به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰
صفحه‌های ۴۸۴-۴۷۱

مقاله پژوهشی:

ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد ذرت علوفه‌ای و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

محسن سیلسپور*

استادیار، بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کمپوست و نیتروژن بر ویژگی‌های کمی ذرت علوفه‌ای و پروتئین دانه و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، پژوهشی با ۹ تیمار در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارها شامل سه سطح مصرف کمپوست پسماند (صفر، ۱۰ و۲۰ تن در هکتار) و سه سطح مصرف نیتروژن خالص به‌صورت اوره (صفر،۱۰۰ و ۲۰۰ کیوگرم در هکتار) بودند. اثر کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار شد. مصرف کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی‌دار هدایت الکتریکی خاک، نیترات، آهن قابل جذب خاک، روی قابل جذب خاک و کاهش معنی‌دار واکنش خاک شد. هم‌چنین مصرف کمپوست زباله، سبب بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله کاهش معنی‌دار جرم ویژه ظاهری و افزایش ظرفیت مزرعه و درصد آب قابل‌استفاده خاک شد. بنابراین در خاک‌هایی مشابه شرایط خاک آزمایش حاضر، برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد علوفه خشک به میزان ۲۱/٤٤ تن در هکتار، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره همراه با مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: روی قابل جذب، ظرفیت زراعی، کربن آلی، نیترات، هدایت الکتریکی خاک.

Field Evaluation of Municipal Waste and Nitrogen Fertilizer Application on Forage Maize Yield and Some Physical and Chemical Properties of Soil

Mohsen Seilsepour*

Assistant Professor, Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran.

Received: May 31, 2020 Accepted: October 17, 2020

Abstract

In order to investigate the effects of compost and nitrogen on quantitative and protein content of forage corn and some physical and chemical properties of soil, a factorial experiment with 9 treatments in a factorial randomized complete block design has been conducted in the farm of Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center during 2014. The treatments include three levels of residual compost (0, 10, and 20 $Ton.ha^{-1}$) and three levels of nitrogen (0, 100, and 200 $kg.ha^{-1}$) as urea. The effect of municipal waste and nitrogen compost on yield and yield components has been significant. The use of municipal solid waste compost has significantly increased the electrical conductivity of soil, nitrate, iron, and zinc uptake, while significantly decreasing soil reaction. Waste compost application has also improved some soil physical properties. Bulk density is significantly reduced and field capacity and soil available water are increased. Therefore, in the similar soil conditions of this ersearch, the use of 200 $kg.ha^{-1}$ of pure nitrogen from the urea source with 20 $Ton.ha^{-1}$ of municipal solid waste compost is recommended to achieve the maximum dry forage yield of 21.44 tons per hectare.

Keywords: Available Zinc, electrical conductivity, field capacity, nitrate, organic carbon.

* نویسنده مسئول Email: m.seilsepoor@areeo.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه حفظ حاصل‌خیزی خاک، به‌طور عمده توسط کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد و مصرف زیاد کودهای شیمیایی به‌همراه روش‌های نامناسب کشت و کار، مانند آتش‌زدن کاه و کلش، مقدار ماده آلی خاک را کاهش داده که خطر از بین‌رفتن این خاک‌ها را به‌همراه خواهد داشت (Yongjie & Yangsheng, 2005).

از طرف دیگر، روش‌های کشاورزی متداول امروزی موفقیت قابل‌قبولی در زمینه استفاده از منابع نداشته و با اتکای بیش از حد به نهاده‌های مصنوعی مانند کودها، باعث ایجاد اکوسیستم‌های زراعی ناپایدار شده است (Roberts, 2008). به گونه‌ای که روند فزاینده تخریب محیط زیست در اثر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای حاوی نیتروژن و مسأله تأمین غذای کافی با کیفیت مناسب برای جمعیت روزافزون جهان از سوی دیگر، تغییر جهت به سمت کشاورزی پایدار را ضروری ساخته است که لازمه آن، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی می‌باشد (Avis *et al*., 2008; Fageria & Baligar, 2005).

به همین منظور، استفاده از انواع مواد آلی از جمله کمپوست پسماند شهری به‌منظور بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار است (Seilsepour, 2017). کمپوست پسماند شهری یک کود آلی با ارزش است و غنی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بوده و از طریق سازوکارهای مختلف مانند تشکیل کلات، فراهمی عناصر غذایی موجود در خاک را افزایش می‌دهند (Najafi *et al*., 2013). کمپوست پسماند شهری به‌عنوان یک کود آلی مقرون‌به‌صرفه و با ارزش می‌تواند در کشاورزی پایدار از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد (Yongjie & Yangsheng, 2005) علاوه بر این، این ترکیب موجب ارتقای کیفیت خاک از طریق اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند تخلخل، جرم ویژه ظاهری، ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود (Beigi & Hejazi, 2004; Astaraei, 2006; Sumner, 2000).

در سال‌های اخیر، کمپوست حاصل از مواد زائد جامد شهری به‌طور گسترده‌ای در بخش کشاورزی به‌عنوان بهبوددهنده خاک و نیز به‌عنوان کود استفاده می‌شود (Hargreaves *et al*., 2008). باتوجه به این‌که میزان ماده آلی خاک یکی از مؤلفه‌های مهم حاصل‌خیزی خاک است، کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌شود. بسیاری از ترکیبات اسیدهای آلی موجود در کمپوست پسماند شهری به‌صورت اسیدهیومیک است (Soumare *et al*., 2003a). به همین دلیل، استفاده مکرر از کمپوست پسماند شهری باعث افزایش ماده آلی خاک و کاهش نسبت C/N خاک می‌شود (Montemurro *et al*., 2006). هم‌چنین کمپوست پسماند شهری باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله ظرفیت نگهداری آب، تهویه خاک، قابلیت نفوذ آب و ریشه در خاک و ویژگی‌های شیمیایی مانند اسیدیته، ظرفیت تبادل یونی، تعادل عناصر و قابلیت دسترسی عناصر غذایی می‌شود، که این امر منجر به افزایش پایدار عملکرد می‌شود (Vaca *et al*., 2011; Marinari *et al*., 2000).

کمپوست‌کردن زباله جامد شهری به‌عنوان روش اقتصادی در مدیریت زباله شناخته شده و محصول نهایی به‌عنوان ماده اصلاحی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. پژوهش‌گران به اثرات مفید استفاده از کمپوست بر خواص خاک و تولید گیاه اشاره کرده‌اند (Aggelides & Londra, 2000). کاربرد کمپوست تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه ذرت داشته است. در آزمایشی که چهار تیمار کمپوست شامل ۱۵، ۳۰، ٤٥ و ٦٠ تن در هکتار اعمال شده بود، بین تیمارهای ٤٥ و ٦٠ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. هم‌چنین تأثیر کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی و

عملکرد علوفه‌ی ذرت معنی‌دار شد (Memari, 2004). در آزمایشی دیگر میزان جذب فسفر و پتاسیم توسط گیاهان تیمارشده با کمپوست بسیار بیش‌تر از گیاهان تیمارشده با کود شیمیایی بود که این افزایش در اثر مصرف کمپوست زباله شهری به‌دلیل وجود این عناصر در ترکیب آن و آزادسازی تدریجی این عناصر که مانع از آبشویی و تثبیت این عناصر در خاک می‌شود، باعث بهبود قابلیت دسترسی این عناصر برای گیاه می‌شود (Mutegie *et al*., 2012). هم‌چنین نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که جذب فسفر و پتاسیم توسط گیاهان تیمارشده با کمپوست بسیار بیش‌تر از گیاهان تیمارشده با کود شیمیایی بوده است، هم‌چنین افزایش فرم قابل جذب آهن و روی خاک با مصرف کمپوست پسماند شهری گزارش شده است (Angin *et al*., 2012; Shakarami *et al*., 2015).

در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی، قابلیت دسترسی نیتروژن در خاک یکی از عوامل مهم و محدودکننده رشد، نمو و عملکرد گیاهان می‌باشد (Bredemeier, 2005). نیتروژن عنصری ضروری در تغذیه گیاهان به‌حساب می‌آید، زیرا یکی از اجزای مهم ترکیبات آلی مانند پروتئین ها، آنزیم‌ها و کلروفیل می‌باشد. هم‌زمانی تأمین نیتروژن با نیاز گیاه نقش مهمی در افزایش کارایی این عنصر دارد که کودهای آلی می‌توانند نقش بسیار مهمی را در افزایش کارایی نیتروژن ایفا کنند، ضمن این که نقش کودهای دامی و یا کمپوست حاصل از آن در بهبود کارایی نیتروژن را می‌توان به باز چرخش عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک نسبت داد (Azam Shah *et al*., 2009).

افزایش عملکرد ذرت با استفاده از نیتروژن توسط پژوهش‌گران گزارش شده است (Karasu *et al*., 2009). در آزمایشی اثر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد بلال تر ذرت شیرین معنی‌دار شد، به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد در پایین‌ترین سطح نیتروژن به‌دست آمد و عملکرد از سطح صفر تا ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش نشان داد و در سطح ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (Oktem *et al*., 2010).

هم‌چنین نتایج پژوهش‌های پژوهش‌گران نشان می دهد که درصد پروتئین ذرت با مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (Cox & Chereney, 2001; Lesting *et al*., 2008). در آزمایش دیگری کاربرد تلفیقی کود آلی به‌همراه کود شیمیایی موجب افزایش درصد نیتروژن جذب‌شده در ذرت در مقایسه با کود شیمیایی به تنهایی شد (Mutegi *et al*., 2012). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که مقدار نیتروژن قابل دسترس برای گیاه در سال اول، ۳۰ درصد کل نیتروژن کمپوست است که به عوامل مختلفی از قبیل شرایط خاک، اقلیم، نوع کود دامی، مرحله پوسیدگی کود بستگی دارد و کاربرد تلفیقی کمپوست پسماند با کود شیمیایی نیتروژن می‌تواند مؤثر واقع شده و موجب کاهش مصرف کود شیمیایی شود (Eghball *et al*., 2001). با توجه به لزوم افزایش ماده آلی خاک‌های کشور و اعمال سیستم‌های تلفیقی تغذیه گیاه، این پژوهش با هدف ارزیابی کاربرد تلفیقی ماده آلی و نیتروژن بر عملکرد گیاه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک صورت پذیرفت.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات مصرف سطوح مختلف کمپوست زباله شهری و نیتروژن، در زراعت ذرت علوفه‌ای، آزمایشی مزرعه‌ای با ۹ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل، در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در شهرستان ورامین به طول شرقی ۵۱/۳۹ و عرض شمالی ۲۵/۱۹ و ارتفاع از سطح دریا

۱۰۵۰ متر، در خاکی با بافت لوم اجرا شد. عامل کمپوست پسماند شهری در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار با رطوبت ۲۲ درصد وزنی) و عامل نیتروژن نیز در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره در نظر گرفته شد.

قبل از کاشت، از خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌برداری مرکب به‌عمل آمد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک حاصله با روش‌های متداول مؤسسه تحقیقات خاک و آب (هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه ECمتر، pH با استفاده از دستگاه pHمتر، استخراج کربن آلی، با استفاده از روش سوزاندن تر با بی‌کربنات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ، استخراج فسفر قابل جذب گیاه با استفاده از روش اولسن، استخراج پتاسیم قابل استفاده در خاک با کمک روش استخراج پتاسیم با استات‌آمونیم و قرائت آن با دستگاه فلیم‌فتومتر، استخراج منگنز، مس، روی و آهن با DTPA و قرائت آن با دستگاه جذب اتمی مدل PinAAcle900F ساخت شرکت پرکین المر آمریکا، اندازه‌گیری آهک به‌روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و بافت خاک، با استفاده از روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد (Aliehyaie & Behbahani Zadeh, 1992) (جدول ۱).

پس از پایان اجرای آزمایش نیز از خاک کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری شد و پارامترهای ذکرشده، مجددا اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کمپوست مورد استفاده نیز با روش‌های رایج مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (جدول۲). کودهای پایه فسفر و پتاسیم از منابع سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O) به‌صورت مصرف در خاک و عناصر کم مصرف شامل آهن، روی، بور از منابع سولفات آهن، سولفات روی و اسید بوریک هر یک با غلظت پنج در هزار در دو نوبت (مرحله دو تا سه برگی و یک‌سوم در مرحله قبل از ظهور تاسل) درکلیه کرت‌های آزمایش به‌صورت برگ‌پاشی مصرف شد (Malakouti & Gheibi, 2004).

نیتروژن از منبع اوره در سه نوبت (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله دو تا سه برگی و یک سوم در مرحله قبل از ظهور تاسل) مصرف شد. کود کمپوست نیز از کارخانه تولید کمپوست سازمان بازیافت شهرداری تهران تهیه شد و مطابق مقادیر مندرج در طرح قبل از کاشت به خاک کرت‌های آزمایشی اضافه شده و با دیسک با خاک مخلوط و به عمق ۱۵ سانتی‌متر برده شد. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و عملیات خاک‌ورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین توسط لِولِر و هم‌چنین ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت بود. عملیات کاشت در ۲۹ خرداد به‌صورت جوی و پشته‌ای و با دست با تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار صورت گرفت. دو عدد بذر با فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر کشت شد و پس از سبزشدن و دو برگی‌شدن، به یک بوته تقلیل داده شد. برای کاشت از بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤ استفاده شد که بذر آن از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر در کرج تهیه شد. مبارزه با علف‌های هرز در مرحله هشت برگی و آبیاری نیز به روش جوی و پشته‌ای از تاریخ کاشت تا برداشت با دور آبیاری هفت روز ادامه یافت. هر تکرار (بلوک) آزمایش دارای زه‌کش مخصوص به خود بود تا آب بلوک بالایی وارد بلوک پایینی نشود. ضمن آن که هر بلوک دارای ورودی و جوی آبیاری مستقل و مخصوص به خود بود.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر و به فاصله ۷۰ سانتی‌متر بود. عملیات آبیاری به‌صورت فاروئی و براساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (Farshi *et al*., 1997). کلیه عملیات زراعی از قبیل کاشت، آبیاری، کوددهی، سمپاشی و ...

به‌طور هم‌زمان و یکسان در کلیه پلات‌های آزمایشی انجام شد. برداشت محصول در مهرماه به‌صورت کف‌بر انجام شد و محصول توزین شد. برداشت محصول از چهار خط وسط با حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت و به‌صورت دستی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میزان عملکرد، علوفه تَر به تفکیک برگ، ساقه و بلال بلافاصله با ترازوی دقیق توزین و سپس بوته‌های برداشت‌شده در آون آزمایشگاه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و عملکرد علوفه خشک محاسبه شد.

میزان پروتئین دانه با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد (Fowler *et al.*, 1989). اندازه‌گیری نیتروژن به‌روش کجلدال و با استفاده از دستگاه کجلدال انجام شد (Emami, 1996).

رابطه (۱) درصد پروتئین دانه = درصد نیتروژن دانه ×۵/۷

داده‌های آزمایش با استفاده از آزمون F و استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۱۱) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. میانگین صفات مورد مطالعه با آزمون چنددامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند.

جدول۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

آزمایش	واحد	مقدار	آزمایش	واحد	مقدار
هدایت الکتریکی	($dS.m^{-1}$)	۱/۲	آهن قابل جذب	($mg.kg^{-1}$)	۳
واکنش گل اشباع	-	۷/۸	منگنز قابل جذب	($mg.kg^{-1}$)	۱٤/٥
درصد اشباع	(%)	۳٥	روی قابل جذب	($mg.kg^{-1}$)	۰/٦
کربن آلی	(%)	۰/۳۸	جرم ویژه ظاهری	($g.cm^{-3}$)	۱/۷۰
فسفر قابل جذب	($mg.kg^{-1}$)	٦/٤	رطوبت ظرفیت مزرعه	(%)	۱۹
پتاسیم قابل جذب	($mg.kg^{-1}$)	۲۰۰	رطوبت نقطه پژمردگی	(%)	۱۰

جدول۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کمپوست پسماند شهری

پارامتر	واحد	مقدار	مقادیر استاندارد ملی ایران*
هدایت الکتریکی (رقت ۱ به ۱۰)	($dS.m^{-1}$)	٤/٦	۱٤ (محلول ۱۰ درصد ماده خشک)
واکنش (رقت ۱ به ۱۰)	–	۷/۰	۸-٦ (محلول ۱۰ درصد ماده خشک)
کربن آلی	(%)	۲٤/۱	حداقل ۱٥
رطوبت	(%)	۲۲	حداکثر ۳٥
نیتروژن کل	(%)	۱/٥٤	۱-۱/٥
فسفر کل	(%)	۰/۳۹	۰/۳-۳/۸
پتاسیم کل	(%)	۰/۹۲	۰/٥-۱/۸
آهن کل	($mg.kg^{-1}$)	۸۱۰۹	–
منگنز کل	($mg.kg^{-1}$)	۹٥	–
روی کل	($mg.kg^{-1}$)	٦٦۰	۱۳۰۰
مس کل	($mg.kg^{-1}$)	۲۰٤	٦٥۰

* استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۷۱٦ (Anonymous. 2010)

خاک مورد آزمایش بدون محدودیت شوری بوده و واکنش آن کمی قلیایی می‌باشد. از نظر ماده آلی، فسفر، آهن و روی فقیر بوده و پتاسیم در حد متوسط دارد.

نتایج تجزیه شیمیایی کمپوست مصرفی نشان داد کمپوست مصرفی دارای تمامی ویژگی‌های یک کمپوست استاندارد است و از نظر کربن آلی در وضعیت بسار مناسبی قرار دارد.

۳. نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری و اثر نیتروژن بر صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد ساقه، عملکرد برگ، عملکرد بلال و درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول۳).

مقایسه میانگین اثرات کمپوست پسماند شهری و نیتروژن در جدول ٤ آورده شده است.

۳. ۱. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای

اثر کمپوست و اثر نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات عملکرد، اجزای آن و میزان پروتئین دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد ساقه	عملکرد برگ	عملکرد بلال	درصد پروتئین دانه
تکرار	۲	۲۲ns	٦/۷ns	۱/۷۲ns	۰/۷۸ns	۰/۵۹ns
عامل کمپوست	۲	۱۲۱**	۲۵**	۹/۱۹**	۸/۷**	۳/۸**
عامل نیتروژن	۲	۹۱**	۱٦**	۱۲/٤*	٤**	٤/۰**
اثر متقابل کمپوست و یتروژن	٤	۰/٤۹ns	۰/٦۱ns	۰/۱۳ns	۰/۰٦ns	۰/۵ ns
خطا	۱۲	۰/۳۸	۰/۱۸	۰/۱٤	۰/۰٦	۰/٤
ضریب تغییرات	–	۱۰/۲	۹/۸	۸/۷	۸/٤	۵/۲

*، ** و ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول٤. میانگین صفات عملکرد، اجزای آن و میزان پروتئین

اثر اصلی کمپوست	عملکرد بیولوژیک خشک ($Ton.ha^{-1}$)	عملکرد ساقه خشک ($Ton.ha^{-1}$)	عملکرد برگ خشک ($Ton.ha^{-1}$)	عملکرد بلال خشک ($Ton.ha^{-1}$)	درصد پروتئین دانه (%)
C0	۱۱/۱۸c	۵/۷۰ c	۲/۷۵ c	۲/۷۱	۱۰/۳٦ c
C10	۱٤/۹۵ b	۷/٤۱b	۳/٦۲ b	۳/۹۱	۱۱/۲۳ b
C20	۱۸/۵۲ a	۹/۰۷a	٤/۸٤ a	٤/٦۷	۱۱/٦۵ a
اثر فرعی نیتروژن					
N0	۱۱/۵٦c	۵/۹۹c	۲/٤۹ c	۳/۰۷	۱۰/۳۸ c
N100	۱۵/۲۰ b	۷/۵۷b	۳/۸۱ b	۳/۸۱	۱۱/۱۳ b
N200	۱۷/۸۹a	۸/٦۳a	٤/۸٤ a	٤/٤۱	۱۱/۷۳ a

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد.

بدون مصرف کمپوست (C0)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست (C10)، مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست (C20)

بدون مصرف نیتروژن (N0)، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N100) ،مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N200).

مصرف کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد شد. به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیک در تیمار ۲۰ تن در هکتار کمپوست نسبت به شاهد، ۳۹ درصد افزایش داشت. مصرف نیتروژن نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با شاهد شد. به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیک در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد، ۳۵/۷ درصد افزایش داشت. اثر کمپوست و اثر نیتروژن بر عملکرد برگ، ساقه و بلال معنی‌دار بود (جدول ۳). مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری عملکرد برگ، ساقه و بلال را به‌ترتیب ۷۶، ۳۶/۶ و ۷٤ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داد. مصرف نیتروژن نیز موجب افزایش معنی‌دار عملکرد برگ، ساقه و بلال شد، به گونه‌ای که عملکرد این صفات با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب ۹٤، ۳۱/۳ و ۹۲ درصد افزایش نشان دادند (جدول ٤).

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌گران مطابقت داشت. افزایش عملکرد ذرت با استفاده از نیتروژن توسط سایر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است (Karasu *et al.*, 2009). در آزمایشی اثر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد بلال ذرت شیرین معنی‌دار شد، به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد در پایین ترین سطح نیتروژن به‌دست آمد و عملکرد از سطح صفر تا ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش نشان داد و در سطح ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (Oktem *et al.*, 2010). در آزمایش دیگری کاربرد تلفیقی کود آلی به‌همراه کود شیمیایی موجب افزایش درصد نیتروژن جذب‌شده در ذرت در مقایسه با کود شیمیایی به تنهایی شد (Mutegi *et al.*, 2012).

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که با افزایش میزان نیتروژن در خاک، جذب نیتروژن توسط گیاه افزایش می‌یابد و محتوای کل نیتروژن بوته به‌طور معنی‌داری رو به افزایش می‌گذارد. افزایش محتوی نیتروژن گیاه در نتیجه اعمال تیمارهای مربوط به کود شیمیایی خالص و تیمار تلفیقی کود دامی و شیمیایی را می‌توان با تحریک سطح فتوسنتزکننده و رشد رویشی ذرت و در نتیجه جذب نیتروژن مرتبط دانست. در یک پژوهش این موضوع در مورد زیره سیاه به اثبات رسیده است، به گونه‌ای که این تحریک منجر به افزایش وزن خشک گیاه در واحد سطح شده است (Mollafilabi *et al.*, 2010). از طرف دیگر، نیتروژن از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده اسیدهای نوکلئیک بوده و این اسیدها نقش مهمی در میزان مواد انتقال‌یافته به دانه‌ها به‌عهده دارند (Zhao *et al.*, 2007). علاوه بر این، کود آلی کمپوست با بهبود خواص فیزیکی خاک مانند افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش چگالی ظاهری و نیز افزایش تخلخل خاک منجر به افزایش ظرفیت نگهداری عناصر در خاک و افزایش عملکرد می‌شود (Vaca *et al.*, 2011; Marinari *et al.*, 2000). هم‌چنین، مصرف کمپوست از طریق سازوکارهای مختلف مانند تشکیل کلات، فراهمی عناصر غذایی موجود در خاک را افزایش می‌دهد (Najafi *et al.*, 2013).

۳. ۲. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر درصد پروتئین دانه

اثر عامل اصلی (کمپوست) و اثر عامل فرعی (نیتروژن) بر درصد پروتئین ذرت معنی دار بود (جدول ۳). درصد پروتئین دانه ذرت با مصرف ۲۰ تن در هکتارکمپوست افزایش معنی‌دار داشت و ۱۳ درصد نسبت به شاهد بیش‌تر بود. از طرف دیگر مصرف نیتروژن نیز باعث افزایش درصد پروتئین دانه شد و این صفت را ۱۲/٤۵ درصد افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد، داد (جدول ٤). نتایج پژوهش‌های پژوهش‌گران نشان می‌دهد که درصد پروتئین ذرت با مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (Cox & Chereney, 2001).

هم‌چنین گزارش شده است که با کاربرد کمپوست پسماند شهری، پروتئین ذرت افزایش یافته است (Lesting *et al.*, 2008). عمده نیتروژن جذب‌شده گیاه برای تولید اسیدآمینه، آمیدها و آنزیم‌ها به‌ویژه آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز مصرف می‌شود، که این آنزیم‌ها نقش مهمی در فتوسنتز دارند. زمانی‌که نیتروژن بیش از نیاز گیاه برای تولید باشد، درصد پروتئین در اثر افزایش مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (Sarmadnia & Koocheki, 2001; Karasu *et al.*, 2009).

۳. ۳. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر خصوصیات شیمیایی خاک

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری بر درصد کربن آلی خاک، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، محتوای نیترات، آهن و روی خاک معنی‌دار است. هم‌چنین اثر نیتروژن و اثر متقابل نیتروژن و کمپوست، تنها بر صفت محتوای نیترات خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی خاک در جدول (٦) آورده شده است.

جدول۵ . خلاصه جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات شیمیایی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی	واکنش خاک	هدایت الکتریکی	نیترات	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
تکرار	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۲۹	۰/۱۷۳	۰/۵۹	۰/۰۰۷
عامل کمپوست	۲	۰/۱۳٦**	۰/۱۲۱**	٦/٤**	۹۱**	٦۰**	۲**
عامل نیتروژن	۲	۰/۰ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰٤ ns	۱۱۵**	۰/۲۰ ns	۰/۰٤۱ ns
اثر متقابل کمپوست و نیتروژن	٤	۰/۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰٤ ns	۱/۷**	۰/۰۸٤ ns	۰/۰۳۰ ns
خطا	۱۸	۰/۰	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۰٦۲	۰/۰۰٦
ضریب تغییرات	-	۳/۵	٤/۲	٤/۸	٦/۳	۸/۵	۹/٦

*، ** و ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول٦. اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر میانگین خصوصیات شیمیایی خاک

اثر اصلی کمپوست	کربن آلی (%)	واکنش خاک	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	نیترات ($mg.kg^{-1}$)	آهن قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)
C0	c۰/٤۷	b۷/٤٤	c۱/۱	c۷/٤	c۲/۹۲	c۰/۵۲
C10	b۰/٦۳	a۷/۲۳	b۲/۳	b۹/۸	b٦/۲۲	b۰/۸٦
C20	a۰/۷۷	a۷/۲٦	a۳/۲	a۱۳/۹	a۸/۷٦	a۱/۹۵
اثر فرعی نیتروژن						
N0	a۰/٦۳	a۷/۳	a۲/۱	c٦/٤	a۵/۸	a۱/۰۵
N100	a۰/٦۳	a۷/۳	a۲/۲	b۱۰/۲	a٦/۰	a۱/۱۰
N200	a۰/٦۲	a۷/۳	a۲/۲	a۱٤/٦	a٦/۱٤	a۱/۱٦

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد.

بدون مصرف کمپوست (**C0**)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست (**C10**)، مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست (**C20**)

بدون مصرف نیتروژن (**N0**)، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (**N100**) ،مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (**N200**).

۳. ٤. کربن آلی خاک

نتایج نشان داد که تنها اثر عامل کمپوست پسماند روی کربن آلی خاک معنی‌دار است. با افزایش میزان مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، کربن آلی خاک نیز افزایش پیدا کرد و به ۰/۷۷ درصد رسید که نسبت به شاهد ٦٤ درصد افزایش معنی‌دار داشت (جدول ٦). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج سایر پژوهش‌گران مطابقت داشت (Maho, 2000). افزایش میزان کربن آلی خاک به محتوای ماده آلی کمپوست پسماند شهری به‌عنوان به‌ساز خاک باز می‌گردد (Montemurro *et al*., 2006)

۳. ٥. واکنش خاک

مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، باعث کاهش ۲/۷ درصدی pH خاک نسبت به شاهد شد (جدول ٦). این نتیجه مطابق با نتایج به‌دست‌آمده توسط سایر پژوهش‌گران است. بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده در دنیا حاکی از کاهش pH خاک در اثر مصرف کمپوست زباله شهری در اراضی کشاورزی است (Mkhabela & Warman, 2005; Zhang *et al*., 2006). اسیدهای آلی موجود در کمپوست پسماند شهری موجب کاهش pH خاک می‌شوند (Seilsepour, 2019).

۳. ٦. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر هدایت الکتریکی خاک

مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، هدایت الکتریکی خاک را به میزان ۱۹۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ٦). نتایج یک پژوهش اجمالی بر انواع کمپوست پسماند شهری تولیدشده در آمریکا نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی کمپوست بسیار بیش‌تر از هدایت الکتریکی خاک‌های کشاورزی است و کاربرد کمپوست در خاک می‌تواند به‌طور مؤثری هدایت الکتریکی خاک را افزایش دهد (Zheljakov *et al*., 2006; Shanmugam *et al*., 2004). دلیل افزایش میزان شوری در اثر مصرف کمپوست به عوامل گوناگون بستگی دارد، از جمله می‌توان به افزایش میزان سدیم و کلر در خاک و افزایش حلالیت عناصر اشاره نمود (He *et al*., 2007). سایر یافته‌های پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص کاربرد کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه‌فرنگی و ویژگی‌های شیمیایی خاک مؤید افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری بوده است (Giannakis *et al*., 2012). با این وصف، گزارش شده است که با گذشت زمان، به‌دلیل آب‌شویی پروفیل خاک، رفته‌رفته شوری خاک به حالت عادی برمی‌گردد (Zhang *et al*., 2006).

۳. ۷. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر نیترات خاک

اثر کمپوست، اثر نیتروژن و اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر غلظت نیترات خاک معنی‌دار بود (جدول ٥). میزان نیتروژن نیتراتی خاک در اثر مصرف کمپوست سیر صعودی نشان داد. مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست، موجب شد تا غلظت نیترات خاک به ۱۳/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم برسد که مؤید ۸۷/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بود. مصرف سطوح مختلف نیتروژن نیز باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیترات خاک شد و با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، غلظت نیتروژن به عدد ١٤/٦ رسید که مؤید ۱۲۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بود.

بیش‌ترین میزان نیترات نیز به میزان ۱۸/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک نیز از مصرف ۲۰ تن کمپوست زباله همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (جدول ٦). یافته‌های پژوهش‌ها، مؤید این مطلب است

که افزودن کمپوست پسماند شهری به خاک موجب افزایش غلظت نیترات خاک می‌شود. این موضوع به محتوای نیترات موجود در کمپوست پسماند شهری، افزایش معدنی‌شدن نیتروژن و افزایش فعالیت میکروارگانیسم های نیتراتساز باز می‌گردد (He *et al*., 2007; Sullivan *et al*., 2013).

۳. ۸. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر غلظت آهن و روی قابل جذب خاک

اثر کمپوست بر غلظت آهن و روی قابل جذب خاک معنی‌دار بود (جدول۵). با افزایش میزان کمپوست پسماند شهری، غلظت آهن خاک افزایش یافت و به ۸/۷٦ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک رسید که نشان‌دهنده ۲۰۰ درصد افزایش نسبت به شاهد بود. هم‌چنین، با افزایش میزان کمپوست پسماند شهری، غلظت روی خاک افزایش یافت و به ۱/۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک رسید که نشان‌دهنده ۲۷۵ درصد افزایش نسبت به شاهد بود (جدول٦). نتایج مطالعات در خصوص مصرف کمپوست و اثر آن بر غلظت فرم قابل جذب آهن و روی در خاک نشان می‌دهد که به‌دلیل وجود ترکیبات کلات‌کننده در ترکیب کمپوست پسماند شهری، غلظت آهن و روی در خاک افزایش چشمگیری می‌یابد که بیش‌ترین تأثیر از مصرف ۵۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در یک خاک رسی به‌دست آمده است (Zhang *et al*., 2006). از طرف دیگر کاهش pH خاک نیز نقش مهمی در افزایش قابلیت جذب آهن و روی خاک دارد (Zheljazkov & Warman, 2004). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز مؤید افزایش غلظت آهن قابل جذب خاک و روی قابل جذب خاک (Walter *et al*., 2006) با مصرف کمپوست پسماند شهری بوده است (Gallardo-Lara *et al*., 2006).

۳. ۹. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش نشان داد که اثر کمپوست پسماند شهری بر جرم ویژه ظاهری خاک، ظرفیت زراعی و آب قابل‌استفاده خاک معنی‌دار است (جدول ۷). مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی خاک در جدول (۸) آورده شده است.

۳. ۱۰. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر جرم ویژه ظاهری خاک

اثر کمپوست بر جرم ویژه ظاهری خاک معنی‌دار بود (جدول ۷). در اثر مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، جرم ویژه ظاهری خاک کاهش یافت و از ۱/۷۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب در شاهد به ۱/۳۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب رسید که مؤید ۲۲ درصد کاهش بود. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز حاکی از کاهش جرم ویژه ظاهری خاک در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری است (Soumare *et al*., 2003a). کاربرد کمپوست پسماند شهری به‌عنوان یک ماده آلی موجب افزایش فعالیت ریشه و ماکروفون خاک از جمله کرم های خاکی شده که در نهایت موجب افزایش تخلخل خاک و کاهش جرم ویژه ظاهری خاک می‌شئد (Soumare *et al*., 2003b).

۳. ۱۱. اثر کاربرد کمپوست پسماند و نیتروژن بر ظرفیت زراعی و ظرفیت آب قابل استفاده خاک

اثر کمپوست پسماند شهری بر ظرفیت زراعی خاک معنی‌دار شد (جدول ۷). در اثر مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ تن در هکتار، ظرفیت زراعی خاک کاهش یافت و از ۱۹/٤ درصد وزنی به ۲٤/۸ درصد وزنی رسید که مؤید ۲۷/۸ درصد وزنی افزایش بود (جدول ۸). اثر عامل کمپوست بر ظرفیت

آب قابل استفاده معنی‌دار شد. در اثر مصرف کمپوست، ظرفیت آب قابل استفاده خاک افزایش نشان داد و از ۹/٤ درصد وزنی در شاهد به ١٤/٨ درصد وزنی در تیمار مصرف ۲۰ تن کمپوست پسماند رسید که مؤید ٥٧/٤ درصد افزایش بود (جدول ۸). نتایج سایر مطالعات پژوهش‌گران نیز نشان‌دهنده افزایش ظرفیت مزرعه‌ای خاک با مصرف زباله شهری بوده است (Maho *et al.*, 2000). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که مواد آلی موجود در کمپوست پسماند شهری می‌توانند چندین برابر وزن خود آب جذب نمایند و موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شوند (Soumare *et al.*, 2003a). کمپوست شهری ظرفیت نگهداری آب زیادی دارد که ویژگی مهمی برای خاک به‌شمار می‌رود. به‌علاوه، کاربرد ۳۰ تا ٦۰ تن در هکتار کمپوست به‌علت داشتن مواد آلی و کلسیم بالا، استقامت خاکدانه‌ها را افزایش داده و از طریق ایجاد پل کاتیونی بین ذرات رس به حفظ ساختار خاک کمک می‌کند (Annabi *et al.*, 2007).

جدول ۷. خلاصه جدول تجزیه واریانس(میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	جرم ویژه ظاهری	ظرفیت زراعی	آب قابل ستفاده
تکرار	۳	۰/۰۰۹	٥/۷۷۸	٥/۷۷۸
عامل کمپوست	۲	۰/۳۷٤**	٦۷/۰۲۸**	٦۷/۰۲۸**
عامل نیتروژن	۲	۰/۰۰۳ns	۰/٥۸۳ns	٥۸۳ns
اثر متقابل کمپوست و نیتروژن	٤	۰/۰۰٤ns	۰/۹۸٦ns	۰/۹۸٦ns
خطا کل	۱۸	۰/۰۰٦	۰/٤۲۱	۰/٤۲۱
ضریب تغییرات	-	٤/۹	۲/۹	٥/۲

*، ** و ns: معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۸. اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری و نیتروژن بر میانگین برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

اثر اصلی کمپوست	جرم ویژه ظاهری ($g.cm^{-3}$)	ظرفیت زراعی (%W)	ظرفیت آب قابل استفاده (%W)
C0	۱/۷۸ c	۱۹/٤ c	۹/٤ c
C10	۱/٥۷ b	۲۲/۸ b	۱۲/۹ b
C20	۱/۳۸ a	۲٤/۸ a	١٤/۸ a
اثر فرعی نیتروژن			
N0	۱/٥٦ a	۲۲/۱ a	۱۲/۱ a
N100	۱/٥۷ a	۲۲/٦ a	۱۲/۷ a
N200	۱/٦۰ a	۲۲/۳ a	۱۲/۳ a

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد.

بدون مصرف کمپوست (C0)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست (C10)، مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست (C20)

بدون مصرف نیتروژن (N0)، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N100)، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N200).

٤. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری به‌همراه ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره می‌تواند حداکثر علوفه خشک ذرت را تولید نماید. این موضوع به افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی و ارتقای ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری باز می‌گردد.

٥. تشکر و قدردانی

داده‌های این پژوهش، بخش از نتایج پروژه تحقیقاتی "بررسی و تعیین اثرات کمپوست زباله و نیتروژن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای" است که بدین‌وسیله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (www.areeo.ir)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب (www.swri.ir) و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (www.tehran. areeo.ac.ir)، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٧. منابع

Aggelides, S.M., & Londra, P.A. (2000). Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, 71, 253-259.

Aliehyaie, M & Behbahani Zadeh, A.A. (1992). *Methods of chemical analysis of soil and water* (Vol. I). Ministry of Agriculture Jihad. Soil and Water Research Institute. Publication No. 893

Angin, I., Aslantas, R., Kose, M., Karakurt, H., & Ozkan, G. (2012). Changes in chemical properties of soil and sour cherry as a result of sewage sludge application. *Horticultural Science*. 39(2), 61–66.

Annabi, M., Houot, S., & Francou, C. (2007). Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of American Journal*. 71 و 413-423.

Anonymous. (2010). *Compost, physical and chemical properties*. National Standard of Iran No. 10716, Iranian Institute of Standards and Industrial Research, Karaj, Iran

Astaraei, A. (2006). Effect of municipal solid waste compost & vermicompost on yield & yield components of *Plantago Ovata*. Iran. *Journal of Medicinal & Aromatic Plants*, 3, 180-187.

Avis, T.J., Grave, V., Antoun, H., & Tweddell, R.J. (2008). Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. *Soil Biology & Biochemistry*, 40, 1733-1740.

Azam Shah, S., Mahmood Shah, S., Mohammad, W., Shafi, M., & Nawaz. H. (2009). N uptake and yield of wheat as influenced by integrated use of organic & mineral nitrogen. *International Jounal of Plant Production*, 3 (3) و 45-56.

Beigi, R. O., & Hejazi, M. (2004). Essential oil and composition of satureja hotrtensis of two different regions. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 7(2), 66-68.

Cox, W.J., & Cherney, D.J. (2001). Row spacing, plant density and nitrogen effects on corn silage. *Journal of Agronomy*, 93, 597- 607.

Eghball, B., Wienhold, B., & Gilley, J. (2001). Comprehensive manur management for improved nutrient utilization and environment quality. *Soil and Water Conservation Research*, 1, 128–135.

Emami, A. (1996). *Methods of plant analysis*. Soil and Water Research Institute Press, Iran. pp. 982.

Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88, 97-185.

Farshi, A.A., Shariati, M.R., Jarollahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabifar, M., & Tavallaei, M.M. (1997). *An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran*. Vol 1: Field Crops. Publication of Amoozeshe keshavarzi Press. (In Persian).

Fowler, B.D., Brydon, J., & Baker, R.J. (1989). Nitrogen fertilization of no till winter wheat and rye. II: Influence of grain protein. *Agronomy Journal*, 81,72-77.

Gallardo-Lara, F., Azcon, M., & Polo, A. (2006). Phytoavailability & fractions of iron & manganese in calcareous soil amended with composted urban waste. *Journal of Environmental Science and Health*, 41, 1187–1201.

Giannakis, G.V., Kourgialas, N.N., & Paranychianakis, N.V. (2012). Effects of municipal solid waste compost on soil properties and vegetables growth. M.Sc. thesis. School of Environmental Engineering, Technical University of Crete, Greece.

Hargreaves, J.C., Adl, M.S., & Warman, P.R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste inagriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(1-3), 1-14.

He, X., Logan, T., & Traina, S. (2007). Physical and Chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste compost. *Journal of Environment Quality*, 24, 543-552.

Karasu, A., Oz, M., Bayram, G., & Turgut, I. (2009). The effect nitrogen levels on forage yield & some attributes in some hybrid corn (*Zea mays indentata* Sturt) cultivars sown as second crop for silage corn. *Journal of Africaian Agriculture Research*, 4, 166-177.

Lesting, A., Bovera, F., Piccolo, V., Convertini, G., & Montemurro, F. (2008). Effects of compost organic amendments on chemical composition & in vitro digestibility of alfalfa. *Journal of Italian Animal Science*, 8, 201-209.

Maho, M., Rosen, C., & Halbach, T. (2000). Nitrogen availability & leaching from soil amended with municipal solid waste compost. *Journal of Environment Quality*, 28, 1074–1082.

Malakouti, M. J., & Ghaibi, M. N. (2004). *Principles of proper nutrition of corn, optimization of fertilizer consumption step towards self-sufficiency in corn production in the country, collection of articles*. Sana Publications. Tehran. Iran.

Marinari, S.G., Masci&aro, B., & Ceccanti, S. (2000). Influence of organic & mineral fertilizers on soil biophysical properties. *Bio-Resource Technology*, 72, 9-17.

Memari, A. (2004). *The effect different levels of municipal solid waste compost on yield, growth and mineral nutrition of some important crop plants and soil in Tehran region*. M.Sc. thesis Faculty of Agriculture, Abourihan University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Mkhabela, M., & Warman, P.R. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability & uptake by two vegetable crops, grown in a Pugwash in loam soil in Nova Scotia.Agric. *Ecosyst. Environ*ment. 106, 57–67.

Mollafilabi, A., Rashed, M. H., Moodi, H., & Kafi, M. (2010). Effect of plant density & nitrogen on yield & yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Acta Horticulturae*, 85, 115–126.

Montemurro, F., Maiorana, M., Convertini, G., & Ferri, D. (2006). Compost organic amendments in fodder crops: effects on yield, nitrogen utilization and soil characteristics. *Compost Science and Utilization*, 14 (2), 114–123.

Mutegi, E. M., Biu Kung, J., & Muna, M. (2012). Complementary effects of organic & mineral fertilizers on maize production in the smallholder farms of Meru South District, *Kenya. Agricultural Sciences*, 3 (2), 221-229.

Najafi, N., & Mohammadnejad, A. (2016). Differential Concentrations of some Nutrient Element in Forage of Corn (*Zea mays* L.) as Affected by Organic Fertilizers and Soil Compaction. *Journal of crop ecophysiology*, 9(4),561-582.

Oktem, A., Oktem, A.G., & Emeklierc, H.Y. (2010). Effect of nitrogen on yield & some quality parameters of sweet corn. *Soil Science and Plant Analysis Journal*, 41, 832–847.

Roberts, T. L. (2008). Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 177–182.

Sarmadnia, G.H., & Koocheki, A. (2003). *Crop Physiology*. Jihad Danshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. 234 pp. (In Persian)

Seilsepour, M. (2017). Field Evaluation of municipal solid waste compost & nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of varamin cotton cultivar. *Iranian Cotton Research Journal*, 6 (2), 95–116.

Shakarami, M., Marufi, S., Rahimi, Gh., & Dashti, F. (2015). Effect of sewage and compost on the transfer of some heavy metals in soil profiles. *Journal of Water Research in Agriculture*, 29(1), 75-86. (In Persian).

Shanmugam, G.S., & Warman, P.R. (2004). *Soil and plant response to organic amendments to three strawberry cultivars*. In: Martin-Neto, L., Milori, D., daSilva, W. (Eds.), Proceedings of the International Humic Substances Society. Embrapa (Pub.), Sao Pedro, pp. 230–232.

Soumare, M., Tack, G., & Verloo, M. G. (2003a). Effects of a municipal solid waste compost & mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresource technology. *Bioresource technology*, 86,15-20.

Soumare, M., Tack, S., & Verloo, M. (2003b). Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for application. *Waste Management*, 23, 517–522.

Sullivan, D. M., Bary, A. I., Thomas, D. R., Fransen, S. C., & Cogger, C. G. (2002). Food waste compost effect on fertilizer nitrogen effectively, available nitrogen and and tall fescue yield. *Soil Science Society of American Journal*, 66, 154–161.

Sumner, M.E. (2000) Beneficial use of effluents, wastes, and biosolids. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31, 1701–1715.

Vaca, R., Lugo, J., Martinez, R., Esteller, M. V., & Zavaleta, H. (2011). Effects of sewage sludge and sewage sludge compost amendment on soil properties and *Zea mays* L. plants (Heavy metals, quality and productivity). Revista internacional de contaminación ambiental, 27(4), 303–311.

Walter, I., & Martinez, F. Cuevas, (2006). Plant and responses to the application of composted MSW in a degraded, semiarid shrubl& in central Spain. Compost Sci. Util. 14(2), 147–154.

Yongjie, W., & Yangsheng, L. (2005). Effects of sewage sludge compost application on crops and cropl& in a 3-year field study. *Chemosphere*, 59, 1257–1265.

Zhang, M., Heaney, D., & Henriquez, B. (2006). A four year study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Science and Utiizationl*, 14(1), 68–80.

Zhao, R. F., Chen, X. P., Zhang, F. S., Zhang, H., Schroder, J., & Romheld, V. (2007). Fertilization & nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. *Agronomy Journal*, 98, 935-945.

Zheljakov, V., Astatkie, T., Caldwell, C.D., MacLeod, J., & Grimmett, M. (2006). Compost, manure, and gypsum application to timothy/red clover forge. *Jounal of Environent Quaityl*, 35, 2410-2418.

Zheljazkov, V., & Warman, P.R., (2004). Source-separated municipal soil waste compost application to Swiss chard and basil. *Jounal of Environent Quaityl*, 33, 542–552.