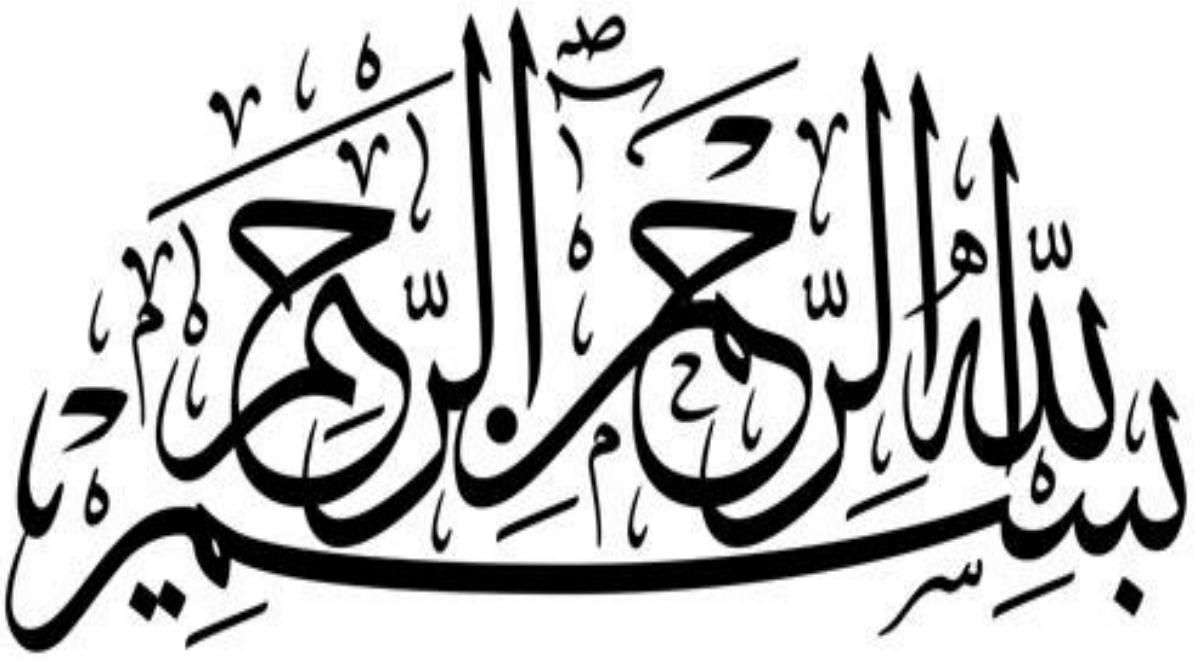

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده : **کشاورزی**

گروه : **خاک و آب**

مقایسه تاثیر کمپوست گرانوله گوگردی و کمپوست پودری حاصل از زباله های شهری بر تغییرات شیمیایی خاک و عملکرد گوجه فرنگی

دانشجو : آرزو علی زاده

اساتید راهنما :

دکتر شاهین شاهسونی

دکتر پیمان کشاورز

استاد مشاور

دکتر احمد غلامی

پایان نامه ارشد یا (رساله دکتری) جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (دکتری)

ماه و سال انتشار : **خرداد ماه** 1389

تقدیم به ...

پدر عزیزم

آنکه فروغ نگاهش، گرمی کلامش و روشنی رویش سرمایه های جاودانی زندگی من است.

مادر مهربانم و مادر عزیز همسرم

که همواره نگاه نگرانشان و لبهای دعاگویشان بدرقه راهم است با دلی مالامال از عشق و محبت بر دستانشان بوسه می زنم.

همسر عزیزم

که دلسوزانه مشکلات تحصیل و زندگی را برایم آسان نمود و فداکارانه همواره در کنارم ایستاد.

و

پسر عزیزم

سپاسگزاری

گذراندن مراحل اجرایی و تدوین این پایان نامه پس از الطاف و عنایت الهی مدیون راهنمایی ، مساعدت و هم فکری بسیاری از اساتید گرانقدر و دوستان گرامی می باشد که بی تردید بدون همدلی آنان طی کردن این راه با مشکلات فراوان همراه بود. در ابتدا از راهنمایی های استادان ارجمند جناب آقای دکتر شاهین شاهسونی و آقای دکتر پیمان کشاورز و مشاوره ارزشمند جناب آقای دکتر احمد غلامی کمال تشکر و قدردانی را به عمل می آورم. از سایر عزیزان آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی که مرا از راهنمایی های ارزنده خود بهره مند ساختند نیز کمال تشکر و قدردانی را دارم. جا دارد از تشویق ها و راهنمایی های پدر بزرگوارم تشکر فراوان را داشته باشم. بی شک بدون راهکردهای ایشان هرگز گام در این راه ننهاده بودم. زحمات بی دریغانه مادر مهربانم و فداکاری های همسر عزیزم نیز شایسته تقدیر و تشکر است. گر چه هرگز آوردن نامشان به منزله جبران زحمات ارزنده آنان نخواهد بود. در آخر از مساعدت های دوستان و همکلاسی های عزیزم کمال امتنان را می نمایم.

چکیده

بروز مشکلات فراوان زیست محیطی و اقتصادی در دفع پسماندهای شهری و نیز کاهش روز افزون مواد آلی خاک های کشور، موجب تولید و همچنین کاربرد بیشتر فراورده های کودی حاصل از پسماندهای شهری گردیده است. بر این اساس به منظور بررسی اثر کمپوست پسماند شهری بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد گیاه گوجه فرنگی، این آزمایش در دو مرحله آزمایشگاهی خواباندن (انکوباسیون) و زراعی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (طرق) انجام شد. این طرح با سه نوع کود آلی کمپوست پودری، کمپوست گرانوله گوگردی و کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس در پنج سطح صفر، 15، 30، 45 و 60 تن در هکتار در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که عناصر کم مصرف آهن، مس، منگنز و روی خاک نسبت به مصرف کمپوست عکس العمل مثبت نشان داده و با افزایش مصرف کمپوست زیاد شدند، بطوری که بالاترین میزان متعلق به تیمار بالاترین میزان کمپوست ها بود. تفاوت بین سه نوع کود آلی به غیر از عنصر منگنز برای عناصر کم مصرف آهن، مس و روی در خاک معنی دار نبود. همچنین مصرف کمپوست، پ هاش خاک را کاهش داد ولی هدایت الکتریکی خاک و سولفات قابل استفاده خاک را افزایش داد ولی با گذشت زمان پ هاش افزایش و هدایت الکتریکی خاک کاهش یافت. کمپوست گرانوله گوگردی بیشترین تاثیر را بر کاهش پ هاش، افزایش هدایت الکتریکی خاک و سولفات قابل استفاده خاک داشته است. همچنین با افزایش مصرف کمپوست در خاک عملکرد گیاه افزایش یافت و حداکثر عملکرد گیاه با مصرف 45 تن کمپوست در هکتار و از کمپوست گرانوله گوگردی بدست آمد. بیشترین میزان آهن در برگ مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار 30 تن در هکتار بود. بیشترین غلظت مس نیز مربوط به تیمارهای 30 و 60 تن در هکتار بود و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. با افزایش مصرف کمپوست، غلظت روی در برگ نسبت به شاهد افزایش یافت ولی مقدار منگنز برگ کاهش یافت. تفاوت معنی داری بین سه نوع کود آلی بر غلظت آهن، مس، منگنز و روی وجود نداشت.

واژه های کلیدی: کمپوست پسماند شهری، گوگرد، تیوباسیلوس، گوجه فرنگی، انکوباسیون

فهرست مطالب

فصل اول:

مقدمه 1

فصل دوم: بررسی منابع

2-1- ارزش غذایی و اهمیت اقتصادی گوجه فرنگی 4

2-2- کمپوست پسماند شهری 4

2-2-1- کمپوست پودری (معمولی) 6

2-2-2- کمپوست گرانوله گوگردی 6

2-3- تأثیر کمپوست پسماند شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه 7

2-4- اهمیت گوگرد و اکسایش آن در خاک 11

2-5- تأثیر گوگرد بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه 14

فصل سوم: مواد و روش ها

3-1- جمع آوری و آماده سازی نمونه های خاک 25

3-2- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های نمونه برداری شده 25

3-3- آزمایش اول: خواباندن خاک (انکوباسیون) 26

3-3-1- آماده سازی نمونه ها 26

3-3-2- تیمار نمونه های خاک و انکوباسیون 26

3-3-3- تجزیه نمونه ها 27

3-3-3-1- اندازه گیری pH ۲۷

3-3-3-2- اندازه گیری قابلیت هدایت الکتریکی 27

3-3-3-3- تعیین عناصر کم مصرف آهن، مس، منگنز و روی قابل جذب در خاک به روش DTPA.....۲۷

3-3-3-4- تعیین یون سولفات به روش رسوب سولفات کلسیم 28

3-4- آزمایش دوم 29

3-4-1- آماده سازی زمین 29

3-4-2- اعمال تیمارهای کودی 30

3-4-3- کاشت، داشت و برداشت گوجه فرنگی 30

3-4-4- تجزیه نمونه های گیاه 31

3-5- تجزیه کود کمپوست پسماند شهری 31

3-6- تجزیه آماری داده ها 32

فصل چهارم: نتایج و بحث

4-1- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات خاک 34

4-1-1- اسیدیته خاک (pH) 34

4-1-2- هدایت الکتریکی خاک 38

4-1-3- سولفات قابل استفاده خاک 42

4-2- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فراهمی عناصر کم مصرف در خاک 46

4-2-1- آهن 46

4-2-2- منگنز 50

4-2-3- مس 54

4-2-4- روی 58

3-4 تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد گیاه گوجه فرنگی 62

4-4- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عناصر غذایی کم مصرف در گیاه 64

4-4-1- آهن 64

4-4-2- منگنز 66

4-4-3- مس 68

4-4-4- روی 70

فصل پنجم:

نتیجه گیری کلی و پیشنهادها 72

فصل ششم:

فهرست منابع 74

فهرست اشکال

4-1- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر pH خاک 36

4-2- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر pH خاک 37

4-3- تغییرات pH خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری 37

4-4- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر هدایت الکتریکی خاک 40

4-5- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر هدایت الکتریکی خاک 41

4-6- تغییرات هدایت الکتریکی خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری 41

4-7- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر سولفات قابل استفاده خاک 44

4-8- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر سولفات قابل استفاده خاک 45

4-9- تغییرات سولفات قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری .45

4-10- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر آهن قابل استفاده خاک 48

4-11- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر آهن قابل استفاده خاک 49

4-12- تغییرات آهن قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری 49

4-13- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر منگنز قابل استفاده خاک 52

4-14- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر منگنز قابل استفاده خاک 53

4-15- تغییرات منگنز قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری .53

4-16- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر مس قابل استفاده خاک 56

4-17- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر مس قابل استفاده خاک 57

4-18- تغییرات مس قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری 57

4-19- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر روی قابل استفاده خاک 60

4-20- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر روی قابل استفاده خاک 61

4-21- تغییرات روی قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری 61

4-22- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه فرنگی (تن در هکتار) 63

4-23- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه فرنگی (تن در هکتار) 63

4-24- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 65

4-25- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 65

4-26- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 67

4-27- اثر مقادیرکود کمپوست پسماند شهری بر غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 67

4-28- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 69

4-29- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 69

4-30- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 71

4-31- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 71

فهرست جداول

3-1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه 33

3-2- برخی خصوصیات کمپوست پسماند شهری مورد آزمایش 33

4-1- اثر متقابل منابع و مقادیر کمپوست پسماند شهری بر تغییرات pH خاک در مدت 10 ماه ..35

4-2- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات هدایت الکتریکی خاک در مدت 10 ماه 39

4-3- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات سولفات قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه 43

4-4- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات آهن خاک در مدت 10 ماه .47

4-5- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات منگنز خاک در مدت 10 ماه 51

4-6- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات مس خاک در مدت 10 ماه 55

4-7- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات روی خاک در مدت 10 ماه 59

4-8- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه فرنگی (تن در هکتار) 62

4-9- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 64

4-10- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 66

4-11- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 68

4-12- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی 70

فصل اول

مقدمه

شرایط امروز جهان از نظر تولید محصولات کشاورزی و تغذیه جمعیت انسانی از هر زمانی در گذشته پیچیده تر شده است. این شرایط پیچیده در کشورهای جهان سوم به مراتب سخت تر و بحرانی تر زنجیره وار به منابع غذایی روزمره انسان ها راه یافته و سلامت جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده اند تلاش های گسترده ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده ها با روش های زیست پالایی و حفظ پایداری اکوسیستم های طبیعی آغاز شده است. در زمینه علوم خاک بر خلاف دهه های گذشته که بهره گیری بیشینه از واحد سطح خاک به منظور تولید هر چه افزون تر محصول تنها با اتکاء به مصرف انواع کودهای شیمیایی و سموم آفت زدا، هدف اصلی محسوب می شود. امروزه تأکید بر استفاده تلفیقی از کودهای آلی و شیمیایی از مؤثرترین روش های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب محسوب می گردد (16).

مواد آلی به علت اثرات سازنده ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصلخیزی خاک دارند به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده اند. مقدار مواد آلی خاکهای مناطق مرطوب به علت بازگشت قابل ملاحظه ای از بقایای گیاهان به این خاکها بطور طبیعی بالا بوده و بطور کلی بین دو تا پنج درصد وزن خاک سطحی را تشکیل می دهند. در حالی که خاک های مناطق خشک و نیمه خشک که بیش از 80 درصد اراضی کشاورزی را در ایران تشکیل می دهند از نظر مواد آلی فقیر بوده و مقدار آن در خاک ها کمتر از یک درصد است. بنابراین افزایش محتوای ماده آلی خاک های این مناطق باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی این خاک ها شده و سطح باروری این اراضی را به میزان قابل توجهی ارتقاء می دهد. منابع سنتی مواد آلی در

مناطق خشک و نیمه خشک محدود بوده و منحصر به کودهای دامی و گاهی کود سبز می باشد. این مقدار محدود به هیچ وجه جوابگوی نیاز روزافزون بخش کشاورزی به کودهای آلی نیست. عدم تعادل بین عرضه و تقاضا در مورد کودهای آلی باعث شده که قیمت کودهای آلی اغلب بالا و کیفیت آنها نامطلوب باشد و در نتیجه کشاورزان فقط برای محصولات خاصی از این کودها استفاده نمایند (52).

یکی از منابع ارزان قیمت و دایمی ماده آلی در اکثر کشورها از جمله ایران، پسماند های شهری می باشند. تولید پسماند های شهری با پیشرفت کشورها افزایش یافته و اغلب با مدیریت های متمرکزی جمع آوری می گردد که در صورت مدیریت مناسب و تفکیک در مبدأ، می تواند به عنوان منبع دائمی مواد آلی قابل استفاده در کشاورزی مزارع مجاور شهرهای بزرگ محسوب گردد (16). امروزه پیشرفت در زمینه های مهندسی، سبب افزایش کمپوست کردن ضایعات صنعتی، پسماند های شهری و بازیابی عناصر غذایی شده است (28). کمپوست تولید شده از پسماند های شهری می تواند تا حدودی کمبود کود آلی در ایران را جبران نماید. اگر کلیه زباله های شهری در ایران به کمپوست تبدیل شود، مقدار کود آلی حاصل حدود 20 میلیون تن در سال خواهد بود که نیاز کود آلی حدود دو میلیون هکتار در سال را رفع می نماید. کود آلی کمپوست حاوی مقادیر قابل ملاحظه ای از عناصر کم مصرف از جمله آهن و روی می باشد و در نتیجه علاوه بر سایر خواص کودهای آلی، دارای پتانسیل پیشگیری یا رفع کمبود آهن و روی درختان مثمر و غیر مثمر می باشند (52).

در ایران مناطق قابل کشت بیشتر دارای بستر آهکی بوده و اغلب دارای پ هاش بیش از 8 می باشند (به جز خط باریک شمال). وقوع این امر سبب شده است که جذب اکثر عناصر غذایی با مشکلاتی مواجه باشد که یکی از بهترین راه های کاهش پ هاش چنین خاک هایی، استفاده از گوکرد به عنوان عامل اسیدزا جهت افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی در خاک های آهکی و بازی، اصلاح خاکهای سدیمی و کنترل و مبارزه با برخی از عوامل بیماری زای گیاهی متداول بوده و سابقه دیرینه دارد (52). گوگرد یک عنصر ضروری برای رشد و فعالیت همه موجودات زنده است.

گوگرد یکی از 16 عنصر حیاتی عمده ای است که گیاهان بطور نسبی به غلظت بالایی از آن احتیاج دارند. گوگرد برای ساختن اسیدهای آمینه سیستئین، سیستین و میتونین ضروری است. این عنصر به عنوان جزء مهمی در ساختار ویتامین ها، هورمون ها و ترکیبات ساختمانی و مولکول های متابولیکی مهم دیگر نظیر کوآنزیم A، نقش مهمی در گیاهان، جانوران و میکروارگانیزم ها بازی می کند (28). به دلیل اهمیت اکسایش زیستی گوگرد در مقایسه با اکسایش شیمیایی آن، شرط بهره گیری از توان بالقوه گوگرد حضور باکتری های تیوباسیلوس، به عنوان مهمترین اکسید کنندگان گوگرد، در خاک و یا استفاده آن همراه با کود های آلی نظیر کمپوست می باشد (52). عدم مصرف کودهای حاوی گوگرد در سال های قبل، کشت مداوم و متراکم اراضی زارعی؛ وجود اراضی شور سدیمی و سدیمی و فراوانی گوگرد از مهمترین دلایل توجه جدی به مصرف گوگرد در خاک های ایران می باشد (52).

فصل دوم

بررسی منابع

2-1- ارزش غذایی و اهمیت اقتصادی گیاه گوجه فرنگی

گوجه فرنگی دومین سبزی پر مصرف دنیا پس از سیب زمینی است (97) که تقریبا در تمام مناطق جهان اعم از گرمسیری، نیمه گرمسیری و معتدل کشت می گردد (70). میوه این گیاه یک منبع مهم تغذیه ای است، زیرا دارای مقدار کالری کم بوده و یک منبع غنی از آهن و ویتامین های A و C می باشد، همچنین شامل مقادیر کمی از ویتامین های گروه B، تیامین، نیاسین و ریبوفلاوین می باشد، ارزش دارویی زیادی نیز دارد (97). این گیاه به صور مختلف در تغذیه مورد استفاده قرار می گیرد، مصرف خام آن به تنهایی و یا همراه با سایر سبزی ها در سالاد و به صورت پخته در غذاهای مختلف معمول است. علاوه بر آن در مصارف تبدیلی به صورت کنسرو، شور، رب، سس، پوره و آب گوجه فرنگی مورد استفاده قرار می گیرد. در بعضی مناطق آن را خشک کرده و در انواع غذاها مورد استفاده قرار می دهند. بذر گوجه فرنگی دارای 24 درصد روغن است که در تهیه روغن سالاد، مارگارین و صابون مصرف می شود (12).

2-2- کمپوست پسماند های شهری

گسترش شهر نشینی و صنعتی شدن، بویژه در کشورهای در حال توسعه، باعث انباشته شدن حجم عظیمی از پسماند های شهری گردیده است. انرژی بسیار زیاد مورد نیاز برای سوزاندن زباله ها، محدودیت هایی که در دفن کردن آنها در خاک وجود دارد و نیز بسیاری از مسائل زیست محیطی دیگر سبب شده تا به بازیافت پسماند و بکارگیری کمپوست حاصل در اراضی کشاورزی توجه زیادی معطوف شود(در ایران نیز در سال های اخیر فعالیت هایی در این زمینه صورت گرفته است، بطوری که در کارخانه کود آلی مشهد و کارخانه های مشابه در تهران، کرج، اصفهان و شیراز روزانه حجم انبوهی زباله شهری به کمپوست تبدیل می شود) (19). تا کنون تعاریف متعددی برای کمپوست ارائه

شده است (83، 124 و 125). بطور کلی بر اساس یک تعریف مطلوب به هر محصولی که تحت فرآیند کمپوست شدن که همان به پایداری رسیدن ترکیبات آلی تحت شرایط هوازی است و باعث تولید حرارت بر اثر فعالیت موجودات زنده ریز می شود اطلاق می گردد. محصول تولیدی باید عاری از عوامل بیماری زا و بذور علف های هرز باشد (114). تمام کمپوست ها شبیه به هم نیستند اگرچه در نظر اول ممکن است شبیه به نظر برسند ولی از لحاظ خصوصیات با هم متفاوت هستند. اندازه گیری های پ هاش، شوری، خصوصیات فیزکی، رسیدگی و پایداری از خصوصیات بارزی جهت تعیین کیفیت یک کود کمپوست می باشد (114). مصرف کودهای کمپوست بر روی تعداد زیادی از محصولات کشاورزی موفقیت آمیز بوده است که در وهله نخست ارزش غذایی کود کمپوست مورد نظر می باشد در حالی که با عرضه این کود علاوه بر جنبه های غذائی، ارتقاء شرایط فیزیکی و میکروبی خاک نیز تأمین می گردد (114). یکی از عمده ترین خصوصیات کمپوست ویژگی هوموس آن است. وجود این ماده در خاک کشاورزی بسیار حائز اهمیت می باشد. مقدار مواد آلی خاک با برداشت مکرر محصول کم می یابد و مصرف کمپوست می تواند فقدان این مواد را در ساختار خاک جبران نماید. کود کمپوست خاک های فرسوده و نامطلوب را که به خاک های مرده و غیر قابل کشت تبدیل شده، دوباره زنده و فعال ساخته و بافت خاک را ترد و پوک می سازد. کمپوست دارای وزن مخصوص کمی می باشد و استفاده از آن در خاک ها باعث پایین آمدن وزن مخصوص خاک و سبک شدن آن می شود که تسهیل نفوذ ریشه های گیاهان و درختان را در پی دارد. در خاک هایی که شنی هستند باعث نگهداری و ذخیره آب می شود و از تشنگی زودرس جلوگیری می کند (52). تحقیقات به عمل آمده در خصوص اثرات کود کمپوست از منابع مختلف بر روی محصولات کشاورزی در دنیا همگی مؤید مفید بودن مصرف آن از نظر حاصلخیزی خاک و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می باشد و همچنین باعث افزایش محصول و قابل کشت کردن بسیاری از نقاط غیز حاصلخیز شده است (45).

2-2-1- کمپوست پودری (معمولی)

این کمپوست نوعی کود آلی مخلوط از مواد طبیعی حاصل از یک فرآیند زیستی است. در این فرآیند زیستی، زباله های جامد خانگی با منشاء آلی مانند پسماندهای غذایی و بقایای گیاهی تجزیه می شوند و به حالت ثابتی در می آیند. این نوع کود، علاوه بر داشتن مواد غذایی برای رشد و نمو گیاهان می تواند با جذب میزان قابل توجهی آب، در مواقع لزوم آب مورد نیاز گیاه را تامین نماید. کمپوست در مقایسه با کودهای آلی حیوانی به علت بالا رفتن دما در طول دوره فرآوری آن، عاری از ریز جانداران زیان بار و بذر علف های هرز می باشد. از دیگر ویژگی های کمپوست، ایجاد تخلخل در خاک و اصلاح همزمان بافت فیزیکوشیمیایی خاک است که ریشه دوانی و ریشه زایی مطلوب تر گیاه را سبب می گردد. هم چنین کمپوست به علت برخورداری از هوموس، وفور مواد غذایی آلی و حضور ریز مغذی ها باعث افزایش کمی و کیفی محصول می شود. کمپوست می تواند علاوه بر استفاده مستقیم، بصورت ماده پایه در تولید بسیاری از کودهای آلی گرانوله نیز مورد استفاده قرار گیرد (133).

2-2-2- کمپوست گرانوله گوگردی

بخش زیادی از خاک های کشاورزی کشور بویژه خراسان رضوی، به دلیل آهکی بودن دارای پ هاش بازی و همچنین مبتلا به فقر مواد آلی می باشند بطوری در این شرایط یکی از راهها برای کاهش پ هاش و افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی بویژه عناصر کم مصرف و فسفر استفاده از گوگرد می باشد. البته چون گوگرد بایستی تبدیل به یون سولفات شده تا توسط گیاه جذب شود استفاده مستقیم آن چندان کارایی نخواهد داشت. با استفاده از کمپوست و سایر افزودنی ها بخصوص گوگرد، محصول کمپوست گرانوله گوگردی تهیه شده است. با این عمل محصول جدیدی از کود

کمپوست به بازار عرضه شده و همچنین از نظر ارزش غذایی برای گیاه نیز غنی می باشد. استفاده از این کود ضمن کاهش پ هاش خاک که منجر به جذب عناصر کم مصرف می شود، مواد آلی خاک نیز تا حد زیادی تأمین خواهد شد (133). محاسن استفاده از کمپوست گرانوله گوگردی بشرح زیر بیان شده است:

1 – کاهش پ هاش خاک و افزایش جذب عناصر کم مصرف و فسفر

2- قابلیت اصلاح خاک های قلیایی و آهکی با پ هاش بالا

3- افزایش عملکرد قابل ملاحظه در گیاهان بخصوص دانه های روغنی

4- افزایش مقاومت گیاه در مقابل عوامل بیماری زا و قارچ ها

5- سهولت در کودپاشی و طریقه مصرف

6 - تأمین سولفات لازم برای گیاه

7- افزایش مواد آلی و فعالیت های زیستی خاک

8- مرطوب نگه داشتن خاک (133).

2-3- تاثیر کمپوست پسماند شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه

پژوهش های انجام شده در مورد اثرات کمپوست پسماند شهری بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک نشان داده که مصرف کمپوست به خاک باعث افزایش ماده آلی خاک و جذب بهتر عناصر غذایی (کم مصرف و پر مصرف) توسط گیاه و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می شود، همچنین این تحقیقات اثرات مثبت افزایش ماده آلی و سطوح عناصر غذایی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک را در افزودن کمپوست روی عملکرد گیاهان مختلف نشان داده است (19). طبق بررسی های انجام شده کمپوست دارای بیش از 1/5 درصد نیتروژن است که می تواند منبع خوبی برای استفاده گیاهان باشد. همچنین کمپوست می تواند بخشی از نیاز گیاه به فسفر را تأمین کند (110). مصرف

کود کمپوست می تواند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد و موجب کاهش فرسایش و بالا بردن استقرار و ماندگاری گیاه در اثر تأمین عناصر غذایی در خاک و همچنین بهبود بخشیدن به فعالیت میکروبی خاک گردد (58). کمپوست دارای تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می باشد و از بروز کمبود عناصر در خاک جلوگیری، از نفوذ آب و رسوب عناصر موجود در لایه رویی به عمق زمین هایی که بافت شنی دارند ممانعت می نماید و مهمتر اینکه عناصر متشکله به مرور تجزیه و باعث تقویت خاک و تأمین نیاز طبیعی گیاه می شوند (52). استفاده از کمپوست نه تنها به سود کشاورزی، جنگل کاری، پارک ها و فضای سبز می باشد بلکه راه حلی برای دفع صحیح و استفاده بهداشتی از دورریزها و تبدیل مواد معدنی به چرخه خاک کشاورزی است (52). مطالعات انجام شده در دانشگاه صنعتی اصفهان نشان می دهد که مصرف لجن فاضلاب و کمپوست حاصل از پسماند شهری اثرات مثبتی در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک و افزایش محصولاتی چون ذرت، کاهو و اسفناج دارد. با این وجود افزایش جذب فلزات سنگین نیز در اثر مصرف بیش از حد این نوع کودها، در مزارع تحقیقاتی نیز مشاهده شده است (24، 2، 11 و 17). از این رو ضروری است بر حسب مقدار فلزات سنگین و هدایت الکتریکی این نوع کودها مقدار و توالی مصرف آنها بر اساس بافت خاک، محدود گردد. همچنین تأثیر مثبت مصرف کمپوست در خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل کاهش پ هاش و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی گزارش شده است (61).

جوانگ و شمس الدین (1994) مشاهده کردند که با مصرف کمپوست، پ هاش خاک به میزان 0/8 و 1/4 افزایش یافته است. مشابه چنین نتیجه ای در آزمایش ماینارد (1995) به دست آمده به طوری که افزودن کمپوست به میزان پنج تن در هکتار به مدت سه سال پ هاش خاک را از 5/8 به 6/4 افزایش داد. ماینارد (1995) در آزمایشی از 50 تن در ایکر کمپوست پسماند جامد شهری به مدت سه سال استفاده و مشاهده کرد که میزان مواد آلی خاک از 4/2 درصد به 8/1 درصد افزایش یافت. همچنین جوانگ و شمس الدین (1994) در آزمایش مزرعه ای با مصرف کمپوست نشان دادند

که میزان مواد آلی خاک به میزان 5/5 گرم در کیلوگرم خاک افزایش یافته است. در تحقیقی که به بررسی اثر کمپوست کود سبز بر گندم پرداخته بود نشان داده شد که کمپوست موجب افزایش جوانه زنی و افزایش ماده خشک تولیدی در مقایسه با تیمارهای بدون کمپوست شده است (94). در پژوهشی دیگر سه تیمار، کمپوست ناشی از بقایای کشاورزی، بدون کمپوست و کود شیمیایی که ارزش غذائی معادل کمپوست مصرفی داشته، در تناوب شش ساله گندم، ذرت و چغندرقند مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که تیمار کمپوست بهتر از بقیه تیمارها بوده است (60). نتایج تحقیقات دیگری نشان داد که کمپوست ناشی از لجن فاضلاب و کمپوست شهری می تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی عرضه شده به چمن باشند (119). در تحقیقی که در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد مشخص گردید که اضافه کردن کود کمپوست شهری به خاک باعث افزایش مقدار قابل جذب تعدادی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در خاک می گردد. افزون بر این مقدار جذب عناصر سدیم، پتاسیم، آهن، مس، منگنز و کبالت توسط گیاه کشت شده در این تحقیق (ذرت) در مقادیر بالا مصرف کود کمپوست نیز افزایش یافت (21). نکته مهم در مورد مصرف کمپوست پسماند شهری، احتمال وجود فلزات سنگین در آن و عرضه آن در خاک و محصولات کشاورزی است. در تحقیقی که در طی شش سال مصرف کمپوست در تناوب گندم، ذرت و چغندرقند انجام شد اعلام گردید که عنصر روی در دانه گندم و مس در چغندرقند افزایش یافته است. با این حال عناصری مانند کادمیم، کرم و نیکل هیچگونه افزایشی در محصول نشان ندادند (67). لذا بسیاری از محل هایی که نیاز به کشت یا فضای سبز دارند مثل کارخانجات و کنار جاده ها، جهت بهبود بخشی و قابل کشت شدن آنها از کمپوست استفاده شده است (58 و 122). کمپوست شهری باعث افزایش قابل توجه منیزیم، پتاسیم و فسفر قابل دسترس گیاه شده و نیز تغییرات سودمندی را در ترکیبات هومیک خاک و نسبت اسید هومیک به اسید فولویک موجب می گردد، همچنین باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد اشباع بازی خاک حتی تا یک سال بعد از

مصرف می گردد (131). ترکیب کمپوست و کود ازت، فسفر و پتاسیم بالاترین عملکردهای محصول را نشان داده و نیز باعث افزایش کربن آلی خاک، فسفر، آهن، منگنز، مس و پتاسیم قابل دسترس و پ هاش می گردند (126). کود کمپوست شهری باعث افزایش میزان عناصر غذایی مثل فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس می شود، همچنین باعث افزایش غلظت سرب در خاک مورد آزمایش می گردد (33). در پژوهشی مصرف کمپوست باعث افزایش عملکرد ماده خشک و دانه گیاه ذرت شد و نیز مقدار نیتروژن خاک، برگ و دانه ذرت و مقدار کربن آلی خاک را افزایش و وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش داد (43). در مطالعه ای کمپوست باعث بهبود حاصلخیزی خاک شد و نیز میزان روی و مس خاک را افزایش داد اما کاربرد مقادیر زیاد کمپوست مقدار آهن خاک را کاهش داد (68). رحیمی (1371) نشان داد که کاربرد کمپوست اصفهان سبب افزایش قابلیت استفاده عناصر روی و مس در مرحله اول و عناصر آهن و منگنز در مرحله دوم در خاک شده و غلظت عناصر مذکور در گیاه نیز افزایش یافت. وی معتقد است که کود کمپوست اصفهان منبع مناسبی برای تغذیه درختان و بعضی از گیاهان در خاک های آهکی می باشد.

ماینارد (1991) گزارش کرد که استفاده از کمپوست در چند منطقه زیر کشت انواع سبزیجات باعث افزایش عملکرد یا حداقل برابری آن نسبت به کاربرد کود ازت، فسفر و پتاسیم شده است. وی خاطر نشان می کند که حداکثر عملکرد از مصرف 25 تن کمپوست در هکتار و نصف مقدار کود ازت، فسفر و پتاسیم توصیه شده در هر منطقه بدست آمد. سوتومایور (1979) با انجام یک آزمایش صحرایی چهار ساله اعلام داشت که با مصرف کمپوست پسماند های شهری و کود نیتروژن در صورت یکسان بودن مقدار نیتروزن در هر دو منبع عملکرد بطور معنی داری در تیمارهای کمپوست بیشتر است. وی دلیل این امر را افزایش ماده آلی، فسفر و پتاسیم توسط کمپوست می داند. در تحقیقی دیگر افزایش سطوح کمپوست پسماند شهری باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی گیاه گندم گردید و همچنین باعث افزایش مقادیر فسفر، روی، آهن و مس شده است که اثر کمپوست در

افزایش جذب این عناصر به دلیل آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی موجود در آن و افزایش تحرک آن ها می باشد. همچنین ماده آلی شرایط مطلوبی برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم های اکسید کننده گوگرد فراهم نموده است (32).

ژلجازکو و وارمان (2004) نشان دادند که با افزایش مقادیر مصرف کمپوست، مقدار عناصر مس، روی و آهن قابل جذب خاک افزایش و منگنز تبادلی خاک کاهش می یابد. علت کاهش منگنز با مصرف کمپوست را می توان ناشی از افزایش فعالیت باکتری های اکسید کننده منگنز در خاک با افزایش مواد آلی دانست. زارعی و تاتارو (1366) در مقاله ای تحت عنوان "استفاده از کمپوست زباله های شهری در کشاورزی" به اثرات مثبت مواد آلی در خاک و تبدیل زباله های شهری به کود آلی از طریق کمپوست اشاره کرده اند. تاتارو (1367) نحوه تولید کمپوست از زباله های شهری و روستایی و کاربرد آن در کشاورزی را مورد بررسی قرار داده و فرآیند هوازی کمپوست، کیفیت کمپوست حاصل از زباله های شهری و کود ازته را بر روی میزان عملکرد گندم و ذرت مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق چهار سطح کمپوست شامل صفر، 20، 40 و 60 تن در هکتار و سه سطح ازت شامل صفر، 45 و 90 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار مورد بررسی قرار گرفت و بهترین تیمار برای ذرت مصرف 60 تن کمپوست در هکتار با اختلاف عملکرد 8/11 تن نسبت به تیمار شاهد و در مورد گندم بهترین تیمار مصرف 40 تن کمپوست به همراه 45 کیلوگرم ازت خالص در هکتار بدست آمده است.

2-4- اهمیت گوگرد و اکسایش آن در خاک و گیاه

تولید محصول در خاک های آهکی، همواره با مشکلات متعددی همراه است که بخش اصلی این مشکلات به غلظت زیاد یون کلسیم (Ca) و بالا بودن پ هاش خاک مربوط می گردد. به دلیل وابستگی قابلیت جذب فسفر و برخی عناصر غذایی کم مصرف به پ هاش، معمولا در چنین خاک هایی این عناصر تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می شود (4 و69). گوگرد عنصری، پس از اکسایش در خاک می تواند علاوه بر نقش تغذیه ای مستقیم، به دلیل تولید اسیدسولفوریک، باعث

کاهش پ هاش خاک گردد و بطور غیر مستقیم نیز بر افزایش جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی کم مصرف مؤثر واقع شود. امروزه گوگرد متداولترین و اقتصادی ترین ماده ای است که برای اسیدی کردن خاک به کار می رود (22). گوگرد یکی از عناصر میان مصرف است که غلظت آن در گیاه تقریبا به اندازه فسفر می باشد. جذب این عنصر توسط گیاه به صورت یون سولفات انجام می گیرد. به طور کلی گوگرد برای سنتز اسیدهای آمینه گوگرددار از قبیل سیستین (Systine)، سیستئین (Systeine) و متیونین (Methionine) و همچنین جهت فعال کردن آنزیم هایی همچون پروتئولیتیک (Proteolytic) و تشکیل کلروفیل لازم و ضروری است (50). گوگرد از لحاظ مقدار مورد نیاز گیاه در ردیف پنجم پس از عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم قرار می گیرد (31). گوگرد در خاک بیشتر به شکل آلی یافت می شود. ترکیب معدنی گوگرد در خاک عمدتاً بصورت سولفات بوده که به سهولت برای گیاه قابل استفاده می باشد. مقدار گوگرد در گیاه تقریباً برابر با فسفر (0/2 درصد) است (55). اکسیداسیون گوگرد در خاک عموماً توسط دو گروه از میکروارگانیسم ها اتفاق می افتد. گروه اول شامل انواع ناخودپرور های خاک بوده که از مواد آلی به عنوان سوبسترای کربن برای تأمین انرژی و کربن مورد نیاز خود استفاده کرده و به عنوان یک واکنش ضمنی گوگرد را نیز اکسید می کنند (121). واکنش اکسیداسیون گوگرد توسط هتروتروف ها به صورت زیر می باشد (128).

$$a_2S_2O_3 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2Na_2S_4O_6 + 4NaOH4N$$

اکسیدکننده های ناخودپرور گوکرد از نظر جمعیتی، اکسیدکننده های غالب خاک می باشند. میکروارگانسیم های ناخودپرور خاکزی متنوعی قادر به اکسایش گوگرد می باشند. این میکروارگانیسم ها می توانند شامل انوع قارچ ها، مخمرها، باکتری ها و اکتینومیست ها باشند. گروه دوم شامل انواع خودپرور های خاک بوده که انرژی مورد نیاز خود را از اکسیداسیون گوگرد تامین می کنند (117). باکتری های جنس تیوباسیلوس از مهم ترین انواع خودپرور های اکسید کننده گوگرد در خاک می باشند که به انواع اجباری، اختیاری و میکسوتروف تقسیم می شوند. اگر چه قدرت اکسیداسیون

باکتری تیوباسیلوس شیمی کانی پرور اجباری بسیار بیشتر از یک میکروارگانیسم خاکزی ناخودپرور می باشد ولی چون انواع ناخودپرور ها از جمعیت بسیار بیشتری در خاک برخوردار می باشند؛ در حالت طبیعی بخش عمده ای از اکسیداسیون گوگرد در خاک متعلق به این گروه می باشد. تعداد باکتری های جنس تیوباسیلوس در بسیاری از خاکهای زراعی کم بوده و در حد صد سلول در هر گرم خاک خشک می باشد (6). حتی در بسیاری از موارد جمعیت باکتریهای تیوباسیلوس خودپرور در خاک صفر گزارش شده است (117 و 128). برای افزایش تعداد خودپرور های اکسید کننده کود بالاخص باکتری های جنس تیوباسیلوس دو راه عمده وجود دارد:

1- تلقیح خاک با انواع کودهای بیولوژیک گوگرددار
2- استفاده مداوم از گوگرد در خاک های زراعی

گرچه تیوباسیلوس ها به عنوان عمده ترین اکسید کننده های اجباری شناخته شده اند (6 و 86)، ولی فعالیت آنها به عنوان اکسید کننده گوگرد وابسته به وجود مواد آلی به عنوان منبع تأمین انرژی برای این باکتری هاست که در صورت فقیر بودن خاک ها از نظر مواد آلی، امکان استفاده از گوگرد که یکی از تولیدات عمده پالایشگاه ها به عنوان مواد زاید می باشد به صورت یک کود و عامل اصلاح کننده نیز غیر ممکن خواهد بود. شاید عدم توفیق کشور در مصرف گوگرد در سال های قبل، در تولید صنعتی مایه تلقیح تیوباسیلوس نیز ناشی از کمبود مواد آلی در خاک باشد که امکان مصرف آن را به عنوان اصلاح کننده خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک، غیر ممکن ساخته است. حداقل به سه دلیل نیاز به مصرف گوکرد وجود دارد. کاربرد کمتر مقادیر کودهای سولفاتی، کاهش آلودگی ناشی از اکسیدهای گوگرد در هوا که منجر به کاهش گوگرد در نزولات جوی می گردد و استفاده از گیاهان با عملکرد بیشتر که عناصر غذایی بیشتری را از خاک برداشت می نمایند (98). از طرفی پ هاش خاک از جمله عواملی است که سایر خصوصیات خاک را تحت تأثیر قرار می دهد که حلالیت عناصر معدنی به مقدار زیادی به پ هاش خاک بستگی دارد. همچنین پ هاش خاک از

طریق فعالیت میکروارگانیسم های خاک بر رشد گیاه نیز تأثیر می گذارد. مطالعات برخی از پژوهشگران مؤید این نکته است که همبستگی منفی بالایی بین پ هاش خاک با مقدار گوگرد مصرفی وجود دارد (108). بطوری که کاربرد گوگرد موجب کاهش پ هاش خاک بخصوص در خاک های آهکی گردیده است. همچنین گوگرد عنصری و اسیدسولفوریک می توانند در اصلاح اراضی شور، بخصوص جایی که بیکربنات سدیم وجود دارد مؤثر باشند. اکسیداسیون زیستی سولفور که منجر به تولید اسید سولفوریک می گردد نه تنها مقادیر اثرات مضر بیکربنات سدیم را تا حدودی کاهش می دهد بلکه قلیائیت خاک را نیز کم می نماید که کاهش قلیائیت خاک منجر به افزایش حلالیت عناصر کم مصرف در خاک در نتیجه جذب آنها توسط گیاه می گردد.

2-5- تأثیر گوگرد بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه

اراضی کشور به دلیل آهکی بودن (پ هاش بالای 7/5) نیاز مبرم به مصرف گوگرد برای اصلاح خاک و افزایش حاصلخیزی دارند. علی رغم تولید بیش از یک میلیون تن گوگرد در پالایشگاهای کشور، در گذشته به دلیل فله ای بودن آن به صورت پودر و کلوخه، از این ماده بسیار مفید کمتر استفاده شده است. تولید گوگرد به شکل های گوگرد آلی گرانوله و بیوگوگرد آلی گرانوله راه را برای مصرف در سطح وسیع در باغ ها و مزارع کشور هموار نموده است (42). گوگرد اضافه شده به خاک های آهکی و قلیایی در شرایط مناسب از نظر رطوبت، دما، وجود مواد آلی کافی و وجود میکروارگانیسم های فعال اکسید کننده گوگرد اکسید می شود و در نهایت در خاک به اسید سولفوریک تبدیل شده و پ هاش خاک را کاهش می دهد. بدین ترتیب حلالیت بسیاری از عناصر و جذب آنها توسط گیاه با سهولت و سرعت بیشتری انجام می شود (55). اثر گوگرد در اصلاح پ هاش خاک های آهکی بسیار مفید بوده و با مصرف سالیانه 2-1 کیلوگرم گوگرد پای درختان میوه به خصوص مرکبات در جهرم و در باغ سیب 60 هکتاری واقع در عباس آباد کرج به همراه کود حیوانی و تامین رطوبت کافی به مدت 5 سال، اسیدیته خاک پای درختان از 8/2 به 7/8 کاهش یافت (51). سینگ و چانجاری (1997) در آزمایشی مزرعه ای، تأثیر مصرف گوگرد را بر عملکرد و غلظت عناصر

غذایی در بادام زمینی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش نشان داد که گوگرد عنصری جذب تمامی عناصر غذایی اندازه گیری شده (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، منگنز و روی) را افزایش داده است. کومار و سینگ (1979) در آزمایش گلخانه ای، به بررسی اثر گوگرد بر جذب روی در 45 و 110 روز بعد از کشت سویا پرداختند و بیان داشتند که جذب روی در هر دو مرحله رشد با مصرف 40 و 80 میلی گرم گوگرد در کیلوگرم خاک افزایش یافت اما 120 میلی گرم گوگرد در کیلوگرم خاک، موجب کاهش جذب روی گردید. کلباسی و همکاران (1988) اثر گوگرد در جذب آهن، روی و منگنز را به وسیله سه گیاه ذرت، سورگوم و سویا در خاکی با 40 درصد آهک مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت و معنی دار گوگرد بر میزان جذب آهن، منگنز و روی نسبت به شاهد بود. در مورد گیاه ذرت، بهبود جذب عناصر غذایی در اثر کاربرد گوگرد تلقیح شده با باکتری های تیوباسیلوس، نسبت به گوگرد تلقیح نشده، گزارش شده است (4 و 8). افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر و آهن در نتیجه مصرف گوگرد، توسط محققان مختلف گزارش شده است که این افزایش را به دلیل اسیدسولفوریک حاصل از اکسایش گوگرد و تأثیر آن بر کاهش موضعی پ هاش خاک دانسته اند (1، 69، 80 و 109). تشدید این فرآیند در نتیجه استفاده از مایه تلقیح باکتری های اکسیدکننده گوگرد نیز در مورد گیاه ذرت به اثبات رسیده است (4 و 8). راتون (1995) طی آزمایش هایی نشان داد که مصرف گوگرد در محصولات مختلف باعث افزایش جذب عناصر ازت، فسفر و روی گردید. در شرایطی که گوگرد با کود حیوانی مخلوط و زیر خاک گردید همچنین از لحاظ آب آبیاری و ماده آلی خاک محدودیتی وجود نداشت، عملکرد محصول بیش از 10 درصد افزایش یافت (53). در بین مواد اسیدزا، کاربرد گوگرد به همراه باکتری های تیوباسیلوس یکی از روش های کاهش موضعی پ هاش می باشد. اسید سولفوریکی که از اکسیداسیون گوگرد توسط باکتری های اکسیدکننده گوگرد تولید می شود با خاک فسفات واکنش داده و تولید مواد محلول تری مانند دی و مونو کلسیم فسفات می کنند (122). در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد که گوگرد به عنوان ماده اسیدزا توانست با کاهش پ هاش خاک در اطراف ریشه ها و

افزایش جذب عناصر غذایی باعث بهبود رشد و عملکرد دو رقم سویا شد و همچنین بر اساس نتایج این تحقیق افزودن گوگرد، منجر به کاهش پ هاش خاک و افزایش هدایت الکتریکی خاک شد (3). نارولا و همکاران (1972) و روپلا و تورا (1973) نشان دادند که با مصرف توأم گوگرد و تیوباسیلوس پ هاش خاک قلیائی را می توان کاهش داد. بشارتی و همکاران (1379) نشان دادند که مصرف گوگرد همراه با تیوباسیلوس در جذب برخی از عناصر غذایی و رشد ذرت نسبت به مصرف گوگرد نه تنها تأثیر بیشتری داشته و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است. نتایج تحقیقات متعددی نشان داده است که اگر گوگرد و باکتری های تیوباسیلوس همراه با خاک فسفات و مواد آلی (بیوفسفات طلایی تولید داخل) مصرف شوند، علاوه بر کاهش پ هاش محیط موجب تأمین فسفر مورد نیاز گیاه نیز می گردد (103، 109، 100 و 56). کاهش بیشتر پ هاش خاک در اثر استفاده توأم از گوگرد و میکروارگانیسم های اکسید کننده این عنصر توسط محققان زیادی از جمله نارولا و همکاران (1972) و بشارتی و همکاران (1379) گزارش شده است.

میزان اثر گوگرد و سرعت تبدیل آن به اسید سولفوریک به مقدار رطوبت، جمعیت و قدرت اکسید کنندگی میکروارگانیسم های موجود در خاک و دما بستگی دارد. سرعت این واکنش کند است. گوگرد عنصری حداقل دو سال زمان لازم دارد تا کاملا به اسید سولفوریک تبدیل شود. در این واکنش در نهایت حلالیت آهن، روی و منگنز افزایش می یابد و زرد برگی کاهش می یابد (29).

کلباسی و همکاران (1988) مقدار 0 الی 400 کیلوگرم بر هکتار گوگرد، به زمینی که در آن ذرت، سورگوم و سویا کشت شده بود، اضافه کردند. کاربرد گوگرد باعث کاهش پ هاش و بی کربنات خاک گردید و غلظت آهن، منگنز و روی قابل عصاره گیری را در خاک افزایش داد. در مقادیر بیشتر کاربرد، مقدار جذب آهن و روی افزایش و جذب منگنز کاهش یافت. مدیهش و همکاران (1989) به منظور بررسی اثر گوگرد بر خصوصیات شیمیایی و قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک های آهکی، آزمایش گلخانه ای انجام دادند و به سه خاک آهکی که از نظر آهک، مقدار فسفر و عناصر کم مصرف

با یکدیگر تفاوت داشتند، مقادیر مختلف گوگرد اضافه کردند. نتایج نشان داد که در هر سه نوع خاک، پ هاش، نسبت به شاهد، به طور معنی داری کاهش یافته و مقدار سولفات آهن، مس، منگنز و فسفر قابل دسترس افزایش معنی دار داشت. کاپلان و ارمان (1998) درآزمایش گلخانه ای و مزرعه ای در خاک های آهکی پی بردند که مصرف گوگرد عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط سورگوم را افزایش داده است. حسن و السن (1966) با بررسی اثر مصرف گوگرد بر ذرت پی بردند که عملکرد ذرت 75 روز پس از مصرف گوگرد افزایش یافت و این افزایش عملکرد بعلت افزایش جذب آهن، روی، فسفر، منگنز و مس در مقایسه با شاهد بوده است. بسیاری از محققین گزارش کرده اند که مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن، باعث کاهش پ هاش، تامین سولفات مورد نیاز گیاهان و افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف در خاکهای آهکی و قلیایی می شود (63، 69 و 75). آتو و السن (1966) پی بردند که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک های تلقیح شده نسبت به خاک های تلقیح نشده 11 برابر بیشتر است. مک کریدی و کروس (1982) با تلقیح یک خاک بوسیله باکتری های تیوباسیلوس مشاهده کردند که میزان اکسایش گوگرد، کاهش پ هاش و مقدار سولفات تولید شده در خاک تلقیح شده، بیشتر از خاک بدون تلقیح است. بشارتی (1377)، اثر چهار نوع باکتری تیوباسیلوس (خودپرور اجباری، خودپرور اختیاری، مخلوط این دو و شاهد تلقیح نشده)، دو سطح گوگرد (صفر و نیم درصد) و سه تیمار کود فسفری (بدون فسفر، آپاتیت و کود سوپر فسفات تریپل) را بر روی جذب آهن و روی در گیاه ذرت و در شرایط گلخانه ای مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد، مصرف گوگرد 36/5 درصد و مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس 137/2 درصد مقدار آهن جذب شده توسط ذرت را در مقایسه با شاهد افزایش داد. همچنین مصرف گوگرد 56/8 درصد و مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس 59 درصد مقدار روی جذب شده را در مقایسه با شاهد کاهش داد.

تحقیقات متعدد نشان داده است که اضافه کردن گوگرد باعث افزایش جمعیت باکتری های جنس تیوباسیلوس در خاک شده است (59، 76 و 117) که این افزایش جمعیت، افزایش اکسیداسیون گوگرد در سال های آتی را نیز باعث می شود (89). کریمی نیا (1376) طی آزمایشی نشان داد که پ هاش خاک حاوی گوگرد با تلقیح باکتری های تیوباسیلوس در طی هفت هفته، برای خاک حاوی 4 درصد آهک به میزان 0/8 واحد و در طی 5 هفته، برای خاک با 0/12 آهک به میزان 0/76 واحد، کاهش یافت. بشارتی و همکاران (1379) طی یک آزمایش گلخانه ای شامل دو سطح فسفر (0 و 250 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل)، چهار سطح گوگرد گرانوله (200، 400، 600 و 1000 کیلوگرم در هکتار و چهار سطح مایه تلقیح (0، 0/01، 0/02 و 0/04 گوگرد مصرفی) که در 4 تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل انجام شد؛ نشان دادند که مصرف گوگرد به تنهایی نتوانست تأثیر معنی داری بر عملکرد ذرت و جذب فسفر و آهن توسط آن داشته باشد. این محققین عدم اکسایش گوگرد را که ناشی از جمعیت کم اکسید کننده های گوگرد در آن خاک بود به عنوان دلیل اصلی این موضوع عنوان کردند. این در حالی بود که عملکرد، مقدار آهن و روی جذب شده در تیمارهای تلقیح شده نسبت به تیمارهای بدون تلقیح به ترتیب حدود 12/5، 58 و 3/3 درصد افزایش یافت. همچنین آنها نشان دادند که تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف مقدار مایه تلقیح وجود نداشت. دلوکا و همکاران (1988) در آزمایشی که تأثیر مصرف گوگرد و باکتری های تیوباسیلوس را بر افزایش قابلیت جذب فسفر بررسی می کردند؛ نشان دادند که عملکرد ذرت در تیمار تلقیح باکتری های تیوباسیلوس و مصرف گوگرد، اختلاف معنی داری با تیمار سوپر فسفات تریپل نداشت. روپلا و تورا (1973) طی تحقیقاتی نشان دادند که استفاده از باکتری های تیوباسیلوس و گوگرد، پ هاش خاک های مورد آزمایش را به طور معنی داری کاهش داد. در این آزمایش که شامل چهار تیمار شاهد، گوگرد در سطوح 0/5، 0/1 و 1 درصد و با و بدون تلقیح تیوباسیلوس بود؛ نشان داد که 105 روز پس از تلقیح، پ هاش خاک در بهترین تیمار نسبت به شاهد 2/4 واحد کاهش یافت. همچنین سدیم تبادلی را نسبت به شاهد 51 درصد کاهش داد. در تحقیقاتی

که توسط قنی و همکاران (1994) انجام شد؛ تلقیح (تیوباسیلوس، خاک فسفات و گوگرد)، باعث افزایش حلالیت خاک فسفات گردید و بیشترین حلالیت از کاربرد تیمار (تیوباسیلوس، خاک فسفات، گوگرد و محلول غذایی) بدست آمد.

مهمترین عامل کنترل کننده اکسایش گوگرد در خاک، میزان و فعالیت بیوماس میکروبی می باشد (88). دلایل اصلی برای نسبت دادن نقش غالب اکسایش گوگرد به تیوباسیلوس ها عبارت است از: الف - این باکتری ها ترکیبات احیا شده گوگرد را اکسید می کنند و این مسیر تنها راه (و گاهی راه ترجیحی) کسب انرژی آنها است. ب - گرچه تعداد آنها در خاک کم است ولی با افزودن گوگرد تعداد آنها افزایش می یابد و این افزایش با ازدیاد تولید سولفات مطابقت دارد. ج – تلقیح خاک با تیوباسیلوس، باعث افزایش این موجودات و در نتیجه افزایش اکسایش گوگرد می شود (128). البته اکسایش گوگرد در خاک ممکن است به علت ظرفیت بافری بالای خاک های آهکی به آهستگی صورت گیرد. این امر حتی با افزودن 2/5 درصد گوگرد به خاک نیز مشهود بوده است (88). برخی مشاهدات نشان می دهد که افزودن ماده آلی به خاک، باعث افزایش اکسیداسیون گوگرد می شود (77). مواد آلی، کود دامی و کود سبز، باعث افزایش اکسیداسیون گوگرد می شود (86). وین رایت و همکاران (1986) نشان دادند که افزودن مواد آلی به خاک تیمار شده با گوگرد، باعث افزایش اکسیداسیون گوگرد و کاهش پ هاش خاک می شود. سیفوانتس و لیندمن (1993) تأثیر مصرف گوگرد عنصری همراه با مواد آلی را بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک های آهکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش نشان داد که در تیمارهای حاوی مواد آلی و گوگرد، شدت اکسیداسیون، بیشتر از تیمارهای حاوی گوگرد تنها بود. همچنین در این تیمارها، پ هاش حدود 0/24 واحد نسبت به تیمارهای حاوی گوگرد کمتر بود. افزایش اکسایش گوگرد و فعالیت میکروارگانیسم های اکسید کننده در اثر افزایش درجه حرارت نیز گزارش شده است (64 و 105).

در خاک های خنثی و قلیایی در صورت استفاده از گوگرد عنصری به همراه مواد آلی مناسب می توان با افزایش فعالیت میکروارگانسم های بومی اکسید کننده گوگرد، شامل گونه های خنثی دوست تیوباسیلوس که اغلب آنها شیمی کانی پرور اختیاری هستند و همچنین انواع ناخودپرور های اکسید کننده گوگرد، پ هاش خاک را بطور قابل ملاحظه ای کاهش داد (39). اکسید شدن ترکیبات معدنی گوگرد علاوه بر نوع میکروارگانیسم ها به میزان مخلوط شدن با خاک، تهویه خاک، اندازه ذرات گوگرد، میزان فعالیت میکروارگانیسم ها، شرایط محیطی (حرارت، رطوبت و پ هاش) و مدت زمان بستگی دارد (36). در بررسی به عمل آمده توسط درخشنده پور (1372) در اصفهان مشخص گردید که مصرف کود آلی کمپوست به همراه گوگرد به ترتیب 30 و 3 تن در هکتار سبب افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک از 9/9 به 16/8 قسمت در میلیون و کاهش اسیدیته خاک از 7/8 به 7/2 و کاهش میزان آهک خاک از 35 به 30 درصد و افزایش گچ از 87 به 93 میلی اکی والان در 100 گرم در خاک و همچنین افزایش هدایت الکتریکی خاک در پایان فصل زراعی در ذرت گردیده است. اثر اکسیداسیون گوگرد عنصری بر عناصر غذایی مانند آهن و منگنز دو جانبه است، نخست تقلیل پ هاش خاک که باعث پایین آمدن پتانسیل اکسیداسیون و احیاء خاک می گردد و این خود باعث تشدید در حلالیت گوگرد اکسید شده می شود دیگر اینکه الکترون های آزاد شده از اکسیداسیون گوگرد ممکن است موجب احیاء اکسیدهای آهن و منگنز گردند. گوگرد اکسید شده در خاک توانایی تولید اسید سولفوریک داشته که اسید حاصله با کلسیم موجود در خاک تولید سولفات کلسیم (یا گچ) می نماید (14). کیدر و همکاران (1988) گزارش کردند که مصرف یک گرم گوگرد به ازای هر کیلوگرم خاک آهکی حاوی 1/5 درصد آهک در مدت یک سال موجب 0/9 واحد کاهش پ هاش خاک شد، ولی همین میزان از سولفات آهن موفق به کاهش پ هاش خاک نگردید و مصرف 100 گرم در متر مربع از پودر گوگرد عنصری قابل حل در آب موجب کاهش پ هاش خاک از 7/8 به 6/2 در ظرف دو سال شد. در خاک های آهکی اضافه کردن گوگرد و یا ترکیبات آن می تواند تنها بطور موضعی مؤثر واقع شده و در نقاط کوچکی از خاک پ هاش را کاهش می دهد که در نتیجه عناصری

مانند فسفر و تعدادی از عناصر کم مصرف در آن نقاط کوچک به صورت قابل جذب برای گیاه در می آیند. اینکه گوگرد توانایی کاهش پ هاش کلی خاک را دارد در خاک هایی مقدور می باشد که درصد آهک ناچیز و در حدود 3-2 درصد باشد ولی وقتی میزان آهک زیاد باشد چنین چیزی صدق نمی کند. در عمل کاهش پ هاش می تواند طی سال های متمادی با اضافه شدن تدریجی گوگرد و ترکیبات آن در شرایط مناسب امکان پذیر باشد. در عمل اگر مقادیر خیلی زیاد گوگرد متناسب با آهک خاک های آهکی به خاک اضافه شود موجبات شوری و تشکیل گچ فعال در خاک و اختلال در جذب عناصر کم مصرف و همچنین نابودی ریز جانداران در اثر تصاعد گاز ناشی از آن می گردد (36).

افزایش غلظت عناصر ریز مغذی به واسطه مصرف گوگرد توسط برخی از محققین در گیاهان گزارش شده است (81، 98 و 108). عده ای از محققان (124 و 48) گزارش کردند که با مصرف سولفوریک اسید قابلیت هدایت الکتریکی خاک های مورد مطالعه آنها افزایش یافته است. همچنین کلباسی و همکاران (1988) نیز گزارش کردند که با مصرف گوگرد پ هاش خاک های مورد بررسی آنان کاهش یافته است. افزایش گوگرد عنصری به سه نوع کمپوست متفاوت برای کاهش پ هاش باعث افزایش قابل ملاحظه ای در جمعیت باکتری های خودپرور و افزایش مختصر در جمعیت باکتری های ناخودپرور به همراه اکسیداسیون گوگرد شده است اما اکتینومایست ها، قارچ ها و مخمرها با اضافه شدن گوگرد به کمپوست ها تحت تأثیر قرار نگرفتند (72).

در آزمایشی روی گیاه ذرت از مصرف توأم 200 کیلوگرم گوگرد و 10 تن کمپوست در هر هکتار بالاترین عملکرد بدست آمد که حدود 32 درصد بیش از شاهد بود و همچنین موجب بهبود غلظت آهن، منگنز، روی و مس در برگ ها و دانه ها شد (35). نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که اگر گوگرد به همراه مواد آلی و باکتری های تیوباسیلوس با روش صحیحی جایگذاری و رطوبت نیز در حد مطلوب باشد، می تواند تا حد 60 درصد عملکرد محصولات را افزایش دهد (54). تأثیر گوگرد عنصری

در کاهش پ هاش خاک های آهکی، قلیایی و اسیدی توسط بسیاری از محققـان گـزارش شـده اسـت (38، 8، 15، 92، 101، 105 و 117).

میزان و شدت اکسیداسیون به نوع میکروارگانیسم ها، مقدار و اندازه ذرات گوگرد، زمان، رطوبت، پ هاش و دمای خاک بستگی داشته ولی میزان کاهش پ هاش وابسته به ظرفیت بافری خاک ها است که تحت تأثیر درصد رس، ماده آلی و آهک می باشد (5). نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که در اثر مصرف گوگرد و با گذشت زمان، پ هاش کاهش و میزان کلسیم، منیزیم و هدایت الکتریکی افزایش می یابد که این روند وابسته به سطوح گوگرد می باشد، بطوری که در بالاترین سطح گوگرد بیشترین میزان کاهش پ هاش و بیشترین میزان افزایش کلسیم، منیزیم و هدایت الکتریکی مشاهده می شود (30). در یک بررسی گلخانه ای، تأثیر مقادیر مختلف گوگرد با و بدون تیوباسیلوس بر روی سویا در خاک های آهکی نشان داد که بالاترین مقدار جذب فسفر و آهن به ترتیب مربوط به تیمارهای 1000 و 500 کیلوگرم گوگرد با تیوباسیلوس می باشد (40). در بررسی مزرعه ای اثرات مصرف گوگرد و تیوباسیلوس بر روی کلزا نشان داد که بالاترین عملکرد مربوط به تیمار 300 کیلوگرم گوگرد با تیوباسیلوس می باشد (44). با کشت گیاهان در خاک های آهکی که معمولاً پ هاش بالایی دارند، جذب عناصر غذایی نظیر فسفر، آهن، روی، مس و منگنز توسط گیاه دچار اختلال شده و رشد گیاه محدود می شود. بنابراین این احتمال وجود دارد که با مصرف گوگرد در چنین خاک هایی بتوان این مشکل را کاهش داد (26). به منظور بررسی اثر گوگرد در جذب آهن، روی و منگنز بوسیله سه گیاه ذرت، سورگوم و سویا در یک خاک لوم رسی با 40 درصد آهک یک آزمایش مزرعه ای انجام دادند و مشاهده کردند که مصرف گوگرد نسبت به شاهد بطور معنی داری پ هاش و غلظت بی کربنات خاک را کاهش داده و میزان آهن، منگنز و روی قابل جذب گیاه را افزایش داد. همچنین مقدار آهن و روی جذب شده توسط گیاهان افزایش معنی داری را نشان داد و کلروز گیاهان برطرف گردید (81). در تحقیقی دیگر با افزایش مقدار گوگرد مصرفی، پ هاش خاک به طور معنی داری کاهش و شوری خاک، مقدار فسفر، آهن، روی و منگنز قابل جذب خاک افزایش یافتند (47). آهن

یکی از عناصری است که قابلیت جذب آن در خاک وابسته به پ هاش است، بطوری که با یک واحد افزایش در پ هاش خاک، فعالیت $Fe^{+۲}$ و $Fe^{+۳}$ به ترتیب 1000 و 100 برابر کاهش می یابد (90). رشد گیاه و تولید محصول در سطح مطلوب در اغلب خاک های آهکی با پ هاش بالا، همواره با مشکلاتی روبرو بوده است. بخش مهمی از این مشکلات ناشی از غلظت زیاد یون کلسیم و پ هاش بالای خاک است که باعث می شود بعضی از عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها به پ هاش وابسته است به صورت ترکیب های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاهان درآیند (69). بشارتی و صالح راستین (1379) در یک آزمایش گلخانه ای تأثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر مقدار آهن و روی جذب شده توسط ذرت را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس مقدار فسفر جذب شده توسط گیاه را افزایش داده ولی مقدار روی جذب شده در مقایسه با شاهد کاهش یافته است که این امر ممکن است به علت وجود اثرات آنتاگونیستی بین روی و فسفر می باشد. در تحقیقی دیگر در اثر تلقیح خاک با باکتری های تیوباسیلوس سرعت اکسایش گوگرد نسبت به شاهد تلقیح نشده به طور معنی داری افزایش پیدا کرد، همچنین میزان آهن و روی قابل جذب در خاک افزایش یافت (34). در یک بررسی مقادیر 0، 100، 200 و 400 کیلوگرم گوگرد در هکتار به خاک مزرعه اضافه و سورگوم ، سویا و ذرت کشت شدند. مصرف گوگرد در مقایسه با شاهد وزن خشک بخش هوایی هر سه گیاه و همچنین مقدار آهن و روی جذب شده توسط آنها را به طور معنی دار افزایش داد و یک روش مؤثر و ارزان برای رفع کلروز، افزایش جذب عناصر و عملکرد گیاه در خاک های آهکی معرفی گردید (81). اثرات مثبت گوگرد بر کاهش پ هاش خاک های آهکی، افزایش حلالیت عناصر کم مصرف و همچنین پر مصرف بویژه فسفر و نقش آن در اصلاح خاک های شور و سدیمی و خاصیت اصلاح کنندگی آب های نامناسب ثابت شده است (31). توسلی (1363) اکسیداسیون گوگرد در خاک را مورد بررسی قرار داد و به نقش گوگرد از نظر تغذیه ای و اثرات جنبی آن از طریق تغییر موضعی پ هاش خاک بر محلولیت عناصر غذایی بخصوص عناصر کم مصرف نظیر آهن، روی و منگنز و افزایش قابلیت جذب آنها برای گیاه پرداخت (14). در

تحقیقی دیگر مصرف گوگرد و کمپوست منجر به افزایش عملکرد گندم آبی شده و همچنین مقدار ازت کل خاک و فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس قابل استفاده از خاک نسبت به مقدار آن در خاک (قبل از کشت) افزایش نشان داد (46). در تحقیقی دیگر بررسی نتایج نشان داد که گوگرد عنصری علاوه بر اینکه یک عنصر غذایی پر مصرف بوده، دارای اثرات مثبت در کاهش جزئی پ هاش (0/4– 0/2) واحد و همچنین افزایش عناصر غذایی کم مصرف بویژه منگنز (حدود 25 درصد) قابل جذب در خاک نسبت به شاهد بوده است (9). در تحقیقی دیگر با افزایش سطوح گوگرد قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نیز افزایش یافته است ولی این افزایش چندان زیاد نیست (از 1/3 ds/m به 5 ds/m) به طوری که این هدایت الکتریکی از حد بحرانی شوری برای اغلب محصولات زراعی کمتر است و با افزایش سطوح گوگرد پ هاش خاک کاهش یافت و غلظت گوگرد سولفاتی در خاک و نیز غلظت و جذب گوگرد توسط گیاه افزایش یافت. همچنین اثر سطوح گوگرد موجب افزایش غلظت عناصر کم مصرف به جز آهن در خاک و گیاه شد. بطوری که کاهش غلظت آهن در خاک و گیاه و نیز افزایش قابل ملاحظه منگنز احتمالاً به دلیل تضادی است که بین آهن و منگنز وجود دارد (23).

فصل سوم

مواد و روشها

3-1- جمع آوری و آماده سازی نمونه های خاک

نمونه های خاک از محل اجرای طرح در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (طرق) با طول جغرافیایی 59/6 درجه شرقی و عرض جغرافیایی 36/2 درجه شمالی و با 177/4 میلی متر بارندگی سال زراعی و میانگین دمای سال زراعی 12/9 درجه سانتی گراد در سال جاری انتخاب شد. نمونه های خاک از عمق 30-0 سانتیمتری جمع آوری گردید و پس از هوا خشک شدن از الک 2 میلی متری عبور داده شد. رده بندی خاک مورد مطالعه به روش Soil Taxonomy به شرح زیر می باشد:

(Fine – loamy over sandy – Skeletal, mixed (calceareous) mesic, Xeric Torriortents)

3-2- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های نمونه برداری شده

در این مرحله برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های نمونه برداری شده از جمله پ هاش در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، درصد اشباع خاک، پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیم (84)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (106)، عناصر کم مصرف قابل استفاده (آهن، منگنز، مس و روی) به روش DTPA – TEA (91)، بافت به روش هیدرومتری (62)، درصد کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید، مقدار کربن آلی به روش والکی و بلک (129)، حد ظرفیت زراعی (113)، ازت به روش کجلدال (107) تعیین گردید. خصوصیات خاک قبل از انجام آزمایش در جدول 3-1 گزارش شده است.

3-3- آزمایش اول: خواباندن خاک (انکوباسیون)

3-3-1- آماده سازی نمونه ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل پنج سطح کود آلی کمپوست (0، 5، 10، 15 و 20 گرم در کیلوگرم خاک) و سه نوع کود آلی کمپوست (کمپوست پودری، کمپوست گرانوله گوگردی، کمپوست گرانوله گوگردی همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس) در شش زمان (به فاصله دو ماه) انجام شد. میزان مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس یک درصد وزنی بود. به این ترتیب تعداد 270 لیوان پلاستیکی در نظر گرفته شد. مقدار 500 گرم خاک خشک به هر لیوان (8 سانتی متر قطر و 8 سانتی متر ارتفاع) اختصاص داده شد.

3-3-2- تیمار نمونه های خاک و انکوباسیون

در این مرحله مقادیر 0، 5، 10، 15 و 20 گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب برابر مقادیر 0، 15، 30، 45 و 60 تن در هکتار از هر یک از کودهای آلی بر اساس تیمارهای موجود با خاک درون هر لیوان مخلوط شد. رطوبت لازم بر اساس اطلاعات به دست آمده در مورد حد ظرفیت زراعی (FC) بر نمونه های خاک اعمال شد. به منظور جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک، روی لیوان ها با کاغذ آلومینیمی پوشانده شد و بر روی آن منافذ ریزی برای تبادل هوا ایجاد گردید. بدین ترتیب رطوبت خاک لیوان ها در طی دوران انکوباسیون نزدیک به ظرفیت زراعی نگهداشته شدند. مدت زمان انکوباسیون خاک ده ماه در نظر گرفته شد و درجه حرارت محیط در این مدت 25 درجه سانتی گراد بود.

3-3-3- تجزیه نمونه ها

اولین تجزیه های آزمایشگاهی روی 45 تیمار آزمایشی مربوط به زمان صفر بلافاصله بعد از اعمال اولین آبیاری تیمارهای آزمایشی شروع شد. سپس بعد از گذشت هر 60 روز تیمارهای آزمایشی مربوط به آن زمان مورد تجزیه قرار گرفت. در هر مرحله زمانی 45 نمونه خاک آزمایشی هوا خشک شد و پارامترهای پ هاش در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، سولفات قابل استفاده خاک به روش رسوب سولفات کلسیم (71) و عناصر کم مصرف قابل استفاده خاک (آهن، منگنز، مس و روی) به روش DTPA- TEA (91) اندازه گیری گردید.

3-3-3-1- اندازه گیری pH

از نمونه های هوا خشک خاک که از الک 2 میلی متر عبور داده شده بودند با آب مقطر گل اشباع تهیه و پس از 24 ساعت پ هاش آنها به کمک دستگاه پ هاش متر اندازه گیری شد.

3-3-3-2 - اندازه گیری هدایت الکتریکی

با استفاده ازپمپ مکش و کاغذ صافی آلبت عصاره گل اشباع نمونه ها استخراج شد و هدایت الکتریکی عصاره های گل اشباع به کمک دستگاه هدایت سنج اندازه گیری گردید.

3-3-3-3- تعیین عناصر کم مصرف آهن، منگنز، مس و روی قابل جذب در خاک به روش DTPA- TEA

الف – محلول عصاره گیر

محلول عصاره گیری شامل 0/005 مول DTPA، 0/01 مول $Cacl_2$، 0/1 مول تری اتانول آمین (TEA) در لیتر است. برای تهیه یک لیتر از این محلول 1/967 گرم DTPA، 14/92 گرم تری اتانول

آمین و 1/47 گرم کلرید کلسیم در حدود 200 میلی لیتر آب مقطر حل شده و پ هاش آن با استفاده از اسیدکلریدریک در 7/3 تنظیم شد. سپس حجم محلول به یک لیتر رسانده شد.

ب – روش کار

مقدار 15 گرم خاک توزین شده به یک ارلن مایر منتقل گردید. 30 میلی لیتر از محلول عصاره گیر به آن افزوده شده به مدت 120 دقیقه با سرعت 180 دور در دقیقه به وسیله شیکر بهم زده شد. تعلیق حاصله بلافاصله توسط کاغذ صافی آلبت صاف شد. در عصاره بدست آمده میزان آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه اتمیک آبسربشن اسپکترومتری قرائت شد.

3-3-3-4- تعیین یون سولفات به روش رسوب سولفات کلسیم

الف – مواد شیمیایی مورد نیاز

- استن خالص
- محلول کلرورکلسیم تقریباً نرمال (مقدار 74 گرم کلرورکلسیم «$Cacl_{۲},۲H۲۰$» را توزین کرده و بعد از انحلال در بالن ژوژه یک لیتری به حجم رساندیم)

ب – روش کار

مقداری از عصاره خاک (با توجه به غلظت املاح محلول یا اختلاف آنیون ها از کاتیون های محلول در عصاره خاک) که شامل 0/05 تا 0/5 میلی اکی والان سولفات باشد را در داخل لوله سانتریفوژ پنجاه میلی لیتر ریخته و یک میلی لیتر از محلول کلرور کلسیم و 20 میلی لیتر استن به آن افزوده و کاملاً مخلوط کرده و به مدت 5 تا 10 دقیقه به حال خود گذاشته می شود سپس نمونه ها را در سانتریفوژ قرار داده و با هزار دور در دقیقه بمدت 5 دقیقه سانتریفوژ می شود. مایع روئی نمونه را با دقت طوری به بیرون تخلیه می شود که رسوب از لوله خارج نگردد و با پی پت ده میلی

لیتر استن را طوری به نمونه اضافه می شود که اطراف لوله از داخل کاملاً شسته شده، بعد از مخلوط نمودن و سانتریفوژ نمودن مجدد مایع روئی را به بیرون ریخته و نمونه را در آون در درجه حرارت 5 درجه سانتی گراد (درآون باز بود) قرار داده تا تمامی استن تبخیر شود سپس دقیقاً مقدار 40 میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه کرده وبهم زده شد تا کاملاً رسوب حل شود. هدایت الکتریکی شاهد و نمونه ها را با دستگاه کنداکتومتر قرائت کرده سپس با استفاده از منحنی استانداردها مقدار غلظت یون سولفات محاسبه شد.

ج – محاسبه

$$a = mes042 - /l \text{ /}(40^* d)$$

d = عدد بدست آمده از منحنی استاندارد برای نمونه

a = میلی لیتر عصاره انتخابی برای انجام آزمایش

3-4- آزمایش دوم

3-4-1- آماده سازی زمین

آزمایش مزرعه ای فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار شامل پنج سطح کود آلی کمپوست (0، 15، 30، 45 و 60 تن در هکتار) و سه نوع کود آلی کمپوست (کمپوست پودری، کمپوست گرانوله گوگردی و کمپوست گرانوله گوگردی به همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس) انجام شد. بدین ترتیب آزمایش در 45 کرت آزمایشی در زمینی به مساحت تقریبی 1000 متر مربع در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (طرق) اجرا شد. زمین با دیسک شخم زده شد و 45 کرت به مساحت 22/5 متر مربع (7/5 متر طول و 3 متر عرض) ایجاد شد. هر تیمار آزمایشی یا هر کرت دارای سه خط کاشت بود که هر خط کاشت دارای یک پشته به عرض 70

سانتی متر و یک جوی به عرض 30 سانتی متر بود. در هر کرت انتهای هر سه عدد جوی به هم وصل بود ولی کرت ها از هم جدا بودند. فاصله بین تکرارها 5 متر بود و مابین هر تکرار دو جوی بزرگ یکی برای آبیاری و دیگری برای خروج زه آب تعبیه شده بود.

3-4-2- اعمال تیمارهای کودی

کودهای محتوی پتاسیم و فسفر بر اساس آزمون خاک قبل از کشت به زمین داده شد. کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان 250 کیلوگرم در هکتار، کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان 200 کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. کود اوره به صورت سرک به میزان 50 کیلوگرم در هکتار یک بار قبل از کشت و دو مرحله دیگر 15 روز بعد از نشاء و 45 روز بعد از کشت همراه با آب آبیاری داده شد.

کودهای آلی کمپوست شامل کمپوست پودری، کمپوست گرانوله گوگردی و کمپوست گرانوله گوگردی به همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس به میزان 0، 15، 30، 45 و 60 تن در هکتار قبل از کشت به کرت های آزمایشی داده شد. میزان مصرف مایه تلقیح تیوباسیلوس یک درصد وزنی بود.

3-4-3- کاشت، داشت و برداشت گوجه فرنگی

در اردیبهشت ماه نشاء های گوجه فرنگی (Lycopersium esculentum) از رقم موبیل انتخاب و با فاصله 20 سانتی متر از یکدیگر کشت گردید. آبیاری به صورت نشتی داخل جوی ها انجام گرفت و هر هشت روز تکرار شد. بسته به رشد بوته ها هر دو ماه بعد از کشت پای بوته ها خاک داده شد. عملیات وجین نیز در چند نوبت انجام شد. در هر کرت یک خط از سه خط کاشت برای شمارش بوته در نظر گرفته شد. نمونه برداری برگ در اواسط تیرماه از برگ های بالغ روبروی میوه انجام گرفت و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز، گوگرد و بور در نمونه برگی

همراه با شاخص های رشد تعیین گردید. عملیات برداشت در ماه های مرداد و شهریور طی 4 نوبت انجام گرفت. تعداد میوه در هر چهار نوبت برداشت وزن شد و در کل برای هر تیمار آزمایشی جمع زده شد. در آخر از هر کرت آزمایشی یک نمونه برداری خاک در سه نقطه (پای بوته گوجه فرنگی) از عمق 30-0 سانتی متر انجام گرفت.

3-4-4- تجزیه نمونه های گیاه

در این مرحله از روش خاکستر کردن خشک نمونه های گیاه استفاده شد (130). بدین ترتیب برگ های گیاه را خشک کرده و در کوره با حرارت 500 دزجه سانتی گراد به مدت 4 ساعت خاکستر گردید. بعد خاکستر را در اسید کلرید ریک دو نرمال حل کرده و از کاغذ صافی فیلتر کردیم. محلول بدست آمده برای اندازه گیری عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) به روش جذب اتمی مورد استفاده قرار گرفت (37).

3-5- تجزیه کود کمپوست پسماند شهری

کود کمپوست پسماند شهری از کارخانه کود آلی مشهد تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شد و برای انجام تجزیه های اولیه آماده شد. پ هاش و هدایت الکتریکی در عصاره 2/5 :1 و به ترتیب توسط دستگاه پ هاش متر و هدایت سنج الکتریکی تعیین گردید. برای اندازه گیری مقدار کل عناصر در کمپوست از روش هضم در اسید نیتریک غلیظ و اسید کلریدریک استفاده شد (132). سپس عناصر کم مصرف توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شدند. برای تعیین پتاسیم از دستگاه فلایم فتومتر و فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. جهت اندازه گیری نیتروژن کمپوست از روش کجلدال (107) استفاده شد. مقدار کربن آلی به روش تیتراسیون با فرو سولفات آمونیم 0/5 نرمال (85) اندازه گیری شد. خصوصیات کمپوست حاصل از پسماند شهری مشهد مورد استفاده در جدول 2-3 گزارش شده است.

3-6- تجزیه آماری داده ها

نتایج بدست آمده از دو مرحله انکوباسیون و آزمایش مزرعه ای توسط نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین ها بوسیله آزمون آماری دانکن انجام شد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

جدول 3-1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Cu	*Zn*	*Mn*	*Fe*	*K*	*P*	*N*	*CLAY*	*SILT*	*SAND*	*O.C*	*T.N.V*	*EC ds/m*	*pH*	عمق	مشخصات
میلی‌گرم بر کیلوگرم						%									
1/46	1/62	/1012	2/12	197	11/2	/0650	19	52	29	0/44	19/0	3/32	7/7	0-30	

جدول 3-2- برخی خصوصیات کمپوست پسماند شهری مشهد مورد آزمایش

نوع کمپوست	افت در 400	*ASH*	*%C*	*N*	*P*	*K*	*Na*	*Ca*	*Mg*	*Fe*	*Mn*	*Zn*	*Cu*	*B*	*pH*	*EC* (در عصاره 1 به 2/5) *ds/m*
				درصد میلی‌گرم بر کیلوگرم												
کمپوست پودری	29	73	26	1/34	0/4	0/52	0/42	8/29	1/02	4796	199	549	277	43	7/8	13/16
کمپوست گرانوله گوگردی[1]	29	67	24	1/14	0/31	0/45	0/44	7/93	0/81	3336	164	252	174	38	7/00	14/19

[1]- کمپوست گرانوله گوگردی همان کمپوست پودری است، با این تفاوت که حاوی 10 تا 15 درصد گوگرد باشد.

فصل چهارم

نتایج و بحث

4-1- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات شیمیایی خاک

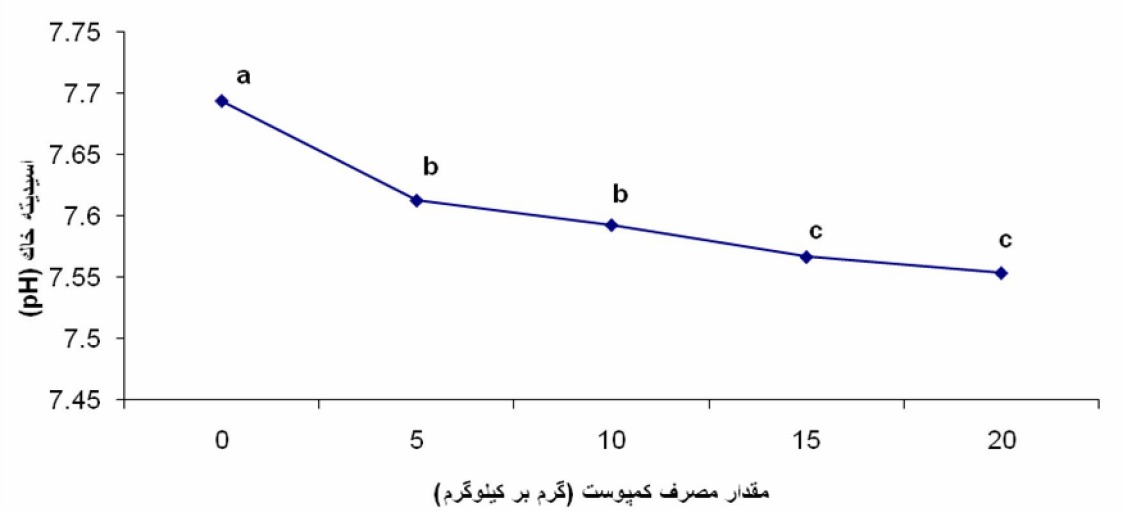
4-1-1- اسیدیته خاک (pH)

نتایج به دست آمده در جدول 4-1 نشان می دهد که تاثیر سه نوع کمپوست بر اسیدیته خاک در طول زمان معنی دار شده است. با توجه به نمودار های 4-1، 4-2 و 4-3 با گذشت زمان میزان پ هاش خاک به نسبت میزان کمپوست کاربردی کاهش پیدا کرده وسپس مجددا افزایش یافته است. پایین ترین میزان پ هاش خاک پس از 6 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد و مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست گرانوله گوگردی بود، در حالی که بالاترین میزان پ هاش پس از 10 ماه مشاهده گردید و مربوط به سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست پودری بود. بین کمپوست گرانوله گوگردی و گرانوله گوگردی با تیو باسیلوس اختلاف معنی دار مشاهده نشد. علت کاهش پ هاش احتمالا به دلیل تشکیل اسیدهای آلی ضمن تجزیه ماده آلی می باشد (57). افزون بر این معدنی شدن نیتروژن موجود در ماده آلی نیز اثر مثبتی بر کاهش اسیدیته خاک دارد (65). از طرفی افزودن ماده آلی (کمپوست) به گوگرد، باعث افزایش اکسیداسیون گوگرد و کاهش پ هاش خاک می شود (128). لیکن به مرور زمان به علت خاصیت بافری خاک پ هاش مجددا افزایش پیدا کرده است (49).

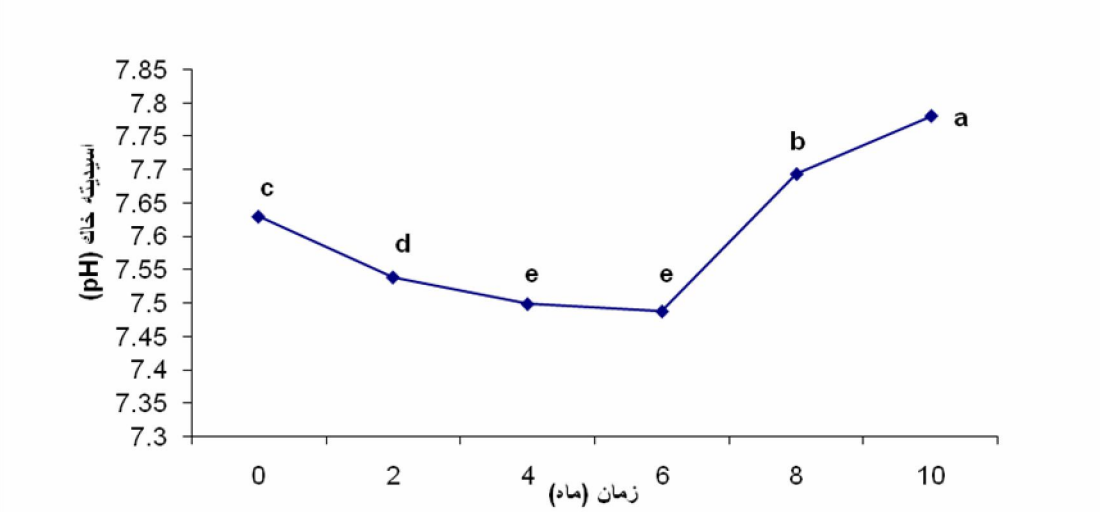
جدول 4-1- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر تغییرات PH خاک در مدت 10 ماه

نوع کمپوست	مقدار کمپوست g / Kg	زمان (ماه) 0	2	4	6	8	10	میانگین
پودری	0	7/74	7/63	7/6	7/53	7/76	7/9	7/69 a
	5	7/7	7/53	7/5	7/53	7/7	7/76	7/62bc
	10	7/64	7/56	7/5	7/5	7/76	7/83	7/63 b
	15	7/67	7/56	7/46	7/5	7/7	7/83	7/62 bc
	20	7/6	7/53	7/5	7/51	7/66	7/8	7/6 bcd
میانگین		7/66 d	7/56 ef	7/52 fg	7/51 g	7/72 bc	7/82 a	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	7/74	7/63	7/6	7/53	7/76	7/9	7/69 a
	5	7/67	7/53	7/5	7/5	7/7	7/7	7/6 bcd
	10	7/6	7/53	7/46	7/5	7/63	7/76	cde 7/58
	15	7/54	7/43	7/43	7/64	7/66	7/66	7/53 f
	20	7/54	7/43	7/43	7/43	7/6	7/73	7/52 f
میانگین		7/61 e	7/51 g	7/48 gh	7/48 gh	7/67 cd	7/75 b	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	7/74	7/63	7/6	7/53	7/76	7/9	7/69 a
	5	7/6	7/6	7/5	7/5	7/7	7/76	7/61 bc
	10	7/6	7/46	7/46	7/46	7/66	7/7	7/56 def
	15	7/6	7/5	7/43	7/4	7/63	7/7	7/54 ef
	20	7/5	7/46	7/43	7/4	7/66	7/73	7/53 f
میانگین		7/61 e	7/53 fg	7/48 gh	7/46 h	7/68 cd	7/76 b	
$LSD = 0.05883\,(p \le 0.05)$								

نمودار 4-1- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر pH خاک



نمودار 4-2- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر pH خاک



نمودار 4-3- تغییرات pH خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری

4-1-2- هدایت الکتریکی خاک

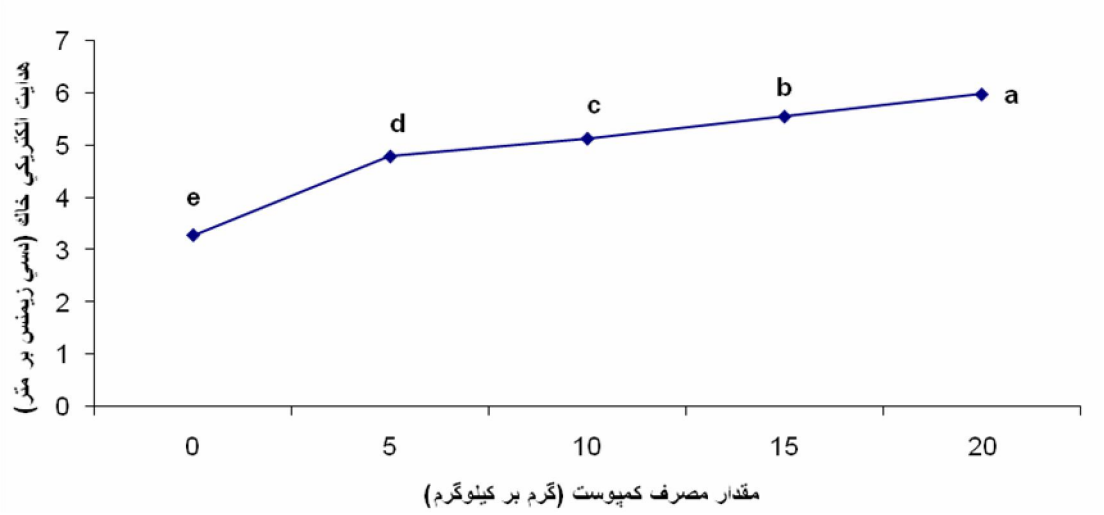
نتایج بدست آمده در جدول 4-2 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست بر هدایت الکتریکی خاک در طول زمان معنی دار شده است (P<0/05). با توجه به نمودارهای 4-4، 4-5 و 4-6 که در آنها تاثیر مقادیر سه نوع کمپوست بر هدایت الکتریکی خاک در طول زمان نشان داده شده است، به مرور زمان میزان هدایت الکتریکی خاک به نسبت میزان کمپوست کاربردی افزایش پیدا کرده و سپس مجددا کاهش یافته است. بالاترین میزان هدایت الکتریکی خاک که پس از 6 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست گرانوله گوگردی می باشد، درحالیکه پایین ترین میزان هدایت الکتریکی خاک مربوط به زمان صفر و سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست پودری می باشد. بین کمپوست پودری و گرانوله گوگردی با تیو باسیلوس اختلاف معنی داری مشاهده نشد. به نظر می رسد علت افزایش ابتدایی هدایت الکتریکی خاک به دلیل کاهش پ هاش و انحلال برخی رسوبات مثل آهک در خاک بوده است و کاهش بعدی آن به دلیل خنثی شدن پ هاش و رسوب مجدد این املاح می باشد (30). همچنین افزایش سطوح گوگرد باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک می شود (23، 30 و 47). مصرف کود آلی کمپوست به همراه گوگرد نیز باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک می گردد (20).

جدول 4-2- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری

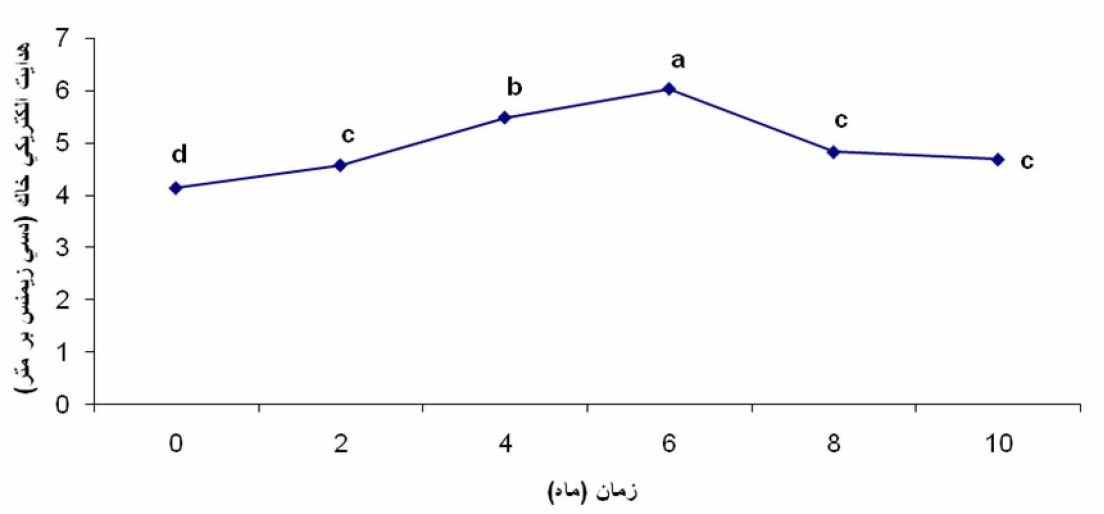
بر تغییرات هدایت الکتریکی خاک (*ds/m*) در مدت 10 ماه

نوع کمپوست	مقدار کمپوست g / Kg	زمان (ماه)						میانگین
		0	2	4	6	8	10	
پودری	0	2/67	3/2	4/19	4/53	2/6	2/46	3/27 g
	5	3/42	3/87	5/16	5/08	4/82	4/52	4/48 f
	10	4/29	4/37	5/02	5/61	3/67	3/93	4/48 f
	15	3/76	4/84	6/11	5/96	5/37	5/23	5/21 cde
	20	4/67	5/46	5/91	6/66	6/64	5/62	5/83 ab
میانگین		3/76 g	4/34 ef	5/28 bc	5/57 b	def 4/62	4/35 ef	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	2/67	3/2	4/19	4/53	2/6	2/46	3/27 g
	5	4/26	4/59	5/39	6/11	5/27	4/74	5/06 de
	10	4/47	5/08	5/81	6/43	5/54	5/848	5/52 bc
	15	4/94	5/46	6/04	6/9	5	5/66	5/67 ab
	20	5/36	5/53	6/47	7/36	6/09	5/37	6/03 a
میانگین		4/34 ef	cdef 4/77	5/58b	6/26 a	cd 4/90	cdef 4/81	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	2/67	3/2	4/19	4/53	2/6	2/46	3/27 g
	5	4	4/38	5/52	5/82	4/74	4/47	4/82 ef
	10	4/09	5/05	5/87	6/41	5/52	5/38	5/39 bcd
	15	5/21	5/46	5/68	4/11	5/43	5/81	5/78 ab
	20	5/5	4/81	6/53	7/27	6/27	6/14	6/09 a
میانگین		4/29 f	def 4/58	5/56 b	6/23 a	cd 4/91	cde 4/85	
$LSD = 0.5802\ (p \leq 0.05)$								

نمودار 4-4- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر هدایت الکتریکی خاک



نمودار 4-5- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر هدایت الکتریکی خاک



نمودار 4-6- تغییرات هدایت الکتریکی خاک در مدت 10 ماه تحت
تاثیر کود کمپوست پسماند شهری

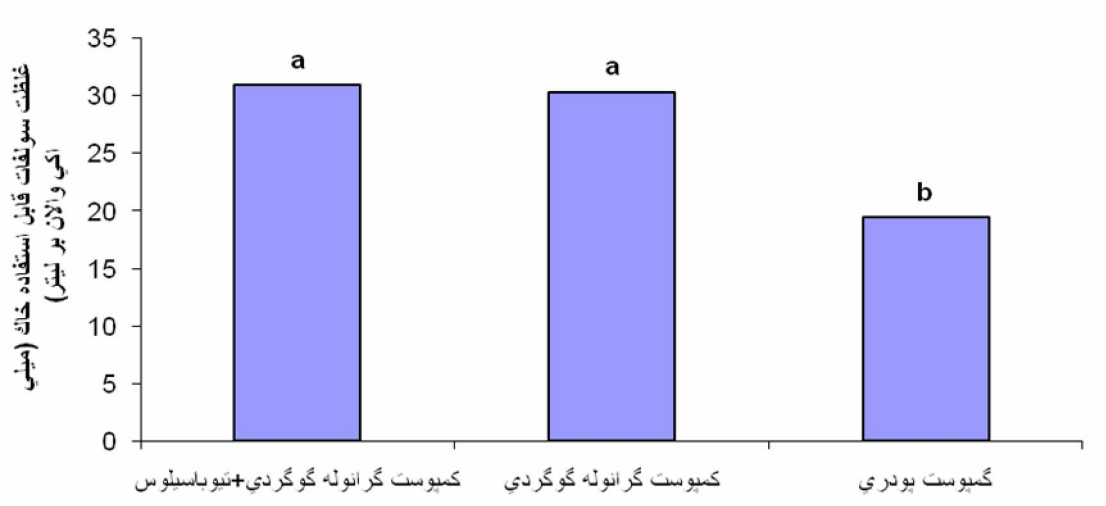
4-1-3- سولفات قابل استفاده خاک

نتایج بدست آمده در جدول 4-3 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست مورد استفاده بر سولفات محلول خاک در طول زمان معنی دار شده است (P<0/05) با توجه به نمودارهای 4-7، 4-8 و 4-9 که در آنها تاثیر مقادیر سه نوع کمپوست بر سولفات محلول خاک در طول زمان نشان داده شده است، با افزایش مصرف کمپوست در خاک میزان سولفات محلول خاک افزایش یافته است ولی با گذشت زمان سولفات محلول خاک کاهش یافته است. بالاترین میزان سولفات که پس از 4 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس می باشد، در حالیکه پایین ترین میزان سولفات پس از 2 ماه مشاهده گردید که مربوط به سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست گرانوله گوگردی می باشد. بین کمپوست پودری و گرانوله گوگردی با تیو باسیلوس اختلاف معنی دار مشاهده نشد. به نظر می رسد تغییرات سولفات محلول خاک به دلیل واکنش های انحلال و رسوب گوگرد به صورت سولفات در خاک باشد (27). همچنین در اثر اکسایش گوگرد در خاک اسید سولفوریک تولید می شود که با کربنات های کلسیم و منیزیم که در خاک های آهکی فراوان هستند واکنش داده و باعث تولید سولفات های کلسیم و منیزیم می شود (14). از طرفی میزان اکسیداسیون گوگرد و سرعت تبدیل آن به اسید سولفوریک در خاک های تلقیح شده نسبت به خاک های تلقیح نشده بیشتر گزارش شده است (59 و 96).

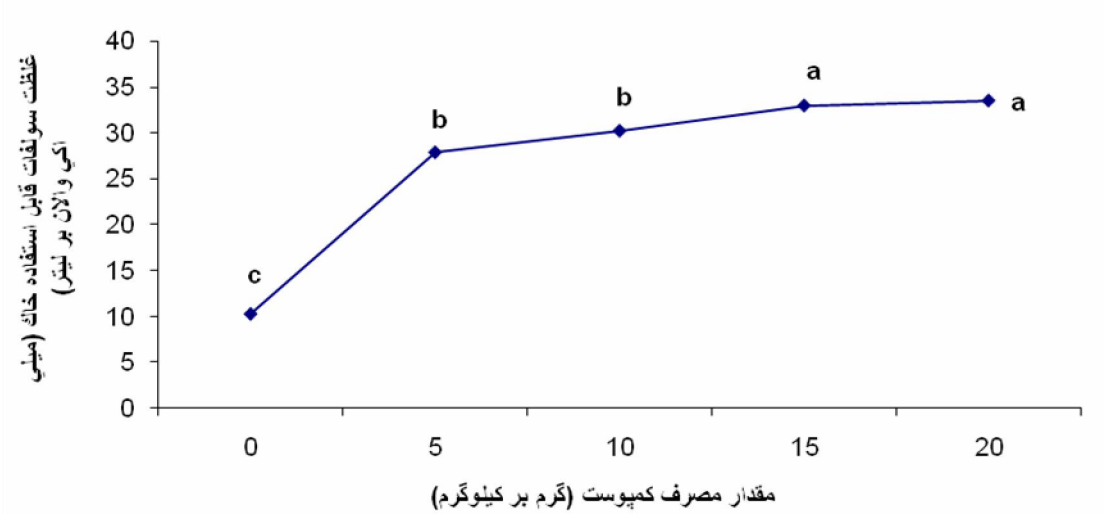
جدول 4-3- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری

بر تغییرات سولفات قابل استفاده خاک (میلی اکی والان بر لیتر) در مدت 10 ماه

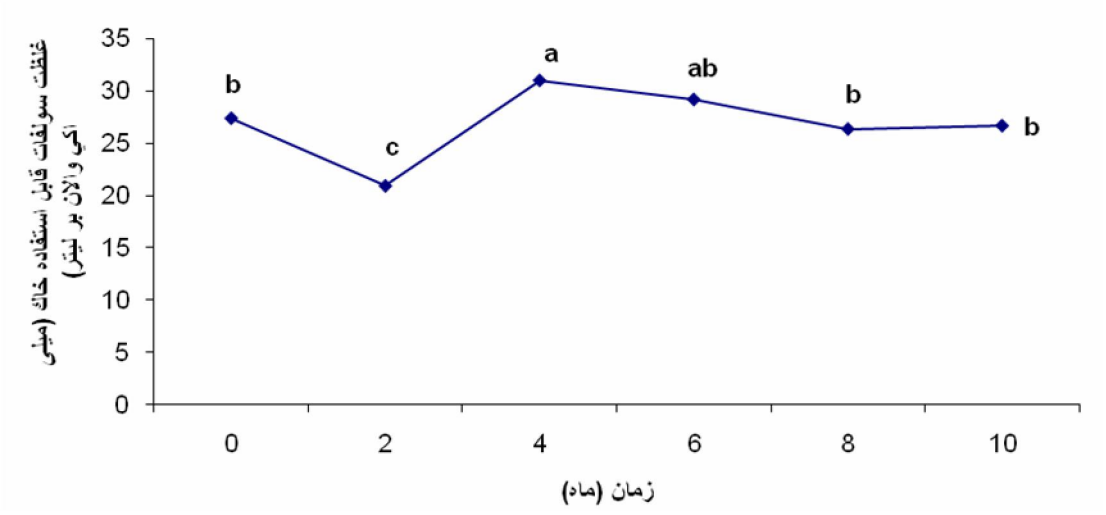
نوع کمپوست	مقدار کمپوست	زمان (ماه)						میانگین
	g / Kg	0	2	4	6	8	10	
پودری	0	10/26	10/66	15/66	13/16	7/06	4/63	10/24 g
	5	24/16	13	24/16	12	18/96	23/9	19/36 ef
	10	16/86	13/33	22/5	18/5	15/63	17/16	17/38 f
	15	21/63	16/83	29/66	26/33	23/3	25/6	23/89 de
	20	26/16	21/5	28/33	23/5	32/63	26/46	26/43 d
میانگین		19/82 fg	15/06 g	24/06 def	18/70 fg	19/58 fg	19/55 fg	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	10/26	10/66	15/66	13/16	7/06	4/63	10/24 g
	5	30/3	22/5	37	37/33	35	34/3	32/73 bc
	10	7/38	24/66	37/16	45/66	37/53	37/16	36/81 ab
	15	37/43	31/16	41/33	42/33	35/66	37/9	37/63 ab
	20	41/6	21/5	44	36/16	29/06	34/53	abc34/47
میانگین		31/66 ab	22/10 ef	35/03 a	34/93 a	bcd 28/86	29/70 abc	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	10/26	10/66	15/66	13/16	7/06	4/63	10/24 g
	5	28/3	26/33	38/33	28/33	33/3	33/96	31/42 c
	10	36/83	26	37/66	43/33	37/2	37/03	36/34 abc
	15	35/8	31/66	35/16	47/66	37/46	35/6	37/26 ab
	20	42/46	33/66	42/83	37/16	38/03	42/8	39/49 a
میانگین		30/73 abc	25/66 cde	33/93 ab	33/93 ab	30/66 abc	30/80 abc	
$LSD = 6.438\ (p \le 0.05)$								



نمودار 4-7- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر سولفات قابل استفاده خاک



نمودار 4-8- اثر مقادیر کود کمپوست شهری بر سولفات قابل استفاده خاک



نمودار 4-9- تغییرات سولفات قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهر

4-2- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراهمی عناصر کم مصرف در خاک

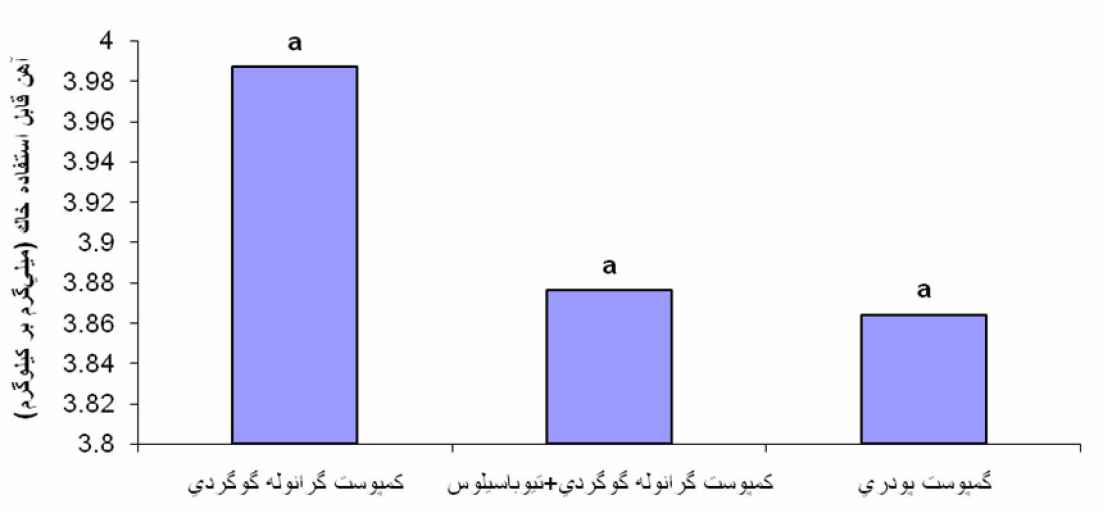
4-2-1- آهن

نتایج بدست آمده در جدول 4-4 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر آهن خاک معنی دار نشده است ولی اثر سطوح کودی و زمان معنی دار شده اند (P<0/05). با توجه به نمودارهای 4-10، 4-11 و 4-12 که در آنها تاثیر سه نوع کمپوست بر آهن خاک در طول زمان نشان داده شده است، با گذشت زمان میزان آهن خاک به نسبت میزان کمپوست کاربردی افزایش یافته است. بالاترین میزان آهن که پس از 8 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست گرانوله گوگردی می باشد، در حالی که پایین ترین میزان آهن مربوط به زمان صفر و سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست پودری می باشد. کود کمپوست شهری باعث افزایش مقدار قابل توجه عناصر کم مصرف از جمله آهن می شود (21 و 32). از طرف دیگر در اثر مصرف گوگرد و با گذشت زمان، پ هاش خاک کاهش یافته و قابلیت دسترسی برخی از عناصر غذایی از جمله آهن افزایش می یابد (92 و81).

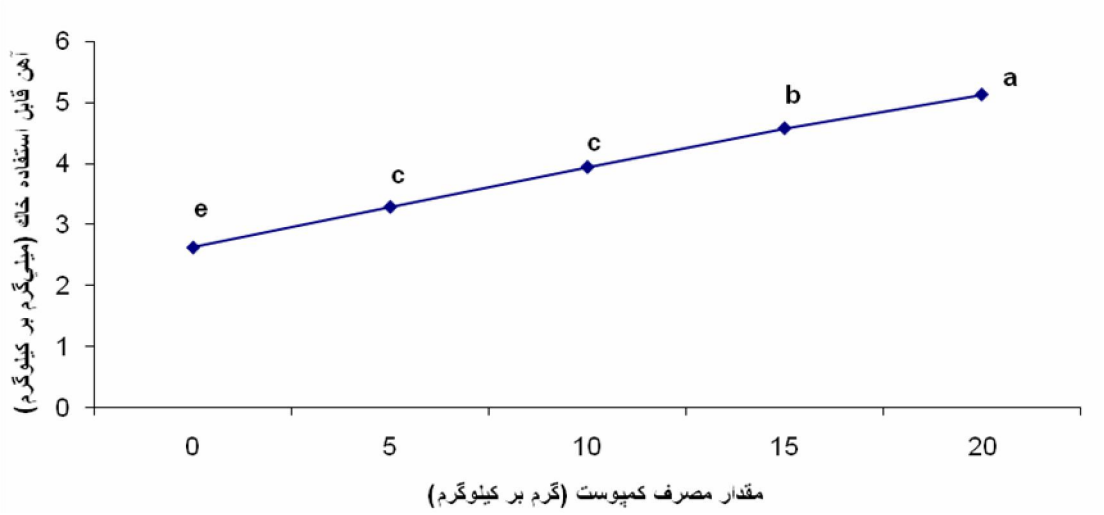
جدول 4-4- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری

بر تغییرات آهن خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) در مدت 10 ماه

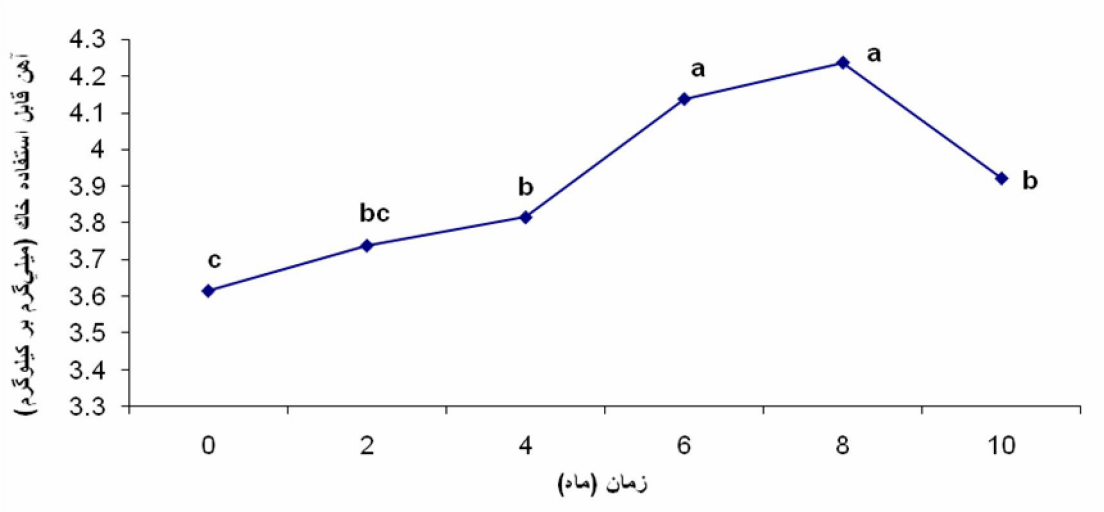
نوع کمپوست	مقدار کمپوست g / Kg	زمان (ماه)						میانگین
		0	2	4	6	8	10	
پودری	0	1/9	2/5	3	2/72	3/04	2/56	2/62 f
	5	3/42	3/11	3/4	3/57	3/42	3/3	3/37 e
	10	3/86	3/7	3/61	4/12	4/2	3/96	3/91 d
	15	4/42	4/14	4/18	4/61	4/76	4/72	4/47 c
	20	5/29	4/66	4/2	4/94	5/16	5/28	4/93 b
میانگین		3/78 def	3/62 ef	3/67 ef	bcde 3/99	abcd 4/13	3/96bcde	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	1/9	2/5	3	2/72	3/04	2/56	2/62 f
	5	2/98	2/95	2/98	3/46	3/68	3/22	3/21 e
	10	3/66	3/48	3/66	4/22	4/37	3/78	3/86 d
	15	3/88	4/86	5/18	5/05	5	4/77	4/79 b
	20	5/13	5/26	5/2	5/74	6/14	5/13	5/43 a
میانگین		3/51 f	cdef 3/81	4 bcde	4/24 ab	4/44 a	bcdef 3/89	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	1/9	2/5	3	2/72	3/04	2/56	2/62 f
	5	3	3/09	3/3	3/32	3/45	3/44	3/26 e
	10	3/97	3/77	4/04	4/25	4/22	4	4/04 d
	15	3/84	4/58	3/95	5/06	4/76	4/51	4/45 c
	20	5	4/92	4/48	5/46	5/22	4/96	5 a
میانگین		3/54 f	def 3/77	def 3/75	4/16abc	abcd 4/11	3/89bcdef	
$LSD = 0.4201 (p \leq 0.05)$								



نمودار 4-10- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر آهن قابل استفاده خاک



نمودار 4-11- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر آهن قابل استفاده خاک



نمودار 4-12- تغییرات آهن قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری

4-2-2- منگنز

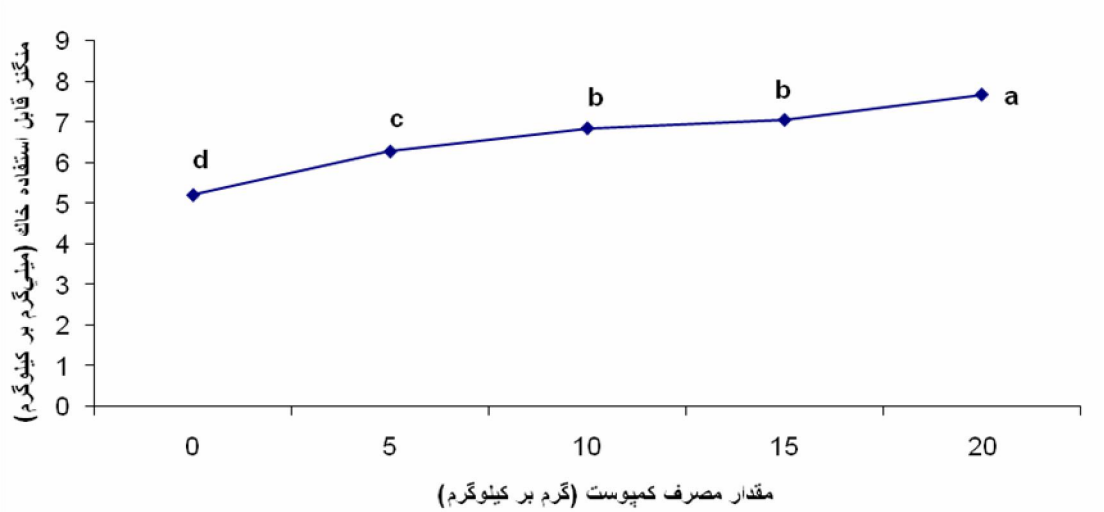
نتایج بدست آمده در جدول 4-5 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست مورد استفاده و اثر متقابل بین آنها بر منگنز خاک در طول زمان معنی دار شده است (P<0/05). با توجه به نمودارهای 4-13، 4-14 و 4-15 که در آنها تاثیر سه نوع کمپوست بر منگنز خاک در طول زمان نشان داده شده است، میزان منگنز خاک با افزایش مصرف کمپوست در خاک افزایش یافته است ولی در طول زمان میزان منگنز خاک ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. بالاترین میزان منگنز که پس از 10 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست گرانوله گوگردی می باشد، در حالی که پایین ترین میزان منگنز مربوط به ماه دوم و سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست پودری می باشد. به نظر می رسد کاهش ابتدایی منگنز خاک به دلیل واکنش های اکسیداسیون و احیاء منگنز در خاک باشد (27).از طرف دیگر در اثر مصرف گوگرد و با گذشت زمان، پ هاش خاک کاهش و قابلیت دسترسی برخی از عناصر غذایی از جمله منگنز افزایش می یابد (92 و81). کود کمپوست شهری باعث افزایش مقدار قابل توجه عناصر کم مصرف از جمله منگنز می شود (21 و 32). همچنین خاک مورد آزمایش از میزان منگنز بالایی برخوردار بوده است (12/10 میلی گرم در کیلوگرم).

جدول 4-5- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری

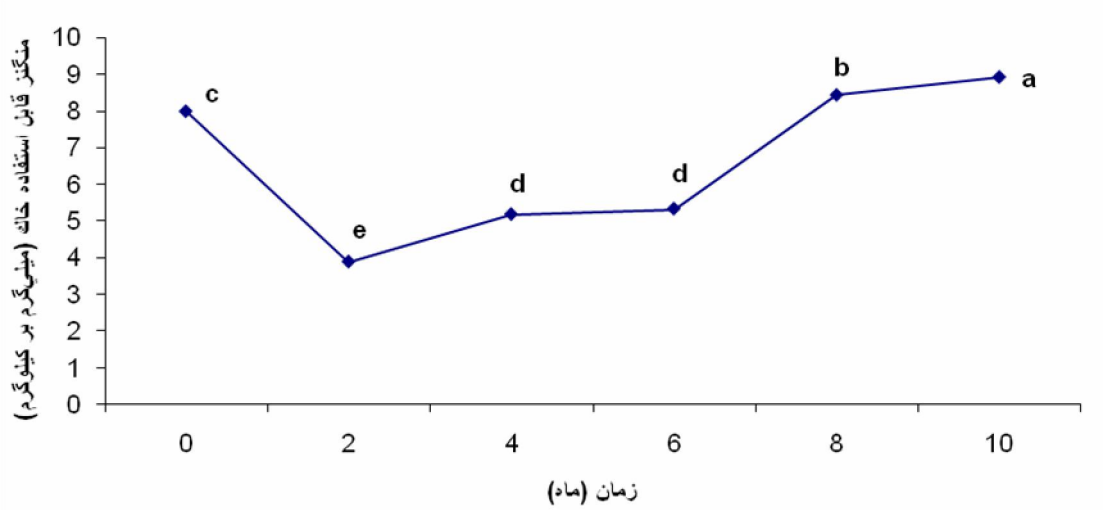
بر تغییرات منگنز خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) در مدت 10 ماه

نوع کمپوست	مقدار کمپوست g / Kg	زمان (ماه)						میانگین
		0	2	4	6	8	10	
پودری	0	4/67	2/86	3/87	4/23	7/67	7/96	5/21 f
	5	7/48	2/93	4/7	4/98	7/96	8/34	6/06 e
	10	7/22	3/39	4/93	4/72	8/44	8/98	6/28 e
	15	7/03	3/65	5/3	5/32	8/35	9/07	6/45 de
	20	8/72	4/12	5/55	5/41	8/36	9/27	6/90 cd
میانگین		7/02 e	3/39 I	4/87 g	4/93 g	8/15 d	abc 8/72	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	4/67	2/86	3/87	4/23	7/67	7/96	5/21 f
	5	8/02	3/78	4/68	5/03	8/24	8/42	6/39 e
	10	8/61	4/14	5/31	5/56	9/55	9/07	7/09 c
	15	9/5	4/79	6/47	6/53	9/09	9/7	7/68 b
	20	11/34	4/92	6/76	6/58	9/5	9/91	8/17 a
میانگین		8/43 bcd	4/10 h	5/42 fg	5/62 f	8/87 ab	9/01 a	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	4/67	2/86	3/87	4/23	7/67	7/96	5/21 f
	5	8/22	3/81	5/35	5/12	7/29	8/56	6/39 e
	10	9/58	4/28	5/84	5/46	8/64	9/25	7/17 c
	15	8/3	4/86	5/22	5/89	8/82	9/11	7/03 c
	20	11/66	4/91	5/88	6/37	8/82	10/12	7/96 ab
میانگین		abcd 8/49	4/14 h	5/23 fg	5/41 fg	8/25 cd	9 a	
$LSD = 0.6551 (p \leq 0.05)$								

نمودار 4-13- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر منگنز قابل استفاده خاک



نمودار 4-14- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر منگنز قابل استفاده خاک



نمودار 4- 15- تغییرات منگنز قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری

4-2-3- مس

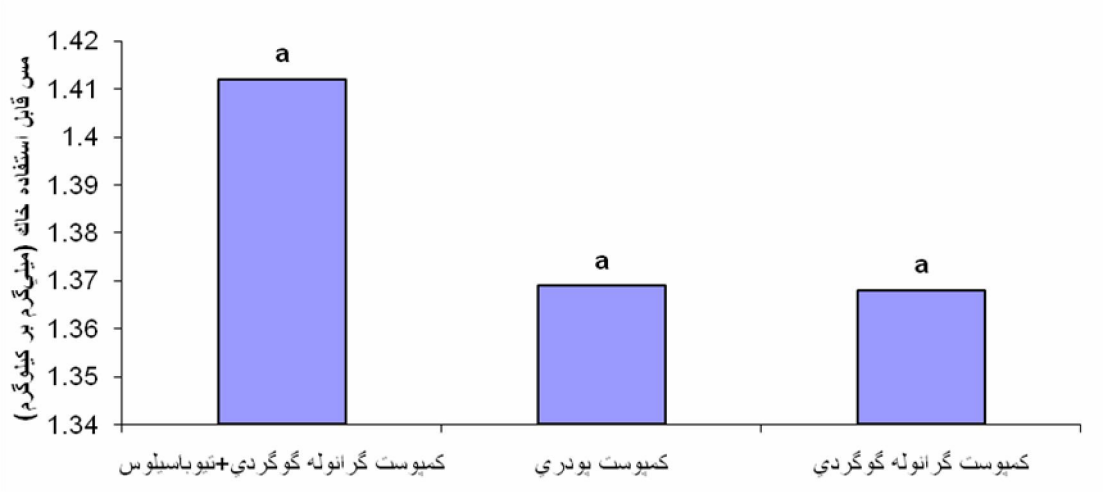
نتایج بدست آمده در جدول 4-6 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست مورد استفاده و اثر متقابل بین آنها بر مس خاک معنی دار نشده است ولی اثر سطوح کودی و زمان معنی دار شده اند (P<0/05). با توجه به نمودارهای 4-16، 4-17 و 4-18 که در آنها تاثیر سه نوع کمپوست بر مس خاک در طول زمان نشان داده شده است، با گذشت زمان میزان مس خاک به نسبت میزان کمپوست کاربردی افزایش یافته است. بالاترین میزان مس که پس از 10 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس می باشد، در حالیکه پایین ترین میزان مس مربوط به ماه دوم و سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست گرانوله گوگردی می باشد. کود کمپوست شهری باعث افزایش مقدار قابل توجه عناصر کم مصرف از جمله مس می شود (21 و 32). در اثر مصرف گوگرد و با گذشت زمان، پ هاش خاک کاهش و قابلیت دسترسی برخی از عناصر غذایی از جمله مس افزایش می یابد (92 و81). از طرف دیگر تلقیح خاک با باکتری های تیوباسیلوس منجر به افزایش سرعت اکسایش گوگرد شده و میزان عناصر کم مصرف قابل جذب در خاک افزایش می یابد (34).

جدول 4-6- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری

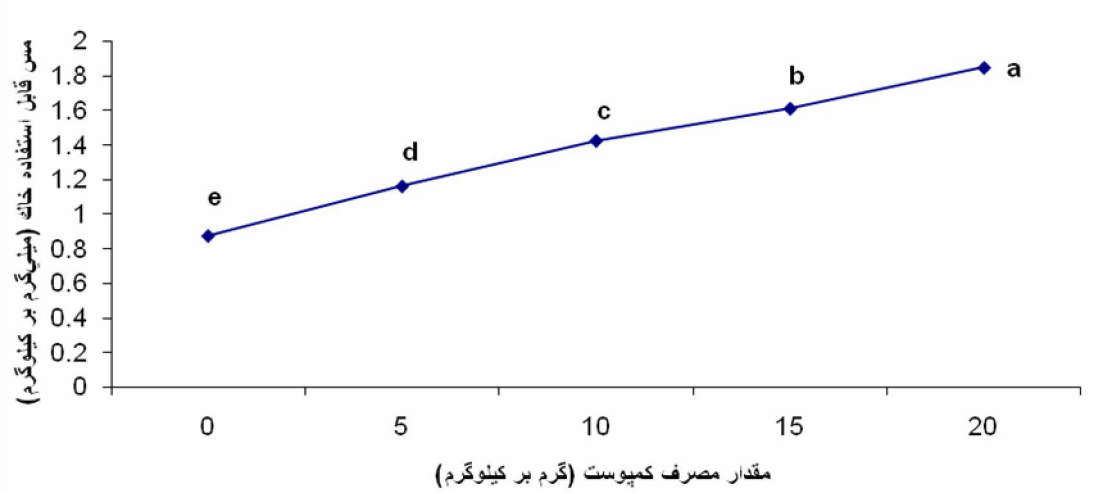
بر تغییرات مس خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) در مدت 10 ماه

نوع کمپوست	مقدار کمپوست g / Kg	زمان (ماه)						میانگین
		0	2	4	6	8	10	
پودری	0	0/84	0/72	0/92	0/85	0/8	1/08	0/87 f
	5	1/28	1/04	1/32	1/2	1/02	1/3	cde 1/19
	10	1/22	1/31	1/23	1/44	1/33	1/47	1/33 cd
	15	1/36	1/49	1/64	1/56	1/64	1/82	1/59 b
	20	1/64	1/62	1/63	1/87	1/91	2/4	1/84 a
میانگین		1/27 de	1/24 de	bcde 1/35	bcde 1/38	bcde 1/34	1/61 a	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	0/84	0/72	0/92	0/85	0/8	1/08	0/87 f
	5	1/12	0/95	1/12	1/18	1/05	1/17	1/10 e
	10	1/26	1/11	1/52	1/33	1/39	1/59	1/36 c
	15	1/31	1/46	1/96	1/6	1/64	1/84	1/63 b
	20	1/66	1/69	1/94	1/8	1/96	2/04	1/85 a
میانگین		1/24 de	1/18 e	abc 1/49	bcde 1/35	bcde 1/37	1/54 ab	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	0/84	0/72	0/92	0/85	0/8	1/08	0/87 f
	5	14/44	0/96	1/29	1/05	1/02	1/32	1/18 de
	10	1/57	1/2	1/48	2/21	1/38	1/52	1/56 b
	15	2/95	1/43	1/56	1/84	1/51	1/88	1/60 b
	20	1/6	1/83	1/79	2/1	1/75	1/93	1/83a
میانگین		1/36 bcde	1/23 de	abcd 1/41	1/61 a	cde 1/29	1/55 ab	

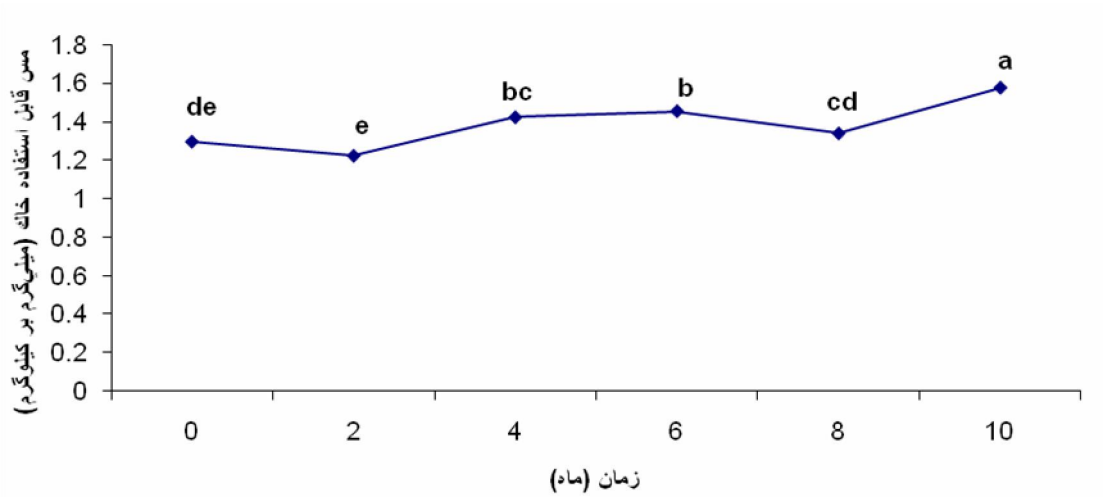
$LSD = 0.2372\ (p \leq 0.05)$



نمودار 4-16- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر مس قابل استفاده خاک



نمودار 4-17- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر مس قابل استفاده خاک



نمودار 4-18- تغییرات مس قابل استفاده خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری

4-2-4- روی

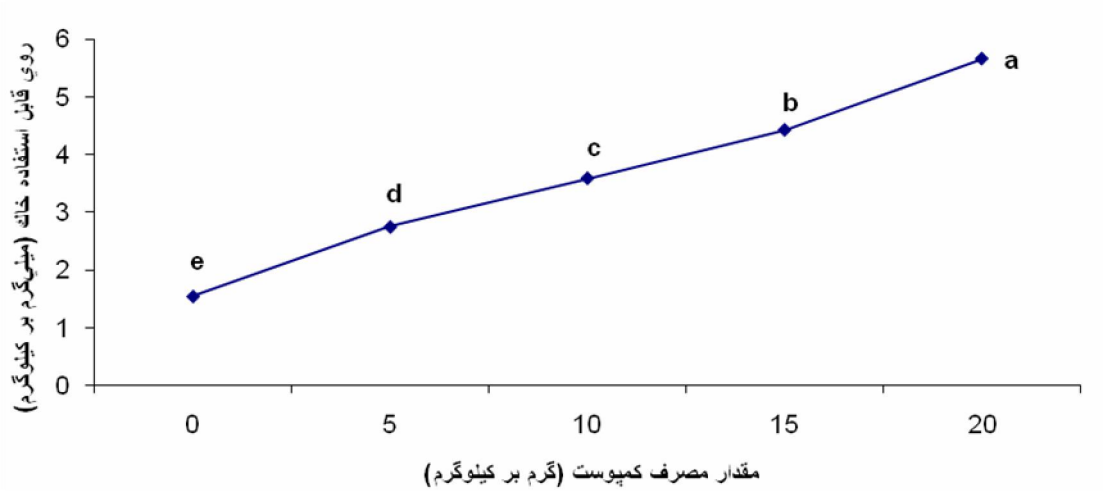
نتایج بدست آمده در جداول 4-19، 4-20 و 4-21 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست مورد استفاده و اثر متقابل بین آنها بر میزان روی خاک معنی دار نشده است ولی اثر سطوح کودی و زمان معنی دار شده اند (P<0/05). با توجه به نمودارهای 4-13 و 4-14 که در آنها تاثیر سه نوع کمپوست بر روی خاک در طول زمان نشان داده شده است، با افزایش مصرف کمپوست و با گذشت زمان میزان روی خاک افزایش یافته است. بالاترین میزان روی که پس از 10 ماه از شروع آزمایش مشاهده شد مربوط به سطح کودی 20 گرم در کیلوگرم و کمپوست پودری می باشد، در حالی که پایین ترین میزان روی مربوط به ماه ششم و سطح کودی صفر (شاهد) و کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس می باشد. کود کمپوست شهری باعث افزایش مقدار قابل توجه عناصر کم مصرف از جمله روی می شود (21 و 32). از طرف دیگر در اثر مصرف گوگرد و با گذشت زمان، پ هاش خاک کاهش و قابلیت دسترسی برخی از عناصر غذایی از جمله روی افزایش می یابد (92 و81).

جدول 4-7- اثر متقابل منابع و مقادیر کود کمپوست پسماند شهری

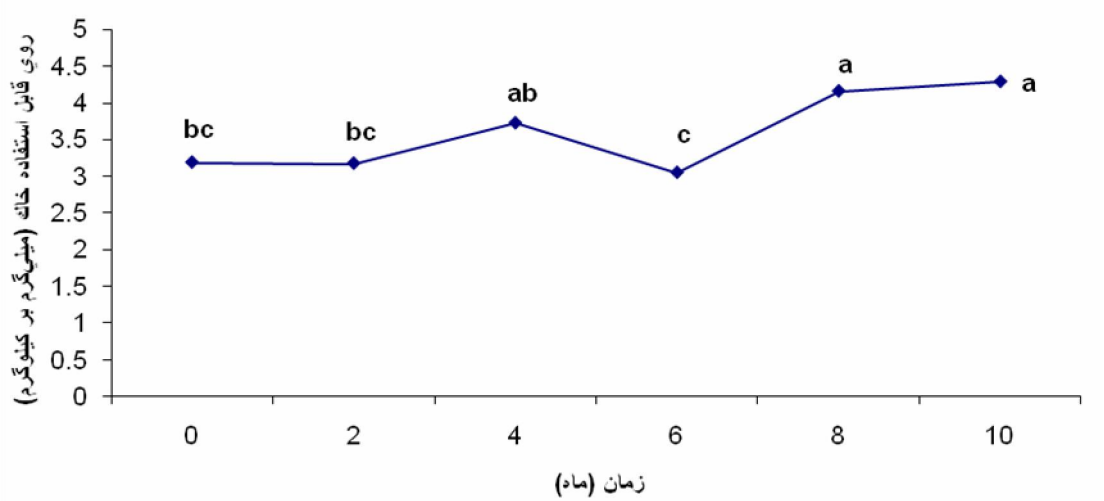
بر تغییرات روی خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) در مدت 10 ماه

نوع کمپوست	مقدار کمپوست g / Kg	زمان (ماه)						میانگین
		0	2	4	6	8	10	
پودری	0	1/43	1/32	1/74	1/24	1/56	1/64	1/49 h
	5	2/38	2/28	3/7	2/13	4/21	2/54	2/87 fg
	10	3/34	3/35	3/48	2/86	3/36	4/74	3/52 efg
	15	3/3	3/89	5/81	4/21	6/38	4/96	bcd 4/76
	20	5/12	6/96	4/44	4/64	6/88	8/78	6/14 a
میانگین		3/11 cd	abcd 3/56	abcd 3/83	3/01 d	4/48 ab	4/53 a	
میانگین								
گرانوله گوگردی	0	1/43	1/32	1/74	1/24	1/56	1/64	1/49 h
	5	2/91	1/82	2/14	2/86	3/54	1/75	2/50 gh
	10	2/74	2/59	4/53	2/92	5	5/24	3/84 def
	15	4/01	4/89	4/84	4/18	3/94	4/74	cde 4/43
	20	4/94	4/52	7/05	4/45	5/82	7/4	5/70 ab
میانگین		3/20 bcd	3/03 d	abcd 4/06	3/13 cd	abcd 3/97	abc 4/35	
میانگین								
گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	0	1/43	1/32	1/74	1/24	1/56	1/64	1/49 h
	5	2/3	2/26	3/04	2/04	4/3	3/22	2/86 fg
	10	3/37	2/7	2/95	2/88	4/16	4/39	3/41 efg
	15	4/39	3/8	2/28	4/1	4/22	3/75	cde 4/09
	20	4/66	4/5	4/32	4/66	5/88	6/87	abc 5/15
میانگین		3/23 bcd	2/92 d	abcd 3/26	2/98 d	abcd 4/02	abcd 3/97	
$LSD = 1.393\ (p \leq 0.05)$								

نمودار 4- 19- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر روی قابل استفاده خاک



نمودار 4- 20- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر روی قابل استفاده خاک



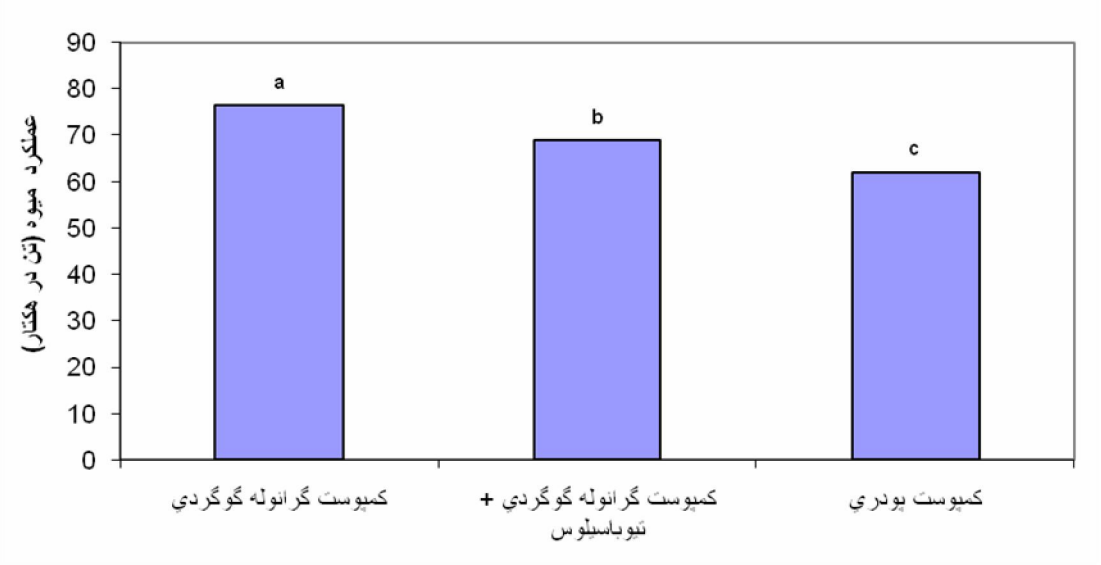
نمودار 4-21- تغییرات روی خاک در مدت 10 ماه تحت تاثیر کود کمپوست پسماند شهری

4-3- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد گیاه گوجه فرنگی

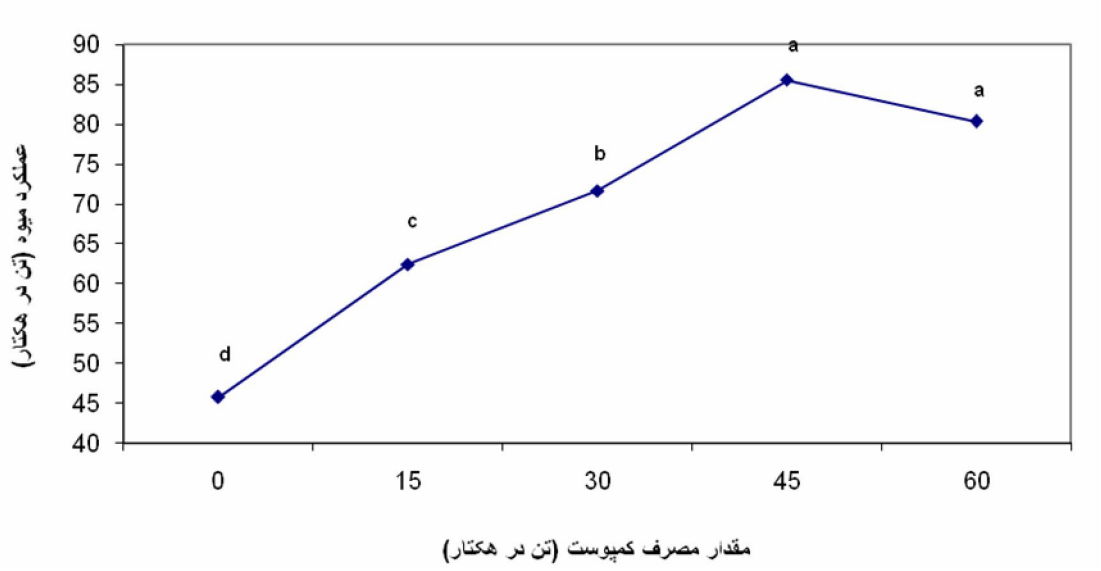
نتایج بدست آمده در جدول 4-8 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر عملکرد (وزن میوه) گوجه فرنگی معنی دار شده است ($P<0/05$). با توجه به نمودارهای 4-22 و 4-23 با افزایش مصرف کمپوست در خاک میزان عملکرد (وزن میوه) افزایش یافته است. بر این اساس بالاترین عملکرد گیاه از مصرف 45 تن در هکتار کمپوست و پایین ترین آن از تیمار شاهد بدست آمد. نکته دیگر این که بین دو سطح 45 و 60 تن در هکتار اختلاف معنی دار نبوده است. بالا ترین عملکرد مربوط به کود کمپوست گرانوله گوگردی و پایین ترین عملکرد مربوط به کود کمپوست پودری می باشد. افزایش عملکرد احتمالا به دلیل تاثیر مثبت عناصرغذایی کود کمپوست در افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم های خاک و در دسترس بودن عناصر غذایی بیشتر در خاک است (112). اثر کمپوست در افزایش عملکرد به دلیل آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی موجود در آن و افزایش تحرک آن ها می باشد، در ضمن ماده آلی شرایط مطلوبی برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم های اکسید کننده گوگرد فراهم نموده است (32).

جدول 4-8- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه فرنگی (تن در هکتار)

گیاه	کود کمپوست	میزان مصرف (تن در هکتار)					میانگین
		۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	
گوجه فرنگی	گرانوله گوگردی	۴۵/۸	۶۳/۷	۷۶/۸	۱۰۲/۱	۹۴/۳	۷۶/۵a
	گرانوله گوگردی+ تیوباسیلوس	۴۵/۸	۶۳/۷	۷۶/۰	۹۰/۲	۶۹/۱	۶۸/۹b
	پودری	۴۵/۸	۶۰/۲	۶۲/۲	۶۴/۷	۷۷/۷	۶۲/۱c
	میانگین	۴۵/۸d	۶۲/۵c	۷۱/۷b	۸۵/۶a	۸۰/۴a	



نمودار 4-22- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه فرنگی (تن در هکتار)



نمودار 4-23- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر عملکرد گوجه فرنگی (تن در هکتار)

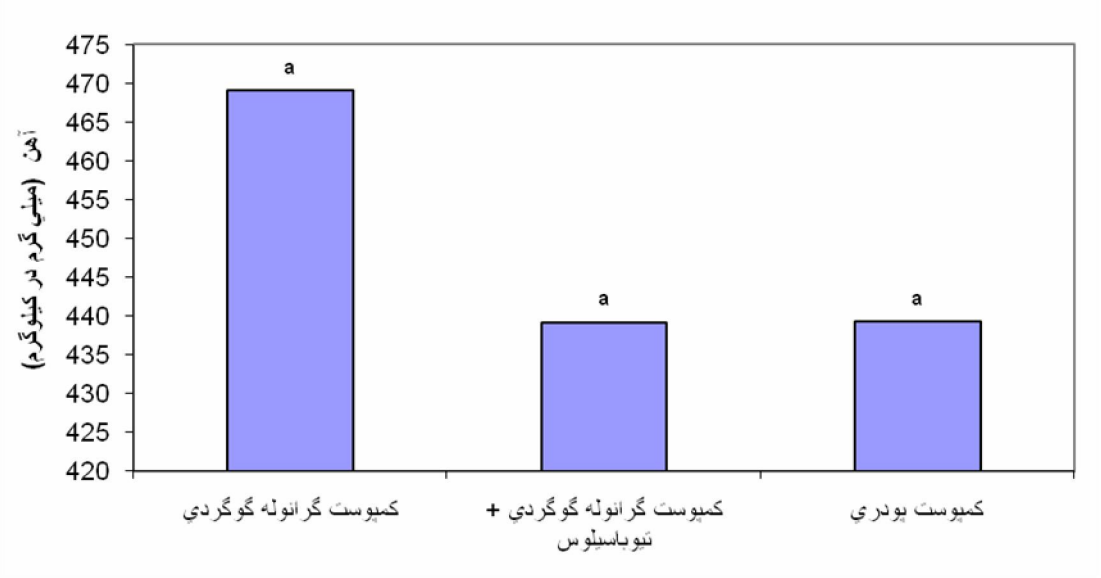
4-4- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عناصر کم مصرف در گیاه

4-4-1- آهن

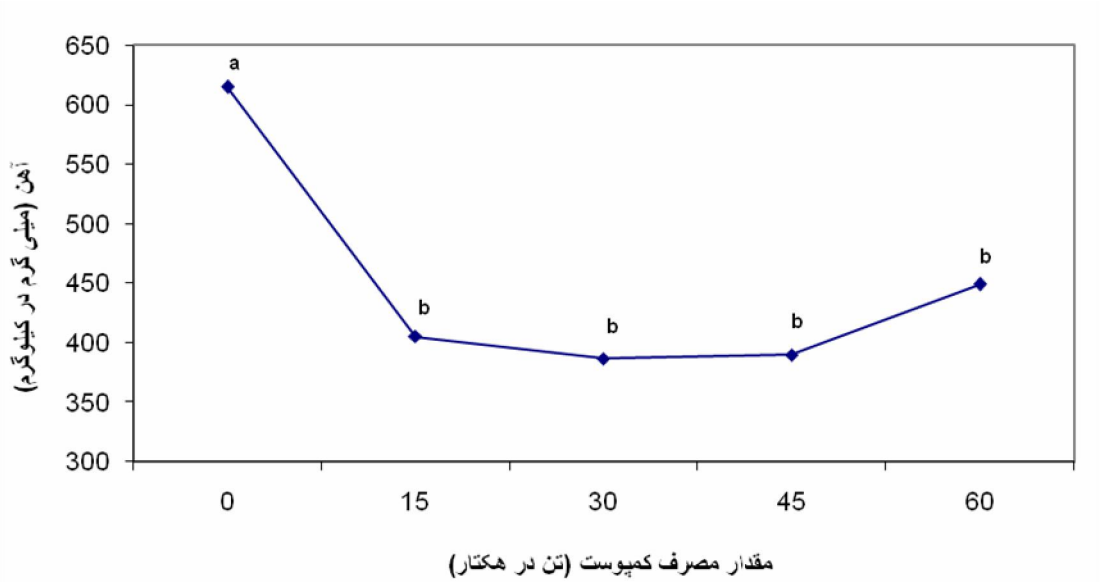
نتایج بدست آمده در جدول 4-9 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر میزان آهن در برگ گیاه معنی دار نشده است ($P<0/05$). با توجه به نمودار 4-9 بین سطوح مصرفی کودهای کمپوست اختلاف معنی دار وجود ندارد اما بین سطح شاهد با بقیه سطوح اختلاف معنی دار وجود دارد. بر این اساس بالاترین میزان آهن گیاه به تیمار شاهد و پایین ترین میزان به تیمار مصرفی 30 تن در هکتار مربوط بود. میزان آهن در برگ گیاه ابتدا کاهش پیدا کرده تا سطح 30 تن درهکتار و سپس افزایش یافته است. با توجه به نمودار 4-25 بالا ترین میزان آهن مربوط به کود کمپوست گرانوله گوگردی و پایین ترین میزان مربوط به دو کود کمپوست دیگر می باشد. کاهش آهن احتمالا به دلیل اثر رقت می باشد (10).

جدول 4-9- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن(میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

گیاه	کود کمپوست	میزان مصرف (تن در هکتار)					میانگین
		۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	
	گرانوله گوگردی	۶۱۵/۰	۳۷۴/۰	۳۵۱/۳	۴۰۲/۶	۶۰۲/۳	۴۶۹/۰a
گوجه فرنگی	گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	۶۱۵/۰	۴۲۶/۰	۴۲۱/۰	۳۷۶/۶	۳۵۷/۶	۴۳۹/۲a
	پودری	۶۱۵/۰	۴۱۶/۰	۳۸۸/۰	۳۹۰/۶	۳۸۷/۰	۴۳۹/۳a
	میانگین	۶۱۵/۰a	۴۰۵/۳b	۳۸۶/۷b	۳۹۰/۰b	۴۴۹/۰b	



نمودار 4-24- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی



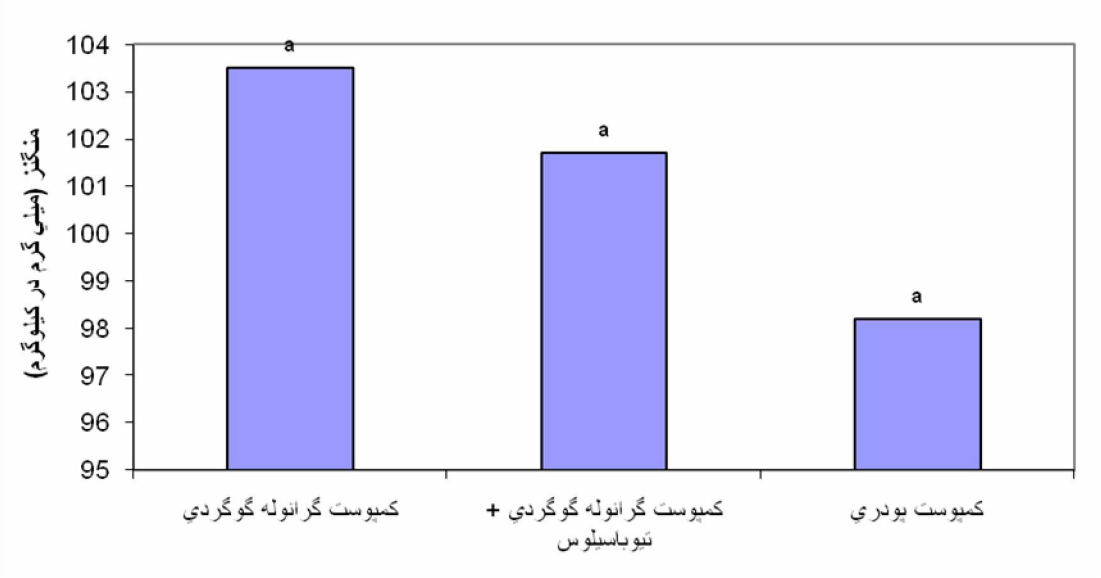
نمودار 4-25- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

4-4-2- منگنز

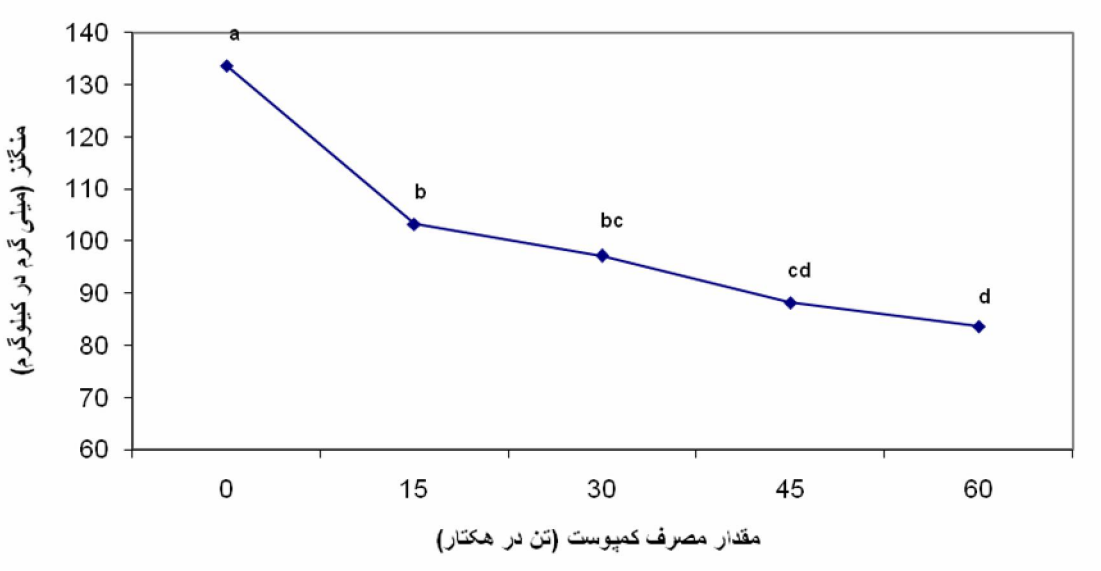
نتایج بدست آمده در جدول 4-10 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر میزان منگنز در برگ گیاه معنی دار نشده است (P<0/05). اما بین سطوح مصرفی کودهای کمپوست اختلاف معنی دار وجود دارد. با توجه به نمودارهای 4-26 و 4-27 بالاترین میزان منگنز گیاه مربوط به تیمار شاهد و کود کمپوست گرانوله گوگردی و پایین ترین میزان به سطح 60 تن در هکتار و کود کمپوست پودری مربوط بود. با افزایش کاربرد کمپوست در خاک میزان منگنز گیاه کاهش یافت. علت کاهش منگنز با مصرف کود کمپوست احتمالا به دلیل بر همکنش منفی منگنز با روی می باشد (27). در برخی مواقع افزایش سطوح گوگرد به دلیل اثر بازدارندگی گوگرد مازاد بر روی میکروارگانیسم های مؤثر در فرآیند معدنی شدن کمپوست باعث کاهش مقدار عناصر جذب شده توسط گیاه می شود (32).

جدول 4-10- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

گیاه	کود کمپوست	میزان مصرف (تن در هکتار)					میانگین
		۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	
	گرانوله گوگردی	۱۳۳/۶	۱۰۱/۰	۹۰/۰	۹۷/۰	۹۶/۰	۱۰۳/۵a
گوجه فرنگی	گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	۱۳۳/۶	۱۰۶/۶	۱۰۱/۶	۸۵/۳	۸۱/۳	۱۰۱/۷a
	پودری	۱۳۳/۶	۱۰۲/۰	۹۹/۶	۸۲/۳	۷۳/۶	۹۸/۲a
	میانگین	۱۳۳/۶a	۱۰۳/۲b	۹۷/۱bc	۸۸/۲ cd	۸۳/۶d	



نمودار 4-26- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی



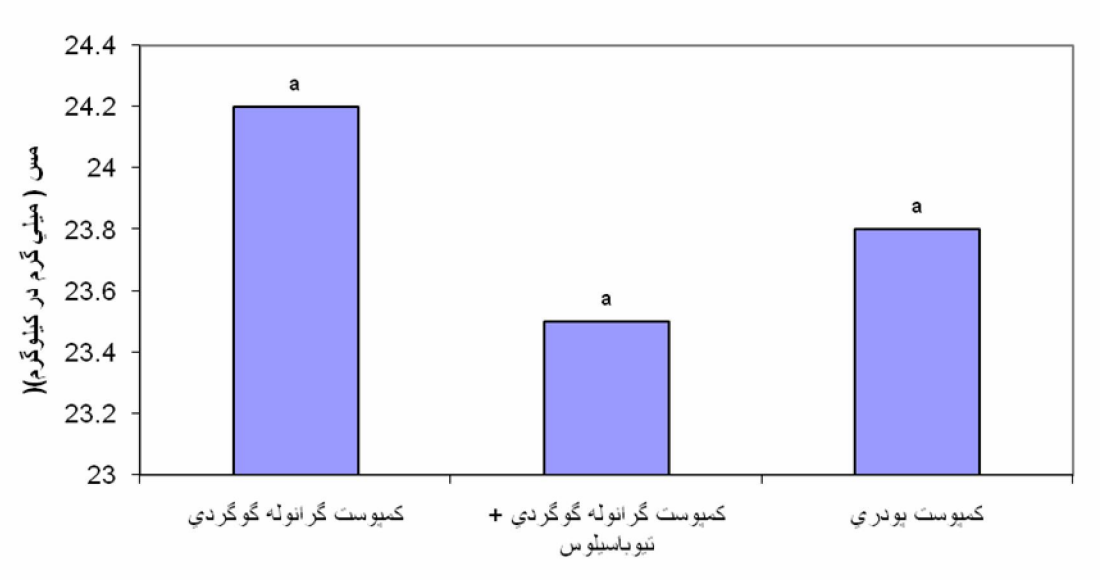
نمودار 4-27- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

4-4-3- مس

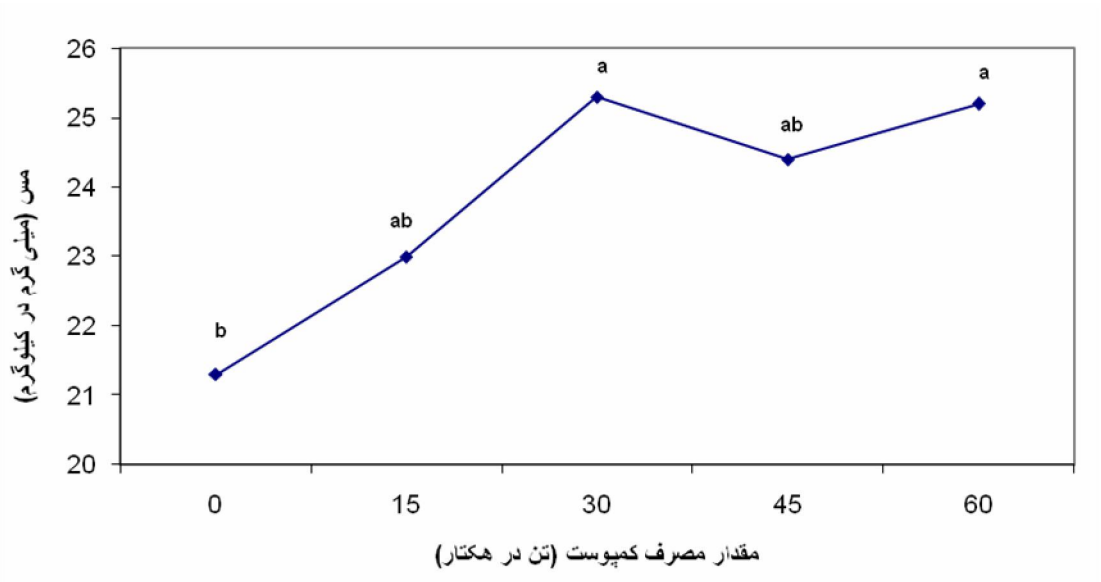
نتایج بدست آمده در جدول 4-11 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر میزان مس در برگ گیاه معنی دار نشده است (P<0/05). با توجه به نمودارهای 4-28 و 4-29 بین سطح شاهد و سطوح 15 و 45 تن در هکتار کمپوست مصرفی اختلاف معنی دار وجود ندارد، همچنین بین سطوح 30 و 60 تن در هکتار اختلاف معنی دار وجود ندارد. بالاترین میزان مس گیاه مربوط به سطح 30 تن در هکتار و کود کمپوست گرانوله گوگردی و پایین ترین میزان به تیمار شاهد و کود کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس مربوط بود. در ابتدا با افزایش کاربرد کمپوست در خاک میزان مس گیاه تا سطح 30 تن در هکتار افزایش یافته است. افزایش مس احتمالا به دلیل غلظت بالای مس در کمپوست پسماند شهری و کاهش پ هاش در اثر مصرف کمپوست و گوگرد می باشد (17).

جدول 4-11- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

گیاه	کود کمپوست	میزان مصرف (تن در هکتار)					میانگین
		۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	
گوجه فرنگی	گرانوله گوگردی	۲۱/۳	۲۴/۳	۲۵/۰	۲۳/۶	۲۶/۶	۲۴/۲a
	گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	۲۱/۳	۲۳/۰	۲۶/۰	۲۳/۳	۲۴/۰	۲۳/۵a
	پودری	۲۱/۳	۲۱/۶	۲۵/۰	۲۶/۳	۲۵/۰	۲۳/۸a
	میانگین	۲۱/۳b	۲۳/۰ab	۲۵/۳a	۲۴/۴ab	۲۵/۲a	



نمودار 4-28 اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی



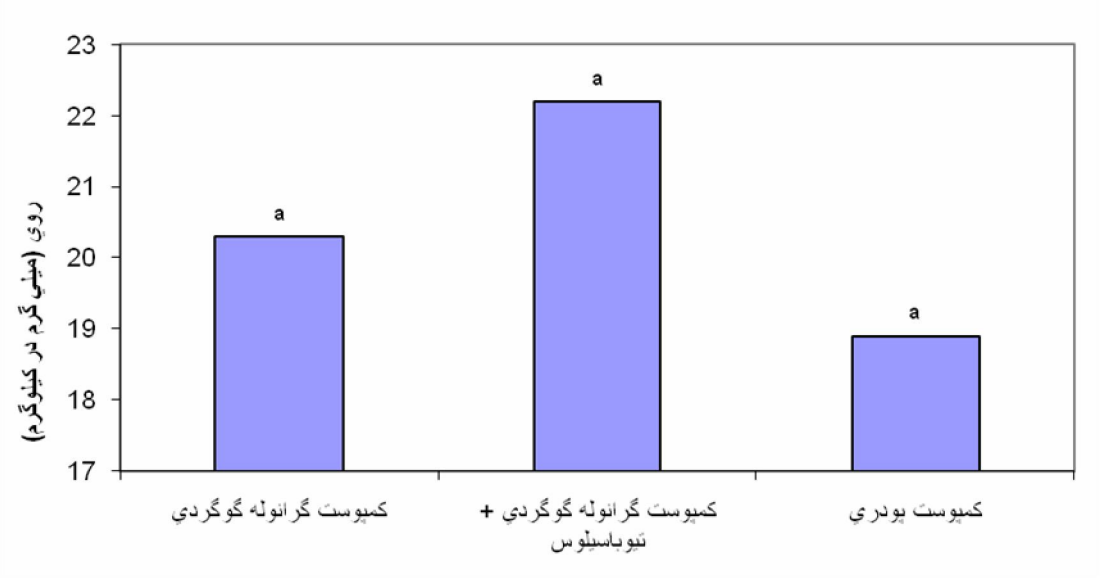
نمودار 4-29- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت مس (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

4-4-4- روی

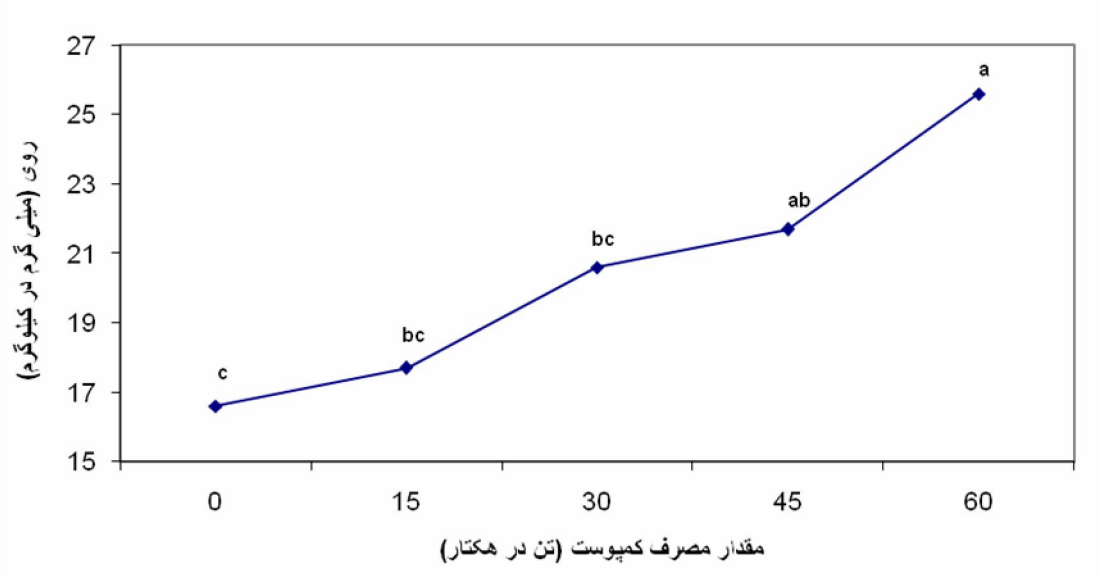
نتایج بدست آمده در جدول 4-12 نشان می دهد که اثر سه نوع کمپوست و اثر متقابل بین آنها بر میزان روی در برگ گیاه معنی دار نشده است ($P<0/05$). با توجه به نمودارهای 4-30 و 4-31 بین سطوح مصرفی 15 و 30 تن در هکتار کود کمپوست اختلاف معنی دار وجود ندارد. بالاترین میزان روی گیاه مربوط به سطح 60 تن در هکتار و کود کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس و پایین ترین میزان به تیمار شاهد و کود کمپوست پودری مربوط بود. با افزایش کاربرد کمپوست در خاک میزان روی گیاه افزایش یافته است. روی موجود در کود کمپوست پسماند شهری باعث افزایش روی گیاه می شود (17). همچنین ماده آلی باعث افزایش قابلیت انحلال روی بوسیله تشکیل کمپلکس فلز- ماده آلی می گردد (99). مصرف گوگرد و تاثیر آن در کاهش موضعی پ هاش خاک باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی به ویژه روی می شود (81 و 87).

جدول 4-12- اثر مقادیر و منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

گیاه	کود کمپوست	میزان مصرف (تن در هکتار)					میانگین
		۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	
گوجه فرنگی	گرانوله گوگردی	۱۶/۶	۱۷/۰	۲۱/۶	۲۱/۶	۲۴/۶	۲۰/۳a
	گرانوله گوگردی + تیوباسیلوس	۱۶/۶	۲۱/۰	۲۵/۰	۲۰/۳	۲۸/۳	۲۲/۲a
	پودری	۱۶/۶	۱۵/۳	۱۵/۳	۲۳/۳	۲۴/۰	۱۸/۹a
	میانگین	۱۶/۶C	۱۷/۷bc	۲۰/۶bc	۲۱/۷ab	۲۵/۶a	



نمودار4-30- اثر منابع کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی



نمودار4-31- اثر مقادیر کود کمپوست پسماند شهری بر غلظت روی (میلی گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آزمایشی

فصل پنجم

نتیجه گیری کلی و پیشنهادها

به طور کلی نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان داد:

1- مصرف کمپوست پسماند شهری به میزان 45 تن در هکتار عملکرد گیاه گوجه فرنگی را موجب شد. اما کمپوست گرانوله گوگردی نسبت به کمپوست پودری برتری داشت.
2- کاربرد کمپوست پسماند شهری باعث کاهش پ هاش خاک شد که پایین ترین میزان پ هاش مربوط به بیشترین سطح مصرف (60 تن در هکتار) واز کمپوست گرانوله گوگردی بدست آمد.
3- کاربرد کمپوست پسماند شهری باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک شد. بالاترین میزان هدایت الکتریکی خاک مربوط به بیشترین سطح مصرف و کمپوست گرانوله گوگردی بود.
4- تغییرات سولفات خاک در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری نامنظم بود که بالاترین میزان سولفات خاک مربوط به بیشترین سطح مصرف و کمپوست گرانوله گوگردی با تیوباسیلوس بود.
5- کاربرد کمپوست پسماند شهری در کل باعث افزایش غلظت عناصر کم مصرف آهن، منگنز، مس و روی قابل استفاده خاک شدند. بالاترین میزان این عناصر مربوط به بیشترین سطح مصرف (60 تن در هکتار) و کمپوست گرانوله گوگردی می باشد.
6- در اثر کاربرد کمپوست پسماند شهری در کل میزان غلظت روی و مس در برگ گیاه افزایش یافت، اما غلظت آهن و منگنز در برگ گیاه کاهش یافت. در کل بالا ترین میزان غلظت این عناصر در برگ گیاه مربوط به کمپوست گرانوله گوگردی می باشد.
7- اثر کمپوست گرانوله گوگردی نسبت به کمپوست پودری در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف و همچنین عملکرد گیاه بیشتر بوده است.
8- افزودن گوگرد به خاک موجب افزایش تعداد اکسید کننده ها و بالا رفتن توان اکسایش در خاک می شود، بنابراین اختلاف تیمارهای تلقیح شده با تلقیح نشده چندان چشمگیر نبود ضمن آنکه کمپوست به عنوان مواد آلی بخشی از میکروارگانیسم های ناخودپرور اکسید کننده گوگرد را همراه دارد.

پیشنهادها

1- کود کمپوست پسماند شهری به دلیل داشتن عناصر سهل الوصول غذایی می تواند به عنوان یک کود آلی مورد استفاده کلیه محصولات زراعی واقع گردد. البته ترکیبات کمپوست به عواملی از قبیل نوع زباله یا مواد آلی اولیه، مکان تهیه کمپوست و مدت زمان فرآیند تبدیل بستگی دارد.

2- کمپوست گرانوله گوگردی کودی جدید است که نیاز به طرح های تحقیقاتی بیشتری دارد.

3- با توجه به پایین بودن قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک های منطقه، پیشنهاد می شود گوگرد همراه با کمپوست به خاک اضافه گردد.

فصل ششم

فهرست منابع

1-اسدی رحمانی، ه. 1375. بررسی امکان پیش بینی ضرورت تلقیح سویا براساس تعیین تعداد باکتری برادی ریزوبیوم ژاپنیکوم و سنجش پتانسیل معدنی شدن ازت در خاکهای زیر کشت سویا، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

2- افیونی، م.، ی. رضایی نژاد، ب. خیام باشی. 1377. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین بوسیله کاهو و اسفناج. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 2 :29-19.

3- امانی، ف و ف. رئیسی. 1386. تاثیر مصرف گوگرد بر میزان غلظت فسفر، پتاسیم و روی توسط دو رقم سویا. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

4- بشارتی کلایه، ح. 1377. بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه های تیوباسیلوس در افزایش جذب برخی از عناصر در خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

5- بشارتی، ح.، آ. کریمی نیا، ن. صالح راستین، ب. یخچالی، ک. خاوازی و م. ج. ملکوتی. 1379. شناسایی سویه های تیوباسیلوس بومی ایران و ارزیابی تاثیر آنها در کاهش pH خاک. مجله خاک و آب، ویژه نامه بیولوژی خاک، جلد 12، شماره 7.

6- بشارتی، ح.، ک. خاوازی و ن. صالح راستین. 1379. بررسی قابلیت چند نوع ماده برای تولید مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس و مطالعه اثر آن همراه با گوگرد بر افزایش جذب برخی از عناصر غذایی و رشد ذرت. مجله علوم خاک و آب، جلد 12، شماره 11، صفحات 9-1، تهران ،ایران.

7- بشارتی، ح.، م. ج. ملکوتی و ک. خاوازی. 1379. ترویج مصرف بیوفسفات طلایی در باغهای کشور راهی به سوی افزایش عملکرد و کاهش واردات کودهای فسفاته. نشریه فنی شماره 141، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

8- بشارتی کلایه، ح. و ن. صالح راستین. 1379. تأثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس بر مقدار آهن و روی جذب شده توسط ذرت در شرایط گلخانه ای. مجله علوم خاک و آب. 7 : 72- 63.

9- بنی جمالی، س. م. و م. ر. شفیعی. 1382. اثر گوگرد، سولفات آهن و سولفات روی بر قابلیت جذب عناصر غذایی در گلایل و میخک. مجموعه مقالات سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، تهران.

10- بوهن، ه. ل.، ب. ل. مک نیل و ج. آ. اوکانر. شیمی خاک. (ترجمه حسام مجللی). چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ص 160-161.

11- بهره مند، م. ر.، م. افیونی، م. ع. حاج عباسی، ی. رضایی نژاد. 1381. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 4:9-1.

12- پیوست، غ. سبزیکاری. 1377. شرکت چاپ و نشر ابریشم رشت.

13- تاتارو، ا. 1367. تولید کمپوست از زباله های شهری و روستایی و کاربرد آن در کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره 748.

14- توسلی، ا. 1363. اکسیداسیون گوگرد در خاک. نشریه فنی 657. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. وزارت کشاورزی. تهران. ایران.

15- حق پرست تنها، م. ر. 1371. تغذیه و متابولیسم گیاهان (ترجمه). دانشگاه آزاد اسلامی، ص 303 -301.

16- خاوازی، ک.، ه. اسدی رحمانی و م. ج. ملکوتی. 1384. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات - چاپ دوم با بازنگری بنیادی). به سفارش مؤسسه تحقیقات خاک و آب - وزارت جهاد کشاورزی، کرج، تهران.

17- خدیوی بروجنی، ا.، ح. شریعتمداری، م. افیونی، ی. رضایی نژاد. 1386. تاثیر کمپوست زباله شهری بر شکل های شیمیایی روی و مس در یک خاک تیپیک کلسی آرجید. مجله علوم و صنایع کشاورزی. 21(1):23-32.

18- خدیوی بروجنی، ا.، م. افیونی و ح. شریعتمداری. 1382. اثرات تجمعی و باقیمانده کود کمپوست بر اشکال شیمیایی فلزات سنگین در یک خاک آهکی. هشتمین کنگره علوم خاک ایران. رشت، ایران.

19- خوشگفتار منش، ا. ج.، و م. کلباسی. 1381. اثر باقیمانده شیرابه بر ویژگی های خاک و رشد و عملکرد گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. 6: 141- 148.

20- درخشنده پور، ع. 1372. بررسی اثرات باقیمانده کود فسفره، گوگرد و مواد آلی (کمپوست) در خواص فیزیکوشیمیایی خاک. گزارش پژوهشی سال 1372 مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.

21- رحیمی، ق. 1371. مطالعات اثرات کود کمپوست بر شوری و آلودگی خاک و مقدار جذب عناصر سنگین توسط گیاه ذرت از خاکهای حاوی کود کمپوست. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

22- رشیدی، ن. و ن. ع. کریمیان. 1378. تأثیر گوگرد و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در یک خاک آهکی. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد.

23- رشیدی، ن. 1382. بررسی اثرات گوگرد بر غلظت عناصر غذایی کم مصرف و برخی از خصوصیات شیکیایی خاک. مجموعه مقالات سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، تهران.

24- رضایی نژاد، ی. و م. افیونی. 1379. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر بوسیله ذرت و عملکرد آن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 4:29-19.

25- زارعی، ع. م. و ا. تاتارو. 1366. نکاتی چند در زمینه استفاده از کمپوست زباله های شهری در کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره 722.

26- زرین کفش، م. 1363. بررسی اثرات گوگرد در قابلیت جذب فسفر روی محصول سیب زمینی، گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی، تبریز، ایران.

27- سالاردینی، ع. 1374. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

28- سیلویا، د. م.، ج. ج. فورمان، پ. ج. هارتل و د. ا. زوبرر. اصول و کاربردهای میکروبیولوژی خاک. 1384. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص 469- 652.

29- شهابی، ع. ا. و م. ج. ملکوتی. 1380. تاثیر بی کربنات آب آبیاری در سبزینگی و غلظت عناصر غذایی در برگ نهالهای ارقام مختلف سیب. مجله علمی پژوهشی خاک و آب (ویژه نامه مصرف کود) جلد 12، شماره 14، صفحات 154-165. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران

30- شیرین فکر، ا. و ف. قربانی .1382. تاثیر گوگرد عنصری بر pH خاک و قابلیت دسترسی برخی از عناصر غذایی خاک باغ چای. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت.

31- صالح راستین، ن. 1370. بیولوژی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

32- صباغ تازه، ا.، ن. ع. اصغرزاده، و ا. بای بوردی. 1386. تاثیر اکسایش میکروبی گوگرد بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف و فسفر در کمپوست برای گیاه گندم. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

33- صیاد، غ. و ح. کاظمی. 1379. بررسی تأثیر کاربرد باگاس نیشکر بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. صفحات 390 الی 398. خاوازی، ک. و م. ج. ملکوتی. (تدوین کنندگان). ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. کرج، ایران.

34- صیامی، آ.، ح. بشارتی و ا. گلچین. 1386. بررسی روند اکسیداسیون گوگرد و ارتباط آن با آزاد شدن آهن و روی در خاک های آهکی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

35- ضیائیان، ع.، م. رمضانپور و ج. قادری. 1382. نقش تغذیه ای گوگرد در افزایش عملکرد ذرت. مجموعه مقالات سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، تهران.

36- عبادی، ع. 1377. گوگرد و مصارف آن در کشاورزی. جهاد دانشگاهی تهران.

37- علی احیائی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. 1375. روش های تجزیه گیاه. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی، نشریه فنی شماره 982.

38- علی اصغرزاده، ن.، س. ساعدی و س. زمزی. 1377. بررسی کارایی باکتریهای اسید دوست تیوباسیلوس در اکسایش گوگرد و کاهش pH خاک. مجله دانش کشاورزی جلد 8، شماره های 1 و 2، صفحات 89- 75.

39- علی اصغرزاده، ن.، س. ساعدی و س. زمزمی. 1377. بررسی کارآیی باکتریهای اسید دوست جنس تیوباسیلوس در اکسایش گوگرد و کاهش pH خاک. مجله علمی پژوهشی دانش کشاورزی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز. 8؛ ص 91-75.

40- قربانی نصر آبادی، ر.، ن. صالح راستین و ح. ع. علی خانی. 1382. تاثیر کود میکروبی گوگرد بر جذب برخی از عناصر غذایی در سیستم همزیستی سویا- برادی ریزوبیوم ژاپنیکوم. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت.

41- کریمی نیا، آ. 1376. شناسایی گونه های تیوباسیلوس جدا شده از برخی خاک های ایران و بررسی تأثیر آنها در کاهش پ.هاش خاکهای مختلف. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

42- گندمکار، ا. 1380. جمع بندی دو ساله مطالعه اثرات مقادیر کلرور پتاسیم و سولفات پتاسیم و منیزیم بر عملکرد و کیفیت میوه درختان مرکبات. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد-دزفول.

43- محمدیان، م. و م. ج. ملکوتی. 1376. ارزیابی تأثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت. صفحات 380 الی 398. خاواری، ک. و م. ج. ملکوتی. (تدوین کنندگان). ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. کرج، ایران.

44- محنت کش، ع. 1382. بررسی اثرات مصرف گوگرد و تیوباسیلوس بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت.

45- مرجوی، ع. ل. 1376. بررسی اثرات کمپوست شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک، عملکرد گندم و چغندرقند. صفحات 399 الی 410. خاواری، ک. و م. ج. ملکوتی. (تدوین کنندگان). ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. کرج، ایران.

46- مرشدی، ع. و م. فرزان. 1386. اثرات مصرف گوگرد و کمپوست بر عملکرد گندم آبی و میزان عناصر غذایی خاک در منطقه شهرکرد. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

47- مشهدی جعفرلو، ا.، ا. گلچینی و ح. بشارتی. 1386. تاثیر گوگرد و تلقیح با باکتریهای تیوباسیلوس بر فراهمی عناصر غذایی و برخی خصوصیات شیمیایی یک خاک آهکی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

48- معافپوریان، غ. ر. 1373. اثر منابع روی و سولفوریک اسید بر رشد و جذب روی در گیاه ذرت و شکلهای شیمیایی روی در خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

49- معماری فر، ع.، ا. ا. دادی، غ. ع. اکبری. 1389. مطالعه تاثیر کاربرد مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر موجودی عناصر غذایی و خصوصیات خاک و رشد و عملکرد علوفه ای ذرت. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی مدیریت پسماند، مشهد.

50- ملکوتی، م. ج. و س. ع. ریاضی همدانی. 1370. کودها و حاصلخیزی خاک (تألیف تیسدل و نلسون). چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران.

51- ملکوتی، م. ج. 1375. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. شورای عالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی، انتشارات آموزش و تجهیز نیروی انسانی تات، وزارت کشاورزی،صفحه 279، کرج، ایران.

52- ملکوتی، م. ج. 1384. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران(چاپ سوم با بازنگری کامل). به سفارش شورای عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی - وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

53- ملکوتی، م. ج. و م. نفیسی. 1376. ضرورت تولید و مصرف گوگرد کشاورزی برای افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.

54- ملکوتی، م. ج. و م. نفیسی. 1382. ضرورت ارتقاء بخشیدن به جایگاه (تغذیه ای و اصلاحی) گوگرد در دستیابی به افزایش تولیدات کشاورزی در ایران. مجموعه مقالات سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، تهران.

55- نور قلی پور، ف. 1379. اثر اسیدی کردن آب و دو میکروارگانیسم در قابلیت جذب آهن از کنسانتره آهن و فسفر از خاک فسفات به وسیله گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

56- نور قلی پور، ف.، م. ج. ملکوتی و ک. خاوازی. 1380. روش های کاربری مستقیم خاک فسفات در مزارع و باغهای کشور. نشریه فنی 191، وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

57- واثقی، س.، م. افیونی، ح. شریعتمداری و م. مبلی. 1384. اثر لجن فاضلاب بر تعدادی از عناصر غذایی و ویژگیهای شیمیایی خاک. مجله آب و فاضلاب. 53: 15 تا 22.

58- Alexander, R. 1999. Compost markets grow with environmental application. Biocycle 4: 43-48.

59- Attoe, O. J. and R. A. Olson. 1966. Effecting the rate of oxidation of elemental sulfur and that added in rock- phosphate- sulfur fusion . Soil Sci. 101: 317-327.

60- Baldoni, G., L. Cortellini, L. Dal Re and G. Toderi. 1996. The influence of compost and sewage sludge on agricultural corps. In: De Bertoldi et al. (Edits). The Science of Composting. Pub. Blackic, London. 430-438.

61- Barraclough, P. B. and P. B. Tinker. 1982. The determination of ionic diffusion in field soils. II. Diffusion of bromide ions in undisturbed soil cores. J. of Soil Sci. 33:13-24.

62- Bouyoucos, G. j. 1936. Direction for making mechanical analysis of soils by the hyrdrometer method soil science.42:225-228.

63- Burns, G. R. 1967. Oxidation of sulfur in soils. Tech Bull. 13. The sulfur Institute, Washington, D. C.

64- Chapman, S. J. 1989. Oxidation of micronized elemental sulfur in soil. Plant and Soil. 116:69-76.

65- Cheng, H., Xu, W., Liu, J., Zhao, Q., He., Y., and Chen, G. 2007. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. Ecological Engineering 29: 96-104.

66- Cifuentes, F. R. and W. C. Lindemann. 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in a calcareous soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:727-731.

67- Cortellini, L. 1999. Effects of content of organic matter, nitrogen and heavy metals in plants after application of compost and sewage sludge. In: De Bertoldi et al. (Edits). The Science of Composting. Pub. Blackie, London, 457-468.

68- Courtney, R. G., and G. J. Mullen. 2007. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types.

69- Deluca, T. H., Skogley, E. O. and R. E. Engle. 1988. Band applied elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. Biol. and Fert. of Soils, 7: 349-350.

70- Doijode , S. D. 2001. Seed storage of horticultural Crops . Food products press , New York. Oxford.

71- FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. Soil bulletin. No: 62, Food and Agriculture organization. Rome. Itally.

72- Garcia de la Faente, R., C. Carrion, S. Botella , F. Fornes , V. Noguera, and M. Abad. 2006. Biological oxidation of element sulfur added to three composts from different feedstocks to reduce their pH for horticultural purposes.
73- Ghani, A., Rajan, S. S. S. and A. Lee. 1994. Enhancement of phosphate rock solubility through biological process. Soil Biol. Biochem., 26: 127-136.

74- Hassan, N. and R. A. Olson. 1966. Influence of applied sulfur on availability of soil nutrients for corn (zea mays L.) nutrition. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 30:284 -286.

75- Hoeft, R.G. and R.C. Sorensen .1969. Micronutrient availability in three soil materials as effected by application of zinc. Lime and sulfur. Soil Sci. Soc. Am. pro. 30:284-286.

76- Janzen, H. H. and R. Bettany. 1987. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Sci., 144: 81-89.

77- Janzan, H. H., and J. R. Bettany. 1987. Measurment of sulfur oxidation in soil. Soil Sci. 143 (6): 444-452.

78- Jcangille, P. 1991. Substrata for horticulture in subtropical and tropical regions. Pub. FAO.

79- Junag, T. C. and Z. H. Shamsuddiun. 1994. Effect of combined compost-chemical fertilizer application on soil fertility and crop yield under rice-corn rotation. Combined use of chemical and organic fertilizer proceeding. Malaysia, pp. 110-134.

80- Kachhave, K. G., S. D. Gawand, O. D. Kohire and S. S. Mane. 1997. Influence of various sources and levels of sulfur on nodulation, yield and uptake of nutrients by chickpea. J. Indian Soc. Soil Sci. 45: 590 – 591.

81- Kalbasi, M., F. Filsoof and Y. Reza Nejad. 1988. Effect of sulfur treatments on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, Sorghum and soybean, Journal of plant Nutrition, 11:1353-1360.

82- Kaplan, M. and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur Containing waste in a calcareous soil in Turkey. J. Plant Nutrition. 21 (8): 1655 – 1665.

83- Kidder, G., M. J. Holsinger, and T. H. Yeayer. 1990. Lowering of calcareous soil pH in field – Grow containers. J. Environ. Hort. 8: 1-4.

84- Kinudsen , D.,G.A. Peterson and P.F Pratt.1982. Lithium,Sodium and Potassium . in Page. A. L., R. H. Miller and D. R. keeney (eds) Merhods of soil analysis (part2) chemical and microbiological properties (2 nd edition .soil science society of America Publisher . Madison Wisconsin, USA.

85- Klute, A. 1986. Method of soil analysis part 1: physical and mineralogical methods.

86- Konopka, A. E., R. H. Miller, and L. E. Sommers. 1986. Microbiology of the sulfur cycle. In M.A.Tabatabai (ed). Sulfur in agriculture. Agronomy 27:23-55.

87- Kumar, V. and M. singh. 1979. Sulfur and zinc relationship on uptake and utilization of zinc in soybean. Soil Science. 128 (6): 343 – 347.

88- Lawrence, J. R., and J. J. Germida. 1988. Most-Probable-Number Procedure to enumerate S°-oxidation thiosulphat procducing heterotrophs in soil. Soil Biol. Biochem. 20 (4): 577

89- Lee, A., Watkinson, J. H. and D. R. Lauren. 1988. Factors affecting oxidation rate of sulfur in a soil under grass dominant sward. Soil Biol. Biochem., 10:809-816.

90- Lindsay, W. L. 1979. Chemical Equilibria in Soil. John Wiley and Sons, New York.

91- Lindsay ,W.L. and W.A.Norvell .1978 .Development of a DTPA soil test for zinc , iron manganese and copper.soil science socirty of Amrica Journal.42:421-428

92- Lopez Agurra J. G., Farias Larous J., Guzman Gonzales S., 1999. Effect of sulphur application on chemical properties and microbial populations in a tropical alkaline soil. Pedobiology 43(2), 183-191.

93- Maynard, A. A. 1995. Cumulative effect of annual additions of municipal soild waste compost on the yield of field growth tomatoes. Compost Science and Utilization, 3 (2): 47-52.

94- Maynard, A. A. 1991. Ineractive vegetable production using composted animal manure. Bulletin connectient Agric. Exper. station, No. 891, 13p.

95- McCallum, K. R., A. A. Keeling, C. P. Beckwith and P. S. Kettlewell. 1998. Effects of greenwaste compost on spring wheat emergence and early growth. Acta Horticulturae 467: 313-318.

96- McCready, R. G. L. and H. R. Krouse. 1982. Sulfur isotope fractionation during the oxidasion at elemental sulfur by Thiobacillus in a solonetzic soil. Can. J. Soil Sci. 92: 105-110.

97- McDomald,-M. B .and Copeland, L. O. 1997. Seed production, principles and practices. Chapman & Hall, New York , Ny.

98- Miller, R. W., and R. L. Donhu. 1990. Soils. Prentice Hall.

99- Mitchell, L. C., 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 a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. Agric. Ecosyst. Environ. 106: 57-67.

100- Malakouti, M. J., K. Khavazi, H. Besharati and F. Nourgholipour. 2001. Review on the direct application of rock phosphate on the calcareous soils of Iran (country report). International Meeting on Direct Application of Rock Phosphate and related Appropriate Technology-Latest Development and Practical Experiences. Kualalumpur, Malaysia.

101- Modaihsh, S., W. A. Al – mustafa and A. E. Metwally. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils.Plant and Soil. 116:95 -101.

102- Morera, M. T., Echeverria, J. C., and Garrioda, J. J. 2001. Mobility of heavy metals in soil amended with sewage sludge. Canadian Journal of Soil Science. 81: 405-414.

103- Najib, L. A. and O. Ramli. 1996. Suggested maturing schedule of rubber plantation for timber production. Planter, 72 (849): 483-500.

104- Narula, N., M. M. Mishra and S. R. Vyas. 1972. The effect of Thiobacillus inoculation on alkali soil. Agricultural Chemistry of Indian Journal. 7 (1): 85-87.

105- Nor, Y. M., and M. A. Tabatabai. 1977. Oxidation of elemental sulfur in soils. Soil Sci. Am. J. 40:736-741.

106- Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In : page, A. L., R. H. Miller and D. R. keeney (eds). Methods of soil analysis, (part2). Chemical and microbiological properties (2^{nd} edition) pp: 403-430. Soil Science Society of America Publisher. Madison, Wisconsin,USA.

107- Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis.P[art 2: Chemical and microbiological properties. Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci of Am. Puplisher. Madison, Wisconsin. USA.

108- Patgiri, D. K., and T. C. Baruah. 1993. Effect of sulphur on soil properties, yield and oil content of toria. J. Indian Soc. Soil Sci. 41: 391-392.

109 - Pathiratana, L. S. S., S. Waidyanatha and O. S. Peries. 1989. The effect of apatite and elemental sulfur mixtures on the growth and P content of centerocema pubescent. Fertilizer Research, 21: 37-43.

110- Peiez-Murcae, M. D., R. Moral, J. Moreno-Caselles, I. Perez-Espinosa, and C. Paredes. 2006. Use of composted sewage in growth media for broccoli. Bioresource Technology, 97: 123-130

. 111- Ratton, P. K., et al. 1995. Soil Sulphur status and crop responses to sulphur in western in walter Pradesh. Fertilizer News. Vol. 40 No 4:31-40.

112- Riberio, H. M., Vasconcelos, E., and Santos, J. Q. 2000. Fertilization of potted geranium with a municipal solid waste compost. Bioresource Technology. 73: 247-249.

113- Richards ,R.F .1954 Diagnosis and improvement of Saline and alkali soils .Handbook No . 60 United States Department of Agriculture . Washington D.C .USA.

114- Robin, A. K. Szmidt & Andrew and W. Dickson. 2001. Use of compost in agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs). Remade Scotland.

115- Rupela, O. P. and P. Tauro. 1973. Utilization of Thiobancillus to relcaim alkaline soils. Soil Biol. Biochem, 5: 899-901.

116- Rupela, O. P. and P.Taura. 1973 . Isolation and characterization of Thiobacillus from alkali soils. Soil Boil. Biochem, 5: 891-897.

117- Sholeh, R. D. B. Lefroy and G. J. Blair 1997. Effect of nutrient and elemental Sulfur oxidation and growth of Thiobacillus thiooxidans. Aust. J. Agric. Res. 48 (497-501).

118- Sikora, L. J. 1996. The Science of Composting. Pub. Blackie, London. 447-456.

119- Singh, A. L. and V. Chandhari. 1997. Sulphur and micronutrient nutrition of ground nut in a calcareous soil. J. Agronomy and Crop Science. 179: 107 -114.

120- Sotomayor, R. I. 1979. Refuse Compost as organic fertilizer compared with chemical fertilizer. Agrical. Technica. 39: 152-157.

121- Stevenson, F. J. and M. A. cole. 1999. Cycles of Soil Second edition. pp. 427. John Wiley and Sons. Inc., New York.

122- Stratton, M. L., A. Barker and J. Ragsdale. 2000. Sheet composting overpowers weeds in restoration project. Biocycle 4: 57-59.

123- Sutaria, G. S., M. S. Patel, and A.G. Patel. 1992. Effect of sulphuric acid on pH, EC, and available phosphorus and DTPA extractable micronutrients in calcareous soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 40: 190-192.

124- Szmidt, R. A. K. 1997. Principle of composting. Technical Note. TN 446. Pub. SAC.

125- Szmidt, R. A. K. 1999. Report of the National waste strategy for Scotland. Compostiong Task Group.

126- Tejada, M., J. L. Gonzalez, M. T. Hernandez, and C. Garcia. 2007. Application of different organic amendments in a gasoline contaminated soil: Effect on soil microbial properties.

127- Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advances in Agronomy, 37:349-396.

128- Wainwright, M. W. Nevell, and S. J. Graystone. 1986. Effects of organic matter on sulphur oxidation in soil and influence of sulphur oxidation in soil nitrification. Plant & Soil. 96:369-376.

129- Wakley ,A . 1947 .A critical examination of a rapid method for determination organic carbon in soils – effect of variation in digestion conditionand and of inorganic soil constituents . soil Science 63:251-264

130- Waling, I.,W . van vark , V . J .G Hobuba , J.J .Der Lee .1989 . soil and plant analysis , a series of syllabi . Part 7 ,Plant analysis procedures .Wageningen Agriculture university.

131- Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz, and A. Kocowicz. 2006. Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal soild waste composts.Soil biology and Biochemistry. 39: 1294- 1302.

132- Westerman, R. L. (Ed.). 1990. Soil Testing and plant Analysis. SSSA, No. 3, Madison, Wisconsin, USA.

133- WWW. Roomm. ir.

134- Zheljazkov, V. D. and P. R. Warmen. 2004. Source separated municipal solid waste compost application to Swiss chard and Basil. Environmental Quality. 33: 542-552.

Abstract

Problems of environmental and economical in disposal municipal solid waste (MSW) and also loss of soil organic matter in the country have been caused more use from MSW compost. This study was conducted to evaluate the effects of MSW compost on some chemical properties of soil and yield of tomato (*Lycopersicum esculentum*, var. mobile), as two experimental procedures laboratory (incubation) and field. The factorial experiment was carried out as completely randomized design with three sources of MSW compost (powder compost, sulfurous granular compost and sulfurous granular compost + thiobacillus), five rates (0, 15, 30, 45 and 60 t/ha) and five reaction times (0, 60, 90, 120 and 150 days) with three replications. DTPA-extractable Fe, Cu, Mn and Zn, soil electrical conductivity (EC_e) and available sulfate (SO_4^{-2}) were measured in the incubated soil samples after the given reaction times. The results showed that DTPA-extractable Fe, Cu, Mn and Zn increased with the increasing rates of MSW compost significantly ($P<0.05$). Also MSW compost decreased soil pH but increased EC_e and SO_4^{-2}. However, by increasing the reaction time, soil pH increased and EC_e decreased. Sulfurous granular compost has been the most effect on decreasing of soil pH, increasing of EC_e and available sulfate (SO_4^{-2}). In field experiment, maximum yield of tomato obtained from application of 45 t/ha sulfurous granular MSW compost. The highest Fe concentration in leaf was obtained from the control treatment and least amount was related to 30 t/ha MSW compost. Concentrations of Zn and Cu increased but Mn decreased in leaf with increasing application of MSW compost. There is no difference significantly between three sources of MSW compost on Fe, Cu, Mn and Zn concentrations.

Key words: Municipal solid waste, Sulfur, Thiobacillus, Lycopersium esculantium, Incubation.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Water and Soil

A Comparison of Sulfurous Granular Compost with Powdery Compost (MSW) on Soil Chemical Changes and Yield of Tomato (Lycopersium esculantium)

Arezoo Alizadeh

Supervisores:

Dr. Shahin Shahsavani

Dr. Peyman Keshavarz

Advisor:

Dr. Ahmad Gholami

July 2010