



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۷۶۴-۷۵۳

تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج

مهرداد رنجبر^{۱*}، هادی قربانی^۲، مهدی قاجارسپانلو^۳

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود - ایران
۲. دانشیار گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود - ایران
۳. دانشیار گروه خاک، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۰۸

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۲۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۱۴ تیمار کودی، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارهای کودی شامل تیمار شاهد (بدون مصرف کود شیمیایی و کود آلی)، تیمار کودی (طبق آزمون خاک)، تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به صورت ساده و همراه با ۱/۴، ۲/۴ و ۳/۴ کود شیمیایی بودند. نتایج نشان داد کاربرد هفت ساله کمپوست زباله شهری موجب افزایش معنی‌دار غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک و دانه گیاه برنج در سطح احتمال یک درصد در مقایسه با تیمار شاهد گردید. بیشترین غلظت عناصر پرمصرف در خاک در تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی به دست آمد که غلظت نیتروژن نسبت به تیمار شاهد ۷۳/۶۸ درصد، غلظت فسفر نسبت به تیمار شاهد ۲۳۰ درصد و غلظت پتاسیم نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۷۴ درصد افزایش نشان داد. بیشترین غلظت عنصر پتاسیم در دانه گیاه برنج در تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۷۵ درصد کود شیمیایی به دست آمد. کم‌ترین غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج مربوط به تیمار شاهد و تیمار کود شیمیایی بود. در مجموع، می‌توان از تلفیق کمپوست زباله شهری به همراه کود شیمیایی برای افزایش غلظت برخی عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: پتاسیم، فسفر، کود آلی، کود شیمیایی، نیتروژن

۱. مقدمه

باتوجه به اینکه اغلب خاک‌های ایران از لحاظ مقدار ماده آلی فقیر می‌باشند، اضافه کردن ماده آلی به خصوص به شکل کمپوست شده ضمن افزایش عملکرد گیاه، اثر مثبت و مفیدی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارد. مواد آلی خاک منبع اصلی عناصر قابل دسترس گیاه، از طریق تغییر شکل میکروبی می‌باشند که کیفیت خاک را بهبود بخشیده، سبب افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی در خاک، حفظ سلامت، حاصلخیزی خاک و تولید پایدار در درازمدت می‌شوند [۱۰]. امروزه حجم زیاد انواع زباله‌های شهری به خصوص در مناطق پرجمعیت دست‌اندرکاران و برنامه‌ریزان مربوطه را ناگزیر به سمت مدیریت اصولی و صحیح دفع زباله سوق داده است و یکی از روش‌های مورد استفاده در این راستا فرآیند تبدیل مواد آلی موجود در زباله به کود آلی یا به اختصار کمپوست می‌باشد. فرآیند تولید کمپوست زباله شهری از یک طرف به پاکسازی محیط از آلاینده‌های شهری کمک می‌کند. از طرف دیگر، به دلیل داشتن مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی به عنوان یک کود آلی در کشاورزی قابل استفاده است [۲۷]. کمپوست زباله شهری غنی شده با کودهای شیمیایی در مزرعه قابلیت دسترسی عناصر پرمصرف را برای گیاهان افزایش داده و موجب افزایش حاصلخیزی و قابلیت تولید خاک می‌شود [۳۵].

مصرف کمپوست سبب افزایش میزان برخی مواد غذایی موردنیاز گیاهان از جمله فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس در خاک شده و همچنین موجب افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی برای گیاه شد [۷]. بررسی کاربرد کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی در مزرعه گندم نشان داد که وزن خشک، عملکرد دانه و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده توسط گیاه، با افزایش مقدار کمپوست افزایش یافت. میزان جذب فسفر و پتاسیم در گیاهان تیمار شده با کمپوست بیش تر از گیاهان تیمار شده با کود

شیمیایی بود [۱۶]. با بررسی اثر مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر خصوصیات و غلظت عناصر غذایی در خاک، رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای، افزایش مقدار کمپوست زباله شهری در خاک موجب افزایش غلظت فسفر و پتاسیم شد و درصد ماده آلی خاک را بالا برد [۲]. کمپوست زباله شهری در زمان کوتاهی عناصر قابل دسترس را فراهم می‌کند و فعالیت میکروبی را تحریک نموده و در درازمدت موجب حفظ مخازن عناصر غذایی و مواد آلی خاک می‌گردد [۱۸]. همچنین کمپوست زباله شهری غنی شده با کودهای شیمیایی در مزرعه قابلیت دسترسی عناصر پرمصرف را توسط محصولات افزایش داد و موجب افزایش حاصلخیزی و قابلیت تولید خاک شد [۳۵]. با کاربرد کمپوست زباله شهری در زمین‌های کشاورزی می‌توان نقش مهمی در تولید محصولات براساس اصول کشاورزی پایدار ایفا نمود [۳۳]. از مجموع نتایج می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که کاربرد کمپوست در داخل خاک از یک سو سبب افزایش ماده آلی خاک شد که بهبود خواص فیزیکی را به همراه داشت و همچنین از سوی دیگر تا حدودی سبب افزایش عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک شده که در مجموع شرایط مناسبی را برای رشد مساعد گیاهان فراهم کرد [۱]. برنج متعلق به خانواده Gramineae) Panaceas) و قبیله Oryzeac می‌باشد [۱۲]. برنج از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که پیشینه هفت هزارساله دارد، اولین مبدأ پیدایش آن آسیای جنوب شرقی گزارش شده است. منطقه دیگری که پیدایش برنج را به آن نسبت داده‌اند آفریقا است، این دو منطقه را بایستی محل پیدایش برنج محسوب نمود. برنج یکی از مهم‌ترین غلات جهان از نظر تأمین انرژی و کالری موردنیاز جوامع بشری بوده و از دیرباز در بسیاری از نقاط جهان به ویژه در ایران کشت شده است [۸]. برنج پس از گندم مهم‌ترین ماده غذایی نزد ایرانیان به شمار می‌رود [۱۱].

به‌زرایی کشاورزی

تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج

شیمیایی، ۷ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، ۸ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۱/۴ کود شیمیایی، ۹ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۲/۴ کود شیمیایی، ۱۰ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۳/۴ کود شیمیایی، ۱۱ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، ۱۲ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۱/۴ کود شیمیایی، ۱۳ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۲/۴ کود شیمیایی و ۱۴ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۳/۴ کود شیمیایی.

برخی خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری مورد استفاده در این طرح و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول [۱] آمده است. پیش از انجام آزمایش و اعمال تیمار کودی از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری شد. اسیدیته گل اشباع با دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی عصاره اشباع به وسیله EC متر اندازه گیری شد [۳۶]. کربن آلی به روش والکی بلاک اندازه گیری شد [۳۲]. برنج مورداستفاده رقم طارم بوده که از بهترین و مرغوبترین ارقام کیفی برنج می باشد. نشاهای ۳۵ روزه برنج در مرحله ۴ برگگی به فاصله ۲۵ در ۲۵ سانتی متری در زمین اصلی نشا شدند. کرت های مورد استفاده ۶ × ۳ متر می باشد.

برای اندازه گیری میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک، پس از برداشت محصول از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری و و از الک ۰/۵ میلی متری عبور داده شد و غلظت نیتروژن به روش کج‌لدال [۴۳]، غلظت فسفر قابل جذب به روش اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتر [۳۳] و غلظت پتاسیم قابل جذب با دستگاه فیلم فتومتر [۴۳] خوانده شد. در مرحله برداشت برنج از دانه برنج نمونه برداری به عمل آمد. پس از آماده سازی نمونه های گیاهی غلظت عنصر نیتروژن گیاه به روش کج‌لدال، غلظت فسفر گیاه به روش اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتر و غلظت

کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگر بوده و برای ایجاد شرایط مناسب رشد گیاهان هر دو نوع کود مورد نیاز می باشد [۳۷]. عناصر غذایی کمپوست به تدریج و پیوسته در خاک آزاد و در دسترس گیاه قرار می گیرند، در نتیجه سودمندی آن بیش از یک فصل زراعی است و تلفات عناصر غذایی آن کمتر است و میزان آبشویی عناصر غذایی را کاهش داد [۲۲]. تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک گردید [۲۳].

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر درازمدت (هفت ساله) کمپوست زباله شهری و کودهای شیمیایی بر غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک و گیاه برنج بود.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر از سال ۱۳۸۷ شروع شد و در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض شمالی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه و طول شرقی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه و در ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار در سه تکرار انجام شد.

تیمارهای مورد استفاده عبارتند از: ۱ - شاهد (بدون مصرف کود شیمیایی و کود آلی)، ۲ - کود شیمیایی توصیه شده (براساس آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم)، ۳ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، ۴ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۱/۴ کود شیمیایی، ۵ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۲/۴ کود شیمیایی، ۶ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار + ۳/۴ کود

غلظت آن تعیین شد [۲۱]. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Statistix (نسخه ۸/۰) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسات میانگین براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

پتاسیم گیاه با دستگاه فیلم فنومتر اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان پتاسیم گیاه، عصاره حاصل از هضم گیاه به دستگاه فیلم‌فتومتر داده شد و پس از ترسیم منحنی استاندارد با برازش بهترین خط مستقیم از بین نقاط مربوطه

جدول ۱. برخی خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری و خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	بافت	خصوصیات
قابل جذب	قابل جذب	(%)	(%)		(dS/m)		
(mg/kg)	(mg/kg)						
۲۳۰/۰۰	۱۲/۲۰	۰/۱۹	۲/۰۰	۷/۷۰	۲/۰۹	رس سیلتی	خاک
۷۶۳۶/۴	۴۲۰۰/۰	۱/۷	۱۵/۷	۷/۱	۳/۳	-	کمپوست

شهری بر غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲).

نتایج و بحث خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کمپوست زباله

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۵۷۲۳ ^{ns}	۱۹/۶۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۲	تکرار
۲/۲۵۲۳۰ ^{**}	۱۶۷/۴۹۹ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{**}	۱۳	تیمار
۰/۵۹۴۹۵	۶/۷۵۸	۰/۰۰۰۸	۲۶	خطا
۷/۷۷	۱۱/۹۰	۱۱/۲	-	ضریب تغییرات (%)

** - معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns - عدم تفاوت معنی‌دار

و نیز بدون آنها تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت نیتروژن خاک افزایش نشان داد، به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری غلظت نیتروژن خاک به ترتیب ۰/۲۲، ۰/۲۵ و ۰/۲۹ درصد افزایش یافت (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن خاک مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) کود شیمیایی بود که نسبت به تیمار شاهد ۷۳/۶۸ درصد افزایش نشان داد. البته این تیمار با سایر سطح ۴۵ تن کمپوست، با سایر سطوح کود شیمیایی

تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیترژن، فسفر و پتاسیم) در خاک

تیما	نیترژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
T ₁ - شاهد	۰/۱۹ ^f	۹/۹۷ ^f	۲۴۶/۹ ^d
T ₂ - کود شیمیایی	۰/۲۱ ^{ef}	۱۲/۶۸ ^{ef}	۲۷۵/۴ ^{bcd}
T ₃ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری	۰/۲۲ ^{def}	۱۳/۲۹ ^{ef}	۲۷۵/۴ ^{bcd}
T ₄ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۰/۲۴ ^{def}	۱۴/۷۲ ^{df}	۲۷۴/۸ ^{cd}
T ₅ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۰/۲۴ ^{def}	۱۸/۵۹ ^d	۲۸۴/۷ ^{bcd}
T ₆ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۰/۲۴ ^{def}	۱۸/۹۱ ^d	۲۸۴/۷ ^{bcd}
T ₇ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری	۰/۲۵ ^{cde}	۱۹/۰۲ ^d	۳۰۳/۳ ^{bc}
T ₈ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۰/۲۵ ^{cde}	۲۴/۲۴ ^c	۳۰۳/۹ ^{bc}
T ₉ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۰/۲۶ ^{bcd}	۲۵/۸۴ ^{bc}	۳۱۳/۲ ^{bc}
T ₁₀ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۰/۲۹ ^{abc}	۲۶/۹۴ ^{bc}	۳۱۳/۲ ^{bc}
T ₁₁ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری	۰/۲۹ ^{abc}	۲۹/۰۹ ^{ab}	۳۱۳/۲ ^{bc}
T ₁₂ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۰/۲۹ ^{abc}	۲۹/۳۱ ^{ab}	۳۱۳/۵ ^{bc}
T ₁₃ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۰/۳۰ ^{ab}	۳۰/۱۷ ^{ab}	۳۱۳/۸ ^b
T ₁₄ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۰/۳۳ ^a	۳۳/۰۰ ^a	۳۲۲/۸ ^a

در هر ستون، تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می‌باشند.

مواد آلی فراوان بود [۲۵]. افزودن پسماندهای آلی به خاک موجب افزایش نیترژن خاک شد [۴۱]. بیشترین غلظت فسفر قابل جذب خاک مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی بود که نسبت به تیمار شاهد ۲۳۰ درصد افزایش نشان داد، البته این تیمار با سایر سطح ۴۵ تن کمپوست، با سایر سطوح کود شیمیایی و بدون آنها تفاوت معنی‌داری نداشت. با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت فسفر قابل جذب در خاک افزایش یافت، به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری غلظت فسفر قابل جذب به ترتیب ۱۳/۲۹، ۱۹/۰۲ و ۲۹/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳). افزایش میزان فسفر قابل دسترس خاک در اثر افزودن کمپوست زباله شهری طی ۷ سال متوالی با یافته‌های

یکی از مهم‌ترین نقش‌های مواد آلی در حاصلخیزی خاک در این است که می‌تواند مقدار فراوانی نیترژن برای رشد و نمو گیاه عرضه کند و به منزله انباری برای عنصر حیاتی محسوب می‌شود [۵]. استفاده از کمپوست زباله شهری به مدت ۵ سال متوالی [۱۳]، ۴ سال متوالی [۳۸] و ۲ سال متوالی [۳۹] سبب افزایش سطح نیترژن کل خاک شد که به علت آزادسازی تدریجی نیترژن در اثر کاربرد طولانی مدت کمپوست ضایعات شهری بود [۲۴]. نیترژن کل در خاک با کاربرد کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. باتوجه به این که کمپوست زباله شهری دارای مواد آلی فراوانی است، می‌توان گفت افزایش نیترژن خاک در تیمارهای دارای کمپوست به دلیل داشتن

افزایش یافت [۳]. غلظت پتاسیم خاک وقتی که مقادیر خیلی کمی از کمپوست زباله شهری مصرف شود، افزایش یافت که به علت جذب پتاسیم موجود در کمپوست بود [۲۶]. طبق گزارشی سطح پتاسیم در خاک با کاربرد کمپوست زباله شهری غنی شده با کودهای شیمیایی بیشتر از تیمار شاهد بود و مصرف کمپوست زباله شهری همراه با کودهای شیمیایی در خاک حداکثر مقدار پتاسیم را نسبت به مصرف جداگانه کمپوست زباله شهری نشان داد [۳۵].

گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیترژن، فسفر و پتاسیم) در دانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین غلظت نیترژن دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۶/۸۳ درصد افزایش نشان داد. البته این تیمار با تیمارهای ۴۵ و ۳۰ تن کمپوست، با مصرف کود شیمیایی و بدون آن و همچنین ۱۵ تن کمپوست با مصرف سطوح مختلف کود شیمیایی در یک سطح آماری قرار داشتند. با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت نیترژن خاک افزایش یافت، به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری غلظت نیترژن به ترتیب ۲/۰۱، ۲/۱۰ و ۲/۲۲ درصد بود (جدول ۵). نیترژن معدنی شده در کمپوست برای تمام دوران رشد گیاه قابل دسترس است، اما نیترژن موجود در کودهای شیمیایی به دلیل حلالیت و تحرک زیاد برای مراحل انتهایی رشد گیاه قابل دسترس نخواهد بود. از طرف دیگر، مخلوط کمپوست با کود شیمیایی می تواند به عنوان یک منبع آزادسازی کند و سریع نیترژن عمل نماید و نیترژن مورد نیاز دوره های مختلف رشد گیاه را فراهم نماید [۳۱].

محققین مطابقت دارد [۳۰ و ۴۰]. مصرف کمپوست همراه با کود شیمیایی به ویژه کود فسفره سبب افزایش غلظت فسفر خاک شد [۶]. حرکت فسفر در خاک بستگی زیادی به شرایط زنده و غیرزنده خاک دارد و آنزیم های مسئول معدنی شدن فسفر ممکن است از میکروارگانیسم های موجود در خاک، ریشه گیاهان و یا از منابع کودهای آلی به دست آید [۳۹]. کاربرد کودهای آلی موجب تثبیت فسفر در خاک و افزایش فعالیت میکروبی خاک گردید که در نهایت موجب افزایش قابلیت دسترسی فسفر برای گیاهان شد [۱۹]. یکی از دلایل افزایش حلالیت فسفر در نتیجه افزودن کمپوست، حضور فسفر زیاد در کمپوست و تشکیل کمپلکس های فسفوهیومیک می باشد که موجب کند شدن فرآیند تثبیت فسفر در خاک می شود [۲۵ و ۲۸]. حداکثر قابلیت استفاده فسفر در خاک در pH بین ۶ تا ۶/۵ بود [۹].

بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب خاک مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی بود که نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۷۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین بین این تیمار با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری وجود داشت. با افزایش pH خاک به بیش از حالت خنثی، بار منفی اکسید و هیدروکسیدها افزایش یافته و موجب افزایش جذب سطحی یون پتاسیم و در نتیجه کاهش پتاسیم محلول خاک شد [۹]. بنابراین، افزایش میزان پتاسیم در خاک در این آزمایش به دلیل مقدار فروان پتاسیم در کمپوست و کاهش pH در نتیجه استفاده از کمپوست بود. کاربرد ۳ سال متوالی کمپوست زباله شهری تنها و همراه با کود شیمیایی N، P و K در خاک تحت کشت برنج، سطح پتاسیم تبادل خاک در اثر کاربرد کودهای آلی و معدنی پتاسیم دار افزایش یافت و این افزایش با افزایش سال های مصرف کمپوست مطابقت داشت [۱۷]. با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری در خاک تحت کشت ذرت غلظت پتاسیم خاک

تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت برخی عناصر پرمصرف (نیترژن، فسفر و پتاسیم) در دانه گیاه برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیترژن	فسفر	پتاسیم
تکرار	۲	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۶ ^{ns}	۴۲/۵۹۵ ^{ns}
تیمار	۱۳	۰/۰۲ ^{**}	۰/۰۰۱۶ ^{**}	۱۸۱/۳۷۷ ^{**}
خطا	۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱۰	۱۴/۷۲۳
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۶۷	۷/۳۰	۱۱/۶۴

** - معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns - عدم تفاوت معنی دار

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در دانه گیاه برنج

تیمار	نیترژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
T ₁ - شاهد	۱/۹۶ ^d	۰/۲۱ ^h	۰/۵۰ ^f
T ₂ - کود شیمیایی	۲/۰۰ ^{cd}	۰/۲۱ ^h	۰/۵۸ ^{ef}
T ₃ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری	۲/۰۱ ^{bcd}	۰/۲۳ ^{gh}	۰/۷۳ ^{de}
T ₄ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۲/۰۸ ^{abcd}	۰/۲۳ ^{gh}	۰/۷۳ ^{de}
T ₅ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۲/۰۹ ^{abcd}	۰/۲۴ ^{fgh}	۰/۷۹ ^{cd}
T ₆ - ۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۲/۰۹ ^{abcd}	۰/۲۵ ^{efg}	۰/۸۱ ^{cd}
T ₇ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری	۲/۱۰ ^{abcd}	۰/۲۶ ^{def}	۰/۸۷ ^{bcd}
T ₈ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۲/۱۵ ^{abcd}	۰/۲۷ ^{cde}	۰/۸۸ ^{bcd}
T ₉ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۲/۱۶ ^{abcd}	۰/۲۷ ^{cde}	۰/۸۹ ^{bcd}
T ₁₀ - ۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۲/۱۷ ^{abcd}	۰/۲۸ ^{cd}	۰/۹۳ ^{bc}
T ₁₁ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری	۲/۲۲ ^{abc}	۰/۳۰ ^{bc}	۰/۹۳ ^{bc}
T ₁₂ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۲/۲۲ ^{abc}	۰/۳۰ ^{bc}	۰/۹۵ ^{bc}
T ₁₃ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۲/۲۳ ^{ab}	۰/۳۲ ^{ab}	۱/۰۳ ^b
T ₁₄ - ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۲/۲۹ ^a	۰/۳۴ ^a	۱/۰۹ ^a

در هر ستون، تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می باشند

حضور کودهای نیترژنی در آخر فصل رشد غلات یا از آنجایی که کمپوست مانع آبشویی نیترژن می شود و پس از دوره گلدهی سبب افزایش مقدار پروتئین دانه شد. نیترژن موجود را برای مدت طولانی تری در اختیار گیاه

معنی داری وجود داشت (جدول ۵). در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر کمپوست زباله شهری بر جذب پتاسیم توسط گیاه برنج نشان داده شده است که در اثر مصرف کمپوست زباله شهری میزان جذب پتاسیم توسط دانه و اندام هوایی گیاه افزایش یافت [۱۷]. مصرف مکرر کمپوست حاصل از زباله شهری اثر معنی داری بر میزان پتاسیم برگ داشته و در کل کود کمپوست تأمین کننده عناصر غذایی ضروری گیاه بود [۴۲]. افزایش عملکرد دانه را در رابطه با استفاده از کمپوست زباله شهری می توان به دلیل بهبود ماده آلی خاک، افزایش قابلیت استفاده از نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کاهش pH خاک دانست [۱۴].

نتیجه گیری

کاربرد هفت ساله کمپوست زباله شهری سبب افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک و دانه گیاه برنج شده است. بیشترین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی می باشد. در مورد نیتروژن و فسفر خاک، مصرف ۴۵ تن کمپوست زباله شهری با و بدون کود شیمیایی بهترین شرایط را دارا بود. لذا می توان چنین نتیجه گرفت در صورت کاربرد چندساله ۴۵ تن کمپوست زباله شهری، تنها مصرف کود شیمیایی پتاسه نیاز بوده و عملاً نیازی به مصرف کودهای شیمیایی فسفره و نیتروژنه نمی باشد. با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج افزایش یافت. همچنین مصرف کمپوست، تأثیر معنی داری بر غلظت عناصر پرمصرف در دانه گیاه برنج داشت. در مورد نیتروژن دانه کاربرد ۴۵ تن کمپوست + ۳/۴ کود شیمیایی اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد، کود شیمیایی و ۱۵ تن کمپوست دارا بود. بیشترین غلظت فسفر دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست + ۲/۴ و ۴/۳ کود شیمیایی بود.

قرار می دهد، بنابراین با افزودن کمپوست زباله شهری درصد پروتئین دانه گندم افزایش یافت [۶]. مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش نیتروژن دانه گردید [۴]. در تحقیقی دیگر تیمار ۱۹ تن در هکتار کمپوست ضایعات نساجی میزان تجمع نیتروژن لویا چشم بلبلی را در حد قابل قبول در مقایسه با شاهد افزایش داد [۱۵].

بیشترین غلظت فسفر دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی می باشد که نسبت به تیمار شاهد ۶۱/۹۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). بین این تیمار و تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ (۵۰ درصد) کود شیمیایی اختلاف معنی داری وجود نداشته است. تلفیق کمپوست زباله شهری با کود شیمیایی حاوی P، N و K درصد فسفر جذب شده توسط گیاه را افزایش داده است. از دلایل عمده افزایش جذب فسفر در اثر مصرف کمپوست را افزایش فعالیت میکروارگانیسم های حل کننده فسفر معدنی در خاک و بالا بودن غلظت این عنصر در کمپوست بیان شد [۲۹ و ۴۰]. استفاده از مواد آلی در خاک، فسفر قابل دسترس گیاهان را افزایش داد و به طور غیرمستقیم از رسوب فسفات به صورت فسفات آهن و آلومینیوم و فسفات کلسیم که به شکل غیرقابل جذب برای گیاهان است، جلوگیری کرد [۲۰]. بررسی کاربرد کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی در مزرعه گندم نشان داد که وزن خشک، عملکرد و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده توسط دانه با افزایش مقدار کمپوست افزایش یافت. همچنین میزان جذب فسفر و پتاسیم در تیمارهای دارای کمپوست زباله شهری بیشتر از گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی بود [۱۶].

بیشترین میزان پتاسیم دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ (۷۵ درصد) درصد کود شیمیایی می باشد که نسبت به تیمار شاهد ۱۱۸ درصد افزایش نشان داد. بین این تیمار با بقیه تیمارها اختلاف

تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج

تأثیر مصرف کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی بر پارامترهای کمی و کیفی گندم. زراعت (پژوهش و سازندگی). (۱)۹۹: ۹-۱.

۷. علیدوست ر (۱۳۸۰) مطالعه اثر کاربرد مقادیر متفاوت کمپوست شهری، نیتروژن و فسفر بر رشد و تغذیه معدنی ذرت علوفه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. پردیس ابوریحان. دانشگاه تهران.

۸. مجنون حسینی ن (۱۳۸۵) زراعت غلات (گندم، جو، برنج و ذرت). انتشارات نشر مهر. تهران.

۹. معزردلان م و ثوابی فیروزآبادی غ (۱۳۸۱) مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار (ترجمه). موسسه انتشارات. دانشگاه تهران.

۱۰. میرزایی تالارپشتی ر، کابوزیاج، صباحی ح و مهدوی دامغانی ع (۱۳۸۸) اثر کاربرد کودهی آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه‌فرنگی. پژوهش‌های زراعی ایران. (۱)۷: ۲۷۰-۲۵۹.

۱۱. موسی نژاد م (۱۳۷۵) اقتصاد برنج مازندران. بررسی مزیت نسبی و راهبردهای آن. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۱۷.

۱۲. نورمحمدی ق، سیادت ع و کاشانی ع (۱۳۸۰) زراعت. جلد اول. غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

13. Achebe WB, Gabteni N, Lakhdar A, Laing GD, Verloo M, Jadidi N and Gallali T (2009) Effects of 5- year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metal in a Tunisian calcareous soil. Agriculture Ecosystems and Environment. 130: 156-163.

همچنین بیشترین غلظت پتاسیم دانه در تیمار ۴۵ تن کمپوست + ۳/۴ کود شیمیایی به دست آمد. در مجموع مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه برنج شده است و نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را به حداقل می‌رساند.

منابع

۱. اله‌دادی ا، معماری ع، اکبری غ م، لطفی فرا ا و شمس ع (۱۳۹۲) تأثیر کاربرد مقادیر متفاوت کمپوست زباله شهری بر رشد و عملکرد گیاه زراعی ماش. پژوهش‌های تولید گیاهی. (۲)۲۰: ۱۶۰-۱۴۵.

۲. اله‌دادی ا، معماری ع، اکبری غ ع و لطفی فرا ا (۱۳۹۰) تأثیر کاربرد مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر خصوصیات و غلظت عناصر غذایی خاک و رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای. فناوری تولیدات گیاهی. (۱)۱۱: ۸۳-۹۷.

۳. حاتم ز، رونقی ع، کریمیان ن و یثربی ج (۱۳۸۸) اثر کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و زیست‌فراهمی برخی عناصر در دو نوع بافت مختلف. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. صص. ۱۰۳۴-۱۰۳۱.

۴. رسولی ف و مفتون م (۱۳۸۷) تأثیر کاربرد خاکی دو ماده آلی توأم با نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (۴)۱۲: ۷۱۹-۷۰۵.

۵. سالاردینی ع ا (۱۳۸۲) حاصلخیزی خاک. موسسه انتشارات. دانشگاه تهران.

۶. سیلیسپور م، فروزش ع و یوسفی م (۱۳۹۲) بررسی

14. Aggelides SM and Londra PA (2000) Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bio Resource Technol.* 71: 253-259.
15. Araujo ASF, Monterio RTR and Carvalho EH (2007) Effect of compost textile sludge on growth, nodulation and cowpea. *Bio resource Technology.* 98: 1028-1032.
16. Bartal A, Yermiyahu U, Beraud J, Keinan M, Rosenberg R, Zohar D, Rosen V and Fine P (2004) Nitrogen, phosphorus and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *Journal of Environment Quality.* 33: 1855-1865.
17. Bhattacharyya P, Chakraborti KA, Nayak DC, Tripathy S and Powell MA (2007) Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere.* 68: 1789-1793.
18. Bhattacharyya P, Chakraborti K, Chakraborty A and Nayak DC (2005) Effect of municipal solid waste compost on phosphorous content of rice straw and grain under submerged condition. *J Archive. Agro. Soil Sci.* 51: 363-370.
19. Borkar DK, Deshmukh ES and Bhojar VS (1991) Manorial values of fem. and compost as influenced by raw materials used methods and period of decomposition. *Journal of Soils and Crops.* 1(2): 117-119.
20. Cecil F and Tester CF (1990) Organic amendment effect on physical and chemical genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry.* 36: 1595-1605.
21. Cottenine A, Verloo M, Kickens L, Velghe G and Camerlynck R (1982) Analysis plant and soil. Laboratory of Analytical and Agro-chemistry State University of Ghent Belgium. Pp. 403-431.
22. Daniel CG and Boem MJ (2001) Temporal effects of compost and fertilizer applications on nitrogen fertility of golf course Turf grass. *Agronomy Journal.* 93: 548-555.
23. Eghball B, Ginting D and Gilley JE (2004) Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. *Agronomy Journal.* 96: 442-447.
24. Erhart E, Harh W and Putz B (2005) Biowaste compost effects yield, nitrogen vegetation period and crop quality of agricultural crops. *European Journal Agronomy.* 23: 305-314.
25. Giusquiani PL, Marucchini C and Businelli M (1988) Chemical properties of soils amended with compost of urban waste. *Plant and Soil.* 109: 73-78.
26. Hargeares JC, Adel MS and Warman PR (2008) Arrive of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture Ecosystems and Environment.* 123: 1-14.
27. Khoshgoftarmanesh AH and Kahbasia M (2000) Effect of municipal waste leach ate on soil properties and growth and yield of rice. *Communication in Soil Science and Plant Analysis.* 33: 2011-2020.
28. Laboski CAM and Lamb JA (2003) Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. *Soil Science Society American Journal.* 67: 544-554.
29. Mbaraki S, Labidi N, Mahmoudi H, Jedidi N and Abdelly C (2008) Contrasting effect of municipal compost on alfalfa growth in clay heavy metal toxicity. *Bio resource Technology.* 90: 6745-6750.
30. Mkhabela MS and Warman PR (2005) The

- influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in Nova Scotia agriculture. *Ecosystem and Environment*. 106: 57-67.
31. Mylavarapu RS and Zinati GM (2009) Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientific Horticulture*. 120: 426-430.
32. Nelson DW and Sommers LE (1982) Total carbon, organic carbon and organic matter In: A. L. (ed). 2 nd. Part 2. Method of soil analysis. Chemical and Microbiological property. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, Wisconsin. Pp. 539-579.
33. Olsen SR and Sommers LS (1990) Phosphorus In: A.L. Method of soil analysis. 2 nd. Part 2 argon Monger. *Agronomy Soil of American*, Madison, Wisconsin, INC. 431 p.
34. Perez DV, Alcantara S, Ribeiro CC, Pereira RE, Fontes GC, Wasserman MA, Venezuela TC, Meneguelli NA, de Macedo JR and Barradas CAA (2007) Composted municipal waste effects on chemical properties of a Brazilian soil. *Bio resource Technol*. 98: 525-533.
35. Ramadass K and Palaniyandi S (2007) Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. *Archives. Argon. Soil Sci*. 53: 497-506.
36. Rhoades JD (1982) Soluble salts. In methods of soil analysis. A. C (ed). Argon Monger. America, Society, Agronomy, Madison. Wisconsin. Pp. 167-179.
37. Roberts TL (2008) Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture*. 32: 177-182.
38. Ros M, Pascual JA, Gareia C, Hernandez MT and Insam H (2006) Hydrolyses activities, microbial biomass and bacterial community in soil after long-term amendment with different composts. *Soil Biology and Biochemistry*. 38(12): 3443-3452.
39. Saha S, Gopinath KA, Kundu S and Gupta HS (2007) Comparative efficiency of three organic manure at varying rates of its application to baby corn. *Archive of Agronomy and Soil Science*. 53(5): 507-517.
40. Soumare M, Gtake FM and Verloo MG (2003) Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mail. *Bio resource Technology*. 86(1): 15-20.
41. Tarrason D, Ojeda G, Ortiza O and Alcniz JM (2007) Differences on nitrogen availability in soil amended with fresh, composted and thermally-dried sewage sludge. *Journal of Bio Resource Technology*. 99(2): 252-259.
42. Warman PR, Barrham JC and Eaton LJ (2009) Effect of repeated application of municipal solid waste compost and fertilizers to three low brush blueberry fields. *Scientific Horticultures*. 122(3): 393-398.
43. Westeman REL (1990) Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of American, Madison, Wisconsin, USA. 784 p.
44. Sosna I and Czaplicka M (2008) The influence of two training systems on growth and cropping of three pear cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 16: 75-81.
45. Tabatabaei SJ and Malakouti MJ (1998) The effect of calcium on fruit firmness and quality in 'Red Delicious' apple. *Soil and Water Journal*. 12(1): 43-49.
46. Teixeira AF, Andrade AB, Ferrarese-Filho O

- and Ferrarese LL (2006) Role of calcium on phenolic compounds and enzymes related to lignification in soybean (*Glycine max* L.) root growth. *Plant Growth Regulation*. 49: 69-76.
47. Vestrheim S (1970) Effect of chemical compounds on anthocyanin formation in 'McIntosh' apple skin. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*. 95: 712-715.
48. Vitrac X, Larronde F, Krisa S, Decendit A, Deffieux G and Merillon JM (2000) Sugar sensing and Ca²⁺- calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. *Phytochemistry*. 53: 659-665.
49. Wills R, Graham D, Joyce D and McGlasson WB (1998) *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. CABI Publishing. 4th Edition. 280p.
50. Wrolstad RE (1976) *Color and pigment analysis in fruit products*. Station Bull. 621. Agriculture experiment station. Oregon State University. Corvallis, OR, USA.