بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی تأثیر گوگرد باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود

سید حمید سلسبیلی

اساتید راهنما

دکتر احمد غلامی **دکتر علی درخشان شادمهری**

اساتید مشاور

دکتر حمید عباس دخت **دکتر شاهین شاهسونی**

تیر ۹۰

شماره : ۴۲۴/ب
تاریخ : ۱۳۹۰/۵/۳۰
ویرایش :

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشدآقای **سید حمید سلسبیلی** رشته **اکولوژیک** تحت عنوان : **" بررسی تاثیر باکتری تیوباسیلیوس، گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود"** که در تاریخ **۱۳۹۰/۴/۲۲** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : بسیار خوب امتیاز ۱۸/۲۵) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹) ۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶) ۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴) ۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	۱- احمد غلامی ۲- علی درخشان شادمهری	دانشیار استادیار	
۲ـ استاد مشاور	۱- شاهین شاهسونی ۲- حمید عباس دخت	استادیار استادیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	مهدی برادران	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	منوچهر قلی پور	دانشیار	
۵ ـ استاد ممتحن	حمیدرضا اصغری	استادیار	

رئیس دانشکده :

تقدیم به

خانواده‌ام

که حمایت‌هایشان، بزرگترین پشتوانه برای آغاز و انجام هر کاری

است.

تشکر و قدردانی

اکنون که در سایه الطاف پروردگار، دوره‌ای دیگر از زندگی تحصیلی‌ام را به پایان می‌رسانم، قدردانی از کسانی که مرا در این امر یاری نموده-اند، وظیفه‌ای بزرگ است. از اساتید راهنمای خود، دکتر احمد غلامی و دکتر علی درخشان شادمهری که با راهنمایی، دلسوزی و حمایت هایشان، امید به ادامه و پیمودن مسیری نو را در بنده ایجاد کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از اساتید محترم و بزرگوارم، دکتر شاهسونی، دکتر عباس دخت و دکتر اصغری که با راهنمایی‌ها و انتقال تجربیات گرانقدرشان، این مسیر را برایم هموارتر کردند نیز سپاسگذارم.

در پایان از زحمات بی دریغ، دلسوزانه و بی پایان **پدر** و **مادر** عزیزم که در تمام زندگی پشتیبان و حامی من بودند نهایت قدردانی و سپاسگذاری را دارم و امیدوارم که روزی بتوانم ذره ای کوچک از محبتها یشان را جبران کنم.

تعهد نامه

اینجانب سید حمید ملسلی ..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد / دکتری رشته ..... آلده کاری .....

دانشکده کشاورزی ..... دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه/ رساله بررسی تاثیر کودی باکتری باسیلوس

و ورمی کمپوست بر کارایی مصرف نیتروژن تحت راهنمائی آقای دکتر امید غلامی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه/ رساله توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه/ رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه/رساله ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه/رساله ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ :

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه/ رساله وجود داشته باشد .

بررسی تأثیر گوگرد باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به اجرا درآمد. عوامل مورد آزمایش شامل کود گوگرد در سه سطح : A1، A2 و A3 به ترتیب ۰ ، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، باکتری تیوباسیلوس شامل دو سطح : (عدم مصرف B1 و مصرف ۱۴ کیلوگرم درهکتار B2) و ورمی‌کمپوست شامل دو سطح : C1 ۰ و مصرف ۵ تن در هکتار C2 بودند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست به طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین تأثیر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و اثر متقابل این دو بر میزان گوگرد در دانه معنی دار شناخته شد. افزودن گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست در خاک سبب کاهش معنی دار pH خاک گردید. گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر روی تمامی صفات مورد مطالعه اثر معنی داری داشتند. ورمی کمپوست نیز به طور معنی داری باعث افزایش تمامی صفات مورد مطالعه به جز میزان گوگرد در گیاه شد. اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر روی تمامی صفات مورد مطالعه در این آزمایش معنی دار شناخته شد. اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست به جز در صفت گوگرد در دانه در باقی صفات معنی دار شناخته شدند. اثر متقابل سه گانه تنها در عملکرد بیولوژیک و دانه معنی دار شد. شاخص برداشت نیز در این آزمایش معنی دار شناخته نشد. به طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از این است که کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس، به تنهایی و یا استفاده توأم از آنها در بهبود ویژگی‌های رشدی، عملکرد، pH خاک و میزان گوگرد دانه نخود تاثیر مثبتی داشت. ورمی کمپوست نیز تاثیر مثبتی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و pH خاک داشت.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه **صفحه**

۱-۱- اهمیت حبوبات ۲

۱-۲- نخود ۲

۱-۲-۱- شرایط محیطی مناطق کاشت نخود ۳

۱-۳- اهمیت گوگرد ۳

۱-۴- عوامل مؤثر بر اکسیداسیون گوگرد در خاک ۵

۱-۵- باکتری تیوباسیلوس ۵

۱-۶- ورمی‌کمپوست ۶

۱-۶-۱- مزایای ورمی‌کمپوست ۷

۱-۶-۲- خواص ورمی‌کمپوست ۷

فصل دوم کلیات و مرور منابع

۲-۱- اهمیت حبوبات ۹

۲-۲- نخود ۱۰

۲-۲-۱- مشخصات گیاهی ۱۱

۲-۲-۲- شرایط محیطی مناطق کاشت نخود ۱۲

۲-۲-۳- ارقام و لاین های رایج نخود ۱۲

۲-۲-۴- بذر و جوانه زنی ۱۴

۲-۳- نقش گوگرد در افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک های آهکی ۱۵

۲-۴- اکسایش گوگرد ۱۸

۲-۵- اهمیت کشاورزی پایدار ۱۹

۲-۶- اهمیت خاک و موجودات زنده آن در کشاورزی پایدار ۲۰
۲-۷- اهمیت تولید کودهای بیولوژیک ۲۱
۲-۸- سابقه تولید کودهای بیولوژیک ۲۱
۲-۹- لزوم توجه به وضعیت تغذیه گیاهان در خاکهای آهکی ۲۲
۲-۱۰- استفاده از گوگرد و باکتری تیوباسیلوس برای اصلاح خاک ۲۲
۲-۱۱- اکسایش بیولوژیک گوگرد ۲۳
۲-۱۲- کودهای بیولوژیک گوگردی ۲۶
۲-۱۳- تأثیر گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس ۲۸
۲-۱۴- ورمی‌کمپوست ۲۹
۲-۱۴-۱- بهبود رشد و عملکرد گیاهان ۳۰

فصل سوم : مواد و روش‌ها

۳-۱- موقعیت محل و زمان اجرای آزمایش ۳۳
۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۳۳
۳-۳- طرح آماری و تیمار های به کار رفته در آزمایش ۳۳
۳-۴- اعمال کود گوگردی ۳۵
۳-۵- تلقیح باکتری ۳۵
۳-۶- ورمی‌کمپوست ۳۵
۳-۷-عملیات کاشت ۳۵
۳-۸- عملیات داشت ۳۵
۳-۹- نمونه برداری و اندازه گیری صفات مورد بررسی ۳۶
۳-۹-۱- نمونه برداری ها در طی فصل رشد ۳۶
۳-۹-۲- اندازه گیری اسیدیته خاک ۳۶

۳-۹-۳- برداشت نهایی ۳۷
۳-۹-۴- اندازه گیری میزان گوگرد در دانه نخود ۳۷
۳-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری داده ها ۳۷

فصل چهارم : نتایج و بحث

۴-۱- عملکرد بیولوژیک ۴۰
۴-۲- عملکرد دانه ۴۶
۴-۳- میزان گوگرد دانه ۵۲
۴-۴- اسیدیته خاک ۵۴
۴-۵- ارتفاع ۵۹
۴-۶- وزن صد دانه ۶۳
۴-۷- تعداد غلاف در بوته ۶۷
۴-۸- تعداد دانه در غلاف ۷۱
۴-۹- جمع بندی ۷۸
۴-۱۰- پیشنهادات ۷۹
منابع و مراجع ۸۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱- pH و دمای مناسب در اکسیداسون گوگرد توسط گونه های مختلف تیوباسیلوس..... ۲۵
جدول ۳ -۱ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش..... ۳۳
جدول ٤-۳-مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک ۴۵
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه ۵۱
جدول۴-۱- جدول تجزیه واریانس اثر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر صفات مورد مطالعه

در این آزمایش ۵۸
جدول۴-۲- جدول تجزیه واریانس اثر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر صفات مورد مطالعه در این آزمایش ۷۷

فهرست اشکال

شکل ۳-۱- نقشه کشت ۳۴
شکل ۴-۱- تأثیر گوگرد بر عملکرد بیولوژیک ۴۳
شکل ۴-۲- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک ۴۳
شکل ۴-۳- تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک ۴۳
شکل ۴-۴- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک ۴۴
شکل ۴-۵- اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک ۴۴
شکل ۴-۶- اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک ۴۵
شکل ۴-۷- تأثیر گوگرد بر عملکرد دانه ۴۹
شکل ۴-۸- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد دانه ۴۹
شکل ۴-۹- تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد دانه ۴۹
شکل ۴-۱۰- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه ۵۰
شکل ۴-۱۱- اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه ۵۰
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه ۵۱
شکل ۴-۱۳- تأثیر گوگرد بر میزان گوگرد دانه ۵۳
شکل ۴-۱۴- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر میزان گوگرد دانه ۵۳
شکل ۴-۱۵- اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر میزان گوگرد دانه ۵۴
شکل ۴-۱۶- تأثیر گوگرد بر اسیدیته خاک ۵۶

شکل ۴-۱۷- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر اسیدیته خاک ۵۶
شکل ۴-۱۸- تأثیر ورمی کمپوست براسیدیته خاک ۵۷
شکل ۴-۱۹- اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر اسیدیته خاک ۵۷
شکل ۴-۲۰- اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر اسیدیته خاک..... ۵۷
شکل ۴-۲۱- اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر اسیدیته خاک ۵۸
شکل ۴-۲۲- تأثیر گوگرد بر ارتفاع بوته ۶۱
شکل ۴-۲۳- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع بوته ۶۱
شکل ۴-۲۴- تأثیر ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته ۶۱
شکل ۴-۲۵- تأثیر گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع بوته ۶۲
شکل ۴-۲۶- تأثیر گوگرد و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته ۶۲
شکل ۴-۲۷- تأثیر تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته ۶۲
شکل ۴-۲۸- تأثیر گوگرد بر وزن صد دانه ۶۵
شکل ۴-۲۹- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر وزن صد دانه ۶۵
شکل ۴-۳۰- تأثیر ورمی کمپوست بر وزن صد دانه ۶۶
شکل ۴-۳۱- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر وزن صد دانه ۶۶
شکل ۴-۳۲- تأثیر گوگرد و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه ۶۶
شکل ۴-۳۳- تأثیر تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه ۶۷
شکل ۴-۳۴- تأثیر گوگرد بر تعداد غلاف در بوته ۶۹
شکل ۴-۳۵- تأثیر تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته ۷۰
شکل ۴-۳۶- تأثیر ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته ۷۰
شکل ۴-۳۷- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته ۷۰

شکل ۴-۳۸- اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته ۷۱
شکل ۴-۳۹- اثر متقابل تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته ۷۱
شکل ۴-۴۰- تأثیر گوگرد بر تعداد دانه در غلاف ۷۴
شکل ۴-۴۱- تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف ۷۵
شکل ۴-۴۲- تأثیر ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف ۷۵
شکل ۴-۴۳- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف ۷۵
شکل ۴-۴۴- اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف ۷۶
شکل ۴-۴۵- اثر متقابل تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف ۷۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- اهمیت حبوبات

حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع غذایی مهم انسان به شمار می روند. این گیاهان با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک موثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام های کشاورزی ایفا می کنند و برای تنوع بخشی به نظام های کشت مبتنی بر غلات به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می شوند. علاوه بر آن، گیاهانی کم توقع اند که برای کشت در نظام های زراعی کم نهاده مطلوب هستند و لذا از نظر اکولوژیکی و زیست محیطی، در جلوگیری از افزایش آلودگی اراضی اهمیت دارند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۱-۲- نخود

نخود زراعی با نام علمی *Cicer arietinum* از خانواده بقولات Fabaceae زیر تیره پروانه آساها Paplionaceae جنس Cicer می‌باشد. در زبان فارسی به این گیاه نخود زراعی، نخود سفید، نخود ایرانی و یا نخود اطلاق می‌شود و در زبان انگلیسی آن را Garbanzou , Fieldpea , Chickpea Gram و Bangalgram می نامند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

نخود در بین حبوبات از نظر اهمیت رتبه سوم دنیا را با تولید جهانی معادل ۸ میلیون تن دارا است. این مقدار تولید از سطحی معادل ۱۰/۳۵ میلیون هکتار با عملکرد متوسط ۷۷۳ کیلوگرم به دست می آید. تولید این محصول از حدود ۵/۶ میلیون تن در سه سال ۸۲-۱۹۸۰ به مقدار ۸ میلیون تن در سه ساله ۲۰۰۴-۲۰۰۲ بالغ شده است. نخود به عنوان مهمترین حبوبات در ایران، با سطح زیر کشت معادل ۷۵۰ هزار هکتار و تولید ۳۰۰ هزار تن با عملکرد متوسطی معادل ۴۰۷ کیلوگرم در هکتار می باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

نخود در بین حبوبات ۶۴٪ سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است و در بین محصولات کشاورزی در کشور از نظر سطح زیر کشت سومین رتبه را دارا می باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۱-۲-۱- شرایط محیطی مناطق کاشت نخود

نخود در نیم کره شمالی و بیشتر بین مدار۲۰ و۴۰ درجه عرض شمالی کشت می شود. نواحی کوچکی بین ۱۰ و۲۰ درجه عرض شمالی در ارتفاعات هندوستان و اتیوپی نیز به کشت آن اختصاص یافته است. نخود نوع محلی (Desi type) بیشتر در مدار ۲۰و ۳۰ درجه عرض شمالی و نخود نوع کابلی (Kabuli type) در بالای ۳۰ درجه عرض شمالی کشت می شود. این شرایط محیطی تفاوت های معنی داری در طول مدت روشنایی، درجه حرارت و میزان نزولات آسمانی سالانه دارد که همگی تأثیرات اساسی روی رشد و نمو نخود را باعث می گردند (مجنون حسینی ، ۱۳۸۳).

۱-۳- اهمیت گوگرد[1]

گوگرد یکی از عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می باشد. مقدار آن در پوسته زمین حدود ۰/۰۶ درصد بوده و از نظر فراوانی در لیتوسفر در ردیف ششم بوده و از لحاظ مقدار مورد نیاز گیاه پس از سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم یکی از مهمترین عناصر می باشد (نظر و همکاران، ۲۰۱۱). مقدار گوگرد در خاک ها از ۰/۰۰۲ درصد (در خاک‌های شدیداً هوادیده و آبشویی شده) تا ۵ درصد (در خاک‌های آهکی و شور) متغیر می باشد. میزان گوگرد گیاهان تقریباً مشابه میزان فسفر آنها است و از طرفی گوگرد از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتئین سلولی اهمیت دارد. بطور کلی گوگرد در تشکیل کلروفیل در گیاهان، فعال کردن بعضی از آنزیم ها (پاپائینازها و آنزیم ATP سولفوریلاز)، تشکیل آنزیم نیتروژناز و نیز در ساختمان شیمیایی برخی از ویتامین ها (بیوتین و تیامین)، مواد ناقل الکترون مانند فرودوکسین (مؤثر در احیای جذبی نیترات و سولفات)، تشکیل گلوتاتیون وکوآنزیم A دخالت دارد. این عنصر باعث افزایش مقاومت گیاهان به

[1] Sulfur

امراض، خشکی و سرما می شود و همچنین از تجمع نیترات در گیاهان جلوگیری می کند. علاوه بر موارد یاد شده، اثرات مصرف گوگرد در اصلاح خاک‌های سدیمی و بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در خاک‌های آهکی را نباید از نظر دور داشت (خاوازی و ملکوتی،۱۳۸۰ ، ویدیالاکشمی و همکاران، ۲۰۰۹). گوگرد از مواد آلی خاک و همچنین نمک های غیر آلی(معدنی) نظیر سولفات کلسیم و منیزیم به دست می آید. باران های اسیدی حاوی مقادیر قابل توجهی گوگرد هستند. اتمسفر مناطق دور از شهر های صنعتی و دریاها (برخی از مناطق آفریقا، ایالات متحده، استرالیا و نیوزیلند) گوگرد کمی دارند. به طوری که کمبود گوگرد در محصولات زراعی امری عادی است. معدنی شدن گوگرد و تشکیل یون های سولفات از مواد آلی، شبیه به تغیرات نیتروژن موجود در مواد آلی است. در شرایط بی هوازی ممکن است گوگرد احیا شده و در غلظت های سمی تجمع یابد. گوگرد در خاک‌هایی که تهویه خوبی ندارند توسط باکتری های هتروتروف ابتدا به SH_2 تبدیل می شود، این ترکیب گوگردی اکسید شده و در نهایت به اسید سولفوریک تبدیل می شود که خاک را اسیدی می نماید. همانند نیتروژن فرم های اکسید شده گوگرد به شکل یون $(SO_4)^{-2}$ توسط گیاهان جذب می شود. این ترکیب گوگردی قبل از تبدیل به ترکیبات دیگر به وسیله آنزیم ها احیا می شود. گوگرد همانند نیتروژن در تشکیل پروتئین ها دخالت دارد، گوگرد پیوند تیول را که از نظر سطح انرژی مشابه پپتید ها دارای نیتروژن می باشد تشکیل می دهد. به نظر می رسد گروه های سولفوریل در مقاومت پروتوپلاسم به سرما و خشکی مهم باشند. گوگرد در انتقال انرژی می تواند نقشی شبیه فسفر ایفا نماید. گوگرد جز ساختمانی اسید های آمینه سیستیئن و متیونین است. (نیک نیایی، ۱۳۸۶ ، الدور، ۲۰۰۷). جذب سولفور و تولید ترکیبات حاوی گوگرد یکی از فعالیت های بیولوژیک اساسی است که نقش ضروری و حساس را در فرآیند های زیستی بازی می کند که شامل نقش ترکیبات حاوی گوگرد مانند گلوتاتیون و فیتوکلایتین در عناصر کمیاب است که به صورت هموئستازی در گیاهان عمل می کند (گان نم و سالت، ۲۰۱۰).

۱-۴- عوامل مؤثر بر اکسیداسیون گوگرد در خاک

اکسیداسیون شیمیایی گوگرد بسیار کند است و قسمت اعظم گوگرد موجود در خاک توسط میکروارگانیسم ها اکسید می شود. بنابراین هر عاملی که بتواند رشد و نمو و فعالیت میکروارگانسیم های اکسید کننده گوگرد را تحت تاثیر قرار دهد، بر میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک نیز اثر خواهد گذاشت. میزان اکسیداسیون بیولوژیک گوگرد به اثرات متقابل سه فاکتور اصلی جمعیت میکروارگانیسم های اکسید کننده گوگرد، مشخصات ترکیبات گوگردی و شرایط محیطی موجود در خاک بستگی دارد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰ ، ژی هیو و همکاران ۲۰۱۰).

۱-۵- باکتری تیوباسیلوس[1]

باکتری تیوباسیلوس مهم ترین اکسید کننده گوگرد در خاک به شمار می رود. تلقیح کردن خاک با این باکتری باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد می شود. در صورتی که جمعیت این باکتری در خاک پایین باشد، مصرف گوگرد همراه با تیوباسیلوس در خاک های قلیایی و آهکی اثرات سودمندی به دنبال خواهد داشت (وین رایت، ۱۹۸۴). باکتری های جنس تیوباسیلوس از نوع کمولیتوتروف می باشند که به انواع خاکزی اجباری و اختیاری تقسیم می شوند (خاوازی و همکاران ۲۰۰۱) که قادرند ترکیبات مختلف گوگردی را اکسید نمایند. ترکیباتی مانند گوگرد عنصری، سولفیت‌ها، تتراتیونات $(S_4O_6)^{2-}$ و تیوسولفات $(S_2O_3)^{2-}$ را اکسید می کنند (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). باکتری های تیوباسیلوس با اکسایش ترکیبات گوگرد انرژی لازم برای تثبیت CO_2 را کسب کرده و مقداری اسید در محیط زیست خود تولید می کنند. این باکتری ها با تشدید اکسایش گوگرد در خاک های آهکی و قلیایی می توانند در کاهش pH خاک (به طور موضعی) ، اصلاح خاک، تأمین سولفات مورد نیاز گیاه و در دسترس قرار دادن برخی از عناصر غذایی مؤثر باشند (ملکوتی و ریاضی

[1] Thiobacillus

همدانی، ۱۳۷۰). باکتری تیوباسیلوس به عنوان یک اکسید کننده مهم گوگرد در خاک باعث افزایش چشمگیر میزان سولفات در خاک می شود (ویدیالاکشمی و همکاران، ۲۰۰۹).

۱-۶- ورمی‌کمپوست[1]

ورمی کمپوست عبارتست از مدفوع کرم هایی که از زباله، کود دامی تازه یا هر ماده آلی دیگر تغذیه کرده و مواد آلی را به ذرات خیلی ریز خرد می کنند. ورمی کمپوست نتیجهٔ هضم طبیعی غذا در سیستم هاضمهٔ کرم های خاکی است و دورهٔ رشد گیاه را بوسیله داشتن میکروارگانیسم و همچنین مواد آلی فعال و تسریع می نماید (کرم زاده ۱۳۸۹).

ورمی کمپوست یک کود بیوارگانیک است که بسیار نرم، سبک وزن، ترد، تمیز و بی بو بوده و ظاهری کم و بیش شبیه به پودر گرانوله قهوه دارد. کیفیت ورمی کمپوست به نوع غذا (محیط کشت) یا مواد زائد آلی که کرم ها از آن تغذیه کرده اند، بستگی دارد. برای مثال کرم ها می توانند مواد آلی با سلولز زیاد مانند خاک اره را هضم کرده و یک ماده اصلاح کننده خاک با کیفیت پایین تولید نماید. بر عکس کرم ها قادرند با مواد غنی از ازت و فقیر از سلولز، ورمی کمپوست با کیفیت عالی تولید نمایند (کرم زاده ۱۳۸۹ و عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶).

برای نگهداری از گیاهان بویژه مزارع، گلخانه ها و درختان میوه نیازمند مواد آلی می باشیم. سالها مطالعه و تلاش کردیم و پس از انجام مراحل تحقیقات و آزمایشات گوناگون دریافتیم باز هم قدرت لایزال پروردگار با خلقت موجودی ارزشمند به نام کرم خاکی توانسته یکی از عمده ترین نیازمندی های بستر گیاه یعنی مواد آلی، را با وجود فضولات این جانور تامین نماید. ورمی کمپوست حاصل فعالیت بیولوژیک یک نوع کرم خاکی بوده که این جانور از مواد آلی موجود در طبیعت تغذیه کرده و آن را به کود آلی مغذی تبدیل می کند. در حال حاضر ورمی کمپوست به عنوان تنها کود آلی

[1] Vermicompost

بیولوژیک در دنیا ساخته شده و فرآیند کمپوست را به صورت بیولوژیک انجام می دهد. (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶).

۱-۶-۱- مزایای ورمی کمپوست

افزایش مقاومت گیاهان در تنش‌های محیطی و عوامل بیماری زای خاک، افزایش رنگ گلها، طعم و مزه در محصولات کشاورزی، تامین کننده عناصر ریز مغزی مورد نیاز انواع گیاهان، بهبود جوانه زنی بذرها و تشدید ریشه زائی قلمه ها، افزایش دوام گلهای شاخه بریده و تداوم گلدهی گونه های مختلف را می توان نام برد (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶).

۱-۶-۲- خواص ورمی کمپوست

سبک و فاقد هرگونه بو، عاری از تخم علفهای هرز، حاوی میکروارگانیسم های هوازی مفید مانند ازتوباکتر ها، بالا بودن میزان عناصر اصلی غذایی در مقایسه با سایر کودهای آلی، دارا بودن عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز، دارا بودن مواد محرکه رشد گیاهی نظیر هورمون ها، قابلیت بالای نگهداری آب و مواد غذایی، فرآوری سریعتر از بیو کمپوست، عاری از باکتری های غیر هوازی، قارچ ها و میکروارگانیسم های پاتوژن، اصلاح کننده خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک، وجود عناصر ماکرو شامل : ازت، فسفر ، کلسیم، امکان فرآوری به چای کمپوست، هوادهی بهتر خاک با ایجاد خلل و فرج و ایجاد پوکی در خاکهای متراکم و قابل مصرف در پرورش کلیه محصولات کشاورزی (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶ و کرم زاده ۱۳۸۹).

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، میزان گوگرد دانه گیاه و میزان pH خاک بود.

فصل دوم

کلیات و مرور منابع

۲-۱- اهمیت حبوبات

حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می دهد چرا که مقادیر قابل توجهی پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی فراهم نماید (پارسا و باقری ، ۱۳۸۷). در کشورهای فقیر و پرجمعیت جهان، نظیر هندوستان با مصرف سرانه ۱۱/۷ کیلوگرم حبوبات، سهم آن در رژیم غذایی مردم نسبت به سایر کشورها بیشتر است. در کشور ما نیز حبوبات با مصرف سرانه ۴/۸ کیلوگرم، اگرچه مصرف آن از متوسط جهانی (۶/۱ کیلوگرم) پایین تر است ولی در عین حال نقش مهمی در تغذیه مردم کم درآمد ایفا می کند (پارسا و باقری ، ۱۳۸۷).

حبوبات با تثبیت زیستی نیتروژن نقش مهمی در حاصلخیزی خاک دارند و در حقیقت هر بوته‌ای از حبوبات را می توان به تنهایی به عنوان کارخانه کوچکی از کود شیمیایی نیتروژن در نظر گرفت که علاوه بر تأمین نیاز خود به نیتروژن، برای محصول بعد از آن نیز مفید است (مجنون حسینی ، ۱۳۸۳).

حبوبات به دلیل بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، نقش مهمی در پایداری نظام های کشاورزی ایفا نموده و برای تنوع بخشیدن به نظام های کشت مبتنی بر غلات، که تأمین غذایی جهان بر آن استوار است، به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می شوند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

به طور کلی حبوبات دومین گروه مهم محصولات زراعی بعد از غلات به شمار می روند. در سال ۲۰۰۵ تولید جهانی حبوبات با متوسط عملکرد ۸۴۲ کیلوگرم در هکتار معادل ۶۱/۷ میلیون تن گزارش شده است (پارسا و باقری ، ۱۳۸۷). حبوبات متنوعی وجود دارند که در بخش های مختلف دنیا در مقاطع مختلف زمانی در طول سال، بسته به نوع نیازمندی های اقلیمی کشت می شوند. نخود،

عدس، لوبیا، نخود فرنگی، ماش و دال عدس نسبت به سایر حبوبات از لحاظ سطح زیر کشت و تولید در برخی کشورها و نیز مقیاس جهانی مهم تر هستند (پارسا و باقری ، ۱۳۸۷).

دانه حبوبات با داشتن ۳۲– ۱۸درصد پروتئین در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان نقش مهمی دارد. حبوبات علاوه بر تأمین پروتئین به علت یک ویژگی که تقریباً خاص گیاهان خانواده بقولات است یعنی وجود باکتری های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفری در ریشه آنها ، در حاصلخیزی خاک مؤثرند و هر ساله مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک افزوده می شود (مجنون حسینی ، ۱۳۸۳). در ایران کشت حبوباتی چون نخود، عدس، انواع لوبیا، باقلا، ماش، نخود فرنگی، خلر و دال عدس به ترتیب از اهمیت بیشتری برخوردار است (پارسا و باقری ، ۱۳۸۷). مقدار پروتئین موجود در بذور حبوبات ۳ -۲ برابر بیشتر از پروتیئن موجود در دانه های غلات (دانه های گندم ۲۱-۷ ٪ ، دانه ذرت ۱۵-۷ ٪ ، دانه برنج ۸-۷ ٪) و ۲۰ -۱۰ برابر بیشتر از پروتئین موجود در گیاهان غده ای (نشاسته ای) می باشد. نسبت پروتئین به نشاسته در حبوبات ۱ به ۲/۵ الی ۳، در غلات ۱ به ۶ و در گیاهان غده ای ۱ به ۱۵ می باشد. ارزش بیولوژیکی پروتئین حبوبات به اسید های آمینه ضروری موجود در آنها می باشد، گرچه اسید های آمینه سولفوردار از قبیل تریپتوفان، سیستین، متیونین و ایزولوسین در ترکیب حبوبات کم می باشد ولی اسید آمینه لیسین در آنها زیاد است. علوفه حبوبات به واسطه درصد پروتئین بالا (۱۴-۸ ٪) دارای ارزش بیشتری نسبت به علوفه ذرت (۴/۶ ٪) می باشد. حبوبات حاوی مقدار کمی کاروتئین است، ریبوفلاوین، اسید اسکوربیک و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین می باشند، آنها همچنین از نظر آهن و کلسیم غنی هستند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

۲-۲- نخود

نخود گیاهی با نام علمی *Cicer arietinum L.* می باشد. نخود زراعی یکی از اولین بقولات است

که در دنیای قدیم اهلی شده و به احتمال زیاد نخود از نواحی جنوب شرقی ترکیه و مناطق مجاور آن در سوریه منشأ گرفته است. در این منطقه سه گونه وحشی یکساله از جنس *Cicer* که ارتباط زیادی با نخود زراعی دارند، پیدا شده است. این سه گونه عبارتند از: *C.bijugum* , *C.echinospermum* و *C.reticulayum* که گونه آخری با گونه زراعی قابل هیبریداسیون است. نخود ۴۲ گونه دارد که ۸ گونه آن وحشی و یکساله می باشد. از نظر تیپ بذر، نخود را در سه گروه ارقام کابلی(دانه درشت، سفید و کرم رنگ)، ارقام دسی (دانه ریز، قهوه ای و سیاه رنگ) و ارقام دانه متوسط طبقه بندی کرده اند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲-۱- مشخصات گیاهی

نخود گیاهی یکساله است که ارتفاع بوته آن به ۲۰ تا ۶۰ سانتیمتر می رسد. بوته نخود دارای ساقه های فرعی منشعب بوده و سطح کلیه اندام های آن را کرک های ظریف پوشانده که مایع چسبناکی از آنها تراوش می شود و حاوی اسید مالیک و اگزالیک است. نخود ممکن است از پایه یا از وسط ساقه اصلی شاخه بدهد و البته ارقامی که از پایه شاخه می دهند پر محصول ترند. ریشه نخود بسیار قوی است و به خوبی گسترش می یابد. برگهای نخود مرکب، دارای ۱۱-۹ جفت یا بیشتر برگچه بیضی شکل نوک دار با حاشیه مضرس است که معمولاً برگچه ها دو بدو مقابل یکدیگر قرار دارند. گل های منفرد و در انتهای شاخه های نازک بر روی دمگل نسبتاً بلندی قرار گرفته اند. رنگ گلها سفید، آبی یا بنفش کمرنگ است. نخود گیاهی با خود گشنی تقریباً کامل و میزان متوسط دگرگشنی آن از یک درصد تجاوز نمی کند. میوه نخود به شکل نیام (غلاف) می باشد، در وسط پهن و در طرفین باریک بوده و از کرک های بسیار ریزی پوشیده شده اند که محتوی یک یا دو دانه می باشند. هر بوته نخود ممکن است به طور متوسط بین۱۵۰-۵۰ عدد نیام تولید نماید. دانه در ارقام مختلف نخود به رنگهای سفید، کرم، سیاه، قهوه ای، قهوه ای مایل به قرمز و سفید مایل به زرد دیده می شود. سطح دانه در بعضی ارقام صاف و در برخی دیگر چروکیده است. وزن صد دانه آن بین

۴۰- ۹ گرم متغیر بوده و هرچه رنگ بذر روشن تر باشد وزن آن بیشتر خواهد بود (مجنون حسینی ، ۱۳۸۳ و کوچکی و بنایان اول ،۱۳۷۲).

۲-۲-۲- شرایط محیطی مناطق کاشت نخود

نخود به آب و هوایی گرم و نیمه خشک به خوبی سازگار بوده، همچنین سرما را به خوبی حتی تا ۹- درجه سانتیگراد تحمل می نماید، ولی بهترین درجه حرارت برای رشد نخود بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد است. در نواحی که زمستان های خیلی سردی دارند نخود را بهاره کشت می کنند و در نواحی گرمسیر آن را در پاییز می کارند. نخود قادر است در دامنه وسیعی از pH ۸-۶ رشد نماید ولی برای کشت در خاک هایی که واکنش اسیدیته بیش از ۸/۵ دارند مناسب نیستند. گیاه نخود به خاک های شور و قلیایی خیلی حساس است و طالب خاک های شنی و سبک با کمی آهک می باشد لیکن بیشتر از حبوبات شوری را تحمل می کند. در خاک های سنگین محصول خوبی نمی دهد زیرا به تهویه نا مناسب و رطوبت زیاد خاک خیلی حساس است. در خاک هایی که خوب زهکشی نشوند ریشه به خوبی رشد نمی‌کند و ممکن است بوته ها دچار بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه شوند. بارندگی شدید پس از جوانه زدن و هنگام گلدهی برای بوته های نخود مضر است و همچنین سرمای شدید و تگرگ نیز خسارت زیاد به بار خواهد آورد (کوچکی و بنایان اول ،۱۳۷۲).

۲-۲-۳- ارقام ولاین های رایج نخود

۱- **سفید جم** : مبدأ این رقم اصفهان و به آفات و بیماری ها نسبتاً مقاوم است. رنگ بذر سفید کرمی، درصد پروتئین آن ۲۰ تا ۲۳٪ و وزن صد دانه آن ۲۵ تا ۲۷ گرم می باشد. طول مدت کاشت تا برداشت این رقم ۱۱۲ روز است.

۲- **سفید کوروش** : مبدأ این رقم سلماس و به آفات و بیماری ها نسبتاً مقاوم است. رنگ بذر سفید کرمی، و درصد پروتئین آن ۱۹٪ و وزن صد دانه آن ۲۹/۵ گرم می باشد. طول مدت از کاشت تا برداشت این رقم ۱۱۰ روز است.

۳- **رقم سیاه کاکا** : مبدأ این رقم اهر و رنگ پوست آن سیاه می باشد. درصد پروتئین این رقم ۲۴٪ و وزن صد دانه آن ۱۲ گرم است. کاشت آن به صورت بهاره و پاییزه انجام می شود.

۴- **لاین ILC 482** : منشأ این لاین ترکیه، مقاوم به بیماری برق زدگی (بعضی نژادها) و متحمل به سرما است. متوسط وزن صد دانه این لاین ۲۹ گرم و درصد پروتئین آن حدود ۲۱/۸ درصد است. این لاین از نظر رسیدگی جزء متوسط رس ها است و به صورت بهاره و پاییزه کشت می شود.

۵- **رقم پیروز** : مبدأ این رقم خراسان و دارای رنگ پوست قهوه ای روشن است. درصد پروتئین آن ۲۱٪ و وزن صد دانه آن ۱۵ گرم است و به صورت بهاره و پاییزه کشت می شود.

۶- **رقم هاشم :** نخود هاشم با شجره X 81 T H 55 / ILC 1920 × ILC 2950 با نام FLIP 84 – C 48از مؤسسه بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا[1]) دریافت گردید. نخود هاشم در مقایسه با نخود کوروش که بومی استان گلستان بود، از عملکرد بیشتری برخوردار است و همچنین نسبت به بیماری برق‌زدگی مقاوم است. چون تیپ بوته آن ایستاده است لذا مناسب برداشت مکانیزه (با کمباین گندم) می‌باشد. بر اساس آزمایش‌هایی که در طی سالهای ۱۳۷۵ – ۱۳۶۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی هاشم آباد گرگان و تحقیقات کشاورزی گنبد انجام شده، این رقم در سال ۱۳۷۶ معرفی شد. رقم هاشم با متوسط ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار با رعایت اصول به زراعی نسبت به رقم شاهد محلی کوروش عملکرد بیشتری تولید نموده است. دانه رقم هاشم درشت و رنگ پوست آن

[1] Icarda

کرمی است. درصد پروتئین این رقم ۲۰ تا ۲۳٪ و وزن صد دانه آن ۳۹ گرم است. تیپ رشد ایستاده و برای برداشت مکانیزه مناسب می باشد. این رقم دارای دوره رشد طول طولانی و دیررس است.

۷- **رقم آرمان** : نخود آرمان با نام FLIP 90-96 C از مؤسسه بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) آورده شد. نخود آرمان در مقایسه با نخود بیونیج، جم، هاشم و رقم محلی گچساران که به ترتیب ارقام شاهد استان‌های کرمانشاه، ایلام، گلستان و کهکیلویه و بویر احمد می‌باشند، از عملکرد بیشتری برخوردار بوده و همچنین نسبت به بیماری برق‌زدگی مقاوم می باشد.. دانه رقم آرمان کرم رنگ می باشد و نسبت به رقم محلی از زودپزی بالایی برخوردار است و میزان پروتئین آن ۲۶/۵٪ و وزن ۱۰۰ دانه از ۳۰ تا ۴۲ گرم متغیر می‌باشد (پارسا و باقری ۱۳۸۷).

۲-۲-۴- بذر و جوانه زنی

یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد، پوشش گیاهی ضعیف مزرعه است. کیفیت پایین بذر، شرایط نامناسب بستر بذر، روش های کاشت، وقوع تنش های زنده و غیر زنده نقش مؤثری در این ارتباط دارند. به نظر می رسد که بذر نخود دورهٔ خواب نداشته و یک بذر زنده با محتوی رطوبت اولیه (۱۰٪)، در صورتی که آب جذب کند و میزان رطوبت آن به بیش از ۸۰٪ برسد، می تواند جوانه بزند. بررسی در محیط های کنترل شده نشان داده است که جوانه زنی نخود در دامنه ای از درجه حرارت بالاتر از درجه حرارت پایه که برای نخود صفر درجه سانتیگراد ذکر شده، رخ می دهد. با این حال سریعترین جوانه زنی بین درجه حرارت های ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد انجام می گیرد. به نظر می رسد حد نهایی و محدود کنندهٔ جوانه زنی، ۴۰ درجه سانتیگراد باشد. شرایط نامطلوب رطوبت بستر بذر، اغلب سبب سبز شدن پراکنده و ضعیف گیاهان در مزرعه می شود. در مطالعه‌ای با کاهش

پتانسیل آب خاک، به کمتر از ۰/۱۴- مگاپاسکال[1] جوانه زنی نخود کاهش یافته و در پتانسیل ۱/۵- مگاپاسکال فقط ۲۰٪ بذر ها جوانه زدند (پارسا و باقری ۱۳۸۷، مجنون حسینی ، ۱۳۸۳).

۲-۳- نقش گوگرد در افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک های آهکی

هر مول گوگرد پس از اکسید شدن دو مول یون هیدروژن تولید کرده و سبب کاهش pH خاک (به طورموضعی) و افزایش انحلال عناصر غذایی در ریزوسفر می گردد(ژی هیو و همکاران، ۲۰۱۰؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۰۷؛ مداهیش و همکاران، ۱۹۸۹ ؛ بشارتی و همکاران، ۱۳۷۷)

در یک بررسی گلخانه ای که در خاک آهکی و بر روی ذرت انجام شد، استفاده از ۰/۰۵٪ (وزنی) گوگرد در مقایسه با شاهد pH خاک را ۱/۳ کاهش داد. مقدار فسفر قابل جذب خاک از ۴/۹۹ به ۱۲/۸۷ و آهن قابل جذب خاک نیز از ۲/۰۷ به ۳/۸۲ میلی گرم در کیلو گرم افزایش یافت. در این بررسی در دو تیمار شاهد و ۰۵/٪ گوگرد، وزن خشک بخش هوایی ذرت به ترتیب ۱۰/۸۹ و ۲۷/۹۵ گرم در هر گلدان، فسفر جذب شده توسط گیاه ۱۰/۶۴ و ۳۱/۲۵ و آهن جذب شده ۰/۴ و ۰/۶۲ میلی گرم در گلدان بودند (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹).

استامفورد و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و۲۰ درصد گوگرد را به فرآهمی فسفر از خاک در شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند. آنها گزارش دادند در تیمار ۲۰٪ گوگرد افزایش فرآهمی فسفر بیشتر شده است آنها علت فرآهمی فسفر را اکسایش گوگرد و تولید اسید سولفوریک و کاهش pH گزارش کردند.

محمدی آریا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که استفاده از گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش دسترسی به فسفر از سنگ های فسفات و نیز سبب کاهش معنی دار pH خاک در سطح ۵٪ می‌شود. در این آزمایش pH خاک به ۴/۲ کاهش یافت و حدود ۲ واحد نسبت

[1] Mega Paskal

به تیمار شاهد S0 کاهش pH نشان داد. در این آزمایش تأثیر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و کود فسفره بر روی گیاه ذرت بررسی شد. بر اساس نتایج حاصل از این بررسی استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با مصرف گوگرد در خاک روی تمام شاخص های اندازه گیری شده در خاک و گیاه که شامل وزن خشک بخش های هوایی و ریشه، مقدار فسفر جذب شده توسط گیاه، pH و فسفر قابل جذب خاک گلدانها تأثیر معنی داری در سطح ۱٪ داشت. تاثیر مصرف گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس شبیه تأثیر کاربرد کودهای فسفره بود (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰).

متخصصان تغذیه گیاه سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را که غلظت آنها در برگ های گیاهان در حدود ۲/۵ ، ۰/۱۵ و ۲/۰۰ درصد است، جزء عناصر اصلی و گوگرد را جزء عناصر غذایی ثانویه طبقه بندی کرده اند (نوربخش و کریمیان‌اقبال، ۱۳۷۶). ولی بنا به دلایل متعدد، از جمله زیادی غلظت گوگرد در اندام های گیاهی (۰/۲۵٪) در مقایسه با فسفر (۰/۱۵٪) و نقش بسیار مثبت این عنصر در مواردی مانند افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آهکی و سدیمی و همچنین افزایش نفوذ پذیری و کاهش pH و حذف بی کربنات از آب آبیاری و نقش بسیار مؤثر و مثبت آن در کاهش تنش های شوری و سدیمی، بایستی جایگاه فعلی این عنصر تغییر و در ردیف عناصر اصلی قرار گیرد. و مصرف سالیانه آن در کشور از مصرف کود های فسفاتی (۷۰۰هزارتن در سال) فراتر رود .البته نظر به اینکه شکل قابل جذب گوگرد در گیاهان به صورت یون سولفات (SO_4) می باشد. بنابراین لازم است گوگرد با کمک ریز جانداران اکسید کننده گوگرد به صورت یون سولفات درآید. گوگرد، عنصری حیاتی برای تغذیه گیاهان بوده و عمدتاً در ساخت پروتئین و روغن دخالت دارد (ملکوتی و ریاضی همدانی،۱۳۷۰).

مقدار گوگرد مورد نیاز برای برداشت هر تن دانه روغنی ۱۲ کیلوگرم، برای بقولات دانه ای ۸ کیلوگرم و برای غلات ۴ کیلو گرم می باشد. برای قابل استفاده شدن گوگرد از راه تبدیل آن به

سولفات، فراهم کردن ۴ شرط (رطوبت، مواد آلی، جایگذاری عمقی و ریز جانداران اکسید کننده کوگرد) الزامی است. از طرف دیگر چون اغلب خاک های کشاورزی کشور آهکی و شور می باشند و آب آبیاری نیز محتوی بی کربنات فراوان است ، بنابراین مصرف کود های سولفاتی مخصوصاً اوره با پوشش گوگردی، سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم که دارای خاصیت اسیدزایی می باشند، در اولویت قرار گیرد (نوربخش و کریمیان‌اقبال، ۱۳۷۶).گوگرد نقش های متعددی در تغذیه حبوبات دارد. این عنصر گره زایی و تثبیت زیستی نیتروژن را افزایش می دهد و برای تولید اسید آمینه های گوگرد دار ضروری است. در هند حدود ۳۰٪ اراضی کشاورزی، درجات مختلفی از کمبود گوگرد را نشان می دهند. مطالعات انجام شده در پنجاب هند نشان می دهد که با مصرف ۴۰-۲۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، عملکرد عدس، نخود، لوبیا چشم بلبلی، دال عدس و ماش سیاه به ترتیب، ۴۲۰، ۷۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و زمانی که مصرف گوگرد همراه با نیتروژن و فسفر بود، نتایج از ۳۰ ٪ در لوبیا چشم بلبلی تا حداکثر ۲۰ ٪ در عدس، تغییر کرد. موقعی که فرآهمی گوگرد در خاک کم باشد، مقدار زیادی آمین، نیترات و آمینو نیتروژن را در خود انباشته می کند. بنابراین مصرف مقدار کافی گوگرد، مقدار پروتئین و کیفیت محصول را بهبود می بخشد . همچنین اسید آمینه های گوگردی مانند متیونین و سیستئین را در دانه افزایش می دهد. در خاک های سبک که از نظر مواد آلی فقیر هستند و سولفات در معرض آبشویی قرار دارد مصرف گچ در مقایسه با سایر منابع گوگردی ارجح است . همچنین در خاک های اسیدی گچ به خوبی می تواند گوگرد مورد نیاز حبوبات را تأمین کند. (پارسا و باقری ،۱۳۸۷)

شهابی فر (۱۳۸۹) تأثیر گوگرد و کمپوست را بر عملکرد و غلظت عناصر در اراضی گندم آبی استان قزوین بررسی کرد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار (۲۰ تن کمپوست، ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، ۵۰٪ نیتروژن توصیه شده به همراه فسفر و پتاسیم) به میزان ۵۹۶۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به سایر تیمار ها دارای تفاوت معنی دار می باشد. عملکرد این رقم در تیمار شاهد ۴۸۰۰ کیلوگرم بود. بیشترین مقادیر نیتروژن دانه

و پروتئین نیز از این تیمار به ترتیب۲/۹۳۲ و۱۶/۶۰ بدست آمد. همچنین بیشترین وزن هزار دانه و بیشترین غلظت نیتروژن برگ معادل ۴۵/۳۰ و۲/۵۷۷ از این تیمار بود.

سینگ و همکاران (۱۹۹۱) تأثیر سطوح مختلف گوگرد بر عملکرد و جذب سولفات را در گیاه عدس بررسی نمودند و دریافتند که عملکرد دانه عدس در تیمار های ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد به ترتیب ۷/۴، ۱۶/۸ و ۱۱/۷ درصد افزایش یافت این ارقام در مورد عملکرد کاه به ترتیب ۷/۹، ۱۴/۴ و ۷/۹ درصد بود. مصرف گوگرد جذب سولفات در عدس را در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش داد و تفاوت بین سطوح مختلف گوگرد نیز معنی دار بود. بیشترین عملکرد و جذب سولفات در کاه و دانهٔ عدس با مصرف ۲۵ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم خاک حاصل شد.

۲-۴- اکسایش گوگرد

چرخه بیوژئوشیمیایی گوگرد در طبیعت شامل چهار مرحله معدنی شدن، آلی شدن، احیا و اکسید شدن است که اکسیداسیون مهمترین مرحله چرخه گوگرد به شمار می رود. زیرا گوگرد موجود در اکثر کود ها به حالت احیا بوده و کانی‌های خاک نیز دارای گوگرد احیا شده می باشد، در حالیکه گوگرد قابل جذب در گیاهان بصورت سولفات می باشد. به علاوه اکسایش ترکیبات گوگرد در خاک منبع کسب انرژی برای برخی میکروارگانیسم ها می باشد (کیلهام، ۱۹۹۴؛ طباطبایی، ۱۹۸۶؛ الدور، ۲۰۰۷). اکسایش گوگرد به دو طریق شیمیایی و بیولوژیک صورت می گیرد (طباطبایی،۱۹۸۶؛ الدور،۲۰۰۷؛ ژی هیو و همکاران، ۲۰۱۰). اکسایش شیمیایی شامل واکنش با اکسیژن موجود در هوای خاک است که در نتیجه آن اسید سولفوریک ایجاد می گردد. سرعت این واکنش بسیار کند می باشد. اکسایش بیولوژیک که به وسیله میکروارگانیسم های خاک انجام می پذیرد، فرآیند غیر اختصاصی می باشد، بنابراین توسط انواع زیادی از میکروارگانیسم ها قابل انجام می باشد (طباطبایی، ۱۹۸۶).

۲-۵- اهمیت کشاورزی پایدار

در دهه های اخیر با افزایش تصاعدی جمعیت جهان و رشد بالای جمعیت، کشاورزی به عنوان تنها راه تأمین غذای جامعه بشری اهمیت به سزایی یافت. در سالهای پس از جنگ جهانی دوم کشاورزی بصورت سنتی و برای رفع نیاز خانواده ها صورت می گرفت و از سوی دیگر جمعیت شهرها رو به افزایش بود و شهرنشینان روز به روز نیاز به مواد غذایی بیشتری داشتند، بنابراین نیاز به ایجاد تغییراتی در نحوه کشاورزی احساس می شد (کوچکی و خیابانی، ۱۳۸۶).

دانشمندان علوم کشاورزی افزایش تولید و عملکرد را در دستور کار خود قرار دادند تا بتوانند این نیاز فزاینده را پاسخ دهند. برای افزایش محصولات کشاورزی از یک سو سطح زیر کشت محصولات، مخصوصاً محصولات مهمی مانند: گندم، برنج، سیب زمینی و ... که بیشترین مصرف را در جوامع مختلف داشتند افزایش یافت و بسیاری از زمین های غیر زراعی مانند جنگلها و مراتع و ... به زمین های زراعی تبدیل شدند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). از سوی دیگر روشهای مختلف در جهت افزایش محصول در واحد سطح مورد توجه قرار گرفت که از میان این روشها روشهای به نژادی و به زراعی را می توان نام برد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

در سالهای اخیر دانشمندان متوجه تأثیرات نامطلوب کشاورزی رایج گردیدند و دریافتند که افزایش عملکرد و تولید بدون توجه به تأثیرات منفی آن، زیان های جبران ناپذیری را متوجه جامعه بشری نموده است. تأثیرات منفی کشاورزان رایج بر خاک، آب، محیط زیست، تنوع زیستی کاملا مشهود است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷). استفاده از روش‌های خاکورزی وابسته به ماشین آلات سنگین سبب تخریب خاک گردیده است. استفاده بی رویه از منابع آبی بسیاری از مناطق جهان را با خطر کم آبی مواجه نموده است. استفاده بی رویه از آفت کش ها بسیاری از موجودات مفید را از بین برده سبب آسیب رساندن به خود انسان گردیده و هم چنین باعث ایجاد سویه های مقاوم آفات و علفهای هرز گردیده است. استفاده از کود های شیمیایی سبب آلوده شدن آبهای زیر زمینی و آبهای

جاری شده است. این کودها سبب تغییر در املاح خاک نقاط مختلف گردیده و شوری و تخریب خاک را سبب گردیده است، بعلاوه تداوم استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی باعث تجمع برخی عناصر و ترکیبات (نیترات ، کادمیوم و...) در محصولات شده و افت شدید کیفیت محصول را بدنبال داشته است. کودهای شیمیایی باروری خاک را در طولانی مدت تضمین نکرده و با غفلت کشاورزان از روشهای طبیعی حفظ حاصلخیزی خاک سبب از بین رفتن حاصلخیزی خاکها گردیده اند. با استفاده از روش های اصلاح نباتات و سایر روش های کشاورزی رایج تنوع زیستی به شدت کاهش یافته و این خود تغییرات شدید تر و نتایج بسیار بدتری را به دنبال داشته است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷). محیط زیست وحیات وحش، هم از طریق کاهش زیستگاه ها و هم از طریق تاثیرات جانبی کشاورزی رایج و سایر تأثیرات زندگی مدرن، در خطر قرار گرفته است و در مقیاس وسیع تر تغییرات اقلیمی به دلیل صنعتی شدن کل جامعه و تغییر در کشاورزی ایجاد گردیده است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

۲-۶- اهمیت خاک و موجودات زنده آن در کشاورزی پایدار

با توجه به اینکه خاک بستر رشد گیاه و فعالیت های کشاورزی است، حفظ حاصلخیزی خاک از مهمترین مباحث مربوط به کشاورزی پایدار می باشد. در حفظ حاصلخیزی خاک یکی از مهمترین مسائل، حفظ موجودات زنده درون خاک و حفظ تنوع آن ها می باشد (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷). حشرات، کرم های خاکی، قارچ ها وباکتری ها در حفظ پایداری خاک دارای اهمیت بسیار زیادی می باشند و بدون توجه به آنها نیل به حفظ حاصلخیزی و پایداری خاک امکان پذیر نخواهد بود. موجودات زنده خاکزی بوسیله اثرات متقابل با یکدیگر، با گیاه و بخش اسکلتی خاک، در پایداری و استحکام ساختمان خاک، درجه حاصلخیزی خاک و تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و هم چنین تأمین سلامت گیاه نقش بسزایی دارند. استفاده از میکروارگانیسم های خاک هم زیست با گیاه از دیرباز مورد توجه متخصصین تغذیه گیاهی بوده است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۶). در علم بیولوژی خاک

سعی می گردد موجودات زنده مخصوصاً میکروارگانیسم ها که به نحوی در افزایش قابلیت جذب عناصر و بهبود شرایط خاک و نهایتاً افزایش عملکرد گیاه مؤثرند انتخاب گردیده و به صورت کودهای بیولوژیک در اختیار زارعین قرار گیرد، این یکی از راه های اصلی حفظ حاصلخیزی خاک و عدم استفاده از کود های شیمیایی و ایجاد سیستمهای مستقل و غیر وابسته به نهاده های خارجی و مصنوعی می باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

۲-۷- اهمیت تولید کودهای بیولوژیک

با توجه به اهمیت کشاورزی پایدار، معایب مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و لزوم حفظ حاصلخیزی خاک همراه با حفظ میزان عملکرد گیاهان، همچنین افزایش هزینه تولید کودهای شیمیایی بدلیل افزایش قیمت نفت، استفاده از کودهای بیولوژیک به عنوان جایگزین برای بخشی از کودهای شیمیایی بیش از بیش مورد توجه قرار گرفته است. البته نمی توان یکباره مصرف کودهای شیمیایی را متوقف نمود، بلکه جایگزینی آنها با کودهای بیولوژیک بایستی بتدریج و عالمانه صورت گیرد تا ضمن تعدیل مصرف کودهای شیمیایی و حفظ محیط زیست، میزان تولیدات کشاورزی دچار رکود نگردد. در بسیاری موارد استفاده از برخی کودهای بیولوژیک در کنار برخی مواد مانند گوگرد برای اصلاح خاک مخصوصاً خاک های قلیایی مورد توجه قرار گرفته است که در کشور ما باد توجه به آهکی بودن خاکها و وجود pH بالا استفاده از این روش مناسب و اقتصادی می باشد (نیک نیایی، ۱۳۸۶).

۲-۸- سابقه تولید کودهای بیولوژیک

اولین مایه تلقیح را دو دانشمند به نام‌های هیلتز و نابی در ۱۸۹۵ در آمریکا عرضه نمودند که نام تجاری آن نیتراژین بود. پس از آن در ۱۹۰۵ و ۱۹۱۴ تولید کودهای بیولوژیک در استرالیا آغاز گردید. در حقیقت با استفاده از کودهای شیمیایی مقارن و همزمان بود. ولی متأسفانه بدلیل تأثیر

خیره کننده و سریع کودهای شیمیایی و عدم اطلاع از تأثیرات سوء آنها توجه‌ها بیشتر به کودهای شیمیایی معطوف گردید و کودهای بیولوژیک مورد توجه قرار نگرفتند. با اوج گیری قیمت نفت در سال ۱۹۷۰ میلادی و متعاقباً افزایش قیمت کودهای شیمیایی بدلیل افزایش هزینه تولید آنها از یک سو و آگاهی از اثرات سوء کودهای شیمیایی و لزوم توجه به کشاورزی پایدار، از سوی دیگر باعث شد تا کودهای بیولوژیک مجدداً مورد توجه قرار گیرند. زمانیکه قیمت نفت به اوج خود رسیده بود تجدید حیاتی در زمینه تحقیق و تولید کودهای بیولوژیک به وقوع پیوست. (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۱)

۲-۹- لزوم توجه به وضعیت تغذیه گیاهان در خاکهای آهکی

قسمت عمده خاکهای ایران را خاک‌های آهکی و قلیایی تشکیل می‌دهند. مواد مادری آهکی و کمبود نزولات آسمانی سبب ایجاد خاکهای شور، قلیایی و آهکی در ایران شده است. در این خاک ها شرایط مناسب برای رشد و نمو گیاهان فراهم نمی باشد. خاکهای آهکی و قلیایی با غلظت بالای یون کلسیم و pH بالا عناصر غذایی مانند فسفر، آهن و روی را تثبیت کرده و سبب کمبود مقادیر قابل جذب این عناصر می گردد. بنابراین گیاه با کمبود این عناصر مواجه شده و نمی تواند رشد مناسبی داشته باشد (تیسدیل و همکاران، ۱۹۸۹).

از طرفی دیگر سالانه بیش از یک میلیون تن گوگرد در صنایع نفت و گاز داخل کشور تولید می شود که می‌توان بعنوان ماده اسیدزا جهت بهبود وضعیت تغذیه گیاهان و افزایش قابلیت جذب برخی عناصر (منگنز، آهن و روی) از آن استفاده نمود. با توجه به این موضوع پتانسیل اصلاح این نوع خاک ها برای بهبود شرایط رشد و نمو گیاه و ایجاد امکان کشاورزی دارای صرفه اقتصادی و افزایش عملکرد، در کشور فراهم می باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۱۰- استفاده از گوگرد و باکتری تیوباسیلوس برای اصلاح خاک

برای بهبود تغذیه گیاه در خاک های آهکی و قلیایی می توان از گوگرد که ماده ای ارزان قیمت

می باشد استفاده کرد. مصرف گوگرد سبب ایجاد اسید سولفوریک می گردد و به این ترتیب pH خاک (به طور موضعی) کاهش یافته و عناصر غذایی در دسترس گیاه قرار می گیرند (ون جینکل و همکاران ۲۰۱۰). برای تولید اسید سولفوریک، گوگرد باید اکسید گردد طیف وسیعی از میکروارگانیسم های خاک قادر به اکسید کردن گوگرد می باشند که باکتری های جنس تیوباسیلوس بهترین آنها می باشد . استفاده از گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس بهبود تغذیه گیاه در خاک های آهکی محسوب می شود که در آن اصول اکولوژیک نیز تا حدود زیادی رعایت می گردد به عبارت دیگر استفاده از گوگرد به منظور افزایش حلالیت عناصر غذایی (نظیر فسفر، آهن و روی) وقتی مؤثر و نتیجه بخش خواهد بود که گوگرد اسید شده و به اسید سولفوریک تبدیل شود. شرط بهره گیری از توان بالقوه گوگرد، حضور و فعالیت باکتری های تیوباسیلوس در خاک می باشد (نیک نیایی، ۱۳۸۶ گارسیا و همکاران ۲۰۰۷، ویدیالاکشمی و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۱۱- اکسایش بیولوژیک گوگرد

میکروارگانیسم‌های اکسیدکنندهٔ گوگرد از نظر فیزیولوژیک دارای طیف وسیعی بوده و انواع هتروتروف، فتولیتوتروف، شیمیولیتوتروف و. . . را شامل می شوند. (بشارتی ، ۱۳۷۷)

باکتری های هتروتروف : اکسیدکننده گوگرد کربن و انرژی مورد نیاز خود را از مواد آلی تأمین می کنند و به عنوان یک واکنش ضمنی گوگرد را نیز اکسید می کنند. واکنش اکسیداسیون تیوسولفات توسط هتروتروف ها به صورت زیر است (فرمول ۲-۱) (خاوازی و همکاران ،۲۰۰۱).

فرمول ۲-۱ $4Na_2S_2O_3 + 2H_2O + O \longrightarrow 2Na_2 S_4 S_4O_6 + 4Nao$

اصولاً میکروارگانیسم های اکسید کننده ی گوگرد به یک منبع انرژی و یک منبع تأمین کربن نیاز دارند. هتروتروف های اکسید کننده گوگرد عمدتاً از ترکیبات آلی (گلوکز، اسیدهای آلی و ...) به عنوان منبع کربن و انرژی بهره می گیرند و در شرایط هوازی از اکسیژن و در شرایط بی هوازی از ترکیباتی مثل نیترات به عنوان گیرندهٔ الکترون استفاده می کنند . سرعت اکسیداسیون گوگرد توسط

هتروتروف ها کند بوده و نسبت به اتوتروف ها از نظر اکسایش گوگرد اهمیت کمتری دارند (بشارتی ، ۱۳۷۷ ، گریم و همکاران، ۲۰۰۸). اکسید کننده های هتروتروف گوگرد از نظر جمعیتی اکسید کننده های غالب خاک هستند. تعداد زیادی از میکرو ارگانیسم های هتروتروف در اکسایش گوگرد نقش دارند. *Aspergillus niger*، *Mucor flavus* و *Trichodermaha rezianom* از جمله قارچ هایی هستند که توان اکسیداسیون گوگرد را دارا می با شند (واینرانیت ، ۱۹۸۴؛ ژی هیو و همکاران، ۲۰۱۰). باکتری های فیتولیتروتروف دار نوع خاصی کلروفیل به نام باکتریو کلروفیل بوده و فتوسنتز غیر اکسیژنی انجام می دهند (بشارتی ،۱۳۷۷) . به منظور فتوسنتز و تثبیت CO_2 از نور خورشید به عنوان منبع انرژی و از سولفیدها و سایر ترکیبات گوگردی به عنوان دهندۀ الکترون و هیدروژن استفاده می کنند (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰).

باکتری های کمولیتوتروف از نظر تغذیه ای به سه گروه اجباری، اختیاری و میکسوتروف تقسیم می‌گردند. انواع اجباری فقط از CO_2 به عنوان منبع کربن استفاده می کنند. در حالی که انواع اختیاری هم از CO_2 و هم از ترکیبات آلی دیگر به عنوان کربن استفاده می نمایند. انواع میکسوتروف از این دو منبع به طور همزمان استفاده می نمایند. انواع هوازی از اکسیژن به عنوان گیرنده الکترون استفاده می کنند و انواع بی هوازی اختیاری در شرایط هوازی از اکسیژن و در شرایط بی هوازی از نیترات به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می نمایند. مهمترین باکتری های کمولیتروتروف اکسید کنندۀ گوگرد در اکثر خاک‌ها از جنس تیوباسیلوس می باشند. این باکتری ها از ترکیبات احیا شده گوگرد (سولفید هیدروژن، پلی سولفیدها، گوگرد عنصری، تیوسولفات، تتراتیونات و ...) به عنوان منبع انرژی استفاده کرده و با اکسیداسیون این ترکیبات انرژی کسب می کنند (بشارتی، ۱۳۷۷).

مهمترین باکتری های کمولیتوتروف اکسید کنندۀ گوگرد شامل:

Thio bacillus ، *Thio microsporia* ، *Thio sphaera* ، *Acidianus* ، *Sulfolobus* ، *Thio volum*

Termotrix ، *Beggiattoa* ، *Thiotrix* ، *Thiopolca* ، *Acromatium* , *Thio bacterium*

می باشند. باکتری های اکسید کننده گوگرد ترکیباتی مانند سولفید هیدروژن، سولفید های فلزی، پلی سولفید ها، گوگرد عنصری، پلی تیونات و سولفید ها را اکسید می کنند (خاوازی و همکاران،۲۰۰۱ ، الدور، ۲۰۰۷)

اکثر باکتری های اکسید کننده گوگرد به جز *Sulfolobus* و *Acidiunus* خنثی دوست می باشند. تیوباسیلوس دارای انواع اسید دوست و خنثی دوست و شامل انواع ترموفیل و نروفیل می باشند. به نظر می رسد که میکروارگانیسم ها در اکسایش گوگرد با یکدیگر همکاری متقابل داشته باشند. باکتری های جنس تیوباسیلوس از نوع کمولیتوتروف می باشند که به انواع خاکزی اجباری و اختیاری تقسیم می شوند (خاوازی و همکاران ۲۰۰۱) که قادرند ترکیبات مختلف گوگردی را اکسید نمایند. ترکیباتی مانند گوگرد عنصری، سولفیت ها، تتراتیونات $(S_4O_6)^{2-}$ و تیوسولفات $(S_2O_3)^{2-}$ را اکسید می کنند (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ۲ -۱ pH و دمای مناسب در اکسیداسون گوگرد توسط گونه های مختلف تیوباسیلوس

Organism	**pH**	**Temp . (^{0}C)**
Thiobacillus Thiooxidans	2 – 5	30
T . Ferrooxidanc	2 – 6	30
T . Acidophilus	3 - 6	30
T . Thioparus	5 - 8	44
T . Denitrificans	6 - 8	30
T . Intermedicus	6 - 7	30
T . Novellus	6 - 8.5	30
T . Versutus	6 - 8.5	30

باکتری های تیوباسیلوس با اکسایش ترکیبات گوگرد انرژی لازم برای تثبیت CO_2 را کسب کرده و مقداری اسید در محیط زیست خود تولید می کنند. این باکتری ها با تشدید اکسایش گوگرد

در خاک های آهکی و قلیایی می توانند در کاهش pH خاک (به طور موضعی)، اصلاح خاک، تأمین سولفات مورد نیاز گیاه و در دسترس قرار دادن برخی از عناصر غذایی مؤثر باشند (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰). قدرت اکسیداسون گوگرد توسط تیوباسیلوس ها بسیار بیشتر از میکرواورگانیسم های خاکزی هتروتروف می باشند ولی هتروتروف ها چون جمعیت در خاک بسیار زیاد است، در حالت طبیعی بخش عمده ای از اکسیداسیون گوگرد در خاک توسط آنها انجام می گیرد. تعداد باکتری های جنس تیوباسیلوس در اکثر خاک ها کم بوده و در حد ۱۰۰ سلول در هر گرم خاک خشک می باشد (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹). حتی در بسیاری از موارد جمعیت آنها در خاک حدود صفر گزارش شده است. برای افزایش تعداد اتوتروف های اکسید کننده گوگرد در خاک دو راه وجود دارد (خاوازی و همکاران،۲۰۰۱) :۱- تلقیح با انواع کود های بیولوژیک گوگردی و ۲- استفاده مداوم از گوگرد در خاک های زراعی

۲-۱۲- کودهای بیولوژیک گوگردی

کود بیولوژیک به ماده ای جامد، مایع یا نیمه جامد حاوی موجودات زنده مفید خاکزی یا متابولیت های آنها اطلاق می شود که قادر است در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش عملکرد یا بهبود خواص فیزیکی یا شیمیایی خاک موثر باشد (کریمی نیا ۱۳۷۶).

کود بیولوژیک گوگردی یکی از این کود هاست که از طریق اکسیداسیون گوگرد توسط میکروارگانیسم های خاکزی اکسید کننده گوگرد به جذب گوگرد و سایر عناصر غذایی چون فسفر، آهن و روی، اصلاح خاک های شور سدیمی و افزایش عملکرد گیاه کمک می کند (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی های خاک های ایران، توجه به مصرف گوگرد در اراضی کشاورزی بسیار ضروری می باشد. کشت متراکم و مداوم اراضی زراعی، وجود اراضی شور سدیمی، سدیمی، فراوانی و ارزانی گوگرد از مهمترین دلایل توجه جدی به مصرف کود های گوگرد در خاک های ایران می باشد. از طرفی pH بالای خاک های کشور و مشکلات جذب عناصر غذایی مانند

آهن، روی و فسفر نیز به وسیله افزودن گوگرد به خاک تا حد زیادی رفع می گردد(خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). طیف وسیعی از میکروارگانیسم ها قادر به اکسیداسیون گوگرد می باشند ولی آنچه در مورد استفاده از این میکروارگانیسم ها در تهیه کودهای بیولوژیک گوگردی اهمیت دارد عبارتند از:

فرآیند تولید اقتصادی و قابل اجرایی داشته باشند، قابلیت اکسید گوگرد عنصری (S_0) را داشته و ترجیحاً قدرت اکسید کنندگی سایر ترکیبات حد واسط را نیز دارا باشند، قدرت اکسیداسیون قابل قبولی داشته باشند، با سایر کودها قابل اختلاط باشند، قدرت ماندگاری خوبی داشته باشند، واکنش منفی دیگری نداشته باشد.

باکتری تیوباسیلوس مانند باکتری های رایزوبیوم، میله ای، گرم منفی و متحرک می باشد و اسپور تولید نمی کند ولی روش تغذیه ای و فرآیند کسب انرژی آنها با رایزوبیوم ها کاملاً متفاوت بوده و با اسید زایی قوی همراه است. یکی از انواع کودهای بیولوژیک گوگردی که در ایران نیز قابل تهیه می باشد بیوگوگرد است که حاوی گوگرد و باکتری های تیوباسیلوس از نوع اجباری می باشد (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). بیوگوگرد به دو صورت استفاده می شود:

۱- بیوگوگرد پودری: در این حالت پودر گوگرد با مایه تلقیح که دارای $۱۰^{۸}$ سلول به ازای هر گرم مایه تلقیح می باشد مخلوط می کنند. پس از مخلوط کردن این دو با یکدیگر آنها را به خاک اضافه می کنند.

۲- بیوگوگرد گرانوله : گوگرد به صورت گرانوله با مایه تلقیح مخلوط می کنند که حاوی $۱۰^{۴}$ سلول باکتری تیوباسیلوس در هر گرم آن وجود دارد (دلوکا و همکاران، ۱۹۸۸).

کارایی بیوگوگرد گرانوله کمتر است و بیوگوگرد پودر بیشتر مورد استفاده می باشد و ساخت آن نیز در ایران امکان پذیر می باشد (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). مصرف بیوگوگرد در درجه اول با

کاهش pH خاک باعث افزایش قابلیت جذب برخی عناصر مانند فسفر، آهن و روی می گردد و از سوی دیگر نیاز گیاه به گوگرد را رفع می سازد (دلوکا و همکاران، ۱۹۸۸).

بهرام نژاد و همکاران (۱۳۸۹) در آزمایشی تأثیر گوگرد و باکتری تیوباسیلوس را بر روند و قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف در ذرت بررسی کردند. عوامل مورد بررسی به ترتیب : مصرف گوگرد (۰ ، ۳۰۰ ، ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار)، کاربرد باکتری تیوباسیلوس و عدم کاربرد آن و مصرف بهینه عناصر غذایی طبق آزمون خاک و عدم مصرف آن بود. نتایج نشان داد که مصرف باکتری تیوباسیلوس اثر معنی داری بر افزایش میزان آهن، منگنز، روی، و مس داشت. همچنین کاربرد گوگرد باعث افزایش غلظت عناصر مورد آزمایش در برگ گیاه ذرت شد.

۲-۱۳- تأثیر گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس

در آزمایشی قاسمی و دهقان (۱۳۸۹) تأثیر سطوح مختلف گوگرد و باکتری تیوباسیلوس (۰ ،۲۰۰ ، ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) را بررسی کردند. آنها دریافتند که اثر فاکتور های گوگرد و منیزیم به همراه اثر متقابل آنها بر عملکرد محصول در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بوده و حداکثر عملکرد دانه را به مقدار ۳۶۵۸ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. در آزمایشی که که بر روی دو رقم سویا در مزرعه دشت ناز ساری انجام شد، بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار کاربرد همزمان گوگرد و تیوباسیلوس در رقم مورد استفاده به مقدار ۶/۱۴۲ تن در هکتار بود و از نظر عملکرد اختلاف در سطح ۱٪ معنی دار تشخیص داده شد. با مصرف گوگرد بر سویا افزایش جذب آهن و روی را در اثر کاهش Ph را گزارش نمودند (مصطفویان و همکاران، ۱۳۸۶). در آزمایشی مقادیر ۰ ، ۱۰۰، ۲۰۰ و۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به خاک مزرعه اضافه شد و سورگوم ، ذرت و سویا را کشت کردند. 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 داری افزایش داد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس و نیز اثرات متقابل آنها بر وزن خشک بخش هوایی ذرت و مقدار فسفر جذب

شده در سطح ۱٪ معنی دار بود (بشارتی، ۱۳۸۶). قربانی نصر آبادی و همکاران،(۱۳۸۱) در آزمایشی اثر مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس و برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم بر عملکرد سویا مورد بررسی قرار دادند. تیمار های آزمایشی شامل ۴ سطح گوگرد که به ترتیب معادل ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، دو سطح باکتری تیوباسیلوس و دو سطح باکتری برادی رایزوبیوم بودند. بر اساس جداول تجزیه واریانس اثرات اصلی مایه تلقیح باکتری تیوباسیلوس، باکتری برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم و گوگرد بر وزن دانه، غلاف، عملکرد بیولوژیک در گیاه سویا در سطح ۱٪ معنی دار بود. حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش دادند که با مصرف گوگرد به میزان ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلو گرم در هکتار عملکرد دانه در سطح ۱٪ در گیاه بادام زمینی افزایش یافت. بیشترین مقدار عملکرد غلاف و دانه از مقدار ۹۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که دارای اختلاف معنی داری با شاهد بود. شاهسونی و اردلان (۱۳۸۶) گزارش دادند که افزایش عملکرد دانه گندم به طور معنی داری با اضافه کردن کود گوگردی در مزارع دیم و آبی افزایش یافت. عملکرد دانه از ۱۳۶۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به۱۸۸۱ کیلوگرم در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار در مزرعه آبی رسید و از ۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۱۳۳۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار در مزرعه دیم رسید. جذب گوگرد نیز در دانه گندم در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار در سطح۱٪ معنی دار شد. مشهدی جعفرلو و همکاران (۱۳۸۶) گزارش دادند که با مصرف ۰، ۶، و ۱۲ تن در هکتار گوگرد به همراه باکتری های تیوباسیلوس، فرآهمی عناصر غذایی در خاک های آهکی افزایش یافت. آنها مشاهده کردند که تأثیر سطوح گوگرد مصرفی به همراه باکتری تیوباسیلوس بر اسیدیته خاک در سطح ۵٪ معنی دار بود.

۲-۱۴- ورمی کمپوست

ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی با نام علمی *Eisenia foetida* می‌باشد این جانور با تغذیه از موادآلی موجود در طبیعت آن را به کود آلی مغذی تبدیل نموده به

گونه‌ای که در حال حاضر این کود به عنوان یکی از غنی‌ترین کودهای آلی بیولوژیک در دنیا شناخته می شود، کاربرد ورمی‌کمپوست در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر بسزایی دارد. این کود اصلاح‌کنندهٔ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بوده و علاوه بر وزن مخصوص کم، فاقد هر گونه بو، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، باکتری‌های غیر هوازی، قارچ‌ها و علف‌های هرز می‌باشد. ورمی‌کمپوست علاوه بر قابلیت جذب آب با حجم بالا، شرایط مناسب جهت دانه‌بندی و قدرت نگه‌داری مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را فراهم می‌نماید. ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی بسیار غنی به ویژه ازت بوده که به‌تدریج آنها را در اختیار گیاه قرار می‌دهد که این نکته از نظر حاصلخیزی خاک بسیار پراهمیت است. این کود در مقایسه با سایر کودهای آلی دارای میزان عناصر اصلی غذایی بالاتری است. ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر ماکرو مانند ازت، فسفر و پتاسیم که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند حاوی عناصر میکرو مانند آهن، مس، روی و منگنز نیز می‌باشد. علاوه بر این با داشتن موادی مانند ویتامین B_{12} و اکسین رشد گیاه را تحریک می کند (کرم زاده، ۱۳۸۹). .

کرم‌های زباله‌خوار با تغذیه ضایعات آلی آنها را تجزیه می‌نمایند. فرآیند هضم این کرم‌ها به تغییر سریع‌تر مواد آلی منتهی شده و کمپوست تثبیت می‌شود. نتیجهٔ این عمل دستیابی به ورمی‌کمپوست با کیفیت بالا است که با بالاترین استانداردهای جهانی برابری می‌کند (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶).

۲-۱۴-۱- بهبود رشد و عملکرد گیاهان

ساهنی و همکاران، (۲۰۰۸) گزارش دادند که با کاربرد ورمی کمپوست در گیاه نخود عملکرد این گیاه در سطح ۵٪ افزایش یافت و نیز میزان نیتروژن کل و نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، منگنز در دسترس، را در منطقه ریزوسفر در سطح ۵٪ افزایش داده است. گوتیرز و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی میزان ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار ورمی کمپوست را بر روی گیاه گوجه فرنگی مورد آزمایش قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی آنها نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست

سبب افزایش معنی دار طول ریشه، طول ساقه، میزان بیوماس، میزان عملکرد و نیز سبب افزایش معنی دار میزان مواد جامد محلول و غیر محلول در میوه گوجه فرنگی شد. همچنین کاربرد ورمی کمپوست سبب کاهش pH در خاک شد. محبوب خمامی (۱۳۸۷) اظهار داشت که استفاده از ترکیب ورمی کمپوست، کود گاوی و خاک اره به مقدار ۲۰ درصد حجمی به طور معنی داری وزن تر و خشک ساقه و برگ، فیکوس بنجامین ابلق را در مقایسه با شاهد افزایش داد. درزی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصرN ،P و K گیاه دارویی رازیانه به این نتیجه رسیدند که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به طور معنی داری میزان غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد.

مطالعات نشان داده است که کاربرد ورمی کمپوست در شالیکاری به هنگام پنجه زنی، آغاز تشکیل گل آذین و گل دادن در پر شدن دانه اهمیت دارد زیرا هدر روی عناصر غذایی از طریق آبشویی در ورمی کمپوست بر خلاف کودهای شیمیایی کمتر است. از ورمی کمپوست می توان به عنوان یک محیط کشت حامل برای آزوسپیریلوم، رایزوبیوم و باکتری های حل کننده فسفات در زراعت نیشکر، برنج و محصولات دیگر استفاده نمود (علیخانی، ۱۳۸۵).

مطالعه انجام شده برروی توت فرنگی نشان داد که کاربرد ۷/۵ تن در هکتار ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد، بازار پسندی و کیفیت میوه و کاهش ناهنجاری های فیزیکی (زالی و تغییر شکل) و بیماری کپک خاکستری می شود (سینگ و همکاران،۲۰۱۰).

آلم و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند استفاده از ترکیب مطلوب کودهای شیمیایی و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست باعث افزایش معنی دار عملکرد سیب زمینی می شود.

وارمن و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی منابع مختلف در تولید ورمی کمپوست و اثر کاربرد آن بر رشد، تربچه، جعفری و شاهی در شرایط گلخانه اظهار داشتند، کاربرد ورمی کمپوست به عنوان بستر کشت باعث افزایش جوانه زنی، سطح برگ، بیوماس گیاهی در مقایسه با شاهد می شود.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- موقعیت محل و زمان اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۸۹ – ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و۵۷ دقیقه طول شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۹ متر می باشد. بر اساس تقیسم بندی اقلیمی منطقه بسطام دارای آب و هوایی سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰ -۱۵۰ میلی متر بوده و بارندگی ها عمدتاً در بهار و پاییز رخ می دهد.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

قبل از اجرای آزمایش، از عمق ۳۰ – ۰ سانتی متری خاک به طور تصادفی نمونه گیری و به منظور تعیین میزان ماده آلی، سولفات محلول، سولفور محلول، سولفات کل، pH، فسفر، نیتروژن، پتاسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمایش خاک در جدول۳-۱ آمده است.

بافت خاک	ازت کل (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	pH	سولفات محلول SO_4 mg/l	سولفات کل SO_4 mg/l	EC (dS/m)	کربن آلی (٪)
لومی	۰/۰۵۷	۱۴/۷	۱۴۹	۷/۹۴	۷/۱	۳۲/۶	۵/۶۸	۰/۷۷

۳-۳- طرح آماری و تیمار های به کار رفته در آزمایش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور

های این آزمایش شامل: گوگرد در سه سطح A_1, A_2 و A_3 که به ترتیب ۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، باکتری تیوباسیلوس در دو سطح (عدم مصرف (شاهد) B_1 و مصرف آن B_2) و ورمی کمپوست در دو سطح (C_1 ۰ و مصرف ۵ تن در هکتار C_2) بودند. هر واحد آزمایشی شامل یک کرت با ابعاد ۵ × ۲/۵ متر بود. تعداد ۶ ردیف کاشت در هر کرت با فواصل بین ردیف ۳۵ سانتی متر و فاصله بین بوته ها روی ردیف ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد (شکل ۳-۱).

A1	A2	A2	A2	A3	A1	A1	A3	A2	A1	A3	A3
B1	B2	B2	B1	B1	B2	B1	B1	B1	B2	B2	B2
C2	C2	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2	C2	C1	C2

A2	A1	A3	A1	A1	A2	A2	A2	A3	A1	A3	A3
B1	B2	B1	B2	B1	B2	B2	B1	B2	B1	B1	B2
C2	C1	C1	C2	C1	C2	C1	C1	C2	C2	C2	C1

A3	A3	A1	A1	A2	A2	A2	A3	A3	A1	A2	A1
B1	B2	B1	B2	B2	B2	B1	B2	B1	B1	B1	B2
C2	C1	C2	C1	C2	C1	C1	C2	C1	C1	C2	C2

شکل ۳-۱ نقشه کشت

۳-۴- اعمال کود گوگردی

کود گوگردی مورد استفاده به صورت بنتونیت دار ۹۰٪ بود که یک ماه پیش از کاشت به شکل ردیفی طبق مقادیر تعیین شده برای هر تیمار به خاک کرتهای مورد نظر اضافه و به طور کامل با خاک سطحی (عمق ۱۰ الی ۱۵ سانتی متری) مخلوط شدند.

۳-۴- تلقیح باکتری

باکتری تیوباسیلوس مورد استفاده به میزان ۱۴ کیلوگرم در هکتار که به صورت خاک کاربرد مورد استفاده قرار گرفت. این ۱۴ کیلوگرم باکتری همراه با ماده تلقیح بوده است. این باکتری به صورت پودری یک هفته پیش از کاشت به شکل ردیفی برای هر تیمار به خاک های تمام کرت های مورد نظر اضافه و به طور کامل با خاک سطحی (عمق ۱۰ الی ۱۵ سانتی متری) مخلوط شدند. این باکتری محصول شرکت شایانکار که دارای $۱۰^{۸}$ CFU/mgباکتری بود.

۳-۵- ورمی کمپوست

ورمی کمپوست مورد استفاده یک هفته پیش از کاشت به شکل ردیفی برای هر تیمار به خاک های تمام کرت های مورد نظر در محل داغ آب اضافه و به کار برده شد. نتایج آنالیز ورمی کمپوست به شرح زیر آمده است.

رطوبت٪	CL^-	K_2O %	P_2O_5 %	C/N	N_t%	OC %	MM %	OM %	EC	pH	
۳۵	۱۵/۵	۳/۱۹	۰/۶۱	۷/۷۷	۴۹/۹۲	۳۷/۷	۳۵	۶۵	۱/۱	۸/۶	نمونه۱
۲۲	۲۱/۵	۴/۵۹	۰۷۳	۰/۸۱	۱۷/۷۳	۱۴/۵	۷۵	۲۵	۲/۵۵	۸/۳۷	نمونه۲

۳-۶- عملیات کاشت

بذور نخود مورد استفاده در این آزمایش، از رقم هاشم انتخاب شد. کاشت بذور با روش دستی در تاریخ ۸ / ۲ / ۱۳۸۸ انجام گرفت. فاصله بذور روی ردیف ۱۵ سانتی متر، فاصله بین ردیف ۳۵ سانتی متر و عمق کاشت ۵ – ۳ سانتی متر در نظر گرفته شد.

۳-۷- عملیات داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۷ روز یکبار بصورت جداگانه برای هر کرت به روش نشتی انجام گرفت. سبز شدن اولیه گیاه ۵ روز پس از کاشت بود و تا ۱۲ روز بعد از کاشت ادامه داشت. به منظور حصول تراکم مناسب، مزرعه در یک مرحله و پس از استقرار کامل گیاه در مرحله ۱۰ برگی تنک شد. مبارزه با علف های هرز توسط وجین دستی در ۴ مرحله انجام گرفت.

۳-۸- نمونه برداری و اندازه گیری صفات مورد بررسی

۳-۸-۱- نمونه برداری ها در طی فصل رشد

برای مطالعه و بررسی خصوصیات رشدی گیاه نخود در طی فصل رشد ۶ مرحله نمونه برداری انجام شد. نمونه اول ۴۱ روز پس از کاشت یعنی در تاریخ ۱۸ /۳ / ۸۸ انجام شد و نمونه برداری های بعدی با فواصل ۷ روز تا برداشت نهایی ادامه داشت. در هر مرحله نمونه برداری از هر کرت آزمایشی تعداد ۲ بوته به طور تصادفی انتخاب شدند. بوته ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه قطع و توسط پاکت های مخصوص نمونه برداری به آزمایشگاه منتقل و در آنجا پس از اندازه گیری سطح برگ، قسمت های مختلف بوته مانند برگ و ساقه جدا و در درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی گراد، به مدت ۴۸ ساعت نگهداری می شدند. پس از خشک شدن نمونه ها وزن خشک ساقه، برگ و کل اندازه گیری می شدند. و در ادامه نیز سایر صفات از جمله ارتفاع، تعداد غلاف های پر و خالی و وزن خشک پوسته غلاف ها اندازه گیری می شدند.

۳-۸-۲- اندازه گیری اسیدیته خاک

در ابتدا قبل از اعمال تیمارها یک نمونه از خاک از عمق ۳۰ – ۰ مزرعه گرفته شده و میزان pH خاک قبل از اعمال تیمارهای مورد نظر مشخص شد. بعد از اعمال تیمار ها در دو مرحله دیگر نیز میزان pH در تمامی کرت ها مورد بررسی قرار گرفت. مرحله اول در آغاز گلدهی و مرحله آخر پس از برداشت گیاه انجام شد.

۳-۸-۳- برداشت نهایی

برداشت نهایی در آخر فصل رشد و زمانی که ۹۰ درصد غلاف ها خشک شده بودند انجام شد. قبل از برداشت، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی هایی که در زیر آمده اندازه گیری شدند.

ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف بوته، وزن صد دانه، pH و میزان گوگرد در دانه اندازه گیری شدند.

برای محاسبه عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه ای حذف شد، و از سطح باقی مانده یک متر مربع به طور تصادفی انتخاب و برداشت نهایی جهت تعیین عملکرد های بیولوژیک و اقتصادی و محاسبه شاخص برداشت انجام شد.

۳-۸-۴- اندازه گیری میزان گوگرد در دانه نخود

جهت اندازه گیری میزان گوگرد در گیاه از روش توربیدومتری استفاده، که در آن از لوله های هضم مخصوص ازت استفاده می شود و دستگاه های مورد استفاده :

Spectrophotometer (Jen way – Made in U.K)

Turbo Therm version M (Gerhardt - Made in Germany)

بودند و میزان گوگرد در دانه گیاه بر حسب میلی گرم در کیلو گرم محاسبه شد. در این روش پس از آماده سازی دارو های مورد نیاز در آزمایش که شامل محلول های استاندارد و محلول های اندازه گیری بود، آزمایش با مراحل هضم آغاز گردید پس از طی مراحل هضم و آماده شدن نمونه ها برای اندازه گیری، ابتدا با محلول های استاندارد دستگاه اسپکتروفوتومتر کالیبره و نمونه ها اندازه گیری شد و اعداد به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

روش فوق از موسسه آب و خاک تهران واقع در کرج تهیه شده است.

۳-۹- تجزیه و تحلیل آماری داده ها

تجزیه و تحلیل آماری داده های آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار MS-EXCEL Ver.2010 استفاده شد. مقایسه میانگین ها با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) و در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- عملکرد بیولوژیک

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱)، در اثر کاربرد گوگرد عملکرد بیولوژیک به طور معنی داری در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار گرفت. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴-۱) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به شاهد (عدم کاربرد گوگرد) گردید. کاربرد گوگرد در خاک سبب افزایش عناصری در خاک می شود که به واسطه pH بالا از دسترس گیاه خارج شده بودند که این امر سبب افزایش عملکرد بیولوژیک می شود. قاسمی و دهقان (۱۳۸۹) نشان دادند که کاربرد گوگرد موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه آفتابگردان گردید. همچنین حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش دادند که کاربرد گوگرد عملکرد بیولوژیک بادام زمینی را نسبت به عدم کاربرد آن افزایش داد. قلی زاده و همکاران (۱۳۸۶) نیز گزارش کردند که کاربرد گوگرد سبب افزایش عملکرد بیولوژیک توتون شد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که عملکرد بیولوژیک در اثر کاربرد باکتری تیوباسیلوس در سطح ۱٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴-۲) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم کاربرد آن گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک شده که این افزایش اسیدیته، خود سبب آزاد سازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی، منگنز می شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه دارند. الوان و حامد (۲۰۱۱) گزارش دادند استفاده از باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه کاهو شد. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) نیز در آزمایشی نشان دادند که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش عملکرد بیولوژیک سویا نسبت به عدم کاربرد آن شد.

با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۴-۱) کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در سطح ۱٪ نسبت به عدم کاربرد آن شد. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴-۳)

نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم کاربرد آن گردید. ورمی‌کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فرآهمی مطلوب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف، بر روی میزان فتوسنتز و بیوماس تأثیر مثبت گذاشته و سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه می شود. ساهنی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش عملکرد بیولوژیک نخود نسبت به عدم کاربرد آن گردید. سینگ و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش عملکرد بیولوژیک توت فرنگی را با کاربرد ورمی‌کمپوست تأیید کردند.

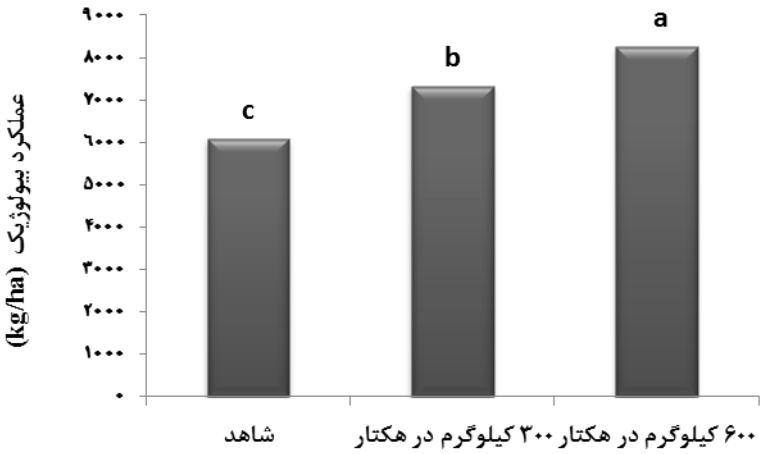
نتایج جدول (۴-۱) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱٪ معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۴) نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک در اثر کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیو باسیلوس نسبت به شاهد به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده می توان این گونه استنباط کرد که کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس ضمن تأمین مقدار گوگرد مورد نیاز گیاه با کاهش موضعی pH خاک سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصری می گردد که در pH بالا به صورت نامحلول در آمده و در دسترس گیاه شوند. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) نیز تاثیر مثبت کاربرد توأم گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس را بر روی گیاه سویا گزارش کردند. الوان و حامد (۲۰۱۱) گزارش دادند که استفاده از گوگرد و باکتری تیوباسیلوس تاثیر مثبتی بر افزایش عملکرد بیولوژیک کاهو داشت.

نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴-۵) نشان داد که کاربرد همزمان ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار سبب افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد گردید. کاربرد گوگرد می تواند با افزایش اسیدیته خاک سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی در خاک شود. ورمی کمپوست نیز به عنوان یک کود آلی که سرشار از مواد غذایی پر مصرف و کم مصرف است. بنابراین می توان با کاربرد این دو به صورت همزمان عملکرد

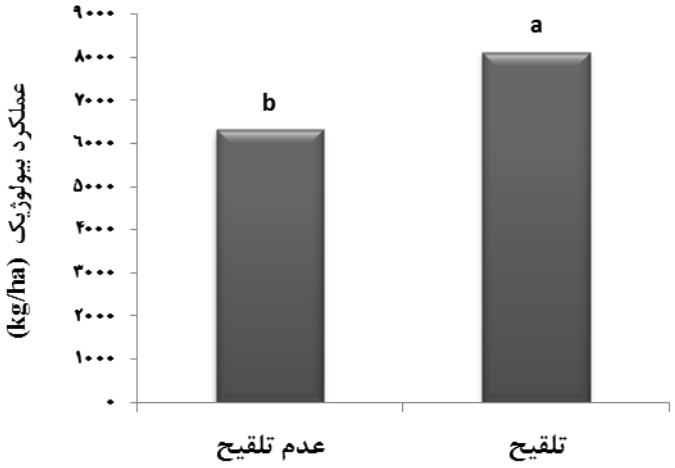
بیولوژیک را افزایش داد. کرم زاده (۱۳۸۹) گزارش داد که کاربرد ورمی کمپوست تأثیر معنی داری بر افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه نخود داشت. بشارتی (۱۳۸۶) نیز در آزمایشی تاثیر گوگرد را بر روی گیاه سورگوم بررسی کرد و مشاهده نمود که کاربرد گوگرد تاثیر معنی داری بر افزایش عملکرد بیولوژیک داشت.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که عملکرد بیولوژیک متأثر از کاربرد همزمان باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بود به طوری که سبب افزایش معنی دار این صفت در سطح ۱٪ گردید. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴- ۶) نشان می دهد که کاربرد توام باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد گردیده است. باکتری تیوباسیلوس یک اکسید کننده گوگرد در خاک است و کاربرد آن سبب افزایش موضعی اسیدیته خاک گردید. این عمل سبب افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک و در نتیجه باعث جذب بیشتر عناصر غذایی شد. از آنجایی که ورمی کمپوست یک کود آلی سرشار از عناصر غذایی برای گیاه است، می توان این گونه استنباط کرد که کاربرد توأم این دو نیز سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه می شود.

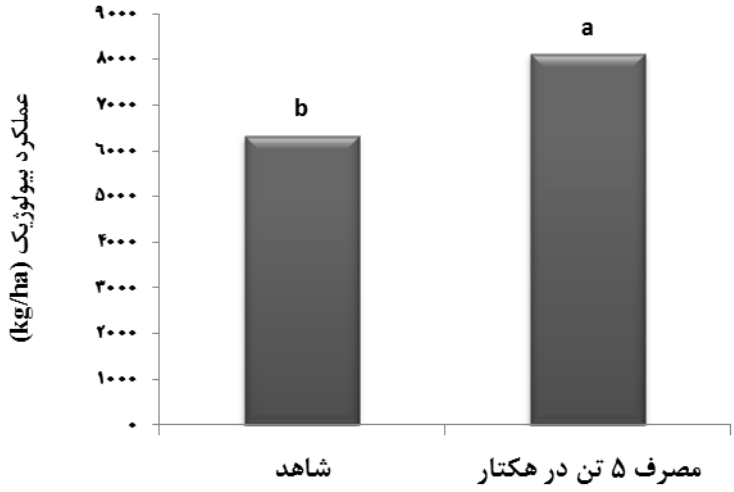
با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴-۱) مشاهده شد که اثر کاربرد همزمان گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (جدول ۴-۳) نشان داد که کاربرد همزمان ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به همراه مصرف باکتری تیوباسیلوس و ۵ تن ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد گردید.



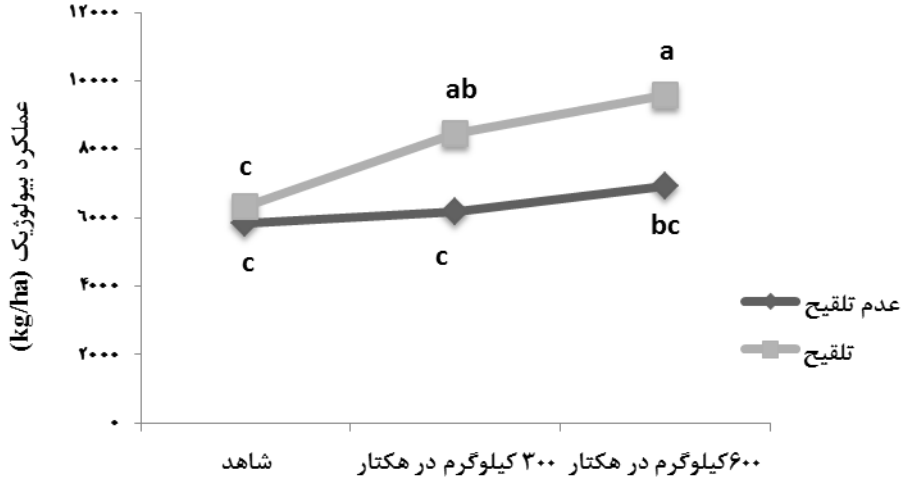
شکل ۴-۱ تأثیر گوگرد بر عملکرد بیولوژیک



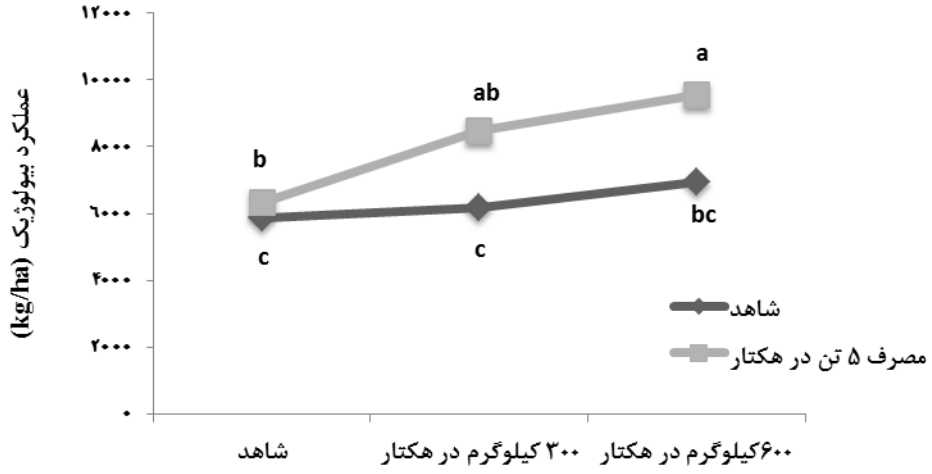
شکل ۴-۲ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک



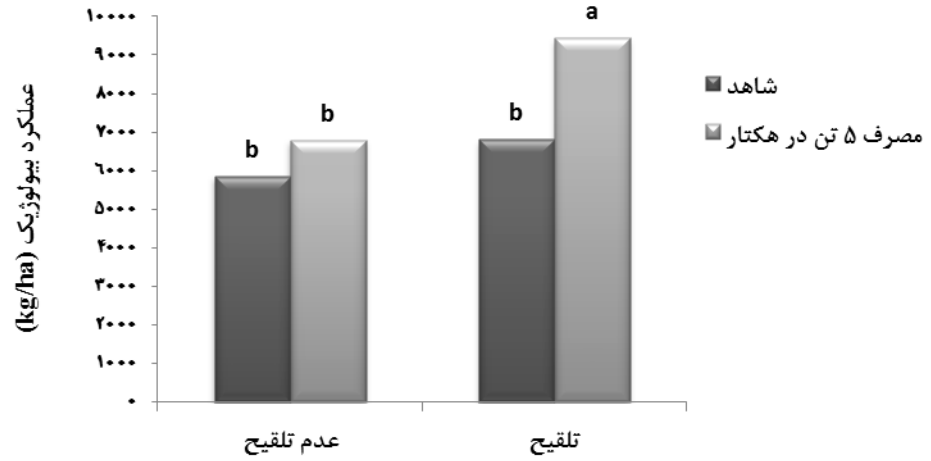
شکل ۴-۳ تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک



شکل ۴-۴ اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک



شکل ۴-۵ اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک



شکل ۴- ۶ اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک

جدول ۴-۳ مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک

عدم مصرف گوگرد	عدم تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	c	۵۴۵۶	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	bc	۶۲۴۲	Kg
	تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	bc	۶۲۴۵	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	bc	۶۳۹۷	Kg
۳۰۰ کیلوگرم گوگرد	عدم تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	c	۵۹۵۴	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	bc	۶۴۰۵	Kg
	تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	bc	۶۴۲۳	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	a	۱۰۵۳۰	Kg
۶۰۰ کیلوگرم گوگرد	عدم تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	bc	۶۱۵۶	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	b	۷۷۲۸	Kg
	تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	b	۷۷۵۶	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	a	۱۱۴۲۰	Kg

۴-۲- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که عملکرد دانه در اثر کاربرد گوگرد در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴-۷) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد گوگرد) گردید. کاربرد گوگرد سبب افزایش اسیدیته در خاک شده و از این طریق سبب افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک می شود، در نتیجه باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می گردد و از این طریق سبب افزایش عملکرد دانه می گردد. شاهسونی و اردلان (۱۳۸۶) نشان دادند که کاربرد گوگرد موجب افزایش عملکرد دانه گندم گردید. حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش دادند که کاربرد گوگرد عملکرد دانه بادام زمینی را نسبت به عدم کاربرد آن افزایش داد. قربانی نصر آبادی و همکاران (۱۳۸۱) نیز اثر مثبت کاربرد گوگرد بر افزایش عملکرد دانه سویا را تأیید کردند.

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) عملکرد دانه متأثر از کاربرد باکتری تیوباسیلوس در سطح ۱٪ بود. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل ۴-۸) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک شده که این افزایش اسیدیته، خود سبب آزاد سازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش عملکرد دانه گیاه دارند. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش عملکرد دانه سویا نسبت به عدم کاربرد آن شد. خاوازی و همکاران (۲۰۰۱) نیز اثر مثبت کاربرد باکتری تیوباسیلوس را در افزایش عملکرد دانه ذرت نسبت به عدم کاربرد آن گزارش کردند. همچنین نورقلی پور و همکاران (۱۳۸۵) اثر مثبت باکتری تیوباسیلوس را بر افزایش عملکرد دانه ذرت گزارش کردند.

طبق نتایج بدست آمده (جدول ۴-۱) عملکرد دانه در اثر کاربرد ورمی کمپوست در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (شکل۴-۹) نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف) گردید. بطور کلی افزایش عملکرد بر اثر ورمی‌کمپوست می‌تواند مربوط به بهبود خواص فیزیکی خاک و در نتیجه افزایش جذب و فراهم نمودن شرایط متعادل برای رشد از نظر در دسترس بودن عناصر غذایی باشد (اتیه و همکاران، ۲۰۰۲).

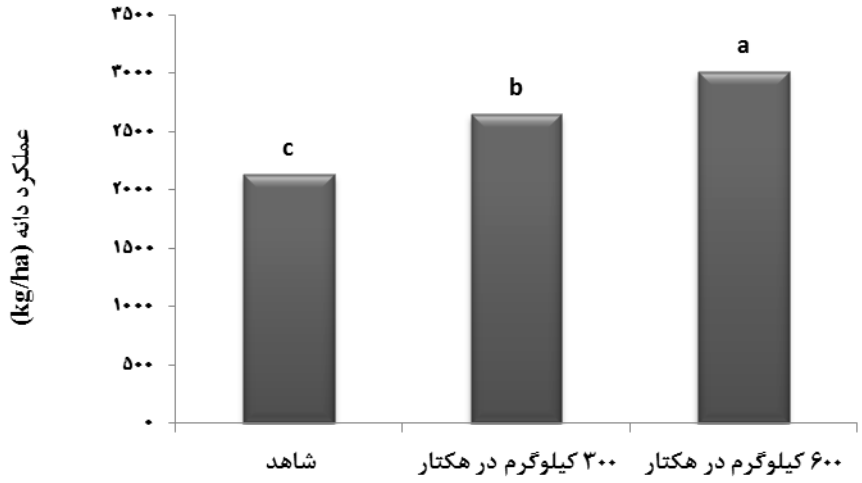
نتایج حاصل از تحقیق (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل۴-۱۰) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در اثر کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس نسبت به شاهد (عدم کاربرد این دو) بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده می توان این گونه نتیجه گرفت که کاربرد توام گوگرد و باکتری تیوباسیلوس با تأثیر مستقیم بر جذب عناصر غذایی توسط گیاه سبب افزایش میزان عملکرد دانه شد و همچنین ذکر این نکته ضروری است که با کاربرد گوگرد و مهمترین اکسید کننده آن یعنی باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش چشمگیر اسیدیته خاک و تأثیر مستقیم آن بر آزاد سازی عناصری که در خاک به واسطه pH بالا به صورت نامحلول در آمده اند و از دسترس گیاه خارج شده اند، شد. بشارتی (۱۳۸۶) نشان داد که کاربرد گوگرد به همراه اکسید کننده آن موجب افزایش عملکرد دانه ذرت گردید. قربانی نصر آبادی و همکاران (۱۳۸۱) نیز تاثیر مثبت کاربرد توأم گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس را بر روی عملکرد دانه گیاه سویا را گزارش کردند. همچنین شاهسونی و اردلان (۱۳۸۶) گزارش دادند که کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه گندم شد.

نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه در سطح ۵٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین عملکرد دانه (شکل ۴-۱۱) نشان داد که کاربرد

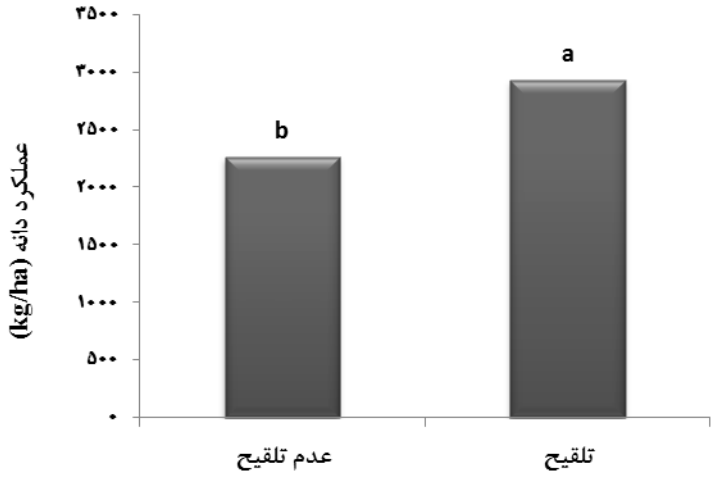
همزمان ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. با مقایسه نتایج به دست آمده می توان این گونه برداشت کرد که افزایش عملکرد دانه از یک سو از طریق افزایش جذب آب توسط ورمی کمپوست و همچنین وفور عناصر غذایی در ورمی کمپوست (کم مصرف و پر مصرف) و نیز از طریق آزاد سازی عناصر غذایی به وسیله گوگرد می تواند بر عملکرد دانه تاثیر بگذارد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه در سطح ۵٪ معنی دار شد و مقایسه میانگین عملکرد دانه (شکل ۴-۱۲) نشان داد که کاربرد توأم باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. این نتایج حاکی از این است که افزایش عملکرد ناشی از کاربرد همزمان ورمی-کمپوست و باکتری تیوباسیلوس بوده که اینگونه میتوان برداشت کرد که، چون هر کدام از این عوامل به تنهایی سبب افزایش عملکرد شده اند پس کاربرد همزمان این دو عامل نیز دارای اثر مثبتی بوده و سبب افزایش بیشتر عملکرد نسبت به کاربرد هر یک از این عوامل به تنهایی بوده است.

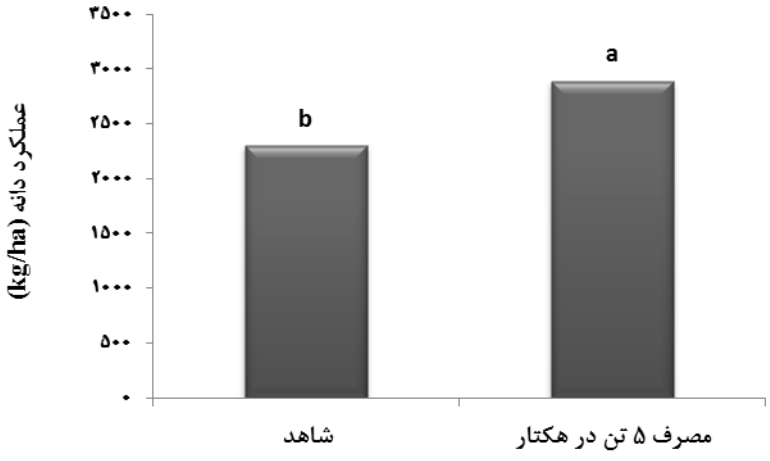
با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴-۱) مشاهده شد که اثر کاربرد همزمان گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد دانه در سطح ۵٪ معنی دار گردید. مقایسه میانگین عملکرد دانه (جدول ۴-۴) نشان داد که کاربرد همزمان ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به همراه مصرف باکتری تیوباسیلوس و ۵ تن ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد گردید.



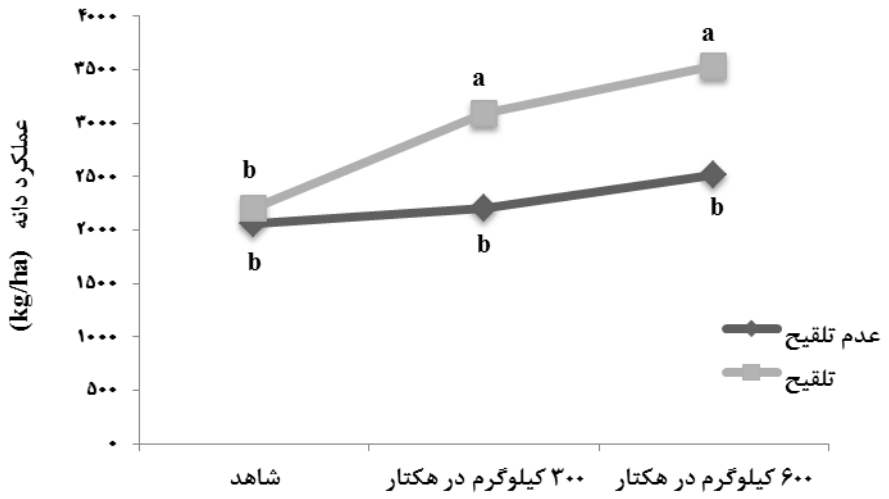
شکل ۴-۷ تأثیر گوگرد بر عملکرد دانه



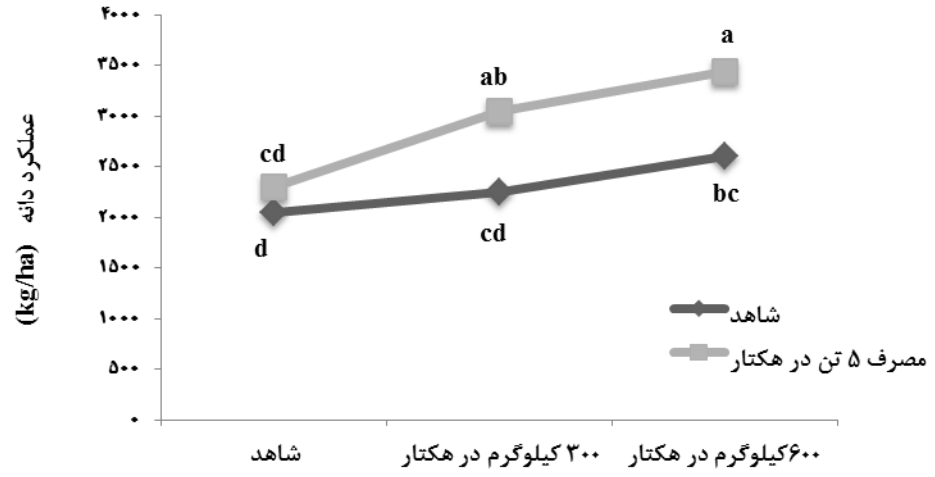
شکل ۴-۸ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد دانه



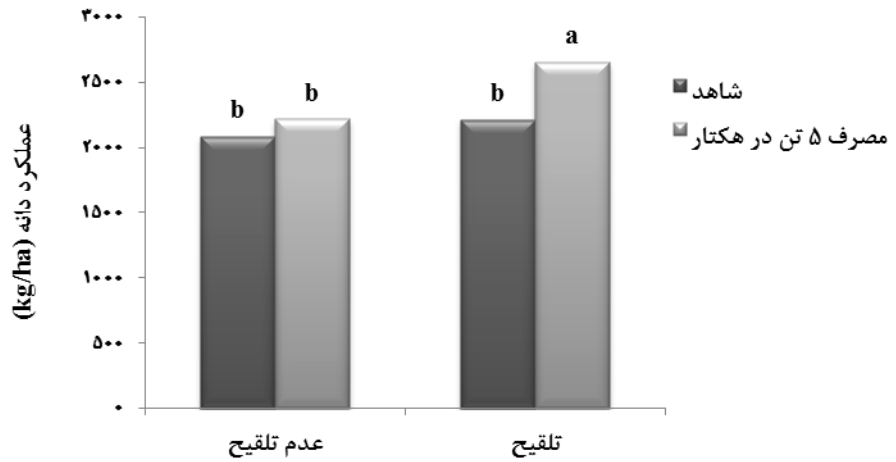
شکل ۴-۹ تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد دانه



شکل ۴-۱۰ اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه



شکل ۴-۱۱ اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه



شکل ۴- ۱۲ اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست برعملکرد دانه

جدول ۴-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه

عدم مصرف گوگرد	عدم تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	d	۱۹۳۵	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	d	۲۱۸۷	Kg
	تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	d	۲۱۵۹	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	d	۲۲۴۱	Kg
۳۰۰ کیلوگرم گوگرد	عدم تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	d	۲۰۸۶	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	cd	۲۳۲۶	Kg
	تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	c	۲۴۱۴	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	a	۳۷۶۸	Kg
۶۰۰ کیلوگرم گوگرد	عدم تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	d	۲۲۲۶	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	bc	۲۸۱	Kg
	تلقیح	عدم مصرف ورمی کمپوست	b	۲۹۹۰	Kg
		۵ تن ورمی کمپوست در هکتار	a	۴۰۷۰	Kg

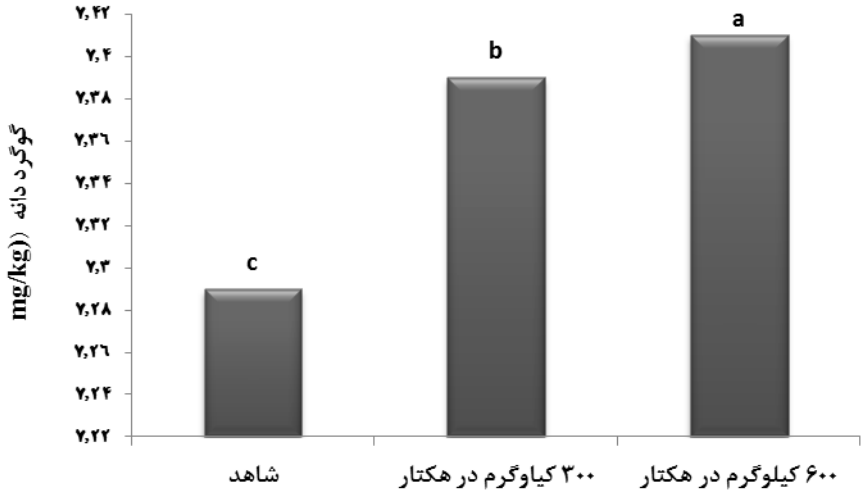
۴-۳- میزان گوگرد دانه

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) میزان گوگرد دانه در اثر کاربرد گوگرد در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین این صفت (شکل ۴-۱۳) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی دار میزان گوگرد دانه نسبت به شاهد (عدم کاربرد گوگرد) گردید. با توجه به نتایج حاصل شده، کاربرد گوگرد سبب دسترسی گیاه به سولفات و جذب بیشتر این عنصر شده است.

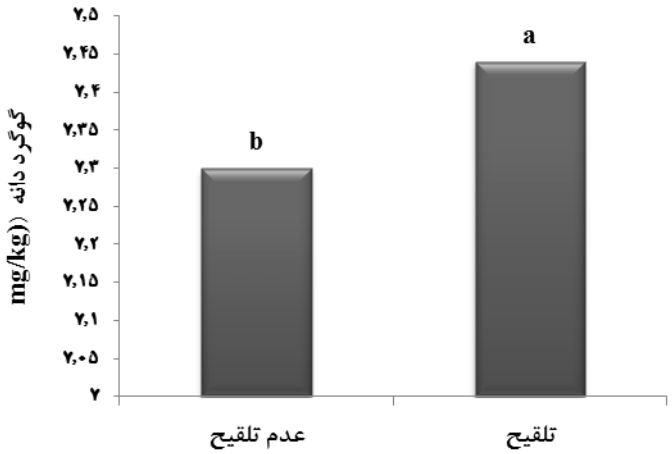
نتایج جدول (۴-۱) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس بر میزان گوگرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۱۴) نشان داد که با کاربرد باکتری تیوباسیلوس میزان گوگرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن افزایش داشته است. باکتری تیوباسیلوس نیز با افزایش گوگرد قابل جذب موجود در خاک نیز سبب افزایش دسترسی گیاه به گوگرد شده و سبب جذب بیشتر آن نیز می شود.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۱۵) نشان داد که بیشترین میزان گوگرد در دانه در اثر کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و تلقیح تیوباسیلوس نسبت به شاهد بدست آمد. نتایج نشان داد که کاربرد توام گوگرد و باکتری تیوباسیلوس با تأثیر مستقیم بر روی اکسیداسیون گوگرد و افزایش میزان سولفات در دسترس گیاه، سبب جذب بیشتر سولفات در گیاه نخود شده و میزان تجمع گوگرد در دانه را به نحو چشمگیری افزایش داد. شاهسونی و اردلان (۱۳۸۶) گزارش دادند که کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش میزان گوگرد در دانه گندم شد. نیک نیایی (۱۳۸۶) نیز گزارش داد کاربرد توام گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش میزان گوگرد و نیز افزایش کیفیت نانوایی دانه گندم شد.

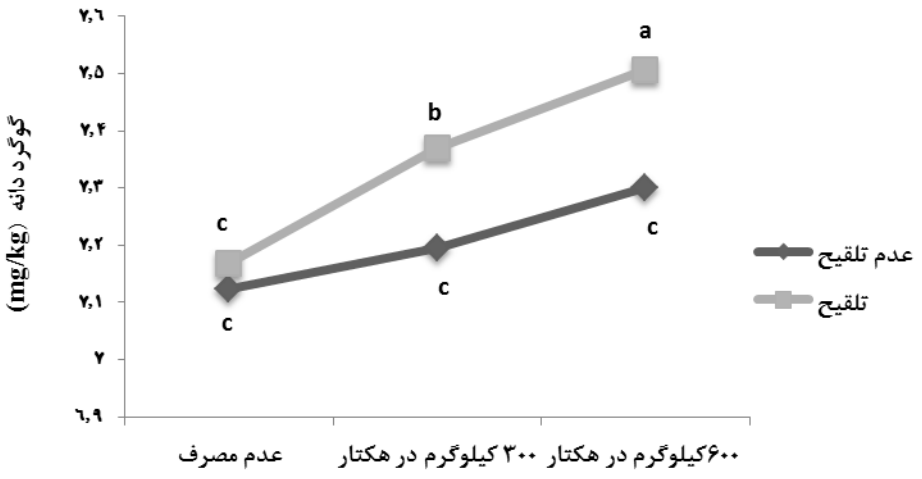
مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) اثر ورمی کمپوست، اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس و اثر متقابل سه گانه گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر میزان گوگرد دانه معنی دار نبود.



شکل ۴-۱۳ تأثیر گوگرد بر میزان گوگرد دانه



شکل ۴-۱۴ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر میزان گوگرد دانه



شکل ۴-۱۵ اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر میزان گوگرد دانه

۴-۴- اسیدیته خاک

مطابق نتایج به دست آمده (جدول ۴-۱) pH خاک متأثر از کاربرد گوگرد در سطح ۱٪ بود. مقایسه میانگین pH خاک (شکل ۴-۱۶) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش میزان اسیدیته خاک نسبت به عدم کاربرد آن شد. کاربرد گوگرد در خاک از طریق اکسید شدن آن سبب کاهش pH خاک می‌گردد. کریمی نیا و شعبانپور شهرستانی (۱۳۸۲) گزارش دادند که استفاده از گوگرد سبب کاهش pH خاک شد. لین و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش دادند که استفاده از گوگرد به طور معنی-داری سبب کاهش pH خاک نسبت به عدم کاربرد آن در برنج گردید.

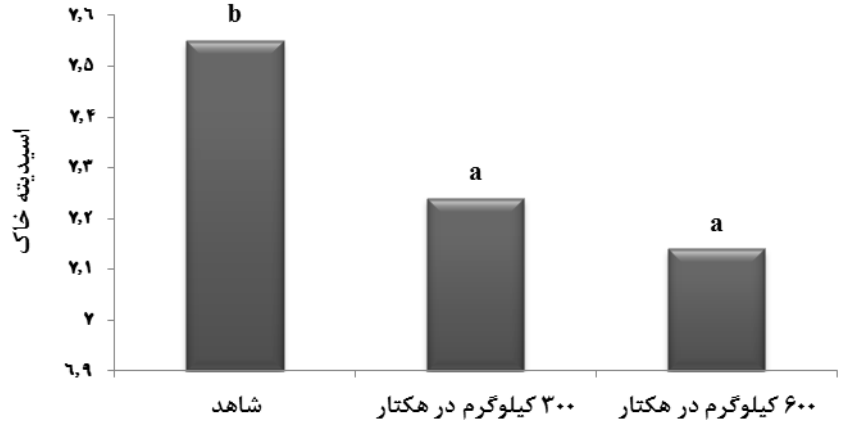
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۱) نشان داد که pH خاک در اثر کاربرد باکتری تیوباسیلوس در سطح ۱٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین pH خاک (شکل ۴-۱۷) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب کاهش pH خاک نسبت به عدم کاربرد آن گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب کاهش موضعی pH خاک شد. کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب کاهش pH در منطقه ریزوسفر گردید (تورنتو و همکاران، ۲۰۱۰). گودرزی (۱۳۸۸) نیز گزارش داد که با کاربرد باکتری تیوباسیلوس میزان pH خاک در منطقه اطراف ریشه کاهش یافت.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۱) نشان داد که میزان pH خاک در اثر کاربرد ورمی کمپوست در سطح ۵٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین pH خاک (شکل ۴-۱۸) نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش میزان اسیدیته خاک نسبت به عدم کاربرد آن گردید. ورمی کمپوست از طریق آزاد سازی H^+ در خاک سبب اسیدی شدن خاک می شود.

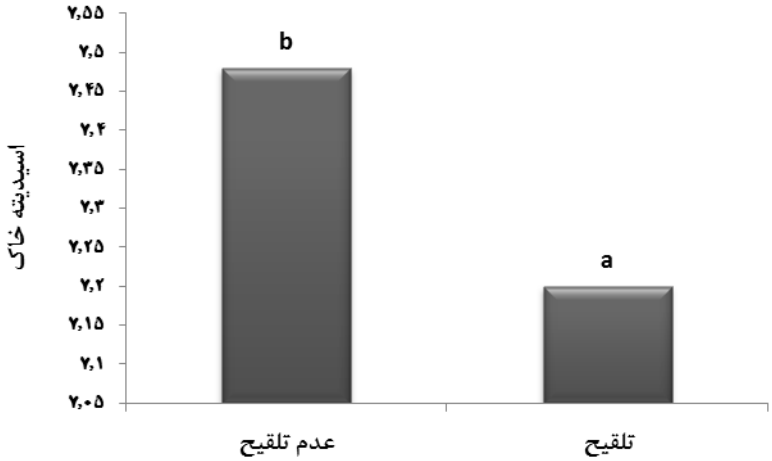
مطابق جدول تجزیه واریانس (۴-۱) اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر میزان pH خاک در سطح ۱٪ معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۱۹) نشان داد که بیشترین کاهش pH در خاک در اثر کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس نسبت به شاهد بدست آمد. پس اینگونه می‌توان بیان کرد که کاربرد توأم گوگرد و اکسید کننده آن یعنی باکتری تیوباسیلوس سبب اکسید شدن گوگرد موجود در خاک و تولید اسید سولفوریک می‌شود که این اسید سبب افزایش میزان هیدروژن در داخل خاک شده و این افزایش خود سبب افزایش اسیدیته یا کاهش pH می‌گردد. محمدی آریا و همکاران (۲۰۱۰)، ژی هیو و همکاران (۲۰۱۰)، گارسیا و همکاران (۲۰۰۷) و استامفورد و همکاران (۲۰۰۳)، با کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس گزارش دادند که میزان pH خاک به نحو قابل توجهی در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. خاوازی و ملکوتی (۱۳۸۰) نیز با کاربرد توام گوگرد و باکتری تیوباسیلوس کاهش میزان pH خاک را گزارش کردند.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر میزان pH در سطح ۱٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین عملکرد دانه (شکل ۴-۲۰) نشان داد که کاربرد همزمان گوگرد و ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار سبب افزایش اسیدیته خاک نسبت به تیمار شاهد گردید. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که افزایش اسیدیته خاک از یک سو از طریق افزایش میزان گوگرد و اسید سولفوریک در خاک و از طرف دیگر نیز با کاربرد ورمی کمپوست نیز با آزاد سازی H^+ در خاک سبب کاهش pH خاک می‌شود پس احتمالاً کاربرد توأم این دو بصورت همزمان نیز سبب کاهش pH خاک شده است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که اثر

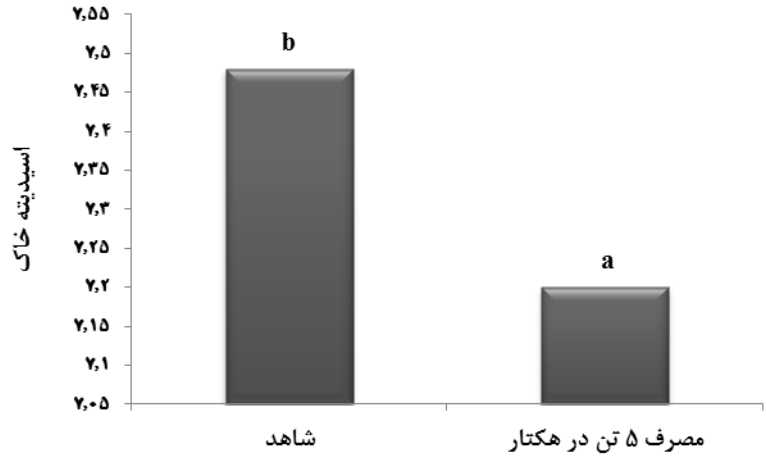
متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر میزان pH خاک در سطح ۱٪ معنی دار شد و مقایسه میانگین میزان pH خاک (شکل۴-۲۱) نشان داد که کاربرد توام باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب کاهش pH خاک در مقایسه با تیمار شاهد گردید. علت این افزایش ناشی از تاثیر توأم باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر آزاد سازی یون H^+ در خاک می‌باشد.



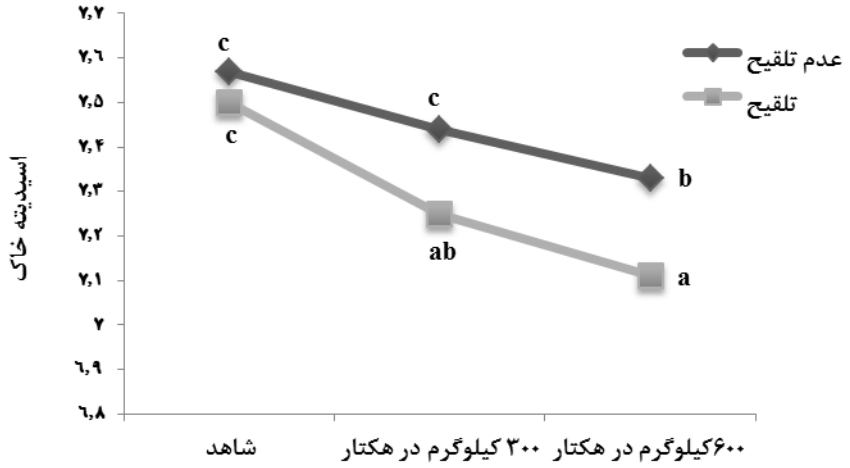
شکل ۴-۱۶ تأثیر گوگرد بر اسیدیته خاک



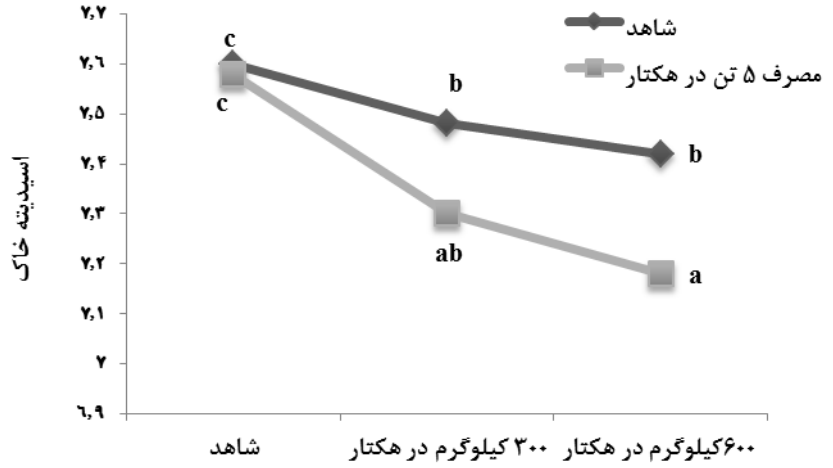
شکل ۴-۱۷ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر اسیدیته خاک



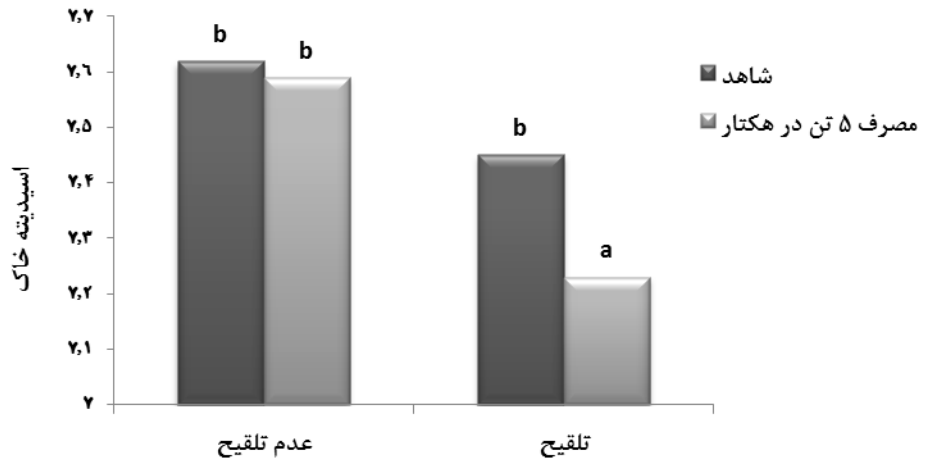
شکل ۴-۱۸ تأثیر ورمی کمپوست براسیدیته خاک



شکل ۴-۱۹ اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر اسیدیته خاک



شکل ۴-۲۰ اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر اسیدیته خاک



شکل ۴-۲۱ اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر اسیدیته خاک

جدول۴ -۱

جدول تجزیه واریانس اثر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست برصفات مورد مطالعه در این آزمایش

		میانگین مربعات[1]			
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	میزان گوگرد دانه	pH
تکرار(R)	۲	۴۵۶۶۵/۰۰۷*	۱۴۵۳/۶۴۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
گوگرد (A)	۲	۱۴۳۴۹۱/۶۴۱**	۲۴۲۱۴/۷۷۲**	۰/۰۲۰**	۰/۰۵۴**
باکتری تیوباسیلوس (B)	۱	۲۹۳۰۹۴/۱۴۹**	۴۱۵۱۹/۴۹۲**	۰/۰۶۶**	۰/۱۷۲**
ورمی کمپوست (C)	۱	۲۸۷۷۸۰/۳۸۴**	۳۲۳۲۵/۶۴۱**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۶*
گوگرد × تیوباسیلوس	۲	۴۰۸۷۰/۳۴۶*	۶۶۹۰/۱۲۸**	۰/۰۱۶**	۰/۰۳۵**
گوگرد × ورمی کمپوست	۲	۴۰۰۳۹/۱۹۱*	۴۲۱۰/۹۸۷*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۲**
تیوباسیلوس × ورمی کمپوست	۱	۶۵۳۳۹/۰۳۹**	۵۲۲۰/۰۶۲*	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۳۵**
A×B×C	۲	۳۵۳۲۷/۸۷۰*	۳۰۹۲/۲۱۳*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}
خطای آزمایشی	۲۲	۹۰۱۱/۹۴۵	۹۱۶/۱۴۹	۰/۰۰	۰/۰۰۳

۱- ns، * و ** به ترتیب به مفهوم، وجود عدم اختلاف و اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

۴-۵- ارتفاع

نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۲) نشان داد که در اثر کاربرد گوگرد ارتفاع گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین ارتفاع بوته (شکل ۴-۲۲) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع نسبت به عدم کاربرد گوگرد گردید. با توجه به نقش گوگرد در افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک، کاربرد این عامل سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. قربانی نصر آبادی و همکاران (۱۳۸۱) در آزمایشی که بر روی سویا انجام دادند اثر گوگرد را بر افزایش ارتفاع، مثبت ذکر کردند. حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش دادند که کاربرد گوگرد سبب افزایش ارتفاع بادام زمینی شد.

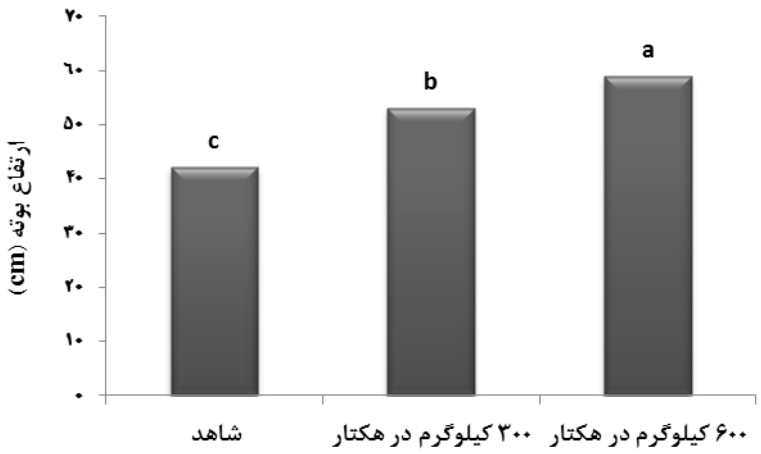
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) نشان داد که تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین (شکل ۴-۲۳) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه نسبت به عدم کاربرد آن گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک شده که این کاهش pH سبب آزاد سازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می‌شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش فتوسنتز و به طبع افزایش ارتفاع گیاه دارند. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش دادند که با کاربرد باکتری تیوباسیلوس در مزرعه سویا ارتفاع این گیاه نسبت به عدم کاربرد آن افزایش یافت.

با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴-۲)، کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش ارتفاع گیاه در سطح ۱٪ گردید. مقایسه میانگین ارتفاع بوته (شکل ۴-۲۴) نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع نسبت به شاهد (عدم مصرف) شد. ورمی کمپوست به عنوان یک کود بیولوژیک، سرشار از مواد پر مصرف و کم مصرف است و نقش بارزی در افزایش فتوسنتز، بیوماس و همچنین افزایش ارتفاع گیاه دارد. کرم زاده (۱۳۸۹) گزارش داد که با کاربرد ورمی کمپوست ارتفاع گیاه افزایش یافت. ساهنی و همکاران (۲۰۰۸) نیز افزایش ارتفاع نخود را با کاربرد ورمی کمپوست مثبت گزارش کردند.

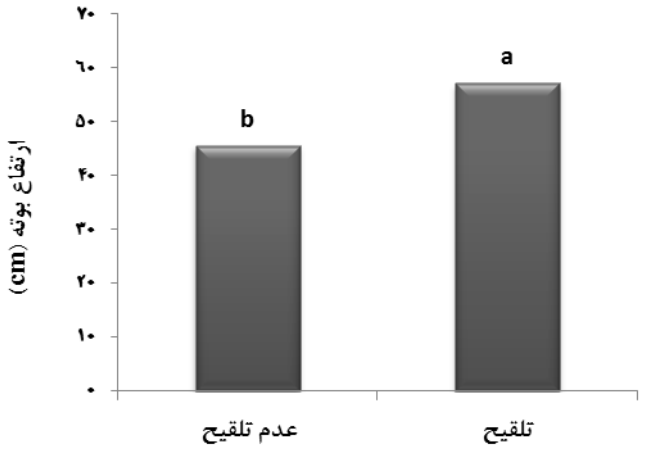
نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع گیاه در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۲۵) نشان داد که بیشترین ارتفاع در اثر کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس نسبت به شاهد بدست آمد. نتایج نشان داد که کاربرد توأم گوگرد و باکتری تیوباسیلوس با تأثیر مستقیم بر جذب عناصر غذایی توسط گیاه سبب افزایش ارتفاع گیاه گردید.

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر ارتفاع گیاه در سطح ۵٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه (شکل ۴-۲۶) نشان داد که کاربرد همزمان گوگرد و ورمی‌کمپوست سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان این گونه نتیجه گرفت که با کاربرد گوگرد و ورمی کمپوست مواد غذایی در خاک افزایش پیدا کرده و سبب افزایش ارتفاع بوته می شود.

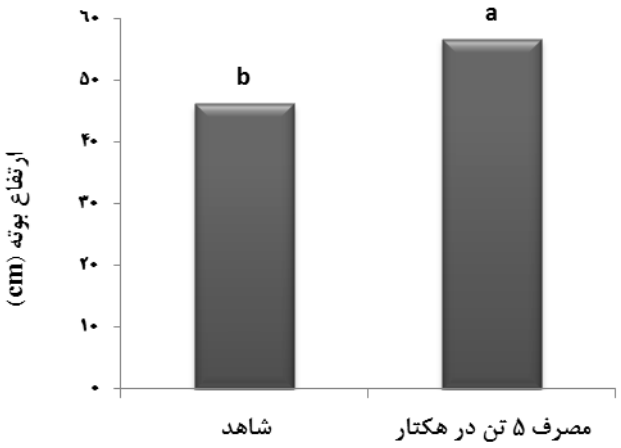
طبق نتایج به دست آمده از (جدول ۴-۲) اثر تیمار باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر ارتفاع گیاه در سطح ۵٪ معنی دار گردید. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه (شکل۴-۲۶) نشان داد که کاربرد تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد. کاربرد همزمان تیوباسیلوس و ورمی کمپوست با تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود.



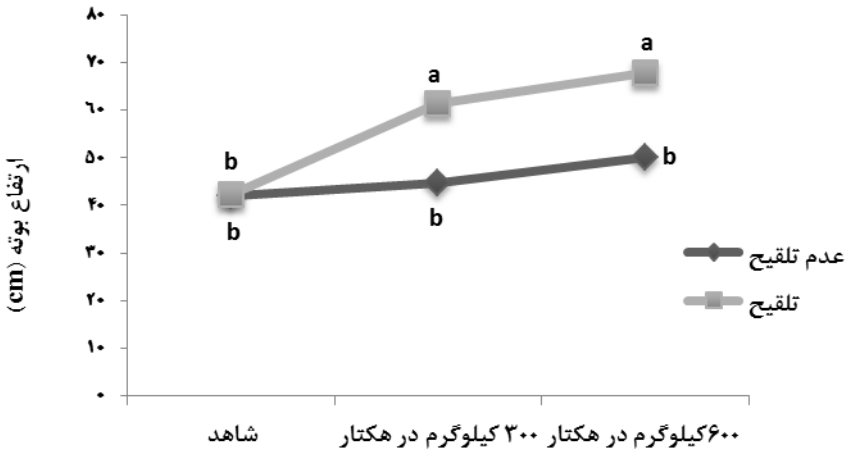
شکل ۴-۲۲ تأثیر گوگرد بر ارتفاع بوته



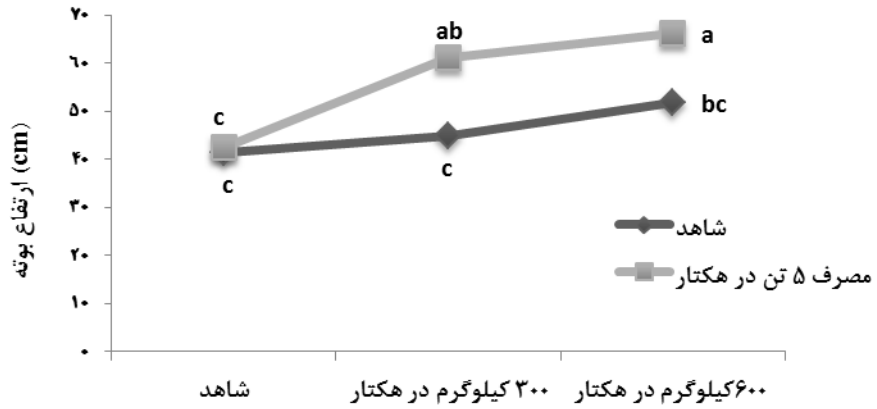
شکل ۴-۲۳ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع بوته



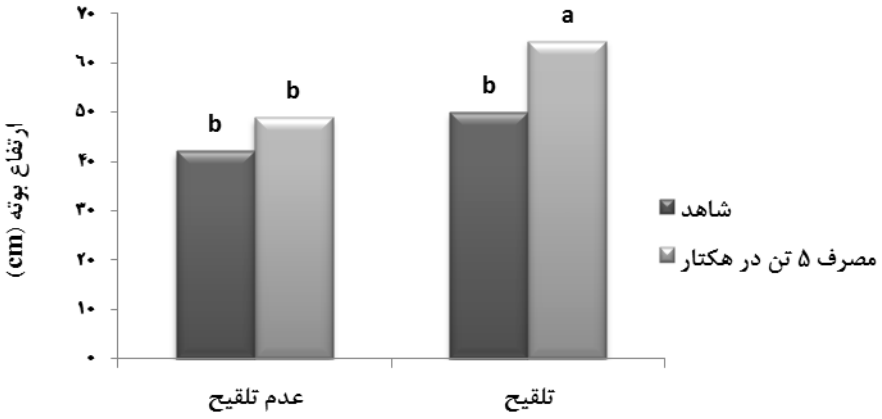
شکل ۴-۲۴ تأثیر ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته



شکل ۴-۲۵ تأثیر گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع بوته



شکل ۴-۲۶ تأثیر گوگرد و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته



شکل ۴-۲۷ تأثیر تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته

۴-۶- وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۲) حاکی از تأثیر معنی‌دار گوگرد بر وزن صد دانه در سطح ۱٪ می‌باشد. مقایسه میانگین وزن صد دانه (شکل ۴-۲۸) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی-دار وزن صد دانه نسبت به عدم کاربرد گوگرد گردید. نتایج بدست آمده حاضر با نتایج مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که با کاربرد گوگرد وزن صد دانه سویا افزایش قابل توجهی داشت. نیک نیایی (۱۳۸۶) نیز تأثیر گوگرد را بر افزایش وزن صد دانه گندم مثبت اعلام کردند.

با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴-۲) بین مصرف باکتری تیوباسیلوس و عدم مصرف آن تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود دارد. مقایسه میانگین وزن صد دانه (شکل ۴-۲۹) نشان داد که با استفاده از باکتری تیوباسیلوس وزن صد دانه گیاه نسبت به عدم استفادهٔ باکتری تیوباسیلوس (شاهد)، افزایش یافت. افزایش وزن صد دانه در گیاه مستلزم تأمین مواد غذایی کافی برای گیاه است که باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک و کاهش pH خاک، سبب در دسترس قرار گرفتن عناصری می شود که به واسطه pH بالا از دسترس گیاه خارج شده بودند و از این طریق سبب افزایش وزن صد دانه گیاه می‌شود. قاسمی و دهقان (۱۳۸۹) گزارش دادند که با مصرف باکتری تیوباسیلوس در خاک وزن صد دانه آفتابگردان نسبت به عدم مصرف باکتری افزایش چشمگیری داشت.

نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۲) حاکی از آن است که مصرف ورمی کمپوست سبب افزایش وزن صد دانه گیاه در سطح ۱٪ شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (شکل۴-۳۰) با مصرف ورمی کمپوست وزن صد دانه گیاه نسبت به عدم مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت. ورمی کمپوست ضمن تأمین عناصر غذایی کافی برای گیاه با قابلیت جذب آب در خودش، سبب افزایش وزن صد دانه گیاه می‌شود. کرم زاده (۱۳۸۹) گزارش داد کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش وزن صد دانه نخود

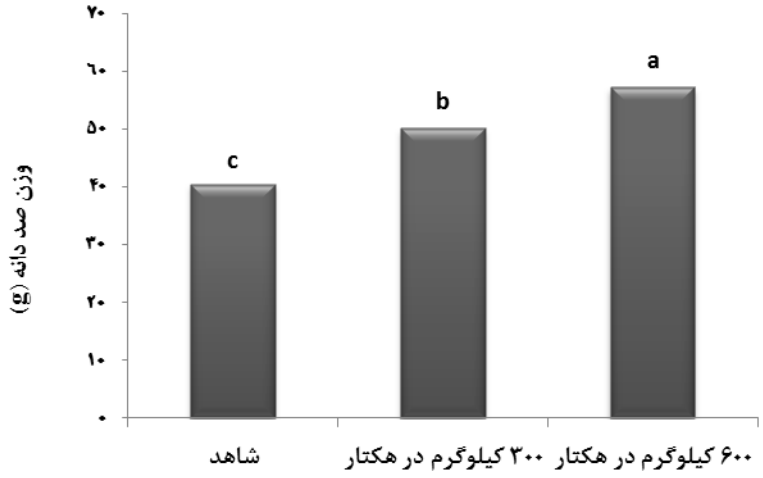
در مقایسه با شاهد شد. ساهنی و همکاران، (۲۰۰۸) نیز گزارش دادند استفاده از ورمی کمپوست سبب افزایش وزن صد دانه نخود می‌شود.

در بررسی اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر وزن صد دانه (جدول ۴-۲) مشاهده شد که اثر فوق در سطح ۵٪ معنی دار می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (شکل۴-۳۱) نشان داد که کاربرد همزمان گوگرد و تیوباسیلوس سبب افزایش وزن صد دانه نسبت به عدم کاربرد این دو شده است. کاربرد همزمان گوگرد و تیوباسیلوس سبب افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد در خاک می‌شود که این امر سبب آزاد سازی سریعتر عناصر نسبت به حالتی که هر کدام از آنها به صورت مجزا استفاده شده بودند، شد که این امر سبب افزایش وزن صد دانه گیاه گردید. خاوازی و ملکوتی (۱۳۸۰) گزارش دادند که با کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس در ذرت وزن صد دانه آن نسب به عدم کاربرد آن افزایش یافت.

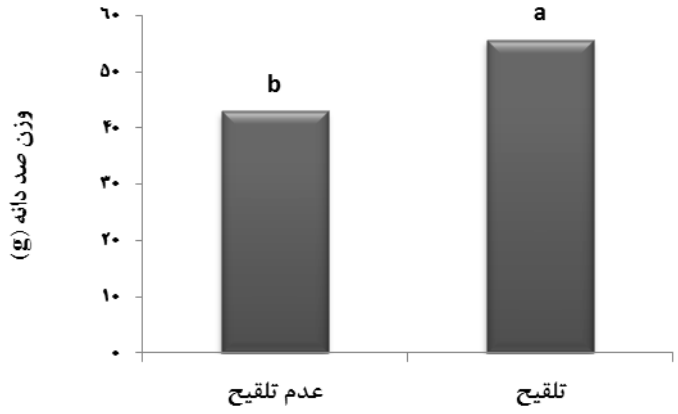
نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه گیاه در سطح ۵٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین وزن صد دانه (شکل ۴-۳۲) نشان داد که کاربرد همزمان گوگرد و ورمی کمپوست سبب افزایش وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان این گونه نتیجه گرفت که کاربرد گوگرد در خاک به همراه ورمی کمپوست، سبب افزایش عناصر غذایی در خاک شد که این امر می‌تواند سبب افزایش وزن صد دانه در گیاه شود.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۲) نشان داد که اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه گیاه در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین وزن صد دانه (شکل۴-۳۳) نشان داد که کاربرد تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب کاهش موضعی pH خاک شده که این امر سبب آزاد سازی عناصر غذایی می‌شود که از دسترس گیاه خارج شده بودند و ورمی

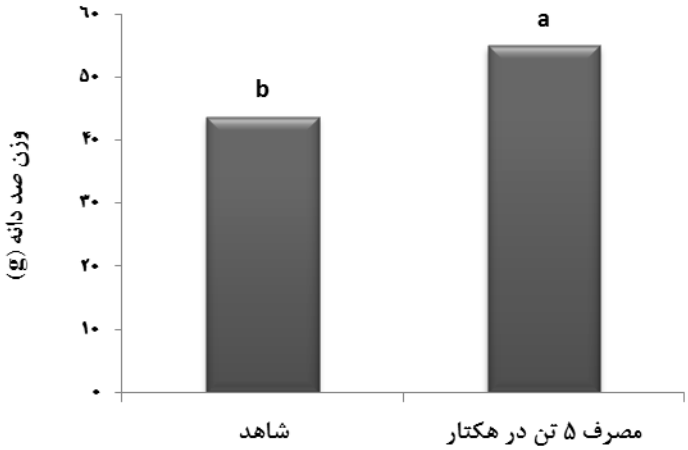
کمپوست نیز با دارا بودن عناصر پر مصرف و کم مصرف و نگهداری آب در خود و در کل این دو در کنار هم سبب افزایش وزن صد دانه گیاه نسبت به عدم کاربرد این دو می‌شود.



شکل ۴-۲۸ تأثیر گوگرد بر وزن صد دانه

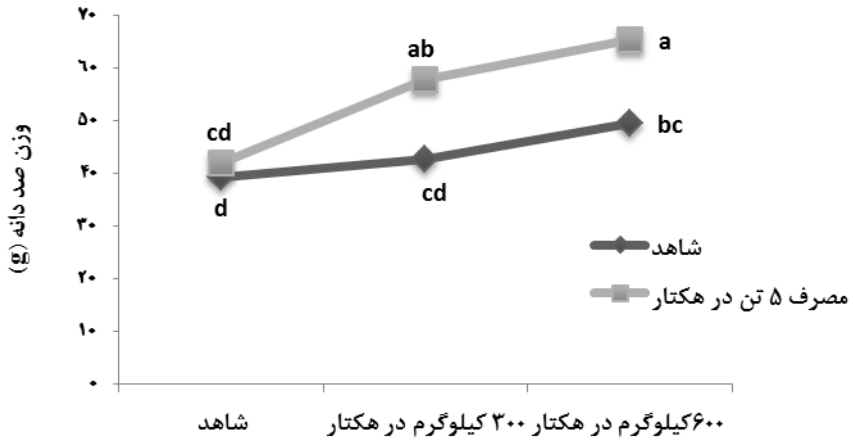


شکل ۴-۲۹ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر وزن صد دانه

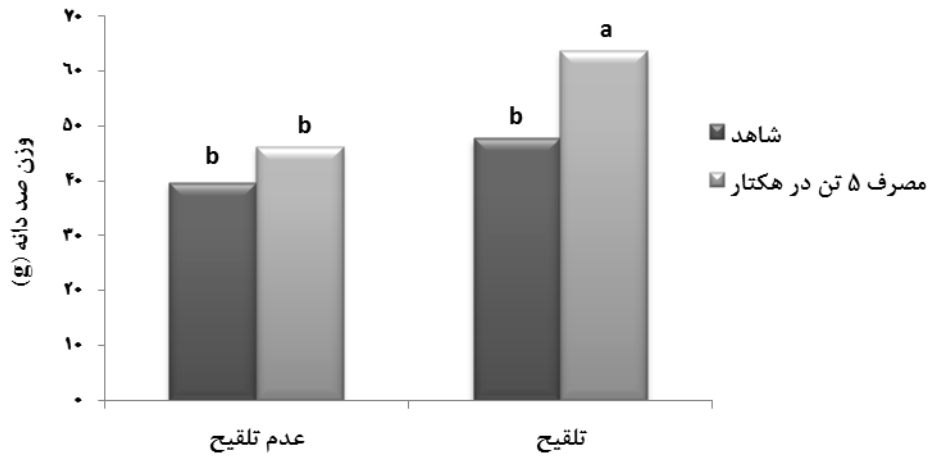


شکل ۴-۳۰ تأثیر ورمی کمپوست بر وزن صد دانه

شکل ۴-۳۱ اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر وزن صد دانه



شکل ۴-۳۲ تأثیر گوگرد و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه



شکل ۴-۳۳ تأثیر تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه

۴-۷- تعداد غلاف در بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) نشان داد که کاربرد گوگرد بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۱٪ معنی دار شد. در مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴-۳۴) کاربرد گوگرد سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش دادند که کاربرد گوگرد سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در سویا شد. حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تأثیر گوگرد را بر افزایش تعداد غلاف در بوته بادام زمینی را مثبت ارزیابی کردند.

نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۲) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۱٪ معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴-۳۵) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته نسبت به عدم کاربرد آن گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک شده که این افزایش اسیدیته، خود سبب آزاد سازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می‌شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه دارند. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در سویا شد. حسین زاده

گشتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تأثیر باکتری تیوباسیلوس را بر افزایش تعداد غلاف در بوته بادام زمینی را مثبت گزارش کردند.

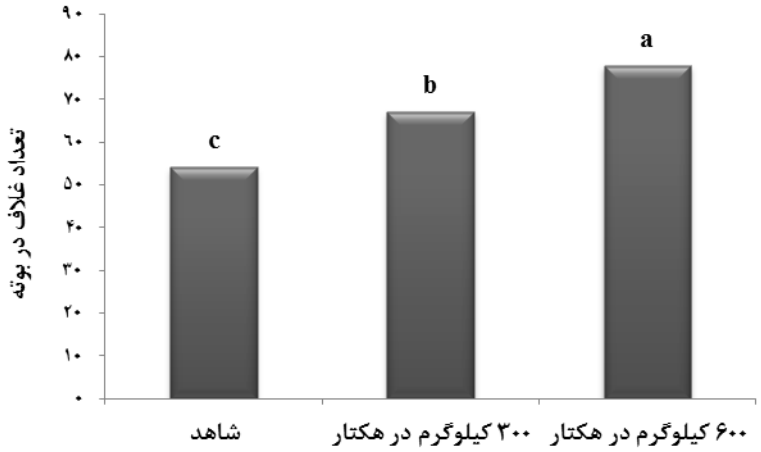
با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴-۲)، کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در سطح ۱٪ نسبت به عدم کاربرد آن گردید (شکل ۴-۳۶). ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فرآهمی مطلوب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف سبب افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه می‌شود. ساهنی و همکاران، (۲۰۰۸) گزارش دادند که کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد غلاف در بوته نخود نسبت به عدم کاربرد آن گردید. کرم زاده (۱۳۸۹) نیز افزایش تعداد غلاف در بوته نخود را با کاربرد ورمی کمپوست گزارش کرد.

نتایج حاصل از تحقیق (جدول ۴-۲) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل۴-۳۷) نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار گوگرد و باکتری تیوباسیلوس نسبت به شاهد بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان این گونه قضاوت کرد که کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس ضمن تأمین مقدار گوگرد مورد نیاز گیاه با کاهش موضعی pH خاک سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصری می‌گردد که در pH بالا به صورت نامحلول در آمده و در دسترس گیاه شوند. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) نیز تاثیر مثبت کاربرد توأم گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس را بر روی تعداد غلاف در بوته سویا گزارش کردند.

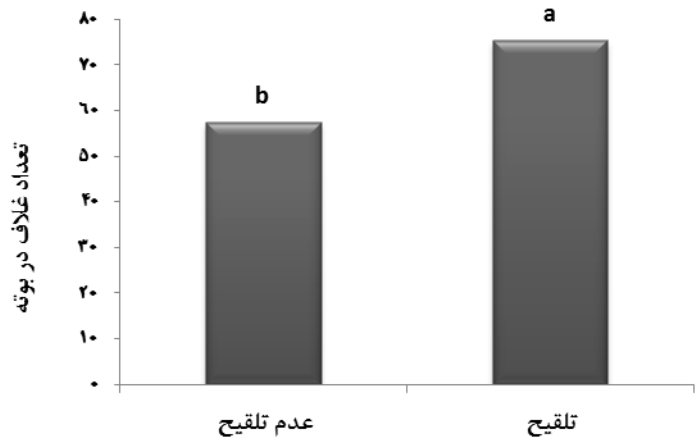
نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته (شکل ۴-۳۸) نشان داد که کاربرد همزمان گوگرد و ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد گوگرد می‌تواند با افزایش اسیدیته خاک سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی در خاک شود. ورمی کمپوست نیز به عنوان یک کود آلی سرشار از مواد غذایی پر مصرف و کم مصرف است.

بنابراین می‌توان با کاربرد این دو به صورت همزمان سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. کرم زاده (۱۳۸۹) گزارش کرد که کاربرد ورمی کمپوست تأثیر معنی داری بر افزایش تعداد غلاف در بوته در گیاه نخود دارد. قربانی نصر آبادی و همکارن (۱۳۸۱) نیز تأثیر گوگرد را بر افزایش تعداد غلاف در بوته در سویا مثبت ارزیابی کردند.

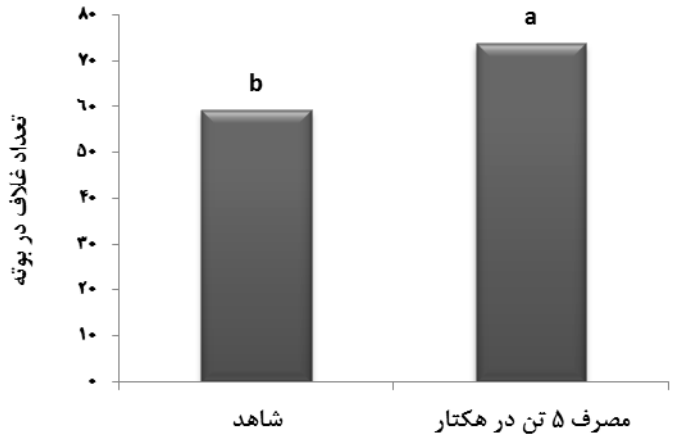
نتایج جدول (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۳۹) نشان داد که کاربرد همزمان تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد شد. باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست با تأمین مواد غذایی کافی برای گیاه سبب افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه گردید.



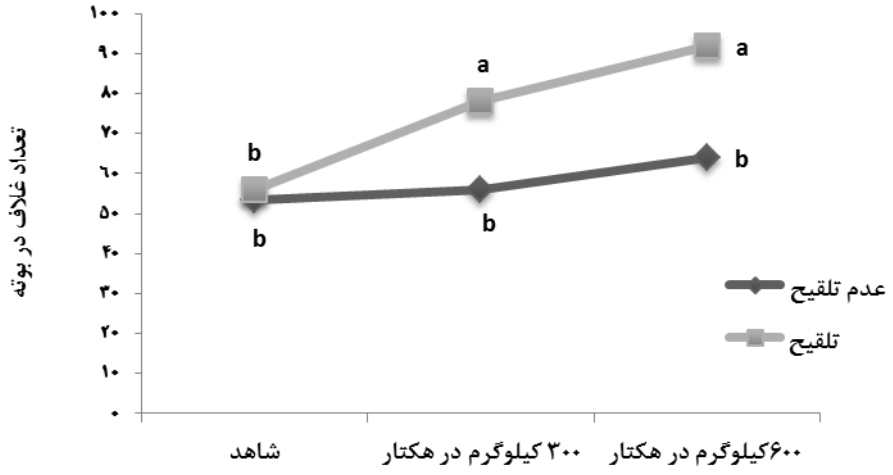
شکل ۴-۳۴ تأثیر گوگرد بر تعداد غلاف در بوته



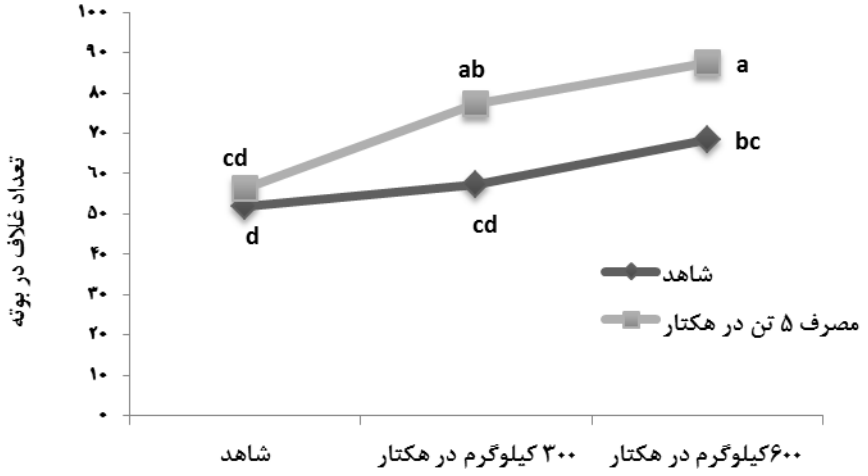
شکل ۴-۳۵ تأثیر تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته



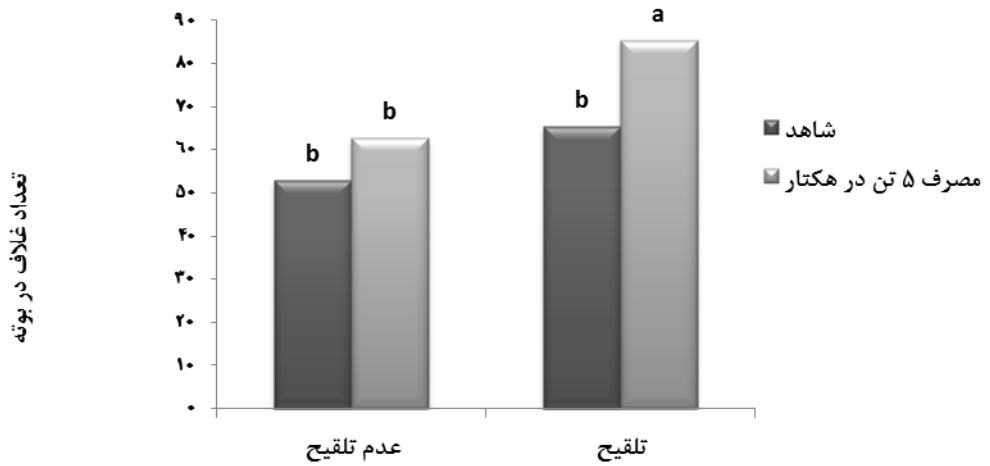
شکل ۴-۳۶ تأثیر ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته



شکل ۴-۳۷ اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد غلاف در بوته



شکل ۴-۳۸ اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته



شکل ۴-۳۹ اثر متقابل تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته

۴-۸- تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف یکی از اجزای مهم برای رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در نخود است. پتانسیل تولید دانه در غلاف در زمان گلدهی تعیین می‌شود و به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۲) نشان داد که کاربرد گوگرد بر تعداد دانه در غلاف در سطح ۱٪ معنی دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (شکل۴-۴۰) نشان داد که کاربرد گوگرد سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد (عدم کاربرد گوگرد) گردید. از آنجایی که

تعداد دانه در غلاف ارتباط مستقیمی با تعداد غلاف در بوته دارد و با توجه به معنی‌دار بودن تعداد غلاف در بوته افزایش تعداد دانه در غلاف نیز توجیه پذیر می‌باشد. حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تأثیر گوگرد را بر افزایش تعداد دانه در غلاف بادام زمینی را مثبت گزارش کردند. نصر آبادی و همکارن (۱۳۸۱) گزارش دادند که کاربرد گوگرد سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در سویا شد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۲) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف در سطح ۱٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف (شکل ۴-۴۱) نشان داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف نسبت به عدم کاربرد آن گردید. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک شده که این افزایش اسیدیته، خود سبب آزاد سازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می-شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه دارند پس با توجه به افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته با کاربرد باکتری تیوباسیلوس و با توجه به رابطه مستقیم تعداد دانه در غلاف با تعداد غلاف در بوته پس افزایش تعداد دانه در غلاف با توجه افزایش تعداد غلاف در بوته توجیه پذیر است. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش داد که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در سویا شد. حسین زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تأثیر باکتری تیوباسیلوس را بر افزایش تعداد دانه در غلاف بادام زمینی را مثبت گزارش کردند.

با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۴-۲) کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در سطح ۱٪ نسبت به عدم کاربرد آن گردید (شکل ۴-۴۲). ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فرآهمی مطلوب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف می‌تواند سبب افزایش تعداد دانه در غلاف گیاه شود. ساهنی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که کاربرد ورمی کمپوست سبب

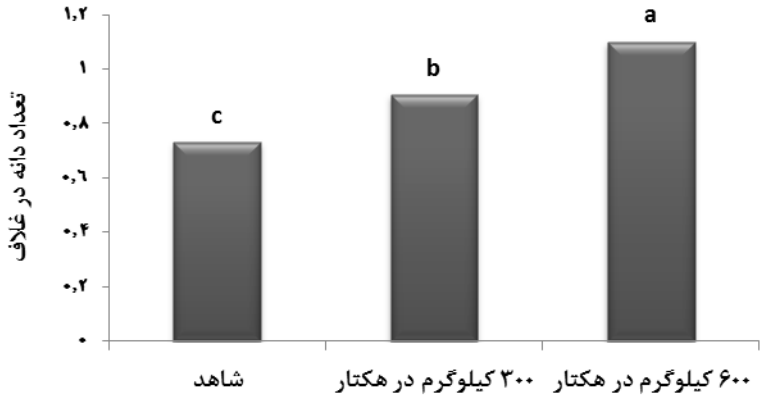
افزایش تعداد دانه در غلاف نخود نسبت به عدم کاربرد آن گردید. کرم زاده (۱۳۸۹) نیز افزایش تعداد دانه در غلاف نخود را با کاربرد ورمی کمپوست گزارش کرد.

نتایج جدول (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف در سطح ۵٪ معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل۴-۴۳) نشان داد که کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به عدم کاربرد این دو (شاهد) گردید. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان این گونه استنباط کرد که کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس ضمن تأمین مقدار گوگرد مورد نیاز گیاه با کاهش موضعی pH خاک سبب افزایش دسترسی گیاه به عناصری می‌گردد که در pH بالا به صورت نامحلول در آمده و در دسترس گیاه شوند و با توجه به این که کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شده است پس افزایش تعداد دانه در غلاف نیز توجیه پذیر است. مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) نیز تاثیر مثبت کاربرد توأم گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس را بر روی تعداد دانه در غلاف سویا گزارش کردند. حسین زاده گشتی و همکاران(۱۳۸۸) گزارش دادند که با کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس تعداد دانه در غلاف بادام زمینی افزایش یافت.

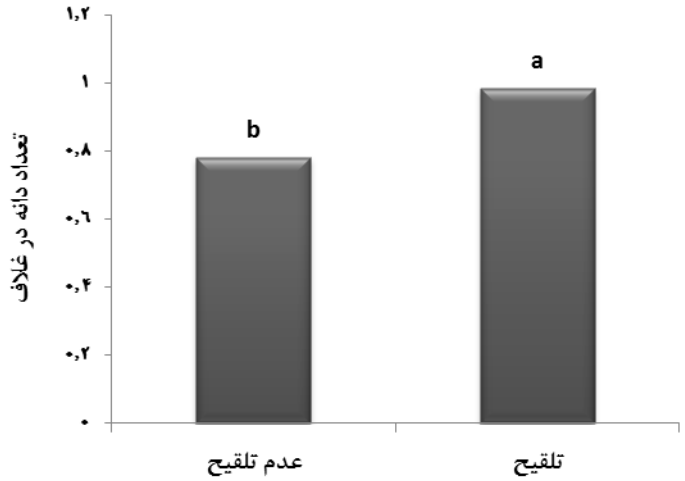
نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف در سطح ۵٪ معنی دار گردید. مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف (شکل ۴-۴۴) نشان داد که کاربرد همزمان گوگرد و ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد گوگرد می‌تواند با افزایش اسیدیته خاک سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی در خاک شود. ورمی کمپوست نیز به عنوان یک کود آلی سرشار از مواد غذایی پر مصرف و کم مصرف است. بنابراین می‌توان با کاربرد این دو به صورت همزمان سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شد. کرم زاده (۱۳۸۹) گزارش داد که کاربرد ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد دانه در غلاف در

گیاه نخود دارد. قربانی نصر آبادی و همکارن (۱۳۸۱) نیز تأثیر گوگرد را بر افزایش تعداد دانه در غلاف در سویا مثبت ارزیابی کردند.

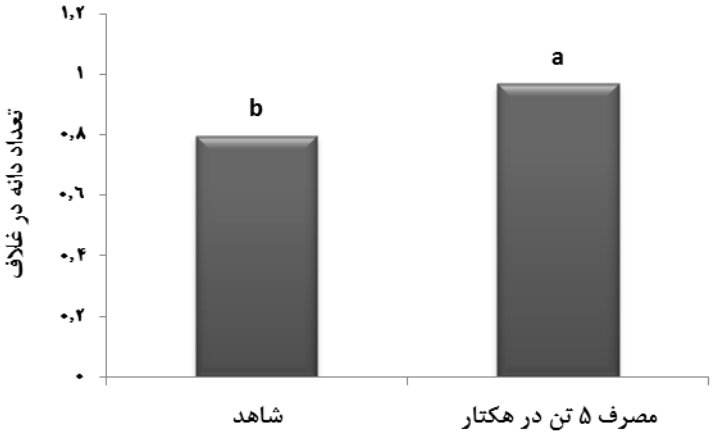
نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۲) نشان داد که اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف در سطح ۵٪ معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها ت (شکل۴-۴۵) نشان داد که کاربرد همزمان باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد گردید. با توجه به اینکه تأثیر باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد پس افزایش تعداد دانه در غلاف با توجه به نتیجه بدست آمده قابل توجیه می‌باشد.



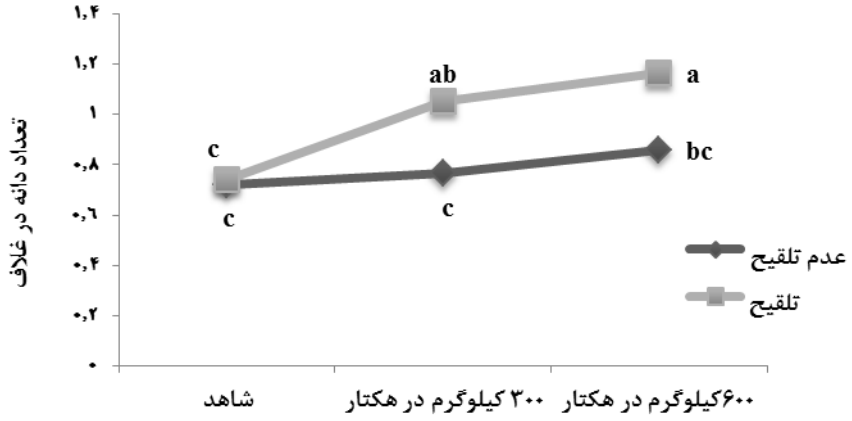
شکل ۴-۴۰ تأثیر گوگرد بر تعداد دانه در غلاف



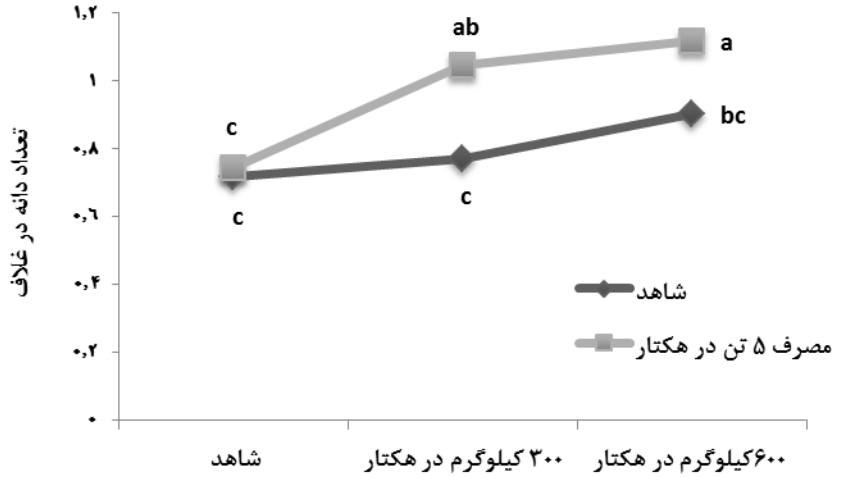
شکل ۴-۴۱ تأثیر باکتری تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف



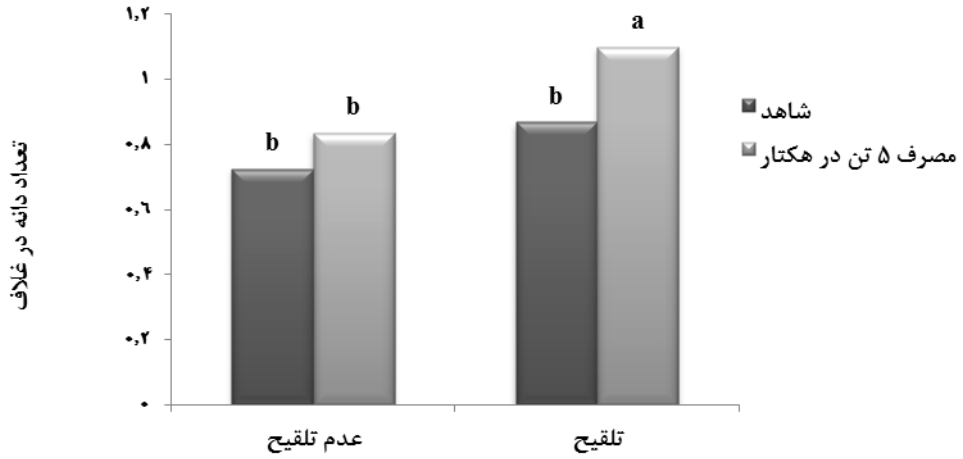
شکل ۴-۴۲ تأثیر ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف



شکل ۴-۴۳ اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف



شکل ۴-۴۴ اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف



شکل ۴-۴۵ اثر متقابل تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر تعداد دانه در غلاف

جدول۴ -۲

جدول تجزیه واریانس اثر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست برصفات مورد مطالعه در این آزمایش

		میانگین مربعات[1]			
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن صد دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته
تکرار(R)	۲	۵۱/۶۰۴۲ ns	۴۹/۲۹۹۷ ns	۰/۰۲۵۷۵ ns	۸۳/۴۵۹۳ ns
گوگرد (A)	۲	۸۷۶/۶۱۲۹**	۸۵۱/۹۱۵۹**	۰/۲۳۸۴**	۱۷۰۸/۰۷۴۰**
باکتری تیوباسیلوس (B)	۱	۱۲۲۱/۵۰۲۵**	۱۴۶۵/۶۱۳۶**	۰/۳۷۴۳**	۲۹۰۹/۸۸۳۲**
ورمی کمپوست (C)	۱	۹۹۳/۷۲۰۵**	۱۱۳۸/۱۶۲۶**	۰/۲۷۰۲**	۱۸۹۴/۲۸۰۵**
گوگرد × تیوباسیلوس	۲	۲۸۴/۹۵۳۹*	۲۵۰/۶۳۳۴*	۰/۰۷۶۰*	۴۹۲/۱۰۰۲*
گوگرد × ورمی کمپوست	۲	۲۰۶/۳۶۵۰*	۱۵۹/۵۳۲۰*	۰/۰۴۹۰*	۲۳۷/۸۵۹۷*
تیوباسیلوس × ورمی کمپوست	۱	۱۳۲/۴۰۳۳*	۱۹۶/۶۵۳۸*	۰/۰۳۳۷*	۲۶۲/۲۲۴۰*
A×B×C	۲	۱۲۴/۲۴۶۸ ns	۱۰۵/۰۳۰۵ ns	۰/۰۳۴۳ ns	۲۰۲/۸۴۴۰ ns
خطای آزمایشی	۲۲	۴۱/۰۸۲۱	۳۳/۱۳۰۳	۰/۰۱۳۶۵	۶۳/۸۳۴۰

۲- ns، * و ** به ترتیب به مفهوم، وجود عدم اختلاف و اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

۴-۹- جمع بندی نتایج

این بررسی نشان داد که:

۱- کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش حلالیت برخی عناصر غذایی در خاک که به واسطه pH بالا از دسترس گیاه خارج شده بودند شد و در نتیجه سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه در نخود شد.

۲- کاربرد ورمی کمپوست نیز سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه گیاه می شود.

۳- کاربرد گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست سبب افزایش اسیدیته خاک شد.

۴- با کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش میزان اکسیداسیون گوگرد و در نتیجه میزان سولفات موجود در خاک شد که این امر سبب افزایش میزان گوگرد دانه نخود شد.

۵- در کل با کاربرد این سه عامل در کنار هم شاهد تغییرات مثبتی در خاک و گیاه که این تغییرات شامل عملکرد بیولوژیک، دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، میزان گوگرد دانه و pH خاک بود.

۴-۱۰- پیشنهادات

در تکمیل این تحقیق و توسعه آن پیشنهادات زیر قابل ارائه است:

۱- کشت مجدد نخود در همان قطعه زمین و اندازه گیری مجدد عملکرد، اجزای عملکرد، میزان گوگرد دانه و اسیدیته خاک.

۲- کشت گیاهان مختلف و کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس در چند سال متوالی در این گیاهان و بررسی روند تغییرات pH و میزان گوگرد دانه و همچنین بررسی میزان عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان و مقایسه نتایج بدست آمده با یکدیگر.

۳- تکرار آزمایش فوق در مناطق مختلف و بررسی نتایج بدست آمده و مقایسه آنها با هم.

۴- کاربرد همزمان گوگرد و ورمی کمپوست در گیاهان مختلف و مقایسه نتایج بدست آمده با هریک از عوامل فوق.

۵- کاربرد همزمان باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست در گیاهان مختلف و مقایسه نتایج بدست آمده با هریک از عوامل فوق.

منابع و مراجع

- بشارتی کلایه ح ،(۱۳۸۶) " تاثیر مصرف مقادیر مختلف گوگرد عنصری و مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس بر عملکرد و جذب فسفر در یک خاک آهکی " مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

- بشارتی کلایه ح، (۱۳۷۷)، پایان نامه ارشد :" بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه های تیوباسیلوس در افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی در خاک"،دانشکده کشاورزی ،دانشگاه تهران.

- بشارتی کلایه ح، (۱۳۷۹) " اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک برای افزایش اکسیداسیون آن" **مجله علمی پژوهشی خاک و آب (ویژه نامه بیولوژی خاک)**، جلد۱۲، شماره ۷، ص ۱۱۴- ۱۰۶.

- بهرام نژاد ع، شیروانی س، مفیدی ف، موسی نژاد م و سرانجام د، (۱۳۸۹) " بررسی روند اکسیداسیون گوگرد بر رشد و قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف برگ ذرت در خاکهای آهکی کرمان" مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، تهران.

- پارسا ا و باقری ع ،(۱۳۸۷) " **حبوبات** " جلد اول، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ، مشهد، صفحات ۲۶۶ – ۲۱.

- حسین زاده گشتی ع ، اصفهانی م ، اصغری ج ، صفرزاده ویشکایی م.ن و ربیعی ب ،(۱۳۸۸) " تأثیر مصرف کودهای گوگرددار بر شاخص های رشد و عملکرد بادام زمینی (*Arachis hypogaea L.*) " **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی** ، سال سیزدهم ، شماره چهل و هشتم.

- خاوازی ک و ملکوتی م.ج، (۱۳۸۰) " **ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور**" جلد اول، چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی، تهران، ۶۰۰ صفحه.

- درزی م.ت، قلاوند ا و رجالی ف، (۱۳۸۷) " تاثیر مصرف کود های بیولوژیک بر روی جذب عناصرP ،N ،K و عملکرددانه در گیاه دارویی رازیانه" فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۵، شماره۱، صفحات ۱۹ – ۱.

- شاهسونی ش و اردلان م ،(۱۳۸۶) " بررسی تأثیر مقادیر مختلف گوگرد در عملکرد گندم و مقدار گوگرد دانه در منطقه نیمه خشک وشرایط مزرعه " مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

- شهابی فر ج، (۱۳۸۹) " بررسی اثرات گوگرد و تیوباسیلوس به همراه ریز مغذی‌ها بر صفات کمی و کیفی انگور " **مجله علوم آب و خاک** ، جلد ۱۹ ، شماره ۲.

- عبدلی م.ع و روشنی م.ر، (۱۳۸۶) " **ورمی کمپوست** " جلد اول، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۵۲ صفحه.

- علیخانی ح و ثواقبی غ، (۱۳۸۵)" **تولید ورمی کمپوست برای کشاورزی پایدار**"جلد اول، چاپ اول، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران.

- قاسمی ا و دهقان ر،(۱۳۸۹)، " بررسی اثرات گوگرد ، تیوباسیلوس و منیزیم بر عملکرد دانه روغنی آفتابگردان "، همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی،دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.

- قربانی نصر آبادی ر ، صالح راستین ن و علیخانی ح ،(۱۳۸۱) " بررسی تاثیر مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی رایزوبیوم بر تثبیت نیتروژن و شاخص های رشد سویا " **مجله علوم آب و خاک** ، جلد ۱۶ ، شماره ۲.

- قلی زاده ع، مشتاقی م، علیزاده غ و قلی زاده ع، (۱۳۸۶) " تأثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر خصوصیات کمی و کیفی توتون ویرجینیا " مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

- کامکار ب و مهدوی دامغانی ع.ا،(۱۳۸۷) " **مبانی کشاورزی پایدار** " چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۳۱۵ صفحه.

- کرم زاده ع، (۱۳۸۹)، پایان نامه ارشد : " تأثیر متقابل کود زیستی ورمی‌کمپوست و خشکی بر نخود" دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

-کریمی نیا آ، (۱۳۷۶)، پایان نامه ارشد :" شناسایی گونه های تیوباسیلوس جدا شده از برخی خاکهای ایران و بررسی تاثیر آنها در کاهش pH خاکهای مختلف" دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

- کریمی نیا آ و شعبانپور شهرستانی م، (۱۳۸۲) " ارزیابی توان اکسایش گوگرد توسط میکروارگانیسم های هتروتروف در خاک های مختلف " **مجله علوم آب و خاک** ، جلد ۱۷ ، شماره ۱.

- کوچکی ع و بنایان اول م،(۱۳۷۲) " **زراعت حبوبات** " جلد اول، چاپ نهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۲۳۶ صفحه.

- کوچکی ع، حسینی م و هاشمی دزفولی ا،(۱۳۸۷) " **کشاورزی پایدار** " چاپ ششم، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۱۶۲ صفحه.

- کوچکی ع، حسینی م و خزاعی ح.م،(۱۳۷۶)" **نظام کشاورزی پایدار**" چاپ دوم، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۱۸۸ صفحه.

- کوچکی ع، عزیزی م و سلطانی ا،(۱۳۷۶) " **بوم نظام های زراعی** " چاپ اول، جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۴۸ صفحه.

گودرزی ک، (۱۳۸۸) " بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خک و عملکرد گندم " **مجله علوم آب و خاک** ، جلد ۱۸ ، شماره ۲.

- مجنون حسینی ن،(۱۳۸۳) " **حبوبات در ایران** " جلد اول، چاپ سوم، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران ، تهران، ۲۴۰ صفحه.

- محبوب خمامی ع، (۱۳۸۷) " اثر نوع و مقدار ورمی کمپوست در بستر کشت گلدانی بر رشد فیکوس بنجامین ابلق" **مجله نهال بذر**، جلد ۲۴، شماره ۲.

- مصطفویان س.ر ، پیردشتی ه.ا ، رمضانپور م.ر و عباسعلی ا ،(۱۳۸۶) " مطالعه روند جذب عناصر غذایی دانه دو رقم سویا در پاسخ به کودهای بیولوژیک " مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

- مصطفویان س.ر ، پیردشتی ه.ا ، رمضانپور م.ر و عباسعلی ا ،(۱۳۸۶) " بررسی اثر کودهای بیولوژیک میکوریزا و تیوباسیلوس بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا *Glycine max (L.) Merr*" مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

- ملکوتی م.ج ، ریاضی همدانی س.ع، (۱۳۷۰) " **کودها و حاصلخیزی خاک**" جلد اول، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۸۰۰ صفحه.

- نصیری محلاتی م، کوچکی ع، رضوانی پ و بهشتی ع، (۱۳۸۶) " **اگواکولوژی**" جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۴۶۰ صفحه.

- نور بخش ف و کریمیان اقبال م، (۱۳۷۶)" **حاصلخیزی خاک** " چاپ اول، انتشارات غزل، تهران، ۳۲۸ صفحه.

- نور قلی پور ف، خاوازی ک، بشارتی ح و فلاح ع، (۱۳۸۵) " بررسی کاربرد خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر ذرت " **مجله علوم آب و خاک** ، جلد ۲۰ ، شماره ۱.

- نیک نیایی ا.ب، (۱۳۸۶)، پایان نامه ارشد : " بررسی امکان بهره گیری از توان بالقوه گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بومی خاکهای ایران در افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد گندم در خاکهای آهکی" دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

Reference

-Alam M.N, Jahan M.S, Ali M.K, Ashraf A and Islam L.M.K, (**2007**) "Effect of Vermicompost and Chemical Fertilizers on Growth, Yield and Yield Components of potato in Barind soils of Bangladesh" journal of Applied Sciences Research, **3**(**12**), pp **1879** – **1888**.

- Atiyeh, R.M., Lee, S.S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J., (**2002**)" The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth" Bioresource Technology **84**, **7**–**14.**

- Deluca T.H , Skogley E.O and Engle R.E (**1988**) "Band applied elemental sufur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkalin calcareous soils" Boil. and Fert. of soils, **7**, pp **346** – **350**.

- Eldor A.P (**2007**) " **Soil Microbiology, Ecology and biochemistry**" Colorado State University Fort Collins, Co, USA, PP **400** – **431**.

- Elwan M.W.M and Abd El-Hamed K.E, (**2011**) " Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli " Scientia Horticulturae**, 127, 181−187.**

- Garcia de la Fuente R, Carrioin C, Botella S, Fornes F, Noguera V and Noguera A. (**2007**) "Biological oxidation of elemental sulphur added to three composts from different feedstocks to reduce their pH for horticultural purposes" Bioresource Technology **98**, pp **3561**–**3569**.

- GunNam N , Salt D.E. (**2010**) " The role of sulfur assimilation and sulfur-containing compounds in trace element homeostasis in plants " Environmental and Experimental Botany pp **8**.

- Gutieirrez-Miceli F.A, Moguel-Zamudio B, Abud-Archila M and Gutieirrez-Oliva V.F (**2008**) " Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation" Bioresource Technology **99**, PP **7020**–**7026**.

- Kaplan M. and Oramn S. (1998) " Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in Turkey" Journal of Plant Nutrition and Soil Science , 21 pp 1655 – 1665.

- Khavazi K ,Besharati H ,Nourgholipor F . and Malakouti M. J. (**2001**)" Effect of *Thibacillus* bacteria on increasing P availability from rock phosphate for corn grown on the calcareous soils of Iran" International Meeting on Direct Application of Rock Phosphat and Related Appropriate Technology- latest Development and Practical Experinces, Kuala Lumpur, Malaysia.

- Khavazi K , Nourgholipor F . and Malakouti M. J. (**2001**)" Effect of *Thibacillus* and phosphate solubilizing bacteria on increasing P availability from rock phosphate for corn" International Meeting on Direct Application of Rock Phosphat and Related Technology, Kuala Lumpur, Malaysia.

- Killham K (**1994**) " **Soil Ecology**" Cambridge University press, Cambridge, Great Britian, pp. **141** – **150**.

- Lin H, Chen X, Hu S, Shen C, Chen G, Shi J And Chen Y, (**2010**) " Lead availability and soil microbial community composition in rice rhizosphere affected by thiosulfate addition"Applied Soil Ecology **45 , 232**–**237**

- 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 soil. **116**, pp **95 - 101.**

- Mohammady Aria M, Lakzian A, Haghnia G.H and Berenji A.R. (**2010**) " Effect of *Thiobacillus*, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate "Bioresource Technology **101**, pp **551**–**554**.

- Nazar R , Iqbal N , Masood A , Syeed S and khan N.A.(**2011**) " Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants" Environmental and Experimental Botany **70**, pp **80**–**87**

- Sahni S, Sarma B.K, Singh D.P and Singh K.P (2008) " Vermicopost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* " rhizosphere against Sclerotium rolfsii Crop Protection **27** pp **369** – **376**.

- Singh R, Gupata R.K, Patil R.T, Sharma R.R, Asrey R, Kumar A and Jangra K.K,(**2010**) " Sequental foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa Duch*)"Scientia Horticulturea **124**, pp **34** – **39**.

- Singh V, Parashar A.K and Mehta V.S. (**1991**) " Soil sulfur status and response of lenil to sulfur in relation to calcium" j. Indian Soc Soil Sci, **39** pp **727** – **729**.

- Stamford N.P, Silva J.A, Freitas A.D.S and Araujo Filho J.T, (**2003**) " Effect of sulphur inoculated with Acidithiobacillus in a saline soil grown with Leucena and mimosa tree legumes" . Bioresource Technology, **81**,pp **53** -**59**.

- Tabatabaei M.A (**1986**) " **Sufur in Agriculture**" Am, soc, agron, Madison, WI, U.S.A

- Torrento C, Cama J, Urmeneta J, Otero O And Soler A, (**2010**) " Denitrification of groundwater with pyrite and *Thiobacillus denitrificans* " Chemical Geology **278** , **80**–**91**

- Vidyalakshmi R, Paranthaman R And Bhakyaraj R, (**2009**) " Sulphur Oxidizing Bacteria and Pulse Nutrition"World Journal of Agricultural Sciences, **5** (**3**): **270**-**278**.

- Warman P.R, and AngLopez M.J,(**2010**) " Vermicompost Derived from different feedstocks as a plant growth medium bioresource Technology.

- Wainwright M.(**1984**) "Sulfur oxidation in soil" Advances in Agronomy,**37**,pp **396**.

- Zhi hui Y,Stoven K, Haneklaus S, Singh B.R and Schnug E.(**2010**)" Elemental Sulfur Oxidation by *Thiobacillus spp*. And Aerobic Heterotrophic Sulfur-Oxidizing Bacteria" Soil Science Society of China**, 20**, **1**, pp **71**–**79.**

The Evaluation of Effect of Sulfur, Thiobacillus and Vermicompost on Yield and Yield Component of Chickpea (*Cicer arietinum*)

Abstract

This experiment was done as considering the effect of sulfur, thiobacillus and vermicompost in yield and chickpea yield component in research farm of agricultural faculty, shahrood industnal industrial university in 3 repeat as accidental factorial in block. The experiment factoes included: sulfur in 3 level A_1, A_2 and A_3 (0, 300 & 600 kg per hectar), the bacteria of thiobacillus in 2 level (lack of insemination B_1 and consumption of 14 kg per hectar B_2) and vermicompost in 2 level (lack of consumption C_1 of 5 ton per hectar C_2).The result of this experiment showed that the application sulfur, thiobacillus and vermicompost had significant effect in yield and yield component. Also the effect of sulfur, thiobacillus and re effect of the 2 in amount of sulfur in seed has known significant. Increasing sulfur, thiobacillus and vermicompost in soil had significant decreasing pH in soil. Sulfur and thiobacillus had significant effect in all studied attributes. Also vermicompost had significant increasing in all studird attributes except of the amount of sulfur in plant. The re effect of sulfur and thiobacillus in all studied attribute has known significant. The re effect of sulfur and vermicompost have known significant in all attributes exept of attribute of sulur in seed. The re effect of these 3 only in biological yield has known significant, also harvest index hasn't known significant in this experiment as whole the result of this experiment indicante that the application of sulfur and thiobacillus, lonely or ure of both together, had positive effect in improving the specifics of growing, yield, soil pH and the mount of chickpea seed sulfur. Vermicompost had positive effect in the specifics of growing, yield and soil pH too.

Key words: sulfur, thiobacillus, vermicompost, chickpea

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

The Evaluation of Effect of Sulfur, Thiobacillus and Vermicompost on Yield and Yield Component of Chickpea (*Cicer arietinum*)

Seyed Hamid Salsabili

Supervisors:

Dr. A. Gholami

Dr. A. Derakhshan Shadmehri

Advisors:

Dr. Sh. Shahsavani

Dr. H. Abbasdokht

July 2011