

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

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

دانشجو:

هاجر شریفی

استاد راهنما:

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور:

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

شهریور ۹۴

## دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم هاجر شریفی

تحت عنوان: تاثیر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذری سالیسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد سورگوم در شرایط همزیستی میکوریزایی

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

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر حمیدرضا اصغری		دکتر احمد غلامی
	دکتر مهدی برادران فیروزآبادی		

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	دکتر ناصر فرخی		دکتر شاهین شاهسونی
			دکتر حمید عباسدخت

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته

تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیایم و از ریشه آنها شاخ و برگ بگیرم

و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم چرا

که این دو وجود پس از پروردگاریهستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن

را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

## مشکر و قدردانی

به مصداق «من لم یسکر المخلوق لم یسکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فریخته و فرزانه جناب آقای دکتر غلامی و اساتید مشاورم، دکتر اصغری و دکتر برادران که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهبانهایی های کارساز و سازنده بارور ساختند؛ تقدیر و تشکر نمایم.

و در پایان از زحمات خانواده خوبم و دوستان عزیزم و سایر کسانی که در تدوین این تحقیق مریاری نمودند تشکر و از خداوند منان سلامت و سعادت ایشان را خواستارم.

## تعهد نامه

اینجانب هاجر شریفی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذری سالیسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد سورگوم در شرایط همزیستی میکوریزایی تحت راهنمایی دکتر احمد غلامی متعهد می‌شوم.

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

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

## چکیده:

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر مدیریت خاکورزی همراه با پیش تیمار بذری سالیسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد سورگوم در شرایط همزیستی میکوریزایی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به اجرا در آمد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. در این تحقیق عامل اصلی سطوح مختلف عملیات خاکورزی در سه سطح شامل ۱) خاکورزی رایج (گاواهن برگرداندار، دیسک و فاروئر)، ۲) خاکورزی متوسط (دیسک و فاروئر)، ۳) خاکورزی حداقل (چیزل و فاروئر) بود و ترکیب سطوح پرایم (پرایم و عدم پرایم بذور با اسید سالیسیلیک ۰/۱ نرمال) و همزیستی میکوریزا ( تلقیح و عدم تلقیح) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تیمارهای سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر صفات وزن هزاردانه و کلروفیل b معنی دار بود. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی دار برهمکنش تیمارهای سطوح مختلف عملیات خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات تعداد خوشه بارور و کلروفیل b بود. این نتایج نشان داد که برهمکنش پیش تیمار بذر و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات کلونیزاسیون ریشه و کلروفیل a معنی دار است. همچنین برهمکنش سطوح مختلف عملیات خاکورزی، پیش تیمار بذر و همزیستی قارچ میکوریزا روی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کلروفیل b معنی دار شد. ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر توانست وزن هزار دانه گیاه سورگوم را ۳۲ درصد و مقدار کلروفیل b را ۰/۵۶ میلی گرم بر گرم در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. بعلاوه، ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش در مقادیر صفات کلروفیل b شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها مشخص شد که کلونیزاسیون ریشه از ۳۴/۲۲ درصد در تیمار پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا به ۵۵/۸۳ درصد در پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا افزایش یافت و همچنین ترکیب تیماری پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا کلروفیل a را در مقایسه با ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا افزایش داد. بعلاوه، نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش شاخص برداشت به میزان ۱۸/۷۹ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۶۵ تن در هکتار در مقایسه با ترکیب های تیماری خاکورزی متوسط+ پیش تیمار بذر + عدم تلقیح قارچ میکوریزا و خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا افزایش داد.

**کلمات کلیدی:** خاکورزی، عملکرد، میکوریزا

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- بررسی مدیریت خاکورزی، همزیستی میکوریزایی و پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک، درصد کلونیزاسیون و فسفر قابل جذب خاک در گیاه سورگوم. نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی. ۳۱ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴. تهران، ایران.
- ۲- بررسی مدیریت خاکورزی، همزیستی میکوریزایی و پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه، میزان کلروفیل کل و میزان کارتنوئید در گیاه سورگوم. نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی. ۳۱ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴. تهران، ایران.



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه

۲	مقدمه:
۸	۱-۲- پیشینه خاکورزی
۹	۲-۲- معرفی خاکورزی
۱۰	۳-۲- انواع خاکورزی
۱۰	۱-۳-۲- خاکورزی رایج
۱۱	۲-۳-۲- خاکورزی حفاظتی
۱۲	۳-۳-۲- بی خاکورزی
۱۳	۴-۳-۲- خاکورزی پشته ای
۱۳	۵-۳-۲- خاکورزی مالچی
۱۴	۴-۲- مقایسه خاکورزی رایج و حفاظتی
۱۵	۵-۲- اثرات خاکورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک
۱۵	۱-۵-۲- اثر خاکورزی روی دمای خاک
۱۶	۲-۵-۲- اثر خاکورزی روی میزان رطوبت خاک
۱۶	۳-۵-۲- اثر خاکورزی بر ساختمان خاک
۱۶	۴-۵-۲- اثر خاکورزی بر خصوصیات بیولوژیکی خاک
۱۷	۶-۲- میکوریزا
۱۷	۷-۲- کودهای شیمیایی تاریخچه و مقدار مصرف
۱۸	۸-۲- کودهای بیولوژیک
۱۹	۹-۲- تاریخچه میکوریزا

- ۲۰-۱۰-۲ معرفی میکوریزا درونی ..... ۲۰
- ۲۱-۱۱-۲ چرخه زندگی قارچ های میکوریزای آرباسکولار ..... ۲۱
- ۲۱-۱۲-۲ فوائد رابطه همزیستی میکوریزایی ..... ۲۱
- ۲۱-۱-۱۲-۲ تولید هورمون های محرک رشد ..... ۲۱
- ۲۱-۲-۱۲-۲ افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی ..... ۲۱
- ۲۲-۳-۱۲-۲ افزایش مقاومت گیاه به تنش های ناشی از تراکم خاک و اصلاح ساختمان خاک ..... ۲۲
- ۲۲-۴-۱۲-۲ افزایش جذب عناصر غذایی ..... ۲۲
- ۲۳-۵-۱۲-۲ افزایش مقاومت به تنش خشکی ..... ۲۳
- ۲۳-۱۳-۲ عوامل موثر بر همزیستی ..... ۲۳
- ۲۴-۱۴-۲ میکوریزا و بوم نظام خاک ..... ۲۴
- ۲۵-۱۵-۲ تأثیر عملیات زراعی بر قارچ میکوریزا ..... ۲۵
- ۲۶-۱۶-۲ نقش قارچ های میکوریزا در کشاورزی پایدار ..... ۲۶
- ۲۶-۱۷-۲ میکوریزا و سرعت فتوسنتز ..... ۲۶
- ۲۷-۱۸-۲ معرفی پرایمینگ ..... ۲۷
- ۲۹-۱۹-۲ فواید پرایمینگ ..... ۲۹
- ۲۹-۱-۱۹-۲ بهبود تغذیه گیاهان زراعی ..... ۲۹
- ۲۹-۲-۱۹-۲ افزایش جوانه زنی ..... ۲۹
- ۳۰-۳-۱۹-۲ بهبود عملکرد در شرایط نامطلوب ..... ۳۰
- ۳۰-۲۰-۲ انواع پرایمینگ بذر ..... ۳۰
- ۳۱-۱-۲۰-۲ اسمو پرایمینگ ..... ۳۱
- ۳۱-۲۱-۲ فاکتورهای موثر بر پرایمینگ بذر ..... ۳۱
- ۳۱-۱-۲۱-۲ خشک کردن بذر ..... ۳۱
- ۳۱-۲-۲۱-۲ مدت زمان پرایمینگ ..... ۳۱
- ۳۲-۳-۲۱-۲ درجه حرارت در پرایمینگ بذر ..... ۳۲
- ۳۲-۲۲-۲ معرفی اسید سالیسیلیک ..... ۳۲

۳۳	..... اثرات سالیسیلیک اسید بر گیاه
۳۴	..... مکانیسم عمل سالیسیلیک اسید
۳۴	..... بیوسنتز اسید سالیسیلیک
۳۵	..... اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و تولید
۳۵	..... زراعت سورگوم
۳۶	..... ویژگی های گیاه شناسی
۳۸	..... ارزش و اهمیت غذایی سورگوم
۴۰	..... ۱-۳- مواد و روش
۴۰	..... ۱-۱-۳- زمان و محل اجرای آزمایش
۴۰	..... ۲-۳- خصوصیات خاک زراعی مورد آزمایش
۴۱	..... ۳-۳- مشخصات مواد آزمایشی
۴۱	..... ۱-۳-۳- تیمار خاکورزی
۴۱	..... ۲-۳-۳- تیمار پرایمینگ
۴۱	..... ۳-۳-۳- تیمار قارچ میکوریزا
۴۲	..... ۴-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۴۲	..... ۵-۳- نقشه کاشت
۴۲	..... ۶-۳- عملیات آماده سازی زمین و کاشت
۴۳	..... ۷-۳- واکاری و تنک کردن
۴۳	..... ۸-۳- عملیات داشت
۴۳	..... ۱-۸-۳- آبیاری
۴۳	..... ۲-۸-۳- کوددهی
۴۴	..... ۳-۸-۳- مبارزه با علف های هرز
۴۴	..... ۹-۳- نمونه برداری و اندازه گیری ها
۴۵	..... ۱۰-۳- صفات زراعی و مورفولوژیک
۴۵	..... ۱-۱۰-۳- ارتفاع بوته

- ۴۵ ..... ۲-۱۰-۳ قطر ساقه
- ۴۵ ..... ۳-۱۰-۳ تعداد پنجه، تعداد خوشه بارور و طول خوشه بارور
- ۴۵ ..... ۴-۱۰-۳ وزن خشک ساقه، برگ و تاسل
- ۴۶ ..... ۵-۱۰-۳ سطح برگ
- ۴۶ ..... ۶-۱۰-۳ عملکرد و اجزای عملکرد
- ۴۶ ..... ۷-۱۰-۳ محتوای نسبی آب برگ
- ۴۶ ..... ۸-۱۰-۳ تنفس خاک
- ۴۷ ..... ۹-۱۰-۳ وزن مخصوص ظاهری خاک
- ۴۸ ..... ۱۰-۱۰-۳ فسفر قابل جذب خاک
- ۴۸ ..... ۱۱-۱۰-۳ کلروفیل a، b و کارتنوئید
- ۴۹ ..... ۱۲-۱۰-۳ کلروفیل کل بر مبنای (SPAD)
- ۴۹ ..... ۱۳-۱۰-۳ فسفر بذر
- ۵۰ ..... ۱۴-۱۰-۳ قند محلول
- ۵۰ ..... ۱۵-۱۰-۳ کلونیزاسیون ریشه
- ۵۱ ..... ۱۱-۳ برداشت نهایی
- ۵۱ ..... ۱۲-۳ تجزیه و تحلیل داده ها
- ۵۴ ..... ۱-۴ ارتفاع بوته
- ۵۵ ..... ۲-۴ طول خوشه بارور
- ۵۶ ..... ۳-۴ تعداد خوشه بارور
- ۵۸ ..... ۴-۴ قطر ساقه
- ۵۹ ..... ۵-۴ تعداد پنجه
- ۶۱ ..... ۶-۴ وزن هزار دانه
- ۶۲ ..... ۷-۴ شاخص سطح برگ
- ۶۴ ..... ۸-۴ عملکرد دانه
- ۶۸ ..... ۹-۴ عملکرد بیولوژیک

- ۷۰ ..... ۱۰-۴ شاخص برداشت
- ۷۲ ..... ۱۱-۴ کلروفیل a
- ۷۳ ..... ۱۲-۴ کلروفیل b
- ۷۶ ..... ۱۳-۴ کارتنوئید
- ۷۷ ..... ۱۴-۴ کلروفیل کل
- ۷۹ ..... ۱۵-۴ محتوای نسبی آب برگ
- ۸۱ ..... ۱۶-۴ قند محلول
- ۸۳ ..... ۱۷-۴ فسفر بذر
- ۸۴ ..... ۱۸-۴ فسفر قابل جذب خاک
- ۸۵ ..... ۱۹-۴ کلونیزاسیون
- ۸۷ ..... ۲۰-۴ تنفس خاک
- ۸۹ ..... ۲۱-۴ وزن مخصوص ظاهری خاک
- ۹۱ ..... نتیجه گیری
- ۹۴ ..... پیشنهادات

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۴-۱- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر ارتفاع بوته ..... ۵۵
- شکل ۴-۲- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر بر طول خوشه بارور..... ۵۶
- شکل ۴-۳- اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا بر صفت تعداد خوشه بارور..... ۵۷
- شکل ۴-۴- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر قطر ساقه..... ۵۹
- شکل ۴-۵- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر قطر ساقه..... ۵۹
- شکل ۴-۶- اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا بر صفت تعداد پنجه..... ۶۰
- شکل ۴-۷- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر وزن هزار دانه..... ۶۲
- شکل ۴-۸- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت کلروفیل a..... ۷۳
- شکل ۴-۹- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت کارتنوئید..... ۷۷
- شکل ۴-۱۰- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت کلروفیل کل..... ۷۸
- شکل ۴-۱۱- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت درصد محتوای نسبی رطوبت..... ۸۰
- شکل ۴-۱۲- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت قند محلول..... ۸۲
- شکل ۴-۱۳- اثر قارچ میکوریزا بر صفت فسفر بذر..... ۸۳
- شکل ۴-۱۴- اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا بر صفت فسفر قابل جذب..... ۸۵
- شکل ۴-۱۵- تأثیر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه گیاه  
سورگوم..... ۸۶
- شکل ۴-۱۶- اثر مدیریت مختلف خاکورزی بر صفت وزن ظاهری خاک..... ۹۰

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- مقایسه خاکورزی رایج و خاکورزی حفاظتی.....	۱۴
جدول ۲-۲- مهمترین مواد تشکیل دهنده دانه سورگوم.....	۳۸
جدول ۱-۳- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.....	۴۰
جدول ۱-۴- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص سطح برگ.....	۶۴
جدول ۲-۴- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت عملکرد دانه.....	۶۷
جدول ۳-۴- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت عملکرد بیولوژیک.....	۶۹
جدول ۴-۴- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص برداشت.....	۷۲
جدول ۵-۴- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت کلروفیل b.....	۷۵
جدول ۶-۴- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت تنفس خاک.....	۸۹
جدول پیوست ۱- تأثیر مدیریت روش های متفاوت خاکورزی بر صفات تعداد خوشه بارور، کلروفیل b و محتوای نسبی آب برگ.....	۹۶
جدول پیوست ۲- تأثیر پیش تیمار بذر با استفاده از اسید سالیسیلیک بر صفات طول خوشه بارور، تعداد پنجه و میزان تنفس خاک.....	۹۶
جدول پیوست ۳- تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه سورگوم.....	۹۶
جدول پیوست ۴- تأثیر پیش تیمار با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و میزان قند محلول گیاه سورگوم.....	۹۷
جدول پیوست ۵- تأثیر تیمارهای روش های مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات قطر ساقه، شاخص برداشت، کلروفیل a و کارتنوئید گیاه سورگوم.....	۹۷
جدول پیوست ۶- اثر متقابل روش های متفاوت خاکورزی و پیش تیمار بذر با استفاده از اسید سالیسیلیک روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه سورگوم.....	۹۸

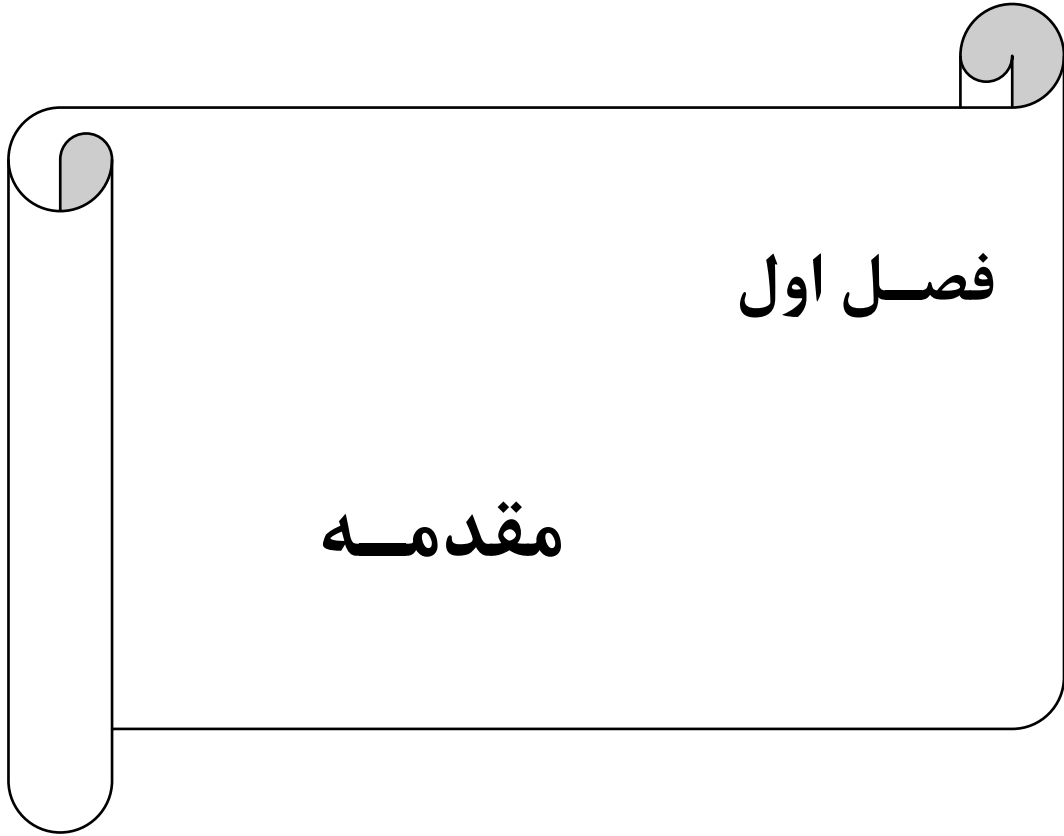
جدول پیوست ۷- اثر متقابل روش های متفاوت خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا روی برخی از خصوصیات

کمی و میزان کلروفیل b گیاه سورگوم..... ۹۹

جدول ۸ - میانگین مربعات خصوصیات کمی صفات مورد مطالعه در گیاه سورگوم..... ۱۰۰

جدول ۹ - میانگین مربعات خصوصیات کیفی صفات مورد مطالعه در گیاه سورگوم..... ۱۰۱





فصل اول

مقدمه

## مقدمه:

امروزه رویکرد کشاورزی جهان به سمت کشاورزی پایدار است. در این نوع کشاورزی علاوه بر تولید اقتصادی محصول از منابع آبی و خاکی نیز حفاظت می شود. بررسی ها نشان می دهد سالیانه ۷-۵ میلیون هکتار از اراضی زراعی دنیا حاصلخیزی خود را از دست می دهند. بنابراین کاربرد فناوری های مطلوب به منظور کاهش سرعت این روند تخریبی ضروری می باشد. از جمله این فناوری ها می توان به سیستم های خاکورزی اشاره نمود که یکی از روش های کاربردی در کشاورزی پایدار به شمار می آید. خاکورزی، کارهای مکانیکی روی خاک با هدف آماده کردن یک بستر مناسب برای کاشت بذر و رشد گیاه زراعی است (ریاکسکی و الماراس، ۲۰۰۳).

خاکورزی دارای دو دسته کلی، خاکورزی رایج و خاکورزی کاهش یافته می باشد (کولر، ۲۰۰۳). در خاکورزی کاهش یافته میزان فرسایش و هدر روی رطوبت خاک از طریق باقی گذاشتن حداقل ۳۰ درصد از بقایای محصول روی خاک کاهش می یابد. در خاکورزی رایج همواره کمتر از ۳۰ درصد بقایا (گاهی کمتر از ۵ درصد) روی زمین باقی می ماند. اعمال این خاکورزی در اعماق ۳۰-۲۵ سانتی متر یا بیشتر توسط گاواهن برگردان دار، دیسک و سایر ادوات صورت می گیرد (اوری، ۱۹۹۹). این نوع خاکورزی باعث میشود که فرسایش بادی و آبی افزایش پیدا کند و آلودگی محیط زیست و منابع آبی گسترش یابد (اسچاب و همکاران، ۲۰۰۲ و وست و پست، ۲۰۰۲). در خاکورزی کاهش یافته به دلیل افزایش ماده آلی خاک، برهم زدن کمتر خاک و حفظ رطوبت بیشتر در خاک می تواند میزان فعالیت های زیستی و جمعیت ریز جانداران خاک را افزایش دهد. وجود بقایای گیاهی در سطح خاک سبب کاهش ضربات ناشی از برخورد قطرات باران به سطح خاک و همچنین کاهش سرعت رواناب ها (همت زاده و همکاران، ۱۳۸۸) و اثرات مخرب آن بر خاک می شود (کروپینکسی و همکاران، ۲۰۰۵). مخلوط شدن بقایا با خاک همچنین سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک

(حجازی و همکاران، ۲۰۱۰)، حفظ حاصلخیزی و رطوبت خاک و کاهش تبخیر بیش از حد می شود (ویلپلم و ورتمن، ۲۰۰۴).

انتخاب روش های خاکورزی مرسوم و یا خاکورزی حفاظتی هنوز در برنامه تحقیقاتی محققین قرار دارد (خسروانی، ۱۳۷۷). زیرا که راه حل یکسانی برای تمام شرایط وجود ندارد. همه با این نظر که خاکورزی حفاظتی زمان کمتری را لازم داشته و معمولا عملکرد محصول نیز کاهش معنی داری را نشان نمی دهد موافق هستند اما شرایط اقلیمی تاثیرات متفاوتی را نشان می دهد به طوری که محاسن بعضی از روش ها یا پارامترهای تولیدی متناسب با منطقه تغییر می کند (محسنی منش و مجیدی، ۱۳۷۷).

راهکارهای زیادی جهت پایداری در کشاورزی وجود دارد که از مهم ترین آنها استفاده از کود های بیولوژیک می باشد. قارچ های میکوریزا یکی از انواع کود های بیولوژیک محسوب می شوند و از با اهمیت ترین میکروارگانیسم های موجود در اغلب خاک های تخریب نشده می باشد. به طوری که در برخی تخمین های موجود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک ها را ریشه این قارچ ها تشکیل می دهد (میلر، ۲۰۰۰). به طور کلی حدود ۹۵-۹۰ درصد از گیاهان با این قارچ ها ارتباط همزیستی دارند، به طوری که در این گیاهان میکوریزا (نه ریشه) اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی محسوب می شود (آگ، ۲۰۰۱؛ باگو و همکاران، ۲۰۰۰).

قدمت قارچ های میکوریزا در اکوسیستم های خشکی به بیش از ۴۶۰ میلیون سال می رسد (ریلینگ، ۲۰۰۴). مزیت این قارچ افزایش منطقه تخلیه عناصر غذایی به وسیله ریشه میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی می باشد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) در نتیجه گیاهان می توانند جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی را در خاک های فقیر بهبود بخشند (اسمیت و رید، ۲۰۰۸؛ استورزو کرسنز، ۲۰۰۳). شواهد زیادی نیز نشان می دهد که ریشه گیاهان میکوریزایی قادر به استفاده از منابع نامحلول فسفر در خاک که قابل دسترس ریشه گیاه نیستند، می باشد (کابلو و

همکاران، ۲۰۰۵؛ دوپنیس، ۲۰۰۵). سعید نژاد و همکاران (۱۳۹۱) اعلام کردند که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک میتواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد.

یکی از تکنیک های ساده ای که قدرت استقرار گیاهچه را بهبود می بخشد، پرایمینگ بذر می باشد (پارنیا و همکاران، ۲۰۰۸). در طی فرایند پرایمینگ، به بذر ها اجازه داده می شود که مقداری آب جذب کنند ولی از خروج ریشه چه جلوگیری شده و سپس از محلول پرایم خارج می شوند. مقدار آب جذب شده در حدی است که مانع جوانه زنی در محلول می شود ولی برخی فرایند های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لازم برای جوانه زنی را فراهم می آورد (بسرا و همکاران، ۲۰۰۲). دلیل منطقی برای سودمندی پرایمینگ این است که می تواند سبب کاهش زمان لازم برای جوانه زنی بذور شده و به گیاهچه نیز اجازه دهد که دور از شرایط بد خاک بروید (فاروق، ۲۰۰۸).

در خاک های دچار کمبود رطوبت و کمبود عناصر ریز مغذی، پرایمینگ بذر می تواند سبز شدن گیاهچه ها را تسریع کرده و باعث بهبود عملکرد دانه شود. در واقع پرایمینگ یکی از روش هایی است که تحت شرایط نامساعد محیطی ناشی از عدم وجود هر یک از فاکتورهای لازم برای جوانه زنی، مورد استفاده قرار می گیرد (عباسی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از ترکیباتی که به عنوان محلول پرایم استفاده می شود اسید سالیسیلیک است.

اسید سالیسیلیک ترکیبی فنولی است که از گروه فیتوهورمون ها به شمار می آید و دارای اثراتی بر متابولیسم و فعالیت های اکسیداتیو و فعالیت های بیولوژیکی نظیر رشد و نمو، فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون ها، تغییر فعالیت برخی آنزیم های مهم و ساختار کاروپلاست می باشد (برسانی و همکاران، ۲۰۰۱). این ماده در گیاهان در مقادیر کم (میلی گرم بر گرم وزن تر یا کمتر) وجود دارد که به فرم آزاد و گلیکوزیل نیز است (لی و همکاران، ۱۹۹۵).

سورگوم با نام علمی *Sorghum bicolor* L. گیاهی یکساله، چهار کربنه و از خانواده غلات است که از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید پس از گندم، برنج، ذرت و جو مقام پنجم در جهان را به خود

اختصاص داده است (ساتو و همکاران، ۲۰۰۴). موطن اصلی سورگوم آفریقا و جنوب آسیا است. در حال حاضر بزرگترین مرکز کشت سورگوم آفریقا، چین، آمریکا، استرالیا، جنوب اروپا و آسیای صغیر می باشد. سورگوم در نواحی جنوب ایران از زراعت اصلی در نظر گرفته می شود و بین ۲۵-۳۰ تن در هکتار علوفه خشک تولید می نماید ( فائو، ۱۹۸۰). دانه های این گیاه تک لپه به عنوان غذای اصلی ۷۵۰ میلیون نفر از ساکنان مناطق خشک به شمار می آید. در مناطق استوایی سورگوم محصول دوم زراعی است و در هندوستان جایگاه سوم را بعد از گندم و ذرت دارا است (ماسبو و همکاران، ۲۰۱۳). این گیاه به عنوان یک محصول با اهمیت در مناطق استوایی، نیمه خشک آسیا، آفریقا و جنوب آمریکا مطرح است (رزمی و همکاران، ۲۰۰۰). این گیاه مقاوم به خشکی است و در بین گیاهان زراعی به عنوان شتر گیاهان زراعی معروف است (کوچکی، ۱۹۹۵). تولید جهانی سورگوم در سال ۲۰۰۸ معادل ۱۰۸۹ میلیون تن بود که ۹۰ درصد آن را ارقام و واریته های سورگوم دانه ای به خود اختصاص داده بود (فائو، ۲۰۰۹)، سطح زیر کشت این گیاه در ایران و در سال ۱۳۸۵، برابر ۱۶ هزار هکتار بوده که عملکردی حدود ۱/۲ میلیون تن داشته است (فائو، ۲۰۰۹).

هدف از این تحقیق بررسی نقش خاکورزی متفاوت، همزیستی با میکوریزا و پیش تیمار بذور روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه سورگوم است.

اهداف این پژوهش شامل موارد زیر می باشد:

۱- تاثیر قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه سورگوم در

شرایط خاکورزی متفاوت

۲- بررسی همزیستی قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر برخی از پارامتر های کمی سورگوم

۳- بررسی تاثیر خاکورزی متفاوت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم



فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

## ۱-۲- پیشینه خاکورزی:

خاکورزی از پیشینه تاریخی زیادی برخوردار بوده و فناوری آن در طول هزاران سال توسعه یافته است. ساخت وسایل خاکورزی از ادوات ساده چوبی که توسط حیوانات کشیده می شدند آغاز شد، با تکامل طرح های مختلف، ادوات خاکورزی ادامه یافت و با اختراع گاواهن معروف رومن به اوج خود رسید (کوچکی و برومند رضا زاده، ۱۳۸۸). با گذشت زمان فناوری های پیشرفته ای به منظور بریدن و تا حدی مخلوط کردن خاک ابداع شدند اما امکان خاکورزی در عمق بیش از ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری خاک میسر نبود. گاواهن رومن تا چند دهه گذشته هنوز مورد استفاده قرار می گرفت. جالب اینکه این گاواهن در حال حاضر نیز به عنوان یک وسیله خاکورزی قابل اعتماد در برخی اشکال سنتی کشاورزی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می باشد. مرحله بعد از گاواهن رومن، توسعه خیش های برگردان داری بود که به وسیله جفرسون در سال ۱۷۹۶ میلادی اختراع شد. وی موفق به توسعه نوعی از گاواهن های برگردان دار شد و گاواهن چدنی را به ثبت رسانید که در دهه ۱۸۳۰ میلادی روانه بازار شد (کوچکی و برومند رضا زاده، ۱۳۸۸). پیشرفت های سریع ادوات خاکورزی در قرن گذشته عمدتاً ناشی از دستکاری ها، اصلاحات و تکامل فناوری ادوات خاکورزی ماقبل آن بود. چنین تکامل تکنولوژیکی با افزایش قابل توجه تولیدات زراعی بویژه در کشورهای غربی همراه بود که سبب شد کشاورزان این کشورها موفق ترین تولیدکنندگان در سطح دنیا گردند (کوچکی و برومند رضا زاده، ۱۳۸۸). اغلب کشاورزان اروپایی بر این باور بودند که شخم یا خاکورزی باعث حاصلخیزی خاک می شود و اعتقاد داشتند که شخم جایگزینی ندارد و ناگزیر باید اجرا شود. آنها از درک مفهوم فرسایش که عمدتاً در نواحی گرم و مرطوب رخ می داد عاجز بودند. این امر باعث توسعه فقر و فرسایش شدید خاک های غیر حاصلخیز در نواحی حاره ای و نیمه حاره ای شد (صیادیان و بهشتی آل آقا، ۱۳۸۴).

برای سال های متمادی توجه اصلی پژوهشگران زراعت به انجام عملیات خاکورزی در راستای دستیابی به کشاورزی پر تولید بود. از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی پژوهش در مورد انواع روش خاکورزی،



فاصله ردیف، میزان بهینه مصرف کود، میزان مناسب بذر و باقی گذاشتن پسماندها آغاز شده (ارکولی و همکاران، ۲۰۰۸).

امروزه تکنیک های خاکورزی با به حداقل رساندن صدمات محیطی به طرف کاهش چشمگیر در عمق شخم و تعداد عملیات جهت گیری کرده و با اجرای عملیات خاکورزی شرایط بهینه برای رشد و نمو محصول فراهم گردیده است که ضمن افزایش تهویه، تخلخل و نفوذپذیری خاک شرایط مناسبی را برای نفوذ نزولات جوی و توسعه ریشه مهیا نماید. چنانچه این عملیات در زمان مناسب و با وسیله خاکورزی مناسب صورت نگیرد، علاوه بر ذخیره نشدن نزولات در داخل خاک، موجب ایجاد رواناب می شود و نهایتاً فرسایش خاک را نیز به دنبال خواهد داشت (سخون و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که واکنش گیاهان مختلف به سیستم های مختلف خاکورزی متفاوت می باشد. امروزه مردم در حال رسیدن به این درک هستند که کشاورزی نباید صرفاً رسیدن به تولید باشد، بلکه تولید باید پایدار هم باشد (رینالدوس و بورلاگ، ۲۰۰۶).

## ۲-۲- معرفی خاکورزی:

مقصود از خاکورزی و عملیات زراعتی دیگر ایجاد محیط دارای رطوبت و مواد مغذی و هوای کافی برای رشد و نمو گیاه است و سبب ایجاد شرایط مناسب برای رشد گیاه و کار در مزرعه از شروع کاشت تا برداشت محصول می باشد. وقتی زمین را شخم می زنند نرم شده و در نتیجه بذر کاشته شده با خاک مخلوط شده به آن می چسبد، رطوبت جذب نموده و سبز می شود و ریشه آن می توانند به سهولت به اطراف و اعماق خاک بروند. شخم سبب باز شدن فواصل خاکدانه ها از هم می گردد و باعث می شود که رطوبت کافی در خاک ذخیره شود و هوا بتواند در خلل و فرج آن جریان یابد و محیط مناسبی برای میکروارگانیسم های حاصلخیز کننده خاک فراهم شود (رستگار، ۱۳۸۴).

خاک به عنوان بستر کشت گیاهان و تامین کننده غذای بشر همواره یکی از مهم‌ترین و ارزشمندترین منابع در کشاورزی است، لذا مدیریت صحیح در بهره برداری و حفظ پایداری آن اهمیت ویژه ای دارد. نوع خاکورزی مورد استفاده از جمله عوامل مهمی است که می تواند باعث تخریب یا بهبود ساختمان خاک شود. بی توجهی به خاک و حفظ حاصلخیزی و پایداری آن و بهره برداری یک طرفه و بدون بازگشت از خاک طی خاکورزی مرسوم و سنتی روندی است که کم و بیش در بسیاری از مناطق دنیا وجود داشته و باعث مشکلاتی همچون فشردگی ناشی از رفت و آمد ماشین ها و ادوات، فرسایش خاک ناشی از حذف بقایای گیاهی و مصرف انرژی و هزینه زیاد خواهد شد (اتریا و همکاران، ۲۰۰۸).

### ۲-۳- انواع خاکورزی:

به طور معمول خاکورزی به دو دسته کلی تقسیم می شود. دسته اول به نام خاکورزی حفاظتی که در آن بیش از ۳۰ درصد بقایای گیاهی سال قبل در سطح مزرعه باقی می ماند. دسته دوم شامل سایر خاکورزی هاست که در آن کمتر از ۳۰ درصد بقایای محصول سال قبل در سطح مزرعه باقی گذاشته می شود (صیادیان و بهشتی آل آقا، ۱۳۸۴).

### ۲-۳-۱- خاکورزی رایج:

خاکورزی رایج (خاکورزی فشرده) تمامی انواع خاکورزی شامل می شود که کمتر از ۱۵ درصد از بقایای گیاهی را در کاشت گیاه بعدی یا کمتر از ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بقایای غلات دانه ریز را طی یک دوره بحرانی فرسایش بر سطح خاک باقی گذارد (کوچکی و برومند رضا زاده، ۱۳۸۸). در مواردی که خطر فرسایش بادی بیشتر از خطر فرسایش آبی است کمتر از ۵۶۰ کیلو گرم در هکتار از بقایای محصولات دانه ریز زراعت قبلی در سطح مزرعه باقی گذاشته می شود تا در کاهش فرسایش موثر باشد. عموماً چنین فناوری هایی شامل خاکورزی برگرداندار یا خاکورزی فشرده می باشد (صیادیان و بهشتی آل آقا، ۱۳۸۴).

خاکورزی رایج با گاوآهن برگردان دار و پس از عملیات خاکورزی ثانویه هنوز هم به عنوان بهترین نوع خاکورزی برای خاک هایی که از نظر زهکشی مشکل دارند مانند خاک های رسی که دارای ساختمان ضعیفی هستند یا خاک هایی که تنها از شن تشکیل شده اند، می باشد. کشاورزان ممکن است در چرخه پیوسته ای از خاکورزی، از خاکورزی برگردان دار درگیر شوند. توجه خاکورزی رایج بر این استوار است که در این نوع خاکورزی عملکرد خوب خواهد بود، سطح خاک از بقایای گیاهی عاری خواهد بود که سبب سهولت آماده سازی بستر بذر و کاشت می گردد، از مزایای دیگر این نوع خاکورزی کنترل علف هرز و دفن بذر آنها است (کوچکی و برومند رضا زاده، ۱۳۸۸). خاکورزی اولیه یکی از عملیات پر انرژی در کشاورزی است که به طور میانگین ۵۰ درصد انرژی کل را به خود اختصاص داده است (قادری و همکاران، ۱۳۸۲).

کوپنکه و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که قابلیت نفوذ آب در خاک در اثر استفاده از گاوآهن برگردان دار افزایش می یابد. مک وایا و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که وزن مخصوص ظاهری در اثر استفاده از گاوآهن برگردان دار به طور معنی داری کاهش می یابد. از طرف دیگر نتایج تحقیقات مختلف تقریباً در کلیه مناطق اقلیمی جهان نشان می دهد که خاکورزی غالباً باعث بروز مشکلاتی نظیر تراکم و فرسایش خاک، کم شدن نفوذ آب و افزایش مصرف انرژی می گردد.

### ۲-۳-۲- خاکورزی حفاظتی:

از اجزای مهم و تفکیک ناپذیری که امروزه در توسعه کشاورزی نوین مدنظر می باشد کشاورزی پایدار است. در کشاورزی پایدار به ثبات عملکرد در طولانی مدت با کمترین تاثیر نامطلوب بر محیط تاکید می شود (دادنیا و خدا بنده، ۱۳۷۹). طرفداران کشاورزی پایدار در پی ایجاد تغییراتی عمده در روند کشاورزی متعارف هستند. برخی از این تغییرات شامل همسو نمودن فعالیت های کشاورزی با فرآیندهای بوم شناختی، عدم به کار گیری بی رویه نهاده ها و مواد شیمیایی، افزایش تولیدات

محصولات کشاورزی با بهره‌گیری از پتانسیل زیست‌شناختی و ژنتیکی گونه‌های مختلف، تقویت و بهبود چرخه‌های زیست‌شناختی در طبیعت، تقویت و افزایش دراز مدت حاصلخیزی خاک‌ها، حفاظت از تنوع ژنتیکی موجود، کاهش یا حذف کامل کودهای شیمیایی، سموم گیاهی، هورمون‌های گیاهی و دامی است (مسگر باشی و همکاران، ۱۳۸۵). کشاورزی حفاظتی توان و پتانسیل بکارگیری در تمام نقاط آگرواکولوژیکی دارد و همچنین سبب افزایش امنیت غذایی در جهان می‌شود (درسچ و فردریچ، ۲۰۰۹). تحقیقات نشان می‌دهد که پوشش بقایای گیاهی باعث کاهش دمای سطح خاک در مزرعه سویا در شرایط خاکورزی حفاظتی در طول گرمای تابستان شده است (سخون و همکاران، ۲۰۰۵). یکی از راه‌های حفاظت خاک و کاهش فرسایش آن و در نتیجه حفظ حاصلخیزی آن استفاده از سیستم‌های کم‌خاکورزی و بدون خاکورزی می‌باشد، خاکورزی حفاظتی یک اصطلاح علمی می‌باشد که به طور گسترده برای تعریف و مشخص کردن سیستم‌های مدیریت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد که در نتیجه اجرای آن حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک توسط بقایای گیاهی و پس از اتمام کشت گیاه بعدی پوشش داده می‌شود (جارکی و لال، ۲۰۰۳). در مکان‌هایی که فرسایش بادی مسئله اصلی است باید حداقل ۱۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از بقایای محصولات دانه ریز در سطح مزرعه باقی بماند تا در زمره خاکورزی حفاظتی محسوب گردد (مورل، ۲۰۰۴). انواع خاکورزی حفاظتی شامل بی‌خاکورزی، خاکورزی پشته‌ای و خاکورزی مالچی است.

## ۲-۳-۳- بی‌خاکورزی:

طبق تعریف مرکز اطلاعات شخم حفاظتی در آمریکا، بی‌خاکورزی سیستمی است که در آن زمین جز در زمان مصرف کود از کاشت تا برداشت دست‌نخورده باقی می‌ماند. کشت با استفاده از ردیفکار، در بسترهای کم‌عرض و در شیارهایی که با یک تیغه یا شیار بازکن‌های دیسکی یا تیلرهای دوار ایجاد شده، به عمل می‌آید. کنترل علف‌هرز در این روش توسط علف‌کش صورت می‌گیرد (صیادیان و بهشتی آل‌آقا، ۱۳۸۴). کشت مستقیم یا بدون خاکورزی از ابتدای دهه ۱۹۸۰ در

آرژانتین اجرا می شد که منجر به کاهش هزینه ها و همچنین عملیات های اجرایی به خصوص استفاده از ماشین آلات شده است ( بوتتا و همکاران، ۲۰۰۸).

#### ۲-۳-۴- خاکورزی پشته ای:

در این نوع خاکورزی، خاک جز در زمان مصرف کود از کاشت تا برداشت دست نخورده باقی می ماند. کشت با کمک ردیفکارهای دارای شیار باز کن دیسکی با تیغه های نازک، در بسترهایی که روی پشته احداث شده اند به عمل می آید. بقایای محصول سال قبل بین پشته ها باقی مانده و علف های هرز به کمک علف کش و یا عملیات زراعی کنترل می شود. پشته ها در خلال کشت و کار، باز سازی می شوند (مورل، ۲۰۰۴).

#### ۲-۳-۵- خاکورزی مالچی:

روشی از خاکورزی است که زمین قبل از کشت با استفاده از ادواتی مانند چیزل، کولتیواتور، دیسک و پنجه غازی شخم زده شده و علف هرز با استفاده از علف کش و یا عملیات زراعی کنترل می شوند. این نوع خاکورزی شامل دو روش خاکورزی ناحیه ای و خاکورزی نواری بوده که هر دو روش، نواری از زمین جهت کشت بذر و کود شخم زده می شود (صیادیان و بهشتی آل آقا، ۱۳۸۴).

## جدول ۲-۱- مقایسه خاکورزی رایج و خاکورزی حفاظتی

مزایای بی خاکورزی و پوشش دائمی سطح خاک	معایب خاکورزی و لخت ماندن سطح خاک
فرسایش آبی و بادی نزدیک صفر است	فرسایش آبی و بادی اجتناب ناپذیر است
افزایش نفوذپذیری خاک	کاهش نفوذ پذیری خاک
افزایش رطوبت قابل استفاده	کاهش رطوبت قابل استفاده
مواد آلی خاک یا تغییر نمی کند و یا افزایش می یابد	کاهش مواد آلی خاک حتمی است
کربن در خاک باقی مانده و خطر افزایش دمای کره زمین کاهش می یابد.	کاهش کربن خاک در اثر خروج در اکسید کربن و نهایتاً گرم شدن کره زمین
خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بهبود می یابد	خاک به لحاظ فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی دچار سیر قهقرایی است.
افزایش عملکرد در واحد سطح	کاهش عملکرد در واحد سطح
مصرف کمتر کودهای شیمیایی و کاهش هزینه ها	مصرف بیشتر کودهای شیمیایی و افزایش هزینه ها
به خاطر افزایش عملکرد و درآمد بیشتر، مساله مهاجرت به نواحی شهری و تعطیلی مزارع کاهش می یابد.	به دلیل کاهش عملکرد و درآمد کمتر، مساله مهاجرت کشاورزان به نواحی شهری افزایش می یابد.
سطح استانداردهای زندگی و نیازمندی های اساسی کشاورزان تامین شده و کیفیت زندگی آنها ارتقا می یابد.	فقر، مهاجرت، حاشیه نشینی و تنش های اجتماعی افزایش می یابد.

## ۲-۴- مقایسه خاکورزی رایج و حفاظتی:

روش معمول خاکورزی با حداکثر استفاده از ادوات خاکورزی مانند گاواهن برگردان دار و دیسک، طی چند مرحله باعث بهم خوردن ساختمان طبیعی خاک سطحی می گردد. در مقایسه با خاکورزی مرسوم، سیستم بدون خاکورزی به طور معنی داری باعث افزایش معنی داری سطح کل کربن و نیتروژن و سطح ثابت آب می شود (میخا و رایس، ۲۰۰۴). در سیستم رایج شخم مکرر باعث کاهش مواد آلی خاک، کاهش باز دهی خاک، آسیب به ساختمان خاک و افزایش دمای خاک می شود. افزایش دما اثرات منفی روی ریشه گیاه فلور و فون و رطوبت خاک دارد که در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت (درسچ و فلورنترن، ۲۰۰۰). در آزمایشی که به بررسی اثر خاکورزی رایج و حفاظتی روی عملکرد گندم انجام شده، مشخص شد 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 سال های 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 (حسین و همکاران، ۱۹۹۹).

مرودی و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر خاکورزی های مختلف را بر خصوصیات فیزیکی خاک مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که استفاده از وسایل خاکورزی باعث تغییر در ساختمان خاک از طریق خرد کردن خاک ها، تغییر در ساختار و یا اندازه خلل و فرج و نظم و ترتیب ذرات خاک شده و همه این تغییرات در سایر خصوصیات فیزیکی خاک می گردد. نتایج یک بررسی نشان داد که عملکرد ماده خشک ذرت تحت تاثیر سیستم خاکورزی قرار نگرفت، اما بیشترین ماده خشک تولید شده از سیستم خاکورزی رایج در مقایسه با سیستم خاکورزی حفاظتی حاصل شد (بیرت و همکاران، ۲۰۰۲).

## ۲-۵- اثرات خاکورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک:

خاکورزی در دراز مدت موجب تغییرات وسیعی در خصوصیات فیزیکی خاک می شود. عمده ترین خصوصیات از خاک که دچار تغییرات می شود عبارتند از دما، رطوبت، ساختمان، مواد آلی و ویژگی های گیاهی مانند تراکم ریشه ها.

## ۲-۵-۱- اثر خاکورزی روی دمای خاک:

دمای خاک در سیستم خاکورزی حفاظتی در فصل بهار خنک تر از روش خاکورزی رایج است، این امر ناشی از وجود بقایای گیاهی است. این بقایا ضمن انعکاس مقداری از نور خورشید موجبات تاخیر در خشک شدن خاک را نیز فراهم می کنند. خاک مرطوب برای گرم شدن در مقایسه با خاک خشک انرژی بیشتری نیاز دارد (صیادیان و بهشتی آل آقا، ۱۳۸۴).

## ۲-۵-۲- اثر خاکورزی روی میزان رطوبت خاک:

شخم حفاظتی رطوبت بیشتری را در خاک ذخیره نموده و ضمن کاهش تبخیر، موجب افزایش نفوذ پذیری خاک می شود. ذخیره رطوبت خاک در نواحی کم باران و یا در مناطقی که خاک قدرت نگهداری رطوبت اندکی دارد و یا در سال هایی که میزان بارندگی کمتر از میانگین معمول است، از اهمیت زیادی برخوردار می باشد (صیادیان و بهشتی آل آقا، ۱۳۸۴).

## ۲-۵-۳- 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 ریشه قارچ ها دست نخورده باقی مانده و در پایداری ساختمان خاک نقش مهمی را ایفا می کنند (USDA, 2004).

## ۲-۵-۴- اثر خاکورزی بر خصوصیات بیولوژیکی خاک:

به دلیل عدم استفاده از ادوات در سیستم های بی خاکورزی معمولاً شبکه ها و منافذ زیادی در خاک ایجاد می شود. این منافذ و شبکه ها باعث بهبود شرایط محیطی برای میکروارگانیسم ها خاک می شوند. در این شرایط میکروارگانیسم ها به دلیل شرایط محیطی مانند کمی رطوبت، دمای زیاد و غیره تلف نمی شوند. در حالی که در شرایط خاکورزی مرسوم و در زمین های لخت و عاری از پوشش چنین اتفاقی رخ خواهد داد (درپسج، ۱۹۹۸). در شرایط بی خاکورزی میکروارگانیسم ها به



اندازه کافی کربن برای تغذیه و بقای خود می یابند. در چنین وضعیتی تعداد کرم های خاکی و بندپایان و فعالیت میکروارگانیسم ها افزایش می یابد. فعالیت قارچ ها و میکوریزا نیز در این شرایط تشدید می شود (درپسچ و همکاران، ۱۹۹۸). آمار و اطلاعات نشان می دهد که جمعیت کرم های خاکی به طور چشم گیری در اثر شخم کاهش می یابد.

## ۲-۶- میکوریزا:

کاربرد اصول و مفاهیم بوم شناسی از جمله مدیریت و استفاده از میکروارگانیسم های موجود در خاک و روابط بین آنها، در طراحی و مدیریت نظام های تولید غذا، قادر است ما را در تولید پایدار تر غذا یاری دهد. تیلمن و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که بزرگترین چالش در ۵۰ سال آینده، ۲ برابر کردن تولید غذا است آن هم به طریقی که به محیط زیست و سلامت مصرف کنندگان آسیب وارد نشود. سیلویا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که به طور میانگین در هر گرم خاک، دو میلیون موجود زنده، وجود دارد. آنها پیشنهاد کردند که با شناخت و درک این ارتباط پیچیده، می توان خاک و میکروارگانیسم های، آن را برای نگهداری و بهبود وضعیت خاک، بدون آسیب رساندن به این منبع حیاتی، بهتر مدیریت کرد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حتی بیولوژیکی خاک و اثرات متقابل آنها با میکروارگانیسم های مقیم در خاک، تاثیر مهمی بر رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها و به دنبال آن حاصلخیزی خاک دارد.

## ۲-۷- کودهای شیمیایی تاریخچه و مقدار مصرف :

شاید اولین کارخانه تولید کود شیمیایی مربوط به لاوز باشد که توانست در سال ۱۸۴۲ مجوز تولید کود سوپر فسفات ساده را از طریق اختلاط اسید سولفوریک و خاک فسفات دریافت کند. اولین کودهای ازتی شوره زارهایی بودند که در سال ۱۸۰۹ در شیلی کشف شدند و اسپانیایی ها در سال ۱۸۱۳ استخراج آن را شروع کردند که اولین محموله آن در سال ۱۸۳۰ به آمریکا رسید. معادن پتاس

برای اولین بار در سال ۱۸۳۹ در استراسفوس آلمان کشف شد و تولید تجاری آن از سال ۱۸۶۰ در این کشور شروع شد و تا ۶۰ بعد آلمان تنها تولید کننده کودهای پتاس در جهان بود. افزایش جمعیت دنیا و لزوم تولید محصولات کشاورزی بیشتر در ۵۰ سال اخیر، فشار بر زمین های کشاورزی از طریق کاربرد مقادیر بیشتر کودهای شیمیایی را در پی داشته است. مقدار کل کودهای شیمیایی مصرفی (بر اساس عنصر) در جهان در سال ۱۹۶۱ حدود ۱۰ میلیون تن بوده است. امروزه مصرف ازت (N) ۸ برابر، فسفر (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ۳ برابر و پتاس (K<sub>2</sub>O) ۲ برابر شده است. بر اساس گزارش سازمان کشاورزی و خواربار جهانی (FAO) بین ۴۰ الی ۶۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی سه دهه گذشته مرهون کودهای شیمیایی بوده است. با اینکه کودهای شیمیایی در ۵۰ سال اخیر نقش عمده ای در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی داشته اند ولی امروزه به تدریج اثرات منفی ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی بروز پیدا کرده است. وارد شدن نیترات به آب های زیر زمینی و محیط زیست و بروز بیماری هایی مانند سرطان و یا انباشت فسفر در خاک ها و کامپم همراه کود که وارد چرخه غذایی شده و مسمویت هایی را باعث شده است، از مثال های این مورد می باشند (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴).

## ۲-۸- کودهای بیولوژیک:

کودهای بیولوژیکی شامل سلول های زنده انواع میکروارگانیسم ها از جمله باکتری های تثبیت کننده نیتروژن مانند ریزوبیوم و حل کننده فسفات می باشند و توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر محلول به فرم محلول را از طریق فرآیند های بیولوژیکی دارند (وسی، ۲۰۰۳). محمد و محمود (۲۰۰۸) بیان کردند کودهای بیولوژیکی با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش موجودات ذره بینی خاک های زراعی گندم می شوند. قارچ های میکوریزا یکی از انواع کودهای بیولوژیک محسوب می شوند و از با اهمیت ترین میکروارگانیسم های موجود در اغلب خاک های تخریب نشده می باشند. به طوری که در برخی تخمین های موجود در ۷۰ درصد از توده

زنده جامعه میکروبی خاک را ریشه این قارچ ها تشکیل می دهد ( میلر، ۲۰۰۰). محققین در این نکته هم رای هستند که تقریباً ۸۳ درصد از گیاهان دولپه و ۷۹ درصد از تک لپه ها و نیز همه بازدانگان با میکوریزا رابطه همزیستی دارند (داد، ۲۰۰۰ و هجیدان و ساندرز، ۲۰۰۲). قدمت قارچ های میکوریزا در اکوسیستم های خشکی به بیش از ۴۶۰ میلیون سال می رسد (ریلینگ، ۲۰۰۴). اهمیت میکوریزا بر پایه نقش ویژه آن به عنوان حلقه ارتباطی بین خاک و گیاه استوار است. همزیستی بین اغلب گیاهان آوندی با قارچ های میکوریزای موجود در خاک به وجود می آید که متعلق به سه کلاس Basidiomycetes، Ascomycetes و Zygomycetes هستند (کریستسک و همکاران، ۲۰۰۵). بر اساس مطالعات انجام شده رابطه همزیستی را در سه گروه اکتو میکوریزا، اندومیکوریزا و اکتو اندو میکوریزا تقسیم نموده اند. از این میان انواع اندو میکوریزا از نظر برقراری همزیستی با گیاهان زراعی اهمیت و کارایی بیشتری دارند که بر حسب گیاه میزبان و ساختمان زیست شناختی، آلودگی قارچ به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتند از میکوریزای آرباسکولار، میکوریزا اریکاسه و میکوریزا ارکیداسه که در این میان میکوریزا ویسکولار- آربوسکولار (VAM) مهم تر بوده (کوتهماسی و همکاران، ۲۰۰۱) و روی تعداد زیادی از گیاهان زراعی و باغی همزیستی دارند (رجالی، ۱۳۸۴ و اردکانی و همکاران، ۱۳۷۹).

## ۲-۹- تاریخچه میکوریزا:

اولین گزارش مبنی بر وجود این قارچ ها در اطراف ریشه گیاه میزبان و به وجود آمدن یک رابطه هم زیستی میکوریزایی توسط هارتیک (۱۸۴۰) تحقیقات صورت گرفته مربوط می شود. وی اگرچه این قارچ ها را به عنوان یک ارگانسیم مستقل معرفی نکرد، اما وجود ریشه های ظریف ویژه ای در اطراف سیستم ریشه ای درخت کاج را گزارش نمود. ریسک (۱۸۴۷) این قارچ ها را به عنوان موجودی مستقل در همزیستی با گیاهان ارکیده شناسایی و معرفی کرد. کمینکسی (۱۸۸۱)، عنوان نمود که در اطراف سیستم ریشه ای برخی از درختان با لایه ای از قارچ پوشیده شده است و عناصر غذایی موجود

در خاک با عبور از این لایه به وسیله سیستم ریشه ای گیاه میزبان جذب می شوند. فرانک (۱۸۸۵)، که به دنبال بررسی راهکارهایی به منظور کشت قارچ خوراکی در منطقه پروشیا بود، ساختمان حاصل از فعالیت مشترک ریشه گیاه میزبان و قارچ های میکوریزایی همزیست را شناسایی و آن را میکوریزا نامید. اصطلاح میکوریزا در واقع از دو کلمه تشکیل شده است. یکی از کلمه یونانی mikes به معنی قارچ و دیگری کلمه ای با ریشه ای لاتین rhiza که به معنی ریشه می باشد (رجالی و همکاران، ۱۳۸۶) و بیان کننده رابطه همزیستی به وجود آمده بین ریشه گیاه میزبان و قارچ های میکوریزایی است (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳).

## ۲-۱۰- معرفی میکوریزا درونی:

میکوریزای درونی، هم در میان و هم درون سلول های پوست ریشه رشد می کنند. پوشش قارچی به خوبی درون خاک گسترش می یابد. گرچه چندین گروه میکوریزای درونی وجود دارد، اما معمول ترین آنها، میکوریزای AM هستند. قارچ در بخش پوست ریشه رشد کرده و اجسام تخم مرغی شکل سرشار از چربی و بسیار منشعب را درون سلول های میزبان تشکیل می دهند. این قارچ عضوی از خانواده اندوگوناسه است و جنس اصلی آن گلوموس می باشد، که فراوان ترین قارچ خاکزی به شمار می آید. همزیستی آن اجباری است و از نظر میزبان زیاد اختصاصی نیست. به هر حال، میکوریزا ها در بعضی خانواده های گیاهی همچون شب بو و اسفناج به ندرت همزیستی می کنند یا اصلا همزیستی ندارند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). قارچ های میکوریزا، میزبان خود را با سیگنال آزاد شده از ریشه گیاه شناسایی و با آن همزیستی ایجاد می کند. این قارچ در غیاب ریشه میزبان نمی تواند میسلیوم تشکیل دهد و چرخه زندگی خود را کامل کند (کلیرونوموس، ۲۰۰۳).

## ۱۱-۲- چرخه زندگی قارچ های میکوریزای آرباسکولار :

چرخه زندگی قارچ های میکوریزای آرباسکولار شامل رشد اولیه هیف های رویشی، تمایز مورفوژنتیکی هیف های رویشی، تشکیل اندام آپرسوریوم در سطح ریشه، نفوذ هیف قارچ به داخل بافت ریشه، تشکیل آرباسکول، تشکیل وزیکول، گسترش شبکه هیف قارچ در خاک اطراف، تشکیل اسپور، سلول های کمکی، فعالیت سیستم دفاعی گیاه میزبان در همزیستی با قارچ میکوریزا آرباسکولار است.

## ۱۲-۲- فواید رابطه همزیستی میکوریزایی :

### ۱-۱۲-۲- تولید هورمون های محرک رشد:

قارچ های میکوریزای می توانند سنتز هورمون های رشد مانند ایندول بوتریک اسید یا ABA را در گیاه کنترل نمایند. همچنین هیف این قارچ ها قادر به تولید این ماده می باشند. بنابراین قارچ های میکوریزایی از طریق تنظیم مقدار ABA در گیاه میزبان می توانند هدایت روزنه ای آن را تحت تأثیر قرار دهند. همچنین دیده شده است که قارچ های میکوریزایی می توانند غلظت سیتوکینین را در بافت های گیاهی تغییر دهند به عقیده داوان و همکاران (۱۹۹۶) نسبت ABA به سیتوکینین از لحاظ فیزیولوژیکی اهمیتی بیشتر از غلظت هر یک از این مواد به تنهایی دارد و این نسبت می تواند توسط رابطه همزیستی میکوریزایی تحت تأثیر قرار بگیرد. همچنین هادج (۲۰۰۰) گزارش کرد که میکوریزا و باکتری های موجود در خاک در یک ارتباط متقابل، اسید آمینه، ویتامین ها و برخی از هورمون ها را ترشح می کنند که باعث تشدید رشد و تکثیر آنها می شود.

### ۲-۱۲-۲- افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی:

همزیستی میکوریزایی نمی تواند جایگزین کودهای فسفره شود اما از طریق افزایش توانایی گیاه برای جذب هرچه بیشتر فسفر و سایر عناصر معدنی موجود در خاک و اضافه شدن به صورت کودهای

شیمیایی می تواند نیاز گیاهان به اضافه کردن کودهای شیمیایی را از طریق افزایش کارایی مصرف کود، کاهش دهد. تحقیقات صورت گرفته نشان داده است که با استفاده از قارچ های میکوریزایی آرباسکولار و سنگ فسفات که منبعی از فسفر غیر قابل جذب برای گیاه می باشد، در خاک های اسیدی جذب فسفر توسط گیاهان میزبان قارچ های میکوریزایی آرباسکولار نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته است. چنین اثرات مبنی از مصرف خاک فسفات به همراه قارچ های میکوریزایی آرباسکولار در خاک های خنثی و قلیایی نیز گزارش شده است (لال، ۲۰۰۰).

### ۲-۱۲-۳- افزایش مقاومت گیاه به تنش های ناشی از تراکم خاک و اصلاح ساختمان خاک:

در خاک های متراکم رشد ریشه گیاه محدود شده و به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی و آب، رشد و عملکرد گیاه کاهش می یابد. در گیاهان میکوریزایی و از طریق استفاده از شبکه گسترده هیف این قارچ ها در خاک، گیاه به حجم بیشتری از خاک دسترسی داشته و بدین صورت مقادیر از عناصر غذایی و آب را جذب می نمایند. همچنین قارچ های میکوریزایی از طریق سنتز ماده خاصی از نوع گلیکوپروتئین ها به نام گلومالین باعث چسبیدن ذرات خاک به یکدیگر شده و از عوامل موثر در تشکیل خاکدانه های ریز می باشد. همچنین شبکه گسترده هیف این قارچ ها باعث در کنار یکدیگر قرار گرفتن خاکدانه های ریز و تشکیل خاکدانه های درشت مقاوم در خاک می گردد. بدیهی است با اصلاح ساختمان خاک بدین صورت از طریق افزایش تهویه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک رشد گیاه و عملکرد افزایش می یابد و از طرف دیگر با افزایش سرعت نفوذ آب در خاک، از فرسایش پذیری خاک جلوگیری می شود (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

### ۲-۱۲-۴- افزایش جذب عناصر غذایی:

هاریسون (۲۰۰۵) معتقد است که همزیستی میکوریزا با گیاهان، بر تغذیه فسفر گیاهان تاثیر دارد. داد (۲۰۰۰) گزارش کرد که اثر میکوریزا بر حرکت کربن به سوی ریشه، رشد و تنفس ریشه را تشدید

میکنند. علاوه بر این، میکوریزای آربوسکولار بخاطر اثر بر ترشحات ریشه ای، چرخه مواد غذایی و جریان کربن از گیاه اتوتروف به جامعه میکروبی خاک را به طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار می دهد. قارچ میکوریزا به دلیل افزایش موثر سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی به وسیله گیاهان می شود. تخمین زده می شود که حدود ۸۰ درصد جذب فسفر توسط گیاه به وسیله قارچ های میکوریزا صورت می گیرد (مارشنز و دل، ۱۹۹۴). همچنین این قارچ ها سبب بهبود جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزوم، مس و روی در خاک های فقیر می شوند (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). مزیت این قارچ ها افزایش منطقه تخلیه عناصر غذایی به وسیله ریشه میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی می باشد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). شواهد زیادی وجود دارد که نشان می دهد که ریشه گیاهان میکوریزایی قادر به استفاده از منابع نامحلول فسفر در خاک که قابل دسترس ریشه گیاه نیستند می باشند (کابلو و همکاران، ۲۰۰۵ و دوپونویس و همکاران، ۲۰۰۵).

## ۲-۱۲-۵- افزایش مقاومت به تنش خشکی:

میکوریزا تعرق برگی را افزایش می دهد و سبب سهولت انتقال آب در گیاه می شود. قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را با افزایش هدایت هدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه ای با تغییر در هورمون های گیاهی بهبود می بخشد، بنابراین، از این طریق محدودیت های حاصل از خشکی را می تواند بر طرف کند و باعث افزایش عملکرد شود (کاردوسو و کپیر، ۲۰۰۶).

## ۲-۱۳- عوامل موثر بر همزیستی:

میزان همزیستی تحت تاثیر عوامل گوناگون خاک، همچون اسیدیته خاک و دما، قرار می گیرد. به طوری که خاک های با pH اندکی اسیدی و محدوده دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد شرایط بهینه برای ایجاد همزیستی به شمار می آیند. میزان همزیستی در گیاهان با نوع ازت گیاه رابطه مستقیم دارد و هر چه میزان و غلظت نترات افزایش یابد همزیستی نیز افزایش می یابد ولی کاربرد آمونیوم

اثری عکس دارد که احتمالاً واکنشی است در برابر افزایش سطوح فسفر در گیاهانی که با آمونیوم تغذیه شده اند. درون یک گونه معین، میزان همزیستی با میزان کربوهیدرات های محلول ریشه و با تراوش قند ها از ریشه همبستگی مثبت نزدیکی دارد. شرایط نامطلوب محیطی، مانند سایه اندازی و ریزش برگ ها، رشد میکوریزا ها را کاهش می دهد. تلقیح با میکوریزا می تواند جذب مواد غذایی معدنی را افزایش می دهد. به طور کلی، میکوریزا ها تنها بر آن دسته از مواد غذایی اثر می گذارند که تحرک بسیار اندکی در خاک دارند و در محلول خاک، در غلظت بسیار اندک، با توجه به نیاز گیاهان وجود دارند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

## ۲-۱۴- میکوریزا و بوم نظام خاک:

خاک به طور کلی، تحت تاثیر قارچ های میکوریزای آربوسکولار قرار می گیرد. این قارچ ها نقش موثری در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک دارد (نیوشام و همکاران، ۱۹۹۵). این قارچ ها در نگهداری، ثبات و تجمع ذرات خاک اهمیت زیادی دارند (کاردوسو و کیپر، ۲۰۰۶). تشکیل خاکدانه ها، جنبه مهمی از ساختمان خاک است که خصوصیات از قبیل سرعت جریان داخلی آب، حجم منافذ خاک و مقاومت به فرسایش را تعیین می کند. هیف های متراکم میکوریزای آربوسکولار ذرات خاک را درون شبکه خود به دام می اندازد و تشکیل خاکدانه را تسهیل می کنند (میلر و جاسترو، ۱۹۹۲). هیف های متراکم میکوریزای آربوسکولار تا فاصله ۸ سانتی متری دورتر از ریشه گسترش می یابند و نظام ریشه را جهت جذب عناصر غذایی از خاک، توسعه می دهند (دودس و میلنر، ۱۹۹۹).

زو و میلر (۲۰۰۳) گزارش کردند که وزن زیست توده میکوریزا از ۵۴ تا ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار تغییر می کند. جاکوسبن و روزندال (۱۹۹۰) بیان کردند که میسیلیوم خارجی میکوریزا، ۳ درصد وزن ریشه را تشکیل می دهد. مک گونیگل و میلر (۱۹۹۹) گزارش کردند که در یک گرم خاک، حدود ۱۰ تا



۱۰۰ متر میسلیوم میکوریزا می تواند وجود داشته باشد که خود مخزن بزرگی برای کربن محسوب می گردد. در دیواره های هیف های خارجی، گلیکوپروتئینی به نام گلومالین تولید و ترشح می شود (ریلینگ، ۲۰۰۴). گلومالین ممکن است تا یک و نیم درصد وزن خشک خاک را شامل شود (رایت و اپادهیایا، ۱۹۹۶). این ماده مانند یک چسب، ذرات خاک را به هم چسبانده و نقش مهمی در تشکیل و حفظ خاکدانه های آبدار و با ثبات خاک دارد (میلر و جاسترو، ۲۰۰۰). ریلینگ و استینبرگ (۲۰۰۲) بیان کردند که تولید گلومالین به وسیله میکوریزا، ممکن است سازوکاری به منظور اصلاح زیستگاه باشد. میسلیوم موجود در خاک در مقایسه با میسلیوم داخل ریشه، نه تنها به صورت شدیدتر تحت تاثیر عناصر غذایی قابل دسترس قرار دارد، بلکه جریان ترکیبات کربن به توده خاک را تسهیل می کند و این فرآیند برای ثبات خاک ضروری است (کاردوسو و کیپر، ۲۰۰۶).

## ۱۵-۲- تأثیر عملیات زراعی بر قارچ میکوریزا :

تحقیقات متعدد نشان داده اند که گیاهان در مزارع زیستی و کم نهاده، نسبت به مزارع رایج بیشتر توسط قارچ های میکوریزا کلونیزه شده و فراوانی اسپور و تنوع گونه ای در آنها بیشتر است (گالوز و همکاران، ۲۰۰۱). آهل و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که مصرف کود و انرژی در مزارع زیستی نسبت به مزارع رایج به میزان ۳۴ الی ۵۴ درصد کاهش یافت، در حالی که کاهش عملکرد فقط ۲۰ درصد بود، با این حال تنوع و گسترش گونه های میکوریزا در نظام زیستی، بیشتر از نظام رایج بود. دادز و همکاران (۱۹۹۳) با مقایسه دو نظام کم نهاده و رایج تولید ذرت و سورگوم بیان کردند که بیشترین جمعیت اسپور میکوریزا و میزان تلقیح گیاهان میزبان، در نظام کم نهاده مشاهده شد. آرتاس (۱۹۹۶) بیان کرد که پتانسیل استفاده از قارچ های میکوریزای آرباسکولار همانند استفاده از کودهای آلی است. او ضمن انجام آزمایشی با استفاده از مقادیر مختلف مایه تلقیح، نتیجه گرفت که در خاک های فقیر، میزان تلقیح بیشتر از خاک های غنی از عناصر غذایی بوده و رشد و نمو بوته های تلقیح شده بهتر از بوته های تلقیح نشده بوده است.

## ۲-۱۶- نقش قارچ های میکوریزا در کشاورزی پایدار :

برخلاف دیدگاه های رایج که به خاک فقط به چشم بستر فیزیکی و نگهدارنده گیاه نگاه می شود در بوم نظام های پایدار، خاک به عنوان موجودی زنده، مبدأ و منشأ تمام فرایندهای بیولوژیک بوده و مهم ترین رکن این نظام ها تلقی می شود. در بوم نظام های پایدار، به ویژه بر نقش میکروارگانیسم ها که عامل اصلی چرخش عناصر غذایی هستند، تأکید می شود (مادر و همکاران، ۲۰۰۲). بارا و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که یک بوم نظام پایدار باید بتواند با استفاده درست از منابع طبیعی، ضمن حفظ کیفیت محیط زیست و افزایش تنوع جوامع طبیعی گیاهی، جوامع و فعالیت های مفید میکروبی را تشدید کند. آنچه که از دیدگاه کشاورزی پایدار مهم است، اعمال روش هایی است که بر اساس آنها بتوان فعالیت های مفید را از طریق تلقیح با خاک، بذر یا گیاهچه افزایش داد (بتنفالوای و لیندرمن، ۱۹۹۲). فیتز و گاربایه (۱۹۹۴) از میکوریزا به عنوان ابزاری ارزشمند در طراحی نظام های تلفیقی کنترل آفات و تحریک کننده رشد گیاهان در نظام های زراعی یاد کردند. هارت و ترورز (۲۰۰۵) و جیانینازی و همکاران (۲۰۰۱) پیشنهاد کردند که در جریان گذر از نظام های متمرکز و پر نهاده کشاورزی به سوی نظام های تلفیقی، کم نهاده و دوست دار محیط زیست، بر نقش روز افزون میکوریزا بیش از پیش تأکید می شود. داد (۲۰۰۰) سودمندی بیشتر میکوریزا در بوم نظام های طبیعی و پایدار را به دلیل نیاز کمتر میکوریزا به منابع کربن گیاه در این گونه بوم نظام ها مربوط دانسته و دلیل این امر را برقراری ارتباط گیاه با میسیلیوم های از قبل موجود در خاک ذکر کرده است.

## ۲-۱۷- میکوریزا و سرعت فتوسنتز :

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان میکوریزایی شده سرعت فتوسنتز خود را افزایش می دهند تا نیازهای همزیست خود را تأمین کنند، این عمل از طریق افزایش سطح برگ، افزایش مقدار تثبیت دی اکسید کربن به ازای واحد وزن برگ و تغییر روابط آبی و هورمونی انجام می گیرد (والنتین و

همکاران، ۲۰۰۶). استرادا- لونا و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که ۱۸ هفته پس از تلقیح گیاهچه های گواوا با جنس گلوموس، سرعت رشد اندام های هوایی و سرعت تولید برگ در آنها بیشتر از گروه شاهد بود. آنها همچنین گزارش کردند که سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه ای در گیاهان میکوریزایی شده بیشتر بود. از طرفی آلن و همکاران (۱۹۸۱) بیان کردند که با وجود انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه ها در گیاهان میکوریزایی، این انتقال تأثیری بر وزن خشک گیاه نمی گذارد، به عبارت دیگر وزن خشک گیاهان میکوریزایی کمتر از گیاهان غیر میکوریزایی نیست. کاراواکا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تلقیح گیاهچه های زیتون و عناب با گلوموس اینترادیسس، موجب افزایش معنی داری در سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق، هدایت روزنه ای و غلظت فسفر برگ در مقایسه با گیاهچه شاهد شد. ترنت و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که گندم رشد داده شده در کرت های ضدغفونی شده، ۴۱ الی ۵۵ درصد هدایت روزنه ای و ۲۴ الی ۳۶ درصد تعرق برگ پرچی کمتر نسبت به گندم های میکوریزایی داشتند.

## ۲-۱۸- معرفی پرایمینگ:

یکی از تکنیک های ساده که قدرت و استقرار گیاهچه ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می بخشد، پرایمینگ بذر می باشد ( یار نیا و همکاران، ۲۰۰۸). در جریان پرایمینگ، بذر ها معمولا اجازه می یابند تا حد کمی آب جذب کنند (تا قبل از خروج ریشچه) و سپس از محیط آب خارج می شوند. مقدار آب جذب شده در حدی است که مانع از جوانه زنی می شود، اما امکان وقوع یک سری فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیش از جوانه زنی را فراهم می آورد. تیمار پرایمینگ بذر به منظور سرعت بخشیدن به جوانه زنی و رشد گیاهچه در شرایط طبیعی و تنش استفاده می گردند (بسرا و همکاران، ۲۰۰۲). هنگامی که بذر پرایم شده در محیط مناسب جوانه زنی قرار می گیرد، سریع از بذرهای پرایم نشده جوانه می زند. گزارش های مختلفی حاکی از آن است که

پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه زنی و سبز شدن بذر می گردد (مورونگو و همکاران، ۲۰۰۴؛ اشرف و رئوف، ۲۰۰۱).

علت تسریع جوانه زنی در بذر های پرایم شده می تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده مثل آلفا- آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقا عملکرد میتوکندری ها باشد (افضل و همکاران، ۲۰۰۲). در بذر های پرایم شده، عملکرد و ساختار غشا سلولی در مقایسه با بذر های شاهد در وضعیت مطلوب تری می باشد. این موضوع از طریق مطالعه هدایت الکتریکی عصاره بذری قابل بررسی است، به طوری که تراوش متابولیت های درون سلولی از غشا بذر های پرایم شده کم تر بوده و به تبع آن هدایت الکتریکی عصاره این بذرها نیز کمتر می باشد (هریس و موترام، ۲۰۰۴). هریس و همکاران (۲۰۰۱) نیز طی مطالعه ای روی تاثیر پرایمینگ بذر روی بذر ذرت در کشور زیمبابوه، مشاهده کردند بوته های حاصل از بذرهای پرایم شده در فاصله زمانی کوتاه تری گل های تاجی خود را ظاهر می کنند. همچنین تشکیل و تکامل بلال ها در این گیاهان به طور معنی داری تسریع گردید.

سودمندی پرایمینگ بر رشد و نمو گیاهان مربوط به اثرات مستقیم و غیر مستقیم این فرآیند می باشد. تاثیر پرایمینگ بر جوانه زنی، سبز شدن و سرعت رشد گیاهان از اثرات غیر مستقیم این فرآیند است (هریس و همکاران، ۱۹۹۹، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲). اثرات غیرمستقیم پرایمینگ بر رشد و سرعت رشد گیاهان بیش از اثرات غیر مستقیم آن می باشد. کانت لیف ( ۱۹۸۱) اظهار داشت مدت تیمار پرایمینگ، دما، پتانسیل آب و محلول پرایمینگ، گونه، رقم، کیفیت بذر، خشک کردن پس از پرایمینگ و ذخایر بذر را عوامل موثر بر موفقیت پرایمینگ می باشد.

## ۲-۱۹- فواید پرایمینگ

فواید پرایمینگ شامل: افزایش جوانه زنی، بهبود تغذیه گیاهان زراعی، بهبود عملکرد در شرایط نامطلوب، افزایش مقاومت به آفات و بیماری ها، تاثیر مثبت بر رشد و عملکرد گیاه، تاثیر مطلوب بر زودرسی گیاه و ... می باشد.

### ۲-۱۹-۱- بهبود تغذیه گیاهان زراعی:

هریس و همکاران (۲۰۰۱)، تفاوتی را در رنگ شاخه و برگ گیاهان پرایم و غیر پرایم مشاهده کردند به این صورت که رنگ شاخه و برگ گیاهان پرایم، سبز تیره بود. این محققین نتیجه گرفتند که گیاهان پرایم به علت رشد اولیه خیلی سریع گیاه، نیتروژن بیشتری از خاک جذب می کنند. در آزمایشات اولیه ای که توسط رشید و همکاران (۲۰۰۲) صورت پذیرفت، پرایمینگ بذر گندم با محلول رقیق سولفات روی که حاوی ۰/۴ درصد روی بود، باعث بهبود استقرار گیاهچه ها گردید. جوهانسن (۲۰۰۴) نشان داد که پرایمینگ بذر با عناصر کم مصرف مانند مولیبدن و روی، محتوای این عناصر را در بذور پرایم افزایش می دهد. در یک مطالعه گلدانی پرایمینگ بذر برای مدت ۸ ساعت با محلول مولیبدات سدیم، عملکرد دانه نخود را ۲۷ درصد نسبت به کاربرد مستقیم مولیبدات سدیم در خاک افزایش داد (کومارائو و همکاران، ۲۰۰۴). خانال و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که اضافه کردن ۰/۵ گرم در لیتر مولیبدات سدیم در زمان پرایمینگ بذور نخود، به طور معنی داری موجب افزایش تعداد گره در هر گیاه و عملکرد دانه در هکتار گردید.

### ۲-۱۹-۲- افزایش جوانه زنی:

پرایمینگ بذر باعث جوانه زنی سریع بذور در زمان آبیگری مجدد می گردد و درصد سبز شدن گیاهچه ها را افزایش می دهد (بردفورد و همکاران، ۱۹۹۵). در آزمایش دیگری مشخص شد که بذور

هیدرو پرایم شده لوبیا از جوانه زنی و سبز شدن سریع تر و کامل تر نسبت به بذور غیر پرایم برخوردار هستند (رشید و همکاران، ۲۰۰۴). در مطالعات انجام شده روی گندم نیز مشخص گردید که هیدروپرایمینگ بذور باعث افزایش سرعت و میزان جوانه زنی بذور می گردد بدون اینکه اثر منفی بر درصد جوانه زنی نهایی داشته باشد (هریس و همکاران، ۲۰۰۱). پرایمینگ بذر همچنین باعث توسعه سریع ریشه ها گردیده و گیاه می تواند از رطوبت موجود در خاک قبل از خشک شدن لایه سطحی خاک استفاده کند (هریس و همکاران، ۲۰۰۱).

### ۲-۱۹-۳- بهبود عملکرد در شرایط نامطلوب:

رشید و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پرایمینگ بذر جو بوسیله محلول نمک طعام باعث افزایش مقاومت گیاهچه ها حاصل از بذور پرایم به خاک های شور و استقرار و عملکرد بالاتر این گیاهان در شرایط شوری نسبت به گیاهان حاصل از بذور غیر پرایم می گردد. هیدروپرایمینگ بذور ذرت باعث بهبود استقرار، رشد و عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی و درجه حرارت های بالا گردید (کلارک و همکاران، ۲۰۰۰).

### ۲-۲۰- انواع پرایمینگ بذر:

تعدادی از روش های پرایمینگ به کار برده شده، شامل هیدرو و هیدرو ترمال پرایمینگ، مقاوم سازی به خشکی، اسمز پرایمینگ، هالو پرایمینگ، مانریک پرایمینگ، ترمو پرایمینگ، هورمون پرایمینگ، بیو پرایمینگ و غیره می باشد.

## ۲-۲۰-۱- اسمو پرایمینگ:

فرآیندی که باعث کنترل جذب آب به وسیله بذر، تحت تاثیر محلول اسمزی که محتوی اسمزی متنوعی دارند صورت می گیرد و در ادامه بذور خشک می گردند، می گردد را اسمو پرایمینگ می گویند. این مواد از قبیل پلی اتیلن گلیکول، قندها، سوربیتول یا مانیتول و اسید سالیسیلیک و غیره می باشد(باسرا، ۲۰۰۳). پایین بودن پتانسیل اسمزی در محلول های مورد استفاده اجازه جذب سریع آب بوسیله بذر را نمی دهد و باعث می گردد که بذر به آهستگی آب را جذب نماید و در نتیجه آن، صدمات ناشی از جذب سریع آب کاهش یابد (مک دونالد، ۲۰۰۰؛ پیل و نیکر، ۲۰۰۱). در زمان انجام پرایمینگ اگر پتانسیل اسمزی محلول مورد استفاده کم باشد، جذب آب به مقدار کافی و تنظیم شده صورت نخواهد گرفت و ممکن است باعث ظهور ریشچه در زمان پرایمینگ گردد.

## ۲-۲۱- فاکتورهای موثر بر پرایمینگ بذر:

### ۲-۲۱-۱- خشک کردن بذر:

خشک کردن بذور پس از انجام تیمار پرایمینگ این اجازه را می دهد که حمل و نقل، کاشت و نگهداری بذر را آسان گردد. پزثرا و کانتلیف (۱۹۹۴) دریافتند که در چهار رقم ذرت شیرین بهترین بنیه و بیشترین میزان سبز شدن گیاهچه زمانی است که بذور پرایم شده در درجه حرارت ۳۰ و ۴۰ سانتی گراد خشک شده نسبت به زمانی که در دمای ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد بصورت آهسته خشک گردد.

### ۲-۲۱-۲- مدت زمان پرایمینگ:

مدت زمانی که بذور تحت تیمار پرایمینگ قرار می گیرند بر سودمندی پرایمینگ بذور موثر می باشد. در صورتی که بذور برای مدت طولانی در محلول اسمزی قرار می گیرند امکان دارد که محلول اثر

سمی بر بذور داشته باشد. به طور کلی مدت زمان مطلوب پرایمینگ همبستگی بالایی با گونه گیاهی، نوع بذر، ذخایر درونی بذر و نوع محلول پرایمینگ دارد.

### ۲-۲۱-۳- درجه حرارت در پرایمینگ بذر:

درجه حرارت در زمان پرایمینگ بذور بر جوانه زنی سریع آنها موثر می باشد. هاردگری (۱۹۹۴) دریافت که بذور اکثر علف های چمنی زمانی حداکثر میزان جوانه زنی را دارند که تیمار پرایمینگ در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد صورت گرفته باشد. فریت و پیل (۱۹۹۵) دریافتند که اگر درجه حرارت و پتانسیل آب در زمان اجرای پرایمینگ بالا باشد امکان ظهور ریشه چه در زمان پرایمینگ افزایش می یابد هر چند اگر طول طول دوره اجرای پرایمینگ کوتاه باشد ممکن است که شرایط فوق کاهش یابد.

### ۲-۲۲- معرفی اسید سالیسیلیک:

سالیسیلیک اسید گروهی از هورمون های گیاهی هستند که به وسیله ریشه و میکروارگانیسم های مختلف تولید شده و به اشکال مختلف در هوا، سطح برگ و اطراف سلول های ریشه وجود دارد. ترکیب سالیسیلیک اسید یا اسید اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، یک تنظیم کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می باشد (راسکین، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید تولیدی نقش محوری در تنظیم فرآیند های فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند (الطیب، ۲۰۰۵ و پوپوا و همکاران، ۲۰۰۹).

این ماده در گیاهان در مقادیر کم (میلی گرم بر گرم وزن تر یا کمتر) وجود دارد (راسکین، ۱۹۹۲)، به فرم آزاد و گلیکوزیل نیز است (اقبال و همکاران، ۲۰۰۶). سالیسیلیک اسید، بسته به غلظت به کار رفته برگیه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی تاثیرات متفاوتی را از نظر فرآیند های مختلف فیزیولوژیک نظیر برخی فرآیندها و ممانعت برخی دیگر می گذارد (لی و راسکین، ۱۹۹۵).



## ۲-۲۳- اثرات سالیسیلیک اسید بر گیاه:

سالیسیلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش های محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد. این ماده در گوجه فرنگی و لوبیا سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت بالا و پایین می شود (سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۰). کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب ایجاد تحمل به تنش شوری در دو لپه ای ها نیز می گردد (برسانی و همکاران، ۲۰۰۱). سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه های گندم (شاکیروا و بزروکیوا، ۱۹۹۷) و مقاومت به کمبود آب و باعث کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج می گردد (میشرا و چودهورا، ۱۹۹۹). گزارش هایی از اثر این ماده بر افزایش عملکرد برخی گیاهان مانند سویا (کومار و داب، ۱۹۹۹)، لوبیا چشم بلبلی (زاقلول، ۲۰۰۲) و نخود فرنگی (کومار و همکاران، ۱۹۹۷) منتشر شده است.

سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، گیاه را از صدمات به دست آمده از واکنش های اکسیداتیو حفظ می کند. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی آمین های پوترسین و اسپرمین را در گیاه افزایش می دهد که می تواند به یک پارچگی و حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک کند (نمت و همکاران، ۲۰۰۲).

همچنین استفاده از اسید سالیسیلیک در گیاه گندم میزان فتوسنتز (هامادا و الحکیمی، ۲۰۰۱) پروتئین و قند شاخساره و ریشه (محمد و احمد، ۲۰۱۰) و کلروفیل برگ (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳) را تحت شرایط تنش خشکی افزایش داد. علاوه بر این کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان رشد شاخساره گندم (شاکیروا، ۲۰۰۷) و میزان تجمع لیگنین در دیواره سلولی را افزایش می دهد (الحکیمی، ۲۰۰۸).

## ۲-۲۴- مکانیسم عمل سالیسیلیک اسید:

گیاهان به تنش های محیطی و زنده با سنتز مولکول های سیگنالی پاسخ می دهند. این مولکول های سیگنالی راه های انتقال پیام را فعال می کنند. چندین مولکول سیگنالی یا علامت ده در گیاهان شناسایی شده اند، از جمله کلسیم، ژاسمونیک اسید، اتیلن، اسید سالیسیلیک و پراکسید هیدروژن. اینک نقش اسید سالیسیلیک به عنوان یک سیگنال دفاعی در گیاهان ثابت شده است. در طی ۲۰ سال گذشته، محققان توجه خاصی به توانایی اسید سالیسیلیک در القای مقاومت سیستمیک اکتسابی (SAR) در گیاهان در مقابل انواع تنش های زنده نظیر عوامل بیماریزا و تولید پروتئین مرتبط با این پاتوژن ها مبذول داشته اند. سالیسیلیک اسید در طی این فرآیند به عنوان یک مولکول سیگنالی برای القای بیان این ژن عمل می کند (اکبری، ۱۳۹۰).

## ۲-۲۵- 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 و ۳ هیدروبنزوئیک اسید یا ۲ و ۵ هیدروبنزوئیک اسید متابولیزه شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). حدود سال ۱۹۶۰ پیشنهاد شد که اسید سالیسیلیک در گیاهان از اسیدسینامیک و توسط دو مسیر مهم سنتز می شود. یکی مسیر دکربوکسیلاسیون اسید سینامیک از بنزوئیک است که برای مثال در برنج (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) وجود دارد. مسیر دیگر ۲- هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به ۱- کوماریک اسید و سپس دکربوکسیله شدن به اسید سالیسیلیک است که توسط آنزیم ترانس- سینامات ۴- هیدروکسیلات کاتالیز می شود و ابتدا در گیاهچه های نخود فرنگی مشاهده شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

## ۲-۲۶- اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و تولید:

اسید سالیسیلیک و سایر سالیسیلات ها در بررسی فعالیت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان شناسایی شده اند و نقش کلیدی در رشد و تولید گیاهان ایفا می کنند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک به عنوان 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، محتوی رنگدانه و میزان فتوسنتز ذرت محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده شده است. ارسال و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک رشد، فرآیند فیزیولوژیک و فعالیت آنٹی اکسیدانی گیاه هویج تحت تنش شوری افزایش داد. برخی از تحقیقات نشان داد که اسید سالیسیلیک، نفوذپذیری غشا را افزایش داده و می تواند جذب و استفاده از مواد مغذی معدنی و حمل و نقل مواد فتوسنتزی را تسهیل کند. همچنین به افزایش ظرفیت تولید بیومس گیاهان تیمار شده کمک خواهد کرد که سبب افزایش قابل مشاهده در وزن تر و خشک می شود (انصاری، ۱۹۹۶). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری اندازه و وزن دانه گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

## ۲-۲۷- زراعت سورگوم:

سورگوم گیاهی چهار کربنه است که در مناطق گرمسیری از رشد و توانایی تولید ماده ی خشک زیادی برخوردار است. سورگوم گیاهی روز کوتاه است که در روزهای بلند اوایل تابستان تنها به رشد رویشی ادامه میدهد و در روزهای کوتاه وارد مرحله گلدهی می شود. پنجه زنی در ارقام دانه ای مورد نظر نبوده و ارقام دانه ای که به تازگی اصلاح و نام گذاری شده اند، تک ساقه می باشند (امام، ۱۳۸۴). در هنگام تشکیل لایه سیاه (رسیدن فیزیولوژیک) رطوبت دانه ها نزدیک به ۳۰ درصد است که در خلال ۲۰ تا ۲۵ روز میزان رطوبت دانه ها نزدیک به ۱۶ درصد کاهش می یابد. هنگامی که رطوبت

دانه ها نزدیک به ۱۴ درصد رسید، می توان با کمباین مزرعه را برداشت کرد. کمینه دما برای کاشت سورگوم ۱۵ درجه سانتی گراد می باشد. دمای بهینه برای رشد و نمو سورگوم ۲۵ تا ۳۷ درجه سانتی گراد است. نیاز حرارتی سورگوم ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ درجه روز می باشد. تحمل گرما در سورگوم بیشتر از ذرت است. از آنجا که بذرها ی سورگوم ریز می باشد، نباید عمیق کشت شوند. عمق کاشت بذر در خاک های مرطوب ۲/۵ سانتی متر است. قدرت رویش و سبز شدن بذر های سورگوم بسیار کمتر از ذرت است و چنانچه خاک سله ببندد، رویش اولیه بذر ها بسیار کند خواهد بود و همین مساله باعث غلبه علف های هرز در اوایل فصل رشد بر بوته های سورگوم می شود (امام، ۱۳۸۴).

سورگوم در طیف وسیعی از خاک ها به خوبی رشد می کند ولی در خاک های شنی لومی عمیق و حاصلخیز رشد و نمو بهتری دارد و در خاک های قلیایی مقاومت و تحمل زیادتری از خود نشان می دهد. همچنین در خاک های سنگین به شرط اینکه به خوبی زهکشی شده باشند نیز به خوبی محصول می دهد و به طور کلی حاصلخیزی خوب، زهکشی و حرارت مناسب و طولانی سه عامل عمده برای موفقیت در کشت سورگوم است. این گیاه در خانواده گیاهان مانند شتر در جامعه جانوران است بدین معنی که می تواند مدت زیادی در مقابل خشکی مقاومت کند ولی بعد از یک آبیاری یا بارندگی مناسب سریعاً رشد و نمو نموده و زمان عقب افتادگی را که مواجه با خشکی و کم آبی بوده است جبران می کند و گیاهی است مخصوص نقاط خشک و کم آب از این رو به نام علف شتری نیز نامیده می شود و در چنین مناطقی به خوبی می تواند جایگزین ذرت شود (رستگار، ۱۳۸۴).

## ۲-۲۸- ویژگی های گیاه شناسی:

ارتفاع ساقه در انواع سورگوم از ۵۰ سانتی متر تا ۵ متر متغیر است، گر چه ارتفاع سورگوم های دانه ای به ندرت از دو متر تجاوز می کند. شمار برگ های ساقه از ۷ تا ۲۴ متغیر است. لبه های برگ های سورگوم دندانه ای است و در اوایل رشد از روی اختلاف لبه ی برگ ها با ذرت قابل تشخیص

می باشد. افزون بر این، برگ های سورگوم باریک تر از برگ های ذرت است. در شرایط تنش خشکی برگ ها گرداگرد رگبرگ اصلی پیچ می خورند و همین امر سبب کاهش مصرف آب به وسیله گیاه می شود (رستگار، ۱۳۸۴).

گل آذین سورگوم خوشه است. در هر انشعاب خوشه تعدادی سنبلک وجود دارد. در هر سنبلک دو گلچه وجود دارد که بالایی بارور و پایینی عقیم است. برخی ارقام سورگوم ریشک دارند که در این صورت ریشک به بیرون پوشینه چسبیده است و به طور معمول پیچ خورده یا خمیده است. طول دوره گلدهی ۶ تا ۹ روز است. ابتدا گلچه های بالایی خوشه و سپس به تدریج گلچه های مرکز و پایین خوشه به گلدهی می رسند. سورگوم گیاهی خودگشن است که درصد دگرگشنی آن نزدیک به ۵ درصد است. امکان دگرگشنی سورگوم با ذرت جارویی و ذرت علوفه ای وجود دارد. در هر خوشه سورگوم ممکن است تا ۴۰۰۰ بذر تشکیل شود. وزن هزار دانه ۱۶ تا ۴۰ گرم است. دانه های سورگوم گرد و کروی و به رنگ سفید، قرمز، قهوه ای تیره یا قهوه ای متمایل به سیاه است. میوه سورگوم مانند سایر غلات از نوع گندمه است (زند و لعلی نیا، ۱۳۸۹). استفاده مستقیم دام از علوفه تازه سورگوم ممکن است باعث مسمومیت دام شود، زیرا در برگ های سورگوم ماده سمی اسید پروسیک وجود دارد که در جریان سیلو شدن سورگوم از بین می رود. همچنین مقدار این اسید به نوع سورگوم نیز بستگی دارد و مقدار آن در سودان گراس از همه کمتر است. یخ زدن اندام های سورگوم باعث آزاد شدن سریع اسید از دورین ( ماده گلوکزیدی که در اثر تجزیه به اسید پروسیک تبدیل می شود) شده و در چنین حالتی دادن آن به دام خطرناک است. گوسفند در برابر این اسید از گاو حساس تر ولی اسب حساسیت کمتری دارد برای معالجه مسمومیت ناشی از اسید پروسیک تزریق مخلوط نیترات سدیم و تیو سولفات سدیم توصیه می شود (رستگار، ۱۳۸۴).

## ۲-۲۹- ارزش و اهمیت غذایی سورگوم:

سورگوم دانه ای در مقایسه با ذرت، میزان پروتئین بیشتر و میزان چربی کمتری دارد. بیشترین میزان نشاسته در آندوسپرم دانه سورگوم وجود دارد (۲/۵ درصد)، میزان انرژی تولید شده به وسیله دانه سورگوم بسیار بالا و حدود ۹۵ درصد میزان انرژی تولید شده به وسیله دانه ذرت است (زند و لعلی نیا، ۱۳۸۹). ضریب قابلیت هضم مواد آلی دانه سورگوم بیش از ۵۰ درصد و انرژی قابل هضم آن حدود ۵۲ درصد انرژی خام آن می باشد. ارزش غذایی علوفه سبز سورگوم بسیار نزدیک به ارزش علوفه سبز ذرت می باشد. علوفه سورگوم تا مرحله شیری شدن دانه ها، غنی از هیدرات کربن است و به همین دلیل به آسانی سیلو می گردد. علوفه خشک سورگوم معمولاً از نظر پروتئین فقیر می باشد ولی غنی از نمک های کلسیم و فسفر است و از این نظر بر ذرت برتری دارد (زند و لعلی نیا، ۱۳۸۹).

جدول ۲-۲- مهمترین مواد تشکیل دهنده دانه سورگوم (زند و لعلی نیا، ۱۳۸۹)

آب	چربی	سلولز	پروتئین	نشاسته	مواد معدنی
۱۰-۱۴٪	۲-۴٪	۱-۴٪	۸-۱۴٪	۶۷-۸۳٪	۱-۳٪



فصل سوم

مواد و روش

### ۳-۱- مواد و روش

#### ۳-۱-۱- زمان و محل اجرای آزمایش:

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ارتفاع ۱۳۴۹ متر از سطح دریا می باشد. بر اساس تقسیم بندی شاهرود دارای اقلیم سرد و خشک می باشد و بارندگی سالانه بین ۱۵۰ الی ۱۶۰ میلیمتر به اجرا در آمده است. شاهرود دارای اقلیم سرد و خشک است. بارندگی ها عمدتاً در پاییز و بهار رخ می دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی گراد گزارش شده است.

#### ۳-۲- خصوصیات خاک زراعی مورد آزمایش:

قبل از انجام عملیات آماده سازی و اجرای نقشه آزمایش به منظور تعیین بافت خاک و عناصر غذایی موجود در آن از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری خاک در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری به روش شبکه صورت گرفت. سپس نمونه ها جمع آوری شده و مخلوط شدند. 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 (۱-۳) نشان داده شده است.

جدول ۱-۳- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کربن آلی	نیترژن کل	رس %	لای %	شن %	کلاس بافت
۷/۷۹	۱/۳۴	۱۴/۴	۱۸۱/۴	۰/۵۹	۰/۱۰۵	۳۰/۷	۴۹/۲	۲۰/۱	لومی رسی



### ۳-۳- مشخصات مواد آزمایشی:

#### ۳-۳-۱- تیمار خاکورزی:

عملیات تهیه بستر بذر با توجه به نقشه کاشت اجرا شد که در آن برای اعمال تیمارهای خاکورزی ابتدا کرت های خاکورزی در هر تکرار با گچ مشخص شدند. سپس برای پلات خاکورزی رایج ابتدا از گاواهن برگرداندار و بعد از آن از دیسک، برای کرت خاکورزی متوسط از یک بار دیسک و برای کرت خاکورزی حداقل از گاواهن قلمی استفاده شد. در نهایت پس از اعمال تیمارهای فوق با استفاده از فاروئر کل سطح مزرعه به صورت جوی و پشته در آمد تا آماده عملیات کاشت شود.

#### ۳-۳-۲- تیمار پرایمینگ:

در این آزمایش بذور سورگوم به مدت سه ساعت در محلول نیم میلی مولار اسید سالیسیلیک غوطه ور شد، به صورتی که سطح آب ۲ سانتی متر بالای بذرها بود. بعد از خارج کردن بذور از محلول اسید سالیسیلیک برای اینکه بذور به میزان رطوبت اولیه برسند به مدت ۲۴ ساعت در سایه و سپس یک ساعت در آفتاب قرار داده شدند.

#### ۳-۳-۳- تیمار قارچ میکوریزا:

گونه قارچ میکوریزای مورد استفاده در این تحقیق از نوع *Funneliformis mosseae* بود. مایه تلقیح میکوریزایی بصورت اندام فعال قارچی شامل (اسپور، هیف و ریشه) به همراه ماسه بادی بود، قبل از کاشت حدود ۸ گرم قارچ در حفره کاشت بذور در عمق ۲ سانتیمتری پایین تر از بذور سورگوم در بستر کاشت قرار داده شد.

### ۳-۴- مشخصات طرح آزمایشی:

این آزمایش به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش عبارتند از: سه سطح خاکورزی به عنوان عامل اصلی که شامل (گاواهن برگردان دار، دیسک و فاروئر)، (دیسک و فاروئر) و (چیزل و فاروئر) و ترکیبات تیماری سطوح پیش تیمار با اسید سالیسیلیک و تلقیح میکوریزا به عنوان کرت های فرعی در نظر گرفته شد.

### ۳-۵- نقشه کاشت:

هر کرت اصلی از ۴ کرت فرعی با مساحت ۷۲ متر مربع بود و مساحت کلی هر تکرار برابر با ۲۵۰ متر مربع بود و هر تکرار از ۱۲ کرت (۴×۴/۲ 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 ۲ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

### ۳-۶- عملیات آماده سازی زمین و کاشت:

اواخر اردیبهشت ماه عملیات آماده سازی بستر کاشت آغاز شد. مزرعه در دو سال قبل از کشت آیش بود. عملیات آماده سازی زمین مطابق نقشه کاشت جهت اعمال تیمارهای مختلف خاکورزی صورت گرفت. سپس با استفاده از فارویر زمین به صورت جوی و پشته در آمد. در نهایت توسط نهر کن، جوی آبیاری و زهکشی برای هر تکرار به عرض ۴ متر ایجاد شد. آنگاه عملیات پته بندی خطوط کاشت و جوی های آبیاری برای سهولت در فرایند آبیاری انجام گرفت. تاریخ کاشت رایج در منطقه شاهرود برای گیاه سورگوم اواسط اردیبهشت ماه تا نیمه اول خرداد ماه می باشد. لذا بعد از اعمال تیمارها عملیات کاشت سریعا در تاریخ سیزدهم خرداد ماه انجام شد. در نهایت کاشت به روش دستی انجام شد بذور گیاه سورگوم در عمق ۲ سانتیمتر خاک قرار گرفتند و در هر حفره ۳ عدد بذر قرار گرفت.

بین هر کرت، یک خط به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. همچنین به منظور جداسازی کرت های اصلی و فرعی در هر بلوک فاصله یک متری در نظر گرفته شد.

### ۳-۷- واکاری و تنک کردن:

سه هفته پس از کاشت عملیات واکاری در نقاطی که بذور سبز نشده بود، صورت گرفت و همزمان در نقاطی که هر سه بوته کشت شده سبز شده بودند، عمل تنک کردن صورت گرفت و بوته های ضعیف تر حذف گردیدند.

### ۳-۸- عملیات داشت:

#### ۳-۸-۱- آبیاری:

پس از کاشت بذور، بلافاصله آبیاری سنگینی به صورت ناشی انجام گرفت، به گونه ای که پشته ها کاملا خیس شد. آبیاری های بعدی در طول فصل رشد به طور منظم هر ۸ روز یکبار انجام شد.

#### ۳-۸-۲- کوددهی:

کود نیتروژن 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.

### ۳-۸-۳- مبارزه با علف های هرز:

علف های هرز مهم در مزرعه شامل پیچک صحرائی، سوروف، تاج خروس و سلمه تره بودند، عملیات کنترل علف هرز بصورت وجین دستی صورت گرفت. اولین مرحله وجین ۲ هفته پس از سبز شدن بوته ها و پس از آن وجین علف های هرز هر ۱۵ روز یکبار تکرار شد.

### ۳-۹- نمونه برداری و اندازه گیری ها:

در طول فصل رشد چندین مرحله نمونه برداری با هدف مطالعه و بررسی خصوصیات کمی و کیفی گیاه سورگوم صورت گرفت. به منظور بررسی صفات کمی 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 قطع بوته ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام گرفت و سپس بوته ها در پاکت های شماره گذاری شده قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از آن قسمت های مختلف گیاه (برگ، ساقه و خوشه) مجدد در پاکت های مخصوص قرار داده شد و به درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت، منتقل شدند. همچنین به منظور بررسی صفات کیفی نمونه برداری از بوته های خطوط کاشت وسط با احتساب اثر حاشیه انجام گرفت و پس از نمونه برداری، نمونه ها سریعاً به داخل یخچال صحرائی حاوی یخ انتقال داده شده و پس از آن برای آزمایشات لازم به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات مورد ارزیابی شامل موارد زیر است:

### ۳-۱۰-۱- صفات زراعی و مورفولوژیک:

#### ۳-۱۰-۱-۱- ارتفاع بوته:

در هنگام برداشت، تعداد ۴ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن اثر حاشیه انتخاب و اقدام به اندازه گیری ارتفاع بوته به وسیله متر گردید. سپس داده های حاصل وارد نرم افزار شد و از آنها میانگین گرفته شد و عدد نهایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

#### ۳-۱۰-۱-۲- قطر ساقه:

قطر ساقه ۴ بوته از هر کرت آزمایشی، توسط دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ بر حسب میلی متر اندازه گیری و پس از میانگین گیری ثبت گردید.

#### ۳-۱۰-۱-۳- تعداد پنجه، تعداد خوشه بارور و طول خوشه بارور:

از هر کرت ۴ بوته برداشت شده و صفات فوق پس از شمارش و میانگین گیری ثبت گردید.

#### ۳-۱۰-۱-۴- وزن خشک ساقه، برگ و تاسل:

بوته ها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات واحد آزمایشی مربوط را نشان دهند. قطع بوته ها نیز از سطح خاک و از ناحیه طوقه گیاه انجام پذیرفت. سپس بوته ها در پاکت های کاغذی که از قبل برای این منظور شماره گذاری شده بودند قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل و پس از جدا کردن برگ و تاسل از ساقه به صورت مجزا در پاکت های کاغذی مخصوصشان قرار داده شدند. به منظور تعیین وزن خشک، پاکت ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفتند. پس از آن نمونه ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب تن بر هکتار محاسبه گردید.

### ۳-۱۰-۵- سطح برگ:

پس از جدا سازی برگ ها از ساقه سطح برگ آنها توسط دستگاه leaf area meter تعیین شد.

### ۳-۱۰-۶- عملکرد و اجزای عملکرد:

از هر کرت آزمایشی ۴ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این بوته ها محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. اجزای عملکرد در سورگوم شامل وزن صد دانه و تعداد خوشه بارور در بوته می باشد که مورد اندازه گیری قرار گرفتند.

### ۳-۱۰-۷- محتوای نسبی آب برگ:

محتوی نسبی آب در برگ به روش ریچی و نگویان (۱۹۹۰)، اندازه گیری شد. برای این منظور روز قبل از آبیاری برگ گیاه سورگوم بین ساعت هشت تا نه صبح چیده شده و بلافاصله نمونه ها در کلمن 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 (وزن تورژسانس) اندازه گیری شد و در نهایت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفت و وزن (وزن خشک) اندازه گیری گردید. در نهایت میزان آب نسبی برگ با استفاده از معادله ی زیر اندازه گیری شد:

$$۱۰۰ \times (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن اشباع برگ}) / (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تازه برگ}) = \text{درصد محتوای نسبی آب برگ}$$

### ۳-۱۰-۸- تنفس خاک:

برای اندازه گیری تنفس پایه خاک از روش ایزرمایر (۱۹۵۲) تغییر یافته توسط جاجی (۱۹۷۶) استفاده شد، در این روش ۲۵ گرم از خاک مرطوب تازه مزرعه در کیسه نایلونی ریخته شد و در ظرف های در

داری که در هر کدام حاوی ۲۰ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۰/۵ نرمال 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 تیترا شد، یک نمونه بدون خاک هم به عنوان شاهد تیترا گردید. در پایان مقدار CO<sub>2</sub> آزاد شده محاسبه و بر حسب میلی گرم CO<sub>2</sub>-C کیلوگرم خاک خشک گزارش گردید.

رابطه (۱)

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

که در آن C میانگین حجم اسید HCl مصرفی به وسیله شاهد ها (میلی لیتر)، S میانگین حجم اسید HCl مصرفی به وسیله نمونه ها (میلی لیتر)، ۲/۲ فاکتور تبدیل HCl مصرفی به میلی گرم CO<sub>2</sub>، SW وزن اولیه خاک (گرم) و %dm فاکتور تبدیل برای خاک خشک می باشد.

### ۳-۱۰-۹- وزن مخصوص ظاهری خاک:

جهت اندازه گیری وزن مخصوص ظاهری خاک از روش سیلندر استفاده شد (بلاک و هارتج، ۱۹۸۶). 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 کاملاً "وارد خاک کنید. در مرحله بعد سیلندر را خارج کرده و با استفاده از کاردک بالا و پایین سیلندر را کاملاً 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 نمائیم و با استفاده از رابطه زیر وزن مخصوص ظاهری را محاسبه می کنیم.

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

### ۳-۱۰-۱۰- فسفر قابل جذب خاک:

جهت اندازه گیری فسفر خاک از روش اولسن (۱۹۸۲) استفاده شد. برای این منظور ابتدا 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 پیپت می نمائیم 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 بالن را با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی لیتر می رسانیم. سپس عصاره ایجاد شده را در کووت دستگاه اسپکتروفومتر مدل jenway6305 ریخته و در طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت می کنیم. در پایان با استفاده از اعداد ثبت شده توسط دستگاه اسپکتروفومتر و روابط منحنی استاندارد میزان فسفر خاک محاسبه گردید.

### ۳-۱۰-۱۱- کلروفیل a، b و کارتنوئید:

جهت اندازه گیری رنگیزه های کلروفیل و کارتنوئید از روش آرنون (۱۹۶۷) استفاده شد. برای این منظور ابتدا نیم گرم بافت تر برگ گیاه را در هاون ریخته با نیتروژن مایع آن را به خوبی خرد و له می کنیم سپس ۲۰ میلی لیتر استن ۸۰ درصد را به نمونه ها اضافه می نمائیم. نمونه ها را در فالكون 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 فوقانی نمونه ها را در کووت اسپکتروفومتر مدل jenway6305



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.

رابطه (۳)

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663) - (0.86 \times A645) \text{ V}/100\text{W}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645) - (3.6 \times A663) \text{ V}/100\text{W}$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$$

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

### ۳-۱۰-۱۲- کلروفیل کل بر مبنای (SPAD):

نمونه برداری کلروفیل نیز یک مرتبه در زمان گرده افشانی، به وسیله دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) انجام شد. بدین صورت که برای هر کرت سه بوته و از هر بوته سه برگ، و از هر برگ نیز در سه نقطه (یکی در ابتدای برگ یکی در مرکز برگ و یک نقطه در انتهای برگ). در مجموع از هر بوته در ۲۷ نقطه کلروفیل برگ ها اندازه گیری شد. ملاک برای هر بوته میانگین داده ها می باشد.

### ۳-۱۰-۱۳- فسفر بذر:

مقدار فسفر دانه به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) محاسبه گردید. جهت انجام آزمایش ابتدا دانه های سورگوم 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 ریخته و در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت می کنیم. با استفاده از اعداد ثبت شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل jenway6305 و روابط منحنی استاندارد میزان فسفر دانه محاسبه گردید (جونز و همکاران، ۱۹۹۱).

### ۳-۱۰-۱۴- قند محلول:

اندازه گیری قند محلول توسط روش تغییر داده شده اشلیگل (۱۹۸۶)، (فنل - اسید سولفوریک) صورت گرفت. برای این منظور در مزرعه بافت تر برگ گیاه جدا شده و درون یخچال صحرایی حاوی یخ گذاشته شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس ۱ گرم از بافت برگ شده درون لوله آزمایش قرار می دهیم سپس به آن ۱۰ میلی لیتر الکل اتیلیک ۹۸ درصد اضافه نموده و درون بن ماری به مدت ۲۰ در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار می دهیم. در مرحله بعد ۱ میلی لیتر از عصاره را استخراج کرده و در لوله 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.

### ۳-۱۰-۱۵- کلونیزاسیون ریشه:

اندازه گیری درصد کلونیزاسیون به روش اسلاید انجام شد. برای این کار ابتدا ۲ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شد، ریشه های آنها به دقت جداسازی شد و مقدار ۵ گرم از آن به

آزمایشگاه منتقل شد. ریشه ها آب مقطر به صورتی که هیچ گونه خاکی روی آنها نماند شسته شد و به مدت ۲۴ ساعت در محلول KOH ۱۰ درصد جهت رنگبری ریشه ها نگهداری شدند. پس از آن جهت خنثی کردن محیط قلیایی ریشه های رنگبری شده حاصل از روش قبل، ریشه ها با آب مقطر شسته شده و به مدت ۱ الی ۲ دقیقه در محلول HCl یک نرمال قرار گرفت. جهت رنگ آمیزی ریشه ها از روش تغییر یافته Philips and Hayman, (1970) استفاده گردید. در این روش ریشه ها رنگبری شده به مدت ۶ الی ۱۲ ساعت در محلول رنگی آمیزی Trypan Blue ۰/۰۱ درصد در درجه حرارت آزمایشگاه نگهداری شدند. برای تعیین میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزا ریشه گیاه ذرت از روش اسلاید استفاده شد. بر اساس این روش ریشه ها به قطعات یک سانتی متری تقسیم شده و روی لام قرار گرفتند. سپس با استفاده از میکروسکوپ با بزرگنمایی ۴۰ اندام های قارچی در ریشه شناسایی شد و کلونیزاسیون قارچ بر حسب درصد محاسبه گردید (بیرمن و لیندرمن، ۱۹۸۰).

### ۳-۱۱- برداشت نهایی:

بوته ها در انتهای فصل رشد به مساحت یک متر مربع جهت اندازه گیری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد برداشت شدند و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. در آخرین نمونه گیری برخی از صفات از قبیل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک تاسل، قطر ساقه، تعداد پنجه، تعداد خوشه بارور، طول خوشه بارور و وزن صد دانه اندازه گیری شد.

### ۳-۱۲- تجزیه و تحلیل داده ها:

داده های حاصل از آزمایش و نمونه برداری های مختلف هر یک به صورت جداگانه تجزیه واریانس شد که برای این منظور از نرم افزار MSTAT-C استفاده گردید. مقایسه میانگین های صفات مورد مطالعه با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.





## فصل چهارم

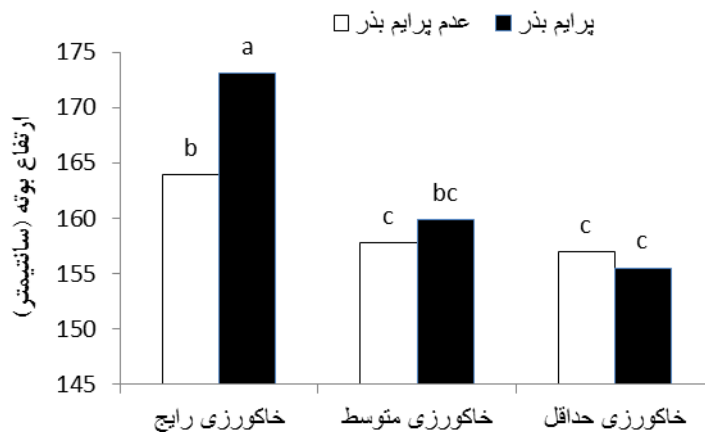
# نتایج و بحث

#### ۴-۱- ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) نشان می دهد که اثر اصلی خاکورزی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سطوح خاکورزی و پیش تیمار بذور در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت ارتفاع بوته معنی دار شد. نتایج آنالیز داده ها حاکی از آن بود که ارتفاع گیاه سورگوم تحت تاثیر روش های خاکورزی قرار گرفت. در بین تیمار های خاکورزی رایج، متوسط و حداقل، اعمال خاکورزی رایج تاثیر بیشتری بر افزایش ارتفاع بوته سورگوم نشان داد و توانست ارتفاع گیاه سورگوم را از ۱۵۶/۲ سانتیمتر در خاکورزی حداقل که کمترین ارتفاع بوته بود به ۱۶۸/۵ سانتیمتر افزایش دهد (پیوست ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۱) می توان بیان کرد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور توانست نسبت به تیمار خاکورزی حداقل + پیش تیمار ۱۱ درصد ارتفاع بوته را افزایش دهد.

ارتفاع گیاه معمولا تحت عوامل ژنتیکی است ولی محیط نیز می تواند مقدار آن را تا حدودی تغییر دهد. ارتفاع بوته جز مهمی در عملکرد گیاه نیست ولی به دلیل اینکه معمولا گیاهی که ارتفاع بیشتری دارد ماده خشک بیشتری نیز دارد، این صفت اهمیت می یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۲۰۰۴). در تحقیقی که توسط هریس و موترام (۲۰۰۴) به اجرا در آمد، آنها دریافتند که پیش تیمار بذر می تواند ارتفاع بوته گیاه را افزایش دهد. به نظر می رسد علت افزایش ارتفاع بوته به دلیل پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک باشد. زیرا اسید سالیسیلیک از طریق سنتز پروتئین خاصی به نام پروتئین کیناز فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد و تکامل گیاه را تنظیم می کند و نقش موثری در ارتفاع بوته ایفا می کند. همچنین گزارش شده است در تیمار بدون خاکورزی، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، کمتر بودن خلل و فرج و تراکم زیاد خاک سبب کاهش انتشار اکسیژن و توسعه ریشه ها در خاک می گردد (کاسل و همکاران، ۱۹۹۵). بنابراین به نظر می رسد توسعه کمتر ریشه در بوته های مربوط به تیمار بدون خاکورزی، به علت کاهش تنفس ریشه ها باشد. از طرفی دیگر جیانگ و

چوانسکی (۱۹۹۸) طی یک تحقیق گزارش کردند که ارتفاع بوته در نتیجه اعمال تیمار خاکورزی رایج افزایش یافت که نتیجه تحقیق آنها با یافته های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.



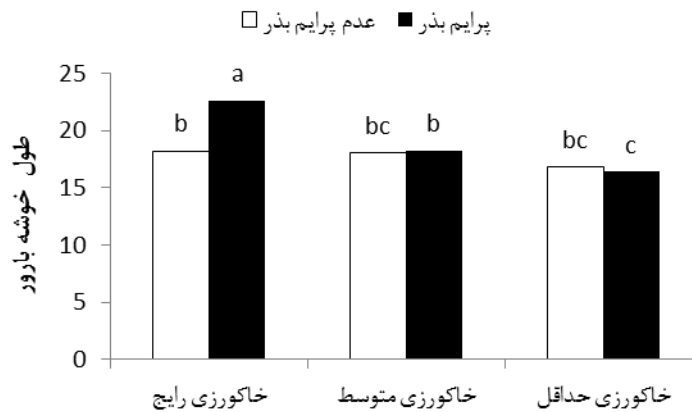
شکل ۴-۱- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر ارتفاع بوته

#### ۲-۴- طول خوشه بارور

در مورد صفت طول خوشه بارور تجزیه واریانس (پیوست ۸) نشان داد که اثر اصلی پیش تیمار بذر و اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. بر اساس نتایج حاصل (پیوست ۲) مشخص شد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک طول خوشه بارور را در گیاه سورگوم افزایش داد. به طوری که در پیش تیمار بذر طول خوشه بارور ۱۹/۰۶ سانتیمتر بود. اما در حالت عدم پیش تیمار بذر طول خوشه بارور معادل ۱۷/۶۷ سانتیمتر بود. مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۲) این صفت نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور بیشترین طول خوشه بارور را داشت و توانست نسبت به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + پیش تیمار بذور این صفت را ۱۸ درصد افزایش دهد.

علت این موضوع می تواند در اثر رشد سریع تر و بهتر ریشه به علت پیش تیمار بذور و استقرار سریع تر گیاهچه و تخلخل و تهویه مناسب بستر کشت در اثر تیمار خاکورزی رایج باشد که این امکان را به

ریشه گیاه داده است که از منابع تغذیه کننده بیشتری در خاک استفاده کند. در نهایت این امر سبب افزایش رشد در قسمت های مختلف گیاه از جمله افزایش طول خوشه گردد.



شکل ۴-۲- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر بر طول خوشه بارور

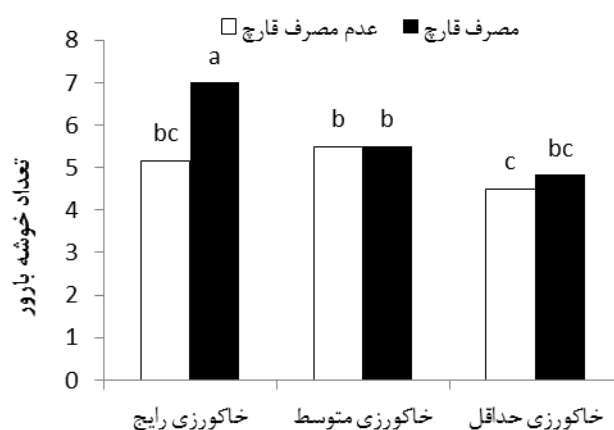
#### ۴-۳- تعداد خوشه بارور

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) نشان داد که اثر اصلی خاکورزی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا نیز بر صفت تعداد خوشه بارور در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی دار داشت. بر اساس اطلاعات بدست آمده از این پژوهش (پیوست ۱) مشخص گردید که روش های متفاوت خاکورزی توانست بر صفت تعداد خوشه های بارور گیاه سورگوم تاثیر بگذارد و سبب افزایش آن شود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین دو تیمار خاکورزی رایج و متوسط در یک گروه آماری قرار گرفتند و هر دو موجب افزایش در میزان تعداد خوشه بارور گیاه سورگوم شدند. خاکورزی رایج با ۶/۸ خوشه بارور و پس از آن خاکورزی متوسط با ۵/۵۰ خوشه بارور دارای بیشترین تعداد خوشه بارور در گیاه سورگوم بودند و خاکورزی حداقل با ۴/۶۶ خوشه بارور دارای کمترین تعداد خوشه بارور در گیاه سورگوم بود. علاوه بر این تعداد خوشه بارور در شرایطی که قارچ میکوریزا حضور داشت افزایش نشان داد و به ۵/۵۵ خوشه بارور رسید در حالی که در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا تعداد خوشه بارور در سورگوم معادل ۵/۰۵



عدد بود (پیوست ۳). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴-۳) نشان داد خاکورزی رایج + تلقیح قارچ میکوریزا با ۷ خوشه بارور بهترین ترکیب تیماری بود و ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا با ۴/۵ خوشه بارور کمترین تعداد خوشه بارور را داشت.

این نتایج نشان داد که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه سورگوم سودمند است. زیرا بالاترین تعداد خوشه در تیمارهایی حاصل شد، که در آن قارچ میکوریزا مصرف شده بود به نظر می‌رسد علت این افزایش ناشی از اثر میکوریزا بر جذب عناصر به خصوص فسفر می‌باشد که به طور غیر مستقیم بر تعداد خوشه اثرگذار بود. از سوی دیگر قارچ میکوریزا سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی شده و به این ترتیب باعث بهبود افزایش رشد و افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد، در نتیجه میزان فتوسنتز و تولید آسمیلات افزایش می‌یابد. از طرف دیگر انتشار میسلیوم های قارچ میکوریزا در محیط ریزوسفر و فراتر از آن به ریشه های گیاه میزبان این امکان را می‌دهد تا به قسمت هایی از خاک که برای ریشه گیاه قابل دسترس نیست، دسترسی پیدا کرده و از آب و عناصر غذایی موجود در آن در جهت افزایش ظرفیت گیاه برای تولید خوشه های بارور استفاده نماید. دانیل (۲۰۰۱) بر اساس نتایج تحقیقات خود اثر مثبت همزیستی میکوریزا بر تعداد خوشه بارور را اعلام کرده بود.



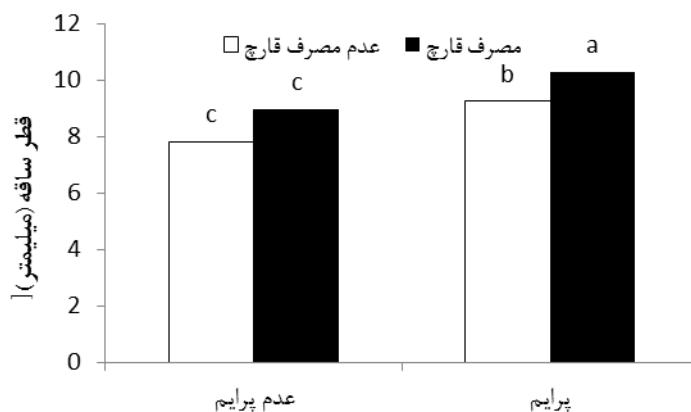
شکل ۴-۳- اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا بر صفت تعداد خوشه بارور

#### ۴-۴- قطر ساقه

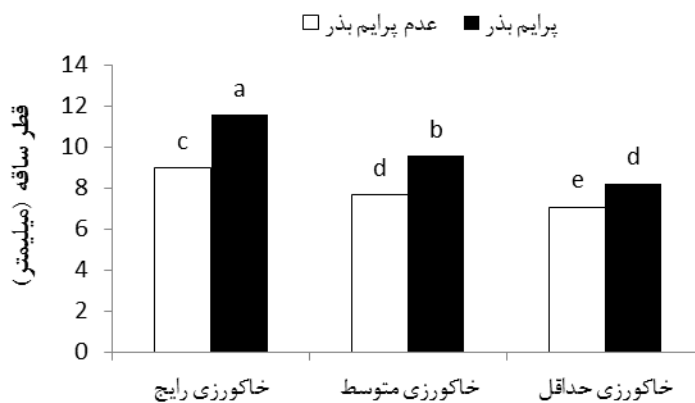
نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) بیانگر تاثیر معنی دار اثر اصلی خاکورزی در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات اصلی پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت قطر ساقه بود. همچنین اثرات متقابل خاکورزی همراه با پیش تیمار بذر و پیش تیمار بذر همراه با قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر قطر ساقه معنی دار شد. اثر خاکورزی بر صفت قطر ساقه (پیوست ۵) نشان داد که خاکورزی رایج با ۱۰/۲۶ میلیمتر دارای بیشترین قطر ساقه و خاکورزی حداقل با ۷/۶۴ میلیمتر دارای کمترین میزان قطر ساقه بود. پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک توانست قطر ساقه را به میزان ۱۹ درصد نسبت به عدم پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک افزایش دهد. علاوه بر این همزیستی قارچ میکوریزا نیز توانست قطر ساقه گیاه سورگوم را ۷ درصد افزایش دهد. در مورد اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا (شکل ۴-۴) نیز بیشترین مقدار مربوط به ترکیب تیماری پیش تیمار بذر با تلقیح قارچ میکوریزا با قطر ساقه ۱۰/۲۹ میلیمتر و کمترین آن مربوط به ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا با قطر ساقه ۷/۸۱ میلیمتر بود. نتایج مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۵) نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج با پیش تیمار بذر بیشترین قطر ساقه معادل ۱۱/۵۶ میلیمتر و تیمار خاکورزی حداقل با عدم پیش تیمار بذر با قطر ساقه ۷/۰۶ میلیمتر کمترین قطر ساقه را داشتند.

قطر ساقه از جمله صفاتی است که استحکام ساقه را مشخص می کند و هرچه گیاه قطر ساقه بیشتری داشته باشد مقاومت آن بیشتر خواهد. بر اساس نتایج این تحقیق می توان بیان داشت که تیمار های اعلام شده باعث افزایش قطر ساقه گیاه نسبت به حالت عدم اعمال تیمار شده که به نظر می رسد علت این امر دسترسی عناصر غذایی بیشتر در حضور میکوریزا و توانایی فتوسنتزی بیشتر در اثر رشد بهتر گیاه در بستر کشت مناسب باشد. یافته های مهربان و همکاران (۲۰۱۲) نشان می دهد که قارچ میکوریزا می تواند قطر ساقه گیاه سورگوم را افزایش دهد. همچنین به نظر می رسد پیش تیمار بذر

به علت این که سرعت رشد گیاهچه را افزایش می دهد باعث می شود تا گیاه بتواند از حداکثر منابع موجود استفاده نماید و رشد آن بهتر شود. تحقیقات همچنین نشان داده سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می شود که می تواند عاملی در افزایش قطر ساقه گیاهان باشد. (الحکیمی، ۲۰۰۸)



شکل ۴-۴- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر قطر ساقه



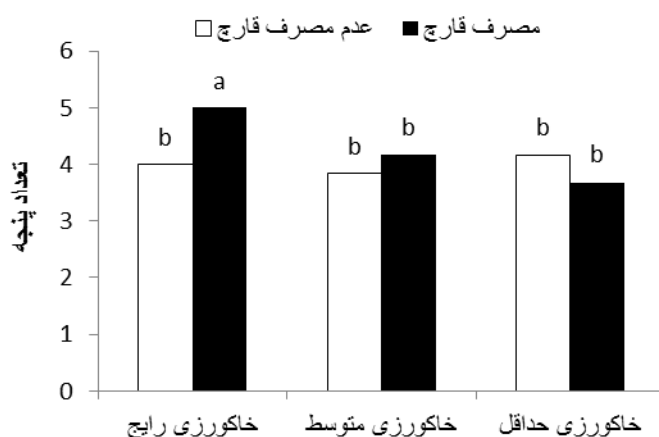
شکل ۴-۵- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر قطر ساقه

#### ۴-۵- تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) نشان دهنده این بود که اثر اصلی پیش تیمار بذور و اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا دارای تاثیر معنی داری بر صفت تعداد پنجه است. نتایج (پیوست ۲) مبین

این بود که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک تعداد پنجه را افزایش می دهد. به طوری که در حالت عدم پیش تیمار بذر تعداد پنجه ۳/۸۳ بود، اما در حالت پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک تعداد پنجه به ۴/۴۴ عدد رسید. بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۶) این صفت نیز مشخص شد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح با قارچ میکوریزا با داشتن ۵ پنجه بیشترین تعداد پنجه را به خود اختصاص داد ولی سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند. با این حال ترکیب تیماری خاکورزی حداقل+ تلقیح با قارچ میکوریزا با ۳/۶۶ عدد دارای کمترین مقدار پنجه بود.

هرچند که تعداد پنجه در بوته یکی از ویژگی های ژنتیکی گیاه سورگوم می باشد ولی به نظر می رسد به دلیل این که خاکورزی رایج تهویه خاک را بهبود می بخشد و از فشردگی خاک می کاهد در نتیجه قارچ میکوریزا می تواند به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا کند و منطقه تخلیه را در خاک افزایش دهد و باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی گیاه توسط ریشه شود. این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و در نتیجه تعداد پنجه بیشتر در بوته گیاه سورگوم می شود. فاروق (۲۰۰۸) و شیرانی راد و همکاران (۲۰۰۰) نیز اعلام کردند که علت افزایش تعداد پنجه در حضور قارچ میکوریزا می تواند ناشی از توانایی جذب بیشتر عناصر غذایی به خصوص فسفر باشد.



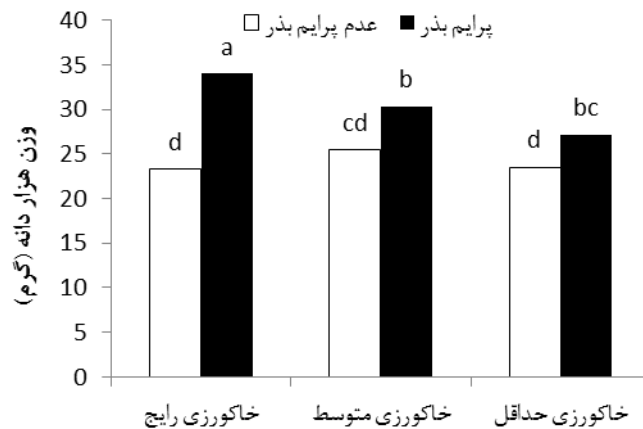
شکل ۴-۶- اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا بر صفت تعداد پنجه

#### ۴-۶- وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) حاکی از آن بود که اثرات اصلی پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت وزن هزار دانه گیاه سورگوم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. نتایج تجزیه داده ها (پیوست ۴) نشان داد که وزن هزار دانه گیاه سورگوم در شرایطی که بذور گیاه با اسید سالیسیلیک پیش تیمار شدند نسبت به شرایط عدم پیش تیمار بذر معادل ۶/۳۹ گرم افزایش یافت و به رقم ۳۰/۵۰ گرم رسید. همچنین همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه سورگوم بر این صفت تاثیر گذار بود به گونه ای که در شرایط حضور قارچ میکوریزا وزن هزار دانه ۲۹/۵۵ گرم بود اما در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا وزن هزار دانه گیاه سورگوم به ۲۵/۰۵ گرم کاهش یافت. با توجه به مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۷) ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور با ۳۴ گرم و ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + عدم پیش تیمار بذور با ۲۳/۳۳ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان وزن هزار دانه را نشان دادند.

وزن هزار دانه یکی از شاخص های مهم زراعی در بذور گیاهان محسوب می شود. این شاخص بیان کننده میزان تخصیص مواد غذایی به ازای هر واحد بذر است. وزن هزاردانه در هر گیاه تحت تاثیر عوامل متفاوتی است. مهم ترین این عوامل توانایی گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها و شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه ها باشد. احتمال می رود که پیش تیمار بذر باعث شده است که گیاه سریع تر رشد کند و بتواند مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید کند. از طرف دیگر خاکورزی رایج این امکان را به ریشه می دهد که در خاک حرکت راحتی داشته باشد و سریع تر به منابع بیشتر و جدیدتر غذایی دست یابد. در نتیجه این گیاهان دارای شاخساره ای بیشتر خواهند بود که امکان فتوسنتز و تولید آسمیلات بیشتر را فراهم می کند. آسمیلات تولید شده به دانه منتقل شده و موجب افزایش وزن هزاردانه گیاه می گردد. افزایش وزن هزاردانه گیاهان مختلف در نتیجه پیش تیمار بذر

توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (هریس و همکاران، ۲۰۰۷؛ باصرا و همکاران، ۲۰۰۳؛ الدیسیکیو و ابراهیم، ۲۰۰۰)



شکل ۴-۷- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر وزن هزار دانه

#### ۴-۷- شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) حاکی از معنی دار شدن اثر اصلی میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذور و خاکورزی، قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بود. همچنین اثر متقابل سه گانه خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. نتایج (پیوست ۳) بیانگر افزایش شاخص سطح برگ در نتیجه همزیستی قارچ میکوریزا بود. همزیستی میکوریزایی توانست شاخص سطح برگ گیاه سورگوم را به میزان قابل توجهی افزایش دهد و مقدار این صفت را از ۲/۴۱ در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا به ۲/۸۵ در شرایط حضور قارچ میکوریزا برساند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (پیوست ۶) مشخص شد که در برهمکنش سطوح خاکورزی و پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک، ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور با ۳/۲۰ شاخص سطح برگ بیشترین مقدار و ترکیب تیماری خاکورزی رایج + عدم پیش تیمار بذور با ۲/۲۳ شاخص سطح برگ کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. همچنین در برهمکنش سطوح خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا ترکیب های تیماری

خاکورزی رایج+ تلقیح با قارچ میکوریزا و خاکورزی رایج+ عدم تلقیح با قارچ میکوریزا به ترتیب با ۳/۳۱ و ۲/۲۳ شاخص سطح برگ دارای بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ در گیاه سورگوم بودند. همچنین نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۱) حاکی از آن بود که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذور+ تلقیح با قارچ میکوریزا دارای ۴/۰۷ شاخص سطح برگ بود که بیشترین شاخص سطح برگ را در برهمکنش سه گانه خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا داشت و نسبت به تیمار خاکورزی رایج+ عدم پیش تیمار بذور+ عدم تلقیح با قارچ میکوریزا که کمترین مقدار را نشان داد، شاخص سطح برگ را ۴۸ درصد افزایش داد.

به نظر می رسد افزایش رشد برگ های گیاه بیشتر به دلیل وجود همزیستی قارچ میکوریزا در گیاه سورگوم بود. زیرا بر اثر اعمال تیمار خاکورزی رایج، شرایط برای رشد بیشتر میسلیوم های قارچ میکوریزا بهبود یافت. لذا تحت این شرایط احتمال می رود دسترسی ریشه گیاه سورگوم به آب و مواد غذایی بیشتر شده و گیاه توان بیشتری برای ازدیاد برگ های خود خواهد داشت. در تحقیقی که توسط محمدی (۲۰۰۹) انجام گرفت، افزایش شاخص سطح برگ را در اثر پیش تیمار بذر در گیاه سویا گزارش کرد. نتایج آزمایش بیارت (۲۰۰۲) مشخص نمود که استفاده از خاکورزی رایج نسبت به خاکورزی حداقل به علت این که سرعت رشد را افزایش می دهد باعث افزایش سطح برگ می شود. در تحقیق دیگری نیز با مقایسه سیستم های مختلف خاکورزی، بیشترین سطح برگ و شاخص سطح برگ را در تیمار گاواهن برگردان دار به دست آوردند. در بررسی این محققان وجود درجه حرارت بیشتر در سیستم گاواهن برگردان دار، عامل افزایش سرعت رشد گیاه و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ اعلام شد (بیارت و همکاران، ۲۰۰۲). در پژوهشی که تاکور و پنوار (۱۹۹۷) روی گیاه لوبیا انجام دادند، مشخص گردید همزیستی میکوریزایی عامل افزایش شاخص سطح برگ بود.

جدول ۴-۱- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص سطح برگ

خاکورزی	پیش تیمار بذر	همزیستی میکوریزی	شاخص سطح برگ
خاکورزی رایج	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۱۲۰ <sup>d</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۵۶۰ <sup>bcd</sup>
	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۳۴۰ <sup>bcd</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۴/۰۷۳ <sup>a</sup>
خاکورزی متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۵۵۳ <sup>bcd</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۸۶۰ <sup>bc</sup>
	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۵۲۷ <sup>bcd</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۵۸۰ <sup>bcd</sup>
خاکورزی حداقل	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۲۴۷ <sup>bcd</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۸۸۰ <sup>b</sup>
	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۷۱۷ <sup>bcd</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۱۵۷ <sup>cd</sup>

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

#### ۴-۸- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) نشان داد که اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت عملکرد دانه معنی دار بود. نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد علاوه بر معنی دار شدن اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد و خاکورزی، تلقیح قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد، اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد نیز معنی دار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (پیوست ۳) این صفت تیمار کاربرد قارچ میکوریزا با ۰/۶۳ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه و تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۰/۵۹ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. در مورد اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور (پیوست ۶) ترکیب های تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذور با ۰/۷۱ تن در هکتار و خاکورزی حداقل + پیش تیمار بذور با ۰/۵۴ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند. ترکیب تیماری خاکورزی رایج + تلقیح با قارچ میکوریزا با ۰/۷۰ تن در هکتار و ترکیب تیماری خاکورزی متوسط + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا با ۰/۵۵ تن در هکتار در برهمکنش



خاکورزی و قارچ میکوریزا بهترین و ضعیف ترین ترکیب تیماری بودند (پیوست ۷). در مورد اثر سه گانه (جدول ۴-۲) نیز بیشترین مقدار عملکرد دانه در ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا با ۰/۸۳ تن در هکتار و کمترین میزان در ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا با ۰/۵۲ تن در هکتار مشاهده گردید.

از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف مانند تعداد دانه و وزن هزار دانه است، بنابراین اگر تیمارهای اعمال شده این صفات را افزایش دهند باعث افزایش در مقدار عملکرد دانه می شوند. از سوی دیگر این احتمال وجود دارد که علت افزایش عملکرد دانه می تواند ناشی از بهینه شدن شرایط رشد در اثر اعمال تیمارها باشد طوری که گیاه توانسته انرژی لازم برای حداکثر عملکرد دانه را فراهم کند و بهترین عملکرد دانه را نشان دهد. به نظر می رسد علت کاهش عملکرد در خاکورزی حداقل فشرده گی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد گیاه باشد. این فشرده گی به کاهش تراکم و طول ریشه منجر شده و در نهایت موجب کاهش جذب آب، مواد غذایی و عملکرد دانه می گردد. نتایج تحقیق نیسار و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که عملکرد دانه گیاه سورگوم در تیمار خاکورزی رایج، بیشتر از تیمار شخم حداقل بود و این امر می تواند به دلیل نگهداری آب بیشتر در اثر شخم پائیزه تا عمق ۶۰ سانتی متری خاک باشد. البته در مواردی نیز خلاف این امر گزارش داده شده است به عنوان مثال پاتیل و شیلاوانتار (۲۰۰۴) بیان نمودند که در تیمار کم خاکورزی عملکرد دانه گیاه سورگوم بیشتر بود.

بر خلاف نتایج این پژوهش، محققان زیادی افزایش عملکرد محصول را در سیستم خاکورزی حداقل اعلام کرده اند. ارشد و جیل (۱۹۹۷) با مقایسه سیستم های خاکورزی رایج با سیستم های خاکورزی حداقل و بدون خاکورزی بیان کردند که بیشترین میانگین عملکرد گندم در روش خاکورزی حداقل بدست آمد. در یک بررسی سه ساله (۱۹۹۹-۲۰۰۲) در منطقه شمال غرب ایران و در شرایط کشت مداوم گندم دیم به اجرا در آمد. نتایج حاکی از آن است که روش های مختلف خاکورزی در ۲ سال از

سه سال آزمایش دارای اختلاف معنی داری از لحاظ عملکرد دانه بود. متوسط عملکرد گندم در سه سال آزمایش در روش های خاکورزی رایج، خاکورزی کاهش یافته، خاکورزی حداقل و بی خاکورزی به ترتیب ۱، ۱/۳، ۱/۱، ۱/۲ و ۱/۴ تن در هکتار بود. نتایج این آزمایش نشان می دهد که بی خاکورزی در شرایط وجود کل بقایا به میزان ۴۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از خاکورزی مرسوم بوده که علت احتمالی آن به توانایی نگهداری آب بیشتر توسط بقایا نسبت داده شده است.

مسئله تأثیر مزایای انتخاب خاکورزی حفاظتی در دراز مدت خواهد بود. در مرحله گذار خاکورزی متداول به خاکورزی کاهش یافته و بدون خاکورزی، ساختمان و ساختار خاک بهبود یافته و در نتیجه در دراز مدت مزایای این نوع خاکورزی بیشتر نمود می یابد. مدیریت خاکورزی می تواند با تأثیر بر اندازه خلل و فرج، مواد آلی خاک، بهم خوردن لوله های موئین و وزن ظاهری خاک در نفوذ ریشه گیاه موثر باشد. بنابراین انتظار می رود میزان آب ذخیره شده در روش خاکورزی حداقل بیشتر از روش خاکورزی متداول باشد. رولدان و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مورد مزایای سیستم های خاکورزی بیان نمودند که سیستم های بی خاکورزی با تجمع بقایای گیاهی در خاک سبب بهبود کیفیت فیزیکی و بیوشیمیایی خاک در مقایسه با گاوآهن برگردان دار می گردند. زیرا شخم برگردان سبب تسریع تجزیه مواد آلی خاک می گردد. تسریع در تجزیه مواد آلی برای گیاه مناسب نیست زیرا مقدار زیادی از مواد آلی در مدت کم در اختیار گیاه قرار می گیرد، این حجم مواد آلی بیش از نیاز گیاه بوده و در نتیجه در اثر فرایند آبشویی از دسترس گیاه خارج می شود. نتایج ۱۰ سال مطالعه جین و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که شخم حفاظتی در حدود ۱۰ درصد افزایش عملکرد محصول، ۲۰ درصد کاهش در هزینه های انجام عملیات را نشان داد، همچنین شخم حفاظتی در مقایسه با شخم مرسوم می تواند راندمان مصرف آب را تا ۱۱ درصد بهبود داده و فرسایش آبی خاک را تا ۵۲ درصد کاهش دهد. به نظر می رسد علت افزایش عملکرد محصول در سیستم خاکورزی رایج در این تحقیق می تواند ناشی از یک ساله بودن اجرای طرح باشد. زیرا در مواردی مشاهده شده است که عملکرد در

سال اول یا سال های ابتدایی خاکورزی رایج دارای برتری هایی بوده است و بعد از گذشت چند سال خاکورزی حداقل بهترین عملکرد را داشته است. این روند، روندی طبیعی است زیرا در سال اول زمین زراعی در سیستم خاکورزی حداقل اصولا مواد آلی کمی دارد و فشردگی خاک در آن زیاد است ولی در خاکورزی رایج به دلیل اینکه فشردگی کمتر است، خاک دارای قابلیت نفوذ بیشتری خواهد بود و گیاه می تواند از تمام منابع موجود به راحتی استفاده کند.

حسین و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی تاثیر سیستم های خاکورزی حفاظتی و رایج بر عملکرد گندم پرداختند و اظهار کردند که در سال اول عملکرد بیشتر دانه در خاکورزی رایج به دلیل تماس بهتر بذر با خاک و جوانه زنی بهتر آنها بوده است. اما در سال های 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.

جدول ۴-۲- تاثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت عملکرد دانه

عملکرد دانه تن در هکتار	همزیستی میکوریزایی	پیش تیمار بذر	خاکورزی
۰/۵۴ <sup>d</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی رایج
۰/۵۷ <sup>d</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۰ <sup>cd</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	
۰/۸۳ <sup>a</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	عدم پرایم	
۰/۵۸ <sup>d</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی متوسط
۰/۶۱ <sup>cd</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۵۳ <sup>d</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	
۰/۵۷ <sup>d</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۹ <sup>bc</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی حداقل
۰/۷۱ <sup>b</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۵۷ <sup>d</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	
۰/۵۲ <sup>d</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	

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

#### ۴-۹- عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (پیوست ۸) اثر اصلی پیش تیمار بذور در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد، جدول تجزیه واریانس همچنین بیانگر معنی دار شدن اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذر، تلقیح قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت عملکرد بیولوژیک بود. نتایج (پیوست ۴) نشان دهنده افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بود. پیش تیمار بذر توانست عملکرد بیولوژیک را از ۲/۵۷ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۲/۷۰ تن در هکتار در تیمار پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک افزایش دهد. همزیستی قارچ میکوریزا نیز توانست عملکرد بیولوژیک را از ۲/۵۵ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۲/۷۲ تن در تیمار همزیستی قارچ میکوریزا افزایش دهد. طبق مقایسه میانگین ها (پیوست ۶) ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور به میزان ۲/۹۸ تن در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک را در برهمکنش خاکورزی و پیش تیمار بذور نشان داد و در مقابل ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + عدم پیش تیمار بذور با ۲/۴۰ تن در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشت. در برهمکنش خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا (جدول ۳-۴) نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار خاکورزی رایج + پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا به میزان ۳/۱۷۴ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار خاکورزی حداقل + عدم تلقیح پیش تیمار + عدم تلقیح قارچ میکوریزا به میزان ۲/۲۸۳ تن در هکتار بود.

نتایج یک تحقیق ۵ ساله در منطقه گچساران که روی گیاه گندم انجام گرفت مشخص نمود که استفاده از تیمار شخم رایج (گاواهن برگرداندار) دارای بیشترین تأثیر روی عملکرد بیولوژیک گیاه بود (رحیمی زاده، ۲۰۰۴)، البته در مواردی شخم زیاد باعث کاهش عملکرد می شود زیرا گاواهن برگرداندار باعث تسریع تجزیه مواد آلی خاک می گردد، در نتیجه مواد آلی از دسترس گیاه خارج

می شود (رولندن، ۲۰۰۷). احتمال می رود عامل کاهش عملکرد بیولوژیک در تیمار خاکورزی حداقل به شرایط نامطلوب رشد و استقرار اولیه نامناسب گیاهچه مرتبط باشد که در نتیجه این عوامل گیاهان ضعیف تری در سطح مزرعه رشد کردند. در مورد خاکورزی رایج نیز علت افزایش عملکرد بیولوژیک می تواند به دلیل مناسب بودن بستر کشت در اثر شخم با گاواهن برگرداندار باشد. زیرا در اثر تهویه مناسب و از طرف دیگر بذور پیش تیمار شده مدت زمان کاشت تا جوانه زنی کمتر بوده که در نتیجه این عوامل گیاه می تواند سریع تر رشد کرده و اندام هوایی خود را افزایش دهد. در این بین از اثر تلقیح قارچ میکوریزا نیز نمی توان چشم پوشی نمود زیرا این قارچ ها می توانند نیاز گیاه به عناصر غذایی را تأمین کنند و گیاه در بهترین شرایط به رشد خود ادامه دهد. تحقیقی که در مورد تأثیر 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).

جدول ۴-۳- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت عملکرد بیولوژیک

خاکورزی	پیش تیمار بذور	همزیستی میکوریزایی	عملکرد بیولوژیک تن در هکتار
خاکورزی رایج	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۶۶ <sup>b</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۶۵۶ <sup>b</sup>
		عدم قارچ میکوریزا	۲/۷۲۳ <sup>b</sup>
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳/۱۷۴ <sup>a</sup>
خاکورزی متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۵۹۵ <sup>b</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۷۲۵ <sup>b</sup>
		عدم قارچ میکوریزا	۲/۵۲۲ <sup>b</sup>
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۷۲۶ <sup>b</sup>
خاکورزی حداقل	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۲۸۳ <sup>c</sup>
	پرایم	کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۵۲۹ <sup>b</sup>
		عدم قارچ میکوریزا	۲/۵۴۰ <sup>b</sup>
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۵۴۵ <sup>b</sup>

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

#### ۴-۱۰- شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۸) حاکی از آن است که اثرات اصلی خاکورزی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص برداشت معنی دار شد. همچنین اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر همچنین خاکورزی و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص برداشت معنی دار شد. اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص برداشت معنی دار شد. بر اساس نتایج (پیوست ۵) بدست آمده، اثر خاکورزی بر صفت شاخص برداشت مشخص گردید خاکورزی رایج با ۲۶/۳۷ درصد بیشترین مقدار شاخص برداشت را به خود اختصاص داد. این در حالی است که خاکورزی حداقل با ۱۹/۷۰ درصد دارای کمترین مقدار شاخص برداشت بود. در خصوص پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک نیز بیشترین مقدار مربوط به پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به میزان ۲۴/۴۳ درصد و کمترین مقدار مربوط به عدم پیش تیمار بذر با ۲۱/۱۶ درصد بود. همچنین همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه سورگوم توانست شاخص برداشت محصول را افزایش دهد و آن را از ۲۱/۰۵ درصد در تیمار عدم تلقیح به ۲۴/۵۴ درصد افزایش دهد. مقایسه میانگین های اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر (پیوست ۶) نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج به همراه پیش تیمار بذر بیشترین شاخص برداشت را به میزان ۳۱/۱۱ درصد به خود اختصاص داد. در ارتباط با کمترین مقدار شاخص برداشت، نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که ترکیب های تیماری خاکورزی حداقل به همراه پیش تیمار بذر و خاکورزی عدم پیش تیمار بذر در یک گروه آماری قرار گرفتند. اما با این وجود ترکیب تیماری خاکورزی حداقل به همراه پیش تیمار بذر با ۱۹/۵۸ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا حاکی از آن بود که ترکیب های تیماری خاکورزی رایج + قارچ میکوریزا و خاکورزی حداقل + عدم مصرف قارچ میکوریزا با ۳۰/۲۴ و ۱۸/۹۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را داشتند. بر اساس مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۴) اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار

بدور+ تلقیح با قارچ میکوریزا به مقدار ۳۶/۴۸ درصد دارای بیشترین میزان شاخص برداشت و ترکیب تیماری خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار+ عدم تلقیح با قارچ میکوریزا به مقدار ۱۷/۶۹ درصد دارای کمترین درصد شاخص برداشت بود.

شاخص برداشت یکی از صفاتی است که تحت تاثیر چند صفت قرار می گیرد، از مهمترین این صفات عملکرد دانه می باشد. در این تحقیق عملکرد دانه نیز تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفت. پس این عامل می تواند در افزایش شاخص برداشت موثر باشد. به طور کلی به نظر می رسد که در خاکورزی رایج شرایط خاکی بهتری برای گیاه مهیا شده بود زیرا در این شرایط تهویه خاک بهتر بوده و خاک خلل و فرج بیشتری دارد. در این شرایط ریشه ها گسترش بیشتری یافته و همزیستی با قارچ میکوریزا نیز افزایش خواهد یافت. همزیستی با قارچ میکوریزا توانایی جذب عناصر غذایی را در گیاه افزایش داده و در نتیجه گیاه شرایط رشدی بهتری داشته است. از طرفی پیش تیمار بذر باعث افزایش سرعت جوانه زنی بذر شده و ریشه گیاهان سریع تر توانسته است از عناصر غذایی موجود در خاک استفاده کند. همه عوامل ذکر شده باعث شد که گیاه بتواند مواد غذایی بیشتری را جذب و به دانه ها ارسال نماید و باعث تفاوت معنی دار شاخص برداشت در ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بدور+ تلقیح با قارچ میکوریزا نسبت به تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بدور+ عدم تلقیح با قارچ میکوریزا شود. ابدالی (۲۰۰۳) در پژوهش خود نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش شاخص برداشت ذرت می شود.

جدول ۴-۴ - تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص برداشت

شاخص برداشت درصد	همزیستی میکوریزایی	پیش تیمار بذور	خاکورزی
۱۹/۲۷ <sup>de</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی رایج
۲۴/۰۰ <sup>bc</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۲۵/۷۳ <sup>b</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۳۶/۴۸ <sup>a</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۲۲/۱۴ <sup>bcd</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی متوسط
۲۱/۹۴ <sup>bcd</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۲۱/۲۲ <sup>cde</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۲۴/۰۴ <sup>bc</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۱۷/۶۹ <sup>e</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی حداقل
۲۱/۹۷ <sup>bcd</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۲۰/۲۹ <sup>cde</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۱۸/۸۶ <sup>de</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		

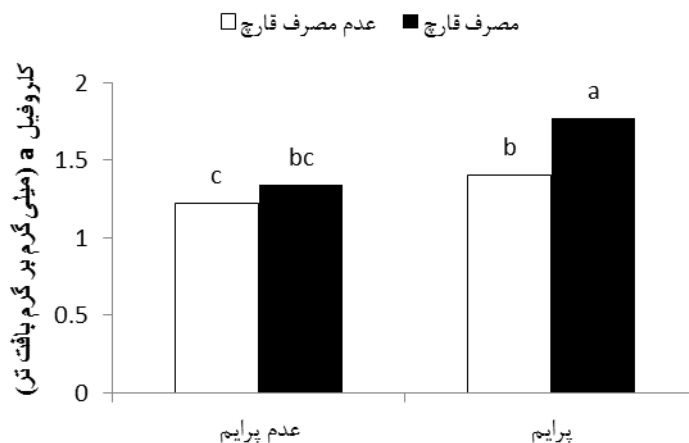
\*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

#### ۴-۱۱-کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت میزان کلروفیل a بیانگر معنی دار بودن اثرات اصلی خاکورزی در سطح احتمال ۵٪ و پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ بود. اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر اساس نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد. نتایج (پیوست ۵) نشان دهنده این بود که مقدار کلروفیل a در تیمار خاکورزی رایج نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (۱/۵۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) اما از نظر آماری با خاکورزی متوسط در یک گروه قرار گرفت (۱/۵۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) و خاکورزی حداقل کمترین میزان کلروفیل a را دارا بود (۱/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تر). همچنین نتایج نشان داد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک ۱۹ درصد و همزیستی میکوریزایی ۱۶ درصد میزان کلروفیل a را نسبت به شاهد افزایش دادند. بر اساس مقایسه میانگین (شکل ۴-۸) صفت کلروفیل a ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا با ۱/۷۷ میلی گرم بر گرم وزن تر بیشترین میزان کلروفیل a را داشت، همچنین ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۱/۲۲ میلی گرم بر گرم وزن تر کمترین مقدار کلروفیل a را داشت و تفاوت بین بیشترین و کمترین میزان کلروفیل ۳۱٪ بود.



کلروفیل a یکی از رنگیزه های مهم در فرآیند فتوسنتز به شمار می آید و افزایش آن تا حد معینی در گیاه به معنی افزایش میزان فتوسنتز کل گیاه است. به نظر می رسد که پیش تیمار بذر به علت اینکه زمان کاشت تا سبز شدن را کاهش می دهد سبب رشد سریع تر و در نتیجه افزایش سبزیگی گیاه می شود. علاوه بر عامل پیش تیمار بذر ، همزیستی میکورزایی نیز تاثیر مثبت خود را به دلیل قرار دادن عناصر غذایی در اختیار ریشه گیاه اعمال می کند. همزیستی میکورزایی در مورد گیاه فلفل نیز باعث افزایش میزان کلروفیل a شد (تسانگ و مایوم، ۱۹۹۹؛ دمیر، ۲۰۰۴). در مورد گیاه لوبیا نیز کاربرد قارچ میکوریزا میزان کلروفیل کل گیاه را افزایش داد (پارسا مطلق، ۱۳۹۰). آقا بابایی و رئیسی (۱۳۹۰) نیز اعلام کردند همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه بادام موجب افزایش میزان کلروفیل a در این گیاه شد.



شکل ۴-۸- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت کلروفیل a

#### ۴-۱۲- کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت میزان کلروفیل b نشان دهنده این بود که اثر اصلی خاکورزی و اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵٪ و پیش تیمار بذور و خاکورزی و پیش تیمار بذور در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی داری را نشان داد. همچنین اثر متقابل خاکورزی، پیش

تیمار بذور و قارچ میکوریزا نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد. طبق نتایج (پیوست ۱) اثر خاکورزی رایج بر صفت کلروفیل b مثبت بود و در این خاکورزی میزان کلروفیل b معادل ۰/۹۶ میلی گرم بر گرم ماده تر بود و دو تیمار خاکورزی متوسط و حداقل با ۰/۷۵ میلی گرم بر گرم ماده تر و ۰/۶۶ میلی گرم بر گرم به ترتیب در رده های بعدی و در یک گروه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین ها (پیوست ۶) نشان داد که در اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور ترکیبات تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور و خاکورزی حداقل و عدم پیش تیمار بذور با ۱/۱۹ و ۰/۶۳ میلی گرم بر گرم ماده تر به ترتیب بیشترین و کمترین کلروفیل b را داشتند که در اثر اعمال تیمارها محتوای کلروفیل b افزایش یافت. مقایسه میانگین ها (پیوست ۷) همچنین نشان داد که در برهمکنش خاکورزی و قارچ میکوریزا ترکیب تیماری خاکورزی رایج + کاربرد قارچ میکوریزا بیشترین محتوای کلروفیل b را داشت و توانست نسبت به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + کاربرد قارچ میکوریزا که کمترین محتوای کلروفیل b را داشت، مقدار کلروفیل b را ۴۱ درصد افزایش دهد. مقایسات میانگین (جدول ۴-۵) همچنین نشان داد که در اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا ترکیب تیماری، خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا با ۱/۴۰ میلی گرم بر گرم ماده تر بیشترین میزان کلروفیل b را داشت و ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + عدم پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا با ۰/۵۹ میلی گرم بر گرم ماده تر کمترین میزان کلروفیل b را داشت. البته تفاوت تیمار کمترین میزان کلروفیل b با اکثر ترکیب های تیماری در یک گروه آماری قرار گرفتند و تفاوت معنی داری را نشان ندادند.

در فرآیند فتوسنتز کلروفیل b نقش اولین گیرنده نور را ایفا می کند و آن را به کلروفیل a انتقال می دهد. هر چه میزان کلروفیل b در گیاه بالاتر باشد به معنی این است که گیاه می تواند از نور بیشتری استفاده کند. این احتمال وجود دارد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی میکوریزایی به دلیل اینکه عناصر بیشتری را در اختیار گیاه قرار دادند باعث افزایش میزان کلروفیل b در گیاه

شدند. خاکورزی رایج به واسطه ایجاد بستر کشت مناسب موجب افزایش همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه میزبان می شود در نتیجه گیاه از امکانات و منابع موجود استفاده کرده و بهتر رشد می کند. بنابراین با توجه به عوامل فوق گیاه میزبان نیز دارای رنگیزه فتوسنتزی بیشتری خواهد بود. دمیر (۲۰۰۴) گزارش کرد که استفاده از قارچ میکوریزا باعث افزایش غلظت کلروفیل در گیاه فلفل می شود. در همین راستا شکاری و همکاران (۱۳۸۹) بر اساس نتایج تحقیقات خود اعلام کردند که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک اسید باعث افزایش غلظت کلروفیل b در هر دو حالت نرمال و تنش خشکی نسبت به بذر پیش تیمار نشده، شد. در مورد گیاه بادام نیز آقابابایی و رئیسی (۱۳۹۰) اعلام کردند که قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری بر غلظت کلروفیل b نداشت، که این نتیجه با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد.

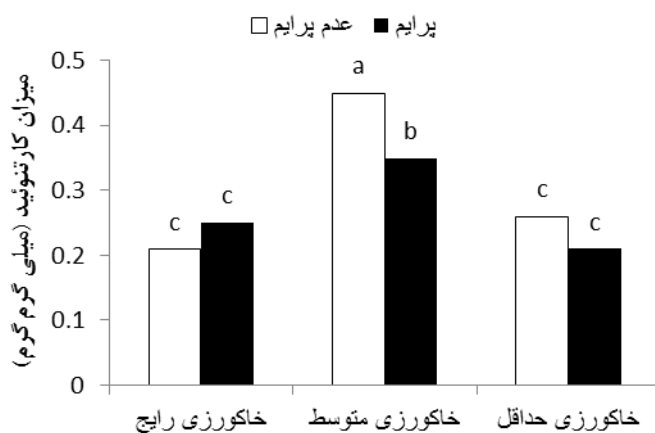
جدول ۴-۵- تاثیر خاکورزی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا بر صفت کلروفیل b

کلوروفیل b (میلی گرم بر گرم)	همزیستی میکوریزا	پیش تیمار بذر	خاکورزی
۰/۷۳ <sup>cde</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی رایج
۰/۷۴ <sup>cde</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۰/۹۷ <sup>b</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۱/۴۰ <sup>a</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۰/۶۵ <sup>de</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی متوسط
۰/۶۸ <sup>cde</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۰/۸۶ <sup>bc</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۸۳ <sup>bcd</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۰/۶۶ <sup>de</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی حداقل
۰/۵۹ <sup>e</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		
۰/۷۲ <sup>cde</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۹ <sup>cde</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا		

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

#### ۴-۱۳- کارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت میزان کارتنوئید نشان دهنده این بود که هر سه اثر اصلی طرح حاضر دارای اثر معنی داری روی این صفت بودند. به طوری که اثرات اصلی خاکورزی و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۰.۱٪ و اثر اصلی پیش تیمار بذور در سطح احتمال ۰.۵٪ دارای اثرات معنی داری بودند. در مورد این صفت اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور نیز در سطح احتمال ۰.۱٪ معنی دار شد. در بررسی اثر خاکورزی بر صفت کارتنوئید برگ، نتایج (پیوست ۵) نشان داد که خاکورزی متوسط با ۰/۴۰ میلی گرم بر گرم بیشترین میزان کارتنوئید را در برگ گیاه داشت و خاکورزی رایج و حداقل به ترتیب با ۰/۲۳ و ۰/۲۴ میلی گرم بر گرم کارتنوئید در یک گروه آماری قرار گرفتند. اثر پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک نیز نشان دهنده این بود که عدم پیش تیمار بذور با ۰/۳۱ میلی گرم بر گرم بیشترین میزان کارتنوئید را در برگ گیاه داشت و پیش تیمار بذور با ۰/۲۷ میلی گرم بر گرم کمترین میزان کارتنوئید را در برگ گیاه سورگوم داشت. همچنین بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه سورگوم نشان داد که تیمارهای همزیستی میکوریزایی و عدم همزیستی میکوریزایی با ۰/۳۲ و ۰/۲۶ میلی گرم بر گرم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید را در برگ گیاه سورگوم داشتند. مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۹) این صفت نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی متوسط + عدم پیش تیمار بذور به میزان ۰/۴۵ دارای بیشترین مقدار کارتنوئید در برگ بود و ترکیب تیماری خاکورزی رایج و عدم پیش تیمار بذور به میزان ۰/۲۱ دارای کمترین میزان کارتنوئید در برگ بود. در مورد صفت محتوای کارتنوئید خاکورزی رایج و حداقل در هر دو حالت پیش تیمار بذور و عدم پیش تیمار بذور در یک گروه آماری قرار گرفتند.



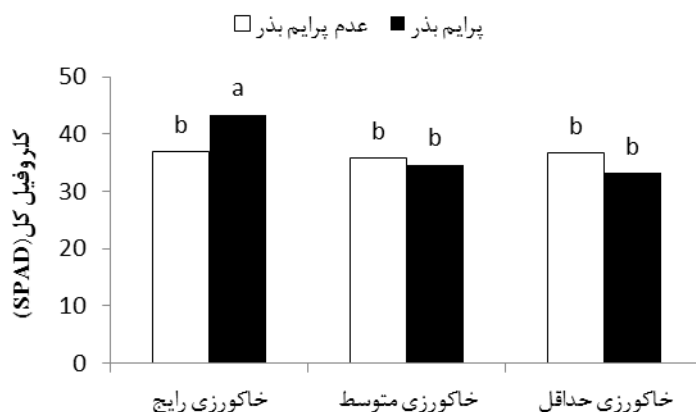
شکل ۴-۹- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت کارتنوئید

کارتنوئیدها ترکیبات تتراتریپی می باشند که وظیفه حفظ کلروفیل از اکسیداسیون نوری، جذب نور و انتقال انرژی به کلروفیل a را بر عهده دارند. همچنین به عنوان حامی رنگیزه های غیر فتوسنتزی شناخته شده اند که می توانند انرژی اضافی طول موج های کوتاه را بگیرند و اکسیژن رادیکالی را به اکسیژن سه تایی تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال های اکسیژن تولید شده، نقش آنتی اکسیدانی از خود بروز دهند. شکاری و همکاران (۱۳۸۹) بر اساس نتایج خود اعلام کردند که پیش تیمار بذر لوبیا چشم بلبلی با محلول اسید سالیسیلیک سبب افزایش میزان کلروفیل b می شود. ال تاپ (۲۰۰۵) از افزایش معنی دار محتوی کلروفیل و کارتنوئید در شرایط محلول پاشی اسید سالیسیلیک خبر داد و نتیجه این امر را افزایش سرعت فتوسنتز دانست و این در حالی است که این نتیجه با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد. تیرانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز اعلام کردند که استفاده از پیش تیمار اسید سالیسیلیک باعث کاهش میزان کارتنوئید در در گیاه کلزا می شود.

#### ۴-۱۴- کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت کلروفیل کل حاکی از آن بود که اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ بر صفت کلروفیل کل دارای اثر معنی داری شد. همچنین اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور نیز در سطح احتمال ۵٪ بر صفت کلروفیل کل نیز معنی دار گردید. با توجه به جدول

(پیوست ۳) همزیستی میکوریزایی بر صفت کلروفیل کل گیاه سورگوم اثر معنی داری داشت و میزان کلروفیل کل را از ۳۴/۷۱ در تیمار عدم همزیستی میکوریزایی به ۳۸/۸۲ در تیمار همزیستی میکوریزایی افزایش داد. مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۱۰) بیان کننده این بود که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور و خاکورزی حداقل + پیش تیمار بذور با ۴۸/۳۸ و ۳۳/۱۹ واحد اسپد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل بودند و تفاوت این دو ترکیب تیماری ۲۴٪ بود. البته باید این نکته را یادآور شد که بین تمام ترکیب های تیماری به غیر از حداکثر آن تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت و تمام ترکیب های تیماری در یک گروه آماری قرار گرفتند.



شکل ۴-۱۰- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت کلروفیل کل

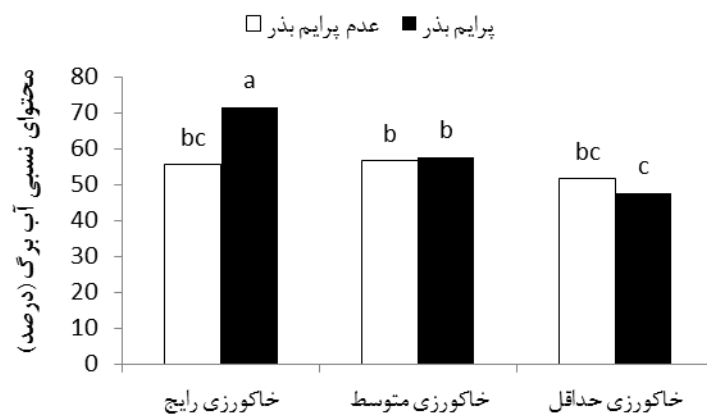
میزان کلروفیل کل گیاه به شرایط تغذیه ای و محیطی مانند عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفت و بیماری بستگی دارد و هر چه این شرایط مساعد تر باشند میزان کلروفیل کل نیز افزایش پیدا می کند. شایان ذکر است که میزان کلروفیل کل گیاهان به ویژگی ژنتیکی هر گیاه بستگی دارد (دمیر، ۲۰۰۴). به نظر می رسد که پیش تیمار بذور باعث شد که گیاه رشد زیاد تری داشته باشد، البته عامل خاکورزی نیز در این امر دخیل است زیرا هر چند که بذور پیش تیمار شده بودند ولی اگر در محیط کشت نامناسب قرار می گرفتند قادر به رشد کافی نبودند. اگر گیاهی بتواند سریع تر رشد کند میزان برگ تولیدی آن نیز افزایش پیدا می کند در نتیجه میزان کلروفیل کل آن نیز افزایش خواهد یافت و

فتوسنتز نیز افزایش می یابد. شکاری و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان کلروفیل کل در گیاه لوبیا چشم بلبلی شد. که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. خیساندن بذور گندم در محلول ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک نیز منجر به تولید گیاهان با مقدار رنگدانه های بیشتر شد (هیت و همکاران، ۲۰۰۵)، ولی خیساندن ماش در محلول اسید سالیسیلیک منجر به کاهش محتوای کلروفیل شد (آناندهی و رامانوجام، ۱۹۹۷). البته باید به این نکته نیز توجه کرد که حد معینی از غلظت محلول اسید سالیسیلیک می تواند باعث افزایش رنگیزه های فتوسنتزی شود ولی بیشتر از آن مقدار منجر به کاهش رنگیزه های فتوسنتزی در گیاه می شود، لذا همواره باید بهترین غلظت محلول را انتخاب کرد.

#### ۴-۱۵- محتوای نسبی آب برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت محتوی نسبی آب برگ می توان بیان کرد که اثر اصلی خاکورزی در سطح احتمال ۵٪ و اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. همچنین بر اساس این نتایج اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. نتایج (پیوست ۱) نشان داد که خاکورزی رایج تأثیر مثبتی بر میزان محتوای نسبی آب برگ دارد. به طوری که محتوای نسبی آب برگ در تیمار خاکورزی رایج از سایر تیمارها بیشتر و میزان آن معادل ۶۳/۵۸ درصد بود. خاکورزی حداقل نیز کمترین محتوای نسبی آب برگ را داشت و مقدار آن برابر ۴۹/۷۰ درصد بود. نتایج (پیوست ۳) همچنین اثر مثبت همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه میزبان را نسبت به حالت عدم همزیستی نشان داد. به طوری که در حالت همزیستی قارچ محتوای آب نسبی برگ معادل ۶۰/۹۴ درصد بود در حالی که در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا این مقدار به ۵۲/۶۸ درصد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۱۱) نشان می دهد که ترکیبات تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور و خاکورزی حداقل و پیش تیمار بذور با داشتن محتوای نسبی آب برگ ۷۱/۵ درصد و ۴۷/۶ درصد بیشترین و کمترین میزان محتوی آب نسبی برگ را داشتند.

محتوی نسبی آب برگ یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی گیاهی بخصوص در پاسخ به شرایط تنش است. اگر پتانسیل آب کاهش پیدا کند تقسیم سلولی و رشد اندام ها متوقف می شود. همچنین فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین نیز کاهش پیدا می کند (ما و همکاران، ۲۰۰۶). تاثیر محتوی نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ روی سرعت فتوسنتز توسط صدیق و همکاران (۲۰۰۰) نیز تایید شده است. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می رسد در شرایط پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک ریشچه بذر سریع تر خارج شده و احتمال می رود که طول ریشه این گیاهان نیز بیشتر باشد. در نتیجه گیاه می تواند به حجم بیشتری از خاک و آب دسترسی داشته باشد. در این رابطه سینگ و اوشا (۲۰۰۳) بیان کردند که بذر گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک محتوی رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش دارند، خاکورزی رایج به دلیل اینکه می تواند آب بیشتری در خاک نفوذ دهد و از طرفی امکان حرکت آسان و راحت تر ریشه ها را به درون خاک ممکن می سازد موجب شده است که گیاهان در این نوع خاکورزی رشد بهتری نسبت به سایر خاکورزی ها داشته باشند.



شکل ۴-۱۱- اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذور بر صفت درصد محتوی نسبی رطوبت

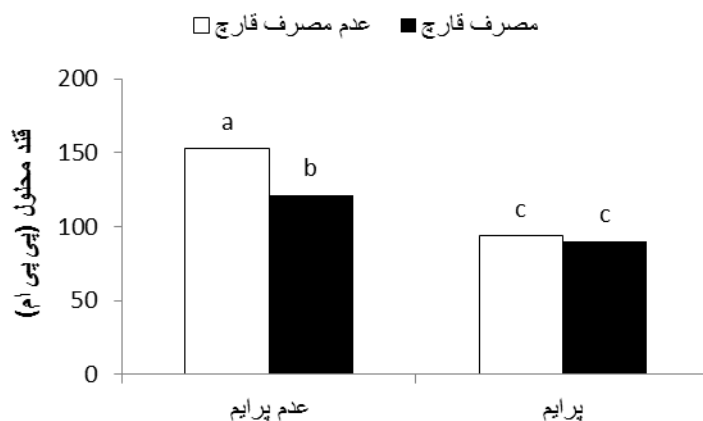


#### ۴-۱۶- قند محلول

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت قند محلول حاکی از آن بود که اثرات اصلی پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. نتایج تجزیه واریانس این صفت معنی داری اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا را در سطح احتمال ۱٪ نیز نشان داد. یافته های این تحقیق (پیوست ۴) نشان داد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک میزان قند محلول را ۳۳ درصد کاهش داده است. میزان قند محلول در حالت عدم پیش تیمار بذر ۱۳۷/۱ پی پی ام بود اما در پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک این مقدار به ۹۲/۳۵ پی پی ام کاهش یافت. همچنین بر اساس یافته های حاصل از این پژوهش (پیوست ۴) می توان اظهار داشت که همزیستی میکوریزا با گیاه سورگوم نیز قند محلول را از ۱۲۳/۶۲ پی پی ام به ۱۰۵/۸۳ پی پی ام کاهش دهد. مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۱۲) بیان داشت که ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با بیشترین مقدار نسبت به ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا با کمترین مقدار قند محلول ۴۲٪ بیشتر بود. البته ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۹۴ پی پی ام قند محلول با ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفتند.

قندها در گیاهان طی فرآیند های فتوسنتزی تولید می شوند. نقش قندها به عنوان مواد اولیه در متابولیسم کربن و انرژی شناخته شده است. حفاظت از گیاهان در مقابل از دست دادن آب به افزایش قندها در ریشه بستگی دارد. کربوهیدرات ها در فرآیند فیزیولوژیکی مانند تعرق و تنفس نقش مستقیم داشته و به این دلیل تغییر در میزان آن برای گیاه حایز اهمیت است (نصف زاده و احسان پور، ۲۰۱۲). علاوه بر این قندها یکی از شاخص های ارزیابی و تمایز گیاهان نسبت به تحمل تنش های متفاوتی به حساب می آیند. زیرا در اثر افزایش قندها در شرایط تنش، گیاهان می توانند تنش های زیستی و غیر زیستی را بهتر تحمل نمایند. در شرایط تنش، قند ها سبب تنظیم اسمزی و پایداری

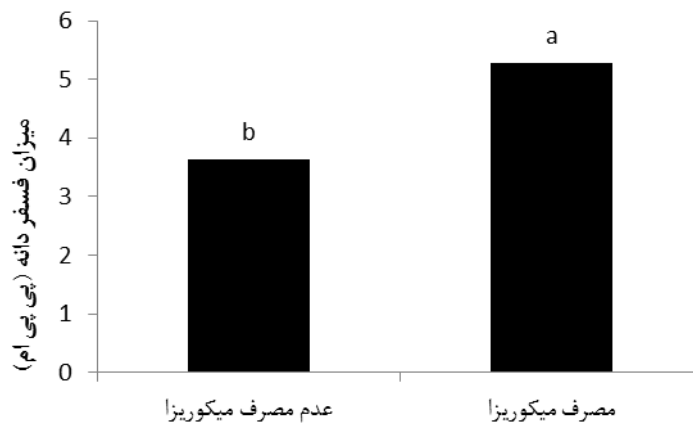
غشا و پروتئین های موجود در سلول می شوند. این عمل می تواند از طریق تشکیل پیوند های هیدروژنی بین گروه های کربوکسیلی قند ها و زنجیره های قطبی پروتئین ها و بالاخره پایدار سازی پروتئین ها صورت گیرد و در نتیجه این اعمال میزان خسارت به گیاه در شرایط تنش کمتر خواهد شد. این نکته نیز شایان ذکر است که افزایش قند محلول برای گیاه هزینه بر است و همواره مقداری از انرژی حاصل از فتوسنتز صرف افزایش قند های محلول در گیاه می شود. یکی از عواملی که باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش می شود، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک است. اسید سالیسیلیک افزایش بیش از حد قند محلول در گیاه طی فرآیند مقاومت به تنش می کاهد. آناندی و رانجوا (۱۹۹۷) در مورد اثر اسید سالیسیلیک بر میزان قند محلول در گیاه ماش بیان نمودند که اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان قند محلول، نشاسته و فنول ها در گیاه می شود. همچنین پاکمهر و همکاران (۱۳۹۰) نیز کاهش میزان قند محلول را در اثر پیش تیمار بذور لوبیا چشم بلبلی با اسید سالیسیلیک اعلام کردند. که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. قارچ میکوریزا به سبب اینکه باعث افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی می شود به صورت غیر مستقیم باعث افزایش قند محلول در گیاه می شود زیرا گیاهی که رشد بهتری داشته باشد و عناصر غذایی مورد نیازش را در دسترس داشته باشد کمتر تحت تاثیر تنش ها قرار می گیرد.



شکل ۴-۱۲- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت قند محلول

#### ۴-۱۷- فسفر بذر

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت فسفر بذر نشان داد که اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید. بر اساس این نتایج (شکل ۴-۱۳) حضور قارچ میکوریزا توانست ۳۲٪ فسفر دانه سورگوم را افزایش دهد.



شکل ۴-۱۳- اثر قارچ میکوریزا بر صفت فسفر بذر

فسفر بعد از نیتروژن مهمترین عنصر غذایی ضروری و پر مصرف مورد نیاز گیاه می باشد (سیرنیواسان و همکاران، ۲۰۱۲) و مهمترین نقش آن در فرآیند تولید و انتقال انرژی است. فسفر به عنوان یک عنصر ساختمانی در ساخت اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. در سطح سلولی نیز فسفر ناقل انرژی است به صورتی که این عنصر در ساختار آدنوزین تری فسفات کاربرد دارد که حاوی فسفات مولکولی است که با آزاد کردن هر فسفات مقدار مشخصی انرژی آزاد می کند و فعالیت سلولی را از نظر انرژی تامین می نماید (ملکوتی و سپهر، ۱۳۸۲). توانایی گیاه برای انتقال فسفر جذب شده از ریشه به اندام های مختلف گیاه تابع قوانین فیزیولوژیکی منبع و مخزن است. یکی از روش های افزایش جذب فسفر در گیاه و افزایش فسفر بذر استفاده از قارچ میکوریزا است (هریسیون، ۲۰۰۵). اهمیت این قارچ ها در تامین فسفر گیاه از طریق جذب و انتقال آن به واسطه هیف های قارچ ریشه ای است. مهمترین عنصری که در اثر همزیستی با قارچ میکوریزا افزایش می یابد فسفر است (رویولوزنو، ۲۰۰۳). قارچ

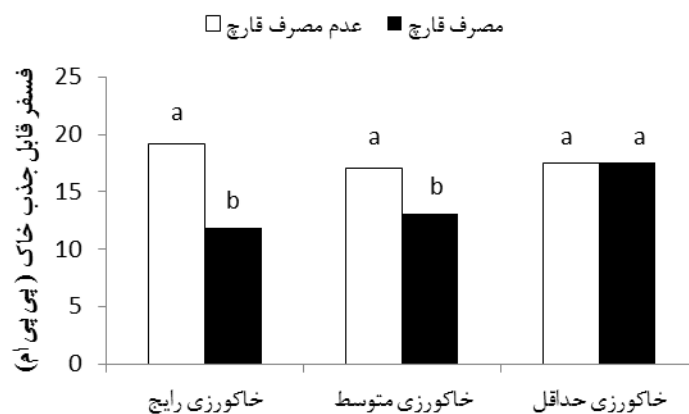
های میکوریزا می توانند جذب فسفر را تا ۵۰ برابر افزایش دهند (جکبسن، ۱۹۹۴). در این تحقیق هم به نظر می رسد که حضور قارچ میکوریزا توانست فسفر قابل جذب خاک را افزایش دهد و از طریق ریشه گیاه سورگوم و هیف های قارچی آن را به گیاه انتقال دهد. مهمترین مخزن فسفر در گیاه دانه است و گیاه این عنصر را از تمام قسمت ها به دانه خود منتقل می کند. محققان بسیاری افزایش فسفر دانه را در اثر همزیستی قارچ میکوریزا در گیاهان ذرت، جو، پیاز و پسته اعلام کردند (غلامی، ۱۳۷۹؛ فلاحیان و همکاران، ۲۰۰۵؛ محمد و همکاران، ۲۰۰۳؛ مهاور و آلوک، ۲۰۰۰).

#### ۴-۱۸- فسفر قابل جذب خاک

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت فسفر قابل جذب خاک نشان داد که اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵٪ معنی دار گردید. بر اساس نتایج (پیوست ۳) میزان فسفر قابل جذب خاک در شرایطی که قارچ میکوریزا در خاک حضور داشت کاهش یافت و به عدد ۱۴/۱۶ پی پی ام رسید. در حالی که محتوای فسفر قابل جذب خاک در شرایط عدم همزیستی در بیشترین حالت خود معادل ۱۷/۹۲ پی پی ام بود. مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۱۴) نیز نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۱۹/۲۲ پی پی ام و بیشترین میزان فسفر قابل جذب خاک را داشتند و ترکیب تیماری خاکورزی + کاربرد قارچ میکوریزا کمترین میزان را داشت. در این مقایسه خاکورزی حداقل در هر دو حالت کاربرد یا عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ترکیب تیماری خاکورزی رایج + عدم کاربرد قارچ میکوریزا که بیشترین میزان فسفر قابل جذب را داشت در یک گروه آماری قرار گرفتند.

فسفر یکی از عناصر محدود کننده تولید گیاهان در اکوسیستم های زراعی است و همواره در زراعت مشکل تثبیت فسفر وجود دارد. در اکثر زمین های زراعی این عنصر به اندازه کافی وجود دارد ولی به دلیل تثبیت، برای گیاه غیر قابل استفاده است. قارچ های میکوریزا این توانایی را دارند که فسفر نا

محلول را به فسفر محلول و قابل جذب برای گیاه تبدیل کنند. بر اساس یافته های این پژوهش به نظر می رسد که همزیستی قارچ میکوریزا موجب تبدیل فسفر نامحلول خاک خاک به فسفر محلول خاک و قابل برای گیاه شده است. قطر متوسط هیف ها ۳ تا ۴ میکرومتر است و هیف های نازک تر برای جذب فسفر از منافذ ریز خاک مناسب تر هستند. برخی از این هیف ها ممکن است تا پنج سانتی متر دورتر از سطح ریشه توسعه یابند و این به معنی این است که منطقه تخلیه توسط ریشه گیاه توسعه پیدا می کند. در خاکورزی رایج نیز به علت اینکه شرایط رشد و کلونیزه شدن این قارچ ها به سبب تهویه و شرایط رشد مناسب خاک مهیا شد، کمترین میزان فسفر قابل جذب در خاک در ترکیب تیماری خاکورزی رایج + کاربرد قارچ میکوریزا مشاهده شد. میلر و مک گوئیکل (۱۹۹۲)، کابلو و همکاران (۲۰۰۵) و دوپونویس و همکاران (۲۰۰۵) نیز این نتایج را اعلام کردند.

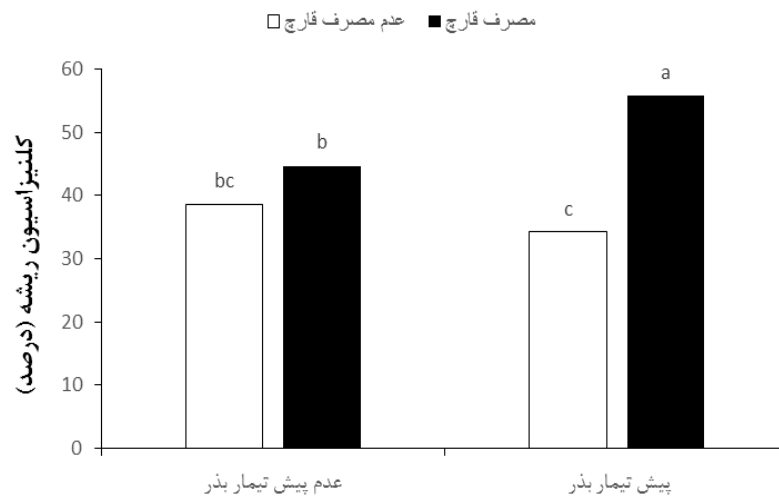


شکل ۴-۱۴- اثر متقابل خاکورزی و قارچ میکوریزا بر صفت فسفر قابل جذب

#### ۱۹-۴- کلونیزاسیون

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت کلونیزاسیون حاکی از این بود که اثر اصلی قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید. اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد. با توجه به جدول (پیوست ۳) همزیستی میکوریزایی نسبت به تیمار عدم همزیستی کلونیزاسیون ریشه گیاه سورگوم را ۱۴ درصد افزایش داد. بر اساس مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۱۵)

نیز می توان بیان کرد که ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا توانست نسبت به ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا درصد کلونیزاسیون را ۲۱٪ افزایش دهد. در مورد کمترین میزان درصد کلونیزاسیون این نکته باید ذکر شود که عدم پیش تیمار بذور و عدم کاربرد قارچ میکوریزا نیز با ترکیب تیماری پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفتند.



شکل ۴-۱۵- تأثیر پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه گیاه سورگوم قارچ های میکوریزا دارای اثرات مثبت بسیار فراوانی روی گیاه میزبان هستند. اثر گذاری این قارچ ها زمانی اتفاق می افتد که با ریشه گیاه میزبان همزیستی برقرار کنند. زیرا این قارچ ها در دریافت کربن کاملا به گیاه میزبان خود وابسته هستند (رایت و همکاران، ۱۹۹۸). پس اگر گیاهی بتواند سریع تر ریشه خود را گسترش دهد، به معنی این است که می تواند از اثرات مفید این قارچ ها بیشتر استفاده کند. پیش تیمار بذور به علت اینکه مدت زمان کاشت تا سبز شدن را کاهش می دهد سبب افزایش کلونیزاسیون قارچ های میکوریزا می شود. در همین راستا شلاتر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که سطوح بالای عناصر غذایی موجود در کود های غیر آلی ، کلونیزاسیون ریشه را تغییر می دهد و باعث کاهش آن می شود. همواره برای اینکه کلونیزاسیون ریشه را افزایش یابد نباید از کودهای

شیمیایی به میزان بسیار زیاد استفاده کرد. تحقیقات متعدد نشان داده است که گیاهان در مزارع زیستی نسبت به مزارع رایج، به میزان بیشتری توسط قارچ های میکوریزا کلونیزه می شوند (گرندلر و همکاران، ۲۰۰۶؛ گلنار و همکاران، ۲۰۰۵) و حتی این مقدار به ۴۰٪ هم می رسد (مادر و همکاران، ۲۰۰۲). شایان ذکر است که در زمین های زراعی حتی در غیاب قارچ میکوریزای تلقیح شده نیز کلونیزاسیون ریشه توسط میکوریزای بومی خاک اتفاق می افتد (باندرت و آبوت، ۲۰۰۲).

#### ۲۰-۴- تنفس خاک

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت تنفس خاک نشان داد که اثر اصلی پیش تیمار بذر و اثر متقابل خاکورزی و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۵٪ و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. تجزیه واریانس همچنین نشان داد که اثر متقابل خاکورزی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که تنفس خاک تحت تأثیر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک قرار گرفت. این نتایج نشان داد (پیوست ۲) که پیش تیمار بذر، تنفس خاک را نسبت به حالت عدم پیش تیمار بذر ۵ درصد افزایش داد و میزان تنفس خاک از  $0.58 \text{ mg Co}_2 / \text{g. dm. } 24\text{h}^{-1}$  به  $0.61$  واحد رساند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (پیوست ۶) برهمکنش خاکورزی و پیش تیمار بذور، ترکیب تیماری خاکورزی حداقل + عدم پیش تیمار بذور با  $0.64$  واحد بیشترین تنفس خاک و ترکیب تیماری خاکورزی رایج و عدم پیش تیمار بذور با  $0.54$  واحد کمترین تنفس خاک را داشتند. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴-۶) همچنین نشان داد که در برهمکنش خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا ترکیب های تیماری خاکورزی رایج + پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا و خاکورزی رایج + عدم پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا به ترتیب با  $0.67$  و  $0.49$  بیشترین و کمترین تنفس خاک را داشتند.

تنفس خاک به مفهوم اندازه گیری میزان دی اکسید کربن آزاد شده از خاک ناشی از تجزیه مواد آلی خاک توسط میکروب ها، تنفس ریشه گیاهان و جانوران خاکزی دیگر است. تنفس خاک یکی از شاخص های مهم برای تامین سلامت خاک و همچنین میزان عناصر غذایی موجود در ماده آلی خاک به شمار می آید. بالا بودن تنفس خاک نشان دهنده وضعیت مطلوب جمعیت میکروبی خاک است (هافمن، ۲۰۰۳). احتمال می رود که خاکورزی برگردان دار موجب بهبود تهویه و افزایش خلل و فرج در خاک شده است. این مزیت خاک دو فایده دارد اول اینکه ریشه گیاهان به علت پیش تیمار بذر سریع تر خارج می شود، در نتیجه اگر خاک غیر متراکم باشد حرکت ریشه ها را در خاک به راحتی صورت می گیرد و گیاه ریشه های طویل تری خواهد داشت. دومین مزیت برای قارچ میکوریزا است زیرا این قارچ ها نیاز به تهویه دارند و اگر تهویه مناسب باشد فعالیت بیشتری نیز خواهند داشت و در نتیجه تنفس خاک افزایش پیدا می کند. نتایج تحقیقات متعددی اثر کودهای بیولوژیکی از جمله قارچ میکوریزا را بر افزایش تنفس خاک تایید می کنند (پیوتروسکا و همکاران، ۲۰۱۲؛ دینش و همکاران، ۲۰۱۰؛ جامایا، ۲۰۰۸). در تحقیقی که توسط اصغری پور و همکاران (۱۳۸۶) روی اثر مدیریت خاک بر تنوع زیست توده میکروبی خاک انجام پذیرفت مشخص شد که تنفس در مزارع پر نهاده به طور معنی داری از مزرعه کم نهاده بیشتر است. همچنین جهان و همکاران (۱۳۸۸) در یک آزمایش دو ساله اعلام کردند که در سال اول آزمایش مدیریت پر نهاده اراضی تنفس بیشتری نسبت به سایر مدیریت های زراعی داشت ولی در سال دوم نتایج معکوس بود.



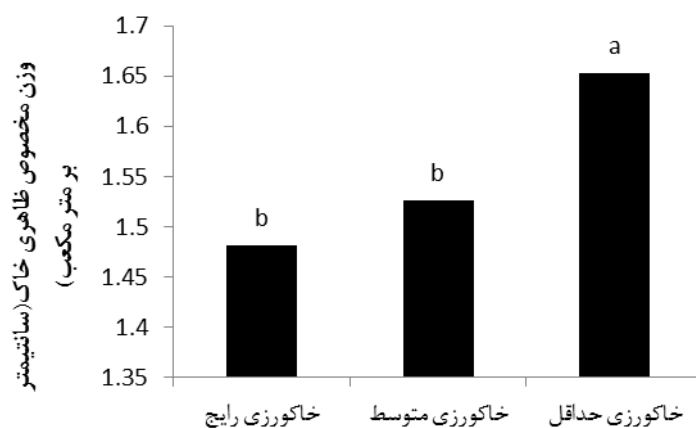
جدول ۴-۶- تأثیر خاکورزی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت تنفس خاک

تنفس خاک (mg Co <sub>2</sub> / g. dm. 24h <sup>-1</sup> )	همزیستی میکوریزا	پیش تیمار بذور	خاکورزی
۰/۴۹ <sup>e</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی رایج
۰/۵۹ <sup>bcd</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۵۸ <sup>bcd</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۷ <sup>a</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۵۶ <sup>cde</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی متوسط
۰/۵۵ <sup>de</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۵۰ <sup>e</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۳ <sup>abc</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۰ <sup>abcd</sup>	عدم قارچ میکوریزا	عدم پرایم	خاکورزی حداقل
۰/۶۷ <sup>a</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۵ <sup>ab</sup>	عدم قارچ میکوریزا	پرایم	
۰/۶۰ <sup>abcd</sup>	کاربرد قارچ میکوریزا	پرایم	

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

#### ۴-۲۱- وزن مخصوص ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۹) صفت وزن مخصوص ظاهری خاک نشان داد که اثر اصلی خاکورزی در سطح احتمال ۰/۵٪ معنی دار شد. به طوری که خاکورزی حداقل دارای بیشترین وزن مخصوص ظاهری خاک به میزان ۱/۶۵ سانتیمتر بر متر مکعب بود و در مرتبه بعد خاکورزی متوسط به میزان ۱/۵۲۶ سانتیمتر بر متر مکعب قرار داشت. خاکورزی رایج نیز دارای کمترین میزان وزن مخصوص ظاهری خاک بود و این مقدار برابر ۱/۴۸۱ سانتیمتر بر متر مکعب بود (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- اثر مدیریت مختلف خاکورزی بر صفت وزن ظاهری خاک

وزن مخصوص ظاهری خاک یکی از مهمترین مولفه های فیزیکی خاک محسوب می شود و نقش بسیار مهمی در سایر خصوصیات خاک دارد. اصولاً وزن مخصوص ظاهری خاک با میزان منافذ خاک نسبت عکس دارد در نتیجه عملیات کشاورزی درصد حجم کل منافذ خاک بیشتر شده و وزن مخصوص ظاهری خاک کمتر می شود. بر اساس نتایج این پژوهش، خاکورزی حداقل دارای بیشترین وزن مخصوص ظاهری خاک بود که به نظر می رسد علت این امر، تخریب کمتر ساختمان خاک در خاکورزی حداقل باشد که به لایه های زیرین خاک اجازه می دهد دست نخورده باقی بمانند. علت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در خاکورزی رایج نیز می تواند ناشی از تولید کلوخه و برگرداندن خاک عمقی بر سطح خاک باشد که این امر سبب ایجاد تخلخل بیشتر می گردد. این نکته در مورد وزن مخصوص ظاهری خاک نیز این حائز اهمیت است که با افزایش عمق خاک وزن مخصوص ظاهری خاک نیز افزایش پیدا می کند. زیرا در عمق های بیشتر خاک خاکورزی وجود ندارد در نتیجه به مرور فشردگی خاک افزایش پیدا می کند. یافته های این تحقیق با یافته های (عظیمی زاده و همکاران، ۱۳۸۱؛ جین و همکاران، ۲۰۱۱؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۸ و تریپاسی و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت دارد.

## نتیجه گیری

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف عملیات خاکورزی بر صفات تعداد خوشه بارور، کلروفیل a، کلروفیل b، ارتفاع بوته، وزن مخصوص ظاهری خاک و صفت شاخص برداشت بود. طبق نتایج تیمار خاکورزی رایج توانست مقدار صفات فوق را در مقایسه با تیمارهای خاکورزی حداقل و متوسط افزایش دهد اما در مورد صفت وزن مخصوص ظاهری خاک، خاکورزی رایج باعث کاهش این صفت شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات شاخص برداشت، وزن هزاردانه، کلروفیل a و کلروفیل b و صفت عملکرد بیولوژیک 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 سورگوم سبب افزایش معنی‌دار صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد خوشه بارور، وزن هزاردانه، شاخص سطح برگ، کلونیزاسیون ریشه، فسفر بذر، عملکرد دانه و کلروفیل a شد. در خصوص قند محلول پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا سبب کاهش این صفت شد. فسفر قابل جذب خاک نیز در شرایط حضور قارچ میکوریزا کاهش ۲۱ درصدی نسبت به شرایط غیاب قارچ میکوریزا نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تیمارهای سطوح مختلف خاکورزی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، کلروفیل b و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار برهمکنش سطوح مختلف عملیات خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات عملکرد دانه، تعداد خوشه بارور، شاخص سطح برگ، فسفر قابل جذب خاک، کلروفیل b و شاخص برداشت بود. طبق نتایج تجزیه واریانس برهمکنش پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات کلونیزاسیون ریشه، قند محلول و کلروفیل a معنی‌دار شد. همچنین برهمکنش سطوح مختلف عملیات خاکورزی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا روی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ و کلروفیل b معنی‌دار شد.

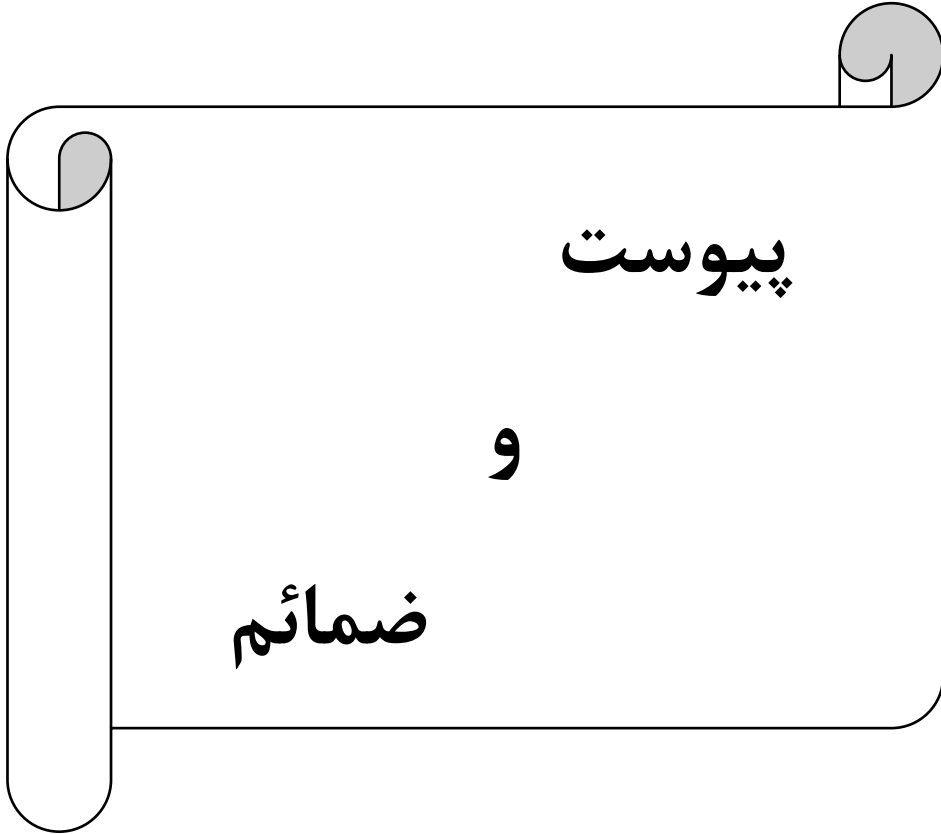
بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک توانست عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۵۴ تن در هکتار در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. همچنین ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک توانست وزن هزار دانه و شاخص برداشت گیاه سورگوم را به ترتیب ۳۲ و ۱۱/۵۳ درصد و مقدار کلروفیل b را ۰/۵۶ میلی گرم بر گرم وزن تر در مقایسه با تیمار خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. ترکیب تیماری خاکورزی رایج و پیش تیمار بذر ارتفاع بوته گیاه سورگوم را نسبت به ترکیب تیماری خاکورزی حداقل و پیش تیمار بذر ۱۸ سانتی متر افزایش داد. مقایسه میانگین‌های صفت شاخص سطح برگ نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج به همراه پیش تیمار بذر با ۳/۲۰ شاخص سطح برگ و خاکورزی رایج در شرایط عدم پیش تیمار بذر با ۲/۳۴ شاخص سطح برگ دارای بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ بودند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش عملکرد دانه معادل ۰/۱۵ تن در هکتار در مقایسه با تیمار خاکورزی متوسط+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. همچنین ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش ۱۱/۲۵ درصدی در مقدار شاخص برداشت شد. بعلاوه، ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش در مقادیر صفات کلروفیل b به میزان ۰/۴۳ میلی گرم بر گرم، تعداد خوشه بارور به میزان ۲/۵ خوشه بارور و شاخص سطح برگ به میزان ۱/۰۸ شاخص سطح برگ شد. مقایسه میانگین‌های صفت فسفر قابل جذب خاک نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ تلقیح قارچ میکوریزا مقدار این صفت را ۳۹ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری خاکورزی رایج و عدم تلقیح قارچ میکوریزا کاهش داد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که کلونیزاسیون ریشه از ۳۴/۲۲ درصد در تیمار پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا به ۵۵/۸۳ درصد در پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ

میکوریزا افزایش یافت و همچنین ترکیب تیماری پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا کلروفیل a را در مقایسه با ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا ۰/۵۵ میلی گرم بر گرم افزایش داد اما در مورد صفت قند محلول ترکیب تیماری پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا میزان قند محلول را از ۱۵۳ پی پی ام به ۹۰/۴۷ پی پی ام کاهش داد. بعلاوه، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش شاخص برداشت به میزان ۱۸/۷۹ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ تلقیح قارچ میکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۶۵ تن در هکتار در مقایسه با ترکیب های تیماری خاکورزی متوسط+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا و خاکورزی حداقل+ عدم پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا افزایش داد. همچنین ترکیب تیماری فوق شاخص سطح برگ گیاه سورگوم را به میزان ۱/۹۵ در مقایسه با ترکیب تیماری خاکورزی رایج+ عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا افزایش داد. لذا با توجه به مطالب فوق و نتایج بدست آمده از این پژوهش اعمال تیمار خاکورزی+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ همزیستی قارچ میکوریزا در زراعت سورگوم دانه ای رقم (اسپیدفید) جهت حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح قابل توصیه است. همچنین طبق نتایج موجود جهت صرفه جویی در هزینه های اقتصادی کشاورزان می توان با اعمال خاکورزی حداقل و در کنار آن پیش تیمار بذور گیاه سورگوم با استفاده از اسید سالیسیلیک به افزایش عملکرد قابل ملاحظه ای دست یافت.

## پیشنهادات:

- ۱- برای اجرای تیمار خاکورزی، طول کرت ها زیاد در نظر گرفته شود تا ماشین آلات بتوانند خاکورزی را به نحو درست انجام دهند.
- ۲- عرض کرت ها باید ضربی از عرض کار ماشین آلات خاکورزی در نظر گرفته شود.
- ۳- در ابتدای فصل رشد، گیاهچه سورگوم و علف هرز سوروف ( علف هرز غالب مزارع دانشکده کشاورزی) بسیار مشابه هستند لذا جهت تمایز دو گیاهچه از یکدیگر اولین برگ گیاهچه در نظر گرفته شود ( اولین برگ گیاهچه سورگوم پهن تر است).
- ۴- بذر سورگوم برای سبز شدن در ابتدای فصل نیاز به آب زیاد دارد، جهت بهتر سبز شدن گیاهچه ها طول فواصل آبیاری در ابتدای فصل رشد کاهش یابد.
- ۵- برای جلوگیری از هدر رفت آب کشاورزی، بهتر است آبیاری به صورت تحت فشار انجام گیرد.
- ۶- جهت سپری شدن دوره گذار خاکورزی حداقل، بهتر است طرح چند سال روی قطعه زمین مورد نظر تکرار شود تا اثرات خاکورزی حداقل نیز به نحو احسن مشخص شود.



جدول پیوست ۱- تأثیر مدیریت روش های متفاوت خاکورزی بر صفات تعداد خوشه بارور، کلروفیل b و محتوای نسبی آب برگ

خاکورزی	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد خوشه بارور	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
خاکورزی رایج	۱۶۸/۵ <sup>a</sup>	۶/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۹۶ <sup>a</sup>	۶۳/۵۸ <sup>a</sup>
خاکورزی متوسط	۱۵۸/۸ <sup>b</sup>	۵/۵۰ <sup>a</sup>	۰/۷۵ <sup>b</sup>	۵۷/۱۷ <sup>b</sup>
خاکورزی حداقل	۱۵۶/۳ <sup>b</sup>	۴/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۶۶ <sup>b</sup>	۴۹/۷۰ <sup>c</sup>

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

جدول پیوست ۲- تأثیر پیش تیمار بذر با استفاده از اسید سالیسیلیک بر صفات طول خوشه بارور، تعداد پنجه و میزان تنفس خاک

پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک	طول خوشه بارور (سانتیمتر)	تعداد پنجه	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)
عدم پیش تیمار بذر	۱۷/۶۷ <sup>b</sup>	۳/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۶۷ <sup>b</sup>
پیش تیمار بذر	۱۹/۰۶ <sup>a</sup>	۴/۴۴ <sup>a</sup>	۰/۹۱ <sup>a</sup>

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

جدول پیوست ۳- تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه سورگوم

همزیستی میکوریزا	تعداد خوشه بارور	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه (تن در هکتار)	کلروفیل کل (واحد اسپد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	فسفر قابل جذب خاک (پی پی ام)	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
عدم همزیستی قارچ	۵/۰۵ <sup>b</sup>	۲/۴۱ <sup>b</sup>	۰/۵۹ <sup>b</sup>	۳۴/۷۱ <sup>b</sup>	۵۲/۶۸ <sup>b</sup>	۱۷/۹۲ <sup>a</sup>	۳۶/۴۱ <sup>b</sup>
همزیستی قارچ	۵/۷۷ <sup>a</sup>	۲/۸۵ <sup>a</sup>	۰/۶۳ <sup>a</sup>	۳۸/۸۷ <sup>a</sup>	۶۰/۹۴ <sup>a</sup>	۱۴/۱۶ <sup>b</sup>	۵۰/۲۷ <sup>a</sup>

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



جدول پیوست ۴- تأثیر پیش تیمار با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و میزان قند محلول گیاه سورگوم

تیمار	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	قند محلول (پی پی ام)	تنفس خاک (mgCO <sub>2</sub> / g. dm. 24h <sup>-1</sup> )
پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک				
عدم پیش تیمار بذر	۲۴/۱۱ <sup>b</sup>	۲/۵۷ <sup>b</sup>	۱۳۷/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۵۸ <sup>b</sup>
پیش تیمار بذر	۳۰/۵۰ <sup>a</sup>	۲/۷۰ <sup>a</sup>	۹۲/۳۵ <sup>b</sup>	۰/۶۱ <sup>a</sup>
همزیستی قارچ میکوریزا				
عدم همزیستی	۲۵/۰۵ <sup>b</sup>	۲/۵۵ <sup>b</sup>	۱۲۳/۶۲ <sup>a</sup>	۰/۵۷ <sup>b</sup>
همزیستی قارچ	۲۹/۵۵ <sup>a</sup>	۲/۷۲ <sup>a</sup>	۱۰۵/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۶۲ <sup>a</sup>

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

جدول پیوست ۵- تأثیر تیمارهای روش های مختلف خاکورزی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات قطر ساقه، شاخص برداشت، کلروفیل a و کارتنوئید گیاه سورگوم

تیمار	قطر ساقه (میلیمتر)	شاخص برداشت (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	کارتنوئید
خاکورزی				
خاکورزی رایج	۱۰/۲۶ <sup>a</sup>	۲۶/۳۷ <sup>a</sup>	۱/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۲۳ <sup>b</sup>
خاکورزی متوسط	۸/۶۱ <sup>b</sup>	۲۲/۳۴ <sup>b</sup>	۱/۵۱ <sup>a</sup>	۰/۴۰ <sup>a</sup>
خاکورزی حداقل	۷/۶۴ <sup>c</sup>	۱۹/۷۰ <sup>c</sup>	۱/۲۵ <sup>b</sup>	۰/۲۴ <sup>b</sup>
پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک				
عدم پیش تیمار بذر	۷/۹۰ <sup>b</sup>	۲۱/۱۶ <sup>b</sup>	۱/۲۸ <sup>b</sup>	۰/۳۱ <sup>a</sup>
پیش تیمار بذر	۹/۷۷ <sup>a</sup>	۲۴/۴۳ <sup>a</sup>	۱/۵۸ <sup>a</sup>	۰/۲۷ <sup>b</sup>
همزیستی قارچ میکوریزا				
عدم همزیستی	۸/۵۴ <sup>b</sup>	۲۱/۰۵ <sup>b</sup>	۱/۳۱ <sup>b</sup>	۰/۲۶ <sup>b</sup>
همزیستی قارچ	۹/۱۳ <sup>a</sup>	۲۴/۵۴ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>	۰/۳۲ <sup>a</sup>

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

جدول پیوست ۶- اثر متقابل روش های متفاوت خاکورزی و پیش تیمار بذر با استفاده از اسید سالیسیلیک روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه سورگوم

تنفس خاک	کلروفیل b	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص سطح برگ	پیش تیمار بذر	خاکورزی
mgCO <sub>2</sub> / g. dm. 24h <sup>-1</sup>	(میلی گرم بر گرم)	(درصد)	(تن در هکتار)				
۰/۵۴ <sup>b</sup>	۰/۷۳ <sup>bc</sup>	۲۱/۶۳ <sup>bc</sup>	۲/۶۶۱ <sup>b</sup>	۰/۵۶۱ <sup>b</sup>	۲/۳۴۰ <sup>b</sup>	عدم پرایم	خاکورزی رایج
۰/۶۳ <sup>a</sup>	۱/۱۹ <sup>a</sup>	۳۱/۱۱ <sup>a</sup>	۲/۹۴۸ <sup>a</sup>	۰/۷۱۹ <sup>a</sup>	۳/۲۰۷ <sup>a</sup>	پرایم	
۰/۵۶ <sup>b</sup>	۰/۶۶ <sup>c</sup>	۲۲/۰۴ <sup>bc</sup>	۲/۶۶۰ <sup>b</sup>	۰/۵۹۷ <sup>b</sup>	۲/۷۰۷ <sup>ab</sup>	عدم پرایم	خاکورزی متوسط
۰/۵۷ <sup>b</sup>	۰/۸۴ <sup>b</sup>	۲۲/۶۳ <sup>b</sup>	۲/۶۲۴ <sup>b</sup>	۰/۵۵۶ <sup>b</sup>	۲/۵۵۳ <sup>b</sup>	پرایم	
۰/۶۴ <sup>a</sup>	۰/۶۳ <sup>c</sup>	۱۹/۸۳ <sup>c</sup>	۲/۴۰۶ <sup>c</sup>	۰/۷۰۴ <sup>a</sup>	۲/۵۶۳ <sup>b</sup>	عدم پرایم	خاکورزی حداقل
۰/۶۳ <sup>a</sup>	۰/۷۰ <sup>c</sup>	۱۹/۵۸ <sup>c</sup>	۲/۵۴۲ <sup>bc</sup>	۰/۵۴۸ <sup>b</sup>	۲/۴۳۷ <sup>b</sup>	پرایم	

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

جدول پیوست ۷- اثر متقابل روش های متفاوت خاکورزی و همزیستی قارچ میکوریزا روی برخی از خصوصیات کمی و میزان کلروفیل b گیاه سورگوم

خاکورزی	همزیستی میکوریزا	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه	شاخص برداشت	کلروفیل b
		(تن در هکتار)	(درصد)	(میلی گرم بر گرم)	
خاکورزی رایج	عدم همزیستی قارچ	۲/۲۳۰ <sup>b</sup>	۰/۵۷۸ <sup>bc</sup>	۲۲/۵۰ <sup>b</sup>	۰/۸۵ <sup>b</sup>
	همزیستی قارچ	۳/۳۱۷ <sup>a</sup>	۰/۷۰۲ <sup>a</sup>	۳۰/۲۴ <sup>a</sup>	۱/۰۷ <sup>a</sup>
خاکورزی متوسط	عدم همزیستی قارچ	۲/۵۴۰ <sup>b</sup>	۰/۵۵۸ <sup>c</sup>	۲۱/۶۸ <sup>bc</sup>	۰/۷۵ <sup>bc</sup>
	همزیستی قارچ	۲/۷۲۰ <sup>b</sup>	۰/۵۹۶ <sup>bc</sup>	۲۲/۹۹ <sup>b</sup>	۰/۷۶ <sup>bc</sup>
خاکورزی حداقل	عدم همزیستی قارچ	۲/۴۸۲ <sup>b</sup>	۰/۶۳۶ <sup>ab</sup>	۱۸/۹۹ <sup>c</sup>	۰/۶۹ <sup>c</sup>
	همزیستی قارچ	۲/۵۱۸ <sup>b</sup>	۰/۶۱۶ <sup>bc</sup>	۲۰/۴۱ <sup>bc</sup>	۰/۶۴ <sup>c</sup>

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

جدول ۸ - میانگین مربعات خصوصیات کمی صفات مورد مطالعه در گیاه سورگوم

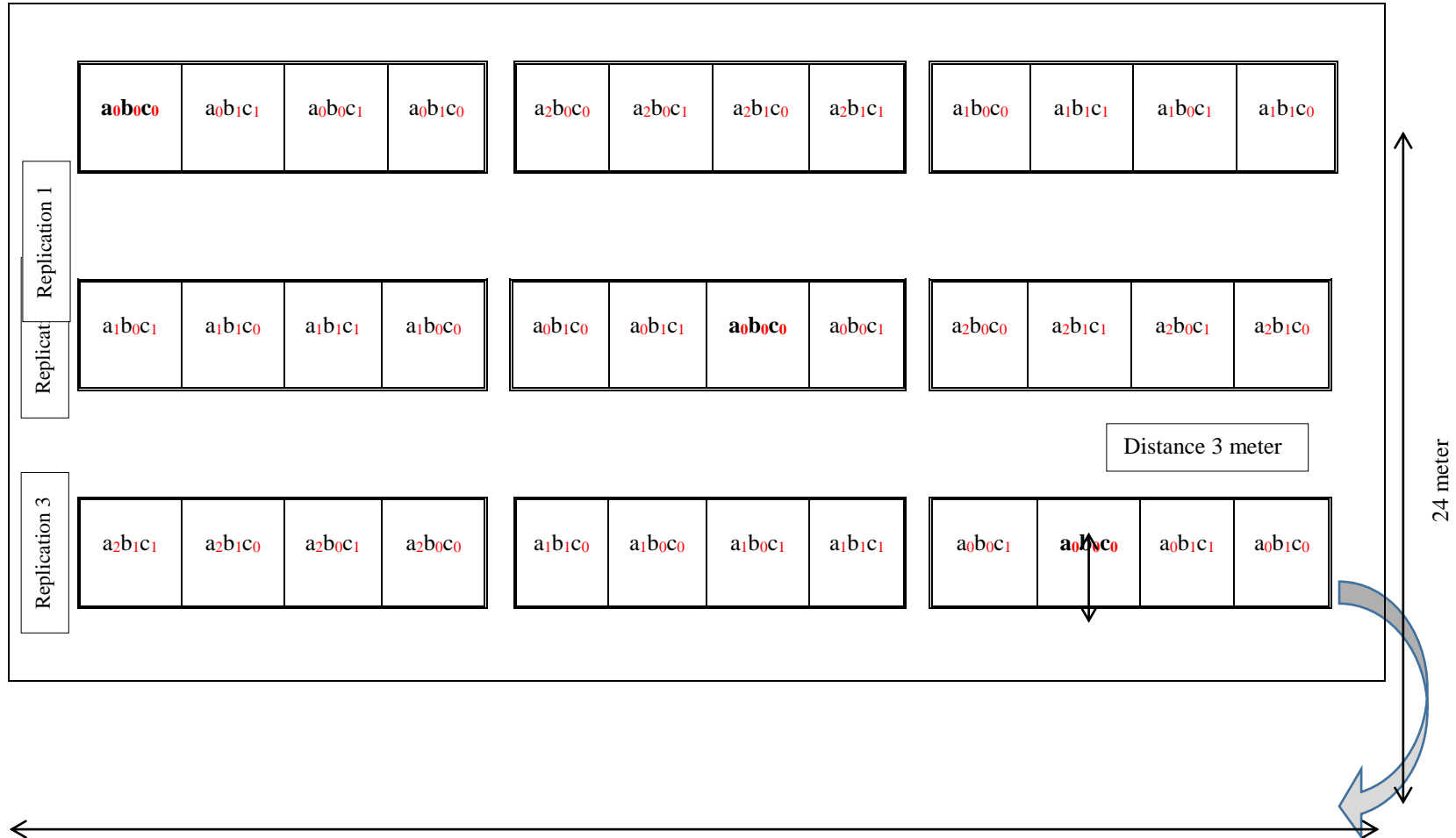
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول خوشه بارور	تعداد خوشه بارور	قطر ساقه	تعداد پنجه	وزن هزاردانه	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک (R)	۲	۷/۲۸۷ <sup>ns</sup>	۱۵/۴۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۹۴ <sup>ns</sup>	۲۱/۵۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۸۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۹ <sup>ns</sup>	۱/۸۵۷ <sup>ns</sup>
خاکورزی (A)	۲	۴۹۹/۳۹۵ <sup>**</sup>	۴۴/۰۶ <sup>ns</sup>	۶/۰۸۳ <sup>*</sup>	۲۰/۹۸۷ <sup>*</sup>	۱/۱۹۴ <sup>ns</sup>	۳۶/۶۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۸۹۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۲۸ <sup>ns</sup>	۱۳۵/۴۱۰ <sup>**</sup>
خطای اول (E)	۴	۱۷/۸۰۹	۹/۲۲۳	۰/۸۳۳	۱/۶۰۷	۰/۴۴۴	۲۸/۳۶۱	۰/۲۷۴	۰/۰۰۴	۰/۰۸۵	۴/۷۱۶
پیش تیمار بذری (B)	۱	۹۶/۳۶۷ <sup>ns</sup>	۱۷/۴۱۷ <sup>**</sup>	۰/۶۹۴ <sup>ns</sup>	۳۱/۷۵۳ <sup>**</sup>	۳/۳۶۱ <sup>**</sup>	۳۶۷/۳۶۱ <sup>**</sup>	۱/۳۶۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۰ <sup>*</sup>	۹۶/۲۵۲ <sup>**</sup>
اثر متقابل (AB)	۲	۸۹/۰۵۴ <sup>*</sup>	۲۰/۲۰۳ <sup>**</sup>	۱/۸۶۱ <sup>ns</sup>	۱/۵۵۹ <sup>**</sup>	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۴۲/۱۹۴ <sup>*</sup>	۴/۰۴۳ <sup>*</sup>	۰/۰۷۷ <sup>**</sup>	۰/۰۷۹ <sup>*</sup>	۸۷/۱۰۵ <sup>**</sup>
همزیستی میکوریزا (C)	۱	۲۵/۱۶۷ <sup>ns</sup>	۵/۴۰۶ <sup>ns</sup>	۴/۶۹۴ <sup>**</sup>	۳/۱۶۲ <sup>**</sup>	۰/۶۹۴ <sup>ns</sup>	۱۸۲/۲۵۰ <sup>**</sup>	۶/۷۸۹ <sup>**</sup>	۰/۰۲۰ <sup>*</sup>	۰/۲۶۴ <sup>**</sup>	۱۰۹/۷۷۱ <sup>**</sup>
اثر متقابل (AC)	۲	۴۲/۳۴۲ <sup>ns</sup>	۲/۱۱۲ <sup>ns</sup>	۲/۸۶۱ <sup>*</sup>	۰/۰۳۲ <sup>ns</sup>	۱/۶۹۴ <sup>*</sup>	۳/۵۸۳ <sup>ns</sup>	۳/۸۸۴ <sup>*</sup>	۰/۰۱۶ <sup>*</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۴۰/۶۴۰ <sup>**</sup>
اثر متقابل (BC)	۱	۲۷/۹۱۴ <sup>ns</sup>	۲/۶۹۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۵۰ <sup>ns</sup>	۱/۶۵۱ <sup>*</sup>	۰/۶۹۴ <sup>ns</sup>	۲/۲۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۲/۷۸۶ <sup>ns</sup>
اثر متقابل (ABC)	۲	۷۳/۳۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۷۱۴ <sup>ns</sup>	۱/۷۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۱/۱۹۴ <sup>ns</sup>	۲/۰۸۳ <sup>ns</sup>	۴/۷۵۳ <sup>**</sup>	۰/۰۱۴ <sup>*</sup>	۰/۰۹۲ <sup>*</sup>	۲۷/۸۵۰ <sup>*</sup>
خطای دوم (E)	۱۸	۲۴/۴۲۱	۱/۹۲۰	۰/۵۶۵	۰/۲۳۶	۰/۳۹۸	۷/۳۴۳	۰/۶۷۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۸	۵/۲۸۵
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۰۷	۷/۵۴	۱۳/۸۷	۵/۵۰	۱۵/۲۵	۹/۹۲	۱۵/۶۴	۸/۹۲	۵/۱۱	۱۰/۰۸

\*، \*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد

جدول ۹ - میانگین مربعات خصوصیات کیفی صفات مورد مطالعه در گیاه سورگوم

وزن مخصوص ظاهری خاک	تنفس خاک	کلونیزاسیون ریشه	فسفر قابل جذب خاک	فسفر بذر	قند محلول	محتوای نسبی آب برگ	کلروفیل کل	کارتونئید	کلروفیل b	کلروفیل a	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱۳۵/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۷/۱۸۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۴ <sup>ns</sup>	۳۶۲/۷۴۲ *	۸/۸۶ <sup>ns</sup>	۷۳/۱۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲	بلوک (R)
۰/۰۹۵ *	۰/۰۱۵ <sup>ns</sup>	۳۸۶/۷۷۹ <sup>ns</sup>	۱۹/۳۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۷ <sup>ns</sup>	۳۱/۴۵۱ <sup>ns</sup>	۵۷۹/۱۷۹ *	۱۰۲/۹۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۱ **	۰/۲۷۴ *	۰/۲۸۸ *	۲	خاکورزی (A)
۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۶۳/۴۶۵	۴/۱۴۷	۰/۰۲۶	۳۴/۶۹۱	۷۹/۲۷۱	۱۵/۵۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۷	۰/۲۸۰	۴	خطای اول (E)
۰/۰۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ *	۱۰۱/۶۷۴ <sup>ns</sup>	۱/۵۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۷ <sup>ns</sup>	۱۸۰۲۰/۹۱۶ **	۱۶۳/۰۸ <sup>ns</sup>	۲/۹۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱ **	۰/۵۰۷ **	۰/۸۴۲ **	۱	پیش تیمار بذر (B)
۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ *	۱۸۲/۳۲ <sup>ns</sup>	۲۲/۷۷۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۲ <sup>ns</sup>	۶۰/۱۰۲ <sup>ns</sup>	۳۲/۰۲۳ **	۸۱/۵۴۵ *	۰/۰۱۴ **	۰/۱۱۱ **	۰/۰۴۲ <sup>ns</sup>	۲	اثر متقابل (AB)
۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۸ **	۱۷۲/۱۷۴ **	۱۲۷/۶۲۲ **	۲۴/۱۱۱ **	۲۸۴۹/۷۸۱ **	۶۱۲/۸۶ **	۱۵۵/۸۳۴ **	۰/۰۳۲ **	۰/۰۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۵۲۰ **	۱	همزیستی میکوریزا (C)
۰/۰۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۲۲۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۴۰/۶۱۱ *	۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۷/۲۹۶ <sup>ns</sup>	۶/۶۱۴ <sup>ns</sup>	۲۱/۰۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۱ *	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۲	اثر متقابل (AC)
۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۵۴۰/۵۶۳ *	۱۲/۲۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۷۳ <sup>ns</sup>	۱۷۶۸/۵۹۵ **	۱۵۷/۵۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۷ *	۱	اثر متقابل (BC)
۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱ **	۵۳/۳۱۳ <sup>ns</sup>	۲/۹۷۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۵/۲۴۹ <sup>ns</sup>	۴۸/۱۰۷ <sup>ns</sup>	۱۲/۹۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۹ *	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۲	اثر متقابل (ABC)
۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۶۷/۵۳۵	۷/۰۹۵	۰/۰۷۷	۱۵۷/۲۳۰	۴۴/۲۱۹	۳۰/۱/۶۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۹	۱۸	خطای دوم (E)
۴/۸۴	۶/۹۶	۱۸/۹۶	۱۶/۶۰	۶/۲۱	۱۰/۹۳	۱۱/۷۰	۱۱/۱۲	۱۵/۵۱	۱۴/۰۱	۹/۵۸		ضریب تغییرات (درصد)

\*, \*\* و<sup>ns</sup> به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد

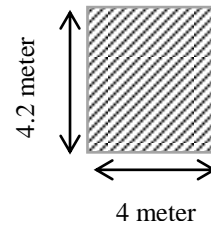


$$s_{\text{plot}} = 4.2 \times 4 = 16.8 \text{ m}^2$$

$$s_{\text{total}} = 55 \times 24 = 1320 \text{ m}^2$$

55 meter

1.2



## منابع:

- اردکانی، م. ر.، مظاهری، د.، مجد، ف.، و نورمحمدی، ق. (۱۳۷۹). بررسی کارایی میکوریزا و استرپتو مایسس در سطوح مختلف فسفر و تأثیر کاربرد آن ها بر عملکرد و برخی صفات گندم. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲. شماره ۲
- امام، یحیی. (۱۳۸۶). زراعت غلات انتشارات دانشگاه. شیراز. چاپ سوم.
- اکبری، م. (۱۳۹۰). تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سویا تحت شرایط تنش کادمیوم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود
- اکرم قادری، ف.، لطیفی، ن.، رضایی، ج.، و سلطانی، ا. (۱۳۸۲). بررسی اثرات تاریخ کاشت بر فنولوژی و مورفولوژی سه رقم پنبه در گرگان. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۴. دوره ۱. صفحات ۲۲۱-۲۳۰.
- آقا بابائی، ف.، ریئسی، ف. (۱۳۹۰). اثر همزیستی میکوریزایی بر میزان کلروفیل، فتوسنتز و راندمان مصرف آب در چهار ژنوتیپ بادام در استان چهارمحال و بختیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. سال پانزدهم، شماره پنجاه و ششم
- اصغری پور، م. ر.، ریاحی نیا، ش.، و کوچکی، ع. (۱۳۸۶). اثر مدیریت کاربری زمین بر بیوماس و تنوع جامعه میکروبی خاک. مجله دانش کشاورزی. ۱۵-۲۶: (۲) ۱۷
- پارسا مطلق، ب.، محمودی، س.، سیاری زهان، م. ح.، نقی زاده، م. (۱۳۹۰). تأثیر 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
- پاکمهر، آ.، راستگو، م.، شکاری، ف.، صبا، ج.، و زنگانی، ا. (۱۳۹۰). تأثیر پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر برخی از ویژگیهای مورفوفیزیولوژیک و عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۹. شماره ۴. صفحات ۶۱۴-۶۰۶
- تیرانی، م.، منوچهری کلانتری، خ.، و حسینی، 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

جهان، م. کوچکی، ع. قربانی، ر. رجالی، ف. آریایی، م. و، ابراهیمی، ا. (۱۳۸۸). اثر کاربرد کودهای زیستی بر برخی ویژگیهای آگرواکولوژیکی ذرت در نظام های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۷، شماره ۲

خاوازی، ک.، اسدی رحمانی، ه. و ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۴). ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات- چاپ دوم با بازنگری). انتشارات سنا تهران. ۴۶۰ صفحه.

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

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

دادنیا، م. ر. و خدابنده، ن. (۱۳۷۹). بررسی افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری در سیستم های کشاورزی پایدار در سویا. مجله علوم زراعی ایران. شماره ۲. دوره ۲. صفحات ۳۳-۴۱

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

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

رزمی، ن.، رزمجو، خ.، و خواجه پور، م. ر. (۱۳۸۰). تاثیر چهار رژیم آبیاری بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سورگوم دانه ای در شرایط اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه صنعتی اصفهان.



رستگار، م. ع. زراعت نباتات علوفه ای. (۱۳۸۴). انتشارات برهمند، ۴۴۸ ص

مرودی، م.، مظاهری، د.، مجنون حسینی، ن.، حسین زاده، ع. ا.، و مجنون حسینی، س. ب. (۱۳۸۹). تأثیر گیاهان پوششی، سیستم های خاکورزی و کود نیتروژن بر عملکرد سورگوم علوفه ای. مجله علوم زراعی ایران. شماره ۴. دوره ۴۱. صفحات ۷۶۳-۷۶۹

زند، ب.، لعلی نیا، ع.، (۱۳۸۹)، زراعت غلات، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۷۶ ص.  
سعید نژاد، ا. ح.، خزایی، ا. ح.، و رضوانی مقدم، پ. (۱۳۹۱). مطالعه اثر کاربرد مواد آلی، کودهای بیولوژیک و کود شیمیایی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی. عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه ای. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۱۰. شماره ۳. ص ۵۱۰-۵۰۳

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

صیادیان، ک.، و بهشتی آل آقا، ع. بی خاکورزی و چالش های پیش رو. (۱۳۸۴). انتشارات دانشگاه رازی (چشمه هنر و دانش)، ۱۴۸ ص

عباسی سورکی، ع.، روحی، ح.، و شریف زاده، ف. (۱۳۸۷). اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ (هیدرواسموپرایمینگ) بر صفات جوانه زنی توده های بذری سویای رقم JK. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

عظیم زاده، س. م.، کوچکی، ع.، و پالا، م. (۱۳۸۱). بررسی اثر روش های مختلف شخم بر وزن مخصوص ظاهری، تخلخل، رطوبت خاک و عملکرد گندم در شرایط دیم. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴، شماره ۳

غلامی، ا. (۱۳۷۹). نقش قارچ های میکوریزا و زیکولار آربسکولار در تأمین پایدار عناصر غذایی در ذرت. پایان نامه دکتری زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

کوچکی، ع. (۱۳۷۵). زراعت در مناطق خشک، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۲ صفحه.

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

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

محمدی، خ.، نبی الهی، ک.، آقا علیخانی، م.، و خرمالی، ف. (۱۳۸۸). بررسی تاثیر روش های مختلف خاک ورزی بر خصوصیات فیزیکی و عملکرد. اجزای عملکرد گندم دیم. مجله پژوهش های تولید گیاهی. جلد ۱۶، شماره ۴

مسکر باشی، م.، بخشنده، ع. ا.، نبی پور، م.، و کاشانی، ع. (۱۳۸۵). اثرات پسماندهای گیاهی و سطوح کود شیمیایی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دو رقم گندم در اهواز. مجله علمی کشاورزی. شماره ۲۹. دوره ۵۲-۶۳. صفحات

ملکوتی، م. ج.، و سپهر، ا. (۱۳۸۲). تغذیه بهینه دانه های روغنی (مجموعه مقالات). انتشارات خانیران. ۴۵۲ صفحه.

همت زاده، ی.، بارانی، ح.، و کبیر، آ. (۱۳۸۸). نقش مدیریت پوشش گیاهی بر میزان رواناب سطح (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کچیک، استان گلستان). مجله پژوهشهای حفاظت آب و خاک. جلد ۱۶، شماره ۲. صفحه های ۱۹ تا ۳

**Abdali, R. (2003).** Effect of application of mycorrhizal and phosphorus levels in the different levels of irrigation on

**Afzal, I., Ahmad, N., Basra, S. M. A., Ahmad, R., and Iqbal, A. (2002).** Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays L.*). *Pak. J. Agri. Sci.* 39: 109-112.

**Aldesuquy, H. S., and Ibrahim, A. H. A. (2000).** The role of shikmic acid in regulation of growth, transpiration, pigmentation, photosynthetic activity and productivity of *vigna sinensis* plants. *Phyton. Horn.* 40: 277-292.

**Al-Hakimi, A. M. A. (2008).** Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. *Plant Soil Environ.* 54: 288-293.

- Allen, M. F., Smith, W. K., Moore, T. S., and Christensen, J. R. M. (1981).** Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Bouteloua gracillis*. *New phytologist*. 88, 683-693.
- Anandhi, S., and Ramanujam, M. P. (1997).** Effect of salicylic acid on black gram (*Vigna mungo*) cultivars. *Ind. J. Plant Physiol.* 2: 138-141.
- Arnon, A. N. (1967).** Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23:112-121.
- Arshad, M.A., Gill, K.S., and Coy, G.R. (1995).** Barley, canola and weed growth with decreasing tillage in a cold, semiarid climate. *Agronomy Journal (USA)*, 7(1): 55-219.
- Arora, V. K., Singh, C. B., Sidhu, A. S., Thind, S. S. (2011).** Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. *Agric. Water Manage.* 98 (4) , 563–568.
- Ashraf, M., and Rauf, H. (2001).** Inducing salt tolerate in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts: growth and ion transport at early growth stages. *Acta Physiologiae Plantarum*. 23: 407-414.
- Atreya, K., Sharma, S., Bajracharya, R., and Rajbhandari, N. (2008).** Developing a sustainable agro-system for central Nepal using reduced tillage and straw mulching. *Journal of Environmental Management*. 88:547-555.
- Auge, R. M. (2001).** Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhizae* 11: 3-42.
- Bago, B., Feffer, P. E., and Shachar-Hill, Y. (2000).** Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhiza. *Plant Physiology* 124: 949-957.
- Barea, J. M., Azcon-Aguilar, C., and Azcon, R. (1997).** Interaction between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems. In: *Multitrophic interactions in terrestrial systems: The 36<sup>th</sup> symposium of the British ecological society*. Gange, A. C., Brown, V. K. (Eds). *Cambridge university press*. 65-78pp.
- Basra, M. A. S., Ehsanullah, E. A., Warraich, M. A., and Afzal, I. (2003).** Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus* L.) seed. *Inter. J. Agric. Bio.* 5: 117-120..
- Basra, S. M. A., Zia, M. N., Mehmood, T., Afzal, I. and Khaliq, A. (2002).** Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Pakistan Journal of Arid Agriculture*. 5: 325-329.
- Basra, S.M, Ullah, E, Warriach, E.A, Cheema, M.A, Afzal, I. (2003).** Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus*)seeds, *International Journal of Agriculture and Biology*, 5 (2): 117-120.

**Benthlenfalvay, G. J., and Linderman, R. G. (1992).** Mycorrhizae in sustainable agriculture. *American society of agronomy, Special publication*. No.54. Madison, Wis. 124p.

**Beyaert, R. P Schott, J. W and White, P. H. (2002).** Tillage effect on corn production in a Coarse-Textured soil in Southern Ontario. *Agronomy Journal*. 94: 767-774.

**Bierman, B. and Linderman, R. G. (1980).** Quantifying vesicular – arbuscular mycorrhizae: a proposed method towards standardization. *New Phytol*. 87:63 – 67.

**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.

**Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, A. M. (2001).** Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiol*. 126: 1024–1030.

**Botta, G., Rivero, D., Pozzolo, O., Tourn, M., Bellora-Melcon, F., Nardon, G., Balbuena, R., Tolo´ N–Becerra, A., Rosatto, H., Stadler, S. (2008).** Soil compaction produced by tractor with radial and bias—ply tyres in two soil conditions: conventional tillage and direct sowing. *Soil Till. Res*. 101, 44–51

**Bradford, K. J. (1986).** Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort science*. 21, 1105-1112.

**Brundrett, M. C., and Abbott, L. K. (2002).** Arbuscular mycorrhizas in plant communities. In: *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity*. Sivasithamparam, K., Dixon, K.W., and Barrett, R.L. (Eds.). *Kluwer Academic Press*. ISBN: 1402007809. pp. 151-193.

**Brundrett, M.C., and L.K. Abbott. (2002).** Arbuscular mycorrhizas in plant communities. In: *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity*. Sivasithamparam, K., Dixon, K.W., and Barrett, R.L. (Eds.). *Kluwer Academic Press*. ISBN: 1402007809. pp. 151-193.

**Cabello, M., Irrazabal, G., Bucsinszky, A. M., Saparrat, M. and Schalamuk, S. (2005).** Effect of an arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*, and a rockphosphatesolubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha piperita* growth in a soilless medium. *J. Basic Microbiol*. 45:182-189.

**Cantliffe, D. J. (1981).** Seed priming of lettuce for early and uniform emergence under conditions of environmental stress. *Acta hort*. 122, 29-38

**Caravaca, F., Diaz, E., Barea, J. M., Azcon-Aguilar, C., and Roldan, A. (2003).** Photosynthetic and transpiration rates of *Olea europaea* subsp *syvestris* and *Rhamnus lycioides* as affected by water -deficit and mycorrhizae. *Biologica plantarum*. 46, 637-639.

**Cardoso, M., and Kuyper, T. W. (2006).** Mycorrhizal and tropical soil fertility. *Agriculture Ecosystem Environment*. 116: 72-84.

**Cassel, C. W. and Raekowskia, D. K. (1995).** Tillage effects on corn production and soil physical condition. *Soil Sci. Am. J.* 59: 1436-1443.

**Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Z. H. (2003).** Salicylic acid- and Methyl jasmonate-induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulg. J. Plant Physiol* special issue. 133–152

**Clarck, L. J., walley, W. R., Ellis-Jones, J., Dent, K., Rowse, H. R., Finch-Savage, W. E., Gatsai, T., jasi, L., Kaseke, N. E., Murungu, F. S., Riches, C. R., and Chiduz, C. (2000).** On farm seed priming in maize: a physiological evaluation. *7th eastern and southern Africa regional maize conference.* 268-273Pp

**Daniell, T. J., Husband, R., Fitter, A. H., and Young, J. P. W. (2001).** Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing arable crops. *FEM. S. Microbiology Ecology.* 36: 203-209.

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

**Derpsch, R. (1998).** Historical review of no-tillage cultivation crop. Proceeding first JIRCAS seminar on soybean research. March 5 – 6, 1998. Brazil. *JIRCAS working report.* no. 13 p 1 – 18.

**Derpsch, R., and Moriya, K. (1998).** Implication of no- tillage versus soil preparation on sustainable of agricultural production advanced in geocology 31 vol. II catena verlay reiskirchen Pp 1179 – 1186

**Derpsch, R., and Florentln, M. (2000).** The Laws of Diminishing in the Tropic: MAG-GTZ, DEAG. San Lorenzo Paraguay. 40pp. on line. (<http://www.soils.wisc.edu/istro>)

**Derpsch. R., Friedrich, T. (2009).** Global overview of conservation agriculture adoption. In: Lead Papers 4<sup>th</sup> World Congress on Conservation Agriculture. *World Congress on Conservation Agriculture.* New Delhi, India.

**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.

**Dodd, J. C. (2000).** The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agronatural ecosystems. *Outlook on agriculture.* 29, 63-70.

**Douds, D. D., Janke, R. R., and Peters, S. E. (1993).** VAM fungus spore population and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 43, 325-335.

**Doudus, d, d.and Millner, p, d. (1999).** Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystem. *Agriculture, Ecosystem and Environment,* 74: 77-93.

- Duan, x. Neuman, d. s. Reiber, j. m. Green, c. d. Saxton, a. m. and Auge, r. m. (1996).** Mycorrhizal influence on hydraulic and hormonal factors implicated in the control of stomatal conductance during drought. *Journal of experimental botany*. 47: 1541-1550.
- Duponnois, R., Colombet, A., Hien, V. and Thioulouse, J. (2005).** The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphete amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. *Soil Biol. Biochem.* 37:1460-1468.
- EL-Tayeb, M. A. (2005).** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul.* 45:215-224.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunus, a., and Alpaslan, M. (2007).** Impact of exogenous salicylic on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Sci. hort.* 113, 120-128.
- ErcoliL Lulli L, Mariotti M , Masoni A and Arduini I. (2008).** Post-anthesis dry matter and nitrogendynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *Europran Journal Agronomy.* 28:138-147.
- Esch, H., Hundeshagen, B., Schneiderpoetsch, H., and Bothe, H. (1994).** Demonstration of abscisic acid in spores and hyphae of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus* and in the nitrogen-fixing cyanobacterium *Anabeana variabilis*. *Plant science* 99, 9-16
- Estrada-Luna, A. A., Davies, R. F., and Egilla, J. N. (2000).** Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated gyava plantles (*psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and palnt establishment. *Mycorrhizae.* 10, 1-8.
- Fallahiyan, F., Abbaspur, H., Fahimi, H., and Khavazi Nejad, R. A. (2005).** The effect of Endomycorrhizal on mineral nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) growth, under salinity stress. *Agronomy Journal* (Pajouhesh & Sazandegi) 67: 82-86. (In Persian with English Summary)
- FAO, (2009).** Food and agriculture organization of the United Nations, Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
- FAO. (1980).** Improvement and production of maize, sorghum and millet, breeding.
- Farooq, M., Barsa, A., Rehman, H. and Saleem, B. A. (2008).** Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science,* 194, 55–60.
- Farooq, M.S., Basra, M. A., Tabassum, R. and Afzal, I. (2006).** Enhancing the performance of direct seeded *fine rice* by seed priming. *Plant. Prod. Sci.* 4: 446-456.
- Fitter, A. H., Garbaye, J. (1994).** Interaction between mycorrhizal fungi and other soil organisms. *Plant and soil.* 159, 123-132.

**Fret, J. J., and Pill, W. J. (1995).** Improved seed performance of four fessue species with priming. *J. turf. Mngmnt.* 1, 13-31.

**Galvez, L., Douds, J. R. D. D., Drinkwater, L. E., and Wagoner, P. (2001).** Effect of tillage and farming system upon VAM fungus population and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. *Plant and soil.* 228, 299-308.

**Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M., and Haselwandter, K. (2001).** Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: *Mycorrhiza.* 13, 53-54. Lovato, P. Book review.

**Golner, M., J. Friedel and B. Freyer. (2005).** Arbuscular Mycorrhiza of winter wheat under different duration of organic farming. *Proceeding of the conference "Researching Sustainable Systems.* 2005, Adelaide, Australia,.

**Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H., and Kubet, J. (2006).** Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. *Mycorrhiza,* 16: 159-166.

**Hafman, J., Bezchlebova, J., Dusek, L., Dolezal, L., Holoubek, I., Andel, P., Ansorgova, A., and Maly, S. (2003).** Novel approach to monitoring of the soil biological quality. *Environment International.* 28:771-778.

**Hamada, A. M. and Al-Hakimi, A. M. A. (2001).** Salicylic acid versus salinitydroughtinduced stress on wheat seedlings. *Rostlina Vyroba.* 47: 444-450.

**Hardegree, S. P. (1994).** Matric priming increases germination rate of grain basin native perennial grasses. *Agron.* 3, 86:289-293.

**Harris, D., and Mottram, A. (2004).** Practical hydration of seed of tropical crops: on-farm' seed priming. In "Seed Science and Technology: Trends and Advances", ed. A.S. Basra. *The Howarth Press.*

**Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothkar, P., and Sodhi, P. S. (1999).** Onfarm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize (*Zea mays* L.), rice (*Oryza sativa*) and chickpea (*Cicer arietinum*) in india using participatory methods. *EXP. Agric.* 35, 15-29.

**Harris, D., Pathan, A. K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., and Nyamadeza, P. (2001).** onfarm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. *agric. Syst.* 69, (1-2). 151-164.

**Harris, D., Raghuvanshi, B. S., Gangwar, J. S., Singh, S. C., Joshi, K. D., Rashid, A., and Hollington, P. A. (2001).** Participatory evaluation by farmers of 'on-farm' seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. *Exp. Agric.* 37: 3. 403-415.

**Harris, D., Rashid, A., Hollington, P. A., Jasi, L., and Riches, C. (2002a).** prospects of improving maize yield with onfarm seed priming. In sustainable maize production system in Nepal (rajbandari, n.p., ranson, j.k., adikhari, k, and palmer, a.f.e. Eds.) 180-185pp. proceedings of a maize symposium, December 3-5. 2001. Kathmandu, Nepal. Kathmandu, *NARC and CIMMYT.*

- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., and Shah, H. (2007).** On-farm seed priming with zinc sulphate solution a cost-effective way to increase the maize yields of resource poor farmers. *Field Crop Res.* 102: 2. 119-127.
- Harrison, M. J. (2005).** Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Microbiology.* 59: 19-42.
- Hart, M. M., and Trevors, J. T. (2005).** Microbe management: application of mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Frontiers in ecology and the environment.* 3, 533-539.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A. (2010).** Effect of salicylic acid under changing environment: A review *Environ and expri. Botany.* 68, 14-25.
- Hayet, S., Fariduddin, Q., Ali, B., and Ahmad, A. (2005).** Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hung.* 53: 433-437.
- Hejazi A, Bahrani MJ and Kazemeini SA, (2010).** Yield and yield components of irrigated rapeseedwheat rotation as influenced by crop residues and nitrogen levels in a reduced tillage method. *American-Eurasian Journal of Agricultural.&Environmental Science.*, 8(5):502-507.
- Hodge, a. (2000).** Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS microbiology ecology,* 32: 91-96
- Hosseini Poor, R., Jahansooz, M. R., Hosseini, M. B., Moosavai Bogar, A. A., Sadeghi Shoa, M., and Bagheri Deh Abadi, M. (2013).** The Effect of Tillage systems (No-tillage, Minimum tillage and Conventional tillage) on Soil physical properties and yield and yield components Traits of three soybean cultivars. Iranian journal of agronomy and plant breeding. *Faculty of agriculture and natural science, Islamic azad university, Karaj, Branch.* Karaj, Iran.9(3), 1-8Pp
- Hussain, I., Olson, K. and Ebelhar, S. (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.
- 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 Pflanzenernaehr Bodenkd* 56: 26-38.
- Jaggi, W. (1976).** Die bestimmung der Co<sub>2</sub> – Bildung als Mab der bodenbiologischen Aktivitat. *Schw Landw Forsch.* 15: 371-380p.
- Jakobsen I. (1984).** Research approaches to study the functioning of vesicular arbuscular mycorrhizas in the field. *Plant and Soil* . 159: 141-147.
- Jakobson, I., and Rosendel, L. (1990).** Carbon flow in to soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber roots. *New phytologist.* 115, 77-83.



**Jarecki, M. K. and Lal, R. (2003).** Crop management for soil carbon sequestration. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 471-502.

**Jayamma, N. (2008).** Response of jasmine (*Jasminum auriculatum*) to biofertilizer application, Thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences, Dharwad

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

**Jiang, W. and Chuanxi, G. (1998).** Studies on relationship between plant height and yield components of rape interspecific hybrids. *Oil Crops of China* 3: 46-50.

**Jin, H., L. Hongwen, W. Xiaoyan, A. Hugh, L. Wenying, G. Huanwen and N. Kuhn. (2007).** The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China. *Soil Tillage Res.* 94: 493-502

**Jin, H., Li, Hongwena, G. Rabi, A. Rasaily, B., Qingjia, W., Guohua, C., Yanbo, S., Xiaodong, Q., and Lnijic, L. (2011).** Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. *Soil & Tillage Research.* 113: 48–54.

**Johansen, S. (2004).** Improving micronutrient of various in the rice-wheat system of Nepal: enrichment of legumes with boron and exploration of zinc redox chemistry in paddy rice soils. (ph. . dissertation). 165pp. cornell university. Ithaca. Ny.

**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.

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

**Khanal, n. joshi, d. harris, d. and chand, s. d. (2005),** effect of micronutrient loading, soil application, and foliar sprays of organic extracts on grain legumes and vegetable crops under marginal farmers conditions in Nepal. In micronutrients in south and south east asia ( p. Andersen, j. k. tuladhar, k. b. karki, and. S, l. maskey, eds.) micronutrients in south and south east asia, pp. 121- 132

**Klironomos, J. N. (2003).** Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhiza fungi. *Ecology.* 84: 2292-2301

**Koller, K. (2003).** Techniques of soil tillage. In: Soil tillage in agroecosystems (ed. A. El Titi), pp. 1–25. *CRC Press.* Boca Raton, FL.

**Kumar roa, j.v. d. k. harris, d. johansen, c. and musa, a, m.(2004).** low cost provision of molybdenum (mo) to chickpeas growth in acid soil. Proceedings of the IFA

international symposium on micronutrient, February 23- 25, new delhi, india, international fertilizer industry association (www. Fertilizer.org)

**Koocheki, A., and Sarmadnia, G. H. (2004).** Crop Physiology. *Mashhad University Press*. 400p

**Kothamasi, D., Chander Kuhad, R., Babu, C. R. (2001).** Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies. *Tropical Ecology*. 42(1):113-.

**Kristek, S., Kristek, A., and Pavlovic, H. (2005).** The influence of mycorrhizal fungi ( *Glomus* sp.) on field pea plant survival and growth in drought caused stress conditions. *plant soil environ*. 51:385389-.

**Krupinsky, J. M., Tanaka, D. L, Merrill, S. D., and Liebig, M. A. (2005).** Crop sequence effects of 10 crops in the northern Great Plains. *Journal of Agricultural Systems*. 88:227-244.

**Kumar, P., Dube, D., and Chauhan, V.S. (1999).** Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Indian Journal of Plant Physiology*

**Lal, L. (2000).** Phosphatic biofertilizer. *Agrotech publishing academy*. 224p

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

**Ma, Q. Q., Wang, W., Li, Y. H., Li, D. Q., and Zou, Q. (2006).** Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar applied glycinebetaine. *J. Plant Physiol*. 163: 165-175

**Mader, P., Fliessbach, A., Doubois, D., Gunst, L., Fried, P., and Niggli, U. (2002).** Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*. 296, 1694-1697.

**Mahaveer, P. S., and Alok, A. (2000).** Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an Alf soil. *Biological Agriculture and Horticulture*. 18: 1-14.

**Mahmoud, A. A., and Mohamed, H. F. Y. (2008).** Impact of bio-fertilizers application on improving wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance to salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 4(5): 520-528.

**Marschner, H. and Dell, B. (1994).** Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*. 159:89-102.

**Masebu, H. P., Crook, M. J., White, D. R., Godwin, R. J. (2013).** The Longitudinal Tensile Strength Properties of the Sorghum bicolor Stem. *International Journal of Innovative Research in Science. Engineering and Technology*. Vol. 2, Issue 10

**Mcdonald, M. B. (2000).** Seed priming. In (seed technology and its biological basis) (black, m., and bewley, j.d. Eds.), 287-325pp. *Sheffield academic press Ltd.*, Sheffield.

**Mcgonile, T. P., and Miller, M. H. (1999).** Winter survival of extraradical hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi in the field. *Applied soil Ecology*. 12, 41-50.

**McVaya, K. A., Buddea J. A., Fabrizzia K., Mikhab M., Ricea C. W., Schlegelc A. J., Petersona D. E., Sweeneyd, D. W., and Thompson, C. (2006).** Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas, *Soil Science*, 70: 434-438

**Mehrban, A., Noor Mohammadi, G. H. Vazan, S., Ardakani, M. R., and Heydari Sharif Abbadi, H. (2012).** Investigation of the roles microorganisms vesicular – arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on some characteristics of sorghum cultivars. *Iranian journal of agronomy and plant breeding*. vol 8, no 2. pages1-9

**Mikha, M. M., and Rice, C. W. (2004).** Tillage and manure effects on soil and aggregate- associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:809-816.

**Miller, M. H. (2000).** Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize. A. Review of Guleph studies. *Canadian Journal of Plant Science*. 80: 47-52.

**Miller, M. H. and Mc Gougle, T. P. (1992).** Soil disturbance and the effectiveness of arbuscular mycorrhizas in an agricultural ecosystem. In: Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H., Alexander, I.J. (Eds.), *Mycorrhizas in Ecosystems*. CAB Internetonal, UK. Pp: 156-163.

**Miller, R. M., and Jastrow, J. D. (2000).** Mycorrhizal fungi influence soil structure In: Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function. Kapulnik, Y., Douds, D.D. (Eds). *Kluwer academic, Dordrecht*. 3-18pp

**Miller, R.M., and Jastrow, J. D. (1992).** The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. Proceeding of a symposium on mycorrhizae in sustainable agriculture. Bethenfalvay, G.J., and Linderman, R.G. (Eds). *ASA special publication. No. 54. Madison, Wisconsin, USA. 29-44pp.*

**Mishra, A., and Choudhuri, M. A. (1999).** Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biol. Plant*. 42:409-415.

**Mahmoud AA and Mohamed HFY, 2008.** Impact of bio-fertilizers application on improving wheat (*Triticum aestivum L.*) resistance to salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(5): 520-528.

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

**Mohammadi, G. R. (2009).** The effect of seed priming on plant traits of late-spring seeded soybean (*Glycine max L.*). *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*. 5 (3): 322-326.

**Mohammed, A., and Ahmed, L. (2010).** Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *Amer-Eurasian J. Agric.* 3: 01-07.

**Murrell, S. (2004).** Efficient fertilizer use (section tillage and fertilizer intraction)

**Murungu, F. S., Chiduzo, C., Nyamugafata, P., Clark, L. J., Whalley, W. R., and Finch savage, E. (2004).** Effect of on-farm seed priming on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of Maize in semi-arid Zimbabwe. *Field Crop Research*. 89(1): 49-57.

**Najaf Zadeh, S. Ehsanpour, A. (2012).** Effect of drought stress on some physiological parameters of two potato cultivars (Kenebec and Concord) under in vitro culture condition. *Arid Biome Scientific and Research Journal*. Vol. 2 No. 1 2012

**Nemeth, M., Janda, T., Hovarth, E., Paldi, E. and Szali, G. (2002).** Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Sci*. 162: 569-574.

**Newsham, K. K., Fitter, A. H., and Watkinson, A. R. (1995).** Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Trends in ecology evolution*, 10, 407-411.

**Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N. C., and Pogson, B. J. (2015).** Carotenoid Metabolism in Plants. *Mol. Plant*. 8, 68–82.

**Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubios, D., Ineichen, K., Boller, T., and Wiemken, A. (2004).** Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*. 138, 574-583.

**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.

**Ortas, I. (1996).** The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth and phosphorus uptake. *Communication in soil science and plant analysis*. 27, 2935-2946.

**Parera, C. A., and Cantlife, D. J. (1994).** Presowing seed priming. *Univ. florida j. ser.* No. r. 032711109, 1141.

**Patil S. L., Sheelavantar M. N. (2004).** Effect of cultural practices on soil properties, moisture conservation and grain yield of winter sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in semi-arid tropics of India. *Agricultural Water Management*. 64 :49–67

**Pazrera, c.a., and cantlife, d.j. (1994).** Presowing seed priming. *Univ. florida j. ser.* No. r. 032711109, 1141.

**Philips, J. M., and Hayman, D. S. (1970).** Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular *arbuscular mycorrhizal* fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.

**Pill, W.G., and Neeker, A. D. (2001).** The effect of maize seed priming on their vigour, growth and yield of plants. *Biuletyn instytutu hodowlii aklimatyzacji roslin*. 221, 93-103.

**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.

**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.

**Pramod Kumar, S., Dube, D., and Mani, V. P. (1997).** In Abst. Natinal Seminar on plant physiology for Sustainable Agriculture. *IARI*. New Dehli. 19:69-70.

**Quincke J. A., Wortmann, C. S., Mamo, M., Franti, T., Drijber, R. A., and Garcia, J. P. (2007).** Effect of one-time tillage of no-till systems on soil physical properties, phosphorus runoff, and crop yield. *Agronomy Journal*. 99: 1104-1110

**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).

**Raji, I. Y., John, C. S., and Donald, G. B. (1999).** Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. *Agronomy Journal*. 91: 928-933.

**Rashid, A. Harris. D. Hollington, A., and Khattak, R. A. (2002).** Onfarm seed priming: a key technology for improving the livelihoods of resource-poor farmers on saline lands. In prospects for saline agriculture (Ahmad, R., and Malik, K.A. Eds). 423-431Pp. *Kluwer academic publishers, the Netherlands*.

**Rashid, A., Harris, D., Hollington, A., and Ali, S. (2004).** Onfarm seed priming reduces yield losses of mungbean (*Vigna radiate*) associated with mungbean yellow mosaic virus in the north west frontier province of Pakistan. *Crop protect*. 23, 1119-1124.

**Rashid, A., Hollington, A., Harris, D., Khan, P. (2006).** Onfarm seed priming for barley on normal, saline-sodic soils in north west frontier province, Pakistan. *Agron*. 24, 276-281.

**Raskin, I. (1992).** Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol*. 43:439-463.

**Reicosky, D. C., and Allmaras, R. R. (2003).** Advances in tillage research in North American cropping

**Reynolds, M. P., and Borlaug, N. E. (2006).** Applying innovations and new technologies for collaborative Wheat improvement. *J. Agr. international Sci*. 144: 95-110

**Rillig, M. C. (2004).** Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes, university of Montana, U.S.A.

**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.

**Roldan, A., Salinas, J. R., Garcia, M., Alguacil, M., Caravaca, F. (2007).** Soil sustainability indicators following, conservation tillage practices under subtropical maize and bean crops. *Soil and Tillage Res.* 93: 273-282.

**Ruiz-Lozano, J. M. (2003).** Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. *Mycorrhiza* 13: 309-317.

**Sato, S., Clemente, T., and Dweikat, I. (2004).** Identification of an elite sorghum genotype with high in vitro performance capacity. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*. 40: 57-60.

**Schwab, E. B., Reeves, D. W., Burmester, C. H., and Raper, R. L. (2002)** "Conservation tillage systems for cotton in the Tennessee Valley," *Soil Science Society of America Journal*, vol. 66, no. 2, pp. 569-577.

**Schlöter, M., H.J. Bach, S. Metz, U. Sehy and J.C. Munch. (2003).** Influence of precision farming on the microbial community structure and functions in nitrogen turnover. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 295-304.

**Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K., (2000).** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regul.* 30,157-161.

**Shakirova, F. M., and Bezrukova., M. W. (1997).** Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*. 24:109-112.

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

**Shirani-Rad, A. H., Alizadeh, A., and Hashemi-Dezfuli, A. (2000).** The study of vesiculararbuscular mycorrhizae fungi, phosphorus, and drought stress effects on nutrient uptake efficiency in wheat. *Seed and Plant*. 16(3): 327-349

**Siddique, M.R.B., A. Hamid, and M.S. Islam. (2000).** Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 41: 35-39.

**Simmons, B. L., and Coleman D. C. (2008).** Microbial community response to transition from conventional to conservation tillage in cotton fields. *Appl Soil Ecol.* 40:518- 528.

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

**Smith, S. E., and Read, D. J. (2008).** Mycorrhizal Symbiosis, third ed. *Academic Press.* London, UK.

**Srinivasan, R., Alagawadi, A. R., Yandigeri, M. S., Meena, K. K., and Saxena, A. K (2012).** Characterization of phosphate-solubilizing microorganisms from salt-affected soils of India and their effect on growth of sorghum plants [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] , *Ann Microbiol.* 62: 93-105

**Sturz, A.V., and Christie, B. R. (2003).** Beneficial microbial Allelopathies in the root zone: The management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil. Till Res.* 72: 107-123

**Sylvia, D. M., Fuhrmann, J. J., Hartel, P. G. and Zuberer, D. A. (2005).** Principles and applications of soil microbiology. 2nd ed. *Pearson Prentice Hall.* New Jersey. 640 p. ISBN: 0130941174

systems. *Journal of Crop Production.* 8: 75-125.

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

*Tehran.* Tehran, Iran. (In Farsi).

**Thakur, A. K. and Panwar, I. D. S. (1997).** Response of *Rhizobium vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts* on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in green gram (*Phaseolus radiatus*) .*Ind.J.Agric.Sci.* 67(6), 245-248.

**Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., and Polaski, S. (2002).** Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677

**Trent, J. D., Svejcar, T. J., and Christiansen, S. (1989).** Effects of fumigation on Growth, photosynthesis, water relations and mycorrhizal development of winter wheat in the field. *Canadian journal of plant science.* 69, 535-540.

**Tripethi, R. P., Sharma, P., and Singh, S. (2007).** Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. *Soil Tillage Res.* 92: 221-227.

**Uri, N. D. (1999)**“Factors affecting the use of conservation tillage in the United States,” *Water, Air, and Soil Pollution.* vol. 116, no. 3-4, pp. 621–638, 1999.

**USDA. (2004).** Soil tillage management for soil health: undesirable Consequences of soil tillage. On line [http:// www.agguide.agronomy.psu.edu/CM / sec htm](http://www.agguide.agronomy.psu.edu/CM/sec.htm)

**Valentine, A. J., Mortimer, P. E., Lintnaar, A., and Borgo, R. (2006).** Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines. *Symbiosis.* 41 127-133.

**Van Der Heijden, M. G. A., and Sanders. I. (2002).** Mycorrhizal ecology. *Springer.* Berlin, Heidelberg. 469 p. ISBN:3540424075

**Vessy, K. (2003).** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.

**West, T. O., and Post, W. M. (2002)** “Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis,” *Soil Science Society of America Journal*. vol. 66, no. 6, pp. 1930– 1946,

**Wilhelm, W., and Wortmann C. S. (2004).** Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. *Agronomy Journal*. 96:425-432 .

**Wright, D. P., Scholes, J. D., and Read, D. J. (1998).** Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *Trifolium repens* L. *Plant, Cell and Environ.* 21:209–216.

**Wright. S. F., and Upadhyaya, A. (1996).** Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphae protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil science*. 161, 575-586.

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

**Yarniya, M., Ahmadzadeh, V., Farajzadeh Memari Tabrizi, A. and Noori, N. (2008).** Effect of priming and seed size and treated with tumbleweed extract on germination and growth of soybean. In: *Proceedings of the First National Conference on Seed Science and Technology of Iran*. University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Gorgan, Iran. (In Farsi).

**Zaghlool, S. A. M. (2002).** *Arab universities journal of Agricultural Sciences*. 10:493-503.

**Zhu, Y. G., and Miller, R. M. (2003).** Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. *Trends in plant science*. 8, 407-409.



## Abstract

This study aimed to evaluate the effect of tillage management and salicylic acid on agronomic characters and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) at mycorrhizal 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 1000-seed weight, chlorophyll b traits. The result showed that, interaction between different levels of tillage systems and mycorrhizae symbiosis was significant number of fertile panicle, chlorophyll traits. Also, The result showed that, interaction between priming with salicylic acid and mycorrhizae symbiosis significantly increased root colonization and chlorophyll a. Moreover, traits of grain yield, biologic yield, HI and chlorophyll b was affected 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 grain yield 0.17 T/ha in compared with minimum tillage+ non-priming with salicylic acid. Also, treatments combination of conventional tillage+ priming with salicylic acid increased 1000-seed weight, and chlorophyll b respectively, 68 percent and 0.56 Mg/gr in compared with minimum tillage+ non-priming with salicylic acid. Also, treatments combination of conventional tillage+ Mycorrhizal inoculation increased chlorophyll b and number of fertile panicle respectively, percent, 0.43 Mg/gr , 2.5 number of fertile panicle. Based on mean comparisons, root colonization increased from 34.22 percent in treatments combination of priming with salicylic acid+ non- inoculation of mycorrhiza to 55.83 percent in priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation and also treatments combination of priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation increased chlorophyll a equivalent to 0.55 Mg/gr in compared with non-priming with salicylic acid+ non-inoculation of mycorrhiza. Mean comparisons showed treatments combination of conventional tillage+ priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation increased HI 18.79 percent in compared with minimum tillage+ non-priming with salicylic acid+ non-inoculation of mycorrhiza. Also, treatment combination of conventional tillage+ priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation increased grain yield and biologic yield respectively, 0.52 , 0.65 T/ha in compared with minimum tillage+ non-priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation and reduced tillage+ priming with salicylic acid+ non-inoculation.

**Key words:** Mycorrhizae, Tillage, Yield



University of Shahrood  
Faculty of Agriculture  
Department of Agronomy

*M. Sc. Thesis*

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

**Hajar Sharifi**

**Supervisor:**

**Dr. A. Gholami**

**Advisors:**

**Dr. H. R. Asghari**

**Dr. M. Baradaran Firoozabadi**

**September 2015**