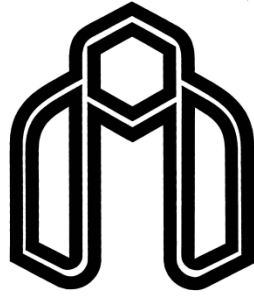


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

تأثیر مصرف کمپوست زباله شهری بر غلظت برخی عناصر کم مصرف و
پرمصرف در خاک و گیاه برنج

مهرداد رنجبر

استاد راهنما:

دکتر هادی قربانی

دکتر مهدی قاجار سپانلو

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۴

این دفتر

تقدیم به محضر بانوی بی‌نشان،

حضرت مادر ...

مشکر و قدردانی

شنای بی پایان ذات اقدس، سیکرانی را که آفرینش را دست مایه زیستن قرار داد و زیستن را موقوف آموختن.

حال که به لطف قلم صنع آورش این پژوهش به پایان رسید بر خود لازم می دانم از تمامی بزرگان و بزرگ اندیشانی که به نوعی از الطاف وجودیشان بهره برده ام نهایت مشکر و قدردانی را داشته باشم.

این پژوهش اگر سامانی یافته، در سایه بهره گیری از دانش و راهنمایی خردمندان استاد رحمت، جناب آقای دکتر مهدی قربانی بوده است. همواره پاسنگزار ایشان و قدرشناس راهبری پیش برنده و همراهی عالمانه شان خواهم بود.

استاد رحمت، جناب آقای دکتر مهدی قاجار سپانلو را سپاس می گویم که علاوه بر آموختن نکته های ماندگار از محضر ایشان در مدت ساگرودی، افتخار بربیانی از نظرت فاضلان ایشان را به عنوان استاد راهنما داشته ام.

هم چنین کمال اتنان خویش را تقدیم اساتید فریخته داور می دارم که متذکر نکاتی ارزشمند در جهت تقویت اثر خواهند بود. هر چند نهایت سپاس من در این گفتار، حکم چیدنی را دارم به قدر تشنگی برای کسی که او را توان کشیدن آب دریا نیست.

از مسئولان محترم آزمایشگاه خاکشناسی آقایان مهندس بحر العلومی، فیروزی و مومنی نهایت تقدیر و مشکر را دارم.

از دوست، برادر و بزرگ تر خودم جناب آقای مهندس صادقی نژاد به خاطر همراهی صمیمانه مشکر می کنم.

در نهایت از خانواده محترم و سروار شنایم به خاطر همه صبوری ها و بزرگواریشان کمال سپاس و مشکر را دارم.

و از خداوند بزرگ که در راه آموختنم پیش برد و مجال اندیشیدن و نوشتنم داد به آرزوی خواهم، عنایت خویش را برای کارهای دیگر و بهتر شامل عالم فرماید.

چکیده:

با توجه 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. استفاده از کمپوست باعث کاهش نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی می‌شود، که خود اثرات مفید زیست محیطی را به همراه دارد. به منظور بررسی تأثیر مصرف مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری به طور جداگانه و همراه با کود شیمیایی بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و اندام‌های گیاهی برنج آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون مصرف هیچ گونه کود)، کود شیمیایی (بر اساس آزمون خاک)، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار ساده و ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست همراه با مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد کود شیمیایی می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کمپوست اثر معنی‌دار بر غلظت عناصر N، P و K خاک و دانه برنج، K برگ و عناصر کم‌مصرف (Cu، Mn، Fe) و Zn) قابل جذب خاک، برگ و دانه برنج داشته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری همراه با ۷۵٪ کود شیمیایی به ترتیب با افزایش ۷۳/۶۸، ۲۳۰/۹۹، ۳۰/۷۴، ۳۷/۲۵، ۱۶/۸۳، ۶۱/۹۰ و ۱۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشترین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و دانه و نیز پتاسیم برگ را دارا می‌باشد. بیشترین غلظت عناصر آهن، منگنز و مس خاک با مصرف ۴۵ تن کمپوست به ترتیب با ۶۴/۶۲، ۵۱/۳۰ و ۱۴۲/۷۸ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد بدست آمد، همچنین بیشترین غلظت عنصر روی خاک با ۲۶۴/۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی می‌باشد. تیمار ۴۵ تن کمپوست به ترتیب با افزایش ۸۱/۱۶، ۱۰۳/۳، ۴۸/۰۶، ۲۶، ۲۳۳/۷ و ۱۴/۱۹ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد بیشترین غلظت عناصر منگنز، مس و روی برگ و دانه را دارا می‌باشد. مصرف ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵ و ۷۵ درصد کود شیمیایی با ۷۰/۳۳ و ۸۷/۸۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب بیشترین غلظت عنصر آهن در برگ و دانه را نشان داد.

کلمات کلیدی: کمپوست زباله شهری، عناصر غذایی، کود شیمیایی، برنج

فهرست مطالب

صفحه

عناوین

فصل اول - مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲-۱- حاصلخیزی خاک و کودها	۴
۲-۲-۱- کودهای شیمیایی	۵
۳-۲-۱- مصرف تلفیقی کود آلی و کود شیمیایی	۵
۴-۲-۱- تعریف کودهای آلی	۶
۵-۲-۱- اثر کودهای آلی	۷
۳-۱- تعریف کمپوست	۸
۱-۳-۱- کمپوست زباله شهری	۹
۲-۳-۱- مواد مورد استفاده در کمپوست زباله شهری	۱۰
۳-۳-۱- رعایت حد مجاز فلزات سنگین	۱۰
۴-۳-۱- کیفیت کمپوست زباله شهری	۱۰
۵-۳-۱- ویژگی‌های کمپوست استاندارد	۱۱
۴-۱- برنج	۱۲
۱-۴-۱- مبدا و تاریخچه کشت برنج	۱۲
۲-۴-۱- شرایط اقلیمی کشت برنج	۱۲
۳-۴-۱- سطح زیر کشت برنج	۱۲
۴-۴-۱- ارزش غذایی برنج	۱۳

۱-۴-۵- کیفیت برنج ۱۳

۱-۵- اهداف تحقیق ۱۴

فصل دوم – سابقه پژوهش

۲-۱- فواید کمپوست زباله شهری ۱۶

۲-۱-۱- تأثیر کمپوست زباله شهری بر اسیدیته خاک ۱۶

۲-۱-۲- تأثیر کمپوست زباله شهری بر هدایت الکتریکی خاک ۱۷

۲-۱-۳- تأثیر کمپوست زباله شهری بر درصد کربن آلی خاک ۱۸

۲-۲- تأثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف خاک ۱۹

۲-۲-۱- نیتروژن کل خاک ۲۱

۲-۲-۲- فسفر قابل جذب خاک ۲۳

۲-۲-۳- پتاسیم قابل جذب خاک ۲۵

۲-۳- تأثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم مصرف خاک ۲۷

۲-۴- تأثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف گیاه ۲۸

۲-۴-۱- نیتروژن گیاه ۳۰

۲-۴-۲- فسفر گیاه ۳۲

۲-۴-۳- پتاسیم گیاه ۳۳

۲-۵- تأثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم مصرف گیاه ۳۴

فصل سوم – مواد و روش‌ها

۳-۱- عملیات اجرایی ۳۸

۳-۱-۱- زمان و موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۳۸

- ۳۸-۱-۳-۲ طرح مورد استفاده و تیمارهای آزمایش ۳۸
- ۳۸-۱-۳-۳ کشت نشا برنج و نمونه برداری از خاک و گیاه ۳۸
- ۳۹-۱-۳-۴ رقم برنج مورد استفاده ۳۹
- ۴۰-۲-۳-۲ اندازه گیری خصوصیات شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری ۴۰
- ۴۰-۱-۲-۳-۱ اندازه گیری اسیدیته و هدایت الکتریکی ۴۰
- ۴۰-۲-۲-۳-۲ اندازه گیری کربن آلی ۴۰
- ۴۰-۳-۲-۳-۳ اندازه گیری نیتروژن خاک به روش کجدال ۴۰
- ۴۰-۴-۲-۳-۴ اندازه گیری فسفر قابل جذب به روش اولسن ۴۰
- ۴۱-۵-۲-۳-۵ اندازه گیری پتاسیم قابل جذب خاک ۴۱
- ۴۱-۶-۲-۳-۶ اندازه گیری عناصر کم مصرف خاک ۴۱
- ۴۱-۳-۳-۳-۳ اندازه گیری عناصر پرمصرف و کم مصرف گیاه و کمپوست زباله شهری ۴۱
- ۴۲-۱-۳-۳-۱-۱ اندازه گیری نیتروژن گیاه و کمپوست زباله شهری ۴۲
- ۴۲-۲-۳-۳-۲-۲ اندازه گیری فسفر گیاه و کمپوست زباله شهری ۴۲
- ۴۲-۳-۳-۳-۳-۳ اندازه گیری پتاسیم گیاه و کمپوست زباله شهری ۴۲
- ۴۲-۴-۳-۳-۴-۴ اندازه گیری عناصر کم مصرف گیاه و کمپوست زباله شهری ۴۲
- ۴۳-۴-۳-۴-۴-۴ اندازه گیری بافت خاک ۴۳
- ۴۳-۵-۳-۵-۵-۵ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری ۴۳
- ۴۳-۶-۳-۶-۶-۶ تجزیه و تحلیل آماری ۴۳

فصل چهارم - نتایج و بحث

- ۴۴-۱-۴-۱-۴ تأثیر تیمارها بر درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک ۴۴

- ۴-۱-۱-۱- درصد کربن آلی ۴۶
- ۴-۱-۲- اسیدیته ۴۸
- ۴-۱-۳- هدایت الکتریکی ۴۸
- ۴-۲- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف (N، P و K) خاک ۵۰
- ۴-۲-۱- نیتروژن کل خاک ۵۱
- ۴-۲-۲- فسفر قابل جذب خاک ۵۲
- ۴-۲-۳- پتاسیم قابل جذب خاک ۵۳
- ۴-۳- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر کم مصرف (Fe، Mn، Cu و Zn) خاک ۵۵
- ۴-۳-۱- آهن قابل جذب خاک ۵۵
- ۴-۳-۲- منگنز قابل جذب خاک ۵۶
- ۴-۳-۳- مس قابل جذب خاک ۵۷
- ۴-۳-۴- روی قابل جذب خاک ۵۸
- ۴-۴- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف برگ ۶۰
- ۴-۴-۱- پتاسیم برگ ۶۰
- ۴-۵- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف دانه ۶۱
- ۴-۵-۱- نیتروژن دانه ۶۲
- ۴-۵-۲- فسفر دانه ۶۲
- ۴-۵-۳- پتاسیم دانه ۶۲
- ۴-۶- عناصر پرمصرف گیاه ۶۴
- ۴-۶-۱- نیتروژن گیاه ۶۴
- ۴-۶-۲- فسفر گیاه ۶۵

- ۶۶..... ۳-۶-۴- پتاسیم گیاه
- ۶۶..... ۷-۴- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر کم مصرف برگ
- ۶۷..... ۱-۷-۴- آهن برگ
- ۶۷..... ۲-۷-۴- منگنز برگ
- ۶۷..... ۳-۷-۴- مس برگ
- ۶۸..... ۴-۷-۴- روی برگ
- ۶۹..... ۸-۴- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر کم مصرف دانه
- ۶۹..... ۱-۸-۴- آهن دانه
- ۶۹..... ۲-۸-۴- منگنز دانه
- ۷۰..... ۳-۸-۴- مس دانه
- ۷۰..... ۴-۸-۴- روی دانه
- ۷۱..... ۹-۴- عناصر کم مصرف گیاه
- ۷۱..... ۱-۹-۴- آهن گیاه
- ۷۱..... ۲-۹-۴- منگنز گیاه
- ۷۲..... ۳-۹-۴- مس گیاه
- ۷۳..... ۴-۹-۴- روی گیاه
- ۷۴..... ۱۰-۴- نتیجه گیری
- ۷۵..... ۱۱-۴- پیشنهادات
- ۷۷..... ۱۲-۴- منابع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش و کمپوست زباله شهری مورد استفاده.....	۴۴
جدول ۴-۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک.....	۴۶
جدول ۴-۲- مقایسه میانگین درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک.....	۵۰
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی پرمصرف خاک.....	۵۰
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر پرمصرف خاک.....	۵۴
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی کم مصرف خاک.....	۵۵
جدول ۴-۶- مقایسه میانگین غلظت عناصر کم مصرف خاک.....	۵۹
جدول ۴-۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی پرمصرف برگ.....	۶۰
جدول ۴-۸- مقایسه میانگین غلظت عناصر پرمصرف برگ.....	۶۱
جدول ۴-۹- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی کم مصرف برگ.....	۶۱
جدول ۴-۱۰- مقایسه میانگین غلظت عناصر کم مصرف برگ.....	۶۳
جدول ۴-۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی پرمصرف دانه.....	۶۶
جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین غلظت عناصر پرمصرف دانه.....	۶۸
جدول ۴-۱۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر غذایی کم مصرف دانه.....	۶۹
جدول ۴-۱۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر کم مصرف دانه.....	۷۰

فصل اول

کلیات

یکی از مهمترین مشکلات خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، حاصلخیزی کم و داشتن خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی فقیر می‌باشد (کمپبل و بکت، ۱۹۸۸). همچنین خاک‌های این نواحی به دلیل داشتن شرایط خشک، جزء خاک‌های با ماده آلی کم طبقه‌بندی می‌شوند. بنابراین افزودن کودهای آلی به منظور بالا بردن سطح ماده آلی این خاک‌ها ضروری است، که می‌تواند به عنوان تامین کننده‌ی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان جهت افزایش رشد و نمو آنها و به حداقل رساندن آلودگی آب‌های زیرزمینی عمل نماید (ماهدین، ۲۰۰۹).

بدنبال افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر تقاضا برای مواد غذایی افزایش یافته است که مستلزم افزایش بهره‌وری از اراضی و یا افزایش تولید در واحد سطح است. محدودیت منابع آب و خاک به دلیل حضور اقلیم گرم و خشک در اغلب مناطق کشور، توسعه سطح زیر کشت در ایران را با مشکلات جدی مواجه ساخته است و برای تأمین نیاز غذایی انسان‌ها باید میزان تولید در واحد سطح را افزایش دهیم (زرین کفش، ۱۳۶۸). استفاده از کودهای شیمیایی یک راه حل آسان و سریع افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح می‌باشد که در سال‌های اولیه‌ی مصرف آن، میزان تولید در واحد سطح افزایش یافته که سبب افزایش میزان مصرف کودهای شیمیایی در چند سال اخیر شده است. کشاورزان نیز در کشت‌های مرسوم، به منظور بالا بردن عملکرد گیاهان از کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند (بنگت و مارتنسون، ۲۰۰۳). مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی به ویژه کودهای ازتی و فسفاتی طی چند سال اخیر، و رعایت نکردن اصول ابتدایی دانش کشاورزی که در آن حفظ تعادل عناصر غذایی گیاه در خاک الزامی می‌باشد، خساراتی جبران ناپذیر به تولید وارد کرده است. متأسفانه مصرف نادرست کودهای ازتی و فسفاتی، و منظور نکردن دیگر عناصر غذایی در ترکیبات کودی، موجب تشدید برخی از کمبودها و کاهش حاصلخیزی خاک گردیده است. در حالی که هم اکنون استفاده از کودهای شیمیایی در سطح کشور در

حد متوسط جهانی است، لیکن مقدار تولید در واحد سطح به مراتب کمتر از کشورهای توسعه یافته می- باشد. کمبود آب، آگاهی ناکافی کشاورزان در مورد نیاز کودی گیاهان، عدم عرضه‌ی به موقع انواع کودها به تناسب نیاز غذایی گیاه و عدم رعایت تعادل میان عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و از همه مهم‌تر مصرف نامتعادل کودها، از دلایل این وضع بشمار می‌آیند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). از طرف دیگر استفاده از کودهای شیمیایی سبب افزایش شوری، اسیدیته و غیرقابل جذب شدن عناصر غذایی کم‌مصرف و آبشویی عناصر غذایی پرمصرف خاک و در نتیجه آلوده شدن منابع آب و خاک گشته است (کاظمینی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین تنها راه حل عملی دستیابی به خودکفایی در محصولات کشاورزی و تهیه غذای کافی برای جمعیت به سرعت در حال رشد کشور، همان افزایش بازدهی محصولات کشاورزی در واحد سطح است که این خود، مستلزم ارتقاء سطح باروری خاک است و چون مواد آلی به علت اثر سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها دارد، یکی از ارکان باروری خاک شناخته می‌شود لذا افزایش سطح باروری خاک از طریق کاربرد کودهای آلی یکی از اصولی‌ترین روش‌های افزایش محصولات کشاورزی در واحد سطح است.

در واقع کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگر بوده و نیاز به هر دو نوع برای ایجاد شرایط مناسب جهت رشد گیاهان است. یکی از مهم‌ترین عوارض نامطلوب مصرف درازمدت و بی‌رویه کودهای شیمیایی، کاهش باروری خاک به دنبال از بین رفتن هوموس می‌باشد. آزمایش‌های پرشمار که در این مورد انجام شده نشان داده‌اند که کودهای آلی گذشته از نداشتن این عوارض نامطلوب، موجب افزایش هوموس خاک و نگهداری آن در سطحی مناسب می‌گردند. به عبارت دیگر، کودهای آلی بطور غیرمستقیم هوموس تولید می‌کنند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

منابع کودهای آلی در ایران محدود است و عمدتاً شامل کودهای حیوانی، کمپوست زباله شهری، کمپوست لجن فاضلاب، کمپوست ضایعات کارخانجات مختلف از قبیل قند و دخیانیات، ضایعات گیاهی نظیر سبوس برنج، کاه و کلش گندم و سرشاخه‌های نیشکر است (زرین کفش، ۱۳۶۸).

از طرف دیگر افزایش جمعیت، بهبود روند زندگی و افزایش موج مصرف زدگی موجب شده است تا میزان تولید زباله‌های صنعتی و شهری رو به فزونی گذارد و اثرات نگران کننده‌ی دفع غیر بهداشتی مواد زائد نظیر بیماری‌های همه‌گیر ظاهر شود (ملکوتی، ۱۳۷۹). با افزایش تقاضا برای مواد غذایی و کاهش حاصلخیزی خاک می‌توان از مواد زائد به منظور بالا بردن عملکرد محصولات کشاورزی استفاده نمود (پرورش و شاه‌منصوری، ۱۳۷۳). استفاده از این مواد زائد به عنوان یک کود آلی صرف نظر از آنکه هیچ زیان و اثر سویی در کشاورزی و امور وابسته به آن ندارد، از لحاظ اقتصادی نیز به صرفه است (ملکوتی، ۱۳۷۹). امروزه از خاکروبه‌ها و مواد زائد شهری در تهران، اصفهان و سایر شهرهای بزرگ کمپوست تهیه می‌شود (صدقی مقدم و میرزایی، ۱۳۸۷). کمپوست کردن ۷۳۰۰۰۰۰ تن زباله تولیدی در ایران، سالانه ۲ میلیون تن کود آلی کمپوست را تقدیم کشاورزان ایران خواهد کرد که در صورت دفن غیر بهداشتی آن، منابع آب و خاک و سلامتی عمومی جامعه را به خطر می‌اندازد (ملکوتی، ۱۳۷۹). کود کمپوست شده به دلیل داشتن مواد آلی فراوان دارای این قابلیت است که خاک‌های فرسوده و لم یزرع را احیا نماید. تبدیل مواد قابل بازیافت به کودهای آلی یکی از مهم‌ترین راه‌های مقابله با پتانسیل آلوده کنندگی آنها و بازگرداندن این مواد زائد به چرخه طبیعت است. (صدقی مقدم و میرزایی، ۱۳۸۷).

۱-۲-۲- حاصلخیزی خاک و کودها

حاصلخیزی خاک توصیف کننده‌ی توانایی و قابلیت خاک برای تامین شرایط رشد پایا، بهینه و مطلوب گیاه است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴). گیاهان عناصر معدنی لازم را از خاک جذب می‌نمایند،

ولی غالباً مقادیر جذب شده از خاک برای رشد بهینه گیاه کافی نمی‌باشد، به منظور جبران ضعف طبیعی خاک‌ها در تامین نیاز غذایی محصولات از کود استفاده می‌شود (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴).

۱-۲-۳- کودهای شیمیایی

در کشاورزی امروز کودها نقش مهمی در حفظ و افزایش حاصلخیزی خاک دارند. کودهای شیمیایی به دلیل تاثیر سریع و دسترسی آسان گیاه به عناصر غذایی کاربرد فراوان داشته و جایگاه مهمی در بین نهاده‌های مورد نیاز برای بهبود تولیدات کشاورزی دارند. اما مصرف کودهای شیمیایی نمی‌تواند تمامی نیازهای غذایی را فراهم کند و این کودها بیشتر سه عنصر N، P و K را برای رشد گیاه فراهم کرده و عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاه Fe، Mn، Cu و Zn را تامین نمی‌کنند (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۱). از سوی دیگر استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع علیرغم بازدهی اولیه خوبی که دارند، عملاً در دراز مدت اثرات سوئی بر جا می‌گذارند. چون کودهای شیمیایی به تخریب هر چه بیشتر ساختمان خاک، کاهش بسیار شدید در مقدار ماده‌ی آلی به دلیل نسبت C/N پایین و نهایتاً افزایش جرم مخصوص خاک‌های زراعی را سبب می‌شود. با تداوم روند افزایش کودهای شیمیایی در واحد سطح مشکل بعدی که خواه ناخواه مطرح می‌گردد، عدم رعایت تناسب عناصر غذایی در خاک و در نتیجه اثرات سو آن در گیاهان زراعی است (بای بوردی و همکاران، ۱۳۷۹). بنابراین استفاده از منابع کودهای آلی به همراه کاربرد بهینه-ای از مواد معدنی، نقش مهمی در جهت حفظ باروری، ساختمان و فعالیت‌های حیاتی خاک ایفا می‌کند. مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ایی که بر خصوصیات فیزیکی (پایداری خاکدانه‌ها)، شیمیایی (افزایش ظرفیت نگهداری عناصر) و بیولوژیکی (اکتیویته بیوماس میکروبی) دارد به عنوان رکن باروری خاک شناخته می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۲-۴- مصرف تلفیقی کود شیمیایی و کود آلی

درن و وان فنگ (۱۹۹۸) گزارش دادند که مصرف مقدار مناسب کودهای آلی همراه با کود شیمیایی علاوه بر افزایش مقدار محصول، باعث پایداری تولید برنج می‌شود. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده مداوم از ترکیب کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. مصرف کودهای آلی علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی موجب حفظ و بهبودی باروری خاک، جلوگیری از آلودگی خاک و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی ناشی از ترکیبات باقیمانده کودهای شیمیایی و جلوگیری از اشاعه بیماری‌های ناشی از مصرف آب آلوده به ترکیبات نیتروژن می‌شود. بنابراین وارد کردن تدریجی کودهای آلی یا زیستی در برنامه تغذیه برنج، ضمن صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی، باعث بهبود کارایی مصرف کودها و کاهش هزینه تولید می‌شود (درن و وان فنگ، ۱۹۹۸). در این رابطه مارتینی و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند بهترین روش برای افزایش عملکرد و افزایش بهره‌وری جایگزین نمودن کودهای آلی بخصوص کمپوست حاصل از زباله شهری و کمپوست لجن فاضلاب به جای کودهای شیمیایی و یا استفاده توأم کودهای آلی و شیمیایی در مقادیر مناسب در مزارع کشاورزی می‌باشد. با مصرف کمپوست در زمین‌های کشاورزی می‌توان نقش مهمی در تولید محصولات بر اساس اصول کشاورزی پایدار ایفا نمود. اصغر و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان نمودند استفاده توأم از کودهای شیمیایی و زائدات آلی کمپوست شده می‌تواند یک روش برای تقویت تولید محصولات باشد. کود کمپوست می‌تواند راندمان کودهای شیمیایی را بهبود ببخشد و بدینگونه استفاده آنها را کاهش دهد. استفاده توأم از کودهای آلی و غیرآلی می‌تواند تولید محصول را بهبود و سلامت و بهره‌وری خاک را تقویت کند. کاربرد ضایعات آلی به همراه کودهای شیمیایی در بهبود عملکرد محصول، pH خاک، کربن آلی، N، P و K مفید است.

۱-۲-۵- تعریف کودهای آلی

کودهای آلی به موادی گفته می‌شود که از لاشه و بقایای حیوانی و گیاهی و فضولات حیوانات و انسان و زوائد زندگی آنها به وجود آمده باشد. به طور کلی کودهای آلی شامل کود سبز، کود حیوانی، انواع کمپوست و لجن فاضلاب می‌باشد (سالار دینی، ۱۳۸۲).

مواد آلی خاک تجمعی از بقایای پوسیده و سنتز شده حیوانات و گیاهان است. چنین موادی در حال پوسیدگی فعال بوده و دائماً در معرض حمله میکروارگانیسم‌های خاک قرار دارند. در نتیجه مواد آلی خاک اغلب ناپایدارند و دائماً باید به وسیله افزودن مواد آلی آن را تجدید کرد. میزان ماده‌ی آلی در قشر سطحی یک خاک معدنی معمولاً حدود ۰/۵ تا ۰/۵٪ وزنی است اما در بعضی از خاک‌های پیت این میزان به حدود ۱۰۰٪ نیز می‌رسد. بقایای آلی به عنوان منبع غذا برای میکروارگانیسم خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندکی بعد از وارد شدن این بقایا در خاک، میکروب‌ها برای تامین مواد غذایی و انرژی خود شروع به تجزیه آنها می‌کنند.

مواد آلی غیر هوموسی شامل موادی است که یا تجزیه نشده‌اند (بافت‌های تازه) و یا تا حدی تجزیه شده‌اند. مواد غیر هوموسی شامل کربوهیدرات‌ها و ترکیبات وابسته، پروتئین‌ها و مشتقات آن، چربی‌ها، لیگنین‌ها، تانن و برخی فرآورده‌های کم پوسیده است. مواد آلی غیر هوموسی ممکن است شامل ریشه‌ها، اندام‌های هوایی گیاهان مختلف در حال پوسیدگی نیز بشود. فرآورده‌های تنزل یافته مواد غیر هوموسی با قرار گرفتن در واکنش‌های آنزیمی و شیمیایی تشکیل پلیمر جدیدی به نام هوموس می‌دهند. هوموس مخلوطی است از مواد کلونیدی و بی‌شکل قهوه‌ای یا قهوه‌ای تیره که به تجزیه میکروبی مقاوم است و از تغییر شکل بافت‌های اصلی درست شده و یا توسط میکروارگانیسم‌های خاک سنتز شده است.

حدود ۹۰٪ یا بیشتر از کل هوموس خاک از دو نوع پلیمر به نام‌های اسید هیومیک (۵۰ تا ۸۰٪) و

پلی ساکاریدها (۱۰ تا ۳۰٪) تشکیل شده است. اجزای هوموسی و غیر هوموسی ماده‌ی آلی خاک برای

محیط خاک مهم هستند. مواد غیر هوموسی اثرهای کوتاه مدت مانند تامین منابع غذایی و انرژی برای موجودات زنده و تامین حاصلخیزی طبیعی خاک را به عهده دارد. در حالی که هوموس اثرهای دراز مدتی از قبیل ایجاد ساختمان مطلوب خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تامپون pH خاک و افزایش نگهداری آب در خاک بر جای می‌گذارد (مجللی، ۱۳۷۳).

۱-۲-۶- اثر کودهای آلی بر خاک

- منبع کربن و انرژی برای میکروارگانیسم‌های خاک
- منبع عناصر غذایی برای گیاه
- پایداری و نگهداری ذرات خاک به عنوان خاکدانه و کاهش خطر فرسایش خاک
- توسعه تخلخل خاک و افزایش ظرفیت نگهداری هوا و آب و تسهیل و توسعه و رشد ریشه‌ای
- حفظ و ابقای عناصر غذایی و جلوگیری از هدر رفت آنها با افزایش تبادل کاتیونی (CEC) و ظرفیت تبادل آنیونی (AEC)
- جلوگیری از فشردگی و تراکم خاک با پایین نگه داشتن جرم مخصوص ظاهری و ممانعت از ایجاد قشرها و پوسته‌های سخت، ترک و گسل
- افزایش قابلیت خاکورزی و تغییر در خصوصیات خاک از جمله کاهش چسبندگی، افزایش نفوذپذیری و نرمی خاک
- ابقای کربن از اتمسفر و دیگر منابع
- کاهش اثرات محیطی منفی مثل اثر حشره کش‌ها، فلزات سنگین و بسیاری از آلاینده‌های دیگر
- افزایش قدرت بافری خاک و مقابله با تغییرات سریع اسیدیته خاک
- افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و کاهش رواناب (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴).

ماده‌ی آلی خاک نقش مهمی را در حفظ حاصلخیزی خاک و باروری آن ایفا می‌کند. بسیاری از خصوصیات زراعی و محیطی از جمله چرخش عناصر غذایی، نگهداری آب و زهکشی، حساسیت خاک به آلودگی، فرسایش و مقاومت محصولات زراعی به آفات و بیماری‌ها بستگی به کمیت و کیفیت خاک دارد (برونتی و همکاران، ۲۰۰۷). مواد آلی علاوه بر فراهم نمودن عناصر غذایی، اثرات مختلفی بر خصوصیات خاک به ویژه خصوصیات فیزیکی مرتبط هستند می‌گذارد (هارگریوز و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۳- تعریف کمپوست

کمپوست از کلمه composite به معنی مخلوط و مرکب گرفته شده است و نتیجه عمل جمعیت میکروبی است که مواد آلی را تجزیه کرده و به شکل پایدار و با ثبات هوموس در می‌آورد. در غیر این صورت در شرایط کنترل نشده تولید مواد نظیر دی اکسید کربن، آب، آمونیاک، نیترات و متان می‌کنند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۳-۱- کمپوست زباله شهری

امروزه حجم زیاد انواع زباله‌های شهری به خصوص در مناطق پر جمعیت 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 فرایند تبدیل مواد آلی موجود در زباله به کود آلی یا به اختصار کمپوست می‌باشد (خوشگفتارمنش و کلباسی، ۲۰۰۰). فرایند تولید کمپوست زباله شهری از یک طرف به پاکسازی محیط از آلاینده‌های شهری کمک می‌کند و از طرف دیگر به دلیل داشتن مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی به عنوان یک کود آلی در کشاورزی قابل استفاده است (خوشگفتارمنش و کلباسی، ۲۰۰۰).

کمپوست با توجه به مواد آلی فراوانی که در خود دارد، محل مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها که نقش مهمی را در بهبود ساختمان و بافت خاک ایفا می‌کنند می‌باشد. موجودات در لایه‌ی رویی خاک شروع به فعالیت کرده و مواد آلی را که در کمپوست موجود است مورد تجزیه و به مواد قابل تغذیه گیاه

تبدیل می‌کنند. کمپوست دارای تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می‌باشد و از بروز کمبود عناصر در خاک کشاورزی جلوگیری و از نفوذ آب و عناصر غذایی موجود در لایه رویی به عمق زمین‌هایی که بافت شنی دارند ممانعت کرده و مهم‌تر اینکه عناصر غذایی موجود در آن به آرامی تجزیه و باعث تقویت خاک و تامین نیاز طبیعی گیاه می‌گردد (بای بوردی و همکاران، ۱۳۷۹).

هارگریوز و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشته‌اند کاربرد کمپوست زباله شهری بر عوامل اقتصادی و محیطی همچون کاهش هزینه انتقال و دفن آن و حمایت از قوانین محیط زیست، کاهش استفاده از کودهای معدنی و بهبود خصوصیات زراعی موثر است به طوری که با مصرف کودهای آلی کمپوست می‌توان حدود ۴۲٪ ازت، ۲۱٪ فسفر و ۵۷٪ پتاسیم را در خاک‌های زراعی تامین نمود.

۱-۳-۲- مواد مورد استفاده در کمپوست زباله شهری

کمپوست زباله شهری از موادی چون کاغذ، مقوای نازک، پسماندهای کاغذ، چوب و در کل از زباله‌هایی که در زندگی روزمره شهری توسط انسان به وجود می‌آید، تولید می‌شود (افیونی و همکاران، ۱۳۷۷).

۱-۳-۳- رعایت حد مجاز فلزات سنگین در کمپوست زباله شهری

مقدار فلزات سنگین موجود در کمپوست به میزان قابل توجهی بیشتر از مقدار این عناصر در خاک- های کشاورزی است به خصوص در مورد عناصری نظیر مس، روی و سرب و در نتیجه می‌توان انتظار داشت که مصرف مکرر کمپوست بتواند باعث تجمع این عناصر در خاک و نهایتاً آلودگی خاک، گیاه، انسان و سایر موجودات زنده زنجیره غذایی در محیط گردد (دوناهو و همکاران، ۱۹۹۰). در مدیریت صحیح استفاده از کمپوست زباله شهری علاوه بر تامین غذایی مورد نیاز گیاه، باید جنبه‌های زیست محیطی و امکان آلوده شدن خاک به غلظت بالای فلزات سنگین نیز مورد توجه قرار گیرد. با عصاره‌گیری دنباله‌ای می‌توان به وضعیت عناصر خاک در اثر استفاده از کودهای آلی پی برد که به مدیریت صحیح این کودها کمک می‌کند (خدیوی بروجنی و همکاران، ۱۳۸۶).

۱-۳-۴- کیفیت کمپوست زباله شهری

زباله یک ترکیب ناهمگن است که کلیه اجزا تشکیل دهنده‌ی آن قابلیت کمپوست شدن را ندارد، وجود مواد معدنی و فلزات سنگین در کمپوست مصرف بی‌رویه آن را توصیه نمی‌کند و عدم اعمال مدیریت خاص برای مصرف آن ممکن است موجب آلودگی و شوری خاک‌ها و در نهایت سفره‌های آب زیرزمینی گردد، که این خود خطرات جبران ناپذیری به همراه دارد (هارگریوز و همکاران، ۲۰۰۸). از عوامل مهم و تعیین کننده‌ی کیفیت کمپوست، فاکتور رسیدن و کامل شدن و یا بلوغ این ترکیب می‌باشد، که می‌توان آن را به صورت درجه پایداری، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کمپوست تعریف نمود (زرعی و تاتار، ۱۳۶۷). بلوغ کمپوست در زمینه استفاده در کشاورزی و محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (هارگریوز و همکاران، ۲۰۰۸). استفاده از کمپوست نرسیده با نسبت C/N زیاد موجب غیرمتحرک شدن نیتروژن و در نتیجه بروز کمبود ازت در گیاه می‌شود (هارگریوز و همکاران، ۲۰۰۸). به عقیده عده‌ای از محققین در حال حاضر کیفیت کمپوست به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در زمینه ارزش اقتصادی و بازار پسندی این ترکیب شناخته شده است (یقطين، ۱۳۸۳). چنانچه قبلاً نیز گفته شد از اشکالاتی که کمپوست می‌تواند به مرور زمان تولید نماید، همان تجمع عناصر سنگین است و منشا این عناصر در کمپوست به طور خلاصه به قرار زیر است (دوناهو و همکاران، ۱۹۹۰):

- باطری‌های بزرگ و کوچک (جیوه، روی، مس، کروم، نیکل، کادمیوم و سرب)

- شیشه، سفال، موزائیک و چینی (کروم، کادمیوم، سرب و نیکل)

- کاغذ، پارچه و کائوچو (باریم و کروم)

جهت ایجاد سرعت مناسب تجزیه در ترکیبات آلی اولیه رها شده از آلاینده‌ها بایستی میزان رطوبت، درجه، حرارت و مقدار عناصر غذایی مورد نیاز توده‌های میکروبی در حد مناسب باشد (دوناهو و همکاران، ۱۹۹۰).

۱-۳-۵- ویژگی‌های کمپوست استاندارد

به عقیده یقطنین (۱۳۸۳) یک کمپوست مرغوب دارای شرایط زیر می‌باشد:

- محتوی میزان مناسب مواد آلی و مواد معدنی مورد نیاز گیاه باشد

- عاری از مواد مضر به ویژه فلزات سنگین باشد

- مواد خارجی آن نظیر شیشه، پلاستیک و ... جداسازی و در حداقل ممکن باشد

- از نظر ایجاد آلودگی و اشاعه بیماری‌های مختلف کنترل شده باشد.

به عبارت دیگر یک کمپوست مرغوب بایستی دارای خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، مناسب بوده و حاوی مواد غذایی، مواد آلی، هورمون‌ها و آنتی بیوتیک‌های ضروری برای رشد گیاه باشد (یقطنین، ۱۳۸۳).

۱-۴-۱- برنج

۱-۴-۱-۱- مبدا و تاریخچه کشت برنج

برنج متعلق به خانواده Poaceae (Gramineae) و قبيله Oryza می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). برنج یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که پیشینه ۷ هزار ساله دارد مبدا پیدایش آن آسیای جنوب شرقی گزارش شده است (مجنون حسینی، ۱۳۸۵). منطقه دیگری که پیدایش برنج را به آن نسبت داده‌اند آفریقا است، این دو منطقه را بایستی محل پیدایش برنج محسوب نمود (مجنون حسینی، ۱۳۸۵). زراعت برنج شاید قدیمی‌ترین زراعت در آسیا باشد، سال‌ها قبل از اینکه شواهد تاریخی از تمدن بشری وجود داشته باشد کشت آن متداول بوده است (مجنون حسینی، ۱۳۸۵). برنج یکی از مهم‌ترین غلات جهان از نظر تامین انرژی و کالری مورد نیاز بوده و از دیر باز در بسیاری از نقاط جهان به ویژه در ایران کشت شده است. تولید برنج با رشد متوسط سالیانه‌ای نزدیک به ۷ درصد همراه بوده است. از نظر تجارت جهانی نیز بیش از ۲۰ درصد گندم مازاد دنیا به بازار عرضه می‌شود، حال آنکه ۹۵ درصد تولید برنج جنبه‌ی خود مصرفی دارد و تنها ۵ درصد آن به بازار جهانی عرضه می‌شود (موسی نژاد، ۱۳۷۵).

۱-۴-۲- شرایط اقلیمی کشت برنج

این گیاه از نظر عرض جغرافیایی در ۵۳ درجه شمالی تا ۳۵ درجه جنوبی و از نظر ارتفاع تا ۲۶۰۰ متر از سطح دریا در کوه‌های هیمالیا تحت شرایط متنوع خاک (شور، قلیایی و خاک‌های پیت) و تحت شرایطی که عمق آب و رژیم‌های دمایی متفاوت است، تولید می‌شود. امروزه برنج در آسیا، آفریقا، اروپا، آمریکای شمالی و جنوبی و اقیانوسیه کشت می‌شود (پیردشتی و همکاران، ۱۳۸۲).

۱-۴-۳- سطح زیر کشت برنج

برنج در ایران به لحاظ نقشی که در الگوی مصرف و تامین غذای مورد نیاز جامعه به عهده دارد، از اهمیت خاصی برخوردار است. این محصول به دلیل پوشش دادن فعالیت ۳۵۱۰۰۰ خانوار بهره‌بردار که ۱۲/۶ درصد بهره‌بردار بخش کشاورزی را در بر می‌گیرند و نیز ایجاد اشتغالی که برای بخش‌های صنعت و خدمات در تبدیل، آماده‌سازی و توزیع آن نموده است اهمیت این محصول را روشن‌تر می‌سازد (پیردشتی و همکاران، ۱۳۸۲) سطح زیر کشت این محصول در ایران در سال ۲۰۰۷ (۱۳۸۶) حدود ۶۳۹ هزار هکتار بوده (زمانی، ۱۳۸۸) سهمی معادل ۰/۴ درصد سطح زیر کشت جهان را به خود اختصاص داده است (بابائیان، ۱۳۸۵). متوسط عملکرد شلتوک ایران در سال ۱۳۸۷ و ۵۲۲۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (زمانی، ۱۳۸۸). بر اساس نتایج آخرین آمار بیشترین سطح زیر کشت در استان مازندران (۲۳۰۰۰۰-۲۱۵۰۰۰ هکتار) که دارای مقام اول و پس از آن استان‌های گیلان، خوزستان، فارس و گلستان به ترتیب مقام‌های دوم تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند. استان‌های مازندران و گیلان جمعاً ۷۵ درصد از سطح زیر کشت و تولید شلتوک کشور را به خود اختصاص و مهم‌ترین مناطق کشت برنج به شمار می‌آیند (پیردشتی و همکاران، ۱۳۸۲).

۱-۴-۴- ارزش غذایی برنج

مواد موجود در دانه برنج عبارتند از: ۷۵ تا ۸۰ درصد کربوهیدرات (عمدتاً نشاسته)، ۷/۵ درصد مواد پروتئینی (انواع اسید آمینه)، ۲/۲ درصد چربی، ۰/۸ درصد سلولز، ۱۲ تا ۱۳ درصد آب و بقیه املاح و ویتامین‌ها (املاح عبارتند از: P، Fe، Ca، K و ...) و ویتامین‌ها شامل B₁ و B₂ برنج سریع‌الهضم و جذب بوده و بیش از ۹۵/۵ درصد پروتئین و املاح موجود در برنج جذب بدن می‌شود (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳).

۱-۴-۵- کیفیت برنج

مهمترین خاصیت فیزیکی برنج مربوط به نسبت دو جز آن یعنی آمیلوز و آمیلوپکتین است. نرمی یا سفتی برنج پس از پخت مربوط به میزان آمیلوز است و اگر مقدار آن در برنج بین ۱۵-۲۵٪ باشد نرم و خوش خوراک خواهد بود، آمیلوز کمتر از ۱۵٪ باعث نرمی زیاد و چسبندگی برنج شده و چنانچه مقدار آن بیش از ۲۵٪ باشد، برنج پس از پخت سفت می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۵). عامل دیگر در کیفیت پخت برنج درجه قوام و درجه ژلاتینی شدن آن است، مقدار زیاد آمیلوز ژلاتینی شدن نشاسته را به تاخیر می‌اندازد و بر خصوصیات پخت موثر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۵).

۱-۵- اهداف تحقیق

تعیین میزان هدایت الکتریکی، پ-هاش، درصد کربن آلی و عناصر N، P، K، Cu، Zn، Mn و Fe خاک در اثر مصرف کمپوست زباله شهری

تعیین میزان عناصر N، P، K، Cu، Zn، Mn و Fe در اندام هوایی (برگ) و دانه برنج در اثر کاربرد کمپوست زباله شهری

تعیین مناسب‌ترین تیمار جهت جایگزینی با کود شیمیایی

فصل دوم

سابقه پژوهش

۲-۱- فواید کمپوست زباله شهری

کمپوست به واسطه نقش‌های مهم از جمله تامین مواد آلی، اثر بر غلظت عناصر ریز مغذی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، اصلاح ساختمان خاک و حاصلخیزی خاک نقش بسزایی در تولید دارد (آلبرکورکو و همکاران، ۲۰۰۷). سینگر و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشته‌اند کاربرد کمپوست، مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد. همچنین کمپوست میزان اسیدیته و خواص فیزیکی از جمله جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد. کمپوست علاوه بر تاثیر مستقیم بر عملکرد از طریق آزاد کردن عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، از طریق بهبود خواص فیزیکی خاک به صورت غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد می‌شود. در ادامه به نتایج محققین دیگر راجع به اثرات کمپوست بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک اشاره خواهد شد.

۲-۱-۱- تاثیر کمپوست زباله شهری بر اسیدیته خاک

اصغری پور و رفیعی (۱۳۸۸) در بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی اظهار داشتند مصرف کمپوست مقدار pH خاک را افزایش داده است. اله دادی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود بیان نمودند در ابتدای فصل رشد ذرت علوفه‌ای کمپوست بر pH خاک تاثیر نگذاشته است و میزان pH در تمامی تیمارها یکسان بوده است، لیکن به مرور زمان و با گذشت فصل زراعی pH تیمارها افزایش یافته و مجدداً در انتهای فصل کاهش یافته است. وانچز و همکاران (۲۰۰۱) دلیل افزایش اولیه پ-هاش و قلیایی شدن خاک به نسبت مقدار کمپوست اضافه شده را به آزاد شدن یون نیترات از ماده ی آلی نسبت داده‌اند همچنین خاصیت بافری خاک در ادامه منجر به کاهش مجدد pH و بازگشت خاک به حالت تعادل می‌شود. در کل استفاده از مقادیر بالای کمپوست توانست اثر افزایشی بر pH نهایی خاک داشته باشد. آگلیداس و لوندرا (۲۰۰۰) در آزمایش خود بیان داشتند کاربرد کمپوست زباله شهری سبب افزایش pH خاک گردیده است. نژاد حسینی و آستارایی (۱۳۸۹) با مطالعه روی اثر

باقیمانده کودهای آلی (کمپوست زباله شهری و کودگاوی) بیان داشتند، اثرات باقیمانده کمپوست زباله شهری یک سال پس از مصرف موجب افزایش pH خاک گردید. اقبال و همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان داشتند با کاربرد کود کمپوست زباله شهری افزایش pH خاک تا چهار سال بعد می‌تواند ادامه داشته باشد. گیانکیس و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند افزایش شیرابه کمپوست زباله شهری مقدار پ-هاش خاک را افزایش داده است. خدیوی بروجنی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی که به مدت سه سال و تحت تاثیر کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی انجام گردید گزارش دادند اثر کمپوست بر pH خاک معنی‌دار نشده است لیکن روند کاهشی پ-هاش با افزایش سطوح و دفعات کود دهی قابل رویت است. این کاهش غیر معنی‌دار را می‌توان به pH کمپوست ($pH=7/8$) نسبت داد. لذا افزودن کمپوست اثر معنی‌دار بر پ-هاش خاک ندارد. آچیا و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه کاربرد ۵ سال متوالی کمپوست زباله شهری در خاک آهکی بیان کردند کمپوست زباله شهری توانسته میزان pH خاک را کاهش دهد. محمد و آسامنه (۲۰۰۴) بیان کردند بعد از افزودن ۱۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار pH خاک به وسیله تجزیه و معدن شدن ماده‌ی آلی که سبب افزایش سطح دی اکسید کربن خاک می‌شود از ۸/۱۵ به ۷/۲۲ کاهش یافته است.

۲-۱-۲- تأثیر کمپوست زباله شهری بر هدایت الکتریکی خاک

در تحقیقی که توسط خدیوی بروجنی و همکاران (۱۳۸۶) به مدت ۳ سال تحت تاثیر کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی انجام گردید بین مقادیر EC تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، در واقع هر کدام از سطوح کمپوست زباله شهری با افزایش دفعات کود دهی باعث افزایش معنی‌دار EC شد. نتایج فوق در مورد EC با تحقیق اله دادی و همکاران (۱۳۹۲) نیز مطابقت دارد. کورتنی و مولن (۲۰۰۸) گزارش دادند افزودن کمپوست زباله شهری سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک شده است که آنها عامل اصلی افزایش شوری خاک را افزایش مقدار سدیم و پتاسیم محلول خاک در اثر کاربرد کمپوست می

دانند. هدایت الکتریکی خاک در اثر افزایش سطوح مختلف کمپوست از ۱۰ به ۴۰ تن در هکتار افزایش یافت، به طوری که در سطح کاربرد ۱۰ تن در هکتار کمپوست، هدایت الکتریکی خاک ۱/۰۳ دسی زیمنس بر متر و در سطح کاربرد ۴۰ تن در هکتار هدایت الکتریکی خاک ۳/۱۶ دسی زیمنس بر متر بود (مجاب قصرالدشتی و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی کمپوست زباله شهری بر گیاه دارویی رزماری (*Officinalis L. (Rosmarinus)*) نشان داده شده است مصرف مقادیر بالاتر کمپوست زباله شهری EC بیشتری را در خاک نسبت به مقادیر کمتر و یا شاهد در بر دارد که دلیل آن را وجود نمک‌های محلول در کمپوست زباله شهری دانستند (کالا و همکاران، ۲۰۰۵). محققین مختلف بر این نکته تاکید می‌کنند که افزایش EC خاک در اثر کاربرد کمپوست موجب کاهش انتقال عناصر سنگین از خاک به گیاه شده و در نتیجه خطر آلودگی به این عناصر نیز کاهش می‌یابد (مورنو و همکاران، ۱۹۹۶).

۲-۱-۳ تاثیر کمپوست زباله شهری بر درصد کربن آلی خاک

افزودن کمپوست زباله شهری به خاک سبب افزایش میزان کربن آلی خاک شده است (خدوی بروجنی و همکاران، ۱۳۸۴) و (قیامتی و همکاران، ۱۳۸۸). مرجوی و جهاد اکبر (۱۳۸۱) در تحقیق خود که به بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر تناوب چهار ساله چغندر قند و خصوصیات شیمیایی خاک در رود دشت اصفهان بود بیان نمودند بیشترین درصد کربن آلی در سال اول تناوب و آخر تناوب با مصرف بیشتر کود کمپوست حاصل شده است. بررسی محققین دیگر بیان کننده‌ی این مطلب است که افزودن کمپوست زباله شهری سبب افزایش کربن آلی خاک می‌شود (اکبر نژاد و همکاران، ۱۳۹۱) و (بوزایان و همکاران، ۲۰۱۴). شریفی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی به بررسی اثر کودهای آلی بر گیاهان ذرت، یونجه و گل جعفری پرداختند که نتایج تحقیق آنها نشان داد استفاده از کودهای آلی باعث افزایش معنی- دار ماده آلی خاک در مقایسه با شاهد شده است و کمپوست زباله شهری در مقایسه با لجن فاضلاب و

کود گاوی دارای مقدار آلی بیشتری بوده که این کود سبب افزایش بیشتری در مقدار ماده آلی خاک شده است.

۲-۲- تاثیر کمپوست زباله شهری بر عناصر پر مصرف خاک

افزایش سطح ازت کل خاک با کاربرد ۵ سال متوالی کمپوست زباله شهری (آچینا و همکاران، ۲۰۰۹)، ۴ سال متوالی (رز و همکاران، ۲۰۰۶) و ۲ سال متوالی (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳) مشاهده شده است. ارهارت و همکاران (۲۰۰۵) دلیل این افزایش را آزاد سازی تدریجی نیتروژن مورد نیاز گیاه در اثر کاربرد طولانی مدت کمپوست زباله شهری می‌دانند. در این زمینه راماداس و پلنی یاردی (۲۰۰۷) نیز بیان داشتند نیتروژن موجود در کودهای آلی اغلب اثرات کمی را بر روی محصول در همان سال مصرف نشان می‌دهد و این مسئله به دلیل پیوندهای قوی در مولکول نیتروژن و ذرات آلی می‌باشد و با شکسته شدن آن غلظت نیتروژن محیط به تدریج زیاد می‌گردد، بنابراین عدم تحرک آن بعد از مصرف می‌تواند رخ دهد که منجر به غنی شدن مخزن خاک می‌گردد. رسولی و مفتون (۱۳۸۷) بیان نمودند کاربرد کمپوست نیتروژن قابل استفاده در خاک و جذب شده توسط گیاه را افزایش داده است، به طوری که می‌تواند قسمتی تا تمامی نیاز نیتروژنی برنج را تامین نماید و این موضوع با توجه به نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن در ترکیب این کود منطقی به نظر می‌رسد. ژانگ و همکاران (۲۰۰۰) بیان داشتند میزان فراهمی ازت توسط ضایعات شهری بعد از اولین سال کاربرد آن ۱۰ درصد می‌باشد و برای دومین سال بعد از کاربرد، ازت بیشتری از کمپوست آزاد می‌گردد. لوئک و همکاران (۲۰۰۴) پیشنهاد کردند که به منظور بهبود قابلیت جذب نیتروژن برای گیاه، کمپوست زباله شهری حداقل ۳ ماه قبل از کشت به خاک اضافه گردد. براهیمی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی اثر باقی‌مانده و تجمعی کودهای آلی از جمله کمپوست زباله شهری بر خاک و گندم پرداختند، آنها ذکر کردند غلظت کل نیتروژن در خاک با تکرار کود دهی (اثر

تجمعی) افزایش یافت. بکر و همکاران (۱۹۹۴) بیان کردند که ماده آلی مانند یک کود ازته کندرها عمل می‌کند و متناسب با تقاضای گیاه ازت از ماده آلی عرضه می‌گردد که باعث ازدیاد محصول می‌شود.

کمپوست حاصل از زباله‌های شهری حاوی مقادیر فراوانی عناصر معدنی است از مهم‌ترین آنها می‌توان به N، P و K اشاره کرد (کاظمینی و همکاران، ۱۳۸۷). گیانکیس و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی که جهت بررسی تاثیر شیرابه کمپوست زباله بر خصوصیات خاک و گیاه گوجه‌فرنگی انجام گرفت اظهار داشتند کاربرد شیرابه کمپوست اثر معنی‌دار بر N، P و K داشته است. بررسی رسولی و مفتون (۱۳۸۷) نشان می‌دهد مصرف کمپوست سبب افزایش میانگین غلظت فسفر و پتاسیم نسبت به تیمار شاهد گردید، دلیل افزایش میزان فسفر را می‌توان به غلظت بالای این عنصر در کود و معدنی شدن آن نسبت داد. مطالعات تاثیر کمپوست زباله شهری به عنوان منبع فسفر جهت غلبه بر ظرفیت تثبیت در خاک نشان داد که کمپوست موجب کاهش فرآیندهای تثبیت در خاک شده و غلظت فسفر بافت گیاه را افزایش داده است (ایگلسیاس جیمز و آوارز، ۱۹۹۳). در تحقیق سوماره و همکاران (۲۰۰۳) که به منظور بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر گیاه چاودار انجام شد، بیان گردید کمپوست میزان فسفر قابل دسترس و پتاسیم خاک را افزایش داده است بنابراین کمپوست می‌تواند تامین کننده‌ی عناصر غذایی موردنیاز گیاه باشد. باتاچاری و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان نمودند مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش حاصلخیزی خاک می‌گردد. وارمن و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند مصرف مکرر کمپوست زباله شهری اثری معنی‌دار بر میزان P و K خاک داشته است. آنها بیان داشتند با کاربرد سه مقدار مختلف کمپوست زباله شهری در سه منطقه مختلف سطح فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک با افزایش مقدار مصرف کمپوست بعد از ۴ سال متوالی نسبت به شاهد افزایش یافته است. سیلیسپور و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند مصرف کمپوست همراه با کود شیمیایی به ویژه کود فسفره سبب بالا رفتن غلظت فسفر خاک می‌شود، که آن را می‌توان به کمپلکس شدن فسفر با ماده‌ی آلی و جلوگیری از تثبیت آن نسبت داد. در این رابطه سالار دینی (۱۳۸۲)

اظهار داشت پوسیدگی مواد آلی در خاک تولید اسیدهای کمپلکس کننده‌ای مانند سیترات، اکسلات، تارتارات و ... می‌کند که قادرند با Fe و Al ترکیب شده و مانع رسیدن آنها به فسفات و رسوب آن شود. ساها و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان داشتند حرکت فسفر در خاک بستگی زیادی به شرایط زنده و غیرزنده خاک دارد و آنزیم‌های مسئول معدنی شدن فسفر ممکن است از میکروارگانیسم‌های موجود در خاک، ریشه گیاهان و یا از منابع کودهای آلی بدست آیند. بورکار و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند کاربردهای کودهای آلی باعث کاهش تثبیت فسفر در خاک و افزایش فعالیت میکروبی خاک گردید که در نهایت قابلیت دسترسی فسفر برای گیاهان را افزایش می‌دهد. وبر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله شهری علاوه بر بهبود بخشیدن خواص فیزیکی خاک که مربوط به افزایش کربن آلی خاک بود، سبب افزایش قابل توجه مقادیر قابل جذب فسفر، پتاسیم در طول دوره تحقیق (۳ سال) شد. حتی در سال سوم بعد از کاربرد کمپوست، مقدار پتاسیم قابل جذب گیاه بیش از سه برابر تیمار شاهد بود. مارکوتی و همکاران (۲۰۰۱) دلیل اثرات مثبت استفاده از کمپوست زباله شهری بر عملکرد جو را وجود مواد آلی و عناصر پرمصرف موجود در آن گزارش دادند. به طور کلی کودهای آلی خصوصاً کمپوست زباله شهری و دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به عنوان منابع غنی عناصر غذایی خصوصاً N، P و K آنها را به مرور زمان در اختیار گیاه قرار دهند (مولدس و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۱-۲ نیتروژن

خاک به عنوان مخازن بزرگی برای نگهداری ازت در زمین است (سالاردینی، ۱۳۸۲). ازت در خاک به سه صورت عنصری، معدنی و آلی یافت می‌شود. گرچه ازت عنصری به گونه گاز در هوای خاک وجود دارد، لیکن چون بطور مستقیم قابل استفاده گیاهان نمی‌باشد، از نظر حاصلخیزی از اهمیت چندانی برخوردار نیست. ازت معدنی خاک بصورت‌های اکسید نیترو، اکسید نیتریک، دی اکسید ازت، آمونیاک، آمونیوم

نیتريت و نیترات است. چهارترکیب اول گازی بوده و در زندگی گیاه موثر نمی‌باشند، ولی سه ترکیب بعدی از نظر تغذیه گیاهی اهمیت فراوانی دارند. همچنین بیش از ۹۵ درصد ازت خاک به شکل آلی است، که این ازت آلی به هر شکلی در خاک موجود باشد، می‌تواند با کمک موجودات ذره بینی مقدار قابل توجهی از ازت را برای رشد و نمو گیاه عرضه کند. به عبارت دیگر مواد آلی به منزله انباری برای این عنصر حیاتی گیاه به شمار می‌آیند. ازت در خاک بخصوص در لایه سطحی بیشتر بصورت ترکیبات آلی رابطه نزدیکی دارد. مواد آلی خاک به عنوان منبع اصلی ازت برای گیاهان به شمار می‌آیند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

دامنه تغییرات غلظت ازت در کمپوست‌های ضایعات شهری بعنوان یکی از کودهای آلی رایج امروزی، بین ۳۵-۵ گرم بر کیلوگرم متغیر بوده و به نوع سرعت تجزیه و فرآیند کمپوست سازی وابسته است. نسبت C/N ضایعات آلی، شرایط کمپوست شدن، تکامل کمپوست، کیفیت کمپوست و زمان مصرف آن نسبت به زمان کاشت گیاه از جمله فاکتورهای موثر بر معدنی شدن ازت آلی در کمپوست هستند (آچیبیا و همکاران، ۲۰۰۹ و هارگریوز و همکاران، ۲۰۰۸). گزارشات زیادی وجود دارد که میزان فراهمی ازت توسط کمپوست ضایعات شهری بعد از اولین سال کاربرد آن ۱۰ درصد می‌باشد و برای دومین سال بعد از کاربرد آن ازت بیشتری از کمپوست‌ها آزاد می‌گردد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۰). هارگریوز و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که حدود ۱۶/۲۱ درصد از کل ازت در کمپوست ضایعات شهری بعد از ۱۶ ماه کاربرد آن بصورت NH_4NO_3 قابل جذب برای گیاهان است، همچنین به علت پایین بودن ازت قابل دسترس در کمپوست مخصوصا در سال‌های اول مصرف آن، توصیه می‌شود که کودهای معدنی ازت‌دار به همراه آن برای غنی‌سازی کمپوست و فراهمی ازت برای گیاهان مصرف شود (مخابلا و وارمن، ۲۰۰۵). عده‌ای از محققین دیگر معتقدند که به علت افزایش فعالیت‌های میکروبی در اثر افزودن زباله شهری و آلی

شدن ازت، دسترسی ازت معدنی در سال‌های اولیه کاربرد آن پایین است (ایگلسیاس جیمز و آلوارز، ۱۹۹۳ و کریسچیو و همکاران، ۲۰۰۴).

جیوسکوانی و همکاران (۱۹۹۸) نیز در تحقیقات خود روی کمپوست زباله شهری نشان دادند، ازت کل در خاک غنی‌شده با کمپوست در مقایسه با شاهد افزایش داشت که مشابه نتایج قیامتی و همکاران (۱۳۸۸) می‌باشد. در آزمایشی دیگر که از کمپوست به مقدار ۴ تن در هکتار و کود حیوانی به مقدار ۱۶ تن در هکتار برای مزارع نیشکر استفاده شد، نتایج آزمایش نشان داد که میزان نیتروژن خاک در تیمار کمپوست به مراتب بیشتر از کود حیوانی و تیمار شاهد بود (گلستان و حسنی لنگرودی، ۱۳۷۵).

در رابطه با کاربرد چند ساله کودهای آلی، محققین دیگری با کاربرد مقادیر ۹، ۱۶ و ۲۳ تن کمپوست در هکتار به مدت ۱۰ سال متوالی دریافتند که در اولین سال آزمایش، میزان ازت نیتراتی خاک در تیمارهای کمپوست افزایش یافته است که نشان دهنده افزایش معدنی شدت ازت و حاصخیزی خاک است (ارهارت و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین افزایش سطح ازت کل خاک با کاربرد پنج (آچیا و همکاران، ۲۰۰۹)، چهار (رز و همکاران، ۲۰۰۶) و دو (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳) سال متوالی کمپوست زباله شهری مشاهده شده است که احتمالاً به علت آزادسازی تدریجی نیتروژن مورد نیاز گیاه در اثر کاربرد طولانی مدت کمپوست ضایعات شهری می‌باشد (ارهارت و همکاران، ۲۰۰۵). بفا و همکاران (۱۹۹۵) نیز اظهار داشتند که باکتری‌های مزوفیلیک از قبیل تثبیت کننده‌های ازت و باکتری‌های تولید کننده پلی‌ساکارید در کمپوست موجودند که در مرحله رسیدگی کمپوست و تبدیل آن از فرم آلی به معدنی نقش مهمی دارند. همچنین آنها نتیجه‌گیری کردند که آزادسازی نیتروژن از کود کمپوست و تبدیل آن از فرم آلی به معدنی نقش مهمی دارند. همچنین آنها نتیجه‌گیری کردند که آزادسازی نیتروژن از کود کمپوست به سرعت آزادسازی کودهای شیمیایی ازته نمی‌باشد. به طوری که در بیشتر حالات حدود ۲۵ درصد آن در

سال اول و در سال‌های بعد تا ۱۰ درصد آن آزاد می‌گردد زیرا در مرحله کمپوست شدن، نیتروژن موجود به صورت باندهای پروتئینی و دیگر فرم‌های آلی تبدیل می‌گردد.

۲-۲-۲- فسفر

فسفر یک از مهم‌ترین مواد غذایی ضروری برای گیاهان می‌باشد که فراهمی آن در خاک بوسیله pH، آهن و آلومینیوم، کلسیم محلول و مقدار ماده آلی خاک کنترل می‌شود. حداکثر میزان فسفر قابل جذب خاک در pH=5/5-7 می‌باشد (انگلسد و ترمان، ۱۹۸۰). در خاک‌های اسیدی فسفر محلول از طریق ترکیب با آهن و آلومینیوم (هالفورد، ۱۹۹۷) و در خاک‌های قلیایی از طریق تشکیل ترکیباتی با کلسیم به صورت نامحلول رسوب می‌نماید (آیموریما و دیک، ۱۹۹۶) و بدین صورت قابلیت دسترسی آن برای گیاهان کم می‌گردد. مطالعات زیادی نشان داد که مواد آلی و ترکیبات حاصل از تجزیه آنها قادرند میزان تثبیت فسفر در خاک را کاهش دهند (کابیا و همکاران، ۲۰۰۳). اکثر این مطالعات نشان دادند که میزان تثبیت فسفر در خاک از طریق کمپلکس شدن آهن و آلومینیوم به وسیله اسیدهای آلی، رقابت بین اسیدهای آلی و ارتو فسفات برای مکان‌های جذبی و آزادسازی فسفر ترکیبات آلی در خلال تجزیه آنها کاهش می‌یابد. همچنین گزارش شد که ترکیبات آلی کمپوست شده تثبیت فسفر توسط خاک‌ها را کاهش می‌دهند. برای مثال آگارد (۱۹۹۶) با مطالعه تاثیر کمپوست کود دامی روی خاک دریافت که میزان تثبیت فسفر در خاک تحت تیمار با کود دامی در مقایسه با کودهای معدنی کاهش یافته است. همچنین هیو و بارکر (۱۹۹۸) گزارش کردند که در اثر کاربرد کمپوست ضایعات خانگی میزان فسفر محلول خاک، به دلیل آزاد شدن فسفر در طی تجزیه ماده آلی و نیز رقابت بین آنیون‌های آلی (تولید شده در اثر تجزیه ماده آلی) و فسفر برای مکان‌های جذبی در کمپلکس خاک افزایش یافت.

همچنین بول و بل (۱۹۷۸) گزارش نمودند که استفاده از کمپوست حاصل از مواد زائد شهری سبب افزایش قابلیت جذب عناصر پرمصرف در خاک می‌شود. هایز و همکاران (۱۹۹۰) نیز علت افزایش غلظت

عناصر غذایی از جمله فسفر در خاک را وجود مقادیر زیاد این عناصر در کمپوست گزارش کردند. ضمناً جیوسکوانی و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیقات خود روی کمپوست زباله شهری نشان دادند که فسفر محلول در خاک غنی شده با کمپوست در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد و نیز بیان داشتند که شاید یکی از دلایل افزایش حلالیت فسفر در نتیجه افزودن کمپوست، حضور فسفر زیاد در کمپوست و تشکیل کمپلکس‌های فسفو هومیک باشد که باعث کند شدن فرآیند تثبیت فسفر، تعویض یون فسفر با یون‌های هومات و ایجاد پوشش سزکویی اکسید بوسیله هوموس در خاک باشد. همچنین قیامتی و همکاران (۱۳۸۸) بیان نمودند که کمپوست دارای فسفر محلول است و افزودن آن به خاک باعث افزایش فسفر قابل جذب خاک می‌گردد. در واقع استفاده از کمپوست زباله شهری در اراضی نیمه خشک مدیترانه سبب افزایش فسفر قابل جذب خاک در محیط ریزوسفر می‌گردد. (کاراوکا و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین هارگریوز و همکاران (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند کمپوست ضایعات شهری در فراهمی فسفر خاک بسیار موثر است و غلظت فسفر خاک با افزایش مقدار کاربرد کمپوست، افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز در خاک می‌باشد.

در رابطه با کاربرد طولانی مدت کودهای آلی سوماره و همکاران (۲۰۰۳) و مخابلا و وارمن (۲۰۰۵) دریافتند که میزان فسفر قابل دسترسی خاک در اثر افزودن کمپوست ضایعات شهری در طی ۲ سال متوالی افزایش یافت. آنها افزایش فعالیتهای میکروبی خاک در اثر کاربرد کمپوست زباله شهری و آزاد سازی تدریجی فسفر همزمان با تجزیه مواد آلی را از دلایل این امر بیان کردند. در مطالعه دیگر وارمن و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد ۳ مقدار مختلف کمپوست زباله شهری در سه منطقه‌ی مختلف گزارش کردند که سطح فسفر قابل دسترسی خاک با افزایش مقدار مصرف کمپوست بعد از ۴ سال متوالی، نسبت به شاهد افزایش یافته است.

۲-۲-۳ پتاسیم

پتاسیم یکی دیگر از عناصر مورد مصرف مورد نیاز گیاهان می‌باشد. البته غلظت آن در کودهای آلی نسبت به نیتروژن و فسفر کمتر و در حد چند دهم درصد است. بنابراین پتاسیمی که از این طریق آزاد می‌گردد، تامین کننده‌ی نیاز گیاهان نبوده و برای تامین نیاز گیاه به این عنصر علاوه بر مصرف کودهای آلی نیاز به استفاده از کودهای معدنی می‌باشد (واثقی و همکاران، ۱۳۸۴). سالار دینی (۱۳۸۲) بیان نمود، خاک‌هایی که دارای مواد آلی زیاد و سرشار از پتاسیم هستند، پتاسیم محلول در این خاک‌ها زیاد بوده، بنابراین خطر آبشویی و از دست رفتن آنها در خاک زیاد است. در حقیقت کلوئیدهای آلی به دلیل دارا بودن بارهای منفی ناشی از تشکیل گروه‌های کربوکسیل و فنولیک در طی تجزیه مواد آلی، نقش مهمی در پویایی پتاسیم خاک دارند (باتاچاری و همکاران، ۲۰۰۷).

هارگریوز و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند غلظت پتاسیم خاک حتی وقتی که مقادیر خیلی کمی از کمپوست زباله شهری مصرف شود، افزایش می‌یابد که به علت قابل جذب بودن پتاسیم موجود در کمپوست می‌باشد. ایشان گزارش کردند که از مجموع کل پتاسیم موجود در کمپوست زباله شهری ۴۸-۳۶ درصد آن برای گیاهان قابل جذب می‌باشد. تحقیقات جیوسکوانی و همکاران (۱۹۹۸) و قیامتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز نشان داد که غلظت پتاسیم کل خاک در نتیجه استفاده از کمپوست در مقایسه با شاهد افزایش یافت. بنابر استدلال آنها این افزایش ناشی از وجود مقادیر فراوان پتاسیم در کمپوست می‌باشد. همچنین سوماره و همکاران (۲۰۰۳) از دلایل افزایش سطح پتاسیم قابل جذب خاک در اثر کاربرد کمپوست زباله شهری را فراهمی پتاسیم توسط کمپوست بیان نمودند. کورتنی و مولن (۲۰۰۸) نیز با کاربرد دو نوع کمپوست در خاک تحت کشت جو دریافتند که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ تن کمپوست قارچ در هکتار توانسته سطح پتاسیم خاک را بطور معنی‌داری افزایش دهد.

در رابطه با کاربرد چند ساله‌ی کمپوست‌ها روی سطح پتاسیم خاک، باتاچاری و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که در اثر کاربرد ۳ سال متوالی کمپوست زباله شهری با و بدون کود شیمیایی N, P و K در خاک تحت کشت برنج، سطح پتاسیم تبادلی خاک در اثر کاربرد کودهای آلی و معدنی پتاسیم‌دار افزایش می‌یابد و این افزایش، با افزایش سال‌های مصرف کمپوست مطابقت داشت. در مطالعه‌ای دیگر وارمن و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد ۳ مقدار مختلف کمپوست زباله شهری در سه منطقه مختلف گزارش کردند که سطح پتاسیم قابل دسترس خاک با افزایش مقدار مصرف کمپوست بعد از ۴ سال متوالی، نسبت به شاهد افزایش یافته است. محققین دیگری با کاربرد ۵۰ تن کمپوست در هکتار طی ۲ سال متوالی در خاک تحت کشت چغندر قند دریافتند که میزان پتاسیم قابل دسترس خاک نسبت به شاهد افزایش یافته است که این افزایش در سال دوم مصرف بیشتر از سال اول کاربرد آن بوده است (مرجوی و صلحی، ۱۳۸۸).

همچنین نتایج حاصل از تحقیق کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و فراهمی عناصر غذایی نشان داده است که با افزایش سطوح کمپوست مصرفی غلظت پتاسیم خاک افزایش یافت (حاتم و همکاران، ۱۳۸۸) و مشابه آن مرجوی و جهاد اکبر (۱۳۸۱) بیان کردند که پس از دو مرحله کودهی با کمپوست در کشت متناوب چغندر قند - گندم، میزان عناصر پرمصرف قابل دسترس (فسفر و پتاسیم) خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به طور معنی‌داری افزایش یافته است که جزء مزایای این کود می‌باشد.

رضایی نژاد و افیونی (۱۳۷۹) هم نشان دادند که در مقایسه با کودهای شیمیایی هر سه کود آلی لجن فاضلاب، کمپوست و کود گاوی منجر به افزایش پتاسیم قابل جذب خاک شده‌اند که این امر نشان می‌دهد، این کودها می‌توانند برای تامین پتاسیم و فسفر مورد نیاز گیاه استفاده گردند.

۲-۳- تاثیر کمپوست زباله شهری بر عناصر کم مصرف خاک

موسوی و احمد آبادی (۱۳۹۲) بیان نمودند طی سه سال کاربرد متوالی کمپوست حاصل از زباله شهری غلظت کل و قابل جذب عناصر ریزمغذی خاک (Fe و Zn، Cu، Mn) به طور معنی داری تحت تاثیر قرار گرفت و در اکثر موارد سطوح کودهای غنی شده با کود شیمیایی مقادیر بیشتری از این عناصر را در خاک تجمع داد. در این پژوهش ذکر گردید بیشترین میزان منگنز و مس قابل جذب خاک در تیمارهای سه سال کاربرد ۴۰ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی حاصل گردیده است. مفتون و مشیری (۲۰۰۸) اظهار نمودند مصرف کمپوست زباله غلظت نمک‌های محلول، درصد N و P محلول و غلظت Mn، Cu و Fe خاک را افزایش داده است. ژلجارکو و وارمن (۲۰۰۴) گزارش دادند غلظت روی کل خاک به دنبال کاربرد کمپوست زباله شهری افزایش یافت. آلماس و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند افزودن ماده‌ی آلی باعث افزایش قابلیت انحلال روی خاک به وسیله تشکیل کمپلکس فلز- ماده‌ی آلی می‌گردد. قلی پور (۱۳۸۹) در آزمایش خود به بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر غذایی در گیاه برنج پرداخت، نتایج این تحقیق نشان داد، کمپوست زباله شهری تاثیر معنی دار بر غلظت مس قابل جذب خاک نداشت. فوت (۱۹۸۴) اظهار داشت علت عدم معنی داری مس را می‌توان به کمپلکس مذکور مس ارتباط داد. زیرا ترکیب مس با مواد آلی باعث کاهش قابلیت استفاده مس در خاک‌های غنی از مواد آلی می‌گردد. کاویتا و سوبرمن (۲۰۰۷) اظهار نمودند تجزیه کمپوست، مواد غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه (عناصر پرمصرف و کم‌مصرف) را آزاد می‌نماید و به آرامی اما به طور مداوم در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

سوماره و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند کمپوست زباله شهری میزان عناصر کم‌مصرف خاک را افزایش داده است. رسولی و مفتون (۱۳۸۷) نیز به ذکر این نکته پرداختند که مصرف کمپوست غلظت Cu، Zn و Fe خاک را افزایش داده است. ایگل‌سیاس جیمز (۱۹۹۶) در آزمایشی به منظور بررسی اثر کمپوست بر میزان عناصر ریزمغذی خاک دریافتند که خاک‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری از

لحاظ غلظت عناصر روی و منگنز نسبت به خاک‌های تیمار شاهد و کود شیمیایی غنی‌تر هستند. مفتون و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله شهری در مقادیر ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار در یک خاک لومی رسی ($EC=0/8$ دسی زیمنس بر متر و $pH=7/7$) تحت کشت اسفناج افزایش در عملکرد و افزایش در منگنز قابل جذب خاک را به دنبال داشته است. در تحقیق قریب (۲۰۱۴) که بررسی استفاده از شیرابه کمپوست زباله شهری بر میزان عناصر کم‌مصرف قابل جذب خاک بود بیان گردید کاربرد شیرابه غلظت عناصر آهن، منگنز و روی را افزایش داده است و سطوح بالاتر کاربرد شیرابه توانسته میزان این عناصر را در خاک بیشتر افزایش دهد.

به طور کلی کمبود عنصر کم‌مصرف در ایران به ویژه روی و منگنز به دلیل حاکمیت شرایط آهکی، کمبود مواد آلی خاک، حلالیت کم این عناصر در پ-هاش قلیایی و وجود یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب-های آبیاری شیوع بیشتری داشته که با مصرف کودهای آلی می‌توان چنین کمبودهایی را تا حد زیادی برطرف نمود (همایون فر و یزدان پناه، ۱۳۸۸). با اضافه نمودن کمپوست به خاک حلالیت عناصر کم-مصرف در اثر ایجاد تغییرات در خصوصیات شیمیایی خاک نظیر کاهش پ-هاش و تشکیل کمپلکس‌های محلول افزایش می‌یابد که منجر به جذب بیشتر این عناصر توسط گیاه می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

۲-۴- تاثیر کمپوست زباله شهری بر عناصر پرمصرف گیاه

آزمایش رسولی و مفتون (۱۳۸۷) نشان داد کمپوست زباله شهری حاوی مقادیر زیادی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف است به طوری که کاربرد کمپوست سبب افزایش وزن خشک برنج گردید. وجود نیتروژن فروان در کمپوست موجب افزایش رشد گیاه می‌شود لذا نیاز گیاه به سایر عناصر غذایی از جمله عناصر کم‌مصرف افزایش می‌یابد که در صورت کافی بودن مقدار شکل قابل استفاده این عناصر در خاک غلظت آنها در گیاه افزایش می‌یابد. میلواراپو و زینتی (۲۰۰۹) بیان داشتند ازت معدنی شده در کمپوست

برای تمام دوران رشد گیاه قابل دسترس است اما ازت 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 می‌تواند به عنوان یک منبع آزادسازی کند و سریع ازت عمل نماید و ازت مورد نیاز دوره های مختلف رشد گیاه را فراهم نماید. سیلیسپور و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند حضور کودهای نیتروژنی در آخر فصل رشد غلات یا پس از دوره‌ی گلدهی سبب افزایش مقدار پروتئین دانه می‌شود. از آنجایی که کمپوست مانع از آبشویی نیتروژن می‌شود و ازت موجود را برای مدت طولانی‌تری در اختیار گیاه قرار می‌دهد، بنابراین با افزودن کمپوست زباله شهری درصد پروتئین دانه گندم افزایش می‌یابد، این تحقیق نشان داد مصرف کمپوست به تنهایی سبب افزایش پروتئین دانه گندم گردید یعنی کمپوست قادر است حاصلخیزی خاک را بهبود بخشد. راپنگی (۱۹۹۳) از خاکی که با ۲۰ تن کمپوست در هکتار به مدت ۲۲ سال تیمار شده بود، نمونه‌برداری کرد و در یک آزمایش ۶ ساله در گلخانه اثرات باقیمانده کمپوست را بررسی نمود. او ملاحظه کرد که تا پایان دوره، قابلیت استفاده نیتروژن بالا بوده و اثرات معنی‌دار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب تا دومین، سومین و پنجمین کشت در محصول مشاهده شده است. مصرف کمپوست EC و pH را در خاک و مقدار عناصر N، P و K را در خاک و گیاه افزایش می‌دهد (اصغری پور و رفیعی، ۱۳۸۸). وارمن و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند مصرف کمپوست موجب افزایش فعالیت میکروارگانسیم‌های حل‌کننده فسفر معدنی در خاک و بالا بودن غلظت این عنصر در کمپوست بیان نمودند. اصغر و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند افزایش در رشد و عملکرد تربچه می‌تواند به افزایش عرضه عناصر غذایی در حضور کود آلی به عنوان یک منبع عالی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف منسوب شود. این قضیه به وسیله این حقیقت تایید می‌شود که نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده در تربچه در واکنش به کاربرد ترکیبی زائدات آلی بازسازی شده و کودهای شیمیایی تا چند برابر افزایش یافت. آستارایی و فتاحی کیاسری (۱۳۸۵) که به بررسی اثر شیرابه کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر

غذایی گیاه فلفل پرداختند بیان نمودند استفاده از شیرابه سبب افزایش مقادیر عناصر پرمصرف در اندام هوایی این گیاه شد. شعبانی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری در گیاه بادمجان پرداختند و اظهار داشتند مصرف کمپوست اثری معنی دار بر میزان فسفر برگ این گیاه داشته است. نتایج حاصل از تحقیق باتاچاری و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر میزان جذب پتاسیم توسط گیاه برنج در هند نشان داده است که اثر مصرف کمپوست زباله شهری بر جذب پتاسیم توسط دانه و اندام هوایی برنج افزایش یافته است که اثر افزایش در دانه بیشتر از اندام هوایی و در تیمار کمپوست به همراه کود شیمیایی P، N و K بیشتر از تیمار بدون کود شیمیایی بوده است. همچنین با افزایش سال‌های مصرف، میزان جذب پتاسیم توسط گیاه افزایش می‌یابد. آنها مقادیر نسبتاً بالای اجزا مختلف پتاسیم (به خصوص جز آلی) در کمپوست زباله شهری را علت این امر می‌دانند. کاربرد کمپوست زباله شهری به دلیل بهبود وضعیت ماده آلی خاک و افزایش قابلیت استفاده از نیتروژن، فسفر و پتاسیم عملکرد دانه ذرت را هم افزایش داده است (رضوان طلب و همکاران، ۱۳۸۷). کلباسی و گندمکار (۱۳۸۲) با کاربرد ۰، ۴۰ و ۸۰ تن شیرابه کمپوست به خاک دریافتند که کاربرد شیرابه به عنوان یک کود مایع به خاک سبب افزایش جذب P، N و K به وسیله گیاه ذرت شده است.

۲-۴-۱- نیتروژن

نیتروژن یکی از عناصری است که کمبود آن در بیشتر گیاهان بجز خانواده لگومینوز دیده می‌شود. نیتروژن در بسیاری از ترکیبات درون گیاه وارد می‌شود به طوری که در پروتئین، این عنصر به عنوان یک ماده‌ی ضروری برای رشد و توسعه بافت‌های زنده گیاهان مورد نیاز است. نیتروژن یکی از مواد تشکیل دهنده‌ی کلروفیل، ماده‌ی سبز برگ‌های سالم است. البته دادن نیتروژن بیش از حد به غلات دانه‌ریز باعث جمع شدن ازت در دانه‌های آنها شده و ممکن است این موضوع با کاهش محصول همراه باشد. بنابراین

برنامه تقویت زمین باید طوری تنظیم شود که نیتروژن به میزان کافی نه زیاد از حد به زمین تحت کشت غلات دانه‌ریز داده شود (رادنیا، ۱۳۶۹).

نیتروژن عنصر اصلی مورد نیاز گیاه می‌باشد و عملکرد گیاه ارتباط نزدیکی با فراهمی نیتروژن گیاه دارد (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳). کاربرد کمپوست زباله شهری به دلیل بهبود وضعیت ماده آلی خاک و افزایش قابلیت استفاده از نیتروژن، فسفر و پتاسیم عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (رضوان طلب و همکاران، ۱۳۸۷). کاظمینی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی اثر برهمکنش نیتروژن و سه نوع ماده آلی بر رشد و عملکرد گندم دیم نشان دادند: از بین مواد آلی مختلف افزوده شده به خاک، استفاده از کمپوست به میزان ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد حداکثر عملکرد را ایجاد کرده است. محققین دیگری با کاربرد ۲ نوع کمپوست (کمپوست قارچ پوسیده و کمپوست هوازی) در مقادیر مختلف (۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) دریافتند که عملکرد جو با افزایش مقدار مصرف کمپوست افزایش می‌یابد (کورتنی و مولن، ۲۰۰۸). در گیاه دارویی اسفرزه نیز بالاترین عملکرد و اجزاء عملکرد با مصرف کمپوست بدست آمده است (خندان و آستارایی، ۱۳۸۴)، که علت آن را افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه توسط کمپوست‌ها ابراز نمودند.

میلاواراپو و زینتی (۲۰۰۹) در تحقیقات خود دریافتند که کمپوست تولید شده از زباله‌های شهری حاوی مقادیر نسبتاً پایینی از عناصر معدنی در مقایسه با کودهای شیمیایی هستند، در نتیجه مخلوط کمپوست با کودهای شیمیایی به عنوان یک منبع مناسب نیتروژن عمل نموده و نیتروژن مورد نیاز دوره‌های مختلف رشد گیاه را فراهم کند. در همین ارتباط سوماره و همکاران (۲۰۰۳) با انجام آزمایش روی گیاه چچم دریافتند که تلفیق کمپوست زباله شهری با کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم عملکرد ماده خشک گیاه، درصد نیتروژن جذب شده توسط گیاه را افزایش داده است.

در مطالعه‌ای دیگر محققین با کاربرد ۹، ۱۶ و ۲۳ تن کمپوست در هکتار بمدت ۱۰ سال متوالی دریافتند که استفاده از کمپوست توانسته میزان عملکرد گندم را به ترتیب ۷، ۸ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد (ارهارت و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین محققین دیگری دریافتند که عملکرد و مقدار نیتروژن جذب شده توسط ساقه سیب‌زمینی و ذرت شیرین با کاربرد ۳ مقدار متفاوت کمپوست زباله شهری در طی ۲ سال متوالی کمتر از خاک تحت تیمار با کود شیمیایی بوده است ولی میزان آن در سال دوم مصرف بیشتر از سال اول بوده است که این امر می‌تواند به علت آلی شدن نیتروژن خاک و فراهمی کم نیتروژن در اثر مصرف کمپوست در سال‌های اولیه کاربرد آن باشد (مخابلا و وارمن، ۲۰۰۵).

۲-۴-۲ فسفر

فسفر از جمله عناصر کلیدی در گیاه به شمار می‌رود که وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. این عنصر در نقل و انتقالات انرژی در فرآیندهای متابولیسمی گیاه، تقسیم سلولی، ساختمان فسفولیپیدهای دیواره سلول‌های گیاهی، توسعه قسمت‌های زایشی گیاه، رشد و تکامل ریشه‌های فرعی و مویی و همچنین در تشکیل و انتقال مواد همانند قندها و نشاسته در گیاه شرکت می‌نماید (مارسچنر، ۲۰۰۲). بنابراین فسفر در گیاهان به عنوان یک ماده اصلی موثر برای رشد و تقسیم سلولی عمل کرده و تمام سلول‌های گیاهی دارای ترکیبات فسفوری هستند و فسفر برای تمام مراحل رشد گیاه ضروری است (رادنیا، ۱۳۶۹).

مطالعات زیادی نشان داده است که استفاده از مواد آلی در خاک فسفر قابل دسترس گیاهان را افزایش می‌دهد و بطور غیرمستقیم از رسوب فسفات بصورت فسفات آهن و آلومینیوم و فسفات کلسیم که به شکل غیرقابل جذب برای گیاهان است جلوگیری می‌کند (سیسیل و تستر، ۱۹۹۰). در همین ارتباط رضایی نژاد و افیونی (۱۳۷۹) نیز با انجام آزمایشی دریافتند که میزان جذب فسفر به وسیله ذرت در تیمار کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و کود گاوی) بیشتر از کود شیمیایی بود که با نتایج

ابراهیم (۲۰۰۹) مطابقت دارد. در حقیقت این امر به خاطر وجود فسفر آلی در کودهای آلی است که به طور تدریجی معدنی شده و برای گیاه قابل جذب است. در صورتی که فسفر موجود در کود شیمیایی در خاک وارد واکنش‌های جذب سطحی و رسوب می‌شود. چنین واکنش‌هایی جذب این عنصر را به وسیله گیاه در حد زیادی کاهش می‌دهند. بارتال و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که میزان فسفر جذب شده توسط گیاه با کاربرد کمپوست لجن نسبت به شاهد افزایش نشان داد.

مخابلا و وارمن (۲۰۰۵) نیز با کاربرد ۳ مقدار متفاوت کمپوست زباله شهری در طی ۲ سال متوالی دریافتند که در هر دو سال مصرف کمپوست زباله شهری تفاوت معنی‌داری بین تیمارها، از لحاظ جذب فسفر توسط ریشه و ساقه‌ی سیب‌زمینی مشاهده نشد، اما با افزایش مصرف کمپوست، جذب فسفر توسط گیاه افزایش یافته است. در آزمایشی دیگر که بر روی گیاه چچم صورت گرفت، محققین دریافتند که تلفیق کمپوست زباله شهری با کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم درصد فسفر جذب شده توسط گیاه را افزایش داده است (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳) که با نتایج مبارکی و همکاران (۲۰۰۸) روی گیاه یونجه نیز مطابقت دارد. آنها از دلایل عمده افزایش جذب فسفر در اثر مصرف کمپوست را افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های حل‌کننده‌ی فسفر معدنی در خاک، بالا بودن غلظت این عنصر در کمپوست‌ها و در اختیار گذاردن آن برای گیاه بیان نمودند.

۲-۴-۳- پتاسیم

نقش پتاسیم در گیاهان نسبت به سایر عناصر موردنیاز گیاه کمتر است. اما حضور این ماده در گیاه در انجام بسیاری از اعمال فیزیولوژیکی از قبیل تشکیل و حرکت قند و نشاسته درون گیاه و ترکیب پروتئین‌ها، تقسیم طبیعی سلولی و رشد گیاه حیاتی است. پتاسیم همچنین در ایجاد مقاومت گیاه در برابر سرما و بسیاری از بیماری‌ها نقش دارد (رادنیا، ۱۳۶۹).

محصولات کم‌توقعی مانند غلات در خاک‌هایی که ذخیره کافی پتاسیم دارند، هیچ گونه واکنشی در مقابل افزودن کود شیمیایی پتاسه از خود نشان نمی‌دهند. بنابراین افزودن کودهای آلی دقیقاً به معنای جانشینی و بازگشت همان موادی است که گیاه از خاک خارج می‌کند (عاکف و باقری، ۱۳۷۸).

در رابطه با کاربرد کودهای آلی روی جذب پتاسیم توسط گیاه، نتایج حاصل از تحقیق باتاچاری و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری روی جذب پتاسیم توسط برنج در هند نشان داده است که در اثر مصرف کمپوست زباله شهری میزان جذب پتاسیم توسط دانه و اندام هوایی برنج افزایش یافته است که این افزایش در دانه بیشتر از اندام هوایی و در تیمار کمپوست همراه با کود شیمیایی بیشتر از تیمار کمپوست بدون کود شیمیایی بوده است. همچنین با افزایش سال‌های مصرف، میزان جذب پتاسیم توسط گیاه افزایش یافت، آنها مقادیر نسبتاً بالای اجزاء مختلف پتاسیم (بخصوص جزء آلی) در کمپوست زباله شهری را علت این امر بیان نمودند.

۲-۵- تاثیر کمپوست زباله شهری بر عناصر کم مصرف گیاه

حاتم و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای بر تاثیر سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و فراهمی عناصر غذایی گزارش دادند با افزایش سطح کمپوست غلظت Cu و Zn ، Mn ، Fe گیاه افزایش یافته است که با نتایج کبیری نژاد و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. کمپوست حاصل از زباله شهری می‌تواند نیاز گیاه را در تامین عناصر روی و مس برآورده سازد (ود برگ، ۱۹۹۲). در این راستا هامپتون و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند استفاده از کمپوست منجر به تجمع Cu و Zn در گیاه دریافت کننده‌ی کمپوست گردید اما این افزایش به حد سمیت برای گیاه نبود. اصغری پور و رفیعی (۱۳۸۸) بیان داشتند مصرف کمپوست مقدار عناصر Fe ، Mn ، Zn و Cu را در خاک و گیاه گوجه فرنگی افزایش داد، همچنین در این بررسی آمده است افزایش قابل توجه عناصر کم‌مصرف احتمالاً به علت حضور این فلزات

در زباله‌ها و مقدار بالای آن در کمپوست تولید شده از زباله می‌باشد. عزیززاده فیروزی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیق خود به بررسی مصرف سه ساله‌ی کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی بر غلظت عناصر کم-مصرف دانه برنج پرداختند. نتایج آزمایشات آنها نشان می‌دهد بیشترین غلظت مس در دانه رقم طارم با مصرف ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵ درصد کود شیمیایی در هکتار و برای آهن مصرف ۳۰ تن کمپوست در هکتار می‌باشد. ابطحی و همکاران (۱۳۸۷) در طی تحقیقاتی بر تاثیر پسماندهای آلی شامل لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود گاوی در دو خاک بر گیاه ذرت گزارش دادند این پسماندها مقدار جذب عناصر آهن و روی را در گیاه افزایش داده است. کاستر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند مقدار Fe در کاهو روپیده شده در تیمار کمپوست زباله شهری در مقایسه با تیمار کود شیمیایی بیشتر بوده است. چریف و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد ۴۰ و ۸۰ تن کمپوست زباله شهری و تلفیقی با کود شیمیایی بعد از ۵ سال متوالی در یک خاک آهکی دریافتند مصرف کمپوست توانست میزان مس و روی جذب شده توسط دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی افزایش دهد زیرا مصرف طولانی مدت کودهای آلی با کاهش پ-هاش خاک در سه‌الوصول شدن عناصر غذایی به خصوص عناصر کم‌مصرف نقش دارند و جذب آن توسط گیاه را افزایش می‌دهد. خوشگفتارمنش و کلباسی (۱۳۸۰) گزارش دادند معنی‌دار شدن عناصر مس، آهن و روی در اندام هوایی برنج ممکن است به علت اضافه شدن مقدار زیادی از این عناصر به خاک در اثر استفاده از کمپوست مربوطه، تغییر pH به حدود خنثی در محیط غرقاب که باعث افزایش فرم قابل جذب این عناصر می‌شود باشد. هالستد (۱۹۶۸) نیز دلیل افزایش عناصر غذایی در گیاه در کاربرد کمپوست را کمپلکس مواد آلی با این عناصر ذکر کرد که مانع از تثبیت آنها در خاک می‌گردد.

قلی پور (۱۳۸۹) در آزمایش خود به بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر غذایی در گیاه برنج پرداخت، نتایج این تحقیق نشان داد، کمپوست زباله شهری تاثیر معنی‌دار بر غلظت مس دانه نداشت. فوت (۱۹۸۴) اظهار داشت علت عدم معنی‌داری مس را می‌توان به کمپلکس مس ارتباط داد زیرا

ترکیب مس با مواد آلی تشکیل مواد کمپلکس را می‌دهد که کمپلکس مذکور باعث کاهش قابلیت استفاده مس در خاک‌های غنی از مواد آلی می‌گردد. عدم معنی‌داری مس در خاک میزان مس مورد نیاز گیاه را در دانه کم کرده است. در بررسی اثر کمپوست زباله شهری به صورت جداگانه و یا تلفیق با کودهای معدنی بر مقادیر Fe و Mn در گیاه چاودار وحشی نشان داده شده که مقدار جذب آهن و منگنز توسط گیاه در تیمارهای جداگانه کمپوست و یا تلفیق با کودهای شیمیایی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری یافت و بیانگر تامین عناصر آهن و منگنز توسط کمپوست زباله شهری در خاک‌های زراعی است (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳). صدقی مقدم و میرزایی (۱۳۸۷) گزارش دادند کمپوست زباله شهری باعث افزایش مواد آلی و کاهش پ-هاش خاک می‌شود که این امر موجب جذب بهتر عناصر غذایی به خصوص ریزمغذی‌هایی مانند مس و روی می‌گردد. آنان این افزایش جذب عناصر را از دلایل افزایش رشد رویشی و زایشی کدو حلوائی برشمردند. در یک تحقیق ۶ ساله با مصرف کمپوست بر تناوب گندم، ذرت و چغندر قند مشخص گردید که عنصر روی در دانه گندم و مس در چغندر قند افزایش یافته است (کورتلینی، ۱۹۹۹). در پژوهشی در اثر اضافه شدن کمپوست زباله شهری به صورت جداگانه و یا تلفیق با کودهای شیمیایی در نوعی چمن (Lolium Perenne) موجب افزایش معنی‌دار مقدار جذب آهن توسط گیاه در تیمارهای جداگانه کمپوست زباله شهری و یا تلفیق با کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد شد که بیانگر تامین آهن توسط کمپوست زباله شهری در خاک‌های زراعی است (هو و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه دیگری بیشترین میزان غلظت Fe در برگ ریحان هنگامی بدست آمد که از تیمار کمپوست زباله شهری ۴۰ تن در هکتار همراه با کود شیمیایی استفاده گردید (کاشانی، ۱۳۸۹). پیردشتی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش دادند بیشترین مقدار آهن، روی و منگنز برگ کلزا با کاربرد ۴۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار در دو حالت غنی شده و غنی نشده با کود شیمیایی حاصل شده است و بیشترین غلظت مس برگ با کاربرد ۳۰ و ۴۵ تن کود کمپوست در هکتار (غنی شده و غنی نشده) حاصل شده است.

همچنین غلظت این عناصر در دانه کلزا با کاربرد کمپوست نسبت به تیمار کود شیمیایی افزایش یافته است. پاردلو و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله شهری سبب افزایش روی و مس در بافت‌های گیاه گردید.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- عملیات اجرایی

۳-۱-۱- زمان و موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش

این طرح در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۳ مورد آزمایش قرار گرفت. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۶ متر و دارای آب و هوای معتدل است.

۳-۱-۲- طرح مورد استفاده و تیمارهای آزمایش

آزمایش مذکور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهارده تیمار در سه تکرار به اجرا در آمده است. تیمارهای مورد استفاده عبارتند از: ۱- شاهد (بدون مصرف هیچ گونه کود) ۲- کود شیمیایی (بر اساس آزمون خاک ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) ۳- ۱۵ تن کمپوست در هکتار ۴- ۱۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی در هکتار ۵- ۱۵ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی در هکتار ۶- ۱۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی در هکتار ۷- ۳۰ تن کمپوست در هکتار ۸- ۳۰ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی در هکتار ۹- ۳۰ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی در هکتار ۱۰- ۳۰ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی در هکتار ۱۱- ۴۵ تن کمپوست در هکتار ۱۲- ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی در هکتار ۱۳- ۴۵ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی در هکتار ۱۴- ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی در هکتار.

۳-۱-۳- کشت نشا برنج و نمونه برداری از خاک و گیاه

مساحت کرت ها ۳ در ۶ متر و رقم مورد کشت طارم محلی در نظر گرفته شده است. نشاهای ۳۵ روزه در مرحله ۴ برگی به فاصله ۲۵ در ۲۵ سانتی متری در زمین اصلی نشا و در هنگام گلدهی از برگ های پرچم نمونه برداری انجام گرفت. پس از برداشت محصول از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری انجام شد. نمونه ها جهت انجام آزمایش هوا خشک و آماده سازی شدند. در مرحله برداشت برنج از بذر نمونه برداری به عمل آمد. نمونه های گیاهی تهیه شده از برگ و بذر برای تجزیه های لازم به آزمایشگاه منتقل و پس از شستشو با آب معمولی و هوا خشک نمودن و سپس شستشو با آب مقطر در پاکت قرار داده شده و به مدت حداقل ۲۴ ساعت و حداکثر ۷۲ ساعت در دمای ۷۲-۷۰ درجه سانتی گراد در آن قرار داده شد. سپس نمونه های گیاهی پس از خشک شدن در آن توسط آسیاب پودر شده و با الک نمره ۳۵ (۰/۵ mm) الک شده و در بسته های پلاستیکی و به دور از رطوبت نگهداری گردید. جهت آنالیز نمونه های گیاهی از روش سوزندان Dry Ashing استفاده گردید. بدین طریق که ۰/۵ گرم از پودر گیاهی را توزیع نموده و به درون کروزه چینی انتقال داده، سپس در کوره الکتریکی بر اساس زمان بندی حرارتی برای نمونه گیاهی بذر به مدت ۴ ساعت دمای ۵۵۰ درجه و برای برگ به مدت ۱۲-۱۰ ساعت با دمای ۵۵۰ درجه تا خاکستر کامل ایجاد گردید. سپس خاکستر را با چند قطره آب مقطر مخلوط نموده و مقدار ۲/۵ ml اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه کرده تا انحلال کامل خاکستر، سپس حجم محتویات بوته چینی را با آب مقطر به حدود ۴۰ ml رساندیم. پس از این مرحله محتویات درون بوته را به ارلن ml ۵۰ منتقل نموده، همزمان کوزه چینی را با آب مقطر شستشو داده و ارلن را به حجم رساندیم و آن را صاف نمودیم. همچنین قبل از شروع آزمایش بر روی خاک شاهد و کمپوست مورد استفاده آنالیزهای فیزیکی و شیمی انجام گردید.

۳-۱-۴- رقم برنج مورد استفاده

برنج مورد استفاده رقم طارم بوده که همانند انواع صدری از بهترین و مرغوبترین ارقام کیفی برنج می‌باشد که مبدا آن مازندران و نسبت به نوع صدری کمی کوتاه و چاق‌تر و به طور کلی شکل دانه بلند، قلمی و رنگ آن سفید متمایل به کرم و دارای کیفیت پخت عالی و طعم و عطر خوب می‌باشد که از رقم توده محلی شهرستان بابل استان مازندران انتخاب گردید، انواع آن عبارتند از: طارم محلی، دیلمانی، اهلمی، طارم، طارم پاکوتاه و سنگ طارم می‌باشد، طول دانه خام ۶/۰۹ تا ۷/۴ میلی‌متر و متوسط عملکرد شلتوک ۳۵۹۳ تا ۳۸۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزار Statistix8.0 و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام گرفت.

۳-۳- اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری

۳-۳-۱- اندازه گیری اسیدیت و هدایت الکتریکی خاک

اسیدیت گل اشباع با دستگاه پی اچ متر و هدایت الکتریکی عصاره اشباع بوسیله EC متر اندازه‌گیری شد (ردز، ۱۹۸۲).

۳-۳-۲- اندازه‌گیری کربن آلی خاک

یک گرم خاک از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شده را در ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌متر ریخته شد و ۱۰ میلی‌لیتر بیکرومات پتاسیم یک نرمال و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد، پس از آن مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد سپس مقدار ۵ تا ۶ قطره معرف ارتوفانتروپین فرو به آن اضافه شد و با فروآمونوم سولفات تیترا شد تا به رنگ قرمز آجری تبدیل شد (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲).

۳-۳-۳- اندازه‌گیری نیتروژن خاک به روش کجدال

یک گرم خاکی را که از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده توزین و در لوله‌های هضم ریخته و مقدار ۱/۱ گرم از پودر کاتالیزور به آن اضافه شد، سپس ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد، لوله‌های هضم روی دستگاه هضم قرار گرفت تا زمان‌بندی حرارتی مورد نظر بر روی آن صورت گیرد. پس از اتمام این مرحله با خنک شدن نمونه‌ها به آنها مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کرده و نمونه‌ها را تکان داده، پس از آن میزان نیتروژن با دستگاه کجدال اندازه‌گیری شد (وستمن، ۱۹۹۰).

۳-۳-۴- اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن

برای این منظور مقدار ۲/۵ گرم خاک عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری را پس از توزین در ارلن-مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته، پس از آن مقدار ۰/۳ گرم پودر کربن اکتیو به آن اضافه کرده، سپس به آن ۵۰ میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم نرمال اضافه کرده و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه شیکر شد، پس از این مرحله نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن صاف گردید، ۵ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده فوق را برداشته و به آن مقدار ۵ میلی‌لیتر محلول مخلوط (شامل اسید سولفوریک، آمونیوم مولیبدات، اسید آسکوربیک، پتاسیم آنتیموان تارتارات و آب مقطر) اضافه کرده و نمونه‌ها را به مدت ۳۰ دقیقه روی شیکر قرار داده تا رنگ آبی ظاهر گردد. پس از تهیه نمونه‌های استاندارد فسفر قابل جذب را توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد (اولسن و سامرز، ۱۹۹۰).

۳-۳-۵- اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب خاک

برای این منظور مقدار ۲/۵ گرم خاک عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری را پس از توزین در ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و سپس با اضافه نمودن ۵۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم نرمال و شیکر کردن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه با کاغذ صافی شماره ۲ صاف گردید. مقدار پتاسیم قابل جذب با دستگاه فیلم فتومتر بعد از قرائت محلول‌های استاندارد مورد سنجش قرار گرفت. سپس با رسم منحنی استاندارد مقدار پتاسیم

قابل جذب نمونه خاک محاسبه گردید که این مقدار برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بدست آمد (وستمن، ۱۹۹۰).

۳-۳-۶- اندازه‌گیری عناصر کم مصرف (Fe و Zn ، Cu ، Mn) خاک

برای اندازه‌گیری این عناصر در خاک از محلول DTPA ۰/۰۱ نرمال استفاده شد. این محلول حاوی تری اتانول آمین، Titriplex ($C_4H_{23}N_3O_{10}$) و کلرور کلسیم می‌باشد. محلول تهیه شده با اسید کلریدریک ۲ نرمال روی $pH=7/3$ تنظیم گردید. برای عصاره‌گیری از خاک ۲۰ گرم خاک توزین و به آن ۴۰ میلی‌لیتر از محلول DTPA اضافه کرده و به مدت ۲ ساعت با سرعت ۱۲۰ رفت و برگشت در دقیقه شیکر شد. سپس نمونه‌ها را با کاغذ صافی واتمن صاف نموده و غلظت عناصر مذکور با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. برای اندازه‌گیری هر عنصر در عصاره حاصله ابتدا لامپ مخصوص آن را در دستگاه قرار داده و طول موج مربوط به آن روی دستگاه تنظیم می‌گردد. در مرحله بعد محلول‌های استاندارد و پس از آن نمونه‌های خاک به دستگاه داده شد و غلظت عناصر مورد نظر قرائت گردید (لیندسی و نورول، ۱۹۷۸).

۳-۴- اندازه‌گیری عناصر پرمصرف و کم مصرف گیاه و کمپوست زباله شهری

۳-۴-۱- اندازه‌گیری نیتروژن گیاه و کمپوست زباله شهری

غلظت نیتروژن نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش میکرو - کجلدال تعیین شد. پس از توزین ۰/۲ گرم پودر گیاهی و ۱/۶۵ گرم پودر کاتالیزور و پس از هضم توسط اسید سولفوریک غلیظ نیتروژن گیاه توسط دستگاه کجلدال قرائت شد (پراسد و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۴-۲- اندازه‌گیری فسفر گیاه و کمپوست زباله شهری

برای تعیین میزان فسفر گیاه ۵ میلی‌لیتر از عصاره‌ای که به روش Dry Ashing تهیه شده را به بالن ۲۵ میلی‌لیتری منتقل شد، پس از آن ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات و انادات (معرف) به آن

اضافه شد و با آب مقطر به حجم رسانده شد. همین عمل در مورد نمونه‌های شاهد و استانداردهای نیز صورت گرفت. فسفر موجود در نمونه تهیه شده با طول موج ۸۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (اولسن و سامرز، ۱۹۹۰).

۳-۴-۳- اندازه‌گیری پتاسیم گیاه و کمپوست زباله شهری

برای تعیین میزان پتاسیم، عصاره حاصل از هضم گیاه فیلم فتومتر داده شده و پس از ترسیم منحنی استاندارد با برازش بهترین خط مستقیم از بین نقاط مربوطه غلظت آن تعیین شد (کوتنی و همکاران، ۱۹۸۲).

۳-۴-۴- اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف در گیاه و کمپوست زباله شهری

برای تعیین میزان عناصر فوق از عصاره تهیه شده به روش Dry Ashing و دستگاه جذب اتمی استفاده شد. برای اندازه‌گیری هر عنصر لامپ مخصوص به آن عنصر در دستگاه قرار داده شد و بر روی طول موج مربوط به هر عنصر تنظیم شد. در مرحله بعد محلول‌های استاندارد و پس از آن نمونه‌های گیاه به دستگاه داده شد و غلظت عناصر مورد نیاز قرائت گردید (پلنک، ۱۹۹۲).

۳-۵- اندازه‌گیری بافت خاک

بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد. در این روش ابتدا ذرات خاک پراکنده شده و سپس مقدار نسبی گروه‌های مختلف ذرات اعم از شن، سیلت و رس اندازه‌گیری و نهایتاً با مثلث بافت خاک تعیین شد (وستمن، ۱۹۹۰).

۳-۶- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری مورد استفاده

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری مورد استفاده در جدول (۱-۳)

آورده شده است.

جدول ۱-۳ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست زباله شهری مورد استفاده

خصوصیات	واحد	خاک	کمپوست زباله شهری
بافت	-	رسی سیلتی	-
هدایت الکتریکی	dS.m^{-1}	۲/۰۹	۳/۳
pH	-	۷/۷۰	۷/۱
کربن آلی	درصد	۲/۰۰	۱۵/۷
نیتروژن	درصد	۰/۱۹	۱/۷
نسبت کربن به ازت	-	۱۰/۵۲	۹/۲
فسفر قابل جذب	mg. kg^{-1}	۱۲/۲۰	۴۲۰۰/۰
پتاسیم قابل جذب	mg. kg^{-1}	۲۳۰/۰۰	۷۶۳۶/۴
آهن قابل جذب	mg. kg^{-1}	۵۱/۰۰	۲۸۲/۸
منگنز قابل جذب	mg. kg^{-1}	۹/۸۰	۵۲/۷
روی قابل جذب	mg. kg^{-1}	۱/۰۳	۱۰۳/۹
مس قابل جذب	mg. kg^{-1}	۵/۶۰	۳۸/۹

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- تأثیر تیمارها بر درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی

نتایج تجزیه واریانس درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک در جدول (۴-۱) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد اثر تیمارها بر پارامترهای فوق در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	OC	pH	EC
تکرار	۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۲
تیمار	۱۳	۰/۱۴**	۰/۰۵**	۰/۱۲**
خطا	۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۳۸	۵/۶۰	۲/۸۱

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

۴-۱-۱- درصد کربن آلی خاک

مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴-۲) نشان می‌دهد، بیشترین درصد کربن آلی خاک (۲/۸۰ درصد) مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی در هکتار می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی به ترتیب ۴۰ و ۳۲/۰۷ درصد افزایش نشان می‌دهد و با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد مصرف کمپوست زباله شهری موجب افزایش درصد کربن آلی خاک تیمارها نسبت به شاهد و کود شیمیایی شده است. همچنین جدول فوق نشان می‌دهد مصرف توأم کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی تأثیر بیشتری در افزایش کربن آلی نسبت به تیمار شاهد داشته است. کم‌ترین میزان کربن آلی خاک مربوط به تیمار شاهد می‌باشد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد.

با توجه به مقادیر درصد کربن آلی خاک در این آزمایش (جدول ۴-۲) می‌توان نتیجه گرفت افزایش درصد کربن آلی خاک از ۲٪ در تیمار شاهد به ۲/۸٪ در بالاترین سطح کمپوست مورد استفاده (۴۵ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی) به دلیل حضور فراوان مواد آلی در کمپوست می‌باشد. در این

آزمایش در اکثر تیمارهای کمپوست همراه با کود شیمیایی مقدار کربن آلی بیشتر از مصرف جداگانه کمپوست بوده است.

جیوسکوانی و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعات خود بر روی خصوصیات شیمیایی خاک‌های اصلاح شده با کمپوست زباله شهری نشان دادند درصد کربن آلی در خاک با کاربرد کمپوست نسبت به خاک شاهد افزایش داشت. نتایج تحقیق اریکسون و کول (۱۹۹۹) که تأثیر کمپوست زباله شهری بر گیاه ذرت بود، نیز نشان دهنده افزایش کربن آلی با کاربرد کمپوست زباله شهری می‌باشد. قیامتی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعات خود بر روی خصوصیات شیمیایی خاک‌های اصلاح شده با کمپوست زباله شهری نشان دادند درصد کربن آلی با کاربرد کمپوست نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است به طوری که این افزایش مقدار کربن آلی در خاک‌ها با مقدار کاربرد کمپوست متناسب بوده است. همچنین درصد کربن آلی در تیمار کمپوست غنی شده با کود شیمیایی نسبت به مصرف جداگانه آن افزایش بیشتری داشته است که احتمالاً به علت افزایش سرعت تجزیه و معدنی شدن کمپوست در حضور کود شیمیایی می‌باشد. مهدی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) بیان نمودند مصرف کمپوست تأثیر معنی‌داری بر درصد کربن آلی خاک داشت و در بیشتر تیمارها، تلفیق کمپوست و کود شیمیایی، تأثیر بیشتری بر افزایش کربن آلی خاک نسبت به استفاده ساده نشان داد که با نتایج کربونل و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

با توجه به این که ماده آلی خاک یکی از مولفه‌های مهم حاصلخیزی خاک است، کاربرد کمپوست زباله شهری سبب افزایش میزان ماده‌ی آلی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی (ظرفیت نگهداری آب، تهویه خاک، قابلیت نفوذ آب و ریشه در خاک و ...) و خصوصیات شیمیایی (اسیدیته، ظرفیت تبادل یونی، تعادل عناصر و ...) می‌شود (مریناری و همکاران، ۲۰۰۱).

۴-۱-۲- اسیدیته خاک

بیشترین میزان پ-هاش مربوط به تیمار شاهد (۷/۷) که با سایر تیمارها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارد. کم‌ترین میزان پ-هاش مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۵۰ و ۷۵٪ کود شیمیایی می‌باشد که با تیمارهای ۳۰ تن کمپوست به همراه ۵۰ و ۷۵٪ کود شیمیایی، ۴۵ تن کمپوست و ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد. با توجه به جدول (۲-۴) با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری میزان اسیدیته خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت.

پ- هاش نمونه خاک شاهد در این آزمایش بالاترین مقدار بود و پ- هاش کمپوست حدود ۷/۱ می‌باشد (جدول ۱-۳). با مصرف کمپوست و با افزایش در مقدار آن میزان پ- هاش خاک کاهش یافت (جدول ۲-۴).

خوشگفتارمنش و کلباسی (۱۳۸۰) با کاربرد کمپوست زباله شهری در کشت برنج نتیجه گرفتند که کمپوست به علت دارا بودن اسیدهای آلی و معدنی خاصیت اسیدی داشته و موجب کاهش پ- هاش خاک گردیده است. محمد و آسامنه (۲۰۰۴) بیان کردند بعد از افزودن ۱۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار پ- هاش خاک به وسیله تجزیه و معدنی شدن ماده آلی که سبب افزایش سطح دی اکسید کربن خاک می‌شود از ۸/۱۵ به ۷/۲۲ کاهش یافته است.

۴-۱-۳- هدایت الکتریکی خاک

بر اساس جدول (۲-۴) بیشترین میزان هدایت الکتریکی خاک (۲/۷ دسی زیمنس بر متر) مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری همراه با ۵۰٪ کود شیمیایی می‌باشد که با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد. کم‌ترین میزان هدایت الکتریکی (۲/۰۹ دسی زیمنس

بر متر) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. با توجه به جدول (۲-۴) با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری میزان هدایت الکتریکی خاک نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

با توجه به جدول (۲-۴) افزودن کمپوست زباله شهری و افزایش در سطوح مصرفی میزان هدایت الکتریکی خاک افزایش یافته است که می‌تواند به میزان هدایت الکتریکی بالای کمپوست استفاده شده مربوط باشد. برنج گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری است. در عین حال در موقعی که شوری خاک از ۳ دسی زیمنس بر متر بیشتر گردد، اثرات منفی آن بر گیاه ظاهر می‌گردد. به طور کلی به تدریج که بوته‌های برنج مسن‌تر می‌شوند مقاومت آنها به شوری خاک به طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

تحقیقات وسکیوس مونتیل (۱۹۹۶) نشان داد که افزایش هدایت الکتریکی خاک در نتیجه کاربرد کمپوست زباله شهری مربوط به بالا بودن TDS (کل نمک‌های محلول) است که باعث تجمع املاح محلول در خاک است. هدایت الکتریکی خاک در اثر افزایش سطوح مختلف کمپوست از ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار افزایش یافت، به طوری که در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست هدایت الکتریکی $1/0.3$ دسی زیمنس بر متر و در سطح ۴۰ تن در هکتار $3/16$ دسی زیمنس بر متر بود (مجاب قصرالدشتی، ۱۳۹۳). مجیری (۲۰۱۱) گزارش داد کاربرد شیرابه کمپوست زباله شهری هدایت الکتریکی خاک را افزایش داده است. همچنین کورتنی و مولن (۲۰۰۸) بیان داشتند با مصرف کمپوست حاصل از زباله هدایت الکتریکی خاک افزایش یافت.

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین درصد کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک

EC (dS/m)	pH	OC (درصد)	تیمار
۲/۰۹ ^g	۷/۷۰ ^a	۲/۰۰ ^g	شاهد
۲/۱۳ ^{fg}	۷/۵۸ ^{bc}	۲/۱۲ ^f	کود شیمیایی
۲/۲۳ ^{def}	۷/۶۰ ^{bc}	۲/۳۶ ^e	۱۵ تن کمپوست زباله شهری
۲/۲۰ ^{ef}	۷/۶۵ ^b	۲/۳۶ ^e	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۲/۲۵ ^{de}	۷/۵۵ ^{bcd}	۲/۳۷ ^{de}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۲/۲۸ ^{de}	۷/۵۲ ^{bcd}	۲/۳۸ ^{de}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۲/۳۰ ^{de}	۷/۵۱ ^{bcd}	۲/۴۵ ^{cde}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری
۲/۳۲ ^d	۷/۵۲ ^{bcd}	۲/۴۵ ^{cde}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۲/۵۸ ^{bc}	۷/۴۳ ^{cde}	۲/۵۰ ^c	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۲/۵۸ ^{bc}	۷/۴۵ ^{cde}	۲/۴۶ ^{cd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۲/۴۹ ^c	۷/۴۷ ^{cde}	۲/۶۴ ^b	۴۵ تن کمپوست زباله شهری
۲/۵۷ ^c	۷/۴۰ ^{de}	۲/۶۲ ^b	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۲/۷۰ ^a	۷/۳۰ ^e	۲/۸۰ ^a	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۲/۶۲ ^{ab}	۷/۳۰ ^e	۲/۷۶ ^a	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی

در هر ستون تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند

۴-۲- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف خاک

نتایج تجزیه واریانس جدول (۴-۳) نشان می‌دهد، اثر تیمارها بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح ۱٪ معنی‌دار گشته است.

جدول ۴-۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف خاک

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

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

۴-۲-۱- نیتروژن کل خاک

نتایج مقایسه میانگین تیمارها جدول (۴-۴) نشان می‌دهد، تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی دارای بیشترین مقدار نیتروژن خاک (۳۳٪ درصد) می‌باشد، که این تیمار نسبت به تیمار شاهد (۱۹٪ درصد) ۷۳/۶۸٪ و نسبت به تیمار کود شیمیایی (۲۱٪ درصد) ۵۷/۱۴٪ افزایش داشته است. بین این تیمار با تیمارهای ۳۰ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی، ۴۵ تن کمپوست و ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵ و ۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد با افزایش در سطوح کمپوست زباله شهری میزان نیتروژن خاک هم افزایش یافته است. همچنین تیمارهای همراه با کود شیمیایی مقادیر بیشتری از نیتروژن را در بر دارند. کم‌ترین مقدار نیتروژن خاک مربوط به تیمار شاهد (۱۹٪ درصد) می‌باشد.

با توجه به مقدار فراوان نیتروژن در کود کمپوست زباله شهری مورد استفاده (۱/۷٪) می‌توان مقدار بالای نیتروژن در خاک را ناشی از مصرف کمپوست زباله شهری دانست. هرچند استفاده توأم کمپوست و کود شیمیایی میزان بیشتری نیتروژن را نشان داد، همچنان که جدول (۴-۴) نشان می‌دهد، مصرف جداگانه کمپوست نیز توانسته میزان نیتروژن زیادی را در خاک ایجاد نماید. سالاردینی (۱۳۸۲) بیان نمود یکی از مهم‌ترین نقش‌های مواد آلی در حاصلخیزی خاک در این است که می‌توان مقدار فراوانی نیتروژن برای رشد و نمو گیاه عرضه کند و به منزله انباری برای این عنصر حیاتی محسوب می‌شود.

محققین زیادی بیان داشتند استفاده از کمپوست زباله شهری به مدت ۵ سال متوالی (آچوبا و همکاران، ۲۰۰۹)، ۴ سال متوالی (رز و همکاران، ۲۰۰۴) و ۲ سال متوالی (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳) سبب افزایش سطح نیتروژن کل خاک شده است که به علت آزادسازی تدریجی نیتروژن در اثر کاربرد طولانی مدت کمپوست ضایعات شهری می‌باشد (ارهاث و همکاران، ۲۰۰۵). جیوسکوانی و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیقات خود بر روی کمپوست نشان دادند که نیتروژن کل در خاک با کاربرد کمپوست در

مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشته است. با توجه به این که کمپوست زباله شهری دارای مواد آلی فراوانی است می‌توان گفت افزایش نیتروژن خاک در تیمارهای دارای کمپوست به دلیل داشتن مواد آلی فراوان می‌باشد. تاراسون و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی کاربرد پسماندهای آلی مختلف بر مقدار نیتروژن در خاک گزارش کردند که افزودن پسماندهای آلی به خاک باعث افزایش نیتروژن خاک می‌شود.

۴-۲-۲- فسفر قابل جذب خاک

بیشترین مقدار فسفر قابل جذب خاک بر اساس جدول (۴-۴) مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۰.۷۵٪ کود شیمیایی (۳۳/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳۰/۹۹٪ افزایش را نشان می‌دهد. بین این تیمار با تیمارهای ۴۵ تن کمپوست، ۴۵ تن کمپوست به همراه ۰.۲۵٪ کود شیمیایی و ۴۵ تن کمپوست به همراه ۰.۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کم‌ترین میزان فسفر قابل جذب خاک (۹/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

در این آزمایش میزان فسفر قابل جذب در نتیجه مصرف کمپوست افزایش یافته است. استفاده توأم کمپوست زباله شهری با کود شیمیایی توانسته میزان فسفر بیشتری را نشان دهد (جدول ۴-۴). افزایش میزان فسفر قابل دسترس خاک در اثر افزودن کمپوست ضایعات شهری طی دو سال متوالی با یافته‌های سوماره و همکاران (۲۰۰۳) و مخبلا و وارمن (۲۰۰۵) مطابقت دارد. سیلیسپور و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند مصرف کمپوست همراه با کود شیمیایی به ویژه کود فسفره سبب بالا رفتن غلظت فسفر خاک می‌شود. ساها و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند حرکت فسفر در خاک بستگی زیادی به شرایط زنده و غیر زنده خاک دارد و آنزیم‌های مسئول معدنی شدن فسفر ممکن است از میکروارگانیسم‌های موجود در خاک، ریشه گیاهان و یا از منابع کودهای آلی به دست آیند. بورکا و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند کاربرد کودهای آلی باعث کاهش تثبیت فسفر در خاک و افزایش فعالیت میکروبی خاک گردید که در نهایت قابلیت دسترسی فسفر برای گیاهان را افزایش می‌دهد. جیوسکوانی و همکاران

(۱۹۹۸) و لبسکی و لمب (۲۰۰۳) بیان داشتند که شاید یکی از دلایل افزایش حلالیت فسفر در نتیجه افزودن کمپوست، حضور فسفر زیاد در کمپوست و تشکیل کمپلکس‌های فسفو هیومیک باشد که باعث کند شدن فرآیند تثبیت فسفر در خاک می‌شود. معزاردلان و ثواقبی فیروزآبادی (۱۳۸۱) گزارش دادند حداکثر قابلیت استفاده فسفر در خاک در پ- هاش بین ۶ تا ۶/۵ است.

با توجه به دلایل فوق می‌توان نتیجه گرفت افزایش مقدار فسفر قابل جذب در خاک به دلیل حضور بالای فسفر در کمپوست زباله شهری، کاهش پ- هاش خاک و تولید ترکیبات کمپلکس می‌باشد که سبب افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک گردید.

۴-۲-۳- پتاسیم قابل جذب خاک

بر اساس جدول (۴-۴) مصرف ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی دارای بیشترین مقدار پتاسیم قابل جذب (۳۲۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۷۴٪ افزایش را نشان داد که بین این تیمار با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. کم‌ترین میزان پتاسیم قابل جذب مربوط به تیمار شاهد می‌باشد که با تیمار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

میزان پتاسیم قابل جذب با توجه به جدول (۴-۴) با مصرف کمپوست زباله شهری افزایش یافته که آن را می‌توان به مقدار بالای پتاسیم در کمپوست نسبت داد. هرچند مصرف کمپوست همراه با کود شیمیایی مقدار بیشتری دربر داشت. با افزایش پ- هاش خاک به بیش از حالت خنثی، بار منفی اکسید و هیدروکسیدها افزایش یافته و باعث افزایش جذب سطحی یون پتاسیم و در نتیجه کاهش پتاسیم محلول خاک می‌شود (معزاردلان و ثواقبی فیروزآبادی، ۱۳۸۱). بنابراین افزایش میزان پتاسیم در خاک در این آزمایش به دلیل مقدار فراوان پتاسیم در کمپوست و کاهش پ- هاش در نتیجه استفاده از کمپوست می‌باشد. باتاچاری و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند در اثر کاربرد ۳ سال متوالی کمپوست زباله شهری تنها و همراه با کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک تحت کشت برنج، سطح پتاسیم تبدالی خاک در

اثر کاربرد کودهای آلی و معدنی پتاسیم‌دار افزایش یافت و این افزایش با افزایش سال‌های مصرف کمپوست مطابقت دارد. نتایج حاصل از تحقیق حاتم و همکاران (۱۳۸۸) نشان می‌دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری در خاک تحت کشت ذرت غلظت پتاسیم خاک افزایش یافته است. هارگریوز و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند غلظت پتاسیم خاک وقتی که مقادیر خیلی کمی از کمپوست زباله شهری مصرف شود، افزایش می‌یابد که به علت قابل جذب بودن پتاسیم موجود در کمپوست می‌باشد و نیز اظهار داشتند که از کل پتاسیم موجود در کمپوست زباله شهری ۴۸ - ۳۶ درصد آن برای گیاهان قابل جذب می‌باشد. راماداس و پلنی یاردی (۲۰۰۷) گزارش دادند سطح پتاسیم در خاک با کاربرد کمپوست زباله شهری غنی شده با کودهای شیمیایی بیشتر از تیمار شاهد بوده و مصرف کمپوست زباله شهری همراه با کودهای شیمیایی در خاک حداکثر مقدار پتاسیم را نسبت به مصرف جداگانه کمپوست زباله شهری نشان داد. ایشان همچنین دریافتند که مقدار پتاسیم در خاک با افزایش مقدار مصرف کمپوست زباله شهری افزایش می‌یابد و با تلفیق کودهای معدنی با کمپوست زباله شهری می‌توان مقدار پتاسیم قابل جذب را در مزرعه افزایش داد و مقدار این عنصر را در گیاه بالا برد.

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیترژن (%)	تیمار
۲۴۶/۹ ^d	۹/۹۹ ^f	۰/۱۹ ^f	شاهد
۲۷۵/۴ ^{bcd}	۱۲/۶۸ ^{ef}	۰/۲۱ ^{ef}	کود شیمیایی
۲۷۵/۴ ^{bcd}	۱۳/۲۹ ^{ef}	۰/۲۲ ^{def}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری
۲۷۴/۸ ^{cd}	۱۴/۷۲ ^{df}	۰/۲۴ ^{def}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۲۸۴/۷ ^{bcd}	۱۸/۵۹ ^d	۰/۲۴ ^{def}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۲۸۴/۷ ^{bcd}	۱۸/۹۱ ^d	۰/۲۴ ^{def}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۳۰۳/۳ ^{bc}	۱۹/۰۲ ^d	۰/۲۵ ^{cde}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری
۳۰۳/۹ ^{bc}	۲۴/۲۴ ^c	۰/۲۵ ^{cde}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۳۱۳/۲ ^{bc}	۲۵/۸۴ ^{bc}	۰/۲۶ ^{bcd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۳۱۳/۲ ^{bc}	۲۶/۹۴ ^{bc}	۰/۲۹ ^{abc}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۳۱۳/۲ ^{bc}	۲۹/۰۹ ^{ab}	۰/۲۹ ^{abc}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری
۳۱۳/۵ ^{bc}	۲۹/۳۱ ^{ab}	۰/۲۹ ^{abc}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۳۱۳/۸ ^b	۳۰/۱۷ ^{ab}	۰/۳۰ ^{ab}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۳۲۲/۸ ^a	۳۳/۰۰ ^a	۰/۳۳ ^a	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی

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

۴-۳- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر کم مصرف قابل جذب خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۵) نشان می دهد، اثر تیمارها بر غلظت عناصر منگنز، مس و روی در

سطح ۱٪ و بر غلظت عنصر آهن در سطح ۵٪ معنی دار گشته است.

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم مصرف در خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن	منگنز	مس	روی
تکرار	۲	۱۹۸/۹۷۷	۰/۰۵۱	۲/۰۲۸	۸/۳۶۳
تیمار	۱۳	۲۶۴/۰۱۳۶*	۹/۱۳۵**	۱۸/۶۵۴**	۱۴۱/۸۸۲**
خطا	۲۶	۱۱۹/۱۵۲	۰/۲۵۲	۰/۷۸۵	۷/۲۰۳
ضرب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۵۱	۳/۴۴	۸/۲۲	۱۷/۳۵

* و ** معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

۴-۳-۱- آهن قابل جذب خاک

بر اساس جدول (۴-۶) بیشترین مقدار آهن قابل جذب خاک با مصرف ۴۵ تن کمپوست با ۶۴/۶۲٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد به دست آمد. بین این تیمار با تیمارهای ۳۰ تن کمپوست زباله شهری به همراه ۱/۴، ۲/۴، ۳/۴، ۴۵ تن کمپوست به همراه ۱/۴، ۲/۴ و ۳/۴ کود شیمیایی اختلاف معنی داری وجود نداشت. با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری میزان آهن قابل جذب خاک افزایش یافت به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست میزان آهن به ترتیب ۶۵/۶۹، ۷۱/۵۹ و ۹۷/۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. کمترین میزان آهن قابل جذب خاک مربوط به تیمار شاهد می باشد.

میزان آهن با توجه به جدول (۴-۶) با مصرف کمپوست زباله شهری افزایش یافته است. سالاردینی (۱۳۸۲) از دلایلی که موجب افزایش محلولیت آهن خاک می شود را به افزایش کودهای آلی و عدم مصرف آب های حاوی بی کربنات دانسته است. جعفری و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان نمودند که پتاسیم تحرک و انحلال آهن را افزایش می دهد. تجزیه های انجام شده بر روی نمونه های کمپوست نشان می دهد که کمپوست حاوی مقدار زیادی ماده آلی، ماکروالمنت و میکروالمنت مورد نیاز گیاهان می باشد. مقدار عناصر آهن، منگنز، روی و مس در کود کمپوست زباله شهری حدود ۱۰ بار بیشتر از کودهای آلی نظیر کود گاوی، گوسفندی و یا مرغی است (بای بوردی و همکاران، ۱۳۷۹). افزایش مقادیر زیاد مواد آلی به خاکها موجب کاهش پ- هاش و همچنین به دلیل اینکه مواد آلی حاوی مقادیر زیادی از عناصر غذایی گیاه از جمله آهن هستند، غلظت قابل جذب این عنصر را در خاک افزایش می دهد (کبیری نژاد و همکاران، ۱۳۸۸). درون ماده آلی به دلیل فعالیت موجودات ریز خاک مواد اسیدی تولید و ترشح می شود که با خروج از ماده آلی، خاک اطراف خود را تا حدودی تحت تأثیر قرار می دهد، برخورد ریشه با چنین خاکی به جذب آهن بسیار کمک می کند (چراتی و همکاران، ۱۳۸۸). مطالعات دیگر نشان می دهد که با افزودن کمپوست حاصل از زباله شهری در خاک، آهن قابل دسترس خاک به طور معنی دار افزایش یافت

(وارمن و همکاران، ۲۰۰۹). نژادحسینی و آستارایی (۱۳۸۹) بیان نمودند باقیمانده کودهای آلی بر مقدار عناصر قابل عصاره‌گیری با DTPA خاک اثر معنی‌دار و افزایشی داشت که این موضوع بیانگر این است که کودهای آلی منبع مناسبی برای بهبود و افزایش کیفیت و حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود.

۴-۳-۲- منگنز قابل جذب خاک

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای جدول (۴-۶) نشان می‌دهد، تیمار ۴۵ تن کمپوست با ۵۱/۳۰٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد دارای بیشترین غلظت منگنز قابل جذب خاک می‌باشد. بین این تیمار با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کم‌ترین میزان منگنز قابل جذب خاک مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

همانطور که جدول (۴-۶) نشان می‌دهد مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش مقدار منگنز قابل جذب در خاک نسبت به تیمار شاهد شده است، که دلیل آن را می‌توان محتوای بالای منگنز در کود کمپوست و اثراتی که کمپوست بر پ-هاش خاک می‌گذارد دانست.

مقدار منگنز خاک به عواملی چون پ-هاش خاک، مقدار مواد آلی و فعالیت میکروبی در خاک بستگی دارد. مقدار منگنز قابل جذب در خاک‌های اسیدی به دلیل انحلال ترکیبات منگنز در پ-هاش پایین، بالاتر است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر پ-هاش، آب خاک یا تهویه که به وسیله پتانسیل اکسایش - کاهش اندازه‌گیری می‌شود بر مقدار منگنز قابل جذب خاک تأثیر می‌گذارد (معزاردلان و ثواقبی فیروزآبادی، ۱۳۸۱). موسوی و احمدآبادی (۱۳۹۲) در آزمایش خود که مقایسه پتانسیل لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری از نظر غنی کردن با عناصر ریزمغذی بود، بیان نمودند بیشترین میزان منگنز قابل جذب خاک با کاربرد ۳ ساله ۴۰ تن کمپوست زباله شهری به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی بود که حدود ۲۰/۴ درصد افزایش نسبت به میزان اندازه‌گیری شده در تیمار شاهد بود که با نتایج آلوفلافه (۲۰۰۸) مطابقت دارد، وی دلیل این امر را سطوح بالای منگنز در کمپوست زباله شهری می‌داند.

۴-۳-۳- مس قابل جذب خاک

نتایج جدول (۴-۶) نشان می‌دهد بیشترین مقدار مس قابل جذب خاک با مصرف ۴۵ تن کمپوست به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۴۲/۷٪ افزایش داشت که بین این تیمار با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کم‌ترین میزان مس قابل جذب خاک در تیمار شاهد می‌باشد که با تیمار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد.

با مصرف کمپوست زباله شهری میزان مس خاک افزایش یافت (جدول ۴-۶) که می‌تواند به دلیل میزان بالای مس در کمپوست زباله شهری باشد (جدول ۳-۱). بر این اساس جعفری و همکاران (۱۳۸۸) بیان نمودند ماده آلی توانایی تولید ترکیبات محلول مس‌دار را دارد که در این ترکیبات بین مس و اسید فولویک و مولکول‌های آلی خاص اتصال ایجاد شده و سبب محلولیت مس می‌گردد. همچنین در این تحقیق کمپوست زباله شهری میزان مس قابل جذب را از طریق کاهش پ- هاش افزایش داده است (جدول ۵-۲). کاهش پ- هاش جذب مس بر روی سطوح کلئیدی خاک را کاهش و به این طریق میزان مس محلول افزایش می‌یابد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸). عیاری و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله شهری غلظت مس قابل جذب در خاک را افزایش داده است. هیف و همکاران (۲۰۰۷) در طی آزمایشی که به منظور بررسی اثر کاربرد کمپوست بر میزان عناصر ریزمغذی در خاک در مقایسه با کود شیمیایی انجام دادند نتیجه گرفتند خاک‌های تحت تیمار کمپوست غلظت بیشتری از مس، روی و آهن را نسبت به تیمار کود شیمیایی دارند، به علاوه کاربرد این پسماندهای آلی در کشاورزی با احیای چرخه عناصر آثار مفیدی بر حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهان دارد.

۴-۳-۴- روی قابل جذب خاک

بیشترین مقدار روی قابل جذب خاک در تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۲۶۴/۳٪ افزایش داشته است. بین این تیمار با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه

۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری میزان روی قابل جذب خاک افزایش یافت به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست میزان روی به ترتیب ۱/۵۶، ۲/۹۳ و ۳/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. کم‌ترین میزان روی قابل جذب خاک در تیمار شاهد می‌باشد که با تیمار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد.

کمبود روی و عوارض خطرناک آن در غالب خاک‌های ایران چه آهکی و قلیایی مناطق خشک یا خاک‌های خنثی و کمی اسیدی شمال ایران مشاهده شده است (سالاردینی، ۱۳۸۲). با توجه به جدول (۴-۶) مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش روی قابل جذب خاک شده است که می‌توان آن را به میزان بالای روی در کمپوست و اثری که کمپوست در کاهش پ-هاش خاک و در نتیجه افزایش حلالیت روی داشته است نسبت داد.

اسچیمت (۲۰۰۳) تشکیل کمپلکس‌های آلی را عامل اصلی افزایش قابلیت جذب روی و مس در نتیجه مصرف پسماندهای آلی معرفی کرده است. ژانگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله شهری در مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ تن در هکتار در خاک لومی رسی سیلتی ($pH = 5/8$) و لومی سیلتی ($pH = 6/8$) تحت کشت ذرت و جو باعث افزایش میزان روی خاک شد. ابطحی و همکاران (۱۳۸۷) با کاربرد سطوح مختلف کمپوست زباله شهری در خاک یافتند که استفاده از کمپوست سبب افزایش غلظت روی و مس قابل جذب خاک شد به طوری که با کاربرد کمپوست غلظت روی و مس قابل عصاره‌گیری با DTPA در مقایسه با تیمار شاهد و کود شیمیایی افزایش یافته است. آنها پایین آمدن پ-هاش خاک‌های تیمار شده کمپوست را به دلیل افزایش حلالیت عناصر کم‌مصرف می‌دانند.

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم مصرف در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)

تیمار	آهن	منگنز	مس	روی
شاهد	۵۹/۳۷ ^d	۱۱/۵۰ ^g	۶/۱۷ ^e	۱/۱۵ ^e
کود شیمیایی	۶۱/۱۱ ^{cd}	۱۱/۶۰ ^g	۶/۲۲ ^e	۱/۲۹ ^e
۱۵ تن کمپوست زباله شهری	۶۵/۶۹ ^{bcd}	۱۳/۹۰ ^f	۸/۴۱ ^d	۱/۵۶ ^d
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۶۹/۷۹ ^{bcd}	۱۳/۹۰ ^f	۱۰/۴۵ ^c	۱/۷۷ ^d
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۷۱/۲۵ ^{bcd}	۱۴/۰۳ ^{ef}	۱۰/۵۱ ^c	۲/۷۴ ^c
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۷۱/۳۱ ^{bcd}	۱۴/۲۶ ^{def}	۱۰/۹۰ ^{bc}	۲/۷۹ ^c
۳۰ تن کمپوست زباله شهری	۷۱/۵۹ ^{bcd}	۱۴/۳۰ ^{def}	۱۱/۰۸ ^{bc}	۲/۹۳ ^c
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۷۸/۳۳ ^{abc}	۱۴/۳۳ ^{def}	۱۱/۲۰ ^{bc}	۲/۹۸ ^c
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۷۸/۷۵ ^{abc}	۱۴/۸۳ ^{def}	۱۱/۴۶ ^{bc}	۲/۹۸ ^c
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۸۰/۴۸ ^{ab}	۱۴/۹۳ ^{de}	۱۱/۵۰ ^{bc}	۳/۰۹ ^{bc}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری	۹۷/۷۴ ^a	۱۷/۴۰ ^a	۱۴/۹۸ ^a	۳/۱۰ ^{bc}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۸۳/۶۶ ^{ab}	۱۷/۲۶ ^a	۱۴/۱۰ ^a	۳/۱۳ ^{bc}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۸۳/۵۰ ^{ab}	۱۶/۳۳ ^{bc}	۱۲/۲۱ ^b	۳/۷۸ ^{ab}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۸۰/۵۸ ^{ab}	۱۵/۷۳ ^{cd}	۱۱/۸۴ ^{bc}	۴/۱۹ ^a

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

۴-۴- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس (۷-۴) نشان می‌دهد، اعمال تیمارها تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن و فسفر برگ نداشته ولی بر میزان پتاسیم برگ در سطح ۱٪ اثر معنی‌دار داشته است.

جدول ۷-۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تکرار	۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱
تیمار	۱۳	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{**}
خطا	۲۶	۰/۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۶/۳۱	۹/۸۸	۸/۱۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ns عدم تفاوت معنی‌دار

۴-۴-۱- پتاسیم برگ

مقایسه میانگین تیمارها جدول (۸-۴) نشان می‌دهد، بیشترین میزان پتاسیم برگ با مصرف ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۳۷/۲۵٪ افزایش را نشان می‌دهد که با تیمارهای ۳۰ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی، ۴۵ تن کمپوست زباله شهری، ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵ و ۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. نتایج همچنین نشان می‌دهد مصرف کمپوست زباله شهری همراه با کود شیمیایی تأثیر بیشتری در مقدار پتاسیم برگ داشته است. کمترین میزان پتاسیم برگ مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

جدول ۴-۸- مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عنصر پتاسیم در برگ (%)

پتاسیم	تیمار
۰/۵۱ ^f	شاهد
۰/۵۱ ^f	کود شیمیایی
۰/۵۴ ^{ef}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری
۰/۵۴ ^{ef}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۰/۵۴ ^{ef}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۰/۵۵ ^{def}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۰/۵۶ ^{def}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری
۰/۵۷ ^{cdef}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۰/۶۰ ^{bcde}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۰/۶۳ ^{abcd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۰/۶۵ ^{abc}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری
۰/۶۳ ^{abcd}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۰/۶۸ ^{ab}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۰/۷۰ ^a	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی

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

۴-۵- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر پرمصرف دانه

نتایج تجزیه واریانس مقدار عناصر پرمصرف در دانه برنج در جدول (۴-۹) آورده شده است. اثر تیمارها بر درصد عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گشته است.

جدول ۴-۹- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در دانه

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	درجه آزادی	منابع تغییرات
۴۲/۵۹۵	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۵	۲	تکرار
۱۸۱/۳۷۷ ^{**}	۰/۰۰۱۶۰ ^{**}	۰/۰۲ ^{**}	۱۳	تیمار
۱۴/۷۲۳	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۳	۲۶	خطا
۱۱/۶۴	۷/۳۰	۲/۶۷	-	ضریب تغییرات (درصد)

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

۴-۵-۱- نیتروژن دانه

نتایج مقایسه میانگین تیمارها جدول (۴-۱۰) نشان می‌دهد، بیشترین درصد نیتروژن دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۱۶/۸۳٪ افزایش نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش در مقدار کمپوست زباله شهری میزان نیتروژن در دانه افزایش یافته است. بین این تیمار با تیمارهای شاهد، کود شیمیایی و ۱۵ تن کمپوست زباله شهری اختلاف معنی‌داری وجود داشت. کمترین میزان نیتروژن دانه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

۴-۵-۲- فسفر دانه

بر اساس جدول (۴-۱۰) بیشترین میزان فسفر دانه با مصرف ۴۵ تن کمپوست به همراه با ۷۵٪ کود شیمیایی به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۶۱/۹۰٪ افزایش را نشان می‌دهد که با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری میزان فسفر دانه افزایش یافت به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست میزان فسفر به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲۶ و ۰/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. کمترین میزان فسفر دانه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

۴-۵-۳- پتاسیم دانه

بر اساس نتایج جدول (۴-۱۰) بیشترین میزان پتاسیم دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۱۱۸ درصد افزایش را نشان می‌دهد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین میزان پتاسیم دانه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

جدول ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در دانه

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (%)	تیما
۰/۵۰ ^f	۰/۲۱ ^h	۱/۹۶ ^d	شاهد
۰/۵۸ ^{ef}	۰/۲۱ ^h	۲/۰۰ ^{cd}	کود شیمیایی
۰/۷۳ ^{de}	۰/۲۳ ^{gh}	۲/۰۱ ^{bcd}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری
۰/۷۳ ^{de}	۰/۲۳ ^{gh}	۲/۰۸ ^{abcd}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۰/۷۹ ^{cd}	۰/۲۴ ^{fgh}	۲/۰۹ ^{abcd}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۰/۸۱ ^{cd}	۰/۲۵ ^{efg}	۲/۰۹ ^{abcd}	۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۰/۸۷ ^{bcd}	۰/۲۶ ^{def}	۲/۱۰ ^{abcd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری
۰/۸۸ ^{bcd}	۰/۲۷ ^{cde}	۲/۱۵ ^{abcd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۰/۸۹ ^{bcd}	۰/۲۷ ^{cde}	۲/۱۶ ^{abcd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۰/۹۳ ^{bc}	۰/۲۸ ^{cd}	۲/۱۷ ^{abcd}	۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی
۰/۹۳ ^{bc}	۰/۳۰ ^{bc}	۲/۲۲ ^{abc}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری
۰/۹۵ ^{bc}	۰/۳۰ ^{bc}	۲/۲۲ ^{abc}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۱/۰۳ ^b	۰/۳۲ ^{ab}	۲/۲۳ ^{ab}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۱/۰۹ ^a	۰/۳۴ ^a	۲/۲۹ ^a	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی

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

۴-۶- عناصر پرمصرف گیاه

۴-۶-۱- نیتروژن گیاه

بر اساس جدول (۴-۱۰) میزان نیتروژن در دانه با مصرف کمپوست زباله شهری و افزایش در سطوح کاربرد آن افزایش یافت. همچنین مصرف توأم کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی تأثیر بیشتری در افزایش میزان نیتروژن در دانه داشته است. البته مصرف جداگانه کمپوست زباله شهری نیز اثر افزایشی در نیتروژن دانه نسبت به تیمار شاهد داشته است.

نیتروژن به شکل آمونیوم برای برنج غرقاب شده موثر واقع می شود، دوام آن در خاک بیشتر است و گیاه می تواند از آن استفاده کند. حال آن که نیتروژن در شکل نترات با عمل دنیتریفیکاسیون به صورت

گاز در آمده و از دسترس گیاه خارج می‌گردد و مقدار آن در خاک کاهش می‌یابد (جعفری و پناهی، ۱۳۹۰). میلاراپو و زینتی (۲۰۰۹) بیان داشتند نیتروژن معدنی شده در کمپوست برای تمام دوران رشد گیاه قابل دسترس است اما نیتروژن 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 می‌تواند به عنوان یک منبع آزادسازی کند و سریع نیتروژن عمل نماید و نیتروژن مورد نیاز دوره‌های مختلف رشد گیاه را فراهم نماید. سیلیسپور و همکاران (۱۳۹۲) بیان داشتند حضور کودهای نیتروژنی در آخر فصل رشد غلات یا پس از دوره‌ی گلدهی سبب افزایش مقدار پروتئین دانه می‌شود. از آنجایی که کمپوست مانع از آبشویی نیتروژن می‌شود و نیتروژن موجود را برای مدت طولانی‌تری در اختیار گیاه قرار می‌دهد، بنابراین با افزودن کمپوست زباله شهری درصد پروتئین دانه گندم افزایش می‌یابد. بررسی رسولی و مفتون (۱۳۸۷) نشان داد مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش نیتروژن دانه گردید. گوش و همکاران (۲۰۰۴) درصد بالاتر نیتروژن دانه سویا و سورگم را در تیمار ۵ تن در هکتار کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی مشاهده کردند. در تحقیقی دیگر تیمار ۱۹ تن در هکتار کمپوست ضایعات نساجی میزان تجمع نیتروژن لوبیا چشم بلبلی را در حد قبولی در مقایسه با شاهد افزایش داد (آراجو و همکاران، ۲۰۰۷).

محصول اصلی معدنی شدن نیتروژن آلی آمونیوم است که این فرم نیتروژن توسط آبشویی هدر نمی‌رود. اگر آمونیوم توسط گیاه جذب نشود در فرآیند نیتریفیکاسیون به نترات تبدیل می‌شود. نترات به آسانی می‌تواند آبشویی یافته و یا در فرآیند دنیتریفیکاسیون به اکسید نیتروز (N_2O) و گاز N_2 تبدیل شود و از دسترس گیاه خارج گردد (نیشابوری و ریحانی‌تبار، ۱۳۸۹).

۴-۶-۲- فسفر گیاه

میران فسفر در دانه در نتیجه استفاده کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است و این افزایش در تیمار های همراه با کود شیمیایی محسوس تر بوده است (جدول ۴-۱۰).

محققین دریافتند که تلفیق کمپوست زباله شهری با کود شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم درصد فسفر قابل جذب شده توسط گیاه را افزایش داده است (سوماره و همکاران، ۲۰۰۳) که با نتایج مبارکی و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه یونجه مطابقت دارد، آنها از دلایل عمده افزایش جذب فسفر در اثر مصرف کمپوست را افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفر معدنی در خاک و بالا بودن غلظت این عنصر در کمپوست بیان نمودند. مطالعات زیادی نشان داده است که استفاده از موآلی در خاک، فسفر قابل دسترس گیاهان را افزایش می‌دهد و به طور غیرمستقیم از رسوب فسفات به صورت فسفات آهن و آلومینیوم و فسفات کلسیم که به شکل غیر قابل جذب برای گیاهان است جلوگیری می‌کند (سیسیل و تستر، ۱۹۹۰). 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 کاربرد کمپوست افزایش یافت. همچنین میزان فسفر و پتاسیم در تیمارهای دارای کمپوست زباله شهری بیشتر از گیاهان تیمار شده با کود شیمیایی بود (بارتال و همکاران، ۲۰۰۴).

۴-۶-۳- پتاسیم گیاه

نتایج حاصل از تحقیق باتاچاری و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی تأثیر کمپوست زباله شهری بر جذب پتاسیم توسط گیاه برنج نشان داده است که در اثر مصرف کمپوست زباله شهری میزان جذب پتاسیم توسط دانه و اندام هوایی گیاه افزایش می‌یابد. وارمن و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند مصرف مکرر کمپوست حاصل از زباله اثر معنی‌دار بر میزان پتاسیم برگ داشته و در کل کود کمپوست می‌تواند تأمین کننده‌ی عناصر غذایی ضروری برای گیاه باشد.

در این آزمایش مصرف کمپوست زباله شهری سبب افزایش مقدار پتاسیم در برگ و دانه گیاه شده است. مصرف توأم کمپوست و کود شیمیایی تأثیر بیشتری در میزان پتاسیم گیاه داشته است.

۴-۷- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر کم مصرف برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۱۱) نشان می دهد، اعمال تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر غلظت

عناصر آهن، روی، مس و منگنز برگ برنج معنی دار گشته است.

جدول ۴-۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم مصرف در برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن	منگنز	مس	روی
تکرار	۲	۳۰۰/۵۱	۰/۸۶	۰/۲۷۵	۰/۵۹۸
تیمار	۱۳	۱۲۲۲۰/۹۸**	۱۷۱۸/۹۸**	۱۲/۲۴۶**	۲۹/۳۹۱**
خطا	۲۶	۱۴۶/۲۵	۱۵۱/۶۳	۰/۹۶۰	۰/۳۵۵
ضرب تغییرات (درصد)	-	۷/۶۸	۹/۴۶	۹/۳۱	۲/۶۱

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

۴-۷-۱- آهن برگ

بیشترین میزان آهن برگ در تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی می باشد که نسبت به تیمار شاهد ۷۰/۳۳٪ افزایش نشان داد. بین این تیمار با تیمارهای ۳۰ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی، ۴۵ تن کمپوست، ۴۵ تن کمپوست به همراه ۵۰٪ و ۷۵٪ اختلاف معنی داری وجود ندارد. همچنین نتایج جدول (۴-۱۲) نشان می دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت آهن در برگ افزایش یافت به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست غلظت آهن به ترتیب ۹۵/۸۷، ۱۱۹/۵۵ و ۱۳۱/۴۴ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. کمترین میزان آهن برگ مربوط به تیمار کود شیمیایی می باشد که با تیمار شاهد اختلاف معنی دار ندارد.

۴-۷-۲- منگنز برگ

جدول (۴-۱۲) نشان می‌دهد بیشترین میزان منگنز برگ در تیمار ۴۵ تن کمپوست به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۸۱/۱۶٪ افزایش نشان می‌دهد. بین این تیمار با تیمارهای ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ و ۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت منگنز در برگ افزایش یافت به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست غلظت منگنز در برگ به ترتیب ۱۰۵/۷۸، ۱۲۹/۵۵ و ۱۷۰/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. کم‌ترین میزان منگنز برگ مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

۴-۷-۳- مس برگ

بر اساس جدول (۴-۱۲) بیشترین میزان مس برگ با مصرف ۴۵ تن کمپوست به دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد ۱۰۳/۳٪ افزایش نشان می‌دهد که این تیمار با تیمارهای ۴۵ کمپوست به همراه ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت مس در برگ افزایش یافت به طوری که در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست غلظت مس در برگ به ترتیب ۹/۱۱، ۹/۵۵ و ۱۳/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. کم‌ترین میزان مس برگ مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

۴-۷-۴- روی برگ

نتایج مقایسه میانگین جدول (۴-۱۲) نشان می‌دهد بیشترین غلظت روی برگ با مصرف ۴۵ تن کمپوست به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۴۸/۰۶٪ افزایش داشته است که این تیمار با تیمارهای ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪، ۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری ندارد. همچنین نتایج جدول (۴-۱۲) نشان می‌دهد با افزایش سطوح کمپوست زباله شهری غلظت روی در برگ افزایش یافت به طوری که

در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن کمپوست غلظت روی در برگ به ترتیب ۱۹/۴۳، ۲۲/۸۳ و ۲۷/۱۴ میلی-گرم بر کیلوگرم می‌باشد. کمترین میزان روی برگ مربوط به تیمار کود شیمیایی و شاهد می‌باشد.

جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم‌مصرف در برگ (میلی-گرم بر کیلوگرم)

تیمار	آهن	منگنز	مس	روی
شاهد	۸۶/۸۹ ^f	۹۴/۳۳ ^g	۶/۶۶ ^h	۱۸/۳۳ ^h
کود شیمیایی	۹۲/۰۳ ^f	۱۰۴/۱۱ ^{fg}	۸/۴۴ ^g	۱۸/۵۳ ^{gh}
۱۵ تن کمپوست زباله شهری	۹۵/۷۸ ^{ef}	۱۰۵/۷۸ ^{fg}	۹/۱۱ ^{fg}	۱۹/۴۳ ^{fg}
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۹۶/۸۸ ^{ef}	۱۰۸/۲۲ ^{fg}	۹/۳۳ ^{fg}	۲۰/۰۰ ^f
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۱۰۰/۷۸ ^{def}	۱۱۲/۶۷ ^{efg}	۹/۳۳ ^{fg}	۲۰/۲۶ ^f
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۱۱۴/۱۱ ^{cde}	۱۱۷/۳۳ ^{ef}	۹/۵۵ ^{efg}	۲۱/۸۰ ^e
۳۰ تن کمپوست زباله شهری	۱۱۹/۵۵ ^{bcd}	۱۲۹/۵۵ ^{de}	۹/۵۵ ^{efg}	۲۲/۸۳ ^d
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۱۲۱/۷۸ ^{bc}	۱۳۱/۶۷ ^{de}	۱۰/۶۶ ^{def}	۲۳/۲۰ ^d
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۱۲۳/۹۹ ^{bc}	۱۳۸/۳۳ ^{cd}	۱۱/۱۰ ^{cde}	۲۳/۶۶ ^d
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۱۳۰/۳۳ ^{abc}	۱۴۳/۱۱ ^{cd}	۱۱/۴۴ ^{bcd}	۲۵/۱۶ ^c
۴۵ تن کمپوست زباله شهری	۱۳۱/۴۴ ^{abc}	۱۷۰/۸۹ ^a	۱۳/۵۴ ^a	۲۷/۱۴ ^a
۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۱۴۸/۰۰ ^a	۱۶۳/۷۷ ^{ab}	۱۳/۲۷ ^a	۲۶/۶۰ ^{ab}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۱۴۵/۳۳ ^a	۱۵۶/۰۰ ^{abc}	۱۲/۷۷ ^{ab}	۲۶/۱۳ ^{ab}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۱۳۷/۲۲ ^{ab}	۱۴۵/۸۸ ^{bcd}	۱۲/۵۵ ^{abc}	۲۶/۰۳ ^{bc}

در هر ستون تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

۴-۸- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر کم‌مصرف دانه

نتایج تجزیه واریانس جدول (۴-۱۳) نشان می‌دهد، اثر تیمارها بر غلظت آهن، منگنز، مس و روی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گشته است.

جدول ۴-۱۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن	منگنز	مس	روی
تکرار	۲	۴۷/۷۶	۰/۴۸	۰/۹۶۹	۰/۰۰۰۶۴
تیمار	۱۳	۳۵۰/۷۶**	۲۴/۰۳**	۲۱/۴۹۵**	۳/۵۳۷**
خطا	۲۶	۱۰۲/۵۰	۰/۱۳	۰/۶۲۳	۰/۰۸۵
ضرب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۳۴	۰/۸۶	۱۱/۰۲	۱/۱۱

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

۴-۸-۱- آهن دانه

مقایسه میانگین تیمارهای جدول (۴-۱۴) نشان می‌دهد، بیشترین میزان غلظت آهن دانه با مصرف ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۸/۸۷٪ افزایش نشان داد. بین این تیمار و تیمارهای ۴۵ تن کمپوست، ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ و ۵۰٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کم‌ترین میزان آهن دانه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

۴-۸-۲- منگنز دانه

بر اساس جدول (۴-۱۴) بیشترین غلظت منگنز مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد ۲۶٪ افزایش نشان داد، همچنین بین این تیمار با تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کم‌ترین غلظت منگنز مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

۴-۸-۳- مس دانه

بیشترین میزان مس دانه با مصرف ۴۵ تن کمپوست به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳۳/۷٪ افزایش نشان داد. بین این تیمار و بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. کم‌ترین میزان مس دانه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد (جدول ۴-۱۴).

۴-۸-۴- روی دانه

بر اساس جدول (۴-۱۴) بیشترین غلظت روی در دانه با مصرف ۴۵ تن کمپوست به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۴/۱۹٪ افزایش نشان داد. بین این تیمار با تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کمترین میزان روی دانه مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

جدول ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

تیمار	آهن	منگنز	مس	روی
شاهد	۵۱/۸۶ ^e	۳۷/۳۰ ⁱ	۴/۳۹ ^h	۲۴/۶۶ ⁱ
کود شیمیایی	۶۶/۱۸ ^{de}	۳۸/۰۳ ^h	۴/۶۹ ^{gh}	۲۵/۰۶ ^{hi}
۱۵ تن کمپوست زباله شهری	۶۷/۰۲ ^{cde}	۴۱/۸۰ ^g	۴/۹۲ ^{gh}	۲۵/۱۶ ^h
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۶۹/۹۶ ^{bcd}	۴۲/۰۰ ^{fg}	۵/۳۷ ^{fgh}	۲۵/۲۰ ^h
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۷۲/۶۸ ^{bcd}	۴۲/۴۷ ^{ef}	۵/۶۶ ^{efgh}	۲۵/۹۰ ^g
۱۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۷۴/۱۱ ^{bcd}	۴۲/۷۶ ^e	۵/۸۹ ^{efg}	۲۶/۰۳ ^{fg}
۳۰ تن کمپوست زباله شهری	۷۴/۳۴ ^{bcd}	۴۲/۸۰ ^e	۶/۶۲ ^{def}	۲۶/۲۶ ^{efg}
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی	۷۵/۸۷ ^{bcd}	۴۳/۵۰ ^d	۶/۹۵ ^{de}	۲۶/۴۶ ^{ef}
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی	۷۹/۲۴ ^{bcd}	۴۳/۶۰ ^d	۷/۲۰ ^d	۲۶/۷۰ ^{de}
۳۰ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی	۷۹/۸۶ ^{bcd}	۴۴/۳۳ ^c	۷/۲۲ ^d	۲۷/۰۳ ^{cd}
۴۵ تن کمپوست زباله شهری	۸۳/۲۰ ^{abc}	۴۶/۵۰ ^a	۱۴/۶۵ ^a	۲۸/۱۶ ^a

۲۷/۷۱ ^{ab}	۹/۸۲ ^b	۴۷/۰۰ ^a	۸۴/۶۱ ^{ab}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱/۴ کود شیمیایی
۲۷/۳۶ ^{bc}	۸/۹۵ ^{bc}	۴۵/۸۳ ^b	۸۵/۸۱ ^{ab}	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۲/۴ کود شیمیایی
۲۷/۳۳ ^{bc}	۷/۹۲ ^{cd}	۴۵/۳۶ ^b	۹۷/۴۳ ^a	۴۵ تن کمپوست زباله شهری + ۳/۴ کود شیمیایی

در هر ستون تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

۹-۴- عناصر کم‌مصرف گیاه

۹-۴-۱- آهن گیاه

جدول (۴-۱۴) نشان می‌دهد مصرف کمپوست زباله شهری به تنهایی و همراه با کود شیمیایی سبب افزایش در مقدار آهن در دانه گردیده است.

قلی‌پور (۱۳۸۹) اظهار داشت سطوح مختلف کمپوست زباله شهری سبب افزایش غلظت آهن در دانه برنج گردید. خان و اسکولین (۲۰۰۲) گزارش دادند که اسید هیومیک موجود در مواد آلی می‌تواند با عناصر کم‌مصرف خاک کمپلکس تشکیل دهد و قابلیت دسترسی آنها را برای گیاه افزایش دهد. محمودآبادی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله شهری غلظت آهن و روی جذب شده توسط ریشه، ساقه و دانه سویا را افزایش داده است که می‌تواند به علت حضور ترکیبات آلی در اثر افزودن کمپوست در خاک باشد. چن و همکاران (۲۰۰۰) 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 کلات کننده‌های آهن دانسته‌اند که به وسیله میکروارگانیزم‌های موجود در کمپوست تولید و سبب افزایش جذب آهن در گیاه می‌شود.

۴-۹-۲- منگنز گیاه

عزیززاده فیروزی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی ۳ ساله کمپوست زباله شهری بر عناصر کم مصرف دانه برنج گزارش دادند افزودن کمپوست اثر معنی دار بر غلظت منگنز دانه برنج داشته است. مواد آلی اضافه شده به خاک عوامل کلات کننده مانند فنلها و فنولیک اسید، ترکیبات پلیمری فنلها و اجزای پایدار هوموس مانند هیومیک اسید و فولویک اسید تولید می کنند این عوامل کلات کننده منگنز برای گیاهان بیشتر قابل استفاده می کنند (معزاردلان و ثوابی فیروزآبادی، ۱۳۸۱). مفتون و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی گزارش دادند کاربرد کمپوست زباله در مقادیر ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار در یک خاک لوم رسی ($EC = 0/8$ و $pH = 7/7$) تحت کشت اسفناج سبب افزایش در میزان منگنز قابل جذب خاک گردید. تحقیقات ادراگو و همکاران (۲۰۰۱) و استاماتیادیس و همکاران (۱۹۹۹) حاکی از آن است که کاربرد کمپوست در مقادیر مناسب رشد گیاه و خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود می بخشد و عناصر مغذی قابل دسترس خاک را افزایش می دهد. ملکوتی و همایی (۱۳۸۳) گزارش دادند با افزایش مواد آلی در خاک و افزایش تصاعد گاز کربنیک و در نتیجه تشدید خاصیت احیا مقدار منگنز قابل استفاده گیاه افزایش می یابد. منگنز تنها عنصری است که بیشترین میزان آن در برگ برنج وجود دارد (بنت و همکاران، ۲۰۰۰).

با توجه به جدول (۴-۱۰) و با توجه به مطالب گفته شده در بالا می توان گفت استفاده از کمپوست زباله شهری میزان منگنز قابل جذب در خاک را افزایش داده و بنابراین غلظت آن در اندامهای گیاهی (برگ و دانه) در تیمارهای دارای کمپوست زباله شهری افزایش یافته است.

۴-۹-۳- مس گیاه

در این آزمایش مصرف کمپوست زباله شهری (جداگانه و یا همراه با کود شیمیایی) توانست اثر افزایشی بر میزان مس گیاه (برگ و دانه) داشته باشد، بنابراین با توجه به میزان بالای مس در کمپوست

(جدول ۳-۱) می‌توان نتیجه گرفت که کمپوست زباله شهری می‌تواند تأمین کننده نیاز مس برای گیاه باشد.

نقوی (۱۳۸۷) در آزمایشی با اضافه کردن سطوح مختلف کمپوست زباله شهری همراه با کود شیمیایی گزارش داد غلظت مس در برگ پرچم و دانه برنج دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد بود. ابطحی و همکاران (۱۳۸۷) در آزمایشی بر روی گیاه ذرت بیان داشتند، مصرف کمپوست زباله شهری اثری معنی‌دار بر مقدار مس و روی اندام هوایی داشت. معنی‌دار شدن عناصر مس، آهن و روی در اندام هوایی برنج ممکن است به علت اضافه شدن مقدار زیادی از این عناصر به خاک در اثر استفاده از کمپوست مربوطه تغییر پ- هاش به حدود خنثی در محیط غرقاب که باعث افزایش فرم قابل جذب این عناصر می‌شود (خوشگفتارمنش و کلباسی، ۱۳۸۰). هالستد (۱۹۶۸) نیز دلیل افزایش عناصر غذایی در گیاه در کاربرد کمپوست را کمپلکس مواد آلی با این عناصر ذکر کرد که مانع از تثبیت آنها در خاک می‌گردد.

۴-۹-۴- روی گیاه

میزان روی در برگ با توجه به جدول (۴-۱۲) در نتیجه مصرف کمپوست افزایش یافت. ابطحی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیق خود گزارش دادند مصرف پسماندهای آلی (کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و کود گاوی) اثر معنی‌دار بر غلظت روی ریشه داشته است و مصرف کمپوست در دو سطح ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار افزایش معنی‌دار بر روی اندام هوایی گیاه ذرت داشته است. نژادحسینی و آستارایی (۱۳۸۹) در آزمایشی که با هدف بررسی اثر باقیمانده کود کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر گیاه گندم انجام دادند بیان نمودند اثر باقیمانده کود کمپوست زباله شهری بر مقدار عناصر روی، مس و آهن گیاه افزایش معنی‌دار داشت. در واقع با مصرف کمپوست حاصل از زباله مقدار زیادی از این عناصر به خاک اضافه شده و با افزایش مقدار قابل جذب این عنصر در خاک موجب افزایش آنها در گیاه می‌شود. کاستر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند در اثر افزودن ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به خاک،

میزان تجمع روی در ماده خشک کاهو تا حدود ۸۱/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید. ژانگ و همکاران (۲۰۰۰) ذکر کردند کاربرد کمپوست مقدار مس و روی را در محصولات گندم و جو افزایش می‌دهد.

۴-۱۰- نتیجه‌گیری

کاربرد کمپوست زباله شهری موجب افزایش غلظت عناصر غذایی قابل جذب در خاک و غلظت برخی عناصر غذایی در گیاه شده است.

بیشترین غلظت عناصر نیتروژن خاک، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب در خاک در تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی بدست آمد.

تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی بیشترین غلظت پتاسیم در برگ را دارا می‌باشد. همچنین اعمال تیمارها تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن و فسفر در برگ نداشته است.

بیشترین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی می‌باشد.

بیشترین غلظت عناصر آهن قابل جذب، منگنز قابل جذب و مس قابل جذب در خاک مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری می‌باشد.

تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی بیشترین غلظت روی قابل جذب در خاک را دارا می‌باشد.

بیشترین غلظت آهن در برگ مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی می‌باشد. همچنین بیشترین غلظت عناصر منگنز، مس و روی در برگ در تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری بدست آمد.

تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۷۵٪ کود شیمیایی بیشترین غلظت آهن در دانه را دارا می‌باشد. همچنین بیشترین غلظت عناصر منگنز، مس و روی مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست زباله شهری می‌-

باشد و بیشترین غلظت منگنز در دانه مربوط به تیمار ۴۵ تن کمپوست به همراه ۰.۲۵٪ کود شیمیایی می‌باشد.

در مجموع مصرف کمپوست زباله شهری موجب افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک و افزایش غلظت برخی از عناصر در گیاه برنج شده است.

۴-۱۱- پیشنهادات

با توجه به این که کاربرد کودهای آلی نظیر کمپوست زباله شهری در درازمدت سبب افزایش غلظت برخی املاح مضر مانند فلزات سنگین در خاک و جذب آن توسط گیاه می‌گردد، بررسی غلظت عناصر سنگین باقیمانده و تجمع یافته در اثر کاربرد چند ساله این کودها در خاک توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های شرکت کننده در چرخه عناصر غذایی خاک مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

اثرات کاربرد کودهای آلی دیگر از قبیل لجن فاضلاب، کودهای حیوانی، کودهای سبز و ... در فراهمی عناصر غذایی خاک و گیاه بررسی و مورد مقایسه قرار گیرند.

با توجه به این که در این تحقیق اثرات مفید کاربرد کمپوست زباله شهری نسبت به کود شیمیایی در افزایش جذب عناصر غذایی توسط برنج به اثبات رسیده است، تحقیقات بیشتر برای محصولات زراعی و باغی دیگر پیشنهاد می‌گردد.

منابع

منابع

- آستارایی، ع. ر. و فتاحی کیاسری، ا. (۱۳۸۵) " اثر شیرابه کمپوست زباله بر بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه فلفل ". مجله علوم کشاورزی، ۸ (۱): ۱-۱۳.
- ابراهیمی، س. بهرامی، ح. و همایی، م. ج. (۱۳۸۴). موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۴۰۱، انتشارات سنا، تهران.
- ابطحی، آ. هودجی، م. حاج رسولیها، ش. و افیونی، م. (۱۳۸۷). "تأثیر کاربرد کوتاه مدت کمپوست زباله شهری بر غلظت روی و مس خاک و گیاه ذرت". سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، دانشکده کشاورزی: ۷-۱.
- اصغری پور، م. ر. و رفیعی، م. م. (۱۳۸۸). "تأثیر کمپوست تولید شده از زباله شهری مشهد بر سبز شدن گیاهچه‌های گوجه فرنگی". مجله دانش آب و خاک، ۱۹ (۱): ۱۱-۲۷.
- افیونی، م. رضایی‌نژاد، ی. و خیام‌باشی، ب. (۱۳۷۷). " اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به وسیله اسفناج و کاهو". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲ (۱): ۱۹-۲۹.
- اکبرنژاد، ف. آستارایی، ع. فتوت، ا. و نصیری محلاتی، م. (۱۳۹۱). " اثر کمپوست پسماند زباله شهری بر خصوصیات و غلظت عناصر غذایی خاک و رشد و عملکرد ذرات علوفه‌ای ". مجله فن‌آوری تولیدات گیاهی، ۱ (۱): ۸۳-۹۷.
- اله‌دادی، ا. معماری، ع. اکبری، غ. ع. و لطفی‌فر، ا. (۱۳۹۲). " تأثیر کاربرد مقادیر متفاوت کمپوست زباله شهری بر رشد و عملکرد گیاه زراعی ماش ". مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۰ (۲): ۱۴۵-۱۶۰.
- بابائیان جلودار، ن. (۱۳۸۵). " وضعیت برنج در جهان، ایران و چالش‌های فرآوری آن ". پنجمین کنگره برنج، بابلسر، جلد ۱: ۱-۱۱.
- بای‌بوردی، م. ملکوتی، م. ج. امیر مکرری، ه. و نفیسی، م. (۱۳۷۹). " تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در کشور در راستای اهداف کشاورزی پایدار ". نشر آموزش کشاورزی.
- براهیمی، ن. افیونی، م. کرمی، م. و رضایی‌نژاد، ی. (۱۳۸۷). " اثر باقی‌مانده و تجمعی کودهای آلی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و گندم ". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴): ۸۰۳-۸۱۲.
- پرورش، ع. و شاه‌منصوری، م. (۱۳۷۳). " تهیه کودآلی کمپوست (ترجمه) ". نشر پرسش، ۳۱۲ صفحه.

پیردشتی، ه. نصیری، م. و کاظمی پشت‌مساری، ح. (۱۳۸۲). "راتون (مبختی نو در زراعت برنج)". نشر حق‌شناس، رشت.

پیردشتی، ه. بهمنیار، م. ع. و مومنی، ع. (۱۳۸۸). "تأثیر مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری به صورت جداگانه و غنی شده بر تجمع آهن، منگنز، مس و روی برگ و بذر کلزا". مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان: ۱۳۴۰-۱۳۴۲.

جعفری، م. و پناهی، ف. (۱۳۹۰). "خواص و مدیریت خاک‌ها (ترجمه)". موسسه انتشارات، دانشگاه تهران.

جعفری، م. ابراهیمی، م. خورسندی، ز. طهمورث، م. و جوادی، ا. (۱۳۸۸). "راهنمای خاک (ترجمه)". انتشارات دانشگاه تهران.

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، ۱۰۳۵-۱۰۳۴.

خندان، ا. و آستارایی، ع. ر. (۱۳۸۴). "تأثیر کودهای آلی (کمپوست زباله شهری، کود گاوی) و شیمیایی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک". مجله بیابان، ۱۰ (۲): ۳۶۸-۳۶۱.

خدیوی‌بروجنی، ا. شریعتمداری، ح. افیونی، ر. و رضایی‌نژاد، ی. (۱۳۸۶). "تأثیر کمپوست زباله شهری بر شکل‌های شیمیایی روی و مس در یک خاک تیپیک کلسی آرچید". دو فصلنامه علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱ (۱): ۳۳-۲۳.

خوشگفتارمنش، ا. ح. و کلباسی، م. (۱۳۸۰). "اثر شیرابه زباله بر خصوصیات خاک و رشد برنج". مجله علوم خاک و آب، ۱۵ (۱): ۲۴-۱۲.

چراتی، ع. خیری، کمیشانی. آملی، ن. عزیزاده، غ. ر. و خانلریان، و. (۱۳۸۸). "تأثیر مقادیر مختلف اوره و کود دامی بر قابلیت استفاده از عناصر غذایی خاک". مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان: ۱۲۸۶-۱۲۸۵.

رادنیا، ح. (۱۳۶۹). "کمبود مواد غذایی در نباتات زراعی و درختان میوه و سبزیجات". سازمان ترویج کشاورزی، چاپ اول، صفحه ۴۱۷.

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

رضایی نژاد، ی. و افیونی، م. (۱۳۷۹). " اثر موادآلی بر خواص شیمیایی خاک و جذب عناصر بوسیله ذرت و عملکرد آن ". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴، شماره ۴، ص ۲۸-۱۹.

رضوان طلب، ن. پیردشتی، ه. ا. بهمنیار، م. ع. و عباسیان، ا. (۱۳۸۷). " مطالعه عملکرد و اجزا عملکرد ذرت (Zeamays L.) در واکنش به کاربرد انواع و مقادیر مختلف کودهای آلی و شیمیایی ". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴): ۷۰۵-۷۱۹.

زارعی، ع. م. و تاتار، ا. (۱۳۶۷). " نکاتی چند در زمینه استفاده از کمپوست زباله‌های شهری در کشاورزی ". نشریه موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات کشاورزی، شماره ۷۷۲.

زرین کفش، م. (۱۳۶۸). " حاصلخیزی خاک و تولید ". انتشارات دانشگاه تهران.

زمانی، ق. (۱۳۸۸). " شناخت برنج ایران ". نشر پلک.

زمانی، ق. و علیزاده، م. ر. (۱۳۸۶). خصوصیات و فرآوری ارقام مختلف برنج در ایران.

سالاردینی، ع. ا. (۱۳۸۲). " حاصلخیزی خاک ". موسسه انتشارات و چاپ، دانشگاه تهران.

سلیمانی، ع. و امیری لاریجانی، ب. (۱۳۸۳). اصول بهزراعی برنج. نشر آرویح.

سیلیسپور، م. فروزش، ع. و یوسفی، م. (۱۳۹۲). " بررسی تأثیر مصرف کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی بر پارامترهای کمی و کیفی گندم ". نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۹۹ (۱): ۹-۱.

شریفی، م. افیونی، م. و خوشگفتارمنش، ا. ح. (۱۳۹۰). " اثر کاربرد لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر قابلیت جذب آهن و روی در خاک و جذب آن‌ها توسط ذرت، یونجه و گل جعفری در شرایط گلخانه ". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۵ (۶): ۱۴۱-۱۵۴.

صدقی مقدم، م. و میرزایی، م. (۱۳۸۷). " بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر روی برخی خصوصیات کمی و کیفی کدو حلواپی (Cucurbita moschata Duch. Ex Poir.) ". سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، دانشکده کشاورزی، ۲۴ الی ۲۶ اردیبهشت، ص: ۷-۱.

عاشوری، م. اصفهانی، م. عبدالهی، ش. و ربیعی، ب. (۱۳۹۱). " اثر مکمل‌های کود آلی بر عملکرد دانه، کارایی مصرف نیتروژن و خصوصیات تبدیل دو رقم برنج (oryza sativa L.) ". مجله علوم گیاهان زراعی، ۴۳ (۳): ۷۰۱-۷۱۳.

عاکف، م. و باقری، ا. (۱۳۷۸). "مدیریت خاک و نقش ماشین‌های کشاورزی در خصوصیات فیزیکی خاک". انتشارات دانشگاه گیلان، ۳۰۵ صفحه.

عزیززاده فیروزی، ف. پیردشتی، ه. بهمنیار، م. ع. و اسماعیلی، م. ع. (۱۳۹۱). "تأثیر مصرف دراز مدت کمپوست زباله شهری همراه با کود شیمیایی بر تجمع عناصر کم مصرف در دانه دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.)". ششمین همایش ملی و اولین همایش بین‌المللی مدیریت پسماند، مشهد.

قیامتی، گ. آستارایی، ع. ر. فتوت، ا. و نصیری محلاتی، م. (۱۳۸۸). "اثر پسماند شهری و لجن فاضلاب بر خصوصیات شیمیایی خاک". پژوهش‌های زراعی ایران، ۷ (۱): ۱۶۲-۱۵۳.

قلی‌پور، ا. (۱۳۸۹). پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی: "تأثیر کاربرد دو ساله کمپوست زباله شهری بر فراهمی عناصر غذایی و وضعیت عناصر سنگین در خاک و اندام‌های مختلف گیاه برنج". دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۸۸ ص.

کاشانی، ا. (۱۳۸۹). پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت: "تأثیر درازمدت مقادیر مختلف کودهای آلی و معدنی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum*)". دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۱۰ ص.

کاظمینی، س. ع. ا. ر. غدیری، ح. کریمیان، ن. ع. کامگار حقیقی، ع. ا. و خردنام، م. (۱۳۸۷). "اثر برهمکنش نیتروژن و مواد آلی بر رشد و عملکرد گندم دیم". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره ۴۵ (ب)، ص: ۴۷۲-۴۶۱.

کبیری نژاد، ش. ابطحی، آ. و هودجی، م. (۱۳۸۸). "اثرات کوتاه مدت کود کمپوست بر حاصلخیزی و غلظت کادمیوم و آهن در دو خاک آهکی و گیاه ذرت". مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران-گرگان، ص: ۱۲۴۷-۱۲۴۵.

کلباسی، م. و گندمکار، ا. (۱۳۸۲). "اثر شیرابه کمپوست بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر باقیمانده آن بر بعضی ویژگی‌های خاک". علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد اول، شماره ۲، ص: ۴۱-۵۱.

گلستان م، ب. و حسنی لنگرودی، م. م. (۱۳۷۵). "فرآیند کمپوست از ضایعات نیشکر". از سری مقالات نیشکر و تازه‌های آن. انتشارات وزارت کشاورزی.

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

مجاب قصرالدشتی، ع. بلوچی، ح. ر. یدوی، ع. و قبادی، م. (۱۳۹۳). "تأثیر کاربرد سطوح مختلف زباله شهری و کود نیتروژن بر غلظت برخی عناصر دانه ذرت شیرین (*Zea mays L. saccharata*) و خصوصیات خاک در شرایط مرودشت". نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۶ (۱): ۱۱۸-۱۲۹.

مجللی، ح. (۱۳۷۳). "شیمی خاک (ترجمه)". مرکز نشر دانشگاهی.

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

مرجوی، ع. و صلحی، م. (۱۳۸۸). "بررسی روند تغییرات بعضی از عناصر شیمیایی خاک تحت کشت چغندر قند طی دو دوره تناوبی متأثر از تیمارهای کمپوست و لجن فاضلاب شهری". مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران - گرگان، ص: ۲۱۱۷-۲۱۱۵.

ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۹). "کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران". نشر آموزش کشاورزی، تهران، ۲۸۹ صفحه.

ملکوتی، م. ج. و همایی، م. (۱۳۸۳). "حاصلخیزی خاک‌ها مناطق خشک و نیمه‌خشک «مشکلات و راه حل‌ها»". انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم با بازنگری کلی، ۵۰۸ صفحه.

معزاردلان، م. و ثواقبی فیروزآبادی، غ. (۱۳۸۱). "مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار (ترجمه)". مؤسسه انتشارات، دانشگاه تهران.

موسوی، س. م. و احمدآبادی، ز. (۱۳۹۲). "مقایسه پتانسیل لجن فاضلاب با کمپوست زباله شهری از نظر غنی کردن خاک با برخی عناصر ریزمغذی". مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۵ (۳): ۶۳-۵۳.

موسی‌نژاد، م. (۱۳۷۵). "اقتصاد برنج مازندران: بررسی مزیت نسبی و راهبردهای آن". فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۱۷.

مهدی‌زاده، ع. بهمنیار، م. ع. و قاجار سپانلو، م. (۱۳۹۲). "اثر کاربرد بلند مدت کمپوست زباله شهری ساده و تلفیقی با کود شیمیایی بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک برنجزار". اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران.

میرنیا، خ. و محمدیان، م. (مترجمین). (۱۳۸۴). برنج، اختلالات عناصر غذایی، مدیریت عناصر غذایی، انتشارات دانشگاه مازندران، بابلسر.

نژاد حسینی، ط. و آستارایی، ع. (۱۳۸۹). "مطالعه اثر باقیمانده کودهای آلی، عناصر بر و روی بر ویژگی‌های خاک، وزن خشک و ترکیب شیمیایی گندم (*Triticum aestivum* L.)". نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۲ (۲): ۲۲۴ - ۲۱۵.

نقوی مرمئی، ه. (۱۳۸۷). پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد گروه زراعت: "تأثیر مقادیر و انواع مختلف کودها آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج". دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۵۶ ص.

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

نیشابوری م. ر. و ریحانی تبار ع. (۱۳۸۹). "تفسیر نتایج آزمون خاک: این همه اعداد و ارقام چه معنی دارند (ترجمه)"، انتشارات دانشگاه تبریز.

واثقی، س. افیونی، م، شریعتمداری، ح. و مبلی، م. (۱۳۸۴). "بررسی اثر کمپوست لجن فاضلاب بر غلظت برخی عناصر و خصوصیات شیمیایی خاک". مجله آب و فاضلاب، ۶ (۱): ۲۲-۱۵.

همایون فر، ف. و یزدانپناه، ن. (۱۳۸۸). "مقایسه اثرات کود شیمیایی - آلی شبنم نسبت به کودهای رایج بر عملکرد کمی و کیفی پسته رقم احمدآقایی". مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، ۱۱۹۱-۱۱۹۳.

یقطین، ش. (۱۳۸۳). پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه علوم خاک: "مقایسه تأثیر کمپوست و ورمی کمپوست زباله شهری در جذب عناصر میکرو و رشد و عملکرد گیاه ذرت در یک خاک آهکی". دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۱۸ ص.

Achiba W.B., Gabteni N., Lakhdar A., Laing G.D., Verloo M., Jadidi N. and Gallali T. (2009) Effect 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.

Agglides A.M. and Londera P.A. (2000) Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. *Bio resource Technology* 71:253-259.

Albuquerque J.A., Gonzalve J., Caric D. and Cegarra J. (2007) Effects of a compost made from cotton gin waste (*Lolium perenne* L.). *Bio resource Technology*, 98:940-945.

Almas A.R., Singh B.R. and McBride M.B. (2000) Solubility and ability of cadmium and Zinc in two soil treated with organic matter. *Soil Science* 165 (3):250-259.

Araujo A.S.F., Monterio R.T.R. and Carvalhe E.H. (2007) Effect of compost textile sludge on growth, nodulation and cowpea. *Bio resource Technology* 98:1028-1032.

Asghar H.N.M., Ishaq M., Zahir Z.A., Khalid M. and Arshad M. (2006) Effect of radish to interacted use of nitrogen fertilizer and recycled organic waste. *Pakistan Journal Bot* 38(3):691-700.

Ayari F., Hamidi H., Jedidi N., Gharibi N. and Kossai R. (2012) Heavy metal distribution in soil and plant in municipal solid waste compost amended plots. *International Journal of Environmental Science and Technology* 7:465-472.

Bartal A., Yermiyahu U., Beraud L., Keinan ., 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.

Becker M., Ladha J.K. and Ottow C.G. (1994) Nitrogen losses and rice yield as affected by residue nitrogen release. *Soil Science American Journal* 85:145-154.

Beffa, T., Blanc, M., Marilley, L. and Lott Fischer, J. 1995. Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. Blackies Academic and Professional, Glasgow, Scotland.

1:149-161.

Bengt, L. and Martensson, A. 2003. Organically produced plant food evidence of health benefits. *Soil and Plant Science*, 53: 3-15.

Bennett J.P., Chiriboga E., Coleman J. and Waller D. M. (2000) Heavy metals in wild rice from northern Wisconsin. *The Science of the Environment* 246:261-269.

Bhattacharya K., Chakrabarti K.A., Chakraborty A. and Nayak D.C. (2005) Effect of Municipal solid waste compost on phosphorous content of rice straw and grain under submerged condition. *Journal of Archive of Agronomy and Soil Science* 51:363-370.

Bhattacharyya P., Chakrabarti K.A., Nayak D.C., Tripathy S. and Powell M.A. (2007) Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere* 68:1789-1793.

Bole, J.B. and Bell, R.G. (1978). Application of municipal sewage wastewater: yield and chemical composition of forage crops. *Journal of Environmental Quality*, 7: 222-226.

Borkar D.K., Deshmukh E.S. and Bhojar V.S. (1991) Manorial values of fym and compost as influenced by raw materials used methods and period of decomposition. *Journal of Soils and Crops* 1(2):117-119.

Brunettia G., Plazb C., Clappc C.E. and Sensia N. (2007) Composition and Functional features of humic acid from organic amendments and amended soil in Minnesota USA. *Journal of Soil Biology and Biochemistry* 39:1355-1365.

Buzaiane O., Jedidi N and Hassen A. (2014). Microbial biomass improvement following municipal waste compost application in agricultural soil. In. D. K. (ed). *Compositing for Sustainable Agriculture* pp:199-207.

Cala V., Cases M.A. and Walter I. (2005) Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinal's* grown on organic waste – amended soil. *Journal of Arid Environments* 62:401-412.

Campbell, D.J. and Beckett, P.H.T. 1988. The soil solution in soil treated with digested sludge. *Journal Soil Science*, 39: 283-298.

Caravaca, F., Figueroa, D., Alguacil, M.M. and Rolan, A. 2003. Application of composted urban residue enhanced the performance of afforested shrub species in a degraded semiarid land. *Bio resource Technology*, 90: 65-70.

Carbonell G., Imperial R.M., torrijos M., Delgado M. and Rodrigguez J.A. (2011) Effect of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on properties and heavy metals distribution in maize plants (*Zeamay L.*) *Chemosphere* 85: 1614-1623.

Castro E., Manas P. and Delas Heras J. (2009) A comparison of the application of different waste products to a lettuce crop: effects on plant and soil properties. *Scientia Horticulture* 123:148-155.

Cecil F. and Tester C.F. (1990) Organic amendment effects on physical and chemical genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry* 36:1595-1605.

Chen L., Warren A. and Streeter M. (2000) Production of aero action by microorganisms from a compost enrichment culture and soybean utilization. *Journal of plant Invitation* 23:2047-2060.

Cherif H., Ayari F., Ouzria H., Marzorati M., Brusetti L., Hasson A. and Daffonchio D. (2009) Effects of municipal solid waste compost, farmyard manure and chemical fertilizers on wheat growth, soil composition and soil bacterial characteristics under Tunisian arid climate. *European Journal of Soil Biology* 45:138-145.

Courtney R. and Mullen G. (2008) Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bio resource Technology* 99 (8):2913-2918.

Cortellini L. (1999) Effect of content of organic matter, nitrogen and heavy metals in plant after application of compost and sewage sludge. In: De Bertolid et al (ed.). *The Science of composting*. Blachie Press, London, pp. 457-468.

Cottenie A., Verloo M., Kichens 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.

Crecchio, C., Curci, M., Pizzigallo, M., Ricciuti, P. and Ruggiero, P. 2004. Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 1595-1605.

De Ren W. and Wan Fang L. (1998) Nutrient balance of nitrogen, phosphorus and potassium under triple cropping systems based on rice. *Better Crops International* 12 (2):2-5.

Dunahue R., Raymond L. and Miller J.W. (1990) *Shikluna soils: an introduction to soils and plant growth* (Fifth ed.). John Wiley and Sons, New York, INC. 387 p.

Ebrahim, A.H. 2009. Effect of two organic amendments on growth, ions and water use efficiency of maize plants growth in sandy soil. *Asian Journal of Biotechnology*, 1(4): 142-153.

Eghball B., Ginting D. and Gillery J.E. (2004) Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-447.

Engelstad, O.P. and Terman, G.L. 1980. Agronomic effectiveness of phosphate fertilizer. In: Khasawneh, F.E., Sample, E.C. and Kamprath, E.J. (Eds.), *the Role of Phosphorus in Agriculture*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Erhart E., Harth W. and Putz B. (2005) Bio waste compost effects yield, nitrogen vegetation period and crop quality of agricultural crops. *European Journal Agronomy* 23: 305-314.

Eriksen G.N. and Coale F.J. (1999) Soil nitrogen dynamics and maize production in Municipal soiled amendment soil. *Agronomy Journal* 91: 1009-1016.

Foth H. (1984) *Fund amendments of soil science*. John Wiley and Sons, New York, INC. 700 p.

Gharib Z. 2014. Heavy elements in soil and wastewater influence. *Journal of Scientific Research and Development* 1 (1): 38-44.

Ghosh P.K., Ramesh K.K., Bondayopadhyay A.K., Tripathi K.M. and Misra A.K. (2004) Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphor compost and fertilizer- NPK three cropping system in Vertisols of semi-arid tropics. *Crop Yield and Systems Performance Bio resource Technology* 95: 77-83

Giannaksi G.V., Kourgialas N.N., Paranychianaki N.V., Nikolaidis P.N and Kalogerakis N. (2014) Effects of Municipal solid waste compost on soil properties and vegetables growth. *Compost Science and Utilization* 22 (3): 116 – 131.

Giusquiani P.L., Marucchhini C. and Businelli M. (1998) Chemical properties of soils amended with compost of urban waste. *Plant and Soil* 109: 73 – 78.

Halstead R.L (1968) Effect of different amendments on yield and composition grown on soil derived from serpentine material. *Canadian Journal of Soil Science* 48: 301 – 305.

Hampton M.O., Mcsorely R. and Obreza T.A. (2005) Heavy metal accumulation in a sandy soil and in pepper fruit following long term application of organic amendments. *Compost Science and Utilization* 13: 60 – 64.

Hargeares J.C., Adel M.S. and Warman P.R. (2008) Review of composted municipal solid waste in agriculture *Ecosystems and Environment* 123: 1 – 14..

Hayes, A.R., Mancino, C.F. and Pepper, I.L. 1990. Irrigation of turf grass with secondary sewage effluent. Soil and leach ate water quality. *Agronomy Journal*, 82: 939-943.

Heaf C., Weipou X., Junling L., Qinggian Z., Yanging H. and Gang C. (2007) Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turf grass growth. *African Journal of Biotechnology* 29: 96 – 104.

Holford, I.C.R. 1997. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Australian Journal Soil Resource*, 35: 227-239

Hu, Y. and Barker, A. 1998. Effect of compost and their combination with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 35: 2809-2823.

Hua L., Wang Y., Wu W., McBride M.B. and Chen Y. (2008) Biomass and Cu and Zn uptake of two turf grass species grown in sludge compost soil mixtures. *Water Air and Soil Pollution* 188 (1 – 4): 225 – 234.

Iglesias – Jemenez E. and Alvarez C.E. (1993) Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse. *Biology Fertility Soil* 16: 313 – 318.

Iglesias-jemenez E. 1996. City refuse compost as a source of micronutrients for plant. *Fertilizers and Environmental*: 517-521.

Iyamuremye, F. and Dick, R.P. 1996. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. *Adv. Agronomy*, 56: 139-451.

Kavita R. and Subermanian P. (2007) Effect of enriched municipal solid waste compost application on growth, plant nutrient uptake and yield of rice. *Journal of Agronomy* 6 (4): 587 – 592.

Khan M. and Scullion J. (2002) Effect of metal (Cd, Cu, Ni and Zn) enrichment of sewage sludge on soil microorganism and their activities. *Applied Soil Ecology Journal* 20: 145 – 155.

Khoshgoftarmanesh A.H. and Kalbasia M. (2000) Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 33: 2011 – 2020.

Kwabiah, A.B., Stoskopf, N.C., Palm, C.A., Voroney, R.P., Rao, M.R. and Gacheru, E. 2003. Phosphorus availability and maize response to organic and inorganic fertilizer inputs in a short term study in western Kenya. *Agriculture Ecosystem Environment*, 95: 49-59.

Laboski C.A.M. and Lamb J.A. (2003) Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. *Soil Science Society American Journal* 67: 544 – 554.

Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42: 421-428.

Loecke T.D., Liebman M., Cambardella C.A. and Richard T.L. (2004) Corn response to composting and time of application of solid swine manure. *Agronomy Journal* 96: 214 – 223.

Maftoun M. and Moshiri F. 2008. Growth, mineral nutrition and selected soil properties of low land rice, as affected by soil application of organic waste and phosphorus. *Soil Science Technology* 100: 481-492.

Maftoun M., Moshiri F., Karimian N and Ronghi A. (2004) Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *Journal Plant Natural* 24 (9): 1635 – 1651.

Mahadeen, A Y. 2009. Influence of organic and chemical fertilization on fruit yield and quality of plastic-house grown strawberry. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 167-177.

Mahmoodabadi M.R., Amriabadi Z., Amini S. and Khazaeipoul K. (2010) Fertilization of soybean plants with municipal solid waste compost under leaching and non – leaching conditions. *American – Eurasian Journal Agriculture and Environment Science* 8 (1): 55 – 59.

Marcotae J., Hernandez T., Garcia C. and Polo A. (2001) Influence one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. *Bio resource Technology* 79: 147 – 154.

Marinari S.G., Masciandaro B. and Ceccanti S. (2001) Influence of organic and mineral fertilizers an soil biophysical properties. *Bio resource Technology* 72: 9 – 17.

Marschner, H. (2002). *Mineral nutrition of higher plants*. Elsevier Science Ltd.

Martini A.E., Buyer J.S., Brayant D.C., Hartz T.K. and Dension R.F. (2003) Yield increase during the organic transition: In proving soil quality or increasing experience. *Field Crop Research* 36: 255 – 266.

Mkhabela M.S. and Warman P.R. (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.

Mobaraki 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.

Mohammad M.J. and Athamene B.M. (2004) Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. *Journal Agronomy* 3 (3): 229 – 236.

Mojiri A. (2011). Effects of municipal solid waste compost physical and chemical properties soil. *Journal of Biological and Environmental* 5 (14): 71 – 76.

Moldes A., Cendon Y. and Barral M.T. (2007) Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component by applying mixture design. *Bio resource Technology* 98 (16): 3069 – 3075.

Moreno J.L., Garcia C. and Hernandez T. (1996). Transference of heavy metals from a calcareous soil demanded with sewage sludge compost to barley. *Bio resource Technology* 55: 251 – 258.

Mylavarapu R.S. and Zinati G.M. (2009) Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Sciatica Horticulture* 120: 426 – 430.

Nelson D.W. and Sommers L.E. (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 Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 539 – 579.

Ogaard, A.F. 1996. Effect of fresh and composted cattle manure on phosphorus retention in soil. *Acta Agric. Scand. Sect. B, soil Plant Science*, 46:98-105.

Olowafe A. 2008. Effect of using municipal waste as fertilizervon soil properties injos area Nigeria resources. *Conservation and Recycling* 521: 1266-1270.

Olsen S.R., Sommers L.E. (1990) Phosphorus In: A.L. Method of soil analysis. 2 nd. Part 2 argon Monger. *Agronomy Soil of American, Madison, Wisconsin, INC.* 431 p.

Ouedraogo E., Mando A. and Zombra N.P 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in west Africa. *Agricultural Ecosystems and Environment* 84: 259-266.

Paradello R., Villada R., Devesa – Rey A.B., Moldes M., Dom – Magues and Barral M.T. (2011) Distribution and availability of trace elements in municipal solid waste compost. *Journal if Environmental Monitoring* 13: 201 – 211.

Plance O.C. (1992) Plant analysis reference procedures for the southern region of the united states. The University of Georgia. 68 p.

Prasad, P.V.V., Satyanarayana, V., Murthy, V.R.K. and Boote, K.J. 2002. Maximizing yields in rice-groundnut cropping sequence through integrated nutrient management. *Field Crops Research*, 75: 9-12.

Ramadas K. and Planiyardi S. (2007) Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrient in the rice file. *Archives of Agronomy and Soil Science* 53 (5): 497 – 506.

Rappongi K. 1993. Residual effects of rice straw compost after continuos application to up land alluvial soil. *Japanese Soil Science Plant Nutrition* 64: 417-422.

Rhoades J.D. (1982). Soluble salts. In *methods of soil analysis*. A.C (ed). Argon Monger. America, Society, Agronomy, Madison, Wisconsin, pp: 167 – 179.

Ros M., Pascual J.A., Gareia C., Hernandez M.T. and Insam H. (2006) Hydrolyses activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long term amendment with different composts. *Soil Biology and Biochemistry* 38 (12): 3443 – 3452.

Saha S., Gopinath K.A., Kundu S. and Gupta H.S. (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.

Schimdt U. (2003) Enhancing phytoext reaction: the effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation and leaching of heavy metals. *Journals of Environmental Quality* 32: 1939 – 1954.

Shabani H., Peyvast G.A. Olfati J.A. and Ramezani Kharrazi P. (2011) Effect of municipal solid waste compost on yield and quality of egg plant. *Communicate Scientiae* 2 (2): 85 – 90.

Singer J.W., Kohler K.A. Liebman M., Richlard T.L., cambardella C.A. and Buhler D.D. (2004) Tillage and compost effect yield of corn, soybean and soil fertility. *Agronomy Journal* 96: 531 – 537.

Soumare M., Gtake F.M. and Verloo M.G. (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.

Stamatiadis S., Wernet M. and Buchanan M. (1999) Field assessment of quality as effected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). *Applied Soil Ecology Journal* 12: 217 – 225.

Tarrason D., Ojeda G., Ortiza O. and Alcniz J.M. (2007) Difference on nitrogen availability in soil amended with fresh, composted and thermally – dried sewage sludge. *Journal of Bio resource Technology* 99 (2): 252 – 259.

Vazquezmontiel O., Horan N.J. and Mara D.D. (1996) Management of domestic waste for reuse in irrigation. *Water Science Technology* 33: 355 – 362.

Wanches – Monedaro M.A., Roing A., Paredes C. and Bernal M.P. (2001) Nitrogen transformation during organic waste computing by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of composting mixture. *Bio resource Technology* 78: 301 – 308.

Warman P.R., Barrham J.C. and Eaton L.J. (2009) Effect of repeated application of municipal solid waste compost and fertilizers to three low brush blueberry fields. *Sciatica Horticultural* 122 (3): 393 – 398.

Weber J.A. Karczewska J., Dorzd M., Licznar E., Jamro Z. and Kocowicz Z. (2007) Agricultural and ecological aspects of a dandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 1294 – 1302.

Westman R.E.L. (1990) Soil testing and plant analysis. Doily Science Society of American, Madison, Wisconsin, USA. 784 p.

Wood burg peter B. 1992. Trac elements in municipal soil waste compost: A riew of potential detrimental effects on plant. *Soil Biota and Water Quality* 3 (3-4): 239-254.

Zhang M., Heaney D., Solberg E. and Heriquez B. (2000) The effect of MSW compost on metal uptake and yield wheat, barley and canola in less productive farming soils of Alberta. *Compost Science and Utility* 8: 224 – 235.

Zhang M., Heaney D., Heriquez B., Solberg E. and Bittner E. (2006) A four year study on influence of bio solids / MCW compost application in less produce soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Science and Utility* 14 (1): 68 – 80.

Zheljzakov V. and Warman P.R., (2004) Phyto availability and fractionation of copper, manganese and Zinc in soil flowing application of two compost to four crops. *Environment Pollution* 131: 187 – 19.

Abstract

As most soils are poor of the organic matter content add organic matter in Iran, especially in the form of compost, they are increasing crop yield positive, useful impact on soil physical and chemical properties. Using compost reduces the need to utilize chemical fertilizers of environmental benefits. In order to investigate the effect of municipal solid waste compost fertilizers enriched and un-enriched with chemical fertilizer on some soil chemical and organs of rice, the researcher carried out an experiment as a randomized complete blocks design with three replications and fourteen fertilizer treatment in the research field of Sari University of agricultural Sciences and Natural resources in 2014. Fertilizer treatments included the control (without fertilizer and organic fertilizer), fertilizer treatments (best on the soil test), and treatments of 15, 30 and 45 tons of municipal solid waste compost per hectare as a simple form along with 1/4, 2/4 and 3/4 of chemical fertilizer. The result of analysis of variance showed that application of compost had significant effect on macro element concentration (N, P and K) soil, seed, K leaf and micro element (Fe, Mn, Cu and Zn) available soil, leaf and seed rice and treatment of 45 tons of municipal waste compost enriched with 75% chemical fertilizer were 73.68, 230.99, 30.74, 37.25, 16.83, 61.90 and 118% increased rate compared to control treatment had the highest concentration of macro elements (N, P and K) in soil, seed and leaf K. The highest concentration of Fe, Mn and Cu in soil was obtained 45 tons in municipal solid waste compost with 64.62, 51.30 and 142.78% increased rate compared to control treatment. The highest concentration of Zn in soil with 264.3% increase compared to control related to 45 tons of municipal waste compost enriched with 75% chemical fertilizer. Treatment of 45 tons of municipal waste compost with 81.16, 103.3, 48.06, 26, 233.7 and 14.19% increase compared to control have the highest concentration of Mn, Cu and Zn in leaf and seed. Application of 45 tons of compost enriched with 25 and 75% chemical fertilizer showed 70.33 and 87.87% increased rate compared to control treatment the highest concentration of Fe in leaf and seed.

Key word: municipal solid waste compost, nutrient elements, chemical fertilizer, rice



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Water & Soil

**Prediction of Water Quality Parameters in the
Tajan and Babolrood Rivers Using GEP
Model**

Mehrdad Ranjbar

Supervisors:

Dr.Hadi Ghorbani

Dr.Mehdi Ghajar Sepanlu

February 2016