

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد

تاثیر کمپوست زباله شهری بر روی برخی از عناصر میکرو در خاک و گیاه

تورج افشاری بدرلو

اساتید راهنما:

دکتر عبدالامیر بستانی

دکتر هادی قربانی

اساتید مشاور:

دکتر منوچهر قلی پور

دکتر بابک متشع زاده

بهمن ۱۳۹۱

# تقدیم به پدر و مادر عزیزم

## تأثیر کمپوست زباله شهری بر روی برخی از عناصر میکرو در خاک و گیاه

### چکیده:

امروزه استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی به منظور افزایش محصول سبب بر هم خوردن توازن اکولوژیکی در محیط زیست گردیده و خطرات جدی برای سلامتی بشر، محصولات و تولیدات کشاورزی را فراهم کرده است. لذا استفاده از کود کمپوست زباله شهری علاوه بر فراهمی عناصر مورد نیاز خاک و گیاه می تواند به کاهش اثرات منفی استفاده از کودهای شیمیایی نیز کمک کند. به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر برخی خصوصیات خاک و همچنین میزان عناصر آهن، مس، منگنز و روی در اندام هوایی گیاه ذرت، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشگاه شاهد تهران انجام شد که در آن چهار تیمار کودی (شامل صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست در هکتار) با ۳ تکرار مقایسه شدند. ذرت در هفته دوازدهم پس از کاشت، برداشت و غلظت عناصر مذکور در اندام هوایی گیاه و خاک اندازه گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که مصرف کمپوست زباله شهری باعث افزایش غلظت عناصر آهن، منگنز، مس و روی در اندام هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد گردیده که این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱٪ معنی دار شد. همچنین مصرف کمپوست زباله شهری میزان غلظت مس در ساقه را نیز، نسبت به تیمار شاهد افزایش داد که این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱٪ معنی دار شد. ولی غلظت مس در برگ نسبت به تیمار شاهد معنی دار نشد. همچنین نتایج نشان داد که کمپوست به طور معنی داری باعث افزایش غلظت آهن، مس، منگنز و روی قابل دسترس در خاک گردیده، که این افزایش در سطح ۱٪ معنی دار بود. کاربرد کمپوست باعث افزایش درصد کربن آلی و کاهش pH خاک می شود. افزایش کربن آلی و کاهش pH نیز از لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی دار شد. با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از کمپوست زباله شهری باعث افزایش غلظت آهن، مس، منگنز و روی در خاک و اندام هوایی گیاه شده است. با توجه به اینکه کمبود عناصر کم مصرف در مناطقی با خاکهای آهکی و pH بالا از جمله ایران شایع می باشد لذا استفاده از کمپوست زباله شهری در این گونه مناطق بسیار مفید می باشد.

واژه های کلیدی : کمپوست ، ذرت ، عناصر کم مصرف ، خاک ، محیط زیست

## مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت مس در خاک و اندام هوایی گیاه ذرت، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۲۹ آبان ۱۳۹۱.
- ۲- بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر غلظت روی در خاک و اندام هوایی گیاه ذرت، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۲۹ آبان ۱۳۹۱.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۱-۱	مقدمه
۲	مقدمه
	فصل دوم کلیات و مرور منابع
۵-۱-۲	مواد آلی
۶-۱-۱-۲	اثر مواد آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک
۶-۱-۲	اثر مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک
۷-۱-۲	اثر مواد آلی بر خصوصیات بیولوژیکی خاک
۷-۲-۲	کمپوست
۸-۱-۲-۲	تولید کمپوست
۸-۲-۲	نقش کمپوست در رشد و عملکرد گیاه
۱۰-۲-۲	نقش کمپوست در جذب عناصر غذایی توسط گیاه
۱۲-۲-۲	نقش کمپوست در بهبود خواص فیزیکی خاک
۱۳-۲-۲	عناصر کم مصرف
۱۳-۱-۳-۲	وضعیت آهن در خاک
۱۴-۱-۳-۲	نقش آهن در سلامت انسان
۱۴-۲-۱-۳-۲	نقش آهن در گیاهان
۱۶-۲-۳-۲	وضعیت منگنز در خاک
۱۷-۱-۲-۳-۲	نقش منگنز در سلامت انسان

- ۱۷.....۲-۲-۳-۲- نقش منگنز در گیاهان
- ۱۹.....۳-۳-۲- وضعیت مس در خاک
- ۱۹.....۱-۳-۳-۲- نقش مس در سلامت انسان
- ۱۹.....۲-۳-۳-۲- نقش مس در گیاه
- ۲۰.....۴-۳-۲- وضعیت روی در خاک
- ۲۱.....۱-۴-۳-۲- نقش روی در سلامت انسان
- ۲۲.....۲-۴-۳-۲- نقش روی در گیاه
- ۲۳.....۴-۲- اهمیت جهانی ذرت از دیدگاه محصولات استراتژیک
- ۲۵.....۱-۴-۲- ویژگی های زراعی و فیزیولوژیک ذرت

#### فصل سوم: مواد و روشها

- ۲۹.....۱-۳- انتخاب خاک
- ۲۹.....۲-۳- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک
- ۳۲.....۳-۳- تعیین خصوصیات کمپوست
- ۳۲.....۱-۳-۳- تعیین عناصر غذایی در کمپوست
- ۳۲.....۱-۳-۳-۱- اندازه گیری ازت کل
- ۳۳.....۲-۳-۳-۱- اندازه گیری فسفر
- ۳۳.....۳-۳-۳-۱- اندازه گیری پتاسیم
- ۳۳.....۴-۳-۳-۱- اندازه گیری کلسیم و منیزیم
- ۳۳.....۵-۳-۳-۱- اندازه گیری آهن، مس، منگنز و روی
- ۳۵.....۴-۳- انتخاب گیاه جهت انجام آزمایش
- ۳۵.....۵-۳- عملیات مزرعه ای و کاشت

۳-۶- اندازه گیری عناصر در نمونه گیاهی..... ۳۵

۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری..... ۳۶

### فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت آهن در گیاه..... ۳۸

۴-۲- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت روی در گیاه..... ۴۱

۴-۳- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت منگنز در گیاه..... ۴۳

۴-۴- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت مس در گیاه..... ۴۶

۴-۵- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر OC و pH خاک..... ۴۷

۴-۶- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت آهن، مس، منگنز و روی در خاک..... ۵۰

۴-۷- پیشنهاد و نتیجه گیری..... ۵۵

پیوستها..... ۵۶

منابع مورد استفاده..... ۵۸



## فهرست جداول

- جدول ۳-۱- خصوصیات خاک مزرعه مورد مطالعه..... ۳۱
- جدول ۳-۲- برخی خصوصیات کمپوست..... ۳۴
- جدول ۴-۱- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت آهن در اندام هوایی گیاه بر اساس آزمون دانکن..... ۴۰
- جدول ۴-۲- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت روی در اندام هوایی گیاه بر اساس آزمون دانکن..... ۴۳
- جدول ۴-۳- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت منگنز در اندام هوایی گیاه بر اساس آزمون دانکن..... ۴۵
- جدول ۴-۴- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت مس در ساقه گیاه بر اساس آزمون دانکن..... ۴۷
- جدول ۴-۵- اثر سطوح مختلف کمپوست بر OC و pH خاک بر اساس آزمون دانکن..... ۵۰
- جدول ۴-۶- اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت آهن، مس، منگنز و روی خاک بر اساس آزمون دانکن..... ۵۴
- جدول ۴-۷- جدول تجزیه واریانس غلظت آهن، مس، منگنز و روی در برگ گیاه..... ۵۶
- جدول ۴-۸- جدول تجزیه واریانس غلظت آهن، مس، منگنز و روی در ساقه گیاه..... ۵۶
- جدول ۴-۹- جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست بر OC و pH خاک..... ۵۷
- جدول ۴-۱۰- جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست بر غلظت آهن، مس، منگنز و روی در خاک..... ۵۷

## فهرست شکل ها

- شکل ۳-۱- نقشه مزرعه مورد مطالعه.....۲۹
- شکل ۴-۱- مقایسه میانگین غلظت آهن در برگ برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۳۹
- شکل ۴-۲- مقایسه میانگین غلظت آهن در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۴۰
- شکل ۴-۳- مقایسه میانگین غلظت روی در برگ برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۴۲
- شکل ۴-۴- مقایسه میانگین غلظت روی در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۴۲
- شکل ۴-۵- مقایسه میانگین غلظت منگنز در برگ برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۴۴
- شکل ۴-۶- مقایسه میانگین غلظت منگنز در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۴۵
- شکل ۴-۷- مقایسه میانگین غلظت مس در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست.....۴۷
- شکل ۴-۸- اثر کمپوست بر مقدار کربن آلی خاک.....۴۹
- شکل ۴-۹- اثر کمپوست بر اسیدیته خاک.....۴۹
- شکل ۴-۱۰- اثر کاربرد کمپوست بر غلظت آهن قابل دسترس در خاک.....۵۲
- شکل ۴-۱۱- اثر کاربرد کمپوست بر غلظت روی قابل دسترس در خاک.....۵۲
- شکل ۴-۱۲- اثر کاربرد کمپوست بر غلظت منگنز قابل دسترس در خاک.....۵۳
- شکل ۴-۱۳- اثر کاربرد کمپوست بر غلظت مس قابل دسترس در خاک.....۵۳

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- مقدمه :

امروزه با گسترش شهرنشینی در جوامع شهری و توسعه کلان شهرها مسئله جمع آوری و نگه داری زباله های شهری به یک موضوع و مسئله مهم و اساسی تبدیل شده است. هزینه سنگین برای جمع آوری زباله های شهری و اختصاص محل های ویژه برای تجمع و نگه داری آن و همچنین مشکلات بهداشتی و زیست محیطی ناشی از آن امروزه به یک معضل مهم و جدی تبدیل شده است. لذا عرضه روشها و راهکارهایی که بتواند زباله ها را به یک ماده مفید و سودمند نظیر کمپوست زباله شهری تبدیل کند، می تواند در هزینه های مربوط به جمع آوری و دفع زباله ها صرفه جویی و نیز استفاده مفید و سودمند از آن به عمل آورد و در نهایت با مشکلات زیست محیطی آن نیز مقابله کند. از طرفی امروزه استفاده نادرست از منابع طبیعی و مصرف بی رویه مواد مصنوعی ساخت بشر مانند انواع کودهای شیمیایی به منظور تولید و برداشت هر چه بیشتر از واحدهای کشاورزی به عنوان مشکل اساسی تخریب محیط زیست و از بین رفتن تعادل اکولوژیکی شناخته شده است (۶۷).

نگاه تک بعدی به این مسئله موجب استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی در خاک شده و در نتیجه اثرات مخربی از قبیل کاهش نفوذ پذیری خاک، افزایش وزن مخصوص ظاهری، محدود شدن رشد ریشه و در نهایت تخریب خاک و کاهش تولید را در پی دارد. کودهای آلی نظیر کمپوست زباله شهری علاوه بر فقدان عوارض نا مطلوب، موجب افزایش هوموس خاک و نگهداری آن در سطحی مناسب بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک نیز می شوند (۶۶). تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی مستلزم وجود خاک مناسب و در دسترس بودن مقدار کافی عناصر غذایی قابل استفاده گیاه است (۶۲). با بررسی تاثیر کاربرد کمپوست در سطح خاک مشخص شد که کمپوست زباله شهری تنها بر تغذیه خاک موثر نبوده بلکه موجب جلوگیری از تشکیل سله در سطح خاک و کاهش هدر رفت آب از

طریق تبخیر نیز می شود (۴۳). از سوی دیگر در برخی تحقیقات به اثرات کاربرد کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اشاره شده است. محققین در بررسی های خود به اثرات کمپوست بر خواص فیزیکی خاک از جمله هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع، ظرفیت نگهداری آب، مجموع خلل و فرج، پراکندگی اندازه خلل و فرج، حساسیت خاک به نفوذ و توانایی تراکم و تجمع اشاره می کنند (۳۸). نکته بسیار مهم که باید به آن اشاره کرد این است که خاک های ایران عمدتاً جزو خاکهای آهکی محسوب می شوند. خاکهای آهکی نیز با کمبود بسیاری از عناصر کم مصرف مواجه هستند و از طرفی کمپوست زباله شهری یک منبع مفید تامین این عناصر است. لذا استفاده از کمپوست زباله شهری در مناطقی با خاکهای آهکی از جمله ایران می تواند بسیار مفید و راهگشا باشد بنابراین تولید کمپوست می تواند به عنوان یک روش مدیریتی مناسب برای حذف مواد زاید جامد و تبدیل آنها به مواد آلی با ارزش محسوب شده و به عنوان ابزاری مناسب در کنترل انواع مختلف بقایا و کاهش مصرف کودهای معدنی در کاشت محصولات زراعی و افزایش جذب عناصر کم مصرف به وسیله گیاهان تلقی شود.

هدف از این مطالعه بررسی اثر کمپوست بر غلظت عناصر کم مصرف در خاک و گیاه و همچنین اثر کمپوست بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک به ویژه pH خاک می باشد، چرا که pH بر دسترسی عناصر غذایی موثر است. در مناطق خشک و نیمه خشک با خاکهای آهکی همچون ایران pH بالا عامل محدود کننده در دسترسی عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف است، لذا کمپوست به عنوان یک ماده آلی می تواند با کاهش pH، علاوه بر اثر مستقیم به صورت غیر مستقیم نیز باعث افزایش فراهمی عناصر کم مصرف شود.

## فصل دوم

# کلیات و مرور منابع

## ۲-۱- مواد آلی

در سالهای اخیر استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی در کشور و عدم توجه به اهمیت و اثرات مثبت مصرف ماد آلی در بهبود حاصلخیزی خاکهای زراعی و تاثیر بر عملکرد محصولات کشاورزی باعث افزایش خطرات ناشی از کودهای شیمیایی شده است. استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، علاوه بر ایجاد خسارت های مالی برای زارعین، موجب بهم خوردن توازن عناصر غذایی در خاک گردیده و خطرات مهمی را در رابطه با آلودگی خاک و آب موجب گردیده است (۳۶). هر چند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریعترین راه برای تامین حاصلخیزی خاک به شمار می رود، لیکن هزینه های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک، نگران کننده است. بنابراین، استفاده کامل از منابع گیاهی غذایی قابل تجدید موجود (آلی و بیولوژیکی) به همراه کاربرد بهینه از مواد معدنی، نقش مهمی در جهت حفظ باروری، ساختمان و فعالیت حیاتی خاک ایفا می کند. مواد آلی به علت اثرات سازنده ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده اند (۲۶). در مناطق خشک و نیمه خشک جهان و از جمله ایران نه تنها برگشت ماده آلی به خاک کم است بلکه به خاطر فعالیت شدید میکروارگانیسمها، تجزیه آن سریع می باشد. مقدار ماده آلی در بیش از ۶۰ درصد خاکهای زیر کشت ایران کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آنها کمتر از ۰/۵ درصد است (۲۶، ۶ و ۱۸). یکی دیگر از دلایل فقر مواد آلی در خاک ها، کمبود رطوبت و عدم اضافه کردن پسماندهای آلی به خاک می باشد (۳۳). همچنین عوامل طبیعی و مدیریتی از دلایل موثر در پایین بودن میزان ماده آلی در خاکهای زراعی ایران است (۱۸).

وجود مواد آلی با خصوصیات متفاوت (بخصوص نسبت کربن به ازت آنها) حتی در مقادیر جزئی می تواند اثرات مثبتی در خواص فیزیکی و شیمیایی و میکروبی خاک اعمال نماید. در واقع مواد آلی به

علت اثرات سازنده ای که بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی دارند به عنوان رکن باروری خاک شناخته می شوند (۱۹).

## ۲-۱-۱- اثر مواد آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک

مواد آلی منبع عناصر غذایی مختلف می باشند، همچنین با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و ظرفیت تبادل آنیونی (AEC) باعث حفظ و بقای عناصر غذایی و جلوگیری از هدر رفت آنها می گردند. از دیگر اثرات مفید مواد آلی در خاک، افزایش قدرت بافری خاک و مقابله با تغییرات سریع اسیدیته خاک می باشد. کودهای آلی همچنین باعث افزایش معنی دار ماده آلی، غلظت قابل استخراج فلزاتی چون آهن، روی، مس و سرب به وسیله EDTA و مقدار قابل جذب فسفر، پتاسیم و درصد کل نیتروژن در خاک می گردند (۱۹). همچنین اثرات مثبت این مواد بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای زراعی آهکی به دلیل تاثیر بر کاهش pH این خاک ها به اثبات رسیده است (۳۳).

## ۲-۱-۲- اثرات مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک

علاوه بر اثرات شیمیایی ذکر شده و تاثیر مثبتی که این مواد بر رشد گیاه دارند، مواد آلی می توانند سبب بهبود ویژگی های فیزیکی خاک شوند (۱۹). آرایش ذرات خاک در تشکیل خاکدانه ها، اندازه و پایداری خاکدانه ها و بر روی تخلخل، نفوذ پذیری و مقاومت آنها بسیار موثر است و مواد آلی به دلیل ایجاد هسته مرکزی در تشکیل خاکدانه ها در پایداری و دوام آنها بسیار موثر اند. بدون شک مقدار و نوع ماده آلی در خاکهایی با دانه بندی مختلف، دارای تاثیر متفاوتی بر پایداری خاکدانه ها هستند. نتایج تحقیق قنبری پور (۲۴) اثرات مثبت و مفید مواد آلی بر خواص مختلف خاک و بهبود وضعیت رشد گیاه را نشان داد. همچنین نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی در آزمایش وی بر روی یک نمونه خاک اهواز نشان داد که کلیه منابع و سطوح مواد آلی در افزایش درصد خاکدانه های پایدار در آب، نسبت به شاهد، در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار هستند (۶۰). یزدان پناه و مطلبی فرد (۳۷) نیز نشان داد که با افزایش مواد آلی، نفوذ پذیری خاک افزایش می یابد. او همچنین نشان داد که تیمار کود گاوی وزن مخصوص ظاهری خاک را نسبت به سایر تیمارها کاهش می دهد.



## ۲-۱-۳- اثر مواد آلی بر خواص بیولوژیکی خاک

خاک یک محیط زنده است که بسته به نوع آن در هر سانتی متر مکعب از آن، میلیون ها موجود زنده از قبیل قارچها، باکتری ها و سایر میکروارگانیسم ها زندگی می کنند که مهمترین نقش را در تغییر و تحول مواد آلی در خاک برعهده دارند. با مطالعه بیولوژی خاک می توان دریافت که با افزایش مواد آلی خاک، محیط جهت رشد آنها مساعدتر شده و بر جمعیت آنها افزوده می شود، به طوری که هر چقدر مواد آلی افزایش یابد، ارگانیسمهای آن زیادتر شده و فعالیت این ارگانیسمها باعث فرایندهای زیر می گردد که خود منجر به حاصلخیزی بیشتر خاک خواهد شد.

- تولید هوموس : هوموس به دلیل خواص کلوئیدی خود یکی از ارکان حاصلخیزی خاک است.

- معدنی شدن عناصر غذایی و گردش سریعتر این مواد .

- افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان به خصوص در مورد فسفر .

- افزایش تثبیت نیتروژن ( توسط باکتری های آزاد - ریزوبیومها ) و ...

- اکسیداسیون گوگرد و تبدیل آن به فرم قابل جذب ( $SO_4^{2-}$ ) : این مسئله بخصوص در خاک های

آهکی کشورها که به دلیل بالا بودن pH، تیوباسیلوسها جمعیت کمی دارند، اهمیت بالایی دارد(۱۹).

## ۲-۲- کمپوست<sup>۱</sup>

کمپوست یک کود آلی و حاصل تغییر و تبدیل هایی است که روی انواع بازمانده های گیاهی و

حیوانی در نتیجه توالی فعالیتهای گروه های مختلف میکروارگانیسم ها، بوجود می آید. به این ترتیب

فرآورده این فرآیند میکروبی یک کود بیولوژیک محسوب می شود (۱۰).

در واقع فرآیند تولید کمپوست، فرآیندی هوازی و مستلزم وجود اکسیژن است که در آن

میکروارگانیسمها، عمل تجزیه را در شرایطی کنترل شده انجام می دهند. فرآورده های فرآیند تولید

---

<sup>۱</sup> Compost

کمپوست شامل مقادیر زیادی از CO<sub>2</sub> بخار آب و گرما می باشد (۷۱). تولید کمپوست از زمانهای بسیار دور، در کشاورزی سنتی بعضی کشورها با استفاده از انواع بازمانده های محصولات زراعی و با افزودن فضولات دام و طیور به آنها، متداول بوده است.

## ۲-۲-۱- تولید کمپوست

تولید کمپوست از زمانی آغاز می شود که بقایا با هم مخلوط شوند. در طول مراحل اولیه این فرآیند، اکسیژن و ترکیباتی که به سادگی تجزیه می شوند، به وسیله میکروارگانیسمها به سرعت مصرف می شوند. دمای توده به طور مستقیم به فعالیت میکروارگانیسمها مربوط شده و شاخص بسیار مناسبی برای تعیین چگونگی فرآیند تولید کمپوست درون توده است. دمای توده عموماً الگوی خاصی را دنبال کرده و تا دمای °F ۱۴۰-۱۲۰ افزایش می یابد اما با رسیدن به این دما برای چندین هفته در همین دما نگهداری می شود. اگر تولید فعال کمپوست کاهش یابد دما نیز به تدریج کاهش خواهد یافت. بعد از مرحله فعال تولید کمپوست، مرحله کند تولید کمپوست اتفاق می افتد. در طول این مرحله مواد همچنان در حال تبدیل به کمپوست هستند اما فرآیند کندتر رخ می دهد. در طول این مرحله مواد همچنان می شکنند تا اینکه موادی که به راحتی توسط میکروارگانیسمها تجزیه و مصرف می شوند به پایان می رسند، در این مرحله کمپوست تبدیل به ماده ای نسبتاً پایدار و قابل کنترل می شود (۷۱).

## ۲-۲-۲- نقش کمپوست در رشد و عملکرد گیاه

امروزه کاربرد مواد غنی از ماده آلی همچون کودهای دامی، لجن فاضلاب و کمپوست برای افزایش ماده آلی، بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک به عنوان یک روش معمول و موثر مورد استفاده می باشد (۴۷). در این خصوص استفاده از این مواد به دلیل ماهیت آلی بودنشان بسیاری از خصوصیات مطلوبی را سبب می شود که علاوه بر حفظ خاک جایگاه بهتری را برای رشد گیاه فراهم می کند (۱۲). آزمایشات بسیاری در تعیین قابلیت انواع کمپوست در بهبود رشد گیاه و عملکرد بهینه محصولات کشاورزی صورت گرفته است. حسندوخت و مستوی (۷) در بررسی اثر کاربرد کمپوست ضایعات کشاورزی بر عملکرد کاهوی گلخانه ای نشان دادند که افزایش میزان کمپوست سبب بهبود

رشد گیاه گردیده و کاربرد کمپوست ضایعات کشاورزی تاثیر مثبتی در زود رسی گیاهان داشته و بین عملکرد و کاربرد کمپوست رابطه مثبت و معنی داری دیده شد. همچنین آنها مشاهده کردند عملکرد گیاه در تیمارهایی که از کمپوست ضایعات چای برای اصلاح بستر کاشت استفاده شده بود، در مقایسه با تیمارهایی که از کمپوست پوست درختان استفاده شده بود، بیشتر بود (۱۱).

حقیقی ملکی (۹) نشان داد که مصرف کمپوست بمیزان ۵ تن در هکتار در ۳ سال استفاده از آن، باعث افزایش محصول بیش از تیمارهای دیگر گردید که علت آن وجود مواد آلی فراوان در کمپوست و داشتن عناصر کم مصرف و پرمصرف ذکر گردید. مینارد<sup>۲</sup> (۶۵) گزارش داد که استفاده از کمپوست در چند منطقه زیر کشت انواع سبزیجات، باعث افزایش عملکرد یا حداقل برابر آن نسبت به کاربرد (k و N و P) توصیه شده در هر منطقه به دست آمد (۷۵). سوتومايور<sup>۳</sup> (۸۱) با انجام یک آزمایش صحرایی ۴ ساله اعلام داشت که با مصرف کمپوست زباله های شهری و کود نیتروژن در صورت یکسان بودن مقدار نیتروژن در هر دو منبع، عملکرد به طور معنی داری در تیمارهای کمپوست بیشتر است. وی دلیل این امر را افزایش ماده آلی، فسفر و پتاسیم توسط کمپوست می داند. نتایج آزمایش حسینی و همتی (۸) نشان داد که کمپوست اصفهان بر عملکرد و درصد قند چغندر قند اثرات مثبتی دارد. لذا مصرف آن در مزارع چغندر قند توصیه می شود. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که اثرات کود دامی و کمپوست محدود به سال اول نمی گردد، لذا این موضوع در محاسبات اقتصادی و تخمین هزینه ها می بایستی مد نظر قرار گیرد. روغنیان (۱۷) در بررسی تاثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر پاسخ های گیاه ذرت نشان داد که استفاده از کمپوست در هر سه سطح ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار باعث افزایش معنی دار ( $P < 0.05$ ) وزن تر و خشک گیاه گردید. نتایج آزمایش رجایی و کریمیان (۱۵) نیز نشان داد که مصرف کمپوست در تمامی سطوح، باعث افزایش رشد گوجه فرنگی گردید. آنها دلایل افزایش رشد گوجه فرنگی را بر اثر کاربرد کمپوست بعلاوه از دیاد ماده آلی، بهبود خصوصیات

---

<sup>۲</sup> Mynard  
<sup>۳</sup> Sotomayor

فیزیکی خاک و تامین عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف ذکر کردند. اسپیر<sup>۴</sup> و همکاران (۸۲) نشان دادند که کاربرد کمپوست باعث افزایش حاصلخیزی، تولید زیست توده و فعالیت میکروبی گردیده و هیچ اثر سوئی در افزایش فلزات سنگین خاک ندارد. نتایج آزمایش گندمکار و کلباسی (۲۷) نیز نشان داد که اضافه کردن شیرا به کمپوست باعث افزایش عملکرد ذرت از ۸ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۱۲ تن در هکتار گردیده است. همچنین باعث افزایش طول بلال و تعداد دانه تشکیل شده در هر بلال گردید. منتظری و ملکوتی (۳۶) نشان دادند که مصرف کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، سبب افزایش معنی دار در عملکرد وزن دانه، وزن کاه و درصد پروتئین دانه گندم گردید.

رضوی طوسی و کریمیان (۱۶) نیز در بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری و شیرابه آن بر رشد و ترکیب شیمیایی گوجه فرنگی نشان دادند که مصرف هر دوی آنها باعث افزایش محسوس عملکرد ماده خشک گیاه شده که این افزایش بویژه در سطوح کمپوست از شدت بیشتری برخوردار بود. محبوب خمایی و پاداشت (۲۹) نشان دادند که ۱۰۰ گرم کمپوست آزولا در مقایسه با ۲۵۰ و ۴۰۰ گرم، رشد گیاه را تسریع کرده و چندین ویژگی مهم باغبانی همچون ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک و رنگ برگ را در بسترهای کشت اصلاح می کند. خلیج و همکاران (۱۱) گزارش دادند که استفاده از کمپوست همراه با کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم موثر می باشد. بنابراین مصرف کمپوست به همراه کودهای شیمیایی مورد تاکید است.

همچنین شاهیان و سماوات (۲۲) نشان دادند که اثر متقابل کمپوست و کودهای شیمیایی بر عملکرد میوه، وزن خشک و ارتفاع گیاه خیار معنی دار شده و نشان دادند که کاربرد توأم کمپوست و کودهای شیمیایی اثر بیشتری نسبت به کاربرد به تنهایی هر کدام از آنها بر روی رشد گیاه داشت.

## ۲-۲-۳- نقش کمپوست در جذب عناصر غذایی توسط گیاه

استفاده از پسماندهای آلی نظیر کمپوست بعنوان کود، نه تنها می تواند منبع غنی از عناصر غذایی ازت و فسفر باشد، بلکه می تواند در جذب بیشتر عناصر کم مصرف نیز کمک کند (۱۲). در رابطه با

---

<sup>۴</sup> Speir

بهبود جذب عناصر غذایی با استفاده از کمپوست گزارشات بسیاری در دست می باشد. مشیری و مفتون (۳۳) گزارش دادند که کاربرد کمپوست و کود مرغی با افزایش قابلیت هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن کل خاک، فسفر قابل عصاره گیری شده بوسیله DTPA همراه بوده است. مجیدی و ملکوتی (۲۸) نشان دادند که کاربرد کمپوست باعث افزایش غلظت روی قابل جذب خاک گردید. مرجوی (۳۱) گزارش داد که غلظت قابل دسترس عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی در خاک، طی دو سال مصرف کود کمپوست، به طور معنی داری افزایش یافت که این موضوع می تواند از نکات مثبت کود کمپوست، جهت تامین این عناصر غذایی برای گیاه تلقی گردد. نتایج آزمایش هو و بارکر<sup>۵</sup> (۶۰) نشان دادند که کمپوست ضایعات کشاورزی باعث جذب مقادیر بالایی از عناصر N، P، K، Ca و Mg در برگ گیاه گوجه فرنگی می گردد. گندمکار و کلباسی (۲۷) نیز نشان دادند که اضافه کردن شیرابه کمپوست به خاک، جذب عناصر غذایی شامل N، K، Fe، Mn و Cl را توسط گیاه ذرت بطور معنی داری افزایش می دهد. گزارش رضوی طوسی و کریمیان (۱۶) در بررسی اثر کمپوست بر روی گیاه گوجه فرنگی نشان داد که استفاده از کمپوست در تمامی سطوح باعث افزایش محسوس غلظت نیترات باقیمانده، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن و منگنز خاک و به میزان کمتر غلظت روی، مس و سرب گردید. همچنین افزایش سطوح کاربرد شیرابه کمپوست نیز باعث افزایش نیتروژن، پتاسیم، سدیم و آهن در گیاه شد. کافی و ارغوانی (۲۵) گزارش دادند که با کاربرد ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی کمپوست قارچ در کشت چمن کمترین علائم کمبود عناصر غذایی مشاهده می شود. چن<sup>۶</sup> و همکاران (۴۶) گزارش دادند که کلات های آهن که بوسیله میکروارگانیزمهای تولیدکننده کمپوست ایجاد می شوند، بطور قابل ملاحظه ای در تغذیه آهن و جذب آن توسط سویا و پیاز در شرایط قلیایی تاثیر گذار می باشند. امیری نژاد (۵) نیز گزارش داد که کمپوست در تمامی سطوح موجب افزایش عملکرد و بالارفتن جذب عناصر غذایی می شود و واضح است که کمپوست جدای از افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، می تواند تامین کننده بخشی از عناصر پر مصرف و کم مصرف

مورد نیاز گیاه باشد. نتایج آزمایش رز و وانگ<sup>۷</sup> (۷۸) نشان داد که محیط کشت دارای کمپوست باعث جذب مقادیر بالاتری از منگنز، آهن و روی نسبت به تیمار شاهد گردید.

روغنیان (۱۷) گزارش داد که استفاده از کمپوست باعث افزایش جذب آهن، منگنز، روی و مس در گیاه ذرت گردید. مشیری و مفتون (۳۳) نشان دادند که کاربرد کمپوست با افزایش میانگین غلظت روی، سرب و مصرف کود مرغی نیز با افزایش میانگین غلظت آهن و کادمیوم همراه می شود. رجائی (۱۴) گزارش داد که اگر چه کمپوست دارای غلظت نسبتاً بالایی از عناصر کم مصرف کاتیونی و فلزات سنگین می باشد، اما مصرف این کود مشکلی از لحاظ سمیت این عناصر ایجاد نکرد. این امر را می توان به واکنش قلیایی خاکهای مورد آزمایش و غیر پویا شدن این عناصر نسبت داد. تاثیر متفاوت کمپوست در تامین عناصر روی، مس، آهن و منگنز حاکی از تفاوت شیمی این فلزات در خاک های تیمار شده با کمپوست می باشد. شاهیان و سماوات (۲۲) نشان دادند که مصرف کمپوست باعث افزایش معنی دار میانگین غلظت عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، روی و مس در برگ های خیار گردید.

## ۲-۲-۴- نقش کمپوست در بهبود خواص فیزیکی خاک

افزودن مواد آلی از انواع مختلف به خاک، به عنوان روشی معمول و موثر در بهبود خواص فیزیکی خاک شناخته شده است (۴۴). گالاردو<sup>۸</sup> و همکاران (۵۶) نشان دادند که بیشتر منابع حاصل از کاربرد کمپوست در خاک به بهبود خواص فیزیکی خاک ها در اثر وجود ماده آلی در کمپوست مربوط می شود تا ارزش غذایی در کمپوست. پینامونتی<sup>۹</sup> (۷۴) نیز در بررسی اثرات مالچ های کمپوست گزارش داد که مالچ های کمپوست باعث افزایش محتوی ماده آلی خاک، همچنین بهبود تخلخل و ظرفیت نگهداری آب و خاک می گردند. داده های او همچنین نشان داد که بهبود جذب عناصر غذایی

---

Rose & Wang  
<sup>۸</sup> Gallardo  
<sup>۹</sup> Pinamonti

در اثر کاربرد کمپوست بیشتر به دلیل بهبود خواص فیزیکی خاک صورت می گیرد. سیلیکی<sup>۱۰</sup> و کلیکس (۴۴) گزارش دادند که کاربرد کمپوست در عمق ۱۵ سانتیمتری از عمق خاک به طور معنی داری باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شده و تجمع مواد آلی را نسبت به تیمار شاهد افزایش داده، همچنین محتوی آب قابل دسترس را حدود ۸۶٪ افزایش داده است. مطالعاتی را که روی کمپوست Biosolids انجام شده است نشان می دهد که با کاربرد این ماده ظرفیت نگهداری آب و پایداری خاکدانه های خاک در خاک های سیلتی لوم افزایش می یابد (۵۱). فولی و کوپرلند (۵۱) نشان دادند که بعد از دو سال افزودن کمپوست به خاک، خواص فیزیکی آن نسبت به شاهد بهبود یافته است. افزودن کمپوست در این آزمایش باعث افزایش تخلخل کل و افزایش مقدار آب نگهداری در حد ظرفیت زراعی گردید. همچنین گوئرو و همکاران (۵۸) گزارش دادند که کاربرد کمپوست باعث افزایش درصد خاکدانه های ۲-۴ میلی متری می گردد.

## ۳-۲- عناصر کم مصرف

### ۳-۲-۱- وضعیت آهن در خاک

مقدار آهن در سنگ مادر بیش از سایر عناصر غذایی است. سنگ کره ۵/۱ درصد آهن دارد که ترکیباتی متعدد را با گوگرد و اکسیژن تولید می کند، لیکن درجه حلالیت این مواد به قدری ناچیز است که گیاه در شرایط زیستی نامساعد، نظیر pH بالا و زیادی کربنات کلسیم، نمی تواند نیاز اندک خود را از خاک جذب کند. غلظت آهن در خاک می تواند ۰/۰۲ تا ۱۰ درصد متغیر باشد. آهن از تخریب سنگهای مادری، و عمدتاً به صورت دو ظرفیتی وارد محلول خاک شده و به همین شکل نیز به وسیله گیاه جذب می گردد. غلظت حد بحرانی آهن در خاک های آهکی در حدود ۶-۵ میلی گرم در کیلوگرم بر مبنای DTPA گزارش شده است (۳۵).

---

<sup>۱۰</sup> Celiki

## ۲-۳-۱-۱- نقش آهن در سلامت انسان

آهن از عناصر ضروری بدن بوده و در میان عناصر کم نیاز، بیشترین مقدار (۴ گرم) را تشکیل می دهد. آهن برای ادامه حیات انسان ضروری بوده و برای تولید هموگلوبین موجود در گلبولهای قرمز خون، میوگلوبین (ماده رنگین عضلات) و برخی آنزیم ها ضروری است. کمبود آهن در کشورهای جهان سوم عمومیت دارد ولی کم خونی<sup>۱۱</sup> تلفیقی از کمبود آهن و روی می باشد (۲۰ و ۶۳). آهن و کلسیم دو ماده اصلی هستند که اغلب زنان دچار کمبود آن هستند. فقط حدود ۸ درصد کل آهن مصرفی جذب بدن شده و عملاً وارد جریان خون می شود. یک شخص بالغ که تقریباً ۷۰ کیلوگرم وزن داشته باشد، در بدنش حدود ۴ گرم آهن وجود دارد. چون گلبولهای قرمز خون هر ۱۲۰ روز یک بار تجدید می شوند، هموگلوبین که بیش تر آهن بدن را در بر دارد، دوباره مورد استفاده قرار گرفته و در ساختمان گلبول های قرمز به کار می رود. مقدار کمی آهن نیز در عضلات (میوگلوبین)<sup>۱۲</sup> به صورت اتصال پروتئینی ذخیره می شود. برای جذب آهن در بدن مس، کبالت، منگنز و ویتامین (C) مورد لزوم اند. آهن برای متابولیسم صحیح ویتامین های (B) ضروری است. آهن به رشد کمک می کند، مقاومت در برابر بیماریها را زیاد می کند، از خستگی جلوگیری می کند، کم خونی های حاصل از کمبود آهن را معالجه و پیشگیری می کند و رنگ موزون به پوست می دهد (۲۰).

## ۲-۳-۱-۲- نقش آهن در گیاهان

آهن نقشی بسیار مهم در متابولیسم ریزوبیوم های آزاد زی ایفا می کند. چون در ساختمان پروتئین های مهمی چون سیتوکروم ها،<sup>۱۳</sup> پروتئین های Fe-S مانند فردوکسین<sup>۱۴</sup> و همچنین آنزیم های حاوی آهن مانند نیتروژناز<sup>۱۵</sup> وجود دارد. اگر چه تأثیر کمبود آهن در کاهش رشد ریزوبیوم ها مشخص می باشد، ولی سویه های مختلف، واکنش های متفاوتی از خود نشان می دهند. تحقیقات نشان داده است

<sup>۱۱</sup> Anemia

<sup>۱۲</sup> Ferretin

<sup>۱۳</sup> Cytochromes

<sup>۱۴</sup> Ferrodoxins

<sup>۱۵</sup> Nitrogenase



که وقتی ریزوبیوم ها تند رشد جنس *Rhizobium* و *Sinorhizobium* در محیط بدون آهن کشت شدند، نسبت به محیطی که حاوی ۲۰ میکرولیتر در لیتر آهن بود برای رسیدن به فاز ثابت رشد<sup>۱۶</sup> به دو برابر زمان نیاز داشتند. آهن برای ساخت کلروفیل و لگ هموگلوبین ضروری است و در بسیاری از فرایندهای بیوشیمیایی به عنوان ناقل الکترون دخالت دارد. پروتئین های حاوی آهن مانند سیستم آنزیمی نیتروژناز و لگ هموگلوبین برای کارایی موثر همزیستی ریزوبیوم ها - لگوم ضروری می باشند. کمبود آهن در لگوم ها باعث کاهش نمو گره می شود. نتایج آزمایش های متعدد نشان داده اند که این تاثیرات به توانایی باکتری همزیست از نظر جذب آهن از خاک نیز بستگی دارد، به طوری که سویه های مختلف<sup>۱۷</sup> تلقیح شده به گیاه بادام زمینی در یک خاک آهکی نتایج مختلفی را از نظر رشد و تشکیل گره به دنبال داشتند. نقش آهن در تشکیل گره ممکن است به دلیل نیاز باکتری های موجود در سلول های میزبان به آهن برای تکثیر باشد. کمبود آهن در خاکهای آهکی به دلیل نامحلول شدن املاح آن (عمدتاً به علت افزایش pH) مطرح است. ممکن است آهن به وسیله ریشه گیاهان و به صورت نمکهای آلی پیچیده (ترکیبات چنگالی) جذب گردد. هنگامی که آهن به شکل سولفات آهن و ترکیبات پیچیده آلی بر روی برگ درختان پاشیده می شود، قسمتی از آن به وسیله برگها جذب می گردد. آهن نقش مهمی را در نظامهای آنزیمی ایفاء می کند. جذب آهن به وسیله ریشه گیاهان بستگی به صرف انرژی تنفسی دارد و در کاهش انرژی تنفسی، جذب آهن متوقف می گردد. از آنجا که آهن عنصری غیر پویاست، نشانه های کمبود آن که عمدتاً سفید شدن سطح برگ ها (کلروز) است، از برگهای جوان آغاز می شود. علت سفید شدن برگها (رگبرگ های سبز باقی می ماند) آن است که در صورت کمبود آهن، سبزینه به مقدار کافی ساخته نمی شود. وجود فسفات بیش از اندازه در خاک جذب آهن را دشوار می سازد. اگر مقدار آهن در برگهای جوان از ۵۰ میکروگرم در هر گرم ماده خشک گیاهی کمتر باشد، بروز علائم کمبود آهن محتمل خواهد بود. کمبود آهن عمدتاً در درختان میوه، نظیر سیب و گلابی، به دلیل حساسیت فراوان آنها نسبت به کمبود می باشد. علائم

---

<sup>۱۶</sup>Stationary  
<sup>۱۷</sup>Bradyrhizobium

کمبود آهن در بیشتر باغهای سیب کشور که در خاکهای آهکی احداث شده اند به وضوح ملاحظه می گردد. درختان مرکبات نیز نسبت به کمبود آهن حساس می باشند (۳۵).

## ۲-۳-۲- وضعیت منگنز در خاک

منگنز یکی از اجزاء ساختمانی سنگ های آذرین می باشد، که در اثر هوازدگی سنگها وارد خاک می شود. منگنز یازدهمین عنصر فراوان تشکیل دهنده پوسته زمین است و مقدار متوسط آن در کره خاکی تقریباً ۰/۰۹ درصد می باشد. خاکها عموماً ۲۰ تا ۳۰۰۰ و میانگین ۶۰ میلی گرم در کیلوگرم منگنز دارند. منگنز در خاک عمدتاً به صورت اکسیدها و هیدروکسیدهای پوششی روی دیگر ذرات خاک و یا به شکل گره هائی متفاوت الشكل دیده می شود. پراکندگی و مقادیر ترکیبات گوناگون منگنز در خاک ها تا حد زیادی بوسیله ماهیت مواد مادری، فرآیند های تشکیل دهنده خاک، چرخه های زیستی، نوسانات فصلی سفره آب زیر زمینی و نیز پتانسیل اکسایش و احیاء تعیین می گردد. این عنصر اکثراً در خاک همراه با آهن بوده و رفتارهایی مشابه با آن دارد و همانند آهن دارای ظرفیت های متفاوتی است و به همین علت شیمی آن در خاک پیچیده است. منگنز دو ظرفیتی در سیستم های دگرگونی و آتش فشانی با فشار اکسیژن کم دیده می شود، در حالی که شکل های سه و چهار ظرفیتی آن، تنها در شرایط با فشار اکسیژن بالا یافت می شود. منگنز دو ظرفیتی در سیلیکاتها و اکسیدها جایگزین برخی از کاتیونهای دو ظرفیتی از جمله آهن و منیزیم می گردد. این شکل منگنز مهمترین شکل منگنز قابل جذب گیاهی است که به صورت کاتیون جذب سطحی و یا در محلول خاک وجود دارد، اما  $Mn^{+3}$  به صورت اکسید بسیار واکنش پذیر  $Mn_2O_3$  و  $Mn^{+4}$  به صورت اکسید بسیار بی اثر  $MnO_2$  می باشند. برخی از محققان عقیده دارند که این سه شکل با یک دیگر در تعادلند.  $Mn^{+4}$  شکل بسیار پایدار منگنز است که در pH بیش از ۸ در خاک یافت می شود. منگنز سه ظرفیتی بیشتر در pH نزدیک خنثی دیده می شود، در حالی که شکل دو ظرفیتی منگنز عمدتاً در خاکهای اسیدی و احیائی یافت می شود (۳۵).

## ۲-۳-۱- نقش منگنز در سلامت انسان

کمبود منگنز در جانوران و انسانها گستردگی زیادی ندارد. در حیوانات کمبود منگنز اغلب در مرغ و خروس هایی دیده شده است که با دانه هایی تغذیه شده اند که کلسیم و فسفر زیادی دارند، در حالی که کمبود منگنز در انسان به عنوان یک معضل بهداشتی شناسایی نشده است، اما در برخی از گروههای بشری به علت ضعف بودن رژیم غذایی آنها از نظر منگنز، احتمال کمبود منگنز وجود دارد. ضرورت وجود منگنز در جیره غذایی حیوانات در سال ۱۹۳۱ معلوم شده است اما اطلاعات کمی در مورد اثرات آن در انسان وجود دارد. براساس گزارش محققان ۴۰ درصد از جمعیت جهان از کمبود عناصر ریز مغذی رنج می برند. بدن انسان بالغ حاوی ۱۰ تا ۲۰ میلی گرم منگنز است که بسته به سن افراد فرق می کند. منگنز بیشتر در کبد، کلیه ها و استخوان وجود دارد. منگنز در انسان برای تعدادی از هیدرولازها و کینازها، دی کربوکسیلازها و ترانسفرازها به عنوان یک کو فاکتور عمل می کند. منگنز در انسان آنزیم های مورد لزوم برای استفاده از بیوتین ها، ویتامین B<sub>1</sub> و ویتامین C<sub>1</sub> را فعال می کند. علاوه بر این در تشکیل تیروکسین اهمیت داشته، برای ساختمان طبیعی استخوان ها ضروری بوده و در برطرف کردن خستگی مؤثر است. منگنز برای هضم و استفاده صحیح از مواد غذایی در بدن مورد نیاز است و در دوباره سازی و عمل دستگاه اعصاب مرکزی اهمیت دارد. مصرف زیادی کلسیم و فسفر مانع جذب منگنز می گردد. در ضمن مقدار مورد نیاز آن حدود ۵ میلی گرم در روز است. آجیل، دانه کامل و پوست نگرفته از جمله منابع غنی منگنز هستند و زرده تخم مرغ، میوه جات و سبزیجات در رده بعدی قرار دارند (۳۵).

## ۲-۳-۲- نقش منگنز در گیاهان

در گیاهان منگنز دو ظرفیتی ( $Mn^{2+}$ ) شکل غالب است، که تنها با لیگاندهای آلی پیوندهای نسبتاً وضعیفی تشکیل می دهد. منگنز دو ظرفیتی ( $Mn^{2+}$ ) به آسانی به منگنز سه ظرفیتی ( $Mn^{3+}$ ) و یا منگنز چهار ظرفیتی ( $Mn^{4+}$ ) تبدیل می گردد. بنابراین منگنز در گیاه نقش مهمی در پروسه های اکسیداسیون و احیاء (مانند انتقال الکترون در فتوسنتز) را بر عهده دارد. بعلاوه منگنز بعنوان فعال

کننده بسیاری از آنزیم ها عمل می کند که از بین آنها دو آنزیم حاوی منگنز بیشتر مطرح هستند که عبارتند از : پروتئین منگنز دار در فتوسیستم II و سوپر اکسید و سبوتاز حاوی آهن (MnSOD). منگنز در فعال سازی آنزیم های متعدد دیگر که با متابولیسم کربوهیدرات ها، واکنش فسفری شدن و چرخه اسید سیتریک سرو کار دارند هم نقش دارد. در گیاهانی که با کمبود منگنز روبرو هستند فتوسنتز کاهش یافته و در نتیجه میزان کربوهیدراتهای محلول، بخصوص در ریشه ها به میزان زیادی کاهش می یابد. در اثر کمبود منگنز تعداد دانه در خوشه و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می یابد. علت اصلی این امر گرده افشانی ضعیف و کمبود کربو هیدرات ها برای پر کردن دانه می باشد. محققان گزارش نمودند که در اسفناج، کمبود منگنز نسبت به شاهد می تواند مقدار فتوسنتز را ۲۸ درصد و وزن خشک گیاهی را ۲۰ درصد کاهش دهد. مهمترین و شناخته شده ترین نقش منگنز دخالت آن در آزاد سازی اکسیژن فتوسنتزی در کلروپلاست است. به لحاظ نقش کلیدی منگنز در شکستن مولکول آب حتی کمبود جزئی منگنز بر فتوسنتز و آزاد سازی اکسیژن اثر می گذارد. در حالی که تنها در اثر کمبود شدید منگنز، غلظت کلروفیل کاهش می یابد.

چون تحرک و پویایی منگنز در گیاه کم است، علائم کمبود آن ابتدا در بافت های جوان گیاه مشاهده می شود. در دو لپه ای ها، کلروز بین رگبرگی در برگهای جوان علامت مشخصه کمبود منگنز است، در حالیکه در غلات دانه ریز کمبود منگنز به صورت نقاط قهوه ای رنگ روی حاشیه برگهای جوان ظاهر می گردد و نواحی اطراف رگبرگها به رنگ سبز تیره باقی می ماند، که در حالت شدید تر نواحی سبز رنگ روی سطح گسترش یافته و حتی در شرایط حاد علائم در برگهای مسن تر نیز دیده می شود. کمبود منگنز عارضه ای به نام Reclamation disease که یک بیماری فیزیولوژیکی است ایجاد می کند(۳۵).

## ۲-۳-۳- وضعیت مس در خاک

میانگین وزن مس در پوسته زمین ۷۰ میلی گرم در کیلو گرم بوده، و مقدار آن در خاک با نوع سنگ تغییر می کند. مقدار مس در سنگ آهک، ماسه سنگ، پلمه سنگ<sup>۱۸</sup> به ترتیب ۴، ۳۰، ۴۵ میلی گرم در کیلو گرم می باشد. در خاکهای آهکی حد بحرانی آن حدود یک میلی گرم در کیلو گرم گزارش شده است (۳۵).

## ۲-۳-۳-۱- نقش مس در سلامت انسان

مقدار مصرف روزانه مس در انسان در مقایسه با آهن و روی (۲۰ میلی گرم در روز) بسیار اندک و حدود دو میلی گرم در روز، گزارش شده است. مس با کمک به جذب آهن، سطح انرژی بدن را بالا نگه می دارد. عوارض کمبود مس، که عمدتاً کم خونی و ورم معده است، در صورت جذب کافی آن کمتر مشاهده می شود. نظر به اینکه نیاز روزانه انسان نسبت به مس خیلی پایین است، بنابراین در صورت مصرف غلات، حبوبات و سبزیجات نباید در مورد کمبود مس نگران بود (۲۰).

## ۲-۳-۳-۲- نقش مس در گیاه

مقدار مس در گیاه بین 3 - 10 ppm وزن خشک گیاه متغیر است. مس در گیاه بیشتر در فعالیت های آنزیمی دخیل است. وجود این عنصر در سیستم های آنزیمی اکسیداز - کاتالاز ضروری است. همچنین این عنصر در واکنش های انتقال الکترون سهیم و فعال کننده چندین آنزیم می باشد. به کمک احیا کننده های بسیار ضعیف به راحتی احیا می شود و با اکثر لیگاند ها پیوند های قوی برقرار می کند. به نظر می رسد که ضروری بودن این عنصر در گیاه به دلیل وجود آن در تغییرات ریداکسی در آنزیم های ریداکس مانند نیتروژناز، لاکاز، آسکریبیک اسید اکسیداز، مونو دی آمین اکسیداز، دی - گالاکتواکسیداز و دی اکسیداز باشد. همچنین پلاستوسیانین<sup>۱۹</sup> پروتئین ریداکسی مس می باشد که

---

<sup>۱۸</sup>Shale

<sup>۱۹</sup> plastocyanin

بدون عملکرد اکسیدازی به عنوان ماده نهایی در زنجیره انتقال الکترون در PS - I شرکت می کنند.(۶۳).

## ۲-۳-۴- وضعیت روی در خاک

متوسط وزن روی در سنک کره ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم بوده، و میانگین غلظت روی در خاک نیز در همین حدود است. روی به صورت ترکیبات غیر محلول و کم محلول کربنات روی ( $ZnCO_3$ ) و سولفورروی ( $ZnS$ ) در خاکها یافت می شود. افزون بر آن، روی با منیزیم رسهای گروه مونت موریلونایت عمل جانشینی را انجام می دهد. روی پویا نبوده، لذا ظهور علائم کمبود از برگهای جوان آغاز، و کمبود آن در خاکهای آهکی مطرح می گردد. کمبود روی در خاک های ایران عمدتاً در درختان میوه، مانند سیب و هلو و به صورت کچلی شاخه ها رایج است. کمبود روی در پنبه سبب کوچک برگی می گردد. کمبود روی، در خاکهایی که در آنها از کودهای فسفاتی فراوان استفاده شده باشد، به دلیل رقابتی که بین فسفر و روی در جذب به وسیله ریشه گیاهان وجود دارد، مطرح می گردد. زیادی فسفر مانع جذب روی و یا انتقال آن در داخل گیاه می شود. آزمایشهایی که در مورد اثر متقابل فسفر و روی بر رشد و عملکرد ذرت علوفه ای انجام گرفت نشان داد که عمل کاهندگی فسفر در جذب روی به علت تشکیل فسفات روی در خاک نبوده، و با فزونی قابل توجه میزان فسفر در خاک، غلظت فسفر در برگ افزایش می یابد، لیکن میزان روی در آن کاستی می پذیرد. فسفر و روی در خاک بر هم اثری نداشته، بلکه واکنش متقابل آنها در درون سیستم گیاه رخ می دهد، که با افزایش جذب فسفر، جذب روی دچار وقفه می گردد. به دلایلی پرشمار از جمله آهکی بودن، فقر مواد آلی و فراوانی کربنات کلسیم، در بیش از ۸۵ درصد خاک های زراعی کشور مقدار روی قابل استفاده کمتر از حد بحرانی (یک میلی گرم در کیلو گرم) بوده و اگر غنی سازی محصولات کشاورزی نیز مطرح باشد که هست، تحت این شرایط ۱۰۰ درصد خاک های زراعی کشور نیاز به سولفات روی خواهند داشت. بنابراین غلظت روی در محصولات کشاورزی کشور بسیار پایین می باشد. کمبود روی در خاکهای زراعی دنیا مخصوصاً خاکهای آهکی عمومیت دارد. نتایج تجزیه خاکهای زراعی ایران و

همچنین گیاهان موید آن است که کمبود روی در این خاک ها و گیاهان به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک های زراعی، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان در آب های آبیاری، شوری خاک، پایین بودن مواد آلی خاک، مصرف فراوان و بیش از نیاز کود های فسفاتی و نهایتاً عدم رواج مصرف کود های محتوی روی شایع است. کاهش تولیدات کشاورزی مخصوصاً غلات در اکثر کشورهای جهان از جمله هندوستان، چین، استرالیا، ترکیه، و بالاخره ایران ناشی از کمبود روی در خاک های زراعی گزارش شده است. از آنجا که غذای اصلی مردم این قبیل کشورها را غلات تشکیل می دهد کمبود روی به شکل وسیعی در ساکنین آنها مشاهده می شود. در ایران و سایر کشورهای جهان سوم که بیش از ۵۰ درصد کالری مورد نیاز آنان از نان و برنج بدون سبوس تامین می گردد، کمبود شدیدتر خواهد بود (۳۵).

#### ۲-۳-۴-۱- نقش روی در سلامت انسان

روی یکی از دو عنصر ضروری شرکت کننده در مجموعه مکانیسم های حفاظتی بدن و یکی از شروط جوش خوردن زخم ها، و یکی از مواد معدنی کمیاب است که بعد از آهن بیشترین میزان را در بدن دارا می باشد. در خصوص اهمیت روی همین بس که بدن بدون این عنصر نمی تواند به حیات خود ادامه دهد. زیرا روی برای سنتز DNA و RNA و متابولیسم کردن کربوهیدرات ها، چربی ها و پروتئین ها، دفع دی اکسید کربن و استفاده بهینه از ویتامین A مورد نیاز است. روزانه چندین سلول از بافت های مختلف در بدن در اثر موتاسیون و یا انکوژن شدن سرطانی می شوند. این سلول ها توسط سیستم ایمنی بدن شناسایی (تشخیص و رؤیت این سلول ها با روی می باشد) و مکلف به خود کشی می شوند. مقدار عنصر روی در بدن انسان بالغ بر ۲/۳ گرم و بعد از آهن حدود (۴ گرم) قرار دارد. روی در نقش بیش از ۳۰۰ نوع آنزیم در انسان، دام و گیاه شرکت دارد. روی انرژی زا بوده و نقش آن در سلامت انسان محرز است. اخیراً توجه محققین سرطان برای افزایش ایمنی بیماران سرطانی درصدد تهیه و تزریق سولفات روی به این بیماران هستند. روی به طور کلی به عنوان یک فاکتور در آنزیم های متعدد وابسته به کنترل تومور ها، سیستم عصبی و ترمیم زخم ضروری است. در مداوای

مجروحین جنگی مشخص شد که مجروحینی که مبتلا به کمبود روی بودند زخم هایشان دیرتر التیام می یافت. روی فعالیت آنتی اکسیدان بدن را افزایش داده، مانع خستگی زودرس خانم ها در انجام کارهای روزانه می شود. روی در علاج آب سیاه چشم (گلوکوم) ، آرتريت روماتوئید ، آسم ، بیماری های قند، کم کاری غدد بخصوص غده تیروئید، معالجه استرس های عصبی و ... نقش بسیار مهمی را ایفا می کند (۲۰ و ۶۳)

انقباض عضلات را کنترل و به تشکیل انسولین کمک می کند. روی در اعمال مغز و معالجه شیزوفرنی موثر است. روی رسوب کلسترول در رگ ها را کاهش داده و به دلیل مدر بودن، برای بهداشت کلیه ها مفید است. روی ، حس چشایی را تقویت کرده، در جلوگیری از ریزش مو و محو خالهای سفید روی ناخن و جلوگیری از شکنندگی ناخن ها مؤثر بوده، برای ثبات حالت خون و برقراری تعادل اسیدی - قلیایی بدن مهم است (۳۵).

## ۲-۳-۴-۲- نقش روی در گیاه

روی وظایف مهمی را در گیاهان به عهده دارد این عنصر یا به عنوان بخشی از ساختمان آنزیم ها به کار می رود و یا به صورت کوفاکتورهای تنظیم کننده و تعدادی زیادی از آنزیم ها عمل می نماید. روی حداقل در ساختمان چهار آنزیم به کار رفته است. کربنیک آنهیدراز، الکل دهیدروژناز، سوپر اکسید Cu-Zn دیسموتاز و RNA پلی مراز. روی در متابولسیم کربوهیدرات ها و پروتئین ها در گیاهان دخالت دارد. فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز به سرعت در اثر کمبود روی کاهش می یابد. کربنیک آنهیدراز در سیتوپلاسم و کلروپلاست تجمع می یابد و به تثبیت CO<sub>2</sub> در فتوسنتز کمک می نماید. روی در متابولیسم ازت در گیاه نیز مشارکت دارد. اولین معلول ممکن در کمبود روی، کاهش زیاد مقدار RNA و مقدار ریبوزوم سلولهاست. این کاهش در ساخته شدن RNA بدین معنی است که کمبود روی مانع از سنتز پروتئین شده و در نتیجه باعث تجمع اسید های آمینه آزاد می گردد. روی برای ساخته شدن ایندول استیک اسید (IAA) از تریپتوفان ضروری است. چون تریپتوفان شرط لازم برای ساخت ایندول استیک اسید می باشد، بنابراین ساخته شدن این ماده رشدی به طور غیر



مستقیم تحت تاثیر روی خواهد بود. غلظت های بیش از حد تریپتوفان در برگهای گیاهان دچار کمبود روی احتمالاً ناشی از همین موضوع است. فعالیت آنزیم الکل دهیدورژناز (ADH) به شدت با کمبود روی کاهش می یابد، این آنزیم نقش مهمی را در تنش ریشه ها در شرایط بی هوازی ایفا می نماید که در نتیجه آن استالددئید به اتانول احیاء می شود. بنابراین در صورت کمبود روی، تحت شرایط بی هوازی متابولیسم ریشه های بی هوازی مختل می گردد (حتی در شرایط هوازی، تشکیل اتانول به طور عمده در مناطق مریستمی مانند انتهای ریشه ها نیز صورت می گیرد. روی همچنین در متابولیسم اسید جیبرلیک نقش دارد و به نظر می رسد که در شرایط کمبود روی این متابولیسم مختل گردد. ساجه وهمکاران (۸۴) و مارچر وهمکاران (۶۴)، نشان دادند که نفوذ پذیری غشاء پلاسمایی در گیاهان مبتلا به کمبود روی زیاد شده و در نتیجه آن نشت سلولی  $NO_3^-$  , K و ترکیبات آلی از ریشه افزایش می یابد. گادالاه وهمکاران (۵۳) نیز گزارش دادند غلظت های بالاتر روی در شرایط شور، رشد ریشه و تشکیل آوند چوبی را در گیاهان در مقایسه با گیاهان بدون مصرف روی افزایش می دهد. از نقش های مهم روی در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می توان به افزایش پروتئین و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) به طور مختصر اشاره نمود.

#### ۲-۴- اهمیت جهانی ذرت از دیدگاه محصولات استراتژیک

ذرت پس از گندم و برنج، مهمترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می دهد (۷۶). ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه ( $C_4$ ) است و گرچه دامنه سازگاری آن گسترده است، ولی در اقلیم های گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد بهتری می کند. ذرت از جمله گیاهانی است که عملکرد دانه ای آن در عرض های جغرافیایی بالاتر از خاستگاه خویش، زیادتر است (۴۹). این موضوع بیانگر توسعه اقتصادی و استفاده بیشتر از نهاده ها و تولید این محصول در عرض های جغرافیایی بالا تر است، هر چند طول دوره ی روشنایی زیادتر و فصل رشد طولانی تر هم در این امر مؤثر بوده اند (۴۹).

پتانسیل عملکرد ذرت در واحد سطح به گونه ای است که برداشت ۱۵ تا ۲۰ تن دانه در هکتار در سطح تجاری رایج می باشد (۸۵). به دلیل استعداد زیاد در تولید دانه، ذرت را « پادشاه غلات » نامیده اند (۷۳).

در بین غلات، ذرت بیشترین تنوع مصرف کننده را داراست، زیرا ذرت افزون بر مصرف به عنوان غذای انسان (کنسرو یا تهیه غذا خانه) و به عنوان علوفه برای دام ها، در صنایع تخمیر و تهیه فرآورده های متنوع صنعتی از جمله اتانول نیز مورد استفاده قرار می گیرد. به نظر می رسد اهمیت ذرت در آینده زیادتر شود زیرا در کشورهای فقیر غذای اصلی است، و در کشورهای غنی برای تولید پروتئین حیوانی ضروری است (۵۰).

در سال ۲۰۰۵ تولید جهانی ذرت ۷۱۱/۷ میلیون تن بوده است که از مساحتی معادل ۱۴۵/۳ میلیون هکتار بدست آمده است (۵۰). عمده ترین محل پراکنش ذرت عرض های جغرافیایی ۳۰ تا ۵۵ درجه می باشد (۸۳). مهمترین کشورهای تولید کننده ذرت، آمریکای شمالی، چین و آمریکای لاتین می باشند که آمریکای شمالی با ۱۴ درصد سطح زیر کشت جهانی ذرت، اندکی کمتر از نیمی از تولید جهانی ذرت را به خود اختصاص داده است (۷۵). بزرگترین صادرکنندگان ذرت را کشورهای آمریکای شمالی، فرانسه و آرژانتین و بزرگترین وارد کنندگان آن را ژاپن، روسیه و کره جنوبی تشکیل می دهند (۸۳). در آمریکای لاتین ذرت مهمترین غله ی دانه ای است و گندم و برنج در مرتبه های بعدی قرار دارند (۵۴).

در سال زراعی ۱۳۸۲ سطح زیر کشت ذرت دانه ای در ایران معادل ۲۱۰ هزار هکتار بوده که از آن بیش از ۱/۸ میلیون تن ذرت دانه ای برداشت شده است. در بین استان های کشور، استان فارس با بیش از ۱۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت و تولید بیش از ۶۰۰ هزار تن ذرت دانه ای در کشور دارای مقام نخست تولید است .

## ۲-۴-۱- ویژگی های زراعی و فیزیولوژیک ذرت

در زراعت ذرت فاصله بذر ها روی پشته ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر از هم و فاصله پشته ها از هم ۵۰ تا ۶۰ سانتی متر است. تراکم بوته ی ذرت در هکتار بسته به ارتفاع بوته ها و زودرسی محصول در ذرت دانه ای بین ۶۰ تا ۸۰ هزار و در ذرت علوفه ای بین ۹۰ تا ۱۴۰ هزار بوته و گاهی تا ۲۰۰ هزار بوته متغیر است (۵۰). تراکم پذیری هیبرید های جدید ذرت بیشتر از هیبریدهای قدیمی است (۴۸). در هیبرید های زودرس ذرت که تعداد برگ در هر بوته کمتر اس، تراکم کاشت بذر زیادتر است (۵۰). کارایی استفاده از آب در ذرت بسیار بیشتر از غلات سه کربنه ای گندم، برنج، جو، یولاف و چاودار است (۱۳) و عملکرد دانه ای آن در واحد سطح بیش از ۲/۵ برابر گندم است.

در بین گیاهان زراعی چهار کربنه، ذرت بیشترین حساسیت را به تنش های محیطی دارد (۴۸). ذرت به آب فراوان نیاز دارد و نسبت به شوری حساس بوده و شوری های زیادتر از ۱/۷ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش رشد می شود (۸۳). نخستین علایم تنش شوری پژمردگی بوته هاست. زیرا بوته ها از خشکی فیزیولوژیک<sup>۲۰</sup> رنج می برند. ذرت نسبت به شرایط غرقاب نیز بسیار حساس است و خاک مزرعه ذرت باید از زهکشی مناسبی برخوردار باشد (۵۰). ذرت به عنوان گیاه زراعی اصلی در برنامه تناوب زراعی گیاهی مناسب است، ولی کشت پی در پی آن در یک زمین موجب کاهش حاصلخیزی و طغیان آفات می شود (۸۳). به طور معمول گلدهی در ذرت با هوای گرم مواجه است و خطر وقوع تنش خشکی وجود دارد. برخی پژوهش ها نشان داده است که چنانچه میانگین دما در طول فصل رشد ۲۰ تا ۲۲°C باشد عملکرد دانه ای ذرت بهینه خواهد بود (۵۰). تنش خاکی، کمبود عناصر غذایی، بروز آفات و یا تراکم بیش از حد بوته ها در واحد سطح موجب عقیمی دانه ها می شوند. به طور معمول، بلال های بسیار درشت (بیش از ۳۷۰ گرم) از تراکم های بسیار کم بوته ای در واحد سطح بدست می آیند. بذر مورد استفاده ذرت بر خلاف گندم، جو و برنج از ارقام هیبرید که سالانه نیاز به تولید بذر دارند، تأمین می شود. بنابراین، نمی توان از دانه های برداشت شده کشت قبلی به عنوان

<sup>۲۰</sup> Physiological drought

بذر استفاده کرد. بذر ذرت فاقد دوره رکود<sup>۲۱</sup> است. وزن هزار دانه ی ذرت بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ گرم متغیر است. میزان بذر مورد نیاز جهت کاشت در هر هکتار ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم خواهد بود، یعنی با کاشت میزان اندکی بذر در هکتار عملکرد دانه بسیار زیادی برداشت می شود. همین موضوع باعث شده که ذرت «غله انسان های تنبل» هم نامیده شود. عملکرد ذرت دانه ای در شرایطی که تنش محیطی وجود نداشته باشد بین ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار می باشد (۸۵). در شرایط تنش خشکی، به ویژه چند روز قبل و بعد از گلدهی، شاخص برداشت ذرت افت زیادی می کند (۴۸). دماهای بسیار زیاد در مرحله گلدهی نیز باعث کاهش شاخص برداشت می شود (۵۰). در شرایط مساعد شاخص برداشت ذرت در نواحی معتدله ممکن است به ۵۰ درصد هم برسد، در حالی که شاخص برداشت ذرت در نواحی گرمسیری ۳۰ تا ۴۰ درصد است (۵۰). یک مزرعه ذرت آبی برای تولید هر یک گرم ماده خشک قسمت هوایی حدود ۳۷۰ گرم آب را از راه تعرق از دست می دهد (۲۱). این بدان معناست که در شرایط مزرعه برای تولید هر یک گرم دانه ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم آب مصرف می شود. در عمل، میزان مصرف آب به وسیله ذرت در مناطق گوناگون ۷۵۰ تا ۱۷۵۰ میلیمتر متغیر است. ارقامی از ذرت که نسبت به خشکی مقاومترند، دارای ریشه های تاجی بیشتر و غلظت شیره ی خام زیادتری هستند. در ذرت رشد خامه ها نسبت به وضعیت رطوبت خاک بسیار حساس است و در شرایط تنش رطوبت ظهور خامه ها به تأخیر می افتد (۵۰).

ذرت به کود حیوانی واکنش مثبت نشان می دهد. میزان کاربرد کود حیوانی بین ۱۶ تا ۲۴ تن در هکتار متغیر است. از بین عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از عناصری هستند که به گونه ی معمول باید هر ساله به خاک اضافه شوند. گرچه ریشه های ذرت در شرایط مساعد تا مرحله رسیدن فیزیولوژیک دانه قادر به جذب نیتروژن از خاک می باشند، ولی بخش عمده ی نیتروژن مورد نیاز گیاه پیش از گلدهی از خاک جذب شده و تنها بخش اندکی (۱۸ تا ۳۷ درصد) ممکن است پس از گلدهی جذب شود (۷۲). برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم دانه ی ذرت به حدود ۲۵ کیلوگرم نیتروژن، ۴/۵ کیلوگرم

---

<sup>۲۱</sup>Dormancy

فسفر و حدود ۱۷ کیلوگرم پتاسیم نیاز می باشد، که با توجه به نتایج تجزیه ی خاک و سایر عوامل کارآمد در تولید باید مقدار لازم به خاک افزوده شود (۵۰). گرچه مقدار عناصر غذایی که در ابتدای فصل رشد جذب می شود، اندک است، ولی تأثیر مهمی در اندازه ی نهایی بلال و میزان عملکرد دانه خواهد داشت. بنابراین، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از همان ابتدای فصل رشد دارای اهمیت زیادی است (۴).

# فصل سوم

## مواد و روشها

### ۳-۱- انتخاب خاک

خاک مورد مطالعه متعلق به مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد تهران واقع در موقعیت جغرافیایی  $35^{\circ}$  و  $33'$  و  $14''$  شمالی و  $51^{\circ}$  و  $20'$  و  $20''$  شرقی انتخاب شد (شکل ۲-۱). نمونه های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه دانشگاه صنعتی شاهرود، هوا خشک شده، کوبیده شدند و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند، سپس مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفتند.



شکل ۳-۱- نقشه مزرعه مورد مطالعه

### ۳-۲- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

اسیدیته و هدایت الکتریکی نمونه های خاک در عصاره اشباع و به کمک دستگاه pH متر و هدایت سنج اندازه گیری شد. هدایت الکتریکی بر حسب دسی زیمنس برمتر ( $dSm^{-1}$ ) و در دمای ۲۵ درجه

سانتیگراد گزارش شد (۱). بافت خاک مورد مطالعه به کمک روش هیدرومتر تعیین گردید (۵۷). برای اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک از روش پارافین مذاب و برای اندازه گیری جرم مخصوص حقیقی از روش پیکنومتر (Pycnometer) استفاده شد (۴۱). برای اندازه گیری کربنات کلسیم خاک از روش کلسی متری (Gas volumetric method) استفاده گردید (۵۹). کربن آلی خاک، به روش والکی و بلک (Walky & Black) بدست آمد (۴۲). آهن، روی، منگنز و مس به روش عصاره گیری با DTPA اندازه گیری شدند. به این صورت که ۲ گرم خاک را با استفاده از ۰.۵ DTPA ۰/۰ مولار عصاره گیری کرده و غلظت عناصر مذکور در عصاره حاصل با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید (۵۹ و ۴۲). با نمونه برداری خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری تیمارهای مختلف مشخص شد کمپوست بر برخی خصوصیات خاک از جمله غلظت آهن، مس، منگنز و روی قابل دسترس و همچنین pH و OC خاک موثر است. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل و بعد از افزودن کمپوست در جدول ۱-۳ نشان داده شده است.



جدول ۳-۱- خصوصیات خاک مزرعه مورد مطالعه

مقدار میانگین بعد از تیمار کمپوست				مقدار میانگین قبل از تیمار کمپوست	واحد	خصوصیات
(ton ha <sup>-1</sup> )۶۰	(ton ha <sup>-1</sup> )۳۰	(ton ha <sup>-1</sup> )۱۵				
			۱۴/۸۱	(%)	آهک	
			۱/۴۶	(gcm <sup>-3</sup> )	جرم مخصوص ظاهری	
			۲/۶۱	(gcm <sup>-3</sup> )	جرم مخصوص واقعی	
			۱۶/۳۳	(%)	رس	
			۴۹	(%)	شن	
			۳۴/۶۶	(%)	سیلت	
۴۰	۳۳/۵	۲۶/۴	۱۹/۷	(mg kg <sup>-1</sup> )	آهن	
۲/۲	۱/۷	۱/۲	۰/۹۵	(mg kg <sup>-1</sup> )	مس	
۲۵/۴	۲۳/۲	۱۹/۸	۱۷	(mg kg <sup>-1</sup> )	منگنز	
۳/۷	۳/۲	۲/۷	۱/۲	(mg kg <sup>-1</sup> )	روی	
۱/۷	۱/۵	۱/۴	۱/۱	(%)	OC	
۷/۴	۷/۵	۷/۷	۸/۶	عصاره اشباع	pH	
۱۶	۱۴	۱۱	۹/۷	(dSm <sup>-1</sup> )	EC	

### ۳-۳- تعیین خصوصیات کمپوست

اسیدیته و هدایت الکتریکی نمونه ها در عصاره ۱:۵ کمپوست و آب، توسط دستگاه pH متر و هدایت سنج اندازه گیری گردید (۱). برای تعیین کربن آلی در نمونه ها از روش والکلی و بلک استفاده شد (۴۲).

### ۳-۳-۱- تعیین عناصر غذایی در کمپوست

برای این منظور از روش سوزاندن خشک استفاده شد. در این روش ۲ گرم نمونه خشک و پودر شده کود آلی را درون کروزه چینی شسته شده با اسید ریخته و در کوره الکتریکی قرار داده می شود. کوره به گونه ای تنظیم می شود که در مدت زمان یک ساعت دمای آن به ۷۰۰ درجه سانتی گراد برسد و پس از آن نمونه ها به مدت ۸ ساعت در این دما حرارت داده می شود. پس از این زمان کروزه از کوره خارج و اجازه داده می شود تا در دمای اتاق سرد شود. سپس ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱ مولار به کروزه اضافه کرده و همزمان آن را روی حمام شنی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد آنقدر حرارت داده تا اولین بخار سفید رنگ از آن خارج گردد. در این هنگام محتویات کروزه را از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده و در نهایت غلظت عناصر در نمونه های صاف شده اندازه گیری می شود (۵۹).

### ۳-۳-۱-۱- اندازه گیری ازت کل

برای اندازه گیری ازت کل در کمپوست، ابتدا ۰/۲۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده وزن می شود و به آن ۱۰۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک و سپس ۱ گرم نیز سولفات سدیم اضافه شده و حرارت داده می شود تا از آن کف خارج شود. پس از خنک شدن، ۲/۵ گرم کاتالیزور به آن اضافه شده و حرارت داده می شود تا به رنگ سبز در آید. سپس نمونه ها با دستگاه کج‌لداال تقطیر شده و مقدار ازت کل بدست می آید (۳).

### ۳-۱-۲-۳- اندازه گیری فسفر

برای اندازه گیری فسفر از روش اولسن استفاده شد. به این منظور ابتدا ۱۰ میلی لیتر از عصاره کود را برداشته و در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری به آن ۲۵ میلی لیتر آب مقطر و ۸ میلی لیتر معرف B اضافه می گردد و به مدت ۲۰ دقیقه آنرا ساکن نگه داشته، سپس چندین بار تکان داده تا تولید رنگ نماید. سپس با آب مقطر به حجم رسانیده می شود و با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت می گردد(۳).

### ۳-۱-۳-۳- اندازه گیری پتاسیم

برای اندازه گیری پتاسیم از عصاره کمپوست استفاده نموده و با کمک دستگاه فلیم فوتومتر مقادیر آنها اندازه گیری می شود (۵۹).

### ۳-۱-۴-۳- اندازه گیری کلسیم و منیزیم

برای اندازه گیری کلسیم و منیزیم از عصاره کمپوست استفاده می گردد و مقادیر آنها به کمک روش کمپلکسومتری ( نیتراسیون با EDTA ) تعیین می گردد (۳).

### ۳-۱-۵-۳- اندازه گیری آهن ، روی ، منگنز و مس

برای اندازه گیری عناصر کم مصرف فوق از عصاره کمپوست در دستگاه جذب اتمی استفاده شده و غلظت آنها تعیین گردید (۵۹).

جدول ۳-۲- برخی از خصوصیات کمپوست

خصوصیت	واحد	
pH		۷/۹
EC	(dSm <sup>-1</sup> )	۸/۸
آهن کل	(mg kg <sup>-1</sup> )	۵۷۰/۱۶
منگنز کل	(mg kg <sup>-1</sup> )	۸۸/۵۰
مس کل	(mg kg <sup>-1</sup> )	۵۶/۴۷
روی کل	(mg kg <sup>-1</sup> )	۷۹/۷۶
OC	(%)	۱۰/۱۵
ازت کل	(%)	۱/۷۵
فسفر کل	(%)	۰/۸
پتاسیم کل	(%)	۱۲/۵
کلسیم کل	(%)	۲/۵۶
منیزیم کل	(%)	۱/۲

### ۳-۴- انتخاب گیاه

در این تحقیق جهت بررسی اثر کمپوست بر جذب عناصر میکرو (آهن، روی، منگنز و مس)، از ذرت علوفه ای سینگل کراس ۷۰۴ استفاده گردید. این نوع ذرت از گروه دیررس می باشد و دوره رشد آن بین ۱۲۵ تا ۱۳۵ روز متغیر می باشد و گسترش سطح زیر کشت آن در کشور بیش از سایر انواع ذرت است.

### ۳-۵- عملیات مزرعه ای و کاشت

این طرح در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد تهران و در زمینی به مساحت ۲۴۰ متر مربع انجام شد. مزرعه مورد مطالعه به ۱۲ کرت تقسیم شد، که هر کرت مساحتی مفید معادل ۱۶ متر مربع داشت. سه ماه قبل از کاشت، تیمارهای کمپوست اعمال شد و خاک کرتها به صورت دستی کاملاً با کمپوست مخلوط شد. در حین مخلوط کردن خاک با کمپوست و اعمال تیمارها دقت لازم مبنی بر عدم اختلاط خاک کرت‌های مختلف با یکدیگر کاملاً لحاظ شد. سه ماه بعد از اعمال تیمارها، ابتدا خاک مجدداً به صورت دستی به صورت جوی پشته در آمد، در این مرحله نیز دقت کافی برای برهم نخوردن تیمارها کاملاً لحاظ گردید. در تیرماه ۱۳۹۰ عملیات کاشت به صورت دستی انجام شد. عملیات آبیاری با دقت کامل و رعایت اصل برهم نخوردن تیمارها انجام شد. در یک مرحله نیز به تمامی تیمارها به صورت مساوی کود اوره اضافه شد. دوازده هفته بعد از تاریخ کاشت اقدام به نمونه برداری از گیاه شد. از هر کرت ۵ نمونه گیاهی برداشت شد، که غلظت عناصر آهن، مس، منگنز و روی در ساقه و برگ آنها به صورت جداگانه اندازه گیری گردید.

### ۳-۶- اندازه گیری عناصر در نمونه گیاهی

برای تعیین عناصر آهن، منگنز، روی و مس در گیاه از روش هضم خشک (۵۹) استفاده و غلظت عناصر مذکور توسط دستگاه جذب اتمی در نمونه های گیاهی تعیین گردید.

### ۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری

ارقام و اطلاعات بدست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند. همچنین مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. لازم به ذکر است طرح آماری مورد استفاده طرح بلوک کامل تصادفی بوده است.

## فصل چہارم

# نتایج و بحث

#### ۴-۱- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت آهن در گیاه

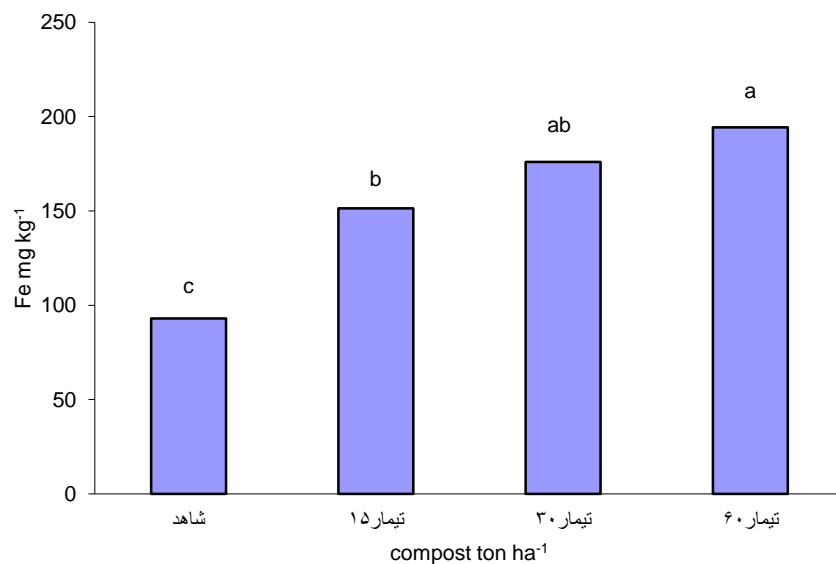
در شکل ۴-۱ و ۴-۲ اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت آهن در اندام هوایی گیاه ذرت (ساقه و برگ) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مصرف کمپوست دارای اثرات مثبت بر افزایش غلظت آهن در گیاه ذرت می‌باشد. کلیه تیمارها غلظت آهن را بیش از تیمار شاهد افزایش داده اند و این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد (جدول ۴-۱).

نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان غلظت آهن مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. با افزایش کمپوست میزان غلظت آهن توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد. تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست میزان غلظت آهن در برگ را به ترتیب ۱/۶، ۱/۸ و ۲/۰۸ برابر شاهد و در ساقه ۱/۲، ۱/۵ و ۱/۷ برابر شاهد افزایش می‌دهد، که نشان دهنده اثر مفید کمپوست در افزایش غلظت آهن توسط اندام هوایی گیاه می‌باشد. برخی از محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافته اند از جمله چن و وارن (۴۶) گزارش دادند که استفاده از کمپوست باعث افزایش غلظت آهن در دو گیاه پیاز و سویا در یک خاک آهکی شده است. آنها دلیل این امر را وجود کلات کننده های آهن دانستند که به وسیله میکروارگانیزم های موجود در کمپوست تولید می‌شوند که مسبب افزایش غلظت آهن در گیاه می‌باشند. احتمالاً افزایش غلظت و قابلیت جذب عناصر ریز مغذی مانند آهن در استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست، به دلایلی از قبیل اضافه شدن مستقیم این عناصر از ماده آلی به خاک، معدنی شدن کودهای آلی، کاهش pH توسط اسیدهای آلی موجود در کمپوست و خاصیت کمپلکس کنندگی اسیدهای آلی و مواد هیومیکی موجود در کمپوست می‌باشد (۲). همچنین در یک مطالعه که توسط چاتوپادهایا و همکاران (۴۵) انجام شد مشخص شد کاربرد کمپوست سبب جذب مقادیر بیشتری آهن توسط گیاهان می‌شود. گالاردو و همکاران (۵۵) ملاحظه کردند زمانی که از کود کمپوست زباله شهری به میزان ۸۰ تن برهکتار استفاده می‌شود غلظت آهن در کاهو در یک خاک آهکی افزایش می‌یابد. همچنین بیان کردند اگر از کود کمپوست زباله شهری به میزان ۲۰ و ۸۰ تن بر هکتار استفاده شود هر دو نسبت، غلظت آهن را در جو افزایش می‌دهد.

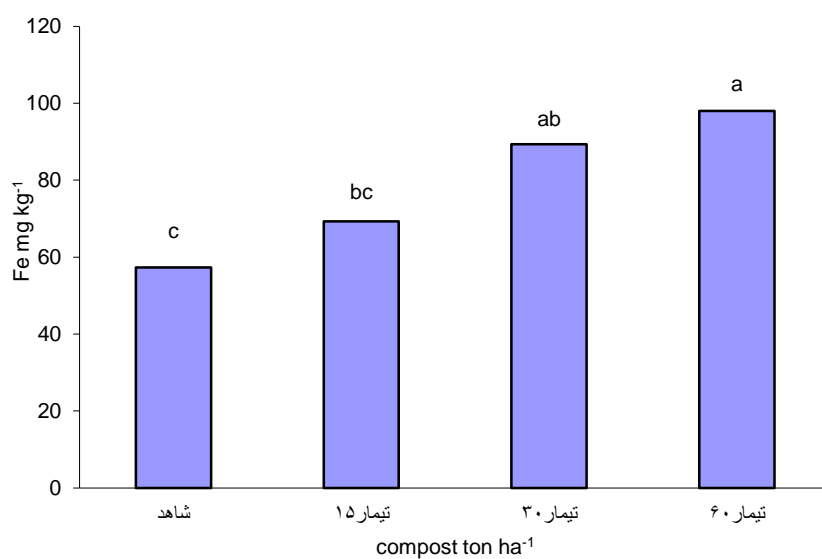


نتایج یک مطالعه نشان می داد که مصرف کمپوست اثر مثبت بر افزایش میزان غلظت آهن در گیاه ذرت داشته و همه تیمارها میزان غلظت آهن را بیش از تیمار شاهد افزایش داده اند و این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱٪ معنی دار است (۶۰). رضوی طوسی و کریمیان (۱۶) نیز نشان دادند که استفاده از شیرابه کمپوست در دو گیاه اسفناج و برنج باعث افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گردیده است.

نتایج کلی آزمایش در این بخش نشان داد که استفاده از کمپوست زباله شهری به میزان ۶۰ تن درهکتار، سبب بیشترین افزایش در میزان غلظت آهن در گیاه می شود. بنابراین کاربرد آن به عنوان اقتصادی ترین روش جبران کمبود آهن مورد نیاز گیاه توصیه می گردد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین غلظت آهن در برگ برای سطوح مورد آزمایش کمپوست



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین غلظت آهن در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست

جدول ۴-۱- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت آهن در اندام هوایی گیاه بر اساس آزمون دانکن

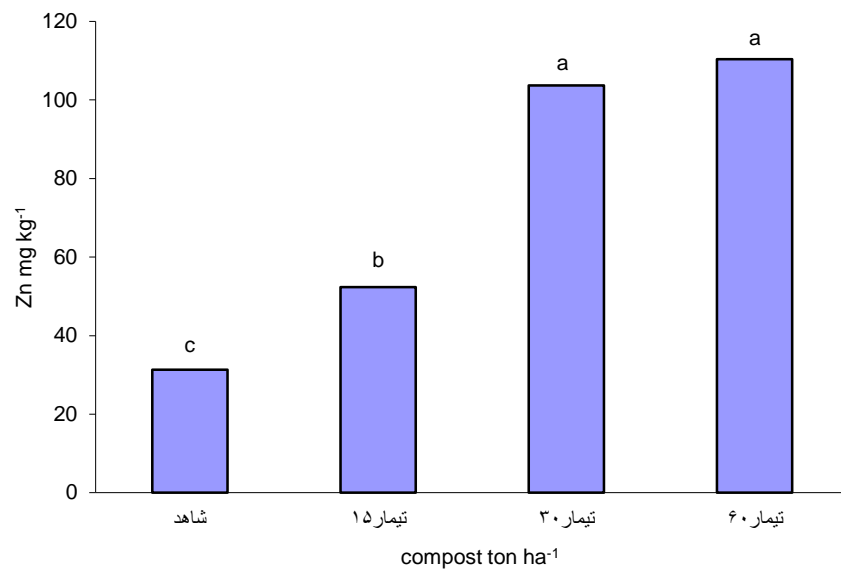
نسبت غلظت آهن در تیمارها نسبت به شاهد	غلظت آهن در گیاه (mgkg <sup>-1</sup> )	* تیمار
۱	۹۳ c	شاهد - برگ
۱/۶	۱۵۱/۳۳ a	۱۵ تن در هکتار - برگ
۱/۸	۱۷۶ ab	۳۰ تن در هکتار - برگ
۲/۰۸	۱۹۴/۳۳ b	۶۰ تن در هکتار - برگ
۱	۵۷/۳۳ c	شاهد - ساقه
۱/۲	۶۹/۳۳ bc	۱۵ تن در هکتار - ساقه
۱/۵	۸۹/۳۳ ab	۳۰ تن در هکتار - ساقه
۱/۷	۹۸ a	۶۰ تن در هکتار - ساقه

\* میانگین ها بر اساس آزمون دانکن و در سطح ۱٪ مقایسه شده اند و بین میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد.

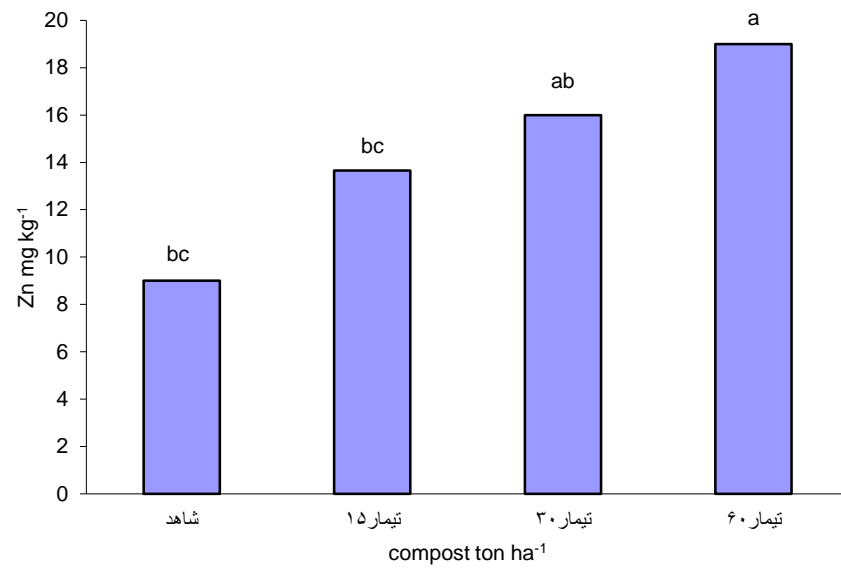
#### ۴-۲- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت روی در گیاه

در شکل ۴-۳ و ۴-۴ اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت روی در گیاه مشاهده می شود. نتایج نشان می دهد که مصرف کمپوست باعث افزایش غلظت روی نسبت به تیمار شاهد گردیده است. این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد (جدول ۴-۲).

نتایج آزمایش نشان می دهد که تیمارهای دارای کمپوست باعث افزایش غلظت روی توسط گیاه گردیدند که با افزایش سطح تیماری کمپوست این میزان افزایش می یابد. بیشترین میزان افزایش غلظت روی در برگ و ساقه گیاه مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست می باشد که میزان غلظت روی را در برگ و ساقه به ترتیب ۳/۵ و ۲/۱ برابر تیمار شاهد افزایش دادند. برخی از محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافته اند از جمله مشیری ومفتون (۳۳) گزارش دادند که کاربرد کمپوست در گیاه اسفناج باعث افزایش میانگین غلظت روی گردید. همچنین در یک آزمایش گلخانه ای از درصدهای وزنی ۱،۳ و ۵ از کمپوست زباله شهری استفاده و گیاه ذرت کاشت شد، که نتایج اندازه گیری عنصر روی در اندام هوایی گیاه، کار آمدی کمپوست را در افزایش غلظت روی نسبت به تیمار شاهد نشان داده است (۶۰)



شکل ۳-۴- مقایسه میانگین غلظت روی در برگ برای سطوح مورد آزمایش کمپوست



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین غلظت روی در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست

جدول ۴-۲- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت روی در اندام

هوایی گیاه بر اساس آزمون دانکن

* تیمار	غلظت روی در گیاه ( $\text{mgkg}^{-1}$ )	نسبت غلظت روی در تیمارها نسبت به شاهد
شاهد - برگ	۳۱/۳۳ c	۱
۱۵ تن درهکتار - برگ	۵۲/۳۳ b	۱/۶
۳۰ تن درهکتار - برگ	۱۰۳/۶۷ a	۳/۳
۶۰ تن درهکتار - برگ	۱۱۰/۳۳a	۳/۵
شاهد - ساقه	۹ bc	۱
۱۵ تن درهکتار - ساقه	۱۳/۶۶ bc	۱/۵
۳۰ تن درهکتار - ساقه	۱۶ ab	۱/۷
۶۰ تن درهکتار - ساقه	۱۹ a	۲/۱

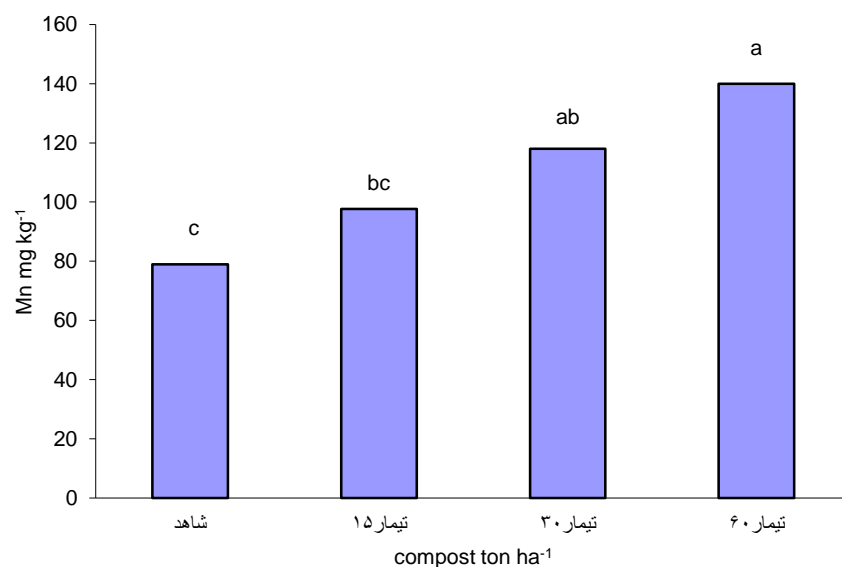
\* میانگین ها براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۱٪ مقایسه شده اند و بین میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارد.

۴-۳- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت منگنز در گیاه

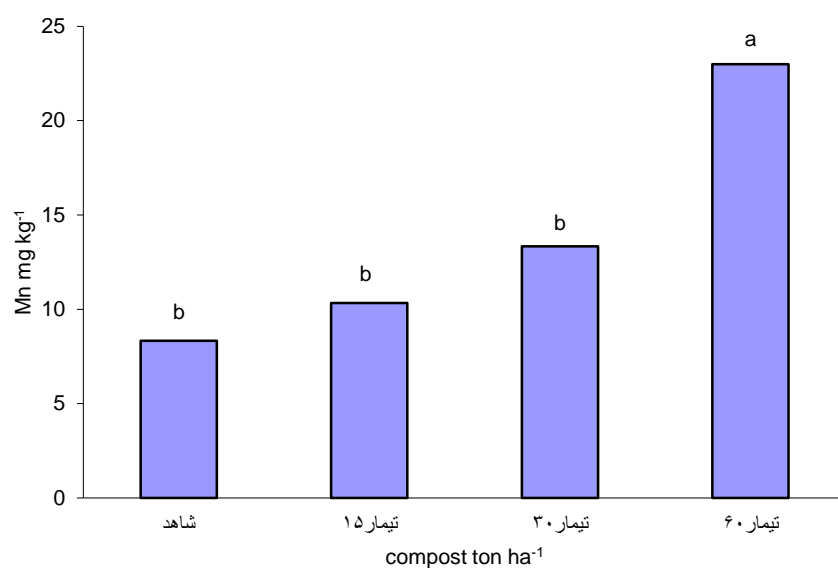
در شکل ۴-۵ و ۴-۶ اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت منگنز، در گیاه نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که مصرف کمپوست باعث افزایش غلظت منگنز نسبت به گیاه شاهد گردیده و این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی داری باشد (جدول ۴-۳).

در تیمارهای دارای کمپوست، افزایش میزان کمپوست با افزایش میزان غلظت منگنز توسط گیاه همراه بوده است. نتایج نشان می دهد بیشترین میزان غلظت منگنز مربوط به تیمار دارای ۶۰ تن

درهکتار کمپوست و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد می باشد. با افزایش سطح کاربرد کمپوست میزان غلظت منگنز توسط گیاه نیز افزایش می یابد. تیمارهای ۱۵ ، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست میزان غلظت منگنز در برگ را به ترتیب ۱/۲ ، ۱/۴ و ۱/۷ برابر شاهد و در ساقه ۱/۲ ، ۱/۶ و ۲/۷ برابر شاهد افزایش می دهد (جدول ۴-۳). برخی از محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافته اند از جمله در یک مطالعه مشخص شد، استفاده از کود کمپوست زباله شهری میزان غلظت منگنز در گیاه اسفناج را در یک خاک آهکی افزایش داد (۷۰). همچنین وارمن و همکاران (۸۶). نیز مشاهده کردند با اضافه کردن کمپوست به خاک غلظت منگنز در گیاه زغال اخته افزایش می یابد. چاتوپادهاپا و همکاران (۴۵) گزارش دادند که کاربرد کمپوست به تنهایی سبب افزایش غلظت منگنز و روی توسط گیاهان می شود. ساینز و همکاران (۷۹) در بررسی اثر مواد آلی حاصل از زباله شهری بر رشد و تغذیه دو گیاه شبدر قرمز و خیار گزارش دادند که مصرف این مواد بمیزان ۱۰ تا ۵۰ درصد حجمی، غلظت منگنز، روی و مس را در هر دو گیاه افزایش داده است. رضوی طوسی و کریمیان (۱۶) نیز گزارش دادند که استفاده از شیرابه کمپوست در دو گیاه اسفناج و برنج باعث افزایش غلظت منگنز در هر دو گیاه می شود.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین غلظت منگنز در برگ برای سطوح مورد آزمایش کمپوست



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین غلظت منگنز در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست

جدول ۴-۳- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت منگنز در اندام هوایی

گیاه بر اساس آزمون دانکن

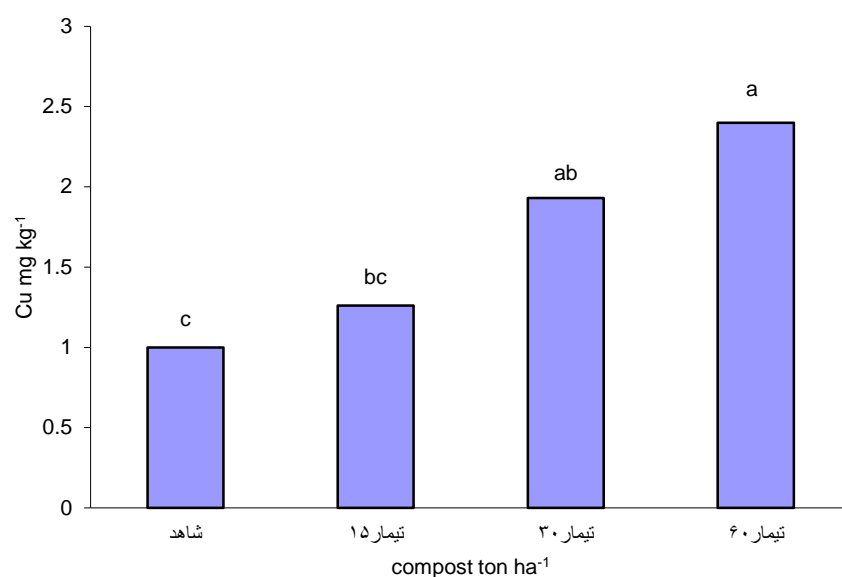
نسبت غلظت منگنز در تیمارها نسبت به شاهد	غلظت منگنز در گیاه (mgkg <sup>-1</sup> )	* تیمار
۱	۷۹ c	شاهد - برگ
۱/۲	۹۷/۶۷ bc	۱۵ تن درهکتار - برگ
۱/۴	۱۱۸ ab	۳۰ تن درهکتار - برگ
۱/۷	۱۴۰ a	۶۰ تن درهکتار - برگ
۱	۸/۳۳ b	شاهد - ساقه
۱/۲	۱۰/۳۳ b	۱۵ تن درهکتار - ساقه
۱/۶	۱۳/۳۳ b	۳۰ تن درهکتار - ساقه
۲/۷	۲۳ a	۶۰ تن درهکتار - ساقه

\* میانگین ها بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۱٪ مقایسه شده اند و بین میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد.

#### ۴-۴- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت مس در گیاه

در شکل ۴-۷ اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت مس، در گیاه نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد در مورد مس مصرف کمپوست باعث افزایش غلظت مس در ساقه، نسبت به گیاه شاهد شده است. این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد. در مورد برگ، غلظت مس نسبت به گیاه شاهد معنی دار نمی باشد (جدول ۴-۴). با افزایش میزان کمپوست میزان غلظت مس نیز در ساقه گیاه افزایش می یابد به طوری که بیشترین میزان غلظت مس مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست می باشد. میزان غلظت مس در ساقه در تیمارهای ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار به ترتیب ۱/۲، ۱/۹ و ۲/۴ برابر تیمار شاهد می باشد. برخی از محققین به نتایجی مشابه دست یافته اند. در یک مطالعه مشخص گردید، زمانی که از کود کمپوست زباله شهری استفاده می شود و به خاک افزوده می شود میزان غلظت مس در برخی گیاهان مثل سیب زمینی و ذرت افزایش می یابد (۶۸). رضوی طوسی و کریمیان (۱۶) گزارش دادند که استفاده از شیرابه کمپوست در دو گیاه اسفناج و برنج باعث افزایش غلظت روی و مس گردید که افزایش روی و مس در برنج به دلیل وجود شرایط احیایی بوده است. در یک مطالعه که توسط معمار فر و همکاران (۳۴) انجام شد، نیز مشخص شد که عملکرد ذرت از کاربرد کمپوست تاثیر معنی داری پذیرفته و نتایج نشان می داد که کاربرد کمپوست زباله شهری به ویژه در مقادیر بالای آن به دلیل تاثیر مثبتی که بر خواص فیزیکی و عناصر غذایی موجود داشته موجب افزایش عملکرد گردیده به طوری که تیمارهایی که بیشترین میزان کمپوست را در بین تیمارها دریافت کرده اند بیشترین عملکرد را داشته اند. همچنین رجایی (۱۴) علت تاثیر متفاوت کمپوست در تامین عناصر روی، مس، آهن و منگنز را حاکی از تفاوت شیمی این فلزات در خاکهای تیمار شده با کمپوست بیان کرد.





شکل ۴-۷- مقایسه میانگین غلظت مس در ساقه برای سطوح مورد آزمایش کمپوست

جدول ۴-۴- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت مس در ساقه

گیاه بر اساس آزمون دانکن

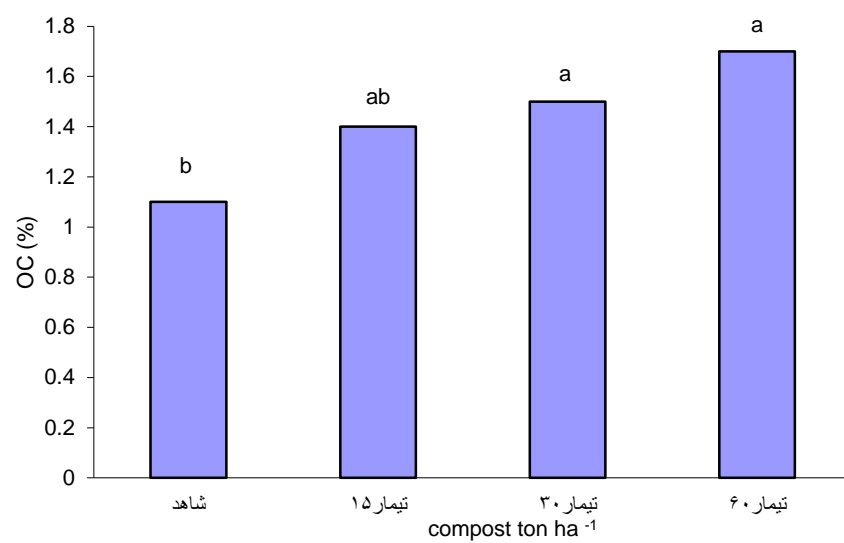
نسبت غلظت مس در تیمارها به شاهد	غلظت مس در گیاه (mg kg⁻¹)	* تیمار
۱	۱ c	شاهد - ساقه
۱/۲	۱/۲۶ bc	۱۵ تن در هکتار - ساقه
۱/۹	۱/۹۳ ab	۳۰ تن در هکتار - ساقه
۲/۴	۲/۴ a	۶۰ تن در هکتار - ساقه

\* میانگین ها بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۱٪ مقایسه شده اند و بین میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارد.

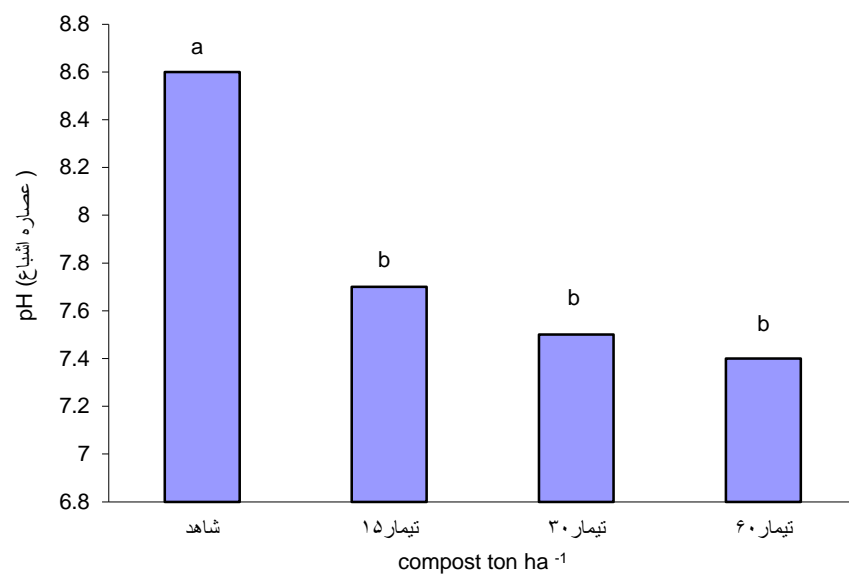
۴-۵- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر OC و pH خاک

با نمونه برداری از خاک مزرعه مورد مطالعه قبل از کاشت محصول، مشخص شد که کمپوست باعث افزایش OC و کاهش pH خاک می شود. با افزایش سطح تیماری کمپوست میزان OC افزایش و

میزان pH خاک کاهش یافت. شکل های ۴-۸ و ۴-۹. افزایش OC و کاهش pH در اثر اضافه کردن کمپوست به خاک از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی دار بود. بیشترین افزایش OC مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست بود. کمترین pH نیز در تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست مشاهده شد (جدول ۴-۵). اثر کمپوست بر pH می تواند از وجود اسیدهای آلی و ترکیبات اسید زا در کمپوست حاصل شده باشد (۷۷). برخی از محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافتند از جمله خوشگفتار منش و کلباسی (۶۱) با کاربرد کمپوست زباله شهری در کشت برنج نتیجه گیری کردند که کمپوست زباله شهری به علت وجود اسیدهای آلی و معدنی خاصیت اسیدی داشته و موجب کاهش pH خاک می گردد، که به طور غیر مستقیم سبب افزایش فراهمی عناصر کم مصرف در خاک می شود. با توجه به قلیائیت بالای اکثر خاکهای ایران و عدم دسترسی کافی گیاهان به اکثر عناصر غذایی کمپوست نقش مفیدی در کاهش pH و افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک ایفا می کند. پرز و همکاران (۷۷) نیز گزارش کردند در اثر تجزیه ماده آلی در خاک اسیدهای آلی همانند اسید سیتریک و اسید مالیک تولید شده که سبب کاهش pH خاک و در نتیجه افزایش فراهمی عناصر در خاک می شود. همچنین آستارایی و الماسیان (۴۰) ثابت کردند شیرابه کمپوست باعث افزایش EC و OC و همچنین کاهش pH خاک می گردد. خوشگفتار منش و کلباسی (۶۱) گزارش دادند pH خاک با افزایش مصرف نسبتهای مختلف شیرابه به آب نسبت به شاهد کاهش معنی داری داشته که احتمالاً می تواند به علت حضور اسیدهای معدنی و آلی نظیر اسید لاکتیک، اسید استیک و اسیدهای آمینه و غیره باشد. در یک مطالعه که توسط معمارفر و همکاران (۳۴) انجام شد به صورت مداوم در طول فصل زراعی از خاک نمونه برداری صورت گرفت و مشخص شده که در ابتدا، کاربرد کمپوست تاثیری بر pH خاک نداشته و میزان pH در تمامی تیمارها تقریباً یکسان بوده است، لیکن به مرور زمان و با گذشت فصل زراعی به دلیل آزاد شدن یون نترات از ماده آلی میزان pH به نسبت میزان کمپوست افزایش پیدا کرده و قلیایی می شود، سپس به علت خاصیت بافری خاک pH مجدداً رو به کاهش رفته تا به حالت تعادل اولیه برسد.



شکل ۴-۸- اثر کمپوست بر مقدار کربن آلی خاک



شکل ۴-۹- اثر کمپوست بر اسیدیته خاک

جدول ۴-۵ اثر سطوح مختلف کمپوست بر OC و pH خاک بر اساس آزمون دانکن

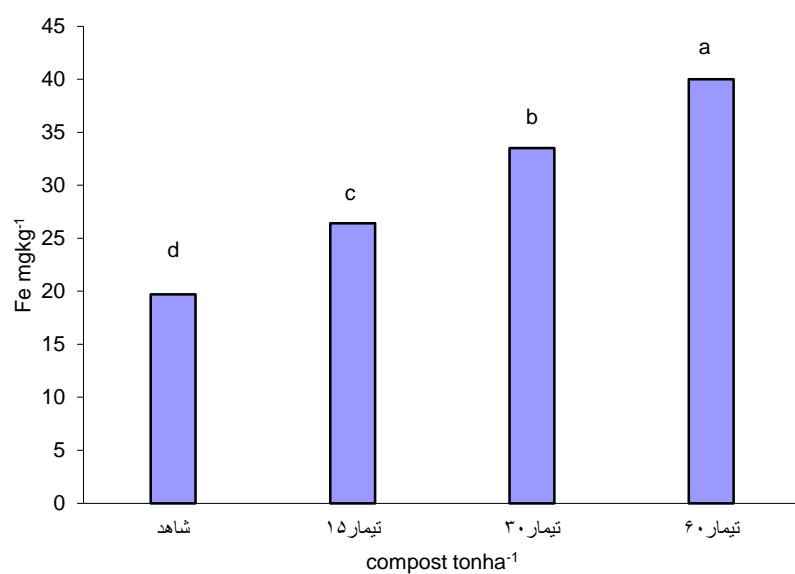
OC (%)	pH (عصاره اشباع)	* تیمار
۱/۱ b	۸/۶ a	شاهد
۱/۴ ab	۷/۷ b	۱۵ (ton ha <sup>-1</sup> )
۱/۵ a	۷/۵ b	۳۰ (ton ha <sup>-1</sup> )
۱/۷ a	۷/۴ b	۶۰ (ton ha <sup>-1</sup> )

\* میانگین ها براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شده اند و بین میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارد.

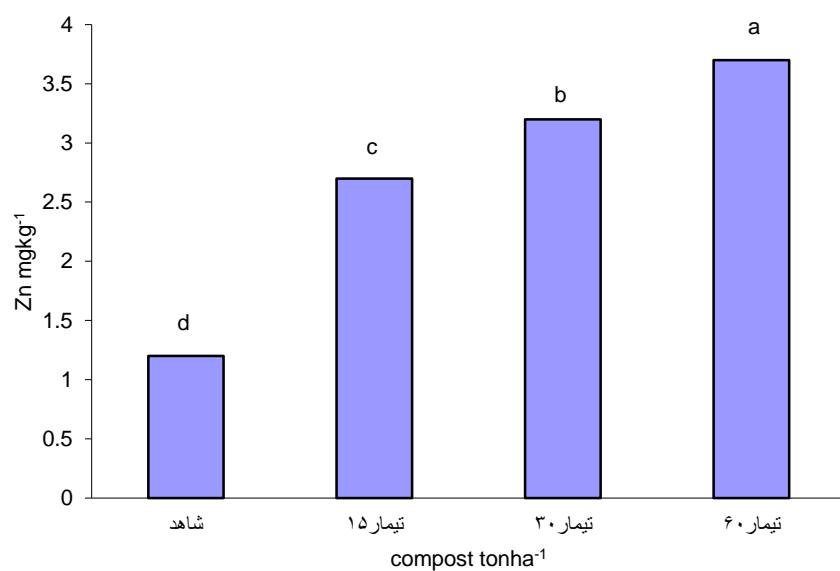
#### ۴-۶- اثر تیمارهای مختلف کمپوست بر غلظت آهن ، مس ، منگنز و روی در خاک

با نمونه برداری از خاک مزرعه مورد مطالعه قبل از کاشت محصول مشخص شد استفاده از کمپوست باعث افزایش غلظت آهن ، مس، منگنز و روی قابل دسترس در خاک می شود که این افزایش از لحاظ آماری در سطح ۱٪ معنی دار می باشد. نتایج در مورد غلظت آهن و روی قابل دسترس نشان داد بین تمامی تیمارهایی که کمپوست اضافه شده است اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ درصد وجود دارد. در مورد مس بین تیمار شاهد و ۶۰ تن در هکتار و در مورد منگنز بین تیمار ۶۰ و تیمارهای شاهد و ۱۵ تن در هکتار اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول ۴-۶). همچنین بیشترین میزان غلظت عناصر مذکور مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست بود. میزان غلظت آهن در تیمار ۱۵ ، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار به ترتیب ۱/۳ ، ۱/۷ و ۲/۰۳ برابر (شکل ۴-۱۰) ، میزان غلظت روی به ترتیب ۲/۲ ، ۲/۶ و ۳/۰۸ برابر (شکل ۴-۱۱)، میزان غلظت منگنز به ترتیب ۱/۱ ، ۱/۳ و ۱/۴ برابر (شکل ۴-۱۲) و میزان غلظت مس ۱/۳ ، ۱/۸ و ۲/۳ برابر تیمار شاهد بود (شکل ۴-۱۳). برخی از محققین نیز در مطالعات خود به نتایج مشابهی رسیده اند از جمله مرجوی و جهاد اکبر (۳۲) گزارش دادند مصرف کمپوست در دو سطح تیماری ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار میزان غلظت آهن، مس، منگنز و روی قابل دسترس در خاک را افزایش می دهد. آلوس و همکاران (۳۹) نیز در تحقیقات خود در مورد اثرات کمپوست در یک

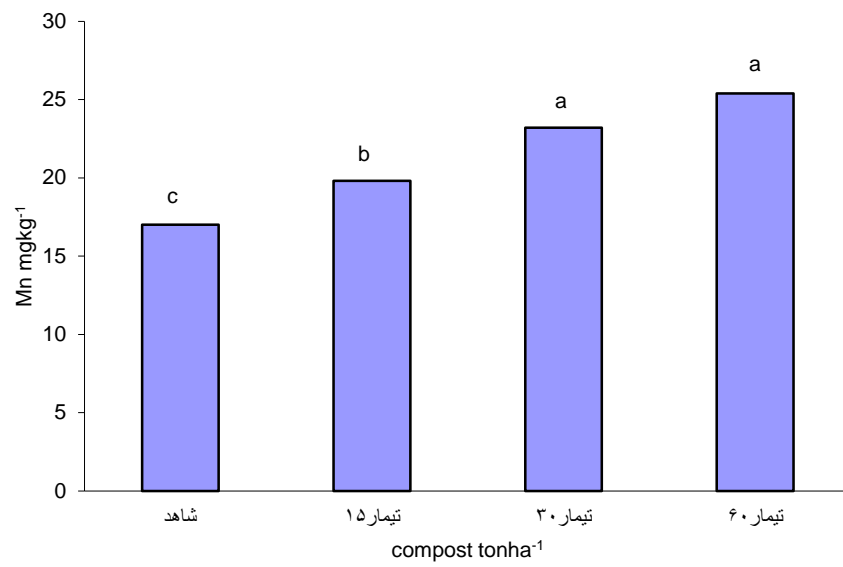
خاک شنی بر روی گیاه سورگوم نشان دادند که مصرف کمپوست زباله شهری موجب افزایش غلظت عناصر ریز مغذی قابل دسترس در خاک می شوند. همچنین محمدی نیا (۳۰) گزارش داد که افزودن شیرابه کمپوست به خاک باعث افزایش غلظت منگنز قابل دسترس در خاک متناسب با مقدار شیرابه می شود. وی علت این افزایش را اضافه شدن مستقیم منگنز به خاک و کاهش pH خاک در اثر مصرف شیرابه کمپوست دانست. سایر محققین نیز نشان داده اند که میزان غلظت منگنز قابل دسترس در خاک با استفاده از کمپوست زباله شهری افزایش پیدا کرده است (۷۰). در یک تحقیق که توسط وارمن و همکاران (۸۶) انجام شد، مشخص شد خاکهای اسیدی نسبت به خاکهای طبیعی یا قلیایی منبع بزرگی از منگنز در دسترس هستند. در مطالعه ای دیگر مشخص شد زمانی که از کود کمپوست زباله شهری استفاده می شود میزان مس قابل دسترس در خاک افزایش پیدا می کند. در یک تحقیق که توسط سباستیانو و همکاران (۸۰) انجام شد مشخص گردید که هنگامی که از کود کمپوست زباله شهری به میزان ۱۵ تن در هکتار به طور متوالی در سه خاک مختلف شامل لوم طبیعی، شنی قلیایی و شنی اسیدی استفاده شد میزان غلظت مس قابل دسترس در خاک فقط در خاک شنی اسیدی به طور معنی داری افزایش یافت. فروهر و همکاران (۵۲) گزارش دادند استفاده از کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی در دو سطح صفر و ۱۵ تن در هکتار غلظت آهن، مس، منگنز و روی قابل دسترس در خاک را به طور معنی داری افزایش می دهد. آستارایی و همکاران (۴۰) نیز نشان دادند شیرابه کمپوست در افزایش غلظت عناصر کم مصرف خاک مفید است. همچنین در یک مطالعه که بر روی خاکهای آهکی انجام شد مشاهده شد که مصرف کود آلی کمپوست به طور معنی داری باعث افزایش غلظت آهن و روی قابل دسترس در خاک می گردد (۳۲).



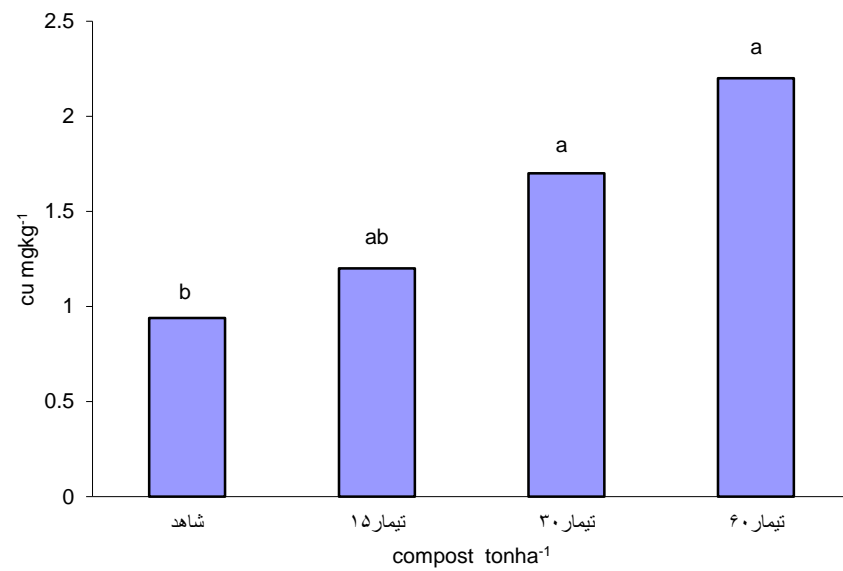
شکل ۴ - ۱۰ - اثر کاربرد کمپوست بر غلظت آهن قابل دسترس در خاک



شکل ۴ - ۱۱ - اثر کاربرد کمپوست بر غلظت روی قابل دسترس در خاک



شکل ۴ - ۱۲- اثر کاربرد کمپوست بر غلظت منگنز قابل دسترس در خاک



شکل ۴ - ۱۳- اثر کاربرد کمپوست بر غلظت مس قابل دسترس در خاک

جدول ۴-۶- اثر سطوح مختلف کمپوست بر غلظت آهن، مس، منگنز و روی خاک بر اساس

آزمون دانکن

نسبت به شاهد	روی $\text{mgkg}^{-1}$	نسبت به شاهد	منگنز $\text{mgkg}^{-1}$	نسبت به شاهد	مس $\text{mgkg}^{-1}$	نسبت به شاهد	آهن $\text{mgkg}^{-1}$	* تیمار
۱	۱/۲d	۱	۱۷c	۱	۰/۹۴b	۱	۱۹/۷d	شاهد
۲/۲	۲/۷c	۱/۱	۱۹/۸b	۱/۳	۱/۲ab	۱/۳	۲۶/۴c	( $\text{ton ha}^{-1}$ )۱۵
۲/۶	۳/۲b	۱/۳	۲۳/۲a	۱/۸	۱/۷a	۱/۷	۳۳/۵b	( $\text{ton ha}^{-1}$ )۳۰
۳/۰۸	۳/۷a	۱/۴	۲۵/۴a	۲/۳	۲/۲a	۲/۰۳	۴۰a	( $\text{ton ha}^{-1}$ )۶۰

\* میانگین هابراساس آزمون دانکن و در سطح احتمال ۱٪ مقایسه شده اندوبین میانگین هایی که دارای حروف مشترک

هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارد.



#### ۷-۴- نتیجه گیری و پیشنهاد

نتایج مطالعه نشان دهنده تاثیر مثبت کمپوست زباله شهری در افزایش جذب عناصر کم مصرف است. از مجموع نتایج می توان نتیجه گرفت که کاربرد کمپوست در خاک از یک سو سبب افزایش ماده آلی خاک شده است که بهبود خصوصیات فیزیکی خاک را به همراه دارد، از سوی دیگر سبب افزایش عناصر کم مصرف قابل دسترس در خاک و اندام هوایی گیاه شده که در مجموع شرایط مناسب را برای رشد گیاه فراهم می کند. از طرفی استفاده از کمپوست باعث کاهش pH خاک می گردد. نتایج مویید آن است که مناطقی با خاکهای آهکی همچون ایران به دلیل آهکی بودن و pH بالا با کمبود برخی عناصر همچون عناصر کم مصرف مواجه هستند، لذا استفاده از کمپوست در این مناطق علاوه بر اثر مستقیم، به علت اثری که بر کاهش pH میگذارد می تواند قابلیت استفاده از عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف را در این مناطق افزایش دهد. همچنین مناسب است چند ماه قبل از کاشت کمپوست به خاک اضافه گردد تا به تعادل رسیده و فرصت کافی جهت تجزیه آن فراهم شده و از اثرات نامطلوب آن مثل شوری، به خصوص در مرحله جوانه زنی که گیاه بسیار حساس می باشد اجتناب شود. در انجام این تحقیق این نکته مهم لحاظ شد و اثرات مطلوب آن نمایان گردید. لازم به ذکر است که بهتر است افزایش کمپوست سالیانه و مستمر باشد تا اثرات مطلوب آن همچون بهبود خصوصیات فیزیکی و افزایش مواد آلی مشهود باشد. در این تحقیق مشخص گردید با افزایش میزان کمپوست میزان جذب عناصر آهن، مس، منگنز و روی در خاک و گیاه افزایش می یابد و بیشترین میزان جذب در سطح تیماری ۶۰ تن برهکتار بوده است. لذا توصیه می شود برای حصول نتایج مطلوب از این میزان و یا حتی بیشتر استفاده شود، البته لازم به ذکر است که باید شوری و غلظت فلزات سنگین در کمپوست حتما مورد توجه قرار گیرد تا خاک و گیاه با مشکل شوری و سمیت عناصر سنگین مواجه نشود.

## پیوستها

### جداول تجزیه واریانس

جدول ۴-۷- جدول تجزیه واریانس غلظت آهن، مس، منگنز و روی در برگ گیاه

F.value	میانگین مربعات خطا	میانگین مربعات بلوک	میانگین مربعات تیمار	درجه آزادی خطا	درجه آزادی بلوک	درجه آزادی تیمار	عنصر
۲۴۸۲ **	۱۱/۷۶	۴۹۳۲/۹	۲۹۰۱۹۲/۲	۴۸	۲	۳	آهن
۷۲/۵۱ **	۳۰۹/۶	۴۷۰/۴	۲۲۴۴۷/۱	۴۸	۲	۳	روی
۲۰/۴۷ **	۵۰۵/۶	۳۲۱/۷	۱۰۳۵۰	۴۸	۲	۳	منگنز
۱/۱۲	۳/۰۲	۱/۸۱	۳/۳۷	۴۸	۲	۳	مس

\*\*تفاوت معنی داری در سطح ۱٪

جدول ۴-۸- جدول تجزیه واریانس غلظت آهن، مس، منگنز و روی در ساقه گیاه

F.value	میانگین مربعات خطا	میانگین مربعات بلوک	میانگین مربعات تیمار	درجه آزادی خطا	درجه آزادی بلوک	درجه آزادی تیمار	عنصر
۱۲/۵۳ **	۴۱۱/۰۴	۶۳۵	۵۱۴۸/۳۳	۴۸	۲	۳	آهن
۶/۷۸ **	۴۴/۱۶	۱۱/۶۶	۲۹۹/۳۰	۴۸	۲	۳	روی
۶/۱۱ **	۱۰۳/۷۵	۲۳/۷۵	۶۳۳/۷۵	۴۸	۲	۳	منگنز
۱۲/۹۹ **	۰/۴۶	۰/۰۵	۶/۰۶	۴۸	۲	۳	مس

\*\*تفاوت معنی داری در سطح ۱٪

جدول ۴-۹ جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست بر OC و pH خاک

F.value	میانگین مربعات خطا	میانگین مربعات بلوک	میانگین مربعات تیمار	درجه آزادی خطا	درجه آزادی بلوک	درجه آزادی تیمار	خصوصیات خاک
۷/۱۴*	۰/۰۲۸	۰/۰۴۵	۰/۲۰	۶	۲	۳	OC
۸/۶۳*	۰/۰۸۸	۰/۱۳	۰/۷۶	۶	۲	۳	pH

\* تفاوت معنی داری در سطح ۰.۵٪

جدول ۴-۱۰ جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست بر غلظت آهن، مس، منگنز و روی در خاک

F.value	میانگین مربعات خطا	میانگین مربعات بلوک	میانگین مربعات تیمار	درجه آزادی خطا	درجه آزادی بلوک	درجه آزادی تیمار	عنصر
۱۶۸/۶۲**	۰/۴۵	۰/۲۱	۷۵/۸۸	۶	۲	۳	آهن
۱۲۶/۰۷**	۰/۰۲۸	۰/۰۳	۳/۵۳	۶	۲	۳	روی
۶۹/۰۳**	۰/۶	۰/۶۶	۴۱/۴۲	۶	۲	۳	منگنز
۱۹/۲**	۰/۰۵	۰/۰۳۵	۰/۹۶	۶	۲	۳	مس

\*\* تفاوت معنی داری در سطح ۰.۱٪

## منابع مورد استفاده

- ۱- احيائي، م و اصغر زاده، ع. ۱۳۷۳. شرح روش های تجزيه شيميائي خاک. نشریه شماره ۹۸۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- ۲- اکبریان، م. ۱۳۸۰. بررسی اثر کمپوست و ورمی کمپوست کاه و کلش بر قابلیت جذت آهن، منگنز، روی در خاک های آهکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۳- امامی، ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزيه گیاه. جلد اول. نشریه فنی شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۴- امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۴. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.
- ۵- امیری نژاد، ع. ۱۳۸۲. بررسی اثرات کمپوست در کاهش مصرف کود های شیمیایی در گندم. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۲۵۹ صفحه.
- ۶- بنی حمای، م. و ع. ثامنی. ۱۳۸۰. بررسی تاثیر انواع کود های آلی و نسبت C/N کلش گندم بر فعالیت تنفسی چند نوع خاک. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۳۴ صفحه.
- ۷- حسندوخت، م. و ف. مستوی. ۱۳۸۴. اثر کاربرد کمپوست ضایعات کشاورزی بر عملکرد کاهوی گلخانه ای. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بررسی ضایعات کشاورزی، صفحات: ۳۲۲ - ۳۱۷.
- ۸- حسینی، م. و الف. همتی. ۱۳۸۲. بررسی اثر کود دامی و کمپوست اصفهان بر عملکرد و درصد قند چغندر. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۴ صفحه.
- ۹- حقیقی ملکی، الف. ۱۳۸۴. بررسی اثر کمپوست تهران بر جذب روی در زراعت گندم. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بررسی ضایعات کشاورزی، صفحات: ۱۸ - ۱۲.
- ۱۰- خاوازی، ک. و م. ملکوتی. ۱۳۸۰. ضرورت تولید کود های بیولوژیک در کشور، ۶ صفحه.

- ۱۱- خلیج، م. مستشار، م و ج. شهابی فر. اثرات کمپوست و گوگرد در افزایش عملکرد گندم. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۴۰ صفحه.
- ۱۲- خیام باشی. ب. و م. افیونی. ۱۳۸۲. اثر استفاده از پسماند های آلی به جای کود شیمیایی در اراضی کشاورزی بر غلظت عناصر میکرو و عملکرد گیاه. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۶ صفحه.
- ۱۳- راشد محصل، م. ح.، م. حسینی، م. عبدی و ع. ملا فیلابی. ۱۳۷۶. زراعت غلات. ترجمه و تدوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۶ صفحه.
- ۱۴- رجایی، م. ۱۳۸۰. تاثیر متقابل کمپوست و نیتروژن بر رشد گوجه فرنگی و جذب فلزات سنگین. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۴۰۱ صفحه .
- ۱۵- رجایی، م. و ن. کریمیان. ۱۳۷۸. تاثیر متقابل کمپوست و نیتروژن بر رشد گوجه فرنگی ، قابلیت استفاده نیتروژن و بعضی خصوصیات خاک در شرایط گلخانه. مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۵۲ صفحه .
- ۱۶- رضوی طوسی، الف. و ن. کریمیان. ۱۳۸۲. تاثیر کمپوست زباله شهری و شیرابه آن بر رشد و ترکیب شیمیایی گوجه فرنگی و غلظت عناصر غذایی ، شوری و فلزات سنگین در خاک. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۶۳ صفحه.
- ۱۷- روغنیان، س. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و پاسخ های گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۱۸- ریگی، م. ع. رونقی. ۱۳۸۲. ارزیابی گلخانه ای بر همکنش دو نوع ورمی کمپوست و نیتروژن بر برخی ویژگی های خاک زیر کشت برنج. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران ، ۱۴ صفحه.

- ۱۹- ریگی، م. و ع. رونقی. ۱۳۸۲. ارزیابی گلخانه ای تاثیر دو نوع ورمی کمپوست با یا بدون نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت. مجموع مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ۶۵ صفحه.
- ۲۰- زهرایی، نیره اعظم. ۱۳۷۲. ویتامین ها (ترجمه)، ۱۳۷۲. انتشارات گلشن. ۳۹۹ صفحه، تهران، ایران.
- ۲۱- سازمان برنامه و بودجه استان فارس. آمار نامه ی استان فارس. ۱۳۷۴. انتشارات سازمان برنامه و بودجه ی استان فارس. شیراز. ۴۲۴ صفحه.
- ۲۲- شاهیان، ر. و س، سماوات. ۱۳۸۲. بررسی اثرات کمپوست غنی شده با کود های شیمیایی بر رشد، عملکرد و ترکیب شیمیایی خیار گلخانه ای. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۲۷۴ صفحه.
- ۲۳- علیزاده، غ. ۱۳۸۰. بررسی اثرات کمپوست در افزایش عملکرد گندم. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۳۶ صفحه.
- ۲۴- قنبری پور، م. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات نوع و مقدار مواد آلی افزودنی به خاک بر روی پایداری خاکدانه ها. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۱۳۶ صفحه.
- ۲۵- کافی، م. و م. ارغوانی. ۱۳۸۲. تاثیر ضایعات نخل و کمپوست قارچ، در کاهش میزان آبیاری، کودهی و سم پاشی در کشت چمن. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۲۱۴ صفحه.
- ۲۶- کلباسی، م. ۱۳۷۵. وضعیت مواد آلی در خاکهای ایران و نقش کمپوست. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، ۷ صفحه.
- ۲۷- گندمکار، الف. و م. کلباسی. ۱۳۷۵. اثر شیرابه زباله و شیرابه کود کمپوست بر رشد و عملکرد ذرت. مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۶ صفحه.

- ۲۸- مجیدی، ع. و م. ملکوتی. ۱۳۷۸. تاثیر سطوح و منابع روی و کمپوست بر عملکرد و جذب روی در گندم دیم. مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، ۴۱۹ صفحه.
- ۲۹- محبوب خمایی، ع. و م. پاداشت. ۱۳۸۰. تاثیر آزولای کمپوست شده در بستر های کشت مختلف کشاورزی. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحات : ۱۸- ۱۲.
- ۳۰- محمدی نیا، غ. ۱۳۷۴. ترکیب شیمیایی شیرابه کمپوست زباله و اثر آن بر خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳۱- مرجوی، ع. ۱۳۷۸. اثرات باقیمانده کود کمپوست شهری بر عملکرد کمی و کیفی گندم. مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، ۴۷۹ صفحه .
- ۳۲- مرجوی، ع. و م. جهاد اکبر. ۱۳۸۲. بررسی اثرات کمپوست زباله شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک و صفات کمی و کیفی چغندر قند. مجموعه مقالات سومین همایش توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۸۷ صفحه.
- ۳۳- مشیری، ف. و م. مفتون. ۱۳۸۰. تاثیر کمپوست و کود مرغی با یا بدون فسفر بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۸ صفحه.
- ۳۴- معمار فر، الف. و الف. اله دادی. ۱۳۸۵. مطالعه تاثیر کاربرد مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر موجودی عناصر غذایی و خصوصیات خاک و رشد و عملکرد علوفه ای ذرت. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، صفحات: ۱۹- ۱۰.
- ۳۵- ملکوتی، م. و م. همایی. ۱۳۸۳. کتاب حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک، ۲۵ صفحه.
- ۳۶- منتظری، ع. م. ملکوتی. ۱۳۸۲. تاثیر مصرف کمپوست بر صفات کمی و کیفی محصول افتابگردان ، چغندر قند و گندم در یک دوره تناوب زراعی. مجموعه مقالات سومین همایش توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۵۹ صفحه .

- ۳۷- یزدان پناه، ع. و. مطلبی فرد. ۱۳۸۲. بررسی اثر مصرف کود های آلی از منابع مختلف بر کاهش مصرف کود های شیمیایی ، برخی خواص فیزیکی و عملکرد دانه گندم. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۸۰ صفحه .
- 38- Aggelides, S. M. and Londra. P.A .2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Tech.* 71:253-259.
- 39- Alves, W.L., Melo, W.J. and Ferreira, M.E. 1999. Urban waste compost effects on sandy soil and sorghum plants. *Revista Brasileira.* 23(3),pp.
- 40- Astarai, A.R., R. Ivani .2008. Effect of organic - sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. *American-Euroasian J. Agric. & Enviro. Sci,* 3: 352-356.
- 41- Baruah , T. C., H. B. Athakur. 1998. *Text Book of Soil Analysis.* Vikas publishing House PVT Ltd. New Dehli, India. p. 11 - 62.
- 42- Black, C. A and D. D. Evans. 1965. *methods of soil analysis.* Part 1 and 2. *Agronomy 9.* Am. Soc. Of Agron., Madison, WI.
- 43- Bresso, L.M, Koch C, Le Bissonnais Y, Barriuso E and Lecomte.V.2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Scie Soci of America. J.* 65:1804 -1811.
- 44- Celiki, O. and Kilics. 2004. Effect of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chorozerert soil. *soil and tillage research.* 78: 59 – 67.
- 45- Chattopadhyaya, N., M. Dutta, and S. k. Gupta. 1992. Effects of city waste compost and fertilizers on the growth, nutrient uptake and yield of rice. *J. Indian Soc. Soil sci.* 40:464 – 468.
- 46- Chen, L., A. Wareem and J. G. Streeter. 2000. Production of aerobactin by microorganisms from a compost enrichment culture and soybean utilization. *plant nutrition.* 23: 2047 – 2060.
- 47- Entry JA, Wood BH, Edwards JH, Wood CW. 1997. Influence of organic by-products and nitrogen source on chemical and microbiological status of an agricultural soil. *Boil. Fertile soils,* 24: 196 – 204.
- 48- Evans, L. T. 1993. *Crop Evolution, Adaptation and yield.* Cambridge University press. 500pp.



- 49- Evans, L. T. and R. L. Dunstone. 1970. Some physiological aspects of evolution in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* 23: 725 – 741.
- 50- FAO . 1986 – 2006. Food and Agriculture Organization of the United nation. Quaterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
- 51- Foly, B. J. and L. R. Cooperland. 2002. paper mill residuals and compost effects of soil carbon and physical properties. *jornal of environmental quality.* 31: 2086 – 2095.
- 52- Foruhar M, 1999. Possibility of using iron oxide waste from acid pickling line as iron fertilizer. University of Esfahan Sanati.
- 53- Gadallah, M. A. and T. Ramadan. 1997. Effects of Zinc and salinity on growth and anatomical structure of *Carthamus tinctoroum L.* *Biologic Plantarum.* 34:411-418.
- 54- Gallagher, E. J. 1984. *Cereal Production.* Butterworths. 354 pp.
- 55- Gallardo-Lara, F., Azcon, M., Polo, A., 2006. Phytoavailability and fractions of iron and manganese in calcareous soil amended with composted urban waste. *J. Environ. Sci. Health B* 41, 1187–1201.
- 56- Gallardo – lora. F. and R. Nogales. 1987. Effect of application of town refuse compost on the soil – plant system: A review. *Bil wastes* 10: 35 62.
- 57- Gee, G.W., J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In *Methods of soil Analysis, Part 1, Phisical and Mineralogycal Methods, 2<sup>nd</sup> Ed., Klute, A., American Society of Agronomy, WI.* pp. 383 – 412.
- 58- Guerrero, C., I. Gomez., J. M. Solera., R. moral., J. M. Beneyto and M.T.Hernandez. 2004. Effect of soild wast compost on microbiological and physical properties of a burnt forest soil experiment. *Biology and Ferility of soils.* V. 32. No. 5: 410 – 4 14.
- 59- Gupta, P. K. 2000. *Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis.* Agcrobios pub. Bikaner. India.
- 60- Hu, Y. and. A. Barker. 2004. Effects of composts and their combinations with other materials on nutrient accumulation in tomato leaves. *communications in soil science and plant an alysis.* 35: 2809- 28 23.
- 61- Khoshgoftarmanesh, A. H. and Kalbasi M, 2000. Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Communications in Soil Sci and Plant Analysis.* 33: 2011-2020.
- 62- Mahmoodi, S.H. and Hakimian M.1998. *Pedology principle.* University of Tehran Press.

- 63- Malakouti, M. J. 2003. The role of zinc in plant growth and enhancing animal and human health. Regional Expert Consultation in plant, Animal and human Nutrition: Interaction and impact. Damascus, Syria.
- 64- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, UK.
- 65- Maynard, A. A. 1991. Intensive vegetable production using composted animal manure. Bulletin Connection agric. Exper. station No. 891: 13 .
- 66- Mazinani, H and Said Gh. 2004. short review on transitions on compost production in Tehran. Recycle Organization press.
- 67- Mishra, B.B. and Nayak, K. C. 2004. Organic farming for sustainable agriculture. Orissa review. pp:42-45.
- 68- Murillo, J., Cabrera, F., 1997. Response of clover *Trifolium fragiferum* cv Salina to a heavy urban compost application. *Compost Sci. Util.* 5 (4), 15–26.
- 69- Ortiz, R. and I. Carrascosa. 2004. Effect of Fe –EDDHA chelate application on evolution of soil extractable Iron, Copper, Manganese, and Zinc. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 35. No. 3&4. pp.559-570.
- 70- Ozores-Hampton, M., Hanlon, E., 1997. Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentrations in tomato and squash grown in MSW compostamended calcareous soil. *Compost Sci. Util.* 5 (4),40-46.
- 71- Pace, M., B. E. Miller and K. L. Farrell –Poe, 1995. The Composting, process. Issued in furtherance of cooperative extension work. P. 1914.
- 72- Penning deVrise, F. W. T., H. Van Keulen. 1993. Intraction of yield - determining processes. *Int. Crop Soc. Ampp*: 831 – 934.
- 73- Peoples, M. B., V. C. Beiharz, S. P. Waters, R. J. Simpson, and M. J. Dalling. 1980. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat plant. 149:241-251.
- 74- Pinamonti, F. 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient cycling in xgroecosystems*.51, No. 3: 239-248.
- 75- Pinthus, M. J. 1973. Lodging in wheat, barley and oats. the phenomenon, its causes, and pereventive measures. *Adv. in Agron.* 25: 209 - 263.
- 76- Poehlman, J. M. 1959. *Breeding Field Crops*. Henry Holt and Company, Inc. New York. 427 pp.
- 77- Perez, D. V., Alcantara S. Ribeiro C. C., Pereira R. E., Fontes G. C., Wasserman M. A., Venezuela T. C., Meneguelli N.A., de Macedo J. R. and Barradas CAA. 2007. Composted municipal waste effects on chemical properties of a Brazilian soil. *Bioresour Technol.* 98: 525-533.

- 78- Rose, M. A. and H. Wang. 1998. Micronutrient sources for container nursery plant. ornamental plant – annual report and research. Reviews. 1998.
- 79- Sainz, M. J., M.T. Taboada and A. Vilarino, 1998. Growth mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in 205(1): 85-92.
- 80- Sebastiao, M., Queda, A., Campos, L., 2000. Effect of municipal soil waste compost on potato production and heavy metal contamination in different types of soil. In: Warman, P.R., Taylor, B. (Eds.), Proceeding of the International Composting Symposium. CBA Press Inc.s (Pubs.), Halifax/Dartmouth, Nova Scotia, Canada, pp. 760–77.
- 81- Sotomayor, R. I. 1979. Refuse compost as organic fertilizer compared with chemical fertilizer. Organic technical. 39:152- 157.
- 82- Speir, T. W., J. Horswell., A. P. Schaik., R. G. McLaren and G. Fieje. 2004. Composted biosolids enhance fertility of a sandy loam soil under dairy pasture. Soil Fertil soils. 40: 349 -358.
- 83- Sprague, G. F. and J. W. Dudley (eds). 1988. Corn and Corn Improvement, 3rd edition. Agronomy Monograph no. 18. W I, U. S. A. 986 pp.
- 84- Suge, H., H. Takahashi, S. Arita and H. Takaki. 1986. Gibberellin relationship in zinc- deficient plants. Plant cell physiol. 27:1005-1012.
- 85- Tollenaar, M. and L. M. Dwyer. 1999. physiology of maize. In: D. L. Smith and C. Hamel (eds). Crop Yield, physiology and processes. Springer – Verlag. pp 169 – 204.
- 86- Warman, P.R., Murphy, C., Burnham, J., Eaton, and L. 2004. Soil and plant response to MSW compost applications on lowbush blueberry fields in 2000 and 2001. Small Fruit Rev. 3 (1/2), 19–31.

## Effect of municipal solid wastes (MSW) compost on micro nutrient in soil and plant

### Abstract

Today, overuse of chemical fertilizers to increase agriculture products have caused ecological imbalance of the environment and negative effects on human health which is serious risk. The use of municipal solid waste compost addition to providing the required elements in soils and plants can help to reduce the negative effects of chemical fertilizers. To study the effect of different amounts of municipal solid waste compost on some soil properties and the amounts of Fe, Cu, Mn and Zn in plant, an experiment was conducted at Shahed university of Tehran in which four fertilizer treatments (including 0, 15, 30 and 60 Ton ha<sup>-1</sup> compost) were compared with three replications. Twelve weeks after corn planting, the concentrations of these elements were measured in plant and soil. The results showed that the use of municipal solid waste compost increased concentrations of Fe, Mn and Zn in the plant compared to control treatment. This increase was statistically significant at 1% level. Also the use of municipal solid waste compost increased Cu concentrations in shoots compared to control. This increase was also statistically significant at 1% level. However, Cu concentration in leaves was not significantly different compared to control. The results also showed that compost significantly increased the availability of Fe, Cu, Mn and Zn in soil at the level of 1%. Compost application increased soil organic carbon content but reduced its pH. Increase in organic carbon and decreasing pH was statistically significant at 5% level. According to the results, the use of municipal solid waste compost increased concentrations of Fe, Cu, Mn and Zn in soil and plant. Since some micronutrients deficiency in the areas with high pH and calcareous soils like Iran is the most common, application of municipal solid waste compost could be useful in these areas.

Keywords: Compost, Corn, Micronutrients, Soil, Environment



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Agriculture**

**Department of Water and Soil**

**M.Sc. Thesis**

**Effect of municipal solid wastes (MSW) compost on micro nutrient in  
soil and plant**

**Toraj Afshari**

**Supervisor:**

**Dr. H. Ghorbani**

**Dr. A. Bostani**

**Advisors:**

**Dr. B. Motasharezade**

**Dr. M. Gholipor**

**January 2013**

