاک، عوامل محیطی و عوامل گیاهی بر قابلیت استفاده از آهن، منگنز، مس و روی برای گیاهان تأثیر دارند. در این آزمایش، کود فسفر جذب آهن، منگنز، روی و مس در گیاه و غلظت روی و مس قابل دسترس خاک را کاهش داده که این مسئله ممکن است معلول رقابت برای قرار گرفتن در محل‌های جذبی در ریشه‌ها باشد. افزایش فسفر خاک می‌تواند مانع جذب این عناصر شود. چرا که فسفر با این عناصر تولید فسفات‌های نامحلول می‌کند. به همین ترتیب، افزایش هر عنصری در خاک برای جذب یک یا چند عنصر دیگر مزاحمت ایجاد می‌کند. در مرحله بعد، در درون سلول گیاهی، عنصری که بیش‌بود دارد در موارد متعددی می‌تواند جایگزین عنصری که کمبود دارد بشود. اما آنزیم‌هایی که به این ترتیب در گیاه ایجاد می‌شوند دیگر کارایی لازم را ندارند. از طرفی، تنها تأمین عناصر مورد نیاز گیاه برای رشد و سلامت آن کافی نیست. بلکه تأمین متوازن عناصر بسیار مهمتر است. با اضافه کردن کودهای آلی به خاک می‌توان فرم قابل جذب عناصر غذایی و همچنین تشکیل کمپلکس‌های آلی قابل جذب توسط گیاه را افزایش داد. مقایسه تیمارهای اسید هومیک و کمپوست زباله شهری در خصوص غلظت آهن، منگنز، مس و روی در گیاه ریحان نشان داد که تیمارهای اسید هومیک کارآیی به مراتب بیشتری در جذب و افزایش غلظت آهن، منگنز، مس و روی در گیاه در مقایسه با کمپوست زباله شهری داشتند. در حالی که اثر باقی مانده این تیمارها در خاک بعد از برداشت گیاه کم و بیش یکسان بود. اسید هومیک به‌طورمستقیم و غیر مستقیم به رهاسازی و برداشت بهتر عناصر کمک می‌کند. اسید هومیک به دلیل اسیدی بودن می‌تواند مستقیماً عناصر مختلف را از مواد معدنی آزاد کرده، به خود جذب نموده و در زمان مناسب در اختیار ریشه قرار دهد. ثانیاً اسید هومیک خوراک و محرک رشد میکروارگانیسم‌های مفید خاک است و همچنان که ملاحظه شد آنها نیز به روش‌های گوناگون به آزاد سازی عناصر در خاک کمک می‌کنند (۳۵). باتوجه به سیستم‌های تغذیه‌ای خاص گیاهان دارویی به لحاظ تولید مواد مؤثره و نیاز به عناصر غذایی برای تولید این مواد، استفاده از اسید هومیک در مقایسه با کمپوست زباله شهری به عنوان کود آلی، با توجه به درصد زیاد مواد هومیک آن، می‌تواند در تأمین عناصر کم‌مصرف مورد نیاز ریحان کارآیی به‌مراتب بهتری را برای این دسته از گیاهان فراهم کند و مفیدتر باشد.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی س.، ح. بهرامی، م. همایی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. نقش مواد آلی در افزایش سطح حاصلخیزی خاک‌های زراعی. شورای عالی سیاست‌گزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، نشریه فنی ۴۰۱.

۲. تهامی زرندی، س. م. ک.، پ. رضوانی مقدم و م. جهان. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بوم شناسی کشاورزی ۲(۱): ۷۰-۸۲.

۳. تهامی زرندی، س. م. ک.، پ. رضوانی مقدم و م. جهان. ۱۳۹۲. تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص‌های رشدی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بوم شناسی کشاورزی ۵(۴): ۳۶۳-۳۷۲.

www.SID.ir

۴. حجازی، ا. و م. کفاشی صدقی. ۱۳۷۹ . کاربرد مواد رشد گیاهی، مبانی فیزیولوژی. انتشارات دانشگاه تهران.

۵. حسین‌پور، ر. و م. قاجار سپانلو. ۱۳۹۱. بررسی اثرات تلفیقی کمپوست زباله شهری و کودهای شیمیایی بر قابلیت جذب عناصر میکرو در خاک و کاهو (*Lactuca sativa* L.). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۹(۳): ۱۲۳-۱۴۰.

۶. رضایی مؤدب، ع. ر. و س. م. نبوی کلات. ۱۳۹۱. اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بر عملکرد بذر و اجزای عملکرد ریحان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۶(۲): ۱۵۷-۱۷۰.

۷. رضایی نژاد، ی. و م. افیونی. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴: ۱۹-۲۸.

۸. رونقی، ع.، م. ر. چاکرالحسینی و ن. ع. کریمیان. ۱۳۸۱. تأثیر فسفر و آهن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۲): ۵۳-۶۵.

۹. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۸۷ . حاصلخیزی خاک. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰. سماوات، س. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. ضرورت استفاده از اسیدهای آلی (هیومیک و فولیک) برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی. تحقیقات خاک و آب ۴۶۳: ۱-۱۳.

۱۱. فاطمی، ح.، ع. عامری، م. ح. امینی فرد و ح. آرویی. ۱۳۹۰. تأثیر اسید هیومیک بر اسانس و خصوصیات رویشی در ریحان. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.

۱۲. قرشی، ل. س.، غ. حق نیا، ا. لکزیان و ر. خراسانی. ۱۳۹۱. تأثیر آهک، ماده آلی و فسفر بر قابلیت جذب آهن در گیاه ذرت. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶(۴): ۸۱۸-۸۲۵.

۱۳. گلچین، ا.، ح. بشارتی و س. شفیعی. ۱۳۸۹. عوامل مؤثر بر دینامیک مواد آلی و تأثیر آن بر ویژگی‌های خاک. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران.

۱۴. متقیان، آ.، ه. پیردشتی، م. ع. بهمنیار و ب. متقیان. ۱۳۹۲. واکنش خصوصیات رشدی و جذب عناصر گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به کاربرد همزمان کمپوست زباله شهری و سه گونه قارچ تریکودرما (*Trichoderma spp.*). فصل‌نامه گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۹(۲): ۳۵۸-۳۷۲.

۱۵. مرجوی ،ع. ر. و م. ر. جهاد اکبر. ۱۳۸۱. بررسی اثرات کمپوست شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک و صفات کمی و کیفی چغندرقند. چغندرقند ۱۸(۱): ۱-۱۴.

۱۶. معز اردلان، م. و غ. ر. ثواقبی فیروزآبادی. ۱۳۸۸. مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار. (ترجمه)، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

۱۷. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

18. Adediran, J.A., L.B. Taiwo, M.O. Akande, R.A. Sobulo and O.J. Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. J. Plant Nutr. 27: 1163-1181.
19. Alves, W.L., W.J. Melo and M.E. Ferreira. 1999. Urban waste compost effects on sandy soil and sorghum plants. Revista Brasil. 23(3): 729-736.
20. Beffa, T., M. Blanc, L. Marilley, J. Lott Fischer, P.F. Lyon and M. Aragno. 1995. Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. PP. 149-161. *In:* De Bertoldi, M., P. Sequi, B. Lemmes and T. Papi (Eds.), The Science of Composting, Blackies Academic and Professional, Glasgow, Scotland.
21. Castro, E., P. Manas and J. De Las Heras. 2009. A comparison of the application of different waste products to a lettuce crop: Effects on plant and soil properties. Sci. Hort. 123: 148-155.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Celik, H., A.V. Katkat, B.B. Asik and M.A.Turan. 2010. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 42(1): 29-38.
23. Chen, L., W.A. Warren and J.G. Streeter. 2000. Production of aerobactin by microoraganisms from a compost enrichment culture and soybean utilization. Plant Nutr. 23: 2047-2060.
24. Chen, Y. and T. Aviad, 1990. Effect of humic substances on plant growth. PP. 161-186. *In:* MacCarthy, P., E.E. Clapp, R.L. Malcoulm and P.R. Bloom (Eds.), Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings, Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin.
25. Cottenie, A., M. Verlod, L. Kiekens, G. Velghe and R. Camerlynck. 1982. Chemical analysis of plant and soils. Laboratory of Analytical and Agrochemistry, State University of Ghent, Belgium.
26. De Santiago, A. and A. Delgado. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. J. Biol. Fertil. Soils 43: 829-836.
27. Elamin, A.E. and M.A. Elagib. 2001. Comparative study of organic and inorganic fertilizers on forage corn (*Zea mays* L.) grown on two soil types. Qatar Univ. Sci. J. 21: 47-54.
28. Elliot, G.C. and A. Lauchli. 1985. Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. J. Agron. 77: 399-403.
29. Erdal, I., M.A. Bozkurt, K.M. Çimrin, S. Karaca and M. Saglam. 2000. Effects of humic acid and phosphorus applications on growth and phosphorus uptake of corn plant (*Zea mays* L.) grown in a calcareous soil. Turk. J. Agric. Forest. 24: 663-668.
30. Iglesias-Jimenez, E. 1996. City refuse compost as a source of micronutrients for plants. PP. 517-521. C. Rodriguez-Barrueco (Ed.), Fertilizers and Environment.
31. Michael, Karr, M. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidized lignites in agriculture. Available online at: http://humates.com/Humates%20in%20 Agriculture%20 -%20Karr.pdf
32. Khalid, A.Kh., S.F. Hendawy and E. El-Gezawy. 2006. *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. Res. J. Agric. Biol. Sci. 2(1): 25-32.
33. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
34. Mbatha, A.N. 2008. Influence of organic fertilizers on the yield and quality of cabbage and carrots. MSc. Thesis, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State Bloemfontein, Germany.
35. Merkl, N., V. Hoogen, H. Hoogen and O. Bens. 2006. Humic acid-based soil conditioners for soil cultivation in arid and semiarid climates: Potential for the economization of water and fertilizers. International Symposium on Drylands and Ecology and Human Security, ISDEHS 2006, Sharjah, UAE.
36. Omid Beigi, R. 1997. Findings from the Production of Medicinal Plants. Tarrahan Nashr Press, Tehran, 438 p.
37. Ouda, B.A. and A.Y. Mahadeen. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). Inter. J. Agric. Biol. 10: 627-632.
38. Samavat, S. and M.J. Malakouti. 2005. Necessity of Production and Utilization of Organic Acids to Increase Quality and Quantity of Agricultural Products. Sana Publisher, Tehran. (In Persian with English summary).
39. Schoenau, J.J. 2006. Benefits of long-term application of manure. J. Adv. Pork Prod. 17: 153-158.
40. Sifola, M.I. and G. Barbieri. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Sci. Hort. 108: 408-413.
41. Singh, V., R.P. Singh and N. Khan. 1993. Effect of P and Fe application on the yield and nutrient contents in chickpea. J. Indian Soc. Soil Sci. 4: 186-187.
42. Soumare, M., F.M.G. Tach and M.G. Verloo. 2003. Effect of municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils in Mali. Bioresour. Technol. 88: 15-20.
43. Stevenson, F.J. 1991. Organic matter-nutrient reactions in soils. PP. 145-186. *In:* Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch (Eds.), Micronutrients in Agriculture, Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.
44. Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and Environment: Principles and Controversies. CRC Press, New York, 408 p.
45. Tattini, M., P. Bertoni, A. Landi and M.L. Traversi. 1991. Effect of humic acids on growth and biomass partitioning of container-grown olive plants. Acta Hort. 294: 75-80.
46. USEPA. 2003. Ecological soil screening level for iron. USEPA, Washington, DC. Available at http://www.epa.gov/ecotox/ecossl.
47. Valdrighi, M.M., A. Pear, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: A comparative study. Agric., Ecosys. Environ. 58: 133-144.
48. Wettasinghe, M. and F. Shahidi. 2000. Scavenging of reactive oxygen species and DPPt free radicals by extract of Borago and 14 evening primrose meals. Food Chem. 70: 17-26.

Archive of SID
www.SID.ir