علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره پانزدهم، شماره سه، پاییز ۹۲

بررسی تأثیر مقادیر مختلف گوگرد و کمپوست پسماند شهری بر pH خاک و جذب عناصر ریزمغذی در ذرت علوفه ای

محمدرضا صبور[۱]

مرتضی شکری[۲*]

msh.shokri@gmail.com
m.shokri@basu.ir

سعید سماوات[۳]

محمدرضا فراهانی[٤]

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۱**

چکیده

گوگرد و مواد آلی نقش قابل توجهی در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک ها، به خصوص خاک های آهکی دارند؛ این پژوهش، بر آن شد تا با انتخاب نسبت های مختلف گوگرد و کمپوست پسماند شهری، نسبت اختلاط بهینه و نیز میزان جذب عناصر ریز مغذی در ذرت علوفه ای را با افزودن این مواد به خاک تعیین نماید.

در این تحقیق، از طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار و با دو فاکتور M و T - که به ترتیب مقدار کل کود کمپوست و گوگرد اضافه شده به گیاه و نسبت گوگرد به کمپوست در کود مصرفی بود- استفاده شد. فاکتور M در چهار مقدار صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ ٪ وزن خاک هر گلدان و برای فاکتور T چهار نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۱، ۱:۲، ۱:۳ و ۱:۴ در نظر گرفته شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که تمام تیمارها (واحدهای آزمایشی) در سطح یک درصد سبب کاهش معنی دار pH نسبت به شاهد شدند. تیمار T_2M_4 (با ۲ ٪ گوگرد به کمپوست و با نسبت ۱:۲) بیشترین کاهش pH خاک را داشت. میزان غلظت و روی جذب شده توسط گیاه نیز در اغلب تیمارها، با تفاوت معنی داری در سطح ۵ ٪ نسبت به شاهد مشاهده شد. غلظت و میزان آهن جذب شده توسط گیاه نسبت به شاهد افزایش نشان داد ولی از لحاظ آماری در سطح ۵ ٪، معنی دار نبود.

واژه های کلیدی: کمپوست پسماند شهری، گوگرد، عناصر ریز مغذی، pH خاک، ذرت علوفه‌ای.**مقدمه**

۱- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی جواجه نصیر الدین طوسی- تهران،ایران.
۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی کبودرآهنگ، گروه عمران دانشگاه بوعلی سینا- همدان، ایران (*مسئول مکاتبات).
۳- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران، بخش تحقیقات حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه.
۴- کارشناس ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی-تهران،ایران.

مقدمه

کمبود مواد آلی در خاک های زراعی از یک طرف و انباشته شدن مواد زاید شهری و کشاورزی و مشکلات زیست محیطی ناشی از آن ها از طرف دیگر، ایجاب می‌کند که این مواد به نحو مطلوب و آگاهانه در چرخه حیات قرار گیرند. استفاده از کودهای شیمیایی به مقدار زیاد و به‌کارگیری بی‌رویه آفت کش‌های شیمیایی باعث کاهش بخش آلی خاک و آلودگی روزافزون آب، هوا و خاک می‌شود. کمبود عناصر کم مصرف کاتیونی مورد استفاده گیاهان در خاک‌های آهکی ناشی از مقدار کم آن ها در خاک نمی باشد، بلکه حلالیت بسیار کم این عناصر سبب غلظت ناچیز آن ها در محلول خاک می شود(۱).

براساس مطالعات فائو تخمین زده می شود که حدود ۳۰٪ خاک های تحت کشت دنیا و ۵۰٪ از خاک‌هایی که برای کشت غلات مورد استفاده قرار می گیرند، مبتلا به کمبود عناصر بالا به ویژه آهن و روی باشند. یکی از روش های افزایش جذب این عناصر، کاهش دادن pH خاک می باشد. از جمله روش های کاهش pH می توان از افزودن اسید سولفوریک به خاک یا افزودن گوگرد عنصری و یا دیگر مواد شیمیایی را نام برد. استفاده از اسید سولفوریک همواره با خطراتی مواجه است که کاربرد آن را غیراقتصادی می کند. با توجه به این که سالانه در حدود ۲/۵ میلیون تن گوگرد در ایران تولید می شود و بخش اعظمی از آن بدون استفاده می ماند، استفاده از گوگرد عنصری می تواند راهکار مناسبی در این خصوص باشد (۱).

با توجه به این که بخش اعظم اکسیداسیون گوگرد توسط باکتری‌ها انجام می گیرد، فراهم کردن شرایط بهتر برای رشد این باکتری‌ها به افزایش بازدهی اکسیداسیون کمک می کند. از جمله این شرایط فراهم کردن مواد آلی مورد نیاز برای رشد باکتری می باشد(۲). مواد آلی را می توان به طرق مختلف به خاک افزود. از جمله این مواد آلی، کمپوست پسماند شهری می باشد که مقدار قابل توجهی از مواد مغذی مورد نیاز گیاهان را در خود دارد(۳).

کمبود آهن باعث بروز رنگ پریدگی خاصی به نام زردی می شود که در بیشتر خاک های ایران و در گیاهان متعددی مشاهده شده است. کمبود روی و عوارض خطرناک آن در اغلب خاک های ایران، چه آهکی و قلیایی مناطق خشک، یا خاک های کمی اسیدی و خنثای شمال مشاهده شده است. به علاوه خسارت شدیدی از کمبود روی در کلیه درختان میوه مشاهده شده است(۴). بنابراین روش هایی که قابلیت جذب این عناصر توسط گیاه را افزایش دهند، از اهمیت بالایی برخوردارند. جعفرلو و همکاران(۵)، در تحقیقی در مورد اثر گوگرد و باکتری های تیوباسیلوس بر فراهمی برخی عناصر خاک، گزارش دادند که سطوح گوگرد مصرفی اثر معنی داری درسطح احتمال یک درصد بر میزان آهن قابل جذب خاک دارد (به احتمال ۹۹٪ بر میزان آهن قابل جذب خاک موثرند) و با مصرف گوگرد عنصری غلظت آهن نسبت به شاهد افزایش یافت. آهن یکی از عناصری است که قابلیت جذب آن در خاک شدیداً وابسته به pHاست، به طوری که با یک واحد افزایش در pH خاک، فعالیت Fe^{+3} وFe^{+2} به ترتیب ۱۰۰۰ و ۱۰۰ برابر کاهش می یابد.

بشارتی و صالح راستین(۶) 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 به علت وجود اثرات آنتاگونیستی بین روی و فسفر می باشد. کاپلان و آرمان (۷) در آزمایش گلخانه ای و مزرعه ای در خاک‌های آهکی پی بردند که مصرف گوگرد، عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط گیاه سورگوم را افزایش داده است.

صیامی و همکاران (۸) در بررسی روند اکسیداسیون گوگرد و ارتباط آن با آزاد شدن عناصر آهن و روی در خاک گزارش دادند که تیمار دارای ۷۰ گرم گوگرد در گلدان بیشترین مقدار آهن قابل جذب در خاک با میانگین ۱۳ را

فراهم کرده است و همین تیمار با میانگین ۱/۷۸ بیشترین میزان روی قابل جذب در خاک را نشان داد.

گارسیا دلافونته و همکاران (۹) نشان دادند که با کاربرد گوگرد به همراه سه نوع کمپوست، کاهش قابل توجهی در pH کمپوست به وجود آمد و میکروارگانیسم های اتوتروف بیشترین تأثیر را در این مورد داشتند. با توجه به موارد بالا و نظر به اهمیت کاهش pH در خاک های آهکی که سبب افزایش قابلیت جذب عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی می شود و نیز نقش موثر کمپوست پسماند شهری در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، در این تحقیق تأثیر نسبت های مختلف از کمپوست پسماند شهری و گوگرد بر روی کاهش pH خاک و جذب عناصر روی و آهن در ذرت علوفه ای مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این تحقیق از طرح آماری کاملا تصادفی[1] با سه تکرار، با دو فاکتور مقدار کل کود کمپوست و گوگرد اضافه شده به خاک (M) و نسبت گوگرد به کمپوست در کود مصرفی (T) استفاده شد. برای فاکتور M چهار مقدار صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ ٪ وزن خاک هر گلدان و برای فاکتور T چهار نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۱، ۱:۲، ۱:۳ و ۱:۴ وجود داشت. تیمار[2]های مورد استفاده شامل ۱۲ تیمار کودی و یک تیمار شاهد، هر کدام با سه تکرار و در مجموع ۳۹ تیمار (واحد آزمایشی) را شامل می‌شد. بدین ترتیب از T_1 تا T_4 مقدار گوگرد کاهش و مقدار کمپوست در تیمارها افزایش می یابد. خاک مورد آزمایش از سری خاک فرخ آباد کرج و کمپوست پسماند شهری از کارخانه کمپوست کهریزک تهران تهیه شد.

ابتدا خاک مورد نظر از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و گلدان ها با الکل ۷۰ ٪ استریل شدند. سپس مقدار ۵ کیلوگرم خاک به صورت هوا خشک با نسبت های متفاوت از گوگرد پودری با مش ۲۰۰ و کمپوست با اندازه ذرات تا ۲ میلی متر در تیمارهای مورد نظر مخلوط و درون گلدان‌ها ریخته شد. مقدار کافی از بذور ذرت رقم ۷۰۴ (حدود ۳۰ گرم) که قبلاً ضدعفونی شده بود، پس از چندین بار شستشو با آب، در دمای حدود ۳۰ درجه انکوباسیون[3] شدند. پس از ۷۲ ساعت بذور جوانه دار شدند و ۴ عدد از آن ها در هر گلدان که رطوبت آن در حد ظرفیت نگه‌داری رطوبت مزرعه (FC)[4] بود، کشت گردید.

در طول ۷۰ روز دوره رشد گیاه رطوبت گیاه به روش وزنی در حد ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی کنترل شد. عناصر غذایی کم مصرف (آهن) و عناصر پرمصرف (N و P) مطابق توصیه کودی بر اساس آزمون خاک برای ذرت، به صورت محلول در آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. ازت در سه تقسیط، یکی در اوایل رشد گیاه و دو تقسیط دیگر به فاصله سه و شش برگی به صورت محلول در آب به گلدان‌ها داده شد. شدت نور در اتاقک رشد در حدود ۸ هزار لوکس و متوسط درجه حرارت روزانه ۲۶ و شبانه ۲۱ درجه بود. جهت ایجاد شرایط یکسان برای گلدان ها هر چهار روز یک‌بار، تمام گلدان ها به صورت اتفاقی در اتاقک رشد جابجا شد.

پس از ده هفته اندام هوایی ذرت برداشت شد و با مقدار کافی آب مقطر به دقت شستشو داده و توزین شد. سپس به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت و بعد از خشک شدن، دوباره توزین شد. پس از آن، اندام های هوایی تیمارهای مختلف با دقت به وسیله آسیاب پودر و آزمایش‌های لازم بر روی آن‌ها انجام یافت. در این تحقیق، پس از اندازه گیری پارامترهای مورد نظر در خاک و گیاه، نتایج به دست آمده به وسیله نرم افزار آماری MSTATC آنالیز شده و محاسبات آماری موردنظر (از قبیل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین ها و ...) انجام گرفت. مقایسه

۱- طرحی است که در آن اثر هر تیمار از طریق انتساب آن به تعداد معینی واحد آزمایشی که به طور تصادفی از میان واحدهای موجود انتخاب شده اند، بررسی می شود.

۲- هر یک از واحدهای آزمایشی را یک تیمار می نامند که در این جا هر گلدان نشان دهنده یک تیمار است.

3- Incubation

4- Farm Capacity

میانگین ها به روش آزمون دانکن[1] صورت گرفت. نمودارهای مربوط، به کمک نرم افزار EXCEL ترسیم شدند.

نتایج آزمایش‌ها و تحلیل آن ها

آزمایش های مختلف فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه های خاک و کمپوست پسماند شهری انجام گرفت که نتایج اندازه گیری برخی پارامترهای مهم آن ها در جداول ۱ و ۲ آمده است.

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد و کمپوست بر روی *pH* خاک

نتایج نشان داد که کاهش pH در تمامی تیمارها نسبت به شاهد در حد یک درصد معنی دار بود. همچنین تیمارهای گروه M_4 (با دو درصد کود)، نسبت به تیمارهای دیگر در حد یک درصد معنی دار شدند. تیمارهای گروه M_3 (با یک درصد کود) نیز نسبت به تیمارهای گروه M_2 با (۰/۵٪ کود) به جز در مورد تیمار T_2M_2 (با ۰/۵٪ کود و نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۲) در سطح یک درصد معنی دار شدند.

در نمودار ۱ میزان pH در پایان آزمایش در تیمارهای مختلف آورده شده است. بیشترین کاهش pH مربوط به تیمار T_2M_4 (با ۲٪ کود و نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۲) به مقدار ۰/۷ واحد نسبت به شاهد بود. بررسی نتایج نشان داد که افزایش مقدار گوگرد تا حد مشخصی بر کاهش pH خاک مؤثر بوده؛ اما فراتر از آن بر کاهش pH تأثیر چندانی نداشت. این موضوع را می توان در تیمارهای T_1M_4 و T_2M_4 مشاهده کرد، به طوری که تیمار T_1M_4 با داشتن مقدار بیشتری گوگرد (۵۰ گرم در گلدان)، pH را به میزان کم‌تری نسبت به تیمار T_2M_4 (با ۳۳ گرم گوگرد)کاهش داد. به طور مشابه، عدم تأثیر افزایش گوگرد، در سایر مقادیر کود یعنی M_3 و M_2 نیز مشاهده شد.

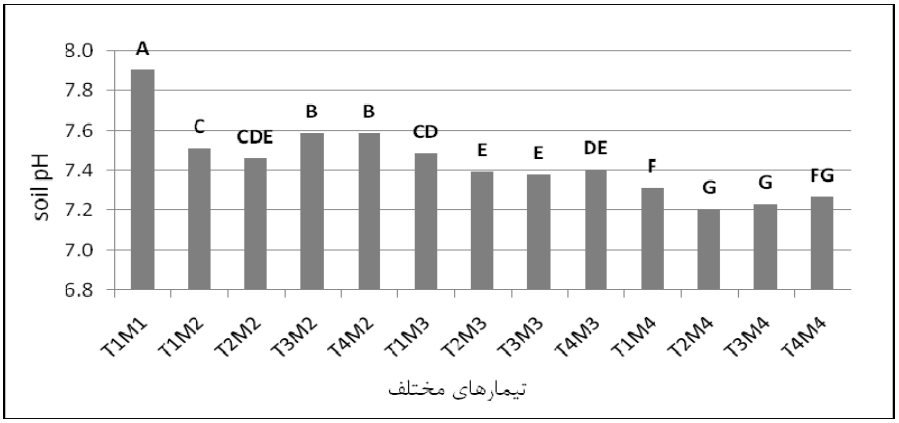
1- Duncan test

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه کمپوست پسماند شهری تهران

مشخصه	هدایت الکتریکی	واکنش اسیدی (pH)	نسبت کربن به ازت (C/N)	کربن آلی (O.C)	مواد آلی (O.M)	ازت کل	کلسیم کل	پتاسیم کل	فسفر کل	مواد خنثی شونده	آهن	روی
واحد	دزیمنس بر متر	-		درصد ٪							میلی گرم بر کیلوگرم	
مقدار	۱۱/۶۲	۷/۷	۱۲/۵	۱۵	۲۵/۸	۱/۲	۲/۵	۱/۱	۰/۴۸	۱۴	۹۰۶۷	۱۴۰۰

جدول ۲- نتایج آنالیز نمونه خاک

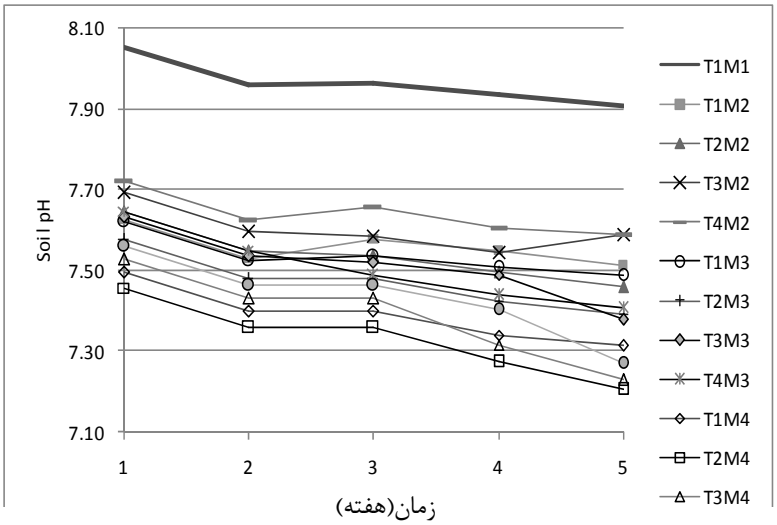
مشخصه	بافت خاک	هدایت الکتریکی	واکنش کل اشباع pH	درجه اشباع	مواد خنثی شونده	کربن آلی	ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
واحد	-	دزیمنس بر متر	-	درصد ٪				میلی گرم بر کیلوگرم			
مقدار	لومی شنی	۱/۲۲	۸/۲	۳۲	۸/۵	۰/۵۸	۰/۰۶	۴/۵	۳۶۰	۳/۴	۲/۲



نمودار ۱- میانگین pH خاک در تیمارهای مختلف در انتهای دوره آزمایش

همچنین نتایج به دست آمده به خوبی تأثیر کاربرد کود کمپوست بر افزایش اکسیداسیون گوگرد را نشان داد. این موضوع در مقایسه تیماری مانند T_1M_3 (با دارا بودن ۲۵ گرم گوگرد در گلدان) که نسبت به تیماری مانند T_4M_4 که ۲۰ گرم گوگرد دارد مشهود است، چرا که علی‌رغم دارا بودن گوگرد بیشتر، توانایی آن در کاهش pH خاک کم‌تر است که به احتمال قوی ناشی از بیشتر بودن مواد آلی در تیمار T_4M_4 است.

تغییرات pH خاک در طول زمان آزمایش نیز مورد بررسی قرار گرفت و در مجموع ۵ بار pH تمام تیمارها قرائت شد. فواصل زمانی در ابتدا یک هفته و پس از گذشت دو هفته، هر دو هفته یک‌بار اندازه گیری انجام یافت(نمودار ۲). پس از یک هفته، در تمام تیمارها (به جز شاهد) یک کاهش ناگهانی در pH خاک (حدود ۰/۵ واحد) حاصل شد. اما به تدریج و با گذشت زمان این کاهش ملایم‌تر شد، به طوری که با گذشت ۱۰ هفته از زمان اختلاط، تقریباً تغییر قابل ملاحظه ای درpH اکثر تیمارها حاصل نشد.



نمودار ۲- تغییرات pH خاک با گذشت زمان در تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد

بررسی نمودار تغییرات pH با زمان نشان داد که اغلب تیمارها روند مشابهی در کاهش pH نسبت به شاهد داشتند و در تیمار شاهد نیز pH خاک کاهش اندکی یافت که به احتمال قوی، در نتیجه افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها در خاک در اثر کشت گیاه است. بیشترین کاهش pH مربوط به تیمارهای گروه M_4 (حدود ۰/۷ واحد) بود که بیشترین مقدار کود(۲٪) در آن ها به کار رفته بود.

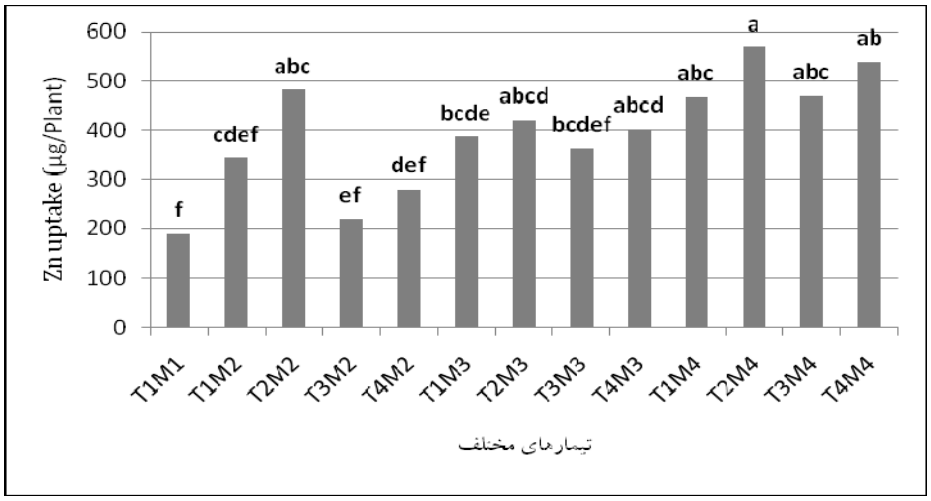
بررسی نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست پسماند شهری و گوگرد تأثیر قابل توجهی (حدود ۰/۷ واحد) بر کاهش pH یک خاک آهکی داشت که اکثر منابع نیز، کاهش pH خاک با مصرف گوگرد را گزارش کرده اند(۸). مقدار این کاهش در منابع متفاوت است. کاهش pH خاک در اثر کاربرد گوگرد را به اکسیداسیون گوگرد در خاک و تبدیل آن از گوگرد عنصری به سولفات نسبت می دهند. اکسیداسیون بیولوژیکی بخش عمده اکسیداسیون گوگرد را شامل می شود که در این تحقیق از آن جا که از تلقیح باکتری های تیوباسیلوس استفاده نشده است، می توان اکسیداسیون گوگرد را به هتروتروف ها نسبت داد که با وجود ماده آلی مورد استفاده جمعیت آن ها در خاک مناسب بوده و نقش خود را در اکسیداسیون گوگرد ایفا کرده اند.

کمپوست پسماند شهری علاوه بر این که مواد آلی مورد نیاز میکروارگانیسم ها را تأمین می‌کند، خود نیز دارای تعداد بسیار زیادی از انواع میکروارگانیسم‌هاست که برخی از آن ها می توانند در اکسیداسیون گوگرد سهیم باشند.

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد و کمپوست بر مقدار روی جذب شده در بخش هوایی گیاه

مقدار روی جذب شده توسط گیاه به صورت حاصل ضرب بین غلظت روی در گیاه و مقدار وزن خشک هر گیاه تعریف شد. بررسی نتایج حاصل از آزمون دانکن در حد ۵ ٪ بر روی میانگین به دست آمده از مقدار روی در تیمارها نشان داد که اکثر تیمارها به جز چهار تیمار (T_1M_2، T_3M_2، T_4M_2 و T_3M_3) نسبت به شاهد معنی دار شدند (نمودار ۳).

تیمار T_2M_4 که دارای ۲٪ کود با نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۲ می باشد بیشترین مقدار روی (۵۷۰) را جذب کرد، اما اختلاف آن با سایر تیمارهایی که نسبت به شاهد معنی دار شدند، در حد ۵٪ معنی‌دار نبود. از لحاظ مقدار روی جذب شده کمترین مقدار مربوط به شاهد با ۱۸۹ میکروگرم در هر گیاه بود.



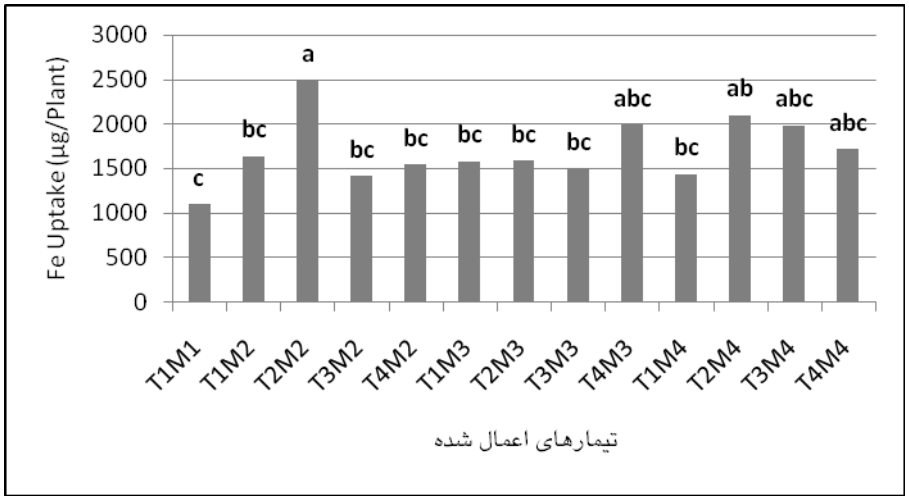
شکل ۳- میانگین روی جذب شده[1] در تیمارهای مختلف بر حسب میکروگرم در هر گیاه.

1- Zn Uptake

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق و نتایج کار سایر محققان به خوبی می توان تأثیر مثبت کاربرد کود کمپوست پسماند شهری و گوگرد را بر روی افزایش غلظت روی در بخش هوایی گیاه مشاهده کرد (۸). این موضوع را می توان به تأثیر گوگرد و کمپوست بر کاهش pH خاک و افزایش حلالیت ترکیبات روی در خاک نسبت داد. به طوری که سبب افزایش روی قابل جذب خاک و در نتیجه افزایش غلظت روی در بخش هوایی گیاه می شود. تیمار M_4 که بیش‌ترین میزان کود (۲ ٪) را در بین تیمارها شامل می شود، بهترین نتایج را به همراه داشته است. نسبت گوگرد به کمپوست تأثیر معنی داری بین تیمارهای این گروه نداشته است، اما در مجموع نسبت ۱:۲ تأثیر بهتری در مقایسه با سایر نسبت ها داشته است.

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد و کمپوست بر مقدار آهن جذب شده در قسمت هوایی گیاه

بررسی نتایج به دست آمده از تحلیل آماری داده های حاصل از مقدار آهن جذب شده توسط گیاه نشان می‌دهد که فقط دو تیمار T_2M_2 و T_2M_4 نسبت به شاهد تفاوت معنی داری در حد ۵ ٪ داشتند (نمودار ۴). تیمار T_2M_2 بیشترین مقدار آهن جذب شده را به خود اختصاص داده است و تفاوت آن با سایر تیمارها به جز تیمارهای گروه M_4 در حد ۵ ٪ معنی دار است.



نمودار ۴- میانگین آهن جذب شده[1] در تیمارهای مختلف بر حسب میکروگرم در هر گیاه.

1- Fe Uptake

بیشترین مقدار آهن جذب شده در تیمار T_2M_2 (با ۰/۵ ٪ کود و نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۲) به مقدار ۲۴۹۰ حاصل شد. مصرف کود کمپوست و گوگرد در مقادیر ۰/۵ و ۲٪ و با نسبت اختلاط ۱:۲ و در تیمار با ۱٪ کود، نسبت ۱:۴ بیشترین جذب آهن در گیاه را سبب شد. مقدار آهن جذب شده توسط گیاه در اثر عوامل متعددی از جمله مقدار زیاد یون بیکربنات، نبود مواد آلی کافی و pH قلیایی محدود می شود. کاهش pH سبب افزایش محلولیت آهن و افزایش قابلیت جذب آن توسط گیاه می شود. بهترین تیمار از لحاظ جذب آهن و صرفه اقتصادی در مصرف کود، تیمار T_2M_2 (با نیم درصد کود با نسبت اختلاط ۱:۲) بود.

نتیجه گیری

در این تحقیق، نتایج حاصل از اندازه گیری pH خاک در تیمارهای مختلف، نشان داد که تمامی تیمارها نسبت به شاهد در حد یک درصد معنی دار شدند و با افزایش مقدار کل گوگرد و کمپوست پسماند شهری، مقدار کاهش بیشتری در pH خاک مشاهده شد. بررسی نتایج حاصل از مقدار روی جذب شده در تیمارها نشان داد که اکثر تیمارها نسبت به شاهد در سطح ۵ ٪ معنی دار شده‌اند.

تیمار T_2M_4 (با ۲ ٪ کود با نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۲) بیشترین مقدار روی را جذب کرده بود. بررسی نتایج به دست آمده از تحلیل آماری داده های حاصل از مقدار آهن توسط گیاه نشان داد که فقط دو تیمار T_2M_2 و T_2M_4 نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در حد ۵ ٪ داشتند. اما در تمام تیمارها مقدار آهن جذب شده توسط گیاه نسبت به شاهد بیشتر بود که تیمار T_2M_2 بیشترین مقدار آهن جذب شده (۲۴۹۰) را به خود اختصاص داده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از اندازه گیری pH ، روی و آهن جذب شده، بهترین تیمار از لحاظ تأثیر مثبت بر پارامترهای یاد شده و نیز از لحاظ اقتصادی تیمار T_2M_2 با دارابودن ۰/۵ ٪ کود و نسبت گوگرد به کمپوست ۱:۲ است که علی‌رغم دارابودن کم‌ترین مقدار کود در بین سایر تیمارها بهترین نتایج را به همراه داشته است.

منابع

۱. ملکوتی، م. ج. و رضایی، ح .۱۳۸۰ . "نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی"، نشر آموزش کشاورزی.

2. Tabatabai, M.A. 1994. “Sulfur oxidation and reduction in soils. In Weaver”, et al. (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties. SSSA Inc.

3. Stoffella, P.J and Khan, B.A. 2001. “Compost utilization in horticulture cropping system”. Book, Levis Publisher.

۴. سالاردینی، ع. ۱۳۸۴." حاصلخیزی خاک"، انتشارات دانشگاه تهران.

۵. مشهدی جعفرلو، ا. گلچین، ا. و بشارتی ح. ، ۱۳۸۶." تأثیر 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. ایران.

۶. بشارتی کلایه، ح .۱۳۷۱. "اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک جهت افزایش اکسیداسیون آن" .مجله علوم خاک و آب . جلد ۱۲ ، شماره ۷.

7. Kaplan, M., & Orman, Ş. (1998). Effect of elemental sulphur and sulphur containing waste in a calcareous soil in Turkey. Journal of plant nutrition, 21(8), 1655-1665.

۸. صیامی آ ، بشارتی ح. و گلچین ا. ۱۳۸۶." بررسی روند اکسیداسیون گوگرد و ارتباط آن با آزاد شدن آهن و روی در خاک‌های آهکی"، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. ایران.

9. García de la Fuente, R., Carrión, C., Botella, S., Fornes, F., Noguera, V., & Abad, M. (2007). Biological oxidation of elemental sulphur added to three composts from different feedstocks to reduce their pH for horticultural purposes. Bioresource Technology, 98(18), 3561-3569.