

## بررسی تأثیر ورمی کمپوست، گل گوگرد و تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) در منطقه دشت بخش جوین

محمود احمدی<sup>1</sup>، شاهین شاهسونی<sup>2\*</sup>، حمید عباسدخت<sup>3</sup>، حمیدرضا اصغری<sup>3</sup> و شاهرخ قرنجیک<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 1394/08/26

تاریخ پذیرش: 1395/01/08

احمدی، م.، شاهسونی، ش.، عباسدخت، ح.، اصغری، ح.، ر.، و قرنجیک، ش. 1396. بررسی تأثیر ورمی کمپوست، گل گوگرد و تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) در منطقه دشت بخش جوین. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(4): 1031-1049.

### چکیده

به منظور بررسی اثر گل گوگرد، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت دانه-ای (*Zea mays L.*) (سینگل کراس 704) در منطقه دشت بخش جوین، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در 36 کرت آزمایشی در سال 1391 اجرا گردید. فاکتور گل گوگرد در سه سطح  $S_0$  = عدم مصرف،  $S_1$  = مصرف 500 کیلوگرم در هکتار،  $S_2$  = مصرف 1000 کیلوگرم در هکتار، کود آلی ورمی کمپوست در دو سطح  $V_0$  = عدم مصرف،  $V_1$  = مصرف 5000 کیلوگرم در هکتار و فاکتور تیوباسیلوس که در دو سطح عدم مصرف ( $T_0$ ) و مصرف ( $T_1$ ) اعمال گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ترکیب سه عامل گل گوگرد، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس به صورت مستقل یا توأم با هم باعث افزایش هدایت الکتریکی (EC) و افزایش فراهمی فسفر، آهن، روی، سولفات قابل جذب و کاهش اسیدیته خاک گردیدند. درصد کربن آلی، نیتروژن کل، درصد رطوبت اشباع و درصد ظرفیت زراعی در تیمارهای به خصوص دارای کود آلی ورمی کمپوست افزایش معنی‌داری نشان دادند. تیمار کاربرد ورمی کمپوست و سطح کاربرد 1000 کیلو گرم گل گوگرد بیشترین عملکرد دانه را بر میزان 9/1 تن در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد، عدم مصرف گل گوگرد و عدم کاربرد ورمی کمپوست حاصل شد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان نتیجه گرفت که اثر متقابل مصرف گل گوگرد با کود آلی ورمی کمپوست و اثر متقابل کاربرد تیوباسیلوس و گل گوگرد به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه ذرت را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته خاک، کود آلی، مایه تلقیح، هدایت الکتریکی

### مقدمه

(Aveyard, 1988). از این رو می‌توان با استفاده از کودهای زیستی از این خطرات جلوگیری کرد. کاربرد مواد آلی کمپوست شده در خاک می‌تواند اثرات مفیدی بر کیفیت شیمیایی، بیوشیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت مواد غذایی مورد نیاز گیاه در خاک داشته باشد (Kowaljow & Mazzarino, 2007). تهیه ورمی کمپوست از ضایعات آلی و افزودن آن به خاک سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست و افزایش فعالیت ریز جانداران در خاک می‌شود (et al., 2000; Arnaud Asghari et al 2011). در پهنه‌های وسیع خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، ساختمان خاک به واسطه مدیریت غلط

استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی به بیشتر شدن آلودگی محیط‌زیست می‌افزاید. به سبب استفاده نامتعادل از کودهای شیمیایی در تولیدات کشاورزی، حاصلخیزی خاک دستخوش تغییر شده است

1، 2 و 3 - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، گروه علوم خاک، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

(\* - نویسنده مسئول: Email: shahsavani2001@yahoo.com)

گیاهان است. عوارض نامطلوب مصرف دراز مدت و بی‌رویه کودهای شیمیایی ثابت شده است. بنابراین، افزایش مواد آلی نه تنها تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را به دنبال دارد بلکه یک سازش‌پذیری مطلوب بین ماده آلی و شیمیایی وجود داشته و کاستی‌های یکدیگر را رفع می‌کنند (Cardoso & Kuper 2006). درزی (Darzei, 2008) نشان دادند که استفاده از انواع کودهای آلی شرایط مساعدی را برای جذب ازت و فسفر و پتاسیم در خاک‌های متفاوت فراهم می‌کند. همچنین خلیفه (Khalifa, 1993) گزارش کرد که مقدار کل و قابل دسترس ازت، فسفر و پتاسیم به‌طور معنی‌داری در خاک‌هایی که به مقدار زیاد با کودهای آلی تیمار شده بود، افزایش یافت. در تحقیقی دیگر، رضاییان نژاد و افیونی (Rezaeinezhad & Afeyoni, 2000) به این نتیجه رسیدند که از بین سه کود لجن فاضلاب، کود گاوی و کمپوست، کمپوست با داشتن نسبت کربن به نیتروژن بیشتر در مقابل کود گاوی و لجن فاضلاب دارای تأثیر کمتری در عملکرد ذرت بود. بعضی از محققین معتقدند به دلایل مختلف اضافه کردن مواد آلی به خاک ممکن است موجب کاهش محصول شود که یکی از دلایل آن محسوس شدن نیتروژن است (Malakoti & Nafisi, 1988). بنابراین، در هنگام استفاده از پسماندهای آلی برای جلوگیری از کمبود نیتروژن باید از کودهای نیتروژن دار استفاده کرد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، گل‌گوگرد و تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه دشت شهرستان جوبین می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه دشت شهرستان جوبین در سال 1391 اجرا گردید. شهرستان جوبین با مساحت حدود 3000 کیلومترمربع از طرف شمال به استان خراسان شمالی، از طرف شرق به شهرستان خوشاب، از طرف جنوب به شهرستان سبزوار و از طرف غرب به شهرستان جغتای منتهی می‌شود که بین مدارهای 57 درجه و 25 دقیقه طول جغرافیایی و 36 درجه 42 دقیقه عرض جغرافیایی واقع است. میانگین بارندگی 10 ساله 228/4 میلی‌متر، حداکثر درجه حرارت 40/4 و حداقل آن 8/8- درجه سانتی‌گراد، دارای رطوبت نسبی 48 درصد، تعداد روزهای یخبندان 59 روز، تعداد ساعات آفتابی 3120 ساعت و میانگین ارتفاع شهرستان از سطح دریا 1100 متر است. در ابتدای

تخریب شده است. در این نواحی افزودن بقایای آلی به خاک باعث افزایش معنی‌دار درصد خاکدانه‌های پایدار گردیده است (Baure & Black, 1992). در تحقیقی نشان داده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست (7 تن در هکتار) سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع گیاه ذرت (*Zea mays* L.) در مقایسه با شاهد گردید که سبب آن را افزایش ظرفیت نگهداری خاک دانستند (Gutierrez-Miceli et al., 2008).

تعادل عناصر غذایی که در کودهای آلی وجود دارد باعث تولید گیاهانی می‌شود که از سلامتی بیشتری برخوردارند و انرژی که باید برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها استفاده شود در گیاه ذخیره شده و از آن در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه استفاده می‌شود (Phukan, 1993).

مقدار گوگرد در گیاه تقریباً برابر با فسفر (0/2 درصد) است. کمبود گوگرد اثری مهم در کاهش رشد گیاه داشته و به دلیل شرکت در ترکیبات پروتئینی کمبود آن با رنگ پریدگی در برگ‌های جوان مشخص می‌شود (Hagin & Tucker, 1982). گوگرد با موفقیت با موادی مانند اوره، آمونیاک بی‌آب، سوپر فسفات غلیظ (CSP)، آمونیوم فسفات و مواد جامد یا مایع NPK به کار برده شده است. البته فایده آن به میزان سولفات بستگی دارد. اگر میزان این عنصر در خاک در سطح کافی حفظ نشود لگومها از تناوب خارج می‌شوند، زیرا گوگرد برای تثبیت نیتروژن به‌وسیله ریزوبیومها ضروری است (Babaei et al 2011). این کاهش زمانی که گل‌گوگرد همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس مصرف شود می‌تواند قابل توجه بوده و از طرفی مواد آلی قادرند با گرفتن یا رها کردن یون  $H^+$  تغییرات زیاد pH خاک را تعدیل کنند در نتیجه آن را در حالت خنثی یا مناسب برای رشد یک محصول خاص نگه دارند (Majedian et al., 2005). کودهای دامی و آلی موجب بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی می‌شوند این خاصیت هم از نظر تغذیه گیاه و هم از نظر جلوگیری از تلفات کود در نتیجه آبشویی، اهمیت فوق‌العاده ای دارد (Ferrol et al., 2009). تشکیل کمپلکس بین یون‌های فلزی و مواد آلی خاک اهمیت فوق‌العاده‌ای در نگهداری و قابلیت تحرک آلاینده‌های فلزی خاک و آب دارد. واکنش بین مواد آلی محلول، مواد آلی معلق و مواد آلی ته‌نشین شده با یون‌های فلزی واکنش‌هایی هستند که در تشکیل کمپلکس‌ها نقش دارند (Bara et al., 2005) کودهای شیمیایی و آلی لازم و ملزوم یکدیگر بوده، نیاز به هر دو برای ایجاد شرایط مناسب جهت رشد

و جهت تجزیه آزمایش‌های اولیه به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل که نتایج آن در جدول شماره 1 آمده است.

شروع آزمایش به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر، نمونه مرکبی از اعماق 0-30 سانتی متری خاک جمع‌آوری

جدول 1- برخی از خصوصیات خاک مورد نظر قبل از اجرای طرح (0-30 cm)

Table 1- Some soil properties (0-30 cm)

بافت Texture	pH	شوری (میلی- زیمنس بر سانتی‌متر) EC mS.cm <sup>-1</sup>	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	نیترژن کل (درصد) Total N (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی - گرم بر کیلو گرم) Available. K (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم) Absorable.P (Mg.kg <sup>-1</sup> )	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) Bulk density (g.cm <sup>-3</sup> )
لومی Loam	7.82	8.42	0.32	0.02	284	7.2	1.38

هر نمونه خاک به طور جداگانه کوبیده، از الک 2 میلی‌متری گذرانده، آن‌گاه اقدام به انجام آنالیزهای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و EC متر مدل Jenway، اندازه‌گیری و اسیدیته خاک در عصاره گل اشباع با دستگاه pH متر مدل Jenway، درصد کربن آلی<sup>1</sup> (OC) به روش واکلی و بلک (Walkley & Black, 1934)، درصد ازت کل به روش کج‌لدال، اندازه‌گیری فسفر خاک به روش اولسن و همکاران (Olsen et al., 1954) اندازه‌گیری روی و آهن به روش دی اتیلن پنتا استیک اسید<sup>2</sup> (DTPA)، اندازه‌گیری سولفات به روش توربیمتری<sup>3</sup>، درصد رطوبت اشباع<sup>4</sup> (SP) و درصد رطوبت ظرفیت زراعی<sup>5</sup> (FC) تعیین گردید. بذر ذرت مورد استفاده هیبرید سینگل کراس 704 (دیر رس، تک بلال و دندان آسیبی) بود.

تراکم کاشت حدود 65000 بوته در هکتار بود. کود اوره 300 کیلوگرم در هکتار بر اساس توصیه کودی طی سه مرحله به‌صورت مساوی در مراحل 1- همزمان با کاشت (اردیبهشت 1391) 2- قبل از گلدهی و 3- مرحله پر شدن دانه‌ها به خاک داده شد. دور آبیاری به فاصله 9 روز بود و در طی مرحله داشت دوبار کود میکرو (فوسامکو 4) همراه سولوپتاس (20 کیلوگرم در هکتار) و حشره‌کش‌های (دی‌میتوات و دی‌ازینون) با سمپاش در دو مرحله محلول‌پاشی شد. زمان رسیدن فیزیولوژیک (اوایل شهریور 1391) از ابتدا و انتهای هر کرت 0/5 متر به عنوان حاشیه اطمینان حذف و نمونه‌ها از دو ردیف وسط

این تحقیق به صورت فاکتوریل سه عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. در این تحقیق سه عامل گل گوگرد، ورمی کمپوست و مایه تلقیح تیوباسیلوس در سه تکرار و 36 کرت آزمایشی قرار گرفتند. فاکتور گل گوگرد در سه سطح عدم مصرف، مصرف 500 کیلوگرم در هکتار، مصرف 1000 کیلوگرم در هکتار و کود آلی ورمی کمپوست در دو سطح عدم مصرف، مصرف 5000 کیلوگرم در هکتار و فاکتور تیوباسیلوس که در دو سطح عدم مصرف و کاربرد تیوباسیلوس در نظر گرفته شد.

زمین مورد نظر که در سال قبل شخم خورده بود، در اردیبهشت 1391 ابتدا تسطیح اجمالی و پس از آن کودهای پایه بوسیله کولتیواتور تا عمق حدود 15 سانتی‌متری زیر خاک رفت. تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست (جدول 3) و مایه تلقیح تیوباسیلوس کاملاً با خاک مخلوط و در عمق کمتر از کودهای پایه به سطح زمین با کولتیواتور دوم زیر خاک برده شد. آن‌گاه با استفاده از ردیف‌کار دو ردیفه ذرت (بدون بذر) ردیف‌ها آماده شدند. هر کرت آزمایشی متشکل از 5 ردیف 6 متری به فواصل 80 سانتی‌متر از یکدیگر بود و فاصله بذور روی ردیف‌ها 20 سانتی‌متر و در روی هر پشته دو ردیف بذر در عمق 5 سانتی‌متری کاشته شد. کرت‌ها همگی به‌وسیله پشته از همدیگر جدا شده و دو جوی اصلی انتقال آب طوری طراحی شد تا تمامی کرت‌ها در سه ردیف 12 تایی جا گرفته و به‌خوبی آبیاری صورت گیرد. نتایج آب مورد استفاده در این پژوهش در جدول شماره 2 نشان داده شده است.

پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و هوا خشک شدن،

1- Organic Carbon

2- Diethylene Triamine Pentaacetic Acid

3- Turbidometry

4- Saturated Paste

5- Field Capacity

ساقه، بلال و اجزای دیگر) آن تفکیک، شمارش، اندازه‌گیری، توزین و ثبت شد. ارتفاع گیاه (از بالای سطح خاک) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فاکتورهای مختلف زراعی برداشت (اواخر شهریور 1391) و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته‌ها به اجزای

جدول 2- خصوصیات آب مورد استفاده در طرح

Table 2- Water quality properties

سولفات (میلی اکی والان بر لیتر) SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq.l <sup>-1</sup> )	کلر (میلی اکی والان بر لیتر) Cl <sup>-1</sup> (meq.l <sup>-1</sup> )	بی کربنات (میلی اکی والان بر لیتر) HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> (meq.l <sup>-1</sup> )	کربنات (میلی اکی والان بر لیتر) CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (meq.l <sup>-1</sup> )	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر) Na (meq.l <sup>-1</sup> )	منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر) Mg (meq.l <sup>-1</sup> )	کلسیم (میلی اکی والان بر لیتر) Ca (meq.l <sup>-1</sup> )	Total Dissolv ed Solid (mg l <sup>-1</sup> )	نسبت جذب سدیم Sodium adsorpti on ratio	شوری (میکرو زیمنس بر متر) EC μS.m <sup>-1</sup>	pH
2.2	6.8	1.3	0000	0.6	2.8	2.6	627	3.65	980	7.5

جدول 3- برخی از خصوصیات ورمی کمپوست مورد استفاده

Table 3- Some properties of used vermicompost

اسیدیته pH	شوری (میلی - زیمنس بر سانتی متر EC mS.cm <sup>-1</sup> )	کلسیم (در صد) Ca (%)	کربن آلی (در صد) Organic Carbon (%)	پتاسیم (در صد) K (%)	فسفر (در صد) P (%)	عناصر میکرو (میلی گرم بر کیلو گرم) (mg.kg <sup>-1</sup> ) (Micro element)				
						مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	منیزیم Mg
7.6	3.1	3.8	31	1.13	1.06	62.01	294.15	37.27	4717	0.57

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار سه جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس در سطح پنج درصد به‌طور معنی‌دار باعث افزایش 8/3 درصدی شوری خاک گردید. به طوری که حداکثر شوری در مصرف 1000 کیلوگرم گوگرد، 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست و مصرف تیوباسیلوس و حداقل آن در عدم مصرف گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس حادث شد (جدول 4). کود آلی ورمی کمپوست علاوه بر این که دارای مقدار زیادی عناصر قلیایی محلول است (جدول 3) مصرف آن با گوگرد و باکتری تیوباسیلوس از طریق تجزیه مواد آلی و اکسیداسیون گوگرد سبب تولید اسیدهای آلی و معدنی می‌شود تولید اسید باعث کاهش pH خاک و حلالیت بیشتر عناصر قلیایی در محلول خاک می‌شود. ورود عناصر قلیایی به محلول خاک سبب افزایش غلظت آن شده و EC را بالا می‌برد. سایر تیمارهای مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر شوری خاک نداشت. نتایج میانگین داده‌های صفت شوری و اسیدیته خاک نشان‌دهنده افزایش

این سه عامل با همدیگر کاملاً مخلوط و یک ماه قبل از کشت ذرت به خاک داده شد تا میکرو ارگانیسم‌ها با استفاده از رطوبت خاک شروع به اکسیداسیون گوگرد نمایند. در هنگام کاشت نیز مقدار 150 کیلوگرم در هکتار فسفات دی‌آمونیم (46 درصد P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) و 150 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (50 درصد K<sub>2</sub>O) بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه یک ماه قبل از کشت به صورت یکسان برای همه کرت‌ها استفاده شد.

تجزیه واریانس داده‌های خام با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. نمودارها و جداول نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم و تنظیم گردیدند.

## نتایج و بحث

### شوری خاک

گرد و گوگرد با تیوباسیلوس تأثیر معنی داری در سطح یک درصد بر میزان کربن آلی خاک داشته و باعث کاهش آن گشته است (جدول 4 و 5). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که حداکثر میزان کربن آلی در اثر توأم 1000 کیلوگرم گوگرد با 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست در هکتار اتفاق افتاده و افزایش 10 درصدی نسبت به شاهد نشان داد (شکل 3 و 4). دلیل احتمالی این افزایش در تیمار اخیر می‌تواند مصرف کود آلی ورمی کمپوست و گل گوگرد بدون مصرف تیوباسیلوس برای تجزیه مواد آلی باشد. چرا که مواد آلی در حضور باکتری تیوباسیلوس و تهویه کافی تجزیه شده و کربن آلی خاک کاهش خواهد یافت. بقیه تیمارهای گوگرد، تیوباسیلوس، اثر متقابل کود ورمی کمپوست با تیوباسیلوس و تیمار سه جانبه گل گوگرد، کود ورمی کمپوست و تیوباسیلوس تأثیر معنی داری بر کربن آلی خاک نگذاشتند. به نظر می‌رسد حضور تیوباسیلوس و گوگرد همراه با مواد آلی سبب تجزیه سریع مواد آلی آن شده و مقدار کربن آلی کاهش می‌یابد. از طرفی ترکیب این سه ماده مذکور باعث افزایش عناصر غذایی و انحلال بیشتر آن‌ها به محلول خاک می‌شود. تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها تشکیل خاکدانه، افزایش نفوذپذیری در خاک-های سنگین، افزایش ظرفیت نگهداشت آب، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تهویه سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک گردیده و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد که خود سبب تولید باقیمانده‌های گیاهی بیشتری در خاک خواهد شد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل شرایط گرمایی زیاد، ماده آلی سریع تجزیه خواهد یافت لذا افزودن مواد آلی به خاک برای فراهم آوردن شرایط مطلوب ضروری به نظر می‌رسد. امروزه به علل مختلفی مصرف کودهای آلی کاهش یافته و نیاز غذایی گیاهان عمدتاً از طریق مصرف کودهای شیمیایی تأمین می‌شود که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و عملیات زراعی نادرست در طی سالیان متوالی مثل سوزاندن بقایای گیاهی سبب کاهش شدید مقدار ماده آلی خاک و تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردد (Kazeminej et al., 2008). بر این اساس ضروری است تا مقدار ماده آلی خاک‌ها را افزایش دهیم (Tejada & Gonzalez, 2003). محققین با مصرف کمپوست و کود دامی در یک دوره پنج ساله در خاک، افزایش معنی داری در درصد کربن آلی خاک مشاهده نمودند که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد (Baure & Black, 1992).

محققان افزایش کربن آلی خاک را در اثر مصرف کود های آلی

هفت درصدی شوری خاک در تیمار توأم مصرف 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با تیوباسیلوس نسبت به شاهد بود. مواد آلی به خصوص کود ورمی کمپوست گاوی پس از ورود به خاک و تجزیه آن‌ها تولید CO<sub>2</sub> و اسیدهای آلی نموده که باعث انحلال نمک‌ها شده که در درازمدت موجب افزایش شوری خاک می‌گردد (Ebtisam, 2007).

### اسیدیته (pH)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس و اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست تأثیر معنی داری در سطح یک درصد بر میزان pH خاک داشت (جدول 4). به طوری که کاهشی را به اندازه 7/9 درصد و 6/4 درصد نسبت به شاهد نشان دادند. مقایسه میانگین داده‌های تیمارها نشان داد بیشترین کاهش اسیدیته در تیمار توأم 1000 کیلوگرم گوگرد با تیوباسیلوس و تیمار توأم 1000 کیلوگرم گوگرد با 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست مشاهده شد (شکل‌های 1 و 2). مصرف گل گوگرد ورمی کمپوست در حضور باکتری تیوباسیلوس سبب تولید اسیدهای آلی از قبیل اسید استیک، بوتیریک و اسید معدنی بسیار قوی سولفوریک می‌شود. به طوری که هر چقدر گل گوگرد و ورمی کمپوست بیشتر مصرف شود کاهش pH بیشتر خواهد بود. کمبود عناصر غذایی در اراضی کشاورزی عمدتاً در اثر شرایط نامساعد محیطی بوده و کمتر به واسطه کمبود مطلق یک عنصر در خاک می‌باشد. یکی از عواملی که قابلیت جذب عناصر را در خاک محدود می‌کند، pH بالای خاک است (Besharati, 2003). با پوسیده شدن کود دامی به تدریج بر اثر فعالیت میکرو ارگانیسم‌های خاک، مقدار زیادی اسیدهای آلی از جمله اسیدهومیک تولید شده، و این اسیدها به مرور بر اثر تداوم استفاده از این کود، موجب کاهش اسیدیته خاک می‌شود (Khademi et al., 2001). این کاهش زمانی که گل گوگرد همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس مصرف شود می‌تواند قابل توجه باشد نتایج مشابه توسط محققان دیگر نیز بدست آمده است (Koocheki & Khaleghi, 1998).

### کربن آلی (OC)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی کود ورمی کمپوست، اثرات توأم گل گوگرد همراه با ورمی کمپوست تأثیر معنی داری بر میزان کربن آلی خاک داشته و باعث افزایش آن می‌-

معنی دار گردید. به‌طوری‌که مقدار فسفر محلول در آب در تیمار 10 درصد گوگرد دو برابر تیمار بدون مصرف گوگرد گردید. تیمار 20 درصد نیز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد و تیمار 10 درصد داشت. در تیماری که هیچ گوگردی مصرف نشد عامل مهم در افزایش فسفر محلول مایه تلقیح بود. حداکثر فسفر محلول در آب در هر دو حالت مصرف و بدون مصرف ورمی کمپوست زمانی بود که تلقیح با قارچ و باکتری صورت گرفت. مصرف ورمی کمپوست باعث یک و نیم برابر شدن انحلال‌پذیری فسفر شد. مصرف ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر فراهمی فسفر داشت و باعث شد اثر کاربرد گوگرد در تیمارهای 10 و 20 درصد بر فراهمی فسفر تشدید گردد. محققین بسیاری نیز تأثیر کاربرد گوگرد بر افزایش قابلیت جذب فسفر را گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد (Modaihs et al., 1989)

در آزمایشی اثر کاربرد گوگرد، میزان فسفر قابل جذب خاک را افزایش داد ولی این افزایش در بالا بردن غلظت فسفر برگ تأثیر چشمگیری نداشت. علت این امر می‌تواند حساسیت فوق‌العاده زیاد فسفر به pH خاک باشد. هر چند که pH در اثر کاربرد گوگرد کاهش یافت ولی در pH بالاتر از 7/5 که عموماً یون کلسیم فعال فراوانی حضور دارد، ترکیبات نامحلول عمدتاً به صورت فسفات‌های کلسیم به وجود می‌آید (Koochakzadeh et al., 2004). کودهای آلی موجب افزایش ظرفیت جذب فسفر می‌شوند (Six et al., 1998). همان‌طور که اشاره گردید بسیاری از تحقیقات دلالت بر افزایش قابلیت جذب فسفر در حضور مواد آلی دارند. تولید اسید کربنیک از گاز کربنیک تولید شده طی فرآیند تجزیه مواد آلی در خاک و آب موجود، تشکیل ترکیبات فسفوهومیک که با سهولت بیشتر جذب گیاه می‌شوند، جایگزینی یون هومات به جای فسفات‌های جذب سطحی شده و آزادسازی یون فسفات، رقابت ترکیبات آلی با یون فسفات برای مکان‌های جذبی بر سطح ذرات کربنات کلسیم و پوشیده شدن سطوح رس‌ها و ذرات اکسیدهای آهن و آلومینیوم توسط مواد آلی که ظرفیت جذب فسفات را کاهش می‌دهد، برخی از دلایل احتمالی این امر ذکر شده‌اند (Malakoti, 1997).

#### روی قابل جذب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات اصلی کودی، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها بر میزان روی قابل جذب خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و باعث افزایش آن شدند

گزارش کردند. در تحقیقی دیگر، افزایش درصد کربن آلی خاک را در اثر مصرف کود دامی نسبت به تیمار کود شیمیایی گزارش کردند (Kanchikerimath & Singh, Damodar Reddy et al., 2001) 2001 محققین دیگری نیز افزایش کربن آلی خاک را در نظام زیستی در مقایسه با نظام‌های کم‌نهاد و متداول گزارش کردند (Clark et al., 1998). گزارش‌ها نشان داده است استفاده مداوم از کودهای شیمیایی در خاک به علت تغلیظ بیشتر نمک در محلول خاک، از طریق کاهش تعداد کلنی‌های باکتری و قارچ و نیز گرم‌های خاکی، میزان مواد آلی خاک را کاهش می‌دهد (Yanai et al., 1996).

#### نیتروژن کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کاربرد گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن کل خاک داشت و باعث افزایش آن شد (جدول 4). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد این افزایش در اثر متقابل عدم کاربرد گل گوگرد با کاربرد 5000 کیلوگرم در هکتار کود ورمی کمپوست بیشترین مقدار بود و حدود 50 درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. آزادسازی تدریجی عناصر غذایی کود دامی در افزایش غلظت نیتروژن خاک در این تیمار مؤثر بود. میزان نیتروژن معدنی گاهی از اوقات به‌ویژه در اوایل فصل رشد در نظام زیستی کمتر از حد بهینه می‌باشد که منجر به محدودیت نیتروژن برای محصولات با نیاز بالا می‌شود. مصرف کودهای آلی علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، منجر به افزایش محتوی عناصر غذایی خاک به‌ویژه نیتروژن می‌شود. اساساً نیتروژن کل خاک با مصرف کودهای آلی و عملیات مدیریت زیستی افزایش می‌یابد (Drinkwater et al., 1995).

#### فسفر قابل جذب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس در خاک افزایش 165/5 درصدی فسفر قابل جذب نسبت به تیمار شاهد داشت، به‌طوری‌که حداکثر فسفر قابل جذب در تیمار سه جانبه 1000 کیلوگرم در هکتار گوگرد، 5000 کیلوگرم در هکتار ورمی کمپوست و تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول 4). در تحقیقی روی اثر گوگرد، تیوباسیلوس و ورمی کمپوست را روی سنگ فسفات مشاهده گردید که اثر گوگرد بر میزان فسفر محلول در آب در سطح پنج درصد

تیوباسیلوس، حداکثر آهن قابل جذب در تیمار 1000 کیلوگرم گوگرد با 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست و کاربرد تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول 5). از آنجایی که اغلب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در محدوده pH 6/5 تا 7 بیشترین حلالیت خود را داشته و قابل جذب گیاه می‌باشد لذا فراهم آوردن شرایطی که بتواند pH خاک را به این محدوده نزدیک نماید می‌تواند مقدار زیادی از عناصر نامحلول که غیر قابل جذب برای گیاه می‌باشند را حل نموده و به محلول خاک وارد کند. نتایج داده‌ها در این تحقیق نشان داد بهترین ترکیب تیماری که بیشترین حلالیت عناصر را برای گیاهان فراهم می‌آورد ترکیب گل گوگرد، ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس در شرایط محیطی مناسب از قبیل رطوبت کافی، حرارت و تهویه مناسب می‌تواند عناصر غذایی پر مصرف مثل فسفر، پتاسیم و گوگرد و عناصر کم مصرف از قبیل آهن، روی و... در محلول خاک را افزایش دهد. باکتری تیوباسیلوس و بعضی گونه‌های دیگر باکتری (به مقدار خیلی کم) با استفاده از مواد آلی برای جذب غذا و انرژی سبب اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک و اسیدهای آلی زیادی می‌شوند. تولید اسید سبب کاهش pH شده و حلالیت عناصر را در محلول خاک به مقدار زیادی افزایش می‌دهد. در اثر افزودن گوگرد به خاک و اکسیداسیون این عنصر، pH خاک کاهش یافته و چون به‌ازای هر واحد کاهش pH، غلظت یون آهن در محلول خاک هزار برابر می‌شود. لذا در اثر افزودن گوگرد به خاک‌های اسیدی، غلظت آهن به شدت افزایش می‌یابد. با افزودن مواد آلی و تجزیه این مواد در خاک، منگنز موجود در این کودها آزاد شده و در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و مواد آلی می‌توانند با کلات کردن عناصر کم مصرف قابلیت دسترسی این عناصر را افزایش دهند (Kulkarni, 2009). عزازی و همکاران (Azzazy et al., 1994) در تحقیقات خود پی برد که تلقیح خاک با باکتری تیوباسیلوس به همراه گوگرد جذب عناصر غذایی مثل روی، منگنز و آهن در زیتون (*Olea europaea* L.) را نسبت به حالتی که گوگرد به‌تنهایی استفاده شده بود افزایش داد.

#### سولفات خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات اصلی کودی، اثرات متقابل دو گانه و سه گانه آن‌ها بر میزان سولفات قابل جذب خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و باعث افزایش آن شده است (جدول 4). اثر متقابل سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و

(جدول 4). در تیمارهای سه جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس، حداکثر روی قابل جذب در تیمار 1000 کیلوگرم گل گوگرد با 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست به‌همراه کاربرد باکتری تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول 5). روی از مهمترین عناصر کم مصرف می‌باشد که کمبود آن در خاک‌های زراعی عمومیت دارد. نتایج تجزیه خاک‌های زراعی و همچنین گیاهان مؤید آن است که کمبود روی در این خاک‌ها و گیاهان به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن آن‌ها، اسیدیته بالا، حضور بی کربنات فراوان در آب-های آبیاری، شوری خاک و پایین بودن مواد آلی خاک شایع است (Islam et al., 2009; Kaya et al., 2009). آزمون خاک جهت تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاک‌های قلیایی و آهکی نشان می‌دهد که علی‌رغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (P, Fe, Zn, ... ) در این خاک‌ها فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه می‌باشد. کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدودکننده در تولید محصول با کمیت و کیفیت بالا در این خاک‌ها محسوب می‌شود (Kaplan & Orman, 1998). در کشوری مثل ایران که دارای منابع عظیمی از گوگرد می‌باشد استفاده از گوگرد عنصری به‌عنوان یک ماده اسیدزا به‌منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی از اهمیت خاصی برخوردار است (Islam et al., 2009). اکسیداسیون گوگرد در خاک عمدتاً توسط باکتری‌های تیوباسیلوس انجام می‌شود که جمعیت این باکتری‌ها در خاک‌های ایران به دلیل پایین بودن مواد آلی ناچیز است، بنابراین افزودن مواد آلی به‌علت اثرات مفیدی که در خاک دارد باعث افزایش فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس و افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد خواهد شد (Kariminia & Shabanpoor, 2002). افزایش جذب روی در واکنش به گوگرد ممکن است به‌علت افزایش سطح ریشه در اثر فراهمی گوگرد بوده که در نتیجه باعث رشد بهتر ریشه می‌گردد. در واقع به‌علت شرایط اسیدی که در نتیجه اکسیداسیون گوگرد به‌وجود می‌آید قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش می‌یابد.

#### آهن قابل جذب خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات اصلی کودی، اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه آن‌ها بر میزان آهن قابل جذب خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و باعث افزایش آن شد (جدول 4). در تیمارهای سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و

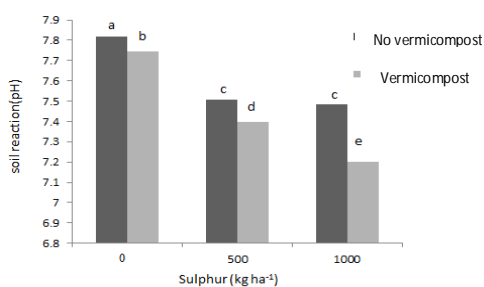
نمود و مشکلات تغذیه‌ای گیاهان را در خاک‌های مذکور تا حدودی برطرف نمود (Chapman, 1989).

### خواص فیزیکی خاک

#### درصد رطوبت اشباع (SP)

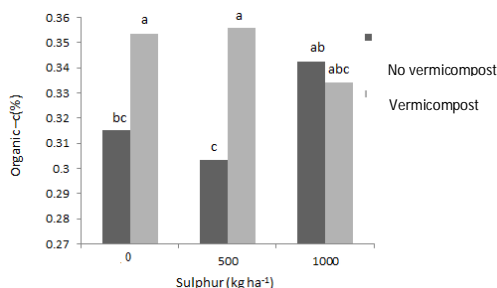
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست و اثر توأم گل گوگرد با ورمی کمپوست و تیوباسیلوس تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد رطوبت اشباع خاک دارد (جدول 4). به طوری که درصد رطوبت اشباع خاک در تیمار گل گوگرد کاهش هشت درصدی و در تیمار کود ورمی کمپوست افزایش شش درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان داد.

تیوباسیلوس میانگین افزایش 246 درصدی سولفات قابل جذب را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. به طوری که حداکثر مقدار آن در تیمار 1000 کیلوگرم گل گوگرد با 5000 کیلوگرم کود آلی ورمی کمپوست بدون مصرف باکتری تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد بود (جدول 5). مصرف گل گوگرد و ورمی کمپوست در حضور باکتری تیوباسیلوس سبب تولید اسیدهای معدنی و آلی زیادی می‌گردد. عمده اسید تولید شده اسید سولفوریک بوده که مقدار آن در محلول خاک افزایش چشم‌گیری نشان می‌دهد. برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان ب دلیل شرایط حاکم بر خاک‌های آهکی و قلیایی که سطح وسیعی از اراضی کشاورزی ایران را تشکیل می‌دهند تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شوند. از طرفی، سالانه بیش از یک میلیون تن گوگرد در صنایع نفت و گاز داخل کشور تولید شده و با بهای ارزان قابل دستیابی است. لذا می‌توان از گوگرد به عنوان عامل اسیدزا استفاده



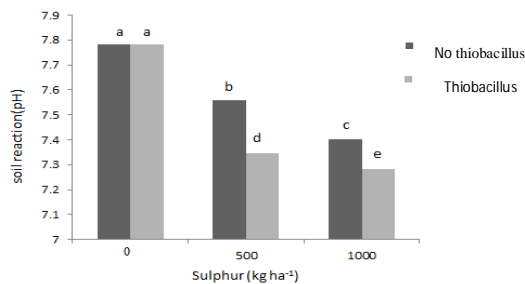
شکل 2- مقایسه میانگین اسیدیته خاک تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست

Fig. 2- Interaction effects of different sulphur levels and vermicompost on soil reaction



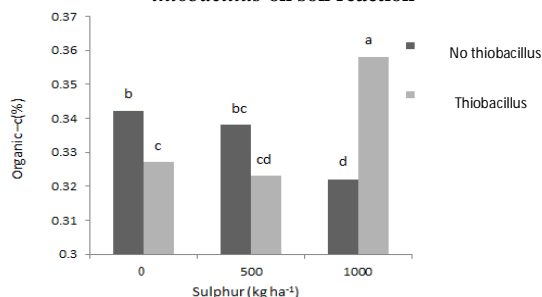
شکل 4- مقایسه میانگین درصد کربن آلی خاک تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست

Fig. 4- Mean comparison of soil organic-C effected by interaction effect of sulphur different levels with vermicompost



شکل 1- اثرات متقابل سطوح گوگرد و تیوباسیلوس بر میانگین اسیدیته خاک

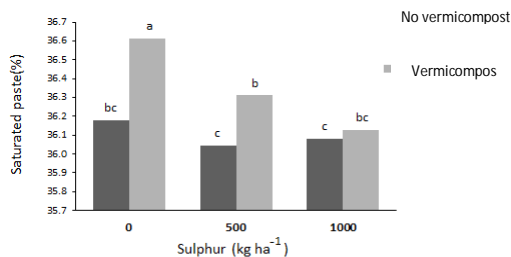
Fig. 1- Interaction effects of different sulphur levels and thiobacillus on soil reaction



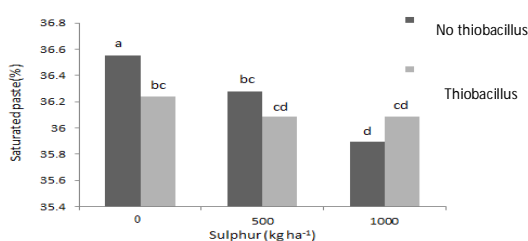
شکل 3- مقایسه میانگین درصد کربن آلی خاک تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس

Fig. 3- Mean comparison of soil organic-C effected by interaction effect of sulphur different levels with thiobacillus





شکل 6- مقایسه میانگین درصد رطوبت اشباع خاک تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست  
**Fig. 6- Mean comparison of soil moisture% effected by interaction effect of sulphur different levels with vermicompost**



شکل 5- مقایسه میانگین درصد رطوبت اشباع خاک تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس  
**Fig. 5- Mean comparison of soil moisture% effected by interaction effect of sulphur different levels with thiobacillus**

(جدول 5). این افزایش می‌تواند به علت مصرف 5000 کیلوگرم ماده آلی ورمی کمپوست باشد که به طور مستقیم از طریق بالا بردن ظرفیت نگهداشت آب خاک و به طور غیر مستقیم افزایش حجم خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری ذخیره آب را در واحد حجم افزایش دهد. افزودن ماده آلی به خصوص ورمی کمپوست به خاک که یک کود آلی نیمه تجزیه شده است به ویژه در مناطق خشک ایران که مقدار بسیار کمی ماده آلی دارند می‌تواند اثر سریعی بر بعضی خصوصیات فیزیکی خاک از جمله ظرفیت زراعی خاک داشته باشد. ماده آلی علاوه بر اینکه چند برابر وزن خود می‌تواند آب را جذب و نگهداری نماید با انعقاد و اتصال ذرات خاک به همدیگر سبب ایجاد خاکدانه‌ها و افزایش حجم خاک شده در نتیجه ظرفیت زراعی خاک را افزایش می‌دهد. توانایی نگهداری آب خاک یکی از خصوصیات اصلی خاک است که تحت اثر بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مرتبط با مقدار رطوبت خاک، حرکت سیالات در خاک و زمان آبیاری و زهکشی است (Ebtisam, 2007).

#### وزن صد دانه ذرت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیوباسیلوس، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن صد دانه در ذرت داشتند (جدول 6). به طوری که استفاده از هزار کیلوگرم گوگرد در هکتار، حدود سه درصد (شکل 7)، مصرف پنج تن ورمی کمپوست 2/5 درصد و تیوباسیلوس 2/5 درصد وزن صد دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند. هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبه تیمارهای کودی، تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه نداشتند.

نتایج آزمایش گت ریز و همکاران (Gutiérrez et al., 2008) نشان داد که کود ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک گیاه، ارتفاع و در نهایت سیستم ریشه گیاه ذرت در مقایسه با شاهد گردید که عمدتاً به خاطر افزایش ظرفیت نگهداری خاک می‌باشد. تیمار اصلی تیوباسیلوس تأثیر معنی‌داری بر درصد اشباع خاک نسبت به تیمار شاهد در این آزمایش نشان نداد (جدول 4). اثر متقابل گل گوگرد با ورمی کمپوست در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 4) اثر متقابل سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست با تیوباسیلوس تأثیر معنی‌داری بر درصد اشباع خاک نسبت به تیمار شاهد نشان نداد (جدول 4). کاربرد کودهای آلی در کشاورزی علاوه بر بهبود حاصلخیزی خاک، می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی خاک مؤثر باشد (Zaeari et al., 2006). عمده‌ترین منابع تأمین مواد آلی در خاک‌ها عبارتند از فضولات دامی، بقایای گیاهی، لجن فاضلاب‌ها و کمپوست زیاله شهری که امروزه به توجه به اهمیت کشاورزی ارگانیک بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Meirzaei-Talarposhtei, 2008).

#### درصد رطوبت ظرفیت زراعی (FC)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه جانبه ورمی کمپوست، تیوباسیلوس و گوگرد در سطح پنج درصد بر درصد رطوبت ظرفیت زراعی معنی‌دار شد (جدول 4). در مطالعه اثر سه‌جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس افزایشی به اندازه 11/9 درصد نسبت به شاهد مشاهده شد به طوری که حداکثر ظرفیت زراعی در کاربرد تیوباسیلوس با 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست و 500 کیلوگرم گوگرد و حداقل آن در تیمار عدم کاربرد تیوباسیلوس با 5000 کیلوگرم ورمی کمپوست و 1000 کیلوگرم گوگرد مشاهده شد.

در تحقیقی نشان داده شده که استفاده از 7/5 تن کود ورمی کمپوست در هکتار عملکرد را 39 درصد افزایش داده که این افزایش عملکرد ممکن است به دلیل افزایش حجم ریشه و نیز به علت افزایش مواد غذایی خاک و عناصر قابل در دسترس باشد (Giusquiani et al., 1995).

#### طول بلال ذرت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای اصلی گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر طول بلال در ذرت داشتند (جدول 6). به طوری که استفاده از 1000 کیلوگرم گوگرد در هکتار 5/6 درصد (شکل 8)، مصرف پنج تن ورمی کمپوست 6/2 درصد و تیوباسیلوس 6/5 درصد طول بلال را نسبت به شاهد افزایش دادند. هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبه تیمارهای کودی، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک طول بلال نداشتند.

#### تعداد ردیف در بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 6) نشان داد که اثر اصلی تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر صفت تعداد ردیف در بلال ذرت داشت. استفاده از هزار کیلوگرم گل گوگرد در هکتار حدود 3/3 درصد (شکل 9)، مصرف پنج تن ورمی کمپوست 3/3 درصد و باکتری تیوباسیلوس 2/4 درصد تعداد ردیف در بلال را نسبت به شاهد افزایش داد. هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبه تیمارهای کودی، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک تعداد ردیف نداشتند.

#### تعداد دانه در ردیف

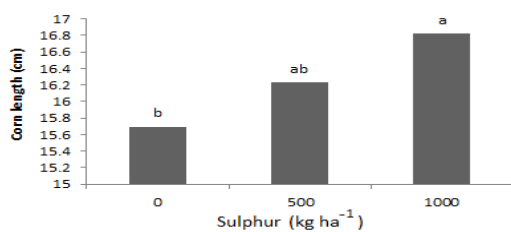
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 6) نشان داد که اثر اصلی تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر صفت تعداد دانه در ردیف در ذرت داشت (جدول 6). استفاده از 1000 کیلوگرم گوگرد در هکتار، حدود هفت درصد (شکل 10)، مصرف پنج تن ورمی کمپوست 7/4 درصد و تیوباسیلوس 4/5 درصد صفت تعداد دانه در ردیف ذرت را نسبت به شاهد افزایش داد. هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبه تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در ردیف نداشت.

#### عملکرد دانه ذرت

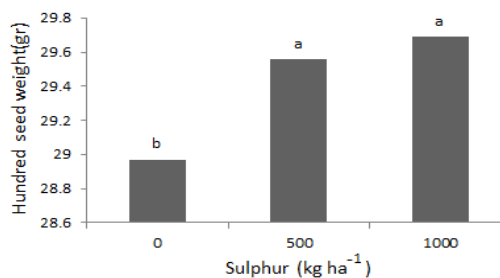
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 6) نشان داد که اثر متقابل تیمارهای گل گوگرد با ورمی کمپوست و اثر متقابل گوگرد با تیوباسیلوس در سطح پنج درصد معنی‌دار شد به طوری که در تیمار کاربرد گوگرد و ورمی کمپوست افزایش چهار درصدی و در تیمار کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس افزایش 12/7 درصدی نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل 11 و 12). اثر متقابل ورمی کمپوست و تیوباسیلوس و تیمار سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست با تیوباسیلوس تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نسبت به شاهد نداشتند.

#### عملکرد بیولوژیک ذرت

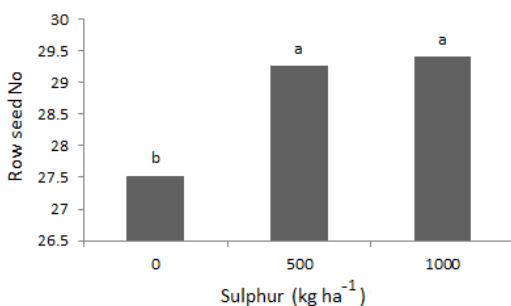
اثر متقابل سه جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس اثر معنی‌داری را در سطح پنج درصد بر صفت عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول 7). نتایج تحقیقات مشابه تحقیق عیدی‌زاده و همکاران (Edizadeh et al., 2010) نشان داد که استفاده از پنج تن کود ورمی کمپوست در هکتار عملکرد بیولوژیک را 39 درصد نسبت به شاهد افزایش داد. این افزایش عملکرد (39 درصد) ممکن است به دلیل افزایش حجم ریشه و نیز به علت افزایش عناصر غذایی خاک باشد (Phukan, 1993). در مطالعه تأثیر انواعی از باکتری‌های محرک رشد در شرایط مختلف آب و هوایی مشخص گردید که تلقیح با این باکتری‌ها می‌تواند اثرات متفاوتی بر وزن اجزای مختلف گیاه ذرت داشته باشد به طوری که در برخی موارد اثرات منفی ناشی از تلقیح نیز مشاهده شد. شاهارونا (Shaharouna, 2006) با مطالعه اثر سویه‌های مختلف باکتری‌ها بر رشد ذرت و در شرایط مختلف کودی نشان داد که باکتری‌ها می‌توانند وزن خشک بلال را با توجه به میزان کود نیتروژن مورد استفاده بین 15/2 تا 19/7 درصد در مقایسه با شاهد افزایش دهند. سایر محققان نیز افزایش ماده خشک کل را در محصولات نظیر چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) ناظری و همکاران (Nazari et al., 2006) مشاهده نمودند. زهیر و همکاران (1998) (Zahir et al., 2006) افزایش 18 درصدی وزن خشک بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس فلورسنس* تلقیح شده بودند را گزارش نمودند. همچنین روستا و همکاران (Rosta et al., 1997) افزایش وزن خشک بوته ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *ازتوباکتر لیپوفروم* مشاهده نمودند.



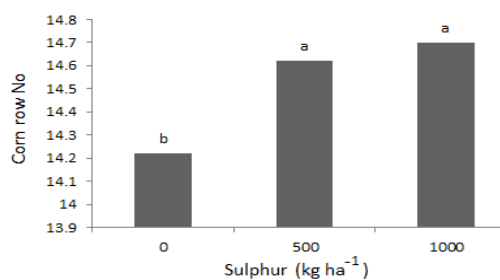
شکل 8- طول بلال ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف گوگرد  
Fig. 8- Corn length under effected by different sulphur levels



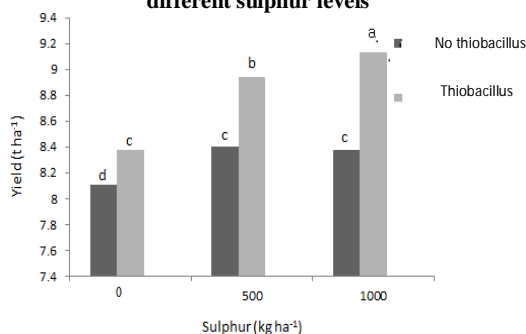
شکل 7- وزن صد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف گوگرد  
Fig. 7- Hundred seed weight under effect of different sulphur levels



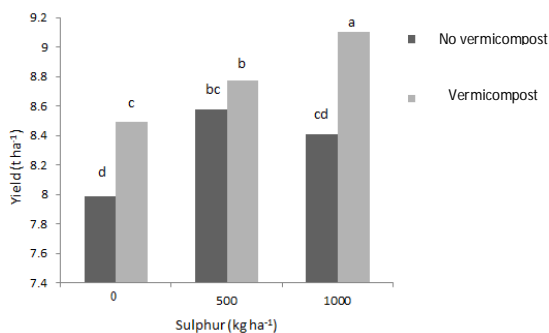
شکل 10 - تعداد دانه در ردیف ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف گوگرد  
Fig. 10- No of seed in rows of corn under effect of different sulphur levels



شکل 9 - تعداد ردیف در بلال ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف گوگرد  
Fig. 9 - No of row in corn under effect of different sulphur levels



شکل 12- مقایسه میانگین عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس  
Fig. 12- Mean comparison of yield in corn under interaction effect of different sulphur levels and thiobacillus



شکل 11 - مقایسه میانگین عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست  
Fig. 11- Mean comparison of yield in corn under interaction effect of different sulphur levels and vermicompost

جدول 4 - تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده ذرت در خاک تحت تأثیر تیمارها  
Table 4 - Results of analysis of variance soil properties of corn as effected by treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن کل Total nitrogen	فسفر P	روی Zn	آهن Fe	سولفات Sulphate	رطوبت گل اشباع Saturated Paste	ظرفیت مزرعه Field capacity
تکرار Replication	2	0.00069 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.00009 <sup>ns</sup>	0.10210 <sup>ns</sup>	0.00425 <sup>ns</sup>	0.0057 <sup>ns</sup>	0.1511 <sup>ns</sup>	0.1315 <sup>*</sup>	0.0495 <sup>ns</sup>
گوگرد Sulphur (S)	2	0.1935 <sup>**</sup>	0.628 <sup>**</sup>	0.00025 <sup>ns</sup>	0.00001 <sup>ns</sup>	232.497 <sup>**</sup>	6.3605 <sup>**</sup>	94.970 <sup>**</sup>	412.118 <sup>**</sup>	0.2777 <sup>**</sup>	0.652 <sup>**</sup>
ورمی کمپوست Vermicompost (V)	1	0.4624 <sup>**</sup>	0.219 <sup>**</sup>	0.0075 <sup>**</sup>	0.00039 <sup>**</sup>	281.456 <sup>**</sup>	7.335 <sup>**</sup>	146.813 <sup>**</sup>	49.99 <sup>**</sup>	0.565 <sup>**</sup>	18.85 <sup>**</sup>
تیوباسیلیوس Thiobacillus (T)	1	0.4011 <sup>**</sup>	0.1100 <sup>**</sup>	0.00033 <sup>ns</sup>	0.0000 <sup>ns</sup>	87.859 <sup>**</sup>	6.545 <sup>**</sup>	63.786 <sup>**</sup>	30.360 <sup>**</sup>	0.0084 <sup>ns</sup>	2.501 <sup>**</sup>
گوگرد * ورمی کمپوست (S×V)	2	0.0001 <sup>ns</sup>	0.00373 <sup>**</sup>	0.00305 <sup>**</sup>	0.00015 <sup>**</sup>	13.1032 <sup>**</sup>	2.0941 <sup>**</sup>	6.264 <sup>**</sup>	53.59 <sup>**</sup>	0.115 <sup>*</sup>	5.816 <sup>**</sup>
ورمی کمپوست * تیوباسیلیوس (V×T)	1	0.0081 <sup>ns</sup>	0.0008 <sup>ns</sup>	0.00001 <sup>ns</sup>	0.00004 <sup>**</sup>	0.656 <sup>ns</sup>	0.0536 <sup>**</sup>	3.397 <sup>**</sup>	2.433 <sup>**</sup>	0.0156 <sup>ns</sup>	0.175 <sup>*</sup>
گوگرد * تیوباسیلیوس (S×T)	2	0.581 <sup>**</sup>	0.0348 <sup>**</sup>	0.0026 <sup>**</sup>	0.00027 <sup>**</sup>	16.0325 <sup>**</sup>	1.4802 <sup>**</sup>	6.538 <sup>**</sup>	97.472 <sup>**</sup>	0.4654 <sup>**</sup>	5.932 <sup>**</sup>
گوگرد*ورمی کمپوست*تیوباسیلیوس (S×V×T)	2	0.0088 <sup>*</sup>	0.0017 <sup>ns</sup>	0.00025 <sup>ns</sup>	0.000015 <sup>*</sup>	3.294 <sup>**</sup>	0.878 <sup>**</sup>	2.538 <sup>**</sup>	0.286 <sup>**</sup>	0.0061 <sup>ns</sup>	0.2212 <sup>*</sup>
خطا (Error)	22	0.0023	0.00203	0.00009	0.000019	0.179	0.00354	0.0635	0.045	0.0305	0.0328
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		0.5677	0.5984	2.8815	5.956	2.654	2.116	1.171	1.33	0.4826	0.9305

ns, \* and \*\*: non significant, significant at 5 and 1 percent of probability, respectively  
ns, \* and \*\*: پدیده ترتیب غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر برخی خصوصیات خاک  
Table 5- mean comparison of treatments on some soil properties

تیمارها Treatments	ورمی کمپوست Vermicompost	تیوباسیلوس <i>Thiobacillus</i>	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	نیترژن کل (در صد) Total nitrogen (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg <sup>-1</sup> )	روی (میلی گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	سولفات (میلی گرم بر کیلوگرم) Sulphate (mg.kg <sup>-1</sup> )	رطوبت (در صد) Moisture %
شاهد Control	عدم مصرف Not used	عدم مصرف Not used	8.303 <sup>h*</sup>	0.02133 <sup>de</sup>	9.56 <sup>j</sup>	1.446 <sup>h</sup>	17.13 <sup>i</sup>	7.317 <sup>i</sup>	18.65 <sup>d</sup>
	مصرف Used	مصرف Used	3.387 <sup>g</sup>	0.018 <sup>de</sup>	9.797 <sup>i</sup>	1.500 <sup>h</sup>	17.83 <sup>k</sup>	7.52 <sup>j</sup>	18.42 <sup>d</sup>
۵۰۰ Kg ha <sup>-1</sup>	مصرف used	عدم مصرف Not used	8.54 <sup>f</sup>	0.036 <sup>a</sup>	12.55 <sup>h</sup>	2.30 <sup>f</sup>	19.52 <sup>h</sup>	10.23 <sup>h</sup>	20.47 <sup>b</sup>
	۵ تن در هکتار Used (5 t.ha <sup>-1</sup> )	مصرف Used	8.6.6 <sup>ef</sup>	0.02367 <sup>bcde</sup>	13.55 <sup>g</sup>	2.68 <sup>e</sup>	20.79 <sup>g</sup>	12.07 <sup>g</sup>	20.30 <sup>b</sup>
۱۰۰۰ kg ha <sup>-1</sup>	عدم مصرف Not used	عدم مصرف Not used	8.373 <sup>gh</sup>	0.01833 <sup>de</sup>	11.31 <sup>i</sup>	1.663 <sup>g</sup>	18.40 <sup>j</sup>	15.05 <sup>e</sup>	18.23 <sup>ef</sup>
	مصرف Used	مصرف Used	8.67 <sup>d</sup>	0.01667 <sup>e</sup>	15.33 <sup>e</sup>	2.90 <sup>d</sup>	22.23 <sup>f</sup>	22.75 <sup>b</sup>	17.93 <sup>fg</sup>
۱۰۰۰ kg ha <sup>-1</sup>	مصرف Used	عدم مصرف Not used	8.697 <sup>cd</sup>	0.03167 <sup>bc</sup>	16.03 <sup>d</sup>	2.86 <sup>e</sup>	22.86 <sup>e</sup>	13.65 <sup>f</sup>	20.89 <sup>a</sup>
	۵ تن در هکتار Used (5 t.ha <sup>-1</sup> )	مصرف Used	8.81 <sup>b</sup>	0.0266 <sup>cd</sup>	22.47 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	25.58 <sup>e</sup>	21.75 <sup>e</sup>	20.49 <sup>b</sup>
۱۰۰۰ kg ha <sup>-1</sup>	عدم مصرف Not used	عدم مصرف Not used	8.423 <sup>g</sup>	0.01867 <sup>de</sup>	14.18 <sup>f</sup>	2.796 <sup>d</sup>	18.97 <sup>i</sup>	18.65 <sup>d</sup>	18.22 <sup>ef</sup>
	مصرف Used	مصرف Used	8.767 <sup>b</sup>	0.029ab <sup>e</sup>	18.59 <sup>e</sup>	3.833 <sup>c</sup>	24.27 <sup>d</sup>	14.69 <sup>e</sup>	19.92 <sup>c</sup>
LSD <sub>0.05</sub>	مصرف Used	عدم مصرف Not used	8.633 <sup>de</sup>	0.017 <sup>e</sup>	22.53 <sup>cd</sup>	2.26 <sup>f</sup>	26.07 <sup>b</sup>	25.32 <sup>a</sup>	17.67 <sup>g</sup>
	۵ تن در هکتار Used (5 t.ha <sup>-1</sup> )	مصرف Used	8.997 <sup>a</sup>	0.02723 <sup>bc</sup>	25.38 <sup>a</sup>	4.436 <sup>a</sup>	28.27 <sup>a</sup>	22.45 <sup>b</sup>	20.27 <sup>b</sup>
			0.008467	0.4136	0.4136	0.41360	0.3592	0.3592	0.03067

\*در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارد.

\*\*Means with similar letters in each column are not significantly different (p≤0.05).

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و برخی صفات مورد بررسی ذرت  
Table 6- Results of analysis of variance on yield and some of measured traits of corn

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Hight	وزن صدانه 100-seed weight	طول پال Corn length	تعداد ردیف درپال Corn row No	تعداد دانه در ردیف Row seed No	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	2	0.00176 <sup>NS</sup>	1.374 <sup>**</sup>	0.615 <sup>NS</sup>	0.058 <sup>NS</sup>	12.65 <sup>**</sup>	0.1227 <sup>NS</sup>	3.33 <sup>**</sup>
گوگرد Sulphur (S)	2	0.068 <sup>**</sup>	1.55 <sup>**</sup>	3.823 <sup>*</sup>	0.773 <sup>**</sup>	13.019 <sup>**</sup>	0.918 <sup>**</sup>	12.1 <sup>**</sup>
ورمی کمپوست Vermicompost (V)	1	0.2131 <sup>**</sup>	7.281 <sup>**</sup>	4.766 <sup>*</sup>	2.035 <sup>**</sup>	37.29 <sup>**</sup>	1.95 <sup>**</sup>	54.66 <sup>**</sup>
تیوباسیلوس Thiobacillus (T)	1	0.0107 <sup>NS</sup>	4.501 <sup>**</sup>	10.846 <sup>**</sup>	0.9344 <sup>**</sup>	14.56 <sup>**</sup>	2.433 <sup>**</sup>	21.16 <sup>**</sup>
گوگرد×ورمی کمپوست S×V	2	0.0015 <sup>NS</sup>	0.0862 <sup>NS</sup>	1.048 <sup>NS</sup>	0.058 <sup>NS</sup>	1.93 <sup>NS</sup>	0.187 <sup>*</sup>	6.304 <sup>**</sup>
ورمی کمپوست×تیوباسیلوس V×T	1	0.0020 <sup>NS</sup>	0.148 <sup>NS</sup>	1.013 <sup>NS</sup>	0.084 <sup>NS</sup>	0.396 <sup>NS</sup>	0.106 <sup>NS</sup>	1.74 <sup>*</sup>
گوگرد×تیوباسیلوس S×T	2	0.0054 <sup>NS</sup>	0.498 <sup>NS</sup>	1.869 <sup>NS</sup>	0.046 <sup>NS</sup>	4.158 <sup>NS</sup>	0.1809 <sup>*</sup>	4.165 <sup>**</sup>
گوگرد×ورمی کمپوست×تیوباسیلوس S×V×T	2	0.0063 <sup>NS</sup>	0.203 <sup>NS</sup>	0.715 <sup>NS</sup>	0.0015 <sup>NS</sup>	0.113 <sup>NS</sup>	0.0189 <sup>NS</sup>	1.64 <sup>**</sup>
خطا Error	22	0.00208	0.1945	0.761	0.0321	1.29	0.8722	0.2483
ضریب تغییرات (%) C.V (%)		2.2098	1.5	5.369	1.233	3.954	2.327	2.44

\*در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارد.  
\*Means with similar letters in each column are not significantly different (p<0.05).

## نتیجه گیری

کل، روی، فسفر، آهن، سولفات، درصد رطوبت اشباع و ظرفیت زراعی به طور معنی دار گردید. اثر متقابل دو جانبه گل گوگرد و تیوباسیلوس سبب افزایش معنی دار تمام صفات مورد مطالعه در خاک به استثنای درصد اشباع، ظرفیت زراعی و اسیدیته خاک گردید. تأثیر متقابل دو جانبه کود آلی ورمی کمپوست با باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش حلالیت روی، آهن، سولفات و ظرفیت زراعی به طور معنی دار گردید. اثرات متقابل دوجانبه عوامل فوق در گیاه فقط بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تأثیر معنی داری گذاشتند. اثر سه جانبه گل گوگرد، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش هدایت الکتریکی، ازت کل، روی، فسفر، آهن، سولفات، و ظرفیت زراعی خاک گردید و در گیاه ذرت اثر سه جانبه عوامل فوق تنها بر صفت عملکرد بیولوژیک افزایش معنی داری داشت.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گل گوگرد باعث کاهش اسیدیته خاک و افزایش هدایت الکتریکی، حلالیت عناصر روی، آهن، فسفر، آنیون سولفات در خاک گردید. کود آلی ورمی کمپوست سبب افزایش کربن آلی و ازت کل خاک گردید. اختلاط مایه تلقیح تیوباسیلوس با خاک توانست سبب کاهش اسیدیته، درصد ظرفیت زراعی خاک، افزایش هدایت الکتریکی، افزایش حلالیت عناصر روی، آهن، فسفر و سولفات بشود. گل گوگرد، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش معنی دار تمامی صفات مانند ارتفاع گیاه، وزن صد دانه، طول بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه ذرت شد. از بین اثرات متقابل، اثر متقابل دو جانبه گل گوگرد و کود آلی ورمی کمپوست سبب کاهش اسیدیته، افزایش کربن آلی، ازت

## منابع

- Arnaud, C.M., Saint-Denis, J.F., Narbonne, P., Solerand and Ribera, D. 2000. Influences of different standardized test methods on biochemical responses in the earthworm *Eisenia fetida andrei*. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 67-73.
- Asgari, M., Habibi, D., and Brojerdi, G. 2011. Study on the application of vermicompost, growth stimulating bacteria and humic acid on growth index of peppermint in central province. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 7(4): 41-54. (In Persian with English Summary)
- Aveyard, J. 1988. Land degradation: Changing attitudes - why? *Journal of Soil Conservation, New South Wales* 44: 46-51.
- Azzazy, M.A., Makhoud, M.A., and Haggag, L.F. 1994. Biological farming and sulfur application for improvement of Fe, Zn and Mn uptake by guava (*Psidium guajava* L.) seedlings grown on calcareous soil. *Annals of Agricultural Science* 39: 731-73.
- Babaei, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Shirani Rad, A.H., Golzardi, F., and Mafakheri, S. 2012. Response of agronomical traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Pseudomonas fluorescens* under different phosphorus levels. *Annals of Biological Research* 3: 4195-4199. (In Persian with English Summary)
- Barea, J.D., Werner, C., Azcón-Guilar, R., and Azcón, R. 2005. Interactions of Mycorrhiza Arbuscular and Nitrogen-Fixing Symbiosis in Sustainable Agriculture. D. Werner and W.E. Newton (Eds.), *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology and the Environment* 4: 199-222.
- Baure, A., and Black, A.L. 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. *Soil Science Society of America Journal* 56: 248-254.
- Besharati, K.H. 2003. Sulphur oxidation in soil and better soil condition for increasing oxidation. *Journal of Soil and Water* 7(12): 106-114. (In Persian with English Summary)
- Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture Ecosystems and Environment* 116: 72-84.
- Chapman, S.J. 1989. Oxidation of micronized elemental sulfur in soil. *Plant and Soil* 116: 69-76.
- Clark, M.S., Horwath, W.R., Sherman, C., and Scow, K.M. 1998. Change in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomy Journal* 90: 662-671.
- Damodar Reddy, D., Subba, A., and Rupa, T.R. 2000. Effect of continuous use of cattle manure and phosphorus

- fertilizer on crop yield and soil organic phosphorus in a vertical. *Bioresource Technology* 75: 113-118.
- Deluca, T.H., Skogley, E.O., and Egle, R.E. 1989. Band applied elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. *Biology and Fertility of Soils* 7: 346-350.
- Darzei, M.T., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Study on the mycorrhiza, vermicopost and bio-phosphate fertilizer application on flowering, biological yield and root symbiosis in fennel plant. *Iranian Journal of Agronomy Science* 10 (1): 88-109. (In Persian with English Summary)
- Davodifar, M., Habibi, D., and Davodifar, F. 2012. Study on the saline stress on sustainability of cytoplasm membrane, chlorophyll content and yield components of wheat inoculated with growth stimulating bacteria and humic acid. *Journal of Agronomy and plant Breeding* 8(2): 71-86. (In Persian with English Summary)
- Drinkwater, L.E., Letourneau, D.K., Worknesh, F., Van Bruggen, A.H.C., and Shennan, C. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Applications* 5(4): 1098-1112.
- Ebtisam, I.E. 2007. Effect of soil and water salinity on barley grains germination under some amendments. *World Journal of Agricultural Science Pakistan* 3(4): 246-253.
- Edizadeh, K., Damghani, A.M., Sabahi, H., and Sofizadeh, S. 2010. Effects of biological manures combined with chemical fertilizer on growth of Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology* 2(2): 292-301. (In Persian with English Summary)
- Ferrol, N., and Perez-Tienda, J. 2009. Coordinated nutrient exchange in arbuscular mycorrhiza. In: Azcon- Aguilar, C., Barea, J., Gianiazzi, S., and Pearson, S. *Mycorrhizas-Functional Processes and Ecological Impact* p. 73-87.
- Giusquiani, P.L., Pagliais, M., Giylotti, G., Businell, D., and Benetti, A. 1995. Urban waste compost effect on physical, chemical, and biochemical soil properties. *Journal of Environment Quality* 24: 175-182.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila M., and Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology* 99: 7020-7026.
- Hagin, J., and Tucker, B. 1982. *Fertilization of Dry Land and Irrigated Soils*, Spring-Verlag, New York, USA 186 pp.
- Islam, M., Safdar, A., and Hayat, A. 2009. Effect of integrated application of phosphorus and sulphur on yield and micronutrient uptake by chickpea (*Cicer arietinum*). *International Journal of Agriculture and Biology* 11: 33-38.
- Johnston, A.M., Janzen, H.H., and Smith, E.G. 1995. Long-term spring wheat response to summer fallow frequency and organic amendment in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science* 75: 347-354.
- Jordan, H.V., and Ensminger, L.E. 1985. The role of sulfur in soil fertility. *Advanced Agronomy* 10: 408-418.
- Kanchikerimath, M., and Singh, D. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a cambisol India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86: 155-162.
- Kaplan, M., and Orman, S. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. *Journal of plant nutrition* 21(8): 1655-1665.
- Kariminia, A., and Shabanpoor, S. 2002. Sulphur oxidation power of heterotrophic micro organism in different soils. *Journal of Soil and Water* 1: 57-68. (In Persian with English Summary)
- Kaya, M., Kucukyumuk, Z., and Erdal, I. 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur-containing waste on nutrient concentrations and grown on calcareous soil. *African Journal of Biotechnology* 8: 4481-4489.
- Kazeminej, S.A., Ghadeiri, N.A., Kamkar, A.A., and Kheradnam, M. 2008. Interaction effects of nitrogen and organic matter on rain fed wheat yield. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 45: 61-472. (In Persian with English Summary)
- Khademi, Z., Olfati, M., and Davoodi, M. 2001. Study on the effect of chemical and organic fertilizers on soil properties in wheat and maize rotation. Short Paper, in 7<sup>th</sup> Soil Science Congress of Shahrekord. Iran. (In Persian)
- Khalifa, M.R. 1993. Some soil properties, yield: and elemental composition of seed and leaves of broad bean plants as influenced by some organic waste products. *Journal of Agricultural Research* 19: 1000-1011.
- Kochakzadeh, Y., Malakoti, M.J., and Khavazi, K. 2004. Sulphur role, *Thiobacillus*, phosphate desolvent and organic matter in providing phosphorus requirement of maize. MSc thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., and Khaleghi, J. 1998. *Introduction to Understand the Agronomic Productions*. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)



- Kulkarni, A. 2009. Biozink Solubilizing Microbes. www.biomax.traeindia.com.
- Kowaljow, E., and Mazzarino, M.J. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: Chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 1580-1588.
- Majedian, M.A., Ghalavand, N., Karimian, V.A., and Kamkarhaghighi, A. 2005. Effects of moisture tension, nitrogenous chemical fertilizer, manure and their interaction on yield, yield components and water use efficiency in 704 single cross maize. *Journal of Agricultural science and Natural resources Technology* 45: 417-432. (In Persian with English Summary)
- Malakooti, M.J., and Nafisi, M. 1988. Fertilizer Application on Irrigated and Rain Fed Lands. Tarbiat Modares Publication. Tehran, Iran. (In Persian)
- Meirzaei-Talarposhtei, R., Kambozeia, J., Sabahi, H., and Damghani, A. 2008. Application effects of organic fertilizers on soil physical and chemical properties dry matter production of tomato. *Iranian Journal of Agronomic Researches* 7(1): 257-267. (In Persian with English Summary)
- Modaihsh, S., Al-Mustafa, W.A., and Metwally, A.E. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. *Plant and Soil* 116: 95-101.
- Nazari, M., Shariatmadari, A., Afyuni, H., Mobli, M., and Rahili, S. 2006. Effect of utilization leachate and industrial sewage sludge on concentration of some nutrient and yeild of wheat, barley and corn. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources* 10(3): 97-110. (In Persian with English Summary)
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture Circular 939: 1-19.
- Phukan, S.N. 1993. Effect of plant nutrition on the incidence of late blight disease of potato in relation to plant age and leaf position. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 23: 287-290.
- Rezaeinezhad, Y., and Afeyoni, M. 2000. Organic matter effect on soil chemical properties, elements absorption with maize yield. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources Technology* 4: 19-29. (In Persian with English Summary)
- Rosta, M., Saleh Rastein, N., and Mazaheri Asadei, M. 1997. Study on *Azospirillum lipoferum* in some soils of Iran. *Iranian Journal of Agricultural Science* 298: 29-285. (In Persian with English Summary)
- Shaharoon, B., Arshad, M.Z., Zahir, A., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. Containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochememistry* 38: 2971-2975.
- Six, J.E., Elliott, T., Paustain, K., and Doran, J.W. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society America Journal* 62: 1367-1377.
- Tejada, M., and Gonzalez, J.L. 2003. Effects of the application of a compost originating from Crushed cotton gin residues on wheat yield under dry land conditions. *European Journal of Agronomy* 19: 357-368.
- Yanai, J., Ineham, D.J., Babev, D., Young, I.M., Hackett, C.A., Kyuman, K., and Tosaki, T. 1996. Effect of inorganic nitrogen application on the dynamics of the soil. *Plant and Soil* 180: 1-9.
- Walkley, A.J., and Black, I.A. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Khalid, A. 1998. A.Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science* 15: 7-11.
- Zaeari, A., Rezaeinezhad, Y., Afeyoni, M., and Sgareatmadari, H. 2006. Accuomulation and residual effects of sewage on soil aggregate stability, penetration and soil bulk density. *Iranian Journal of Agricultural Science* 28(1): 108-113. (In Persian with English Summary)



## Effect of Vermicompost, Sulfur and Thiobacillus on Some Soil Physico-chemical Properties, Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.) in Jovain District

M. Ahmadi<sup>1</sup>, S. Shahsavani<sup>2\*</sup>, H. Abasdokht<sup>3</sup>, H.R. Asghari<sup>3</sup> and S. Gharanjik<sup>4</sup>

Submitted: 17-11-2015

Accepted: 27-03-2016

Ahmadi, M., Shahsavani, S., Abasdokht, H., Asghari, H.R., and Gharanjik, S. 2018. Effect of vermicompost, sulfur and thiobacillus on some soil physico-chemical properties, yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Jovain district. Journal of Agroecology 9(4): 1031-1049.

### Introduction

The excessive use of chemical fertilizers causes environmental pollution that is led to imbalance of essential elements in agricultural production system. Organic matter application as compost in the soil can improve chemical quality and biochemical properties that increase essential elements for plant nutrition. Application of organic manure can significantly increase the soil aggregate as well. Reported that application of 7 ton ha<sup>-1</sup> of vermicompost increased number of leaves, stem dry weight, and corn plant height as compared to control and water holding capacity increases. Sulphur in plant is near to phosphorus (0.2%). Sulphur deficiency cause severe reduction in plant growth and due to participation in protein building and its deficiency cause yellowish in younger leaves. Sulphur can be applied as elemental sulphur, with ammonium and super phosphate to the soil. Iran is situated in arid and semi arid region of the world and need to reduce the pH with sulphur application due to high pH above 8 in some parts. The aim of this research was to study the effect of above factors in yield and yield components of maize and reducing environmental pollution.

### Materials and Methods

This research carried out at 2012 in Jovain District suburb of Sabzevar city. Before conducting the research soil sample were collected from 0-30 cm depth and physical and chemical properties of the soil were estimated. Treatments including sulphur, thiobacillus and vermicompost were applied to soil and well mixed with soil before sowing. Each plot consists of five rows with six m length by 80 cm from each other. Seeds were sown at the depth of five cm and 20 cm from each other. This research carried out as a factorial experiment on the basis of randomized complete block design. In this research three factors including elemental sulphur, vermicompost and thiobacillus were used with three replications. Elemental sulphur in three levels (control, 500 kg ha<sup>-1</sup> and 1000 kg ha<sup>-1</sup>), Vermicompost at two levels (control and 5000 kg ha<sup>-1</sup> and thiobacillus with two levels (control and application) were applied. All three treatments were mixed with each other and applied to soil one month before sowing that sulphur oxidation take place. At the time of sowing basal fertilizer were applied as diammonium phosphate as (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) at the rate of 150 kg ha<sup>-1</sup> and potassium sulphate at the rate of 150 kg ha<sup>-1</sup> as (K<sub>2</sub>O) on the bases of local recommendations. Analyses of variance were done with MSTATC and SAS and means compared with least significant difference test at 5% level. Figures were done with Excel 2007.

### Results and Discussion

Analysis of variance showed that interaction effect of sulphur, vermicompost and thiobacillus were significant on soil EC at 5% level. The highest EC was observed in 1000 kg ha<sup>-1</sup> sulphur, 5000 kg ha<sup>-1</sup> vermicompost and thiobacillus treatments. Analysis of variance showed that interaction effect between sulphur and thiobacillus and interaction effect of sulphur and vermicompost were significant on soil pH at 1% level. Mean comparison of data showed that highest decrease of soil pH achieved in 1000 kg ha<sup>-1</sup> sulphur. Main effect of vermicompost and interaction effect of elemental sulphur with vermicompost and sulphur with thiobacillus

1, 2, 3 and 4- Former MSc student, Assistant Professor, Department of Soil Science, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, respectively.

(\*- Corresponding author Email: Shahsavani2001@yahoo.com)

DOI:10.22067/JAG.V9I4.50902

had significant effect on soil organic carbon at 1% level. Interaction effect of sulphur and vermicompost were significant on soil nitrogen at 5% level. Mean comparison of data showed that this increase was due to using 5000 kg ha<sup>-1</sup> and not using sulphur. Interaction effect of sulphur, vermicompost and thiobacillus had significant on available phosphorus. Main effect of three factors and their interactions on available zinc, iron and available sulphate were significant at 5% levels.

#### **Conclusion**

The results of this research showed that application of elemental sulphur were significant on soil moisture, field capacity and soil pH and caused increase in soil EC and availability of soil zinc, iron, phosphorus, and sulphate. Organic manure like vermicompost increased soil organic carbon and soil nitrogen.

**Keywords:** Elemental sulfur, Inoculation, Organic manure, Seed corn, *Thiobacillus thiooxidans*, Vermicompost