

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ



دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

تأثیر کود ورمی کمپوست، گوگرد عنصری و تیوباسیلوس بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای
وبرخی پارامترهای خاک

محمود احمدی

استاد راهنما:

دکتر شاهین شاهسوروی

اسلیل مشاور:

دکتر حمید رضا اصغری

دکتر شاهرخ قرنجیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

۱۳۹۳ فروردین ماه سال

دانشگاه شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه : آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمود احمدی کارشناس ارشد جهاد کشاورزی خراسان رضوی

تحت عنوان تاثیر کود ورمی کمپوست، گوگرد عنصری و تیوباسیلوس بر عملکرد و اجزاء عملکرد

ذرت دانه ای و برخی پارامترهای خاک

توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد

در تاریخ

مورد پذیرش قرار گرفت.

ارزیابی و با درجه

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر حمید رضا اصغری		نام و نام خانوادگی دکتر شاهین شاهسونی
	نام و نام خانوادگی : دکتر شاهرخ قرنجیک		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر صمد امام قلی زاده		نام و نام خانوادگی : دکتر هادی قربانی
			نام و نام خانوادگی : دکتر حمید عباس دخت

تعدادیم به:

روح بلند شدای راه اسلام، این طائران قدسی که با شارحان خود دست بداندیشان را از مملکت

عزمیمان ایران کوتاه کردند.

به روح بلند پر و مادرم که با قبول نجع و زحمت طاقت فرساد زندگی روستایی اجازه آموختن علم را

به من دادند.

به همسرم و فرزندانم که اگر چه کوچک و فداکاری و تشویق آنها نبود ادامه تحصیل برایم ممکن نبود.

تقدیر و شکر:

حمد و پاس خداوند تبارک و تعالی را که به من نعمت دین اسلام عطا کرد تا علم آموزی را بخود فرض و قدردانی از علماء و اشمندان را بخود واجب تر

باشم و به قدر توان و معرفت خویش، سپاسگزاری نایم.

داین رحکند، بر سرم ادب، خود را ملزم میدانم که با تواضع تمام و از صیم قلب شکر و پاس خالصانه خود را از استاد راهنمایی کران قدرم

جناب آقا ای دکتر شاهین شاهسونی

عرضه دارم که در طول این مسیر از حاتم بیش ای محفل گشته و بابرداری مرارا همایی فرمودند، بهچنین از استاد مشاور گرامی ام آقايان دکتر حمید رضا

اصغری و دکتر شاهنخ قرجیک که در طول این مسیر مرارا همایی فرمودند کمال شکر را دارم و از داوران محترم که زحمت داوری پیان نامه را عده دار

شند شکر و قدرانی بعل می‌اورم. بهچنین از افتخار شکر دی در محضر استاد محترم آقايان دکتر هادی قربانی، مهندس علی اصغر نادی، دکتر علی عباس پور

و خانم دکتر محمد رضا سیامیان

بسیار خوشحالم و از راهنماییها و تلاشهای ارزنده شان کمال شکر و قدرانی را دارم.

از تمام دوستان عزیزو هنگلایی های گرامی ام که طی این مدت باشکنیانی تمام از ابراز محبت و بهکاری دینه ننمودند و به عنایین مختلف یار و یاورم بودند

سپاسگزارم.

دیمان زیباترین دروده را به پدر و مادر عزیزو بزرگوارم، همسرفدکارم، خواهران مهربانم

که دعای خیرشان همواره حلال مسخلاقتم بوده و در فراز و نشیب این مسیر همواره یار و پشتیبانم بوده و کوتاهی ها و تقصیراتم را بابرداری نادیده کرفته اند، تقدیرم

میدارم و از بهدلی، مهربانی و صبوریشان سینهایت سپاسگزارم.

محمود احمدی فروردن ماه هزار و سیصد و نود و سه

تعهد نامه

اینجانب محمود احمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته خاک شناسی دانشکده کشاورزی
دانشگاه شهرود نویسنده پایان نامه : بررسی تاثیر کود ورمی کمپوست، گوگرد عنصری
وتیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و عملکرد گیاه ذرت دانه ای تحت
راهنمایی آقای دکتر شاهین شاهسونی.

متعهد میشوم تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت
برخوردار است.

در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.

کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شهرود میباشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه
شهرود» و یا (Shahrood University) به چاپ خواهد رسید.
حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات
مستخرج از پایان نامه رعایت میگردد.

تاریخ

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه شهرود می باشد.

چکیده :

تصور نادرست عملکرد بیشتر با کاربرد کود بیشتر در بین اکثریت کشاورزان از یک طرف و عدم بکارگیری انواع کودهای آلی و بیولوژیکی و اصلاح کننده های خاک از طرف دیگر سبب عدم تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه، بخربی خاک و آلودگی محیط زیست گردیده است . انجام آزمون خاک جهت تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاکهای قلیایی و آهکی نشان میدهد که علیرغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (P, Fe, Zn,...) در این خاکها فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه میباشد. با توجه به اینکه در ایران بیشتر خاکهای قابل کشت، دارای بستر آهکی بوده و اغلب دارای pH بیش از ۸ میباشند وقوع این امر سبب شده است که جذب بیشتر عناصر غذایی با مشکلاتی مواجه باشد. لذا بررسی اثر اصلاح کننده های شیمیایی و آلی و انتخاب مدیریت مناسب تغذیه گیاهی که با اعمال آنها کمترین آسیب به خاک وارد نمی شود و ضرورت تغییر شرایط نامطلوب خاک و افزایش راندمان تولید در نتیجه کاهش مصرف انرژی از اهم اهداف طرح می باشد. یکی از بهترین راهها برای کاهش pH خاک، استفاده از گوگرد عنصری و مواد آلی همراه باکتری اکسید کننده گوگرد به عنوان عوامل اسید زا است. به این منظور آزمایشی تحت عنوان بررسی اثر گوگرد عنصری، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت دانه ای بصورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ۳۶ کرت آزمایشی اجرا گردید.

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که ترکیب سه عامل گوگرد عنصری، ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس بصورت مستقل یا هم باعث افزایش هدایت الکتریکی، افزایش فراهمی فسفر، آهن، روی و سولفات قابل جذب و کاهش اسیدیته خاک گردیدند. درصد کربن آلی، نیتروژن کل، درصد رطوبت اشباع و درصد ظرفیت زراعی در تیمارهای بخصوص دارای کود آلی ورمی کمپوست افزایش معنی داری نشان دادند. در گیاه اغلب تیمارهای اصلی سبب افزایش ارتفاع بوته، وزن صد دانه، طول

بلال، تعداد ردیف، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بطور معنی دار گردیدند.
تیمارهای توأم دو جانبی و سه جانبی در گیاه تنها توانستند عملکرد دانه و بیولوژیکی را معنی دار کنند.
کلمات کلیدی : گوگرد عنصری، کودآلی ورمی کمپوست، مایه تلقیح تیوباسیلوس، ذرت دانه ای.

لیست مقالات ارائه شده به کنفرانس‌های علمی

- ۱- بررسی تاثیر گوگرد عنصری، ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس بر میزان اسیدیته، فسفر، آهن و روی خاک در منطقه دشت شهرستان جوین
- ۲- بررسی تاثیر گوگرد، ورمی کمپوست و تیو باسیلوس بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه دشت شهرستان جوین

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : مقدمه
۳	۱-مقدمه
۷	فصل دوم : بررسی منابع
۹	۱-۲- گوگرد
۹	۲-۱-۱- نقش گوگرد در گیاهان
۱۱	۲-۱-۲- مقدار گوگردد رخاک
۱۱	۳-۱-۲- منابع گوگرد در خاک
۱۲	۴-۱-۲- علائم کمبود گوگرد
۱۳	۵-۱-۲- گوگرد آلی خاک
۱۴	۶-۱-۲- گوگرد سولفاتی
۱۴	۷-۱-۲- گوگرد عنصری و سولفیدها
۱۵	۸-۱-۲- عوامل موثر بر اکسایش گوگرد در خاکها
۱۵	۸-۱-۲- الف - میکرو فلور خاک :
۱۶	۸-۱-۲- ب - دما
۱۶	۸-۱-۲- ج - رطوبت خاک
۱۷	۸-۱-۲- د - اسیدیته خاک
۱۷	۸-۱-۲- ه - اندازه ذرات گوگرد
۱۸	۹-۱-۲- جنبه های عملی در خصوصیات گوگرد
۱۹	۱۰-۱-۲- نتیجه نهایی از مباحث فوق
۲۱	۲-۲- مواد آلی و اثر آن بر خصوصیات خاک
۲۳	۲-۲-۱- اثر بر خصوصیات فیزیکی خاک
۲۵	۲-۲-۲- اثر بر خصوصیات شیمیایی خاک
۲۶	۲-۲-۲- الف - هدایت الکتریکی (EC)
۲۶	۲-۲-۲- ب - واکنش خاک (pH)
۲۷	۲-۲-۲- ج - ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)
۲۸	۲-۲-۲- د - کربن آلی (OC)

۲۸	- ازت کل خاک
۲۹	- و - فسفر
۳۱	- عناصر کم مصرف
۳۳	- اثر بر خواص بیولوژیک خاک
۳۴	- اثر بر عملکرد گیاه
۳۵	- ذرت
۳۵	- تاریخچه و اهمیت اقتصادی ذرت
۳۷	- خصوصیات گیاهی
۳۹	- هیبرید های ذرت
۴۰	- بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴
۴۰	- سازگاری
۴۱	- کود لازم برای ذرت
۴۲	- عملیات کاشت، داشت و برداشت
۴۳	- فاصله کاشت
۴۳	- میزان بذر
۴۳	- عمق بذر
۴۴	- مراحل نمو
۴۴	- عملیات داشت
۴۵	- برداشت
۴۷	فصل سوم : مواد و روش ها
۴۹	- ۱-۳- موقعیت جغرافیایی شهرستان جوین
۴۹	- ۲-۳- اهمیت نمونه برداری و آزمون خاک
۵۰	- ۳-۳- آنالیزهای اولیه خاک قبل از اجرای طرح
۵۱	- ۴-۳- آنالیزهای پایانی خاک
۵۱	- ۱-۴-۳- اندازه گیری هدایت الکتریکی
۵۱	- ۲-۴-۳- اندازه گیری (واکنش خاک) (pH)
۵۱	- ۳-۴-۳- اندازه گیری درصد کربن آلی (OC)
۵۱	- ۴-۴-۳- اندازه گیری درصد ازت کل: روش کجدال

۵۱	-۴-۳-۵-۴-۳- اندازه گیری فسفر قابل جذب
۵۱	-۴-۳-۶-۴-۳- اندازه گیری آهن و روی
۵۱	-۴-۳-۷-۴-۳- اندازه گیری سولفات قابل جذب خاک
۵۱	-۴-۳-۸-۴-۳- اندازه گیری درصد رطوبت اشباع <i>SP</i>
۵۱	-۴-۳-۹-۴-۳- اندازه گیری درصد رطوبت ظرفیت زراعی <i>FC</i>
۵۲	-۴-۳- طرح آزمایشی
۵۲	-۴-۳-۱-۴-۳- آماده کردن بذور
۵۲	-۴-۳-۲-۴-۳- آماده سازی زمین- کاشت بذور
۵۲	-۴-۳-۳-۴-۳- مرحله داشت
۵۳	-۴-۴-۳- برداشت
۵۳	-۴-۴-۳- طرح آزمایشی تجزیه آماری داده ها
۵۵	فصل چهارم نتایج و بحث
۵۷	-۴-۱-۴- ویژگیهای خاک
۵۷	-۴-۱-۱-۴- شوری (<i>EC</i>)
۵۸	-۴-۲-۱-۴- اسیدیته (<i>DH</i>)
۶۰	-۴-۳-۱-۴- کربن آلی (<i>OC</i>)
۶۳	-۴-۱-۴- نیتروژن کل
۶۵	-۴-۵-۱-۴- فسفر قابل جذب
۶۸	-۴-۶-۱-۴- روی قابل جذب
۷۱	-۴-۷-۱-۴- آهن قابل جذب خاک
۷۵	-۴-۸-۱-۴- سولفات قابل جذب خاک
۷۸	-۴-۹-۱-۴- درصد رطوبت اشباع (<i>SP</i>)
۸۰	-۴-۱۰-۱-۴- درصد رطوبت ظرفیت زراعی (<i>FC</i>)
۸۳	-۴-۲-۴- صفات اندازه گیری شده در گیاه
۸۳	-۴-۱-۲-۴- ارتفاع
۸۶	-۴-۲-۲-۴- وزن صدادنه
۸۷	-۴-۳-۲-۴- طول بلال
۸۸	-۴-۴-۲-۴- تعداد ردیف در بلال

۹۰	-۴-۲-۵- تعداد دانه در ردیف
۹۱	-۴-۲-۶- عملکرد دانه
۹۲	-۴-۲-۷- عملکرد بیولژیکی
۹۷	فصل پنجم : جمع بندی نتایج و پیشنهادها
۹۸	-۵-۱- جمع بندی نتایج
۹۹	-۵-۲- پیشنهادها
	- فرمولها
۱۶	(۱-۲) اکسیداسیون گوگرد عنصری
۱۷	(۲-۲) اکسیداسیون گوگرد آلی
۱۷	(۳-۲) احیاء سولفات در شرایط بیهوازی
۳۲	(۴-۲) ترتیب تمایل گروههای عاملی با فلزات

فهرست اشکال

- شکل ۴-۱: مقایسه میانگین هدایت الکتریکی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس ۵۷
- شکل ۴-۲: مقایسه میانگین اسیدیته خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس ۵۹
- شکل ۴-۳: مقایسه میانگین اسیدیته خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست ۵۹
- شکل ۴-۴: مقایسه میانگین در صد کربن آلی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست ۶۱
- شکل ۴-۵: مقایسه میانگین در صد کربن آلی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس ۶۲
- شکل ۴-۶: مقایسه میانگین در صد نیتروژن کل خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست ۶۴
- شکل ۴-۷: مقایسه میانگین در صد نیتروژن کل خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس ۶۴
- شکل ۴-۸: مقایسه میانگین در صد نیتروژن کل خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس با ورمی کمپوست ۶۴

- ٦٦ شکل ٩-٤: مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست
- ٦٦ شکل ١٠-٤: مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
- ٦٩ شکل ١١-٤: مقایسه میانگین روی قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
- ٧٠ شکل ١٢-٤: مقایسه میانگین روی قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست
- ٧٠ شکل ١٣-٤: مقایسه میانگین روی قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تیوباسیلوس
- ٧٣ شکل ١٤-٤: مقایسه میانگین آهن قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست
- ٧٣ شکل ١٥-٤: مقایسه میانگین آهن قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس
- ٧٤ شکل ١٦-٤: مقایسه میانگین آهن قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تیوباسیلوس
- ٧٦ شکل ١٧-٤: مقایسه میانگین سولفات قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست
- ٧٧ شکل ١٨-٤: مقایسه میانگین سولفات قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس
- ٧٧ شکل ١٩-٤: مقایسه میانگین سولفات قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تیوباسیلوس
- ٧٩ شکل ٢٠-٤: مقایسه میانگین درصد رطوبت اشیاع خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست
- ٧٩ شکل ٢١-٤: مقایسه میانگین درصد رطوبت اشیاع خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
- ٨١ شکل ٢٢-٤: مقایسه میانگین درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست

- شکل ۴-۲۳: مقایسه میانگین درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
- شکل ۴-۲۴: مقایسه میانگین درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست با تیوباسیلوس
- شکل ۴-۲۵: مقایسه میانگین ارتفاع بوته (m) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد
- شکل ۴-۲۶: مقایسه میانگین ارتفاع بوته (m) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست
- شکل ۴-۲۷: مقایسه میانگین ارتفاع بوته (m) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس
- شکل ۴-۲۸: مقایسه میانگین وزن صدادنه (g/cm) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد
- شکل ۴-۲۹: مقایسه میانگین وزن صدادنه (g/cm) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست
- شکل ۴-۳۰: مقایسه میانگین وزن صدادنه (g/cm) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس
- شکل ۴-۳۱: مقایسه میانگین طول بلال (cm) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد
- شکل ۴-۳۲: مقایسه میانگین طول بلال (cm) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست
- شکل ۴-۳۳: مقایسه میانگین طول بلال (cm) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس
- شکل ۴-۳۴: مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد
- شکل ۴-۳۵: مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست
- شکل ۴-۳۶: مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس
- شکل ۴-۳۷: مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد
- شکل ۴-۳۸: مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست
- شکل ۴-۳۹: مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس
- شکل ۴-۴۰: مقایسه میانگین عملکرد دانه (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف

گوگرد با ورمی کمپوست

- شکل ۴-۴: مقایسه میانگین عملکرد دانه (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
شکل ۴-۵: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر سطوح مختلف گوگرد
شکل ۴-۶: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست
شکل ۴-۷: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
شکل ۴-۸: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
شکل ۴-۹: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست
شکل ۴-۱۰: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس
شکل ۴-۱۱: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس با ورمی کمپوست
- پیوستها
- شکل پیوست ۱: نقشه کشت
- جدول پیوست ۱: برخی از خصوصیات خاک مورد نظر قبل از اجرای طرح ($0-30 cm$)
- جدول پیوست ۲: برخی از خصوصیات ورمی کمپوست موردادستفاده در آزمایش
- جدول پیوست ۳: خصوصیات آب مورد استفاده در طرح
- جدول پیوست ۴: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در خاک تحت تاثیر عوامل آزمایش
- جدول پیوست ۵: مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده خاک، تحت تاثیر تیمارهای اصلی آزمایش
- جدول پیوست ۶: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه هدایت الکتریکی محلول خاک
- جدول پیوست ۷: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه درصد نیتروژن کل
- جدول پیوست ۸: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر فسفر محلول
- جدول پیوست ۹: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر روی محلول
- جدول پیوست ۱۰: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر آهن محلول
- جدول پیوست ۱۱: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه سولفات محلول

- جدول پیوست ۱۲ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه درصد ظرفیت زراعی خاک ۱۰۹
- جدول پیوست ۱۳ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر عملکرد بیولوژیکی ذرت ۱۰۹
- جدول پیوست ۱۴ : تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده درگیاه تحت تأثیر عوامل مورد بررسی در این آزمایش ۱۱۰
- جدول پیوست ۱۵ : مقایسه میانگین تأثیر پارامترهای اندازه گیری شده درگیاه، تحت تأثیر تیمارهای اصلی آزمایش ۱۱۱
- منابع ۱۱۲
- چکیده انگلیسی

فصل اول:

مقدمه

۱- مقدمه

بشر قرن بیست و یکم را در حالی آغاز کرد که جهان در این قرن جلوه خاصی به خود گرفته و آرایش عالم در ابعاد مختلف دگرگون گشته است، به طوری که زندگی کردن در این جهان در قرن حاضر یک هنر است. اشخاص یا جوامع و یا کشورهایی که این هنر را بدانند، البته خواهند توانست حتی بهتر و راحت تر از گذشته زندگی کنند و کسانی که هنر زندگی کردن را ندانند، مسلم نخواهند توانست خود را با شرایط جدید تطابق دهند و با زمانه سازگار گردند و لاجرم از بین خواهد رفت. یکی از رموز هنر زندگی کردن در قرن بیست و یکم آشنایی با داستان امنیت غذایی است که حیات آدمیان به آن وابسته است و از چنان اهمیتی بر خوردار گردیده که به راستی میتوان ادعا کرد که غافلگیری غذایی از غافلگیری موشكی خطرناکتر و دهشت آورتر و وحشتزاخر است. بنابراین تامین مواد غذایی برای هر کشور اولویت اساسی و اولین دارد. یعنی رمزحیات و بقاء در آن نهفته است. و هنر زندگی کردن بیش از هر چیز دیگر بسته به دانستن این رمز و رموز مربوط به آن است. منبع تولید مواد غذایی بخش کشاورزی است که رمز بقاء در آن نهفته است. پس توجه باید به توسعه کشاورزی معطوف گردد و تمام علل و عواملی که باعث توسعه و پیشرفت و رونق بخش کشاورزی می‌گردد باید به درستی شناخته شده و به نحو شایسته از آن در جهت نیل به مقصود استفاده شود. وظیفه و رسالت دست اندر کاران، بخصوص دانشمندان و علماء بخش کشاورزی در قرن بیست و یکم بنا به علل و عوامل و شرایط ویژه حاکم شده بر عالم، حساستر و دشوارتر و در عین حال پیچیده تر و حیاتی تر و ضروری تر میشود . و چالش های پیش روی هم ، در سطوح ملی و بین المللی جدی تر و مهم تر جلوه گر میگردد و از همه مهم تر این که به علت محدودیت منابع ، از محققین و مروجین انتظار میروند که نتایج باز هم بهتری به بار آورند. این انتظار از سوی دو قشر مطالبه میشود، هم از طرف تولید کنندگان مطرح میشود و هم از جانب مصرف کنندگان محصولات غذایی(زمانی پور، اسدالله، ۱۳۲۸).

آنچه بیانی اکثریت جامعه ما بخصوص جامعه علمی کشورمان آشکار است اینکه محدودیت منابع طبیعی تجدید شونده جهان ، زوال و نابودی تدریجی منابع طبیعی غیر تجدید شونده، رشد افسار گسیخته

جمعیت جهانی، استفاده بیرویه و نامطلوب انسان از منابع طبیعی در دسترس برای تأمین غذا، توزیع نامتعادل منابع تولید غذا در سطح دنیا، همگی عواملی تهدیدکننده برای تأمین امنیت غذایی بشر و سلامتی او بشمار میرود. شکی نیست که عمدۀ این عوامل نابسامان طبیعی با دست خود انسان بوجود آمده است. هشدارهای جهان در رابطه با رشد بیرویه جمعیت و خطر بروز قحطی و گرسنگی گسترده در جهان سوم به طور جدی به کشور ما هم مربوط میشود. با توجه به رشد هراسناک جمعیت کشور و توان تولیدی محدود متأسفانه باید اقرار کرد که در صورت ادامه روند فعلی کشاورزی، ایران در آینده ای نه چندان دور با فاجعه روبرو خواهد شد. هر چند درآمد حاصله از نفت تا حدودی قادر به رفع نسبی این مشکل است، حتماً در آینده ای نزدیک وضع به همین منوال باقی نخواهد بود. بنابر این تلاش گسترده در جهت دستیابی به خود کفایی پایدار کشاورزی به طور جد باید در برنامه ریزی کشور به خصوص در اولویت فکری متخصصین و دست اندرکاران بخش تولید کشاورزی قرار گیرد. بنا براین نیل به خودکفایی پایدار نسبی محصولات کشاورزی در درازمدت منوط است به:

- ۱- حفاظت و بازسازی مستمر و گسترده منابع طبیعی تجدید شونده و بستر تولید از طریق کاربرد انواع کودهای آلی و بیولوژیکی.
- ۲- استفاده بهینه از کودها و سموم شیمیایی در حال حاضر به عنوان عوامل کمکی در افزایش تولید.
- ۳- ترویج فکر رشد کاربرد کودهای آلی و بیولوژیکی به عنوان عوامل تضمین کننده و بستر پایدار و سالم عاری از عناصر آلوده کننده محیط زیست و همزمان با آن کاهش استفاده از کودها و سموم شیمیایی.
- ۴- ایجاد شرایط و نظام مناسب بهره برداری صحیح عامل تولید و تجدید نظر کلی سیستم بهره برداری از منابع بر اساس شرایط و استعداد بستر تولید.

همانطور که ذکر گردید به لحاظ محدودیت منابع طبیعی، افزایش تولید و تأمین موادغذایی یا از طریق افزایش سطح زیر کشت باید باشد که محدودیت داریم، یا از طریق دست یابی به منابع طبیعی جدید که آن با توجه به قرار گرفتن ایران در روی مدار آب و هوایی خشک جهان کمتر قابل دسترسی است و

یا از طریق افزایش تولید در واحد سطح و دست یابی به ارقام پرمحصول و اصلاح پایدار بستر تولید که روش اخیر به دست یابی نزدیکتر است می باشد. بنابراین بررسی استفاده از انواع کودهای آلی و بیولوژیکی به صورت یک نهضت ملی و فراهم آوردن شرایط مطلوب خصوصیات خاک برای افزایش تولید از اهم اهداف این تحقیق می باشد(قبادیان، عطاء الله، ۱۳۶۹).

گیاهان زراعی برای رشد و تولید محصول به عناصر غذایی نیاز دارند، این عناصر عمدتاً از طریق خاک و همچنین کودهای شیمیایی در اختیار گیاهان قرار می گیرند. یکی از با ارزش ترین گیاهان زراعی که با قدرت سازگاری وسیعی در شرایط مختلف آب و هوایی رشد کرده و میتواند در زنجیره غذایی انسان و دام قرار گیرد ذرت دانه ای می باشد. این گیاه با بهره گیری از سیستم جذب کربن C_4 از نظر بازده تولید در بین گیاهان زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است.

تصور نادرست عملکرد بیشتر با کاربرد کود بیشتر در بین اکثریت کشاورزان ایران از یک طرف و عدم بکارگیری انواع کودهای آلی و بیولوژیکی و اصلاح کننده های خاک از طرف دیگر سبب تخریب خاک و آلودگی محیط زیست گردیده است، لذا بررسی اثر اصلاح کننده های شیمیایی و آلی و انتخاب مدیریت مناسب تغذیه گیاهی که با اعمال آنها کمترین آسیب به خاک وارد نمی شود ضرورت دارد. با عنایت به این که اغلب خاک های کشاورزی ایران از نظر مواد آلی و شرایط بیولوژیکی فقیر هستند و به علت عدم استفاده از عناصر میکرو و گوگرد در برنامه توصیه کودی، در دراز مدت تیمارهای پیشنهادی میتواند تأثیر مثبت و معنی دار در رفع این معضلات داشته باشد.

اجرای این تحقیق چند هدف را دنبال می کند:

- ۱- بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری و کود آلی ورمی کمپوست همراه با مایه تلچیق تیوباسیلوس بر روی برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک.
- ۲- بررسی اثر کاربرد کودهای فوق الذکر بر عملکرد برخی پارامترهای ذرت دانه ای.
- ۳- انتخاب بهترین مدیریت منابع خاک و تغذیه گیاه جهت نیل به عملکرد مطلوب.

این پژوهش با هدف تاثیر عوامل فوق بر افزایش عملکرد در واحد سطح ذرت دانه‌ای، کاهش مصرف کودهای شیمیایی، جلوگیری از آلودگی بیشتر محیط زیست و ترویج فرهنگ استفاده از کودهای آلی و اصلاح کننده‌های خاک در منطقه دشت شهرستان جوین صورت گرفته است.

فصل دوم:

بررسی منابع

۱-۲- گوگرد

۲-۱- نقش گوگرد در گیاهان

مقدار گوگرد در گیاه تقریبا برابر با فسفر (۲٪ درصد) است. گوگرد جزئی از ترکیبات فرار، و مخصوصا موادی است که در بعضی از گیاهان مانند پیاز، سیر و خردل ایجاد رایحه مینماید. با توجه به اهمیت گوگرد در تغذیه گیاهی، شواهدی مبنی بر واکنش مثبت گیاه به افزودن کودهای حاوی گوگرد در مناطق خشک و نیمه خشک موجود است، عملکرد مزارع یونجه در اثر افزایش گچ افزایش یافته که این اثر ممکن است بیشتر به دلیل مصرف گوگرد باشد تا کلسیم. اثرات مثبت گوگرد بر کاهش واکنش خاکهای آهکی، افزایش حلایت عناصر کم مصرف و همچنین پر مصرف بویژه فسفر و نقش آن در اصلاح خاکهای شور و قلیا و خاصیت اصلاح کنندگی آبهای نامناسب ثابت شده است. علاوه بر افزایش عملکرد، پخش گوگرد در تاکستانها در کیفیت دانه های انگور نیز موثر بوده است (موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۳۹۶).

کمبود گوگرد موجب تجمع ازت غیر پروتئینی در گیاهان میشود، چنانچه این کمبود از طریق دادن گوگرد بر طرف نشود، مصرف گیاه برای حیوانات نشخوار کننده زیان آور خواهد بود. در مقابل، غیر نشخوار کنندگان قادر به استفاده از مقدار اندک گوگرد جهت ساختن پروتئینها نبوده، و برای تشکیل آنها بایستی از پروتئینهای کمکی مانند پودر ماهی و یا میتونین بهره مند شوند. کمبود گوگرد سبب تجمع نیترات در گیاهان غیر بقول میشود، زیادی نیترات برای حیوانات مصرف کننده چنین گیاهانی سمی است اثر زیادی نیترات را میتوان تا حدودی از طریق افزایش گوگرد بر طرف نمود (کارینز و کاسون، ۱۹۶۱).

حرکت گوگرد در خاک عمدتا بصورت توده ای بوده، و جذب آن بوسیله گیاهان به شکل آنیون سولفات تحقق میابد. گوگرد در درون گیاه پویا نبوده، بنابر این، علایم کمبود آن، که شباهت زیادی با آثار کمبود ازت (رنگ پریدگی) دارد، از برگهای جوان آغاز میشود، چرا که گوگرد شبیه ازت، پس از جذب

در درون گیاه احیاء شده و به شکل گروههای دی سولفید و سولفوریل در می آید. برای قابل استفاده شدن، گوگرد عنصری در خاک لازم است بوسیله باکتریهای تیوباسیلوس، که در اثر خاکهای زراعی با درصد مواد آلی و رطوبت مناسب یافت میشوند، تبدیل به سولفات شود (ملکوتی، محمد جعفر، ۱۳۷۵). فرآیند تغییر شکل گوگرد در خاک و گیاه مشابه ازت است. از آنجا که باقیمانده های گیاه محتوى گوگرد میباشند، بنابر این عنصر مزبور بر اثر اکسیده شدن بصورت سولفات آزاد میشود. در گیاهان رابطه ای نزدیک بین نیاز ازت و گوگرد مشاهده شده است. کمبود گوگرد اثری مهم در کاهش رشد گیاه داشته، و به دلیل شرکت در ترکیبات پروتئینی کمبود آن با رنگ پریدگی در برگهای جوان مشخص میشود (هاگین و تاکر، ۱۹۸۲).

در سالهای اخیر کمبودهای گزارش شده برای گوگرد به چهار دلیل افزایش یافته است:

۱-افزایش مصرف کودهای شیمیایی بدون گوگرد. ۲-کاهش استفاده از گوگرد بعنوان قارچ کش و حشره کش. ۳-کاهش غلظت ترکیبات گوگردی در هوای بارانهای اسیدی بدلیل تصفیه بهتر مواد سوختی و کاهش میزان گوگرد آنها. ۴-افزایش عملکرد محصولات در واحد سطح و برداشت مقدار بیشتری گوگرد از خاک (ملکوتی، محمد جعفر، ۱۳۷۵).

نیاز به گوگرد کشاورزی از طریق موسسه تحقیقات خاک و آب کشور و بعضی از محققین در سال ۱۳۷۲ به شرح زیر اعلام شده است:

الف- به منظور اصلاح و بهسازی خاکهای اراضی شور و قلیا که حاوی منابع کلسیم (کربنات کلسیم) بوده و دارای سیستم زهکشی نیز میباشند مصرف دو تا پنج تن گوگرد در هکتار با اندازه ذرات ۱۰۰ - ۸۰ مش و یا به صورت دانه بندی شده با بنتونیت توصیه میشود.

ب- مصرف گوگرد در تهیه کودهای ازته پوشش شده با گوگرد (SCU) برای حدود ۵۰۰ هزار هکتار شالیزار و ۲۰۰ هزار هکتار مزارع چغندر به ترتیب میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پیشنهاد میشود.

ج- تولید کودهای سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم برای کشاورزی کشور در مرحله اول جمعاً ۵۰۰۰۰۰ تن در سال الزامی خواهد بود.

د. مصرف گوگرد در زمینه حاصلخیزی خاک و تغذیه نبات به منظور افزایش میزان فسفر، روی و آهن قابل استفاده در خاکهای آهکی و بهبودکیفی آب آبیاری مورد نیاز می باشد (ملکوتی، محمد جعفر، ۱۳۷۵).

۵. در ذرت علوفه ای مصرف گوگرد در حد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حدود ۲۵ درصد افزایش عملکرد داشته است (شاهرخ، عزیز، ۱۳۶۸).

و. بطور کلی مصرف گوگرد زیاده از حد ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) بطور مداوم اثرات منفی داشته و حتی در بعضی موارد باعث کاهش محصول شده است (شاهرخ، عزیز، ۱۳۶۸).

۲-۱-۲- مقدار گوگرد در خاک

در حالیکه مقدار گوگرد در پوسته زمین به طور متوسط ۰/۰۶ درصد است، ولی غلظت آن در خاکهای مختلف بسیار متغیر بوده، بستگی به اندازه مواد آلی و رس دارد. غلظت گوگرد خاک با اندازه‌ی مواد آلی آن نسبت مستقیم دارد. در خاکهای گوگرد عمدها به شکل آلی است، مقدار گوگرد آلی در خاکهای شنی کمتر، و در خاکهای رسی تا ۰/۰۶، و میانگین آن در حدود ۰/۰۳ میلی گرم در هر کیلوگرم خاک است. ترکیب معنی گوگرد در خاک عمدها بصورت سولفات میباشد، که به سهولت برای گیاه قابل استفاده است (سالار دینی، ع ۱، (مترجم)، ۱۳۷۲).

۳-۱-۲- منابع گوگر در خاک

گوگرد به صورت سولفید، سولفاتها، و در ترکیبات آلی با کربن و نیتروژن یافت میشود. منبع اصلی گوگرد خاک بدون تردید سولفیدهای فلزهای موجود در سنگهای آذرین بوده است. وقتی که این سنگها در معرض فرآیندهای هوادیدگی قرار گرفتند کانیها تجزیه شدند و سولفید اکسیده و به صورت سولفات رها شد. بعد سولفاتها بصورت نمکهای حل پذیر و حل ناپذیر در اقلیم های خشک و نیمه خشک رسوبر دند، جذب ارگانیزمهای زنده شدند، یا بوسیله ارگانیزمهای دیگر در شرایط بی هوازی کاهیده و به سولفیدها یا عنصر گوگردی تبدیل شدند. در قابل کشت ترین خاک، گوگرد امروزه به شکل ماده آلی،

سولفاتهای حل پذیر در محلول خاک، یا جذب سطحی شده روی کمپلکس خاک است. گوگرد یکی از اجزای تشکیل دهنده پروتئین است و هنگامی که این مواد به خاک باز میگردند و به هوموس تبدیل میشوند جزء بزرگی از گوگرد در ترکیب آلی می ماند. بخش بیشتری از کل گوگرد موجود در سطح خاکهای نواحی مرطوب به شکل آلی است. البته در خاکهای نواحی خشک اغلب مقادیر زیادی سولفاتهای کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم در پروفیل خاک رسوب میکنند. در خاکهای زیرین دارای رسهای ۱:۱ و اکسیدهای آبدار آهن و آلومینیوم ممکن است مقادیر قابل ملاحظه ای قابل تبادل حضور داشته باشد (هیلدر، ۱۹۵۴).

تبديلهای گوگرد در خاک نیز به وسیله پژوهشگران استرالیایی بررسی شده است. آنها دریافتند که معدنی شدن گوگرد از تجزیه گستره وسیعی از مواد آلی، به مقدار گوگرد موجود در ماده در حال تجزیه بستگی دارد، همارطور که معدنی شدن نیتروژن به مقدار نیتروژن مواد آلی بستگی دارد (بارو، ۱۹۶۰). منبع دیگر گوگرد خاک، هوا است. در اطراف مراکز فعالیت صنعتی که در آنها از ذغال سنگ و فرآوردهای گوگرددار دیگر سوزانده میشوند، دی اکسید گوگرد در هوا رها میشود و بیشتر این گاز بعد همراه با باران به زمین باز میگردد. گیاهان نیز میتوانند دی اکسید گوگرد را از راه پخش گازی به داخل برگها جذب کنند و این گوگرد را در فرآیندهای عادی متابولیسمی خود به مصرف برسانند. البته اگر غلظت این گاز در هوا خیلی زیاد باشد ممکن است برای گیاهان زیان آور شود. علاوه بر گوگردی که با باران پایین می آید، گاز دی اکسید گوگرد از طریق پخش به داخل خاک حرک و جذب میگردد (فراید، ۱۹۵۵).

۲-۱-۴- علائم کمبود گوگرد

گوگرد در گیاهان جزء اصلی ساختمان اسید آمینه است. از آنجایی که گوگرد در تولید کلروفیل گیاهان نیز دخالت دارد، علایم کمبود آن مشابه با کلروزهای نیتروژنی است . با این وجود کمبود گوگرد متفاوت از کمبود نیتروژن است، به طوریکه در کمبود نیتروژن، زردی بیگها عموماً ابتدا روی

بیگهای مسن تر شروع شده و به طرف بالا پیش میرود ولی در کمبود گوگرد زردی معمولاً روی برگهای جوانتر به وجود می آید (اسنوبال و رابوسون، ۱۹۹۱).

ممکن است برگهای جوان درجات متفاوتی از شدت کمبود، از نوک برگ تا قاعده آن نشان دهنده، ولی آنها نیز پس از مدتی سریعاً کلروزه شده و زرد رنگ میشوند، تحت شرایط کمبود شدید علاوه بر زردی برگهای مسن، ممکن است علایم دیگری نظیر سوختگی انتهای برگها نیز بروز نماید . این سوختگی نشان دهنده تجمع نیترات در برگهایست که در اثر کمبود گوگرد به وجود آمده است . کمبودهای شدید گوگردی حتی سبب عدم تشکیل خوشه گندم میشود. در مزرعه علایم کمبود گوگرد مشابه با کمبود نیتروژن است ولیکن زردی برگها با شدت کمتر و غالباً در برگهای جوانتر دیده میشود . در خاکهایی که در آن کودهای منو آمونیوم فسفات و دی آمونیوم فسفات مصرف میشود به دلیل عدم وجود ترکیبات گوگردی وجود مقادیر زیادی نیتروژن در این کودها، کمبود گوگرد رایج تر است در حالیکه استفاده از کود سوپر فسفات معمولی به دلیل داشتن ۱۲ درصد گوگرد کمبود گوگرد امری استثنائی خواهد بود. مگر اینکه چنین کمبودی در خاکهای شدیداً شنی همراه با بارندگی فراوان اواخر فصل رشد دیده شود (اسنوبال و رابوسون، ۱۹۹۱).

۲-۵-۱-۲- گوگرد آلی خاک

در خاکهای نواحی مرطوب و هر جایی که مواد آلی در خاک تجمع کند قسمت عمده گوگرد به صورت گوگرد آلی است بطوری که مقدار گوگرد آلی خاکهای چرنوزم، خاکهای مرتعی سیاه و پدزل طبق گزارش ایوان و روست (۱۹۴۵) بترتیب ۷۳، ۷۱ و ۴۹ درصد مقدار کل گوگرد این خاکها بوده است. گوگرد آلی در خاک به صورت پروتئین ، اسید آمینه و پلی ساکاریدها است و این ترکیبات همانهایی هستند که در اجسام و باقیمانده های گیاهان، حیوانات و موجودات ذره بینی خاک یافت می شوند (بارو و همکاران، ۱۹۶۹).

مقدار کمی سیستئین و متونین در عصاره هیدرولیز شده خاک و مقدار کمی هم بصورت آزاد در خاک مشاهده شده است. در حدود ۱۵ درصد از گوگرد آلی خاک را این دو اسید آمینه تشکیل می دهند. در بعضی خاکهای نواحی مرطوب گوگرد خاک بصورت پلی ساکارید سولفاتی شده و یا بصورت سولفات استرهای فنلها می باشند. در تحقیقی نشان دادند که مقدار پلی ساکاریدها می تواند تا ۳۰ درصد مواد آلی خاک برسد این شکل گوگرد نیز می تواند اهمیت زیادی داشته باشد (پارسونز و تینزلی، ۱۹۶۱).

۲-۱-۶- گوگرد سولفاتی

تقريبا تمام گوگرد معدنی در خاکهای زراعی دارای زهکشی خوب به صورت یون سولفات همراه با کاتیون هایي نظير کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، یا NH_4^+ در محلول خاک است و در اقلیمهای خشک به صورت نمکهای اين عناصر رسوب میکند یا جذب سطحی رسهای ۱:۱ و اكسيدهای آبدار آهن و آلومینیوم میشود (بارو، ۱۹۶۷). در خاکهای کشاورزی مقدار خیلی کمی از گوگرد معدنی به صورت ترکیبات غیر سولفاتی است. زیرا تهويه اين خاکها خیلی خوب انجام می شود و سولفورها به آسانی اكسيده شده و به سولفات تبدیل می شوند و بطور کلی درصد ترکیبات معدنی گوگرد غیر از سولفاتها بيش از ۱ درصد مقدار کل گوگرد معدنی نیست (درینک واتر و همکاران، ۱۹۹۵).

۲-۱-۷- گوگرد عنصری و سولفیدها

در خاکهای کوهپایه ای با زهکشی خوب گوگرد عنصری یافت نمی شود. در شرایط ماندابی خاک که کاهش میکروبی رخ میدهد، سولفیدها تشکیل میشوند و در بعضی موارد گوگرد عنصری رسوب میکند. در بعضی از خاکهای مردابی جذر و مدي مقدار زیادی ترکیبات گوگردی کاسته شده انباسته میشود و pH خاک افزایش می یابد . موقعی که اين مناطق زهکشی میشوند ترکیبات گوگرد اكسيده و به سولفاتها تبدیل میشوند و pH خاک را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش میدهند (مندال، ۱۹۶۱).

گوگرد عنصری خالص یک جامد بلوری حل ناپذیر در آب، زرد رنگ خنثی است. به صورت تجاری در هوای آزاد انبار می شود زیرا در اثر رطوبت و دما تغییری پیدا نمی کند. اما وقتی که گوگرد به صورت ذرات ریز، آسیاب و با خاک مخلوط شود به وسیله میکرووارگانیزمها خاک اکسید و به سولفات تبدیل میشود. به خاطر این خاصیت، گوگرد سالها برای احیای خاکهای قلیایی (که دارای کلسیم کربنات آزاد نیز هستند) به کار رفته است. اکسایش گوگرد در خاک به اضافه این واقعیت که گوگرد به شکل عنصری است استفاده از آن را بصورت منبع گوگرد در کودها مطرح ساخته است.

بسیاری از کودهای دارای درجه خلوص بالاتر که اکنون تولید میشوند گوگرد ندارند. مصرف این کودها در چند سال متوالی برای خاکهای دارای کمبود گوگرد باعث پیدایش علائم کمبود گوگرد در محصول شده است. در بعضی نواحی این کمبود حاد است. گوگرد با موفقیت با موادی مانند اوره، آمونیاک بی آب، سوپر فسفات غلیظ (CSP)، آمونیوم فسفات و مواد جامد یا مایع N-P-K به کار برده شده است. البته فایده آن به میزان سولفات بستگی دارد (بوومن، ۱۹۹۰).

۲-۱-۸- عوامل موثر بر اکسایش گوگرد در خاکها

چند عامل که بر اکسایش گوگرد عنصری در خاکها اثر دارند عبارتند از ۱- میکرو فلور خاک ۲- دما ۳- رطوبت ۴- اسیدیته ۵- ریزی ذرات گوگرد داده شده (بورنز، ۱۹۶۸).

۲-۱-۸-الف- میکرو فلور خاک

سالهاست میدانند که اکسایش گوگرد عنصری در خاک بوسیله چند گونه باکتری از جنس تیوباسیلوس انجام میشود. معمولترین گونه آن تیوباسیلوس تیواکسیدان است، اما سایر گونه ها عبارتند از تیوبا سیلوس تیپاروس، تیوباسیلوس کوپرالیتیکوس و تیوباسیلوس فرواکسیدانس. این ارگانیزمها هوازیهای خود خوارک ساز اجباری هستند. اینها نیز، با شیوه ای شبیه شیوه نیترات سازها، انرژی خود را از اکسایش یک ماده معدنی، که در این مورد گوگرد است، بدست می آورند و کربن خود را از کربن دی اکسید تامین میکنند. میزانی از ارگانیزمها در اکسایش گوگرد شرکت میکند، برخی از

ارگانیزمها تنها یک یا دو گام فرآیند را پیش میبرند اما مجموع واکنش‌ها به تولید اسید سولفوریک می‌انجامد و این واکنش به اکسیژن مولکولی نیاز دارد. گوگرد یکی از موثرترین عامل‌ها برای افزایش قدرت اسیدی خاک است (لی پائولینا، ۱۹۶۴).



تحقیقاتی انجام شده است تا نشان دهد که آلودن خاک یا گوگرد افزوده شده، با ارگانیزم‌های تیوباسیلوس، اغلب افزایش گوگرد را بسیار افزایش می‌دهد. در تمام موارد در پایان دو هفته اکسایش در خاکهای آلوده شده بیشتر بود. در بعضی موارد افزایش‌ها واقعاً چشمگیر بود با این حال این در کشاورزی در سطح تجاری انجام نمی‌شود چون بنا به قاعده کلی بیشتر خاکهای مورد مطالعه در شرایط محیطی مساعد گوگرد را به میزان مناسبی اکسیده می‌کنند (کیتمز و آتو، ۱۹۶۵).

۲-۱-۸-ب- دما

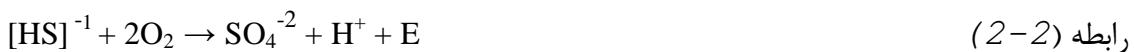
مانند اغلب واکنش‌های زیست شناختی، افزایش دما سرعت اکسیده شدن گوگرد در خاک را افزایش میدهد. داده‌ها تا ۴۰ درجه سانتی گراد سرعت رو به افزایش در اکسایش نشان میدهند. نشان داده شده است که حداقل اکسایش بین ۲۷ و ۳۵ درجه سانتی گراد انجام می‌شود و در دماهای ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتیگراد ارگانیزم کشته می‌شود. از نظر علمی به نظر می‌رسد که اگر دماهای خاک بالای ۲۵ درجه سانتیگراد باشد میزان اکسایش گوگرد افزوده شده قابل ملاحظه خواهد بود (لی پائولینا، ۱۹۶۴).

۲-۱-۸-ج- رطوبت خاک

سریع‌ترین اکسایش در سطح رطوبت نزدیک یا برابر با ظرفیت زراعی انجام شد. هنگامیکه خاکها بیش از حد مرطوب یا خشک باشند اکسایش گوگرد افزوده شده به شدت کند می‌شود. چون درجه تهویه خاک رابطه معکوس با رطوبت خاک دارد، در مقدار رطوبت زیاد اکسیژن یک عامل محدود کننده می‌شود. چون ارگانیزم‌های اکسیدکننده گوگرد هوایی هستند، کاهش میزان اکسایش گوگرد در رطوبت‌های زیاد بدون تردید مربوط به کاهش عرضه اکسیژن است (کیتمز و آتو، ۱۹۶۵).

۸-۱-۲- اسیدیته خاک

گوگرد در خاکهای نواحی مرطوب معمولاً به صورت ترکیبات آلی و در مناطق خشک به صورت سولفات کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم است در هر دو حالت قسمت قابل توجهی از گوگرد به صورت سولفات محلول در خاک یا به صورت جذب شده در سطح کلؤیدها و کمپلکس‌های خاک مشاهده می‌شود. چون گیاهان گوگرد مورد نیاز خود را به صورت سولفات از خاک جذب می‌کنند بنابر این گوگرد آلی نیز باقیستی معدنی شود تا مورد استفاده قرار گیرد. ابتدا باکتریهای هتروتروفیک ترکیبات آلی گوگرد دار را تجزیه می‌کنند تا وقتی که ترکیبات ساده‌تری به دست آید و باکتریهای مخصوص به اکسیده کردن آنها بپردازنند.



میکروارگانیسم‌های تیوباسیلوس که می‌توانند ترکیبات آلی گوگرد را اکسید کنند تماماً نسبت به pH خاک حساسیت دارند و pH مناسب آنها با یکدیگر تفاوت دارد از پنج گونه شناخته شده تیوباسیلوس دو گونه تیو اکسیدانس و فرو اکسیدانس در pH ۲ تا ۳/۵ و بقیه در pH های نزدیک خنثی بهتر می‌توانند فعالیت کنند. بر عکس در بعضی شرایط غیر هوایی سولفات خاک به وسیله میکروارگانیسم‌ها احیاء می‌شود و به این طریق عنصر گوگرد یا سولفیت به وجود می‌آید.



۸-۱-۲- اندازه ذرات گوگرد

توزیع اندازه ذره ای گوگرد داده شده اثر عمده‌ای بر سرعت تبدیل آن به سولفات‌ها دارد که این امر موضوع نتیجه قرار گرفتن سطح در معرض هجوم میکروارگانیزم‌هاست. هرچه اندازه ذرات مقدار معینی گوگرد ریزتر باشد، سطح ویژه بیشتر و تبدیل به سولفات سریع‌تر است (جونز و راکمن، ۱۹۶۹؛ آتو، ۱۹۶۴).

در گوگرد درشت دانه، ۴۰ میلی‌متر یا درشت‌تر، اکسایش کند است. سریعترین اکسایش در ریز‌آسیاب شده ترین گوگرد انجام می‌شود. موقعی که قرار است گوگرد عنصری به عنوان منبع عنصر غذایی گوگرد

برای گیاه به خاک داده شود، بنا به قانونی تجربی باید ۱۰۰ درصد ماده از الک ۱۶ مش و ۵۰ درصد آن از الک ۱۰۰ مش عبور کند (جونز و راکمن، ۱۹۶۹؛ آتو، ۱۹۶۴).

۲-۱-۹- جنبه های عملی در خصوص گوگرد

ریشه گیاهان گوگرد را تقریباً به طور کامل به صورت یون سولفات جذب میکنند. غلظت این یون در خاک برای گیاهان در حال رشد مهم است. غلظت آن تا حد زیادی تحت تاثیر عوامل موثر بر نگهداری آن در خاک و خارج شدن از خاک است. بیشترین تلفات آبشویی گوگرد در خاکهای درشت بافت در شرایط بارندگی زیاد است. در چنین شرایطی ممکن است کودهای دارای گوگرد به دفعات بیشتری لازم باشند تا در خاکهای ریز بافت و بارندگی کمتر. گوگرد عنصری با سوپر فسفات معمولی مخلوط و به زمین داده میشود. به این ترتیب واکنش گیاه به گوگرد در دوره زمانی طولانی تری دوام خواهد داشت.

سولفات‌ها در بعضی از رسها و اکسیدهای آبدار آهن و آلومینیوم که معمولاً در افقهای B و C خاکهای بعضی مناطق مرطوب مشاهده میشود، نگهداری میشوند. گیاهان دارای ریشه عمیق، نظیر یونجه، قادرند این گوگرد جذب سطحی شده را مصرف کنند. حتی در این خاکها هم افقهای سطحی ممکن است کمبود گوگرد داشته باشند و باید تا زمان رسیدن ریشه‌های این نهالها به ناحیه غنی از گوگرد خاک، این عنصر به خاک داده شود. گندمیان مرتعی بهتر از بقولها قادر به مصرف سولفات‌هاستند. در مراتع مخلوط گندمیان مرتعی - بقول، گندمیان مرتعی میتوانند سولفات قابل جذب را با سرعت بیشتری جذب کنند تا بقولها. اگر میزان این عنصر در خاک در سطح کافی حفظ نشود بقولها از مخلوط خارج میشوند زیرا گوگرد برای ثابتیت نیتروژن بوسیله ریزوبیوم‌ها ضروری است (استیونسون، ۱۹۸۲).

در بعضی خاکها ممکن است به دلیل تبدیل گوگرد به مواد آلی مقداری از گوگرد افزوده شده به صورت ساکن در آید. این موضوع به ویژه در مورد خاکهایی صدق میکند که دارای مقادیر زیادی نیتروژن و

کربن هستند اما مقدار گوگرد آنها محدود است. در خاکهای دیگر که مقدار گوگرد نسبت به مقدار کربن و نیتروژن زیاد است گوگرد سولفات آزاد میشود (استوارت، ۱۹۶۷).

گوگرد عنصری و پلی سولفیدها باید به سولفات تبدیل شوند تا گیاهان بتوانند آنها را جذب کنند. سرعت تبدیل گوگرد عنصری تحت تاثیر دما، رطوبت و توزیع اندازه ذره ای ماده داده شده به خاک است. گوگرد داده شده به خاکهای خشک یا در هوای سرد، به سرعت اکسیده نمی شود. علاوه بر این، گوگردهای درشت دانه (۶۰ مش و درشت تر) با سرعت بسیار کمتری تبدیل به سولفات می شوند، تا گوگردهای ریزتر (۸۰-۱۰۰ مش و ریزتر). برای قابلیت جذب سریع و عمل باقیمانده گوگرد، ماده داده شده باید هم ذرات ریز داشته باشد و هم ذرات درشت. اگر جذب فوری به وسیله گیاه مورد نظر باشد کمی گوگرد سولفات نیز باید افزوده شود (جنسن، ۱۹۶۳).

به استثنای سولفات‌های آمونیوم، آلومینیوم و آهن، نمکهای سولفات اثری بر pH خاک ندارند. این سه نمک، گوگرد عنصری، و پلی سولفیدها اسیدزا هستند و کاربرد طولانی آنها pH خاک را پایین می آورد. این کاهش را میتوان با یک برنامه آهک دهی اصلاح کرد. یک کیلوگرم گوگرد عنصری آن مقدار اسید تولید میکند که سه کیلوگرم کربنات کلسیم برای خنثی شدن لازم خواهد داشت (جوردن، ۱۹۵۸).

استفاده طولانی مدت از کودهای بدون گوگرد سرانجام در گیاهان کمبود گوگرد ایجاد میکند. این کمبود در خاکهای درشت بافت نواحی مرطوب و مناطقی که مقدار گوگرد در آب باران اتمسفر اندک است زودتر رخ میدهد. علاوه، تولید گیاهان پر محصول، که بخش عمده آنها از خاک خارج میشود، نیز کمبود گوگرد را شدیدتر میکند (انسمینگر، ۱۹۵۸).

۲۱-۱۰--نتیجه نهایی از مباحث فوق

به نظر میرسد با توجه به نتایج آزمایش ها، با در نظر گرفتن خصوصیات خاک (آهکی بودن) و نوع محصول، مصرف گوگرد در خاکهای آهکی همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس در حضور مواد آلی اثرات -

مثبتی داشته و قابل توصیه می باشد.

مشکل عده که بعد از مصرف گوگرد کشاورزی در خاکهای زراعی مطرح خواهد بود اکسیداسیون آن (سولفات) میباشد. اطلاع دارید که این امر با کمک باکتریهای تیو باسیلوس که در شرایط هوایی در خاک زندگی میکنند امکان پذیر است. منتها متاسفانه باعنایت به کاهش شدید درصد مواد آلی در خاکهای زراعی ایران، تعداد این باکتریها کاهش یافته است. چرا که این باکتری در شرایط مطلوب مخصوصاً مواد آلی زیاد و رطوبت مناسب قادر به رشد و تکثیر میباشد. ترابی (۱۳۶۳) در گزارشی تحت عنوان « مصرف گوگرد و ترکیبات آن در اصلاح خاک » بیان می دارد که در یک آزمایش گلدانی با خاک لومی، گوگرد تلقيق و پس از ۱۵ روز سولفات خاک اضافه شد و بیشترین افزایش در تیماری بود که بدان ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد داده شده بود. در اثر این اکسیداسیون، pH خاک پس از یک ماه ۰/۲۵ کاهش یافت. علاوه بر این در اثر اضافه کردن اسید سولفوریک و یا گچ و زیر خاک کردن آنها با شخم، فسفر قابل استفاده در عمق خاک که برای رشد ریشه درختان میوه به خصوص پسته موثر بود، افزایش داشته است. تبدیل گوگرد به سولفات در مخلوط با کود حیوانی و رطوبت مناسب تشدید شده بود یعنی با افزایش مواد آلی خاک، در جوار رطوبت مطلوب، جمعیت و فعالیت باکتریهای تیوباسیلوس افزایش یافته بود. در مقابل اگر ۱۰ تن در هکتار هم گوگرد به خاک اضافه شود ولی رطوبت کافی در خاک وجود نداشته باشد (حتی همراه با کود حیوانی) گوگرد به صورت ذرات ریز زرد رنگ در سطح و یا در عمق خاک حتی پس از هفت ماه بدون تغییر باقی خواهد ماند. چرا که در مناطق گرم کشور و در رطوبت کم خاک باکتریها قادر به فعالیت نخواهد بود. به دلیل افت شدید در موا آلی در خاکهای زراعی کشور و باغها، تولید گوگرد به صورت نیمه صنعتی و صنعتی در کشور توصیه میشود. چند سالی است موسسه تحقیقات خاک و آب با تاسیس بخش تحقیقات بیولوژی خاک و افتتاح آزمایشگاه میکروبیولوژی امید دارد با عملی شدن این پروژه مهم و حیاتی قدمهای مثبتی در افزایش عملکرد بر داشته شود ولی تا عملی شدن این پروژه لازم است با افزایش درصد مواد آلی و تامین رطوبت مناسب، جمعیت باکتریهای تیو باسیلوس در خاکهای زراعی و باغها افزایش داده شود و با تداوم مصرف گوگرد

کشاورزی که امید است در آینده نزدیکی به بازار عرضه شود نسبت به اصلاح خاکهای آهکی کشور، بهبود کیفی آب آبیاری در مناطق شور و قلیا، رفع کمبود گوگرد مورد نیاز گیاهان زراعی که نهایتاً به افزایش عملکرد منجر خواهد شد اقدام نمود. چرا که با مصرف گوگرد علاوه بر تامین گوگرد مورد نیاز گیاهان که تقریباً برابر فسفر میباشد، اصلاح pH خاکهای آهکی، شور و قلیا، افزایش حلالیت عناصر غذایی مخصوصاً فسفر، آهن، منگنز و روی از خروج ارز از کشور به خاطر خرید کودهای گران قیمت محتوی عناصر غذایی کم مصرف نظیر سکوسترین Fe-EDDHA و سولفات روی وغیره جلوگیری به عمل خواهد آمد (ملکوتی، محمد جعفر، ۱۳۷۵).

۲-۲- مواد آلی و اثر آن بر خصوصیات خاک

آلوده شدن محیط زیست یکی از خطرات جدی میباشد که جهان با آن روبرو شده است (کولاتا و همکاران، ۱۹۹۲). استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی نیز به بیشتر شدن آلودگی محیط می افزاید. به سبب استفاده نامتعادل از کودهای شیمیایی در تولیدات کشاورزی، حاصلخیزی خاک دستخوش تغییر شده است (آویرد، ۱۹۸۸). از این رو میتوان با استفاده از کودهای زیستی از این خطرات جلوگیری کرد. کاربرد مواد آلی کمپوست شده در خاک می تواند اثرات مفیدی بر کیفیت شیمیایی، بیوشیمیایی و فیزیکی خاک و ظرفیت مواد غذایی مورد نیاز گیاه در خاک داشته باشد (کووالجو و مزارینو، ۲۰۰۷). هرچند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریع ترین و مطمئن ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می رود، لیکن هزینه های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک، نگران کننده است. مواد آلی به علت اثرات سازنده ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده اند (کلباسی، ۱۳۷۵). تهیه ورمی کمپوست از ضایعات آلی و افزودن آن به خاک سبب کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش فعالیت ریز جانداران در خاک میشود (آرنود و همکاران، ۲۰۰۰).

ورمی کمپوست عبارت از محصول تثبیت مواد آلی به وسیله فعل و انفعالات توسط کرمهای خاکی و میکروارگانیسم ها می باشد. ورمی کمپوست همانند کودهای گیاهی دارای تخلخل بالا و تهווیه و زهکشی مناسب، ظرفیت نگهداری آب بالا و فعالیتهای میکروبی است که خاک را برای رشد و نمو گیاه بسیار مناسب میسازند (آتبه و همکاران، ۲۰۰۲). ورمی کمپوست یک سطح بسیار ریز را برای فعالیت های میکروبی و نگهداری مواد غذایی ایجاد میکند (شی وی وفو جی، ۱۹۹۱). در نتیجه بسیاری از مواد غذایی مانند نیترات، فسفات، کلسیم و پتاسیم میتوانند بیشتر در دسترس گیاه قرار گیرند. همچنین ورمی کمپوستها باعث جلوگیری از رشد قارچهای بیماری زا مانند پیتیوم، رایزوکتونیا و ورتیسیلیوم میشوند نتایج بررسی ها حاکی از آن است که استفاده از ورمی کمپوست در مزرعه میتواند بیماری را در برخی از گیاهان کاهش داده و زمینه بہبودی آنها را فراهم نماید. بعضی از ورمی کمپوستها جمعیت گیاهان انگلی را کنترل میکنند (جان استون و همکاران، ۱۹۹۵).

میزان مواد آلی موجود در قشر سطحی یک خاک معدنی معمولاً حدود ۵/۰ تا ۵ درصد وزنی است؛ اما در بعضی از خاکهای پیت این میزان به حدود ۱۰۰ درصد نیز میرسد. حتی در خاکهای غیرآلی، مواد آلی خاک میتواند اثرهای قابل توجهی بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی باقی گذارند (کونونوا، ۱۹۶۱). اندکی بعد از وارد شدن بقایای آلی در خاک، میکروبها برای تامین مواد غذایی و انرژی خود شروع به تجزیه آنها میکنند. مواد آلی غیر هوموسی شامل موادی میشود که یا تجزیه نشده اند (بافت‌های تازه) و یا تا حدی تجزیه شده اند. اجسام غیر هوموسی شامل کربوهیدراتها و ترکیبات وابسته، پروتئینها و مشتقات آن، چربیها، لیگنینها، تاننهای و برخی فرآوردهای کم پوسیده است. مواد آلی غیر هوموسی ممکن است شامل ریشه‌ها و اندام‌های هوایی گیاهان مختلف در حال پوسیدگی نیز بشود (کونونوا، ۱۹۶۱).

فرآوردهای تنزل یافته مواد غیر هوموسی با قرار گرفتن در واکنشهای آنزیمی و شیمیایی تشکیل پلی مرهای جدیدی به نام هوموس میدهند. هوموس مخلوطی است کمپلکس از مواد کلولئیدی و بی شکل قهقهه ای یا قهقهه ای تیره که به تجزیه میکروبی مقاوم است و از تغییر شکل بافت‌های اصلی درست شده

و یا توسط میکروارگانیسمهای خاک سنتز شده است. حدود ۹۰ درصد یا بیشتر از کل هوموس خاک از دو نوع پلی مر بنام های اسیدهای هومیک (۵۰ تا ۸۰ درصد) و پلی ساکاریدها (۱۰ تا ۳۰ درصد) تشکیل شده است. اجزای هوموسی و غیر هوموسی ماده آلی خاک برای محیط خاک مهم هستند. مواد غیر هوموسی اثرهای کوتاه مدت از قبیل تامین منابع غذایی و انرژی برای موجودات زنده و تامین منابع حاصلخیزی طبیعی خاک را به عهده دارد، در حالیکه هوموس اثرهای دراز مدتی از قبیل تامین ساخت مطلوب خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تامپون pH و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک به جای میگذارد (مورتنسن و هیمز، ۱۹۶۴). هوموس بسیار کلوئیدی است و بیشتر بی شکل است تا متبلور. علاوه بر این، مساحت و ظرفیت جذب سطحی هوموس بزرگتر از کانیهای سیلیکات دار ورقه ای است. گنجایش تبادلی هوموس تحول یافته از 150 mg/100 g تا 300 mg/100 g متغیر است و مساحت آن بین 800 تا $900 \text{ m}^2/\text{g}$ است. هوموس مقادیر زیادی آب جذب میکند. یک هوموس کاملاً سنتز شده خاک غیر آلی میتواند از اتمسفر اشباع حدود 80 تا 90% وزن خود آب جذب کند. به علت حضور گروههای فعال اسیدی ضعیف، هوموس همچنین قادر است که pH خاک را در محدوده تغییرات وسیع 4 تا 9 تامپونی کند (مورتلند و کمپر، ۱۹۶۵).

۲-۱-۲- اثر بر خصوصیات فیزیکی خاک

خاک به عنوان محیط رویش گیاه دارای خواص فیزیکی معینی می باشد که تاثیر اساسی بر دیگر خواص خاک از جمله حاصلخیزی دارد. ساختمان خاک مشخصه ای است که میتواند نماینده میزان تخلخل و توزیع اندازه ذرات آن در خاک باشد. تخلخل خاک مهمترین مشخصه فیزیکی موثر برای رشد گیاه است. پارامتر هایی نظیر توزیع اندازه خلل و فرج، شکل خلل و فرج و موقعیت نسبی آنها از مهمترین فاکتورهایی هستند که بیانگر ساختمان خاک می باشند و تغییر آنها بر اساس عوامل مختلف نظیر افزودن کمپوست، لجن فاضلاب، کود های دامی و با قیمانده های گیاهی است که می توانند سبب تغییر مثبت ساختمان خاک شوند (گوئیسکوئینی و همکاران، ۱۹۹۵؛ تائو و همکاران، ۱۹۹۲). تجزیه

مواد آلی علاوه بر اینکه موجب تغییرات مثبت ساختمان خاک می شود، سبب افزایش سرعت نفوذ آب و ظرفیت نگهداری آب بوسیله خاک نیز می شود (اپستین، ۱۹۷۵). تحقیقات نشان داده است که از بین کود های آلی، کمپوست، کود حیوانی و کاه، کمپوست بهترین تاثیر را بر خصوصیات فیزیکی خاک داشته است (شاه منصوری، وپورش، ۱۳۷۱).

سبک و متخلخل بودن مواد آلی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش درصد اشباع خاک می گردد (تاو و همکاران، ۱۹۹۲). همچنین خواص شکل پذیری کم و چسبندگی زیاد هوموس از عوامل برجسته در ساختار خاک هستند. هوموس، در خاکهای ریز بافت، سبب کاهش در خصوصیات نامطلوب ساختاری مربوط به رس زیاد با تامین امکان دانه ای شدن این ذرات خاک میشود. کلوئیدهای هوموسی شامل اسید هومیک و نمکهای غیر محلول در آب، نظیر هوماتهای Ca و Mg بی شکل و چسب مانند هستند. این خواص چسبندگی، کلوئیدهای هوموسی را برای پیوند کلوئیدهای غیر آلی به یکدیگر و تبدیل آنها به خاکدانه ها مطلوب میکند. رنگ تیره خاک، یعنی سیاه یا قهوه ای از صفات طبیعی خاکهای محتوی هوموس فراوان است (سسیل و تستر، ۱۹۹۰). در پهنه های وسیع خاک های مناطق خشک و نیمه خشک، ساختمان خاک به واسطه مدیریت غلط تخریب شده است. در این نواحی افزودن بقایای آلی به خاک باعث افزایش معنی دار درصد خاکدانه های پایدار گردیده است (بائور و بلک، ۱۹۹۲).

از دیگر اثرات مهم مواد آلی بر خاک افزایش قدرت نگهداری رطوبت در خاک است. در تحقیقی گزارش کردند که بیشترین درصد افزایش نگهداری آب در ظرفیت مزرعه و پژمردگی دائم یک خاک با بافت درشت مربوط به تیمارهای با لجن زیاد می باشد (نلسون و کلادیوکو، ۱۹۷۹). اما تحقیقات (بهره مند م، افیونی ر، حاج عباسی م و رضائی نژادی، ۱۳۸۱) نشان داد که در طول فصل زراعی هدایت الکتریکی عصاره اشباع و سرعت نفوذ نهایی خاک کاهش می یابد و حتی پایدار شدن خاکدانه ها هم این روند کاهشی را جبران نمی کند ولی در هر صورت میزان آن بالاتر از شاهد است. او نیز اظهار داشت که در طول فصل زراعی جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می یابد. مجیدیان و همکارانش (۱۳۸۴)

نشان دادند که کود دامی باعث افزایش درصد تخلخل خاک شد. با افزایش میزان تخلخل، تهویه خاک بهبود یافته و رشد گیاه بهتر می شود. این یافته مطابق با نتایج والاس (۱۳۸۴) می باشد که بیان نموده است خاک دارای ساختمان خوب، حاصلخیزی خوبی دارد.

۲-۲-۲- اثر بر خصوصیات شیمیایی خاک

مواد آلی منبع مهمی از عناصر غذایی پر مصرف مانند Mo, N, P و نیز عناصر غذایی کم مصرف مانند B میباشد. مواد آلی حاوی مقدار زیادی کربن است که تامین کننده انرژی مورد نیاز ماکروفلور و میکروفلور خاک است. نسبت C/N خاکها حدود ۱۰:۱ تا ۱۲:۱ است. میزان کربن خاک $10^{14} \times 30 \times 10^{14}$ کیلوگرم بیش از مقداری است که در ذخایر قشر سطحی زمین نظری CO_2 اتمسفری، توده زنده و آب شیرین یافت می شود. ولی در مقایسه با رسوبات اقیانوسی که حاوی تقریبا $10^{14} \times 200000$ کیلوگرم کربن است، ناچیز می باشد (استیونسون، ۱۹۸۲). مواد آلی خاک دارای سطح ویژه زیادی (بالغ بر ۸۰۰ تا ۹۰۰ متر مربع بر کیلوگرم) بوده و ظرفیت تبادل کاتیونی آن از ۱۵۰ تا ۳۰۰ سانتی مول بر کیلوگرم تغییر میکند. لذا، در حقیقت بخش اعظم CEC زیاد، جذب کننده مهم عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه، کاتیونهای فلزی سنگین و ترکیبات آلی نظری علف کشها میباشد (لیندزی، ۱۹۷۹). جذب و قابلیت استفاده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، به ویژه عناصر غذایی کم مصرف مانند Cu و Mn و کارایی علف کش ها تا حد زیادی تحت تاثیر مواد آلی خاک است (گرینلن، ۱۹۷۱). افزودن مواد آلی به خاک تغییراتی در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نظیر جرم مخصوص ظاهری، درصد اشباع، ظرفیت نگهداشت آب، ساختمان خاک، هدایت الکتریکی، Hp، ظرفیت تبادل کاتیونی، قابلیت جذب عناصر، غلظت عناصر سنگین و جمعیت میکرووارگانیسمها می گذارد (مورتنسن و هیمز، ۱۹۶۴). در تحقیقی نشان داده شد که کاربرد ورمی کمپوست (۷ تن در هکتار) سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع گیاه ذرت در مقایسه با شاهد گردید که سبب آنرا افزایش ظرفیت نگهداری خاک دانستند (گوتریس و همکاران، ۲۰۰۸). در ورمی کمپوست آزاد

سازی عناصر غذایی همزمانی بیشتری با نیاز گیاه دارد بنا بر این ورمی کمپوست با تامین تدریجی و بموقع عناصر غذایی باعث افزایش ارتفاع گیاه گشنیز شده است. تعادل عناصر غذایی که در کودهای آلی وجود دارد باعث تولید گیاهانی میشود که از سلامتی بیشتری بر خوردارند و انرژی که باید برای مبارزه با آفات و بیماریها استفاده میشود در گیاه ذخیره شده و از آن در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه استفاده میشود (فوكان، ۱۹۹۳).

۲-۲-الف- هدایت الکتریکی (EC)

افزودن مواد آلی به خاک EC عصاره اشبع خاک را افزایش داده و مقدار این افزایش بستگی به نوع مواد آلی دارد بطوریکه کود آلی مرغی بیشترین و مواد آلی حاصل از کاه و کلش کمترین افزایش را دارد (مورتنسن و هیمز، ۱۹۶۴). با افزودن گوگرد به خاک واکنش خاک کاهش معنی داری نشان داد. بیشترین میزان کاهش واکنش خاک و افزایش شوری مربوط به سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد بود. گوگرد در خاک و در حضور باکتریهای تیوباسیلوس به اسید سولفوریک تبدیل شده و موجبات کاهش واکنش خاک را فراهم میآورد. افزایش هدایت الکتریکی خاک با اکسیداسیون ترکیبات گوگرد مرتبط است. با انحلال کربناتهای کلسیم و تولید گچ، میزان شوری خاک افزایش میابد (اوی و ابو، ۱۹۹۵).

۲-۲-ب- واکنش خاک (pH)

ایران از جمله کشورهایی است که بیشتر قسمتهای آن بعلت داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک و عدم شستشوی کربناتهای دارای خاکهای آهکی است و pH آن بالای ۸ می باشد بنا براین افزایش هر ماده ای که بتواند H^+ محلول خاک را بیفزاید میتواند pH را کاهش دهد (دلوکا و همکاران، ۱۹۸۹). با پوسیده شدن کود دامی به تدریج بر اثر فعالیت میکرو ارگانیسم های خاک، مقدار زیادی اسید های آلی از جمله اسید هومیک تولید شده، و این اسید ها به مرور بر اثر تداوم استفاده از این کود، موجب کاهش اسیدیته خاک میشود (خدمی و همکاران، ۱۳۸۰). این کاهش زمانی که گوگرد عنصری همراه مایه تلقيق تیوباسیلوس مصرف شود میتواند قابل توجه بوده و حتی به اسیدی شدن خاکها منجر شود اما

زمانی که pH از ۷ پایین تر برود به علت خاصیت تامپونی خاک به خاطر وجود کربنات کلسیم در اکثر خاک های ایران تفاوت معنی داری در سیستم های مختلف تغذیه ای در خاک ایجاد نمی گردد. از طرفی مواد آلی قادرند با گرفتن یا رها کردن یون H^+ تغییرات زیاد pH خاک را تعديل کنند در نتیجه آن را در حالت خنثی یا مناسب برای رشد یک محصول خاص نگه دارند (مجیدیان و همکارانش ، ۱۳۸۴).

تجزیه مواد آلی در خاک، منجر به تولید اسید های ضعیفی مانند اسید کربونیک و اسید های آلی نظری سیتریک، مالیک و پروپیونیک و غیره می شود. تاثیر عمده این اسیدها بالا بردن ظرفیت تامپونی خاک در محدوده تغییرات کم pH می باشد و در صورتی که نمکهای قلیایی خاک زیاد نباشد در نتیجه آن خاک تا حدودی کاهش می یابد (آیکن و همکاران، ۱۹۸۵).

۲-۲-ج - ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد کلوئیدهای آلی از دیگر عوامل موثر در بهبود خصوصیات شیمیایی خاک میباشد (باروزینی و دلزان، ۱۹۹۲). برآورد بعمل آمده نشان میدهد که تا ۸۰ درصد CEC خاکها بخاطر وجود مواد آلی است (استیونسون، ۱۹۸۲). در بررسیهای انجام شده روی ۶۰ خاک ایالت ویسکانسن در مقادیر pH بین ۲/۵ و ۸ نتیجه گرفتند با افزایش CEC بخش رس در مقایسه با CEC بخش مواد آلی خاک، خیلی کمتر تغییر میکند (هلینگ و همکاران، ۱۹۶۴). بار منفی که روی کلوئیدهای هوموس موجود است در اثر یونیزاسیون گروه های عامل فعال، شامل کربونیل، هیدروکسیل و آمین حاصل می گردد و این بارها باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می گردد (پیچ، ۱۹۷۴). کودهای دامی و آلی موجب بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی می شوند این خاصیت هم از نظر تغذیه گیاه و هم از نظر جلوگیری از تلفات کود در نتیجه آبشویی، اهمیت فوق العاده ای دارد (زرین کفش، ۱۳۷۶).

تشکیل کمپلکس بین یونهای فلزی و مواد آلی خاک اهمیت فوق العاده ای در نگهداری و قابلیت تحرک آلاینده های فلزی خاک و آب دارد. واکنش بین مواد آلی محلول، مواد آلی معلق و مواد آلی ته نشین شده بایونهای فلزی واکنشهایی هستند که در تشکیل کمپلکسها نقش دارند (تورمن، ۱۹۸۵).

۲-۲-۵ - کربن آلی (OC)

تمامی مواد آلی به طور قطع شامل کربن هستند. در تحقیقی که توسط دانشمندان انجام شده کل مواد آلی خاکهای جهان حدود سه برابر کل گیاهان روییدنی (Vegetable) جهان دارای کربن هستند بنا براین تصور میشود مواد آلی خاک یک نقش اصلی در تعادل کربن جهانی و گرم کردن زمین در نتیجه اثر گلخانه ای داشته باشند (بوفل و استام، ۱۹۹۴).

مقدار کربن موجود در مواد آلی حدود ۵۹ درصد میزان مواد آلی است یعنی ۱/۷ کیلوگرم مواد آلی ۱ کیلوگرم کربن تولید میکند بنا براین با افزایش مواد آلی میزان کربن آلی افزایش خواهد یافت (بائوچامپ، ۱۹۸۷). در یک آزمایش دو ساله نشان داد ۵ شده است که در سال اول میزان کربن آلی ۰/۸۶ بود ولی در سال دوم با افزایش میزان کود دامی، کربن آلی نیز افزایش یافت (مجیدیان و همکارانش، ۱۳۸۴).

۲-۲-۶ - ازت کل خاک

کودهای شیمیایی و آلی لازم و ملزم یکدیگر بوده، نیاز به هر دو برای ایجاد شرایط مناسب جهت رشد گیاهان است. عوارض نامطلوب مصرف دراز مدت و بی رویه کودهای شیمیایی ثابت شده است. یکی از مهمترین آنها کاهش باروری خاک بدنبال از بین رفتن هوموس خاک می باشد. بنا بر این افزایش مواد آلی نه تنها تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بدنبال دارد بلکه یک سازش پذیری مطلوب بین ماده آلی و شیمیایی وجود داشته و کاستیهای یکدیگر را رفع میکنند (ملکوتی، محمد جعفر، ۱۳۷۵). ازت در خاک به هر دو صورت آلی و معدنی وجود دارد. مقدار این عنصر پس از هر کشت و کار کاهش می یابد. کاهش ازت خاک در نتیجه کشت و کار فقط به علت کم شدن بقاوی گیاهی برای تبدیل به هوموس نمی باشد. زیاد شدن تهويه خاک در اثر شخم و بنا براین افزایش فعالیت موجودات ذره بینی خاک می تواند عامل دیگری باشد. ازت ازراه های مختلف در دسترس گیاهان قرار می گیرد. اصلی ترین راه، ورود ازت به خاک به وسیله مواد آلی است که به طور طبیعی و یا در نتیجه عمل انسان به خاک داده می شود (سالار دینی، ۱۳۷۱). هم چنین اضافه کردن

مواد آلی به خاک ممکن است موجب کاهش محصول شود که یکی از دلایل آن محبوس شدن نیتروژن می باشد (بیکسی و بیتون، ۱۹۷۰). بنا بر این در هنگام استفاده از پسماندهای آلی برای جلوگیری از کمبود نیتروژن باید از کودهای شیمیایی نیتروژن دار استفاده کرد (گوانگ، ۱۹۹۵).

۲-۲-۲ - فسفر

فسفر بعد از ازت مهمترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و مقدار آن در خاک های مختلف تفاوت زیادی دارد. فسفر به دو فرم آلی و معدنی در خاک وجود دارد که نسبت آن در خاک های مختلف متفاوت می باشد خاک هایی که دارای مواد آلی بیشتر هستند مقدار فسفر آلی آنها نیز بیشتر است به طوری که مقدار فسفر آلی بر حسب درصد فسفر کل خاک ممکن است ۲ تا ۹۸ درصد باشد (سالار دینی، ۱۳۷۱؛ سالار دینی، ع ۱ ، (مترجم)، ۱۳۷۲). فسفر مسئول انتقال انرژی و فرایندهای متابولیسمی از سلول بافت های گیاهی بوده و در تولید اسید های نوکلئیک و آنزیم ها نقش حیاتی دارد (سالار دینی، ۱۳۷۱؛ واندر زاگ، ۱۹۸۱).

حقیقین گزارش کردند اسید تولید شده از مواد آلی، فسفر قابل دسترس گیاهان را افزایش می دهد و به طور غیر مستقیم از رسوب فسفات به صورت فسفات آهن و آلومینیم در Hp های کمی اسیدی و فسفات کلسیم در pH های قلیایی که به شکل غیر قابل جذب برای گیاه هستند، جلوگیری می کند (لارسون و همکاران، ۱۹۹۵). تعدادی از مطالعات نشان می دهد که هوموس و اسید هومیک تولید شده از تجزیه مواد آلی به چند طریق موجب افزایش حلالیت فسفر و سهولت در جذب گیاهان می شوند :

- تشکیل کمپلکس های فسفو هومیک

- هوموس به صورت پوششی بر روی ذرات هیدروکسید آهن و آلومینیم قرار می گیرد که بدین ترتیب ظرفیت تثبیت فسفر این ترکیبات کاهش می یابد (سالار دینی، ۱۳۷۱؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۰).

- حقیقین دیگر اظهار داشتند که افزایش ماده آلی به خاک ممکن است توانایی خاک را در جذب فسفر کاهش دهد، زیرا اسید های آلی به وسیله تبادل لیگاندی جذب سطوح می شوند و برای محل های جذب با فسفر رقابت می کنند (ناقراجا و همکاران، ۱۹۷۰).

- مصرف مواد آلی همراه با خاک فسفات موجب میشود بعضی از قارچها و باکتریهای هتروتروف، از مواد آلی به عنوان منبع کربن استفاده کرده و اسیدهای آلی تولید کنند. اسیدهای آلی با پروتونه کردن و کلاته کردن باعث انحلال خاک فسفات و افزایش قابلیت جذب فسفر موجود در آن میشوند. قدرت اسید، میزان کلسیم محلول، نوع و موقعیت لیگاندهای کلات کننده از عواملی هستند که بر میزان فسفر آزاد شده موثر واقع میشوند (ساگو و همکاران، ۱۹۹۸).

مقدار کل فسفر در ریزوسفر ممکن است بالا باشد ولی غالباً به شکلهای غیر قابل استفاده توسط گیاهان است. علت کم بودن قابلیت دستری گیاهان به فسفر خاک این است که بیش از ۸۰ درصد آن بوسیله فرآیندهایی مانند برون جذبی، رسوب یا تبدیل به شکلهای آلی بصورت غیر متحرک وغیر قابل استفاده برای گیاهان در می آیند (ابوزید و همکاران، ۱۹۹۷). قابلیت دستری پایین فسفر خاک یک موضوع اصلی در اغلب خاکها می باشد بویژه وقتی که کودهای فسفره گران قیمت برای کشاورزان کشورهای در حال توسعه قابل دسترس نمی باشد (بایبوردی، ۱۳۸۰).

بسیاری از محققین گزارش کرده اند مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن یاعث کاهش pH خاک و افزایش دستری فسفر شده و باکتری تیوباسیلوس باعث تسريع این فرآیند میشود.

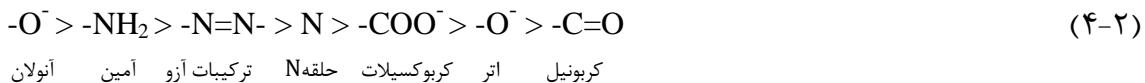
در آزمایشی تاثیر مصرف گوگرد و باکتریهای تیوباسیلوس را بر افزایش قابلیت جذب فسفر بررسی و نشان داده شد که عملکرد ذرت در تیمار تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس و مصرف گوگرد، اختلاف معنی داری با تیمار سوپرفسفات تریپل نداشت (دلوكا و همکاران، ۱۹۸۹). در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاکهای تلقیح شده با باکتریهای تیوباسیلوس حدود یازده برابر بیشتر از خاکهای تلقیح نشده است (بشارتی کلایه، ۱۳۷۹). مهمترین باکتریهای حل کننده فسفات از جنس سودوموناس و باسیلوس و از قارچها، جتسهای آسپرژیلوس و پنی سیلیوم می باشند. این میکرووارگانیسم ها با اکسیداسیون ناقص قندها و مواد پلی ساکاریدی که توسط ریشه گیاه ترشح می شوند، اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک، اسید اگزالیک و اسید سیتریک تولید می نمایند (هان و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲-۲-ز - عناصر کم مصرف

توجه دانشمندان و کشاورزان به اهمیت و ارزش عناصر کم مصرف روز به روز بیشتر میشود. علل این ازدیاد توجه، اهمیت بسیار آنها است و بعضی از آنها ممکن است اهمیت منطقه‌ای داشته باشد. بطور کلی میتوان گفت که علت اصلی توجه بیشتر به عناصر کم مصرف پیدایش کمبود و بروز مسائل جدیدی است که در نتیجه برداشت بیشتر این عناصر و عدم افزایش آنها به خاک حاصل شده است مقدار برداشت عناصر غذایی بخصوص عناصر کم مصرف، به علت برداشت بیشتر محصول از زمین که با کاشت واریته‌های اصلاح شده، مصرف کودهای شیمیایی و مدیریت بهتر حاصل شده است بسیار زیاد است و با پیشرفت بیشتر کشاورزی با این روند هر روز مقدار بیشتری عناصر کم مصرف از خاک خارج خواهد شد. در مقابل در برنامه‌های کود پاشی نه تنها جبران این برداشت عظیم عناصر کم مصرف را در نظر نگرفته اند، بلکه به مصرف کودهای خالص مانند سوپرفسفات تربیل بجای کود غنی از عناصر کم مصرف، سوپر فسفات ساده و اوره بجای کود دامی مقدار کمی از این عناصر که در برنامه‌های کود پاشی پیشین به خاک اضافه می‌شد نیز قطع گردیده است. گیاهان پر بار، این هدایای علم اصلاح نباتات، دارای معايیبی هم هستند، از جمله اینها نسبت به شرایط خاک حساسیت نشان میدهند و احتیاج به مواد غذایی فراوان دارند ولی خود قادر به جذب آنها از خاکهای متوسط نیستند. این گیاهان معمولاً در مقابل کمبودها حساس هستند و بیشتر از گیاهان بومی به کمبود عناصر کم مصرف دچار میشوند (بایبوردی، ۱۳۸۰).

تشکیل کمپلکس بین یونهای فلزی و مواد آلی خاک اهمیت فوق العاده ای در نگهداری و قابلیت تحرک آلینده‌های فلزی خاک و آب دارد. انواع مختلفی از واکنش‌ها ممکن است بین مواد آلی خاک و فلزها رخ دهد. این واکنش‌ها عبارتند از: واکنش بین کربن آلی محلول (کربن آلی که از میان صافی ۰/۴۵ میکرو متر نقره یا فیبر شیشه‌ای عبور میکند) و یونهای فلزی، واکنش‌های تشکیل کمپلکس بین مواد آلی معلق (کربن آلی که بر روی صافی نقره ۰/۴۵ میکرو متر باقی میماند) و یونهای فلزی و

واکنش بین مواد آلی ته نشین شده و یونهای فلزی (تورمن، ۱۹۸۵). گروه های عاملی مواد آلی خاک دارای تمایلات متفاوتی نسبت به یونهای فلزی هستند (چاربرک و مارتل، ۱۹۵۹).



در صورتی یک یا چند گروه عاملی آلی (مانند کربوکسیلات) در اطراف یک یون فلزی هم آرایی نمایند، این امر منجر به ایجاد یک ساختمان حلقوی داخلی میگردد که به آن تشکیل کی لیت، که شکلی از تشکیل کمپلکس است، میگویند. ظرفیت کل تشکیل پیوند اسیدهومیک برای یونهای فلزی حدود ۲۰۰ تا ۶۰۰ میکرومول برگرم است. تقریباً ۳۳ درصد از این مقدار مربوط به نگهداری یونهای فلزی بر روی مکانهای کمپلکس کننده کاتیونی میباشد (استوارت، ۱۹۶۷).

تأثیری که تشکیل کمپلکس بین مواد هومیک و فلز بر سرنوشت فلزها در خاک میگذارد، میتواند مفید یا مضر باشد گونه های شیمیایی مختلف یک فلز میتوانند تحت تاثیر این کمپلکسها و نیز واکنش های اکسایش-کاهش قرار گیرند. برای مثال، اسید هومیک میتواند به عنوان یک عامل کاهنده عمل کرده Cr(III) را که شکل سمی تر Cr است، به (Cr(VI) تبدیل کند. بعلاوه، این امر قابلیت استفاده آنرا برای گیاهان و جانوران محدود نمیکند. مواد هومیک با تشکیل کمپلکسها پایدار موجب نقل و انتقال فلزهای سمی در آبها شده و در واقع بعنوان حاملان این فلزها عمل میکند. در تاسیسات تصفیه آب زمانیکه از روش های ترسیب استفاده میشود این کمپلکس های محلول و پایدار میتوانند بر طرف شدن موثر فلزهای سنگین را از آبی که از مکانهای تمرکز مواد زاید خطرناک زهکشی شده است، تقلیل دهنند (مانahan، ۱۹۹۱). طبق ارزیابی های جهانی، در حدود ۵۰ درصد اراضی تحت کشت غلات در دنیا دچار کمبود روی می باشد . خاک های آهکی که بیش از ۴۰ درصد خاک های جهان را تشکیل می دهند، در معرض کمبود روی هستند و کشور ما نیز با توجه به داشتن خاک های آهکی از این قاعده مستثنی نیست (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). روی به طور عمده به صورت Zn^{2+} توسط ریشه ی گیاهان جذب می گردد ولی روی هیدراته و کلات های آلی روی نیز می توانند جذب گردند (کریمیان و همکاران،

۱۳۷۳). مقدار روی در خاک های آهکی بسیار اندک بوده، حلالیت همین مقدار کم نیز به دلایل آهکی بودن pH بالا، بی کربناته بودن آب آبیاری، تنفس خشکی و شوری، مواد آلی کم، استمرار خشکسالی، تداوم مصرف نامتعادل کودها بسیار ناچیز می باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۹). هریک از عناصر کم مصرف، نقش خاصی را در گیاه ایفا می کنند و وجود این عناصر در حد کفایت برای کامل کردن چرخه رشد گیاه لازم می باشد. نقش این عناصر از واکنش های بسیار ساده تا خیلی پیچیده گستردگی داشته است. به هر حال نقش یک عنصر ریزمغذی را عنصر دیگر نمی تواند به عهده بگیرد (نوروزی، ۱۳۸۳). برای رفع مشکل کمبود روی از روش های زیر می توان استفاده کرد:

۱- استفاده از کودهای شیمیایی حاوی روی مثل سولفات روی و کلات روی، ۲- استفاده از ارقام گیاهی با قابلیت جذب بالای روی، ۳- استفاده از ریزجاندارانی با توانایی فراهمی عنصر روی برای گیاه که این ریز جانداران بیشتر در ریزوسفر گیاهان وجود دارند. ریزوسفر محدوده ای از خاک پیرامون ریشه است که تحت تأثیر فعالیت های ریشه قرار دارد. در این منطقه روابط متقابل پیچیده ای بین ریشه و ریزجانداران ریزوسفری پدید می آید. باسیلوس، سودوموناس و فلاوباتریوم از جنسهای غالب باکتریایی در ریزوسفر می باشند. یک سری از ریزجانداران این توانایی را دارند که موجب افزایش حلالیت ترکیبات کم محلول روی شده و روی موجود در آن ها را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس تبدیل کنند. این ریزجانداران از خاک های کشاورزی با حاصلخیزی بالا جدا شده و به گیاهان کمک می کنند تا روی را از خاک جذب کنند (کولکارنی، ۲۰۰۹). مکانیزم این ریزجانداران اکثرًا ترشح اسیدهای آلی و سیدروفور است.

۲-۳-۲- اثر بر خواص بیولوژیک خاک

رابطه تنگی تنگی میان ماده آلی و موجودات زنده خاک وجود دارد. افزودن ماده آلی به خاک نه تنها به عنوان ماده غذایی برای گیاهان، بلکه به عنوان منبع انرژی و غذا برای موجودات زنده خاک که بعد از عناصر غذایی را در نسبت های متعادل و با توزیعی مناسب در کل فصل رشد در اختیار گیاهان قرار می دهند، حائز اهمیت می باشد. مواد آلی خود دارای فلور غنی از میکرو ارگانیسم ها می باشد که این

میکروارگانیسم‌ها را به خاک افزوده، باعث بهبود خواص بیولوژیک و نهایتاً حاصلخیزی خاک می‌شود. افزایش محصول در نتیجه کاربرد کود‌های آلی، بیشتر از آن مقدار است که بتوان به تنها بهی با محتوای عناصر غذایی آن را توجیه نمود. در این رابطه نقش مواد آلی در حفاظت محصولات زراعی در برابر بیماری‌ها قابل توجه است. بررسی‌های بیشتر در این زمینه نشان داده‌اند که اثر هوموس بر افزایش عملکرد در ارتباط با نقش آن در افزایش فعالیت میکروبی، کاهش حالت تهاجمی و بیماری زایی عوامل بیماری‌زا، افزایش مقاومت در برابر ویروس‌ها و کاهش سمیت خاک می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

۴-۲-۲- اثر بر عملکرد گیاه

دو مکانیزم جذب بیولوژیکی فعال و غیر فعال بر جذب عناصر از خاک تاثیر می‌گذارد. جذب فعال مستلزم صرف انرژی می‌باشد (مور، ۱۹۷۲). توافق بر سر این نکته که جذب تمام عناصر بواسیله جذب فعال انجام می‌شود اندک است ولی آن چه مسلم است این است که فعالیت گیاه بر جذب مواد غذایی تاثیر خواهد گذاشت. برای جذب یک عنصر غذایی، نزدیکی فیزیکی یا شیمیایی عنصر به ریشه ضروری است. نزدیکی عنصر به ریشه طی فرایند‌های مختلف از قبیل انتشار، جریان توده‌ای و توسعه ریشه صورت می‌گیرد. افزودن کود‌های آلی به خاک‌ها مقدار ماده آلی و خصوصیات حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد. محققین پس از تحت تیمار قرار دادن گیاه سورگوم با لجن فاضلاب شهری، کود حیوانی و کود شیمیایی گزارش کردند که افزودن لجن در اولین سال عملکرد محصول را در تیمار ۱۰ تن افزایش داد اما در تیمار‌های بالاتر سبب کاهش عملکرد شده، همچنان استفاده از لجن فاضلاب در سال اول تاثیری در مقدار ازت، فسفر و پتاسیم دانه سورگوم نداشته، اما در دوره بعد بر غلظت این عناصر موثر بوده است (سیلویا و همکاران، ۱۹۹۸). از طرفی ابازید و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که استفاده از انواع کود‌های آلی شرایط مساعدی را برای جذب ازت و فسفر و پتاسیم در خاک‌ها متفاوت فراهم می‌کند. هم‌چنین خلیفه (۱۹۹۳) گزارش کرد که مقدار کل و قابل دسترس ازت، فسفر و پتاسیم به طور معنی‌داری در خاک‌هایی که به مقدار زیاد با کودهای آلی تیمار شده بود، افزایش

یافت. در تحقیقی دیگر رضایی نژاد و افیونی (۱۳۷۹) به این نتیجه رسیدند که از بین سه کود لجن فاضلاب، کود گاوی و کمپوست، کمپوست با داشتن نسبت کربن به نیتروژن بیشتر در مقابل کود گاوی و لجن فاضلاب دارای تاثیر کمتری در عملکرد ذرت بود. بعضی از محققین معتقدند به دلایل مختلف اضافه کردن مواد آلی به خاک ممکن است موجب کاهش محصول شود که یکی از دلایل آن محبوس شدن نیتروژن است (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۶۷). بنا براین در هنگام استفاده از پس مانده های آلی برای جلوگیری از کمبود نیتروژن باید از کود های نیتروژن دار استفاده کرد (بیکسی و بیتون، ۱۹۷۰).

۲-۳-۲- ذرت

۱-۳-۲- تاریخچه و اهمیت اقتصادی ذرت

ذرت از پر محصول ترین غلات به شمار می رود به طوری که آن را سلطان غلات نامیده اند و از لحاظ مقدار کل تولید بعد از گندم و برنج سومین گیاه زراعی مهم در دنیا است (کاظمی، ۱۳۷۴؛ دلوویت و همکاران، ۱۹۸۴). ذرت یکی از گیاهان بومی آمریکای مرکزی و جنوبی است. سابقه کاشت آن در کشورهای دیگر جهان که شرایط برای رشد و نمو، بویژه در برخی از کشورهای اروپا، آسیا، آفریقا و اقیانوسیه مساعد بوده، چندان طولانی نیست (خدابنده، ۱۳۷۲). ذرت از خانواده گرامینه^۱ و جنس زئا^۲ است. در این جنس گونه ای به نام مایز^۳ وجود دارد که همان ذرت زراعی است (پورصالح، ۱۳۷۳). دو جنس در خانواده گرامینه وجود دارد که به جنس زئا خیلی نزدیک می باشند، یکی تریپساکوم^۴ که به طور خودرو در نواحی شرقی و جنوب شرقی ایالات متحده امریکا و در امریکای مرکزی و جنوبی رشد می کند. گونه هایی از این جنس با ۱۸ و ۳۶ جفت کروموزوم دیده شده اند. دیگری یوکلا^۵ نااست که گونه ای از آن مکزیکانا^۶ نام دارد که در زبان انگلیسی به آن تئوسینت^۷ گفته می شود. گونه مذبور بومی

۱ Gramine

۲ Zea

۳ Maize

۴ Tripsacum

۵ Eucleana

۶ Mexicana

۷ Teosint

مکزیک و گواتمالا بوده و نزدیکترین گیاه به گونه ذرت زراعی است. این گونه مانند ذرت ۱۰ جفت کروموزوم دارد (استوبر و همکاران، ۱۹۶۸). چندین فرضیه درباره طرز پیدایش ذرت وجود دارد، برطبق یکی از این فرضیه‌ها که قدیمی‌تر است، ذرت از تئوسينت یا اجداد آن مشتق شده است ولی بنا بر تئوری جدید‌تر، این گیاه از نوعی ذرت به نام پادکورن ۸ بدست آمده است (یزذی صمدی و عبد میثاهی، ۱۳۷۵).

تا قبل از سال ۱۴۹۲ میلادی (سال کشف آمریکا) ذرت در اروپا، آفریقا و اسپانیا ناشناخته بود تا اینکه کریستف کلمب در اولین مسافرت تاریخی خود به امریکا در نوامبر سال ۱۴۹۲ میلادی ذرت را در حوالی کوبا مشاهده کرد و دریافت که ذرت، رایج‌ترین گیاه آن قاره است. او انواعی از ذرت را مشاهده کرد که بوسیله سرخپستان ماهیز^۹ کشت می‌شد و از دانه‌های آن تغذیه می‌کردند. نام این گیاه در حقیقت از نام این قبیله اقتباس شده است (تاج بخش، ۱۳۷۵؛ خدابنده، ۱۳۷۲). در سال ۱۹۳۷ میلادی لینه نام علمی *Zea mays* را به آن داد (دویر و همکاران، ۱۹۹۱). در حال حاضر (*L.*) به عنوان یکی از مهمترین گیاهان زراعی، در بسیاری از نقاط دنیا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. استفاده از اندامهای مختلف ذرت (دانه، برگ و ساقه) در تغذیه دام و طیور نقش مهمی در تولید فراورده‌های پروتئینی مورد نیاز انسان دارد (نعمیم، ۱۳۵۸). سهم ذرت در تامین غذای انسان ۲۵ تا ۲۰ درصد، خوراک دام و طیور ۶۰ تا ۷۵ درصد و به عنوان ماده اولیه جهت فراورده‌های صنعتی ۵ درصد می‌باشد (وزارت کشاورزی، برنامه پنجساله، ۱۳۷۲-۱۳۶۸). ذرت به علت داشتن مواد قندی، نشاسته زیاد و عملکرد محصول دانه‌ای حدود ۱۵ تن و علوفه‌ای بیشتر از ۸۰ در هکتار یکی از مهمترین نباتات علوفه‌ای جهت تولید دانه محسوب می‌شود. قسمت اعظم ذرت تولید شده به مصرف تغذیه دام می‌رسد که به دلیل پایین بودن درصد فیبر و بالا بودن هیدرات کربن و روغن جزء خوش خوراک ترین گیاهان علوفه‌ای به شمار می‌آید (کوچکی، ۱۳۶۶).

8 Padcorn
9 mahize

۲-۳-۲- خصوصیات گیاهی

ذرت از تیره غلات (*poaceae*) از جنس زئا و گونه زراعی آن مایز با $2n=20$ کروموزوم می باشد (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹). ذرت از لحاظ فیزیولوژیکی جزء گیاهان ۴ کربنه بوده و دارای رشد رویشی بسیار سریع و از توان تولیدی بالایی برخوردار است (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۷۶). یکی از قسمتهاهی اصلی گیاه ذرت سیستم ریشه ای آن است. ریشه ذرت از نوع افshan و گستردگی بوده و عمق نفوذ آن در خاک به حدود $1/3$ متر و در بعضی شرایط به ۲ متر هم میرسد (نجفی، ۱۳۷۹؛ مارتین، ۱۹۹۸). رشد ریشه های ذرت عمدها در مرحله گرده افshanی متوقف می شوند (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷).

در این گیاه ۳ نوع سیستم ریشه ای مشاهده میشود: ریشه های بذری، ریشه های طوقه ای و ریشه های هوایی یا نگهدارنده. ریشه های بذری که غالباً بین ۳ تا ۵ عدد متغیر هستند، هنگام جوانه زنی از بذر ذرت خارج می شوند. این ریشه ها گیاهچه را در مراحل اولیه رشد در جذب آب و مواد غذایی یاری می دهند. ریشه های بذری به علت اینکه از طریق محور باریک مزوکوتیل به گیاه متصل هستند و این محور ظرفیت و توانایی انتقال آب و مواد غذایی به مقدار زیادی ندارد، نمی تواند سیستم ریشه ای دائمی گیاه را تشکیل دهد. عمق توسعه ریشه های اولیه بستگی به عمق کاشت بذر دارد (اصغری و هانسون، ۱۹۸۴؛ استوبر و همکاران، ۱۹۸۴).

با ظهر راس غلاف ساقه چه و سبز شدن کامل آن، ریشه های طوقه ای از گره غلاف شروع به رشد می کنند و به دنبال آن ریشه های طوقه ای دیگری از چند گره ای که زیر خاک قرار دارند توسعه می یابند (خواجه پور، ۱۳۸۳). غالباً یک تا چند گره ای که در بالا و نزدیک سطح خاک قرار دارند، تولید ریشه های هوایی نگهدارنده می کنند. ریشه های نگهدارنده، علاوه بر حمایت و نگهداری ساقه در مقابل خوابیدگی، ممکن است وارد خاک شده و فعالیت جذبی موثری داشته باشند (خواجه پور، ۱۳۸۳؛ ۱۳۷۵). ریشه های طوقه ای و ریشه های هوایی نگهدارنده در مجموع سیستم ریشه فعال و

دائمی گیاه را بوجود می آورند (خواجه پور، ۱۳۸۳). تعداد برگ بر روی ساقه اصلی از خصوصیات نسبتا ثابت گیاهی بوده و از ۸ تا ۴۸ عدد متغیر و به طور متوسط ۱۲ تا ۱۸ عدد در هر بوته می باشد (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷؛ نعیم، ۱۳۵۸).

واریته های زودرس معمولاً تعداد برگ کمتری نسبت به واریته های دیررس دارند. تعداد برگ در ذرت به عنوان شاخص گروه رسیدگی مطرح است و همبستگی مثبتی بین تعداد برگ بر روی ساقه اصلی و طول دوره رویش در ذرت وجود دارد (ازازی و همکاران، ۱۹۹۴). تعداد برگ در ارقام حساس به طول روز افزایش می یابد. با افزایش برگ در نتیجه افزایش طول روز، مجموع سطح برگ در گیاه نیز افزایش می یابد. طول برگهای ذرت از ۳۰ تا ۱۵۰ سانتی متر متغیر بوده و عرض آن به ۱۵ سانتی متر نیز می رسد (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷؛ مodb شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹؛ نعیم، ۱۳۵۸). ساقه ذرت همانند ساقه سایر غلات بند بند ولی دارای مغز پارانشیمی بوده و توپر می باشد. ساقه ذرت معمولاً ۱۴ گره دارد و قطر ساقه حدوداً ۳ تا ۴ سانتی متر می باشد (نعیم، ۱۳۵۸). دستجات آوندی که توسط غلاف اسکلرانشیمی احاطه شده اند در داخل مغز پراکنده اند. تراکم دستجات آوندی با نزدیک شدن به محیط ساقه افزوده می گردد (خواجه پور، ۱۳۸۰). ساقه ذرت دو عمل اصلی و مهم انجام می دهد، یکی اینکه اندام فتوسنترز کننده و جاذب تشعشع فعال فتوسنترزی بوده و به عنوان ذخیره غذایی گیاه عمل می کند و دیگر اینکه اندام های زایشی گیاه بر روی آن بوجود می آید (پوکتینگ، ۱۹۹۰).

میانگره های پایین ساقه بسیار کوتاه هستند طول میانگره ها در قسمت میانه ساقه افزایش و سپس مجدداً کاهش می یابد اما پایه گل آذین ممکن است بسیار طویل باشد (خواجه پور، ۱۳۸۰؛ موریسون و همکاران، ۱۹۹۴). ذرت معمولاً یک گیاه یک پایه است با گلهای نر پرچم دار (۳ عدد پرچم) که در داخل گل نر ذرت در انتهای ساقه ها به صورت پانیکول بوجود می آیند، و گل های ماده که بر روی بلال ها به صورت سنبله به وجود می آیند. بلال در قسمت جانبی ساقه، پائین تر از گل نر قرار گرفته و دارای محور قطری است که روی آن سنبلچه ها به صورت جفت در کنار هم قرار دارند. هر سنبلچه، گل را

تولید می کند و هر گل بین دو برآکته بنام لئا و پالئا محصور است (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹؛ یزدی صمدی و عبد میثاهی، ۱۳۷۵).

در هر سنبلچه دو گل تولید می شود که فقط یکی بارور می شود و دیگری عقیم است و هر گل ماده دارای تخدمانی است که از آن رشته نازکی جدا می شود که مجموعا خامه و کلاله هستند (هاشمی

دزفولی و مرعشی، ۱۳۷۱). عمل گرده افشاری طبیعی در ذرت بوسیله باد صورت می گیرد. معمولا حدود ۹۵ درصد گل های ماده یک پایه به صورت دگر گشتنی و ۵ درصد به صورت خود گشتنی تلقیح می شوند (نعمیم، ۱۳۵۸؛ یزدی صمدی و عبد میثاهی، ۱۳۷۵). دانه ذرت مانند دانه سایر غلات از نظر گیاه شناسی میوه است که به صورت فندقه لخت دیده می شود و از خارج به طرف داخل از پوست، میوه، پوست دانه، لایه آلئورون، اندوسپرم، لپه (سپرچه) و جنین تشکیل شده است. تعداد دانه در هر بلال معمولاً بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ عدد است (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷؛ نعمیم، ۱۳۵۸).

دانه خشک ذرت در حدود ۱۲/۶ درصد آب، ۴/۱ درصد چربی، ۲/۴ درصد الیاف، ۱/۵ درصد املاح کانی، ۸/۵ تا ۱۰ درصد پروتئین و ۷۰ درصد ترکیبات بدون نیتروژن دارد که قسمت اعظم ترکیبات بدون نیتروژن آن از نشاسته تشکیل شده است. فسفر در ذرت بیشتر به صورت فیتین^{۱۰} می باشد که دیر هضم است و باید در غذای حیوانات مقداری ویتامین D اضافه شود تا بیماری در آنها ایجاد نشود. مواد تشکیل دهنده پروتئین دانه ذرت از آلبومین، گلوبولین، پرولامین و گلوتن بوجود آمده است که پرولامین ذرت به نام زئین^{۱۱} معروف است (پورصالح، ۱۳۷۳). رنگ دانه بسته به واریته از سفید تا زرد، قرمز، بنفش، آبی و سیاه متغیر است (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷). وزن هزار دانه ذرت بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ گرم می باشد (شاو، ۱۹۷۷).

3-3-2- هیبرید های ذرت

در حال حاضر هیبریدهایی که مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از: هیبرید های ساده یا سینگل

10 phytin
11 zein

کراس (cS¹²) که از تلاقی دولاین خالص به دست می‌آیند. دابل کراس ها (cD¹³) یا هیبرید های مضاعف که از تلاقی ۲ هیبرید سینگل کراس بدست می‌آید و همچنین هیبریدهای تریپل کراس (cT¹⁴) (سه طرفه) که از تلاقی یک لاین خالص و یک سینگل کراس به دست می‌آید. سینگل کراسها معمولاً در شرایط فاریاب و دابل کراسها برای شرایط اراضی دیم اروپا مناسب می‌باشند (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

۴-۳-۲- بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

این هیبرید در طبقه بندی سازمان خوار و بار و کشاورزی در گروه ۷۰۰ قرار می‌گیرد و زمان لازم از کشت تا برداشت آن حدود ۱۳۵ تا ۱۴۰ روز است. یکی از جدید ترین و بهترین هیبرید هایی است که در یوگسلاوی بدست آمده و دو منظوره و بیشتر به صورت دانه ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد آن عالی و میانگین آن حدود ۶ تا ۹ تن دانه بدست می‌آید و در صورتی که برای تولید علوفه کشت شود حدود ۷۰ تا ۸۰ تن عملکرد علوفه در هکتار است. میانگین ارتفاع بوته ۱۸۵ سانتیمتر، طول بلالها ۱۵ تا ۲۵ سانتیمتر، ردیف دانه ها ۱۶ تا ۱۴ و رنگ چوب بلال قرمز روشن است. دانه ها فرم دندان اسبی داشته و رنگ دانه زرد روشن و وزن هزار دانه ۳۷۰ گرم است. این هیبرید به خشکی نسبتا مقاوم و به بیماریهای قارچی نیز مقاومت نسبی دارد. این هیبرید برای کلیه نقاط ایران به جزء نقاط سرد و کوهستانی قابل توصیه است میزان بذر لازم ۱۸ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (rstgar، ۱۳۸۴).

۴-۳-۲- سازگاری

وجود تعداد در ارقام زراعی ذرت، باعث شده که طیف سازگاری ذرت محدوده وسیعی را شامل شود به صورتی که زراعت آن را در محدوده عرض جغرافیایی ۵۵ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی و تا ارتفاع حدود ۴۰۰۰ متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) مقدور می‌سازد (فتحی، ۱۳۷۸). هر چند دامنه سازگاری ذرت وسیع می‌باشد اما از آنجا که ذرت گیاهی است C₄، موفقیت در تولید آن مستلزم

12 Single cross

13 Double cross

14 Tree way cross

وجود نور کافی طی دوران رشد می باشد. به همین جهت نواحی با بارندگی تابستانه زیاد و آسمان ابری برای تولید آن مناسب نیست (خواجه پور، ۱۳۸۰). ذرت گیاهی یک ساله و گرما دوست است. این گیاه بهترین سازگاری را با مناطقی دارد که برای ۳ تا ۴ ماه متوالی میانگین دمای هوا ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتیگراد باشد. کاشت ذرت تا زمانی که دمای خاک به ۱۳ درجه سانتیگراد برسد به تأخیر می افتد (چاپمن، ۱۹۸۹). دما از فاکتورهای موثر در تولید ذرت می باشد به طوری که برای جوانه زنی و رشد سریع گیاهان جوان، دمای ۲۶-۳۰ درجه سانتیگراد در خاک مناسب به نظر می رسد. رشد گیاه در دمای کمتر از ۱۳ درجه سانتیگراد کاهش یافته و در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد متوقف می شود (علی اصغرزاده و همکاران، ۱۳۷۷). چنانچه در طی فصل رشد کاهش دما تا ۲-درجه سانتیگراد ادامه یابد، باعث مرگ گیاه می شود. از طرفی دماهای بیش از ۳۵ درجه سانتیگراد نیز می تواند توقف رشد گیاه را به دنبال داشته باشد (خواجه پور، ۱۳۸۰). از نظر آب مصرفی و مورد نیاز جهت تولید مطلوب ذرت وجود ۴۴۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر آب در طی فصل الزامی می باشد که این میزان تحت تاثیر ژنتیک و محیط قرار دارد. وجود تنفس آبی در گیاه با توجه به زمان وقوع تنفس و شدت آن می تواند اثرات متفاوتی بر عملکرد داشته باشد (فتحی، ۱۳۷۸). ذرت حساسیتی به pH خاک ندارد و pH ۵ تا ۸ را تحمل می کند. در Hp کمتر از ۵، مسمومیت ناشی از آلومینیوم و آهن و در Hp های بالا کمبود روی، فسفر و آهن مسئله ساز می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۰). بعضی اوقات نیز کمبود آهن و روی در هنگام رشد ذرت در خاکهای آهکی اتفاق می افتد. مقاومت ذرت به شوری خاک از برنج کمتر است. ۶ تا ۷/۵ دسی زیمنس بر متر موجب ۵۰ درصد افت عملکرد ذرت می شود (خواجه پور، ۱۳۸۰).

۲-۳-۶- کود لازم برای ذرت

ذرت از گیاهان پر توقع از دیدگاه کودی است و مصرف کود های شیمیایی، افزایش عملکرد، بهبود کیفیت دانه، علوفه و زود رسی گیاه را به دنبال دارد. با برداشت هر تن دانه ذرت در هکتار نزدیک به ۱۳ کیلوگرم نیتروژن ، ۵/۳ کیلوگرم فسفر، ۴ کیلوگرم پتاسیم، ۱/۵ کیلوگرم کلسیم، ۲ کیلوگرم منیزیم

و ۱/۲ کیلوگرم گوگرد از زمین بیرون می رود. روی هم رفته برای فراوری هر ۱۰۰ کیلوگرم دانه، ۱/۷ کیلو کیلوگرم نیتروژن در دانه و یک کیلو نیتروژن در بخش های هوایی نیاز است (اولسون و سندر، ۱۹۸۸). نیتروژن باید به اندازه بسنده در سرتاسر دوره رشد در دسترس گیاه گذاشته شود. در بیشتر مناطق بخشی از نیتروژن را در زمان کشت و بقیه بطريق سرک نزدیک به یک ماه پس از ظهرور گیاهچه داده می شود. ذرت سیلوبی و علوفه ای نیاز به نیتروژن بیشتری دارد. در آغاز، جذب عناصر غذایی کم و سپس با افزایش رشد و حجم گیاه شدت جذب نیز افزایش می یابد (بحرانی، ۱۳۸۰). البته ناگفته نماند که مصرف بیش از اندازه نیتروژن باعث می گردد هزینه و انرژی زیادی در سیستم های کشاورزی پیشرفت مصرف گشته و آلودگی آب های زیر زمینی را بوسیله نیترات سبب می گردد (خواجه پور، ۱۳۸۰؛ رمروزی، ۱۳۷۴).

میزان فسفر لازم برای ذرت نزدیک به یک چهارم نیتروژن است. نشانه های کمبود فسفر در ذرت ۲۱ تا ۴۰ روز پس از کاشت نمایان می شود که بیشتر با ارغوانی شدن برگ های پائینی همراه است. پس از نیتروژن، کمبود فسفر بیشتر کاهش رشد و عملکرد نیتروژن را به همراه دارد. نزدیک به ۲۰ درصد فسفر افزوده شده به خاک، در دوره رشد جذب گیاه می شود. ازت تا نزدیکی زمان رسیدگی دانه جذب می شود. بیشتر خاک ها، به ویژه خاکهای سرزمین های خشک به اندازه بسنده پتابسیم در خود برای رشد ذرت دارند. در ایران اندازه کود های شیمیایی پیشنهاد شده برای ذرت دانه ای در بر گیرنده ۴۰۰ کیلوگرم اوره است که ۲۰۰ کیلوگرم آن پایه و ۲۰۰ کیلوگرم بطريق سرک (مرحله آغازگله) و ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم هم کود پایه است (بحرانی، ۱۳۸۰).

۴-۲ - عملیات کاشت، داشت و برداشت

زمین ذرت مانند زمین سایر گیاهان باید ابتدا شخم سپس دیسک و اگر نیاز باشد تسطیح اجمالی شود. فرایند کاشت بذر باید هر چه زودتر در بهار، درست به هنگامی انجام شود که معدل دمای خاک تا عمق ۵ سانتیمتری کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد نباشد. این زمان در زمین های معتدل سرد کشور پیرامون

اردیبهشت ماه و در سرزمین های مرکزی در پایان فروردین و در سرزمین های نیمه گرم، در اسفندماه (کشت بهاره) و تیرماه (کشت تابستانه) است. چنانچه محدودیت دما و بارندگیهای بهاره نباشد کشت زود هنگام ذرت در بهار پیشنهاد میشود، زیرا تا رسیدن گرمای هوا به اوچ خود، گرده افشاری انجام شده و ریشه ها به اندازه کافی گسترش یافته و عملکرد بیشتر را به همراه خواهد داشت. در این گونه سرزمینها کشت رقمهای ذرت دیر رس برای بهره گیری حداکثر از فصل رشد پیشنهاد میشود. در سرزمینهای گرمتر کشت های تابستانه عملکرد دانه بیشتری دارند (اولسون و سندر، ۱۹۸۸).

۴-۱-۲- فاصله کاشت

با استفاده از ماشینهای بذر پاش فواصل خطوط را میتوان برای منظورهای مختلف بطور دلخواه تنظیم نمود. سالها فاصله ردیفها را بین ۹۵ تا ۱۰۵ سانتیمتر انتخاب میکرند ولی امروزه تراکم گیاهی را در واحد سطح افزایش داده و فاصله ها را کمتر انتخاب میکنند. هر چند عرض ردیفها تا حدودی به ادوات کشت بستگی دارد ولی فواصل ۷۰ تا ۷۵ سانتیمتری بیشتر متداول است و حتی فاصله ۵۰ سانتیمتر نیز برای کشت ذرت به کار میروند و در مواردی که از ذرت بعنوان علوفه تازه برای مصرف دام استفاده میشود فواصل نزدیکتر نیز در نظر گرفته میشود.

۴-۲-۲- میزان بذر

مقدار بذر مورد نیاز به حاصلخیزی خاک، مقدار رطوبت موجود در خاک، هدف از کشت، نوع واریته و درصد جوانه زدن بذر بستگی دارد. در خاک هایی که رطوبت آنها کم و از حاصلخیزی خوبی برخوردار نیستند مقدار بذر کاهش داده می شود زیرا این خاک ها نمی توانند آب و مواد غذایی کافی را برای تعداد زیادی بوته فراهم سازند.

۴-۳-۲- عمق بذر

عمق کاشت بذر باید به حدی باشد که رطوبت کافی برای جوانه زدن بذر را تامین نماید. این عمق به نوع خاک و شرایط اقلیمی بستگی دارد و برای جلوگیری از فاسد شدن بذر، و در آوردن بوسیله پرندهای

و سایر جانوران و خشک شدن آن باید در عمق مناسب کشت گردد. این عمق میتواند بین ۱۰ سانتیمتر متفاوت باشد. معمولاً در خاکهای سبک عمق کاشت را بین ۵ تا ۱۰ سانتیمتر و در خاکهای سنگین ۴ تا ۶ سانتیمتر انتخاب می نمایند.

۴-۴-۲- مراحل نمو

از زمان جوانه زنی تارسیدگی کامل، گیاهان مراحل مختلفی را پشت سر می گذارند چگونگی نمو گیاه بوسیله عوامل محیطی، عملیات زراعی و خصوصیات رقم مورد استفاده مشخص می شود. آگاهی از مراحل نموی، در تصمیم گیری های صحیح جهت تعیین زمان مناسب برای عملیات زراعی گیاه سودمند می باشد. لذا جهت شناسایی مراحل نموی ذرت، متخصصین روش های تقسیم بندی مختلفی را ارائه کرده اند. لارسون و هانوی در سال ۱۹۸۴ پنج مرحله نموی را برای ذرت در نظر گرفتند که این مراحل عبارتند از: ۱) کاشت تا سبز شدن ۲) سبز شدن تا پیدایش گل آذین نر ۳) پیدایش گل آذین نر تا پیدایش ابریشم بلال ها ۴) گرده افشاری تا رسیدگی فیزیولوژیک و ۵) مرحله خشک شدن گیاه (فتحی، ۱۳۷۸).

دومین طبقه بندی (خواجه پور، ۱۳۸۰) که برای مراحل نموی ذرت ارائه شده است شامل ۱) سبز شدن ۲) تشکیل گل آذین نر ۳) ابریشم دهی ۴) خمیری سفت ۵) رسیدگی فیزیولوژیک ۶) رسیدگی کامل می باشد. مدت زمان لازم برای عبور از یک مرحله نموی و ورود به مرحله نموی دیگر، در ژنتیک پهلوی مختلف ذرت متفاوت است. طول این دوره زمانی در کلیه ارقام تحت تاثیر اثر محیط و عوامل مدیریتی می باشد (مودب شبستری و مجتبه‌ی، ۱۳۶۹).

۴-۵-۲- عملیات داشت

عملیات داشت ذرت شامل: آبیاری، سله شکنی، وجین و مبارزه با علف های هرز و مبارزه با آفات و بیماریهای احتمالی است.

۲-۴-۶- برداشت

برداشت ذرت بسته به نوع مصرف و موارد استفاده متفاوت است. چنانچه ذرت دارای ۳۰-۴۰ درصد آب

باشد یعنی کاملاً نرسیده و محتوی داخل دانه هنوز سفت و جامد نگردیده و یا خمیری است که می‌توان آن را با ماشین‌های مخصوص درو خرد کرده و به عنوان علوفه مورد استفاده قرار داد . زمان

برداشت ذرت دانه ای بر اساس میزان آب دانه‌ها تعیین می‌گردد و این زمان موقعی است که پوسته براحتی از بلال جدا می‌گردد و آن مرحله‌ای است که لایه سیاه اطراف نوک دانه‌ها ظاهر می‌شود. این لایه نشان دهنده رسیدن فیزیولوژیک در ذرت می‌باشد و چنانچه بلال را در دست تاب بدنه دانه‌ها از بلال جدا خواهد شد. در صورتیکه برداشت بوسیله کمباین صورت گیرد (برداشت بصورت دانه) رطوبت دانه‌ها بین ۲۰-۲۴ درصد می‌باشد. نگهداری ذرت بصورت دانه در رطوبت ۱۴ درصد انجام می‌گیرد. و خشک کردن دانه بوسیله دستگاهی بنام خشک کن صورت گیرد (رستگار، ۱۳۸۴).

فصل سوم:

مواد و روش ها

۱-۳- موقعیت جغرافیایی شهرستان جوین

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در منطقه دشت شهرستان جوین اجرا گردید. شهرستان جوین با مساحت حدود ۳۰۰۰ کیلومترمربع از طرف شمال به استان خراسان شمالی، از طرف شرق به شهرستان خوشاب، از طرف جنوب به شهرستان سبزوار و از طرف غرب به شهرستان جغتای منتهی می‌شود که بین مدارهای ۵۷ درجه و ۲۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی واقع است. میانگین بارندگی ۱۰ ساله ۲۲۸/۴ میلیمتر، حداکثر درجه حرارت ۴۰/۴ و حداقل آن ۸/۸- درجه سانتیگراد، دارای رطوبت نسبی ۴۸٪، تعداد روزهای یخ‌بندان ۵۹ روز، تعداد ساعات آفتابی ۳۱۲۰ ساعت، و میانگین ارتفاع شهرستان از سطح دریا ۱۱۰۰ متر است. از نظر آب و هوا این شهرستان دارای دو باد غالب در طی سال می‌باشد. ۱- بادهای گرم شرقی (موسم به باد نیشابور) که عمدهاً در فصل تابستان و پاییز می‌زد و بعضًا برای محصولات زراعی زیان آور می‌باشد. ۲- بادهای سرد و مرطوب شمال غربی (موسم به باد گرگان) که بیشتر در فصل زمستان و بهار جریان دارد و دارای رطوبت بالا بوده، بیشتر بارندگی و برف بهمراه دارد. زمستان‌ها سرد و تابستان‌ها معتدل تا گرم است. از نظر پوشش گیاهی این شهرستان متنوع بوده و دارای مرتع، بیابان و نیمه کویر است. این شهرستان دارای ۵۴۳۳۴ هکتار مرتع است که بیشتر شامل انواع گونه‌های گیاهی شوره، درمنه، قیچ، تاغ، گز و گون می‌باشد. بخش جنوبی شهرستان، کوهستانی دارای آب و هوای مطلوب و ملایم می‌باشد لذا این شهرستان با برخورداری از اقلیم‌های مختلف و شرایط آب و هوایی گوناگون یکی از مناطق مناسب برای کشت محصولات متنوع باعی (دانه دار، هسته دار، گرد و به ویژه پسته) و زراعی (گندم، جو، ذرت، چغندر قند، سبزیجات و صیفی جات) است.

۲-۳- اهمیت نمونه برداری و آزمون خاک

آزمون خاک یکی از ساده‌ترین و رایج‌ترین راه‌های ارزیابی حاصلخیزی خاک است. بدین منظور میتوان با بکار گیری شیوه‌های رایج آزمایشگاهی، در کوتاه‌ترین مدت، غلظت عناصر مورد نظر را در

خاک اندازه گرفت. شایان ذکر است که غلظتهاهی اندازه گیری شده در آزمایشگاه همان مقادیری نیستند که از نظر تولید محصول اهمیت دارند، چون میزان عناصر غذایی قابل استفاده گیاه در طول دوره رشد نه تنها تابع خصوصیات خاک بوده، بلکه عواملی دیگر مانند نوع گیاه، توسعه ریشه ها، شرایط محیطی و مدیریت مزرعه در آن اثر میگذارند. از دشواری های دیگر تعیین نیاز غذایی گیاهان با کاربرد این روش، مشکلاتی است که در نمونه برداری و تجزیه و تفسیر نتایج حاصله بوجود می آید، مثلا در شرایط کمبود نیتروژن، چون غلظت فسفر در برگ و ساقه ذرت کم و غلظت پتاسیم زیاد است، لذا تفسیر نتایج حاصل از تجزیه ساده نیست. بنابر این آزمون خاک به تنها یی نمیتواند در امر تامین نیاز غذایی گیاه و ارزیابی حاصل خیزی خاک چندان مفید باشد. علی رغم این مشکلات میتوان با ایجاد ارتباط میان نتایج آزمایشگاهی و بررسی های مزرعه ای نیاز تقریبی کودی را برآورد کرد.

اولین گام در ارزیابی حاصلخیزی خاک و ارائه توصیه کودی، نمونه برداری از خاک است. دقت در نمونه برداری از مهمترین و اصلی ترین مباحث آزمون خاک میباشد. عبارت دیگر باستی نمونه ای خوب و واقعی گرفت تا بتوان توصیه ای مطلوب ارائه کرد. در منابع علمی اهمیت این مرحله آزمون خاک آنگونه جلوه داده شده است که حتی آنرا مهم تر از نتایج تجزیه خاک و انتخاب عصاره گیرها میدانند. چون در صورت تهیه نمونه نامناسب، انجام بقیه مراحل کاری بیهوده است. بنابراین رعایت مبانی نمونه برداری ضروری است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۳-۳-آنالیزهای اولیه خاک قبل از اجرای طرح

درابتدا شروع طرح به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر، نمونه مركبی از اعماق ۰-۳۰ سانتی متری خاک جمع آوری و جهت تجزیه آزمایشهای اولیه و روتین به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل که نتایج آن در جدول پیوست شماره ۱ آمده است.

۴-۳-آنالیزهای پایانی خاک

پس از اتمام انجام طرح، و نمونه گیری گیاه از کلیه کرتها برای اندازه گیری عملکرد و اجزاء عملکرد و

برداشت محصول، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد نظر، نمونه مرکبی از هر کرت آزمایشی از اعمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک جمع آوری، و جهت تجزیه به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل گردید. پس از انتقال نمونه های خاک به آزمایشگاه و هوا خشک شدن، هر نمونه خاک به طور جداگانه کوبیده، از الک ۲ میلیمتری گذرانده، آنگاه اقدام به انجام آنالیزهای مربوطه به شرح زیر شد.

۱-۴-۳- اندزه گیری هدایت الکتریکی با استفاده از عصاره گل اشباع و EC متر

۲-۴-۳- اندازه گیری اسیدیته خاک با استفاده از گل اشباع و دستگاه pH متر

۳-۴-۳- درصد کربن آلی (OC): روش والکلی بلاک

۴-۴-۳- درصد ازت کل: روش کجلداال

۵-۴-۳- اندازه گیری فسفر خاک به روش اولسن

۶-۴-۳- اندازه گیری روی و آهن به روش DTPA

۷-۴-۳- اندازه گیری سولفات قابل جذب به روش توربیومتری

۸-۴-۳- درصد رطوبت اشباع SP

با استفاده از روش رایج تهیه گل اشباع و توزین نمونه ها در حالت های اشباع و خشک، درصد رطوبت اشباع محاسبه خواهد شد.

۹-۴-۳- درصد رطوبت ظرفیت زراعی FC

برای تعیین ظرفیت زراعی به علت عدم دسترسی به تانسیومتر مجبور به استفاده از روش نمونه برداری مزرعه ای بودیم. بدین طریق که از کرتاهای تیمارها بعد از گذشت ۲۴ ساعت از آخرین آبیاری به فواصل زمانی ۴ ساعت از هر کرت نمونه برداری انجام و در پلاستیک سر بسته به آزمایشگاه منتقل، پس از توزین اولیه، با استفاده از لوازم آزمایشگاهی در حرارت ۱۰۵ درجه سانتیکراد خشک و درصد رطوبت

آنها آندازه گرفته شد تا اینکه پس از ۳۸-۳۴ ساعت رطوبت خاک هر تیمار با نمونه قبلی که برابر می شد درصد رطوبت اندازه گیری شده بعنوان درصد رطوبت ظرفیت زراعی یاد داشت میگردید. نمونه برذاری برای تمام نمونه ها مطابق با زمان تثبیت رطوبت انجام و در صد رطوبت طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

۴-۳- طرح آزمایشی

۱-۴-۳- آماده کردن بذور

بذر ذرت مورد استفاده هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (دیر رس، تک بلال و دندان اسبی) تهیه شده از کارخانه قند جوین بود. پیش از اقدام به کاشت برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی و حذف علائم قارچ کش، بذور با مایع ظرف شویی کاملاً "شستشو شده و سپس با قارچ کش به نسبت ۱/۵۰۰ و مایه تلقیح تیوباسیلوس به نسبت ۱/۳۰۰ آغشته گردیدند.

۲-۴-۳- آماده سازی زمین - کاشت بذور

۱۵ زمین مورد نظر ابتدا تسطیح اجمالی و پس از آن کودهای پایه بوسیله کلتیواتور تا حدود سانتیمتری خاک زیر خاک رفت. گوگرد، ورمی کمپوست و مایه تلقیح تیوباسیلوس کاملاً مخلوط و در ارتفاع کمتر از کودهای پایه به سطح زمین با کلتیواتور دوم زیر خاک برده شد. آنگاه با استفاده از ردیفکار دو ردیفه ذرت (بدون بذر) ردیفها آماده شدند. هر کرت آزمایشی متشکل از ۵ ردیف ۶ متری به فواصل ۸۰ سانتیمتر از یکدیگر بود و فاصله بذور روی ردیف ها ۱۸-۲۰ سانتیمتر و در روی هر پشته دو ردیف بذر در عمق ۵ سانتیمتری کاشته شد.

۳-۴-۳- داشت

-۱ کود اوره ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس توصیه کودی طی سه مرحله بصورت مساوی در مراحل قبل از ظهرور رشته های ابریشمی بلال ۲- قبل از گلدھی و ۳- پس از گلدھی (پر شدن دانه ها) به

خاک داده شد. دور آبیاری به فاصله ۹ روز بود و در طی مرحله داشت دوبار کود میکرو (فوسامکو) (۴) همراه سولوپتانس (۲۰ کیلوگرم در هکتار) و حشره کشها با سمپاش محلول پاشی شد.

۳-۴-۴- برداشت

زمان رسیدن فیزیولوژیک از ابتدا و انتهای هر کرت ۵/۰ متر به عنوان حاشیه اطمینان حذف و نمونه ها از دو ردیف وسط برای اندازه گیری فاکتورهای مختلف زراعی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته ها به اجزای (ساقه، بلال و اجزای دیگر) آن تفکیک، شمارش، اندازه گیری، توزین و ثبت شد. ارتفاع گیاه (از بالای سطح خاک) اندازه گیری گردید. نمونه های خاک نیز در مرحله آخر از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری سطح خاک، از هر کرت برداشت شد.

۳-۴-۵- طرح آزمایشی و تجزیه آماری داده ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا گردید. در این تحقیق سه عامل گوگرد عنصری، ورمی کمپوست و مایه تلچیق تیوباسیلوس در ۳ تکرار و ۳۶ کرت آزمایشی قرار گرفتند. فاکتور گوگرد عنصری در سه سطح S_0 = عدم مصرف، S_1 = مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، S_2 = مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود آلی ورمی کمپوست در دو سطح V_0 = عدم مصرف، V_1 = مصرف ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و فاکتور تیوباسیلوس که در دو سطح عدم مصرف (T_0) و مصرف (T_1) در نظر گرفته شد. این سه عامل با همدیگر کاملاً مخلوط و یک ماه قبل از کشت ذرت به خاک داده شد تا میکرو ارگانیسمها با استفاده از رطوبت خاک شروع به اکسیداسیون گوگرد نمایند. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات دی آمونیم (P_2O_5) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (K_2O) بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه یک ماه قبل از کشت به صورت یکسان برای همه کرت ها استفاده شد.

تجزیه واریانس داده های خام با استفاده از نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودار ها و جداول نیز با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم و تنظیم گردیدند.

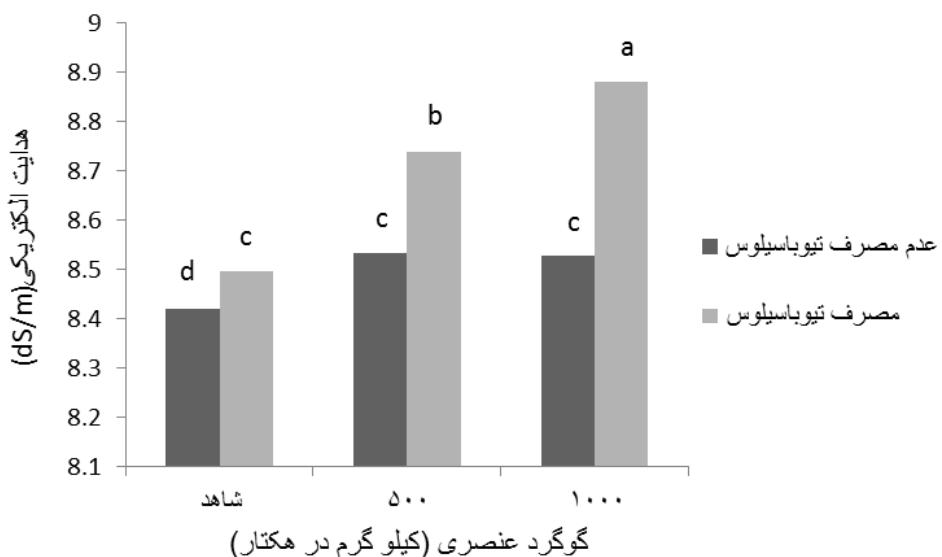
فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱-۴- ویژگیهای خاک

۴-۱-۱-۴- شوری (EC)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که اثرات اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیو باسیلوس و اثر متقابل گوگرد همراه با تیو باسیلوس تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر میزان شوری خاک داشته است (جدول ۴). بطوری که اثرات اصلی بترتیب ۲/۹ درصد، ۲/۶ درصد و ۲/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۵). اثر تیمار توأم گوگرد همراه با تیو باسیلوس ۵/۵ درصد افزایش نشان می دهد که حداقل افزایش با ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد و کاربرد کافی تیو باسیلوس و حداقل آن در عدم کاربرد گوگرد و تیو باسیلوس اتفاق افتاد (شکل ۱-۴). گوگرد عنصری خاکها در حضور باکتری تیوباسیلوس اکسید شده و تولید اسید سولفوریک بسیار قوی با pH حدود ۲ تولید و سبب کاهش pH خاک میشود. کاهش pH سبب افزایش حلالیت نمکهای نامحلول از قبیل آهک، گچ و... شده و باعث آزادسازی عناصر معدنی به محلول خاک میگردد. آزادسازی عناصر معدنی باعث افزایش غلظت آنها شده که این خود باعث افزایش EC محلول خاک میشود.



شکل ۴-۱: مقایسه میانگین هدایت الکتریکی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیو باسیلوس

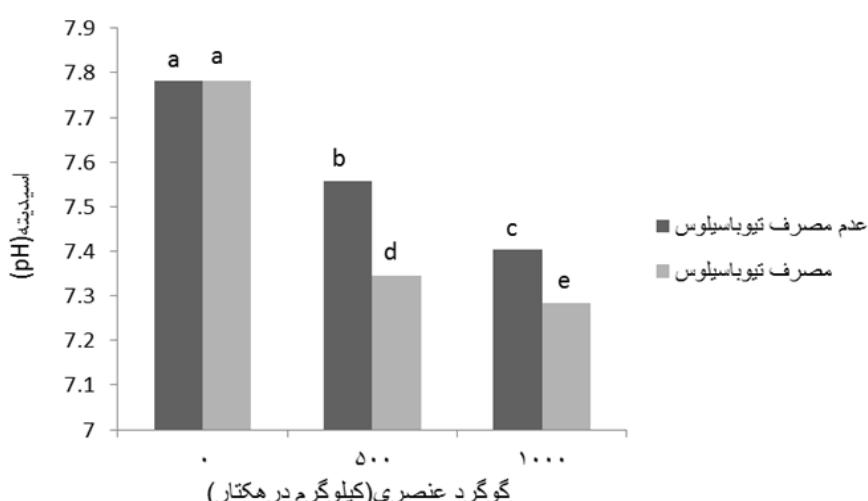
تیمار سه جانبی گوگرد، ورمی کمپوست و تیو باسیلوس در سطح ۵ درصد بطور معنی دار باعث افزایش $\frac{8}{3}$ درصدی شوری خاک گردید. بطوری که حد اکثر شوری را در مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد، ۵۰۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست و مصرف کافی تیو باسیلوس و حداقل آن در عدم مصرف گوگرد، ورمی کمپوست و تیو باسیلوس حادث شد (جدول ۶). کود آلی ورمی کمپوست علاوه بر اینکه دارای مقدار زیادی عناصر قلیایی محلول دارد (جدول ۳) مصرف آن با گوگرد و باکتری تیوباسیلوس از طریق تجزیه مواد آلی و اکسیداسیون گوگرد سبب تولید اسید های آلی و معدنی میشود تولید اسید باعث کاهش pH خاک و حلایق بیشتر عناصر قلیایی در محلول خاک میشود ورود عناصر قلیایی به محلول خاک سبب افزایش غلظت آن شده و EC را بالا میبرد. اما بقیه تیمارها تاثیر معنی داری بر شوری خاک نگذاشتند.

در تحقیقی که توسط سلطان وهمکاران (۱۹۹۱) انجام گرفت بیشترین میزان کاهش pH خاک و افزایش شوری مربوط به افزایش 15 t/ha گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس دانستند چرا که تولید اسید سولفوریک و انحلال نمکهای قلیایی در خاکهای آهکی و تولید گج میزان شوری خاک را افزایش میدهد. این یافته با نتیجه میانگین داده های صفت شوری و اسیدیته خاک کاملا همخوانی داشته بطوری که یک افزایش ۷ درصدی در شوری خاک در تیمار توأم مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با تیوباسیلوس کافی نسبت به شاهد مشاهده میشود. مواد آلی بخصوص کود ورمی کمپوست گاوی دارای مقدار زیادی نمکهای قلیایی و قلیایی خاکی می باشد که پس از ورود به خاک و تجزیه آنها تولید CO₂ و اسیدهای آلی نموده و انحلال کربناتها را بدبان خواهد داشت که موجب افزایش شوری خاک میگردد.

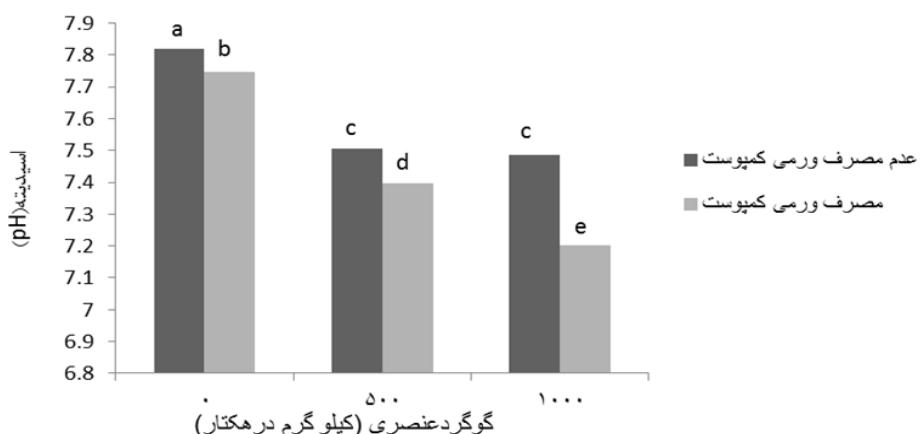
۴-۱-۲- اسیدیته (pH)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که اثرات اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیو باسیلوس، اثر متقابل گوگرد با تیو باسیلوس و اثر متقابل گوگرد با ورمی کمپوست تاثیر معنی داری در

سطح ۱ درصد بر میزان pH خاک داشته (جدول ۴) بطوری که بترتیب کاهشی را به اندازه ۵ درصد، ۲ درصد، ۱.۷ درصد و ۰.۶ درصد نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۵). مقایسه میانگین داده های تیمارها نشان میدهد بیشترین کاهش اسیدیته در تیمار توأم ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با تیو باسیلوس به مقدار کافی و تیمار توأم ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست اتفاق افتاده است (شکلهای ۴-۳ و ۴-۲). مصرف گوگرد عنصری ورمی کمپوست در حضور باکتری تیوباسیلوس سبب تولید اسیدهای آلی از قبیل اسید استیک، بوتیریک و... و اسید معدنی بسیار قوی سولفوریک میشود. تولید اسیدها سبب آزاد شدن H^+ و کاهش pH خاک شده به طوریکه هر چقدر گوگرد عنصری و ورمی کمپوست بیشتر مصرف شود کاهش pH بیشتر خواهد بود.



شکل ۴-۲: مقایسه میانگین اسیدیته خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیو باسیلوس



شکل ۴-۳: مقایسه میانگین اسیدیته خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست

بقیه تیمارها تاثیر معنی داری بر اسیدیته خاک نسبت به شاهد نشان ندادند.

کمبود عناصر غذایی در اراضی کشاورزی عمدهاً در اثر شرایط نامساعد محیطی بوده و کمتر به واسطه کمبود مطلق یک عنصر در خاک میباشد یکی از عواملی که قابلیت جذب عناصر را در خاک محدود میکند pH بالای خاک است. گوگرد از عناصری است که اکسیداسیون آن باعث کاهش اسیدیته محیط اطراف ریشه شده و حداقل بطور موضعی میتواند قابلیت جذب عناصر را افزایش دهد (لیپ و کادول، ۱۹۶۶). در بررسی هایی که روی ۵۴ خاک مختلف انجام شده است رابطه منطقی بین میزان اکسایش گوگرد و نوع خاک روی pH آن مشاهده نکردند (کیتماز و آتو، ۱۹۶۵). در حالی که دیگران اکسایش گوگرد در ۴ خاک قلیایی را سریع تر از اکسایش آن در ۶ خاک اسیدی گزارش کردند (نور و طباطبایی، ۱۹۷۷). در شرایطی که آهک و رس خاک خیلی زیاد باشد و خاک ظرفیت بافری بسیار بالایی داشته باشد، ممکن است اثرات مفید و مثبت کاربرد مایه تلکیح تیوباسیلوس در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک و پاسخ گیاه چندان بارز و مشهود نباشد (بشراتی، ۱۳۸۲).

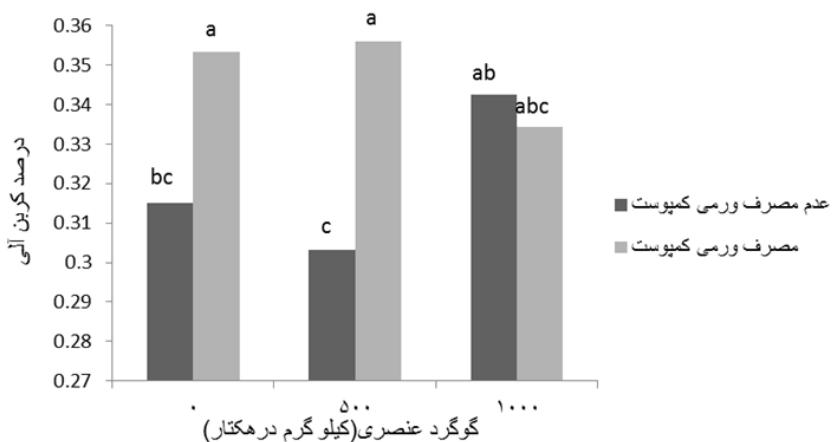
با پوسیده شدن کود دامی به تدریج بر اثر فعالیت میکرو ارگانیسم های خاک، مقدار زیادی اسید های آلی از جمله اسید هومیک تولید شود، و این اسید ها به مرور بر اثر تداوم استفاده از این کود، موجب کاهش اسیدیته خاک می شود (خدمی و همکاران، ۱۳۸۰). این کاهش زمانی که گوگرد عنصری همراه مایه تلکیح تیوباسیلوس مصرف شود میتواند قابل توجه بوده و حتی به اسیدی شدن خاکها منجر شود اما زمانی که pH از ۷ پایین تر برود به علت خاصیت تامپونی خاک به خاطر وجود کربنات کلسیم در اکثر خاک های ایران تفاوت معنی داری در سیستم های مختلف تغذیه ای در خاک ایجاد نمی گردد (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷). از طرفی مواد آلی قادرند با گرفتن یا رها کردن یون H^+ تغییرات زیاد pH خاک را تعديل کنند در نتیجه آن را در حالت خنثی یا مناسب برای رشد یک محصول خاص نگه دارند.

۴-۱-۳- کربن آلی (OC)

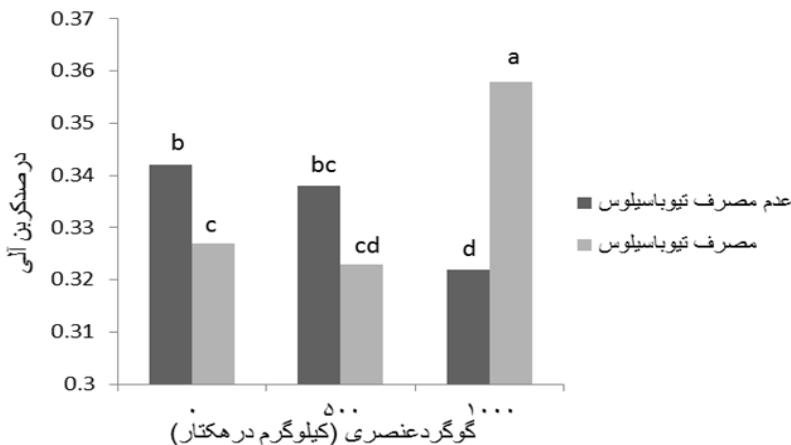
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که اثر اصلی کود ورمی کمپوست، اثرات توأم گوگرد عنصری همراه با ورمی کمپوست تاثیر معنی داری بر میزان کربن آلی خاک داشته و باعث افزایش آن

گشته است و گوگرد با تیو باسیلوس تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر میزان کربن آلی خاک داشته و باعث کاهش آن گشته است (جداول ۴ و ۵). مقایسه میانگین داده ها نشان میدهد که حد اکثر میزان کربن آلی در اثر توازن ۵۰۰ کیلو گرم گوگرد با ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست در هکتار اتفاق افتاده و یک افزایش ۱۰ درصدی نسبت به شاهد نشان میدهد (شکلهای ۴-۴ و ۴-۵). دلیل احتمالی این افزایش در تیمار اخیر میتواند مصرف کود آلی ورمی کمپوست و گوگرد عنصری بدون مصرف کافی تیوباسیلوس برای تجزیه مواد آلی باشد. چرا که مواد آلی در حضور باکتری تیوباسیلوس و تهويه کافی تجزیه شده و کربن آلی خاک کاهش خواهد یافت.

اما بقیه تیمارهای گوگرد، تیوباسیلوس، اثر متقابل کود ورمی کمپوست با تیو باسیلوس و تیمار سه جانبه گوگرد عنصری، کود ورمی کمپوست و تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر کربن آلی خاک نگذشتند.



شکل ۴-۴: مقایسه میانگین درصد کربن آلی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست



شکل ۴-۵: مقایسه میانگین در صد کربن آلی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس

مقایسه میانگین داده های تیمارها گویای این حقیقت است که حضور تیوباسیلوس و گوگرد همراه با مواد آلی سبب تجزیه سریع مواد آلی آن شده و مقدار کربن آلی کاهش خواهد یافت. از طرفی ترکیب این سه ماده مذکور باعث افزایش مواد غذایی و انحلال بیشتر آنها به محلول خاک میشود. تجزیه مواد آلی و میکرو ارگانیسمها از طریق تشکیل خاکدانه، افزایش نفوذپذیری در خاکهای سنگین، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تهווیه سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک گردیده و عملکرد گیاه را افزایش میدهد که خود سبب تولید باقیمانده های گیاهی بیشتری در خاک خواهد شد. اما در مناطق خشک و نیمه خشک بدلیل شرایط گرمایی زیاد، ماده آلی سریع تجزیه خواهد شد لذا افزودن مواد آلی به خاک برای فراهم آوردن شرایط مطلوب ضروری بنظر میرسد. در تحقیقی نشان داده شده که استفاده از ۷/۵ تن کود ورمی کمپوست در هکتار عملکرد را ۳۹ درصد افزایش داده است این افزایش عملکرد ممکن است بدلیل افزایش حجم ریشه و نیز به علت افزایش مواد غذایی خاک و عناصر قابل در دسترس باشد (گیوسکوئینی و همکاران، ۱۹۹۵)

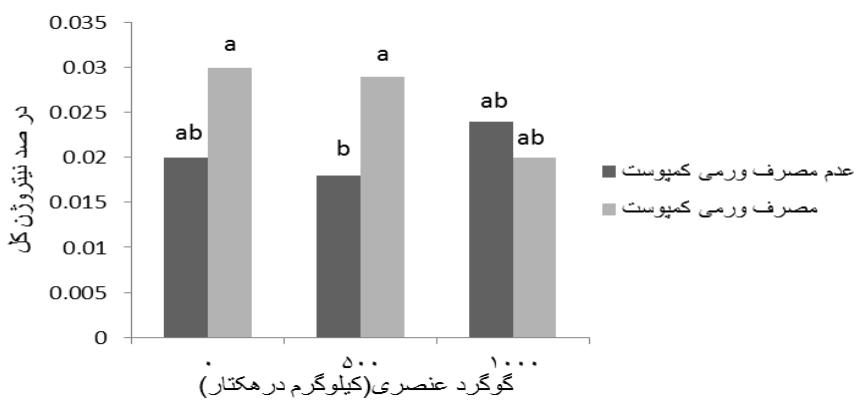
امروزه به علل مختلفی مصرف کودهای آلی کاهش یافته و نیاز غذایی گیاهان عمدتاً از طریق مصرف کودهای شیمیایی تأمین میشود که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و عملیات زراعی نادرست در طی سالیان متوالی مثل سوزاندن بقایای گیاهی سبب کاهش شدید مقدار ماده آلی خاک و تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک میگردد (کاظمینی و همکاران، ۱۳۸۷). براین اساس

ضروری است تا مقدار ماده آلی خاک ها را افزایش دهیم (تجادا و گونزالس، ۲۰۰۳). محققین با مصرف کمپوست و کود دامی در یک دوره پنج ساله در خاک، افزایش معنی داری در درصد کربن آلی خاک مشاهده نمودند (بائور و بلک، ۱۹۹۲).

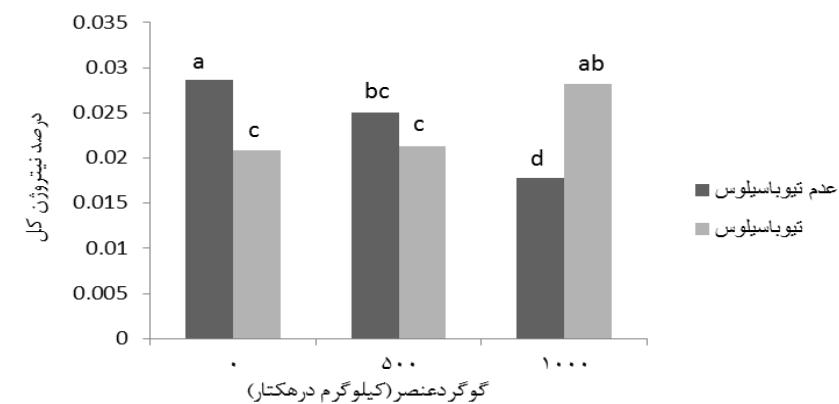
در بررسی دیگری که کاربرد توام کود آلی با کودهای شیمیایی انعام شد بیشترین عملکرد را در گیاهان در مقایسه با کاربرد هر یک از آنها به تنها بیان از گردید. همچنین میزان کربن آلی خاک متاثر از مصرف مواد آلی افزایش معنی داری داشت (رو، ۱۹۹۸). محققان دیگر نیز افزایش کربن آلی خاک را در اثر مصرف کود های آلی گزارش کردند. در تحقیقی دیگر افزایش درصد کربن آلی خاک را در اثر مصرف کود دامی نسبت به تیمار کود شیمیایی گزارش کردند (دامودارردی و همکاران، ۲۰۰۰؛ کانچی کریمس و ساینگ، ۲۰۰۱). محققین دیگری نیز افزایش کربن آلی خاک را در نظام زیستی در مقایسه با نظام های کم نهاده و متدوال گزارش کردند (کلارک و همکاران، ۱۹۹۸). گزارش ها نشان داده است استفاده مداوم از کود های شیمیایی در خاک به علت تغليظ بیشتر نمک در محلول خاک، از طریق کاهش تعداد کلني های باکتری و قارچ و نیز کرم های خاکی، میزان مواد آلی خاک را کاهش می دهد (یانای و همکاران، ۱۹۹۶).

۴-۱-۴- نیتروژن کل :

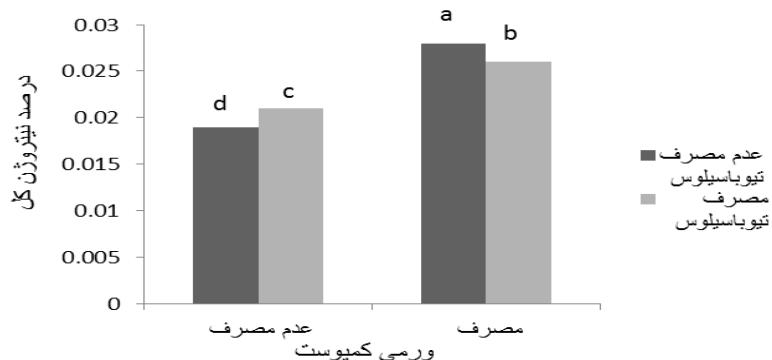
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که اثر اصلی کود ورمی کمپوست، اثرات توأم گوگرد عنصری با ورمی کمپوست، گوگرد عنصری با تیو باسیلوس و ورمی کمپوست همراه تیو باسیلوس درسطح ۱ درصد و اثرات توأم گوگرد، ورمی کمپوست و تیو باسیلوس درسطح ۵ درصد تاثیر معنی داری بر میزان نیتروژن کل خاک داشته و باعث افزایش آن گشته اند (جدول ۴). مقایسه میانگین داده ها نشان می دهد این افزایش در اثر متقابل عدم کاربرد گوگرد عنصری با ۵۰۰۰ کیلو گرم در هکتار کود ورمی کمپوست بیشترین مقدار بوده و حدود ۵۰ درصد نسبت به شاهد می باشد. اما بقیه تیمارها اصلی گوگرد عنصری و تیوباسیلوس، تاثیر معنی داری بر نیتروژن کل خاک نگذاشتند (شکلهای ۶-۴ و ۷-۴ و جدول ۷).



شکل ۴-۶: مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست



شکل ۴-۷: مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس



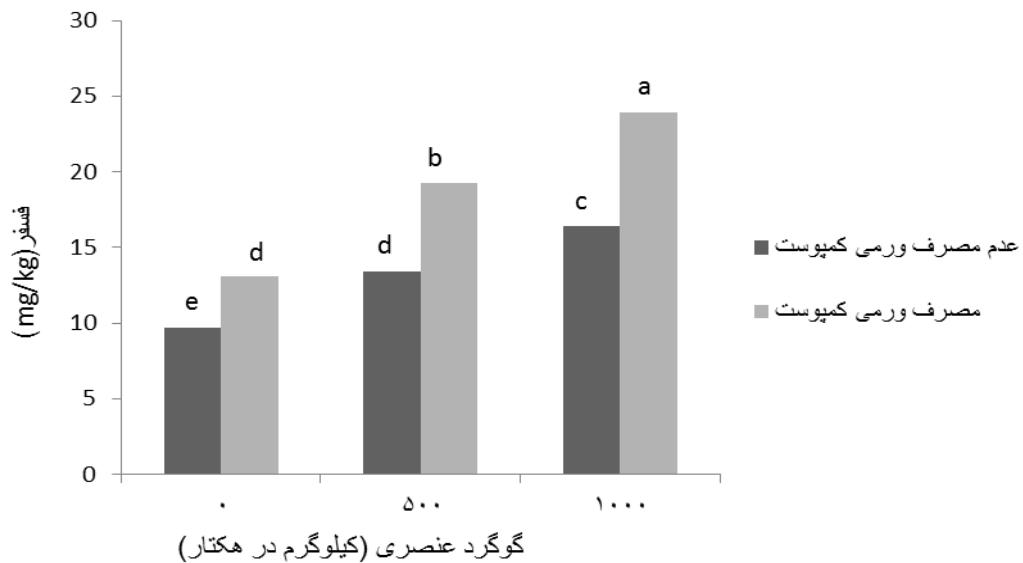
شکل ۴-۸: مقایسه میانگین نیتروژن کل خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس و ورمی کمپوست

آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی کود دامی در افزایش غلظت نیتروژن خاک در این تیمار موثر بود که با نتایج شریفی (۱۳۷۷) و کولاتا و همکاران (۱۹۹۲) مطابقت دارد. میزان نیتروژن معدنی گاهی از اوقات بویژه در اوایل فصل رشد در نظام زیستی کمتر از حد بهینه می باشد، که منجر به محدودیت نیتروژن برای محصولات با نیاز بالا می شود. مصرف کود های آلی علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، منجر

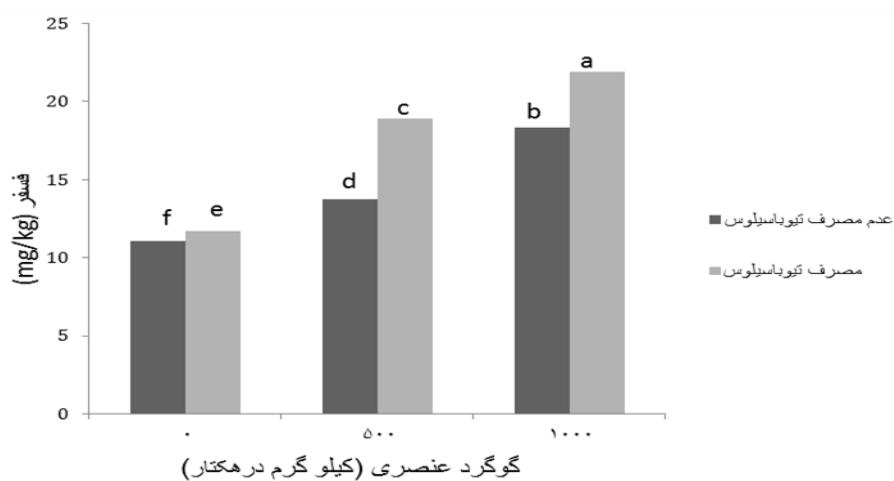
به افزایش محتوی عناصر غذایی خاک بیوژه نیتروژن می شود. اساساً نیتروژن کل خاک با مصرف کود های آلی و عملیات مدیریت زیستی افزایش می یابد (درینک واتر و همکاران، ۱۹۹۵). مشخص شده است که کود های آلی موجب تحریک ثبیت نیتروژن در خاک شده که ممکن است موجب افزایش نیتروژن خاک شود (لادا و همکاران، ۱۹۸۹).

۴-۱-۵- فسفر قابل جذب

در مورد فسفر قابل جذب خاک، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که کاربرد اثرات اصلی گوگرد عنصری، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس در سطح ۱ درصد معنی دار گردیده (جدول ۴) و بترتیب باعث افزایش ۷۷ درصد، ۴۲/۵ درصد و ۲۱ فسفر قابل جذب شدند بطوری که بیشترین میزان فسفر قابل جذب در تیمار اصلی ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و حد اقل آن در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۵). اثرات توأم گوگرد عنصری با ورمی کمپوست و گوگرد عنصری همراه تیوباسیلوس به ترتیب ۱۴۷ درصد و ۹۸ درصد افزایش فسفر قابل جذب نسبت به شاهد نشان دادند. بطوری که حداکثر فسفر قابل جذب در اثر توأم ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۵۰۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست در هکتار و حد اقل آن در تیمار شاهد بدست آمد (شکلهای ۴-۱۳ و ۴-۱۴). تیمار سه جانبی گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس در خاک یک افزایش ۱۶۵/۵ درصدی فسفر قابل جذب نسبت به تیمار شاهد داشت. بطوری که حداکثر فسفر قابل جذب در تیمار سه جانبی ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار ورمی کمپوست و تیوباسیلوس به مقدار کافی و حداقل آن در تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۸).



شکل ۴-۹: مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست



شکل ۱۰-۴: مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس

در تحقیقی که اثر گوگرد، تیوباسیلوس و ورمی کمپوست را روی سنگ فسفات بررسی کردند مشاهده گردید اثر گوگرد بر میزان فسفر محلول در آب در سطح ۵ درصد معنی دار گردید. بطوریکه مقدار فسفر محلول در آب در تیمار ۱۰ درصد گوگرد دو برابر تیمار بدون مصرف گوگرد گردید. تیمار ۲۰ درصد نیز افزایش معنی داری نسبت به شاهد و تیمار ۱۰ درصد داشت. در تیماری که هیچ گوگردی مصرف نشد عامل مهم در افزایش فسفر محلول مایه تلقیح بود. حداکثر فسفر محلول در آب در هر دو حالت مصرف

و بدون مصرف ورمی کمپوست زمانی بود که تلکیح با قارچ و باکتری صورت گرفت. مصرف ورمی کمپوست بطور مطلق باعث یک و نیم برابر شدن انحلال پذیری فسفر شد ولی تلکیح با باکتری در تیمار بدون ورمی کمپوست و با ورمی کمپوست به ترتیب ۱۲ و ۱۹ برابر شدن محلولیت فسفر نسبت به شاهد شد. مصرف ورمی کمپوست تاثیر معنی داری بر فراهمی فسفر داشت و باعث شد اثر کاربرد گوگرد در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد بر فراهمی فسفر تشیدید گردد. با افزایش گوگرد تا ۲۰ درصد، فسفر محلول به بالاترین مقدار خود در این آزمایش گردید. اما اثر آن بدون تلکیح و ورمی کمپوست چشمگیر نبود (کیتامز، ۱۹۶۳). محققین بسیاری نیز تاثیر کاربرد گوگرد بر افزایش قابلیت جذب فسفر را گزارش کرده اند (کلباسی و همکاران، ۱۹۸۶؛ کیتامز و آتو، ۱۹۶۵؛ میلر، ۱۹۶۵؛ مودایش و همکاران، ۱۹۸۹؛ موروت و همکاران، ۱۹۹۱؛ تیزدل و همکاران، ۱۹۸۴).

در اثر کاربرد گوگرد، میزان فسفر قابل جذب خاک افزایش یافت ولی این افزایش در بالا بردن غلظت فسفر برگ تأثیر چشمگیری نداشت. علت این امر میتواند حساسیت فوق العاده زیاد فسفر به pH خاک باشد. هر چند که pH در اثر کاربرد گوگرد کاهش یافته است ولی در pH بالاتر از ۷/۵ که عموماً یون کلسیم فعال فراوانی حضور دارد، ترکیبات نامحلول عمدتاً به صورت فسفاتهای کلسیم به وجود میآید (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۸۴). ملکوتی (۱۳۷۵) گزارش نمود با اضافه شدن کود آلی در یک سیستم کشت، هوموس موجود در خاک باعث پوشاندن سطح ذرات رس شده و مانع ثبت فسفر می گردد.

محققین دیگری نیز افزایش فسفر قابل دسترس در اثر مصرف کود های آلی را گزارش کرده اند (اگاروال و همکاران، ۱۹۹۷؛ داموداردی و همکاران، ۲۰۰۰).

یکی از دلایل این تاثیر را می توان کم بودن مواد آلی خاک قبل از اعمال تیمار ها دانست، زیرا کمبود مواد آلی خاک باعث می شود، فسفر موجود در خاک با کلوئید های خاک ترکیب شده و از دسترس گیاه خارج شود (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۷). کود های آلی موجب افزایش ظرفیت جذب فسفر می شوند (سیکس و همکاران، ۱۹۹۸). همان طور که اشاره گردید بسیاری از تحقیقات دلالت بر افزایش قابلیت جذب فسفر در حضور مواد آلی دارند. تولید اسید کربنیک از گاز کربنیک تولید شده طی فرایند تجزیه

مواد آلی در خاک و آب موجود، تشکیل ترکیبات فسفو هومیک که با سهولت بیشتر جذب گیاه می شوند، جایگزینی یون هومات به جای فسفات های جذب سطحی شده و آزاد سازی یون فسفات، رقابت ترکیبات آلی با یون فسفات برای مکان های جذبی بر سطح ذرات کربنات کلسیم و پوشیده شدن سطوح رس ها و ذرات اکسید های آهن و آلومینیوم توسط مواد آلی که ظرفیت جذب فسفات را کاهش می دهد، برخی از دلایل احتمالی این امر ذکر شده اند (ملکوتی، ۱۳۷۳).

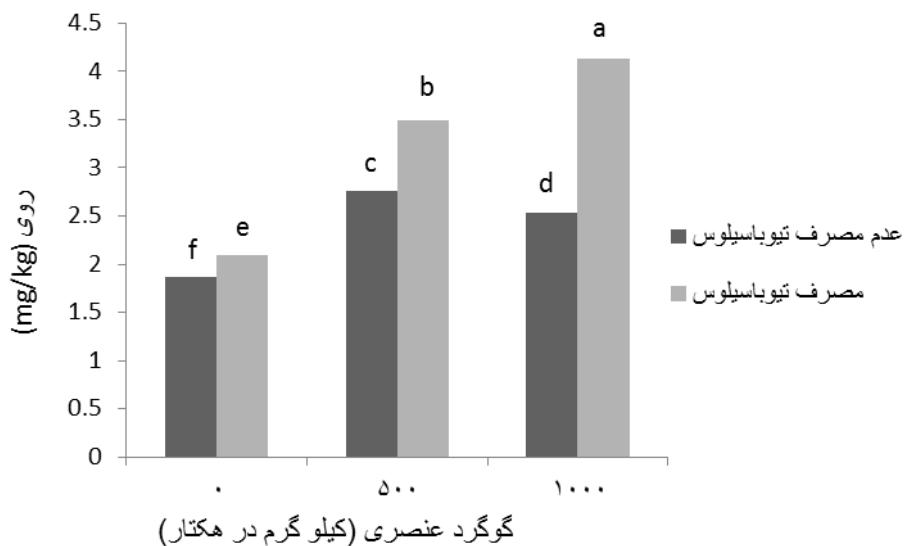
بسیاری از محققین گزارش کرده اند مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن باعث کاهش pH خاک و افزایش دسترسی فسفر شده و باکتری تیوباسیلوس باعث تسريع این فرایند میشود. بشارتی (۱۳۷۹) در بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با گوگرد در قابلیت جذب فسفر در خاک، روی تمام شاخصهای اندازهگیری شده در خاک و گیاه ذرت تاثیر معنی داری در سطح ۱٪ داشته و مصرف گوگرد بطور همزمان با باکتریهای اکسید کننده توانسته است تاثیری معادل کودهای فسفری داشته باشد. متوسط فسفر قابل جذب در تیمارهای بدون تلقیح ۲۱ میلی گرم در کیلوگرم بوده در حالیکه این مقدار در تیمارهای تلقیح شده ۲۶/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم بود با افزایش گوگرد، فسفر قابل جذب از ۱۶/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم به ۱۰/۳۵ افزایش یافته است تیماری که بیشترین گوگرد و مایه تلقیح را دریافت کرد در مقایسه با تیمار بدون کود ۱۶۵ درصد افزایش در فسفر قابل جذب نشان داد و pH خاک در مقایسه با خاک اولیه ۱۰/۵ واحد کاهش یافت.

۴-۱-۶- روی قابل جذب

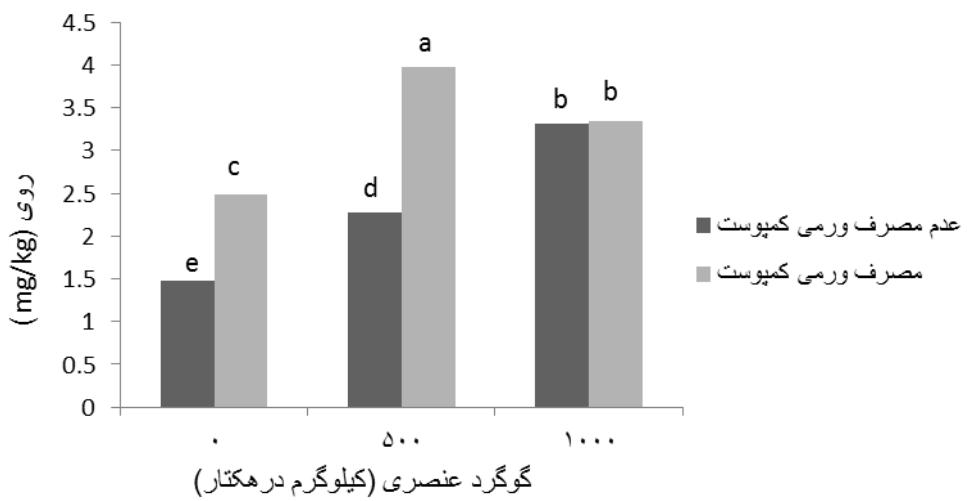
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که تمامی اثرات اصلی کودی، اثرات متقابل دو گانه و سه گانه آنها بر میزان روی قابل جذب خاک درسطح ۱ درصد معنی دار و باعث افزایش آن شدند (جدول ۴). اثرات اصلی گوگرد عنصری ، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس بترتیب ۶۸ درصد، ۳۹ درصد و ۳۵/۷ درصد افزایش روی قابل جذب بود(جدول ۵).

در تیمار تؤمن گوگرد عنصری با ورمی کمپوست، میانگین افزایش ۱۲۷ درصدی را نسبت به شاهد نشان میدهد، بطوری که حداقل روی قابل جذب در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد عنصری با ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست و حداقل آن در تیمار شاهد بود. در تیمار تؤمن گوگرد عنصری با تیوباسیلوس افزایش ۱۲۰ درصدی روی قابل جذب را نسبت به شاهد داشتیم بطوری که حد اکثر در ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با مقدار کافی باکتری تیوباسیلوس بود و حداقل آن در تیمار عدم کاربرد گوگرد با مقدار کافی باکتری تیوباسیلوس. در تیمار تؤمن ورمی کمپوست با مقدار کافی تیوباسیلوس روی قابل جذب به مقدار ۸۸/۷ درصد بود. حد اکثر روی قابل جذب در تیمار ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست با مقدار کافی تیوباسیلوس، و حداقل آن در تیمار شاهد بود (شکلهای ۱۱-۴ و ۱۲-۴ و ۱۳-۴).

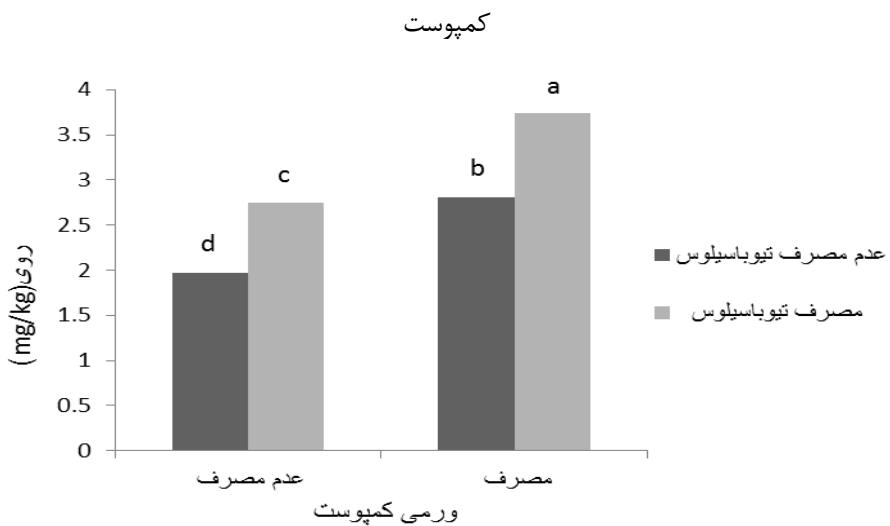
در تیمارهای سه جانبی گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس، حداقل روی قابل جذب در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد عنصری با ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست همراه مقدار کافی باکتری تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۹).



شکل ۱۱-۴: مقایسه میانگین روی قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس



شکل ۱۲-۴: مقایسه میانگین روى قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی



شکل ۱۳-۴: مقایسه میانگین روى قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تیوباسیلوس

روی از مهمترین عناصر کم مصرف میباشد که کمبود آن در خاکهای زراعی ایران عمومیت دارد. نتایج تجزیه خاکهای زراعی ایران و همچنین گیاهان موید آن است که کمبود روی در این خاکها و گیاهان بدلایل متعددی از جمله آهکی بودن آنها، اسیدیته بالا، حضور بی کربنات فراوان در آبهای آبیاری، شوری خاک و پایین بودن مواد آلی خاک شایع است (رضآپور و صمدی، ۱۳۸۲؛ علی اصغرزاده و همکاران، ۱۳۷۷؛ نورزاده و همکاران، ۱۳۸۸؛ اسلام و همکاران، ۲۰۰۹؛ کایا و همکاران، ۲۰۰۹).

آزمون خاک جهت تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاکهای قلیایی و آهکی نشان میدهد که علیرغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (P, Fe, Zn,...) در این خاکها فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه میباشد. کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدود کننده در تولید محصول با کمیت و کیفیت بالا در این خاکها محسوب میشود (کاپلان و اورمان، ۱۹۹۸؛ تیزدل و همکاران، ۱۹۸۴). بنابراین در کشوری مثل ایران که دارای منابع عظیمی از گوگرد میباشد استفاده از گوگرد عنصری بعنوان یک ماده اسیدزا بمنظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی از اهمیت خاصی برخوردار است (رضایپور و صمدی، ۱۳۸۲؛ علی اصغرزاده و همکاران، ۱۳۷۷؛ نورزاده و همکاران، ۱۳۸۸؛ اسلام و همکاران، ۲۰۰۹).

اکسیداسیون گوگرد در خاک عمدتاً توسط باکتریهای تیوباسیلوس انجام میشود که جمعیت این باکتریها در خاکهای ایران بدلیل پایین بودن مواد آلی ناچیز است، بنا براین افزودن مواد آلی بعلت اثرات مفیدی که در خاک دارد باعث افزایش فعالیت باکتریهای تیوباسیلوس و افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد خواهد شد (کریمی نیا و شعبانپور، ۱۳۸۲). نتایج تحقیقات رضایپور و صمدی (۱۳۸۲) نشان داد که مصرف گوگرد عنصری میزان روی قابل جذب خاک را بطور معنی داری افزایش داد. افزایش جذب روی در واکنش به گوگرد ممکن است بعلت افزایش سطح ریشه در اثر فراهمی گوگرد بوده که در نتیجه باعث رشد بهتر ریشه میگردد. در واقع بعلت شرایط اسیدی که در نتیجه اکسیداسیون گوگرد بوجود میآید قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش می یابد (لی پائولینا، ۱۹۶۴).

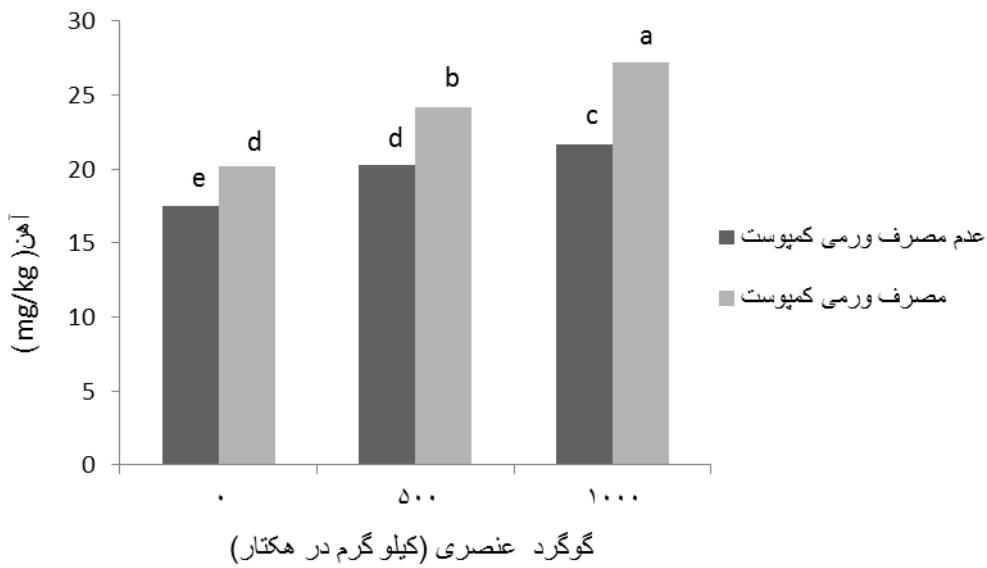
۴-۱-۷-آهن قابل جذب خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که تمامی اثرات اصلی کودی، اثرات متقابل دو جانب و سه جانبی آنها بر میزان آهن قابل جذب خاک در سطح ۱ درصد معنی دار و باعث افزایش آن شده است (جدول ۴). اثرات گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس بترتیب ۲۹/۶ درصد، ۲۰ درصد و ۱۲/۹ درصد افزایش آهن قابل جذب خاک را موجب شدند (جدول ۵).

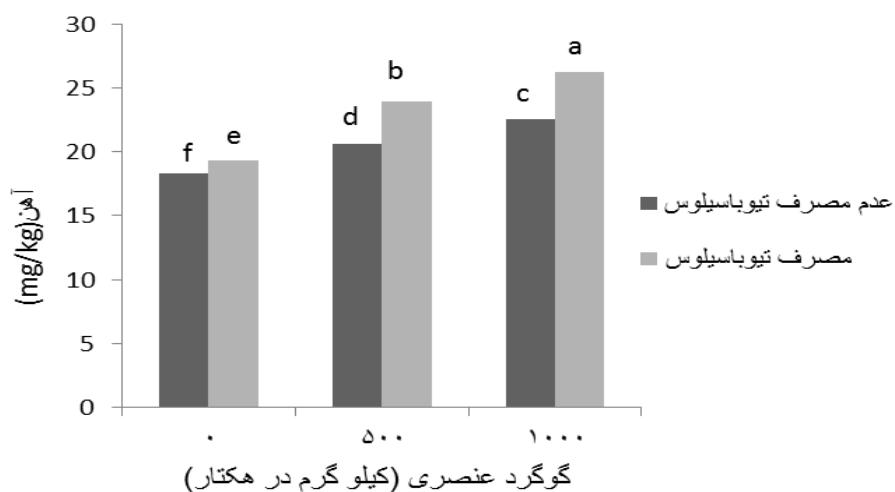
اثر متقابل گوگرد با ورمی کمپوست، افزایش ۵۵ درصدی را نسبت به شاهد نشان میدهد، بطوری که حد اکثر آهن قابل جذب خاک در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با ۵۰۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست بود و حداقل آن در تیمار شاهد (شکل ۴-۱۴). اثر متقابل گوگرد با تیوباسیلوس میانگین افزایش ۴۳ درصدی آهن قابل جذب خاک را نسبت به شاهد نشان داد بطوری که حد اکثر آن در ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با مقدار کافی تیوباسیلوس بود و حداقل آن در تیمار شاهد (شکل ۴-۱۵). در اثر متقابل ورمی کمپوست با مقدار کافی تیوباسیلوس میانگین آهن قابل جذب خاک ۸۸/۷ درصد بود. حد اکثر آهن قابل جذب در تیمار ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست با مقدار کافی تیوباسیلوس، و حداقل آن در تیمار شاهد بود (شکل ۴-۱۶).

در تیمارهای سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس، حد اکثر آهن قابل جذب در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست همراه مقدار کافی تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد اتفاق افتاد (جدول ۱۰).

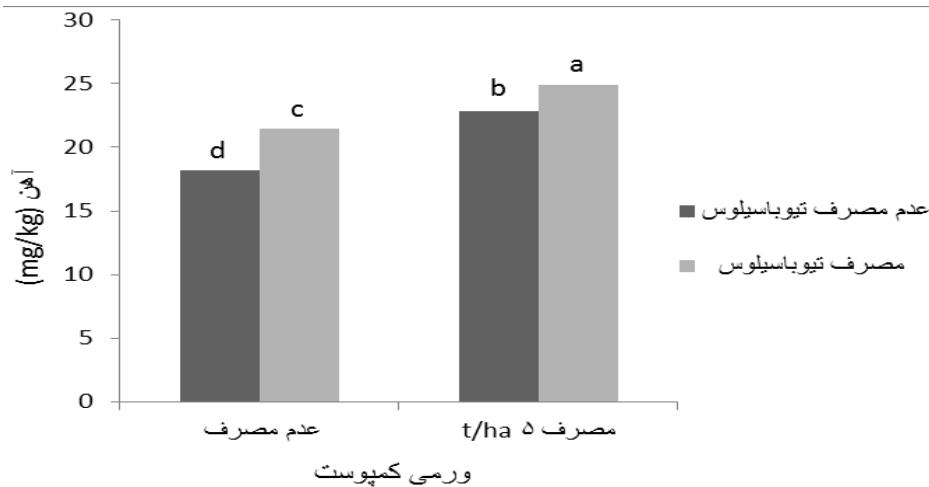
از آنجایی که اغلب عناصر غذایی ماکرو و میکرو در محدوده pH ۶/۵ تا ۷ بیشترین حلایت خود را داشته و قابل جذب گیاه میباشد لذا فراهم آوردن شرایطی که بتواند pH خاک را به این محدوده نزدیک نماید میتواند مقدار زیادی از عناصر نا محلول که غیر قابل جذب برای گیاه میباشند حل نموده و به محلول خاک وارد کند. نتایج داده ها در این تحقیق نشان میدهد بهترین ترکیب تیماری که بیشترین حلایت عناصر را برای گیاهان فراهم میآورد ترکیب گوگرد عنصری، ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس در شرایط محیطی مناسب از قبیل رطوبت کافی، حرارت و تهویه مناسب میتواند عناصر غذایی ماکرو مثل فسفر، پتاسیم و گوگرد و عناصر میکرو از قبیل آهن، روی و... در محلول خاک را افزایش دهد. باکتری تیوباسیلوس و بعضی گونه های دیگر باکتری (به مقدار خیلی کم) با استفاده از مواد آلی برای جذب غذا و انرژی سبب اکسیداسیون گوگرد شده تولید اسید سولفوریک و اسیدهای آلی زیادی میشوند. تولید اسید سبب کاهش pH شده و حلایت عناصر را در محلول خاک به مقدار زیادی افزایش میدهد.



شکل ۱۴-۴: مقایسه میانگین آهن قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست



شکل ۱۵-۴: مقایسه میانگین آهن قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس



شکل ۱۶-۴: مقایسه میانگین آهن قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تیوباسیلوس

در اثر افزودن گوگرد به خاک و اکسیداسیون این عنصر، pH خاک کاهش یافته و چون به ازاء هر واحد کاهش pH، غلظت یون آهن در محلول خاک هزار برابر می شود. لذا در اثر افزودن گوگرد به خاکهای اسیدی، غلظت آهن به شدت افزایش می یابد (گودرزی، ۱۳۸۳). در گزارشی (فائو، بولتن خاکها، ۱۹۷۲) اعلام کردند سطوح مختلف کود آلی اثر معنی داری بر میزان آهن و روی و مس خاک داشت. بالاترین میزان عناصر کم مصرف قابل جذب در سطح ۲۰ تن در هکتار کود مشاهده شد. کاربرد کودهای دامی می تواند به رفع کمبود عناصر کم مصرف در خاکهای آهکی کمک نماید. با افزودن مواد آلی و تجزیه این مواد در خاک، منگنز موجود در این کودها آزاد شده و در دسترس گیاهان قرار میگیرد و مواد آلی می توانند با کلات کردن عناصر کم مصرف قابلیت دسترسی این عناصر را افزایش دهند (کالکارنی، ۲۰۰۹). آزی و همکاران (۱۹۴) در تحقیقات خود پی برند که تلقیح خاک با باکتری تیوباسیلوس به همراه گوگرد جذب عناصر غذایی مثل روی، منگنز و آهن در زیتون را نسبت به حالتی که گوگرد به تنها ی استفاده شده بود افزیش داد.

در گزارشی اعلام نموده اند سطوح گوگرد اثر معنی داری بر افزایش میزان آهن و روی و مس و منگنز قابل جذب خاک داشت. بالاترین میزان این عناصر در سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد مشاهده شد. با اکسیداسیون گوگرد در خاک اسید سولفوریک تولید شده و این اسید موجب کاهش واکنش خاک و

افزایش قابلیت دستری عناصر کم مصرف می شود. واکنش خاک مهمترین عاملی است که فراهمی روی و منگنز را در خاکهای آهکی تحریک می نماید. فراهمی این عناصر وابسته به pH است و با افزایش pH قابلیت دستری این عناصر کاهش می یابد(اولسون و سندر، ۱۹۸۸).

در تحقیقی گزارش کردند استفاده از کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی سبب افزایش معنی دار غلظت عناصر کم مصرف در خاک شد (مظاہری و همکاران، ۲۰۰۹). در گزارشی دیگر اعلام نموده اند با کاربرد کمپوست زباله شهری در کشت برنج نتیجه گیری کردند که کمپوست زباله شهری به علت وجود اسیدهای آلی و معدنی خاصیت اسیدی داشته و موجب کاهش pH خاک می گردد که به طور غیر مستقیم سبب افزایش فراهمی عناصر کم مصرف در خاک می شود خوشگفتارمنش و کلباسی (۲۰۰۰). با توجه به قلیایت بالای اکثر خاکهای ایران و عدم دستری کافی گیاهان به اکثر عناصر غذایی در این شرایط، عنصر گوگرد نقش کلیدی در کاهش pH و افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک ایفا می کند.

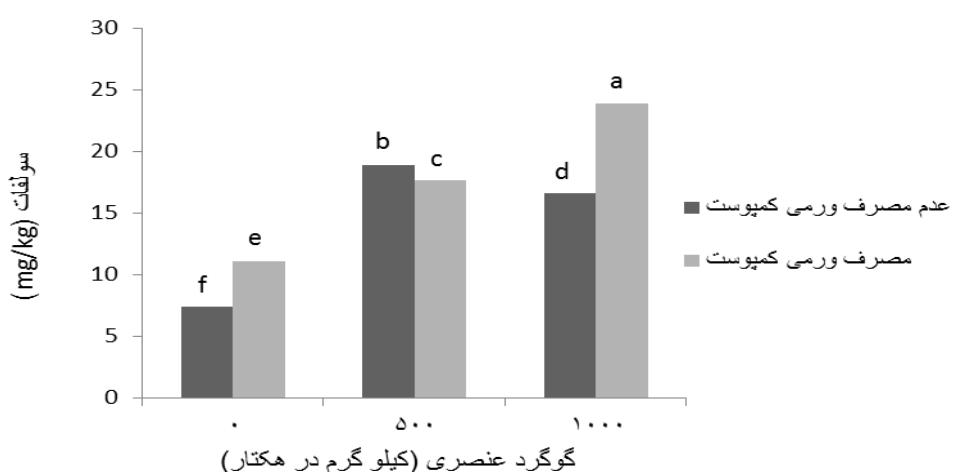
۴-۱-۸- سولفات قابل جذب خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان میدهد که تمامی اثرات اصلی کودی، اثرات متقابل دو گانه و سه گانه آنها بر میزان سولفات قابل جذب خاک در سطح ۱ درصد معنی دار و باعث افزایش آن شده است(جدول ۴). در تیمارهای اصلی گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس بترتیب ۱۱۹ درصد، ۲۲/۶ درصد و ۱۲/۲ درصد سولفات قابل جذب خاک داشتیم (جدول ۵).

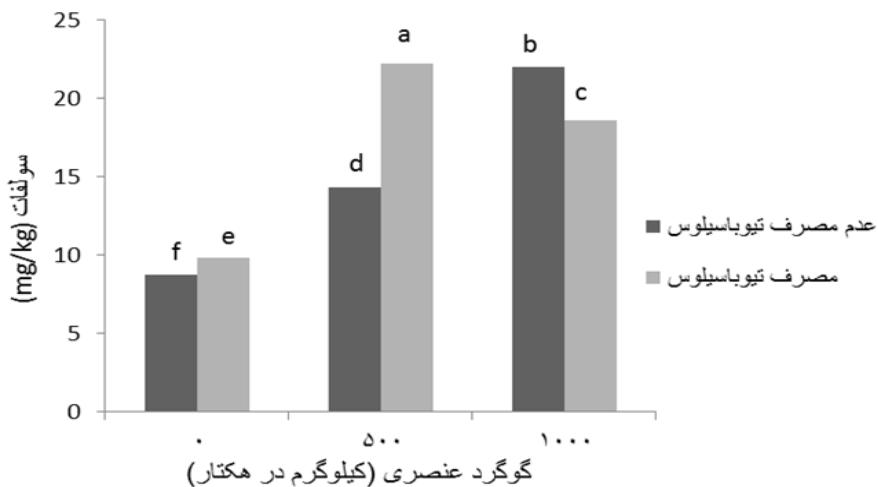
اثر متقابل گوگرد با ورمی کمپوست، میانگین افزایش ۲۲۲ درصدی را نسبت به شاهد نشان میدهد . بطوری که حداکثر سولفات قابل جذب در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد با ۵۰۰۰ کیلو گرم ورمی کمپوست و حداقل آن در تیمار شاهد بود (شکل ۴-۱۷). اثر متقابل گوگرد با تیوباسیلوس بطور متوسط ۱۲۷ درصد سولفات قابل جذب افزایش داشت که حد اکثر آن در ۵۰۰ کیلو گرم گوگرد همراه تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد بود (شکل ۴-۱۸) علت احتمالی کاهش سولفات در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد نسبت به ۵۰۰ کیلو گرم در دو نمودار فوق میتواند کافی نبودن میزان مواد آلی برای تغذیه باکتریها و زیادی گوگرد در محیط که بصورت سم برای باکتری بروز میکند دانست. در اثر

متقابل ورمی کمپوست با تیوباسیلوس سولفات قابل جذب با میانگین ۳۷ درصد را شاهد بودیم. این در حالی است که حد اکثر سولفات قابل جذب در اثر متقابل ۵۰۰۰

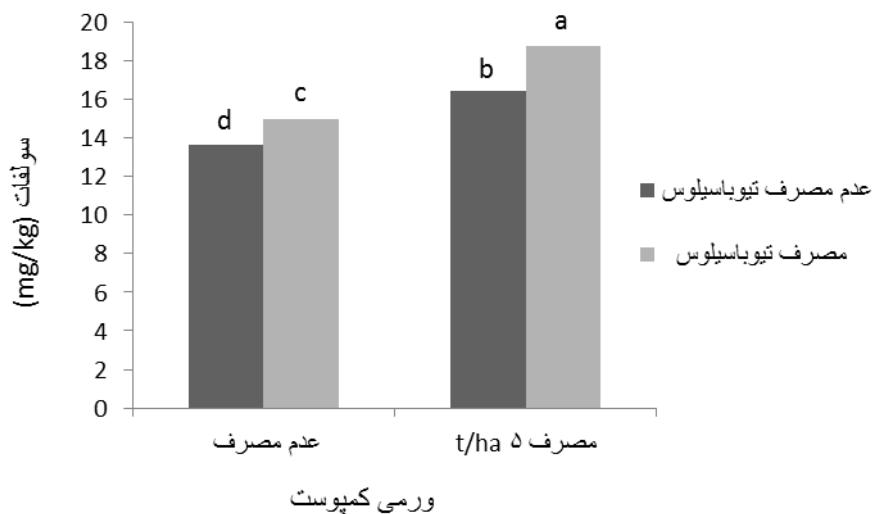
کیلو گرم ورمی کمپوست با تیوباسیلوس کافی بود و حداقل آن در تیمار شاهد حادث شد (شکل ۱۹-۴). اثر متقابل سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس یک میانگین افزایش ۲۴۶ درصد سولفات قابل جذب را نسبت به تیمار شاهد نشان میدهد. بطوری که حد اکثر مقدار آن در تیمار ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد عنصری با ۵۰۰۰ کیلو گرم کود آلی ورمی کمپوست بدون مصرف باکتری تیوباسیلوس و حداقل آن در تیمار شاهد بود (جدول ۱۱). همانطور که قبل از مصرف گوگرد عنصری و ورمی کمپوست در حضور باکتری تیوباسیلوس سبب تولید اسیدهای معدنی و آلی زیادی میگردد. عمدۀ اسید تولید شده اسید سولفوریک بوده که مقدار آن در محلول خاک افزایش چشم گیری نشان میدهد



شکل ۱۷-۴: مقایسه میانگین سولفات قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد و ورمی کمپوست



شکل ۱۸-۴: مقایسه میانگین سولفات‌قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس



شکل ۱۹-۴: مقایسه میانگین سولفات‌قابل جذب خاک (mg/kg) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و تیوباسیلوس

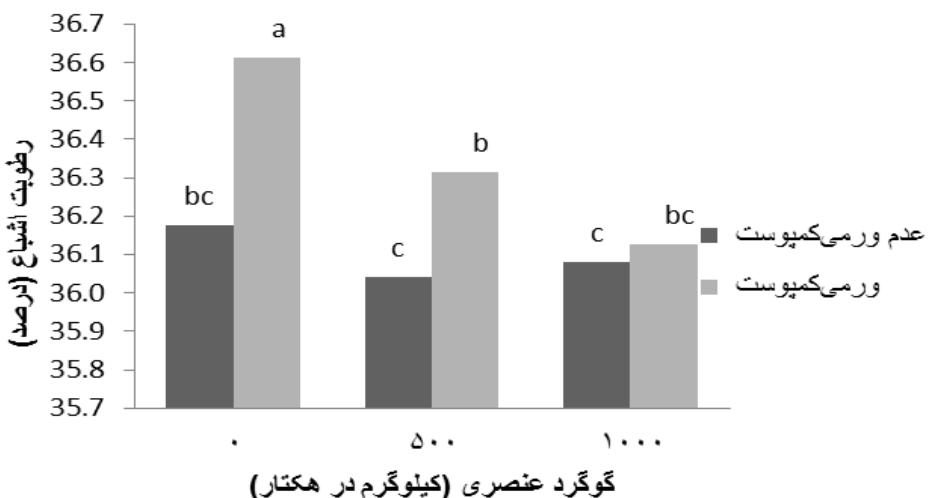
در تحقیقی صادق نجفی و همکاران (۱۳۸۸) نتیجه گرفتند که سطوح کود گوگرد تأثیر معنی داری بر میزان سولفات‌قابل جذب خاک در سطح ۱ درصد وجود دارد. برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به دلیل شرایط حاکم بر خاکهای آهکی و قلیایی که سطح وسیعی از اراضی کشاورزی ایران را تشکیل میدهند، تثبیت شده و از دستررس گیاه خارج می‌شوند (اولسن و سندر، ۱۹۸۸؛ آتو و اولسن، ۱۹۶۶). از طرفی سالانه بیش از یک میلیون تن گوگرد در صنایع نفت و گاز داخل کشور تولید شده و با بهای

ارزان قابل دستیابی است. لذا میتوان از گوگرد بعنوان ماده اسیدزا استفاده نمود و مشکلات تغذیه‌ای گیاهان را در خاکهای مذکور تا حدودی برطرف نمود (میلانی، ۱۳۷۹؛ چاپمن، ۱۹۸۹).

۴-۱-۶- درصد رطوبت اشباع (SP)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان میدهد که اثرات اصلی تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست و اثر توأم گوگرد عنصری با ورمی کمپوست و تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر میزان درصد رطوبت اشباع خاک دارد (جدول ۴). بطوری که در صد رطوبت اشباع خاک در تیمار گوگرد عنصری یک کاهش درصدی و در تیمار کود ورمی کمپوست یک افزایش ۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان میدهد (جدول ۵). گوگرد عنصری در دراز مدت بطور غیر مستقیم از طریق افزایش و نموریشه و حجم آن و همچنین افزایش مقدار سبزینه گیاهان سبب افزایش تخلخل خاک و در نتیجه افزایش درصد رطوبت اشباع و ظرفیت زراعی خاک میگردد اما در مدت زمان کوتاه یک دوره کشت برای هر بار افزایش ابتدا باید کاملاً اکسیده شود که در این فرآیند از مواد آلی استفاده کرده و باعث کاهش مواد آلی خاک میگردد. این ایده با تحقیقات جوردن و انسمینکر (۱۹۸۵) که مورد بررسی قرار گرفته است مطابقت دارد. نتایج آزمایش گوتریس و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد کود ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک گیاه، ارتفاع و در نهایت سیستم ریشه گیاه ذرت در مقایسه با شاهد گردید که عمدتاً "بخاطر افزایش ظرفیت نگهداری خاک می باشد. اما تیمار اصلی تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر در صد اشباع خاک نسبت به تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۴).

اثر متقابل گوگرد عنصری با ورمی کمپوست در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۴) و یک افزایش ۴ درصدی در رطوبت اشباع خاک نسبت به شاهد نشان داد شکل (۴-۲۰). این نتیجه با یافته های راس (۱۹۹۴) که اعلام نمودند مواد آلی گرانوله گوگردی علاوه بر افزایش مواد آلی که میتواند باعث بهبود ساختمان و خلل و فرج خاک و در نتیجه افزایش درصد اشباع شود دارای عناصر ماکرو و میکرو فراوانی است که میتواند سبب بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک گردد مطابقت دارد.

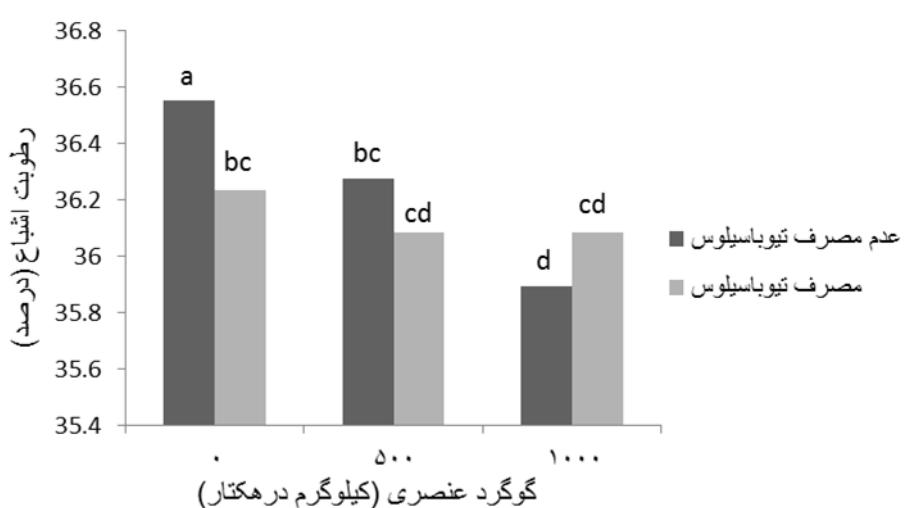


شکل ۴-۲۰: مقایسه میانگین درصد رطوبت اشباع خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست

از طرفی اثر متقابل گوگرد عنصری با باکتری تیوباسیلوس در سطح ۱ درصد بر میزان درصد رطوبت اشباع معنی دار گردید، بطوریکه کاهشی به اندازه ۲ درصدی نسبت به شاهد را نشان داد. کاهش

درصدی درصد

اشباع خاک در تیمار اثر متقابل گوگرد با تیوباسیلوس را می‌توان بخاطر تجزیه سریع مواد آلی موجود و کاهش آن در خاک دانست شکل (۲۱-۴).



شکل ۴-۲۱: مقایسه میانگین درصد رطوبت اشباع خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس

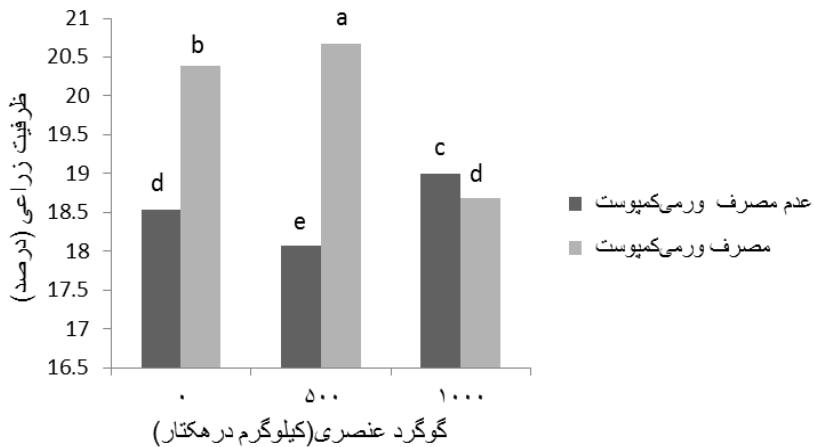
اثر سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست با تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر درصد اشباع خاک نسبت به تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۴). کاربرد کودهای آلی در کشاورزی علاوه بر بهبود حاصلخیزی خاک، می‌تواند روی خصوصیات فیزیکی خاک نیز موثر باشد (زاده و همکاران، ۱۳۸۴). عدمه ترین منابع تامین مواد آلی در خاکها عبارتند از فضولات دامی، بقایای گیاهی، لجن فاضلابها و کمپوست زباله شهری که امروزه با توجه به اهمیت کشاورزی ارگانیک بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (میرزایی تالارپشتی و همکاران، ۱۳۸۸).

۱۰-۱-۴- درصد رطوبت ظرفیت زراعی (FC)

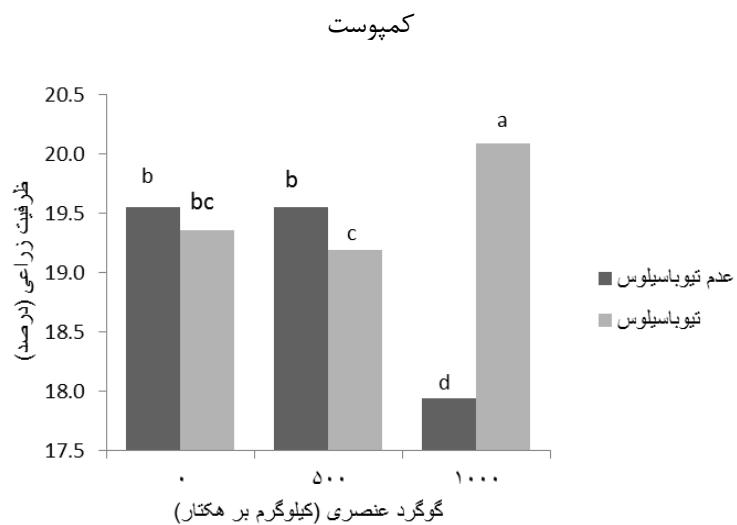
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان میدهد که اثرات اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیوباسیلوس، اثرات متقابل گوگرد با ورمی کمپوست و اثرات متقابل گوگرد با تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر میزان درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک دارد (جدول ۴). بطوری که اثر گوگرد کاهش درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان میدهد. اما تیمارهای ورمی کمپوست و تیوباسیلوس بترتیب افزایش میانگینی به اندازه ۷/۷ درصد و ۲/۷ درصدی را نسبت به شاهد نشان میدهند (جدول ۵).

۱۱/۵ اثرات متقابل گوگرد با ورمی کمپوست و اثرات متقابل گوگرد همراه با تیوباسیلوس هردو بترتیب درصد افزایش و ۲/۷ درصد کاهش نشان دادند بطوری که در تیمار اولی حداکثر ظرفیت زراعی در کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و حداقل آن در عدم مصرف ورمی کمپوست با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بود. این افزایش میتواند به علت مصرف ۵۰۰ کیلوگرم ماده آلی ورمی کمپوست باشد که بطور مستقیم از طریق بالا بردن ظرفیت نگهداشت آب خاک و بطور غیر مستقیم افزایش حجم خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری ذخیره آب را در واحد حجم افزایش دهد.

در تیمار گوگرد همراه با تیوباسیلوس حداکثر ظرفیت زراعی در عدم کاربرد تیوباسیلوس با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و حداقل آن در کاربرد تیوباسیلوس با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد اتفاق افتاد (شکلهای ۴-۲۲ و ۴-۲۳).



شکل ۲۲-۴: مقایسه میانگین درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی



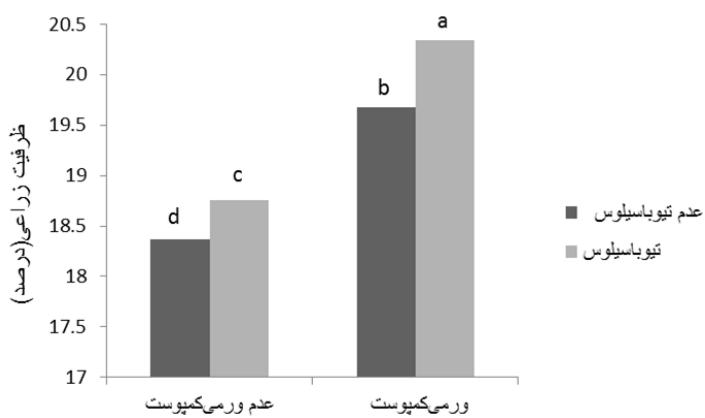
شکل ۲۳-۴: مقایسه میانگین درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف گوگرد با

تیوباسیلوس

اثرات متقابل ورمی کمپوست با تیوباسیلوس و سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس در سطح ۵ درصد معنی دار گشتند بنحوی که در تیمار اولی یک افزایش ۱۲/۱ درصدی که حد اکثر ظرفیت زراعی در کاربرد کافی تیوباسیلوس با ۵۰۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست و حداقل آن در عدم کاربرد تیوباسیلوس و ورمی کمپوست اتفاق افتاد (شکل ۲۴-۴). ماده آلی بخصوص ورمی کمپوست که یک کود آلی نیمه تجزیه شده است با افزودن آن به خاک بویژه در مناطق خشک ایران که مقدار بسیا کمی ماده آلی دارند میتواند اثر سریعی بر بعضی خصوصیات فیزیکی خاک از جمله درصد اشباع و ظرفیت زراعی خاک داشته باشد. ماده آلی علاوه بر اینکه چند برابر وزن خود میتواند آب را جذب و نگهداری نماید با

انعقاد و اتصال ذرات خاک به هم دیگر سبب ایجاد خاکدانه‌ها و افزایش حجم خاک شده در نتیجه ظرفیت زراعی خاک را افزایش میدهد.

اثر سه جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیو باسیلوس افزایشی به اندازه ۱۱/۹ درصد نسبت به شاهد داشتیم بطوری که حداقل ظرفیت زراعی در کاربرد کافی تیو باسیلوس با ۵۰۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و حداقل آن در عدم کاربرد تیو باسیلوس با ۵۰۰۰ کیلوگرم ورمی کمپوست و ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد مشاهده شد (جدول ۱۲).



شکل ۲۴-۴: مقایسه میانگین درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست با تیوباسیلوس

مقایسه نتایج میانگین داده‌های این دو صفت از خاک نشان میدهد که هر عاملی بتواند رطوبت اشباع خاک را تحت تاثیر خود قرار دهد به همان نسبت باید باعث افزایش یا کاهش درصد رطوبت ظرفیت زراعی شده باشد.

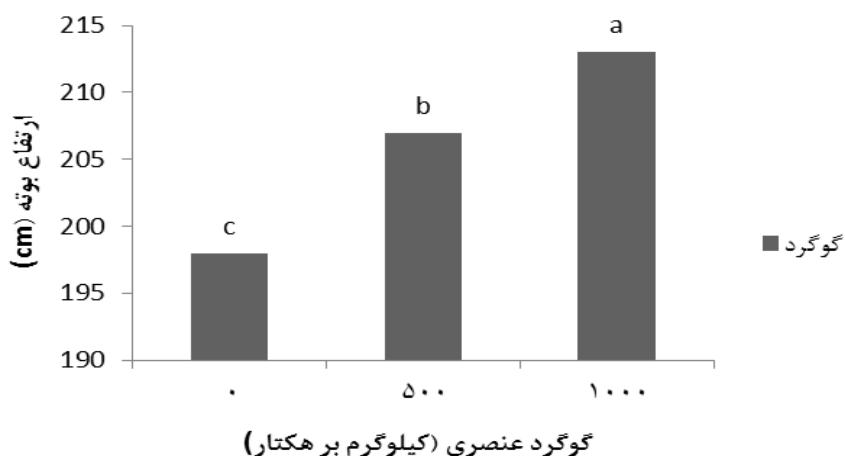
مقدار آب خاک در رطوبت ظرفیت زراعی (FC) یکی از مفاهیم مهم در فیزیک خاک، هیدرولوژی و مهندسی کشاورزی است (نچب، ۱۹۹۸). در اکثر خاکها، رشد مطلوب گیاهان زمانی است که رطوبت خاک در حد رطوبت ظرفیت زراعی (بعثت جذب آسانتر آب بوسیله گیاه) و یا حداقل بیش از رطوبت نقطه پژمردگی دائم خاک (PWP) باشد. توانایی نگهداری آب خاک یکی از خصوصیات اصلی خاک است که تحت اثر بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مرتبط با مقدار رطوبت خاک، حرکت سیالات در خاک و زمان آبیاری و زهکشی است (ابتیسام و الداردیری، ۲۰۰۷).

در مناطق با آب و هوای خشک و نیمه خشک، با توجه به شرایط نامناسب خاک، بکارگیری کمپوست زباله شهری به عنوان یک کود آلی می‌تواند راهی برای بهبود بخشیدن شرایط خاک از لحاظ نفوذ پذیری و تخلخل باشد. اضافه کردن لجن فاضلاب به عنوان کود آلی به خاک، اثر مطلوبی روی ویژگیهای فیزیکی آن دارد و این موضوع به ویژه در مورد افزایش آب قابل استفاده گیاه به دنبال افزایش درصد خلل و فرج خاک بسیار اهمیت دارد. به کارگیری ورمی کمپوست در خاک نیز باعث اسفنجی شدن خاک و افزایش درصد خلل و فرج خاک می‌شود (بهره‌مند و همکاران، ۱۳۸۱).

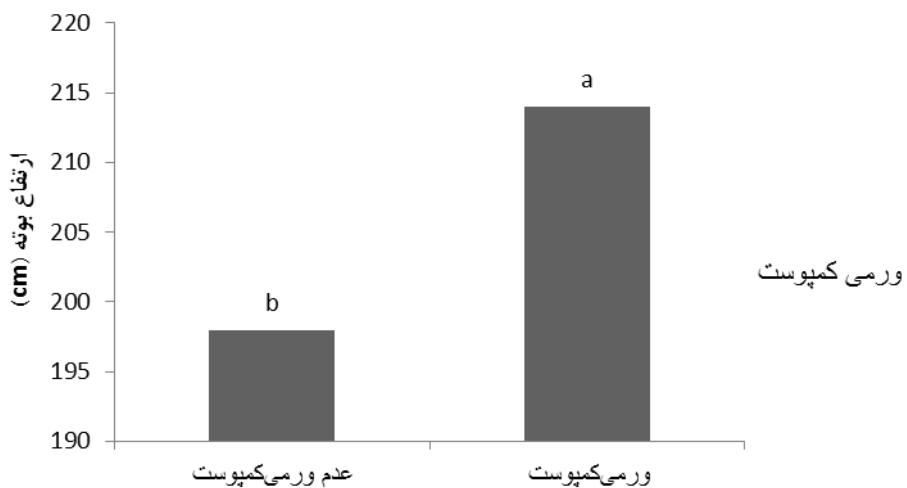
۴-۲-۴- صفات اندازه گیری شده در گیاه

۴-۲-۱- ارتفاع

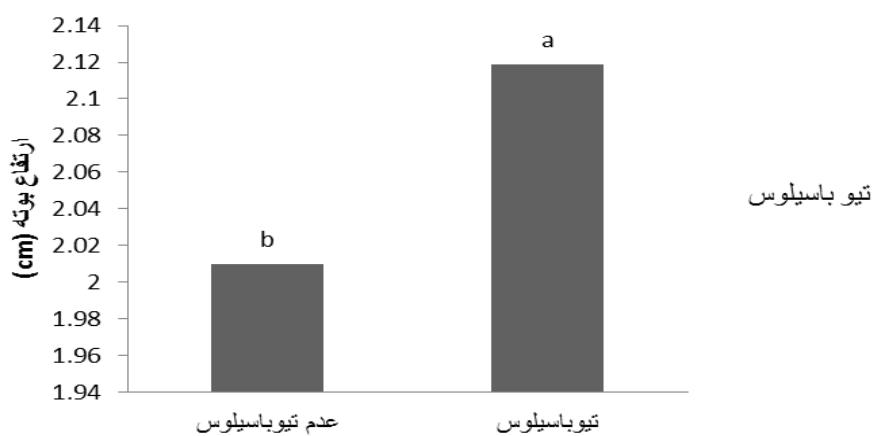
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیوباسیلوس، تاثیر معنی داری در سطح ۱٪ بر ارتفاع بوته در ذرت دانه‌ای دارند (جدول ۱۴). به طوری که استفاده از هزار کیلو گرم گوگرد در هکتار، حدود ۷ درصد، ۵ تن ورمی کمپوست ۵/۵ درصد و تیوباسیلوس به اندازه یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت ۷ درصد ارتفاع بوته را نسبت به شاهد افزایش داد (شکلهای ۲۵-۴ و ۲۶-۴ و ۲۷-۴ و جدول ۱۵).



شکل ۴-۲۵: مقایسه میانگین ارتفاع بوته (m) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد



شکل ۴-۲۶: مقایسه میانگین ارتفاع بوته (m) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست



شکل ۴-۲۷: مقایسه میانگین ارتفاع بوته (m) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس

هیچ یک از اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه تیمار های کودی، تاثیر معنی داری بر ارتفاع بوته نداشتند.

اوی و ابو (۱۹۹۵) گزارش نمودند که مصرف کود دامی تاثیر معنی داری (در سطح احتمال ۵ درصد) بر افزایش ارتفاع گیاه ذرت داشته است.

ارتفاع بوته به تعداد و طول میان گره بستگی دارد. تعداد میان گره به ژنتیک و زمان انتقال از فاز رویشی به فاز زایشی بستگی دارد. این در حالی است که طول میان گره توسط تعداد و اندازه سلولها تعیین می شود. شرایط محیطی در دوران طویل شدن ساقه به شدت بر ارتفاع اثر می گذارد (امام و

نیک نژاد، ۱۳۷۳). از میان این شرایط محیطی تغذیه گیاه اهمیت خاصی دارد به نحوی که کمبود عناصر غذایی به خصوص نیتروژن و به دنبال آن کاهش مواد فتوسنتزی به شدت ارتفاع گیاه را تحت تاثیر خود قرار می دهد (بور نمیزیا و لیانسون، ۱۹۶۷).

نتایج تحقیقات محققان نیز نشان داد که تلقیح بذور گندم با سویه های مختلفی از ازتو باکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس ارتفاع بوته ها را از ۸۲/۶۰ تا ۹/۲۳ درصد افزایش داد (شی و فوزن، ۱۹۹۱). افزایش ارتفاع گیاه معمولا نتیجه افزایش توانایی طویل شدن و تکثیر سلول هاست که خود در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه می باشد. هم چنین تولید مواد محرک رشد ماننده ایندول استیک اسید و جیبرلین اسید توسط ریزوباکتر ها در مجاورت ریشه گیاه می تواند در این فرایند نقش داشته باشد (جوردن و انسمنگر، ۱۹۵۸).

کاپولینک و همکاران (۱۹۸۲) افزایش ارتفاع بوته ذرت با تلقیح بذر بوسیله باکتری *Azospirillum*. و زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذر های آن با باکتری *Lipoferum* های ازتو باکتر و *pseudomonads.fluoroscens* تلقیح شده بودند را گزارش کردند. هم چنین روستا و همکاران (۱۳۷۷) افزایش ارتفاع بوته ذرت دورگ ۷۰۴ که بذر های آن با باکتری های جنس آزوسپریلیوم تلقیح شده بود را مشاهده کردند.

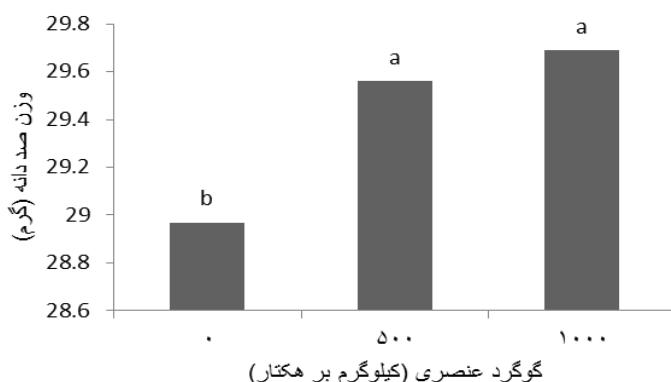
مهتمترین باکتریهای حل کننده فسفات از جنس سودوموناس و باسیلوس و از قارچها، جنسهای آسپرژیلوس و پنی سیلیوم می باشند. این میکروارگانیسم ها با اکسیداسیون ناقص قندها و مواد پلی ساکاریدی که توسط ریشه گیاه ترشح می شوند، اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک، اسید اگزالیک و اسید سیتریک تولید می نمایند (فوکان، ۱۹۹۳).

نتایج حاصل از مصرف کود میکروبی فسفاته در مقایسه با کودهای سوپر فسفات تریپل در مورد ذرت، سویا و گندم مؤید اثرات رضایت بخش این کود می باشد به طوری که مشخص گردیده کود میکروبی فسفاته، نه تنها بازده جذب کود را بالا می برد، بلکه باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز می گردد

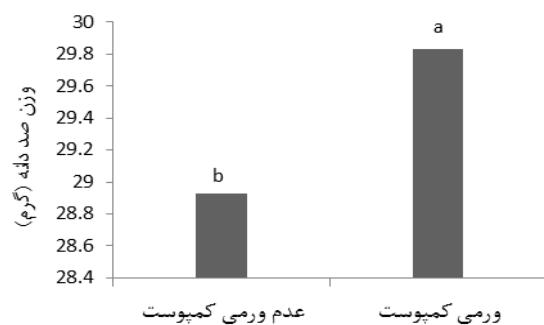
(فینک، ۱۹۸۲). این افزایش عملکرد ممکن است به دلیل افزایش حجم ریشه و نیز به علت افزایش مواد مغذی خاک و عناصر قابل دسترس گیاه باشد (شاو، ۱۹۷۷).

۴-۲-۴- وزن صد دانه :

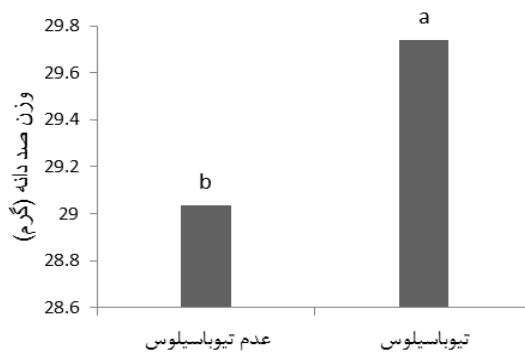
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که اثرات اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیوباسیلوس، تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر وزن صد دانه در ذرت دانه ای دارند (جدول ۱۴). به طوری که استفاده از هزار کیلو گرم گوگرد در هکتار، حدود ۳ درصد، مصرف ۵ تن ورمی کمپوست ۲/۵ درصد و تیوباسیلوس به اندازه یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت وزن صد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد (شکلهای ۲۸-۴ و ۲۹-۴ و جدول ۱۵).



شکل ۲۸-۴: مقایسه میانگین وزن صد دانه (gr) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد



شکل ۲۹-۴: مقایسه میانگین وزن صد دانه (gr) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست

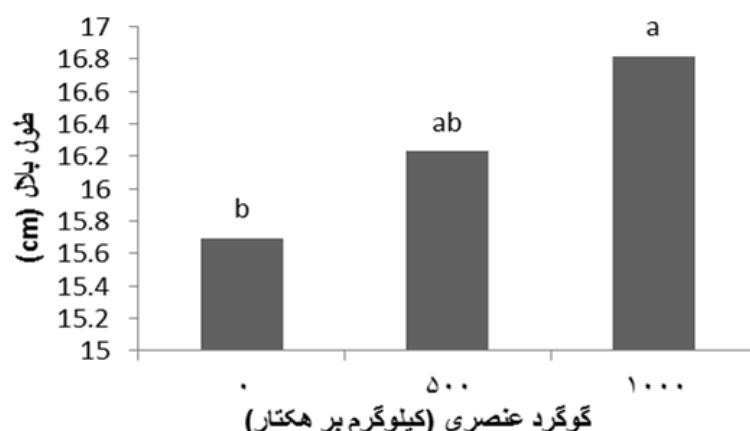


شکل ۴-۳۰: مقایسه میانگین وزن صد دانه (GZ) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس

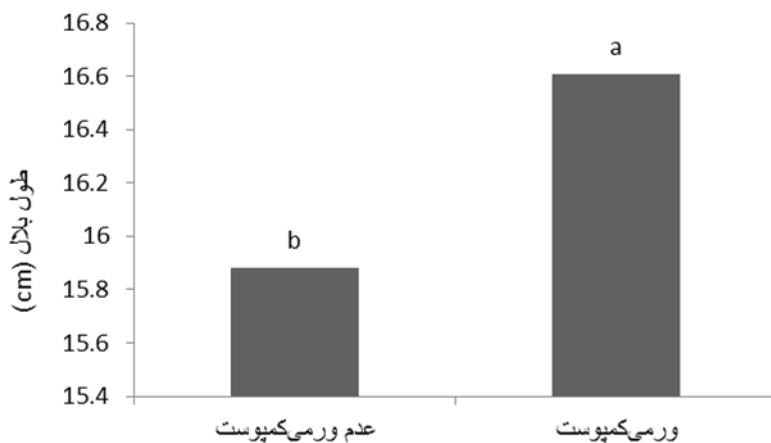
هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبی تیمار های کودی، تاثیر معنی داری بر وزن خشک صد دانه نداشتند.

۳-۲-۴- طول بلال

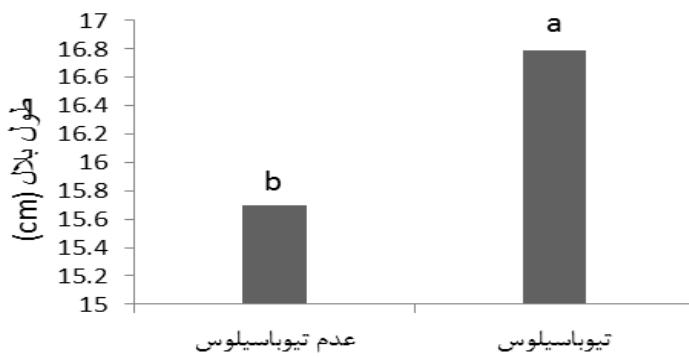
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که تیمارهای اصلی گوگرد، ورمی کمپوست و تیوبا سیلوس، تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر طول بلال در ذرت دانه ای دارند (جدول ۱۴). به طوری که استفاده از ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، حدود ۵/۶ درصد، مصرف ۵ تن ورمی کمپوست ۶/۵ درصد و تیوبا سیلوس به اندازه یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت درصد طول بلال را نسبت به شاهد افزایش دادند. شکل (۳۱-۴ و ۳۲-۴ و ۳۳-۴ و جدول ۱۵). هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبی تیمار های کودی، تاثیر معنی داری بر وزن خشک طول بلال نداشتند.



شکل ۴-۳۱: مقایسه میانگین طول بلال (cm) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف گوگرد



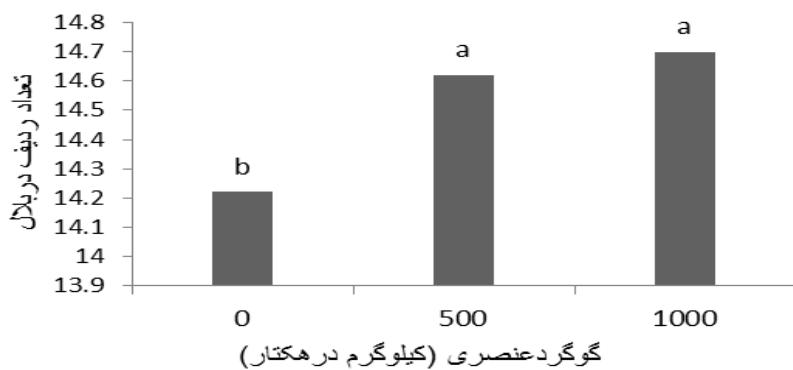
شکل ۳۲-۴: مقایسه میانگین طول بلال (cm) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست



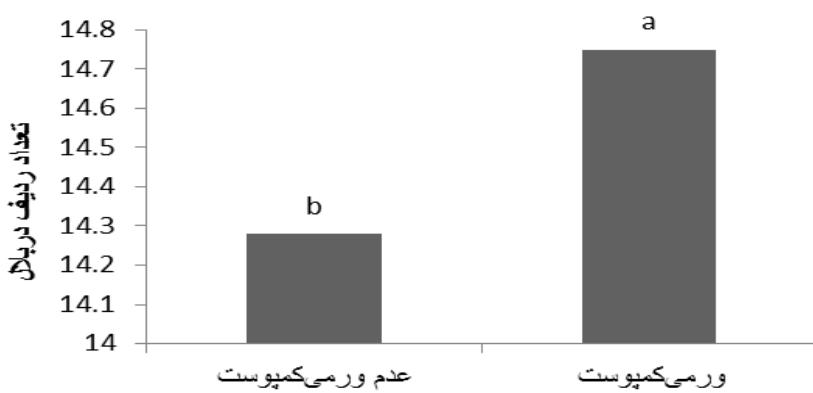
شکل ۳۳-۴: مقایسه میانگین طول بلال (cm) تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس

۴-۲-۴-۴- تعداد ردیف در بلال

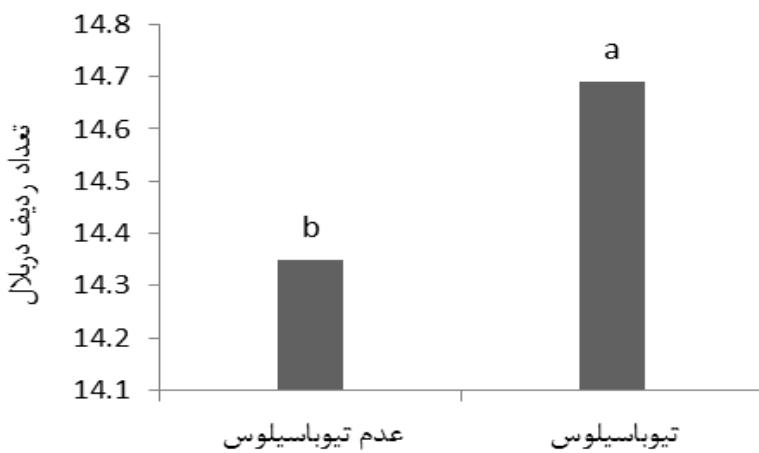
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد (جدول ۱۴) که اثر اصلی تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس، تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر تعداد ردیف در ذرت دانه ای دارند. به طوری که استفاده از هزار کیلو گرم گوگرد عنصری در هکتار، حدود $\frac{3}{3}$ درصد، مصرف ۵ تن ورمی کمپوست $\frac{3}{3}$ درصد و باکتری تیوبا سیلوس به اندازه یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت $\frac{2}{4}$ درصد تعداد ردیف در بلال را نسبت به شاهد افزایش داد شکل (۳۴-۴ و ۳۵-۴ و ۳۶-۴) و جدول (۱۵).



شکل ۳۴-۴: مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر اثبات متقابل سطوح مختلف گوگرد



شکل ۳۵-۴: مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر اثبات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست

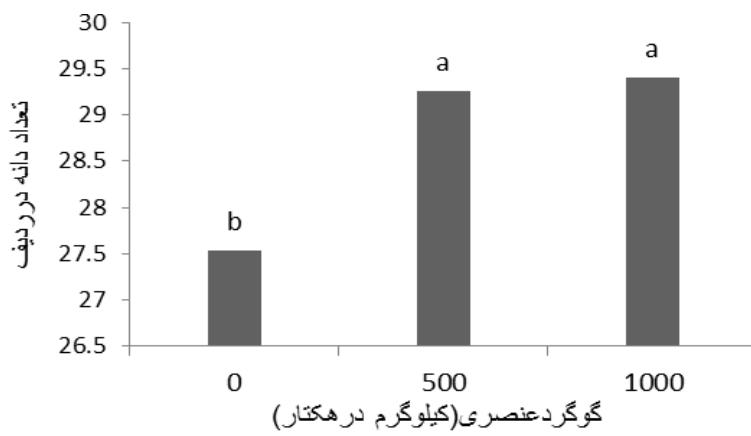


شکل ۳۶-۴: مقایسه میانگین تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر اثبات متقابل سطوح مختلف تیوباسیلیوس

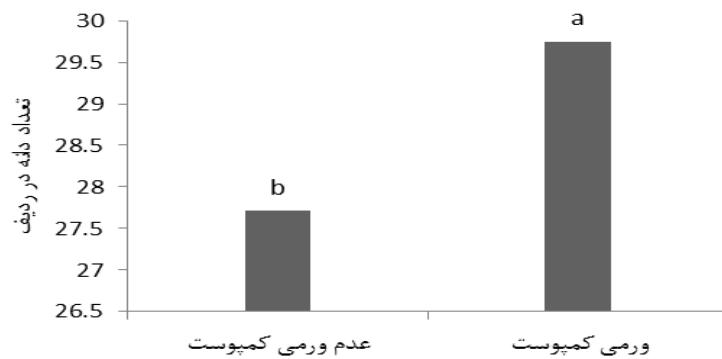
هیچ یک از اثبات متقابل دو و سه جانبی تیمارهای کودی، تاثیر معنی داری بر وزن خشک تعداد ردیف نداشتند.

۴-۵-۲-۴- تعداد دانه در ردیف

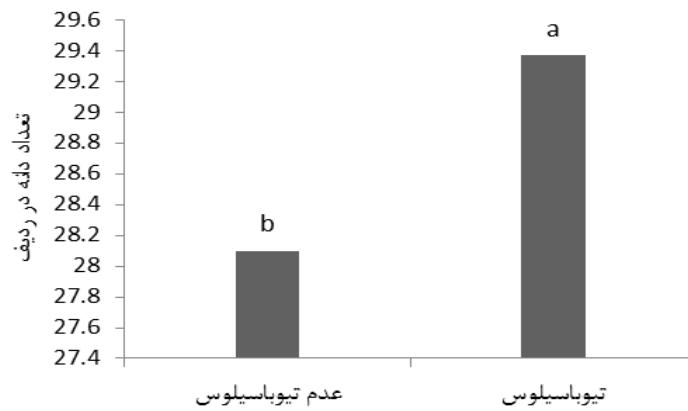
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که اثر اصلی تیمارهای گوگرد، ورمی کمپوست، و تیوباسیلوس تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه در ردیف در ذرت دانه ای دارند (جدول ۱۴). به طوری که استفاده از ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد در هکتار، حدود ۷ درصد، مصرف ۵ تن ورمی کمپوست ۷/۴ درصد و تیوبا سیلوس به اندازه یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت ۴/۵ درصد تعداد دانه در ردیف را نسبت به شاهد افزایش داد شکل (۳۷-۴ و ۳۸-۴ و ۳۹-۴) جدول (۱۵). هیچ یک از اثرات متقابل دو و سه جانبه تیمارها تاثیر معنی داری بر وزن تعداد دانه در ردیف نداشتند.



شکل ۳۷-۴: مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر اثاث متقابل سطوح مختلف گوگرد



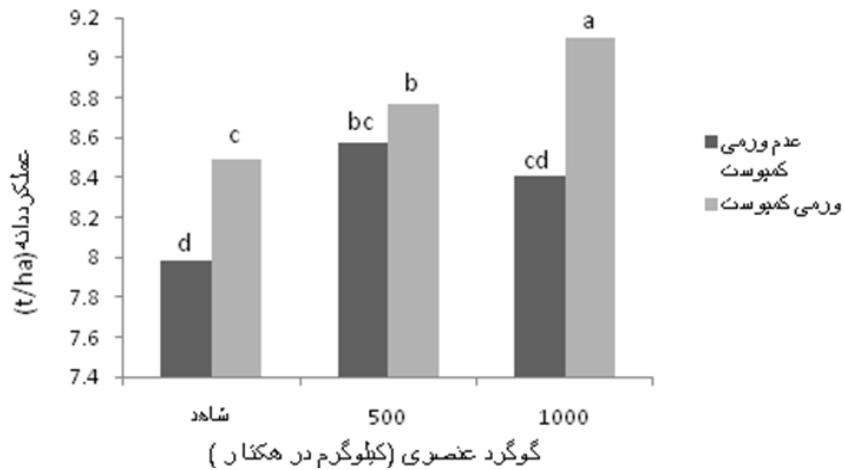
شکل ۳۸-۴: مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر اثاث متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست



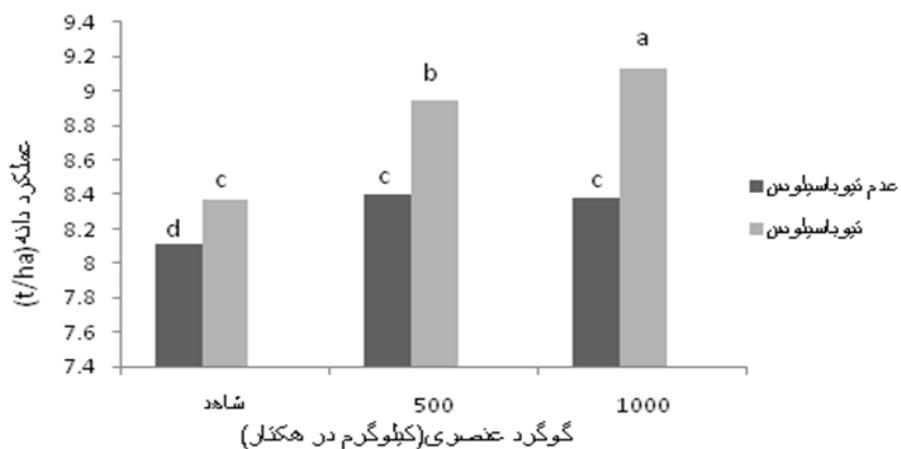
شکل ۴-۳۹: مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر اثاث متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس

۶-۲-۴- عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که تیمارهای اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، تیوباسیلوس، تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه در ذرت دانه ای دارند (جدول ۱۴). به طوری که استفاده از ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد عنصری در هکتار، حدود ۵/۲ درصد، مصرف ۵ تن ورمی کمپوست ۶ درصد و تیوبا سیلوس به نسبت یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت ۶/۳ درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۱۵). اثر متقابل تیمارهای گوگرد عنصری با ورمی کمپوست و اثر متقابل گوگرد با تیوباسیلوس در سطح ۵ درصد معنی دار گشت بطوری که در تیمار گوگرد با ورمی کمپوست افزایش ۴ درصد و در تیمار گوگرد با تیوباسیلوس به اندازه ۱۲/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان میدهد (شکلهای ۴-۴۰ و ۴-۴۱). اثر متقابل ورمی کمپوست و تیوباسیلوس و تیمار سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست با تیوباسیلوس تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه نسبت به شاهد نداشتند..



شکل ۴۰-۴ مقایسه میانگین عملکرد دانه (t/ha) تحت تاثیر اثبات متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست

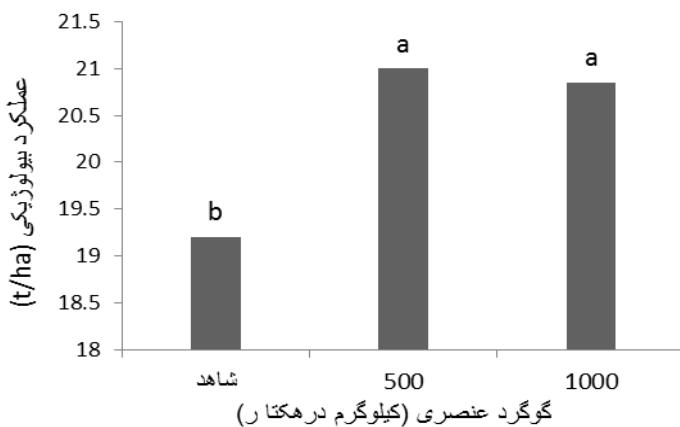


شکل ۴۱-۴: مقایسه میانگین عملکرد دانه (t/ha) تحت تاثیر اثبات متقابل سطوح مختلف گوگرد با نیوباسیلوس

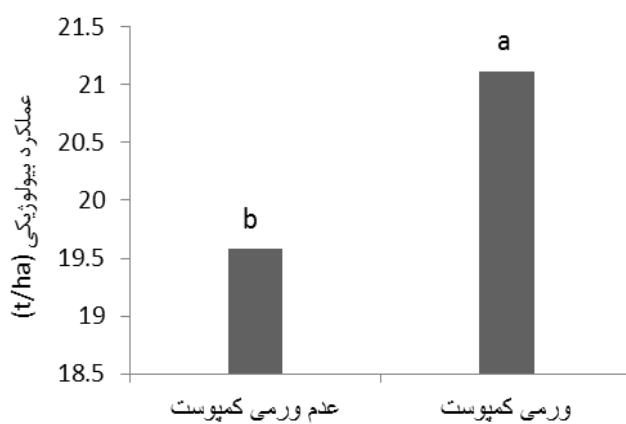
۷-۲-۴- عملکرد بیولوژیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که تیمارهای اصلی گوگرد، ورمی کمپوست، باکتری نیوبا سیلوس، تیمار توأم گوگرد با ورمی کمپوست و تیمار توأم گوگرد با نیوبا سیلوس تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیکی در ذرت دانه ای دارند (جدول ۱۴). به طوری که استفاده از ۱۰۰۰ کیلو گرم گوگرد در هکتار، حدود ۹/۴ درصد، مصرف ۵ تن ورمی کمپوست ۱۱/۷ درصد و مصرف نیوبا سیلوس به نسبت یک کیلو گرم برای آغشته کردن سیصد کیلو گرم بذر ذرت ۷/۸ درصد ارتفاع بوته را نسبت به شاهد افزایش داد (شکلهای ۴۴-۴ و ۴۵-۴ و ۴۶-۴ و جدول ۱۵). اثر توأم گوگرد با ورمی کمپوست و اثر توأم گوگرد با نیوبا سیلوس بترتیب ۱۴/۷ درصد و ۱۵/۳۶ درصد افزایش

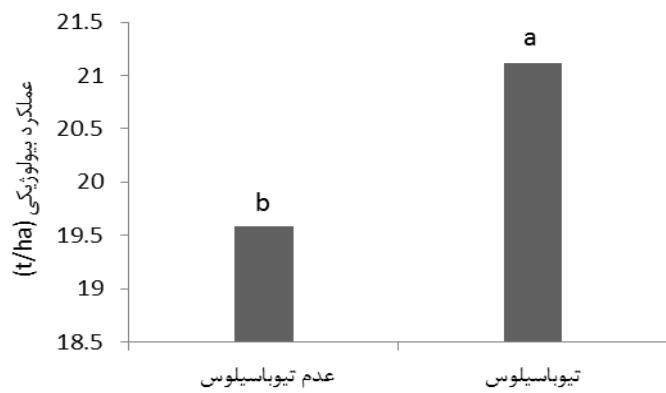
عملکرد را نشان دادند. اثر متقابل ورمی کمپوست با تیوبا سیلوس و تیمار سه جانبه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوبا سیلوس اثر معنی داری را درسطح ۵ درصد نسبت به شاهد نشان داده و بترتیب ۱۴/۵۷ درصد و ۳۱/۵ درصد افزایش عملکرد بیولوژیکی را نسبت به شاهد داشتیم. (شکل های ۴۷-۴ و ۴۸-۴ و ۴۹-۴).



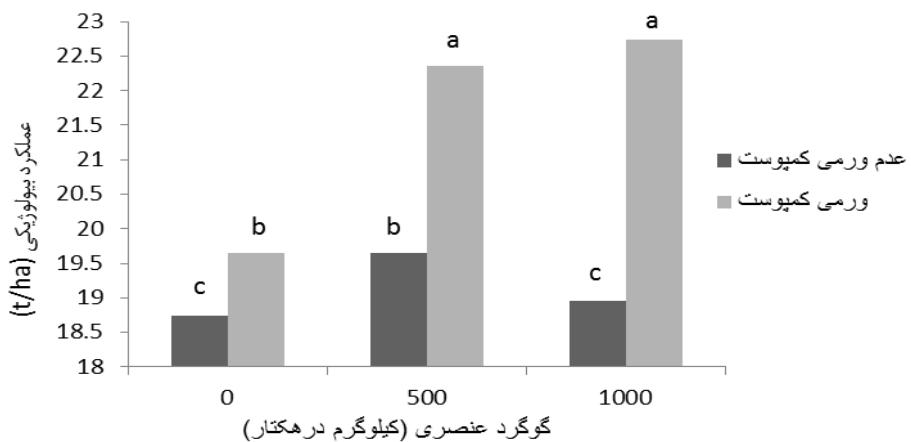
شکل ۴-۴۲: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر سطوح مختلف گوگرد



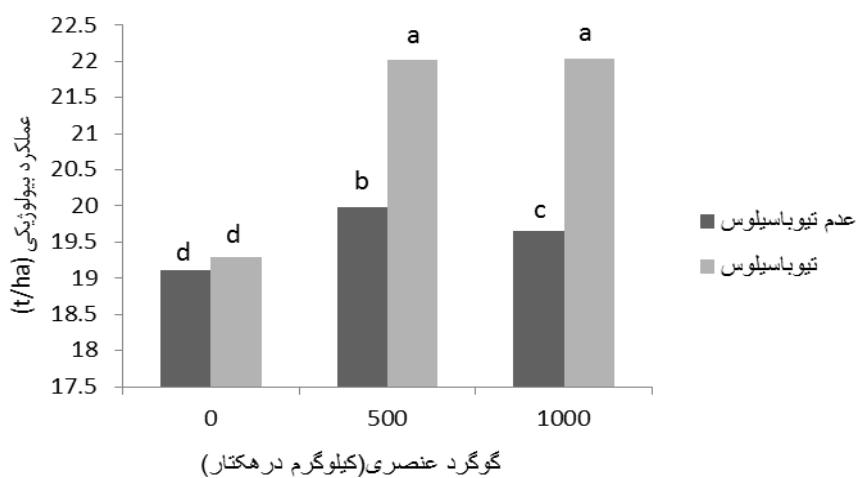
شکل ۴-۴۳: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست



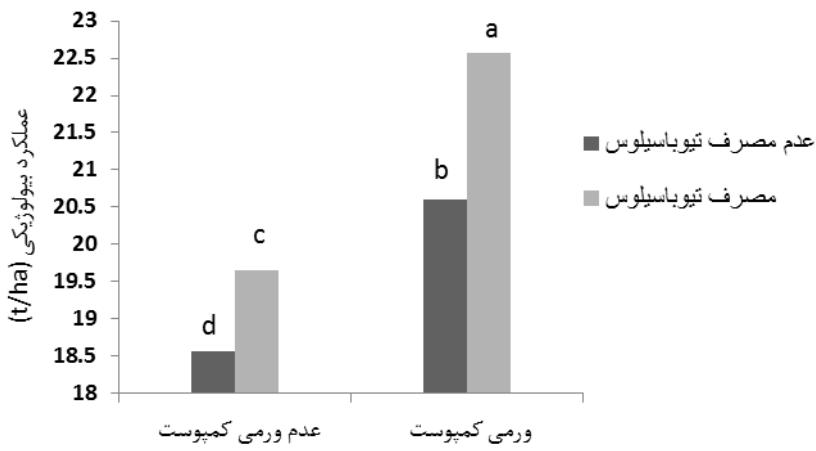
شکل ۴-۴: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر سطوح مختلف تیوباسیلوس



شکل ۴-۵: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثاث متقابل سطوح مختلف گوگرد با ورمی کمپوست



شکل ۴-۶: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثاث متقابل سطوح مختلف گوگرد با تیوباسیلوس



شکل ۴-۴: مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی (t/ha) تحت تاثیر اثاث متقابل سطوح مختلف تیوباسیلوس با ورمی کمپوست

در تحقیقی نشان داده شده که استفاده از ۵ تن کود ورمی کمپوست در هکتار عملکرد بیولوژیکی را ۳۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. این افزایش عملکرد ممکن است بدلیل افزایش حجم ریشه و نیز به علت افزایش مواد مغذی خاک و عناصر قابل در دسترس باشد (پوکتینگ، ۱۹۹۰).

در مطالعه تاثیر انواعی از باکتری‌های محرک رشد در شرایط مختلف آب و هوایی مشخص گردید که تلقیح با این باکتری‌ها می‌تواند اثرات متفاوتی بر وزن اجزاء مختلف گیاه ذرت داشته باشد به طوری که در برخی موارد اثرات منفی ناشی از تلقیح نیز مشاهده شد. در مطلوب ترین شرایط باکتری *Azotobacter.chroococcum W5* وزن اجزاء بلال را به میزان ۱۲۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (فینک، ۱۹۸۲). شاهارونا و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه اثر سویه‌های مختلف باکتری‌ها بر رشد ذرت و در شرایط مختلف کودی نشان دادند که باکتری‌ها می‌توانند وزن خشک بلال را با توجه به میزان کود نیتروژن مورد استفاده بین ۱۵/۲ تا ۱۹/۷ درصد در مقایسه با شاهد افزایش دهنند.

محققان در اسفناج افزایش وزن خشک اندام هوایی را به موازات افزایش سطوح کود آلی مشاهده کردند که دلیل اصلی آن را وجود مقادیر نسبتاً زیاد مواد آلی و عناصر غذایی ضروری گیاهان چون نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کود‌های آلی می‌دانند (رشید و همکاران، ۲۰۰۴). سایر محققان نیز افزایش ماده

خشک کل را در محصولاتی نظیر چغندر قند (نازی و همکاران، ۲۰۰۶)، گندم، جو و ذرت (وسا تکا و گریندلر، ۱۹۹۹) گزارش کرده اند. زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت که بذر های آن با باکتری های ازتوباکتر و *Pseudomonas flourescens* تلقيق شده بودند را گزارش نمودند. همچنین روستا و همکاران (۱۳۷۷) افزایش وزن خشک بوته ذرت دورگ ساده ۷/۴ در اثر تلقيق بذر با باکتری های جنس *Azospirillum Lipoferum* را مشاهده نمودند.

وساتکا و گریندلر (۱۹۹۹) نشان دادند که ترکیب باکتری های محرک رشد با انواعی از قارچ ها سطح برگ را در ذرت افزایش داد. کاندان (۲۰۰۰) افزایش سطح برگ و ارتفاع در بوته های گوجه فرنگی پس از تلقيق با باکتری های محرک رشد را نتیجه افزایش غلظت کلروفیل و توانایی فتوسنتر گیاه گزارش کردند.

حقیقین نشان دادند تلقيق ذرت با ترکیبی از قارچ میکوریزی و باکتری های محرک رشد و حل کننده فسفات علاوه بر کاهش جمعیت نماتد، سبب تولید بیشترین میزان عملکرد بلال گردید (انسمینگر، ۱۹۵۸).

فصل پنجم:

جمع بندی نتایج و

پیشنهادها

۱-۵- جمع بندی نتایج

استفاده بی رویه و نامطلوب انسان در ایران از منابع طبیعی در دسترس برای تأمین غذا، توزیع نامتعادل منابع تولید غذا از جمله آب و خاک مناسب، از یک طرف، وجود خاکهای آهکی و قلیایی به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، و مقدار ناچیز مواد آلی از سوی دیگر سبب ثبیت و غیر قابل دسترس گیاه برای برخی عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن و روی و... که قابلیت جذب آنها وابسته به pH می باشد، شده است. کاهش pH خاک (حتی به طور موضعی) یکی از روشهای مؤثر و رایج مقابله با ثبیت عناصر غذایی در این خاکها محسوب میشود. گوگرد و مواد آلی متداولترین و مقرن به صرفه ترین مواد اسیدزا هستند که با کاهش pH خاک به انحلال عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه ها منجر میگردد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گوگرد عنصری باعث کاهش درصد اشباع، ظرفیت زراعی، و اسیدیته خاک و افزایش هدایت الکتریکی، حلایت عناصر روی، آهن، فسفر، آنیون سولفات، خاک بطور معنی دار گردید. کود آلی ورمی کمپوست علاوه بر تأثیر مثبت در تمامی نتایج فوق الذکر در گوگرد عنصری، سبب افزایش کربن آلی واژت کل خاک گردید. اختلاط مایه تلقیح تیوباسیلوس با خاک و بذر ذرت توانسته سبب کاهش اسیدیته، درصد ظرفیت زراعی خاک، و افزایش هدایت الکتریکی، افزایش حلایت عناصر روی، آهن، فسفر، آنیون سولفات بشود. در گیاه گوگرد عنصری، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش تمامی صفات اندازه گیری شده در این طرح بطور معنی دار شدند. از بین اثرات متقابل، اثر متقابل دو جانبه گوگرد عنصری و کود آلی ورمی کمپوست سبب کاهش اسیدیته، افزایش کربن آلی، ازت کل، روی، فسفر، آهن، سولفات، درصد رطوبت اشباع و ظرفیت زراعی بطور معنی دار گردید. اثر متقابل دو جانبه گوگرد عنصری و تیوباسیلوس سبب افزایش تمام صفات مورد مطالعه در خاک به استثنای درصد اشباع، ظرفیت زراعی و اسیدیته خاک که بطور معنی دار کاهش داد. تاثیر متقابل دو جانبه کود آلی ورمی کمپوست با باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش حلایت

روی ، آهن، سولفات ، و ظرفیت زراعی بطور معنی دار گردید. اثرات متقابل دو جانبه عوامل فوق در گیاه فقط روی عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تاثیر معنی داری گذاشتند. اثر سه جانبه گوگرد عنصری، کود آلی ورمی کمپوست و باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش هدایت الکتریکی، ازت کل، روی، فسفر، آهن، سولفات، و ظرفیت زراعی خاک گردید. و در گیاه اثر سه جانبه عوامل فوق تنها روی عملکرد بیولوژیکی افزایش معنی داری داشت.

۲-۵- پیشنهادها

با توجه به اینکه این تحقیق در بازه زمانی یک سال زراعی، در یک منطقه مشخص و روی یک رقم ذرت و با کود های خاصی انجام گرفت برای حصول نتایج تکمیلی، موارد زیر پیشنهاد می گردد:

- تکرار این تحقیق در شرایط مختلف آب و هوایی بازمانهای متفاوت.
- بررسی عکس العمل ارقام بیشتری از ذرت نسبت به این فاکتورها.
- تکرار آزمایش با اختلاط انواع دیگری از کود های شیمیایی، بیولوژیکی، و دامی
- بررسی غلظت عناصر مختلف در گیاه و خاک پس از تکمیل دوره رشد
- بالا بردن سطح آگاهی و دانش کشاورزان در مورد کود های بیولوژیک و گوگرد عنصری، و ترکیب آنها در حضور مقدار کافی باکتریهای اکسید کننده.
- با توجه به اینکه کودهای شیمیایی خالص سازی شده و هیچ گوگردی نداشته و کشاورزان کمتر به اثرات مفید آن آگاهی دارند تحقیق بیشتر در خصوص استفاده از گوگرد عنصری و تاثیر مثبت آن در خاکها و عملکرد محصولات امری ضروری بنظر میرسد.

پیوست ها

شکل پیوست ۱: نقشه کشت

S0V0T1	S0V0T0	S1V1T1	S0V1T0	S0V1T0	S0V0T1	S1V1T1	S1V0T1	S2V1T1	S0V1T1	S2V1T0	S0V1T1
جوی اصلی آب											
S0V0T1	S0V0T0	S1V1T1	S0V1T0	S0V1T0	S0V0T1	S1V1T1	S1V0T1	S2V1T1	S0V1T1	S2V1T0	S0V1T1
جوی اصلی آب											
S0V0T0	S2V0T0	S2V0T1	S2V0T1	S2V1T1	S2V1T0	S1V0T1	S2V0T1	S0V1T0	S1V0T1	S0V0T1	S1V1T1

جدول پیوست ۱: برخی از خصوصیات خاک مورد نظر قبل از اجرای طرح (۰-۳۰ cm)

وزن مخصوص ظاهری g/cm	پتاسیم قابل جذب ppm	فسفر قابل جذب ppm	نیتروژن کل ٪	کربن آلی ٪	EC mmho.cm ⁻¹	بافت خاک	pH
۱/۳۸	۲۸۴	۷/۲	۰/۰۲	۰/۳۲	۸/۴۲	لومی	۷/۸۲

جدول پیوست ۲: برخی از خصوصیات ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

تخلخل	رطوبت	عناصر میکرو (ppm)					%N	%P	%K	%O.C	%Ca	EC	pH
		Mg	Fe	Zn	Mn	Cu							
%۳۴/۵	%۲۱	۰/۵۷	۴۷۱۷	۱۳۷/۲۷	۲۹۴/۱۵	۶۲/۰۱	۲/۳۶	۱/۰۶	۱/۱۳	۳۱	۳/۸	۳/۱	۷/۶

جدول پیوست ۳: خصوصیات آب مورد استفاده در طرح

طبقه بندی آب	SO ₄ ⁻² meq/l	CL ⁻¹ meq/l	HCO ₃ ⁻¹ meq/l	CO ₃ ⁻² meq/l	Na meq/l	K meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l	T.D.S mg/l	S.A.R	Ec μS.m ⁻¹	pH
C3S1	۲/۲	۶/۸	۱/۳	۰/۰	۶/۰	۰/۰۳	۲/۸	۲/۶	۶۲۷	۳/۶۵	۹۸۰	۷/۵

جدول پیوست ۴ : تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده درخاک تحت تاثیر عوامل آزمایش

FC	SP	SO4	Fe	Zn	P	TN	OC	PH	EC	درجه آزادی	منابع تغییر
.0/.495 ^{ns}	.0/1315*	.0/1511 ^{ns}	.0/0057 ^{ns}	.0/00425 ^{ns}	.0/1021 ^{ns}	.0/0009 ^{ns}	.0/0001 ^{ns}	.0/000 ^{ns}	.0/00069 ^{ns}	۲	تکرار
.0/652**	.0/2777**	۴۱۲/۱۱۸**	۹۴/۹۷۰**	۶/۳۶۰۵**	۲۳۲/۴۹۷**	.0/0001 ^{ns}	.0/00025 ^{ns}	.0/628**	.0/1935**	۲	گوگرد
۱۸/۸۵**	.0/565**	۴۹/۹۹**	۱۴۶/۸۱۳**	۷/۳۳۵**	۲۸۱/۴۵۶**	.0/00039**	.0/00075**	.0/2193**	.0/4624**	۱	ورمی کمپوست
۲/۵۰۱**	.0/0084 ^{ns}	۳۰/۳۶۰**	۶۳/۷۸۶**	۶/۵۴۵**	۸۷/۸۵۹**	.0/0001 ^{ns}	.0/00033 ^{ns}	.0/1100**	.0/4011**	۱	تیوباسیلوس
۵/۸۱۶**	.0/115*	۵۳/۵۹**	۶/۲۶۴**	۲/۰۹۴۱**	۱۳/۱۰۳۲**	.0/00015**	.0/00305**	.0/0373**	.0/0001 ^{ns}	۲	گوگرد * ورمی کمپوست
.0/175*	.0/0156 ^{ns}	۲/۴۳۳**	۳/۳۹۷**	.0/0536**	.0/856 ^{ns}	.0/00004**	.0/0001 ^{ns}	.0/0008 ^{ns}	.0/0081 ^{ns}	۱	ورمی کمپوست * تیوباسیلوس
۵/۹۳۲**	.0/4654**	۹۷/۴۷۲**	۶/۵۳۸**	۱/۴۸۰۲**	۱۶/۰۳۲۵**	.0/00027**	.0/0026**	.0/0348**	.0/581**	۲	گوگرد * تیوباسیلوس
.0/۲۲۱۲*	.0/0061 ^{ns}	.0/۲۸۶**	۲/۵۳۸**	.0/878**	۳/۲۹۴**	.0/000015*	.0/00025 ^{ns}	.0/0017 ^{ns}	.0/0088*	۲	گوگرد*ورمی کمپوست*تیوباسیلوس
.0/۰۳۲۸	.0/۰۳۰۵	.0/۰۴۵	.0/۰۶۳۵	.0/۰۰۳۵۴	.0/۱۷۹	.0/000019	.0/00009	.0/0020۳	.0/002۳	۲۲	خطا
.0/۹۳۰۵	.0/۴۸۲۶	۱/۳۳	۱/۱۷۱	۲/۱۱۴	۲/۶۵۴	۵/۹۵۶	۲/۸۸۱۵	.0/۵۹۸۴	.0/۵۶۷۷	ضریب تغییرات (C.V)	

* و ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۰.۵٪ و کاملاً معنی دار در سطح ۱٪ و عدم معنی داری

جدول پیوست ۵: مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در خاک، تحت تاثیر تیمارهای اصلی آزمایش

%FC	%SP	SO4(ppm)	Fe(ppm)	P(ppm)	Zn(ppm)	%TN	%OC	pH	EC(dSm ⁻¹)	مقدار مصرف	تیمار آزمایشی
۱۹/۴۵۷a	۳۶/۳۹۵a	۹/۲۴۸c	۱۸/۸۱۹c	۱۱/۳۶۵c	۱/۹۸۱c	۰/۰۲۴۷a	۰/۳۳۴ab	۷/۷۸۲a	۸/۴۵۹c	صفر کیلوگرم	
۱۹/۳۷۵a	۳۶/۱۷۹b	۱۸/۲۹۹b	۲۲/۲۵۹b	۱۶/۳۱۰b	۳/۱۲۹b	۰/۰۲۳۱b	۰/۳۳۰b	۷/۴۵۱b	۸/۶۳۷b	۵۰۰ کیلوگرم	گوگرد
۱۹/۰۱۹b	۳۶/۱۰۲b	۲۰/۲۷۸a	۲۴/۳۹۵a	۲۰/۱۴۵a	۳/۳۳۱a	۰/۰۲۳۰b	۰/۳۴۰a	۷/۳۴۳c	۸/۷۰۵a	۱۰۰ کیلوگرم	
۱۸/۵۶۰b	۳۶/۱۰۰b	۱۴/۳۲۹b	۱۹/۸۰۵b	۱۳/۱۴۲b	۲/۳۵۶b	۰/۰۲۰۳b	۰/۳۲۰b	۷/۶۰۳a	۸/۴۸۷b	عدم مصرف	ورمی کمپوست
۲۰/۰۰۷a	۳۶/۳۵۱a	۱۷/۵۸۷a	۲۳/۸۴۳a	۱۸/۷۳۶a	۳/۲۷۱a	۰/۰۲۹۶a	۰/۳۴۹a	۷/۴۴۷b	۸/۷۱۳a	(t/ha)	صرف
۱۹/۰۲۰b	۳۶/۲۴۱a	۱۵/۰۳۵b	۲۰/۴۹۳b	۱۴/۳۷۷b	۲/۳۸۷b	۰/۰۲۳۸a	۰/۳۳۳a	۷/۴۷۰b	۸/۴۹۵b	عدم مصرف	تیوباسیلوس
۱۹/۵۴۷a	۳۶/۲۱۰a	۱۶/۸۷۲a	۲۳/۱۵۵a	۱۷/۵۰۲a	۳/۲۴۰a	۰/۰۲۳۴a	۰/۳۳۶a	۷/۵۸۱a	۸/۷۰۶a		صرف

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول پیوست ۶ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر هدایت الکتریکی محلول خاک

هدایت الکتریکی (dSm ⁻¹)	تیمارهای آزمایشی			گوگرد
		تبوباسیلوس	ورمی کمپوست	
۸/۳۰۳	H	عدم مصرف		
۳/۳۸۷	G	صرف	عدم مصرف	
۸/۵۴	F	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۸/۶۰۶	EF	صرف	t/ha ۵	
۸/۳۷۳	GH	عدم مصرف		
۸/۶۷	DE	صرف	عدم مصرف	
۸/۶۹۷	CD	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۸/۸۱	B	صرف	t/ha ۵	
۸/۴۲۳	G	عدم مصرف		
۸/۷۶۷	BC	صرف	عدم مصرف	
۸/۶۳۳	DE	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۸/۹۹۷	A	صرف	t/ha ۵	
۰/۰۸۱۲۱				LSD ۰.۰۵

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول پیوست ۷ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر درصد نیتروژن کل

درصد ازت کل	تیمارهای آزمایشی			گوگرد
		تبوباسیلوس	ورمی کمپوست	
۰/۰۲۱۳۳	CDE	عدم مصرف		
۰/۰۱۸	DE	صرف	عدم مصرف	
۰/۰۳۶	A	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۰/۰۲۳۶۷	BCDE	صرف	t/ha ۵	
۰/۰۱۸۳۳	DE	عدم مصرف		
۰/۰۱۶۶۷	E	صرف	عدم مصرف	
۰/۰۳۱۶۷	AB	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۰/۰۲۶	BCD	صرف	t/ha ۵	
۰/۰۱۸۶۷	DE	عدم مصرف		
۰/۰۲۹	ABC	صرف	عدم مصرف	
۰/۰۱۷	E	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۰/۰۲۷۳۳	BC	صرف	t/ha ۵	
۰/۰۰۸۴۶۷				LSD ۰.۰۵

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول پیوست ۸ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر فسفر محلول

(mg/kg) فسفر		تیمارهای آزمایشی		
		تیوباسیلوس	ورمی کمپوست	گوگرد
۹/۵۶	J	عدم مصرف		
۹/۷۹۷	J	صرف	عدم مصرف	
۱۲/۵۵	H	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۱۳/۵۵	G	صرف	t/ha ۵	
۱۱/۴۱	I	عدم مصرف		
۱۵/۳۳	E	صرف	عدم مصرف	
۱۶/۰۳	D	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۲۲/۴۷	B	صرف	t/ha ۵	
۱۴/۱۸	F	عدم مصرف		
۱۸/۵۹	C	صرف	عدم مصرف	
۲۲/۵۳	B	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۲۵/۳۸	A	صرف	t/ha ۵	
۰/۴۱۳۶		LSD 0.05		

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول پیوست ۹ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر روی محلول

(mg/kg) روی		تیمارهای آزمایشی		
		تیوباسیلوس	ورمی کمپوست	گوگرد
۱/۴۴۶	H	عدم مصرف		
۱/۵۰۰	H	صرف	عدم مصرف	
۲/۳۰	F	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۲/۶۸	E	صرف	t/ha ۵	
۱/۶۶۳	G	عدم مصرف		
۲/۹۰	D	صرف	عدم مصرف	
۳/۸۶	C	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۴/۰۹	B	صرف	t/ha ۵	
۲/۷۹۶	D	عدم مصرف		
۳/۸۳۳	C	صرف	عدم مصرف	
۲/۲۶	F	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۴/۴۳۶	A	صرف	t/ha ۵	
۰/۴۱۳۶		LSD 0.05		

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۰ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر آهن محلول

		تیمارهای آزمایشی		
آهن (mg/kg)		تیوباسیلوس	ورمی کمپوست	گوگرد
۱۷/۱۳	L	عدم مصرف		
۱۷/۸۳	K	صرف	عدم مصرف	
۱۹/۵۲	H	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۲۰/۷۹	G	صرف	t/ha ۵	
۱۷/۴۰	J	عدم مصرف		
۲۲/۲۳	F	صرف	عدم مصرف	
۲۲/۸۶	E	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۲۵/۵۸	C	صرف	t/ha ۵	
۱۸/۹۷	I	عدم مصرف		
۲۴/۲۷	D	صرف	عدم مصرف	
۲۶/۰۷	B	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۲۸/۲۷	A	صرف	t/ha ۵	
۰/۴۲۸۴				LSD _{0.05}

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد .

جدول پیوست ۱۱ : مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر سولفات محلول

		تیمارهای آزمایشی		
سولفات (mg/kg)		تیوباسیلوس	ورمی کمپوست	گوگرد
۷/۳۱۷	I	عدم مصرف		
۷/۵۲	I	صرف	عدم مصرف	
۱۰/۲۳	H	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۱۲/۰۷	G	صرف	t/ha ۵	
۱۵/۰۵	E	عدم مصرف		
۲۲/۷۵	B	صرف	عدم مصرف	
۱۳/۶۵	F	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۲۱/۷۵	C	صرف	t/ha ۵	
۱۸.۶۵	D	عدم مصرف		
۱۴/۶۹	E	صرف	عدم مصرف	
۲۵/۳۲	A	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۲۲/۴۵	B	صرف	t/ha ۵	
۰/۳۵۹۲				LSD _{0.05}

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد .

جدول پیوست ۱۲: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر درصد ظرفیت زراعی خاک

درصد ظرفیت زراعی		تیمارهای آزمایشی		گوگرد
		تیوباسیلوس	ورمی کمپوست	
۱۸/۶۵	D	عدم مصرف		
۱۸/۴۲	DE	صرف	عدم مصرف	
۲۰/۴۷	B	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۲۰/۳۰	B	صرف	t/ha ۵	
۱۸/۲۳	EF	عدم مصرف		
۱۷/۹۳	FG	صرف	عدم مصرف	
۲۰/۸۹	A	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۲۰/۴۹	B	صرف	t/ha ۵	
۱۸/۲۲	EF	عدم مصرف		
۱۹/۹۲	C	صرف	عدم مصرف	
۱۷/۶۷	G	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۲۰/۲۷	B	صرف	t/ha ۵	
۰/۳۰۶۷				LSD 0.05

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۳: مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی سه گانه بر عملکرد بیولوژیکی ذرت

عملکرد بیولوژیکی (t/ha)		تیمارهای آزمایشی		گوگرد
		تیوباسیلوس	ورمی کمپوست	
۱۸/۶۸	EF	عدم مصرف		
۱۸/۸۰	EF	صرف	عدم مصرف	
۱۹/۷۸	D	عدم مصرف		صفر کیلوگرم
۱۸/۶۲	F	صرف	t/ha ۵	
۲۱/۷۰	C	عدم مصرف		
۲۱/۳۵	C	صرف	عدم مصرف	
۲۳/۳۰	B	عدم مصرف		۵۰۰ کیلوگرم
۱۸/۴۱	F	صرف	t/ha ۵	
۱۹/۵	DE	عدم مصرف		
۲۰/۹۱	C	صرف	عدم مصرف	
۲۴/۵۷	A	عدم مصرف		۱۰۰۰ کیلوگرم
۲۴/۵۷	A	صرف	t/ha ۵	
۰/۸۴۳۳				LSD 0.05

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۴ : تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده درگیاه تحت تاثیر عوامل مورد بررسی در این آزمایش

منابع تغییر	آزادی	ارتفاع	وزن صدانه	طول بال	تعداد ردیف در بال	تعداد دانه در ردیف	عملکرد دانه	بیولژیکی	عملکرد	منابع تغییر	
تکرار		۰/۰۰۱۷۶ ^{ns}		۰/۳۷۴**		۰/۰۵۸ ^{ns}		۰/۱۲۲۷ ^{ns}		۳/۳۳**	
گوگرد		۰/۰۶۸**		۱/۵۵**		۳/۸۲۳*		۱۳/۰۱۹**		۰/۹۱۸**	
ورمی کمپوست		۰/۲۱۳۱**		۷/۲۸۱**		۴/۷۶۶*		۳۷/۲۹**		۱/۹۵**	
تیوباسیلوس		۰/۰۱۰۷ ^{ns}		۴/۵۰۱**		۱۰/۸۴۶**		۱۴/۵۶**		۲/۴۳۳**	
گوگرد*ورمی کمپوست		۰/۰۰۱۵ ^{ns}		۰/۰۸۶۲ ^{ns}		۱/۰۴۸ ^{ns}		۱/۹۳ ^{ns}		۰/۱۸۷*	
ورمی کمپوست*تیوباسیلوس		۰/۰۰۲۰ ^{ns}		۰/۱۴۸ ^{ns}		۱/۰۱۳ ^{ns}		۰/۰۸۴ ^{ns}		۰/۰۱۰۶ ^{ns}	
گوگرد*تیوباسیلوس		۰/۰۰۰۵۴ ^{ns}		۰/۴۹۸ ^{ns}		۱/۱۸۶۹ ^{ns}		۴/۱۵۸ ^{ns}		۰/۱۸۰۹*	
گوگرد*ورمی کمپوست*تیوباسیلوس		۰/۰۰۰۶۳ ^{ns}		۰/۲۰۲ ^{ns}		۰/۲۰۳ ^{ns}		۰/۱۱۳ ^{ns}		۰/۰۱۸۹ ^{ns}	
خطا		۰/۰۰۲۰۸		۰/۱۹۴۵		۰/۰۷۶۱		۰/۰۳۲۱		۱/۱۲۹	
ضریب تغییرات (C.V)		۲/۲۰۹۸		۱/۵		۵/۳۶۹		۱/۲۳۳		۳/۹۵۴	
* و ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۰.۱٪ و معنی دار در سطح ۰.۵٪ و عدم معنی داری											

جدول پیوست ۱۵: مقایسه میانگین تأثیر پارامترهای اندازه گیری شده در گیاه تحت تأثیر تیمارهای اصلی آزمایش

عملکرد بیولوژیکی (t/ha)	عملکرد دانه (t/ha)	تعداددانه در دیف	تعداد ردیف	طول بلال (cm)	وزن صدادنه (gr)	ارتفاع (cm)	مقدار مصرف	تیمار آزمایشی
۱۹/۱۹۸b	۸/۲۴b	۲۷/۵۳b	۱۴/۲۲b	۱۵/۶۹۶b	۲۸/۹۷b	۱۹۸ c	صفر کیلوگرم	
۲۰/۸۴۷a	۸/۶۷a	۲۹/۲۵۵a	۱۴/۶۲a	۱۶/۲۳ab	۲۹/۵۶a	۲۰۸ b	۵۰۰ کیلوگرم	گوگرد
۲۱/۰۰۴a	۸/۷۵۵a	۲۹/۴۱a	۱۴/۷۰a	۱۶/۸۲a	۲۹/۶۹a	۲۱۳ a	۱۰۰۰ کیلوگرم	
۱۹/۱۱۷b	۸/۳۲b	۲۷/۷۱۸b	۱۴/۲۸b	۱۵/۸۸۶b	۲۸/۹۳۸b	۱۹۸ b	عدم مصرف	ورمی کمپوست
۲۱/۵۸a	۸/۷۸۹a	۲۹/۷۵a	۱۴/۷۵۶a	۱۶/۶۱a	۲۹/۸۳a	۲۱۴ a	(t/ha) مصرف	
۱۹/۵۸b	۸/۲۹۶b	۲۸/۱b	۱۴/۳۵b	۱۵/۷۰۱b	۲۹/۰۳b	۲۰۰ b	عدم مصرف	تیوباسیلوس
۲۱/۱۱۶a	۸/۸۱۶a	۲۹/۳۷a	۱۴/۶۹a	۱۶/۷۹۹a	۲۹/۷۴a	۲۱۱ a	صرف	

حروف غیر مشترک در ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

منابع مورد استفاده:

- ۱- امام، ی. و. م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۲- بایبوردی، ص، ۱۳۸۸. بررسی افزایش راندمان مصرف سوپر فسفات تریپل از طریق کاربرد ریز جانداران بومی خاک در کشت ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۳- بحرانی، م. ج. ۱۳۸۰. فراوری گیاهان علوفه ای. انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۴- بشارتی کلایه، ح، ۱۳۷۹. اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک جهت افزایش اکسیداسیون آن. مجله خاک و آب، شماره ۷، جلد ۱۲، ۱۰۶-۱۱۴.
- ۵- بشارتی ح، ۱۳۸۲. تهیه ماده نگه دارنده مناسب برای کنترل باکتریهای جنس تیوباسیلوس و مطالعه اثرات متقابل آنها با قارچ های ما یکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم، پایان نامه دکترا، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس ۱۹۳.
- ۶- بشارتی کلایه، ح، ۱۳۷۹ اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک جهت افزایش اکسیداسیون آن . مجله خاک و آب، شماره ۷، جلد ۱۲ صفحه های ۱۱۴-۱۰۶
- ۷- بهره مند، افیونی ر، حاج عباسی م و رضائی نژادی، ۱۳۸۱ . اثر لجن فاضلاب بر خواص فیزیکی خاک . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، جلد ۶، شماره ۴ ، صفحه ۱-۹.
- ۸- بهره مند، م. ر، ۱۳۷۸ ، اثرات کوتاه مدت و میان مدت کودهای آلی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه صنعتی اصفهان .
- ۹- پور صالح، م. .، ۱۳۷۳ . غلات (گندم ، جو ، برنج ، ذرت) ، انتشارات صفار .
- ۱۰- تاج بخش، م. .، ۱۳۷۵ . ذرت : زراعت ، اصلاح ، آفات و بیماریهای آن ، انتشارات احرار تبریز .
- ۱۱- خوازی ک، اسدی رحمانی ۵ و ملکوتی م ج، ضرورت تولید صنعتی کودهای زیستی در کشور (مجموعه مقالات انتشارات سنا).

- ۱۲- خادمی، ز. الفتی، م و داودی، م. ۱۳۸۰. بررسی تاثیر مصرف کود های شیمیایی و آلی بر خصوصیات خاک در تناوب گندم و ذرت. مقالات کوتاه هفتمین کنگره علوم خاک ایران.
- ۱۳- خدابنده ، ن .. ۱۳۷۲ . غلات ، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- خدابنده، ن .. ۱۳۶۷ . زراعت غلات ، مرکز نشر سپهر .
- ۱۵- خواجه پور، م . ر.، ۱۳۸۳. تولید غلات ، جزوه درسی دانشگاه صنعتی اصفهان ، چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۱۶- خواجه پور، م . ر .. ۱۳۸۰ ، جزوه درسی تولید غلات ، دانشگاه صنعتی اصفهان .
- ۱۷- خیامبashi، ب، ۱۳۷۶، "اثرات استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در آلاиш و انباشت عناصر سنگین در خاک و گیاه،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان .
- ۱۸- رستگار، م . ع .. ۱۳۸۴ . زراعت نباتات علوفه ای ، انتشارات نویرد ازان .
- ۱۹- رضاپور س و صمدی ع، ۱۳۸۲ . برهمکنش گوگرد عنصری و کود دامی در اصلاح خاکهای جنوب غربی ارومیه . خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، تهران . صفحه ۲ .
- ۲۰- رضایی نژاد، ی و افیونی ، م ، ۱۳۷۹ ، اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک ، جذب عناصر بوسیله ذرت و عملکرد آن ، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ، جلد چهارم ، شماره . چهارم ، ص ص ۲۹-۱۹ .
- ۲۱- رمروdi، م .. ۱۳۷۴ . تعیین مناسب ترین رقم و میزان ازت سرک در کشت ذرت بعد از گندم . پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه صنعتی اصفهان .
- ۲۲- روستا، م . ج، صالح راستین، ن. و مظاہری اسدی، م. ۱۳۷۷. بررسی و فعالیت آزوسپیریلوم لیپروفوم در برخی از خاک های ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۹۸-۲۹۸:۲۸۵ .
- ۲۳- زائری ع، رضایی نژاد ی، افیونی م و شریعتمداری ح، ۱۳۸۴. اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب بر پایداری خاکدانه ها، نفوذپذیری و جرم مخصوص ظاهری خاک. مجله علمی کشاورزی. جلد ۲۸ ، شماره ۱، صفحه های ۱۱۳-۱۰۸ .

- ۲۴- زرین کفش، م ، ۱۳۷۶، حاصلخیزی خاک و تولید ، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲۵- زمانی پور، اسدالله، ۱۳۲۸ - ترویج کشاورزی در فرآیند توسعه / تألیف اسدالله زمانی پور. مشهد: تیهو. ۱۳۷۹.
- ۲۶- سالار دینی، ع ، ۱۳۷۱ ، حاصلخیزی خاک ، موسسه انتشارات دانشگاه تهران .
- ۲۷- سالار دینی، ع ا ، (مترجم) ، ۱۳۷۲ ، اصول تغذیه گیاه ، جلد ۱ : جنبه های بنیادی ، چاپ دوم ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۴۳۳ صفحه.
- ۲۸- سرمه نیا، غ . و ع . کوچکی ، ۱۳۷۶ . فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه) ، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۲۹- شاهرخ، عزیز. ۱۳۶۸. اثر گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر در زراعت پنبه در داراب، فارس، سومین کنگره علوم خاک ایران، کرج، ایران.
- ۳۰- شاه منصوری، مر. و پرورش، ع، ۱۳۷۱. تهیه کودهای آلی کمپوست، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۳۱- شریفی عاشوری آبادی، ا . ۱۳۷۷. بررسی حاصلخیزی خاک در اکوسيستم های زراعی .پایان نامه دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات ، ۲۸۴ صفحه .
- ۳۲- علی اصغرزاده ن، ساعدی س وزمزمی س، ۱۳۷۷ . بررسی کارایی باکتریهای اسید دوست جنس تیوباسیلوس در اکسایش گوگرد و کاهش اسیدیته خاک. مجله دانش کشاورزی، جلد ۸، شماره های ۱ و ۲. صفحه های ۷۵-۹۱.
- ۳۳- فتحی، ق . ا . ۱۳۷۸ . رشد و تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه) . انتشارات جهاد دانشگاهی ، دانشگاه فردوسی مشهد .
- ۳۴- قبادیان، عطاءالله، ۱۳۶۹. سیمای طبیعی فلات ایران، کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ۳۵- کاظمی اربط، ح ، ۱۳۷۴ ، زراعت خصوصی . جلد اول ، مرکز نشر دانشگاهی.

- ۳۶- کاظمینی سعی الف ر، غدیری ح، کریمیان نع، کامگار حقیقی ع الف و خردنام م، ۱۳۸۷ . اثر برهmeknesh Nitrophen و مواد آلی بر رشد و عملکرد گندم دیم . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲ ، شماره ۴۵ (ب) صفحه های ۴۶۱-۴۷۲
- ۳۷- کریمی، ۵ . . ، ۱۳۷۵ ، زراعت و اصلاح گیاهان علوفه ای ، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳۸- کریمیان ن، مفتون م، ابطحی ع و یشربی ج . اثر باقیمانده سولفات روی بر فرم های شیمیایی روی در خاک و رابطه این فرم ها با جذب روی توسط گیاه. معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز. انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۳۹- کریمی نیا آ و شعبانپور شهرستان بهه ۱۳۸۲ . ارزیابی توان اکسایش گوگرد توسط میکرو ارگانیسمهای هتروتروف در خاکها مختلف. مجله علوم خاک و آب، ج ۱۷، شماره ۱ . صفحه های ۶۸-۷
- ۴۰- کلباسی، م ۱۳۷۵ . وضعیت مواد آلی در خاکهای ایران و نقش کمپوست . مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۷
- ۴۱- کوچک زاده هی، ملکوتی م ج و خوازی ک، ۱۳۸۴ . نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل کنندهای فسفات و مواد آلی در تأمین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک فسفات.
- ۴۲- کوچکی، ع. ح. خیابانی و غ. ح. سرمه نیا، ۱۳۶۶، تولید محصولات زراعی (ترجمه) ، انتشارات جهاددانشگاهی فردوسی مشهد .
- ۴۳- کوچکی، ع . وج خلقانی ، ۱۳۷۴ . شناخت مبانی تولید محصولات زراعی (ترجمه) ، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴۴- کوچکی، ع .. نخ فروش ، غ، و ظریف کتابی ، خ (مترجمان) ، ۱۳۷۶ ، کشاورزی ارگانیک ، انتشارات دانشگاه مشهد .
- ۴۵- کوچکی، ع و ج، خلقانی. (۱۳۷۷). کشاورزی پایدار در مناطق معتدل. دانشگاه فردوسی مشهد.

۴۶- گودرزی، ک. ۱۳۸۳ . بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. (روشهای نوین تغذیه گندم مجموعه مقالات. دفتر طرح خود کفایی گندم - وزارت جهاد کشاورزی).

۴۷- مجیدیان، م .، ا. قلاوند .، ن. کریمیان و ع ا. کامگار حقیقی ، ۱۳۸۴ . تاثیر تنفس رطوبت ، کود شیمیایی نیتروژن، کود دامی و تلفیقی از کود نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان استفاده از آب در ذرت سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ، ۴۵ : ۴۳۲-۴۱۷.

۴۸- ملکوتی، م ج، و نفیسی ، م ، ۱۳۶۷ ، مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم ، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس .

۴۹- ملکوتی، م ج و ریاضی همدانی ، ع .، (مترجمان) ، ۱۳۷۰ ، کودها و حاصلخیزی خاک ، مرکز نشر دانشگاهی ، ۸۰۰ صفحه .

۵۰- ملکوتی، م. ج . ۱۳۷۳. حاصل خیزی خاک های مناطق خشک (مشکلات و راه حل ها) انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵۱- ملکوتی، محمد جعفر. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۵۲- ملکوتی، م. ج.، کریمیان، ن.، کشاورز، پ. ۱۳۸۴. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. تهران: دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار علمی، صفحه های ۵۸-۵۲.

۵۳- ملکوتی م ج، ملکوتی ا، بای بوردی ع و خامسی ع ۱۳۸۹. روی عنصری فراموش شده در چرخه ای حیات گیاه، دام و انسان (چاپ دهم با بازنگری کامل). نشریه فنی شماره ۷۰۰ ، انتشارات سنا.

۵۴- مودب شبستری، م . و م . مجتبهدی . ۱۳۶۹ فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه) ، مرکز نشر دانشگاهی.

۵۵- موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۳۶۹. مجموعه فهرست شده موسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات کشاورزی، شماره ۸۰۶، تهران، ایران.

- ۵۶- مهاجر میلانی پ. ۱۳۷۹ . مروری بر تحقیقات کاربرد گوگرد و مشتقات آن در موسسه تحقیقات خاک و آب . ماهنامه علمی تخصصی کشاورزی زیتون، شماره ۲۳ . صفحات ۱۴۲-۲۸.
- ۵۷- میرزایی تالارپشتی ر، کامبوزیا ج، صباحی ح و دامغانی ع، ۱۳۸۸ . اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد 7. شماره 1. صفحه های ۲۶۷-۲۵۷.
- ۵۸- میرنیا، س. خ، س. ع. م. مدرس ثانی و ط . پیری. ۱۳۸۰. تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر رشد و توسعه ریشه ذرت. مجله علوم خاک ایران (ویژه نامه بیولوژی). ۴۳:۴۷-۱۵.
- ۵۹- نجفی، ا. ، ۱۳۷۹ . ذرت آجیلی ، نشر آموزش کشاورزی .
- ۶۰- نعیم، ع. ا. ، ۱۳۵۸ . ذرت ، انتشارات سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ، موسسه بررسی آفات و بیماریهای گیاهی .
- ۶۱- نوروزی س، ۱۳۸۳ . اثرات تغذیه ای روی و بور بر درصد جوانه زنی و رشد لوله گرده در گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶۲- نورزاده حداد م، مهدیان م ح، خوازی ک و ملکوتی م ج، ۱۳۸۸ . پهنه بندی عنصر روی به منظور مدیریت بهینه کودی با استفاده از روش‌های زمین آماری. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران . گرگان.
- نورقلی پور، ف، ملکوتی، م. ج. و خوازی، ک (۱۳۷۹) نقش باکتری های تیوباسیلوس و حل کننده فسفات بر افزایش قابلیت جذب فسفر از منبع خاک فسفات بوسیله ذرت . مجله علمی پژوهشی خاک و آب (ویژه نامه تیوباسیلوس) جلد ۱۲ شماره ۱۱، ۴۴-۵۳.
- ۶۳- نورمحمدی، ق، س. ع. سیادت. و ع. کاشانی، ۱۳۸۰. زراعت جداول غلات ، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۶۴- والاس، جی. ۱۳۸۴ . اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک)(ترجمه: کوچکی، ع. ا. غلامی، ع.، مهدوی دامغانی ول. تبریزی). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۶۵- وزارت کشاورزی. شورای برنامه ریزی کشاورزی و آب . برنامه اول توسعه اقتصادی ، اجتماعی و فرهنگ جمهوری اسلامی . برنامه پنجم ساله بخش کشاورزی (۱۳۷۲ - ۱۳۶۸) . کتاب چهارم (زراعت . جلد دوازدهم (ذرت) .

۶۶- هاشمی دزفولی، س . ا . و ا . ع . مرعشی ، ۱۳۷۱ . تغییر میزان مواد فتوسنترزی در زمان گلدهی و تاثیر آن بر رشد دانه ، عملکرد و اجزای عملکرد گندم ، مجله علوم و صنایع کشاورزی ، ۱۸-۱۲ : ۲ .

۶۷- یزدی صمدی، ب ، وس . عبد میثاھی ، ۱۳۷۵ . اصلاح نباتات زراعی ، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی .

68- Abu – Zeid, M . I, Nafady , M . H . , Hassanien , H . G . and Ahmed , M .M.1997. “The capacity of clay soil to supply P and K as affected by adding organic manure ” , Assiut . J .Agric .sci . , 23 (4) : 171 – 185 .

69- Aggarwal, R.K.., K. Praveen and J.F. Power.1997.Use of crop residue and manure to conserve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. Soil and tillage Research, 41:43-57.

70- Aggelides SM and Londra PA, 2000. Effect of compost produced from town wastes and sewage sludge on the Physical Properties of a Lomy and Clay soil. Bioresource Technology. 71: 235-259

71- Aiken, G.R., McKnight, D. M., and Wershaw, R. L., eds.(1985a)."Humic Substances in Soil, Sediments, and Water."Wiley(Interscience) New York.

72- Alexander, M. 1977.Introduction to Soil Microbiology.2nd Edition. John Wiley & Sons, Ink. New York.

73- Andrade , F . H . , L .Echart . , R .Riazali , A . Dellamaggiora , and M . casanora .1993 . Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress . *croplsci* . 42 : 1173 – 1179.

74- Arnaud, C., M. Saint-Denis, J. F. Narbonne, P. Solerand and D. Ribera. 2000. Influences of different standardized test methods on biochemical responses in the earthworm Eisenia fetida andrei. Soil Biol. Biochem. 32: 67-73.

75- Asghari , M . and R . G .Hanson .1984 .Nitrogen , climate and previous crop effect on crop Yield and grain N . *Agron.J* .79: 254 – 259 .

- 76- 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
- 77- Attoe O J and Olsen R A. 1966. Factors affecting rate of oxidation in soils of elemental sulfur and that added in rick phosphate-sulfur fusions. *Soil Sci.* 101: 317-324.
- 78- Aveyard, J. 1988. Land degradation: Changing attitudes - why? *Journal of Soil Conservation, New South Wales* 44:46–51.
- 79-Azzazy MA, Makhsoud MA and Haggag LF, 1994. Biological farming and sulfur application for improvement of Fe, Zn and Mn uptake by guava (*Psidium guajava L.*) seedlings grown on calcareous soil. *Annals of Agricultural Science*. 39: 731-73.
- 80- Barrow, N. J., "A comparison of the mineralization of nitrogen and of sulfur from decomposing organic materials." *Australian J. Agr. Res.*, **11**:960 (1960).
- 81- Barrow, N. J., "Studies on the adsorption of sulfate by soils. *Soil Sci.*, 104:342 (1967).
- 82-Barrow. N.J. : K. Spencer and W.M. McArthur. 1969. Effects of rainfall and parent material on the ability of soils to absorb sulfate. *Soil Sci.* 108: 120-126.
- 83- Baure , A . and Black , A . L . , 1992 , “ Organic carbon effects on available water,,.
- 84- Beauchamp, E. G., 1987, “ Corn response to residual N From Urea and manure applied in previous year, “ *can. J. soil sci.*, 67: 931 – 942.
- 85-Bixby. D. T., and J. D. Beaton,"Sulphur-containing fertilizer, properties and application." *Tech. Bull. NO. 17.* Washington, D.C.: The sulphurInstitue, Desember 1970.
- 86-Bornemisza. E., and R. Llanos, "Sulfate movement, adsorption, and desorption in three Costa Rican soils." *SSSA Proc.*, 31:356 (1967).
- 87- Bouwman, A. F. (ed). 1990. *Soil and the Greenhouse Effect* (Chichester, U.K,: John Wiley
- 88-Brady, N. C. 1990. *The Nature and Properties of Soils* (MacMillan: New York).
- 89- Brengle , K . G . , 1982 , *principals and practices dryland Farming* , Colorado , Associated university press , Xii , 178 p . : ill . , Maps .

- 90- Baruzzini L and Delzan F, 1992. Soil fertility improvement and pollution risks from the use of compost referred to N, P, K and C balance. Pp. 51-62. Soil International Symposium on Compost Recycling of Wastes, Athenes, Greece.
- 91-Buffle, J., and Stumm, W. (1994). General chemistry of aquatic systems. In "Chemical and Biological Regulation of Aquatic Systems" (J. Buffle and R. R. DeVitre, EDS.), PP. 1-42. CRC Press, Boca Raton, FL.
- 92-Burns.G.R., "Oxidation of sulphur in soils. " Tech. Bull. No. 13. Washinton. D. C.:The Sulphur Institute, June 1968.
- 93- Cairns, R. R., and R. B. Cason, "Effect of sulfur treatments on yield and nitrogen and sulfur content of alfalfa grown on sulfur -deficient and sulfur-sufficient grey wooded soils." *Can, J. plant Sci.*, **41**:715 (1961).
- 94- Cecil ,F . and tester,C .F .,1990,"Organic amendment effects on physical and chemical properties of a Somali soil,"*J.soil sci. Am.*, **54**:827-831.
- 95-Chapman , s . R .and L . P .cartre .1976 .*cropproduction : principles and practices* . W .H . Freeman and company , son francisco . USA .
- 96- Chapman S J. 1989. Oxidation of micronized elementals sulfur in soil. Plant and Soil, 116: 69-76.
- 97-Charberek, S., and Martell, A. E. (1959). "Organic Sequestering Agents. "Wiley, New York.
- 98- Clark , M.S., W .R. Horwath, C. Sherman, and K.M. Scow.1998.Change in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomy Journal*. **90**:662-671.
- 99 DamodarReddy ,D., A. Subba and T.R. Rupa .2000. Effect of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in a vertical. *Bioresource Technology*, **75**:113-118.
- 100-Daughtry , c . s . T .and S. E . Hollinger .1984 .costs of measuring leaf area index of corn . *Agron .J* .**76** : 836 – 841.
- 101- Davarinejad, G.H., Haghniya, H., Shahbazi, H., and Mohammadiyan. R. 2002. Effect of compost and manure on sugar beet production. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **16**:2. 75-83.

- 102- Delovit , R ,7 . L .7 ,Greub and H . L .Ahlgren .1984 *crop poroduction*, 5 thed ,Engle Wood cliffs , NJ: prentice _ Hell , INC. , New Jersey.
- 103-Deluca, T. H. E. O. Skogley, and R. E. Egle. 1989. Band – applied elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. Biol.And Fert.Of Soils. 7: 346-350 reclamation and management of calcareous soils.
- 104- Dwyer , L . M ., M . Tolenaar and D . W. Stewart . 1991 . Changes in . Plant. Density dependence of leaf photosynthesis of maize (*zea mays l.*) hybrids , 1959 to 1988 . *can . J . plant sci* . 71 : 1 – 11.
- 105-Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Worknesh, A.H.C. Van Bruggen, and C. Shennan . 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California .Ecological Applications 5(4):1098-1112.
- 106-Ebtisam IE, 2007. Effect of soil and water salinity on barley grains germination under some amendments. World J. Agric Scie., Pakistan.
- 107- Ensminger, L. E., “Sulfur in relation to soil fertility” *Alabama Agr. .Exo. Sta. Bull.* 312 (1958).
- 108-Epstein ,E.,1975 , “Effects of sewage sludye on soil physical properties”, *J .Environ . Qual .*,21:318-329.
- 109-FAO Soils Bulletin 21. 1972. Calcareous Soils. Report of the FAO/UNDP regional seminar on reclamation and management of calcareous soils.
- 110-Finck, A. 1982.Fertilizers and Fertilization.VerlagChimie, Weinheim.
- 111-Fried.M. "The odsorption of sulfur dio xide by plants as shown by the use of radioactive sulfur."SSSA PROC.,13:135(1955).
- 112-Genter , C . f .and H . M .Camper .1973 . Component plant part development in mazie as affected by hybrids and population density *Agron . J*.65 : 665-671.
- 113- Giusquiani, P. L, pagliais, M., Giyliotti, G., Businell, D. and Benetti, A.,1995,” Urban waste compost effect on physical, chemical, and biochemical soil properties”,*J Environ. Qual.*,24:175-182.

114-Greenland, D.L.(1971). Ineractions between humic and fulvic acids and clays. *Soil Sci.* 111,34-41.

115- Guang , W . , 1995 , “ Evaluation of nitrogen availability in irrigated sewage sludge , sludge compost and manure compost ” , *J . Environ .Qual .* , 24 : 527 – 523 .

116- Gutiérrez-Miceli F.A, Moguel-Zamudio B. M, Abud-Archila and Dendooven L, 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology*. 99 :7020–7026.

117-Hagin, J., B. Tucker. 1982. Fertilization of dry land and irrigated soils, Spring-Verlag, New York, 186 p.

118-Han,H.S.,Supanjan and K.D.Lee. 2006. Effect of co- inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant Soil Environ.*,52:130-136.

119- Hanway .J .J .1963 , Growth stages of corn (*zea mays L .*) . *Agron .J*.55 : 487 – 892

120-Helling, C. S., Chester, G., and C OREY, R. B. (1964). Contribution of organic matter and clay to soil cation-exchange capacity as affected by the pH of the saturation solution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28, 517-520.

121-Hilder. E. J., "Some aspect of sulfur as a nutrient for pastures in New England soils." *Australian J. Agr. Res.*, 5:39(1954).

122-Islam M, Safdar A and Hayat A, 2009.Effect of integrated application of phosphorus and sulphur on yieldand micronutrient uptake by chickpea (*Cicerarietinum*). International Journal of Agriculture andBiology,11:33-38.

123- Jensen, J., “Some investigations of plant uptake of sulfur.” *Soil Sci.*, **95**:63 (1963).

124- Johnston, A.M., Janzen, H.H., Smith, E.G. 1995. Long-term spring wheat Response to summer fallow frequency and organic amendment in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*. 75. 347–354.

125- Jones. M. B., and J. E. Ruckman. "Effect of particle size on long-term availability of sulfur on annual-type grasslands." *Agron.J.*, 61:936(1969). 154- Jordan, H. V., and L. E. Ensminger,"The role of sulfur in soil fertility." *Advan. Agron.*, **10**:408 (1958).

126- Jordan, H. V., and L. E. Ensminger,"The role of sulfur in soil fertility." *Advan. Agron.*, **10**:408 (1958).

- 127-Kalbasi, M., N. Mnuchehri, and F. Filsoof. 1986. Local acidification of soil as a means to alleviate iron chlorosis on Quince orchards. *J. Plant Nutrition.* 9(3-7): 1001-1007.
- 128- Kanchikerimath, M. and D. Singh. 2001\ .Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a combisol India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86:155-162.
- 129- Kandan, A.2000. Induction of systemic resistance against tomato spotted wilt virus(TSWV)in tomato by fluorescent *Pseudomonas* strains. M.Sc.(Ag.)Thesis.Tamil Nadu. Agri. Uni.Combatore.Ind.
- 130-Kaplan, M. and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur an sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. *J. plant nutrition.* 21(8): 1655-1665.
- 131- Kapulink, Y.,Saig, S., Nur, A., Okon, Y. and Henis, Y. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. *Israel Journal of Botany* ,31:247-255.
- 132- Kaya M, Kucukyumuk Z and Erdal I, 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur-containing waste on nutrient concentrations and grown on calcareous soil. *African Journal of Biotechnology*, 8(18):4481-4489.
- 133-Kelly , A . F .and R . A .T .George .1998 .Encyclopedia of seed production of world crops . John wiley and sons INK . , NEW York.
- 134-Khalifa , m . R . , 1993 , “ some soil properties , yield : and elemental composition of seed and leaves of broad bean plants as influenced by some organic waste products ”, *J. Agric .Res . Tanta univ* , . 19 (4) :1000- 1011.
- 135-Khoshgoftarmanesh AH and Kalbasi M, 2000.Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Communications in Soil Sci and Plant Analysis.*33: 2011-2020.
- 136-Kittams. H. A. , "The use of sulfur for increasing the availability of phosphorus in rock phosphate." Ph.D. Thesis. University of Wisconsin. (1963).
- 137-Kittams, H. H. and O. J. Attoe. 1965. Availability of P in rock phosphate sulfur fusion.
Agron. J., 57: 331-334.

138- Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielski, L. and slow, o. 1992. slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. *Acta- Horticauhtre*,339:241-249.

139- Kononova, M. M. 1961. *Soil Organic Matter* Pergamon Press, New York.

140-Kowaljow, E., Mazzarino, M.J. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: Chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biology & Biochemistry*. 39, 1580–1588.

141-Kulkarni A. 2009. Biozink Solubilizing Microbes. WWW.biomax.traeindia.com.

142- Ladha, J.K., A.T., Padre, G.C., Punzalan, M., Garci, and I., Watanabe. 1989. Effect of inorganic N and organic fertilizers on nitrogen-fixing(acetylene-reducing)activity associated with wetland rice plants. In: Skinner, F .A., et al. (Eds.), *N₂ Fixation with Non-legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.263-272.

143- Larson, J. E., warren , D . F. and Langton, K., 1995, Effect of Fe and Al and Humic acid on phosphorous fiction by organic soil ", *soil sci. Am. Proc.* , 23: 438 – 440 .

144- Lindsay, W. L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley & Sons, New York.

145- Li. Paulina Y. W., "The oxidation of elemental sulfur in soil." MS Thesis. Univercity of Minnesota. 1964.

146- LiP and Caldwell A C. 1966. The oxidation of elemental sulfur in soil. *soil Sci.Soc. Am.* Proc, 70: 370-372.

147-Manahan, S. E. (1991)."Environmental Chemistry."5th. Ed. Lewiis Publishers, Chelsea, MI.

148-Mandal. L. N., "Tansformation of iron and manganese in water-logged rice soil." *Soil Sci.*, **91**:121 (1961).

149-Martin , f . w .1998 , Maize , Eco Tecchnical note . [http : //www . E conet .org /](http://www.E conet.org/) serch our site / paso search maize .

150-Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th Edition. International Potash Institute, Basel, Switzerland.

151-Miller, j. r. 1965. Effect of sulfur and gypsum addition on availability of rock phosphate
Soil. Sci. 82: 129-134

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

153- Moor , D . P . , 1972 . “ mechanisms of micronutrient uptake by plant ”, *soil sci . soc .Am .Madison .*

154-Morrison , T . A ., J . R . Kessler and D .R .Buxton .1994 .maize internode elongation patterns . *cropsci .* 34 : 1055 – 1056.

155-Mortensen, J. L. and F. L. Himes. 1964. Soil Organic Matter. Ch. 5 In Chemistry of theSoil.

156-Mortland, M. M. and W. D. Kemper. 1965. Specific Surface. Ch.42 In Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agron. Monog.No. 9. Part1.

157-Morvedt, J. J., P. M. Giordano, and W. L. Lindsay. 1991. Micronutrient in agriculture. Soil. Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin U.S.

158-Nachab MN, 1998. Refining the definition of field capacity in the literature. Journal of irrigation and drainage engineering 124(4): 230-232.

159- Naghrajah , S ., Posener , A . M .and Quirk , J . P . , 1970, competitive adsorption of phosphates with polygalacturonate and other organic anions on kaolinite and oxide surfaces , nature , Netherlands .

160- Nazari, M.A., Shariatmadari, H., Afyuni, M., Mobli, and Rahili, S. 2006. Effect of utilization leachate and industrial sewage sludge on concentration of some nutrient and yild of wheat, barley and corn.Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources, 10:3. 97-110.

161- Nelson , D. W. and kladivko, E. J., 1979, “ changes in soil properties from application of anaerobic sludge ,”*J. water poll . control fed .*, 51 : 325-332.

162- Nor Y M and Tabatabai M A. 1977. Oxidation of elemental sulfur in soils. Soil Sci. Soc. AmJ, 41: 736-741.

- 163- Obi , M .E . and P.O.Ebo .1995 . The effects of organic and inorganic amendment on soil physical properties and maize production in a severely degraded sandy soil in southern Nigeria.Biores. Tech nol .51:117-123.
- 164-Olson , R . A ., and D . H .sander .1988 .corn production . IN G .F . Sprague and J . W. Dudley (Ed .) . *cron and cron improvement* , pp . 643-678 .Am .soc. Agron ., Inc .madison , U . S .A .
- 165- Page, A .L . , 1974 , "fact and effects of trace element in sewage sludge when applied to agricultural lands " , *Environ . Technol .ser ,EpA – 670 / 2 – 74oo5* , cicinnatiohio , 98 p .
- 166- Pandya., A., E. Sharma and L.K.S.Pani. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the sikkim himalaya. *Soil. Biol. Biochm.* 30(3):379-384.
- 167-Parsons. J.W., and J. Tinsley. 1961. Chemical studies of polysaccharide material in soils and composts based on extraction with anhydrous formic acid. *Biophys. Soil Sci.* 92:46-53.
- 168- Phukan S. N, 1993. Effect of plant nutrition on the incidence of late blight disease of potatoin relation to plant age and leaf position. *Indian Journal.Mycol. Plant Pathol.* 23: 287-290.
- 169-Poeting , R . s .1990 .Phase change and the regulation of shoot morphogenesis in plants .*science* .250 : 923-930.
- 170-Rashid.M.,S.Khalil.,N.Ayub.,S.Alam and f.latif.2004. Organic Acids Production and Phosphate Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganisms(PSM)Under in vitro Conditions.*P. J. Biol.Sci.*7(2) :187-196.
- 171- Roe N E, 1998. Compost utilization for vegetable and fruit crops. *Hortscience.* vol.33.
(6):934-937
- 172- Sagoe,C.l.,Ando,T., Kouno, K.and Nagaoka,T.1998. Residual effects of organic acid treated phosphate rocks on some soil properties and phosphate availability. *Soil Science and Plant Nutrition*,44:627-634.
- 173- Shaharoona, B., M. Arshad., Z.A. Zahir and A. Khalid. 2006.Performance of *Pseudomonas* spp. Containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays L.*) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil.Biol.Biochem.* 38:2971-2975.

174-shaw , R . H .1977 .climatic requirement . pp . 609 -638 .In : G . F . Sprague (Ed.) ,*corn and corn improvement* . Agronomy .Amer .Soc .Agrom ,Inc . , wisconsin

175- Shi-wei, Z., Fu-zhen, H. 1991. The nitrogen uptake efficiency from N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure. In: Veersh, G.K., Rajgopal, D., Viraktamath, C.A. (Eds.), Advances in Management and Conservation of Soil Fauna. Oxford and IBH publishing Co., New Delhi,Bombay.,

176- Silvia, O., Esteban, E. and lucena, J. J., 1998, " micronutrient Extraction in calcareous soils treated with humic concentrates" , Journal of plant Nutrition, 21 (4) : 687 – 697 .

177- Six, J., E.T ., Elliott, k., Paustain, and J.W., Doran. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc.Am. J.* 62:1367-1377.

178- Slaton, N.A., R.J. Norman., J.T. Gilmore. 2001. Oxidation rates of commercial elemental sulfur products applied to an alkaline silt loam from Arkansas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 165, 239–243.

179-Snowball, K, and A. D. Roboson. 1991. Nutrient deficiencies and toxicities in wheat: A guide for identification. CIMMYT, Mexico.

180-Stauber , M . S . , M . S . Zuber and W .L .Decker .1968 . Estimation of the tasseling date of corn (*Zea Mays l.*) . *Agron .J.* 60 : 432- 434.

181- Stevenson, F. J. (1982)."Humus Chemistry."Wiley, New York.

182-Stewart, B.A. 1967. Nitrogen-sulphur relationships in plant tissues, plant residues and soil organic matter. Comm, II and IV Intern. Soc.SoilSoi. : 131-138.

183-Taohe, X., Traina, S. J. and Tlogan, J., 1992," chemical properties of municipal solid waste",*J Environ. Qual.*, 21:318–329.

184- Tejada M and Gonzalez JL, 2003. Effects of the application of a compost cotton gin residues on wheat yield under dry land conditions. originating from Crushed Europ ,Journal, Agronomy, 19:357-368.

185-Thurman, E. M. (1985)."Organic Geochemistry of Natural Waters."Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA.

186-Tisdale, S. L. Nelson, J. D. Beaton. 1984. Soil Fertility and Fertilizers. Fourth edition, Mc Millan Publishing Company, New York

187-Unpublished data. O. J. Attoe. Univercity of Wisconsin. 1964.

188- Vander zaag , p . , 1981 , soil fertility requirement for potato production technical in information Bulletin No : 14 . *International potato center (CIP) lima , Peru . zop .*

189- VosaÅtkaa, M. and M. Gryndler. 1999. Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomusfistulosummycorrhiza* and the response of potato and maize plants to inoculation. *Appl.Soil.Eco.* 11:245-251.

190- Walker. T. W., "Sulfur response on pastures in Australia and New Zealand." *Soils Fertilizers*, **18**:185 (1955).

191- Walker. T. W., and A. F. R. Adams, "composition for sulfur in a grass-clover association." *Plant Soil*, **9**:353 (1958).

192- Yanai, J., D. J. Ineham. D. Babev, I. M. Young, C. A Hackett, K. Kyuman and T, Tosaki. 1996. Effect of inorganic nitrogen application on the dynamics of the soil.

193- Zahir. A. Z., Arshad, M., and Khalid , A. 1998. a.Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria.Pakistan Journal of Soil Science.15:7-11.

Abstract:

The present study was conducted to evaluate combination of sulfur, vermicompost, and *Thiobacillus thiooxidans* inoculation on some physical and chemical properties of soil and yield and yield components of seed corn. For such study, an experiment was carried out on Jovein desert in a completely randomized design with factorial arrangement: Elemental sulfur at three rates, 0kg/ha (S_0), 500kg/ha (S_1), 1000kg/ha (S_2), vermicompost at two rates, 0kg/ha (V_0), 5000kg/ha (V_1), and inoculation without (T_0) and with (T_1) *T. thiooxidans*, in three replications. Results of Analysis of variance of treatments showed that elemental sulfur was significantly cause to increase electrical conductivity, water-soluble phosphorus, zinc, iron, solphat, and decrease acidity, saturation percent and field capacity percent in soil. In plant sulfur was significantly cause to increase height, weight of hundrededseed, weight of thousanseed, number of rows, number of seeds per row, over the ear, yield and yield of biological. Vermicompost was significantly cause to increase electrical conductivity, water-soluble phosphorus, zinc, iron, solphat, saturation percent and field capacity percent and decrease acidity in soil. In plant also had a significant and positive effect on all of measured properties. *T. thiooxidans* had a significant and positive effect on electrical conductivity, water-soluble phosphorus, zinc, iron, solphat, and negative effect on acidity and field capacity percent in soil. But was not significant on organic carbon, total nitrogen and saturation percent. In plant also had a significant and positive effect on all of magured properties.

Interactive effects between sulfur and vermicompost was significant and positive on water-soluble phosphorus, zinc, iron, solphat, saturation percent and field capacity percent and significantly cause to decrease acidity. But had not a significant on electrical conductivity.

In plant, interactive effects between sulfur and vermicompost had a significant and positive effect only on yield and yield of biological.

Interactive effects between sulfur and *T. thiooxidans* had a significant and positive effect on electrical conductivity, water-soluble phosphorus, zinc, iron, solphat, and a significant and negative effect on acidity, saturation percent and field capacity percent in soil.

In plant, interactive effects between sulfur and *T. thiooxidans* was significant and positive only on yield and yield of biological.

Interactive effects between vermicompost and *Thiobacillus thiooxidans* was significantly cause to increase total nitrogen, water-soluble zinc, iron, solphat and field capacity percent but was not significant on electrical conductivity, acidity, organic carbon and saturation percent.

In plant, interactive effects between vermicompost and *T. thiooxidans* had a significant and positive only on yield of biological.

Interactive effects between sulfur, vermicompost and *T. thiooxidans* was significant and positive on electrical conductivity, total nitrogen, water-soluble phosphorus, zinc, iron, solphat, and field capacity percent. But was not significant on acidity, organic carbon and saturation percent.

In plant, interactive effects between sulfur, vermicompost and *T.thiooxidans* had a significant and positive effect only on yield of biological.

Key words: Elemental sulfur, vermicompost organic manure, *Thiobacillus thiooxidans* inoculation and seed corn.



Faculty Agriculture
M.Sc. Thesis

The Effect of vermicompost, sulfur and *Thiobacillus* on yield and
yield components of corn some soil properties.

Mahmoud ahmadi

Supervior: Dr. ShahinShahsavani

March 2014