

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت

علی انصوری سواری

اساتید راهنما

دکتر حمید عباس دخت

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور

دکتر مهدی برادران

دکتر منوچهر قلی پور

شهریور ۱۳۹۱



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی انصوری سواری رشته زراعت تحت عنوان : " بررسی تاثیر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت " که در تاریخ ۱۳۹۱/۶/۲۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ قبول (با درجه : عالی) امتیاز ۸۶/۷۸	☐ دفاع مجدد	☐ مردود
---	------------------------------------	--------------------------------

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- اساتید راهنما	احمد غلامی حمید عباس دخت	دانشیار استادیار	
۲- اساتید مشاور	منوچهر قلی پور مهدی برادران	دانشیار استادیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	حسن مکاریان	استادیار	
۴- استاد ممتحن	حمیدرضا اصغری	استادیار	
۵- استاد ممتحن	شاهرخ قرنچیک	استادیار	

رئیس دانشکده :

هر آنکه خلق را پاس نکند بی شک خدای یگانه را شکریه جای نیآورده است

پاس بی گران پروردگار یگانه هستی مان. بخشد و به طریق علم و دانش را بنمونان شود به بهشتینی رحروان علم و دانش منتظران نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را در زیان ساخت. و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجد و مان و لیدار وجودشان است...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، ابل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی ثباتی او، بازبان قاصد و دوست ناتوان، چیزی بنجاریم. اما از آنجایی که تحلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تائین می کند و سلامت امانت دلی را که به دستش سپرده اند، تقصیر؛ بر حسب و غیبه و از باب "من لم یسکر المنعم من الخلقین لم یسکر الله عزوجل":

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوه های و درستی من، قلم عکس کشیده و گریه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از اساتید با کالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر حمید عباس دخت که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از پنج گلی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهبانی این پیمان نامه را بر عهده گرفتند؛ از اساتید صبور و با تقوا؛ جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور و جناب آقای دکتر مهدی برادران، که زحمت مشاوره این پیمان نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر حمید رضا صفری و جناب آقای دکتر شاهرخ فرحجیک که زحمت داوری این پیمان نامه را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از دوستان بسیار خرم آقایان شهنلی، مجادی، کربیی، مرادی، هدایتی، قاسمی و سرکار خانم عرب و صفایی و همچنین از کمیته دوستانی که به نحوی در انجام این پیمان نامه مرایاری کرده اند، پاس فراوانی دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

علی انصوری سوری

شهریور ۹۱

تعهد نامه

اینجانب **علی انصوری سواری** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت تحت راهنمایی دکتر **احمد غلامی** متعهد می شوم .

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

تاریخ ۱۳۹۱/۰۶/۲۸

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت (*Zea maize* L.)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و کود گوگرد بر رشد و عملکرد گیاه ذرت، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۰ به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. عوامل مورد تحقیق شامل میکوریزا در دو سطح (تلقیح M_1 و عدم تلقیح M)، تیوباسیلوس در دو سطح (مصرف T_1 و عدم مصرف T)، و سه سطح گوگرد (صفر S، $S_1 = 250$ و $S_2 = 500$ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج این بررسی نشان داد که با تلقیح میکوریزا، تیوباسیلوس و کاربرد گوگرد، pH خاک کاهش و عملکرد دانه، وزن بلال، تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه، وزن ۱۰۰ دانه (بجز میکوریزا)، عملکرد بیولوژیک، کلروفیل برگ و محتوای نسبی آب برگ (بجز گوگرد) در مقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین مقدار عناصر غذایی و روغن دانه تحت تأثیر عوامل مورد بررسی قرار گرفت. اثر میکوریزا و گوگرد نیز بر مقدار آهن و فسفر معنی دار شد. مقدار نیتروژن دانه فقط تحت تأثیر کاربرد گوگرد قرار و گوگرد دانه با کاربرد تیوباسیلوس افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشت. استفاده تیوباسیلوس سبب افزایش ۱۲/۲ درصد در مقدار گوگرد دانه ذرت گردید. درصد روغن دانه به طور معنی داری تحت تأثیر کاربرد تیوباسیلوس و گوگرد قرار گرفت. برهمکنش باکتری تیوباسیلوس و گوگرد تأثیر معنی داری را بر صفات مورد بررسی، بجز عملکرد بیولوژیک نشان داد. همچنین برهمکنش میکوریزا و تیوباسیلوس موجب کاهش معنی دار pH خاک و افزایش ارتفاع ساقه شد. کاربرد تیوباسیلوس و گوگرد موجب کاهش معنی داری در درصد کلونیزاسیون ریشه شد. همچنین برهمکنش میکوریزا و گوگرد و نیز تیوباسیلوس و گوگرد موجب افزایش معنی دار گوگرد دانه شدند. اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود گوگرد تأثیر معنی داری بر آهن دانه داشت. همچنین اثر متقابل کاربرد تیوباسیلوس و گوگرد موجب افزایش معنی دار آهن دانه ذرت شد. در تحقیق حاضر امکان استفاده از مقادیر مختلف گوگرد پودری

تلقیح شده با تیوباسیلوس به منظور کاهش pH خاک، بهبود تغذیه گیاه و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در خاک های قلیایی وجود دارد.

کلمات کلیدی: تیوباسیلوس، گوگرد، میکوریزا، ذرت، pH خاک

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. بررسی تأثیر میکوریزا، تیوباسیلوس و کود گوگرد بر میزان کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ ذرت. نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی ۹۰.
۲. برهمکنش قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و کود گوگرد بر pH خاک. نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی ۹۰.
۳. بررسی تأثیر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس بر مقدار فسفر دانه و کلونیزاسیون ریشه ذرت توسط قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*). دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ۹۰

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- مقدمه	۲
فصل دوم: بررسی منابع.....	۸
۱-۲- ذرت	۹
۲-۲- تولید ذرت در جهان و ایران	۱۰
۳-۲- تولید جهانی و اهمیت روغن ذرت	۱۲
۴-۲- گیاهشناسی ذرت	۱۴
۵-۲- اکولوژی ذرت	۱۵
۶-۲- ترکیب دانه ی ذرت	۱۶
۷-۲- اهمیت تغذیه در ذرت	۱۶
۸-۲- پراکندگی خاک های قلیایی در ایران و جهان	۱۷
۱-۸-۲- مشکلات تولید در خاک های قلیایی	۱۸
۹-۲- گوگرد	۱۹
۱-۹-۲- اهمیت گوگرد	۱۹
۲-۹-۲- نقش گوگرد در گیاه	۲۰
۳-۹-۲- تأثیرات کمبود گوگرد	۲۱
۴-۹-۲- پاسخ برخی گیاهان زراعی به تغذیه گوگرد	۲۲
۵-۹-۲- تأثیر گوگرد در مقدار پروتئین، روغن و عملکرد گیاهان زراعی	۲۴
۶-۹-۲- تأثیر باقی مانده گوگرد بر رشد گیاهان	۲۴
۷-۹-۲- نقش گوگرد در اصلاح خاک های قلیا	۲۵
۸-۹-۲- نقش گوگرد در مقاومت گیاهان در برابر تنش های محیطی	۲۶
۹-۹-۲- اکسایش گوگرد	۲۶
۱۰-۹-۲- عوامل موثر بر اکسایش گوگرد در خاک	۲۷
۱-۱۰-۲- باکتری تیوباسیلوس	۲۸
۱-۱۰-۲- زیستگاه طبیعی و شرایط رشدی مورد نیاز	۲۹

۱۱-۲- قارچ میکوریزا.....	۳۰
۱۱-۱۲- تاریخچه میکوریزا.....	۳۰
۱۱-۲- نقش میکوریزا در تغذیه گیاهان.....	۳۲
۱۱-۳- نقش در برابر تنش های محیطی.....	۳۴
فصل سوم: مواد و روش ها.....	۴۶
۱-۳- زمان و محل اجرای آزمایش.....	۴۷
۲-۳- موقعیت شهرستان شاهرود از نظر جغرافیایی.....	۴۷
۳-۳- شرایط آب و هوایی منطقه.....	۴۷
۴-۳- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش.....	۴۷
۵-۳- نوع و قالب طرح آزمایشی.....	۴۸
۶-۳- آماده سازی زمین و کاشت.....	۴۸
۷-۳- آماده سازی بذر.....	۴۹
۸-۳- کاشت و تلقیح مایکوریزا.....	۴۹
۹-۳- مرحله داشت.....	۴۹
۱۰-۳- برداشت.....	۵۰
۱۱-۳- محتوای نسبی آب برگ.....	۵۰
۱۲-۳- تعیین کلروفیل.....	۵۰
۱۳-۳- اندازه گیری کلونیزاسیون ریشه.....	۵۰
۱۴-۳- تعیین pH خاک.....	۵۱
۱۵-۳- روغن گیری بذر.....	۵۱
۱۶-۳- اندازه گیری عناصر غذایی.....	۵۲
۱۷-۳- آنالیز داده ها.....	۵۳
فصل چهارم: نتایج و بحث.....	۵۵
۱-۴- pH خاک.....	۵۶
۲-۴- ارتفاع بوته.....	۵۷
۳-۴- وزن بلال.....	۵۹
۴-۴- تعداد دانه در بلال.....	۶۱

۶۲	۵-۴- وزن ۱۰۰ دانه
۶۳	۶-۴- محتوای نسبی آب
۶۴	۷-۴- کلروفیل
۶۶	۸-۴- عملکرد بیولوژیک
۶۶	۹-۴- عملکرد دانه
۶۸	۱۰-۴- کلونیزاسیون
۶۹	۱۱-۴- فسفر دانه
۷۱	۱۲-۴- نیتروژن دانه
۷۳	۱۳-۴- گوگرد دانه
۷۴	۱۴-۴- آهن دانه
۷۵	۱۵-۴- روغن دانه
۷۶	۱۶-۴- پیشنهادات
۷۷	پیوست ها.....
۷۸	جدول ۱-۴: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و گوگرد.....
۷۹	جدول ۶-۴: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و گوگرد.....
۷۹	شکل ۵-۴: اثر متقابل میکوریزا و تیوباسیلوس بر کلونیزاسیون ریشه
۸۰	شکل ۶-۴: اثر متقابل گوگرد و میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه ذرت
۸۰	شکل ۱۱-۴: اثر متقابل تیوباسیلوس و گوگرد بر مقدار گوگرد دانه ذرت
۸۱	شکل ۱۲-۴: اثر متقابل میکوریزا و گوگرد بر مقدار گوگرد دانه ذرت
۸۱	شکل ۱۳-۴: تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر محتوای آهن دانه ذرت
۸۲	شکل ۱۴-۴: تأثیر کاربرد کود گوگرد بر محتوای آهن دانه ذرت
۸۲	شکل ۱۵-۴: اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود گوگرد بر محتوای آهن دانه ذرت
۸۳	شکل ۱۶-۴: کاربرد همزمان باکتری تیوباسیلوس و کود گوگرد بر محتوای آهن دانه ذرت
۸۳	شکل ۱۷-۴: بررسی تأثیر کاربرد باکتری تیوباسیلوس بر محتوای درصد روغن دانه ذرت
۸۴	شکل ۱۸-۴: بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف گوگرد بر محتوای روغن دانه ذرت
۸۴	شکل ۱-۳- حداکثر و حداقل دما بر حسب درجه حرارت و متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر در ماههای سال ۱۳۹۰
۸۴	جدول ۱-۳: نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

٨٥	منابع
١٠٠	Abstract

فصل اول: مقدمه

جمعیت کره ی زمین پیوسته در حال افزایش است. این جمعیت که در سال ۱۹۳۰ میلادی تنها ۲ میلیارد نفر بود، در سال ۱۹۹۰ به ۵/۳ میلیارد نفر رسید و در سال ۲۰۰۰ میلادی از ۶ میلیارد نفر تجاوز کرد و پیش بینی می شود که در سال ۲۰۲۵ میلادی به ۸/۵ میلیارد نفر برسد (فائو، ۲۰۰۶).

بیش از ۳/۴ جمعیت جهان مربوط به کشورهای در حال توسعه است و متأسفانه سهم عمده ی افزایش جمعیت مربوط به این کشورها می باشد که امروزه با مشکل گرسنگی و سوء تغذیه دست به گریبان هستند، به گونه ای که ۲۰ درصد جمعیت این کشورها هم اکنون دچار سوء تغذیه هستند. افزایش جمعیت این کشورها به معنای افزوده شدن بر شمار گرسنگان است. گرچه شمار زیادی از متخصصان بر این باورند که گرسنگی کنونی بشر عمدتاً به دلیل توزیع ناعادلانه ی غذا است، ولی اگر همچنان جمعیت به گونه ای بی رویه افزایش یابد، ممکن است گرسنگی آینده ی بشر به دلیل کافی نبودن تولید غذا باشد (گالاچر، ۱۹۸۴). از دیدگاه کارشناسان تولیدات کشاورزی، افزایش تولید غذا تنها راه حل مشکل گرسنگی است و به ویژه در کشورهای در حال توسعه بایسته است تا سرمایه گذاری بیشتری در امر تولید غذا صورت گیرد. چنانچه قرار باشد عرضه ی غذا به صورت کنونی انجام شود، این کشورها می بایست طی ۳۰ سال آینده دست کم ۶۰ درصد به تولیدات کشاورزی خود بیفزایند (فائو، ۱۹۹۲) و روی هم رفته در سطح جهانی طی ۲۰ سال آینده تولید غذا باید دو برابر شود (فائو، ۲۰۰۶). پیش بینی شده است که جمعیت کشور ما در سال ۱۴۰۰ بر مبنای نرخ رشد ۲ درصد، از ۱۲۰ میلیون نفر تجاوز کند و بر مبنای نرخ رشد ۳ درصد، به ۱۳۴ میلیون نفر برسد (مظاهری، ۱۳۷۶).

ذرت به دلیل دارا بودن ویژگی های مناسب و به دلیل قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، در تمام دنیا گسترش یافته است و مکان سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است. تجربیات علمی و آزمایش های متعددی که در نقاط مختلف دنیا بر روی ذرت انجام گرفته، مشخص

نموده است که ذرت علاوه بر آنکه علوفه بسیار مطلوبی برای دام می باشد از نظر تأمین انرژی نیز بی نظیر است. به همین دلیل امروزه ذرت در تغذیه مرغ و تولید تخم مرغ به عنوان یک غذای پر انرژی دارای اهمیت شناخته شده است و بالاترین مقام و ارزش را در مقایسه با سایر غلات دارا می باشد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

ذرت گیاهی است که نیاز بالایی به عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر دارد (جوکلا و راندال، ۱۹۸۹؛ کلباسی و همکاران، ۱۹۹۸) بنابراین به منظور برداشت عملکرد بالا به مقدار زیادی کود نیتروژن و فسفر نیاز دارد (باری و میلر، ۱۹۸۹). در چند دهه اخیر مصرف نهاده های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲). همچنین امروزه به دلیل استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی، مواد آلی زمین های کشاورزی در ایران کاهش یافته و ترکیب خاک به بافت سخت و نامطلوب تبدیل شده است (نقوی مرمی و همکاران، ۲۰۰۷). در راستای توسعه کشاورزی پایدار و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، لازم است از کودهای آلی یا بیولوژیک استفاده گردد. در این بین می توان به قارچ های آرباسکولار میکوریزای و میکروارگانسیم های حل کننده فسفات اشاره کرد. میکوریزا مهمترین قارچ همزیست ریشه می باشد. همزیستی این قارچ بیشتر به منظور جذب عناصر غذایی کم تحرک در خاک مثل فسفر، مس و روی صورت می گیرد (فاربر و همکاران، ۱۹۹۰؛ کوتاری و همکاران، ۱۹۹۱؛ لی و همکاران، ۱۹۹۱). در طی آزمایشی که توسط لیو و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد آنها مشاهده کردند که غلظت فسفر، منیزیم، روی و مس بطور معنی داری در اندام هوایی ذرت تلقیح شده با میکوریزا افزایش یافت. همچنین تلقیح ریشه با قارچ میکوریزای آرباسکولار می تواند در تولید محصول در شرایط خشکی موثر واقع شود (الکراکی و کلاک، ۱۹۹۸). از طرف دیگر همزیستی با میکوریزای آرباسکولار (AM) موجب گسترش و توزیع بهتر ریشه گیاهان شده و نقش کلیدی در چرخه مواد غذایی داشته و همچنین موجب حمایت گیاه در برابر

تنش های محیطی می گردد (وارما و هوک، ۱۹۹۸). ریگو و میگنارد (۱۹۹۴) اظهار کردند که ریشه های میکوریزایی دارای خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متفاوتی از ریشه گیاه هستند که این امر می تواند در افزایش جذب فسفر مؤثر باشد. آنها می توانند ریزوسفر را از طریق افزایش تراوش پروتون یا افزایش فشار CO_2 اسیدی کرده از این رو می توانند فسفر را (باگو و آزکن-آکیلار، ۱۹۹۷) بخصوص در خاک های آهکی و خنثی متحرک نمایند. سابرامانیان و جارست (۱۹۹۹) مشاهده کردند که تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاهان تلقیح شده با قارچ های میکوریزا، مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، منیزیم و روی در دانه های ذرت افزایش معنی داری داشتند. اورتوس و هاریس (۱۹۹۶) گزارش دادند که استفاده از قارچ میکوریز سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، وزن خشک اندام های هوایی افزایش یافت. همچنین تورک و همکاران (۲۰۰۶) اظهار کردند که نقش اصلی قارچ های میکوریزا تامین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک در می آید. لذا قارچ های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند.

برخی محققین چنین نتیجه گرفته اند که میکوریزا به طور مستقیم در افزایش فتوسنتز گیاه میزبان نقش ندارد، بلکه از طریق بهبود روابط آبی در سیستم متشکل از آب-خاک-گیاه و نیز تولید هورمون و تغییر روابط هورمونی، سطح فتوسنتز گیاه میزبان را نسبت به گیاه شاهد بالاتر نگه می دارد (وا و اکسیا، ۲۰۰۶؛ اگ، ۲۰۰۰؛ جویکوکا و همکاران، ۱۹۹۷؛ فای و همکاران، ۱۹۹۶). سابرامانیان و جارست (۱۹۹۷) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا عملکرد دانه افزایش یافته و محتوای N، P، K، Mg، Mn و Zn در دانه این گیاه نسبت به شاهد بیشتر بود. شابائف و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که تلقیح دوجانبه

سویا با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* و سودوموناس یا قارچ میکوریزا، تثبیت نیتروژن را به ترتیب ۲۲-۳۰ درصد و ۱۴-۱۷ درصد در مقایسه با تلقیح با باکتری به تنهایی، افزایش داد. پاکوسکی (۱۹۸۸) گزارش داد که تلقیح توأم سورگوم با آزوسپریلوم و میکوریزا محتوای نیتروژن گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. روسو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح گندم و ذرت با باکتری آزوسپریلوم، توانایی گیاه را برای ایجاد همزیستی با میکوریزا افزایش داد.

گوگرد یکی از عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می باشد (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰). در سال های گذشته به دلیل آلودگی بیشتر هوا مقدار بیشتری گوگرد از طریق اتمسفر، باران های اسیدی و همچنین قارچ کش های حاوی گوگرد وارد خاک می شد، ولی در سال های اخیر با کاهش باران های اسیدی و حذف این منابع گوگردی، کاشت محصولات پر نیاز به گوگرد، مصرف کود ها با درجه خلوص بالا، کمبود این عنصر در مناطقی از جهان مشاهده شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

خاک های ایران اکثراً به دلیل شرایط اقلیمی و مواد مادری از نوع آهکی دارای pH بالا بوده و بسیاری از عناصر مانند فسفر، آهن و روی تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می شوند. لذا با وجود مقادیر زیاد این عناصر در خاک کمبود آنها در گیاه مشاهده می گردد و رشد طبیعی گیاه با اختلال مواجه می شود (کاپن و ایرمن، ۱۹۹۸؛ تیسداال و همکاران، ۱۹۹۳؛ موداریش و همکاران، ۱۹۸۹). بیش از ۱۷۰ سال است که گوگرد به عنوان عنصر غذایی مورد نیاز گیاه شناخته شده است. در اراضی قلیایی گوگرد نه تنها به عنوان عنصر غذایی مورد نیاز بلکه بیشتر به دلیل اثرات جانبی مفید این عنصر در اسیدی کردن موضعی خاک، افزایش قابلیت انحلال سایر عناصر و تنظیم pH خاک شناخته می شود. گوگرد علاوه بر نقش اصلاح کنندگی، دسترسی عناصری نظیر فسفر، آهن، منگنز، و روی را افزایش می دهد. کلباسی و همکاران (۱۹۹۸) اثر گوگرد آسیاب شده را بر عملکرد و مقدار جذب آهن، منگنز و روی توسط ذرت، سورگوم و سویا را در pH خاک کاهش یافته، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که علیرغم افزایش معنی دار عملکرد

محصول، مقدار جذب منگنز کاهش یافت. همچنین مقدار جذب آهن و روی توسط گیاه افزایش یافت. کاهش pH خاک های آهکی و نیز افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در نتیجه تحقیقات دیگری به اثبات رسیده است (کاپن و ایرمن، ۱۹۹۸؛ سیفانتس و لیمدمان، ۱۹۹۳؛ روسا و همکاران، ۱۹۸۹).

استامفورد و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد گوگرد را بر فراهمی فسفر از خاک فسفات در شرایط آزمایشگاه بررسی کردند. آنها گزارش کردند که در تیمار ۲۰ درصد گوگرد افزایش فراهمی فسفر بیشتر شده است. کاهش اسیدیته خاک (حتی به طور موضعی) یکی از روش های موثر مقابله با کمبود فسفر و ریز مغذی ها در خاک های آهکی و قلیایی به شمار می رود. باکتری های تیوباسیلوس از مهمترین اکسید کننده های گوگرد در خاک به شمار می روند (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۷۸). تلقیح خاک با این باکتری باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد خواهد شد. در صورتی که جمعیت این باکتری ها در خاک پایین باشد مصرف گوگرد همراه با این باکتری در خاک های قلیایی و آهکی اثرات سودمندی به دنبال خواهد داشت (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ وان رایت، ۱۹۸۴). استفاده از گوگرد به عنوان فراوان ترین و ارزان ترین ماده اسیدزا، به همراه باکتری تیوباسیلوس جهت بهبود تغذیه گیاهان در خاک های آهکی و تامین سولفات مورد نیاز گیاه سابقه دیرینه دارد (لیپمن و همکاران، ۱۹۱۶). جانزن و بتانی (۱۹۸۷) در تحقیقی اثر سطوح مختلف گوگرد و باکتری تیوباسیلوس را در فراهمی فسفر مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که با افزایش مقدار گوگرد مصرفی میزان اکسایش گوگرد افزایش یافت. کاربرد گوگرد وقتی موثر و نتیجه بخش خواهد بود که پس از مصرف مقدار کافی در خاک توسط ریز جانداران مختلف مثل باکتری تیوباسیلوس، اکسید گردد (ایرکسن و همکاران، ۱۹۹۹). به علت محدود بودن جمعیت و تنوع باکتری های تیوباسیلوس در خاک های آهکی، استفاده از باکتری های تیوباسیلوس به همراه گوگرد از طریق افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد در خاک، نتایج سومندی را در اصلاح خاک و بهبود وضعیت تغذیه گیاهان به دنبال خواهد داشت (کالدول و همکاران، ۱۹۶۹؛ راپلا و تارا، ۱۹۷۳). نتایج محققان نشان می دهد (فلاویو و

همکاران، ۲۰۰۷) که کمبود گوگرد به میزان متوسط عملکرد سویا را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه، کاهش می دهد. این تأثیر دیر هنگام از کمبود گوگرد می تواند نتیجه تحرک زیاد گوگرد در خاک و انتقال مجدد اندک گوگرد در گیاه باشد، لذا فرآهمی گوگرد در گیاه می تواند بر پر شدن دانه و افزایش عملکرد اقتصادی آن تأثیر گذار باشد. با توجه به اینکه تأثیر همزمان دو عامل تیوباسیلوس و میکوریزا بر ذرت گزارش نشده است، لذا در این آزمایش کاربرد همزمان این دو ماده بر رشد و عملکرد گیاه ذرت مورد بررسی قرار گرفت.

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- ذرت

ذرت پس از گندم و برنج، مهمترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می دهد (پالمن، ۱۹۵۹). ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه (C₄) است و گرچه دامنه سازگاری آن گسترده است، ولی در اقلیم های گرمسیری رشد بهتری می کند. ذرت از جمله گیاهانی است که عملکرد دانه ای آن در عرض های جغرافیایی بالاتر از خاستگاه خویش، زیادتر است (اونس و دانستون، ۱۹۷۵). این موضوع بیانگر توسعه ی اقتصادی و استفاده ی بیشتر از نهاده ها در تولید این محصول در عرض های جغرافیایی بالاتر است، هر چند طول دوره ی روشنائی زیادتر و فصل رشد طولانی تر هم در این امر موثر بوده اند (اونس و دانستون، ۱۹۷۵).

پتانسیل عملکرد ذرت در واحد سطح به گونه ای است که برداشت ۱۵ تا ۲۰ تن دانه در هکتار در سطح تجاری رایج می باشد (تالنار و دویر، ۱۹۹۹). به دلیل استعداد زیاد در تولید دانه، ذرت را "پادشاه غلات" نامیده اند (پیپلس و همکاران، ۱۹۸۰). خاستگاه ذرت قاره آمریکاست (جنوب مکزیک) و پیشینه ی کشت آن به ۸ تا ۱۰ هزار سال پیس می رسد (تالنار و دویر، ۱۹۹۹). قدیمی ترین آثار باستانی ذرت از مکزیک به دست آمده است (فائو، ۲۰۰۰). نام گونه ی ذرت (Mays) از واژه ی mahis گرفته شده که نام قبیله ای در قاره ای آمریکاست. در سال ۱۴۹۲ میلادی هنگامی که کریستف کلمب به کوبا رسید، مشاهده کرد که بومی ها ذرت تولید می کنند. او نام mahis را به ذرت داد. این نام بعدها به صورت mays تغییر یافت و هم اکنون در زبان انگلیسی به صورت maize نوشته می شود. احتمال دارد که بذر ذرت به وسیله کریستف کلمب از آمریکا به اروپا آورده شده باشد، زیرا در سال ۱۵۰۰ میلادی به بعد کشت ذرت در اسپانیا و ایتالیا رواج یافته است (فائو، ۲۰۰۰). در اوایل سده های شانزدهم میلادی، ذرت به وسیله بازرگانان پرتغالی به جنوب آسیا راه یافت و در امتداد جاده ابریشم به منطقه ی هیمالیا رفت (فائو، ۲۰۰۰).

جد ذرت های کنونی شاید نوعی ذرت وحشی غلاف دار^۱ بوده که در آنها دانه به وسیله گلوم هایی از دیگر دانه ها جدا شده و امکان انتشار دانه ها در محیط و بقای نسل گیاه در شرایط طبیعت وجود داشته است. چنانچه ذرت های کنونی به حال خود رها شوند، پوشش های دور بلال و تمرکز دانه ها حول محور بلال مانع از تداوم نسل زندگی گیاه در طبیعت خواهد شد و در همان نسل اول از بین خواهد رفت و از این لحاظ اهلی ترین گیاه زراعی به حساب می آید، زیرا برای بقاء خود به شدت به انسان وابسته است. در اثر تلاقی جد اولیه ذرت با خویشاوندانی همچون Teosinte (*Euchlaena Mexicana*) و *Tripsacum* ذرت کنونی به صورت گیاهی هتروزیگوت (ناخالص) درآمده است (آرنون، ۱۹۷۲).

در بین غلات، ذرت بیشترین تنوع مصرف کننده را دارا است، زیرا ذرت افزون بر مصرف به عنوان غذای انسان (کنسرو یا تهیه غذا در خانه) و به عنوان علوفه برای دام ها، در صنایع تخمیر و تهیه فرآورده های متنوع صنعتی از جمله اتانل نیز مورد استفاده قرار می گیرد (فائو، ۲۰۰۰). به نظر می رسد اهمیت ذرت در آینده زیاده تر شود زیرا در کشورهای فقیر غذای اصلی است، و در کشورهای غنی برای تولید پروتئین حیوانی ضروری است (فائو، ۲۰۰۰).

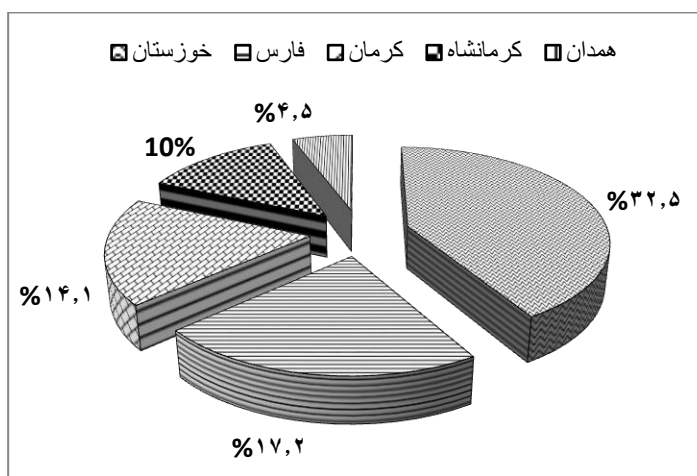
۲-۲- تولید ذرت در جهان و ایران

در سال ۲۰۱۰ تولید جهانی ذرت ۸۴۴/۴ میلیون تن بوده است که از مساحتی معادل ۱۶۱/۹ میلیون هکتار بدست آمده است (فائو، ۲۰۱۰). عمده ترین محل پراکنش ذرت عرض های جغرافیایی ۳۰ تا ۵۵ درجه می باشد (اسپراو و دادلی، ۱۹۸۸). مهمترین کشور تولید کننده ی ذرت، آمریکا می باشد. آمریکا با ۳۸/۹ درصد سطح زیر کشت جهانی ذرت، اندکی بیشتر از نیمی از تولید جهانی ذرت را به خود اختصاص داده است. میزان تولید ذرت در آمریکا تقریباً ۴۴۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ است. بزرگترین صادر کنندگان ذرت

^۱ - Pod corn

را کشورهای آمریکایی، فرانسه و آرژانتین و بزرگترین وارد کنندگان آن را ژاپن، روسیه و کره ی جنوبی تشکیل می دهند (اسپراو و دادلی، ۱۹۸۸). در آمریکای لاتین ذرت مهمترین غله ی دانه ای است و گندم و برنج در مرتبه های بعدی قرار دارند (گالاچر، ۱۹۸۴).

در سال زراعی ۲۰۰۱ سطح زیر کشت ذرت دانه ای در ایران معادل ۲۱۰ هزار هکتار بوده که از آن بیش از ۱/۰۷ میلیون تن ذرت دانه ای برداشت شده است. در سال زراعی ۲۰۱۰ از ۲۴۰ هزار هکتار ۱/۷۳ میلیون تن ذرت دانه ای برداشت شده است. همان طور که مشاهده می شود در طی این ۱۰ سال با افزایش ۳۰ هزار هکتار سطح زیر کشت، تولید به مقدار ۰/۶۶ میلیون تن افزایش یافت (جدول ۱-۲). در بین استان های کشور، استان خوزستان با بیش از ۸۷۱۱۷ هکتار سطح زیر کشت و تولید بیش از ۶۹۸۴۱۴ تن ذرت دانه ای در کشور که ۳۲/۵ درصد کل تولید ذرت در کشور را تشکیل می دهد، دارای مقاوم نخست تولید است (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲: میزان تولید ذرت در ۵ استان مهم تولید کننده ذرت دانه ای در کشور (سال زراعی ۸۸-۸۹)

سال	استرالیا	آفریقا	آمریکا	آسیا	اروپا	ایران
۲۰۰۱	۳۴۵۰۰۰	۴۱۳۸۴۸۰۸	۳۳۷۷۷۶۶۰۱	۱۵۹۱۱۸۵۸۶	۷۶۷۱۷۸۴۶	۱۰۶۴۱۹۰
۲۰۰۲	۴۵۴۰۰۰	۴۴۷۸۶۸۰۹	۳۱۷۲۰۷۴۲۰	۱۶۵۵۴۰۱۸۴	۷۶۷۱۰۵۹۷	۱۴۳۰۰۰۰
۲۰۰۳	۳۱۰۰۰۰	۴۵۵۸۶۸۲۸	۳۶۱۸۳۶۱۵۷	۱۶۷۶۲۳۳۸۱	۶۹۶۰۳۵۵۳	۱۶۵۳۰۰۰
۲۰۰۴	۳۹۵۰۰۰	۴۶۱۱۶۴۲۰	۳۹۹۳۸۸۱۵۴	۱۸۴۸۶۷۰۱۱	۹۶۵۲۴۱۶۴	۱۹۲۶۰۸۰
۲۰۰۵	۴۱۹۶۷۲	۴۹۹۹۰۰۷۸	۳۷۹۲۴۷۷۸۱	۱۹۷۶۸۷۱۸۶	۸۶۱۲۶۰۶۸	۱۹۹۵۲۵۰
۲۰۰۶	۳۸۰۰۰۰	۴۹۵۰۹۷۲۱	۳۶۹۴۵۰۰۲۳	۲۱۰۳۷۶۵۵۲	۷۶۸۷۶۴۰۲	۲۱۶۶۱۳۰
۲۰۰۷	۲۳۹۸۷۹	۴۷۳۸۴۶۸۰	۴۵۵۰۶۰۹۱۵	۲۱۹۰۳۳۰۹۰	۶۷۴۷۹۷۹۲	۲۳۶۱۳۰۰
۲۰۰۸	۳۸۷۰۰۰	۵۵۹۵۵۹۸۶	۴۳۹۲۸۹۴۹۰	۲۳۸۴۰۶۳۱۱	۹۳۲۲۸۶۳۴	۱۷۷۷۴۹۰
۲۰۰۹	۳۷۵۶۷۰	۵۹۰۳۷۹۷۸	۴۴۱۴۹۷۹۵۹	۲۳۴۵۳۲۹۳۰	۸۴۰۰۶۳۰۱	۱۶۴۲۶۶۰
۲۰۱۰	۳۲۸۰۰	۶۴۲۵۶۳۵۸	۴۴۷۹۲۰۷۱۷	۲۴۶۱۲۰۰۴۰	۸۵۵۷۶۴۶۶	۱۷۳۵۹۴۰

* همه اعداد به تن می باشد.

۲-۳- تولید جهانی و اهمیت روغن ذرت

در سال ۲۰۱۰ تولید جهانی روغن ذرت برابر ۲/۳ میلیون تن بوده است (فائو، ۲۰۱۰). از نظر تولید روغن ذرت، آمریکا با تولید ۱/۳۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ در مقام اول قرار گرفته است. کل کشورهای آسیایی در سال ۲۰۱۰ با تولید ۴۳۸/۷ هزار تن روغن ذرت مقام دوم را در جهان دارند (جدول ۲-۲). متأسفانه هیچ گزارش رسمی از تولید روغن ذرت در کشور موجود نمی باشد.

جدول ۲-۲: آمار ۱۰ ساله تولید روغن ذرت در جهان

از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۰

فصل دوم: بررسی منابع

قاره	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰
آفریقا	۱۳۵۳۳۷/۳	۱۳۸۸۶۳/۷	۱۳۹۵۹۷/۳	۱۴۰۳۹۵/۶	۱۴۱۵۸۶/۳	۱۴۲۵۵۲/۵	۱۴۵۱۵۱/۲	۱۴۶۲۹۷/۴	۱۵۷۰۵۱/۲	۱۶۰۴۲۷/۸
آمریکا	۱۳۲۳۳۴۱	۱۳۳۱۷۱۸	۱۳۳۴۴۴۱	۱۳۱۶۱۱۰	۱۳۷۳۵۵۸	۱۴۱۱۸۳۴	۱۴۰۲۵۶۰	۱۳۸۶۹۸۸	۱۳۶۶۷۸۸	۱۳۹۶۱۲۳
آسیا	۲۴۸۳۰۲	۲۲۶۳۸۵	۲۵۵۵۰۰	۲۴۱۸۹۷	۳۲۴۲۳۷	۳۷۵۱۵۹	۴۳۵۷۷۴	۴۹۰۸۷۸	۴۴۲۴۴۱	۴۳۸۷۲۸
استرالیا	۱۲۰۲/۸۵	۱۲۲۷/۱۵	۱۲۶۳/۶۰	۱۲۸۷/۹۰	۱۳۲۴/۸۰	۱۳۶۶/۲۰	۱۳۹۹/۰۵	۱۴۳۱	۱۴۳۴/۱۵	۱۴۳۵/۵۰
اروپا	۲۴۰۵۱۸	۲۵۳۶۶۹	۲۵۲۲۳۴	۲۵۹۶۰۰	۲۹۱۵۴۵	۲۹۱۸۰۶	۳۰۱۳۶۰	۳۰۴۰۳۷	۳۱۰۲۱۹	۳۱۴۱۶۱

* همه اعداد به تن می باشند.

چربی یک منبع فشرده انرژی است و از اکسیداسیون هر گرم آن خواه چربی حیوانی یا گیاهی حدود ۹ کیلو کالری (۲/۵ مرتبه بیشتر از انرژی ایجاد شده از هر گرم کربوهیدرات یا پروتئین) تولید می شود. چربی موجود در رژیم غذایی، منبع اسیدهای چرب ضروری است. در میان اسیدهای چرب، لینولئیک اسید در درمان بیماری درماتیت (التهاب مزمن پوست) و برقراری رشد در حیوانات جوانی که غذای فاقد چربی مصرف کرده اند مؤثر است و چون این اسید چرب در بدن ساخته نمی شود بنابراین یک اسید چرب ضروری است. کمبود اسید های چرب ضروری تغییراتی در ساختمان و عمل آنزیم های داخل میتوکندری و یکپارچگی غشای سلولی ایجاد می کند. اسید لینولئیک به مقدار زیاد در روغن های گیاهی وجود دارد. روغن های ذرت، سویا و آفتابگردان حاوی بیش از ۵۰ درصد اسید لینولئیک هستند (فروزانی، ۱۳۶۹). در بیشتر غذاهای حیوانی مقدار زیادی چربی وجود دارد در حالی که غذاهای گیاهی حاوی چربی کمتر هستند. در جوانه دانه غلات ۲-۹۰ درصد چربی وجود دارد. چربی موجود در دانه ذرت ۴ درصد و در لوبیای سویا ۱۷ درصد است (فروزانی، ۱۳۶۹).

افرادی که چربی مایع مصرف می کنند میزان کلسترول خونشان پایین تر از افرادی است که چربی جامد حیوانی مصرف می کنند. چون تفاوت چربی مایع با جامد در داشتن مقدار زیاد اسید چرب غیر اشباع است، بنابراین در رژیم درمانی تأکید زیادی بر روی مصرف زیاد روغن های مایع گیاهی شده است. از جمله

این روغن ها می توان به روغن ذرت اشاره کرد که روغنی بی بو و حاوی مقادیر زیاد اسیدهای چرب غیر اشباع و ویتامین ها (مثل A، D و E) است. همچنین این روغن فاقد کلسترول، آلتوکسین و بسیاری از مواد زاید دیگر است (شافر و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعات تحقیقاتی زیادی آثار روغن های مختلف از جمله روغن ذرت روی سیستم های مختلف مثل سیستم عصبی، سیستم گوارش و سیستم گردش خون را مورد بررسی قرار داده است ولی در خصوص دستگاه تناسلی و آثار رژیم غذایی حاوی چربی های مختلف تحقیقات کمی انجام شده و غالباً آثار مختلفی برای آن ذکر و نتایج گوناگونی ارایه شده است (نوری، ۱۳۷۲). نتایج یک مطالعه در سال ۱۹۸۹ نشان داد که در مقاطع سنی مختلف، جیره های غذایی حاوی ۱۰ درصد روغن ذرت تسریع در رشد دستگاه تناسلی ماده، اعم از لوله های رحمی، رحم و تخمدان داشت (رشیدی، ۱۳۶۸).

۲-۴- گیاهشناسی ذرت

ذرت گیاهی تک لپه و یکساله از خانواده ی گرامینه یا پوآسه است که دارای تنوع فنوتیپی بسیار زیادی است. ارقامی از ذرت با طول ساقه ی ۶۰ سانتی متر و ۷ برگ تا ارقامی با ارتفاع ۷ متر و ۴۸ برگ وجود دارد. طول برگ ها از ۳۰ تا ۱۵۰ سانتی متر و عرض آنها از ۴ تا ۱۵ سانتی متر متغیر است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶). این تنوع فنوتیپی زیاد، امکان گزینش فنوتیپ های مورد نظر را با ویژگی های مطلوب فراهم می سازد. در ارقام تجاری به طور معمول ارتفاع ساقه ۲ تا ۳ متر با ۱۶ تا ۲۳ برگ است (تالنار و دویر، ۱۹۹۹).

شمار برگ ها در هر ساقه و شاخص سطح برگ در ارقام دیررس زیادتر است (تالنار و دویر، ۱۹۹۹). در هیبریدهای جدید ذرت برگ ها برای مدت طولانی تری سبز می مانند و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت زیادتر است (تالنار و دویر، ۱۹۹۹). ذرت، در اصل گیاهی روز کوتاه کمی است، گرچه ذرت هایی که

در نواحی معتدله کشت می شوند، حساسیت چندانی به طول روز ندارند، اما ذرت هایی نواحی گرمسیری روز کوتاه هستند و در طول روزهای پیش از ۱۲/۵ ساعت گلدهی در آنها به تأخیر می افتد (فائو، ۲۰۰۰).

۲-۵- اکولوژی ذرت

به دلیل گوناگونی زیاد در ارقام ذرت، امکان کشت آن در محدوده ی گسترده ای از شرایط آب و هوایی جود دارد. ذرت در خاک های گوناگونی به عمل می آید و قدرت تحمل pH در محدوده ی ۵ تا ۸ را دارا است (اسپراو و دادلی، ۱۹۸۸). دمای کمینه برای جوانه زنی ذرت 10°C است. کاشت زود هنگام ذرت در بهار با هدف استفاده ی بیشتر از انرژی تابشی، نهال بذرها را با خطر سرمای اول بهار روبرو کند. چنانچه در اول فصل، هوا سرد (کمتر از 10°C) و مرطوب باشد، رشد اولیه نهال بذرها بسیار کند خواهد بود و ممکن است سبز شدن بذر ذرت ۴ تا ۵ روز سبز شود (تالنار و دویر، ۱۹۹۹).

دمای بهینه برای جوانه زنی ذرت $18-20^{\circ}\text{C}$ و برای رشد رویشی $20-30^{\circ}\text{C}$ می باشد. در دماهای بیش از 37°C تلقیح گل ها با مشکل روبرو شده و پوکی دانه ها زیاد می شود. ذرت را بر اساس تاریخ گلدهی به انواع بسیار زودرس (۸۰ تا ۹۰ روزه)، زودرس (۹۰ تا ۱۰۰ روزه)، متوسط رس (۱۰۰ تا ۱۱۰ روزه) و دیر رس (۱۱۰ تا ۱۳۰ روزه) تقسیم بندی می کنند. به طور معمول ذرت های دیررس عملکرد بیشتری دارند (فائو، ۲۰۰۰). آغاز ی برگ ها در اوایل زندگی گیاه در زیر سطح خاک است، بنابراین، سرعت ظهور برگ ها به وسیله دمای خاک تعیین می شود (امام و نیک نژاد، ۱۳۷۴). ذرت هایی که در نواحی گرمسیری کشت می شوند، در مقایسه با ذرت های نواحی معتدله تعداد برگ بیشتری در هر بوته تولید می کنند. دلیل این امر عدم محدودیت دما در طول فصل رشد برای این ذرت ها است (فائو، ۲۰۰۰).

۲-۶- ترکیب دانه ی ذرت

ترکیب عمده ی ذرت دانه ای را نشاسته تشکیل می دهد و تقریباً تمام استفاده ی صنعتی از ذرت بر مبنای نشاسته موجود در آن است (تالنار و دویر، ۱۹۹۹). افزون بر این در رویان ذرت ۳۰ تا ۳۷ درصد روغن وجود دارد که استخراج و به عنوان روغن ذرت مورد استفاده قرار می گیرد (اسپراو و دادلی، ۱۹۸۸). آندوسپرم ۸۳ درصد، رویان ۱۱ درصد و پریکارپ ۶ درصد وزن دانه ذرت را تشکیل می دهند (تالنار و دویر، ۱۹۹۹).

۲-۷- اهمیت تغذیه در ذرت

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول است. به طوری که در فرآیند تغذیه گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت تناسب میان همه عناصر غذایی کاملاً ضروریست. ذرت گیاهی است که نیاز بالایی به عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر دارد (جوکلا و راندال، ۱۹۸۹؛ کلباسی و همکاران، ۱۹۸۸) بنابراین به منظور برداشت عملکرد بالا به مقدار زیادی کود نیتروژن و فسفر نیاز دارد (باری و میلر، ۱۹۸۹). نیتروژن یکی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است که بدلیل قابلیت تحرک زیاد در خاک، نیاز بالای گیاهان و آبشویی بالا، کمبود آن شایع و عملکرد گیاهان زراعی را محدود می کند (سالمرن-میراندا، ۲۰۰۸). در ذرت کمبود نیتروژن بر روی خصوصیات مرفولوژیک تأثیر منفی دارد به طوری که در آزمایشات مشاهده شده است که کمبود نیتروژن، وزن دانه در بلال، طول بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه در ذرت را به طور معنی داری کاهش می دهد (منووکس و همکاران، ۲۰۰۵).

در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک ایران، به دلیل فراوانی کربنات کلسیم، و نیز pH بالای خاک، قابلیت دسترسی عناصری چون فسفر و آهن کم می باشد. فسفر از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است.

عوامل بسیاری همچون مقدار فسفر قابل استفاده در خاک، pH خاک، کربنات کلسیم و کاتیون های کلسیم، منیزیم بر دسترسی فسفر در خاک موثر می باشد (کاشی راد و مارشنر، ۱۹۷۴). آهن نیز از عناصر غذایی ضروری کم مصرف برای گیاهان است. دسترسی پایین آهن خاک برای ریشه گیاهان عموماً در خاک های قلیایی به دلیل pH بالا و غلظت زیاد بی کربنات مربوط می باشد. کلروز آهن یکی از شایع ترین محدودیت ها در عملکرد محصولات کشت شده در مناطق دارای خاک های آهکی و قلیایی است. کریمیان و قنبری (۱۹۹۰) حد بحرانی فسفر را برای ذرت در خاک های آهکی استان فارس، ۱۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک با روش اولسن گزارش نموده اند. کمبود فسفر در ذرت، زمان تولید کلاله های ابریشم مانند و همچنین رسیدن محصول را به تأخیر انداخته و سبب کاهش وزن دانه های ذرت می شود (صیامی، ۱۳۸۸).

هر چند ضرورت گوگرد در رشد گیاه شناخته شده است ولی اطلاعات کمی درباره طبیعت و قابلیت استفاده ترکیبات گوگرد در خاک ها موجود است (طباطبایی و برمنر، ۱۹۷۲). غلظت گوگرد در بافت گیاهی در مقایسه با نیتروژن کم می باشد، اما به عنوان یک عنصر ضروری در ساختمان پروتئین ها، سیستمین و متابولیت های ثانویه است (اسکرر و همکاران، ۲۰۰۸؛ عبدالله و همکاران، ۲۰۱۰). گوگرد و نیتروژن درگیر سنتز پروتئین ها بوده و نقش مهمی در حفاظت گیاهان در برابر تنش مواد غذایی، آفات و سنتز ویتامین ها و کلروفیل در سلول دارند (کاسار و کاتکات، ۲۰۰۷). افزایش عملکرد دانه ذرت به واسطه مصرف گوگرد توسط محققان متعددی گزارش شده است (قوش و همکان، ۱۹۹۰؛ حسن و السن، ۱۹۹۶).

۲-۸- پراکندگی خاک های قلیایی در ایران و جهان

خاک های قلیایی و مبتلا به شوری عمدتاً در مناطق خشک و نیمه خشک در بیشتر از نصف اراضی قابل کشت جهان یافت می شوند. اراضی وسیعی از آنها به مراتع و زراعت دیم اختصاص یافته و بخش قابل توجهی نیز برای زراعت آبی مورد استفاده می باشد. بیشتر اراضی شور و قلیا، هر چند برای کشاورزی مورد

استفاده قرار نمی گیرند، پوشش گیاهی آنها دارای تنوع گسترده ای از نباتات می باشد که همراه با حیوانات بومی خود در تنوع زیستی نقش عمده ای دارند.

خاک های مناطق خشک و نیمه خشک اکثراً قلیایی می باشند. زیرا بارندگی و یا بارش برف برای آبهویی کاتیون های بازی (Ca^{+} ، Mg^{+} ، K^{+} ، Na^{+} و غیره) که از هواذیدگی سنگ ها و کانی ها با تأنی آزاد می شوند، کافی نیست. در نتیجه درصد اشباع بازی بالا بوده و pH بالاتر از ۷ غالب می باشد. در بعضی مناطق با زه کشی ضعیف حتی از آبهویی نمک هایی محلول مانند NaCl ، CaCl_2 ، MgCl_2 و KCl نیز ممانعت گردیده و منجر به ایجاد شرایط شور و همچنین قلیایت شده است.

۲-۸-۱- مشکلات تولید در خاک های قلیایی

تولید محصول در خاک های قلیایی همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. بخش مهمی از این مشکلات از آنجا ناشی می شود که در این خاک ها به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد کاتیون های بازی، عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است به صورت ترکیب های نامحلول و غیر قابل استفاده برای گیاهان در می آیند (دلاکا، ۱۹۸۹). عناصر غذایی مانند آهن، منگنز و روی که آزادانه در خاک های اسیدی قابل استفاده اند (بعضی مواقع در حد سمیت)، در بسیاری از خاک های قلیایی به ندرت قابل استفاده بوده و حتی کمبود این عناصر در گیاهان دیده می شود. متأسفانه استعمال کودهای شیمیایی و یا پس مانده های گیاهی حاوی این عناصر کم مصرف بعضی مواقع بی تأثیر است، زیرا این عناصر در خاک های دارای pH بالا به سرعت به اشکال غیر قابل حلّ در می آیند. در تولید گیاهان پر ارزش برای جلوگیری از تعامل عناصر کم مصرف و خاک های دارای pH بالا، عناصر کم مصرف معمولاً به طور مستقیم بر روی سطح برگ پاشیده می شود.

در خاک های قلیایی فسفر بومی و فسفر داده شده هر دو به صورت فسفات کلسیم و منیزیم بسیار نامحلول در می آیند و فسفر فقط به مقدار بسیار جزیی برای جذب گیاه قابل استفاده می باشد. به همین ترتیب قابلیت استفاده بُر در سطوح بالای pH کاهش می یابد، زیرا در pH بالاتر از ۷ بُر به شدت به وسیله ی کلویدهای خاک جذب می شود. برعکس قابلیت استفاده مولیبدن در دامنه pH قلیایی افزایش یافته به طوری که سمیت موضعی مولیبدن در بعضی مناطق برای گیاهان و احشام چرا کننده مسأله ساز می باشد.

۲-۹- گوگرد

گوگرد یکی از عناصر ضروری برای ادامه حیات موجودات زنده است که به صورت جامد، محلول و گاز در سطح وسیعی از کره زمین یافت می شود. قشر زمین دارای ۰/۰۶۶ درصد گوگرد است که بیشتر به صورت سولفید و سولفات فلزات است و از نظر مقدار در ردیف ششم عناصر موجود در زمین قرار می گیرد. مقدار کل گوگرد در خاک های زراعی معمولاً کمتر از ۰/۱۴ درصد است (سالار دینی، ۱۳۷۱). گوگرد به صورت معدنی و آلی در خاک یافت می شود و میزان آن در خاک بستگی به مقدار مواد آلی، رس و نزدیکی به مراکز صنعتی و غیره دارد. گوگرد از راه های مختلف مانند مصرف کودهای گوگردی، اتمسفر، آب آبیاری، سموم و آفت کش ها به خاک اضافه و از طریق جذب گیاه، تصعید، فرسایش خاک و آبشویی از خاک خارج می شود (بشارتی، ۱۳۷۸).

۲-۹-۱- اهمیت گوگرد

گوگرد یکی از عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می باشد. در سال های اخیر، کمبود گوگرد (S) به یک مشکل افزاینده ای برای کشاورزی تبدیل شده، و در نتیجه موجب کاهش پارامترهای کیفی و عملکرد گیاهان زارعی شده است (مک گرات و همکاران، ۱۹۹۶). گوگرد به عنوان چهارمین ماده مغذی گیاه شناخته شده و کمبود آن بیشتر در خاک هایی با بافت سبک که از لحاظ مقدار

ماده آلی فقیر بوده، می باشد. افزایش کمبود گوگرد در نتیجه کشت های فشرده بدون اضافه نمودن کوهای حاوی گوگرد، تجزیه بالای کودهایی مانند اوره، دی آمونیوم فسفات، و کلراید پتاس می باشد (کوتاری و جترا، ۱۹۹۴). گوگرد مکان مهمی را پس از نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برنامه تعادل باروری به دلیل استفاده از کودهای حاوی گوگرد مانند دی آمونیوم فسفات اشغال کرده است (موخرجی و سینگ، ۲۰۰۲).

۲-۹-۲- نقش گوگرد در گیاه

مقدار گوگرد در پوسته زمین حدود ۰/۰۶۶ درصد بوده و از نظر فراوانی در لیتوسفر در ردیف ششم و از لحاظ مقدار مورد نیاز گیاه پس از سه عنصر اصلی (N، P، K و Ca) در مرتبه پنجم قرار دارد. هر چند که در برخی منابع آن را بعد از سه عنصر (N، P، K) چهارمین عنصر مهم معرفی کردند (ماخرجی و سینگ، ۲۰۰۳). مقدار گوگرد در خاک ها از ۰/۰۰۲ درصد (در خاک های شدیداً هوا دیده و آبشویی شده) تا ۵ درصد (در خاک های شور آهکی و شور) متغیر می باشد. مقدار گوگرد در گیاهان تقریباً مشابه فسفر (۰/۲ درصد) است و این نسبت بالا نماینگر اهمیت آن در تغذیه گیاهی است و از طرفی گوگرد از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتئین های سلولی اهمیت دارد. گوگرد بدلیل نقش در تشکیل ترکیبات اسیدهای آمینه حاوی گوگرد، سنتز پروتئین، ویتامین، کلروفیل و روغن اهمیت ویژه ای دارد (کاسار و کاتکات، ۲۰۰۷). کمبود گوگرد در دانه های روغنی موجب کاهش کیفیت غذایی این دانه ها برای انسان می شود (سینگ و بانسال، ۱۹۹۹). تعادل حاصلخیزی خاک به منظور دستیابی به پتانسیل عملکرد و بهبود کیفیت محصولات گیاهی امری حیاتی است. کاربرد مناسب کودها و ایجاد توازن بین عناصر غذایی می تواند سبب بهبود دسترسی عناصر غذایی از جمله گوگرد برای گیاهان شود. در دهه های اخیر پیشرفت های زیادی در کاهش رسوب گازهای گلخانه ای در جو شده، که منجر به کاهش رسوب گوگرد در زمین های کشاورزی شده است (مک گرات و همکاران، ۱۹۹۶). در حالی که این رسوبات به تنهایی نیاز گیاه را تامین می نمود، اما در حال حاضر می بایست به مقدار توصیه شده برای غلات و دانه های روغنی کود گوگرد بکار برده شود. مدل ساز

های پیش بینی شده نشان داده که بیشتر زمین های کشاورزی در خطر وقوع کمبود گوگرد هستند. پیش بینی شده که کمبود گوگرد احتمالاً برای گیاهان دانه روغنی بدلیل نیاز بالا، بیشتر از غلات می باشد (مک گرات و همکاران، ۱۹۹۶).

۲-۹-۳- تأثیرات کمبود گوگرد

پیامدهای زراعی ناکافی بودن گوگرد با کاهش عملکرد و تأثیر قابل توجهی بر روی محتوای گوگرد تحت شرایط کمبود شدید به خوبی بیان شده است. در بسیاری موارد تنش متوسط کمبود گوگرد ممکن است تأثیر کمی بر عملکرد داشته باشد اما تأثیر شدیدی بر کیفیت، از طریق تغییر نسبت N/S می گذارد (ژائو و همکاران، ۱۹۹۶). طی مطالعات انجام شده در بریتانیا توسط مک گرات و همکاران (۱۹۹۶) در سال های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۳ بر گندم مشاهده کردند افزایش نسبت N/S و کمبود گوگرد دانه گندم بدلیل کاهش گوگرد اتمسفر می باشد. همچنین بیان شده، محدود شدن دسترسی گوگرد در گندم سبب سنتز و تجمع پروتئین های گوگردی فقیر مانند گلیادین در دانه می شود (ماس و همکاران، ۱۹۸۱؛ رجلی و همکاران، ۱۹۸۴؛ فالینگتون و همکاران، ۱۹۸۷). این تغییرات ترکیب پروتئینی همراه با تغییر در خاصیت خمیر و کیفیت نان می شود. جیلبرت و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند کمبود گوگرد در گیاهچه های جوان گندم سبب کاهش سرعت آسیمیلات CO_2 ، فعالیت آنزیم ریبسکو و تعادل پروتئین ها می شود. این در نتیجه کاهش سنتز پروتئین های جدید تحت شرایط محدودیت گوگرد و تجزیه برخی پروتئین ها برگ های پیر می باشد. عدم سنتز آنزیم روبیسکو و کلروز برگهای جوان ناشی از کاهش مقدار کلروفیل (بروک و همکاران، ۱۹۸۶) نشان دهنده بازدارندگی در سنتز جدید دستگاه فتوسنتزی می باشد. یکی دیگر از تأثیرات متابولیکی تنش گوگرد، کاهش هدایت هیدرولیکی در ریشه است (کارموکار و همکاران، ۱۹۹۱)، که بصورت سیگنال های مواد غذایی ناشی از گرسنگی از ریشه به ساقه می باشد. پیشنهاد شده که بسته شدن روزنه ها و محدود

شدن جذب دی اکسید کربن، محدودیت آسمیلات کربن در نتیجه ایجاد محدودیت نیاز متابولیکی برای گوگرد است.

علائم آشکار کمبود گوگرد کاهش منابع داخلی گوگرد و افزایش منابع محلول نیتروژن، از جمله نیترات و آمیدها که می تواند پیامدی از عدم تعادل نسبت N:S در گیاه می باشد (کارموکار و همکاران، ۱۹۹۱؛ ژائو و همکاران ۱۹۹۶؛ پروسور و همکاران، ۱۹۹۷؛ واریلو و هاوکسفورد، ۱۹۹۸). این نوسانات متابولیکی پیشنهاد شده به عنوان علائم تشخیصی کمبود گوگرد می باشد (ژائو و همکاران، ۱۹۹۶). چند منبع گوگرد در بافت گیاهی وجود دارد که به صورت سولفات یا فراکسیون پروتئین است. فراوانی نسبی این دو فراکسیون وابسته به نوع بافت خاص و تغذیه قبلی گیاه دارد (بلیک-کالف و همکاران، ۱۹۹۸). دیگر منابع کوچک گوگرد شامل آسیدهای آمینه آزاد، سیستئین و متیونین، آنزیم تری پپتید گلوکاتایون و سولفولپید هستند.

۲-۹-۴- پاسخ برخی گیاهان زراعی به تغذیه گوگرد

تعادل حاصلخیزی خاک امری حیاتی به منظور دستیابی عملکرد بلقوه و بهبود کیفیت در گیاهان زراعی می باشد. نیتروژن و گوگرد به منظور بهبود کیفیت و عملکرد شناخته شده اند (تاندون، ۱۹۹۱). طی آزمایش به طور متوسط مقدار عملکرد دانه ذرت با افزودن ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار، در مقایسه با کاربرد ۰، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم، بترتیب ۹/۳۹، ۵/۲۳ و ۲/۴۳ درصد افزایش یافت (ماریا و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین گزارش نمودند حداکثر مقدار شاخص برداشت (۰/۳۳/۷۳) با کاربرد ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد. ماریا و همکاران (۲۰۰۵) یافتند کاربرد ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار موجب افزایش قابل توجهی در اجزای عملکرد همچون، تعداد بلال در بوته، طول بلال، تعداد دانه در بلال و وزن ۱۰۰۰ دانه ذرت نسبت به دیگر سطوح پایین گوگرد شد. افزایش کاربرد گوگرد تا سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی داری در

عملکرد گندم (شارما و مانوهار، ۲۰۰۲ و دی وال و پاریک، ۲۰۰۴) و عملکرد کاه در گندم تا ۶۰ کیلوگرم افزایش یافت (شارما و مانوهار، ۲۰۰۲). کاربرد گوگرد سبب بهبود رشد گیاه جو شده است. کاربرد گوگرد موجب افزایش مقدار نیتروژن، گوگرد و فسفر در بافت گیاه جو شد (ابو-رادی و نابالسی، ۲۰۰۹).

داده‌یچ و گوپتا (۲۰۰۵) اظهار کردند کاربرد ۶۰ کیلوگرم گوگرد در مقایسه با استفاده ۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم گوگرد بترتیب ۳۶/۱، ۱۳/۵ و ۲/۲ درصد علوفه سبز ارزن را افزایش داد. عملکرد دانه و بیوماس سویا با افزایش سطوح فسفر و گوگرد افزایش معنی داری یافت (ماجومدار و همکاران، ۲۰۰۱). رامامورتی و همکاران، (۱۹۹۶)، گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه سویا با کاربرد ۴۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بدست آمد که نسبت به شاهد معنی دار بود. همچنین سینگ و سینگ (۱۹۹۵) یافتند که بکار بردن ۳۰ کیلو گرم در هکتار گوگرد باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد در طی ۲ سال گردید. کاربرد ۴۰ کیلو گرم در هکتار گوگرد موجب افزایش معنی داری در تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه (بترتیب ۷/۶ و ۲/۶ درصد) نسبت به شاهد شد (ماجومدار و همکاران، ۲۰۰۱).

شارما و همکاران (۲۰۰۲)، یافتند با افزایش سطح کاربرد گوگرد از شاهد تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد موجب افزایش معنی داری در بیوماس گیاه لوبیا چشم بلبلی شد. آواستی و همکاران، (۲۰۰۱)، نشان دادند کاربرد ۴۰ کیلوگرم گوگرد در تولید آفتابگردان تأثیر قابل توجهی داشته و موجب افزایش دانه و عملکرد علوفه شد. افزایش معنی دار در ارتفاع بوته کلزا، تولید ماده خشک، شاخه، محتوای کلروفیل برگ و شاخص سطح برگ در نتیجه کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد است (کومار و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۹-۵- تأثیر گوگرد در مقدار پروتئین، روغن و عملکرد گیاهان زراعی

کاربرد گوگرد سبب افزایش عملکرد پروتئین دانه ارزن شد. افزایش پروتئین ناشی از کاربرد گوگرد می تواند ناشی از بهبود جذب نیتروژن توسط گیاه باشد (داده‌یج و گوپتا، ۲۰۰۵). محتوای پروتئین و روغن دانه سویا با افزایش کاربرد گوگرد افزایش معنی داری داشت (ماجومدار و همکاران، ۲۰۰۱). افزایش محتوای روغن با کاربرد گوگرد می تواند ناشی از کمک گوگرد در سنتز روغن از طریق افزایش سطح تیوگلکوزیدها می باشد (دیویدی و باپتا، ۱۹۹۸). همچنین کومار و سینگ (۱۹۸۱)، نشان دادند که کاربرد گوگرد سبب افزایش محتوای روغن و پروتئین دانه سویا می شود. آواستی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند افزایش محتوای روغن دانه آفتابگردان می تواند ناشی از دخالت گوگرد در بیوسنتز روغن می باشد. کاربرد گوگرد عملکرد روغن کنجد را به طور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش داد (ناگشار و همکاران، ۱۹۹۵). از آنجاییکه گوگرد بخش اصلی کوآنزیم A و محرک اصلی سنتز اسیدهای چرب در گیاه می باشد. نتایج مشابه نیز توسط سینگ و همکاران (۱۹۸۷) گزارش شد. همچنین تحقیقی روی نیشکر صورت گرفت، نتایج نشان داد کاربرد کود گوگرد سبب افزایش عملکرد شکر گردید (شاکلا و لال، ۲۰۰۷).

۲-۹-۶- تأثیر باقی مانده گوگرد بر رشد گیاهان

باقیمانده کود گوگرد بکار رفته در زراعت گندم، تأثیر معنی داری بر رشد ارزن مرواریدی گذاشته است (شارما و مانوهار، ۲۰۰۲). کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد در زراعت گندم موجب افزایش عملکرد دانه و علوفه ارزن نسبت به شاهد شد. در تحقیق صورت گرفته توسط باپتا و همکاران، (۱۹۹۴) سویا ۲۲/۲٪ در مزرعه گندمی که قبلاً ۳۰ کیلوگرم گوگرد دریافت کرده، افزایش عملکرد را نشان داد.

کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد در زراعت لوبیا موجب افزایش عملکرد دانه و کاه جو به مقدار ۲۱ و ۱۵/۶ درصد در سال بعد شد. این افزایش عملکرد دانه می تواند ناشی از افزایش گوگرد خاک و در

نتیجه افزایش جذب آن توسط گیاه می باشد (شارما و سینگ، ۲۰۰۵). کاربرد گوگرد در زراعت گندم موجب افزایش قابل توجهی در دسترسی فسفر و گوگرد خاک بعد از برداشت محصول شده است (شارما و مانوهار، ۲۰۰۲). همچنین رام و همکاران (۱۹۹۸) نیز گزارش کردند که باقیمانده گوگرد موجب بهبود حاصلخیزی خاک از طریق کاهش pH شدید خاک می شود.

۲-۹-۷- نقش گوگرد در اصلاح خاک های قلیا

دسترسی پایین برخی مواد مغذی یکی از عوامل مهم بروز کمبود مواد مغذی گیاه در خاک است. عوامل متعددی بر جذب مواد غذایی در خاک توسط گیاه مانند pH بالا و سطح CaCO_3 بالا که عمدتاً موجب کاهش دسترسی دیگر عناصر می شوند. تحت شرایط نامساعد خاک مانند pH بالا و CaCO_3 کاربرد کودها ممکن است مشکل کمبود مواد غذایی را برطرف نکند. کاهش اسیدیته خاک (حتی به طور موضعی) یکی از روش های موثر مقابله با کمبود فسفر و ریز مغذی ها در خاک های آهکی و قلیایی به شمار می رود. استفاده از گوگرد به عنوان فراوان ترین و ارزان ترین ماده اسیدزا، نه تنها به عنوان عنصر غذایی مورد نیاز بلکه بیشتر به دلیل اثرات جانبی مفید این عنصر در اسیدی کردن موضعی خاک، افزایش قابلیت انحلال سایر عناصر و تنظیم pH خاک شناخته می شود. بنابراین بهبود رشد با کاربرد گوگرد، به علت افزایش حلالیت مواد غذایی و غلبه بر کمبود تغذیه بخصوص در خاک های قلیایی و آهکی می باشد (گوپتا و مهلا، ۱۹۸۰؛ داوود و همکاران، ۱۹۸۵؛ نیلسون و همکاران، ۱۹۹۳). اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک خصوصاً در خاک های قلیایی برای افزایش دسترسی مواد غذایی از طریق کاهش pH خاک نیز می گردد (برنز، ۱۹۶۷). در یک آزمایش گلدانی، کاربرد گوگرد موجب کاهش pH خاک و افزایش دسترسی عناصر کم مصرف و در نتیجه افزایش عملکرد ماده خشک گیاه شد (سلیمان و همکاران، ۱۹۹۲). اردال و همکاران (۲۰۰۰)، نشان دادند کاربرد گوگرد موجب کاهش pH خاک به مقدار ۰/۱۱ الی ۰/۳۷ واحد، افزایش وزن خشک گیاه و غلظت فسفر ذرت شد. در دیگر مطالعات مشاهده شد که کاربرد گوگرد تولید ماده خشک، غلظت و جذب ماده

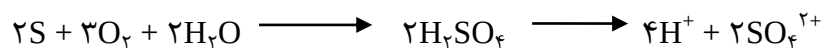
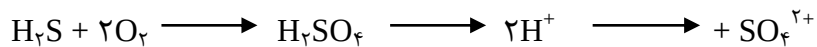
غذایی، غلظت کلروفیل و تشکیل گره بر ریشه های گیاهان افزایش داد (کاپلن و اورمن، ۱۹۹۸؛ اردال و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۹-۸- نقش گوگرد در مقاومت گیاهان در برابر تنش های محیطی

این عنصر باعث افزایش مقاومت گیاهان به امراض، خشکی و سرما می شود و همچنین از تجمع نیترات در گیاهان جلوگیری می کند (طباطبایی ۱۹۸۶، تیت ۱۹۹۵). علاوه بر این موارد یاد شده، اثرات مصرف گوگرد در اصلاح خاک های سدیمی و بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در خاک های آهکی را نباید از نظر دور داشت.

۲-۹-۹- اکسایش گوگرد

واکنش های اکسایش گوگرد (S) و هیدروژن سولفید (H_2S) نشان می دهد که همانند اکسایش نیتروژن، اکسایش گوگرد یک فرآیند اسیدی شدن است. برای هر اتم گوگرد که اکسیده می شود، دو یون هیدروژن تشکیل می گردد. به خاطر همین واکنش اسیدی شدن، گوگرد می تواند برای کاهش pH در خاک های شدیداً قلیایی و سدیمی مناطق خشک به مقداری که برای رشد گیاه مطلوب تر است، مصرف گردد. واکنش های اکسایش برای سولفید هیدروژن و گوگرد را می توان به صورت زیر تشریح شود:



اکسایش بعضی از ترکیبات گوگردی از جمله سولفیت ها (SO_3^{2-}) و سولفید (S^{2-}) یک اکسایش شیمیایی است. بدلیل اینکه اکسیداسیون شیمیایی گوگرد بسیار کند و بطئی است لذا قسمت اعظم گوگرد

موجود در خاک توسط میکروارگانیسم ها اکسید می شود. باکتری تیوباسیلوس باکتری رایج شیمیولیتوتروف^۱ و مهمترین باکتری اکسیدکننده گوگرد در خاک می باشد (ژان-هوی، ۲۰۱۰). تیوباسیلوس یک باکتری شیمیولیتوتروف اسید دوست است که با استفاده از گوگرد به عنوان منبع انرژی، مهمترین میکروارگانیسم کاتالیز سولفید می باشد. با این حال، گزارش شده که تعداد این باکتری ها در اکثر خاک های زراعی کم می باشد (کاپمن ۱۹۹۰؛ لارنس و جرمید، ۱۹۹۱). در صورتی که جمعیت این باکتری ها در خاک پایین باشد، مصرف گوگرد همراه با این باکتری ها در خاک های قلیایی و آهکی، اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (وان رایت، ۱۹۸۴). در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک های تلقیح شده با باکتری های تیوباسیلوس حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک های تلقیح نشده است. در تحقیقی مشابه در یک خاک سولونتری معلوم شد که در اثر تلقیح خاک با باکتری *T. thiooxidans* و *T. thioparus* سرعت اکسایش گوگرد نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش پیدا کرد (تیسدل و همکاران، ۱۹۸۴).

۲-۹-۱۰- عوامل موثر بر اکسایش گوگرد در خاک

از آنجا که اکسیداسیون شیمیایی گوگرد در خاک بسیار کند و بطئی بوده و قسمت اعظم گوگرد موجود در خاک توسط میکروارگانیسم ها اکسیده می شود، بنابراین هر عاملی که بتواند رشد و نمو و فعالیت میکروارگانیسم های اکسید کننده گوگرد را تحت تأثیر قرار دهد، بر میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک نیز اثر خواهد گذاشت. مهمترین عوامل موثر بر اکسیداسیون گوگرد را می توان به صورت زیر برشمرد:

میزان عناصر غذایی موجود در خاک، مقدار مصرف گوگرد، نحوه مخلوط کردن گوگرد با خاک، درجه حرارت، تهویه و رطوبت خاک، pH خاک، مواد آلی، اندازه ذرات گوگرد، شوری خاک و تلقیح خاک با باکتری های تیوباسیلوس (جانزن و بتانی، ۱۹۸۷؛ واتکینسون و بولان، ۱۹۹۸؛ لی و همکاران، ۲۰۰۰).

^۱ - Chemiolithotroph

اکسایش گوگرد به اندازه ذرات گوگرد (لفروی و همکاران، ۱۹۹۷) و شرایط زیست محیطی خاک مانند دما و رطوبت بستگی دارد (جاجی و همکاران، ۲۰۰۵). حداکثر سرعت اکسیداسیون گوگرد در خاک های با ظرفیت نگهداری آب بالا، یافت می شود (جانزن و بتانی، ۱۹۸۷a). سرعت اکسیداسیون گوگرد در دماهای کمتر از ۴ درجه سانتی گراد متوقف می شود، اما با افزایش دما سرعت اکسیداسیون افزایش می یابد (حداکثر سرعت اکسیداسیون تقریباً در دماهای ۴۰ درجه سانتی گراد) (ویر، ۱۹۷۵). فرآیند اکسیداسیون گوگرد در درجه اول توسط فعالیت میکروارگانیسم های اکسید کننده خاک کنترل می شود. شواهد نشان داد که افزایش اکسیداسیونی گوگرد رابطه خطی با بیوماس میکروبی در خاک دارد (لارنس و جرمیدا، ۱۹۸۸).

۲-۱۰- باکتری تیوباسیلوس

تیوباسیلوس باکتری گرم منفی، اسیدی دوست و شیمولیتوتروف است که توانایی تبدیل انرژی برای رشد از اکسیداسیون فروس^۱ به یون فریک^۲ و عنصر گوگرد یا احیای ترکیبات غیر آلی گوگرد به سولفات با استفاده از اکسیژن بعنوان پذیرنده الکترون می باشد (کلی و وود، ۲۰۰۰). این توانایی خصوصاً برای انحلال عناصر غذایی مفید بوده، زیرا این باکتری توانایی اکسید عنصر سولفید و تولید اسید محلول سولفید را دارد. این باکتری یکی از مهمترین میکروارگانیسم های دخیل در انحلال بیولوژیکی سولفید است. مکانیسم های مستقیم و غیر مستقیم در این فرآیند نقش دارند. در فرآیند مستقیم انحلال مواد غذایی توسط سیستم آنزیمی باکتری که باعث تبدیل اکسید سولفید به سولفات می گردد. مکانیسم غیر مستقیم (نعمتی و ووب، ۱۹۹۶) آهن فریک تولید شده توسط تیوباسیلوس از اکسیداسیون آهن فروس به عنوان عامل واکنش دهنده شیمیایی با مواد معدنی است. اکسیداسیون باکترایی آهن فروس براساس واکنش زیر است:



^۱ - Fe^{۲+}
^۲ - Fe^{۳+}

۲-۱۰-۱- زیستگاه طبیعی و شرایط رشدی مورد نیاز

تیوباسیلوس با احیای ترکیبات غیر آلی گوگردی یا آهن بعنوان پذیرنده الکترون، اغلب در رسوبات سولفیدی سراسر جهان (کاراوایکو و همکاران، ۲۰۰۳)، باتلاق های وابسته به رسوبات سولفیدی (جانزالز-توریل و همکاران، ۲۰۰۳) و آبراه ها (کامیرا و همکاران، ۲۰۰۳) یافت می شود. این باکتری توانایی رشد در شرایط نامساعد دارد (دروینر و همکاران، ۱۹۹۰؛ هالبرگ و لیندستروم، ۱۹۹۴). حضور آنزیم های چرخه کالوین در باکتری های اسید تیوباسیلوس (آپیا-آیم و همکاران، ۲۰۰۶؛ کاسانو و همکاران، ۱۹۹۱) آنها را قادر می سازد تا CO₂ را تثبیت کند و سبب رشد آنها در محیط هایی با غلظت کربن بسیار کم می شود (دولد و همکاران، ۲۰۰۵).

اعضای جنس باکتری تیوباسیلوس اسید دوست (pH بهینه بین ۲ الی ۴) اما برای باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس تا pH بالایی ۵/۵ مطلوب می باشد. همچنین باکتری تیوباسیلوس از لحاظ دمایی مزوفیل بوده، به استثنای تیوباسیلوس کالدوس^۱ است که گرمادوست و دمای مطلوب آن حدود ۴۵ درجه سانتی گراد است (کلی و وود، ۲۰۰۰).

تلقیح گوگرد با باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش سرعت اکسایش گوگرد و تعدیل pH خاک می گردد. نتایج نشان می دهد که وقتی که گوگرد عنصری استفاده شود، یک واکنش بیولوژیکی در خاک، توسط گونه های مختلف تیوباسیلوس (باکتریهای اکسید کننده گوگرد) رخ می دهد که منجر به تولید اسید سولفوریک و کاهش pH خاک می شود. در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک های تلقیح شده با باکتری های تیوباسیلوس حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک های تلقیح نشده است. در تحقیقی مشابه در یک خاک سولونتری معلوم شد که در اثر تلقیح خاک با باکتری *T. thiooxidans* و *T. thioparus* سرعت اکسایش گوگرد نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش پیدا کرد (تیسدل و همکاران،

^۱ - *Thiobacillus caldus*

۱۹۸۴). مطابق این یافته، استامفورد و همکاران (۲۰۰۲) اظهار کردند کاربرد گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس موجب کاهش شدید pH خاک گردید.

۲-۱۱- قارچ میکوریزا

۱۲-۱۱-۱- تاریخچه میکوریزا

قارچ آرباسکولار میکوریزا (AMF) در طبقه بندی، جزو راسته گلومالس (Glomales) که متشکل از ۶ جنس است (شکل ۱)، جنس گلوموس (Glomus) بیشترین تحقیقات را به خود اختصاص داده است (اسمیت و راد، ۱۹۹۷). گلوموس طبق شواهد فسیلی (تایلور و همکاران، ۱۹۹۵) و تجزیه DNA و آنالیز توالی ریبوزوم ژن ها در ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلیون سال پیش می زیست (سیمون و همکاران، ۱۹۹۳). شناخت وجود همزیستی در قرن گذشته رخ داد، اما تحقیقات بعدی بر کارکرد این قارچ در زمان حاضر به صورت جدی آغاز شد. مطالعات انجام شده نشان در رابطه با همزیستی این قارچ با ریشه گیاهان نشان داد که این قارچ ماهیت همزیست اجباری دارد (دود، ۲۰۰۰). این قارچ در داخل سلولهای ریشه میزبان اندام تخصصی به نام آرباسکول تولید کرده، و اعتقاد بر این است که مکان اصلی برای تبادل مواد غذایی بین گیاه و قارچ می باشد (شکل ۲). مواد غذایی توسط شبکه ای متراکم بنام میسیلوم (هیف قارچ) که در پروفیل خاک منشعب و در ارتباط با ریشه گیاه (شکل ۲) که موجب انتقال مواد غذایی به گیاه میزبان می شود.

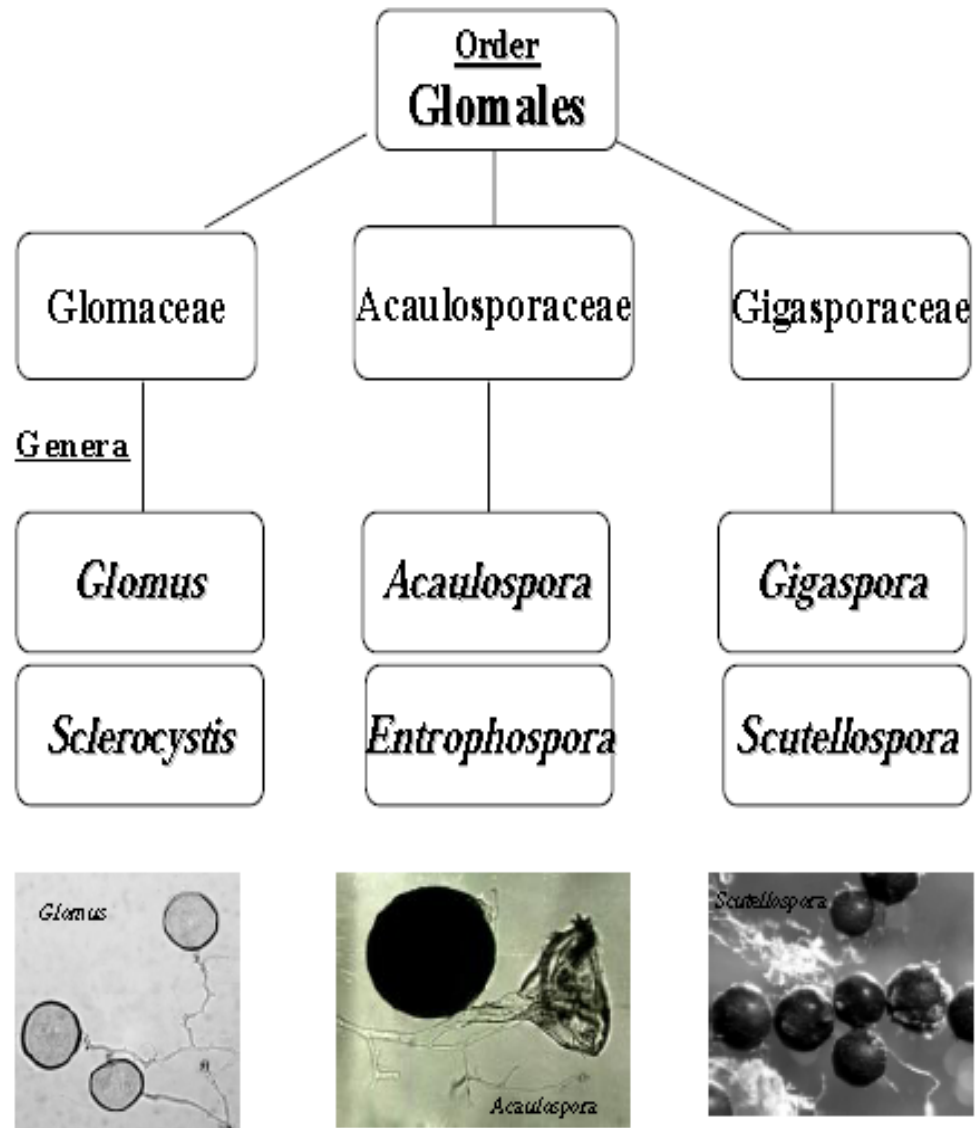


Figure 1. - The current taxonomy of AMF with examples of the large spores produced by different genera in soils.

شکل ۱-۲: تقسیم بندی گونه های قارچ میکوریزا، راسته گلومالس (دود، ۲۰۰۰).

مزایای تلقیح قارچ میکوریزا

۱. افزایش جذب مواد غذایی مانند فسفر
 ۲. افزایش تحمل گیاه میزبان به پاتوژن های ریشه ای
 ۳. افزایش تحمل تنش های آبی و شرایط نامطلوب محیطی (آلودگی عناصر سنگین)
 ۴. افزایش کارایی تثبیت نیتروژن توسط باکتری های ریزوبیوم (بهبود تشکیل غده های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفر توسط لگوم ها)
- میکوریزا به عنوان یک نمونه همزیستی گسترده کلاسیک است که در آن قارچ مواد غذایی از خاک جذب و به گیاه انتقال داده و در مقابل گیاه کربن فتوسنتزی تثبیت شده را به قارچ منتقل می کند (اسمیت و راد، ۱۹۹۷). بیشتر گیاهان از طریق این همزیستی ۵۰۰ میلیون سالی بسیاری از مواد غذایی مورد نیاز خود را تامین می نمودند (هیگمن و همکاران، ۲۰۰۱).

۱۱-۲- نقش میکوریزا در تغذیه گیاهان

اثرات مفید میکوریزا بر رشد گیاه غالباً به افزایش جذب مواد غذایی کم تحرک، خصوصاً فسفر مرتبط است (بولان، ۱۹۹۱). مکانیسم های مختلفی برای افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزی اظهار شده است. این مکانیسم ها شامل، کاوش حجم زیاد خاک، حرکت سریع فسفر در هیف های میکوریزا و حل کردن فسفر خاک هستند. دسترسی به حجم زیاد خاک توسط گیاهان با کاهش فاصله یون فسفر با ریشه گیاهان از طریق افزایش حجم سطح جذب ریشه حاصل می گردد. حرکت سریع فسفر در هیف میکوریزا از طریق افزایش میل ترکیبی یون فسفر و کاهش آستانه غلظت مورد نیاز برای جذب فسفر از خاک در هیف های قارچ می باشد. همچنین حل کردن فسفر خاک از طریق ترشح اسید های آلی و آنزیم های فسفات آز صورت می گیرد (بولان، ۱۹۹۱).

بهبود تغذیه فسفر در گیاه میکوریزایی توسط دیگر محققین تایید شده است (جانسا و همکاران، ۲۰۰۵؛ مانکولد و همکاران، ۲۰۰۴، اسمیت و همکاران، ۲۰۰۴، تانار و همکاران، ۲۰۱۱). در مورد انتقال کربن تثبیت شده از گیاه به قارچ میکوریزا، یافته ها نشان دادند که تا ۲۰ درصد کربن تثبیت شده در فتوسنتز گیاه به قارچ میکوریزا همزیست شده منتقل می شود (جاکابسن و راسندهل، ۱۹۹۰). مطالعات دیگر این مقدار را بین ۴ تا ۱۶ درصد از کربن گیاه به قارچ گزارش نمودند (بریلا و ایسینسفاتا، ۲۰۰۵؛ گریمولدی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کاسچاک و همکاران، ۲۰۰۹).

در همزیستی قارچ میکوریزای آرباسکولار (AM)، عناصر غذایی مانند فسفر، روی، مس، و نیتروژن توسط هیف جذب و به ریشه گیاه منتقل می شود که سبب بهبود تغذیه و رشد گیاهان می شود (اسمیت و راد، ۲۰۰۸، پاریسک، ۲۰۰۸). از آنجا که تأمین مواد مغذی یکی از محدودیت های رایج در رشد و تولید گیاهان در بسیاری از اکوسیستم ها بوده، استفاده از توانایی قارچ های هتروتروفیک AM به منظور افزایش توانایی گیاهان در جذب آب و مواد غذایی سودمند می باشد (جونز و اسمیت، ۲۰۰۴؛ اسمیت و اسمیت، ۱۹۹۶). در برخی شرایط، ممکن است نسبت سود به هزینه برای همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه میزبان کاهش یابد و در نتیجه این همزیستی رابطه انگلی می شود (گراهام و ابوت، ۲۰۰، لی و همکاران، ۲۰۰۸؛ گراهام و ایسینسفاتا، ۱۹۹۸). برخی تحقیقات نشان دادند که اثرات قارچ میکوریزا در جذب عناصر غذایی و بهبود رشد بخصوص در خاک های سترون می باشد (منج، ۱۹۸۳؛ ابوتو همکاران، ۱۹۸۴؛ پاول، ۱۹۸۴). تلقیح شبدر سفید با میکوریزا موجب افزایش دو برابر غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه ها و افزایش وزن خشک نسبت به شاهد شد (لینلی و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین الکراکی و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که ماده خشک اندام هوایی، فسفر اندام هوایی و ماده خشک ریشه گندم میکوریزی نسبت به گیاه غیر میکوریزی افزایش معنی داری داشته اند. از سوی دیگر، نشان داده شده که تلقیح میکوریزا در شرایط مطلوب فسفر

موجب کاهش رشد گیاه می گردد، این تأثیر می تواند ناشی از رقابت برای کربن بین گیاه میزبان و قارچ نسبت داده شود (اوسونابی و همکاران، ۱۹۹۱).

در سطوح پایین فسفر خاک، تلقیح میکوریزا سبب افزایش قابل ملاحظه ای در محتوای مس و روی در اندام هوایی گیاهان می گردد (تورک و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین، یافته ها نشان داده که در سویا رشد یافته در خاکی با سطح بالای فسفر، میزان مس و روی پایین تر است (لامبرت و ویدنساوول، ۱۹۹۱). در گیاه بادام زمینی، عدم تلقیح میکوریزا در خاک سترون شده در هنگام رشد علائم کمبود فسفر و روی را نشان داد (ماتور و ویس، ۲۰۰۰). نایر و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که سطح بالای کلونیزاسیون میکوریزا برای رشد لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط مزرعه مفید می باشد. هامل و اسمیت (هامل و اسمیت، ۱۹۹۱) گزارش کردند کشت مخلوط ذرت و سویا تلقیح شده با میکوریزا سبب بهبود این گیاهان می شود. جاکسون و میسون (۱۹۸۳) یافتند بین مقدار فسفر قابل دسترس، کلونیزاسیون ریشه و عملکرد غلاف در بادام زمینی همبستگی مثبت وجود دارد. آلوش و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که گیاه نخود تلقیح شده با میکوریزا سبب افزایش تعداد گره ریشه، محتوای فسفر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد.

۱۲-۱۱-۳- نقش در برابر تنش های محیطی

همزیستی مفید ریشه گیاهان و گروه خاصی از قارچ های خاکی که همزیستی میکوریزی نام دارد، از مهمترین و رایج ترین نوع همکاری بین گیاهان و میکروارگانیسم ها می باشد. قارچ های میکوریزا با بیش از ۸۰٪ خانواده های گیاهی دارای همزیست اجباری هستند. کمبود آب و دسترسی پایین مواد غذایی در خاک عمده ترین شرایط تنش را که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اکوسیستم های طبیعی و زراعی جهان می گردد (اسزابولس، ۱۹۹۱). همزیستی با قارچ های AM یکی از استراتژی های است که گیاهان در شرایط تنش بکار می گیرند (اینتری و همکاران، ۲۰۰۲). نتیجه این ارتباط همزیستی بهبود تامین آب و مواد

غذایی برای گیاهان است (اسمیت و راد، ۲۰۰۸). از آنجا که تحرک مواد غذایی در خاک های خشک محدود است، ارتباط همزیستی با قارچ AM برای گیاهان مرتعی خشک زی (Xeric) می تواند سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی گردد (رویز-لوزانو، ۲۰۰۳).

این قارچ ها توانایی دفع عناصر سنگین و یونهای سمی (هگو و همکاران، ۱۹۹۰)، تولید مواد محرک رشد، برقراری رابطه متقابل مثبت با باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن (طباطبایی و همکاران، ۱۹۹۲) و حل کننده های فسفات (لی و بجیاراج، ۱۹۸۶)، افزایش مقاومت گیاه میزبان به شوری (پوند و همکاران، ۱۹۸۴)، خشکی (سانج-دیز و هونرایا، ۱۹۹۴) و عوامل بیماریزای گیاهی (هونگ و همکاران، ۱۹۹۰) و به بقا و رشد گیاه میزبان در شرایط نامساعد محیطی کمک می کند. اگرچه بیشتر مطالعات انجام شده در مورد اثرات قارچ میکوریزا بر بهبود تغذیه گیاه بوده، تلقیح میکوریزا می تواند سبب افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش آبی می گردد (آلن و بوسالیس، ۱۹۸۳). گزارش شده که کلونی شدن میکوریزا در شرایط تنش کم آبی موجب افزایش جذب مواد غذایی شده (باس و ایلیس، ۱۹۸۵) و از این طریق سبب افزایش کارایی مصرف آب و افزایش هدایت هیدرولیکی در ریشه گیاه می شود (گراهام و سیورسن، ۱۹۸۴).

نقش قارچ میکوریزا در کاهش تنش آبی در گیاهان به نظر می رسد از طریق افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان باشد. این مکانیسم می تواند بصورت غیر مستقیم از طریق بهبود جذب مواد غذایی صورت گیرد. کاهش تنش آب نه تنها محدود به مناطق خشک یا نیمه خشک از کره زمین بوده بلکه در مناطقی که دچار خشکسالی کوتاه مدت در فصل رشد گیاه، تلقیح قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب مواد غذایی و کاهش تنش مفید بوده است.

در سال های اخیر نقش بالقوه قارچ میکوریزا در کمک به افزایش مقاومت گیاه به فلزات سنگین تأیید شده است. مطالعات انجام شده نشان داده که در محیط های آلوده، تلقیح گیاهان سبب افزایش سریع سازگاری آنها به این محیط ها شده است. جانر و لیوار (۱۹۹۷) نشان دادند، استفاده از کادمیوم با تلقیح

گلموس موسه سبب افزایش جذب کادمیوم توسط میسلیوم ها شده است. همچنین آنها دریافتند که میزان جذب کادمیوم در گیاهان میکوریزی کمتر بود، اما این عنصر در میسلیوم به مقدار فراروان تثبیت شده است.

فصل سوم: مواد و روش ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در منطقه بسطام به اجرا درآمد.

۳-۲- موقعیت شهرستان شاهرود از نظر جغرافیایی

شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر است.

۳-۳- شرایط آب و هوایی منطقه

بر اساس تقسیم بندی های اقلیمی منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه حدود ۱۵۴ میلی متر بوده (آمار هواشناسی بسطام، ۹۰) و بارندگی ها عمدتاً در فصل بهار و پاییز رخ می دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۶ درجه سانتی گراد گزارش شده است. میزان بارندگی، حداکثر و حداقل دما در شکل ۳-۱ آمده است.

۳-۴- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰ - ۲۵ سانتی متری در ۱۵ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری به صورت حرف Z صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم خاک جدا گردید، سپس نمونه های جمع آوری شده را مخلوط کرده، نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

۳-۵- نوع و قالب طرح آزمایشی

آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت و جمعاً ۳۶ کرت بود. عوامل مورد بررسی عبارتند از: میکوریزا در ۲ سطح تلقیح (M_1) و عدم تلقیح (M_0)، تیوباسیلوس در ۲ سطح استفاده (T_1) و عدم استفاده (T_0) و کود گوگرد به فرم پودری در ۳ سطح، صفر (S_0)، ۲۵۰ (S_1) و ۵۰۰ (S_2) کیلوگرم در هکتار بود.

۳-۶- آماده سازی زمین و کاشت

عملیات تهیه زمین در اوایل اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۰ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاو آهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته هایی به عرض ۶۵ سانتی متر ایجاد گردید. ابتدا ابعاد کرت ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و سپس جوی های آبیاری تعبیه گردیدند.

هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول ۶ متر بود و فاصله بذور روی ردیف های کاشت ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و ... بذور در عمق ۵-۷ سانتی متری خاک قرار داده شدند. برای جلوگیری از عمل تداخل و همزیستی قارچ میکوریزا، تیوباسیلوس و گوگرد ۶۵ سانتی متر بین کرت های اصلی و بین تکرارها ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. به منظور عدم اختلاط آب هر تکرار با تکرار بعدی، دو جوی در نظر گرفته شد که یکی از آنها به منظور تخلیه آب اضافی تکرار بالایی و دیگری به منظور ورود آب از نهر کنار زمین به تکرار بعدی تعبیه شده بود.

کود گوگرد عنصری بصورت پودری با مش ۲۰۰ طبق مقادیر تعیین شده برای هر تیمار به بصورت نواری ۳۰ روز قبل از کاشت در عمق ۱۰ سانتی متری به کرت های مورد نظر اضافه و به طور کامل با خاک

مخلوط شد. همچنین تیمار تیوباسیلوس یک هفته قبل از کاشت به مقدار توصیه شده، در عمق ۱۰ سانتی متر خاک قرار داده شد.

۳-۷- آماده سازی بذر

رقم بذر مورد استفاده ذرت N.S^{۶۰۴} از شرکت نگین سبز برنا تهران تهیه شد. رقمی متوسط رس با جوانه زنی ۹۷ درصد، همچنین سطح این بذر ضد عفونی شده بود. برای از بین بردن سم بکار برده شده، بذور چندین بار با آب شستشو شدند.

۳-۸- کاشت و تلقیح مایکوریزا

در موقع کاشت، مایه تلقیح میکوریزایی که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بود از ریشه های شبدر همزیست با قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) به همراه ماسه بادی و خاک تهیه شد. ماده تلقیح قارچ در تیمارهای مربوطه، به میزان ۱۰ گرم در ۵ سانتی متری پایین تر از بذر در بستر کاشت قرار گرفت. کاشت بذر در تاریخ ۳۱ اردیبهشت ماه پایان یافت و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت به مدت ۸ ساعت انجام شد.

۳-۹- مرحله داشت

در طی فصل رشد عملیات داشت شامل آبیاری، کود دهی، تنک کردن و وجین علف های هرز انجام شد. آبیاری بصورت هر ۷ روز یکبار صورت گرفت. کود نیتروژن از منبع اوره در دو مرحله ۵-۷ برگگی و ظهور گل آذین نر به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار بکار برده شد.

۳-۱۰- برداشت

در انتهای دوره رشد به منظور اندازه گیری صفات مورد نظر در هر کرت، نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف همراه با دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. از هر واحد آزمایشی ۶ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن بلال، تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه اندازه گیری شد.

۳-۱۱- محتوای نسبی آب برگ

نمونه برداری برای تعیین محتوای نسبی آب برگ در مرحله ظهور گل آذین نر صورت گرفت. بدین منظور آخرین برگ کامل بوته در ساعت ۱۲ ظهر برداشت گردیده و پس از توزین به مدت ۸ ساعت در آب قرار داده و وزن اشباع محاسبه گردید. سپس نمونه ها را در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۶ ساعت قرار گرفته و وزن خشک نمونه ها به دست آمد و سپس با استفاده از فرمول زیر RWC محاسبه گردید (گرامر، ۱۹۷۳).

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن مرطوب}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}} \times 100$$

۳-۱۲- تعیین کلروفیل

میزان محتوای کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل سنج (Minolta SPAD-۵۰۲, Japan)، از بالاترین برگ های توسعه یافته ۲ بوته در داخل هر پلات ارزیابی شد.

۳-۱۳- اندازه گیری کلونیزاسیون ریشه

به منظور تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه ها، از هر کرت آزمایشی پس از کنار زدن خاک از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی متری نمونه ۵ گرمی از ریشه گرفته شد. ریشه های نمونه برداری شده با آب شسته شده، به

طوری که تمامی خاک و باقیمانده گیاهی از ریشه ها حذف گردید. سپس به منظور رنگ بری ریشه ها را در محلول ۱۰٪ KOH به مدت ۳ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد استفاده شد. جهت خنثی نمودن محیط ریشه ها آنها را به مدت ۴ دقیقه در محلول اسید کلریدریک (HCl) ۰/۱ مولار قرار داده شدند. برای رنگ آمیزی، ریشه ها را به مدت ۱۲ ساعت در محلول تریپان بلو (۰/۰۱ درصد) در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند (فیلیپس و هایمن، ۱۹۷۰). به منظور تعیین درصد کلونیزاسیون ۲۵ قطعه یک سانتی متری بریده شده و زیر میکروسکوپ با بزرگ نمایی ۲۰۰ وجود هر یک از اندام قارچ (ویزیکول، آرباسکول و هیف) به عنوان یک درصد حساب می شد (جارسیا و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۱۴- تعیین pH خاک

به منظور بررسی تغییرات اسیدیته خاک در طول آزمایش نمونه برداری با فاصله زمانی یکسان در ۶ مرحله صورت گرفت. بدین ترتیب اولین نمونه برداری ۳۰ روز پس از کاشت و نمونه های بعدی با فاصله ۱۵ روز انجام شدند. برای نمونه برداری از هر کرت آزمایشی از دو ردیف وسط کاشت ناحیه ریشه گیاه (عمق ۲۰-۳۰ سانتی متر) سه نمونه خاک برداشته شد. در نهایت یک نمونه مرکب ۱۰۰ گرمی به آزمایشگاه منتقل شد و به روش گل اشباع pH خاک بوسیله دستگاه pH متر قرائت شد.

۳-۱۵- روغن گیری بذر

روغن بذر ذرت با استفاده از دستگاه سوکسوله تعیین گردید. برای این منظور بذور ابتدا به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی گراد قرار گرفته و سپس پودر شدند. مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده شده و داخل عصاره گیر دستگاه قرار داده شد. بالن ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد داخل آون خشک شدند. سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم دما شدن با محیط توزین شدند و روی صفحه گرم کننده (Hot plate) دستگاه قرار گرفتند. داخل بالن ها با مقدار مشخصی اتر

به عنوان حلال آلی پر شد. کستركتور روی دهانه بالن قرار گرفت و سپس مبرد روی اکستركتور قرار داده شد. درون دستگاه دما برای همه نمونه ها روی ۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید فرآیند استخراج ۸ ساعت به طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکستركتور از طریق شیر مخصوص تخلیه خارج گردید. بالن ها بر زیر هود منتقل شدند تا باقی مانده اتر از بین برود. آنها را به داخل آون منتقل کرده و به مدت ۱ ساعت با دمای ۷۰ و سپس به مدت ۱/۵ ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. بالن ها به دسیکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. محاسبه درصد روغن موجود در نمونه ها از رابطه زیر استفاده گردید.

$$\text{درصد روغن موجود در نمونه} = (\text{وزن ثانویه بالن} - \text{وزن اولیه بالن}) \times 100$$

۳-۱۶- اندازه گیری عناصر غذایی

جهت اندازه گیری عناصر غذایی از دستگاه (Inductively Coupled Plasma -Atomic) ICP (Emission Spectrometer) ساخت کشور استرالیا استفاده شد. برای این کار ابتدا حدود ۵ میلی اسید کلریدریک ۳۷٪ به خاکستر سفید نمونه های بذر ذرت خارج شده از کوره (با دمای ۵۰۰-۵۵۰ درجه سانتی گراد) اضافه کرده سپس با آب ۲ بار تقطیر به حجم ۵۰ میلی متر رسانده شد، سپس این محلول صاف شده و نمونه ها در داخل شیشه با در تفلون تا هنگام آزمایش در یخچال نگهداری شدند (شاهاری و همکاران، ۲۰۰۷). شرایط دستگاه عبارت بود از : قدرت پلاسما ۱۲۰۰ وات، سرعت جریان گاز خنک کننده (Coolant gas flow) ۱۵ لیتر بر دقیقه، سرعت جریان گاز کمکی (Auxiliary) ۱/۵ لیتر بر دقیقه، فشار پاشنده (Nebulizer) (پاشنده شیار V) ۲۲۰ کیلو پاسکال، سرعت مکش نمونه (Sample uptake rate) ۱ میلی لیتر بر دقیقه، طیف سنج CCD (Change coupled device) و ۲ تکرار.

۳-۱۷- آنالیز داده ها

در این پژوهش برای تجزیه داده ها از نرم افزارهای SAS ۹,۰ و MSTAT-C v. ۲,۱۰ همچنین برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای رسم شکل ها نرم افزار Excel ۲۰۰۷ بکار برده شد.

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- pH خاک

همان طور که در جدول ۴-۱ مشاهده می شود تأثیر عوامل مورد بررسی، اثرمتقابل میکوریزا و تیوباسیلوس و نیز اثر متقابل کاربرد تیوباسیلوس و گوگرد بر pH خاک معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این آزمایش نشان داد که کاربرد میکوریزا ۰/۱ واحد pH خاک را نسبت به شرایط عدم تلقیح میکوریزا کاهش داد (جدول ۴-۲). ریگو و میگنارد (۱۹۹۴) اظهار کردند که ریشه های میکوریزی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متفاوتی از ریشه گیاه دارند. آنها می توانند ریزوسفر را از طریق افزایش تراوش پروتون یا افزایش غلظت CO_2 اسیدی کرده و pH خاک را کاهش دهند. کاربرد باکتری تیوباسیلوس به طور معنی داری (سطح ۱ درصد) موجب کاهش pH خاک در مقایسه با شاهد شد. مصرف باکتری تیوباسیلوس در طول فصل رشد حدود ۰/۱ واحد pH خاک را نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتری کاهش داد. مشاهده می شود که باکتری تیوباسیلوس ۱۰ برابر pH خاک را بیشتر از قارچ مایکوریز و ۹ درصد نسبت به pH اولیه خاک (۸/۳۲) کاهش داده است. مطابق این نتیجه، آتو و اولسون (۱۹۶۶) اظهار کردند که میزان اکسیداسیون گوگرد و کاهش pH خاک ۱ تا ۱۱ برابر در خاک های تلقیح شده با تیوباسیلوس نسبت به شاهد بیشتر است. کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم کود گوگرد pH خاک را ۱/۶۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد و با افزایش مقدار کود گوگرد (۵۰۰ کیلوگرم) میزان کاهش pH خاک نیز افزایش یافت (۲/۵۹ درصد نسبت به شاهد) (جدول ۴-۲). برخی از محققین گزارش کرده اند که مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک حاصل از اکسایش آن باعث کاهش pH، تامین سولفات مورد نیاز گیاه و افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف در خاک های آهکی و قلیایی می شود (بارنس، ۱۹۶۷؛ هافت و سورنسن، ۱۹۶۹). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا و تیوباسیلوس نشان داد، بیشترین pH خاک در تیمار شاهد (۷/۶۹) و کمترین pH (۷/۵۳) در تیمار کاربرد تیوباسیلوس و عدم استفاده از میکوریزا بدست آمد (شکل ۴-۱). تلقیح همزمان تیوباسیلوس و گوگرد نیز تأثیر معنی داری در کاهش pH داشت. بیشترین کاهش pH با کاربرد تیوباسیلوس و مصرف ۵۰۰

کیلوگرم گوگرد بدست آمد که با بقیه تیمارها تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴-۳). مطابق این یافته، استامفورد و همکاران (۲۰۰۲) اظهار کردند کاربرد گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس موجب کاهش شدید pH خاک گردید.

۴-۲- ارتفاع بوته

عوامل مورد بررسی تأثیر معنی داری بر ارتفاع گیاه داشتند (جدول ۴-۱). نتایج مقایسه میانگین بدست آمده از ارتفاع بوته نشان داد که میکوریزا، تیوباسیلوس و گوگرد بترتیب ۱/۶، ۴/۲، ۵/۹ (۲۵۰ کیلوگرم گوگرد) و ۸/۴ درصد (۵۰۰ کیلوگرم گوگرد) نسبت به شاهد ارتفاع بوته را افزایش دادند (جدول ۴-۲). اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش ارتفاع در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (کیانشنک و همکاران، ۲۰۰۶، جاویتو و همکاران، ۲۰۰۶). همزیستی میکوریزایی از طریق تغییر در اختصاص منابع بین ریشه و قسمت های هوایی منجر به افزایش سطح برگ و افزایش ارتفاع می گردد. همچنین گیاهان میکوریزایی انرژی کمتری برای تشکیل ریشه صرف می کنند، لذا این گیاهان ساقه بزرگتری را تولید کرده و نسبت ریشه به ساقه پایین تری دارند (اسکالتز، ۲۰۰۱). برهمکنش تیوباسیلوس و گوگرد تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشت به طوری که نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد، همه تیمارها اختلاف معنی داری با شاهد داشتند. بیشترین ارتفاع بوته با کاربرد تیوباسیلوس همراه با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد بدست آمد. هر چند که بین تیمارهای مصرف تیوباسیلوس همراه با ۵۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد و عدم استفاده تیوباسیلوس همراه با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد اختلاف معنی داری مشاهده نشد. استامفورد و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند تلقیح گوگرد با تیوباسیلوس موجب افزایش رشد دو گیاه نخود و لوبیا نسبت به شاهد شد. اثر متقابل میکوریزا و تیوباسیلوس تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشت. نتایج بدست آمده نشان داد، بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار تیوباسیلوس بدون میکوریزا (۲۰۱/۵ سانتی متر) و کمترین ارتفاع (۱۸۳/۶ سانتی متر) در تیمار

شاهد حاصل شد (شکل ۴-۲). افزایش در ارتفاع بوته می تواند نشان دهنده تأثیر باکتری تیوباسیلوس از طریق اسیدی کردن محیط ریزوسفر و افزایش دسترسی ریشه گیاه به عناصر غذایی باشد که نهایتاً منجر به افزایش رشد گیاه می شود.

جدول ۴-۲: جدول مقایسه میانگین تأثیر قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و کود گوگرد بر رشد و عملکرد

ذرت

تیمار	صفت	pH	ارتفاع ساقه (cm)	وزن بلال (g.plant^{-1})	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (ton.ha^{-1})	عملکرد دانه (ton.ha^{-1})
میکوریزا								
	تلقیح	۷/۶۰ ^a	۱۹۵/۸۸ ^a	۳۹۹/۷۵ ^a	۷۵۳/۵۶ ^a	۲۵/۰۹ ^a	۲۶/۸۹ ^a	۹/۶۰ ^a
	عدم تلقیح	۷/۶۱ ^b	۱۹۲/۵۸ ^b	۳۷۳/۴۷ ^b	۷۵۳/۵۶ ^a	۲۳/۴۴ ^a	۲۳/۶۲ ^b	۸/۹۹ ^b
تیوباسیلوس								
	تلقیح	۷/۵۶ ^a	۱۹۸/۴۱ ^a	۳۹۴/۸۸ ^a	۷۸۱/۹۴ ^a	۲۵/۲۴ ^a	۲۷/۳۲ ^a	۱۰/۰۲ ^a
	عدم تلقیح	۷/۶۶ ^b	۱۹۰/۰۶ ^b	۳۷۸/۳۳ ^b	۶۸۲/۶۷ ^b	۲۳/۲۹ ^b	۲۳/۱۸ ^b	۸/۵۷ ^b
گوگرد								
	شاهد	۷/۷۲ ^c	۱۸۴/۶۷ ^c	۳۶۳/۷۵ ^c	۶۸۶/۴۲ ^c	۲۲/۷۰ ^b	۲۱/۷۳ ^c	۸/۱۶ ^c
	۲۵۰ کیلوگرم	۷/۵۹ ^b	۱۹۶/۳۷ ^b	۳۸۷/۲۵ ^b	۷۳۷/۴۲ ^b	۲۲/۶۷ ^b	۲۵/۴۷ ^b	۹/۳۱ ^b
	۵۰۰ کیلوگرم	۷/۵۲ ^a	۲۰۱/۶۶ ^a	۴۰۸/۸۳ ^a	۷۷۳/۰۸ ^a	۲۷/۴۳ ^a	۲۸/۵۶ ^a	۱۰/۴۱ ^a

* وجود حرف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد

۴-۳- وزن بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تأثیر معنی داری بر وزن بلال نسبت به شاهد داشتند (جدول ۴-۱). همان طور که در جدول مقایسه میانگین (جدول ۴-۲) مشاهده می شود کاربرد قارچ میکوریزا ۶/۵ درصد وزن بلال را نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. کاربرد باکتری

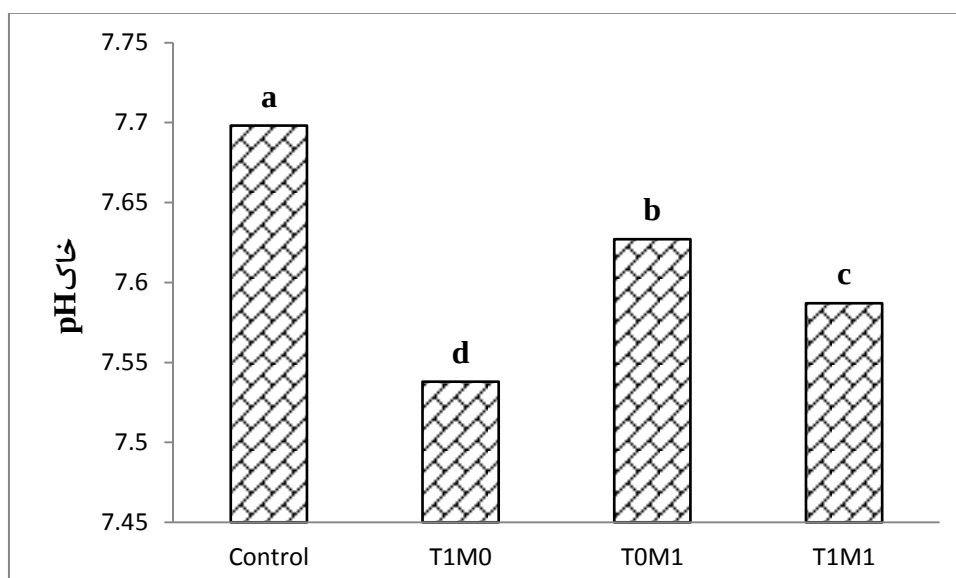
جدول ۴-۳: جدول مقایسه میانگین دوجانبه باکتری تیوباسیلوس و گوگرد بر صفات مورد بررسی

تیوباسیلوس وزن بلال را به میزان ۴/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اورتوس و هامیس (۱۹۹۶) اظهار کردند که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه تأثیر دارد، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، وزن خشک اندام های هوایی افزایش یافت. بین سطوح کاربرد کود گوگرد در افزایش وزن بلال اختلاف معنی دار وجود داشت. به طوری که کمترین وزن بلال در تیمار شاهد و بیشترین مقدار با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم کود گوگرد بترتیب ۶ و ۱۱ درصد وزن بلال را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۴-۲). اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و گوگرد موجب افزایش معنی داری در وزن بلال شد. به طوری که کمترین میزان وزن بلال مربوط به تیمار شاهد (۳۴۰/۸ گرم در بوته) و بیشترین وزن بلال مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس همراه با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد (۴۱۱/۸ گرم در بوته) بدست آمد (جدول ۴-۳). نتایج این بررسی نشان داد که بین تیمارهای کاربرد همزمان باکتری تیوباسیلوس و دو سطوح کاربرد گوگرد اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

فصل چهارم: نتایج و بحث

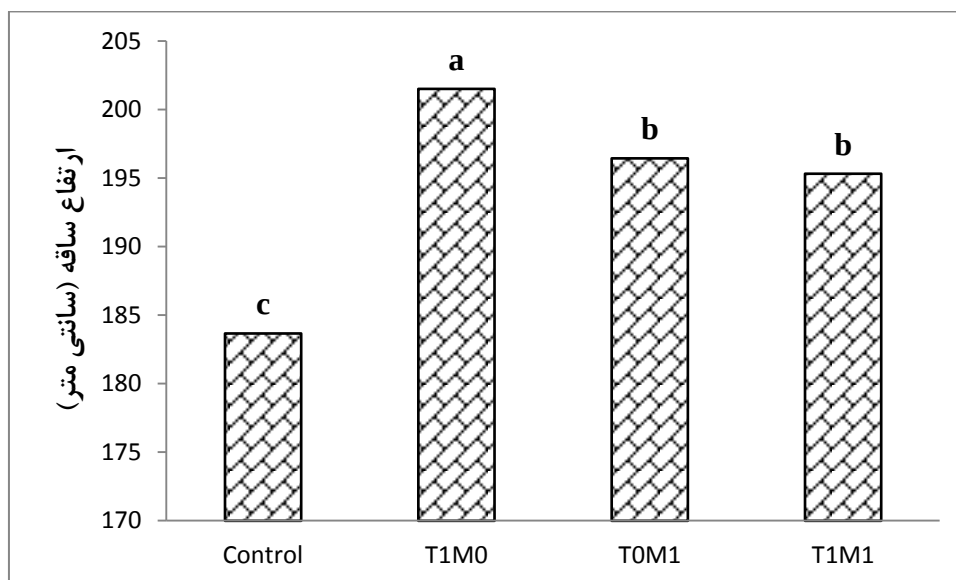
عملکرد دانه (ta.ha ⁻¹)	وزن ۱۰۰ دانه (g)	تعداد دانه در بلال	وزن بلال (g.plant ⁻¹)	ارتفاع ساقه (cm)	pH	گوگرد (kg/ha ⁻¹)	تیوباسیلوس
۷/۹۲ ^d	۲۰/۵۸ ^d	۶۰۷/۳ ^d	۳۴۰/۸ ^c	۱۷۷/۱ ^c	۷/۷۶ ^f	۰	
۸/۲۷ ^d	۲۳/۲۶ ^{bcd}	۶۹۵/۸ ^c	۳۸۲/۴ ^b	۱۹۳/۳ ^b	۷/۶۵ ^d	۲۵۰	T _۰
۹/۵۲ ^c	۲۶/۰۳ ^{ab}	۷۴۴/۸ ^{bc}	۴۱۱/۸ ^a	۱۹۹/۸ ^a	۷/۵۷ ^c	۵۰۰	
۸/۴۰ ^d	۲۲/۰۸ ^{cd}	۷۶۵/۵ ^{ab}	۳۸۶/۵ ^{ab}	۱۹۲/۳ ^b	۷/۶۹ ^e	۰	
۱۰/۳۴ ^b	۲۴/۸۱ ^{bc}	۷۷۹/۰ ^{ab}	۳۹۲/۱ ^{ab}	۱۹۹/۴ ^a	۷/۵۲ ^b	۲۵۰	T _۱
۱۱/۳۱ ^a	۲۸/۸۳ ^a	۸۰۱/۳ ^a	۴۰۵/۹ ^{ab}	۲۰۳/۶ ^a	۷/۴۷ ^a	۵۰۰	

* وجود یک حرف مشترک بین میانگین ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون LSD می باشد.



شکل ۴-۱: کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر pH خاک

T = تیمار تیوباسیلوس (T۱ = کاربرد و T۰ = عدم کاربرد تیوباسیلوس)، M = تیمار میکوریزا (M۱ = تلقیح و M۰ = عدم تلقیح) و Control تیمار شاهد می باشد.



شکل ۴-۲: کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر ارتفاع ساقه ذرت

T = تیمار تیوباسیلوس (T۱ = کاربرد و T۰ = عدم کاربرد تیوباسیلوس)، M = تیمار میکوریزا (M۱ = تلقیح و M۰ = عدم تلقیح) و Control تیمار شاهد می باشد.

۴-۴- تعداد دانه در بلال

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول ۴-۱ بیانگر آن است که کاربرد تیوباسیلوس و کود گوگرد تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در بلال داشت. کاربرد تیوباسیلوس باعث افزایش ۱۲/۵ درصد در تعداد دانه در بلال نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴-۲). در آزمایشی بالویی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر تیوباسیلوس و میکوریزا در سطوح مختلف گوگرد بر سویا را بررسی کردند نتایج آنها نشان داد که تأثیر تیوباسیلوس بر تعداد دانه در غلاف معنی داری نبود. بین سطوح کاربرد گوگرد اختلاف معنی داری از نظر تعداد دانه در بلال مشاهده شد. با کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بترتیب افزایش ۶/۹ و ۱۱

درصد تعداد دانه در بلال مشاهده شد (جدول ۴-۲). بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که برهمکنش تیوباسیلوس و گوگرد نیز تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در بلال داشت. به طوری که بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی داری مشاهده شد (جدول ۴-۳). کمترین تعداد دانه در بلال مربوط به تیمار شاهد و بیشترین تعداد دانه در بلال در تیمار کاربرد تیوباسیلوس و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد. بین تیمارهای مصرف تیوباسیلوس و دو سطح گوگرد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت. این افزایش می تواند ناشی از اکسیداسیون شدید گوگرد توسط باکتری تیوباسیلوس که منجر به کاهش pH خاک و بهبود تغذیه و سلامت گیاه باشد. نورقلی پو و همکاران (۲۰۰۶) و بهمن یار و همکاران (۲۰۰۵) نتایج مشابهی را مبنی بر تأثیر مصرف همزمان گوگرد و تیوباسیلوس بر افزایش عملکرد سویا گزارش نمودند.

۴-۵- وزن ۱۰۰ دانه

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد تیوباسیلوس و کود گوگرد تأثیر معنی داری بر وزن ۱۰۰ دانه داشت (جدول ۴-۱). براساس جدول مقایسه میانگین مشخص شد که تیوباسیلوس ۷/۷ درصد وزن ۱۰۰ دانه را افزایش داد. کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد نیز اختلاف معنی داری با شاهد نداشت اما با افزایش مقدار گوگرد (۵۰۰ کیلوگرم)، ۱۷ درصد افزایش در وزن صد دانه مشاهده شد (جدول ۴-۲). نتایج محققان نشان می دهد که کمبود گوگرد می تواند عملکرد را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه، کاهش دهد. این تأثیر دیر هنگام از کمبود گوگرد می تواند نتیجه تحرک زیاد گوگرد در خاک و انتقال مجدد اندک آن در گیاه باشد، لذا فرآهمی گوگرد در گیاه می تواند از طریق پر شدن و افزایش وزن دانه، عملکرد را نیز افزایش دهد (فلایو و همکاران، ۲۰۰۷). اثر متقابل تیوباسیلوس و گوگرد تأثیر معنی داری بر وزن ۱۰۰ دانه داشت. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه با استفاده تیوباسیلوس همراه با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد که با بقیه تیمارها بجز تیمار عدم کاربرد تیوباسیلوس و ۵۰۰ کیلوگرم اختلاف معنی

داری را نشان داد. این تیمار سبب شد تا وزن ۱۰۰ دانه در مقایسه با شاهد ۲۸/۶ درصد افزایش یابد (جدول ۴-۳). این افزایش می تواند ناشی از اکسایش گوگرد و در نتیجه بهبود تغذیه گیاه و افزایش انتقال مواد غذایی به دانه شود. یافته های بدست آمده توسط بالویی و همکاران، (۲۰۰۹) نشان داد که کاربرد گوگرد و همچنین تلقیح گوگرد با تیوباسیلوس موجب افزایش معنی داری در وزن هزار دانه سویا شد.

۴-۶- محتوای نسبی آب

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، قارچ میکوریزا در سطح ۵ درصد و باکتری تیوباسیلوس در سطح ۱ درصد اثر معنی داری بر محتوای نسبی آب برگ ذرت داشت (جدول ۴-۴). بطوریکه کاربرد قارچ میکوریزا موجب افزایش حدود ۵/۳۶ درصد در محتوای نسبی آب نسبت به تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا شد (جدول ۴-۵). این افزایش محتوای نسبی آب احتمالاً بدلیل افزایش سطح تماس ریشه با خاک توسط قارچ میکوریزا است. میکوریزا موجب افزایش سطح ریشه برای جذب مواد غذایی و آب می شود، بنابراین ناحیه جذب آب و مواد غذایی را برای سیستم ریشه گیاه بهبود می بخشد (اف ان سی ا، ۲۰۰۶). همچنین جذب اصلی در میکوریزا توسط دستگاه توسعه یافته ای بنام هیف که ضخامت آن بین ۲-۵ μm است و توانایی نفوذ در منافذ غیر قابل دسترس توسط ریشه های مویی که ضخیم تر هستند، (۱۰-۲۰ μm) می باشد و آبی که در دسترس گیاه نباشد را جذب می کند (وارما و هوک، ۱۹۹۸). کاربرد باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش ۷/۱۷ درصد در محتوای آب نسبی برگ شد (جدول ۴-۵). احتمالاً این باکتری از طریق تغییر اسیدیته ریزوسفر و افزایش دسترسی عناصر غذایی سبب افزایش رشد ریشه شده و می تواند بطور غیر مستقیم بر میزان جذب و هدایت آب از خاک به ریشه و اندام هوایی گردد.

جدول ۴-۴: تجزیه واریانس تیمارهای اعمال شده بر محتوای آب نسبی و کلوفیل ذرت.

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای آب نسبی	کلوفیل
بلوک	۲	۷۲/۰۷ ^{n.s}	۳۲/۵۲ ^{n.s}
میکوریزا (M)	۱	۲۰۱/۶۸*	۱۱۵۷/۱۳**
تیوباسیلوس (T)	۱	۳۶۸/۴۴**	۳۱۳/۸۸**
گوگرد (S)	۲	۱۲۴/۹۴ ^{n.s}	۳۵۷/۹۹*
M*T	۱	۵/۰۴ ^{n.s}	۱/۴۸ ^{n.s}
M*S	۲	۰/۹۱ ^{n.s}	۲۵/۷۵ ^{n.s}
T*S	۲	۳۹/۳۱ ^{n.s}	۳/۹۶ ^{n.s}
M*T*S	۲	۹/۰۲ ^{n.s}	۴۱/۱۱ ^{n.s}

* و ** و ^{n.s} بترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی داری.

۴-۷- کلروفیل

همانطور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می شود (جدول ۴-۴) قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس در سطح ۱ درصد تأثیر معنی داری بر کلروفیل برگ ذرت داشت. بطوریکه میزان کلروفیل با کاربرد میکوریزا و تیوباسیلوس بترتیب ۲۲/۳۳ و ۱۲/۲۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۴-۵). بیشتر از ۹۰ درصد ماده خشک تولید شده توسط یک گیاه ناشی از فتوسنتز برگ هاست (هاشمی-دزفولی، ۱۹۹۶)، بنابراین افزایش محتوای کلروفیل برگ از طریق افزایش فتوسنتز و ساخت ماده خشک بیشتر می تواند در بهبود عملکرد مؤثر باشد. کاماتا و همکاران، (۲۰۰۴) در یک آزمایش اثر سه نوع قارچ میکوریزا بر گیاه توت سفید مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا ماده خشک بیشتری در برگ های خود ذخیره کردند، همچنین محتوای کلروفیل برگ در ۹۰ روز پس از کاشت نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت. افزایش در محتوای کلروفیل ممکن است به دلیل

فراهمی بیشتر مواد غذایی ریز مغذی توسط قارچ میکوریزا باشد که برای تولید کلروفیل بسیار مهم هستند (کاماتا و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۴-۵: مقایسه میانگین اثرات ساده صفات محتوای نسبی آب و کلروفیل

کلوئیل (SPAD)	محتوای نسبی آب (%)	صفت تیمار
میکوریزا		
۳۹/۴۳ ^b	۸۳/۶۸ ^b	عدم تلقیح
۵۰/۷۷ ^a	۸۸/۴۲ ^a	تلقیح
تیوباسیلوس		
۴۲/۱۵ ^b	۸۲/۸۵ ^b	عدم کاربرد
۴۸/۰۵ ^a	۸۹/۲۵ ^a	کاربرد
گوگرد		
۴۰/۸۲ ^b	–	شاهد
۴۶/۱۵ ^a	–	۲۵۰ کیلوگرم
۴۸/۳۳ ^a	–	۵۰۰ کیلوگرم

میانگین های که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی دار نمی باشد

باکتری تیوباسیلوس به عنوان اکسید کننده اصلی گوگرد در خاک، سبب افزایش دسترسی ریشه گیاه به ریز مغذی ها می گردد. کود بیولوژیک گوگردی (حاوی باکتری تیوباسیلوس) یکی از کودهایی است که از طریق اکسایش گوگرد توسط میکروارگانیسم های اکسید کننده گوگرد (باکتری تیوباسیلوس) به جذب گوگرد و سایر عناصر غذایی مانند فسفر، آهن و روی کمک کرده و باعث افزایش عملکرد گیاه می شود (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلو گرم درهکتار گوگرد تأثیر معنی داری (۵ درصد) بر کلروفیل گیاه ذرت نسبت به شاهد داشت (جدول ۴-۴). هرچند که بین این دو سطح اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴-۵). گوگرد بدلیل نقش در تشکیل ترکیبات اسیدهای آمینه حاوی

گوگرد، سنتز پروتئین، ویتامین، کلروفیل و روغن اهمیت ویژه ای دارد (کاسار و کاتکات، ۲۰۰۷). در کل می توان نتیجه گرفت، کاربرد میکوریزا، تیوباسیلوس و کود گوگرد با بهبود روابط آبی گیاه و کلروفیل گیاه سبب افزایش عملکرد گیاه ذرت می شود.

۴-۸- عملکرد بیولوژیک

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که عوامل مورد بررسی تأثیر معنی داری بر عملکرد بیولوژیک ذرت داشتند (جدول ۴-۱). تلقیح میکوریزا عملکرد بیولوژیک را به مقدار ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴-۲). این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه ها از طریق نفوذ میسلیم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می باشد. کارلینگ و برون (۱۹۸۲) اظهار نمودند که یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ های میکوریزا افزایش عملکرد گیاهان زراعی، خصوصا در خاک های با حاصلخیزی پایین است. با کاربرد باکتری تیوباسیلوس، عملکرد بیولوژیکی حدود ۱۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. افزایش عملکرد می تواند ناشی از اسیدی کردن محیط ریزوسفری گیاه و افزایش دسترسی به عناصر غذایی و نیز بهبود تغذیه گیاه باشد. مصرف گوگرد نیز سبب افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک شد به طوری که کمترین میزان عملکرد در شاهد مشاهده شد. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با عملکرد ۲۵/۴۷ و ۲۸/۵۶ تن در هکتار باعث افزایش ۱۴/۶ و ۲۳ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد (جدول ۴-۲).

۴-۹- عملکرد دانه

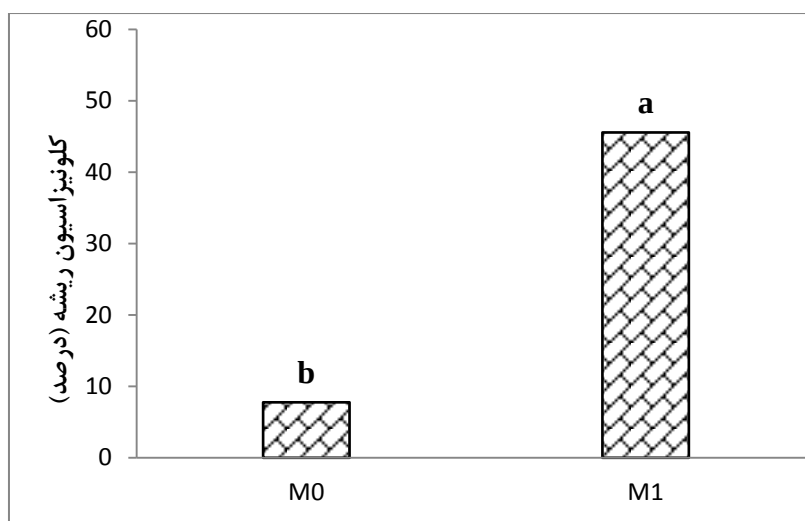
نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه در هکتار به طور معنی داری تحت تأثیر عوامل بکار برده شده در آزمایش قرار گرفت (جدول ۴-۱). به طوری که کاربرد میکوریزا و مصرف توام تیوباسیلوس همراه با گوگرد در سطح ۵ درصد و استفاده از تیوباسیلوس و کود گوگرد در سطح ۱ درصد به طور معنی داری بر عملکرد دانه تأثیر داشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد

میکوریزا و تیوباسیلوس، میزان عملکرد دانه ذرت را بترتیب ۶/۳۵ و ۱۴/۴۷ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۴-۲). عبد الفتاح و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه های فتوسنتزی را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد. در آزمایشی بالویی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر تیوباسیلوس و میکوریزا در سطوح مختلف گوگرد بر سویا بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که تیوباسیلوس موجب افزایش عملکرد سویا شد، اما تأثیر میکوریزا بر عملکرد معنی دار نبود.

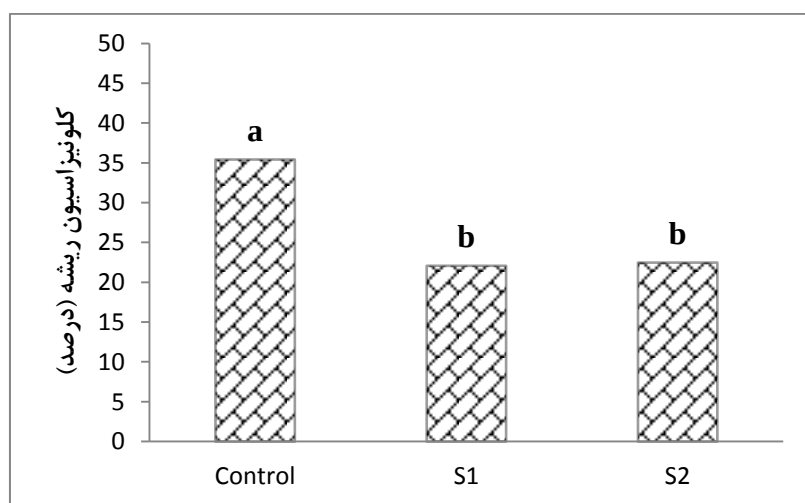
کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد عملکرد را به میزان ۱۲/۳۵ و ۲۱/۶۱ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود گوگرد) افزایش داد (جدول ۴-۲). تامین گوگرد مورد نیاز گیاه و کاهش pH خاک ناشی از اکسایش گوگرد می تواند دسترسی گیاه را به عناصر کم تحرک آسان تر نموده و سبب افزایش عملکرد در ذرت شود. حسن و اولسن (۱۹۶۶) با بررسی اثر مصرف گوگرد بر ذرت پی بردند که عملکرد ذرت ۷۵ روز پس از مصرف گوگرد افزایش یافت که با نتایج این بررسی مطابقت داشت. کاپلن و اومن (۱۹۹۸) در آزمایش گلخانه ای و مزرعه ای در خاک های آهکی یافتند که مصرف گوگرد، عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط سورگوم را افزایش داد. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد همزمان تیوباسیلوس و گوگرد تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۴-۳). همان طور که در جدول ۴-۳ مشاهده می شود بین ترکیب تیمارها اختلاف معنی داری وجود داشت. بیشترین مقدار عملکرد (۱۱/۳۱ تن در هکتار) از کاربرد تیوباسیلوس و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد حاصل شد که با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری داشت. مسی کرادی و کراس (۱۹۸۲) با تلقیح خاک بوسیله باکتری های تیوباسیلوس مشاهده کردند که میزان اکسایش گوگرد، کاهش pH و مقدار سولفات تولید شده در خاک تلقیح شده بیشتر از خاک بدون تلقیح می باشد. در نتیجه این اکسایش و کاهش pH خاک، دسترسی ریشه به عناصری چون فسفر و عناصر کم مصرف بیشتر شده و در نتیجه سبب بهبود تغذیه و افزایش عملکرد می شود (داوود و همکاران، ۱۹۸۵).

۴-۱۰- کلونیزاسیون

همان طور که در جدول پیوست ۴-۶ مشاهده می شود تأثیر عوامل مورد بررسی، اثر متقابل میکوریزا و تیوباسیلوس و نیز میکوریزا و گوگرد بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این آزمایش نشان داد تلقیح میکوریزا ۴۵/۵۶ درصد کلونیزاسیون ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۳). بین سطوح کاربرد کود گوگرد از لحاظ آماری نیز اختلاف معنی داری (سطح ۱ درصد) مشاهده شد. بطوریکه بیشترین درصد کلونیزاسیون مربوط به شاهد (۳۵/۴۲ درصد) و با مصرف گوگرد (۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم) این درصد کاهش یافت (بترتیب ۳۷/۷ و ۳۶/۵ درصد) (شکل ۴-۴). این کاهش می تواند ناشی از اکسایش گوگرد، تولید اسید سولفوریک و اثرات سوء بر فعالیت قارچ میکوریزا باشد. اثر متقابل میکوریزا و تیوباسیلوس تأثیر معنی داری در درصد کلونیزاسیون ریشه داشت (شکل ۴-۵). نتایج بدست آمده نشان داد که کمترین درصد کلونیزاسیون مربوط به عدم تلقیح میکوریزا و کاربرد تیوباسیلوس (۵ درصد) و بیشترین درصد کلونیزاسیون مربوط به تیمار تلقیح میکوریزا و عدم کاربرد تیوباسیلوس (۵۳/۳۴ درصد) بدست آمد. همچنین اثر متقابل میکوریزا و گوگرد اختلاف معنی داری در درصد کلونیزاسیون را نشان داد (شکل ۴-۶). به طوری که بیشترین درصد کلونیزاسیون مربوط به تیمار تلقیح میکوریزا و عدم کاربرد کود گوگرد (۶۰/۸۴ درصد) و کمترین درصد مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا و کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (۵/۸۴ درصد) حاصل شد. بسیاری از محققین تولید اسید سولفوریک ناشی از اکسایش گوگرد و فعالیت تیوباسیلوس را گزارش کرده اند (تات، ۱۹۹۵).



شکل ۴-۳: تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه ذرت
M = میکوریزا (M1 تلقیح و M0 شاهد یا عدم تلقیح)

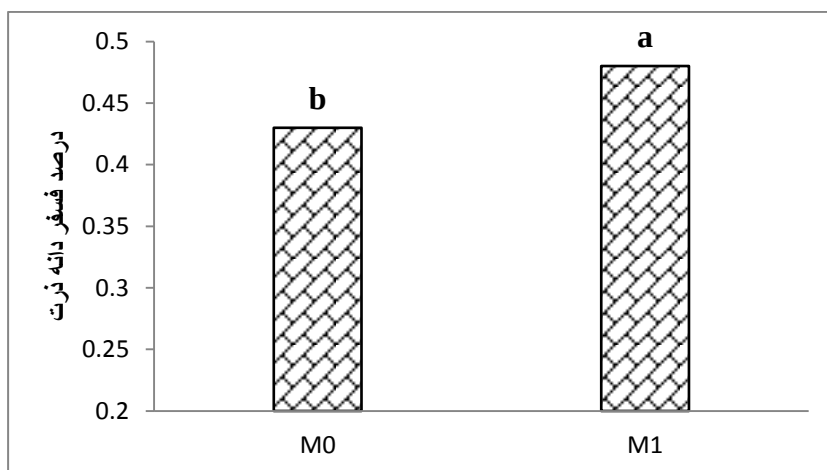


شکل ۴-۴: تأثیر کاربرد سطوح مختلف گوگرد بر کلونیزاسیون ریشه ذرت توسط قارچ میکوریزا
S = کود گوگرد (Control = شاهد یا عدم کاربرد، S1 = ۲۵۰ و S2 = ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)

۴-۱۱- فسفر دانه

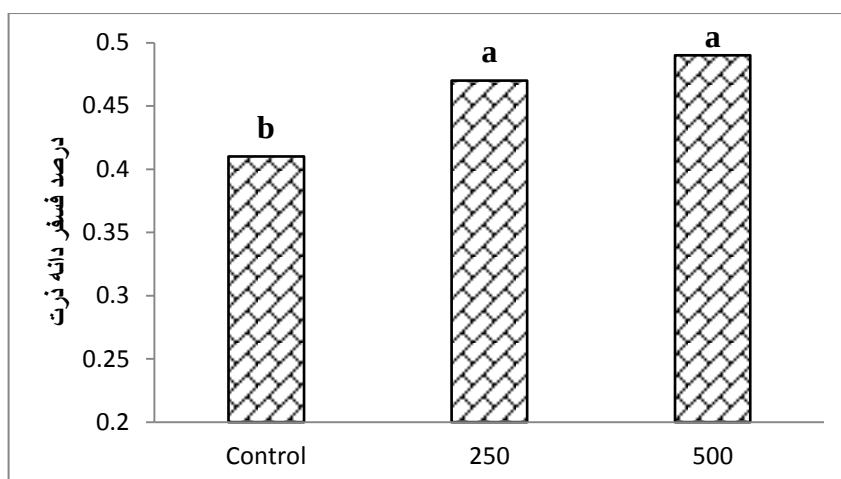
نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که میکوریزا و کود گوگرد تأثیر معنی داری بر درصد فسفر دانه نسبت به شاهد داشتند (جدول ۴-۶). همان طور که در شکل ۴-۷ مشاهده می شود کاربرد قارچ میکوریزا ۸/۷۸ درصد فسفر دانه را نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. میکوریزا مهمترین قارچ

همزیست ریشه می باشد. همزیستی این قارچ بیشتر به منظور جذب عناصر غذایی کم تحرک در خاک مثل فسفر صورت می گیرد (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۴؛ تانار و همکاران، ۲۰۱۱). گزارش شده قارچ های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و افزایش عملکرد بسیاری از محصولات در خاک های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند (تورک و همکاران، ۲۰۰۶). بین سطوح کاربرد کود گوگرد در افزایش درصد فسفر دانه لحاظ آماری اختلاف معنی دار مشاهده شد. کمترین درصد فسفر دانه در تیمار شاهد و بیشترین مقدار با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم کود گوگرد بترتیب ۱۲/۷ و ۱۶/۳ درصد فسفر دانه را نسبت شاهد افزایش دادند (شکل ۴-۸). گوگرد علاوه بر ارزش تغذیه ای، به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، توان لازم برای کاهش pH را دارا می باشد، بنابراین می تواند در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مانند فسفر در رایزوسفر، موثر واقع شود (مورودت و همکاران، ۱۹۹۱).



شکل ۴-۷: تأثیر تلقیح میکوریزا بر درصد فسفر دانه ذرت

M = میکوریزا (M1 تلقیح و M0 شاهد یا عدم تلقیح)

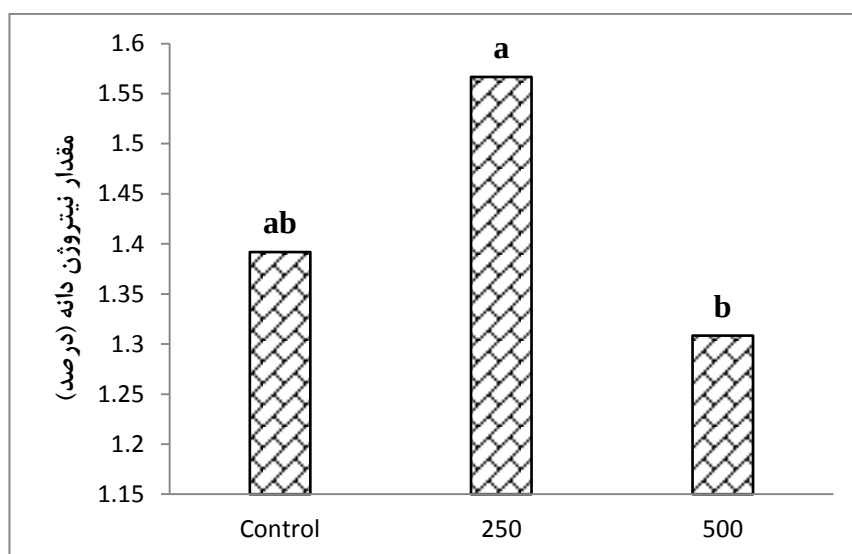


شکل ۴-۸: تأثیر کاربرد کود گوگرد بر درصد فسفر دانه ذرت
S= سطوح مختلف گوگرد (S₀= صفر یا شاهد، S₁= ۲۵۰ و S_۲= ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)

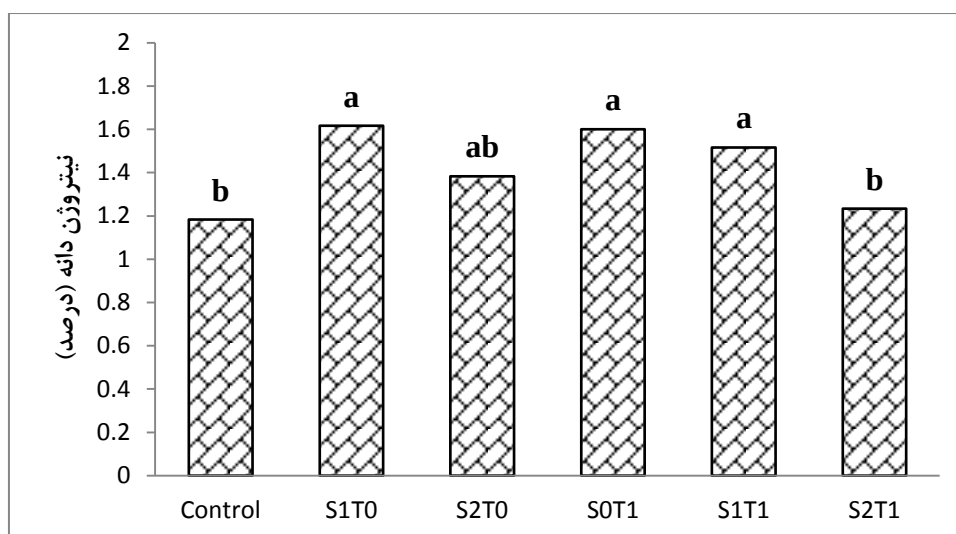
۴-۱۲- نیتروژن دانه

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول پیوست ۴-۶ بیانگر آن است که کاربرد گوگرد (سطح احتمال ۵ درصد) تأثیر معنی داری بر درصد نیتروژن دانه داشت. بین سطوح کاربرد گوگرد اختلاف معنی داری از لحاظ درصد نیتروژن دانه مشاهده شد. بیشترین درصد نیتروژن دانه با کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حاصل شد که از لحاظ آماری با شاهد در یک سطح است (شکل ۴-۹). همان طور که مشاهده می شود با افزایش کاربرد گوگرد از ۲۵۰ به ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار درصد نیتروژن دانه کاهش یافت. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بترتیب باعث افزایش ۱۲/۵۷ درصد و کاهش ۵/۹۸ درصد در مقدار نیتروژن دانه نسبت به تیمار شاهد شد. این می تواند ناشی از رابطه آنتاگونیستی بین گوگرد و نیتروژن باشد که با افزایش کاربرد گوگرد و افزایش غلظت گوگرد در گیاه، میزان جذب نیتروژن توسط گیاه کاهش می یابد. رندل (۲۰۰۰) در بررسی اثر افزایش غلظت نیتروژن در سیستم آبکشت بر طعم و کیفیت پیاز خوراکی گزارش نمود با افزایش غلظت نیتروژن در محلول، میزان نیتروژن و نترات کل پیاز بصورت خطی افزایش یافته و گوگرد پیاز در پاسخ به افزایش نیتروژن در محلول ابتدا افزایش یافت و سپس بصورت غیر خطی کاهش یافت. نسرین و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر کودهای نیتروژنه

و سولفات، به این نتیجه رسیدند که با توجه به اثر آنتاگونیستی نیتروژن و گوگرد بیشترین عملکرد و بالاترین مقدار جذب نیتروژن و گوگرد توسط پیاز هنگام کاربرد مقادیر بالای نیتروژن (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) و مقادیر متوسط گوگرد (۴۰ کیلوگرم در هکتار) به دست می آید. همچنین گزارش شده مقدار نیتروژن در پیاز با کاربرد نیتروژن افزایش و کاربرد گوگرد، کاهش می یابد (کولونگ و همکاران، ۲۰۰۵). بررسی این تحقیق نشان داد که برهمکنش تیوباسیلوس و گوگرد نیز تأثیر معنی داری بر درصد نیتروژن دانه داشت (جدول ۴-۶). به طوری که بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی داری مشاهده شد. کمترین مقدار نیتروژن دانه مربوط به تیمار شاهد و بیشترین مقدار نیتروژن دانه در تیمار عدم کاربرد تیوباسیلوس و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۹: تأثیر سطوح مختلف گوگرد بر درصد نیتروژن دانه ذرت
 S= سطوح مختلف گوگرد (S۰= صفر یا شاهد، S۱= ۲۵۰ و S۲= ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)



شکل ۴-۱۰: تأثیر برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد نیتروژن دانه ذرت

S= سطوح مختلف گوگرد (S۰= صفر یا شاهد، S۱= ۲۵۰ و S۲= ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، T= تیمار تیوباسیلوس (T۱= کاربرد و T۰= عدم کاربرد) و Control= شاهد یا عدم کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس

۴-۱۳- گوگرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که باکتری تیوباسیلوس تأثیر معنی داری بر مقدار گوگرد دانه نسبت به شاهد داشت (جدول ۴-۶). به طوری که استفاده تیوباسیلوس موجب افزایش ۱۲/۲ درصد گوگرد دانه ذرت نسبت به شاهد شد. این می تواند ناشی از اکسایش بیولوژیک گوگرد توسط باکتری تیوباسیلوس که موجب تأمین گوگرد مورد نیاز گیاه، کاهش pH خاک و دسترسی ریشه گیاه به عناصر کم تحرک می شود. کاربرد همزمان تیوباسیلوس و گوگرد تأثیر معنی دار (سطح ۵ درصد) در گوگرد دانه ذرت نشان داد (جدول ۴-۶). همان طور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می شود، کمترین مقدار گوگرد دانه مربوط به تیمار شاهد (۹۱۶/۵ میلی گرم) و بیشترین مقدار مربوط به کاربرد همزمان ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و تیوباسیلوس (۱۲۵۴ میلی گرم) بدست آمد. در یک آزمایش تلقیح باکتری T. *thiooxidans* به خاک تیمار شده با گوگرد باعث کاهش سریع pH خاک شد (دلوکا و همکاران، ۱۹۸۹). این کاهش pH خاک ناشی از اکسیداسیون گوگرد توسط تیوباسیلوس می باشد. برهمکنش

میکوریزا و گوگرد تأثیر معنی داری (سطح ۱ درصد) بر مقدار گوگرد جذب شده را نشان دادند. شکل ۴-۱۲ نشان می دهد، بیشترین مقدار گوگرد دانه در تیمار ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و عدم تلقیح میکوریزا (۱۲۶۵ میلی گرم) حاصل شد. هر چند که بین تیمارهای ۲۵۰ کیلوگرم و تلقیح میکوریزا و عدم کاربرد گوگرد و تلقیح میکوریزا اختلاف آماری نداشت.

۴-۱۴- آهن دانه

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان آهن دانه ذرت به طور معنی داری تحت تأثیر عوامل بکار برده شده قرار گرفت (جدول ۴-۶). به طوری که تلقیح میکوریزا، کاربرد گوگرد و اثرات متقابل عوامل بکار برده شده در سطح ۱ درصد بر آهن دانه معنی داری شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد تلقیح میکوریزا، میزان آهن دانه ذرت را ۲۲/۹۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۴-۱۳). عبد الفتاح و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه های فتوسنتزی، را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد.

کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد میزان آهن دانه ذرت را به میزان ۲۱/۳۶ و ۵۲/۴۱ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود گوگرد) افزایش داد (شکل ۴-۱۴). تامین گوگرد مورد نیاز گیاه و کاهش pH خاک ناشی از اکسایش گوگرد می تواند دسترسی گیاه را به عناصر کم تحرک آسان تر نموده و سبب افزایش عملکرد در ذرت شود. کاپلن و اومن (۱۹۹۸) در آزمایش گلخانه ای و مزرعه ای در خاک های آهکی یافتند که مصرف گوگرد، مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط سورگوم را افزایش داد. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و کود گوگرد تأثیر معنی داری بر آهن دانه داشت (جدول ۴-۶). همان طور که در شکل ۴-۱۵ مشاهده می شود بین ترکیب تیمارها اختلاف معنی داری وجود داشت. بیشترین مقدار آهن دانه (۱۰۷/۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم) از کاربرد

میکوریزا و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد حاصل شد که با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری داشت. همچنین اثر متقابل کاربرد تیوباسیلوس و گوگرد موجب افزایش معنی دار آهن دانه ذرت شد. در شکل ۴-۱۶ مشاهده می شود بیشترین مقدار آهن دانه در تیمار کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد بدون تلقیح تیوباسیلوس حاصل گردید و با تلقیح تیوباسیلوس در همین سطح گوگرد (۵۰۰ کیلوگرم) میزان آهن دانه ۳۰/۷۳ درصد کاهش یافت. کاهش آهن در دانه ذرت می تواند ناشی از روابط آنتاگونیستی بین عنصر فسفر و آهن باشد. کاربرد همزمان تیوباسیلوس و گوگرد به علت کاهش شدید pH خاک و میزان جذب فسفر که عنصری وابسته به pH خاک می باشد، افزایش و سبب کاهش جذب آهن توسط ریشه ذرت شده است. جورج و لوچلی (۱۹۸۵) علت کاهش غلظت آهن در گیاه ذرت توسط فسفات را نتیجه اثر بازدارندگی فسفر در جذب آهن به وسیله ریشه و یا بر انتقال آهن از ریشه به ساقه می دانند. کاشی راد و مارشنر (۱۹۷۴) افزایش نسبت فسفر به آهن در ساقه ذرت را نتیجه افزایش فسفر در ساقه و هم چنین کاهش انتقال آهن از ریشه به ساقه می دانند. مسی کرادی و کراس (۱۹۸۲) با کاربرد باکتری تیوباسیلوس مشاهده کردند که میزان اکسایش گوگرد، کاهش pH و مقدار سولفات تولید شده در خاک تلقیح شده بیشتر از خاک تلقیح نشده می باشد. در نتیجه این اکسایش و کاهش pH خاک، دسترسی ریشه به عناصر کم مصرف بیشتر شده و در نتیجه سبب بهبود تغذیه و افزایش عملکرد می شود (داوود و همکاران، ۱۹۸۵).

۴-۱۵- روغن دانه

همان طور که در جدول ۴-۶ مشاهده می شود تأثیر تیوباسیلوس و گوگرد بر مقدار روغن دانه ذرت معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد تیوباسیلوس، درصد روغن دانه ذرت را ۱۰/۹۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۱۷). سلیم پور و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که کاربرد تیوباسیلوس روغن کلزا را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد. در آزمایشی مصطفویان و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر تیوباسیلوس و میکوریزا در سطوح مختلف گوگرد بر سویا

بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که تیوباسیلوس موجب افزایش عملکرد روغن دانه سویا شد. همچنین آناندهام و سریدار (۲۰۰۴) اظهار کردند، کاربرد باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش محتوای روغن دانه بادام زمینی شد.

کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد درصد روغن دانه را به میزان ۴/۹۱ و ۱۳/۸۱ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود گوگرد) افزایش داد (شکل ۴-۱۸). از آنجا که گوگرد نقش مهمی در تشکیل ترکیبات اسیدهای آمینه حاوی گوگرد و روغن داشته، بنابراین تغذیه مطلوب گیاه با گوگرد سبب افزایش سنتز روغن در دانه ذرت می گردد. ماجومدار و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند، کاربرد گوگرد تأثیر افزایشی معنی داری بر محتوای روغن دانه سویا داشت. افزایش محتوای روغن با کاربرد گوگرد می تواند ناشی از کمک گوگرد در سنتز روغن از طریق افزایش سطح تیوگلکوزیدها می باشد (دیویدی و باپتا، ۱۹۹۸). همچنین افزایش درصد روغن دانه ذرت در واکنش به کاربرد کود های شیمیایی در برخی مطالعات گزارش شده است (غفاری و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۱۶- پیشنهادات

- بررسی دقیق رابطه بین قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس در شرایط کنترل شده
- انجام آزمایشات مجدد به منظور بررسی تأثیر گوگرد بر قارچ میکوریزا

پیوست ها

جدول ۴-۱: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و گوگرد

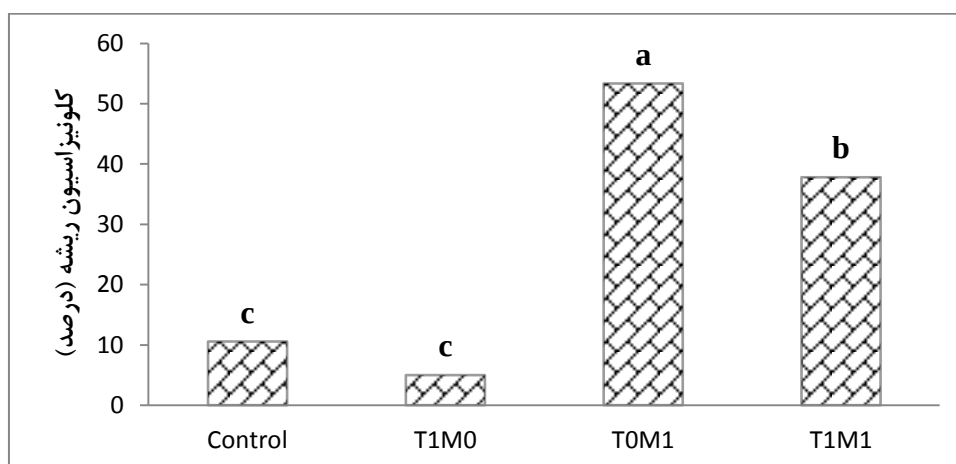
منابع تغییر	درجه آزادی	pH	ارتفاع ساقه	وزن بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۰۸	۷/۵۳	۱۷۶۶/۸	۴۰۸۵/۸	۸/۲۱	۲/۰۶	۰/۴۶۵
میکوریزا (M)	۱	۴/۵۷ *	۹۸/۰۱ *	۶۲۱۴/۶ **	۱۶۲۵۶ **	۲۴/۵۰ n.s.	۹۶/۱۰ **	۳/۲۹۴ *
تیوباسیلوس (T)	۱	۳۷۰/۰۹ **	۶۲۸/۳۳ **	۲۴۶۶/۷ *	۸۸۷۰۴ **	۳۴/۲۲ *	۱۵۴/۳۳ **	۱۸/۷۹۲ **
گوگرد (S)	۲	۵۲۷/۴۲ **	۹۰۷/۲۱ **	۶۱۰/۱۱ **	۲۲۷۶۸ **	۹۰/۰۹ **	۱۴۰/۵۰ **	۱۵/۲۲۳ **
M*T	۱	۱۳۳/۲۳ **	۸۰۶/۵۶ **	۱۲۶۰/۲ n.s.	۰/۰۲ n.s.	۲ n.s.	۱۰/۲۱ n.s.	۱/۹۶ n.s.
M*S	۲	۱/۵۲ n.s.	۶۹/۴۰ n.s.	۱۹۳/۷ n.s.	۶۹/۳ n.s.	۱۵/۸۱ n.s.	۱۹/۹۰ n.s.	۱/۱۶۰ n.s.
T*S	۲	۱۰/۷۳ **	۱۰۷/۶۶ *	۲۱۰۸/۸ *	۸۳۳۶ **	۲۳/۶۳ *	۱/۹۸ n.s.	۲/۱۵۶ *
M*T*S	۲	۱/۹۵ n.s.	۲۱۲/۸۵ **	۸۲۶/۵ n.s.	۲۲۰/۱ n.s.	۱۳/۶۹ n.s.	۳۱/۶۳ *	۱/۲۳۵ n.s.

*، **، n.s. به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد.

جدول ۴-۶: میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و گوگرد

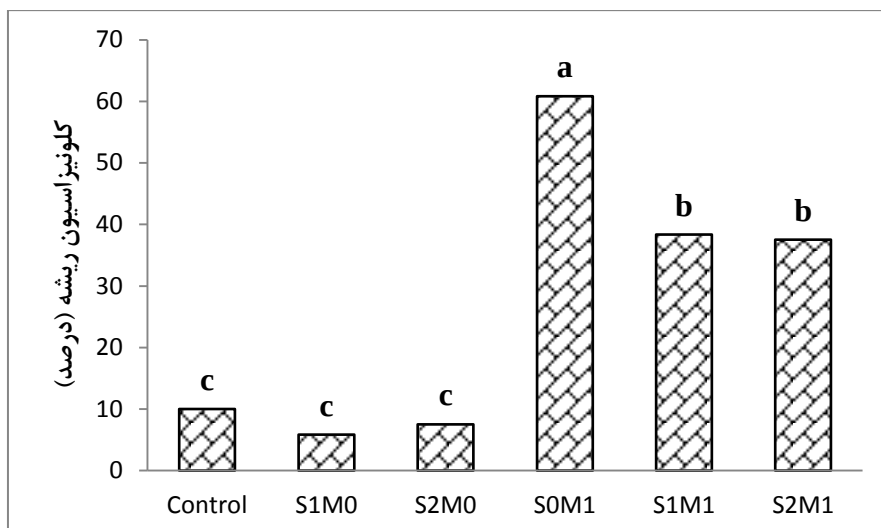
منابع تغییر	درجه آزادی	کلونیزاسیون	فسفر دانه	نیتروژن دانه	روغن دانه	گوگرد دانه	آهن دانه
بلوک	۲	۷۵/۰۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۴۰۴	۱۳۳۱۸۲	۷۲/۱۰
میکوریزا (M)	۱	۱۲۸۴۴/۴**	۰/۰۱۶*	۰/۰۹۰ ^{n.s.}	۰/۵۳۷ ^{n.s.}	۱۰۴۸۳۵ ^{n.s.}	۲۲۴۸/۳۴**
تیوباسیلوس (T)	۱	۱۰۰۲/۷**	۰/۰۱۲ ^{n.s.}	۰/۰۲۷ ^{n.s.}	۴/۶۹**	۱۹۰۹۵۴*	۱۱۲/۰۰ ^{n.s.}
گوگرد (S)	۲	۶۸۹/۶**	۰/۰۱۸*	۰/۲۰۸*	۲/۷۲**	۳۶۸۹۸ ^{n.s.}	۶۹۳۸/۹۴**
M*T	۱	۲۲۵/۰*	۰/۰۰۱ ^{n.s.}	۰/۰۰۴ ^{n.s.}	۰/۲۵۰ ^{n.s.}	۳۹۶/۶ ^{n.s.}	۱۶۹۸/۸۱**
M*S	۲	۳۸۸/۳**	۰/۰۰۳ ^{n.s.}	۰/۰۹۰ ^{n.s.}	۰/۱۵۴ ^{n.s.}	۲۹۷۵۷۰**	۱۲۸۶/۹۱**
T*S	۲	۷۵/۷ ^{n.s.}	۰/۰۰۱ ^{n.s.}	۰/۲۹۵**	۰/۱۶۷ ^{n.s.}	۸۹۴۶۷*	۱۹۴۳/۴۷**
M*T*S	۲	۴/۱ ^{n.s.}	۰/۰۰۴ ^{n.s.}	۰/۱۶۸ ^{n.s.}	۱/۵۸ ^{n.s.}	۳۶۸/۷ ^{n.s.}	۴۰۲۵/۳۵**

*، **، ^{n.s.} به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد.



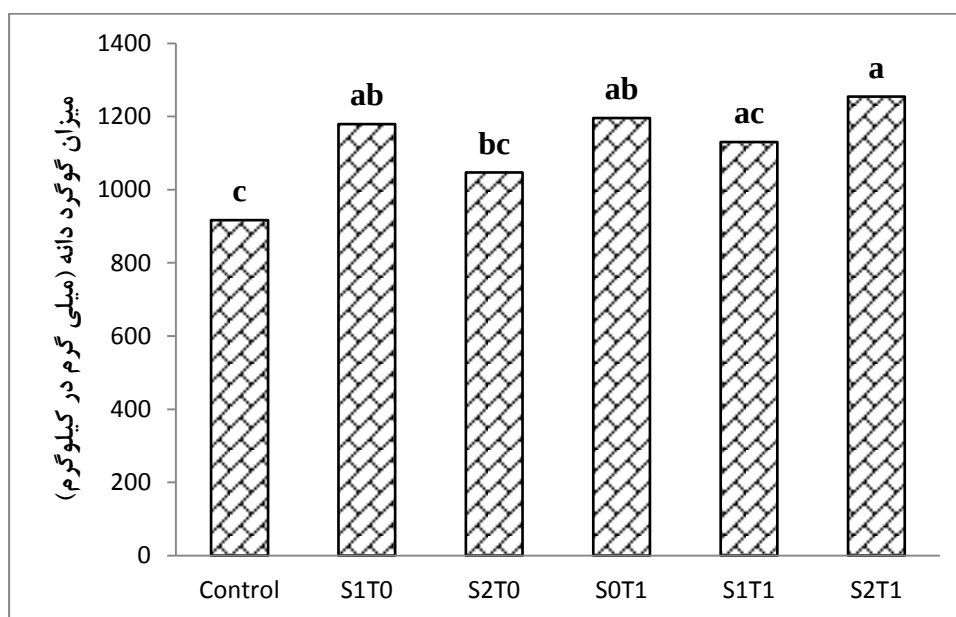
شکل ۴-۵: اثر متقابل میکوریزا و تیوباسیلوس بر کلونیزاسیون ریشه

T = تیمار تیوباسیلوس (T1 = کاربرد تیوباسیلوس و T0 = عدم کاربرد)، M = تیمار میکوریزا (M1 = تلقیح و M0 = عدم تلقیح) و Control = شاهد یا عدم کاربرد تیوباسیلوس و میکوریزا



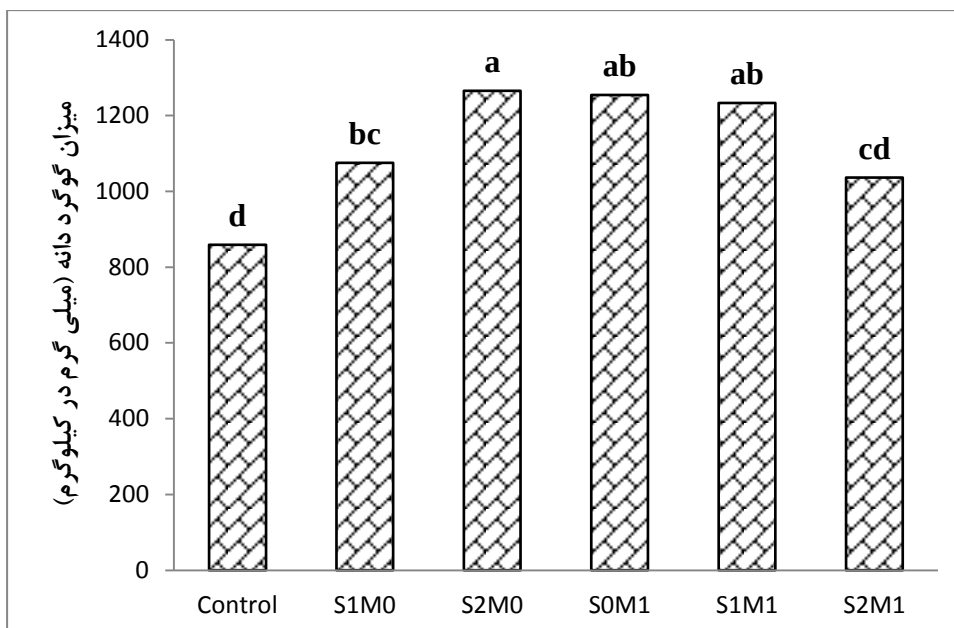
شکل ۴-۶: اثر متقابل گوگرد و میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه ذرت

S = سطوح مختلف گوگرد (S₀ = صفر یا شاهد، S₁ = ۲۵۰ و S₂ = ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، M = تیمار میکوریزا (M₁ = تلقیح و M₀ = عدم تلقیح) و Control = شاهد یا عدم کاربرد گوگرد و میکوریزا



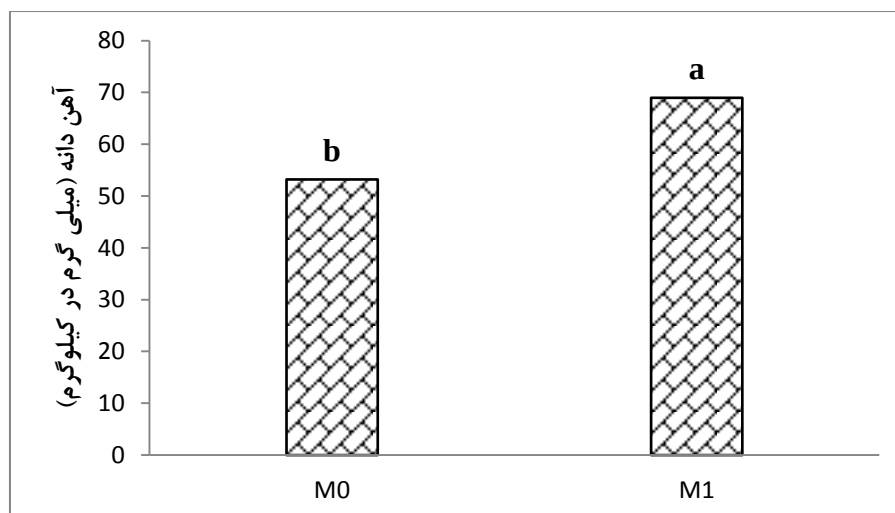
شکل ۴-۱۱: اثر متقابل تیوباسیلوس و گوگرد بر مقدار گوگرد دانه ذرت

S = سطوح مختلف گوگرد (S₀ = صفر یا شاهد، S₁ = ۲۵۰ و S₂ = ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، T = تیمار تیوباسیلوس (T₁ = کاربرد و T₀ = عدم کاربرد) و Control = شاهد یا عدم کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس



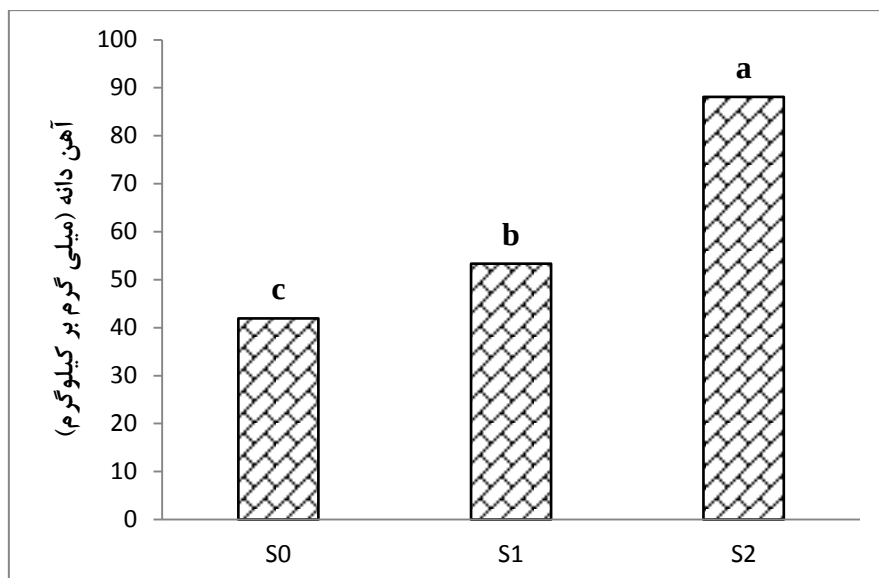
شکل ۴-۱۲: اثر متقابل میکوریزا و گوگرد بر مقدار گوگرد دانه ذرت

S = سطوح مختلف گوگرد (S۰ = صفر یا شاهد، S۱ = ۲۵۰ و S۲ = ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، M = تیمار میکوریزا (M۱ = تلقیح و M۰ = عدم تلقیح) و Control = شاهد یا عدم کاربرد گوگرد و میکوریزا

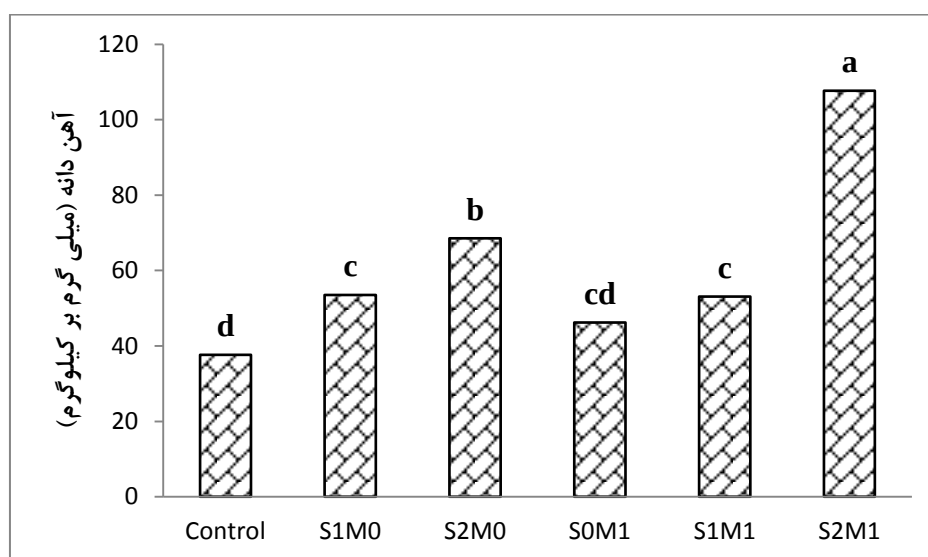


شکل ۴-۱۳: تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر محتوای آهن دانه ذرت

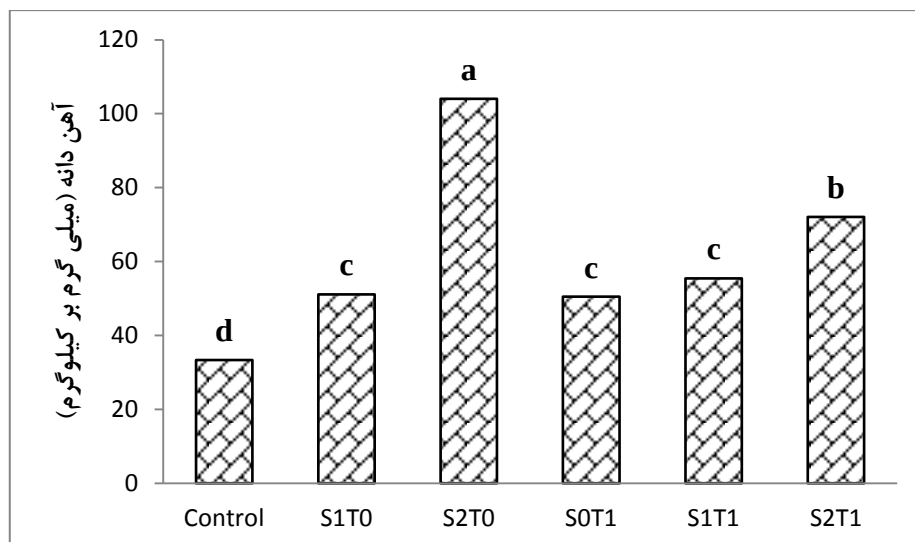
M = تیمار میکوریزا (M۱ = تلقیح و M۰ = عدم تلقیح)



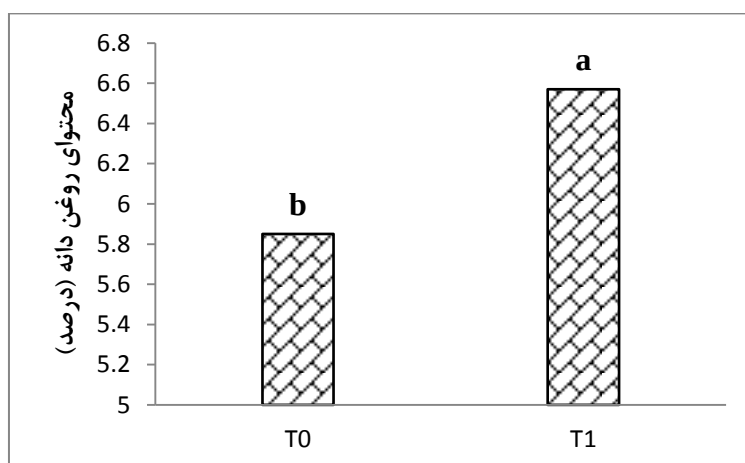
شکل ۴-۱۴: تأثیر کاربرد کود گوگرد بر محتوای آهن دانه ذرت
S= سطوح مختلف گوگرد (S۰= صفر یا شاهد، S۱= ۲۵۰ و S۲= ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)



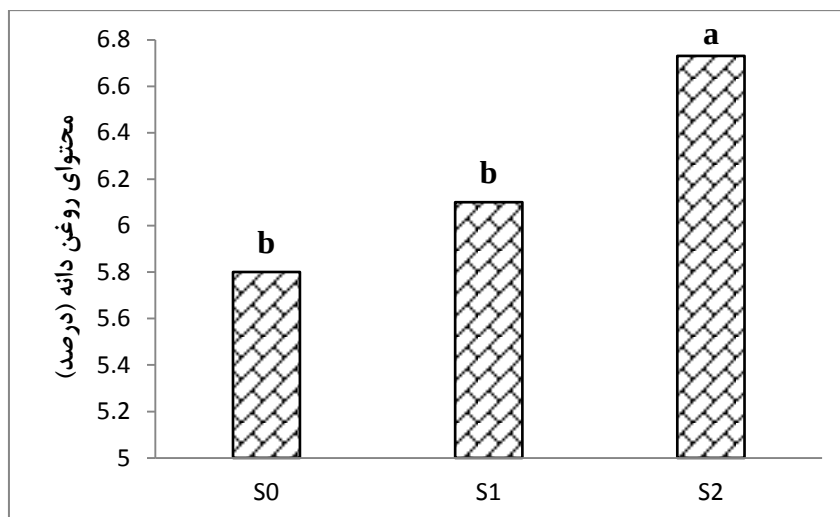
شکل ۴-۱۵: اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود گوگرد بر محتوای آهن دانه ذرت
S= سطوح مختلف گوگرد (S۰= صفر یا شاهد، S۱= ۲۵۰ و S۲= ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، M= تیمار میکوریزا (M۱= تلقیح و M۰= عدم تلقیح) و Control= شاهد یا عدم کاربرد گوگرد و میکوریزا



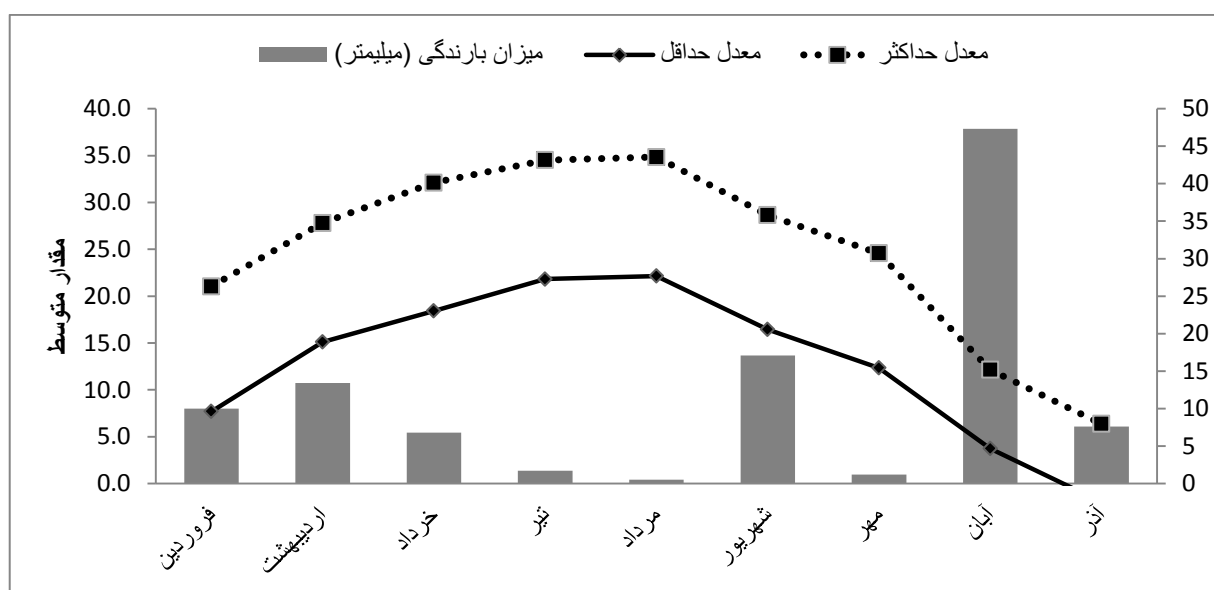
شکل ۴-۱۶: کاربرد همزمان باکتری تیوباسیلوس و کود گوگرد بر محتوای آهن دانه ذرت
 S = سطوح مختلف گوگرد (S۰ = صفر یا شاهد، S۱ = ۲۵۰ و S۲ = ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، T = تیمار تیوباسیلوس (T۱ = کاربرد و T۰ = عدم کاربرد) و Control = شاهد یا عدم کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس



شکل ۴-۱۷: بررسی تأثیر کاربرد باکتری تیوباسیلوس بر محتوای درصد روغن دانه ذرت
 T = تیمار تیوباسیلوس (T۱ = کاربرد و T۰ = عدم کاربرد)



شکل ۴-۱۸: بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف گوگرد بر محتوای روغن دانه ذرت
S= سطوح مختلف گوگرد (S۰= صفر یا شاهد، S۱= ۲۵۰ و S۲= ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)



شکل ۳-۱: حداکثر و حداقل دما بر حسب درجه حرارت و متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر در ماههای سال ۱۳۹۰

جدول ۳-۱: نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
------------------	-------------

۰/۰۴	نیتروژن (ppm)
۱۰	فسفر (ppm)
۱۱۴	پتاسیم (ppm)
۶/۶	سولفات محلول (میلی گرم در کیلوگرم)
۲۲	منیزیم (میلی اکیوالان بر لیتر)
۳۳	کلسیم (میلی اکیوالان بر لیتر)
۰/۳۳	مواد آلی (درصد)
۸/۳۲	اسیدیته (pH)
۰/۶۹	هدایت الکتریکی (dS/m)
۲۲/۰	رس (/.)
۴۴/۰	لای (/.)
۳۲/۰	شن (/.)

منابع

امام، ی. و نیک نژاد، م. ۱۳۷۴. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

بشارتی، ح. و صالح راستین، ن. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری های *Thiobacillus* همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. نشریه علمی پژوهشی علوم خاک و آب. جلد ۱۳، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۹.

جعبی، ع. خاوازی، ک. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کود های بیولوژیک در کشور. مجموعه مقالات. نشر آموزش کشاورزی، ۶۰۰ صفحه.

راشد محصل، م.ج.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملا فیلابی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات. ترجمه و تدوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۶ صفحه.

رشیدی، ه. ا. ۱۳۶۸. آثار جیره های غذایی محتوای روغن ذرت و ماهی بر روی ساختمان دستگاه تناسلی موش ماده. مجله دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران. ۴۴(۳): ۱-۱۹.

سالار دینی، ع. ا. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

صیامی، ر. ۱۳۸۸. تکنولوژی تولید بذر. انتشارات سپهر. ۱۹۲ صفحه. ترجمه.

فروزانی، م. ۱۳۶۹. مبانی تغذیه. انتشارات چهر تهران. ۴۹۰ صفحه. ترجمه.

مظاهری، د. ۱۳۷۶. گزارش نهایی طرح آینده غذا. انتشارات فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران. ۷۵۴ صفحه.

ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۷۷۵ صفحه.

نور محمدی، ق.، سیادت، س.ع.ا. و کاشانی، ع. ۱۳۸۴. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران. چاپ ششم. ۴۴۶ صفحه.

نوری، س. م. ح. ۱۳۷۲. آثار روغن ذرت و روغن ماهی بر ساختمان تخمدان خرگوشهای ماده در دوره رویانی. پایان نامه دوره دکتری بافت شناسی و جنین شناسی. صفحات ۲۳-۳۰.

نیک نیایی، ا.ب. ۱۳۸۶. بررسی امکان بهره گیری از توان بالقوه گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بومی خاک های ایران در افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد گندم در خاک های آهکی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

- Abbott, L.K., Robson, A.D. and De Boer, G.** ۱۹۸۴. The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. New Phytol., ۹۷: ۴۳۷-۴۴۶.
- Abdallah, M., Dubousset, L., Meuriot, F., Etienne, P., Avice, J.C. and Ourry, A.** ۲۰۱۰. Effect of mineral sulphur availability on nitrogen and sulphur uptake and remobilization during the vegetative growth of *Brassica napus* L. J. Expt. Bot. ۶۱(۱۰): ۲۳۳۵-۲۳۴۶.
- Abo-Rady, M.D.K. and Nabulsi, Y. A.** ۱۹۸۹. Effect of high doses of elemental sulfur on barley growth in an alkaline soil. Arid Soil Research and Rehabilitation. ۳ (۴): ۴۵۱-۴۵۷.
- Al-Karaki, G.N., Al-Raddad, A. and Clark, R.B.** ۱۹۹۸. Water stress and mycorrhizal isolate effects on growth and nutrient acquisition of wheat. J. Plant Nutr., ۲۱: ۸۹۱-۹۰۲.
- Allen, M.F. and Boosalis, M.G.** ۱۹۸۳. Effects of two VA-mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. New Phytol., ۹۳: ۶۷-۷۶.
- Alloush, G.A.Z., Zeto, S.K. and Clark, R.B.** ۲۰۰۰. Phosphorus source, organic matter and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. J. Plant Nutr., ۲۳: ۱۳۵۱-۱۳۶۹.

- Anandham, R. and Sridar, R.** २००६. Use of Sulfur Bacteria for Increased Yield and Oil Content of Groundnut. In: Biofertilizers Technology, Kannaiyan, S., K. Kumar and K. Govindarajan (Eds). Jodhpur, Scientific Publishers, pp: ३६०-३७१.
- Appia-Ayme, C., Quatrini, R., Denis, Y. and other authors.** २००६. Microarray and bioinformatic analyses suggest models for carbon metabolism in the autotroph *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Hydrometallurgy 83, २७३-२८०.
- Arnon, I.** १९७२. Crop Production in Dry Regions. Vol. II: Systematic Treatments of the Principal Crops. Plant Science Minigraph. Leonard Hill Books, London. १83 pp.
- Auge, R. M.** २०००. Stomatal behavior of arbuscular mycorrhizal plant. In: Kapulnik Y. and D. D. Douds. (eds.). Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. pp. २०१-२३७. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. ISBN ०-७९२३-१६६६-९.
- Bago, B. and Azcon- Aguilar, C.** १९९७. Changes in the rhizospheric pH induced by arbuscular mycorrhiza formation in onion (*Allium Cepa* L.). Z. Pflanz. Bodalkunde 160: ३३३-३३९.
- Bapat, P.N., Rathore, G.S. and Tomar, V.S.** १९९६. Proceedings of National Seminar on Nutrient Management in Wheat-Soybean Cropping System in M.P., held at Indian Institute of Soil Science, Bhopal, २२-२३ September १९९६.
- Barry, D. A. J. and Miller, M. H.** १९८९. Phosphorus nutritional requirement of maize seedlings for maximum yield. Agron. J, 81: 90-99.
- Blake-Kalff, M.M.A., Harrison. K.R., Hawkesford, M.J., Zhao, F.J. and McGrath, S.P.** १९९8. Allocation of sulphur within oilseed rape (*Brassica napus* L.) leaves in response to sulphur-deficiency. Physiologia Plantarum 118: 133७-६६.
- Bolan, N. S.** १९९1. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil. 13६ (2): 189-20७.
- Bryla, D.R, Eissenstat, D.M.** २०००. Respiratory costs of mycorrhizal associations. In: Lambers H, Ribas-Carbo M (eds) Plant respiration: from cell to ecosystem. Springer, Dordrecht, pp २0७-22६.
- Burke, J.J., Holloway, P. and Dalling, M.J.** १९86. The effect of sulphur deficiency on the organization and photosynthetic capability of wheat leaves. J Plant Physiol 120: 3७1-०
- Burns, G.R.** १९6७. Oxidation of sulphur in soils. Technical Bulletin 13, The Sulphur Institute: Washington. DC. USA.
- Busse, M.D. and Ellis, J.R.** १९8०. Vesicular-arbuscular mycorrhizal (*Glomus fasciculatum*) influence on soybean drought tolerance in high phosphorus soil. Can. J. Bot., 63: 2290-229६.
- Caldwell, A.C., Seim, E.C. and Rehm, G.W.** १९69. Effects of elemental sulfur on composition of alfalfa (*Medicago sativa*) and corn (*Zea maize* L.). Agro J. 61: 632-63६.
- Chapman, S. J. १९90. Thiobacillus populations in some agricultural soils. Soil Biol. Biochem. 22: ६७9-६82.

- Cifuentes, F.R. and Limedemann, W.C.** 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in calcareous soil. *Soil. Soc. Am. j.* 57: 727 – 731.
- Coolong, T.W., Kopsell, D.A., Kopsell, D.E. and Randle, W.M.** 2005. Nitrogen and Sulfur Influence Nutrient Usage and Accumulation in Onion. *Journal of Plant Nutrition.* 28(9): 1667-1686.
- Dadhich, L.K. and Gupta, A.K.** 2005. Growth and yield of fodder pearl millet as influenced by sulphur, zinc and intercropping with cowpea. *Fertilizer News.* 50(3): 50-7
- Dale, R. and Daiels, A.** 1995. A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. *Agron. J.* 87: 1115-11.
- Dawood, F., Al-Omagri, S.M. and St Murtatha, N.** 1985. High levels of sulphur affecting availability of some micronutrients in calcareous soils. *Proceedings Section, Regional Conference on Sulphur and Its Usage in Arab Countries.* Riyadh. 2-5 March 1985. Saudi Arabia, pp. 55-68.
- Deluca, T.H., Skogley, E.O. and Engle, R.E.** 1989. Band-applied elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. *Biol. of Fertile Soils.* 7: 326-30.
- Dewal, G.S. and Pareek, R.G.** 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian J Agron* 49(3): 160-2
- Dodd, J.C.** 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro- and natural ecosystems. *Agriculture.* 29 (1): 63-70.
- Dold, B., Blowes, D.W., Dickhout, R., Spangenberg, J.E. and Pfeifer, H.R.** 2005. Low molecular weight carboxylic acids in oxidizing porphyry copper tailings. *Environ Sci Technol* 39, 2010-2021.
- Drobner, E., Huber, H. and Stetter, K.O.** 1990. *Thiobacillus ferrooxidans*, a facultative hydrogen oxidizer. *Appl Environ Microb* 56, 2922-2923.
- Dwivedi, A.K. and Bapat, P.N.** 1998. Sulphur phosphorus interaction on the synthesis of nitrogenous fractions and oil in soybean. *J Indian Soc Soil Sci* 46: 204-7
- Entry, J.A., Rygiewicz, P.T., Watrud, L.S., Donnelly, P.K.,** 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Adv. Environ. Res.* 7, 123-138.
- Erdal, _ , Tarakçio_lu C.** 2000. Effect of different organic materials on growth and mineral composition of corn plant (*Zea mays* L.). *Ondokuz Mays University Faculty of Agriculture, J. Agric. Sci.* 10(2): 80-85.
- Erdal, I., Kepenek, K. and Kızılgöz, I.** 2004. Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turk. J. Agric. Forest.* 28: 421-427.
- Eriksen, G., Coale, F. and Bollero, G.** 1999. Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. *Agro. J.* 91: 1009-1016.

- Faber, B.A., Zasoski, R.J., Burau, R.G. and Uriu, K.** ۱۹۹۰. Zinc uptake by corn affected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant Soil*. ۱۲۹: ۱۲۱-۱۳۱.
- FAO.** ۱۹۸۶-۲۰۰۶. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
- FAO.** ۱۹۹۲. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper No. ۴۸. ۱۳۳ pp.
- FAO.** ۲۰۰۰. Tropical Maize, Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations Production and Protection Series. No. ۲۴. ۳۶۳ pp.
- FAO.** ۲۰۰۱-۲۰۱۰. Food and Agriculture Organization of the United Nations-for a world without hunger), available from: http://faostat۳.fao.org/home/index.html#SEARCH_DATA.
- Fay, P., Mitchell, D.T. and Osborne, B.A.** ۱۹۹۶. Photosynthesis and nutrient-use efficiency of barley in response to low arbuscular mycorrhizal colonization and addition of phosphorus. *New Phyt.* ۱۳۲(۳): ۴۲۰-۴۳۳.
- Flavio, H., Gutierrez, B., Prystupa, P. and Gustavo, F.** ۲۰۰۷. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. *J. of Plant Nutri.* ۳۰: ۱, ۹۳-۱۰۴.
- FNCA (Forum for Nuclear Cooperation in Asia).** ۲۰۰. Biofertilizer Manual. Japan Atomic Industrial Forum (JAIF). Biofertilizer Project Group. ۱۳۸P.
- Fullington, J.G, Miskelly, D.M., Wrigley, C.W. and Kasarda, D.D.** ۱۹۸۷. Quality-related endosperm proteins in sulphur-deficient and normal wheat grain. *J Cereal Sci* ۵: ۲۳۳-۴۰
- Gallagher, E.J.** ۱۹۸۴. Cereal production. Butterworths. ۳۴۰ pp.
- Garcia, I., Mendoza, R. and Pomar, M. C.** ۲۰۱۲. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes under contrasting grazing modes in the Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agri, Ecosys and Envir.* ۱۵۰: ۱-۸.
- George, C. E. and Lauchli, A.** ۱۹۸۵. Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. *Agron. J.* ۷۷: ۳۹۹-۴۰۳.
- Ghaffari, A., Asghar, A., Tahir, M., Waseem, M., Ayub, M., Iqbal, A. and Mohsin, A. U.** ۲۰۱۱. Influence of Integrated Nutrients on Growth, Yield and Quality of Maize (*Zea mays* L.). *American Journal of Plant Sciences*. ۲: ۶۳-۶۹.
- Ghosh, A. K., R. Y. R. Saxena, and A. K. Shirivastva.** ۱۹۹۰. Effect of sulphur application on the nutritional status, yield and quality of sugarcane. *J.Indian Soc. Soil Sci.* ۳۸: ۷۳-۷۶.
- Gilbert, S., Clarkson, D.T., Cambridge, M., Lambers, H. and Hawkesford, M.J.** ۱۹۹۷. Sulphate-deprivation has an early effect on the content of ribulose ۱,۵-bisphosphate carboxylase/oxygenase and photosynthesis in young leaves of wheat. *Plant Physiol* ۱۱۵: ۱۲۳۱-۹
- Goicoechea, N., Antolin, M.C. and SanchezDiaz, M.** ۱۹۹۷. Gas exchange is related to hormone balance in arbuscular or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. *Physiol. Plantarum*. ۱۰۰: ۹۸۹-۹۹۷.

- Gonzalez-Toril, E., Llobet-Brossa, E., Casamayor, E. O., Amann, R. and Amils, R.** ۲۰۰۳. Microbial ecology of an extreme acidic environment, the Tinto River. *Appl Environ Microbiol* ۶۹, ۴۸۵۳-۴۸۶۵.
- Graham, J.H. and Abbott, L.K.** ۲۰۰۰. Wheat responses to aggressive and non-aggressive arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil* ۲۲۰:۲۰۷-۲۱۸.
- Graham, J.H. and Eissenstat, D.M.** ۱۹۹۸. Field evidence for the carbon cost of citrus mycorrhizas. *New Phytol* ۱۴۰:۱۰۳-۱۱۰.
- Graham, J.H. and Syversen, J.P.** ۱۹۸۴. Influence of vesicular arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. *New Phytol* ۹۷: ۲۷۷-۲۸۴.
- Grimoldi, A.A., Kavanová, M., Lattanzi, F.A., Schauffele, R. and Schnyder, H.** ۲۰۰۶. Arbuscular mycorrhizal colonization on carbon economy in perennial ryegrass: quantification by $(\text{CO}_2)\text{-}^{13}\text{C}/(\text{CO}_2)\text{-}^{12}\text{C}$ steady-state labelling and gas exchange. *New Phytol* ۱۷۲:۵۴۴-۵۵۳.
- Gupta, V.R. and St Mehla, I.S.** ۱۹۸۰. Influence of sulphur on the yield and concentration of Cu, Mn, Fe and Mo in berseem (*Trifolium alexandrinum*) grown in two different soils. *Plant Soil*, ۵۶: ۲۲۹-۲۳۴.
- Hallberg, K. B. and Lindstrom, E. B.** ۱۹۹۴. Characterization of *Thiobacillus caldus* sp. nov., a moderately thermophilic acidophile. *Microbiology* ۱۴۰: ۳۴۵۱-۳۴۵۶.
- Hamel, C. and Smith, D.L.** ۱۹۹۱. Interspecific N-transfer and plant development in a mycorrhizal field-grown mixture. *Soil Biol. and Biochem*, ۲۳: ۶۶۱-۶۶۵.
- Hashemi-Dezfooli, A. Koochaki, A. and Banayane-Aval, M.** ۱۹۹۶. Maximizing Crops Yield. Mashhad Jihad Daneshgahi Press. Second Edition. ۲۸۷ pp.(Translated in Persian).
- Hassan, N. and Olsen, A.** ۱۹۹۶. Influence of applied Sulfur on availability of soil nutrients for corn (*Zea mays* L.) nutrition. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* ۳۰:۲۸۴-۲۸۶.
- Hayman, D.S.** ۱۹۸۲. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Phytopathology*, ۷۲: ۱۱۱۹-۱۱۲۵.
- Heggo, A., Angle, J.S. and Chaney, R.L.** ۱۹۹۰. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal uptake by soybeans. *Soil Biol. Biochem.* ۲۲(۶): ۸۶۵-۸۶۹.
- Hwang, S. F., Chang, K.F. and Chakravarty, P.** ۱۹۹۲. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the development of Verticillium and Fusarium wilts of alfalfa. *Plant Disease*, ۷۶(۳): ۲۳۹- ۲۴۳.
- Jackson, R.M. and Mason, P.A.** ۱۹۸۴. Mycorrhiza. Edward Arnold, Ltd., London, pp: ۶۰. ISBN ۰-۷۱۳۱- ۲۸۷۶-۳.
- Jaggi, R. C., Aulakh, M. S. and Sharma, R.** ۲۰۰۵. Impacts of elemental S applied under various temperature and moisture regions on pH and available P in acidic, neutral and alkaline soils. *Biol. Fert. Soils*. ۴۱: ۵۲-۵۸.
- Jakobsen, I. and Rosendahl, L.** ۱۹۹۰. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytol.* ۱۱۵: ۷۷-۸۳.

- Jansa, J., Mozafar, A. and Frossard, E.** ۲۰۰۵. Phosphorus acquisition strategies within arbuscular mycorrhizal fungal community of a single field site. *Plant Soil* ۲۷۶: ۱۶۳–۱۷۶.
- Janzen, H. and Bettani, H.** ۱۹۸۷. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. *Soil Scie.* ۱۴۴: ۸۱–۸۹.
- Jokela, W. E. and Randall, G. W. ۱۹۸۹. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron. J.*, ۸۱: ۷۲۰–۷۲۶.
- Joner, E. J. and Leyval, C.** ۱۹۹۷. Uptake of ^{109}Cd by roots and hyphae of a *Glomus mosseae/Trifolium subterraneum* mycorrhiza from soil amended with high and low concentrations of cadmium. *New Phytologist*, ۱۳۵: ۵۳–۶۶.
- Jones, M.D., Smith, S.E.** ۲۰۰۴. Exploring functional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualisms? *Can J Bot.* ۸۲: ۱۰۸۹–۱۱۰۹.
- Kacar, B. and Katkat, A.V.** ۲۰۰۷. *Plant Nutrition*. ۳th ed. Nobel Press; Ankara, Turkey.
- Kalbasi, M., Filoof, F. and Rezaiane, Y. Jad.** ۱۹۸۸. Effect of sulfur treatment on yield and uptake of Fe, Zn, and Mn by corn, sorghum and soybean. *J. Plant Nutri.* ۱۱: ۱۳۵۳ – ۱۳۶۰.
- Kamimura, K., Higashino, E., Moriya, S. and Sugio, T.** ۲۰۰۳. Marine acidophilic sulfuroxidizing bacterium requiring salts for the oxidation of reduced inorganic sulfur compounds. *Extremophiles*. ۷: ۹۵–۹۹.
- Kapan, M. and Erman, S.** ۱۹۹۸. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. *J. Plant Nutr.* ۲۱(۸): ۱۶۵۵–۱۶۶۵.
- Karimian, N. and Ghanbari, A.** ۱۹۹۰. Evaluation of different extractants for prediction of plant responses to applied P fertilizer in highly calcareous soils. Abstract, P. ۲۵, ۱۰th World Fertilizer Congress, CIEC, Nicosia, Cyprus.
- Karmokar, J.L., Clarkson, D.T., Saker, L.R., Rooney, J.M. and Purves, J.V.** ۱۹۹۱. Sulphate deprivation depresses the transport of nitrogen to the xylem and the hydraulic conductivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) roots. *Planta* ۱۸۵: ۲۶۹–۲۷۸.
- Kashirad, A. and Marschner, H.** ۱۹۷۴. Iron nutrition of sunflower and corn plant in mono and mixed culture. *Plant and Soil*. ۴۱: ۹۱–۱۰۱.
- Kelly, D. P. and Wood, A. P.** ۲۰۰۰. Reclassification of some species of *Thiobacillus* to the newly designated genera *Acidithiobacillus* gen. nov., *Halothiobacillus* gen. nov. and *Thermithiobacillus* gen. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* ۵۰, ۵۱۱–۵۱۶.
- Khasawneh, F. and Doll, E.C.** ۱۹۷۸. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Adv. in Agron.* ۳۰: ۱۵۹–۲۰۶.
- Khavazi, K. Nourgholipour, F. and Malakouti, M.J.** ۲۰۰۱. Effect of *Thiobacillus* and phosphate solubilizing bacteria on increasing P availability from rock phosphate for corn. *International Meeting on Direct Application of Rock Phosphate and Related Technology*, Kuala Lumpur, Malaysia.

- Kothari, M.L. and Jethra, J.K.** 1994. Available sulphur status of soils of semi-arid eastern plain zone of Rajasthan. In: Diamond Jubilee National Seminar of Indian Society of Soil Science, held at New Delhi.
- Kothari, S.K., Marschner, H. and Romheld, V.** 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. *Plant Soil*. 131: 177-180.
- Kramar, P.J.** 1973. Water stress and plant growth. *Agron. J.* 65: 31-35.
- Kumar S., Gaur, B.L. and Sumeriya, H.K.** 2004. Effect of nitrogen, phosphorus and sulphur levels on growth and oil yield of taramira under rainfed conditions of southern Rajasthan. Haryana. *J. Agron.* 20(1): 4-6.
- Kumar, V. and Singh, M.** 1981. Effect of sulphate, phosphate and molybdenum application on quality of soybean. *Plant Soil* 63:3-8.
- Kumutha, K. Sempavalan, J. and Santhanakrishnan, P.** 2004. Effect of insoluble phosphate and dual inoculation on soybean. P. 304-308, In: Kannaiyan, S., K. Kumar. and k. Govindarajan (eds.), *Biofertilizers Technology*. Scientific publishers. India.
- Kusano, T., Takeshima, T., Inoue, C. and Sugawara, K.** 1991. Evidence for 2 sets of structural genes-coding for ribulose biphosphate carboxylase in *Thiobacillus ferrooxidans*. *J Bacteriol.* 173: 7313-7323.
- Simon, L., Bousquet, J. Levesque, R.C. and Lalonde, M.** 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal and coincidence with vascular plants, *Nature*. 363: 67-69.
- Lambert, D.H. and Weidensaul, T.C.** 1991. Element uptake by Mycorrhizal soybean from sewage-sludge-treated soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 393-398.
- Lawrence, J. R. and Germida, J. J.** 1988. Relationship between microbial biomass and elemental sulfur oxidation in agricultural soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 772-777.
- Lawrence, J.R. and Germida, J.J.** 1991. Enumeration of sulfur-oxidizing populations in Saskatchewan agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 71: 127-136.
- Lee, A. and Bagyaraj, D. J.** 1986. Effect of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and either phosphate rock dissolving bacteria or *Thiobacilli* on dry matter production and uptake of phosphorus by tomato plants. *NZ. J. Agric. Res.*, 29(3): 520-531.
- Lefroy, R.D., Sholeh, B. and Blair, G.** 1997. Influence of sulfur and phosphorus placement, and sulfur particle size, on elemental sulfur oxidation and the growth response of maize (*Zea mays*). *Aust. J. Agr. Res.* 48: 480-490.
- Leinhos, V. and Nacek, O.** 1994. Biosynthesis of auxins by PSMs from wheat and rye. *Microbi. Res.* 149: 31-35.
- Li, H.Y., Smith, F.A., Dickson, S., Holloway, R.E. and Smith, S.E.** 2008. Plant growth depressions in arbuscular mycorrhizal symbioses: not just caused by carbon drain? *New Phytol.* 178: 802-812.

- Li, S., Lin, B. and Zhou, W.** ۲۰۰۰ Oxidation of elemental S in some soils in China. *Pedosphere* ۱۰: ۱۰۵-۱۱۲.
- Li, X. L., Marschner, H. and George, E.** ۱۹۹۱. Acquisition of phosphorus and copper by VA-mycorrhizal hyphae and root-shoot transport in white clover. *Plant Soil*. ۱۳۶: ۴۹-۵۷.
- Linli, X., George, E. and Marschner, H.** ۱۹۹۱. Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. *Plant and Soil*. ۱۳۶: ۴۱-۴۸.
- Lipman, J. G., Mc lean, H.C. and Lint, H.C.** ۱۹۱۶. The oxidation of sulphur in soils as a means of increasing the availability of mineral phosphates. *Soil Scie.* ۱: ۵۳۳-۵۳۹.
- Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I. and Smith, D.L.** ۲۰۰۰. Mycorrhizae formation and nutrient uptake of new corn (*Zea mays* L.) hybrids with extreme canopy and leaf architecture as influenced by soil N and P levels. *plant and Soil*. ۲۲۱: ۱۵۷-۱۶۶.
- Majumdar, B., Venkatesh, M.S., Lal, B. and Kumar, K.** ۲۰۰۱. Reponse of soybean (*Glycine max*) to phosphorus and sulphur in acid alfisol of Meghalaya. *India J Agron* ۴۶(۳): ۵۰۰-۵.
- Mathur, N. and Vyas, A.** ۲۰۰۰. Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass production, nutrient uptake and physiological changes in *Ziziphus mauritiana* Lam. under water stress. *J. Arid Envir.*, ۴۵: ۱۹۱-۱۹۵.
- Maurya, K.L., Sharma, H.P., Tripathi, H.P. and Singh, S.** ۲۰۰۵. Effect of nitrogen and sulphur application on yield attributes, yield and net returns of winter maize (*Zea mays* L.). *Haryana J Agron* ۲۱(۲): ۱۱۵-۱۶
- McGrath, S.P., Zhao, F.J. and Withers, P.J.A.** ۱۹۹۶. Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. *Proceedings of the Fertilizer Society*, No. ۳۷۹. Peterborough, The Fertilizer Society.
- Menge, J.A.**, ۱۹۸۳. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Can. J. Bot.*, ۶۱: ۱۰۱۵-۱۰۲۴.
- Modaihsh, S., Al-Austafa, W.A. and Metwally, A. E.** ۱۹۸۹. Effect of elemental sulfur on chemical change and nutrient availability in calcareous soils. *Plant and Soil*. ۱۱۶: ۹۵-۱۰۱.
- Monneveux, P., Zaidi, P.H. and Sanehez, C.** ۲۰۰۵. Population density and low nitrogen affectes yield-associated traits in tropical maize. *Crop Sci.* ۴۵: ۵۳۵-۵۴۵.
- Morvedt, J. J. Giordano, P. M. and Lindsay, W. L.** ۱۹۹۱. Micronutrient in agriculture. *Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin USA*.
- Moss, H.J., Wrigley, C.W., MacRitchie, F. and Randall, P.J.** ۱۹۸۱. Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. II. Influence on grain quality. *Aust J Agr Res* ۳۲: ۲۱۳-۲۶.
- Mostafavian, S. R., Pirdashti, H., Ramzanpour, M.R., Andarkhor, A.A. and Shahsavari, A.** ۲۰۰۸. Effect of Mycorrhizae, Thiobacillus and Sulfur Nutrition on the Chemical Composition of Soybean (*Glycine max*) Merr. Seed. *Pakistan Journal of Biolo Sci.* ۱۱ (۶): ۸۲۶-۸۳۵.
- Mukherjee, D., and R.K. Singh.** ۲۰۰۲. Influence of sulphur, iron and silicon nutrition on growth and yield of irrigated mustard. *Haryana J Agron* ۱۸(۱ and ۲): ۵۰-۲.

- Munkvold, L., Kjølter, R., Vestberg, M., Rosendahl, S. and Jakobsen, I.** ۲۰۰۴. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* ۱۶۴: ۳۵۷-۳۶۴.
- Naghavi maremati, A., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H. and Salak Gilani, S.** ۲۰۰۷. Effect of different rate and type of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of different rices cultivars. ۱۰th Iranian Conference of Soil Science, Tehran. pp: ۷۶۶-۷۶۷.
- Nair, S.K., Peethambaran, C.K. Geetha, Nayar, K. and Wilson, K.I.** ۱۹۹۰. Effect of soil solarization on nodulation, infection by mycorrhizal fungi and yield of cow pea. *Plant and Soil.* ۱۲۵: ۱۵۳-۱۵۴.
- Nasreen S., Haque M.M., Hossain M.A., and Frid A.T.M.** ۲۰۰۷. Nutrient uptake and yield of onion as influenced by nitrogen and sulphur fertilization. *Bangladesh, Agriculture Research.* ۳۲(۳): ۴۱۳-۴۲۰.
- Neilsen, D., Hogoe Li, K. and Hoyt, P.B.** ۱۹۹۳. Oxidation of elemental sulphur and acidulation of calcareous orchard soils in southern British Colombia. *Can. J. Soil Sci.* ۷۳: ۱۰۳-۱۱۴.
- Olson, R.A. and Sander, D.A.** ۱۹۸۸. Corn production. In *Corn and Corn Improvement*. G. F. Sprague and J. W. Dudley (eds.). Agron. Monograph ۱۸. Pp ۶۳۹-۶۷۸. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- Ortus, I. and Harris, P.J.** ۱۹۹۶. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. *Plant and Soil.* ۱۸۴: ۲۲۵-۲۶۴
- Osonubi, O., Mulongoy, K. Awotoye, O.O. Atayese, M.O. and Okali, D.U.** ۱۹۹۱. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. *Plant and Soil.* ۱۳۶: ۱۳۱-۱۴۳.
- Pacovsky, R.S.** ۱۹۸۸. Influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Glomus fasciculatum* on sorghum nutrition. *Plant and Soil.* ۱۱۰(۲): ۲۸۳-۲۸۷.
- Parniske, M.** ۲۰۰۸. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat Rev Microbiol.* ۶: ۷۶۳-۷۷۵.
- Patra, A.K., Tripathy, S.K. and Samui, R.C.** ۱۹۹۵. Response of groundnut varieties to sulphur on alluvial soils of West Bengal. *Indian Agriculturist* ۳۹(۲): ۱۳۷-۴۲.
- Peoples, M.B., Beilharz, V.C., Waters, S.P., Simpson, R.J. and Dalling, M.J.** ۱۹۸۰. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the absence of lodging. *Agrochimica.* ۱۱: ۵۶۵-۵۷۰.
- Philips, J. M., and Hayman, D. S.** ۱۹۷۰. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society.* ۵۵: ۱۵۸-۱۶۱.
- Poelhman, J.M.** ۱۹۵۹. *Breeding Field Crops*. Henry Holy and Company, Inc. New York. ۴۲۷ pp.
- Pond, E. C., Menge, J. A. and Jarrell, W.M.** ۱۹۸۴. Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils. *Mycologia*, ۷۶(۱): ۷۴-۸۴.

- Powell, L., Conway, I. and Bagyaraj, D.J.** ۱۹۸۴. VA Mycorrhiza, CRC Press, Boca Raton Fl., pp: ۱-۳, ۲۰۵-۲۲۲.
- Prosser, I.M., Schneider, A., Hawkesford, M.J. and Clarkson, D.T.** ۱۹۹۷. Changes in nutrient composition, metabolite concentrations and enzyme activities in spinach in the early stages of S-deprivation. In: Cram W J, De Kok L J, Stulen I, Brunold C, Rennenberg, H (eds.) Sulphur metabolism in higher plants. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers: ۳۳۹-۴۲.
- Ram, H., Jha, C.K. and Prasad, J.** ۱۹۹۸. Effect of sulphur and rhizobium on soil pH, available N and P in green gram. Fertilizer News ۴۳(۱۰): ۵۱-۵.
- Ramamoorthy, K., Ramasamy, A. and Vairavan, M.** ۱۹۹۶. Effect of source and level of sulphur on production of soybean (*Glycine max*). Indian J Agron ۴۱(۴): ۶۵۴-۵.
- Randle W.M.** ۲۰۰۰. Increasing nitrogen concentration in hydroponics solutions affects onion flavor and bulb quality. Journal of the American Society Horticultural Science, ۱۲۵(۲): ۲۵۴-۲۵۹.
- Rigou, L. and Mignard, E.** ۱۹۹۴. Factors of acidification of the rhizosphere of mycorrhiza plants: Measurement of p Co^۲ in the rhizosphere. Acta Bot. Gall. ۱۴۱: ۵۳۳-۵۳۹.
- Roberson, E. and Firestone, M.** ۱۹۹۲. Relationship between desiccation and exopolysaccharide production in soil *Pseudomonas* sp. Appl Environ Microbiol ۵۸: ۱۲۸۴-۱۲۹۱.
- Rosa, M.C., Muchovej, J.J. and Alvarez, V.H.** ۱۹۸۹. Temporal relations of phosphorus fractions in an Oxisola amended with rock phosphate and thiobacillus thiooxidans. Soil Soc, Soc. Am. J., ۵۳: ۱۰۹۶-۱۱۰۰.
- Ruiz-Lozano, J.M.** ۲۰۰۳. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress, new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza ۱.
- Rupela, O.P. and Taura, P.** ۱۹۷۳. Isolation and characterization of Thiobacillus from alkaline soils. Soil Biology Biochemistry ۵: ۸۹۱-۸۹۷.
- Russo, A., Felici, C., Toffanin, A., Gotz, M., Collados, J, Miguel Barea, Y., Moenne-Loccoz, K., Smalla, J. and Nuti, M.** ۲۰۰۵. Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biol. Fertil. Soils. ۴۱(۵): ۳۰۱-۳۰۹.
- Sahari, M. A., Barzegar, M. and Radfar, R.** ۲۰۰۷. Effect of varieties on the composition of dates (*Phoenix dactylifera* L.). Journal of Food Science and Technology International, ۱۳ (۴): ۲۶۹-۲۷۵.
- Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H. and Miransari, M.** ۲۰۱۰. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Australian Journal of Crop Sci. ۴ (۵): ۳۳۰-۳۳۴.
- Salmeron-Miranda, F.** ۲۰۰۸. Nitrogen Use in a Maize-Bean rotation in Nicaragua. Effect of organic and mineral fertilizers. Doctoral Thesis. Swedish university of Agricultural Sciences. Nicaragua.

- Sanchez-Diaz, M. and M. Honrubia.** 1994. Water relations and alleviation of drought stress in mycorrhizal plants. In: Gianizazzi, S. and Schuepp, H. (eds.) Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. pp. 167-178. Birkhauser Verlag, Basel/Switzerland.
- Scherer, H.W., Pacyna, S., Spoth, K.R. and Schulz, M.** 2008. Low levels of ferredoxin, ATP, and leghemoglobin contribute to limited N₂ fixation of peas (*Pisum sativum* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) under S deficiency conditions. Biol. Fertil. Soil, 44: 909-916.
- Shabaev, V.P., Smolin, V.Yu. and Mudrik, V.A.** 1990. CO₂ exchange in soybean plants and symbiotic nitrogen fixation upon joint inoculation with nodule bacteria and either rhizosphere pseudomonads or endomycorrhizal fungi. Biology Bulletin of the Russian Academy of Scie. 22: (6): 576-583. Translated from Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, Seriya Biologicheskaya. 6: 693-701.
- Shafer T.J., Meyer D.A. and Croften K.M.** 2000. Developmental neurotoxicity of pyrethroid insecticides. Critical Rev future research. Environ Health Perspectives. 113(2), 123-39.
- Sharma, O.P. Singh, G.D.** 2000. Effect of sulphur in conjunction with growth substances on productivity of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba*) and their residual effect on barley (*Hordeum vulgare*). Indian J Agron 40(1):6-18
- Sharma, P.K. and Manohar, S.S.** 2002. Response of wheat (*Triticum aestivum*) to nitrogen and sulphur and their residual effect on succeeding peral millet (*Pennisetum glaucum*). Indian. J. Agron. 47(4):473-6.
- Sharma, A. K.** 2002. A handbook of organic farming. Agrobios, India. 227 pp.
- Shukla, S.K. and Lal, M.** 2007. Growth, quality and economics of plant and ratoon sugarcane as influenced by doses and sources of sulphur. Indian J. Agron. 52: 168-171.
- Singh, A.K., Singh, S.B. and Sharma, R.P.** 1998. Rabi maize excels wheat in diara land of Bihar. Indian Fmg 38(6):13-15.
- Singh, D. and Singh, V.** 1990. Effect of potassium, zinc and sulphur on growth characters, yield attributes and yield of soybean. Indian J Agron 40(2):223-7.
- Singh, J., Yadav, J.S., Sheoran, R.S. and Kumar, V.** 2002. Response of oat to nitrogen, phosphorus and sulphur in light textured soils. Haryana J. Agron 18(1 & 2):36-8
- Singh, S.P. and Bansal, K.N.** 1999. Influence of nitrogen, its application time and sulphur on nitrogen, phosphorus and sulphur uptake by soybean (*Glycine max*). Haryana J Agron 10(1): 30-4
- Singh, V., Chauhan, Y.S. and Tripathi, N.K.** 1987. Comparative efficacy of level of nitrogen and sulphur to production and biochemical value of till (*Sesamum indicum* L.) var. C-6. Res Dev Rep 4(2):213-17.
- Smith, F.A. and Smith, S.E.** 1996. Mutualism and parasitism: diversity in function and structure in the "arbuscular" (VA) mycorrhizal symbiosis. Adv Bot Res 22:1-43.

- Smith, S. and Read, D.** ۲۰۰۸. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York.
- Smith, S.E., Smith, F.A. and Jakobsen, I.** ۲۰۰۴. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. *New Phytol* ۱۶۲:۵۱۱-۵۲۴.
- Smith, S.E. and Read, D. J.** ۱۹۹۷. Mycorrhizal symbiosis. ۲nd ed.. Academic Press, San Diego, CA.
- Smith, S.E. and Read, D.J.** ۱۹۹۷. Mycorrhizal Symbiosis (۲nd Edition). Academic Press: London, UK. p.۶۰۵.
- Smith, S.E., Read, D.J.,** ۲۰۰۸. Mycorrhizal Symbiosis, ۳rd ed. Academic Press Inc., London, UK, p. ۸۱۵.
- Soliman, M.F., Kostandi, S.F. and Beusichem Van, M.L.** ۱۹۹۲. Influence of Sulfur and Nitrogen Fertilizer on the Uptake of Iron, Manganese and Zinc by Corn Plants Grown in Calcareous Soil. *Commu. Soil Sci. Plant Anal.* ۲۳: ۱۲۸۹-۱۳۰۰.
- Sprague, G.F. and Dudley, J.W.** ۱۹۸۸. Corn and corn Improvement, ۳rd. edition. Agronomy Monograph No. ۱۸. WI, U.S.A. ۹۸۶ pp.
- Stamford, N.P., Freitas, A.D., Ferraz, D.S. and Santos, C.E.R.S.** ۲۰۰۲. Effect of sulfur inoculated with Thiobacillus on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. *J. Agric. Sci.* ۱۳۹: ۲۷۵-۲۸۱.
- Stamford, N.P., Santos, D.R., Moura, A.M.M., Santos, C.E.R.S. and Freitas, A.D.S.** ۲۰۰۳. Biofertilizer with natural phosphate, sulphur and Acidithiobacillus in a soil with low available-p. *Scientia Agricola.* ۶۰(۴): ۷۶۷-۷۷۳.
- Subramanian, H. and charest, S.** ۱۹۹۹. Acquisition if N by external hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungi and its impact on physiological responses in maize under drought stress and well watered conditions. *Mycorrhiza.* ۹: ۶۹ – ۷۵.
- Subramanian, K.S. and Charest, C.** ۱۹۹۷. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. *Mycorrhiza.* ۷(۱): ۲۵-۳۲.
- Szaboles, I.** ۱۹۹۱. Desertification and salinization. *Plant Salinity Research.* In: Choukr-Allah, R. (Ed.), *New Challenges.* pp. ۳-۱۸.
- Taylor, T.N., Remy, W. Hass, H. and Kerp, H.** ۱۹۹۵. Fossil arbuscular mycorrhizae from the Early Devonian., *Mycologia* ۸۷: pp. ۵۶۰-۵۷۳.
- Tabatabai, M.A., and Bremner, J. M.** ۱۹۷۲. Forms of sulfur, and carbon, nitrogen, and sulfur relationships in Iowa Soils. *Soil Sci.* ۱۱۴: ۳۸۰-۳۸۶.
- Tandon, H.L.S.** ۱۹۹۱. Sulphur Research and Agriculture Production in India, ۳rd ed. The sulphur Institute, Washington, DC, USA.
- TateIII, R.L.** ۱۹۹۵. The sulfur and related biogeochemical cycl. P: ۳۵۹-۳۷۲. In M. Alexander (ed) *Soil microbiology.* John Willey and sons Inc. New Yourk.

- Taylor, D.L. and Bruns, T.D.** ۱۹۹۷. Independent, specialized invasion of ectomycorrhizal mutualism by two nonphotosynthetic orchids. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* ۹۴: ۴۵۱۰-۴۵۱۵.
- Thiagarajan, T.R., Ames, R.N. and Ahmad, M.** ۱۹۹۲. Response of cowpea (*Vigna unguiculata*) to inoculation with co-selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* strains in field trials. *Can. J. Microbiol.*, ۳۸(۶): ۵۷۳-۵۷۶.
- Thonar, C., Schnepf, A., Frossard, E., Roose, T. and Jansa, J.** ۲۰۱۱. Traits related to differences in function among three arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*. ۳۳۹: ۲۳۱-۲۴۵.
- Tisdal, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D.** ۱۹۸۴. *Soil Fertility and Fertilizers*. ۴th. Ed., McMillon Publishing Company, New York.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havlin, J.L.** ۱۹۹۳. *Soil fertility and fertilizers*. ۵th ed. Mcmillon Publishing co., New York.
- Tisdall, J.M. and Oadea, J.M.** ۱۹۸۲. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J Soil Sci* ۳۳: ۱۴۱-۱۶۳.
- Tollenaar, M. and Dwyer, L.M.** ۱۹۹۹. Physiology of maize. In: D.L. Smith and C. Hamel (eds.). *Crop Yield. Physiology and processes*. Springer-Verlag. pp: ۱۶۹-۲۰۴.
- Turk, M.A., Assaf, T. A., Hameed, K.M. and Al-Tawaha, A.M.** ۲۰۰۶. Significance of Mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences*. ۲(۱): ۱۶-۲۰.
- Varma, A. and Hock, B.** ۱۹۹۸. *Mycorrhiza*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg New York. pp. ۷۰۴.
- Wainwright, M.** ۱۹۸۴. Sulfur oxidation in soils. *Advances in agronomi*. ۳۷: ۳۴۹-۳۹۶.
- Warrilow, A.G.S. and Hawkesford, M.J.** ۱۹۹۸. Separation, subcellular location and influence of sulphur nutrition on isoforms of cysteine synthase in spinach. *J. Exp. Bot.* ۴۹: ۱۶۲۵-۳۶.
- Watkinson, J.H. and Bolan, N.S.** ۱۹۹۸. Modeling the rate of elemental sulfur oxidation in soils. In: Maynard DG (ed) *Sulfur in the environment*. Canadian Forest Service Pacific Forestry Center, Victoria, British Columbia, pp: ۱۳۵-۱۷۱
- Weir, R.G.** ۱۹۷۵. The oxidation of elemental sulfur and sulphides in soils. In McLachlan K. D. (ed.) *Sulfur in Australian Agriculture*. Sydney Univ. Press, Sydney, Australia. pp: ۴۰-۴۹.
- Wrigley, C.W., Du Cros, D.L., Fullington, J.G. and Kasarda, D.D.** ۱۹۸۴. Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulphur deficiency in wheat. *J Cereal Sci* ۲: ۱۵-۲۴.
- Wu, Q.S. and Xia, R.X.** ۲۰۰۶. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *J. Plant Physiol.* ۱۶۳: ۴۱۷-۴۲۵.
- Zhao, F.J., Hawkesford, M.J., Warrilow, A.G.S., McGrath, S.P. and Clarkson, D.T.** ۱۹۹۶. Responses of two wheat varieties to sulphur addition and diagnosis of sulphur deficiency. *Plant Soil*. ۱۸۱: ۳۱۷-۲۷

Zhi-Hui, Y., Stoven, K., Haneklaus, S., Singh, B.R. and Schnug, E. ۲۰۱۰. Elemental Sulfur Oxidation by Thiobacillus spp. and Aerobic Heterotrophic Sulfur-Oxidizing Bacteria. Pedosphere. ۲۰(۱): ۷۱-۷۹.

The effect of mycorrhiza fungi symbiosis, thiobacillus bacteria and the different levels of sulfur on growth and yield of corn (*Zea mays* L.)

Abstract

The aim of this experiment, mycorrhizal symbiosis, thiobacillus bacteria and sulfur fertilizer effects on growth and yield of corn were studied. The experimental design was factorial in the base on randomized complete blocks design with three replications. Treatments consisted of mycorrhiza inoculation, in two levels inoculated (M_1) and non-inoculated (M_0), thiobacillus, in two levels inoculation (T_1) and control (T_0) and three levels of sulfur (S_0 : 0, S_1 : 250 and S_2 : 500 kg.ha⁻¹). Results show that inoculation of mycorrhiza, thiobacillus, and sulfur application decreased the pH and increased grain yield, grain number per ear, stem height, weight of 100 grains (except mycorrhiza), biological yield, leaf chlorophyll, and relative water content (except sulfur) significantly compared to controls. Also the investigate factors improvement grain nutrients content and oil of corn. Nitrogen content was only effect by the using of sulfur, and thiobacillus increased the grain S of corn significantly compared to control. The thiobacillus application increased grain S content by 12.2%. Oil percentage of grain corn was significantly affected by thiobacillus and sulfur application. The interaction of sulfur and thiobacillus was, significant for all the traits studied except for biological yield. The interaction of mycorrhiza and thiobacillus on decreasing soil pH and increase on stem height were significant. Thiobacillus and sulfur application decreased of root colonization percentage. Also, interaction of mycorrhiza with sulfur and thiobacillus with sulfur on grain S and Fe content was significant.

Keyword: Thiobacillus, Sulfur, Mycorrhiza fungi, Corn, Soil pH



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

The effect of mycorrhiza fungi symbiosis, thiobacillus bacteria and the different levels of sulfur on growth and yield of corn (*Zea maize* L.)

Ali Ansori Savari

Supervisors:

Dr. A. Gholami

Dr. H. Abasdokht

Advisors:

Dr. M. Gholipoor

Dr. M. Baradaran

Septamber ۲۰۱۲