بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

تاثیر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذری سالسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد ذرت در شرایط همزیستی میکوریزایی

دانشجو:

عفیفه نیسی

اساتید راهنما:

دکتر احمد غلامی

دکتر مهدیه پارسائیان

استاید مشاور:

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر حمید عباسدخت

شهریور ماه ۱۳۹۴

پیوست شماره ۲

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم عفیفه نیسی
تحت عنوان: تاثیر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذری سالسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد ذرت در شرایط همزیستی میکوریزایی

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
دکتر احمد غلامی		نام و نام خانوادگی : دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	
دکتر مهدیه پارسائیان		نام و نام خانوادگی :دکتر حمید عباس دخت	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
دکتر مصطفی حیدری		دکتر ناصر فرخی	
دکتر شاهین شاهسونی			

تقدیم به

پروردگارم....

آستان پر مهر و محبت پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و

از صبرشان ایستادگی را آموختم.

تشکر و قدردانی

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند . لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی رسید.

از استاتید گرانقدرم آقای دکتر غلامی و سرکار خانم دکتر پارسائیان که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال سپاس را دارم .

از استاتید عالی قدرم جناب آقای دکتر برادران و دکتر عباسدخت که زحمت مشاوره این پایان نامه را متحمل شدند، صمیمانه تشکر می کنم .

سپاس آخر را به مهربانترین همراهان زندگیم ، به پدر، مادر تقدیم می کنم که حضورشان در

فضای زندگیم مصداق بی ریای سخاوت بوده است.

و در نهایت سپاگذارم از همکلاسی های عزیزم که لحظه به لحظه در این راه یاریگر من بودند.

تعهد نامه

اینجانب **عفیفه نیسی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی دانشکده ی **کشاورزی** بسطام دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **تاثیر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذری سالسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد ذرت در شرایط همزیستی میکوریزایی** تحت راهنمائی دکتر **احمد غلامی و مهدیه پارسائیان** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامهتوسط 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 توســـط 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 شاهرود » و یا «Shahrood University» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به د ست آمدن نتایج ا صلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات م ستخرج ازپایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) ا ستفاده شده ا ست ضوابط و ا صول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد د سترسی یافته یا ا ستفاده شده ا ست اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامهبدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

امروزه استفاده قارچ میکوریزا به عنوان کودهای کارساز در تامین نیازمندهای گیاهان غیرقابل انکار است، به منظور بررسی تاثیر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذر با سالسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد ذرت در شرایط همزیستی میکوریزایی، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده ی کشاورزی دانشگاه کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۹۳-۱۳۹۲ به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل (۲×۲×۳) و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سه سطح خاکورزی به صورت (گاوآهن برگردان دار+ دیسک + فاروئر)، (دیسک + فاروئر) و (چیزل + فاروئر) به عنوان عامل اصلی و ترکیب تیماری پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *Glomus mossea* به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر صفت ارتفاع بوته معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سطوح مختلف عملیات خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات وزن صددانه، فسفر بذر و درصد کلونیزاسیون بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفت پروتئین دانه معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف عملیات خاکورزی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا روی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، کارتنوئید و شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک توانست ارتفاع بوته را به میزان ۲۶/۱۷ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش درصدکلونیزاسیون ۱۷ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی متوسط+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد.. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه معادل ۶/۴۲ تن در هکتار در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا و افزایش عملکرد بیولوژیک معادل ۱۹/۵۲ تن در هکتار در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا و افزایش شاخص سطح برگ معادل ۶۸ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی رایج+ عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد.

کلمات کلیدی: پرایم، شخم، همزیستی میکوریزا، صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژی ذرت

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **بررسی مدیریت خاکورزی و پرایمینگ بذر با میکوریزا و اسید سالیسیلیک بر میزان عملکرد دانه، مقدار کلروفیل کل و میزان کارتنوئید در گیاه ذرت**، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی، دانشگاه زابل، ۹۴/۲/۳۱

۲- **بررسی مدیریت خاکورزی و پرایمینگ بذر با میکوریزا و اسید سالیسیلیک بر میزان عملکرد بیولوژیک، فسفر قابل جذب خاک و درصد کلونیزاسیون در گیاه ذرت**، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی، دانشگاه زابل، ۹۴/۲/۳۱

۳- **تاثیر پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی و خصوصیات رشد گیاهچه ی ذرت(*Zea mays*. L)**، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی، دانشگاه زابل، ۹۴/۲/۳۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

فصل دوم: مرور منابع

۲-۱- ذرت ۸

۲-۱-۱- گیاهشناسی ذرت ۸

۲-۱-۲- مصارف ذرت ۹

۲-۱-۳- خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت ۱۰

۲-۲- قارچ میکوریزا ۱۳

۲-۲-۱- افزایش جذب فسفر توسط قارچ ۱۴

۲-۲-۲- قارچ میکوریزا ثبات خاک را افزایش می دهد ۱۵

۲-۲-۳- تاثیر میکوریزا روی فعالیت میکروارگانیزم ها ۱۵

۲-۲-۵- نقش همزیستی میکوریزا بر جذب عناصر غذایی ۱۶

۲-۲-۶- نقش همزیستی میکوریزا در تحمل گیاهان در برابر تنش های زنده و غیر زنده ۱۷

۲-۳- مقدمه ای بر خاکورزی ۱۷

۲-۴- مفاهیم خاکورزی در کشاورزی ۱۸

۲-۴-۱- خاکورزی رایج ۱۸

۲-۴-۲- خاکورزی حفاظتی ۱۹

۲-۴-۲-۱-سیستم بدون خاکورزی ۱۹

۲-۴-۲-۲- خاکورزی پشته ای ۱۹

۲-۴-۲-۳-کم خاکورزی ۲۰

۲-۴-۲-۴- خاکورزی همراه با خاکپوش ۲۰
۲-۴-۲-۵- سایر انواع خاکورزی ۲۰
۲-۴-۳- رابطه بین میکروارگانیسم ها و خاکورزی ۲۰
۲-۴-۴- اثر خاکورزی بر ساختمان خاک ۲۱
۲-۴-۵- مقایسه مصرف سوخت و هزینه در خاکورزی ۲۲
۲-۴-۶- اسید سالیسیلیک ۲۲
۲-۴-۶-۱- بیوسنتز اسید سالیسیلیک ۲۴
۲-۴-۶-۲- نقش سیگنالی اسید سالیسیلیک ۲۵
۲-۴-۶-۳- اثر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک بر فتوسنتز و روابط آبی ۲۵
۲-۴-۶-۴- اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و تولید ۲۶

فصل سوم: مواد و روش

۳-۱- مشخصات محل آزمایش ۲۸
۳-۲- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش ۲۸
۳-۳- مشخصات خاک مزرعه آزمایشی ۲۹
۳-۴- مشخصات طرح آزمایش ۲۹
۳-۵- مشخصات کرت ها ۲۹
۳-۶- آماده سازی زمین ۳۰
۳-۷- پیش تیمار کردن بذور با اسید سالیسیلیک ۳۰
۳-۸- اعمال تیمار میکوریزا ۳۰
۳-۹- عملیات کاشت ۳۱
۳-۱۰- عملیات داشت ۳۱
۳-۱۱- نمونه بردای جهت اندازه گیری صفات ۳۱
۳-۱۲- نمونه برداری صفات کمی ۳۲

۳-۱۳- شاخص سطح برگ ۳۲
۳-۱۴- محتوای نسبی آب برگ ۳۲
۳-۱۵- درصد کلونیزاسیون میکوریزایی ۳۳
۳-۱۶- کلروفیل a، b و کارتنوئید ۳۴
۳-۱۷- اندازه گیری پروتئین دانه به روش کجلدال ۳۴
۳-۱۸- تنفس خاک ۳۶
۳-۱۹- وزن مخصوص ظاهری خاک ۳۶
۳-۲۰- فسفر خاک ۳۷
۳-۲۱- قند محلول ۳۷
۳-۲۲- فسفر دانه ۳۸
۳-۲۳- تجزیه و تحلیل داده ها ۳۸

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- ارتفاع بوته ۴۰
۴-۲- تعداد دانه در ردیف ۴۱
۴-۳- تعداد ردیف دانه در بلال ۴۲
۴-۴- قطر بلال ۴۳
۴-۵- طول بلال ۴۳
۴-۶- وزن چوب بلال ۴۴
۴-۷- وزن صد دانه ۴۵
۴-۸- عملکرد دانه ۴۶
۴-۹- عملکرد بیولوژیک ۴۹
۴-۱۰-کلروفیل aوb ۵۲
۴-۱۱- میزان کارتنوئید ۵۵

۴-۱۲- پروتئین دانه..... ۵۷
۴-۱۳- فسفربذر ۵۸
۴-۱۴- شاخص سطح برگ..... ۶۰
۴-۱۵- محتوای نسبی آب برگ..... ۶۳
۴-۱۶- قند محلول..... ۶۴
۴-۱۷- درصدکلونیزاسیون..... ۶۵
۴-۱۸- فسفر قابل جذب خاک..... ۶۷
۴-۱۹- وزن مخصوص ظاهری خاک..... ۶۹
۴-۲۰- تنفس خاک..... ۷۰
نتیجه گیری..... ۷۲
پیشنهادات..... ۷۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک..... ۴۱

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا..... ۴۲

شکل ۴- ۳- مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا..... ۴۳

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن چوب بلال تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا....۴۵

شکل۴-۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا.....۴۶

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک..... ۴۸

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا.....۴۹

شکل ۴-۸- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک..... ۵۱

شکل۴-۹- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا.۵۲

شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا.....۵۵

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا.....۵۵

شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا.....۵۸

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین فسفر بذر تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا..... ۶۰

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا..... ۶۲

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و. قارچ میکوریزا..... ۶۴

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر اصلی اسید سالیسیلیک برقند محلول..... ۶۵

شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک..... ۶۸

شکل۴-۱۹- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا..... ۶۸

شکل۴-۲۰- مقایسه میانگین سطوح مختلف خاکورزی بر میزان وزن ظاهری خاک ۷۰

شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین تنفس خاک تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا..... ۷۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهرستان شاهرود ۲۸

جدول ۳-۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۲۹

جدول۴-۱- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه ۴۹

جدول۴-۲- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک ۵۲

جدول۴-۳- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر کارتنوئید ۵۷

جدول۴-۴- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ ۶۲

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه ۷۶

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه ۷۶

جدول پیوست ۳- مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن چوب بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا ۷۸

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین صفات کلروفیل a و b، کارتنوئید، پروتئین دانه، فسفر بذر و شاخص سطح برگ تحت تاثیر سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا ۷۹

جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین صفات محتوای نسبی آب برگ، قند محلول، کلونیزاسیون ریشه، فسفر قابل جذب خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک و تنفس خاک تحت تاثیر سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا ۸۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در آغاز قرن بیست و یکم نیاز روز افزون به غذا انسان را وادار به حداکثر بهره وری از منابع موجود در کره ی زمین از قبیل آب، خاک و گیاه نمود. افزایش سریع جمعیت و انجام عملیات های گسترده ی کشاورزی برای تامین غذا آسیب های جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کرده و باعث کاهش تنوع زیستی و اختلال در تعادل اکوسیستم های طبیعی که انسان و کشاورزی به آن وابسته اند را به مخاطره انداخته است (سنجابی و همکاران، ۱۳۸۸). در حال حاضر بشر با دخالت های غیر متعارف خود نظیر مصرف مداوم سموم و کودهای غیرطبیعی یا استفاده از ادوات و نهاده های مصنوعی و امثالهم صدمات شدیدی به سیستم های زراعی و محیط زیست تحمیل کرده است. برای افزایش تولید از روش های گوناگون استفاده شده است اما به کارگیری مستمر و زیاد این روش ها موجب تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده است و در چند دهه اخیر مصرف نهاده های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب تغییر معضلات زیست محیطی عدیده ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش حاصلخیزی خاک ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲). امروزه زیانهای اقتصادی و زیست محیطی ناشی از استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی در سطح جهانی شناخته شده و بدیهی است که باید جایگزین مناسبی برای این نوع کودها در نظر گرفته شود (ابوت ومورفی، ۲۰۰۷).

کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده های شیمیایی که بیشترین تاثیر منفی را روی محیط زیست می گذارند، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر چنین مشکلاتی به شمار می آید. از جمله این کودهای زیستی قارچ های میکوریزا هستند، رابطه ی همزیستی بین قارچ میکوریزای آرباسکولار و ریشه ی گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب مواد غذایی گیاه را افزایش می دهد. قارچ های میکوریزا از نظر اکولوژیک اهمیت زیادی دارند، زیرا این موجودات در داخل و روی ریشه های گیاهان میزبان روابط همزیستی ایجاد می کنند. گیاه میزبان منابع کربن مورد نیاز قارچ را فراهم می کند و قارچ نیز سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی گیاه میزبان

می شود. بخش عمد ه ای از گیاهان دارای توانایی ایجاد همزیستی با قارچ های میکوریزایی هستند. برخی از این روابط بسیار اختصاصی هستند. در حالی که در بعضی از گیاهان دیگر این روابط همزیستی از طیف بسیار گسترده ای برخوردار هستند. به طور کلی، حدود ۹۰تا ۹۵ درصد از گیاهان با این قارچ ها روابط همزیستی دارند، به طوری که در این گیاهان، میکوریزا (نه ریشه) اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی محسوب می شود (آگه، ۲۰۰۱؛ باگو و همکاران، ۲۰۰۰). به طوری که شواهد باستان شناسی نشان می دهند، این همزیستی بین گیاهان و قارچ های میکوریزا ۴۰۰ میلیون سال قدمت دارد (گراهام، ۱۹۸۴). قارچ های میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان بر جنبه های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمی گیاه تاثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می شود. آنها از راه های مختلف بر بهبود خواص کیفی وکمی فرآورده های زراعی موثرند (علیزاده، ۱۳۸۶؛ مهربان و همکاران، ۱۳۸۶). میکوریزا با استفاده از مکانیزم های مختلف، شیوع بیماری را کاهش داده و ریشه را به برخی از بیماری ها مقاوم می کند که برخی از این مکانیزم ها شامل: اثر متقابل با عامل بیماری زا با ایجاد سد بخصوصی از هیف های قارچ، خنثی کردن عامل بیماری را از طریق تولید ترکیبات آنتی بیوتیک، رقابت با عامل بیماری زا برای مواد غذایی با تولید سیدروفور و ایجاد استحکامات دفاعی در گیاه میزبان می باشد (جهان و همکاران، ۱۳۸۶).

خاک به عنوان بستر کشت مناسب و تامین کننده ی مواد غذایی مورد نیاز گیاه همواره مهم ترین منبع در کشاورزی محسوب می شود، بنابراین مدیریت درست در بهره وری و حفظ پایداری آن اهمیت ویژه ای دارد. امروزه تکنیک های خاکورزی با به حداقل رساندن صدمات محیطی به طرف کاهش چشمگیر در عمق شخم و تعداد عملیات جهت گیری کرده (اسکندری، ۱۳۷۸) وبا اجرای عملیات خاکورزی شرایط بهینه برای رشد ونمو محصول فراهم می گردد که ضمن افزایش تهویه، تخلخل و نفوذپذیری خاک، شرایط مناسبی را برای نفوذ نزولات جوی وتوسعه ریشه مهیا نماید، چنانچه این عملیات خاکورزی در زمان مناسب و با وسیله ی خاکورزی مناسب صورت نگیرد علاوه بر ذخیره نشدن نزولات جوی در داخل خاک، موجب ایجاد رواناب می شود و نهایتا فرسایش خاک را نیز به دنبال خواهد داشت (اصغری

میدانی،۱۳۸۰). هدف از اجرای خاکورزی که یک نوع عملیات مکانیکی به شمار می آید، بهبود جوانه زنی، توسعه ی سیستم ریشه ایی، افزایش عملکرد و حذف علف های هرز می باشد. از طرفی اجرای خاکورزی در دراز مدت، فشردگی و ایجاد لایه سخت در اعماق خاک را به دنبال دارد (التیتی، ۲۰۱۰). از آنجایی که انجام عملیات خاکورزی بر تخلخل و چگالی ظاهری خاک تاثیر گذاشته و پیامد آن نفوذ، نگهداری و حرکت آب در خاک را متاثر می سازد، بنابراین عملیات شخم باید به گونه ای طراحی شود که موجبات کاهش چگالی ظاهری خاک و افزایش تخلخل موثر در نگهداری آب را فراهم نموده و قابلیت خاک را در حفظ نزولات جوی افزایش دهد (رشیدی و کشاورزپور، ۲۰۰۷). بررسی ها نشان داد که هر چه شدت انرژی وارده به خاک از طریق خاکورزی بیشتر باشد، سرعت تجزیه ی ماده ی آلی و بقایای گیاهی افزایش می یابد (وات و همکاران، ۲۰۰۰). در نتیجه نوع خاکورزی قادر است خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تاثیر قرار دهد (لیتورگودیس و همکاران، ۲۰۰۶). سیستم های خاکورزی را به چند روش تقسیم بندی می کنند. از مهم ترین تقسیم بندی ها، شامل خاکورزی رایج، حفاطتی و حداقل می باشد (التیتی، ۲۰۱۰). انتخاب روشهای خاکورزی مرسوم و یا خاکورزی حفاظتی هنوز در برنامه ی تحقیقاتی محققین قرار دارد (خسراوانی، ۱۳۷۷) زیرا که راه حل یکسانی برای همه ی شرایط وجود ندارد. همه با این نظر که خاکورزی حفاظتی زمان کمتری را لازم داشته و معمولا عملکرد محصول نیز کاهش معنی داری را ندارد موافق هستند اما شرایط اقلیمی تاثیرات متفاوتی را نشان می دهد، بطوریکه محاسن بعضی از روشها یا پارامتر های تولید متناسب با شرایط منطقه تغییر می کند(محسنی منش و مجیدی ایرج، ۱۳۷۷).

پرایمینگ بذر نیز از جمله مهم ترین روش های افزایش دهنده قدرت و سرعت جوانه زنی بذر است که می تواند منجر به افزایش قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف های هرزشود(عباسدخت و همکاران، ۲۰۱۲). پرایمینگ به روش های مختلف بهبود دهنده بذور اطلاق می شود که در تمامی آن ها آبدهی کنترل شده بذر اعمال می شود (دومان، ۲۰۰۶). خیس کردن بذر در آب، محلول نمک غیرآلی، محلول های آلی مختلف اسمزی، تیمار بذرها در دماهای بالا و پایین، مرطوب کردن با استفاده از ترکیبات بیولوژیک

و تیمار با ماده جامد ماتریکی به عنوان روش های مهم پیش تیمار بذر شناخته شده اند. هدف کلی پرایمینگ بذر، آبنوشی جزئی بذر می باشد به طوری که بذرها مرحله اول(جذب فیزیکی آب) و دوم(شروع فرآیندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندها) جوانه زنی را پشت سر گذاشته ولی از ورود به مرحله ی سوم جوانه زنی(مصرف قند توسط جنین و رشد ریشه) باز می مانند(برادفورد، ۱۹۹۵).

سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید ترکیبی از گروه مواد فنلی می باشد، که دارای حلقه آروماتیک و یک گروه هیدروکسیل است. این ترکیب در بیشتر گیاهان وجود دارد و به دلیل اهمیت زیادی که در بیشتر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درون گیاه دارد به عنوان تنظیم کننده های گیاهی از آن نام برده می شود. سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است که در گیاهان بوسیله سلولهای ریشه تولید می شود. این ماده در گیاهان در مقادیر کم(میلی گرم بر گرم، وزن تر یا کمتر) وجود دارد (راسکین،۱۹۹۲) که هم به فرم آزاد و هم به فرم گلیکوزیل دیده می شود (لی و همکاران،۱۹۹۵). سالیسیلیک اسید، بسته به غلظت بکاررفته در گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی، تأثیرات متفاوتی را از نظر فرآیند های مختلف فیزیولوژیک نظیر شروع برخی فرآیندها و ممانعت برخی دیگرمیگذارد (اقبال، ۲۰۰۶).

ذرت یکی از گیاهان مهم تیره غلات، با نام علمی *Zea Mays* L. می باشد این گیاه تک لپه ایی و یکساله، دگرگشن می باشد، دارای تنوع فنوتیپی بسیار زیادی است. ذرت گیاهی است چهار کربنه و بومی مناطق گرمسیر، وسعت درجه سازگاری و تطابق آن باعث شده که در نواحی معتدل و سردسیر کشت آن میسر گردد (میرهادی، ۲۰۰۱)، ذرت از نظر سطح زیر کشت بعد از گندم و برنج، سومین محصول در میان غلات است اما مقدار تولید آن برابر حجم تولید هر یک از دو غله در جهان می باشد. ذرت ازجمله گیاهان زراعی مهم دنیا به شمار می آید که توانایی بالایی در تولید ماده خشک دارد، تولید بالا در این گیاه در نهایت منجر به مصرف بیشتر نهاده ها می شود. نظر به اینکه ذرت از نظر درجه اهمیت در برنامه غذایی انسان و دام رتبه بالایی را دارد و با توجه به قدرت تولید بالای ذرت و مصرف سرانه ی زیاد این محصول در کشورهای مختلف، بررسی و پیدا کردن راه کارهایی جهت افزایش کمی

و کیفی محصول ذرت در اولویت تحقیقات کشاورزی قرار دارد، در نتیجه تلاش جهت تولید بیشتر و اقتصادی تر این محصول بیشتر احساس می شود (کوکس، ۲۰۰۳).

اهداف این پژوهش شامل موارد زیر می باشد:

۱- تاثیر قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه ذرت در شرایط خاکورزی متفاوت

۲- بررسی همزیستی قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر برخی از پارامترهای کمی گیاه ذرت

۳- بررسی تاثیر خاکورزی متفاوت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

فصل دوم

مرور منابع

۲-۱- ذرت

کشت ذرت از قرن ها پیش در آمریکا رایج و تا کشف آمریکا در سایر مناطق وجود نداشت و پس از آن به سایر کشورها برده شد. ذرت یکی از با ارزش ترین گیاهان زراعی و بعنوان سلطان غلات معروف است و تولید آن در جهان بعد از گندم و برنج می باشد و سالانه بیش از یکصد و بیست میلیون هکتار از اراضی زراعتی جهان به کشت ذرت اختصاص دارد که حدود نیمی از آن در آمریکا کشت می شود و چه از نظر مقدار محصول و چه از نظر ارزش غذایی دارای اهمیت خاصی است. دانه آن به مصرف خوراک دام و انسان و علوفه سبز آن نیز به صورت تازه و سیلو شده یکی از بهترین غذاهای دامی است. کریستف کلمب در اولین مسافرت خود به آمریکا در سال ۱۴۹۲ ذرت را در اراضی وسیعی مشاهده کرد که اهالی آن سرزمین از آن تغذیه می کردند. این گیاه به وسیله کریستف کلمب به اسپانیا برده شد و پس از چند سال از اسپانیا به جنوب فرانسه، ایتالیا و شمال آفریقا برده شد. در اوایل قرن شانزدهم به وسیله پرتغالی ها به سواحل غربی آفریقا وهندوستان وارد و از طریق آسیای صغیر و ایران در حدود سال ۱۵۷۵ به چین و در سال ۱۵۷۳ به ژاپن رسید (زند و لعلی نیا،۱۳۸۹).

۲-۱-۱- گیاهشناسی ذرت

ذرت دارای ریشه های افشان قوی و انبوه ودر عین حال سطحی است و می تواند به استقامت گیاه کمک نماید. ریشه اولیه ذرت که بعد از جوانه زدن بذر تولید می شود ۳ تا ۵ عدد است و در عمق ۳ تا ۵ سانتیمتری خاک ریشه های ثانویه به تعداد زیاد و حدود ۲۰ عدد از گره هائی در عمق خاک خارج می گردد. همچنین از گره هائی که در سطح خاک قرار دارند نیز ریشه هائی خارج و وارد خاک می شوند مجموعه ریشه ها بطرف عمق زمین و اطراف پراکنده شده و بتدریج بر طول آنها اضافه می گردد که ممکن است تا عمق ۲ تا ۳ متری خاک نفوذ نماید. ساقه ذرت مانند سایر گیاهان تیره غلات بند بند و بدون انشعاب است این ساقه های راست دارای ارتفاع ۲ تا ۵ متر بوده و در شرایطی ممکن است تا ۸

متر برسد. فاصله بین گره های ساقه متفاوت ممکن است ۶ تا ۲۰ سانتیمتر باشد و بطور کلی ارتفاع بوته به گونه یا زود رسی آن مربوط است. ضخامت ساقه ذرت حدود ۳ سانتیمتر و حدود ۸ تا ۱۲ میان گره دارد که میان گره پائین ساقه کوتاه تر و میان گره بالای ساقه بلندتر است برگ ذرت از محل گره ها خارج میشود و از دو قسمت پهنک و غلاف تشکیل شده که غلاف به دور ساقه پیچیده شده و پهنک برگ بطول ۳۰ تا۸۰ سانتیمتر و گاهی ۱۵۰ سانتیمتر بوده و عرض آن در حدود ۱۰ سانتیمتر و ضخامت ۲ میلی متر می باشد. تعداد برگهای ذرت بطور متوسط ۱۲ تا ۱۸ است که ارقام زود رس تعداد برگ کمتر و ارقام دیررس برگ بیشتری دارند گل های نر و ماده در ذرت جدا از هم ولی بر روی یک پایه قرار دارند و بنابراین گیاهی یک پایه است. آرایش گلهای ماده در محل گره ها و در کنار برگ و گلهای نر در انتهای ساقه قرار دارند. سنبله ماده از یک محور اصلی قطور تشکیل شده که روی آن سنبلک ها در ردیفهای منظمی قرار گرفته اند. هر سنبلک دارای دو گل است که فقط گل بالائی بارور می شوند. مجموعه آرایش گلها ی ماده بوسیله غلافی که پوست بلال نامیده می شود پوشیده شده است. از محل تخمدان گلها میله بلند و باریکی بنام خامه خارج و از راس پوسته دور بلال خارج می گردند. گلهای نر بصورت خوشه در انتهای ساقه اصلی قرار داشته که در روی خوشه های متعدد آن دو سنبلچه بلند و کوتاه بطور منظم قرار گرفته و هر سنبلچه دارای دو گل و هر گل دارای ۳ پرچم است که گرده افشانی بصورت غیر مستقیم انجام و درصد کمی نیز ممکن است بطور مسقیم صورت گیرد (زند و لعلی نیا،۱۳۸۹).

۲-۱-۲- مصارف ذرت

قسمت زیادی از ذرت تولید شده به مصرف تغذیه دام میرسد. ذرت دارای مقدار کمی فیبر بوده و از نظر روغن و هیدرات های کربن غنی و از خوش خوراک ترین غلات می باشد. ارزش آن در تغذیه گوسفند و گاو شیری بسیار و در جیره گاوهای گوشتی به مقدار زیادی مصرف شده و به صورت علوفه تازه، علوفه خشک و سیلو مورد استفاده قرار می گیرد.

تقریبا ۸ تا ۹ درصد ذرت تولیدی جهت تغذیه انسان و تهیه بعضی ترکیبات صنعتی مصرف می شود. آرد ذرت، نشاسته ذرت، روغن ذرت شربت و شکر ذرت و الکل ترکیباتی هستند که به طور صنعتی از ذرت تهیه می شوند و اضافات آن مثل غذای گلوتن دار ذرت، کنجاله و بقایای خشک شده بعد از تقطیر نیز برای تغذیه دام مصرف می شوند و گاهی از ساقه آن در تهیه کاغذ و مواد عایق بندی، تهیه مقوا، لوله پلاستیک و متانول و خوراک دام و مواد سوختی استفاده می شود. از پودر چوب بلال در تهیه مواد براق کننده، مالچ و مواد شستشو و همچنین پودر صورت و لوازم آرایش استفاده می شود (رستگار، ۱۳۸۴).

۲-۱-۳- خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت

بهترین نتیجه در کشت فاریاب ذرت زمانی بدست می آید که گیاه را هر چه زودتر، یعنی به محض اینکه درجه حرارت خاک در عمق ۱۰-۷ سانتی متری به ۱۶-۱۵ درجه سانتی گراد رسید، کشت شود (کوچکی، ۱۳۸۳). در زراعت ذرت فاصله ردیف ها از یکدیگر بین ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی متر و فاصله دو بوته بر روی هر یک از ردیف ها بین ۱۰ تا ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود. در شرایط محیطی مشابه در فواصل کمتر معمولاً عملکرد بیشتر است (کاظمی اربط، ۱۳۷۴). عمق کاشت ذرت از سایر غلات بیشتر است و بین ۳ تا ۷ سانتی متر تغییر می کند. چنانچه عمق کاشت بذر زیاد باشد، محور میان لپه که از رشد طولی میان گره اول حاصل می شود، عمق زیاد کاشت بذر را جبران می کند. مواد ذخیره آندوسپرم بذر، رشد گیاهچه را تا مرحله ۴ برگی حمایت می کند. از این مرحله به بعد ذرت از حالت هتروتروف به شکل اتوتروف در می آید (تولنار و داویر، ۱۹۹۹).

ذرت را می توان به صورت ردیفی یکنواخت یا کپه ای کشت کرد. میزان عملکرد در روش بذرکاری ردیفی یکنواخت به مراتب بیشتر است (کوچکی، ۱۳۸۳). تراکم بوته ذرت در هکتار بسته به ارتفاع بوته ها و زودرسی محصول در ذرت دانه ای بین ۶۰ تا ۸۰ هزار بوته و در ذرت علوفه ای بین ۹۰ تا ۱۴۰ هزار بوته و گاهی تا ۲۰۰ هزار بوته متغیر است. تراکم پذیری هیبریدهای جدید ذرت بیشتر از

هیبریدهای قدیمی آن است. در هیبریدهای زودرس ذرت که تعداد برگ در هر بوته کمتر است، تراکم کاشت بذر را بیشتر در نظر می گیرند (فائو، ۲۰۰۶).

میزان آب مورد نیاز ذرت در طول فصل رشد، به آب و هوای منطقه، نوع رقم و طول فصل رشد بستگی دارد و از ۶۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ متر مکعب در ارقام زودرس تا دیررس می تواند متفاوت باشد. نیاز رطوبتی ذرت در مراحل اولیه رشد رویشی کم ولی با افزایش تعداد برگ ها زیاد می شود. حساس ترین مرحله رشد ذرت نسبت به کمبود آب مرحله گلدهی، گرده افشانی و تلقیح می باشد (خاوری خراسانی و همکاران، ۱۳۸۹). در بین گیاهان زراعی C_4، ذرت بیشترین حساسیت را به تنش های محیطی دارد. ذرت به آب فراوان نیاز دارد و نسبت به شوری حساس بوده و شوری های بیشتر از ۱/۷ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش رشد می شوند. نخستین علائم تنش شوری پژمردگی بوته هاست، زیرا بوته ها از خشکی فیزیولوژیک رنج می برند. ذرت نسبت به شرایط غرقاب نیز بسیار حساس است و خاک مزرعه ذرت باید از زهکشی مناسبی برخوردار باشد (فائو، ۲۰۰۶). به طور معمول گل دهی گیاه ذرت با هوای گرم مواجه است و خطر وقوع تنش خشکی وجود دارد. تعدادی از بررسی ها نشان می دهند که اگر میانگین دما در طول فصل رشد بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی گراد باشد، عملکرد دانه ذرت بهینه خواهد بود (فائو، ۲۰۰۶).

گرچه زراعت مداوم ذرت در مقایسه با سایر غلات به شرط تأمین مقدار کافی کودهای شیمیایی (مخصوصاً ازت) چندان اشکالی ندارد، ولی با اجرای تناوب مناسب مثل سایر گیاهان از اهداف و مزایای تناوب (مبارزه با علف های هرز، مبارزه با آفات و بیماری ها و تعدیل در مواد غذایی خاک) برخوردار می باشد. در مناطقی که کشت مداوم ذرت رایج است، باید ضمن استفاده از کودهای شیمیایی، جهت افزایش هوموس خاک بقایای گیاهی در خاک دفن شده و به طور کامل با آفات و بیماری های ذرت مبارزه شیمیایی بشود. اجرای تناوب و انتخاب نوع گیاه به آب و هوا، امکانات، فرهنگ و رسوم یک منطقه بستگی دارد. با وجود این، ذرت را می توان در تناوب با بقولات، چغندر قند، سیب زمینی، یولاف، جو و سایر غلات قرار داد. بایستی متذکر شد که ذرت پس از پنبه سازگاری خوبی نداشته و بهتر است

در تناوب با آن قرار نگیرد ذرت نسبت به رطوبت دوره آیش عکس العمل خوبی نشان نمی دهد (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۶).

به طور کلی ارقام ذرت دارای سه تیپ رشد زودرس، متوسط رس و دیررس می باشند که بسته به طول فصل رشد ذرت در منطقه مورد نظر می توان از انواع مختلف هیبریدهای ذرت که دارای دوره رسیدگی متفاوت بین ۹۰ تا ۱۴۰ روز می باشند، استفاده کرد (خاوری خراسانی و همکاران، ۱۳۸۹). واریته های زودرس اصولاً پاکوتاه هستند، تعداد برگ هایشان محدود است و مرحله زایشی را نیز زودتر از واریته های دیررس آغاز می کنند (کاظمی اربط، ۱۳۷۴). هیبریدهای متوسط رس و دیررس به دلیل داشتن تعداد زیاد گره های زیرزمینی نسبت به ارقام زودرس دارای سیستم ریشه ای قوی و توسعه یافته تری هستند. بنابراین قدرت بیشتری در جذب آب و عناصر غذایی از خاک را دارند. سیستم ریشه ای ذرت مانند سایر غلات افشان است ولی توسعه بیشتری یافته است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). استعداد ارقام گوناگون ذرت در تولید پنجه یکسان نیست و امروزه تمایل به کاشت ذرت هایی است که پنجه تولید نمی کنند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶).

تجمع مواد ذخیره ای دانه، ۵ تا ۶ هفته پس از ظهور رشته های ابریشمی(کاکل) آغاز می گردد و نزدیک ۸ تا ۹ هفته پس از ظهور رشته های ابریشمی خاتمه می یابد و دانه ها وارد مرحله رسیدن فیزیولوژیک می شوند. مقدار رطوبت دانه های ذرت در این موقع زیاد است، برای برداشت محصول دانه ها باید مقداری آب از دست بدهند. در این مرحله شرایط محیطی نامساعد موجب تشکیل دانه های ضعیف و لاغر می شود (کاظمی اربط، ۱۳۷۴). همزمان با رسیدن فیزیولوژیک دانه، لایه سیاه رنگی در ناحیه رأس آن یعنی محلی که دانه به چوب بلال چسبیده است به وجود می آید. دانه ذرت در موقع رسیدن فیریولوژیک، تقریباً ۳۰ درصد رطوبت دارد. سرعت خشک شدن نیز تابع شرایط آب و هوایی، خصوصیات غلاف های بلال و واریته تحت کشت است. در صورتی که دانه رطوبت زیاد داشته باشد باید آن را به صورت مصنوعی خشک کرد تا جدا کردن دانه از چوب بلال و انبار کردن آن به شکل مطلوبی

انجام گیرد. دانه های رسیده در این زمان دارای مواد ذخیره ای کافی هستند که نیازهای اولیه جوانه ها را تأمین می نمایند (کاظمی اربط، ۱۳۷۴).

۲-۲- قارچ میکوریزا

قارچ های میکوریزا نوع میکوریزای آرباسکولار (AM) قارچهایی خاکزی هستند که با اکثر گونه های زراعی رابطه همزیستی برقرار نموده و به گیاه میزبان در تغذیه عناصر غذایی معدنی، بویژه فسفر کمک می نمایند. ریشه گیاه و ریزوسفر، زیستگاه مناسبی برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم های خاک فراهم می نمایند. همزیستی میکوریزایی از رایج ترین و سابقه دار ترین رابطه ی همزیستی در سلسله گیاهان است و یکی از مهمترین انواع میکوریزاها، میکوریزای آرباسکولار (AM) می باشد که از نظر کشاورزی اهمیت فوق العاده زیادی دارد و بعنوان یک نوع کود زیستی برای افزایش محصولات کشاورزی با اهمیت می باشد، زیرا ریشه اغلب گیاهان مرتعی، زراعی و باغی با میکوریزا همزیست هستند (شارما و جوهریری، ۲۰۰۲؛ نوربخش و حاج عباسی، ۱۳۷۸). میکوریزا در اکثر اکوسیستم ها وجود دارد به طوری که اکثر گیاهان (در حدود ۹۵ درصد گونه های گیاهان آوندی) لااقل یکی از تیپ های میکوریزا را دارا هستند (صالح راستین، ۱۳۷۷). تاثیرات متنوع و مثبت ناشی از برقراری این نوع همزیستی بر بقاء و افزایش رشد گیاهان میزبان در مناطق مختلف جهان از اوایل دهه ی ۱۹۷۰ به بعد مورد توجه محققین قرار گرفته و تاکنون تحقیقات زیادی در این زمینه به انجام رسیده است. قارچ های میکوریزا با داشتن شبکه های هیف گسترده باعث افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی مخصوصا فسفر، روی، مس و نیتروژن (کلارک و زتو، ۲۰۰۰) و مقاومت گیاه در برابر تنش های زنده و غیر زنده (باسکوت، ۲۰۰۵؛ اسمیت ورید، ۲۰۰۸) می شوند.

همزیستی قارچ با گیاهان حدود یک قرن پیش مشخص شده است و تا امروز اطلاعات فراوانی در مورد ویژگی های ساختاری، پراکنش، فیزیولوژی و بوم شناسی این همزیستی به دست آمده است. مطالعه روی ساختار میکوریزا اولین بار توسط اوگر (۱۳۸۰) صورت گرفت و فرانک گیاه شناس آلمانی در سال

۱۸۸۵ کلمه ی یونانی Mycorrhizae را که به معنی ریشه ی قارچی است به کار برد. کلمه میکوریزا از دو بخش Myco به معنای قارچ و Rhizae به معنی ریشه تشکیل شده است، به نوعی رابطه همزیستی بین برخی قارچ های خاکزی با ریشه گیاهان اشاره دارد. میکوریزا به دو دسته کلی اکتو میکوریزا و اندو میکوریزا تقسیم می شود. در حالت اندو میکوریزا(AM) میسیلیوم قارچ به داخل بافت ریشه و سلول های روپوست وپوست نفوذ می کند، ولی هیچ نوع میسیلیومی برسطح ریشه مشاهده نمی شود، در نتیجه هیف ها در داخل و یا در فضای سلول های میزبان قرار می گیرند. این قارچ به آندودرم و استوانه ی آوندی و مریستم های ریشه نفوذ نمی کند. در همه ی قارچ های AM هیف داخل سلول می تواند ساختاری مشابه با مکنده ایجاد کند که از نظر شکل ظاهری درختچه مانند است و آرباسکول نامیده می شود و وظیفه ی آن تبادل مواد غذایی مابین قارچ و گیاه میزبان است. عمر هر آرباسکول بین ۱۴-۷ روز است و پس از این مدت، آرباسکول تخریب و جذب سلول گیاهی می شود. هر آرباسکول توسط غشای پلاسمایی سلول های میزبان احاطه شده است. به غیر از آرباسکول، وزیکول ها که از اندام های بیضوی یا تخم مرغی شکل وغنی از ترکیبات لیپدی با دیواره نازک هستند، از متورم شدن سلول های میانی یا انتهای هیف های درون ریشه ای تشکیل می شوند. احتمال می رود بعد از آن که اعمال متابولیسمی ریشه ی گیاه متوقف می شود، قارچ های میکوریزا با استفاده از منبع ذخیره شده در وزیکول رشد خود را از سر می گیرند(گریندر و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۲-۱- افزایش جذب فسفر توسط قارچ

در بیشتر موارد، افزایش جذب فسفر و بهبود تغذیه ی فسفر، از علل عمده ی افزایش رشد و بازدهی در گیاهان میکوریزایی است. به این ترتیب، واکنش های رشد نسبت به تلقیح میکوریزایی، هنگامی کاهش می یابد، که منابع فسفر قابل حل برای گیاه میزبان فراهم باشند، این بهبود وضعیت رشد ممکن است در نهایت خود منجر به افزایش جذب دیگر مواد معدنی در گیاه گردد. ریشه های تلقیح شده با میکوریزا بر پایه ی واحد ریشه، می توانند فسفر را چندین برابر بیشتر از گیاهان تلقیح نشده جذب کنند. این امر

به طور عمده، به علت سطح بیشتری است که در نتیجه ی رشد ریسه ها ی قارچ ایجاد می شود، که ممکن است تا فاصله ی چند سانتی متری از سطح ریشه گسترش یابد. این گسترش، جذب فسفر را تا منطقه ی بیرونی ریشه و در اطراف ریشه آسان می سازد. جذب و جا به جایی فسفر در ریسه قارچ میکوریزا، تا فاصله ی هشت سانتیمتری سطح ریشه به درون ریشه های میزبان صورت می گیرد (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

۲-۲-۲- قارچ میکوریزا ثبات خاک را افزایش می دهد

در طول توسعه AM، یک شبکه منشعب شده از میسیلیوم های قارچی درون اطراف خاک که می تواند به ۳۰ متر در هر گرم خاک برسند تشکیل می شود (کاواگنارو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ویلسون و همکاران، ۲۰۰۹)، این شبکه می تواند ۵۰ درصد از زیست توده خاک را بسازد (ریلیگ و همکاران، ۲۰۰۲) شبکه میسیلیومی می تواند در ثبات و نگه داری آب در خاک شرکت کند (بدینی و همکاران، ۲۰۰۹). ترکیبی از شبکه گسترده میسیلیوم ها و ترشح گلومالین یک عنصر مهم در کمک به پایداری خاک دانه در نظر گرفته می شود (اندراد و همکاران، ۱۹۹۸؛ ریلینگ و مومنی، ۲۰۰۹). در نتیجه منجر به افزایش پایداری ساختمان و کیفیت خاک می شود (بدینی و همکاران، ۲۰۰۹؛ کاراواکا و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲-۳- تاثیر میکوریزا روی فعالیت میکروارگانیزم ها

تلقیح میکوریزای آرباسکولار باعث افزایش فعالیت میکروارگانیزم های تثبیت کننده ازت می شود که احتمالا به خاطر بهبود تغذیه و عرضه بیشتر عناصر غذایی است (رجالی، ۱۳۸۴) همچنین باعث افزایش تشدید فعالیت میکروارگانیزم های حل کننده فسفات می شود (رجالی، ۱۳۸۴) میکوریزای آرباسکولار از طریق ترشح بعضی متابولیت ها می تواند اثر مهارکنندگی بر فعالیت برخی از میکروارگانیزم ها داشته باشد. فعالیت بعضی از میکروارگانیزم های ریزوسفری در حضور میکوریزا آرباسکولار افزایش می یابد که دلیل بر اثرات متقابل بین آن است (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۲-۴- افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی

همزیستی میکوریزایی نمی تواند جایگزین کودهای فسفره شود، لیکن از طریق افزایش توانایی گیاه برای جذب هر چه بیشتر فسفر و سایر عناصر معدنی موجود در خاک و اضافه شده به صورت کودهای شیمیایی می تواند نیاز گیاهان به اضافه کردن کود شیمیایی را از طریق افزایش کارایی مصرف کود، کاهش دهد. تحقیقات صورت گرفته نشان داده است که با استفاده از قارچ های میکوریزای آرباسکولار و سنگ فسفات که منبعی از فسفر غیر قابل جذب برای گیاه می باشد، در خاکهای اسیدی جذب فسفر توسط گیاهان میزبان قارچهای میکوریزای آرباسکولار نسبت به گیاهان شاهد افزایش می یابد (لال، ۲۰۰۰).

۲-۲-۵- نقش همزیستی میکوریزا بر جذب عناصر غذایی

در همزیستی قارچ میکوریزای آرباسکولار (AM)، عناصر غذایی مانند فسفر، روی، مس و نیتروژن توسط قارچ جذب و به ریشه گیاه منتقل می‌شود که سبب بهبود تغذیه و رشد گیاهان می‌شود (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). از آنجا که تأمین مواد مغذی یکی از محدودیت‌های رایج در رشد و تولید گیاهان در بسیاری از اکوسیستم‌ها است، استفاده از توانایی قارچ‌های هتروتروفیک AM به منظور افزایش توانایی گیاهان در جذب آب و مواد غذایی سودمند می‌باشد (جونز و اسمیت، ۲۰۰۴؛ اسمیت و اسمیت، ۱۹۹۶). تحقیقات نشان داده که قارچ‌های میکوریزا قادرند مقدار بیشتری از نیتروژن را به گیاه انتقال دهند (گووینداراجلو و همکاران، ۲۰۰۵). قارچ میکوریزا جذب عناصری دیگری مانند گوگرد، بور، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، روی، مس، منگنز، آهن، آلومینیوم را نیز افزایش می‌دهد (کلارک و زتو، ۲۰۰۰) که این پدیده در محیط‌هایی که مواد معدنی مورد نیاز کم است، بسیار اهمیت دارد و به بقای گیاه کمک می‌کند. اثر قارچ میکوریزا بر این عناصر می‌تواند مثبت، خنثی یا منفی باشد که به نوع خاک، گیاه میزبان و دیگر عوامل بستگی دارد. در کالیفرنیای ایالات متحده آمریکا، کاواگنارو و همکاران (۲۰۰۶) در گیاه گوجه

فرنگی تلقیح میکوریزای جهش یافته و نوع وحشی آن را مقایسه کردند و دریافتند که میکوریزا اثر اندکی روی عملکرد داشت، اما غلظت روی را تا حدود ۲۴ درصد افزایش داد.

۲-۲-۶- نقش همزیستی میکوریزا در تحمل گیاهان در برابر تنش های زنده و غیر زنده

تنش‌های غیرزنده باعث خسارات گسترده‌ای به تولیدات کشاورزی می‌شود. تخلیه مواد معدنی، خشکی، شوری، فلزات سنگین یا گرما مشکلات مهمی در بسیاری از نقاط دنیا، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک هستند. پتانسیل AM در افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش غیر زنده در مدت زمان طولانی شناخته شده است (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) و دستکاری آن‌ها در سیستم‌های کشاورزی پایدار از اهمیت فوق العاده‌ای برای کیفیت خاک و تولیدات زراعی تحت شرایط سخت خواهد بود (لال، ۲۰۰۹). مطالعات اخیر نشان می‌دهد، همکاری میکروارگانیسم‌های مفید خاک و قارچ میکوریزا باعث بهبود تحمل گیاه زراعی در برابر شرایط تنش غیر زنده و رشد گیاه تحت تنش خشکی می‌شود (مارولندا-آگیور و همکاران، ۲۰۰۸؛ مارولندا و بارآ، ۲۰۰۹). گزارش شده است 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 می‌شود (گراهام و سیورسن، ۱۹۸۴). قارچ‌های میکوریزی توانایی دفع عناصر سنگین و یون‌های سمی (هگو و همکاران، ۱۹۹۰)، حل کننده‌های فسفات (لی و بجیاراج، ۱۹۸۶)، افزایش مقاومت گیاه میزبان به شوری (پوند و همکاران، ۱۹۸۴)، خشکی (سانجز-دیاز هونرابیا، ۱۹۹۴) را داشته و به بقاء و رشد گیاه میزبان در شرایط نا مساعد محیطی کمک می‌کند (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۳- مقدمه ای بر خاکورزی

خاکورزی از دیرباز از مهمترین عملیات زراعی بوده و قدمت آن به آغاز فعالیت های کشت و کار انسان بر می گردد. چگونگی تکامل ادوات مربوط و وجود تنوع زیاد در آنها در طی تاریخ کشاورزی نیز حکایت

از اهمیتی دارد که انسان برای آماده سازی بستر بذر در زراعت قائل بوده است. خاکورزی از نظر مصرف انرژی در فعالیت های زراعی مقام اول را دارد و در ایجاد شرایط برای فرسایش، تنظیم روابط رطوبتی و حرارت خاک، تاثیر برچرخه ی حیاتی آفات، علف های هرز و بیماری ها و نیز پویایی اجزای زیستی و توازن عناصر غذایی خاک بسیار موثر است. به علاوه، مدیریت بقایای گیاهی همیشه بخش جدایی ناپذیر از عملیات زراعی وابسته به خاکورزی بوده و این موضوع بخصوص در شرایط فعلی که دیدگاههای جدیدی در رابطه با مسائل زیست محیطی کشاورزی مطرح است، از اهمیت زیادی برخوردار است (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴- مفاهیم خاکورزی در کشاورزی

خاکورزی به هر گونه عملیات مکانیکی که بر روی خاک به منظور تغییر دادن شرایط آن برای کشت گیاهان زراعی انجام می شود، اطلاق می گردد. هدف از این فعالیت ها، فراهم نمودن محیطی مناسب برای جوانه زنی، توسعه ی ریشه گیاه و در عین حال کاهش علف های هرز، کنترل فرسایش خاک و حفظ رطوبت کافی در خاک می باشد (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۱- خاکورزی رایج

خاکورزی رایج(که خاکورزی فشرده نیز نامیده می شود) تمامی انواع خاکورزی را شامل می شود که کمتر از ۱۵ درصد بقایای گیاهی را پس از کاشت گیاه بعدی یا کمتر از ۱۱۰۰ کیلو گرم در هکتار بقایای غلات ریز دانه را طی یک دوره بحرانی فرسایش بر سطح خاک باقی گذارد. عموما چنین فناوری هایی شامل خاکورزی برگردان دار یا خاکورزی فشرده می باشد.

خاکورزی رایج با گاوآهن برگردان دار و پس از آن عملیات خاکورزی برای خاک هایی که از نظر زهکشی داخلی مشکل دارند مانند خاکهای رسی که دارای ساختمان ضعیفی هستند یا خاکهایی که تنها از شن تشکیل شده اند مناسب می باشد. کشاورزان ممکن است در چرخه پیوسته ای از خاکورزی برگرداندار

در گیر شوند. توجیه خاکورزی رایج بر این موارد استوار است: اطمینان از یک عملکرد خوب؛ عاری بودن سطح خاک از بقایای گیاهی که سبب سهولت آماده سازی بستر بدر و کاشت می گردد(به خصوص در جایی که کشت گیاهان باید دقیق صورت گیرد)؛ کنترل علف های هرز (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲- خاکورزی حفاظتی

خاکورزی حفاظتی به هر گونه سیستم خاکورزی اطلاق می گردد که در آن حداقل ۳۰ درصد سطح زمین پس از کشت گیاه، پوشیده از بقایای گیاهی بماند. این نوع خاکورزی عموما به منظور کاهش فرسایش خاک طراحی گردیده است. طبق این تعریف خاکورزی حفاظتی شامل سیستم بدون خاکورزی، خاکورزی پشته ای، خاکورزی پوشش دار و هر گونه سیستمی می شود که ۳۰درصد بقایا را پس از کاشت باقی گذارند. در مناطقی که که فرسایش بادی مهم است، هر سیستمی که طی دوره بحرانی فرسایش معادل حداقل ۱۱۰۰ کیلو گرم در هکتار از بقایای غلات را به طور یکنواخت در سطح زمین باقی گذارد، توصیه می شود (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲-۱-سیستم بدون خاکورزی

در این سیستم، خاک از زمان برداشت تا کاشت گیاه بعدی دست نخورده باقی می ماند. کشت بذر در شیارهایی که توسط ادوات ایجاد کننده شیار به وجود آمده انجام می شود. کنترل علف های هرز عمدتا توسط علف کشها صورت می گیرد. ممکن است از خاکورزی نیز به منظور کنترل علف های هرز در وضعیت بحرانی استفاده شود (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲-۲- خاکورزی پشته ای

در خاکورزی پشته ای، خاک از زمان برداشت تا کاشت گیاه بعد دست نخورده باقی می ماند. بذر در بالای پشته هایی که توسط پنجه غازی، شیار باز کن های صفحه ای، پیش برها یا کولتیواتورها ایجاد

شده اند، کشت می شود. بقایای گیاهی در فاصله بین پشته ها روی سطح خاک باقی می ماند. کنترل علف های هرز با استفاده از علف کش ها، خاکورزی، یا هر دو صورت می گیرد. پشته ها در طی عملیات خاکورزی جهت مبارزه با علف های هرز بازسازی می شوند (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲-۳-کم خاکورزی

هر گونه خاکورزی که ۳۰-۱۵ درصد بقایا را پس از کاشت یا معادل ۱۲۰۰ تا ۲۴۰۰ کیلو گرم در هکتار بقایای غلات را طی دوره بحرانی فرسایش بادی باقی گذارد، در گروه کم خاکورزی قرار می گیرد (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲-۴- خاکورزی همراه با خاکپوش

در این نوع خاکورزی، خاک تا قبل از کاشت دست نخورده باقی می ماند. برای خاکورزی از ادواتی مانند گاوآهن های قلمی، کولتیوارتورها، انواع دیسک، پنجه غازی یا انواع تیغه ها استفاده می شود. کنترل علف های هرز با استفاده از علف کش ها، خاکورزی یا هر دو صورت می گیرد (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۲-۵- سایر انواع خاکورزی

سیستم هائی هستند که اهداف کنترل فرسایش خاک را با استفاده یا بدون استفاده از دیگر عملیات حفاظتی پشتیبان تامین می نماید (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۳- رابطه بین میکروارگانیسم ها و خاکورزی

تحریک فعالیت های زیستی در لایه های بالایی خاک به عنوان یکی از نتایج اثرات خاکپوش بر ویژگی های فیزیکی- شیمیایی خاک است و فعالیت زیستی گروه های میکروبی را که در تجزیه بقایا نقش

دارند افزایش می دهد. چرخش، متابولیسم و قابلیت دسترسی گیاهان به نیتروژن تحت تاثیر خاکورزی قرار می گیرد. در کلش باقیمانده روی سطح خاک، گروه های مختلفی از موجودات زنده تکثیر یافته که علاوه بر اثر متقابل، برای منابع زیستی و غیر زیستی باهم رقابت می کنند. در مناطقی که ازسیستم بدون خاکورزی استفاده می شود ممکن است به علت افزایش فعالیت میکروبی تجزیه کننده و عدم اختلاط کاه با خاک، میزان کربن به طور موقت کاهش یافته و کمبود نیتروژن پیش آید. البته در طولانی مدت، خاکورزی تحت سیستم بدون خاکورزی در مقایسه با خاکورزی رایج مقدار کربن و نیتروژن بیشتری را در خود انباشت می کند. در سیتم های بدون خاکورزی، به علت تماس نسبی کمتر بین بقایای گیاهی و خاک، تجزیه بقایا کند بوده و این موضوع باعث می شود میزان مواد آلی خاک در مقایسه با سیستم های رایج بالاتر باشد. در نتیجه کربن آلی و مواد آلی زنده، شامل زیست توده میکروبی، در خاک های سیستم بدون خاکورزی در مقایسه با خاکورزی رایج بیشتر است (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۴- اثر خاکورزی بر ساختمان خاک

تغییر در شدت و دفعات خاکورزی رایج در مقایسه با سیستم های خاکورزی حفاظتی تغییراتی را در میزان خاکدانه های پایدار بوجود می آورد. وقتی خاک شخم زده می شود و بقایا داخل خاک می گردد، میکروارگانیسم ها شروع به تجزیه بقایا کرده و با ایجاد مواد چسبنده خاکدانه ها را به هم متصل می کنند. هنگامی که تمامی بقایا تجزیه شد، تولید مواد چسبنده متوقف شده و خاکدانه های بزرگ به ویژه هنگام برخورد قطرات باران از هم جدا می شوند و این امر موجب سله بستن سطح خاک می گردد. اما هنگامی که از سیستم کم خاکورزی استفاده می شود ریشه گیاهان و ریسه قارچ ها دست نخورده باقی مانده و در پایداری ساختمان خاک نقش مهمی را ایفا می کنند (USDA,2004).

۲-۴-۵- مقایسه مصرف سوخت و هزینه در خاکورزی

به غیر از اثرات سیستم خاکورزی حفاظتی در حفاظت از خاک، تعادل مطلوب آب و هزینه های کمتر انرژی از موارد مهم در سطح جهانی است. سیستم های خاکورزی حفاظتی، دارای مزایای اقتصادی مشخصی در مقیاس محلی و منطقه ای می باشند. این موارد خود به تنهایی برای توجیه کاربرد فناوری های خاکورزی حفاظتی خصوصا در مناطق خشک کافی است. بسته به نوع خاک و روش خاکورزی بقایا و عملیات کشت، ارزش صرفه جویی در سوخت ممکن است بین ۲۰ تا ۵۰ لیتر در هکتار باشد. به طور کلی هزینه های یک سیستم بدون خاکورزی نسبت به سیستم های خاکورزی رایج و یا حفاظتی بسیار کمتر است (کوچکی و برومند زاده، ۱۳۸۸).

۲-۴-۶- اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، ترکیبی مربوط به یک گروه از ترکیبات فنلی می باشد که به صورت درونی توسط سلول های ریشه و میکرو اورگانیسم های مختلف تولید می شود و به اشکال مختلف در سطح برگ و اطراف سلول های ریشه وجود دارد(الطیب، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک (AM) ماده ای شبه هورمونی است که بر رشد و نمو گیاهان اثر می گذارد. این ماده نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند. اسید سالیسیلیک یک فنول گیاهی است که امروز از آن به عنوان یک هورمون تنظیم کننده درونی یاد می شود، چرا که نقش آن در مکانیسم دفاعی در برابر تنش های زنده و غیر زنده ثابت شده است. اسید سالیسیلیک در حالت آزاد به صورت پودر کریستاله سفید رنگ وجود دارد که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی گراد و pH آن ۲/۴ و سوزش آوار می باشد. این ترکیب دارای فرمول C_7H_6O3 می باشد. جرم مولکولی آن ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول و چگالی آن ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب است(حیات و همکاران، ۲۰۱۰). مقدار زیادی از این ماده در نمونه های خاک برداشت شده از ریزوسفر

ذرت و لوبیا گزارش شده است (ال تایپ، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک تولید شده توسط گیاهان اثر آللوپاتیک روی سایر گیاهان دارد (راسکین، ۱۹۹۲).

امروز این واقعیت به خوبی روشن شده است که اسید سالیسیلیک به طور بالقوه موجب بروز یک سری پاسخ های متابولیکی در گیاهان می گردد و از طرف دیگر بر پارامترهای فتوسنتزی و نیز روابط آبی گیاه نیز تاثیر می گذارد (حیات وهمکاران، ۲۰۱۰). به نظر می رسد تیمار با اسید سالیسیلیک سیستم حفاظتی آنتی آکسیدانت را افزایش می دهد که به این ترتیب باعث القاء تحمل به تنش در گیاهان می شود. اسید سالیسیلیک با اثر بر هورمون آبسزیک اسید (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲) و اتیلن بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می کند. از جمله با اثر روی آبسیزیک اسید و تجمع این هورمون در گیاه باعث خوگیری نسبت به تنش های محیطی می شود (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). سالیسیلیک موجب تجمع آبسیزیک و ایندول استیک اسید نیز می شود ولی روی سیتوکینین اثری ندارد. اسید سالیسیلیک گسترش، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم کرده و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می کند (پاپوا و همکاران، ۲۰۰۹).

حیات و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند مقدار رنگیزه و کلروفیل در گیاهچه های گندم حاصل از بذوری که با غلظت های پایین اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند، افزایش یافت در حالی که غلظت های بالا به صورت بازدارنده عمل کردند (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). پژوهش انجام شده توسط مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری (۱۳۸۵) نشان داد که درصد جوانه زنی بذر کلزا در غلظت های بیشتر از یک میلی مول اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد در تیمار با اسید سالیسیلیک کاهش معنی داری دارد. به عقیده مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷) اسید سالیسیلیک در غلظت های یک میلی مول و پائین تر به عنوان ترکیب ضد تنشی موجب کاهش اثر اکسیداتیو ناشی از تولید اتیلن می شود ولی غلظت ۱/۵ میلی مول اسید سالیسیلیک اثر تنشی ناشی از اتیلن را تشدید می کند. هارپر و بالک (۱۹۸۱) در تحقیقی روی بافت های ریشه جوی دو سر گزارش دادند که میزان مهارکنندگی اسید سالیسیلیک به غلظت سالیسیلیک اسید و pH وابسته است. زیرا جذب سالیسیلیک اسید تحت تاثیر pH

است به طوری که با کاهش pH خاصیت مهار کنندگی اسید سالیسیلیک افزایش می یابد(الطیب، ۲۰۰۵؛ راسکین، ۱۹۹۲). فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در کلزا با محلول پاشی غلظت های پایین تر اسید سالیسیلیک، به طور قابل توجهی تجمع ماده خشک افزایش یافته است. با این حال غلظت های بالاتر اسید سالیسیلیک اثر مهار کنندگی داشت. عملکرد میوه در خیار و گوجه فرنگی که با غلظت های بالاتر اسید سالیسیلیک محلول پاشی شدند به طور قابل توجهی افزایش یافت (لارکوساودرا و مارتین میکس، ۲۰۰۷).

۲-۴-۶-۱- بیوسنتز اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک از مجموعه ای از مولکول های مختلف تشکیل شده است. آنزیمی که فرآیند متابولیسم اسید سالیسیلیک به ترکیب بتا- گلوکوزید اسید سالیسیلیک را کاتالیز می کند، اسید سالیسیلیک-گلوکوزیل ترانسفراز(Gtase) نام دارد(یالپانی و همکاران،۱۹۹۴). اسید سالیسیلیک می تواند به ۲ و۳-دهیدروبنزوئیک اسید یا ۲ و ۵-دهیدرو بنزوئیک اسید متابولیزه شود (حیات و همکاران، ۲۰۱۰).

ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا-گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). حدود سال ۱۹۶۰ پیشنهاد شد که اسید سالیسیلیک در گیاهان از اسید سینامیک و توسط دو مسیر مهم سنتز می شود. یکی مسیر دکربوکسیلاسیون اسید سینامیک از اسید بنزوئیک است که برای مثال در برنج (حیات و همکاران، ۲۰۱۰) وجود دارد. مسیر دیگر، ۲-هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به ا-کوماریک اسید و سپس دکربوکسیله شدن به اسید سالیسیلیک که توسط آنزیم ترانس-سینامات-۴-هیدروکسیلات کاتالیز می شود و اولین بار در گیاهچه های نخودفرنگی مشاهده شد (حیات و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۴-۶-۲- نقش سیگنالی اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک، یک هورمون گیاهی است که به طور طبیعی به عنوان یک مولکول سیگنال مهم، تحمل به تنش های غیر زیستی را افزایش می دهد و نقش بسیار حیاتی در رشد گیاه، جدب و انتقال یون ایفا می کند (خان وهمکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول سیگنال قوی در گیاهان در پاسخ به استرس های مختلف نقش دارد (پوپوا و همکاران، ۲۰۰۹). سنتز اسید سالیسیلیک می تواند آزادانه در داخل و یا خارج سلول و بافت ها و اندامک ها صورت گیرد (حیات و همکاران، ۲۰۱۰) و در نهایت توسط رادیکال های آزاد اکسیژن و کلسیم تنظیم شود (چن و همکاران، ۲۰۰۱). در سال های اخیر، برخی از مطالعات نشان داده اند که اسید سالیسیلیک می تواند رشد، عملکرد و کیفیت گیاهان را افزایش دهد (خوداری، ۲۰۰۴).

۲-۴-۶-۳- اثر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک بر فتوسنتز و روابط آبی

در شرایط تنش غیر زنده، اسید سالیسیلیک می تواند نقش مهمی در روابط آبی گیاه، فتوسنتز، رشد و تنظیم روزنه ها بازی کند (ارفان و همکاران، ۲۰۰۷). خوداری (۲۰۰۴) افزایش قابل توجهی در رشد، محتوای رنگدانه و میزان فتوسنتز در ذرت محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده کرد. اسید سالیسیلیک سنتز کارتنوئیدها و زانتوفیل را فعال و سرعت فتوسنتز را در گندم افزایش داد و این افزایش همراه با کاهش رنگدانه های کلروفیل و نسبت کلروفیل a به b در گندم بود (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز، غلظت دی اکسید کربن درونی، کارایی مصرف آب، هدایت روزنه ای و نسبت تعرق در کلزا (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) شد. در تحقیقی دیگر، محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش کارایی مصرف آب، نسبت تعرق و غلظت دی اکسید کربن درونی در سویا شد(کومار و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۴-۶-۴- اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و تولید

اسید سالیسیلیک و سایر سالیسیلات در بررسی فعالیت های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان شناخته شده اند و نقش کلیدی در تنظیم رشد و تولید ایفا می کنند (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک به عنوان یک تنظیم کننده درونی رشد است که سطح برگ و تولید ماده خشک در ذرت و سویا را افزایش می دهد (خان و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش قابل توجهی در رشد، محتوای رنگدانه و میزان فتوسنتز در ذرت محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده شده است. ارسلان وهمکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک رشد، فرآیند فیزیولوژیک و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه هویج تحت شوری افزایش یافت. برخی از تحقیقات نشان داد که اسید سالیسیلیک، نفودپذیری غشاء را افزایش داده و می تواند جذب و استفاده از مواد مغذی معدنی و حمل ونقل مواد فتوسنتزی را تسهیل کند. همچنین به افزایش ظرفیت تولید بیوماس گیاهان تولید شده کمک خواهد کرد که سبب افزایش قابل مشاهده در وزن تر و خشک می شود (انصاری، ۱۳۷۷). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری اندازه و وزن دانه گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد (حیات و همکاران، ۲۰۱۰).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- مشخصات محل آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود با عرض جغرافیای ۳۶/۲۵ درجه و طول جغرافیایی ۵۴/۵۷ درجه و ارتفاع ۱۳۴۵ متر از سطح دریا، انجام گرفت.

جدول ۳-۱- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهرستان شاهرود

مشخصات جغرافیایی		مشخصات اقلیمی	
نوع اقلیم	سرد خشک	میانگین بارندگیmm	۱۵۶/۵
ارتفاع از سطح دریا	۱۳۴۵	تبخیرmm	۲۰۶۸/۱
طول جغرافیایی	۵۴/۵۷	میانگین درجه حرارت	۱۶/۰۶
عرض جغرافیایی	۳۶/۲۵	حداکثر مطلق	۳۹
بافت خاک	شنی	حداقل مطلق	-۷/۶
		تعداد ساعات آفتابی در سال	۲۹۴۷/ ۵

۳-۲- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش

مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در ۷ کیلومتری این شهر و در نزدیکی بسطام واقع است. از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک است و دارای زمستانی سرد می‌باشد. در زمستان برودت هوا به ۱۴ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و گرمای هوا نیز در تابستان تا ۴۲ درجه بالای صفر می‌رسد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۰ میلی‌متر گزارش شده است.

۳-۳- مشخصات خاک مزرعه آزمایشی

به منظور تشخیص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از عملیات اجرایی طرح از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری به روش شبکه صورت گرفت. در نهایت یک نمونه یک کیلوگرمی از خاک که در برگیرنده کل خصوصیات نمونه ها بود به آزمایشگاه منتقل گشت. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول (جدول ۳-۱) نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کربن آلی	نیتروژن کل	رس	لای	شن	کلاس بافت
	dsm^{-1}	ppm			%				
۷/۷۹	۱/۳۴	۱۴/۴	۱۸۱/۴	۰/۵۹	۰/۱۰۵	۳۰/۷	۴۹/۲	۲۰/۱	لومی رسی

۳-۴- مشخصات طرح آزمایش

این مطالعه به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل (۲×۲×۳) و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سه سطح خاکورزی به صورت (گاوآهن برگردان دار+ دیسک + فاروئر)، (دیسک + فاروئر) و (چیزل + فاروئر) به عنوان عامل اصلی و ترکیب تیماری پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در ۲ سطح پرایم و عدم پرایم، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *Glomus mossea* در ۲ سطح مصرف قارچ و عدم مصرف قارچ، به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

۳-۵- مشخصات کرت ها

هر پلات با مساحت ۷۲ متر مربع شامل ۴ کرت فرعی و مساحت کلی هر تکرار برابر با ۲۵۰ متر مربع بود. هر تکرار از ۱۲ کرت (۴/۵×۴ متر) ۱۸ متر مربعی و هر کرت از ۵ ردیف کاشت به فاصله ۶۵ سانتیمتر از یکدیگر و طول ۴ متر تشکیل شد. فاصله دو بوته روی خطوط کاشت ۲۰ سانتیمتر و عمق کاشت بذور ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. مرز بین هر کرت با یک پشته نکاشت مشخص شد و مرز هر کرت نیز یک متر در نظر گرفته شد.

۳-۶- آماده سازی زمین

در ابتدا زمین به وسیله ی گچ بنابر طرح مورد نظر طراحی شد و سپس با توجه به نقشه، کرت های خاکورزی رایج ابتدا با استفاده از گاوآهن برگرداندار وسپس با دیسک و کرت با خاکورزی متوسط تنها یک بارتوسط دیسک و کرت خاکورزی حداقل با استفاده از گاوآهن قلمی تحت خاکورزی قرار گرفتند. در نهایت پس از اتمام این مرحله برای ایجاد جوی و پشته از فاروئر استفاده شد تا مزرعه آماده عملیات کاشت شود. سپس توسط نهرکن، جوی آبیاری ایجاد شد.

۳-۷- پیش تیمار کردن بذور با اسید سالیسیلیک

در این طرح پژوهشی برای پیش تیمار کردن بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول یک میلی مولار اسید سالیسیلیک تیمار شدند، به طوریکه سطح آب چند سانتی متر بالای بذور را پوشانده بود، سپس برای اینکه بذور به رطوبت اولیه خود برسند به مدت ۲۴ ساعت در سایه و بعد از آن در معرض نور خورشید قرار گرفتند.

۳-۸- اعمال تیمار میکوریزا

قبل از کاشت برای اعمال تیمار آزمایشی میکوریزا در هر ردیف شیاری در سراسر پشته به عمق ۷ سانتی‌متر ایجاد گردید و سپس مایه تلقیح قارچی بر اساس تیمارهای آزمایشی که حاوی خاک، بقایای

ریشه‌ای و اندام‌های قارچی بود به میزان ۸ گرمی از قارچ با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر در شیار قرار گرفت و روی آن با کمی خاک پوشانیده شد و سپس روی آن بذر قرار داده شد و سپس روی آنها با خاک پوشانده شد.

۳-۹- عملیات کاشت

قبل از کاشت، تست جوانه زنی بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در آزمایشگاه انجام شد. سپس عملیات کاشت بذر در ۲۲ خرداد سال ۹۳ با دست و در عمق ۵ سانتی متری صورت گرفت.

۳-۱۰- عملیات داشت

عملیات داشت در طی تمام مراحل رشد گیاه به صورت مداوم انجام پذیرفت و نمونه برداری نیز همزمان با آن صورت گرفت. آبیاری به صورت جوی و پشته ای، بدین صورت که آبیاری به طور هفتگی و به مدت هر هفت روز یک بار انجام شد، مقادیر آب مصرفی بر اساس مدت زمان ورود آب برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، وجین علف های هرز به طور مرتب و هفتگی به صورت دستی انجام شد. کود نیتروژن در مرحله ۸-۶ برگی به صورت سرک و به میزان ۱۵ کیلوگرم به زمین اضافه شد. کود مورد استفاده اوره می باشد که ۴۶٪ نیتروژن دارد و به همه کرت ها طی دو مرحله ۴-۸ برگی و گرده افشانی بکار برده شد.

۳-۱۱- نمونه بردای جهت اندازه گیری صفات

برای نمونه برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۲ بوته به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. در هر نمونه برداری قطع بوته ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه صورت گرفت. به منظور اندازه گیری اجزای عملکرد، بوته ها از ناحیه طوقه بریده شد و قسمت های برگ، ساقه، دانه، بلال و پوشش

بلال جدا گردید، نمونه ها در داخل پاکت شماره دار گذاشته شدند و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ وزن شدند.

۳-۱۲- نمونه برداری صفات کمی

نمونه برداری در انتهای فصل انجام شد که شامل اندازه گیری ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، قطر بلال، وزن چوب بلال، ،وزن صد دانه است. جهت اندازه گیری اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در ردیف ، تعداد ردیف دانه در بلال ، وزن صد دانه، در هر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۴ بوته (۲ بوته از هر خط کاشت) با احتساب نیم متر اثر حاشیه از ابتدا و انتهای هر کرت و یک ردیف کاشت از کناره ها، به طور تصادفی انتخاب و برای اندازه گیری صفات زراعی بلال مانند: تعداد دانه در ردیف ، تعداد ردیف دانه مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین وزن صد دانه به وسیله دستگاه شمارشگر بذر ۱۰۰ عدد بذر را شمارش و جهت خشک کردن در آون ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از چند بار توزین و عدم اختلاف وزنی ما بین بذور خشک شده، وزن صد دانه بر اساس رطوبت۱۴٪ محاسبه گردید. برای اندازه گیری عملکرد دانه به مساحت یک متر مربع از زمین برداشت شد و پس از اندازه گیری وزن بذر به واحد تن در هکتار تبدیل شد و درنهایت عملکرد بیولوژیک از محصول سرپا محاسبه گردید و به واحد تن در هکتار تبدیل شد.

۳-۱۳- شاخص سطح برگ

در زمان برداشت پس از جداسازی برگ ها از ساقه سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ اندازه گیری شد.

۳-۱۴- محتوای نسبی آب برگ

محتوی نسبی آب در برگ به روش ریچی و نگویان (۱۹۹۰)، در مرحله گرده افشانی روز قبل از آبیاری نمونه برگ گیاه ذرت در ساعات صبح گرفته شده و بلافاصله نمونه ها در ظرف حاوی یخ قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از توزین نمونه ها (وزن تازه)، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد و مجدد وزن برگ (وزن تورژسانس) اندازه گیری شد. سرانجام برگ ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفت و وزن خشک برگ اندازه گیری گردید. در نهایت میزان نسبی آب برگ با استفاده از معادله ی زیر اندازه گیری شد.

RWC=FW-DW/SW-DW*100

Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

Dw: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

۳-۱۵- درصد کلونیزاسیون میکوریزایی

اندازه گیری درصد کلونیزاسیون به روش اسلاید انجام شد. برای ارزیابی درصد همزیستی میکوریزایی یک ماه قبل از برداشت ۶ بوته از هر کرت انتخاب شدند و ابتدا ریشه های جدا شده از بوته مورد شتشو قرار گرفتند تا ذرات خاک از آنها جدا شوند. پس از آن ریشه ها در محلول KOH که با نسبت ۱ به ۱۰ آماده شده بود به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از طی این مدت ریشه ها از KOH خارج شده و با آب مقطر شستشو گردیدند و به مدت ۱۰ دقیقه در محلول HCL یک نرمال قرار گرفتند. سپس ریشه ها با ماده ی رنگی تریپان بلو به مدت ۴ ساعت آغشته شدند. ریشه های مویی رنگ آمیزی شده به طول یک سانتی متر برش داده شدند و ۲۵ قطعه از آنها، روی لام قرار داده شدند. پس از آن با استفاده از میکروسکوپ ریشه مورد مشاهده قرار گرفتند(بیرمن و لیندرمن،۱۹۸۰). در نهایت درصد همزیستی میکوریزایی از رابطه ی زیر محاسبه شد:

۱۰۰×(تعداد قطعات مشاهده شده/ تعداد قطعات کلونیزه شده به میکوریزا)= درصد کلونیزاسیون

۳-۱۶- کلروفیل a، b و کارتنوئید

جهت اندازه گیری رنگیزه های کلروفیل a، b و کارتنوئید در مرحله گرده افشانی از روش آرنون(۱۹۶۷) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۰/۵ گرم بافت تر برگ گیاه ذرت را در هاون ریخته با نیتروژن مایع آن را به خوبی خرد و له می کنیم. سپس ۲۰ میلی لیتر استن ۸۰ ٪ را به نمونه ها اضافه می نمائیم. نمونه ها را در فالکون ریخته و در سانتریفوژ به مدت ۱۲ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار می دهیم. در نهایت عصاره بدست آمده از نمونه ها را در کووت اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان ریخته و در طول موج های ۶۶۳ کلروفیل a، ۶۴۵ کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئید قرائت می نمائیم. در نهایت با استفاده از روابط زیر و اعداد ثبت شده میزان رنگیزه های کلروفیل a، b و کارتنوئید را محاسبه می کنیم.

Chlorophyll a = (19.3 × A663) – (0.86 × A645) V/100W

Chlorophyll b = (19.3 × A645) – (3.6 × A663) V/100W

Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227

V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفوژ)

A: جذب نور در طول موج ها ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

W: وزن تر نمونه بر حسب گرم

۳-۱۷- اندازه گیری پروتئین دانه به روش کجلدال

به منظور تعیین پروتئین دانه، مقدار ۱ گرم از بذر ذرت را پودر و پروتئین دانه به روش کجلدال[۱] اندازه‌گیری شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltec Analysis Unit 2300 از همان شرکت استفاده گردید. ترکیب کاتالیزور شامل ۵۰گرم سولفات پتاسیم و ۵گرم سولفات مس و ۱ گرم پودر سلنیم می باشد. ۱/۱ گرم کاتالیزور را به همراه ۰/۳ گرم از پودر نمونه و ۶ سی سی اسیدسولفوریک را در تیوب اجاق هضم به هم اضافه گردید. زمانی که محلول سیاه‌رنگ درون تیوب ها تبدیل به محلول نسبتا زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولا ۳ تا ۳/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور ۳۲ درصد و اسید بوریک ۲ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک تیوب در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون به صورت دستی انجام گرفت. در این مرحله از اسید سولفوریک ۰/۰۵نرمال استفاده شد. محلول معرف که شامل ۰/۰۵ گرم برموکرزین گرین ، ۰/۰۳۳ گرم متیل رد به همراه ۵۰ سی سی اتانول می باشد. به محلول حاصل از تقطیر۱ سی سی از محلول معرف را اضافه میکنیم که در این حالت رنگ نمونه به سبز متمایل به آبی تغییر رنگ می دهد، مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسیدسولفوریک مصرف شده در بورت که رنگ نمونه را به رنگ قرمزآلبالویی تغییر می دهد مشخص گردید. به منظور تبدیل مقدار اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۳-۲ و ۳-۳ زیر استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای ذرت ۶/۲۵ در نظر گرفته شد (والینگ و همکاران، ۱۹۹۸).

درصد نیتروژن نمونه = (A × ۰/۱۴) / وزن نمونه (گرم)

[۱]- kjeldahl

ضریب تبدیل نیتروژن × درصد نیتروژن=درصدپروتئین

A= اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر

۳-۱۸- تنفس خاک

برای اندازه گیری تنفس پایه خاک از روش ایزرمایر (۱۹۵۲) و روش بهبود یافته توسط جاجی (۱۹۷۶) استفاده شد، در زمان برداشت ۲۵ گرم از خاک مرطوب مزرعه تهیه و در ظرف های در داری که در هر کدام حاوی ۲۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۵ نرمال است قرار داده سپس در ظرف ها بسته شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت دی اکسید کربن پدید آمده از تنفس میکروبی که در سود (NaOH) گردآوری شده با محلول HCl تیتر شد، یک نمونه بدون خاک هم به عنوان شاهد تیتر گردید. در پایان مقدار CO_2 آزاد شده محاسبه و بر حسب میلی گرم CO_2-C کیلوگرم خاک خشک گزارش گردید.

$$\frac{(C-S)\times 2/2\times 100}{SW\times \%dm} = \quad mgCO_2/g.dm.24h^{-1}$$

که در آن C میانگین حجم اسید HCl مصرفی به وسیله شاهدها (میلی لیتر)، S میانگین حجم اسید HCl مصرفی به وسیله نمونه ها (میلی لیتر)، ۲/۲ فاکتور تبدیل HCl مصرفی به میلی گرم CO_2، SW وزن اولیه خاک (گرم) و dm% فاکتور تبدیل برای خاک خشک می باشد.

۳-۱۹- وزن مخصوص ظاهری خاک

جهت اندازه گیری وزن مخصوص ظاهری خاک از روش سیلندر(بلک و هارتج، ۱۹۸۶) استفاده شد. بدین منظور ابتدا سیلندر آزمایش را وزن کرده، سپس سیلندر را روی خاک قرار داده و با ضربه ای به طوری که خاک فشرده نشود کاملا" وارد خاک شود. در مرحله بعد سیلندر را خارج کرده و با استفاده از کاردک بالا و پایین سیلندر را کاملا تمیز می نمائیم تا خاک سطح آن مسطح شود، سپس نمونه ها را به آزمایشگاه منتقل کرده و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار می دهیم.

پس از آن نمونه خاک خشک شده را وزن می نمائم و با استفاده از رابطه زیر وزن مخصوص ظاهری را محاسبه می کنیم.

$$\text{وزن مخصوص ظاهری خاک} = \frac{\text{وزن خاک خشک}}{\text{حجم کل خاک}}$$

۳-۲۰- فسفر خاک

جهت اندازه گیری فسفر خاک از روش اولسن (۱۹۸۲) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۵ گرم خاک را برداشته و داخل یک ارلن قرار می دهیم سپس ۱۰۰ میلی لیتر بیکربنات سدیم ۰/۵ مولار روی آن می ریزیم. سوسپانسیون ایجاد شده را به مدت نیم ساعت در دستگاه شیکر قرار می دهیم و پس از آن توسط کاغذ صافی آنرا صاف کرده تا عصاره زلالی حاصل گردد. ۱۵ میلی لیتر از عصاره به دست آمده را در یک بالن ۲۵ سی سی ریخته و به آرامی ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم مولیبدات را به آن اضافه می کنیم. بالن را به تدریج تکان داده تا گاز های دی اکسید کربن خارج شوند. بعد از این مرحله مقدار ۱ میلی لیتر کلرید قلع اضافه کرده و با استفاده ازآب مقطر بالن را به حجم ۲۵ میلی لیتر می رسانیم. سپس عصاره ایجاده شده را در کووت دستگاه اسپکتروفومتر مدل ریخته و در طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت می کنیم. در پایان با استفاده از اعداد ثبت شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان و روابط منحنی استاندارد میزان فسفر خاک محاسبه گردید.

۳-۲۱- قند محلول برگ

جهت اندازه گیری قند محلول از روش فنل – اسید سولفوریک استفاده گردید. برای این منظور در مزرعه بافت تر اولین برگ تکامل یافته گیاه جدا شده و درون ظرف حاوی یخ گذاشته شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس ۱ گرم از بافت برگ وزن شده درون لوله آزمایش قرار می دهیم سپس به آن ۱۰ میلی لیتر الکل اتیلیک ۹۸ ٪ اضافه نموده و درون بن ماری به مدت ۲۰ در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد

قرار داده شد. سپس ۱ میلی لیتر از عصاره استخراج و در لوله ی دیگری منتقل می کنیم و به آن ۱ میلی لیتر محلول فنل و ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه می کنیم، عصاره حاصل را با دستگاه ورتکس مخلوط می کنیم در پایان عصاره را درون کووت اسپکتروفتومتر منتقل می کنیم و در طول موج ۴۸۳ نانومتر قرائت می کنیم (اشلیگل،۱۹۸۶).

۳-۲۲- فسفر دانه

مقدار فسفر دانه به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) محاسبه گردید. جهت انجام آزمایش ابتدا دانه های ذرت را درون پاکت کاغذی قرار داده و در آون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت گذاشته تا نمونه ها خشک شوند سپس نمونه ها را با استفاده از دستگاه آسیاب به پودر ریز تبدیل می کنیم سپس مقدار یک گرم از نمونه را وزن کرده و درون کروزه (بوته چینی) ریخته و درون کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶ ساعت قرار می دهیم. در مرحله بعد به هر یک از نمونه ها ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه نموده و نمونه ها را در بن ماری به مدت ۱۵ دقیقه قرار می دهیم سپس نمونه ها را با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف می کنیم و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر می رسانیم. در مرحله بعد ۵ میلی لیتر از عصاره تهیه شده را برداشته و با استفاده از محلول مولیبدات – وانادات و اسید نیتریک عصاره نهایی آماده شده و در نهایت نمونه ها را درون کووت دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان ریخته و در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائیت می کنیم. با استفاده از اعداد ثبت شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و روابط منحنی استاندارد میزان فسفر دانه محاسبه گردید(جونز و همکاران، ۱۹۹۱).

۳-۲۳- تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افراز MSTATC و رسم شکل ها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه ی میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

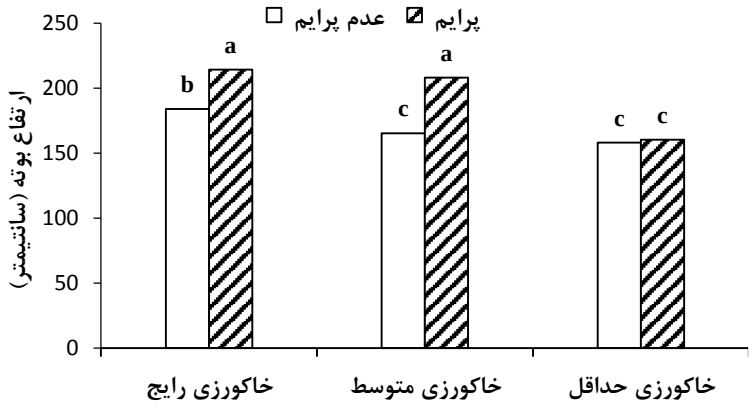
۴-۱- ارتفاع بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) تاثیر سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر، همچنین اثر متقابل خاکورزی × پیش تیمار بذر در سطح ($p \leq ۰/۰۱$) بر ارتفاع بوته معنی دار گردید و سایر عوامل و ترکیبات تیماری در این طرح اثر معنی داری بر این صفت نشان ندادند.

اثر سطوح مختلف خاکورزی بر این صفت بیشترین ارتفاع بوته(۱۹۹/۱۶ سانتی متر) را در خاکورزی رایج و کمترین ارتفاع (۱۵۹/۲۵ سانتی متر)را در خاکورزی حداقل نشان داد. ارتفاع بوته در شرایط پرایم با اسید سالیسیلیک (۱۹۴/۵۰ سانتی متر) افزایش ۱۳/۵۰ درصدی نسبت به عدم پرایم با اسید سالیسیلیک نشان داد(جدول پیوست ۳). شکل ۴-۱ نشان می دهد که ارتفاع بوته در ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به میزان ۲۱۴/۳ سانتی متر بود که توانست ارتفاع بوته را ۱۴ درصد نسبت به خاکورزی رایج، عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. کمترین میزان ارتفاع بوته (۱۵۸/۲سانتی متر) مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم پرایم با اسید سالیسیلیک بود.

به نظر می رسد که پیش تیمار بذر ذرت به دلیل استقرار بهتر و سریع تر گیاهچه باعث رشد مناسب گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته گردیده است. نتایج تحقیقات اوجها و همکاران، (۲۰۰۸) مشخص کرد که قارچ های میکوریزای آرباسکولار سبب افزایش ارتفاع بوته گندم می شود. آنها بیان کرددند که

قارچ های میکوریزا از طریق جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده و در نتیجه ارتفاع بوته در مقایسه با گیاهانی غیر میکوریزایی افزایش یافته است. گزارش شده که اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را درون مریستم گیاهچه گندم افزایش داد و رشد گیاه را بهبود می بخشد (شاکیروا و همکاران، ۲۰۰۳). گوتیریز و همکاران (۱۹۹۸) به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر روی ارتفاع بوته گیاه سویا در شرایط گلخانه و مزرعه به این نتیجه رسیدند که بیشترین ارتفاع بوته گیاه مربوط به تیمارهای خیساندن بذر و خیساندن بذر به همراه محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله ی گرده افشانی بود.

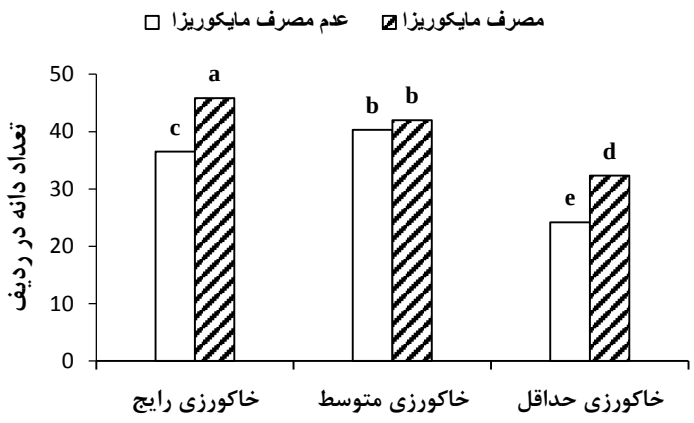


شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک

۴-۲- تعداد دانه در ردیف

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست ۱) بیانگر آنست که اثرات اصلی سطوح مختلف خاک ورزی، همزیستی قارچ میکوریزا و همچنین اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) بر صفت تعداد دانه در ردیف معنی دار گردید. تاثیر سطوح مختلف خاکورزی بر این صفت بیشترین تعداد دانه در ردیف (۴۱/۱۶) را در خاکورزی رایج و متوسط و کمترین تعداد(۲۸/۲۵)را در خاکورزی حداقل نشان داد. تعداد دانه در ردیف در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا (۴۰/۰۵) افزایش ۱۵/۹۵ درصدی نسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریزا نشان داد(جدول پیوست ۳). بر

اساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین(شکل ۴-۲) بیشترین میزان تعداد دانه در ردیف با میانگین ۴۵/۸۳مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت مصرف قارچ میکوریزا بود، در صورتیکه کمترین میزان تعداد دانه در ردیف مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا به مقدار ۲۴/۱۷ دانه مشاهده شد، به طوریکه خاکورزی رایج و مصرف قارچ میکوریزا توانست ۲۰ درصد تعداد دانه در ردیف را نسبت به مقدار خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ افزایش دهد. ابدالی (۱۳۸۲) اظهار داشت که کاربرد قارچ میکوریزی نسبت به عدم کاربرد آن در شرایط تنش رطوبتی سبب افزایش، تعداد کل دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت می شود.

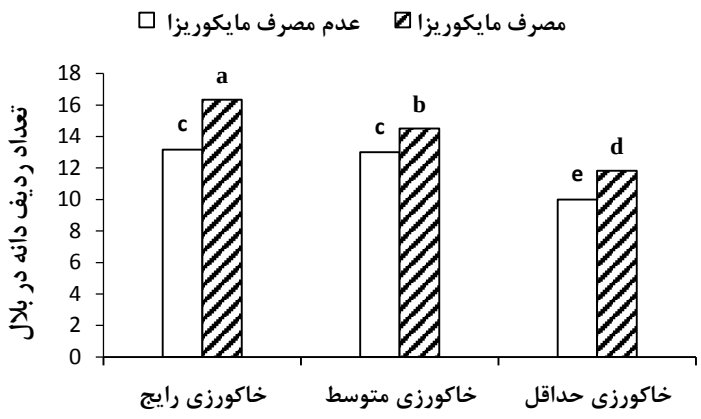


شکل ۴-۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

۴-۳- تعداد ردیف دانه در بلال

بررسی نتایج تجزیه واریانس(جدول پیوست ۱) مربوط به صفت تعداد ردیف دانه در بلال در این تحقیق نشان داد که اثرات اصلی روشهای مختلف خاکورزی و میکوریزا تاثیر معنی داری در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) و همچنین اثر متقابل روشهای مختلف خاکورزی × میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۵$) تاثیر معنی داری داشت. اثر سطوح مختلف خاکورزی بر این صفت بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال (۱۴/۷۵) را در خاکورزی رایج و کمترین تعداد(۱۰/۹۱)را در خاکورزی حداقل نشان داد. تعداد ردیف دانه در بلال در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا (۱۴/۲۲) افزایش ۱۵/۲۶ درصدی نسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریزا نشان داد(جدول پیوست ۳).

با توجه به مقایسه میانگین تیمارها(شکل ۴-۳) در بین تیمارها بیشترین میزان تعداد ردیف دانه در بلال مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت مصرف قارچ میکوریزا به میزان۱۶/۳۳ بود، در صورتیکه کمترین میزان تعداد ردیف دانه در بلال مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا به مقدار ۱۰ مشاهده شد، به طوریکه خاکورزی رایج و مصرف قارچ میکوریزا توانست ۱۹ درصد تعداد ردیف دانه در بلال را نسبت به مقدار خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ افزایش دهد. احتمالا قارچ میکوریزای از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عنصر فسفر سبب افزایش میزان فتوسنتز و تولید اسمیلات به اندازه مشخصی که تابع ژنتیک گیاه بوده و در نتیجه شیره ی پرورده ی کافی جهت رشد بلال و نهایتا تعداد ردیف دانه در بلال تا تعداد مشخصی که ژنتیک بلال مشخص می کند افزایش داده است.



شکل ۴- ۳- مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

۴-۴- قطر بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تاثیر معنی داری بر قطر بلال نسبت به شاهد در این تحقیق نداشت.(جدول پیوست ۱).

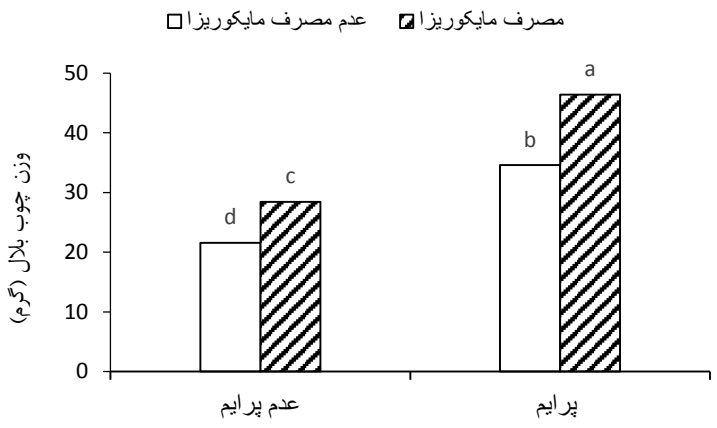
۴-۵- طول بلال

از نتایج تجزیه واریانس چنین استباط می شود که عوامل مورد بررسی تاثیر معنی داری برطول بلال نسبت به شاهد در این تحقیق نداشته اند.(جدول پیوست ۱)

۴-۶- وزن چوب بلال

نتایج جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست ۱) در مورد صفت وزن محور بلال، نشان داد که علاوه بر معنی دار شدن اثرات اصلی پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح($p \leq ۰/۰۱$) اثر متقابل پیش تیمار بذر × کاربرد قارچ میکوریزا در سطح ($p \leq ۰/۰۵$) نیز تأثیر معنی دار بر صفت وزن محور بلال گیاه ذرت گذاشته است. پرایم با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا با ۴۰/۵۱ و ۳۷/۴۲ گرم در رابطه با صفت وزن چوب بلال توانست سبب افزایش این صفت به میزان ۳۸/۳۱ و ۳۳/۷۰ درصد نسبت به عدم پرایم با اسید سالیسیلیک و عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردد(جدول پیوست ۳).

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا توانست به طور مشخصی بر میزان وزن چوب بلال تاثیر بگذارد. بر اساس مقایسه میانگین تیمارها(شکل ۴-۴) در مورد صفت وزن محور بلال، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا دارای بیش ترین تأثیر روی این صفت به میزان ۴۶/۴۲ گرم بود، این در حالی است که کمترین میزان وزن محور بلال در حالت عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به مقدار۲۱/۵۸ گرم مشاهده گردید. بطوریکه کاربرد قارچ میکوریزا همراه با پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش صفت وزن محور بلال به میزان ۵۳/۵۱ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم پیش تیمار بذر گردید. ثمربخش (۱۳۸۵) اظهار داشت که طول بلال، وزن چوب بلال گیاهان کلونیزه شده با قارچ میکوریزا نسبت به گیاهان کلونیزه نشده با قارچ بیشتر است.



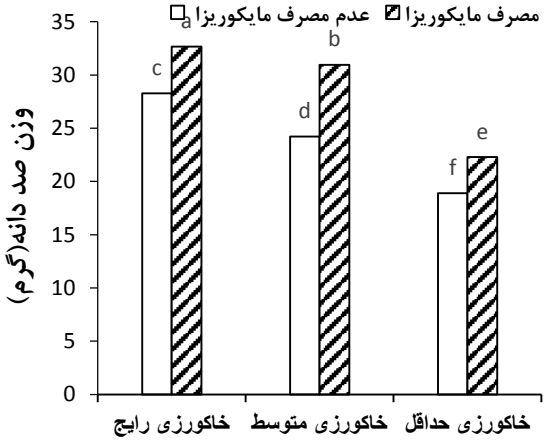
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن چوب بلال تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا

۴-۷- وزن صد دانه

نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس داده ها (جدول پیوست ۱) برای وزن صد دانه نشان داد که اثرات اصلی خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا در سطح ($p \leq ۰/۰۱$) و اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × همزیستی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۵$) معنی دار شد. تاثیر سطوح مختلف خاکورزی بر این صفت، بیشترین وزن صد دانه (۳۰/۴۵ گرم) را در خاکورزی رایج و کمترین میزان (۲۰/۰۲ گرم)را در خاکورزی حداقل نشان داد. این صفت در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا (۲۸/۶۲) افزایش ۱۶/۸۴ درصدی نسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریزا را نشان داد(جدول پیوست ۳). با توجه به مقایسه میانگین تیمارها(شکل۴-۵) ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت مصرف قارچ میکوریزا با ۳۲/۶۵ گرم و ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا با ۱۸/۹۱گرم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان وزن صد دانه را نشان دادند.

در این زمینه اوزونوبی (۱۹۹۴) بیان کرد که افزایش عملکرد اندام هوایی معمولا با افزایش شاخ و برگ، و افزایش عملکرد اندام زمینی با افزایش جذب مواد از خاک همراه می باشد. بنابراین تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته و انتقال این مواد به سمت مخازن (بذرها) بهبود می یابد که موجب افزایش وزن صد دانه در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا می شود. در این زمینه گزارشات دیگری حاکی از آن است

که همزیستی با میکوریزا در غلات مختلف باعث افزایش وزن صد دانه می شود (ناظری اردکانی، ۱۳۷۷؛ پانوار۱۹۹۳).



شکل۴-۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

۴-۸- عملکرد دانه

عملکرد دانه از مهم ترین شاخص های اقتصادی در گیاهان دانه ای محسوب می شود. طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) مشخص شد که از میان منابع تغییر اثرات اصلی پیش تیمار بذر و میکوریزا، همچنین اثر متقابل سه گانه سطوح مختلف خاک ورزی × پیش تیمار بذر× همزیستی قارچ میکوریزا در سطح ($p \leq ۰/۰۱$) و کاربرد توام سطوح مختلف خاکورزی× همزیستی قارچ میکوریزا همچنین اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × پیش تیمار بذر در سطح ($p \leq ۰/۰۵$) بر عملکرد دانه معنی دار گردید. نتایج بدست آمده از این تحقیق در رابطه با عملکرد دانه نشان داد که پرایم با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا با ۷/۹۱ و ۷/۴۱ تن در هکتار توانست سبب افزایش این صفت به میزان ۲۸/۳۱ و ۱۶/۷۳ درصد نسبت به عدم پرایم با اسید سالیسیلیک و عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردد(جدول پیوست ۳).

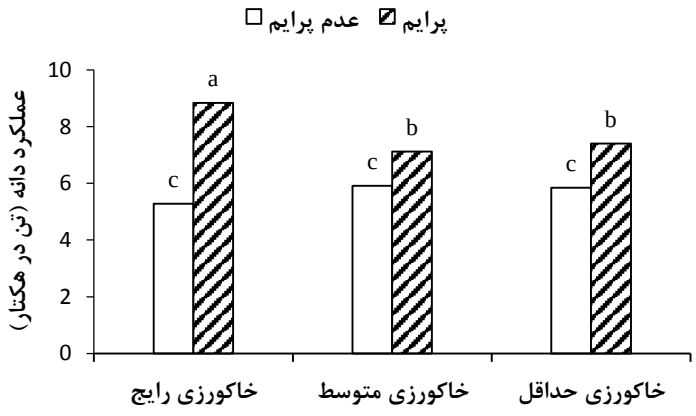
در بررسی ترکیب تیماری کاربرد توام سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر، بر اساس مقایسه میانگین تیمارها(شکل۴-۶) مشخص گردید که بالاترین میزان این صفت مربوط به ترکیب تیماری

خاکورزی رایج و پیش تیمار بذر به میزان۸/۸۳ تن در هکتار و کمترین آن با ترکیب تیماری خاکورزی رایج و عدم پیش تیمار به مقدار ۵/۲۸ تن در هکتار بود که با عدم پرایم در شرایط خاکورزی متوسط و عدم پرایم با خاکورزی حداقل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. این صفت به میزان ۴۰/۲۰ درصد نسبت به خاکورزی رایج و عدم پیش تیمار بذر افزایش داشت.

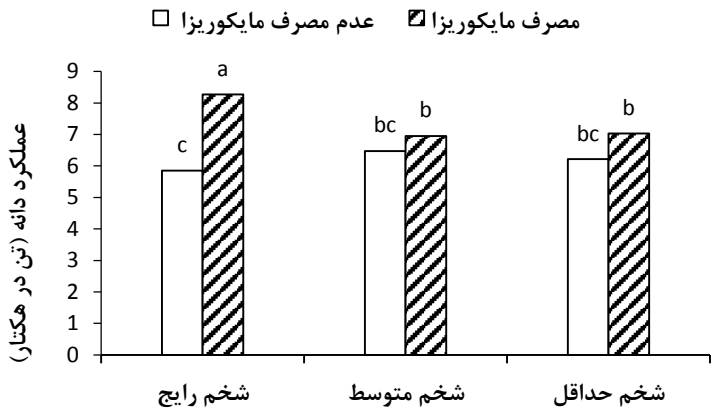
با توجه به شکل ۴-۷ با بررسی بر همکنش سطوح مختلف خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا، بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج و مصرف قارچ به میزان ۸/۲۶ تن در هکتار و کمترین میزان مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ به میزان ۵/۲۸ تن در هکتاربود که اختلاف ۲۹/۱۷ درصدی نسبت به تیمار خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ را نشان داد اگر چه با حالت خاکورزی متوسط و عدم مصرف قارچ و همچنین خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ در یک گروه آماری قرار داشت. در نهایت با بررسی برهمکنش سه جانبه سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا با توجه به مقایسه میانگین ها(جدول۴-۱)، بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک و مصرف قارچ به میزان ۱۰/۸۳ تن در هکتار بود. در صورتی که کمترین میزان عملکرد مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم پرایم با اسید سالیسیلیک و عدم مصرف قارچ به میزان ۴/۴۱ تن در هکتار مشاهده گردید که توانست میزان این صفت را۵۹ درصد نسبت به تیمارخاکورزی حداقل، عدم پیش تیمار بذر و عدم مصرف قارچ افزایش دهد.

حسین و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی تاثیر سیستم های خاکورزی حفاظتی و مرسوم بر عملکرد گندم اظهار کردند که در سال اول عملکرد بیشتر دانه در خاکورزی مرسوم به دلیل تماس بهتر بذر با خاک و جوانه زنی بهتر آنها بوده است. اما در سالهای بعد بهبود عملکرد دانه در روش خاکورزی حفاظتی دیده شد که دلیل آن فشردگی و تراکم کمتر خاک و تاثیر آن بر جوانه زنی مطلوب بذرها بیان گردید. اگر چه طی بررسی دیگری، عملکرد گیاهان جو و یولاف بدست آمده در روش مرسوم بیشتر از روش حفاظتی بود، اما میانگین کاهش عملکرد در سیستم های خاکورزی حفاظتی اندک بود که از نظر اقتصادی قابل

قبول می باشد (رلی و همکاران، ۲۰۰۵). در یک بررسی مشخص شد که عملکرد دانه به طور مشخصی در شخم مرسوم نسبت به سیستم بدون خاکورزی معنی دار بوده و بین کاربرد روی و نوع خاکورزی اثر متقابل معنی داری وجود دارد و عملیات رایج شخم باعث کاهش معنی دار خسارت علف های هرز می گردد (ماروات و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه ی ۴ ساله که توسط هالوورسون و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد، نشان داده شد که در روشهای مختلف خاکورزی با کاربرد کود نیتروژن عملکرد دانه ی ذرت به طور معنی داری افزایش یافت، به طوری که عملکرد دانه ذرت در خاکورزی متداول، شامل گاوآهن برگرداندار، بیشتر از تیمار بدون خاکورزی بود. در توجیه افزایش عملکرد ناشی از پرایمینگ همچنین، می توان به استقرار سریع و مطلوب گیاه و استفاده بیشتر آنها از عناصر غذایی، رطوبت خاک و تشعشع خورشیدی اشاره کرد (شکاری و همکاران، ۲۰۱۰). می توان اینگونه بیان داشت که وجود شرایط مناسب بستر کشت در خاکورزی رایج و استقرار یافتن سریع گیاه در بهره بردن از شرایط موجود با پیش تیمار بوسیله ی اسیدسالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا که باعث تقویت رشد، افزایش سطح جذب گیاه از جمله جذب عناصر غذایی و یونهای مورد نیاز، حفظ منابع فتوسنتز کننده در طول دوره رشدی، دریافت انرژی تابشی و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه شده، این عوامل در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه می گردد.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

جدول۴-۱- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه

سطوح خاکورزی	پیش تیمار بذر	همزیستی میکوریزا	عملکرد دانه (تن در هکتار)
خاکورزی رایج	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴/۸۶ ef
		کاربرد قارچ میکوریزا	۵/۷۰ def
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۶/۸۳ bcd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۰/۸۳ a
خاکورزی متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۶/۰۱ cde
		کاربرد قارچ میکوریزا	۵/۸۰ cdef
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۶/۹۳ bcd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۸/۱۰ b
خاکورزی حداقل	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴/۴۱ f
		کاربرد قارچ میکوریزا	۷/۲۶ bc
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۸/۰۱ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۶/۷۸ bcd

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۹- عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن است که کلیه منابع تغییر به جز اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × همزیستی قارچ میکوریزا معنی دار بودند (جدول پیوست۱). در بررسی سطوح مختلف خاکورزی مشخص گردید بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک(۲۴/۳۸۹ تن در هکتار) در تیمار خاکورزی

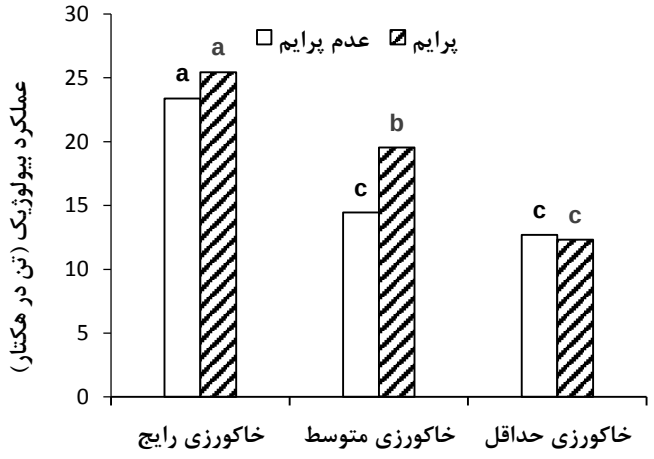
رایج و کمترین مقدار این صفت (۱۲/۵۱۳ تن در هکتار) در تیمار خاکورزی حداقل بدست آمد. نتایج این جدول نشان می دهد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در کاربرد جداگانه قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به ترتیب ۲۱/۰۱ و ۱۹/۰۹۱ بود که نسبت به عدم کاربرد قارچ و عدم پرایم بذر با اسید سالیسیلیک افزایش داشت(جدول پیوست ۳).

با توجه به مقایسه میانگین ها در اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × پیش تیمار بذر، ترکیب تیماری خاکورزی رایج و پیش تیمار بذر و ترکیب تیماری خاکورزی حداقل و پیش تیماربذر با عملکرد بیولوژیک ۲۵/۴۲ و ۱۲/۳۲ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند(شکل۴-۸).

شکل ۴-۹ با بررسی اثر متقابل پیش تیمار بذر× همزیستی قارچ میکوریزا مشخص گردید ترکیب تیماری پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا با ۲۳/۱۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک و تیمار عدم پیش تیمار بذر و عدم مصرف قارچ میکوریزا با ۱۴/۸۴ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را نشان داد. مقایسات میانگین (جدول۴-۲) مربوط به اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × پیش تیمار بذر × همزیستی قارچ میکوریزا نشان دادند که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک و مصرف قارچ به میزان ۲۸/۷۲ تن در هکتار بود، در صورتی که کمترین میزان این صفت مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک و عدم مصرف قارچ به میزان ۹/۲۰۰ تن در هکتار بود (جدول۴-۲). در واقع ترکیب تیماری خاکورزی رایج × پیش تیمار بذر × مصرف قارچ باعث افزایش ۲۸ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به ترکیب تیماری خاکورزی رایج و عدم پیش تیمار بذر و عدم مصرف قارچ گردیده، به نظر می رسد که همزیستی میکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک و اانتقال آب و مواد غذایی به اندام هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه دانست.

در مطالعه ای که بر روی گیاه نعناع انجام گرفت، مشخص گردید که تلقیح گیاه نعناع *(menthe piperata)* با قارچ میکوریزایی به طور قابل ملاحظه ایی عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه را

در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده افزایش داد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). باربوسا و همکاران (۱۹۸۶) گزارش نمودند که خاکورزی عمیق به طور معنی داری موجب افزایش عملکرد گیاه سویا شد. آنها افزایش ۲۰-۲۴ درصدی در عملکرد سویا به وسیله خاکورزی عمیق را به دلیل نفوذ عمیق تر ریشه جهت دستیابی بیشتر رطوبت و مواد غذایی خاک به ویژه در دوره خشک ۱۶ روز بعد از جوانه زنی دانستند. نتایج یک تحقیق ۵ ساله در منطقه ی گچساران که روی گیاه گندم انجام گرفت مشخص نمود که استفاده از تیمار شخم رایج (گاوآهن برگرداندار) دارای بیشترین تاثیر روی عملکرد بیولوژیک گیاه بود (رحیمی زاده، ۲۰۰۴). همچنین در تحقیقی که در مورد تاثیر خاکورزی روی عملکرد گیاه سویا انجام گرفت، مشخص نمود که خاکورزی رایج می تواند ۱۵ تا ۲۰ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به خاکورزی حداقل افزایش دهد (رجائی و همکاران، ۱۹۹۹).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک

شکل۴-۹- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا

جدول۴-۲- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک

سطوح خاکورزی	پیش تیمار بذر	همزیستی میکوریزا	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
خاکورزی رایج	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۰/۴۶ c
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۶/۲۹ ab
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۲/۱۲ c
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۸/۷۲ a
خاکورزی متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۴/۱۲ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۴/۷۵ d
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۳/۶۶ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۵/۴۰ b
خاکورزی حداقل	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۹/۹۵ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۵/۴۵ d
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۹/۲۰ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۵/۴۴ d

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۰-کلروفیل a وb

کلروفیل ها مهم ترین رنگدانه های جذب کننده ی نور در غشاهای تیلاکوئیدی کلروپلاست می باشند. سنتز کلروفیل یکی از فرآیندهای بسیار حساس گیاه به شمار می آید. نتایج جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست۲) در مورد صفت کلروفیل a و b نشان داد که علاوه بر معنی دار شدن اثرات اصلی پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح($p \leq ۰/۰۱$) اثر متقابل پیش تیمار بذر × کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد نیز تأثیر معنی دار بر صفت کلروفیل a و b گیاه ذرت گذاشته است. بررسی نتایج

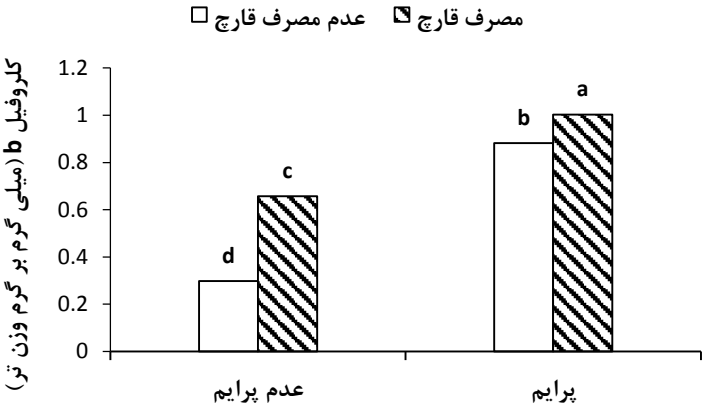
حاصل از تحقیق نشان داد که کاربرد جداگانه قارچ میکوریزا و پرایم با اسید سالیسیلیک میزان کلروفیل a را به ترتیب به مقدار ۲۲/۹۷ و ۵۰/۹۴ درصد نسبت به عدم قارچ میکوریزا و عدم پرایم با اسید سالیسیلیک افزایش داد(جدول پیوست ۴).

بر اساس مقایسه میانگین تیمارها در مورد صفت کلروفیلa ، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا دارای بیش ترین تأثیر روی صفت کلروفیل a به میزان ۱/۰۷۲ میلی گرم بر گرم وزن تر بود که ۶۴/۱۷ درصد نسبت به عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا افزایش داشت، این در حالی است که کمترین میزان این صفت در حالت عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به مقدار۰/۳۸۴میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده گردید(شکل۴-۱۰). بررسی نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که کاربرد جداگانه قارچ میکوریزا و پرایم با اسید سالیسیلیک میزان کلروفیل b را به ترتیب به مقدار ۳۰/۱۷ و ۵۰/۲۰ درصد نسبت به عدم قارچ میکوریزا و عدم پرایم با اسید سالیسیلیک افزایش داد(جدول پیوست۲). بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در رابطه با صفت کلروفیل b نشان داد که پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا دارای بیش ترین تأثیر روی صفت کلروفیلb به میزان ۱/۰۳۳ میلی گرم بر گرم وزن تر بود، این در حالی است که کمترین میزان کلروفیلb در حالت عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به مقدار۰/۲۹۷ مشاهده گردید(شکل۴-۱۱).

به طور کلی هر چه شرایط تغذیه ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات وبیماری ها برای رشد گیاه مناسب تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگها و تولید انرژی بیشتر می شود. از این رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می شوند، احتمالا بر میزان کلروفیل نیز اثر دارند. شایان ذکر است که میزان کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه نیز بستگی دارد و بسته به خصوصیات ژنتیکی هر واریته، غلظت کلروفیل در برگ ها تغییر می نماید (دمیر، ۲۰۰۴). تاسانگ و مایوم (۱۹۹۹) گزارش کردند که گیاه *Strophostyles helvala* تلقیح شده با گونه *G.mosseae* به طور معنی داری وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشت. از آنجا که قارچ های میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می کنند، می توانند سنتز کلروفیل

را افزایش دهند (گیری و همکاران،۲۰۰۲). هم زیستی میکوریزایی موجب افزایش غلظت کلروفیل در گیاه میزبان می شود، به طوری که در گیاه لوبیا تلقیح شده با قارچ میکوریزا که توسط آب شور دریا آبیاری شده است، غلظت کلروفیل در تمام تیمارهای آبیاری از گیاهان شاهد غیر میکوریزایی بیشتر بوده است (رئیسی و قول لرعطا، ۲۰۰۶). به نظر می رسد سالیسیلیک اسید با افزایش میزان کلروفیل در برگهایی که در آغاز فرآیند پیری هستند، سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشدی شدند. در گزارشی مشخص گردید که اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه عدسک آبی *Spirodela Polyrhiza* شد (پوپووا و همکاران، ۱۹۹۷). در یک بررسی که توسط جمعی از محققین انجام شد، در گیاه ذرت مشاهده شد که تلقیح ذرت با *G.mossea* سنتز کلروفیل در گیاه را بهبود بخشید و فتوسنتز گیاه را افزایش داد. آنها علت این امر را به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان تلقیح شده با میکوریزا نسبت داده اند (تانگ و همکاران، ۲۰۰۹). سالیسیلیک اسید بسته به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای آثار دو گانه ای است، اما در غلظت های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، از دستگاه فتوسنتزی حمایت کند (بلخادی و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهشی در مورد گیاه رازیانه کاپور و همکاران(۲۰۰۴) دریافتند که کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری بر میزان کلروفیل a و b رازیانه دارد. همچنین در گیاه فلفل تلقیح شده با قارچ های میکوریزا، کلروفیل a و b بطور معنی داری نسبت به گیاهانی که با میکوریزا تلقیح نشده اند افزایش نشان داد (دمیر، ۲۰۰۴). در مورد گیاه لوبیا نیز کاربرد قارچ میکوریزا میزان کلروفیل کل گیاه را افزایش داد (پارسا مطلق، ۱۳۹۰). شکاری و همکاران (۱۳۸۹) بر اساس نتایج تحقیقات خود اعلام کردند که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش غلظت کلروفیل b در هر دو حالت نرمال و تنش خشکی نسبت به بذرور پیش تیمار نشده، نشد.

شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا

۴-۱۱- میزان کارتنوئید

علاوه بر کلروفیل ها غشاءهای تیلاکوئیدی دارای رنگدانه های جذب نور ثانویه(رنگدانه های فرعی) یعنی کارتنوئیدها هستند. نتایج تجزیه واریانس(جدول ۴-۲) نشان می دهد که اثرات اصلی خاکورزی، میکوریزا و پیش تیمار بذر در سطح ($p \leq ۰/۰۱$)، همچنین اثر متقابل سه گانه سطوح مختلف خاک ورزی × همزیستی قارچ میکوریزا × پیش تیمار بذر در سطح ($p \leq ۰/۰۵$) توانست میزان کارتنوئید را به طور معنی داری تغییر دهد. بررسی نتایج جدول پیوست نشان داد که بیشترین میزان کارتنوئید در اثرات ساده خاکورزی رایج، پرایم با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا به ترتیب ۱/۴۸۹، ۱/۴۹۴

و ۱/۴۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر بود(جدول پیوست ۴). با توجه به داده های حاصل از مقایسه میانگین(جدول۴-۳) در ترکیب تیماری کاربرد توام سطوح مختلف خاکورزی، همزیستی قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذر، بیشترین میزان کارتنوئید مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک و مصرف قارچ میکوریزا به میزان ۱/۹۷۴ میلی گرم بر گرم وزن تر بود، در صورتی که کمترین میزان کارتنوئید مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم پرایم با اسید سالیسیلیک و عدم مصرف قارچ به مقدار۱/۰۲۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده گردید.

آل تایپ(۲۰۰۵) از افزایش معنی دار محتوای کلروفیلی و کارتنویئدی در شرایط محلول پاشی اسید سالیسیلیک در گیاه جو گزارش داد، او نتیجه ی این امر را افزایش سرعت فتوسنتز دانسته است. کاپور و همکاران (۲۰۰۴) در مورد گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) دریافتند که کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری بر میزان کارتنوئید رازیانه دارد. محققان گزارش کردندکه اسید سالیسیلیک باعث فعال شدن تولید ترکیبات کارتنوئیدی و زانتوفیل در گیاهچه های گندم می شود (موهارکار و همکاران، ۲۰۰۳). می توان اینگونه بیان داشت که وجود شرایط مناسب بستر کشت در خاکورزی رایج و استقرار یافتن سریع گیاه در بهره بردن از شرایط موجود با پیش تیمار بوسیله ی اسیدسالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا که باعث تقویت رشد و افزایش سطح جذب گیاه شده، این عوامل در نهایت سبب افزایش تراکم رنگدانه ها در واحد سطح برگ شده و محتوای کارتنوئید گیاه را افزایش می دهد.

جدول۴-۳- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر کارتنوئید

سطوح خاکورزی	پیش تیمار بذر	همزیستی میکوریزا	کارتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)
خاکورزی رایج	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۱۸۹[de]
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۲۹۵[cd]
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۴۹۷[b]
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۹۷۴[a]
خاکورزی متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۱۲۱[de]
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۲۵۷[cd]
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۴۱۶[bc]
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۴۴۵[bc]
خاکورزی حداقل	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۰۲۸[e]
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۱۹۱[de]
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۲۱۹[d]
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۴۱۴[bc]

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۲- پروتئین دانه

نیتروژن یکی از اجزای تشکیل دهنده ی پروتئین است. میزان پروتئین با غلظت نیتروژن در بافتهای گیاه ارتباط مستقیم یا غیر مسقیم دارد، بعلاوه نیتروژن در ساختمان مولکول کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک و بسیاری از اجزای پروتوپلاسم سلول گیاه شرکت دارد(مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹؛ سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۲). بر اساس اطلاعات بدست آمده از جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست۲) اثرات اصلی پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح($p \leq ۰/۰۱$) و اثر متقابل پیش تیمار بذر× کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) تأثیر معنی دار بر صفت پروتئین دانه در گیاه ذرت داشته است. بررسی نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که کاربرد جداگانه قارچ میکوریزا و پرایم با اسید سالیسیلیک میزان پروتئین دانه را به ترتیب به مقدار ۳/۷۵ و ۶/۳۱ درصد نسبت به عدم قارچ میکوریزا و عدم پرایم با اسید سالیسیلیک افزایش داد(جدول پیوست۴). بر اساس مقایسه میانگین ها تیمارها(شکل۴-۱۲)، ترکیب تیماری پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۱۲/۳۰ درصد دارای بیش ترین تأثیر بر صفت پروتئین دانه بود، این در حالی است که کمترین میزان پروتئین دانه در حالت عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۲/۲۴۳ درصد بدست آمد. کاربرد قارچ میکوریزا

همراه با پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش پروتئین دانه به میزان ۱۰/۰۶درصد نسبت به تیمار عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردید.

کاپور و همکاران (۲۰۰۴) در مورد گیاه رازیانه *(Foeniculum vulgare)* دریافتند که کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری بر میزان پروتئین این گیاه دارد. کومار و دوب (۱۹۹۹) نیز افزایش مقدار پروتئین های دانه های سویا تحت تیمار با اسید سالیسیلیک را گزارش کردند. در بذرهای پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک، افزایش متابولیسم پروتئین ها و RNA مشاهده شد (خان، ۱۹۹۲).

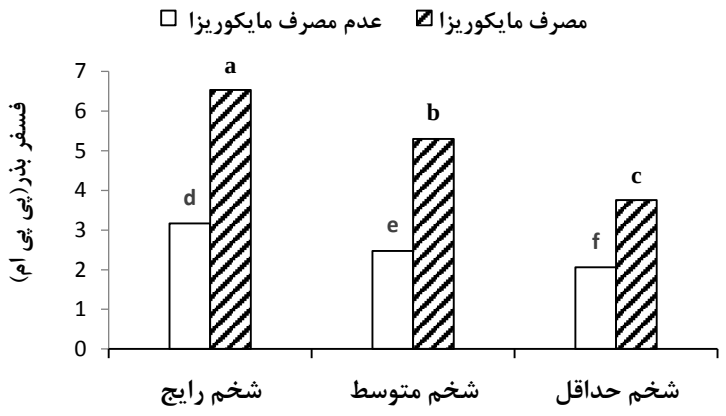
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا

۴-۱۳- فسفربذر

بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست ۲) این تحقیق بر صفت فسفر بذر حاکی از معنی دار بودن اثرات اصلی خاکورزی و تلقیح قارچ میکوریزا و اثر متقابل خاکورزی × قارچ میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) درصد بود. در رابطه با اثر ساده خاکورزی، بیشترین مقدار فسفر بذر(۴/۸۴۸ پی پی ام) مربوط به خاکورزی رایج و کمترین(۲/۹۰۸ پی پی ام) مربوط به خاکورزی حداقل بود، همچنین کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش ۵۰/۵۶ درصدی فسفر بذرنسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردید(جدول پیوست ۴). بررسی نتایج شکل۴-۱۳ نشان داد که بیشترین میزان فسفر بذر مربوط به

ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت مصرف قارچ میکوریزا به میزان ۶/۵۳۰ پی پی ام بود، به طوریکه این ترکیب تیماری توانست ۵۱/۵۳ درصد فسفر بذر را نسبت به مقدار خاکورزی رایج و عدم کاربرد قارچ میکوریزا افزایش دهد، و از طرفی کمترین میزان این صفت در ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا به مقدار ۲/۰۶۵ پی پی ام مشاهده گردید.

رابطه همزیستی بین قارچ میکوریزای آرباسکولار و ریشه های گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می دهد(آگه، ۲۰۰۱). این واکنش های مثبت ایجاد شده توسط همزیستی میکوریزای آرباسکولار را به افزایش جذب یونهای کم تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر توسط قارچ میکوریزا آرباسکولار و انتقال آنها به گیاه میزبان نسبت می دهند (لیو و همکاران،۲۰۰۰). پژوهش کاپور و همکاران(۲۰۰۴) نیز بیانگر همین مطلب است. آنها در تحقیق خود نشان دادند که میانگین غلظت فسفر در تلقیح رازیانه با دو گونه AM (۱/۶۲ درصد) به نحوی بارزی نسبت به تیمار شاهد(۱/۱۵ درصد) بیشتر بود. محققان یاد شده دریافتند که همزیستی میکوریزا از طریق بهبود گسترش هیف های قارچ در منافذ خاک به طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره ی رویشی رازیانه شد و متعاقب آن با افزایش وزن خشک گیاه سبب بهبود غلظت فسفر در دانه رازیانه شد. یافته های رئیسی و قول لرعطا(۲۰۰۶)، توسینت و همکاران(۲۰۰۷)، آیلباس و ساهین (۲۰۰۵) و شاکلی و همکاران(۲۰۰۴) به ترتیب در گیاه شبدر برسیم، ریحان، سویا و شبدر در خصوص افزایش غلظت فسفر گیاهان یاد شده در همزیستی میکوریزا با نتیجه ی پژوهش حاضر مطابقت دارد. محمد و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردنند که تلقیح جو با *Glomus intraradices* سبب افزایش غلظت فسفر بوته ها شد. ناظری اردکانی(۱۳۸۲) گزارش کرد که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا به میزان ۱۵۳ درصد، غلظت فسفر بالاتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین فسفر بذر تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

۴-۱۴- شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی که روی آن سایه می اندازد. چون تشعشع خورشیدی به طور یکنواختی روی سطح زمین پخش می شود لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آنها قابل دسترس می باشد. افزایش در شاخص سطح برگ سبب افزایش در فتوسنتز می شود و در نتیجه عملکرد ماده خشک و دانه نیز بیشتر خواهد بود. شاخص سطح برگ مطلوب از مهمترین عوامل موثر در میزان عملکرد دانه است. اگر شاخص سطح برگ در زمان کوتاهتری به سطح مطلوب برسد، حداکثر عملکرد دانه حاصل می شود. نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست ۲)، بیانگر آنست که شاخص سطح برگ تحت تاثیر اثر اصلی انواع سیستم های خاکورزی، پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ و اثرمتقابل دو گانه سطوح مختلف خاک ورزی × همزیستی قارچ میکوریزا و اثر متقابل سه گانه سطوح مختلف خاک ورزی × همزیستی قارچ میکوریزا × پیش تیمار بذر قرار گرفت. بدین صورت که اثرات اصلی پیش تیمار بذور وتلقیح میکوریزا و اثر متقابل سه گانه سطوح مختلف خاکورزی × همزیستی قارچ میکوریزا × پیش تیمار بذر در سطح احتمال یک درصد و سطوح مختلف خاکورزی و اثرمتقابل دو گانه سطوح مختلف خاکورزی × همزیستی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص سطح برگ معنی دار شد. بررسی نتایج جدول

پیوست نشان داد که بیشترین میزان شاخص سطح برگ در اثرات ساده خاکورزی رایج، پرایم با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا به ترتیب ۳/۱۲۳، ۳/۴۵۹ و ۳/۶۲۹ بود(جدول پیوست۴). در شکل۴-۱۴ ملاحظه می شود که در مورد اثرمتقابل دو گانه سطوح مختلف خاکورزی در حالت همزیستی قارچ میکوریزا، بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۴/۰۹۸) مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج با مصرف قارچ میکوریزا توانست مقدار این صفت را نسبت به خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ میکوریزا، به میزان ۴۷/۵۸ درصد افزایش دهد. شایان ذکر است که این سطح با ترکیب تیماری خاکورزی متوسط با مصرف قارچ میکوریزا از نظر آماری اختلاف معنی داری نشان نداد. کمترین میزان شاخص سطح برگ(۱/۹۹۸) مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم همزیستی قارچ میکوریزا مشاهده گردید. برهمکنش سه جانبه ی خاکورزی × پرایم با اسید سالیسیلیک × کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر مثبتی بر افزایش شاخص سطح برگ داشت تا جائیکه در این اثر متقابل تیمارها بیشترین شاخص سطح برگ(۵/۰۴) حاصل از ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک با کاربرد قارچ میکوریزا بود که ۶۷/۹۱ درصد نسبت به خاکورزی رایج و عدم پرایم و عدم مصرف قارچ میکوریزا افزایش نشان داد. کمترین میزان این صفت (۱/۳۲۰) در ترکیب تیماری خاکورزی حداقل در حالت عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ مشاهده گردید(جدول ۴-۴).

به نظر می رسد در گیاهانی که بذر آنها با اسید سالیسیلیک پرایم می شود، به دلیل بهبود و افزایش سرعت سبز کردن و در نهایت گسترش سریع سطح برگی، گیاهان می توانند به صورت بهینه تری از تشعشعات خورشیدی بهره گیرند. نتیجه این که پیش تیمار موجب افزایش سطح برگ و فتوسنتز در گیاه مورد نظر می گردد. از طرفی می توان گفت اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش سطح برگ می شود. افزایش میزان فتوسنتز بر اثر کاربرد اسید سالیسیلیک توسط فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) در گیاه خردل گزارش شده است. از طرفی می توان گفت که افزایش شاخص سطح برگ در خاکورزی رایج می تواند نتیجه ی شرایط بهینه بستر بذر و تکمیل پوشش گیاهی با سرعت بیشتر و در زمان کمتر باشد. گونس و همکارانش (۲۰۰۵) در آزمایش

خود روی گیاهچه های ذرت گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش سطح برگ گیاهچه های در معرض تنش می شود. میر صادقی و همکاران(۱۳۸۹) گزارش کردند که کمبود آب باعث کاهش معنی داری در سطح برگ کلزا گردید ولی تیمار با سالیسیلیک موجب تخفیف این اثرات و افزایش سطح برگ شد.

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

جدول۴-۴- تأثیر سه جانبه خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ

سطوح خاکورزی	پیش تیمار بذر	همزیستی میکوریزا	شاخص سطح برگ
خاکورزی رایج	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۶۱۷ c
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳/۱۵۷b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۶۸۰ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۵/۰۴۰ a
خاکورزی متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۸۲۷ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳/۱۶۳ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳/۱۲۰ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴/۵۸۰ a
خاکورزی حداقل	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱/۳۲۰ c
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳/۱۸۰ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۶۷۷b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۶۵۷b

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۵- محتوای نسبی آب برگ

از نتایج تجزیه واریانس(جدول پیوست۲) چنین استنباط می شود که اثرات اصلی پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح($p \leq ۰/۰۱$) و اثر متقابل پیش تیمار بذر × کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) نیز تأثیر معنی دار بر صفت محتوای نسبی آب برگ داشته است. بیشترین مقدار مجتوای نسبی آب برگ در تیمار مصرف قارچ ۸۸ درصد و کمترین آن به میزان ۶۵ درصد در تیمار عدم مصرف قارچ محاسبه شد. در مورد اثر اصلی اسید سالیسیلیک بیشترین (۸۲ درصد) میزان این صفت درتیمار پرایم بذر با اسید سالیسیلیک و کمترین آن (۷۱ درصد) در تیمار عدم پرایم بذر با اسید سالیسیلیک بود (جدول پیوست ۸). کاربرد جداگانه قارچ میکوریزا و پرایم با اسید سالیسیلیک محتوای نسبی آب برگ را به ترتیب به مقدار ۲۵/۶۷و ۱۳/۳۱ درصد نسبت به شاهد(عدم قارچ میکوریزا و عدم پرایم با اسید سالیسیلیک) افزایش داد(جدول پیوست ۵). اطلاعات بدست آمده از مقایسه میانگین تیمارها (شکل۴-۱۵) حاکی از آنست که پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا دارای بیش ترین تأثیر به میزان ۹۱/۸۴ درصد روی این صفت بوده، این در حالی است که کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ در حالت عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا به مقدار ۵۸/۲۱ درصد بدست آمده است. می توان اینگونه بیان کرد که پیش تیمار با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش صفت مورد بررسی به میزان۳۳/۶۳درصد نسبت به تیمار عدم پرایم و عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردید.

به نظر می رسد که تلقیح گیاهان با میکوریزا به دلیل بهبود و افزایش سیستم ریشه ای گیاه توانسته باعث جذب بهتر آب توسط گیاه گردد که درنتیجه ی آن افزایش محتوای نسبی آب برگ صورت می گیرد، از طرفی گیاه پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک به دلیل استقرار بهتر و سریعتر نسبت به دیگر گیاهان که بذور آنها پیش تیمار نشده قوی تر بوده و توانایی بیشتری در جذب آب داشته اند. محتوای رطوبت به میزان دسترسی گیاه به آب و توانایی گیاه در تنظیم حرکات روزنه ای، همچنین تنظیم اسمزی بستگی دارد. هیف های میکوریزا می توانند وارد منافذ بسیار ریزی شوند که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نبوده و بدین ترتیب باعث افزایش میزان جذب آب شوند (تیسدال، ۱۹۹۱). سینگ

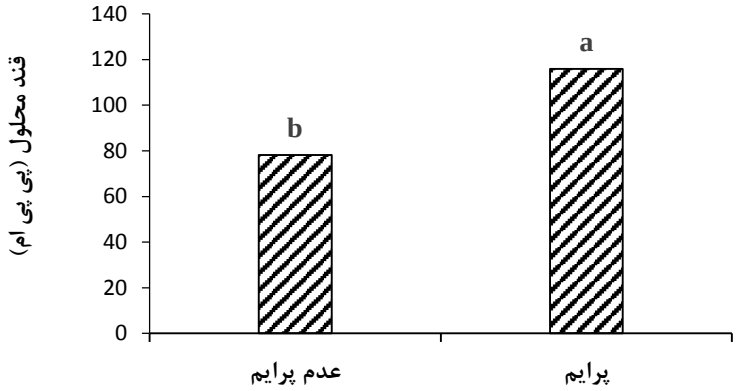
و اوشا (۲۰۰۳) بیان کردند که بذور گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک(۳-۱ میلی مول) محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش نشان می دهد. طی تحقیقی مشخص گردید که قارچ های میکوریزایی می توانند به طور مسقیم باعث بهبود تغذیه گیاهان از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه گردد (فنگ و همکاران، ۲۰۰۲). قارچ های میکوریزا بر روابط آبی گیاه نیز تاثیر می گذارند، بدین صورت که این قارچ با تاثیر برمیزان آب بافتهای گیاه وتبادلات گازی برگ ها، سبب افزایش میزان آب موجود در بافتهای گیاهی می شوند و از سوی دیگر تبخیر و تعرق را نیز کاهش می دهد (آگه، ۲۰۰۱).

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و. قارچ میکوریزا

۴-۱۶- قند محلول

نتایج تجزیه واریانس صفت قند محلول نشان داد که اثر اصلی پیش تیمار بذر در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد در صورتیکه اثرات متقابل هیچ گونه اثر معنی داری نشان ندادند(جدول پیوست ۲). پیش تیمار بذور توانست اثر معنی داری بر صفت قند محلول داشته باشد بدین صورت که بیشترین میزان قند محلول به مقدار۱۱۵/۵۸۱ پی پی ام زمانی بدست آمد که بذور با اسید سالیسیلیک پرایم شدند و در حالت عدم پرایم بذور با اسید سالیسیلیک میزان قند محلول ۷۸/۲۱۴ پی پی ام بدست آمد (شکل۴-۱۶).

سالیسیلیک اسید تقریبا بر اکثر واکنش های متابولیسمی گیاه تاثیر می گذارد و موجب تغییراتی در آنها می شود. این تغییرات اغلب به صورت سازش هایی است که میزان تحمل و سازگاری گیاهان را در مقابل عوامل محیطی افزایش می دهد (متوالی و همکاران، ۲۰۰۳). پوپووا و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که اسید سالیسیلیک اسید باعث تاخیر در کاهش مقدار رنگیزه های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی شده است، بنابراین به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه های فتوسنتزی و احتمالا باحفظ ساختار و فعالیت روبیسکو باعث افزایش قندها می شود. در تایید نتایج بدست آمده در یک تحقیق که در مورد تاثیر اسیدسالیسیلیک بر میزان قند در گیاه ماش صورت گرفت مشخص گردید که اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان قند محلول، نشاسته و فنول در گیاه می شود (آناندهی و رامانوجام، ۱۹۹۷).



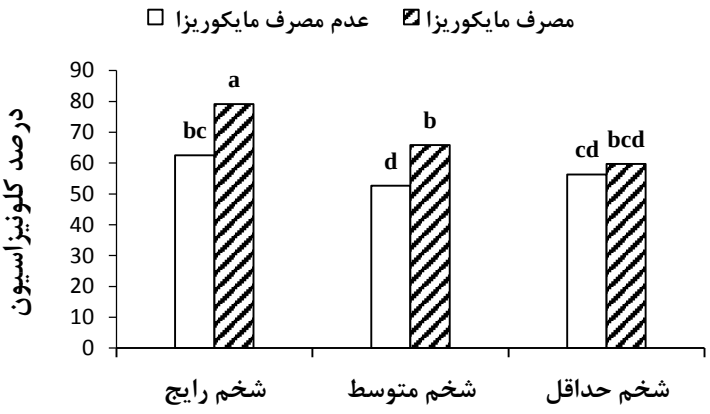
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر اصلی اسید سالیسیلیک برقند محلول

۴-۱۷- درصدکلونیزاسیون

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست ۲) اثرات اصلی خاکورزی، پیش تیمار بذر و همزیستی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) و اثر متقابل روش های مختلف خاکورزی و میکوریزا تاثیر معنی داری درسطح ($p \leq ۰/۰۵$) بر میزان درصد کلونیزاسیون نشان داد. بررسی نتایج جدول پیوست نشان داد که بیشترین میزان درصد کلونیزاسیون در اثرات ساده خاکورزی رایج، عدم

پرایم با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا به ترتیب۷۰/۸۳، ۷۲/۳۳ و ۶۸/۲۲ بود(جدول پیوست ۵). با توجه به مقایسه میانگین های به دست آمده بیشترین میزان درصد کلونیزاسیون مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت مصرف قارچ میکوریزا به میزان ۷۹/۱۷درصد بود که توانست مقدار این صفت را ۱۶/۶۷ درصد نسبت به خاکورزی رایج و عدم مصرف قارچ میکوریزا افزایش دهد. در حالی که کمترین میزان درصد کلونیزاسیون مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی متوسط در حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا به مقدار ۵۲ درصد مشاهده گردید، اگر چه از نظر آماری با خاکورزی در حالت مصرف و عدم مصرف میکوریزا در یک گروه قرار گرفت (شکل۴-۱۷).

ساسانلی و همکاران (۲۰۰۹) درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با میکوریزا *G.mosseae* را حدود ۵/۹۴ درصدگزارش کردند. در پژوهشی که روی گیاهان دارویی شوید و نوعی زیره انجام شده بود، ملاحظه گردید که کاربرد دو گونه قارچ AM به طور قابل توجهی درصد کلونیزاسیون ریشه و بیوماس گیاهان مذکور را بهبود بخشید (کاپور و همکاران، ۲۰۰۲).



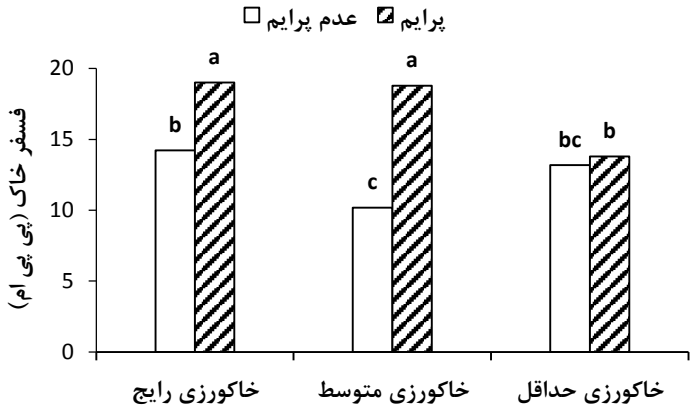
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

۴-۱۸- فسفر قابل جذب خاک

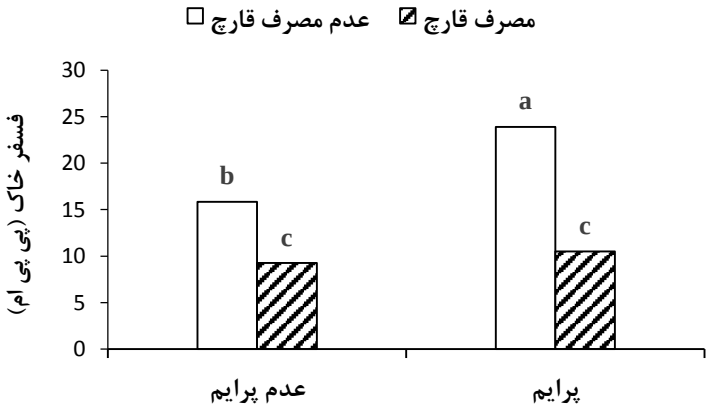
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس(جدول پیوست۲) اثرات اصلی پیش تیمار بذر و همزیستی قارچ میکوریزا و اثرات متقابل سطوح مختلف خاکورزی × پیش تیمار بذر و همچنین اثر پیش تیمار بذر × مصرف قارچ تاثیر معنی داری درسطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) بر میزان فسفر قابل جذب خاک نشان داد. در رابطه با اثر ساده پیش تیمار بذر با اسیدسالیسیلیک بیشترین مقدار فسفر قابل جذب خاک (۱۷/۱۹۸پی پی ام) مربوط به حالت پرایم با اسیدسالیسیلیک وکمترین (۱۲/۵۳۲پی پی ام) مربوط به حالت عدم پرایم با اسیدسالیسیلیک بود، همچنین کاربرد قارچ میکوریزا سبب کاهش ۵۰/۲۷ درصدی فسفر قابل جذب خاک نسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردید (جدول پیوست ۵). بر اساس مقایسه میانگین ها در مورد اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر، بیشترین میزان فسفر قابل جذب خاک (۱۹/۰۱ پی پی ام) مربوط به ترکیب تیماری خاکورزی رایج در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک بود، اگر چه از نظر آماری با خاکورزی متوسط در حالت پرایم با اسید سالیسیلیک در یک گروه قرار گرفت، در صورتی که کمترین میزان فسفر قابل جذب خاک(۱۰/۱۹ پی پی ام) مربوط به خاکورزی متوسط در حالت عدم پرایم مشاهده گردید، به طوریکه مقدار فسفر قابل جذب خاک در شرایط شخم رایج و پرایم با اسید سالیسیلیک ۲۵/۱۹ درصد افزایش نسبت به خاکورزی رایج در حالت عدم پرایم با اسید سالیسیلیک را در پی داشت (شکل۴-۱۸).

رشد گیاه، فرآیند پویایی در دوره زندگی گیاه است که تابع عوامل متعددی مانند قابلیت دسترسی عناصر غذایی، عوامل رشد و شرایط محیطی است. غلظت عناصر غذایی در هر گیاه به غلظت قابل استفاده این عناصر در خاک بستگی دارد. از سوی دیگر، مراحل رشد و توسعه گیاه بر غلظت عناصر مختلف از جمله فسفر در گیاه اثر می گذارد(شودرا و شودرا، ۲۰۰۴). در ادامه با بررسی اثر متقابل پیش تیمار بذر و مصرف قارچ، مشخص شد که بیشترین میزان فسفر قابل جذب خاک (۲۳/۸۹ پی پی ام) مربوط به پرایم با اسید سالیسیلیک در حالت عدم مصرف قارچ بود در صورتی که کمترین میزان فسفر

قابل جذب خاک(۹/۲۴ پی پی ام) مربوط به عدم پرایم با اسید سالیسیلیک در حالت مصرف قارچ میکوریزا که کاهش ۴۱/۵۹ درصدی نسبت به شاهد(عدم پرایم با اسید سالیسیلیک در حالت عدم مصرف قارچ)را در بر داشت. در آزمایش دیگری، رابطه غلظت فسفر بخش هوایی هویج و فسفر قابل استفاده خاک در دو مرحله رشد شامل ۴ هفته و ۱۲ هفته بعد از شروع رشد و جوانه زنی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو مرحله رشد، با افزایش غلظت فسفر قابل دسترس خاک به تدریج غلظت فسفر گیاه نیز زیاد شده است (پتیپاس، ۲۰۰۴) (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و پرایم با اسید سالیسیلیک



شکل۴-۱۹- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر ترکیب تیماری پرایم با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا

۴-۱۹- وزن مخصوص ظاهری خاک

بر اساس تجزیه واریانس داده ها روشهای مختلف خاکورزی تاثیر معنی داری در سطح احتمال ($p \leq ۰/۰۱$) بر وزن ظاهری خاک به جای گذاشتند(جدول پیوست۲). بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین میزان وزن ظاهری خاک در حالت خاکورزی حداقل به میزان ۲/۷۰۹ و کمترین میزان در حالت خاکورزی رایج به مقدار۱/۴۲۱ بدست آمده بود (شکل۴-۲۰).

از آنجا که رابطه وزن مخصوص ظاهری با خلل و فرج خاک، معکوس است، اجرای خاکورزی فشرده با زیر و کردن و برهم زدن خاک موجب ایجاد تخلل و بهبود وزن ظاهری خاک در مقایسه با خاکورزی های متوسط و حداقل شده است. پژوهش های صورت گرفته نیز موید این مطلب است که اعمال خاکورزی رایج، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک را در مقایسه با نظام بدون خاکورزی به دنبال داشت (وین، ۲۰۰۳). اگرچه بکارگیری نظام های خاکورزی حداقل در بوم نظام های زراعی مزایایی را برای خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاهان به همراه دارد، ولی نتایج برخی مطالعات نشان دهنده ی این است که اعمال خاکورزی حداقل می تواند به علت افزایش وزن مخصوص ظاهری و کاهش محتوای اکسیژن خاک و اختلال در تنفس ریشه ها کاهش نسبی عملکرد را به دنبال داشته باشد (شارانت، ۱۹۹۶). در تحقیقی، محققین گزارش کردند که وزن ظاهری خاک در سیستم های خاکورزی رایج (گاوآهن برگرداندار) در مقایسه با روش بی خاکورزی کمتر بوده و بین تیمارهای خاکورزی نیز متفاوت است (بی خاکورزی> گاوآهن قلمی> گاوآهن برگردان دار) (ایلیس و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین در طی یک تحقیق مشخص شد که خاکورزی عمیق با استفاده از گاوآهن برگرداندار به طور معنی داری باعث کاهش مقاومت خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک شد (باربوسا و همکاران، ۱۹۸۶).

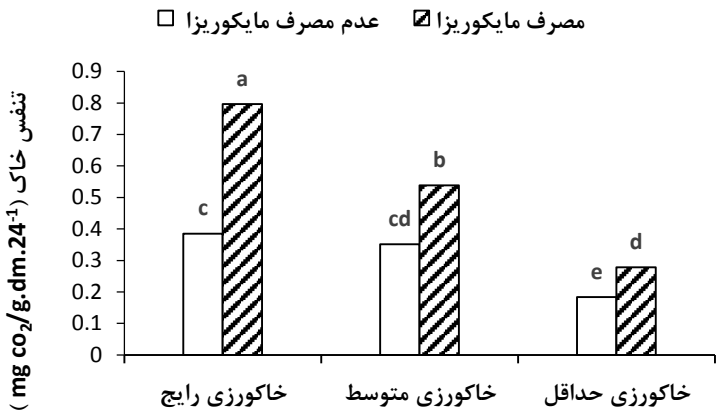
شکل۴-۲۰- مقایسه میانگین سطوح مختلف خاکورزی بر میزان وزن ظاهری خاک

۴-۲۰- تنفس خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس(جدول پیوست ۲) نتایج آزمایشی نشان داد که اثرات اصلی خاکورزی و تلقیح قارچ میکوریزا و اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی × قارچ میکوریزا در سطح احتمال (۰/۰۱≥ p) روی تنفس خاک معنی دار گردیده است. در رابطه با اثر ساده خاکورزی بیشترین مقدار تنفس خاک(۰/۵۹ $mg\ co_2/g.dm.24^{-1}$) مربوط به خاکورزی رایج و کمترین(۰/۲۳۱ $mg\ co_2/g.dm.24^{-1}$) مربوط به خاکورزی حداقل بود، همچنین کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش ۴۲/۹۳ درصدی تنفس خاک نسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریزا گردید(جدول پیوست ۹). با توجه به مقایسه میانگین تیمارها (شکل۴-۲۱) مشاهده شد که اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی و کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر بسزایی بر میزان تنفس خاک دارد به طوری که بیشترین میزان تنفس خاک در ترکیب تیماری خاکورزی رایج و کاربرد قارچ به میزان ۰/۷۹ ($mg\ co_2/g.dm.24^{-1}$) و کمترین میزان تنفس خاک ۰/۱۸۳ mg) ($co_2/g.dm.24^{-1}$) در ترکیب تیماری خاکورزی حداقل و عدم کاربرد میکوریزا مشاهده شد.

به نظر می رسد که کاربرد شخم رایج به دلیل بهبود تهویه و تخلخل خاک و کاربرد کودهای بیولوژیک مانند قارچ های میکوریزا با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی از طریق افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها می تواند تنفس خاک را افزایش دهد. در طی تحقیقی پژوهشگران به این نتیجه

رسیدند که کاربرد کودهای بیولوژیک موجب افزایش تجمع دی اکسید کربن در مقایسه با شاهد خاک در طی ۴۸ ساعت گردید (پیوترواسکا و همکاران، ۲۰۱۲). از طرفی تحقیقات محققین اثر مثبت استفاده از کودهای بیولوژیک را روی تنفس خاک تایید کرد (دینش و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین تنفس خاک تحت تاثیر ترکیب تیماری سطوح مختلف خاکورزی و قارچ میکوریزا

نتیجه گیری:

نتایج تجزیه واریانس این بررسی بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف عملیات خاکورزی بر صفات عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، وزن صد دانه، تنفس خاک، فسفر بذر، شاخص سطح برگ و درصد کلونیزاسیون بود. طبق نتایج تیمار خاکورزی رایج توانست مقدار صفات فوق را در مقایسه با تیمارهای خاکورزی حداقل و متوسط افزایش دهد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، کلروفیل a و b، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین دانه، شاخص سطح برگ و درصد کلونیزاسیون تحت تأثیر پیش تیمار بذر قرار گرفتند و اعمال پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک سبب افزایش در صفات فوق شد. همچنین همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه ذرت سبب افزایش معنی‌دار صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه، پروتئین دانه، فسفربذر، شاخص سطح برگ، کلروفیل a و b، تنفس خاک، محتوای نسبی آب برگ و درصد کلونیزاسیون شد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر صفات عملکرد دانه، صفت عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سطوح مختلف عملیات خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات عملکرد دانه، وزن صددانه، فسفر بذر، شاخص سطح برگ، تنفس خاک و درصد کلونیزاسیون بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات عملکرد دانه، کلروفیل a و b، محتوای نسبی آب برگ و پروتئین دانه معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف عملیات خاکورزی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا روی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار شد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک توانست عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته را به ترتیب ۵۱/۵۳ و ۲۶/۱۷ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. همچنین ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک توانست عملکرد دانه گیاه ذرت را ۵۶/۱۹ درصد و تنفس خاک را به میزان ۷۶ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش درصدکلونیزاسیون

۱۷ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی متوسط+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. همچنین ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش ۴۴/۵۳ درصدی در مقدار عملکرد دانه نسبت به ترکیب تیماری خاکورزی رایج + عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. بعلاوه، ترکیب تیماری خاکورزی رایج + تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش در مقادیر صفات وزن صد دانه، فسفر بذر و شاخص سطح برگ به ترتیب به میزان ۴۲/۰۸ و ۶۸/۴۵ و ۴۷ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. همچنین ترکیب تیماری + پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک + تلقیح قارچ میکوریزا توانست صفات کلروفیل a و b و محتوای نسبی آب برگ را به ترتیب به میزان ۶۴ و ۷۱ و ۳۳ درصد افزایش دهد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک + تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه معادل ۶/۴۲ تن در هکتار در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل + عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا و افزایش عملکرد بیولوژیک معادل ۱۹/۵۲ تن در هکتار در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا و افزایش شاخص سطح برگ معادل ۶۸ درصد در مقایسه با تیمار خاکورزی رایج+ عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد.

امروزه استفاده از گیاه ذرت هم به عنوان دانه ای هم به عنوان علوفه ای رو به افزایش است و بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر می توان بیان کرد که خاکورزی رایج همراه با پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا برای بدست آوردن حداکثر محصول دانه ای و علوفه ای قابل توصیه است. زیرا در این شرایط میزان عملکرد دانه ای و علوفه ای نسبت به تیمار خاکورزی حداقل و عدم پیش تیمار و عدم همزیستی قارچ میکوریزا به ترتیب ۶۰ و ۵۰ درصد افزایش داشت.

پیشنهادات

۱- لزوم توجه بیشتر به کودهای زیستی از جمله قارچ میکوریزا در سیستم های کشاورزی به دلیل تاثیر مثبت آنها چه به صورت منفرد و چه به صورت تلفیقی بر عملکرد و اجزای عملکرد

۲- توصیه می شود به دلیل وجود تیمار خاکورزی، طرح به صورت چندساله اجرا گردد.

۳- تکرار آزمایش در شرایط آب و هوایی مختلف کشور

۴- برای تسهیل در اجرای تیمار خاکورزی، ابعاد کرتها طوری محافظ شود که با عرض دستگاه خاکورزی متناسب باشد.

۵- برای جلوگیری از هدر رفت منابع آبی و همچنین کنترل علف هرز توصیه می شود که از آبیاری به شیوه ی قطره ایی استفاده شود.

پیوست

وضمائم

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	قطر بلال	طول بلال	وزن چوب بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
بلوک (R)	۲	۸۱/۰۲۸ ns	۰/۶۹۴ns	۰/۵۲۸ ns	۰/۰۳۳ ns	۱/۰۰۷ ns	۰/۰۲۷ ns	۱/۴۰۹ ns	۳/۵۱۸ ns	۳۸/۴۹۶ ns
خاکورزی (A)	۲	۵۰۲۲/۸۶**	۶۶۷/۳۶۱**	۴۸/۴۴۴ **	۰/۲۳۵ ns	۱/۳۹۲ ns	۱۱/۲۸۱ ns	۳۰۸/۷۷ **	۰/۶۳۸ ns	۴۳۲/۴۴ **
خطای اول (E)	۴	۵۸/۱۵۳	۲/۳۶۱ ns	۰/۲۷۸ ns	۰/۰۰۲ ns	۱/۶۶۳ ns	۰/۰۱۹ns	۶/۲۸۵	۷/۰۱۸	۵/۸۵۴
پیش تیمار بذر (B)	۱	۵۸۰۱/۳ **	۱/۳۶۱ ns	۰/۰۲۸ ns	۰/۸۷۷ ns	۳۵۸/۲۸۲ ns	۰/۰۹۰**	۲/۲۱۹ ns	۴۵/۱۸۱ **	۴۵/۶۷۵**
اثر متقابل (AB)	۲	۱۳۴۶/۶ **	۵/۰۲۸ns	۰/۱۱۱ ns	۰/۰۷۴ ns	۰/۶۴۶ns	۰/۰۰۶ ns	۱/۷۳۰ ns	۳/۸۶۰ *	۲۲/۶۰۵**
قارچ میکوریزا (C)	۱	۱۱۰/۲۵ ns	۳۶۷/۳۶۱ **	۴۲/۲۵۰ **	۰/۳۰۵ ns	۱۲۶/۶۰۰ ns	۶۲/۰۶۴ **	۲۰۹/۵۲ **	۱۳/۷۵۲**	۳۳۳/۸۵ **
اثر متقابل (AC)	۲	۱۰۵/۲۵ ns	۲۰/۷۰۷ **	۲/۳۳۳*	۰/۰۳۳ ns	۱/۰۶۴ns	۲/۱۸۱ ns	۸/۷۷۲ *	۳/۲۱۸ *	۰/۱۱۰ns
اثر متقابل (BC)	۱	۱/۳۶۱ns	۰/۰۲۸ ns	۰/۲۵۰ ns	۰/۰۲۲ ns	۱۰/۴۶۵ ns	۰/۰۲۲**	۲/۹۴۱ ns	۰/۰۵۴ns	۳۹/۷۹۵**
اثر متقابل (ABC)	۲	۲۳۸/۱۹ ns	۰/۵۲۸ns	۰ ns	۰/۰۴۵ ns	۰/۳۶۱ ns	۰/۰۲۰ ns	۰/۶۰۳ ns	۱۰/۶۸۳ **	۲۶/۷۶۳ **
خطای دوم (E)	۱۸	۱۱۹/۴۴	۲/۴۷۲ns	۰/۵۴۶ns	۱/۶۵۲ns	۱/۱۵۲ns	۰/۰۳۷ns	۱/۶۶۵	۰/۸۱۵	۳/۰۹۱
ضریب تغییرات(٪)		۶/۰۱	۴/۲۷	۵/۶۳	۱۵/۷۸	۹/۷۹	۴/۹۲	۴/۹۲	۱۳/۲۸	۹/۷۹

*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	پروتیئن دانه	فسفر بذر	شاخص سطح برگ	محتوای نسبی آب برگ	قند محلول	کلونیزاسیون ریشه	فسفر قابل جذب خاک	وزن مخصوص ظاهری خاک	تنفس خاک
بلوک (R)	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۳۳ *	۱/۰۰۷ ns	۰/۰۲۷ ns	۴/۰۱۸ ns	۱۰/۶۲ ns	۱۳۱۱/۵۹۳*	۲۱۰/۰۲۸ ns	۱۸/۰۸۴ ns	۰/۱۰۶ ns	۰/۰۰۱ ns
خاکورزی (A)	۲	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۳ns	۰/۲۳۵ **	۱/۳۹۲ ns	۱۱/۲۸۱ **	۱۱/۶۷۶ *	۸/۸۰ ns	۴۵۱/۵۴۶ns	۶۰۰/۸۶۱ **	۳۰/۵۳۶ ns	۵/۰۶۷ **	۰/۳۹۳ **
خطای اول (E)	۴	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۲ ns	۱/۶۶۳ ns	۰/۰۱۹ns	۰/۹۷۵ ns	۱۱/۱۸ ns	۱۶۷/۹۲۸ns	۱۴/۵۲۸	۳۲/۲۴۲	۰/۰۸۶	۰/۰۰۶
پیش تیمار بذر(B)	۱	۲/۳۳۶ **	۲/۰۷۸ **	۰/۸۷۷**	۳۵۸/۲۸۲**	۰/۰۹۰ ns	۲۹/۹۹۴ **	۱۰۷۱/۷۹**	۱۲۷۴۹/۰۴۴**	۳۳۴۴/۶۹ **	۱۹۶/۰۰ **	۰/۰۱۲ ns	۰/۰۰۴ns
اثر متقابل (AB)	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۷۴ ns	۰/۶۴۶ns	۰/۰۰۶ ns	۳/۳۹۶ns	۱۷/۷۰ns	۸۳/۱۶۵ns	۱/۶۹۴ns	۴۷/۷۹۵**	۰/۰۶۰ ns	۰/۰۰۹ ns
قارچ میکوریزا (C)	۱	۰/۲۸۶ **	۰/۵۸۵ **	۰/۳۰۵ **	۱۲۶/۶۰۰ **	۶۲/۰۶۴ **	۵۹/۹۵۲**	۴۶۴۶/۰۱ **	۲۰/۲۰۵ns	۱۱۰۰/۰۲ **	۸۹۷/۰۲۲ **	۰/۰۱۴ ns	۰/۴۸۱ **
اثر متقابل (AC)	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۳۳ ns	۱/۰۶۴ns	۲/۱۸۱ **	۴/۳۳۵ *	۲۰/۸۲ ns	۹/۰۰۲ns	۱۴۳/۳۶۱*	۸/۰۳۷ ns	۰/۱۲۰ns	۰/۰۸۰ **
اثر متقابل (BC)	۱	۰/۰۱۱ **	۰/۰۹۷ **	۰/۰۲۲ ns	۱۰/۴۶۵**	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۰۴ns	۱۵۵/۵۴**	۲۲/۸۹۶ns	۹۰/۲۵۰ ns	۱۰۴/۴۴**	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۰ ns
اثر متقابل (ABC)	۲	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۴۵ *	۰/۳۶۱ ns	۰/۰۲۰ ns	۸/۱۸۹ **	۶/۶۶ ns	۱۱/۲۳۳ns	۶۱/۷۵۰ ns	۱۶/۹۳۹ ns	۰/۰۳۷ ns	۰/۰۴ ns
خطای دوم (E)	۱۸	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۱/۶۵۲ns	۱/۱۵۲ns	۰/۰۳۷ns	۰/۹۸۹ns	۱۰/۵۲ns	۶۲/۶۴۰ ns	۳۵/۰۶۵	۶/۱۸۴	۰/۰۴۴	۱/۶۵۲
ضریب تغییرات(٪)		۹/۴۵	۶/۰۱	۱۵/۷۸	۹/۷۹	۴/۹۲	۱۵/۷۶	۱۶/۷۳	۸/۱۶	۹/۴۵	۱۶/۷۳	۹/۸۷	۱۵/۷۸

جدول پیوست ۳- مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن چوب بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا

تیمار	ارتفاع بوته	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	وزن چوب بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
	(سانتیمتر)			(گرم)	(گرم)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)
سطوح خاکورزی							
خاکورزی رایج	۱۹۹/۱۶ a	۴۱/۱۶ a	۱۴/۷۵ a	۳۳/۶۸	۳۰/۴۵ a	۷/۰۳	۲۴/۳۹ a
خاکورزی متوسط	۱۸۷/۰۰ b	۴۱/۱۶ a	۱۳/۷۵ b	۳۲/۳۰	۲۷/۵۱ b	۶/۶۳	۱۶/۹۸ b
خاکورزی حداقل	۱۵۹/۲۵ c	۲۸/۲۵ b	۱۰/۹۱ c	۳۲/۲۸	۲۰/۲ c	۷/۲۰	۱۲/۵۱ c
پرایم با اسید سالیسیلیک							
پرایم	۱۹۴/۵۰ a	۳۷/۰۵	۱۳/۱۶	۴۰/۵۱ a	۲۵/۷۹	۸/۷۳ a	۱۹/۰۹ a
عدم پرایم	۱۶۹/۱۱ b	۳۶/۶۶	۱۳/۱۱	۲۴/۹۹ b	۲۶/۶۳	۵/۱۷ b	۱۶/۸۳ b
قارچ میکوریزا							
مصرف قارچ	۱۸۰/۰۵	۴۰/۰۵ a	۱۴/۲۲ a	۳۷/۴۲ b	۲۸/۶۲ a	۸/۱۱ a	۲۱/۰۱ a
عدم مصرف قارچ	۱۸۳/۵۵	۳۳/۶۶ b	۱۲/۰۵ b	۲۸/۰۹ a	۲۳/۸۰ b	۵/۷۹ b	۱۴/۹۱ b

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین صفات کلروفیل **a** و **b**، کارتنوئید، پروتئین دانه، فسفر بذر و شاخص سطح برگ تحت تاثیر سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا

تیمار	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	پروتئین دانه	فسفر بذر	شاخص سطح برگ
	(میلی گرم بر گرم وزن تر)			(درصد)	(پی پی ام)	
سطوح خاکورزی						
خاکورزی رایج	۰/۷۴	۰/۶۹	۱/۴۸ a	۶/۴۳	۴/۸۴ a	۳/۱۲ a
خاکورزی متوسط	۰/۷۵	۰/۷۹	۱/۳۱ b	۶/۹۵	۳/۸۸ b	۳/۴۲a
خاکورزی حداقل	۰/۷۴	۰/۷۳	۱/۲۱ c	۶/۹۱	۲/۹۰c	۲/۴۵ b
پرایم با اسید سالیسیلیک						
پرایم	۱/۰۰ a	۰/۹۵ a	۱/۴۹ a	۹/۸۸ a	۳/۹۳	۳/۴۵ a
عدم پرایم	۰/۴۹ b	۰/۴۷ b	۱/۱۸ b	۳/۵۷ b	۳/۸۳	۲/۵۴ b
قارچ میکوریزا						
مصرف قارچ	۰/۸۳ a	۰/۸۴ a	۱/۴۲ a	۸/۶۰ a	۵/۱۹ a	۳/۶۲ a
عدم مصرف قارچ	۰/۶۵ b	۰/۵۹ b	۱/۲۴b	۴/۸۵ b	۲/۵۶ b	۲/۳۷b

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین صفات محتوای نسبی آب برگ، قند محلول، کلونیزاسیون ریشه، فسفر قابل جذب خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک و تنفس خاک تحت تاثیر سطوح مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا

تیمار	محتوای نسبی آب برگ	قند محلول	کلونیزاسیون ریشه	فسفر قابل جذب خاک	وزن مخصوص ظاهری خاک	تنفس خاک
	(درصد)	(پی پی ام)	(درصد)	(پی پی ام)	(گرم بر متر مکعب)	(mg co_2/g.dm.24^{-1})
سطوح خاکورزی						
خاکورزی رایج	۰/۷۷	۹۰/۲	۷۰/۸۳ a	۱۶/۶۱	۱/۴۲ c	۰/۵۹ a
خاکورزی متوسط	۰/۷۷	۱۰۱/۴۰	۵۹/۲۵ b	۱۴/۴۸	۲/۲۱ b	۰/۴۴ b
خاکورزی حداقل	۰/۷۶	۹۹/۶۷	۵۸/۰۰ b	۱۳/۴۹	۲/۷۰ a	۰/۲۳ c
پرایم با اسید سالیسیلیک						
پرایم	۰/۸۲ a	۱۱۵/۸۵ a	۵۳/۰۵ b	۱۷/۱۹ a	۲/۱۳	۰/۴۱
عدم پرایم	۰/۷۱ b	۷۸/۲۱ b	۷۲/۳۳ a	۱۲/۵۳ b	۲/۰۹	۰/۴۳
قارچ میکوریزا						
مصرف قارچ	۰/۸۸ a	۹۷/۷۸	۶۸/۲۲ a	۹/۸۷ b	۲/۰۹	۰/۵۳ a
عدم مصرف قارچ	۰/۶۵b	۹۶/۲۸	۵۷/۱۶ b	۱۹/۸۵ a	۲/۱۳	۰/۳۰ b

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

Replication 1

$a_0b_0c_0$	$a_0b_1c_1$	$a_0b_0c_1$	$a_0b_1c_0$	$a_2b_0c_0$	$a_2b_0c_1$	$a_2b_1c_0$	$a_2b_1c_1$	$a_1b_0c_0$	$a_1b_1c_1$	$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_0$

Replication 2

$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_0$	$a_1b_1c_1$	$a_1b_0c_0$	$a_0b_1c_0$	$a_0b_1c_1$	**$a_0b_0c_0$**	$a_0b_0c_1$	$a_2b_0c_0$	$a_2b_1c_1$	$a_2b_0c_1$	$a_2b_1c_0$

Distance 3 meter

Replication 3

$a_2b_1c_1$	$a_2b_1c_0$	$a_2b_0c_1$	$a_2b_0c_0$	$a_1b_1c_0$	$a_1b_0c_0$	$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_1$	$a_0b_0c_1$	**$a_0b_0c_0$**	$a_0b_1c_1$	$a_0b_1c_0$

منابع:

ابدالی ر، (۱۳۸۲)، بررسی تاثیر کاربرد میکوریزا و مقادیر فسفر در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی خصوصیات مرفولوژیکی ذرت پاپ کورن. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده آزاد اسلامی واحد کرج.

ثمربخش س، (۱۳۸۵)، تاثیر سموم قارچ کش برای کارایی همزیستی سویه های مختلف قارچ میکوریزا آرباسکولار با گیاه ذرت پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

اسکندری ا،(۱۳۷۸). طراحی و ارزیابی یک وسیله کم خاکورز در تهیه بستر بذر. آب، خاک، ماشین. سال ششم، شماره ۵۱، بهمن و اسفند. ص ۴۴-۴۰.

اصغری میدانی، ج. (۱۳۸۰)، توصیه های زراعی برای اجرای عملیات خاکورزی و کاشت گندم دیم. نشریه ترویجی، انتشارات فنی معاونت ترویج.

انصاری، ح. (۱۳۷۷). تاثیر تنش آبی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.۱۳۵ صفحه.

پارسا مطلق، ب.، محمودی، س.، سیاری زهان، م. ح.، نقی زاده، م. (۱۳۹۰). تاثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر رنگیزه های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا در شرایط تنش شوری. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۳، شماره ۲، ص. ۲۳۳-۲۴۴.

تاج بخش، م. و پورمیرزا، ع.ا.(۱۳۸۶). زراعت غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۳۱۶ صفحه.

جهان م، کوچکی ع و نصیری محلاتی م،(۱۳۸۶) "رشد، فتوسنتز وعملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در نظام های زراعی رایج و اکولوژیک "مجله ی پژوهش های زراعی ایران" شماره۱، جلد ۵، ص ۶۷-۵۳.

خاوری خراسانی، س. حسن زاده مقدم، ه. و محمدی، م. ۱۳۸۹. راهنمای علمی و کاربردی(کاشت، داشت و برداشت) ذرت. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۱۹ صفحه.

خسراونی،ع، ۱۳۷۷. اثر روشهای مختلف تهیه زمین بر عملکرد گندم آبی . گزارش پژوهشی نهائی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، نشریه شماره ۱۰۷.

خلد برین ب، اسلام زاده ط، (ترجمه)،(۱۳۸۰)، تغذیه معدنی گیاهان عالی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۹۶- ۹۰۲.

راشد محصل، م.ح، حسینی، م، عبدی، م. و ملافیلابی، ع. (۱۳۷۶). زراعت غلات (ترجمه و تدوین). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۶ صفحه.

رجالی ف، (۱۳۸۴)، مروری اجمالی بر همزیستی میکوریزی مبانی و کاربردها: ضرورت تولید صنعت کودهای بیولوژ یک در کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، مجموعه مقالات، چاپ دوم، تهران، ایران.

رجالی ،ف.، علیزاده، ع.، ملکوتی، م. ج. و صالح راستین، ن. (۱۳۸۶). بررسی تأثیر رابطه همزیستی میکوریزا آربوسکولار در رشد، عملکرد و جذب عناصر معدنی در گیاه گندم تحت تنش خشکی. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۱ . شماره ۲

رستگار م ع، زراعت عمومی، (۱۳۸۴)، انتشارات برهمند، ۴۰۹ صفحه

زند، ب.، لعلی نیا، ع.، (۱۳۸۹)، زراعت غلات، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۷۶صفحه.

سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. (۱۳۷۲). فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد ۴۶۷ صفحه.

سنجانی س، حسینی س.م.ب، چائی چی م.ر رضوان بیدختی ش. (۱۳۸۸) "ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در کشت مخلوط افزایشی سورگوم (*sorghum bicolor* L.) و لوبیا چشم بلبلی (vigna unguiculata L.) در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری "نشریه بوم شناسی کشاورزی" جلد ۳، شماره ۱، ص ۲۵تا ۳۵.

شکاری، ف.، پاک مهر، آ.، راستگو، م.، وظایفی، م.، و قریشی نسب، م. ج. (۱۳۸۹). اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر پارهای صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف بندی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. سال چهارم، شماره ۱۳

صالح راستین، ن. (۱۳۷۷)، کودهای بیولوژیک. نشریه علمی خاک و آب، شماره ۳، جلد ۱۲، موسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات کشاورزی، ص ۱.

علیزاده، ا. (۱۳۸۶) "اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبی خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت" مجله ی پژوهشی در علوم کشاورزی، سال سوم، شماره اول، تابستان ۱۳۸۶.

کاظمی اربط، ح. (۱۳۷۴). زراعت خصوصی(جلد اول). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۳۱۵ صفحه.

کوچکی ع و برومند رضا زاده ز، خاکورزی در بوم نظام های زراعی، (۱۳۸۸)، انتشارات دانشگاه فردوسی، ۴۳۸ صفحه

محسنی منش، ا. و ح. مجیدی ایرج. (۱۳۷۷). بررسی اثرات عمق شخم و رطوبت زمین در کشت گندم آبی و خاکی با بافت متوسط. گزارش پژوهشی نهائی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، نشریه شماره ۱۱۲.

مظاهری تیرانی م، منوچهری کلانتری خ و حسیبی ن،(۱۳۸۷)، مطالعه اثر متقابل اتیلن و سالیسیلیک اسید بر القاء تنش اکسیداتیو و مکانیسمهای مقاومت به آن در گیاهان کلزا. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۱ ، شماره ۳.

مودب شبستری، م. و م. مجتهدی. (۱۳۶۹). فیزیولوژی گیاهان زراعی(ترجمه). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

مهربان، ا. داعی، گ. مهربان، م، ر (۱۳۸۶) "نقش قارچ های همزیست میکوریزا در پیکار با خشکسالی" مجموعه مقالات اولین همایش خشک سالی و راهکارهای مقابله با آن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، اول اسفند ۱۳۸۶.

میرصادقی س، شکاری ف، فتوت ر و زنگانی ا، (۱۳۸۹). تاثیر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر بنیه و رشد گیاهچه کلزا در شرایط کمبود آب. مجله زیست شناسی گیاهی. سال دوم. شماره ۶. صفحات ۵۵-۷۰.

ناظری اردکانی، و .(۱۳۸۲). حضور و فراوانی میکوریزای آربا سکولار در خاکهای زراعی خرا سان و بررسی همزیستی آنها با گیاه یونجه در یک خاک شور. پایان نامه کارشناسی ارشد،دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

نوربخش، ف. و حاج عباسی، م.ا. (۱۳۷۸). بیولوژی خاک. انتشارات غزل، ۱۹۸ صفحه.

نورمحمدی، ق. سیادت، ع. و کاشانی، ع. (۱۳۸۰). زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ صفحه.

Abbasdokht, H. Makarian, H. Ahmadi Sharaf , H. Gholami, A. and Rahimi, M.(2012). The study of integrated weed management (IWM), emphasizing the effect of seed priming on yield and yield components of maize (*Zea mayz* L.). J. Weed Res. 4: 63-76. (In Persian).

Abbott L. K. and murphy D. V. (2007) "Soil Biology Fertility: A key to sustainable land use in agriculture" spring, PP 268.

Anandhi, S., and M. P. Ramanujam. (1997). Effect of salicylic acid on black gram (Vigna mungo) cultivars. Ind. J. Plant Physiol. 2: 138-141.

Andrade G., Mihara K.L., Liderman R. G. and Bethlenfalvay G.J. (1998) "soil aggregation status and rhizobacteria in the mycorrhizosphere" J. of plant soil, 202:86-96.

Ardakani, M. R. (2000). Effectiveness of biological fertilizers in agriculture, sustainable crop. Arfan, M., Athar,H. R. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and poho synthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under saht stress? J. Plant Physiol. 164:685-694.

Arfan, M., Athar, H.R. and Ashraf, M. (2007). Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. J. Plant Physiol. 164: 685-694.

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121.

Ashraf, M., and M.R. Foolad. (2005). Pre-sowing seed treatment- A shot gun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Adv. Agron*. 88: 223-271.

Auge´ RM, (2001).Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhizae 11: 3-42.

Bago, B., P. E. feffer and Y. Shachar-Hill. (2000). Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhiza. *Plant Physiology* 124: 949-957.

Barbosa, L. R., O. Diaz and R. G. Barber. (1986). Effects of deep tillage on soil properties, drowth and yield of soya in a compacted Ustochrept in Santa Cruze, Bolivia. Soil & Tillage Res. 15: 51-63.

Bedini S., Pellegrion E., Avio L., Pellegrini S., Bazzoffi P., Argese E., Giovannetti M. (2009) “Changes in soil aggregation and glomalinrelated soil protein content as affected by the arbuscular mycorrizal fungal species Glomus mosseae and Glomus intraradices” Soil Biol. Biochem. 41:1491-1496.

Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W. (2010) Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L.. Ecotoxicology and Environmental Safety 1-8.

Blake, G. R., Hartge, K. H. (1986). Bulk density, In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, Part 1: Physical and Mineralogical Methods, Second ed. American Society of Agriculture, Soil Science Society of America, Madison, USA, pp. 363–375.

Bradford, K.J. (1995). Water relations in seed germination. In: Seed development .

Buscot, F. (2005). What are soils?, pp 3–17, In: "Microorganisms in soils: Roles in genesis and functions" Buscot F. and Varma A. Vol 3, Soil Biology, Springer-Verlag, Heidelberg.

Busse, M.D. and Ellis, J.R. (1985). Vesicular–arbuscular mycorrhizal (*glomus fasiculatum*) influence on soybean drought tolerance in high phosphorus soil. Can. J. Bot. 63: 2290-2294

Caravaca F., Alguacil M. M., Azcon R. and Rolda A. (2006) "Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of Juniperus oxycedrus: effect of AM fungi and organic amendments" Appl. Soil Ecol. 33:30-38.

Cavagnaro, T.R., Jackson, L.E., Six, J., Ferris, H., Goyal, S., Asami, D. and Scow, K.M. (2006). Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability and soil aggregates in organic tomato production. Plant Soil., 282, pp 209.

Chen, H.J., Hou,W.C., Kuc, J. and Lin, Y. H. (2001), ca^{2+} dependent and ca^{2+} independent excrction modes of salicylic acid in tobacco cell suspension culfur. J. Exp. Bot. 52: 1219-1226.

Clark, R.B. and Zeto, S.K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. J. Plant Nutr., 23, pp 867.

Cocks, J. W.(2003). Plant density effects on tropical corn forage masses, morphology and nutritive value. Agronomy Journal, 90: 93-96.

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Dinesh R, Srinivasan V, Hamza S, Manjusha A, (2010). Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [*Turmeric (Curcuma longa L.)*]. Bioresour Technol 101(12):4697-4702.

Duman, I. (2006). Effect of seed priming with PE Gand K3PO4 on germination and seedling growth in Lettuce. Pakistan J of Biol Sci. 9(5): 923-928.

El Titi, A. (2010). Soil Tillage in Agroecosystems. Taylor and Francis, Nature 384 pp.

Ellis, F. B., Elliot, J. G. E., Barnes B. T., and Howse. K. R. (1997). Comparison of direct dirlling, reduced cultivation and plughing on the growth of cereals.*J. Agric. Sci. Camb.*89:631-642.

El-Tayeb, M. A., (2005). Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul*. 45: 215-225.

Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of caroot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Sci. Hort. 113:120-128.

FAO (Food and Agricultural Organization), (2006). FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faoatat.fao.org/faostat/collection?subset=agriculture.

Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynt.* 41: 281-284.

Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C., (2002). Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza. 12, 185–190.

Fienebaum. V., D. S. Santos, and M. A. Tillmann. (1991). Influence of water deficit on the yield components of three bean cultivars. Pesquisa- Agropecuaria Breasileria, 26 (2), 280-275.

Franken, P. (2012). The plant strengthening root endophyte *Piriformospora indica*: potential application and the biology behind. Applied Microbiology and Biotechnology, 96:1455–1464.

Gensel, P.G. (2008). The ealiest land plant. Ann. Rev. Ecol. Evol .Syst. 39: 459-477.

Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K.G. (2002). VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., and Singh, J. (eds) Techniques in mycorrhizal stueies Kluwer, Dordrecht. Pp. 313-327.

Govindarajulu, M., Pfeffer, P.E., Jin, H., Abubaker, J., Douds, D.D., Allen, J.A., Bucking H.,Lammers P. J. and Shachar-Hill Y. (2005). Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Nature, 435, pp 819.

Graham, J.H. and Syversen, J.P. (2001). influence of vesicular arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. New Phytol. 97: 277-284.

Gryndler, M. Y. and Douds D. D. Kluwer. (2000). Interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with other soil organisms, In: Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function. Kapulnik Academic Publishers, Dordrecht. , pp 239–262.

Gunes A., Inal A., Alpaslan M., Cicek N., Guneri E., Eraslan F., and Guzelordu T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 51: 687 – 695.

Gupta, M. L., A. Prasad, M. Ram and S. kumar. (2002). Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technol. 81: 77-79.

Gutierrez-Coronado, M. A., Trejo-Lopez. C., and Larque-Saavedra, A. (1998). Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry 36(8): 563-565.

Halvorson, A. D., A. R. Mosier, C. A. Reule, and W. C. Bausch. (2006). Nitrogen and tillage effects on irrigatedcontinuous corn yields. Agronomy Journal, 98:63–71.

Harper, S.R. and Balk, N.E. (1981). Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oates roots by salicylic acid. Plant Physiol. 68:1349-1353.

Hayat, Q., Hayat, SH., Irfan, M. and Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A reviw. Envi. And Exper. Botany. 68:14-25.

Hayat, S., Faridudin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta. Agron. Hung . 58:433-437.

Heggo, A., angel, J.S. and Chaney, R.L. (1990). Effects of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal uptake by soybeans soil biol. Biochem. 22 (6): 865-869.

Hussain, I., K. Olson, and S. Ebelhar. (1999). Impact of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil. Soil and Till. Res. 52:37-49.

Ilbas A. I. and Sahin S. (2009). "*Glomus fasiculatum* inoculation improves soybean production" Acta Agr Scand B-S P.,55,4,287.

Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil A. and Shafiq, U. R. M.(2006). Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress J. Integrative plant Biol., 48(2): 181-189.

Isermeyer H, (1952). Eine einfache methode zur bestimmang der bodenatmung und der carbonate im Boden. Z P Flanzenernaehr Bodenkd 56: 26-38.

Jaggi, W. (1976). Die bestimmung der Co_2 – Bildung als Mab der bodenbiologischen Aktivitat. Schw Landw Forsch. 15: 371-380p.

Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., Barea, J. M.(2003) The contribution of arbuscular mycorrhizal funfi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Boil. Fert.soil*. 37: 116-125.

Jones, M.D., Smith, S.E.(2004). Exploring fuctional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualism? Can J Bot. 82: 1089-1109.

Jones, J. R., Wolf, J. B., and Mills, H. A. (1991). Plant Analysis: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro and Macro Publishing Inc. Athens, Georgia.

Kapoor, R., B. Giri, and K. G. Mukerji. (2002). *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World J. Microbiol. Biotechnol. 18: 459-463.

Kapoor, R., B.K.G. GiriMukerji. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in (Foeniculum vulgare Mill) on mycorrhizal inoculation supplennented with p-fertilizer. Bioresource Technology, 93 (3); 307-311.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., (2004). improved growth and essential oil yield and quality in (*foeniculum vulgare* Mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bio resource Technology. 93: 307-311.

Khan, A.A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. In: "Horticultural Reviews",Vol. 14, ed. J. Janick. New York: John Wiley, pp. 131-181.

Khan, W., Printhviraj, B., and Smith, D. I. (2003). Photosyntethic responses of corn and soybean to foliar application of salisylates. *J. plant physiol*. 160, 485-492

Khodary, S.F.A. (2004). Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6:5-8.

Kumar, P., and Dube, S. D. (1999). *Indian J. Plant physiol*, 4, 327.

Kumar, p., Lakshmi, N.J. and Mani, v.p. (2000), Interactive effects of salicylic acid and photo synthesis and grain yield of soybean. Physiol. Mol. Bio. Plant. 6:179-186.

Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition Food Security 1: 45-57.

Larque-Saavedva, A. and Martin- Mex, R. (2007). Effect of salicylic acid on the bio productivity of plants. In: Hayat, S., Ahmad, A. (Eds). salicylic acid. A plant Hormone. Springer Publishers. Dordrecht. The Netherlands.

Leake J. R. Johnson D., Donnelly D., Muckle G., Boddy L. and Read D. (2004) Network of power and influence: "The role of mycorrhizal mycelium in controlling plant comunies and agroecosystem functioning" Can. J. Bot., 82:1016-1045.

Lee, A. and Bayyaraj, D.j. (1986). Effect of soil incoulation 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): 525-531.

Lee, H., J. León, and I. Raskin. (1995). Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 92, 4079-4076.

Lithourgidis, A.S., K.V. Dhima, C.A. Damalas, I.B. Vasilakoglou, and I.G. Eleftherohorinos. (2006). Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates and on labor and fuel consumption. Crop Science 46: 1187-1192.

Liu A, Hamel C, Hamilton RI, Ma BL and Smith DL, (2000). Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhizae 9: 331-336.

Maruland, A., Barea, J.M. (2009). Stimulation of plant growth and drought tolerance by native micro organisnms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness, j. Plat Growth Regw. 28: 115-124.

Marulanda-Aguirre, A., Azcon, R., Ruiz-Lozano, J.M. and Aroca, R. (2008). Differential effects of a bacillus megaterium strain on lactuca sativa plant growth depending on the origin of the arbucular mycorrhizal fungus coinoculated: physiologic and biochemical traits. J. Plant Growth Regul, 27: 10-18

Marwat KH. B., Arif, M. and Khan, M. A. (2007). Effct of tillage and zinc application methods on weed and yield of maize. *Pak.J.Bot.,* 39(5): 1583-1591.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. J. (2003). Salicylic acid alleviated the cadmium toxicity in barley seedling. Physiology and Biochemistry of Plant 132:272-281.

Mirhadi, M. J. (2001). Corn. The organization of Research, Education and Agriculture ExtensionPublication. 214 Pp.(In Persian).

Moharekar, S.T., Lokhande, S.D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A. and Chavan, P.D. (2003). Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings.Photosynthetica, 41: 315-317.

Mohammad, M. J., Malkawi, H. I. and Shibi, R. (2003). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizetion on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. *Journal of Plant Nutrition.* 26: 125-137

Ojha, S., M. R. Chakraborty, S. Dutta, and N. C. Chatterjee. (2008). Influence of VAM on nutrient.

Olsen, S.R., and Sommers, L.E. (1982). Phosphorus, P 403-430. In: Klute, A. (Eds.), Methods of Soil Analysis :Chemical and microbiological properties,Part 2. 2nd Edition. Agron. Monogr. No.9, ASA and SSSA, Madison, WI.

Osonubi, O. (1994). Coperactive effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphrus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize and sorghum plant under drought stressed conditions. *Biology and Fertility of Soils* 14: 159-165.

Panwar, j.D. (1993). Effect of VAM and azspirillum inoculation on metabolic chande and grain yield of wheat under moisture stress condition . Indian journal of physiology. 35, 157-161.

Pettipas, F. C.(2004). Soil and plant nutrient relationships in processing carrots. MSc. Thesis, Nova Scotia Agricultural College, Truro, Nova Scotia. PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research Tehran Braunch.

Piotrowska, .A Dlugosz, J Zamorski, R and Bogdanowicz, P (2012); Changes in Soil and Biological Chemical Properties of an Arable Soil Treated with the Microbial Biofertilizer, Journal of Environmental Studies, 21(2):455-463.

Pond, E.C., Menge, J.A. and Jarrell, W.M. (1984). Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycoothizal fungi collected from saline soils. mycologia, 76 (1):74-84.

Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiology role. Plant Physiology 23: 85-93
.

Popova, L.P., Maslenkova, L.T. Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A.P., Szalai, G. and Janda, T. (2009). Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiol Biochem, 47:224-231.

Rahimzadeh, R. (2004). Study on the effects of different tillage methods on physical properties of soil and wheat yield in rapeseed - wheat rotation in warm dry land area. *Dry land Agricultural Research Institute* .126. (In Farsi).

Raiesi F. Ghollarata M. (2006) " Interactions between phosphorus availability and an AM fungus (*Glomus intraraadices*) and their effects on soil microbial respiration, biomass and enzyme activities in a calcareous soil" Pedobiologia., 50, pp 413.

Rashidi, M. and F. Keshavarzpour. (2007). Effect of different tillage methods on soil physicals properties and crop yield of Watermelon (*Citrullus vulgaris*). ARPN J. Agric. and Biol. Sci. 2(6): 1-6.

Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. Ann. Rev. Plant Physiol Mol. Biol., 43, 463-439.

Redecker, D., Kodner, R., Graham, L.E. (2000). Glomdlean fungi from the Ordovician. Sci. 289: 1920–1921.

Remy w, Taylor T.N, Hass H, Kerph. (1994) “Four hundred-million- old vesicular arbuscular mycorrihzae”. Proc. Natl. Acad. Sei. USA. 91:11841-11843.

Riley, H., M. Bleken, A. Abrahamsen, A. Bergjord, and A. Bakken.(2005). Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool wet climate of central Norway. Soil and Till. Res., 80:79-93.

Rilling M. C. and Mumney D. (2009) “Mycorrhizas and soil structure” New phytol. 171:41-53.

Rilling, M. C., and Stienberg, P. D. (2002). Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification? *Soil biology and biochemistry. 34, 1371-1374.*

Ritchie, S. W., and Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.

Roth-Nebelsick, A. and konrad, w. (2003). Assimilation and transpiration capabilities of rhyniophytic plants from the lower Devonian and their implications for paleoatmospheric co2 concentration. Palaeogeogr. palaeoclimatol. Palaeoecol, 202: 153-178.

Sanchez–Diaz, M. and. Honrubia, M. (1994). Water relations and alleviation of drought stress in mycorrhizal plants. In: Gianizazzi, S.and Schuepp. H (eds.) Impaet of Arbuscul Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. pp. 167-178. Birkhauser verlag. Basel/switzer land.

Sasanelli, N., A. Anton, T. Takacs, T. Addabbo, I. Biro, and X. Malov. (2009). Influence of arbuscular mycorrhizal ungi on the nematicidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris L*. Parasitological Institute of SAS, Kosice DOI 10.2478/s11687-009-0043-6.

Senaranta T. Touchell D. Bunn E. and Dixon K. (2002) "Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants "Plant Growth Regul. 30:157-161.

Senaranta, T., Touchell, D. Bunn, E. and Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30:157-161.

Shakirova, F. M., and D. R. Sahabutdinova. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci, 322-317 ,164.

Sharma, A. K. (2002), "Biofertilizers for sustainable agricure" Agrobios, India, PP 407.

Sharma, A.K. and Johri, B.N. (2002). Arbuscular mycorrhizae, interaction in plants, rhizosphere and soils. Science Publisher. INC, ENFILD, NH, USA.

Sharralt, B.S. (1996). Tillage and straw management for modifying physical properties of a sub arctic. Soil and Tillage Research 38: 239-250.

Shekari, F., R. Baljani, J. Saba, K. Afsahi, and F. Shekari. (2010). Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings. *J. New Agric. Sci*. 6: 47-53. (in Persian).

Sheligl, H. Q. (1986). Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal, 47-51.

Shockley F. W., Mcgeaw R. L. and garrett H. E. (2004) "Grow and nutrient concentration of two native forage legumes inoculated with rhizobium and mycorrhiza in Missouri USA"Agroforest.Syst., 60,pp137.

Singh, B., and K. Usha. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul., 39: 137-141.

Skudra, I. and A. Skudra. (2004). Phosphorus concentration in soil and in winter wheat plants. Proceedings ofthe 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia [http://www.cropscience.org.au/].

Smith, S.E. and Read, D.J. (2008). Mycorrhizal symbiosis. 3rd Edition. Academic Press, Elsevier, Amsterdam.

Smith, S.E., Smith, F.A. and Jakobsen, I. (2004). 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., 162, pp 511.

Tang, M., H. Chen, J. C. Huang and Z.Q. Tian. (2009). Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of (*Zea mays* L.) seedlings under diesel stress. *Soil Biology Biochemistry* 41: 936–940.

Tasang, A., and Maum, M. A. (1999). Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of Strophostyles helvola in coastalforedunes. University of Weterloo, Canada. Plant Ecology 144: 159–166.

Tisdall, J. M. (1991). Fungal hyphae and structural stability of soil. Australian Journal of soil Research, 29:729-743.

Tollenar, M. And Dwyer, L.M. (1999). Physiology of maize. Im: D.L. Smith and C. Hamel. Crop Yield, Physiology and Processes. Springer-Verlag. pp 169-204.

Toussaint J. P., Smith F. A. and Smith S. E.(2007)"Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition"Mycorrhiza., 17, 4, pp 291.

USDA. (2004). Soil tillage management for soil health: undesirable Cosequences of soil tillage. On lion http:// www.agguide.agronomy.psu.edu/CM / sec htm

Vyn, T.J., and A. Raimbault. (2003). Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. Agronomy Journal 85: 1074-1079.

Waling, I., VarkW.V,Houba,VJG and Van der lee JJ.,(1989), Soil and Plant and Analysis, a series of syllabi. Plant7. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, the Netherland.

Watts, C.W., S. Eich, and A.R. Dexter. (2000). Effects of mechanical energy inputs on soil respiration at the aggregates and field scales. Soil and Tillage Research 53: 231-243.

Wilson G. W. T., Rice C. W., Rillig M. C., Springer A. and Hartnett, D. C. (2009) " Soil aygreagation and carbon sequestration are tightly correlated with the abusndance of arbuscular mycorrhizal fungi" :results from lang-term fild experiments. Ecol. Lett., 12:452-461.

Yalpani, N., eneydi. A. J., leon, J., and Raskin, I. (1994). Ulteraviolent light and ozone stimulate accumulation of saliscylic acid, pathogenesis- related protein and virus resistance in tobacco. *Planta*. 193, 372-376.

Zh. (2003) Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to parquet oxidative stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issue 133-152.

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of tillage management and salicylic acid on agronomic characters and yield of corn (*Zea mays* L.) at mycorrhizae symbiosis condition, was carried out in the Agriculture Research Station of Shahrood University in crop year 2013-2014. An experiment was carried out as Split-Plot factorial based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replication. In this study, the main Plot was different levels of tillage systems In the three levels: 1- conventional tillage (Moldboard+disk+ Furrower), 2- reduce tillage (disk+Furrower) and 3- minimum tillage (Chisel+Furrower), the combination of levels priming with salicylic acid at 2 levels: (non-priming and priming) and mycorrhizae symbiosis at 2 levels (non-application and application of mycorrhiza) were considered as subplots. Based on the results, interaction between different levels of tillage systems and priming with salicylic acid was significant on plant height trait. The result showed that, interaction between different levels of tillage systems and mycorrhizae symbiosis was significant on 100-seed weight, grain P and root colonization traits. Also, The result showed that, interaction between priming with salicylic acid and mycorrhizae symbiosis significantly increased grain protein. Moreover, traits of grain yield, biologic yield, Carotenoid and LAI was effected by interaction between different levels of tillage systems and priming with salicylic acid and mycorrhizae symbiosis. Based on mean comparisons, treatments combination of conventional tillage+ priming with salicylic acid increased plant height 26.17 percent in compared with minimum tillage+ non-priming with salicylic acid. Mean comparisons showed that, treatments combination of conventional tillage+ mycorrhizal inoculation increased root colonization 17 percent in compared with reduce tillage+ non- inoculation of mycorrhizae. Moreover, mean comparisons showed that treatments combination of conventional tillage+ priming with salicylic acid+ mycorrhizae inoculation increased grain yield equivalent to 6.42 T/ha in compare with Minimum tillage+ non-priming with salicylic acid+ non- inoculation of mycorrhizae. Also, mean comparisons showed that treatments combination of conventional tillage+ priming with salicylic acid+ mycorrhizae inoculation increased biologic yield and LAI respectively, 19.52 T/ha and 68 percent in compare with minimum tillage+ priming with salicylic acid+ non-inoculation of mycorrhizae and conventional tillage+ non-priming with salicylic acid+ non-inoculation of mycorrhizae.

Key words: Mycorrhizae, Priming, Physiological and morphological traits, Tillage

University of Shahrood
Faculty of Agriculture
Department of Agronomy

M. Sc. Thesis

The effects of tillage management and salicylic acid on agronomic and yield corn at mycorrhizal symbiosis condition characters

Afifeh neisi

Supervisor:
Dr. A. Gholami
Dr. M. Parsaian

Advisors:
Dr. M. Baradaran Firoozabadi
Dr. H. Abbasdokht

September 2015