بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر رشد و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در رقابت با علف‌های هرز

جواد علی پور

استاد راهنما

دکتر حسن مکاریان

اساتید مشاور

دکتر منوچهر قلی پور

دکتر حمیدرضا اصغری

شهریورماه ۱۳۹۴

پیوست شماره ۲

دانشگاه شاهرود

دانشکده : کشاورزی
گروه : زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای جواد علی پور به شماره دانشجویی: **۹۲۱۲۰۲۴**

تحت عنوان: تاثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر رشد و عملکرد ذرت *(Zea Mays L.)* در رقابت با علف های هرز

در تاریخ ۱۳۹۴/۰۶/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی-گرایش زراعت مورد ارزیابی و با درجه .....عالی..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : حسن مکاریان		نام و نام خانوادگی : حمیدرضا اصغری منوچهر قلی پور	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : حمید عباس دخت		نام و نام خانوادگی : مهدیه پارسائیان	
نام و نام خانوادگی : مهدی برادران فیروزآبادی			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به :

ساحت مقدس یوسف زهرا (ع)

که چشم‌ها برای زیارت صبحش بیدارند .....

تقدیم به :

ای پدر از تو هر چه می‌گویم باز هم کم می‌آورم

خورشیدی شدی و از روشنایی‌ات جان گرفتم و در ناامیدی‌ها نازم را

کشیدی و لبریزم کردی از شوق

اکنون حاصل دستان خسته‌ات رمز موفقیتم شد

به خودم تبریک می‌گویم که تو را دارم و دنیا با همه بزرگیش مثل تو را

ندارد.....

و تو ای مادر، ای شوق زیبایی نفس کشیدن

ای روح مهربان هستی‌ام

تو رنگ شادی‌هایم شدی و لحظه‌ها را با تمام وجود از من دور کردی و

عمری خستگی‌ها را به جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش

پیروزی را به من بچشانی

تقدیم به برادرم:

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه‌گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودش مایه دلگرمی من می‌باشد.

تقدیم به خواهرم:

که وجودش شادی‌بخش و صفایش مایه آرامش من است.

تشكر و قدرداني

سپاس و شکر خدا را که بندها بگشاد

میان به شکر چو بستیم بند ما بگشاد

خدایا تو را ستایش بر دفع مصیبت‌هاي فرود آمده و پیش‌آمده‌ای سخت و برطرف کردن دشواري‌هاي معیشت و پي‌درپي بودن نعمت‌هاي بسیار و تو را ستایش بر گوارا عطایت و ستوده بلایت و نعمت‌های بزرگت، و تو را ستایش بر احسان بسیارت، به درستي که توپي بسیار احسان کننده و پربخشش.

اساتید عزیزم جناب آقاي دکتر مکاریان، جناب آقاي دکتر اصغری و جناب آقای دکتر قلی پور از اینکه با فداکاري در تمام مراحل اجرا و تهیه این پایان‌نامه همراه من بودید سپاسگزارم.

همچنین، بر خود لازم می‌دانم تا قدردان زحمات آقای محمدی مسئول آبرسانی مزرعه تحقیقاتي دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود باشم.

تعهد نامه

اینجانب جواد علی پور دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی-گرایش زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر رشد و عملکرد ذرت *(Zea Mays* L.*)* در رقابت با علف های هرز تحت راهنمائی دکتر حسن مکاریان متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه 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 بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر برخی صفات رشدی و عملکرد گیاه ذرت در رقابت با علف‌های هرز آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل علف هرز با سه سطح وجین تمام فصل علف‌های هرز، عدم وجین تمام فصل و علف هرز سلمه‌تره به تنهایی بود. فاکتور دوم میکوریزا در دو سطح (تلقیح با قارچ *Glomus mussea*، و عدم تلقیح) و فاکتور سوم کاربرد کود فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل ۴۶ درصد) در سه سطح (عدم کاربرد، ۲۵ و۴۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تلقیح میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزا، باعث بهبود صفت‌های مورد مطالعه گردید، طوری که در شرایط وجین و تلقیح و کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر نسبت به زمان حضور سلمه‌تره و عدم تلقیح و عدم کاربرد کود فسفر افزایش ۶۷ درصدی در عملکرد دانه مشاهده گردید. نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک ذرت در شرایط وجین و تلقیح نسبت به شرایط عدم وجین و عدم تلقیح افزایش ۴۴ درصدی داشت. بیش‌ترین تأثیر بر وزن ۱۰۰ دانه مربوط به اثرات سه جانبه وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بوده که این تیمار نسبت به کمترین تأثیر که مربوط به عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلو فسفر در هکتار بود وزن ۱۰۰ دانه را به میزان ۴۵/۱۳ درصد افزایش داد. همچنین بیش‌ترین تأثیر بر کاهش وزن مجموع علف‌های هرز مربوط به اثرات دو جانبه عدم وجین × تلقیح با میکوریزا بود که توانست نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا مقدار این صفت را به میزان ۳۲ درصد کاهش دهد. همچنین تیمار عدم وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر (در هکتار) توانست نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلو فسفر (در هکتار) تعداد کل علف‌های هرز را به میزان ۵۲/۸۴ درصد کاهش دهد. قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار درصد فسفر دانه ذرت و فسفر خاک به ترتیب به میزان ۶۰/۹۷ و ۲۶/۷۰ درصد نسبت به عدم تلقیح گردید. براساس نتایج این پژوهش تلقیح میکوریزا از طریق افزایش جذب فسفر و آب باعث بهبود برخی صفات رشدی ذرت و قابلیت رقابت آن با علف‌های هرز گردید.

کلمات کلیدی: کود زیستی، عملکرد دانه، مدیریت غیر شیمیایی علف هرز، قابلیت رقابت

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

۱- تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر محتوای نسبی آب (RWC) و کلروفیل برگ ذرت *(Zea Mays* L.*)* در رقابت با علف‌های هرز

۲- تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر برخی صفات رشدی علف‌های هرز در مزرعه ذرت *(Zea Mays* L.*)*

فهرست مطالب ..... خ
فهرست اشکال ..... ز
فهرست جدول ..... س
چکیده ..... ج
فصل اول ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۲- فصل دوم : بررسی منابع ۷
۲-۱- ذرت و اهمیت آن ۸
۲-۲- علف هرز ۱۰
۲-۲-۱- جایگاه علف‌های هرز ۱۰
۲-۲-۲- کنترل علف‌های هرز ۱۱
۲-۲-۳- رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی ۱۲
۲-۲-۴- رقابت علف‌های هرز ذرت ۱۳
۲-۳- میکوریزا ۱۴
۲-۴- وظایف قارچ میکوریزا ۱۶
۲-۵- خصوصیات قارچ‌های میکوریزا مورد مطالعه ۱۸
۲-۵-۱- *Glomus intraradices* ۱۸
۲-۵-۲- *Glomus mossea* ۱۸
۲-۶- انواع روابط میکوریزایی ۱۸
۲-۷- میکوریزا آربوسکولار ۲۰
۲-۸- شکل‌گیری میکوریزا آربوسکولار ۲۰
۲-۹- عوامل موثر در شکل‌گیری میکوریزا آربوسکولار ۲۱

۲-۹-۱- عوامل فیزیکی ۲۱
۲-۹-۱- الف- دما ۲۲
۲-۹-۱- ب- نور ۲۲
۲-۹-۱- ج- آب ۲۳
۲-۹-۲- عوامل شیمیایی ۲۳
۲-۹-۲- الف- اسیدیته ۲۳
۲-۹-۲- ب- فسفر ۲۴
۲-۹-۲- ج- نیتروژن ۲۶
۲-۹-۲- د- عناصر کم مصرف (ریز مغذی) ۲۶
۲-۹-۲- ه- شوری ۲۷
۲-۹-۳- عوامل زیستی ۲۷
۲-۹-۳- الف- گیاه میزبان ۲۷
۲-۹-۳- ب- کارایی قارچ میکوریزا آربوسکولار ۲۹
۲-۱۰- اثر میکوریزا بر روابط آب- خاک و گیاه ۲۹
۲-۱۰-۱- اثر میکوریزا بر جذب و انتقال آب ۲۹
۲-۱۰-۲- اثر میکوریزا بر خاک ۳۰
۲-۱۰-۳- اثر میکوریزا بر جذب و انتقال مواد غذایی ۳۱
۲-۱۰-۳- الف- جذب فسفر ۳۲
۲-۱۰-۳- ب- جذب نیتروژن ۳۴
۲-۱۰-۳- ج- جذب پتاسیم ۳۴
۲-۱۰-۳- د- جذب سایر مواد غذایی ۳۵

۲-۱۰-۴- اثر میکوریزا بر مقاومت در برابر خشکی ۳۶
۲-۱۰-۵- اثر میکوریزا در تحمل به شوری ۳۸
۲-۱۱- فسفر ۴۰
۲-۱۱-۱- اهمیت فسفر ۴۱
فصل سوم : مواد و روش‌ها ۴۳
۳-۱- مواد و روش‌ها ۴۴
۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش ۴۴
۳-۲- ویژگی خاک محل اجرای آزمایش ۴۴
۳-۳- طرح آماری آزمایش ۴۵
۳-۴- کشت گیاه و اعمال تیمارهای مورد نظر ۴۵
۳-۵- صفات مورد اندازه‌گیری ۴۶
۳-۵-۱- تعیین درصد همزیستی ریشه ذرت با میکوریزا ۴۶
۳-۵-۲- اندازه‌گیری عناصر غذایی ۴۷
۳-۵-۳- شاخص کلروفیل ۴۹
۳-۶- تحلیل آماری نتایج ۴۹
فصل چهارم : نتایج و بحث ۵۱
۴-۱- کلونیزاسیون ریشه ۵۲
۴-۲- ارتفاع ذرت ۵۶
۴-۳- قطر ساقه ذرت ۵۹
۴-۴- شاخص سطح برگ ۶۲
۴-۵- تعداد دانه در ردیف بلال ۶۶

۴-۶- تعداد ردیف دانه در بلال ۷۰
۴-۷- طول بلال ۷۳
۴-۸- وزن ۱۰۰ دانه ۷۶
۴-۹- عملکرد بیولوژیک ۷۹
۴-۱۰- عملکرد دانه..... ۸۲
۴-۱۱- فسفر دانه ۸۵
۴-۱۲- فسفر قابل‌جذب خاک ۸۸
۴-۱۳- کلروفیل برگ ذرت ۹۱
۴-۱۴- محتوای نسبی آب برگ(RWC) ۹۳
۴-۱۵- وزن خشک علف هرز سلمه‌تره ۹۶
۴-۱۶- وزن خشک مجموع علف‌های هرز ۹۸
۴-۱۷- تعداد کل علف‌های هرز ۱۰۱
نتیجه‌گیری ۱۰۳
پیشنهادها ۱۰۴
منابع ۱۰۵

شکل۳-۱- نمایی از ریشه تلقیح شده با میکوریزا در زیر میکروسکوپ ۴۷
شکل ۴-۱- اثر متقابل وجین و میکوریزا بر روی کلونیزاسیون ۵۵
شکل ۴-۲- اثر متقابل میکوریزا و کود فسفر بر روی کلونیزاسیون..... ۵۶
شکل ۴-۳- اثر متقابل علف هرز و فسفر بر ارتفاع ساقه ذرت در نمونه‌برداری نهایی ۵۹
شکل ۴-۴- اثر متقابل علف هرز و فسفر بر ارتفاع ساقه ذرت در نمونه‌برداری نهایی ۵۹
شکل ۴-۵- اثر میکوریزا بر روی شاخص سطح برگ..... ۶۵
شکل ۴-۶- اثر علف هرز بر روی شاخص سطح برگ..... ۶۶
شکل ۴-۷- اثر کود فسفر بر روی شاخص سطح برگ..... ۶۶
شکل ۴-۸- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر تعداد دانه در ردیف بلال ۷۰
شکل ۴-۹- اثر متقابل علف هرز میکوریزا بر تعداد دانه در ردیف بلال..... ۷۰
شکل ۴-۱۰- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر طول بلال ۷۵
شکل ۴-۱۱- اثرات متقابل علف هرز و کود فسفر بر طول بلال ۷۶
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر روی عملکرد بیولوژیک ۸۱
شکل ۴-۱۳- اثر سطوح کود فسفر بر روی عملکرد بیولوژیک..... ۸۲
شکل ۴-۱۴- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر درصد فسفر قابل‌جذب دانه..... ۸۸
شکل ۴-۱۵- اثر متقابل میکوریزا و کود فسفر بر درصد فسفر قابل‌جذب دانه..... ۸۸
شکل ۴-۱۶- اثر متقابل میکوریزا و کود فسفر بر فسفر قابل‌جذب خاک ۹۰
شکل ۴-۱۷- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر محتوای نسبی آب برگ ذرت ۹۶
شکل ۴-۱۸- اثر سطوح کود فسفر بر محتوای نسبی آب برگ ذرت..... ۹۶
شکل ۴-۱۹- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر وزن خشک سلمه‌تره ۹۸
شکل ۴- ۲۰- اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر وزن خشک کل علف هرز ۱۰۰
شکل ۴- ۲۱- اثر متقابل علف هرز و کود فسفر بر وزن خشک کل علف هرز ۱۰۱

جدول ۳-۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۴۴
جدول ۴-۱- میانگین مربعات کلونیزاسیون ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۵۵
جدول ۴-۲- میانگین مربعات ارتفاع ساقه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۵۸
جدول ۴-۳- میانگین مربعات قطر ساقه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۶۱
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کود فسفر بر قطر ساقه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش..... ۶۲
جدول ۴-۵- میانگین مربعات سطح برگ ذرت در نمونه‌برداری نهایی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۶۵
جدول ۴-۶- میانگین مربعات تعداد دانه در ردیف بلال، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۶۹
جدول ۴-۷- میانگین مربعات تعداد ردیف دانه در بلال، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۷۲
جدول ۴-۸- مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کود فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال..... ۷۳
جدول ۴-۹- میانگین مربعات طول بلال تحت تأثیر تیمارهای آزمایش..... ۷۵
جدول ۴-۱۰- میانگین مربعات وزن ۱۰۰ دانه ذرت، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۷۸
جدول ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کود فسفر بر وزن ۱۰۰ دانه ذرت ۷۹
جدول ۴-۱۲- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۸۱
جدول ۴-۱۳- میانگین مربعات عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۸۴
جدول ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کود فسفر بر وزن عملکرد دانه ذرت..... ۸۵
جدول ۴-۱۵- میانگین مربعات فسفر قابل‌جذب دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۸۷
جدول ۴-۱۶- میانگین مربعات فسفر قابل‌جذب خاک تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۹۰
جدول ۴-۱۷- میانگین مربعات کلروفیل برگ گیاه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۹۲
جدول ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کود فسفر بر کلروفیل برگ ذرت ۹۳
جدول ۴-۱۹- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ گیاه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش..... ۹۵
جدول ۴-۲۰- میانگین مربعات وزن خشک سلمه‌تره تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۹۸

جدول ۴-۲۱- میانگین مربعات وزن کل علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۱۰۰

جدول ۴-۲۲- میانگین مربعات تعداد کل علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش ۱۰۲

جدول ۴-۲۳- مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کود فسفر بر تعداد کل علف‌های هرز..... ۱۰۳

فصل اول

مقدمه

مقدمه

غلات از جنس‌های مشهور تیره گندمیان هستند و نزدیک به ۷۰ درصد ماده خشک و ۵۵ درصد پروتئین مورد نیاز انسان را در جهان تولید می‌کنند. کشور ما همانند بسیاری از کشورهای دنیا از نظر تولید غلات خودکفا نیست. بنابراین، تلاش برای تولید این محصولات در کشور امری ضروری به نظر می‌رسد (کاظمی اربط، ۱۳۷۸). ذرت *(Zea mays* L.*)* سومین غله مهم دانه‌ای در جهان می‌باشد و از آن، جهت تغذیه انسان و دام استفاده می‌شود (اکایکزا، ۲۰۱۲). در میان غلات، ذرت بیش‌ترین تنوع مصرف را داراست، زیرا افزون بر مصرف به عنوان غذای انسان و تغذیه دام و طیور، در صنایع تخمیری و تهیه فرآورده‌های متنوع صنعتی از جمله اتانول نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد اهمیت ذرت در آینده افزایش یابد، زیرا در کشورهای فقیر، غذای اصلی است و در کشورهای غنی، برای تولید پروتئین حیوانی ضروری می‌باشد (امام، ۲۰۰۳). ذرت گیاهی است چهار کربنه که با توجه به پتانسیل بالای تولید دانه و علوفه در ایران، جهت تغذیه دام و طیور توسعه زیادی یافته و کشت آن در اغلب استان‌های کشور رونق پیدا کرده است.

از جمله مشکلات موجود در بخش کشاورزی، وجود علف‌های هرز می‌باشد. گرچه علف‌های هرز کمتر از ۰/۱ درصد از گونه‌های گیاهی خشکی زی را شامل می‌شوند، اما به علت مزاحمت در تولید غذا، سلامتی و پایداری اقتصادی، مشکلات متعددی ایجاد می‌کنند (حجازی، ۱۳۷۹). تداخل علف‌های هرز از جمله عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه است که تلفات عملکرد بالایی را به دنبال دارد (رود سویچ، ۱۹۹۸). علف‌های هرز نه تنها برای گیاهان زراعی بلکه برای بشر و حیوانات نیز مضر هستند. ضرر علف‌های هرز بر گیاهان زراعی ناشی از زیان کمی و کیفی محصول و یا هزینه کنترل شیمیایی آن‌ها می‌باشد. خسارت سالانه ناشی از علف‌های هرز بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار برآورد شده است. براساس گزارش‌های موجود خسارت ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز تا قبل از برداشت محصول حدود ۴۰ درصد است. در این میان، سهم حشرات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به ترتیب ۱۵، ۱۳ و ۱۲ درصد می‌باشد (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷). تاج

خروس، قیاق، سوروف، سلمه‌تره و پیچک به عنوان علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ مهم مزارع ذرت کشور شناخته‌شده‌اند (موسوی، ۲۰۰۱). گیاه ذرت هم اگر چه بلند و قوی می‌باشد، اما به رقابت با علف‌های هرز حساس بوده و کاهش عملکرد بالای ۳۰ درصد در این گیاه گزارش شده است (جمست و همکاران، ۲۰۰۰).

نتایج پژوهش‌های موجود بیانگر این واقعیت است که افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز نه تنها تولید کل ماده خشک گیاه زراعی را کاهش می‌دهد بلکه تسهیم آن را نیز متأثر می‌سازد، به طوری که در این شرایط، گیاه زراعی از کل ماده خشک تولیدی، نسبت کمتری را به ریشه‌ها اختصاص می‌دهد. نتایج مشابهی توسط کاسپربائر و کارلن (۱۹۹۴) در مورد ذرت گزارش شده است. در مطالعه نزویک و همکاران (۱۹۹۴)، سبز شدن همزمان علف‌های هرز با ذرت شاخص سطح برگ آن را تا ۳۶ درصد کاهش داد، درحالی‌که تأخیر در سبز شدن علف‌های هرز تا مرحله ۳-۵ برگی ذرت نتوانست کاهش معنی‌دار را در LAI ایجاد کند. تولنار و همکاران (۱۹۹۴) نیز کاهش سطح برگ ذرت را بر اثر رقابت علف‌های هرز گزارش و آن را به کاهش اندازه برگ‌های گیاه زراعی نسبت دادند، ولی تعداد برگ متأثر از رقابت علف‌های هرز نبود. در بین علف‌های هرز مزارع ذرت، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) در گروه مهم‌ترین علف‌های هرز این محصول قرار دارد (همل، ۲۰۰۱). میزان خسارت سلمه‌تره در مزارع ذرت ۱۱ درصد است (بکت و همکاران، ۱۹۸۸). سلمه‌تره یکی از بدترین علف های هرز مزارع ذرت بشمار می‌رود که به خاطر سبز شدن زودهنگام قبل از گیاه زراعی دارای برتری رقابتی در شروع فصل می‌باشد (کریستوفر، ۱۹۹۱؛ مارس نر، ۱۹۹۴). یکی دیگر از علف‌های هرز مهم ذرت علف هرز سوروف می‌باشد. در ایران تاکنون ۴ گونه از این علف هرز گزارش شده است (ترمه، ۱۳۷۹) که گونه *Echinochloa crus-galli* بیش‌ترین پراکنش را داشته و از قابلیت رقابتی بالاتری برخوردار است (فائو، ۱۹۹۶). با توجه به نقش زیاد علف‌کش‌ها در کشاورزی امروزی، بعضی عوامل سبب شده که مساله لزوم ارزیابی دوباره استفاده از این روش توصیه شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷). در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در

اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شرما، ۲۰۰۳).

براساس تجربه‌های کشاورزان و نتایجی که از پژوهش‌های انجام‌شده به وسیله محققان به دست آمده مشخص‌شده که در کشاورزی یک سری روش‌های فیزیکی و بیولوژیکی برای کنترل علف‌های هرز وجود دارد که می‌توانند ضمن کاهش وابستگی کشاورزان به علف‌کش‌ها زمینه بهبود شرایط زیست‌محیطی و کسب سود مناسب در تولید را نیز فراهم کنند.

یکی از روش‌های بهبوددهنده رشد و عملکرد گیاهان زراعی تلقیح آن‌ها با قارچ میکوریزا است. قارچ‌های میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه دسترسی گیاهان را به عناصر غذایی به خصوص فسفر و آب افزایش داده و باعث تولید زیست توده و عملکرد بیشتری می‌شوند (بولن، ۱۹۹۱). محققان گزارش نموده‌اند که قارچ‌های میکوریزا به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی رشد و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهند. این قارچ‌های ریشه‌ای مقاومت گیاه را به پاتوژن‌های بیماری زا و مواد آلوده‌کننده شیمیایی خاک افزایش می‌دهند (اکایکزا، ۲۰۱۲). قارچ‌های میکوریزا همچنین بر روی روابط آبی، موازنه هورمونی و کلونیزه شدن ریشه‌ها توسط سایر میکروارگانیسم‌ها تأثیر می‌گذارند، بنابراین در رشد و نمو و سلامت گیاه نقش مهمی دارند. روابط متقابل بین قارچ‌های میکوریزا و گیاهان توان گیاه را مخصوصاً در شرایط نامساعد محیطی افزایش می‌دهد. بر اثر همزیستی این قارچ‌ها با گیاه جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم و سایر مواد غذایی افزایش می‌یابد.

این همزیستی میزان سیتوکنین را در گیاه افزایش می‌دهد و فعالیت فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای را نیز بهبود می‌دهد (اتیرا، ۲۰۱۲) که در نتیجه باعث افزایش ارتفاع، سطح برگ و عملکرد می‌شود. پژوهشگران بسیاری گزارش کرده‌اند که همزیستی میکوریزا در شرایط گلخانه‌ای نیز افزایش ۲۳ درصدی عملکرد ذرت را به دنبال دارد (لیک برگ و کویید، ۲۰۰۵).

کمبود فسفر در ذرت یکی از موانع بر سر تولید عملکرد مطلوبی از این گیاه است و بهبود عملکرد در این گیاه مستلزم کاربرد مقادیر بالایی از فسفر است که این مسئله منجر به افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. این

عنصر نقش مهمی را در تمامی ارگانیسم‌های زنده، از جمله متابولیسم انرژی، بیوسنتز اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و غشا، انتقال سیگنال‌ها و تنظیم بسیاری از آنزیم‌ها بر عهده دارد. کمبود فسفر در ذرت منجر به کاهش تولید و انتقال اسمیلات‌ها و تعداد ریشه‌های جانبی می‌شود (لی، ۲۰۱۲). براساس گزارشات مقادیر متفاوتی از فسفر برای تامین نیاز گیاه ذرت در خاک‌های مختلف نیاز است (رشید، ۲۰۱۲). خزاعی و همکاران (۱۳۸۵) در گیاه گندم گزارش کردن که افزایش میزان کود فسفر موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۵۹ درصد در رقم مقاوم چمران شد.

جفیرز (۱۹۸۷) اظهار نمود که در اکثر موارد، افزایش جذب و بهبود تغذیه فسفر اولین علامت افزایش رشد و عملکرد در گیاهان میکوریزایی است. بنابراین افزایش رشد و نمو در رابطه با همزیستی میکوریزا، زمانی که منابع فسفر محلول و قابل‌دسترس به سهولت در اختیار گیاه میزبان قرار گیرد کاهش می‌یابد، یعنی اثرات مثبت قارچ میکوریز آربسکولار روی رشد و نمو گیاه میزبان در شرایط پایین بودن حاصلخیزی خاک قابل توجه است. مطالعه جنبه‌های مختلف همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه ذرت، می‌تواند اتکا به نهاده‌های شیمیایی را کاهش دهد (جهان و همکاران، ۱۳۸۸). زیرا به نظر می‌رسد میکوریزا بتواند قابلیت رقابت ذرت را با علف‌های هرز افزایش دهد.

بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر رشد و عملکرد ذرت در رقابت با علف‌های هرز می‌باشد.

فصل دوم

بررسي منابع

۲-۱- ذرت و اهمیت آن

ذرت به دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد، از جمله قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار زود در تمام دنیا گسترش یافت و مکان سوم را بعد از گندم و برنج، به ویژه از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داد. در بین غلات، ذرت بیش‌ترین تنوع مصرف‌کننده را دار است (امام، ۱۳۸۲). ذرت بیشتر برای استفاده از دانه و سیلوی آن که دارای مصارف مختلف می‌باشد کشت می‌گردد. نزدیک ۲۰ تا ۲۵ درصد از تولیدات جهانی ذرت به صورت مستقیم در شکل‌های مختلف (آرد ذرت، شیرینی، کنسرو و فرنی ذرت) به مصرف انسان و ۶۰ تا ۷۵ درصد آن به صورت دانه، خمیر، پودر و سیلو به مصرف دام می‌رسد. بعلاوه، حدود ۵ درصد تولید ذرت نیز جهت فرآورده‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

منشأ اولیه ذرت آمریکای مرکزی است. ذرت اصلی‌ترین زراعت جهت تأمین مواد غذایی در آمریکای شمالی و مرکزی و جنوبی قبل از کشف قاره جدید بوده است. پژوهش‌های باستان‌شناسی در کشور مکزیک نشان داده است که ذرت حدود ۴۵۰۰ سال قبل از میلاد در آنجا کشت گردیده است. ذرت نه تنها به عنوان غذای اصلی مردم محسوب می‌گردیده است، بلکه نقش و اهمیت بسیار مهمی در زندگی مردم، آداب و مراسم مذهبی و تاریخ مردم آمریکای جنوبی، مرکزی و شمالی داشته است. مبدأ اولیه ذرت را جنوب مکزیک، آمریکای مرکزی و آمریکای جنوبی ذکر کرده‌اند (دوبلای، ۱۹۹۷). ترکیب عمده‌ی ذرت دانه‌ای را، نشاسته تشکیل می‌دهد و تا حدودی می‌توان گفت که تمام استفاده صنعتی از ذرت بر مبنای نشاسته موجود در آن است. علاوه بر این، در جنین ذرت، ۳۰ تا ۳۷ درصد روغن وجود دارد که پس از استخراج، به عنوان روغن خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سید شریفی و حکم علی پور، ۱۳۸۹). ذرت دارای تنوع رویشی بسیار گسترده‌ای است، به نحوی که در شرایط مختلف آب و هوایی رشد می‌کند. ذرت در نیمکره شمالی تا ۵۸ درجه‌ی عرض جغرافیایی در کانادا، روسیه و در نیمکره جنوبی تا عرض جغرافیایی ۴۳-۴۲ درجه در زلاندنو کشت می‌گردد. ولی ذرت علوفه‌ای را می‌توان در خارج از این محدوده هم کشت کرد.

در آمریکا بیش‌ترین سطح زیر کشت ذرت، در ناحیه واقع‌بین ۴۵-۴۰ درجه عرض جغرافیایی در نیمکره شمالی واقع گردیده است (نور محمدی، ۱۳۸۴). اهمیت ذرت عمدتاً به دلیل داشتن قدرت بالقوه بالا در تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی و سازگاری آن در محدوده فوق‌العاده وسیعی از شرایط محیطی است (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹).

مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده ذرت، آمریکای شمالی، چین و آمریکای لاتین می‌باشند. آمریکای شمالی با ۱۴ درصد سطح زیر کشت جهانی ذرت، اندکی کمتر از نیمی از تولید جهانی ذرت را به خود اختصاص داده است. بزرگ‌ترین صادرکنندگان ذرت را کشورهای آمریکای شمالی، فرانسه و آرژانتین و بزرگ‌ترین واردکنندگان آن را ژاپن، روسیه و کره جنوبی تشکیل می‌دهند. در آمریکای لاتین ذرت مهم‌ترین غله دانه‌ای است و گندم و برنج در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

براساس آخرین گزارش FAO ایران در سال ۲۰۱۰ تنها یک میلیون تن ذرت تولید کرده بود که این رقم در سال ۲۰۱۱ به ۱/۳ میلیون تن افزایش یافته است. به دلیل افزایش تولید داخلی، واردات ایران طی این سال ۴۰۰ هزار تن کاهش‌یافته و حجم کل ذرت وارداتی به ایران از ۳/۴ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ به ۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۱ رسیده است. در واقع ذرت در کلیه استان‌های کشور تولید می‌شود، ولی در بین استان‌های کشور، استان فارس با بیش از ۱۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت (۴۱٪ کل کشور) و تولید بیش از ۶۰۰ هزار تن (۵۳٪ کل کشور) ذرت دانه‌ای در کشور دارای مقام نخست است. استان‌های خوزستان و کرمانشاه در ردیف‌های دوم و سوم واقع هستند.

زمان‌های کاشت و برداشت ذرت در استان‌های مختلف کشور متفاوت است. در برخی از استان‌ها ذرت را به عنوان کشت اول، در بهار و در برخی دیگر به عنوان کشت دوم، بعد از برداشت گندم پاییزه مورد زراعت قرار می‌دهند. زمان کاشت آن در ایران با توجه به شرایط آب و هوایی در استان‌های مختلف کشور در فاصله بین اسفند تا شهریورماه انجام می‌گیرد. اساساً، در مناطق سردسیر کشور از ارقام زودرس و در استان‌های گرمسیر کشور از ارقام دیررس استفاده می‌شود. عملکرد ذرت در ایران به علت آبی بودن مزارع، بالا و در حدود ۶۷۰۰

کیلوگرم در هکتار است که به اندازه ۱/۵ برابر میانگین عملکرد جهانی تخمین زده شده است (امام، ۱۳۸۳؛ کاظمی اربط، ۱۳۸۴).

۲-۱- علف هرز

۲-۲-۱- جایگاه علف‌های هرز

علف هرز عبارت است از هر گونه گیاهی که به طور ناخواسته در خارج از مکان اصلی خود رشد نماید (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). به اعتقاد رادوسویچ و همکاران (۲۰۰۷) با وجود گذشت زمان طولانی از پیدایش گیاهان، قبل از حضور انسان بر روی کره زمین، موجودی به نام علف هرز وجود نداشت و پیدایش علف‌های هرز به زمانی بر می‌گردد که بشر انتخاب برخی از گونه‌های گیاهی را آغاز نمود. بنابراین، به هر گیاهی که با محیط ساخته دست بشر سازش یابد و در فعالیت‌های او مزاحمت ایجاد نماید، علف هرز اطلاق می‌شود. علف‌های هرز همواره به عنوان یک آفت نامطلوب اقتصادی در سطح جهان مطرح می‌باشند.

انجمن علف‌های هرز اروپا هر گیاه یا رستنی، به استثنای قارچ‌ها، که در اهداف یا نیازمندی‌های انسان اختلال ایجاد کند را علف هرز نامیده است (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷). زیمدال (۱۹۹۳) خسارت علف‌های هرز را به خسارت ناشی از رقابت آن با گیاهان زراعی، تهدید سلامت انسان، افزایش هزینه تولید، کاهش گزینه‌های تناوبی، کاهش کیفیت گیاهان زراعی و محصولات دامی، کاهش ارزش زمین، افزایش هزینه‌های فرآوری محصولات، کاهش زیبایی محیط، اختلال در مدیریت آبیاری، میزبانی امراض و آفات تقسیم بندی کرد.

خسارت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی در حال توسعه و توسعه نیافته بیش از انواع توسعه یافته است (سینگ و همکاران، ۲۰۰۶). کنترل علف‌های هرز یکی از بخش‌های گران، اما ضروری در تولید محصولات کشاورزی است که به طور مستقیم بر بهای مواد غذایی تاثیر می‌گذارد (غدیری، ۱۳۷۶). در ایالات متحده، سالانه حداقل ۱۰ میلیون دلار از کاهش عملکرد گیاهان زراعی را به حضور علف‌های هرز نسبت می‌دهند (میقانی،

۱۳۸۲). طبق گزارش زیمدال (۱۹۹۳) در اکثر اکوسیستم‌های زراعی حدود ۱۰ درصد از کاهش تولیدات کشاورزی جهان، ناشی از رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی می‌باشد.

نجفی و همکاران (۱۳۸۵) اظهار داشتند که علف‌های هرز موجود در بخش کشاورزی ویژگی‌های منحصر بفردی دارند، از آن جمله می‌توان به اندازه کوچک بذر، سرعت رشد نسبی بالا، سرعت رشد مطلق اولیه بالا، تحمل به تنش‌ها و ظرفیت زایشی بالا اشاره کرد. در اغلب موارد، خصوصیات فوق در علف‌های هرز و گیاهان زراعی متفاوت است و این اختلافات اساس روش‌های مدیریت علف‌های هرز را تشکیل می‌دهند.

۲-۲-۲- کنترل علف‌های هرز

امروزه روش‌های شیمیایی به طور گسترده‌ای جایگزین سایر روش‌های مدیریت علف‌هرز شده است. علف-کش‌ها به رغم مشکلات مربوط به آلودگی خاک و آب و سمیت مواد غذایی، ابزارهای ارزشمند و مهمی هستند که منافع بزرگی برای نظام‌های تولید در پی‌داشته‌اند (بوهلر، ۱۹۹۶). استفاده مداوم از علف کش‌ها با توجه به اثرات جانبی آن‌ها شامل آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی و به خطر افتادن سلامت موجودات زنده و افزایش مقاومت علف‌های هرز به علف کش‌ها، منجر به توجه بیشتر به روش‌های غیر شیمیایی شده است (ویلر و همکاران، ۲۰۰۸). هزینه‌های زیادی که کشاورزان هر ساله صرف کنترل شیمیایی علف‌های هرز می‌کنند و نیز خسارت‌هایی که به دلیل نبود کنترل کافی علف‌های هرز متحمل می شوند، کاربرد علف کش‌ها را برای مبارزه با علف‌های هرز افزایش می‌دهد. اما کنترل شیمیایی علف‌های هرز تنها راه علاج و بهترین روش حل مشکل علف‌های هرز و مدیریت آن‌ها نیست (توبه، ۱۳۷۸؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷).

دو هدف اصلی در مدیریت علف‌های هرز دنبال می‌شود

الف: کاهش تراکم علف‌های هرز به سطح قابل‌تحمل.

ب: تغییر ترکیب جمعیت علف‌های هرز به سمت گونه‌هایی باقدرت تهاجمی کم که به راحتی کنترل می‌شوند.

این اهداف می‌توانند با بهره‌گیری از عملیات مکانیکی، زراعی، بیولوژیکی و کنترل شیمیایی مناسب، تحقق یابند (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷).

تکامل مقاومت به علف‌کش‌ها نشان داده است که کنترل علف‌های هرز به تنهایی با استفاده از علف‌کش‌ها میسر نیست. استفاده منطقی از علف‌کش‌ها در تلفیق با سایر روش‌های کنترل (تناوب زراعی، شخم، کود سبز و...) ابزاری مؤثر به شمار می‌رود. بنابراین کنترل شیمیایی را باید یکی از گزینه‌های کنترل مدنظر گرفت (قربانی و همکاران، ۱۳۸۸). از جمله روش‌هایی که برای کنترل غیر شیمیایی علف‌های هرز به کار می‌رود می‌توان به کنترل مکانیکی، فیزیکی، زراعی و بیولوژیکی اشاره کرد، که بسته به شرایط محیطی و امکانات مزرعه از مناسب-ترین روش برای کنترل استفاده می‌شود (موسوی، ۱۳۸۰). از روش‌های کنترل اکولوژیکی علف‌های هرز می‌توان به افزایش تراکم محصول، برداشت زودهنگام گیاهان علوفه‌ای و استفاده از گیاهان پوششی اشاره کرد.

۲-۲-۳- رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی

رقابت بعضی از علف‌های هرز به علت نیاز مبرمشان به عناصر غذایی و نور از بعضی دیگر شدیدتر است و حتی در شرایطی که آب، عناصر غذایی و نور نیز به حد کافی وجود داشته باشد باز هم مانع تولید حداکثر محصول می‌شوند (سید شریفی و حکم علی پور، ۱۳۸۹). استفاده از مواد مورد نیاز رشد توسط علف‌های هرز به میزان کافی این مواد را برای رشد گیاهان زراعی باقی نمی‌گذارد لذا تضمین رشد گیاه زراعی و عملکرد، هر دو به طور جدی کاهش می‌یابد. این اثر زمانی چشمگیر می‌شود که یک یا چند عامل مورد نیاز رشد در محیط محدود باشند. برای مثال وقتی رطوبت خاک کم است برگ‌های گیاهان ذرت در صورت وجود علف‌های هرز در مزرعه، سریع‌تر از زمانی که مزرعه فاقد علف هرز است حالت پیچیدگی به خود می‌گیرند. همچنین کمبود مواد غذایی در

گیاهان زراعی در صورت وجود علف‌های هرز چشمگیرتر است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۲). درجه موفقیت علف‌های هرز برای رقابت با گیاهان زراعی در جذب نور، آب و مواد غذایی به عوامل متعدد مرتبط به هم بستگی دارد. این عوامل شامل زمان جوانه زدن علف‌های هرز در ارتباط با جوانه زنی گیاه زراعی، فرم رویش علف‌های هرز و تراکم علف‌های هرز مزرعه است. اولین گیاهی که جوانه زد، آب، مواد غذایی و نور محیط را جذب کرده با مستقر شدن در آن مکان از نظر رقابت بر سایر گیاهانی که متعاقباً در آنجا می‌رویند برتر است. اولین گیاه نه تنها از مزیت استفاده از مواد مورد نیاز رشد برخوردار است بلکه با خصوصیات ناشی از رویش خود تأثیر بازدارنده‌ای روی رشد گیاهانی که بعداً می‌رویند خواهد داشت. عملاً گیاهان زراعی که قبل از جوانه زدن علف‌های هرز بر روی زمین مستقر می‌شوند، شانس خوبی برای عملکردهای بالا را دارا هستند. تأثیر رقابت علف‌های هرز در اوایل فصل رشد چشمگیرتر است زیرا مقادیر ناکافی نور، آب و مواد غذایی در این مرحله سنی گیاه مانع از رشد آن می‌شوند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۲). هر چه گیاه زراعی سریع‌تر کانوپی خود را ببندد، میزان نور کمتری برای رشد علف‌های هرز قابل‌دسترس بوده و گیاه زراعی در رقابت با علف هرز توانمندتر می‌شود (یدوی و همکاران، ۱۳۸۶).

۲-۲-۴- رقابت علف‌های هرز با ذرت

هر چند ذرت نسبت به سایر گیاهان زراعی رقابت کننده ضعیفی در برابر علف‌های هرز نیست، اما به هر حال نیاز مبرمی به کنترل علف‌های هرز دارد. در صورت عدم کنترل علف‌های هرز، بسته به تراکم و تنوع علف‌های هرز، عملکرد ذرت ممکن است از ۱۵ تا ۹۰ درصد کاهش یابد (ویلیامز، ۲۰۰۸).

ذرت یک محصول بسیار مهم تابستانه است. گرمای تابستان زمینه مناسب برای رشد علف‌های هرز را در مزارع ذرت فراهم می‌آورد. مقدار زیادی بذر علف‌های هرز، خصوصاً علف‌های هرز یک ساله در خاک موجود است. رویش علف‌های هرز از زمان کاشت ذرت شروع‌شده و در حین مراحل رشدی ذرت نیز ادامه دارد (راشد محصل و

وفا بخش، ۱۳۷۸). طیف وسیعی از علف‌های هرز در مزارع ذرت می‌توانند اثرگذار باشند. انواع تاج خروس‌ها *(Amaranthus spp)*، سلمه‌تره *(Chenopodium album* L.*)*، گاو پنبه *(Abutilon theophrasti)*، کنگر وحشی *(Cirsium arvense* L.*)*، پیچک صحرائی *(Convolvulus arvensis* L.*)*، قیاق *(Sorghum halepense)*، سوروف *(Echinochloa crus-gali* L.*)*، اویارسلام *(Cyperus rotondus* L.*)*، گاورس یا علف انگشتی *(Digitaria sanguinalis* L.*)* و ارزن وحشی *(Setaria viridis* L.*)* رایج‌ترین و مشکل‌سازترین علف‌های هرز مزارع ذرت در ایران هستند (موسوی، ۱۳۸۰). جمالی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند برای بدست آوردن یک عملکرد اقتصادی رضایت‌بخش، علف‌های هرز در مزرعه باید در محدوده زمانی ۸ تا ۳۱ روز پس از سبز شدن کنترل شوند. عواملی از قبیل: جوانه زنی سریع، سرعت رشد زیاد، کاشت به موقع، افزایش تراکم بوته در واحد سطح، تغذیه و آبیاری مناسب و کنترل آفات و بیماری‌ها سبب چیرگی و غلبه ذرت بر علف‌های هرز می‌شوند (آئین و صباحی، ۱۳۷۳).

۲-۳- میکوریزا

قارچ‌ها موجوداتی هسته‌دار، فاقد کلروفیل، اسپوردار، با روش تغذیه جذبی، دارای دیواره سلولی، هتروتروف، غیر متحرک و فاقد سیستم آوندی می‌باشند. قارچ‌ها تجزیه کننده مواد آلی هستند. به دلیل داشتن کیتین و سلولز در دیواره سلولی، فاقد رنگ‌پذیری به روش گرم می‌باشند. قارچ‌ها مزوفیل بوده و واکنش‌های اسیدی را ترجیح می‌دهند (صدروی، ۱۳۸۵). سیمون و همکاران (۱۹۹۳) با مطالعه توالی DNA و بررسی فسیل‌های پیداشده، منشأ قارچ‌های میکوریزا را ۳۵۳ تا ۴۶۲ میلیون سال پیش تخمین زده‌اند. منشأ یک قارچ شبیه گلوموس با شواهد فسیلی ۴/۵ میلیون سال پیش، مطابقت دارد. از آن زمان تاکنون مطالعات بی‌شماری بر روی چگونگی این روابط صورت گرفته است. کلمه میکوریزا که از دو بخش *Myco* به معنای قارچ و *Rhizae* به معنی ریشه تشکیل شده است و به نوعی رابطه همزیستی بین برخی قارچ‌های خاکزی با ریشه گیاهان اشاره دارد. قارچ‌های میکوریزا توانایی تشکیل جوامع همزیست با اغلب گونه‌های گیاهی را داشته و به عنوان یک نوع کود زیستی، برای افزایش محصولات کشاورزی دارای اهمیت‌اند (احمدخان و همکاران، ۲۰۰۷؛ آتایاس، ۲۰۰۷). این

قارچ‌ها به عنوان پل زنده بین گیاه و خاک در اکوسیستم عمل می‌نمایند. ریزوسفر میکوریزایی به دلیل اهمیت و پویایی اثرات متقابل میکروبی که در ریشه‌های میکوریزایی در خاک ایجاد می‌کند، می‌تواند جایگزین ریزوسفر گیاهان شود (اسمیت و رید، ۱۹۹۷). قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار از جمله میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشند که قادر به ایجاد همزیستی با ریشه طیف وسیعی از گیاهان بوده و روی رشد گیاه میزبان اثر می‌گذارند (خان، ۲۰۰۵). این قارچ‌ها به عنوان فراوان‌ترین نوع قارچ‌های میکوریزا با حضور هیف‌های قارچی در داخل سلول‌های ریشه، عدم ایجاد شبکه هارتیگ و غلاف قارچی و ایجاد هیف‌های قارچی در سطح ریشه متمایز می‌گردند. آربوسکول‌ها و هیف‌های منشعبی که در ریشه گیاه یافت می‌شوند، سطح تبادل عناصر غذایی بین گیاه میزبان و قارچ‌ها را تشکیل می‌دهند. این قارچ‌ها با دامنه وسیعی از گیاهان نهاندانه، بازدانه، خزه‌ها و سرخس‌ها همزیستی می‌کنند (کاردوسو و کوپیر، ۲۰۰۶). قارچ میکوریزا، میزبان خود را به وسیله سیگنال‌های آزاد شده از ریشه گیاه شناسایی و با آن تشکیل همزیستی می‌دهد.

در غیاب ریشه میزبان این قارچ نمی‌تواند میسلیوم تشکیل دهد و چرخه زندگی خود را کامل کند (کلیرونوموس، ۲۰۰۳). معلم و عشقی زاده (۱۳۸۶) اظهار نمودند که همزیستی میکوریزا رابطه‌ای پویا و مسالمت-آمیز بین سیستم ریشه‌ای گیاهان و انواع خاصی از قارچ‌های خاکزی می‌باشد. رضوانی و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که جذب عناصر غذایی در گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است که یکی از دلایل آن افزایش سطح تماس ریشه گیاه با خاک پیرامون گیاه می‌باشد. نتایج بسیاری از تحقیقات بر افزایش جذب فسفر توسط تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا تاکید دارند (اسویفت، ۲۰۰۴).

ترک و همکاران (۲۰۰۶) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزا تأمین فسفر برای ریشه گیاهان است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم تحرک است. حتی درصورتیکه فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت‌شده و به صورت غیر متحرک در می‌آید. لذا، قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در

خاک‌های با فسفر کم، تأثیر دارند. استفاده از میکوریزا سبب افزایش بیوماس گیاهی به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین فعالیت فتوسنتزی می‌شود (اسویفت، ۲۰۰۴).

گیاهان همزیست با سویه‌های مناسب قارچ میکوریزا دارای جذب آب و عناصر غذایی بیشتری هستند. نتیجه این نقش میکوریزا، افزایش فعالیت فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسید کربن و تولید سطح برگ بیشتر می‌باشد، که در نهایت سبب افزایش بیوماس اندام هوایی می‌شود. کمک قارچ‌های میکوریزا در انباشت ماده خشک در اندام هوایی می‌تواند مزیت رقابتی برای گیاهان همزیست در مقابل گیاهانی که امکان همزیستی ندارند، در اکوسیستم زراعی باشد (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۸). سطوح بالای فسفر مانع برقراری همزیستی میکوریزا یا کاهش درصد آلودگی ریشه توسط قارچ‌های میکوریزا می‌شود (ساغری و همکاران، ۱۳۸۸). اولین سود میکوریزا برای گیاهان همزیست، بهبود جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر و ازت است. قارچ‌های میکوریزا تأثیر متفاوتی روی عملکرد گیاهان دارند، در برخی آزمایش‌ها تلقیح با این قارچ باعث افزایش وزن اندام هوایی گیاه شده و نشان داده شده است که افزایش رشد نتیجه جذب بهتر عناصر خصوصاً فسفر است (علی اصغرزاده و همکاران، ۲۰۰۱).

در برخی موارد کاهش رشد گیاهان میکوریزایی نتیجه رقابت قارچ برای منبع کربن با گیاه میزبان است. مطالعات نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزا جذب آمونیوم را از خاک افزایش می‌دهند (حسن الدین،۲۰۰۳). قارچ‌های میکوریزا می‌توانند کمپلکس‌های مواد آلی خاک را تجزیه کرده و میزان جذب نیتروژن را از این طریق افزایش دهند، تأثیر این قارچ‌ها در بهبود تغذیه گیاهان در تحقیقات زیادی اثبات شده است (آل‌کومی و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۴- وظایف قارچ میکوریزا

مهم‌ترین نقش‌های میکوریزا در بوم نظام‌های زراعی عبارت‌اند از:

الف) افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان (کاردوسو و کوپیر، ۲۰۰۶).

ب) افزایش فتوسنتز (ریان و گراهام، ۲۰۰۲).

پ) افزایش کارآیی مصرف آب در گیاهان میزبان (استرادالونا و داویز، ۲۰۰۳).

ت) افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری (والنتین و همکاران، ۲۰۰۶).

ث) افزایش مقاومت گیاه میزبان به آفات و بیماری‌ها (ریان و گراهام، ۲۰۰۲؛ هریر و واتسون، ۲۰۰۴).

ج) افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی و محتوای کلروفیل (کاردوسو و کوپیر، ۲۰۰۶).

چ) تسریع در گلدهی گیاه میزبان (هریر و واتسون، ۲۰۰۴).

ح) تأثیر در اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف گیاه (سوبرمانیان و چارست، ۱۹۹۷).

خ) ایجاد واکنش‌های مورفولوژیکی در گیاهان (سوبرمانیان و چارست، ۱۹۹۷).

د) افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف‌های هرز (بتلن فالاوی و همکاران، ۱۹۹۶).

ذ) افزایش مقاومت گیاهان به فلزات سنگین (کاردوسو و کوپیر، ۲۰۰۶).

ر) بهبود ساختمان خاک و خاک دانه‌ها (کاردوسو و کوپیر، ۲۰۰۶).

ز) کاهش اثر سو مواد شیمیایی (بتلن فالاوی و همکاران، ۱۹۹۶).

ژ) تشدید فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپریلیوم (آندره، ۲۰۰۴).

۲-۵- خصوصیات قارچ‌های میکوریزای مورد مطالعه

۲-۵-۱-*Glomus intraradices*

هاگ‌های این قارچ کروی، دارای دیواره سه لایه که در هاگ‌های بالغ به صورت لکه‌ای روی سطح هاگ دیده می‌شوند. علی‌رغم شباهت ظاهری هاگ‌های این قارچ (از نظر شکل، رنگ) با بعضی دیگر از گونه‌های آن، این قارچ از نظر ساختمان سه لایه دیواره هاگ، جدا شدن ورقه‌های لایه سوم و آنتوژنی هاگ منحصربه‌فرد است (استورمر و مورتون، ۱۹۹۷). این قارچ همزیست ریشه مرکبات، گوجه‌فرنگی، ذرت، لوبیا، سیب‌زمینی، گندم و گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات در آمریکا بوده است (اسچنگ و اسمیت، ۱۹۸۲). قارچ مذکور همچنین همزیست ریشه غلات در استان‌های تهران و خوزستان بوده است (صدروی و همکاران، ۲۰۰۰). همزیستی این قارچ با ریشه گندم باعث تشکیل یک پروتئین جدید (فستر و همکاران، ۲۰۰۲) و افزایش جذب فسفر و روی در این گیاه شده است (محمد و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۵-۲-*Glomus mossea*

در بین قارچ‌های گلوموس، فراوانی قارچ گلوموس موسه از سایرین بیشتر است. فراوانی این قارچ در مزارع غلات استان‌های تهران و خوزستان نیز بیش از سایرین بوده است (زنگنه، ۲۰۰۵). مایه زنی گندم با این قارچ در شرایط دیم و آبی، باعث افزایش وزن تر محصول، در مقایسه با بوته‌های مایه زنی نشده گردیده است (آل کاراکی و همکاران، ۲۰۰۴). مایه زنی دو رقم گندم دوروم با این قارچ باعث افزایش نسبت پروتئین به چربی و وزن دانه-های آن گردیده است (آل کاراکی و کلارک، ۱۹۹۹).

۲-۶- انواع روابط میکوریزایی

براساس تفاوت‌های مرفولوژیکی، انواع میکوریزاها به دو گروه کلی اکتومیکوریزا و اندومیکوریزا تفکیک می-شوند. در گروه اکتومیکوریزا تنها ۳ درصد از گیاهان دارای همزیستی اکتومیکوریزایی هستند (دل، ۲۰۰۲). شش

هزار گونه از قارچ‌های شرکت‌کننده در همزیستی اکتومیکوریزی وجود دارد که در اطراف ریشه آغشته می‌شوند و تشکیل غلاف قارچی و در بین سلول‌های ریشه تشکیل شبکه هارتیگ می‌دهند و در همزیستی با گیاه نقش جذب آب و مواد غذایی را دارند (موکرچی و چامولا، ۲۰۰۳). وجود یک ساختار صفحه‌ای به نام غلاف، ریسه‌های بین سلولی و داشتن دیواره عرضی و شبکه گسترده هارتیگ، مشخصات اصلی اکتومیکوریزا هستند. شبکه‌های هارتیگ متشکل از ریسه‌های بین سلولی در اپیدرم و پوست ریشه است (نقی زاده، ۱۳۸۶). نوع اکتو بیشتر در درختان جنگلی دیده می‌شود. اکتومیکوریزا با افزایش پتاسیم، آهن و فسفر برای گیاه میزبان، متابولیسم و رشد آن را افزایش داده، تجلی این وضعیت، افزایش غلظت این عناصر در گیاه میکوریزی است (سیرمندی و همکاران، ۱۳۸۸). اکتومیکوریزا حالتی است که رشته‌های میسیلیوم قارچ وارد سلول‌های ریشه نمی‌شود، بلکه در فضای بین سلولی نفوذ کرده و نهایتاً پوششی کم و بیش ضخیم بر روی سطح ریشه‌های کوتاه تغذیه‌کننده تشکیل داده، ریشه را احاطه می‌کند. این نوع همزیستی عمدتاً در درختان جنگلی مثل خانواده‌های کاج، بید و توسکا دیده می‌شود (همایی و داوری، ۱۳۸۹). مرفولوژی ریشه‌های اکتومیکوریزا در رده‌های مختلف گیاهی متفاوت است و حتی براساس میزان رشد و سن ریشه نیز تغییر می‌کند، به این شکل که ممکن است در ابتدا ساده و بدون انشعاب باشد، بعد به تدریج تغییرات مورفولوژیک در آن ایجاد می‌شود و به صورت یک شاخه‌ای، دوشاخه-ای، شانه‌ای یا مرجانی شکل در می‌آید (نقی زاده، ۱۳۸۶). در گروه اندومیکوریزا رشته‌های میسیلیوم قارچ وارد سلول‌های پوست ریشه می‌گردد، در نتیجه تغییرات ظاهری (بر خلاف اکتومیکوریزا) در سطح ریشه ایجاد نمی-شود. اندومیکوریزا گسترش وسیعی داشته و بسیاری از گیاهان همچون سرخس‌ها، باز دانگان، نهاندانگان و در مواردی خزه‌ها را نیز به عنوان گیاه میزبان انتخاب می‌کند و تقریباً در همه خانواده‌های گیاهان گلدار به جز خانواده شب بو، اسفناجیان وجود دارد. اندومیکوریزا بیش‌ترین میزان را در جامعه میکوریزایی دارا است (همایی و داوری، ۱۳۸۹).

مهم‌ترین نوع اندومیکوریزاها، میکوریزای وزیکولار آربوسکولار می‌باشد که در تعداد زیادی از گیاهان به ویژه گیاهان زراعی و باغی تشکیل می‌شود (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). این نوع میکوریزا را می‌توان در بین ۶۵ درصد

گونه‌ای گیاهی مثل خزه‌ها، پنجه گرگیان، سرخس‌ها، بازدانگان و بیشتر نهاندانگان دید (باگیاراج، ۱۹۹۱). در این همزیستی ریشه گیاهان را قارچ‌های بدون دیواره عرضی، متعلق به راسته گلومال آلوده می‌کنند. در همه قارچ‌های وزیکولار آربوسکولار میکوریزا، هیف داخل سلول، می‌تواند ساختاری مشابه با مکنده ایجاد نماید که از نظر شکل ظاهری درختچه مانند است و آربوسکولار نام دارد و وظیفه آن تبادل مواد غذایی بین قارچ و گیاه میزبان است (آنتونیو، ۲۰۰۳؛ اویل و سیوردینگ، ۲۰۰۴). روابط میکوریزی به هفت نوع مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از: اکتو میکوریزا، اکتندو میکوریزا، اربتوئید میکوریزا، اریکوئید میکوریزا، مونوتروپوئید - میکوریزا، ارکید میکوریزا و آربسکولار میکوریزا (نقی زاده، ۱۳۸۶؛ شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۷- میکوریزا آربوسکولار

این میکوریزا یکی از رایج‌ترین انواع همزیستی ریشه گیاهان با قارچ‌ها می‌باشد که از نوع اندومیکوریزا است زیرا هیف‌های قارچی قادر به عبور از دیواره سلولی ریشه می‌باشند. قارچ‌های میکوریزا آربسکولار معمول‌ترین و گسترده‌ترین نوع میکوریزا داخلی می‌باشند. گونه‌های زیادی از این قارچ‌ها در خاک‌ها از مناطق گرمسیری تا مناطق قطبی، همزیستی را تشکیل می‌دهند.

این قارچ‌ها در داخل سلول‌های کورتکس ریشه علاوه بر توسعه هیف دو اندام اختصاصی به نام‌های وزیکول و آربسکول تولید می‌کنند لذا آن‌ها را میکوریزا وزیکولار آربسکولار نام‌گذاری کرده‌اند. برخی از جنس‌های این قارچ مثل گیگااسپورا و اسکوتلو اسپورا، وزیکول تولید نمی‌کنند (شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

۲-۸- شکل‌گیری میکوریزا آربوسکولار

مهاجرت قارچ میکوریزا به ریشه و تشکیل میکوریزا، فرآیند پیچیده‌ای است که مراحل ریخت زایی آن به خوبی مشخص شده است. چگونگی شکل‌گیری این همزیستی بین قارچ میکوریزا و ریشه گیاه میزبان از زمانی

آغاز می‌شود که ابتدا هیفی که از رویش هاگ قارچ میکوریزا یا از ریشه‌های میکوریزای دیگر به وجود آمده است، با سطح ریشه تماس پیدا می‌کند و به دنبال آن، پس از تمایز، یک اندام تماسی را در سطح ریشه به وجود می-آورد. در مرحله بعد هیفی نازک که به آن میخ آلودگی گفته می‌شود از اندام تماسی در اپیدرم ریشه نفوذ کرده و پس از وارد شدن در بین دو سلول اپیدرمی رشد نموده و پس از ضخیم شدن، در بین سلول‌های پوست نیز گسترش پیدا می‌کند. انشعابات حاصل از هیف بین سلولی از دیواره سلول پوستی نفوذ کرده و در داخل سلول، آربوسکول را تشکیل می‌دهد. به تدریج که آربوسکول تشکیل می‌شود دیواره سلولی قارچ نازک‌تر می‌شود. بنابراین در محل آربوسکول سطح بسیار وسیعی بین همزیست‌ها وجود دارد که به وسیله بخش فیزیکی بسیار محدودی از هم جدا می‌شوند (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). آربوسکول‌ها ساختارهای زودگذری هستند که تقریباً چهار تا هفت روز زنده بوده و سپس تخریب می‌شوند. علاوه بر آربوسکول در برخی از قارچ‌های میکوریزا ساختار دیگری نیز تشکیل می‌شود که محتوی چربی بوده و نقش ذخیره‌ای دارد. این ساختارهای ذخیره‌ای را وزیکول گویند (اویل و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۹- عوامل موثر بر شکل‌گیری میکوریزا آربوسکولار

شکل‌گیری یک میکوریزای موفق به حضور میزبان مناسب، قارچ مناسب و محیط مناسب بستگی دارد. عوامل موثر بر شکل‌گیری میکوریزا آربوسکولار را می‌توان به سه گروه عمده فیزیکی، شیمیایی و زیستی تقسیم نمود (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۱- عوامل فیزیکی

مهم‌ترین عوامل فیزیکی که بر نمو و شکل‌گیری میکوریزا تأثیر می‌گذارند دمای خاک، نور و آب می‌باشند.

۲-۹-۱-الف- دما

در رابطه با میکوریزا آربوسکولار دیده شده است که دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای تشکیل ساختار آربوسکولار مناسب بوده و در این دما بیش‌ترین مقدار آربوسکولار شکل می‌گیرد، اما مشارکت هیف در تشکیل میکوریزا و کلونیزاسیون ریشه به قارچ در محدوده بین ۲۸ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین حد خود را دار است (اویل و همکاران، ۲۰۰۵). رویش هاگ در گونه‌های مختلف قارچ تحت تأثیر دماهای متفاوت قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد که افزایش دمای خاک، نمو آربوسکولار میکوریزا را تسریع می‌نماید و شاید بتوان نتیجه گرفت که یکی از دلایل کم بودن تشکیل میکوریزا در خاک‌های زراعی مناطق معتدله در مقایسه با خاک‌های مناطق گرمسیری تأثیر دمای خاک در رویش هاگ‌ها و تشکیل میکوریزا در این مناطق است (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۱- ب- نور

قارچ‌های میکوریزا منبع کربن خود را از گیاه میزبان به دست می‌آورند (باگو و همکاران، ۲۰۰۰؛ اسمیت و رید، ۱۹۹۷)، بنابراین هم از نظر توانایی فتوسنتزی و هم از نظر قابلیت انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی از اندام-های هوایی به سمت ریشه، به گیاه میزبان وابسته‌اند. لذا نور نیز می‌تواند عامل بسیار موثری در تشکیل میکوریزا و نمو آن باشد. تاریکی علاوه بر آن، باعث کاهش آلوده شدن ریشه به قارچ و تولید هاگ می‌شود و میزان پاسخ گیاه به شرکت در میکوریزا را کاهش می‌دهد. یکی از دلایلی که نور بر میکوریزا اثر می‌گذارد، حساسیت نوری گونه‌های مختلف گیاه میزبان است. در واقع طول دوره روشنایی بیشتر از شدت آن بر تشکیل میکوریزا نقش دارد و در صورتی که طول روز معین و مناسب فراهم باشد، افزایش شدت نور نیز ممکن است سبب افزایش تشکیل میکوریزا شود (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۱- ج- آب

میزان کلونیزاسیون ریشه و تولید اسپور در رطوبت زیاد و خیلی کم به شدت کاهش می‌یابد (نیلسن و سافر، ۱۹۸۲). در شرایط اشباع درصد کلونیزاسیون ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. چون در شرایط اشباع، انتشار اکسیژن محدودشده، و با ایجاد حالت بی‌هوازی، تنفس قارچها مختل می‌گردد و به دنبال آن، توسعه کلونیزاسیون و اسپورزایی تقریباً متوقف می‌شود. از طرف دیگر، تداوم اشباع منجر به آزادسازی مواد سمی نظیر Mn_2^+ و H_2S و اسیدهای آلی می‌گردد که به نوبه خود برای این قارچها بازدارنده هستند (موس، ۱۹۷۳). گوپتا (۱۹۹۱) در مطالعاتی که روی جنس‌های گلوموس و گیگیاسپورا انجام داده، نشان داده است که با کاهش مقدار آب، کاهش چشمگیری در میزان رویش قارچها صورت می‌گیرد. با این حال تشکیل میکوریزا در محدوده وسیعی از محتوای آبی خاک صورت می‌گیرد، مثلاً در نواحی خشک، گیاهان خشکی دوست می‌توانند میکوریزا تشکیل دهند. از طرفی در خاک‌های نواحی مرطوب و گیاهان غرقابی نیز میکوریزا وجود دارد. در گذشته اعتقاد بر این بود که در شرایط کاملاً اشباع آبی خاک، کمبود اکسیژن مانع رویش هاگ‌ها و تشکیل میکوریزا می‌شود اما مشخص شده است که حتی در شرایط معمولی و در حضور هوای مناسب در خاک، اکسیژن اثر چندانی بر رویش هاگ‌ها و نمو میکوریزا ندارد. بنابراین نمی‌توان تأثیر شرایط غرقابی و رطوبت بر تشکیل میکوریزا را به کاهش غلظت اکسیژن در شرایط مذکور مرتبط دانست (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۲- عوامل شیمیایی

۲-۹-۲- الف- اسیدیته

هاگ‌های بیشتر قارچهای میکوریزا در اسیدیته ۶ و ۷ به خوبی رویش دارند. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد سویه‌ها و گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار از نظر سازش به اسیدیته خاک با همدیگر تفاوت‌های زیادی دارند و توانایی آن‌ها در تشکیل میکوریزا در پی اچ مشخص، یکسان نیست. برخی از قارچها در

خاک‌هایی با اسیدیته پایین بسیار ضعیف عمل می‌کنند، درحالی‌که برخی دیگر پس از اصلاح خاک‌های اسیدی به وسیله کودهای آهکی، ضعیف عمل می‌کنند. بنابراین اسیدیته خاک می‌تواند تأثیر مهمی در پراکنش میکوریزا داشته باشد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۲- ب- فسفر

حداکثر کلونیزاسیون ریشه و اسپورزایی در خاک‌های با حاصلخیزی کم دیده می‌شود. غلظت زیاد فسفر و ازت سبب کاهش کلونیزاسیون ریشه می‌گردد (هیمن، ۱۹۸۳و ۱۹۸۲؛ مورتون و یارگر، ۱۹۹۰؛ موسن و همکاران، ۱۹۷۳). اصغر زاده و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند که اگر غلظت فسفر کم باشد، افزایش غلظت ازت تا حدی موجب افزایش همزیستی میکوریزایی ولی در غلظت بالای فسفر، افزایش ازت اثر بازدارندگی خواهد داشت (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۲). تأثیر میزان حاصلخیزی خاک بر روی همزیستی میکوریزایی به نوع گیاه میزبان نیز بستگی دارد. در برخی خاک‌های حاصلخیز که دارای مشکل کمبود رطوبت هستند، افزایش درصد کلونیزاسیون میکوریزی و اسپورزایی زیاد دیده می‌شود که ممکن است ناشی از عدم تحرک یون‌ها مخصوصاً فسفات در این خاک‌ها باشد (پارینن و همکاران، ۱۹۸۰). گاهی ممکن است تندش اسپور قارچ تحت تأثیر غلظت عنصر غذایی قرار نگیرد بلکه مراحل بعدی نظیر ایجاد کلونیزاسیون و تولید اسپور تحت تأثیر غلظت عنصر غذایی قرار گیرند (پاول، ۱۹۷۶).

افزایش فسفر درونی گیاه موجب کاهش تشکیل میکوریزا می‌شود، بنابراین مقدار کل فسفر خاک روی تشکیل میکوریزا اثر ندارد بلکه فسفر جذب‌شده توسط گیاه است که موثر می‌باشد (ابدالی،۱۳۸۲). بهترین شاخص برای تشخیص خاک مناسب در تشکیل میکوریزا، درصد فسفر گیاه در زمان تشکیل میکوریزا است. شریفی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که استفاده از سنگ فسفات دارای صد پی پی‌ام فسفر، در مقایسه با کودهای سوپر فسفات به میزان بیشتری سبب مشارکت در تشکیل میکوریزا می‌شود. همچنین کاربرد طولانی مدت کودهای سوپر فسفات باعث می‌شود جمعیت میکوریزا آربوسکولار افزایش یابد، به طوری که به ندرت تحت

تأثیر افزودن فسفات قرار می‌گیرند. در خاک‌های زراعی، کود دهی معمولاً باعث کاهش کلونیزاسیون ریشه می‌گردد، به عنوان مثال مصرف کودهای شیمیایی فسفر (فی و همکاران، ۱۹۹۶)، نیتروژن (الکساندر و فییرلی، ۱۹۸۳) سبب کاهش میزان کلونیزاسیون ریشه شده است، لیکن در خاک‌هایی که به شدت از نظر عناصر غذایی فقیر می‌باشند کود دهی گاهاً افزایش کلونیزاسیون ریشه را در پی دارد (هایمن، ۱۹۷۵). این نتایج ضد و نقیض نشان می‌دهد که تغذیه گیاه تعیین‌کننده نوع پاسخ قارچ‌های میکوریزا به اضافه کردن کودهای شیمیایی می‌باشد (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶).

با کود دهی محدودیت ناشی از عناصر غذایی مرتفع شده و بنابراین گیاه مقدار کمتری از ترکیبات کربنه را به مصرف ریشه، تراوه‌های ریشه‌ای و قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار اختصاص می‌دهد. همراه با این عامل خصوصیت شیمیایی خاک‌ها و کودهای شیمیایی اضافه‌شده نیز کنترل‌کننده وضعیت عناصر معدنی جذب‌شده توسط گیاهان بوده و در نهایت تعیین‌کننده نوع عکس‌العمل قارچ‌های میکوریزا به کود دهی می‌باشند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین نسبت P:N یکی از عوامل مهم و تعیین‌کننده نحوه عکس‌العمل قارچ‌های میکوریزا به غنی‌سازی خاک یا عناصر غذایی است (هپر، ۱۹۸۳).

برخی از بررسی‌های اولیه مؤید آن است که گونه‌های مختلف قارچ AM نسبت به کودهای شیمیایی، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند (هایمن، ۱۹۷۵). نتایج سیلویا و شنگ (۱۹۸۳) نشان داد گونه قارچ *G. intraradices* به کودهای شیمیایی غیر حساس هستند. عموماً، افزایش کودهای فسفر، کربوهیدرات‌های محلول در ترشحات ریشه را کاهش می‌دهد (گراهام و همکاران،۱۹۸۱). نتایج مطالعات مورتیمر و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد استفاده از NH^{4+} در گیاهان میکوریزایی لوبیا، کاهش درصد کلونیزاسیون قارچ AM، رشد گره و وزن خشک گره را در برداشت. از طرفی این محققین گزارش کردند لگوم‌های گره دار تلقیح شده با میکوریزا، هنگامی که در معرض یک منبع N خارجی قرارگرفته باشند وابستگی کمتری به تثبیت زیستی نیتروژن نشان می‌دهند (مورتیمر و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۹-۲-ج- نیتروژن

کاربرد طولانی مدت کودهای نیتروژن اثرات منفی فراوانی روی جمعیت میکوریزا دارد. علیزاده (۱۳۸۴) در تحقیقات خود نشان داد کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از سولفات آمونیوم میزان تشکیل میکوریزا را کاهش داده است. همچنین تحقیقات نشان داده است که هرگاه گیاه روزانه با بیش از ۱۰۰ پی پی‌ام نیتروژن به صورت مخلوط آمونیوم و نیترات تغذیه شود از تشکیل میکوریزا در آن جلوگیری می‌شود (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۲- د- عناصر کم مصرف (ریزمغذی‌ها)

عناصر کم مصرف مانند روی، منگنز و آهن موجب ممانعت از رویش هاگ قارچ‌های میکوریزا می‌گردد. خاک‌های اسیدی محتوی مقدار زیاد آلومینیوم، منگنز و آهن به صورت محلول هستند، از طرفی دیگر در نتیجه فعالیت‌های معدن کاری و یا کارخانجات ذوب فلزات، مقادیری فلزات سنگین وارد خاک‌ها می‌شوند. گاهی مشاهده شده است در چنین مناطقی که خاک‌ها حاوی مقادیر بالای فلزات سنگین هستند، برخی سویه‌های قارچ میکوریزا وجود داشته و میکوریزا تشکیل می‌شود. این امر نشان می‌دهد که در چنین شرایطی سویه‌هایی به وجود می‌آیند که می‌توانند شرایط خاص خاک را از نظر وجود فلزات سنگین تحمل کنند (اسکویی و همکاران، ۱۳۸۸). جانوسکووا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تلقیح قارچ‌های میکوریزا در خاک‌های آلوده به عنصر کادمیوم، غلظت این عنصر را در ساقهٔ گیاه توتون کاهش می‌دهد.

آندره و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین، قارچ‌های میکوریزا جذب این عناصر را در گیاه سویا افزایش داده و این عناصر در ریشه‌ها تجمع یافته و کمتر به بخش هوایی یا بذرها انتقال می‌یابند. بکرلی و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی اثر قارچ‌های میکوریزا بر روی گیاه لوبیا در خاک‌های آلوده به عنصر سنگین کادمیوم نشان دادند که با افزایش کادمیوم به خاک، بیوماس و رشد ریشه گیاه کاهش می‌یابد ولی در حضور قارچ‌های میکوریزا کادمیوم اثر منفی معنی‌دار بر بیوماس گیاه ندارد. قارچ‌های میکوریزا عملکرد گیاه لوبیا را در حضور کادمیوم نسبت به شاهد بدون قارچ افزایش دادند.

بنابراین انتخاب سویه‌های مناسب قارچ میکوریزا و همزیست کردن آن با گیاه برای مناطقی که خاک آن در معرض آلودگی کارخانجات و معادن است یک سازوکار بسیار موثر و کارآمد برای کشت گیاهان با استفاده از سویه‌های مقاوم به فلزات سنگین می‌باشد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۲- ه- شوری

یون‌های سدیم و کلر از رویش هاگ‌های قارچ میکوریزا آربوسکولار جلوگیری می‌کنند. با این حال مشاهده شده است در خاک‌هایی که تا حدود ۱۰۰ پی پی‌ام کلراید دارند هم رویش هاگ‌ها و هم تشکیل میکوریزا صورت می‌گیرد. این قارچ‌ها می‌توانند برخی اشکال سمی خاک را با جذب کردن عناصر زیان‌آور به درون گیاه بی‌اثر سازند، از طرفی در خاک‌های قلیایی و شور مقاومت گیاه را افزایش دهند (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۹-۳- عوامل زیستی

۲-۹-۳- الف- گیاه میزبان

حضور گیاه میزبان نقش مهمی در تشکیل میکوریزا و هاگ سازی آن دارد. گیاهان غیر میزبان مانند گونه‌های براسیکاسه نیز به صورت محدود با قارچ‌های میکوریزا همزیست می‌شوند. حضور گیاه غیرمیزبان در مجاورت گیاه میزبان سبب کاهش تشکیل میکوریزا در گیاه میزبان شده است که احتمالاً این کاهش ناشی از ترشح مواد سمی از ریشه گیاه غیر میزبان می‌باشد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹)، بر عکس در مورد برخی گیاهان دیده شده است که در حضور گیاه غیرمیزبان، همزیستی و تشکیل میکوریزا در گیاه میزبان افزایش می‌یابد. در این مورد گیاه غیرمیزبان نه تنها مواد سمی ترشح نمی‌کند، بلکه حضور آن زمینه را برای رشد برخی قارچ‌های ساپروفیت در محیط اطراف ریشه فراهم می‌کند (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). قارچ میکوریزا در همزیستی با ریشه‌های گیاه از طریق جستجوی کامل حجم بیشتری از خاک جذب فسفر را افزایش می‌دهد که نتیجه آن تبدیل یک موقعیت غیر قابل‌دسترس به قابل‌دسترس است.

این موضوع به طور عمده ناشی از افزایش حجم خاک مورد جستجو به وسیله ریسه‌های میکوریزا آربوسکولار نسبت به مقداری که توسط ریشه‌های مویین انجام می‌گیرد، می‌باشد. ریسه‌های میکوریزا آربوسکولار معمولاً فسفر را از فواصل دورتر از ریشه‌ها نسبت به ریشه‌های غیر میکوریزا انتقال می‌دهند. برای مثال، ناحیه تهی سازی فسفر خاک در ریزوسفر گیاه شبدر سفید غیر میکوریزا حدود ۱۰ میلی‌متری ریشه‌ها بوده در صورتی که برای گیاه میکوریزا این فاصله به بیشتر از ۲۰ میلی‌متر رسیده است (تینکر و همکاران، ۱۹۹۲). این امر به وسیله کاهش فاصله برای انتشار یون فسفات و نیز افزایش سطح جذب حاصل می‌شود (تینکر، ۱۹۷۸).

نازکی ریسه‌ها مزیتی دو برابر دارد. اولاً، سطح منطقه ریسه‌ای را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می-دهد. ثانیاً، آنکه ریسه‌ها را قادر به نفوذ در داخل منافذ خاک و مواد آلی می‌کند که ریشه‌های مویین نمی‌توانند به آن‌ها نفوذ کنند و بنابراین منطقه جستجو را افزایش می‌دهد (بجورکمن ۱۹۴۹)

ساینز و آرینز (۱۹۸۸) مشاهده کردند که در یک خاک اسیدی با تثبیت بالای فسفر، گیاه شبدر قرمز غیر میکوریزا هنگامی‌که مقدار کمی فسفر دریافت کرد، عملکردی قابل اندازه‌گیری نداشت ولی گیاهان میکوریزا نسبت به غیر میکوریزا در همان سطح فسفر عملکردی چهار برابر بیشتر داشتند. آستانه غلظت پایین‌تر برای جذب فسفر در گیاهان میکوریزا همچنین باید نتیجه‌ای از جستجوی حجم بیشتری از خاک نیز باشد (بولان، ۱۹۹۱).

میکوریزا آربوسکولار قادر است برای دسترسی بیشتر به فسفر خاک و یا تسهیل در تغییر اجزاء کم محلول فسفر خاک به اشکال قابل‌دسترس برای افزایش جذب در گیاه میزبان، ریسه‌هایی با طول زیاد تولید نماید. این ریسه‌ها ممکن است موادی مانند اتیلن، فلاونوئیدها، مواد فرّار و اجزاء تنظیم کننده رشد مانند سیتوکینین‌ها را برای تحریک رشد و به طور بالقوه، برای افزایش رشد ریسه‌ای تولید نمایند. تشکیل و دفع مواد آلی به وسیله ریسه‌ها یا ریشه‌های میکوریزا، ممکن است برای حل اشکال غیر قابل‌دسترس فسفر و تسهیل دسترسی گیاه میزبان به فسفر قابل‌دسترس دارای اهمیت باشد (ایشی و همکاران، ۱۹۹۶).

گیاهان میکوریزا افزایش جذبی را از منابع فسفر بسیار کم محلول مانند فسفات‌های آهن و آلومینیوم و فسفات‌های معدنی نشان می‌دهد (بولان و همکاران، ۱۹۸۷). اغلب مشاهده شده است که ریشه‌های میکوریزا در یک واحد وزن مشخص، مقدار بسیار بالاتری از فسفر را نسبت به گیاهان غیر میکوریزا جذب کرده‌اند. چنین حدس زده می‌شود که ریسه‌های قارچ میکوریزا وابستگی بالاتری به یون‌های فسفات داشته و آستانه غلظت پایین‌تری برای جذب فسفر نسبت به ریشه‌ها دارند (کرس و همکاران ۱۹۷۹، بولان و همکاران ۱۹۸۷).

۲-۹-۳-ب- کار آیی قارچ میکوریزا آربوسکولار

قارچ میکوریزا آربوسکولار همیشه و در هر زمانی توانایی یکسانی در آلوده نمودن گیاه میزبان ندارد و گاهی از نظر خواص فیزیولوژیکی و تأثیر بر رشد گیاه تغییراتی پیدا می‌کند. گونه‌ها و سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار از نظر تأثیر بر جذب مواد غذایی و رشد گیاه میزبان متفاوت‌اند. سویه‌هایی که سریعاً بتوانند با ریشه گیاه همزیست شده و میکوریزا به وجود آورند تحت عنوان سویه‌های کارآمد نامیده می‌شوند (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

علاوه بر آن هاگ قارچ میکوریزا آربوسکولار معمولاً دارای یک مرحله خفتگی می‌باشد که طول این دوره در قارچ‌های مختلف متفاوت است. در خاک‌های خشک در مقایسه با خاک‌های مرطوب طول دوره خفتگی هاگ کوتاه‌تر می‌باشد.

۲-۱۰- اثر میکوریزا بر روابط آب- خاک- گیاه

۲-۱۰-۱- اثر میکوریزا بر جذب و انتقال آب (روابط آبی گیاه)

در گیاهان میکوریزای مقاومت ریشه‌ها در مقابل انتقال آب در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی کمتر است، درحالی‌که در برگ‌ها و ساقه‌های این گیاهان تفاوتی در مقاومت این اندام‌ها در مقابل آب وجود ندارد. حضور قارچ میکوریزا سبب کاهش مقاومت ریشه در مقابل انتقال آب می‌شود و جریان آب در ریشه‌ها را تسهیل می‌کند

(شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌های گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است که این امر در اثر افزایش سطح موثر ریشه و یا کل طول ریشه‌ای میکوریزایی می‌باشد همچنین، هدایت آبی در واحد طول ریشه میکوریزایی می‌تواند۲ تا ۳ برابر افزایش یابد (تریزالویانچان، ۲۰۰۳). از آن جا که هدایت برگی در گیاهان میکوریزا بیشتر است احتمالاً میکوریزا با تغییر توازن هورمونی بین ریشه و ساقه، روی باز و بسته شدن روزنه‌ها اثر می‌گذارد. میکوریزا تعرق برگی را افزایش داده و سبب سهولت انتقال آب در گیاه می‌شود. از طرفی میکوریزا میزان جذب آب را افزایش می‌دهد، زیرا با تشکیل میکوریزا سطح جذب افزایش قابل‌توجهی پیدا می‌کند (رجالی و همکاران، ۱۳۸۵). قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را به وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای به وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد، این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزایی تحت تنش کم آبی می‌شود (ایلوان، ۲۰۰۱). در شرایط تنش کمبود آب، مقاومت روزنه‌ای در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیر میکوریزی افزایش پیدا می‌کند.

بنابراین می‌توان گفت میکوریزا با القای تنش آبی بیشتر و کاهش دادن پتانسیل آبی برگ سبب بسته شدن روزنه‌های برگ می‌شود، ولی در شرایطی که تنش آبی نبوده و مقدار کافی آب در دسترس گیاه باشد میکوریزا به طور قابل‌ملاحظه‌ای سرعت تعرق روزانه را افزایش می‌دهد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۱۰-۲- اثر میکوریزا بر خاک

یکی از پارامترهای مهم خاک که در کشت گیاهان مورد توجه قرار می‌گیرد بافت و فشردگی آن است. اگرچه فشردگی خاک کم و بیش برای گیاهان لازم است اما فشردگی زیاد، بر رشد گیاهان اثر بازدارندگی دارد و نوعی عامل تنش برای رشد ریشه و بخش‌های هوایی گیاه محسوب می‌شود (کوچنباچ و همکاران، ۲۰۰۴). در خاک‌های فشرده مانند خاک‌های رسی، جذب آب، مواد معدنی و میزان اکسیژن کاهش می‌یابد. در مورد گیاهانی مانند ذرت و گندم دیده شده است در خاک‌هایی که درجات مختلفی از فشردگی دارند رشد گیاهان

متفاوت است و معمولاً فشردگی خاک رشد این گیاهان را کاهش می‌دهد. اما حضور قارچ‌های میکوریزا موجب بهبود رشد آن‌ها در خاک‌های فشرده گردیده است (سیلویا، ۲۰۰۳). هیف قارچ‌های مذکور که قطر بسیار کمتری نسبت به تارهای کشنده ریشه‌دارند قادر به نفوذ در لابلای منافذ این خاک‌ها بوده و سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی می‌شود که شاید این یکی از مکانیسم‌های قارچ‌های میکوریزی در تخفیف اثر تنش فشردگی خاک بر رشد گیاهان باشد (برتا و همکاران، ۱۹۹۵). همزیستی میکوریزی از طریق ایجاد شبکه گسترده‌ای از هیف‌ها همچنین تولید ماده گلایکو پروتئینی به نام گلومالین می‌تواند موجب به هم پیوستن ذرات خاک در خاک‌های متراکم با ساختمان تخریب‌شده گردد و در نتیجه از اثرات سوء تنش فشردگی بر رشد گیاه بکاهد (میر انصاری مهابادی و همکاران، ۱۳۸۵). ولی با این وجود نادیان و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که افزایش بیش از حد فشردگی خاک منجر به کاهش طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، جذب فسفر، ارتفاع گیاه و کاهش کلونیزاسیون ریشه گیاه شبدر با گونه *Glomus intraradices* گردیده است.

۲-۱۰-۳- اثر میکوریزا بر جذب و انتقال مواد غذایی

تأمین، جذب و انتقال مواد غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط‌زیست از مهم‌ترین مزایای کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند. از این رو، استفاده از کودهای بیولوژیک نظیر قارچ‌های میکوریزا علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). قارچ‌های میکوریزا به جذب و انتقال عناصر گوگرد، روی، فسفر، نیتروژن، مس، پتاسیم، کلسیم و استرانسیم کمک می‌کنند. به نظر می‌رسد که جریان سیتوپلاسمی، همراه با جریان توده‌ای، دو مکانیسم هستند که در انتقال و جابه‌جایی عناصر در هیف‌های قارچی موثرند (فلاح و همکاران، ۱۳۸۲).

مطالعات انجام‌شده پیرامون قارچ میکوریزا نشان داده است که استفاده از این قارچ‌ها منجر به افزایش جذب فسفر و روی در گیاه گندم با تنش خشکی (رجالی، ۱۳۸۲) و افزایش کارایی مصرف آب به صورت معنی‌داری در گیاه یونجه با تنش خشکی شده است (رضایی، ۱۳۸۲). تأثیر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در افزایش مقاومت واریته‌های مختلف گندم به تنش خشکی و افزایش جذب عناصر غذایی در آن‌ها توسط ال-کراکی و ال-راداد (۱۹۹۷) مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها در آزمایش خود از دو واریته حساس و مقاوم گندم استفاده کرده و نتیجه گرفتند که واریته حساس به خشکی در شرایط تنش رطوبتی وابستگی بیشتری به رابطه همزیستی میکوریزی داشته و جذب عناصر غذایی فسفر، روی، مس، منگنز و آهن در آن بیشتر از واریته مقاوم به خشکی می‌باشد. تأثیر گونه *Glomus intraradices* در افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه ذرت کشت شده تحت تنش خشکی توسط سوبرمانیان و چارست (۱۹۹۷) مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها مشاهده کردند که تحت شرایط تنش رطوبتی در تیمارهای تلقیح شده با قارچ، مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، روی و منگنز دانه‌های ذرت به طور معنی‌داری افزایش نشان داد.

۲-۱۰-۳-الف- جذب فسفر

مهم‌ترین و معتبرترین تأثیر رابطه همزیستی میکوریزا آربسکولار، افزایش جذب عناصر معدنی به ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد (سادووا و وساتکا، ۲۰۰۷). تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که فسفر، ازت، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن توسط سیستم میکوریزا جذب می‌شود و به گیاهان منتقل می‌شود. به طور کلی مکانیسم جذب از طریق افزایش حجم خاک قابل‌دسترس توسط ریسه‌های قارچ است. در بین عناصر غذایی بیش‌ترین نقش میکوریزا در جذب فسفر است. نقش میکوریزا در تغذیه ازته گیاهان به دلیل دارا بودن ضریب پخش زیاد آن ناچیز است. افزایش جذب ازت به وسیله سیستم‌های میکوریزایی به خصوص در میکوریزاهای بیرونی همزیست با گیاهان جنگلی مشاهده شده است. هنگامی که فسفر خاک در سطح پایینی باشد سیستم

میکوریزا جذب فسفر و در نتیجه رشد گیاه را به نحوه چشمگیری افزایش می‌دهد. هیف‌ها قادر هستند که فسفات را از ۱۵ سانتی‌متر سطح ریشه تا چند متری عمق خاک زیر ریشه دریافت کنند.

همچنین هیف‌ها در منافذی از خاک نفوذ می‌کنند که امکان نفوذ تارهای کشنده ریشه وجود ندارد (قطر تارهای کشنده حداقل ۲۰ میکرومتر است درحالی‌که هیف‌ها حداکثر ۲-۱ میکرومتر می‌باشند) به علاوه هیف‌ها از راه افزایش سطح تماس یا از را افزایش طول موثر ریشه جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می‌دهند. آزمون مزرعه‌ای صورت گرفته بر روی گیاه ذرت نشان داده است که در تیمارهای تلقیح شده با گونه‌های بومی قارچ میکوریزا آربسکولار جذب پتاسیم در گیاه میکوریزایی بیشتر از گیاهان میزبان بوده است (لیو و میلر، ۱۹۸۸). این قارچ‌ها با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عناصر کم تحرک مانند فسفر، روی و مس را افزایش و موجب بهبود رشد آنان می‌شود (منصوری و همکاران، ۲۰۰۷). از طرف دیگر قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* در همزیستی با گیاه گندم و از طریق فعالیت فسفاتازی خود توانسته ترکیبات آلی فسفره را هیدرولیز کرده و بدین صورت جذب همزمان فسفر و مس را در گیاه گندم افزایش دهد (طرفدار و مارس نر، ۱۹۹۴).

استفاده از قارچ میکوریزایی سرعت رشد گیاهان را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشت، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافته است (اورتوس و هاریس، ۱۹۹۶). قارچ‌های میکوریزا دارای آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی (طرفدار، ۱۹۹۵) و فسفاتاز قلیایی (کوجیما و همکاران، ۱۹۹۸) بوده که نشان‌دهنده توانایی این قارچ‌ها در استفاده از منابع آلی فسفر می‌باشد. عوامل زیادی در افزایش جذب فسفر در گیاهان میکوریزی سهیم هستند. یک استدلال این که شبکه گسترده هیف‌ها در خاک اطراف ریشه، گیاه را قادر می‌سازد تا حجم زیادی از خاک را اشغال کند. از آن جا که سرعت انتشار فسفر در خاک کم است، این گسترش هیف‌ها می‌تواند کمک زیادی به جذب فسفر خاک کند. استدلال دیگر این است که در گیاهان میکوریزی، هیف‌های همزیست، کربن مورد نیاز خود را از گیاه میزبان دریافت می‌کنند، بنابراین به طور موثرتر و وسیع‌تر می‌توانند فسفات را از منابع آلی غیر قابل‌دسترس گیاه، مانند

اسید فیتیک و نوکلئیک اسیدها به دست آورند. بنابراین می‌توان گفت که همزیست شدن هیف‌های ظریف قارچ با ریشه گیاهان و گسترش این هیف‌ها در محلول خاک می‌تواند موجب افزایش جذب آب و مواد غذایی از جمله فسفات شود (باردگت، ۲۰۰۵). در پژوهشی به منظور ارزیابی تأثیر میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی ریحان، مشاهده شد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا به نام‌های *G. caledonium* و *Glomus mosseae* سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر دانه و عملکرد محصول شد (توسانت و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۱۰-۳-ب- جذب نیتروژن

قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار قادرند در جذب و انتقال نیتروژن به گیاه کمک کنند. آریاگادا و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا به نام‌های *Glomus mossea* و *G. deserticola* سبب بهبود معنی‌دار غلظت نیتروژن در گیاه اکالیپتوس در مقایسه با عدم تلقیح شد. پژوهشگران در این آزمایش، افزایش غلظت نیتروژن را به بهبود در رشد، نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقباً وزن خشک گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل شده بود، نسبت دادند. آیلباس و ساهین (۲۰۰۵) در پژوهش‌های خود بر روی سویا مشاهده کردند که تلقیح میکوریزایی منجر به بهبود غلظت نیتروژن در دانه و نیز عملکرد دانه شد. جذب و انتقال نیتروژن به وسیله هیف‌های میکوریزا، توسط میزان تقاضای گیاه میزبان برای تثبیت نیتروژن تنظیم می‌شود. در گیاه خیار دارای میکوریزا که در حضور نیتروژن کشت داده‌شده‌اند این مسئله به خوبی نشان داده شده است (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۱۰-۳- ج- جذب پتاسیم

در خاک‌های قلیایی، افزایش جذب پتاسیم بستگی به نوع قارچ همزیست و گونه گیاهی دارد. گوپتا و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع با گونه‌ای قارچ VAM به نام *Glomus fasiculatum* به طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان جذب پتاسیم و عملکرد محصول را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داد.

شوکلی و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی بر روی نوعی شبدر بومی به نام *Desmodium paniculatum* نشان دادند که، تلقیح این گیاه با گونه‌ای از قارچ میکوریزایی سبب افزایش قابل‌ملاحظه غلظت فسفر و پتاسیم اندام هوایی گیاه در مقایسه با تیمار عدم تلقیح گردید.

۲-۱۰-۳- د- جذب سایر مواد غذایی

بهبود تولید در گیاهان میکوریزی تحت شرایط تنش خشکی را به غلظت بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند روی و مس نسبت می‌دهند (قاضی و جان، ۲۰۰۳). در گیاه ذرت کشت شده در خاک‌های آهکی مشخص شده است که بین ۱۶ تا ۲۵ درصد روی جذب‌شده، از طریق توسعه هیف‌های قارچ *Glomus mossea*، جذب و منتقل شده است (چن و همکاران،۲۰۰۴). از بین دو گونه گلوموس موسه و گلوموس مونوسپوریوم، گونه اول کار آیی بیشتری در جذب روی در گیاه ذرت داشته است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۰). تأثیر رابطه همزیستی میکوریزی در جذب آهن به شدت تحت تأثیر عواملی از قبیل نوع گیاه میزبان، گونه قارچ میکوریزا، پی اچ خاک، میزان فسفر اضافه‌شده به خاک و درجه حرارت (راجو و همکاران، ۱۹۹۰) قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از انجام تحقیق در مورد گیاه سورگوم نشان داد که در شرایط کمبود آهن در محلول غذایی، برقراری همزیستی میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن در اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (کاریس و همکاران، ۱۹۹۸).

همانند روی میزان مس موجود در محلول خاک بسیار اندک بوده و از طرف دیگر ضریب پخشیدگی این عنصر در خاک بسیار اندک می‌باشد که این دو عامل سبب شده تا در گیاهان میکوریزی میزان مس جذب‌شده بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی باشد (اسمیت و رد، ۱۹۹۷). همزیستی میکوریزی در گیاه ذرت منجر به افزایش جذب مس در خاک‌های اسیدی و قلیایی شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷).

گیاهان میکوریزی معمولاً توانایی کمتری برای جذب منگنز نسبت به گیاهان غیر میکوریزی دارند (خانپور اردستانی و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش جذب منگنز در گیاهان میکوریزی نه تنها در نتیجه عدم کار آیی هیف‌های میکوریزا در جذب و انتقال منگنز به گیاه میزبان می‌باشد بلکه وجود میکوریزا باعث کاهش میزان جذب منگنز توسط سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان نیز می‌گردد زیرا در ریزوسفر ریشه‌های میکوریزی، جمعیت میکروارگانیسم-های احیاء کننده منگنز به شدت کاهش‌یافته و سطح منگنز قابل تبادل در خاک نیز به شدت کاهش می‌یابد (شارما و جوهری، ۲۰۰۲). لذا قارچ‌های میکوریزا از طریق تأثیر بر جامعه میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر گیاهان میزبان خود، قابلیت دسترسی گیاه به منگنز موجود در خاک را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند.

۲-۱۰-۴- اثر میکوریزا بر مقاومت در برابر خشکی

قارچ‌های میکوریزا قادر خواهند بود که اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند (آگو، ۲۰۰۰). میکوریزا روابط آبی گیاه میزبان را از طریق افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای به وسیله‌ی تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد (قاضی و جان، ۲۰۰۳). همزیستی میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید تعدادی از گیاهان زراعی می‌شود که این بهبود تولید در گیاهان میکوریزایی را به جذب بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس نسبت می دهند (ایلوان، ۲۰۰۱). وامرالی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که افزایش ماده‌ی خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در مقایسه با شاهد، ناشی از افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز، در شرایط خشکی می‌باشد. سونگ (۲۰۰۵) گزارش نمود تلقیح قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی، ریزوسفر خاک بهبودیافته و در اثر توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه میزبان تقویت‌شده و خطرات اکسیداسیون کاهش می‌یابد. گرچه میکوریزا با جذب آب، مستقیماً می‌تواند سبب تحمل به خشکی در گیاه شود، مکانیسم‌های دیگری وجود

دارد که میکوریزا به طور غیرمستقیم تحمل گیاه را در مقابل خشکی افزایش می‌دهد که از آن‌ها می‌توان به افزایش جذب مواد غذایی در حضور رطوبت پایین اشاره کرد. بهبود در وضعیت تغذیه گیاه زراعی در زمانی که با کمبود آب مواجه می‌شود، می‌تواند مقاومت به خشکی را افزایش دهد (کایا و همکاران، ۲۰۰۳). سایر عوامل مرتبط با کلونیزاسیون میکوریزا نظیر تغییر در الاستیسیته برگ، بهبود در پتانسیل آب و آماس برگ، باز نگه‌داشتن روزنه‌ها و تعرق و افزایش طول و عمق نفوذ ریشه‌ها می‌تواند در مقاومت به خشکی تأثیر داشته باشد. نتایج تحقیقی نشان داد که قارچ میکوریزای *Glomus mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش اسانس و عملکرد بیولوژیک در گیاه دارویی پونه گردیده و وضعیت ریشه این گیاه را بهبود بخشید و با افزایش مقدار فسفر اندام هوایی در این گیاه سبب افزایش وزن هزار دانه نیز گردید (خوساد و همکاران، ۲۰۰۶).

وجود هیف‌های قارچ‌ها در حالت تنش خشکی و نفوذ آن‌ها در لابه‌لای ذرات خاک امکان جذب یون‌های کم تحرک را حتی در شرایطی که رطوبت خاک کم باشد افزایش می‌دهد. همزیستی میکوریزا باعث می‌شود تا افت پتانسیل آب برگ‌ها در گیاه میزبان تحت تنش خشکی نسبت به گیاه غیر میکوریزی به تعویق افتد. با بر طرف شدن دوره تنش خشکی و افزایش میزان آب خاک، گیاهان میکوریزی خیلی سریع‌تر از گیاهان غیر میکوریزی، آب جذب کرده و پتانسیل آب برگ‌های خود را به حد متعادل می‌رسانند (سوبرمانیان و چارست، ۱۹۹۷).خلوتی و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقات خود بر روی جو به این نتیجه دست یافتند که درصد کلنیزاسیون ریشه در شرایط تنش بسیار بیشتر از شرایط کنترل بوده و قارچ میکوریزای *Glomus mosseae* سبب افزایش جذب آب و مقدار فسفر اندام هوایی در شرایط خشکی گردیده و درصد کلنیزاسیون ریشه با افزایش کاربرد فسفر در شرایط تنش، کاهش یافت.

بنابراین قارچ‌های میکوریزا آربسکولار با تشکیل رابطه همزیستی با ریشه گیاهان، قادر می‌باشند که فسفر و آب را از خاک جذب نموده و آن را در اختیار گیاه قرار دهند. این امر سبب کاهش مصرف کودهای فسفره در مزارع گردیده و بازده مصرف آب، در شرایط تنش خشکی بهبود می‌یابد بدون آنکه عملکرد کمی و کیفی گیاه

کاهش پیدا کند که امری مهم در جهت حفظ خاک و استفاده بهینه از آب می‌باشد. یکی از ویژگی‌های میکوریزا که در ایجاد تحمل خشکی در گیاهان اهمیت زیادی دارد تعداد هیف‌های واردشده در واحد طول ریشه است. هر چقدر تعداد این هیف‌ها بیشتر باشد امکان جذب آب به درون ریشه بیشتر خواهد بود. علاوه بر این ویژگی، طول و مساحت سطح هیف در خاک نیز در روابط آبی بین خاک و گیاه مهم است (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از مکانیسم‌های میکوریزا در ایجاد تحمل بیشتر نسبت به خشکی، اثر میکوریزا بر باز و بسته شدن روزنه‌هاست. همزیستی میکوریزی باعث می‌شود تا در طی دوره تنش خشکی، کاهش نسبی میزان آب موجود در برگ‌ها به تعویق افتد و بدین صورت روزنه‌ها می‌توانند برای مدت زمان بیشتری بازبمانند (شریفی و همکاران،۱۳۸۹). در هنگام تشکیل میکوریزا مقدار سیتوکنین گیاه افزایش‌یافته و روابط آبی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در گیاهان میکوریزی مقدار استرول‌ها هم افزایش پیدا می‌کند. از آن جا که استرول‌ها می‌توانند نفوذپذیری غشای پلاسمایی و روابط آبی گیاه را تحت تأثیر قرار دهند، به نظر می‌رسد میکوریزا از این طریق بتواند رشد گیاه را در شرایط تنش آب افزایش دهد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). در مورد اثر میکوریزا در مقاومت گیاه به تنش خشکی، در تمام موارد بدین شکل نیست که این قارچ‌ها، مقاومت به خشکی را افزایش دهند. برخی از گزارشات نشان می‌دهد که مقاومت به خشکی توسط میکوریزا کاهش‌یافته و یا تحت تأثیر قرار نگرفته است. لذا این احتمال نیز وجود دارد که میکوریزا در شرایط تنش خشکی هیچ کمکی به گیاه نکرده و یا حتی ممکن است تنش آب را در گیاه تشدید کند و این امر نیازمند تحقیق و بررسی‌های بیشتر است (سیمپسون و دافت، ۱۹۹۰).

۲-۱۰-۵- اثر میکوریزا در تحمل به شوری

قارچ‌های میکوریزا به عنوان یک کود بیولوژیک گزینه‌ای برای بهبود تحمل و رشد آن‌ها در خاک‌های شور می‌باشد. افزایش رشد گیاه در شرایط شوری تا حد زیادی به افزایش جذب فسفر و مواد معدنی دیگر توسط میکوریزا مربوط می‌شود اما در برخی موارد افزایش تحمل شوری در گیاه به میزان فسفر وابسته نیست (آل-

کاراکی و محمد، ۲۰۰۱). محمد و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقات خود نشان دادند که قارچ میکوریزا در محیط شور سبب افزایش وزن خشک و ارتفاع گیاه جو شده است.

قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در خاک‌های شور از طریق افزایش نسبی جذب آب و ایجاد تعادل عناصر غذایی گیاه در شرایط شوری (آل‌کاراکی و محمد، ۲۰۰۱) می‌توانند تحمل و رشد گیاه را بهبود بخشند. شوری در گیاهان موجب افزایش و انباشتگی پرولین می‌شود. در ریشه برخی گیاهان میکوریزی میزان پرولین بیشتری در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی مشاهده شده است. یکی از راه‌هایی که شوری و خشکی موجب آسیب رساندن به گیاهان می‌شوند تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن است که به ماکرو مولکول‌های زیستی آسیب می-رسانند. گیاهان با داشتن مواد آنتی اکسیدانت و آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو می‌توانند اکسیژن‌های فعال را جاروب کرده و در مقابل شرایط تنشی مقاومت نمایند. در گیاهان میکوریزی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت نظیر سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز بالاتر از گیاهان بدون میکوریزا گزارش شده است. بنابراین افزایش توان آنتی اکسیدانی گیاه توسط همزیستی میکوریزا نقش قابل‌توجهی در بهبود رشد گیاهان در شرایط تنش و افزایش تحمل شرایط نامساعد دارد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). مردوخی و رجالی (۱۳۸۵) نشان دادند که در شرایط تنش شوری استفاده از قارچ میکوریزا منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد در گیاه گندم گردیده است. انتشاری و هاشمی (۱۳۸۹) در آزمایشی نقش قارچ میکوریزا گلوموس موسه و سطوح فسفر را در افزایش مقاومت سویا به تنش شوری بررسی کرده و نشان دادند که تلقیح میکوریزا به طور مؤثرتری نسبت به سطوح فسفر توانست گیاهان را در مقابل تنش شوری محافظت کند و نتیجه گرفتند که ساز و کارهایی فراتر از آنچه توسط فسفر کنترل می‌شوند بایستی در نقش حفاظتی میکوریزا علیه شوری مطرح باشد.

۲-۱۱- فسفر

گیاهان عمدتاً فسفر را به صورت یون‌های ارتوفسفات (H_2PO4) جذب می‌کنند. هر چند غلظت این یون‌ها در محلول خاک همواره ناچیز است، اما نگهداری همین مقدار کم فسفر برای رشد گیاهان اهمیت فراوانی دارد. PH خاک نقش مهمی در تأمین فسفر خاک دارد. وقتی PH خاک از ۶/۸ کمتر باشد فرم غالب فسفر آنیون تک ظرفیتی ارتوفسفات (H_2PO4) است که به راحتی توسط گیاه قابل‌جذب بوده و در خاک‌های قلیایی (PH بزرگ‌تر از ۷/۲) برای گیاه قابل‌جذب نمی‌باشد. کودهای فسفره دارای تحرک کمی در خاک بوده و مقدار زیادی از آن‌ها پس از ورود به خاک نامحلول شده به طوری که در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل‌شده و از دسترس گیاهان خارج‌شده و بازده مصرفی آن‌ها کاهش می‌یابد (ملکوتی، ۱۳۸۳). فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین‌های سلول بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشای سلولی و اسید نوکلوئیک نقش ویژه دارد. در گیاه، فسفر عمدتاً به صورت استرهای فسفات یافت می‌شود که از ترکیب فسفر با قندها، الکل‌ها، اسیدها یا دیگر فسفات‌ها تشکیل می‌شوند.

قندهای فسفری نقش مهمی در فتوسنتز بازی می‌کنند. نکلوتیدهای تشکیل‌دهنده DNA و RNA و فسفو-لیپیدهای موجود در غشاها از دیگر استرهای مهم فسفات‌اند. فسفولیپیدها در گیاهان در حال رشد، در انتقال یون‌ها و نفوذپذیری خاص غشاء سلولی مؤثر بوده و از اجزای اصلی غشاهای بیولوژیک است. اسید فیتیک یک منبع مهم ذخیره فسفات است که معمولاً در ترکیب دانه‌ها یافت می‌شود و هنگام جوانه زدن بذر، هیدرولیز شده و فسفر معدنی لازم را برای فعالیت‌های حیاتی گیاه تأمین می‌کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۷). علائم کمبود فسفر، کندی رشد در گیاهان جوان و رنگ سبز تیره برگ‌هاست که ممکن است با بد شکلی و ایجاد نقاط نکروزه(نقاط کوچک بافت مردگی)توأم گردد. دیگر علائم کم شدن فسفر شامل باریک شدن ساقه (اما نه چوبی شدن) و مرگ برگ‌های پیر و تأخیر در بلوغ گیاه می‌باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۷). فسفات در کربن

گیری گیاه، کاهش زمان رسیدگی محصول و استحکام بیشتر ساقه غلات مؤثر است و غلظت فسفر ریشه در برقراری تعادل عناصر غذایی کم مصرف مغذی در برگ مهم است. جذب فسفر به میزان کافی، در اوایل دوره رشد گیاه، اهمیت بسیاری دارد. این اهمیت در اندام‌های زایشی، بیشتر مشهود می‌باشد. فسفر همچنین باعث افزایش جذب نیتروژن و افزایش مقاومت غلات نسبت به بیماری‌ها شده و اثرات مثبتی بر مقاومت غلات بر سرمای زمستان، خوابیدگی و زودرسی محصول دارد (فلاح و بشارتی، ۱۳۸۲).

۲-۱۱-۱- اهمیت فسفر

فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان و ریز جانداران می‌باشد و در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و ساخت غشاءهای سلول و کارهای انتقال انرژی دخالت دارد، افزون بر آن فسفر در ساختار بیوشیمیایی فسفولیپیدها، نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). خصوصیاتی مانند pH، کاتیون‌های محلول و تبادلی (مانند کلسیم، منیزیم، آهن، آلومینیوم)، نوع ذرات و سطح آن‌ها، اشکال مختلف فسفر در خاک را تعیین می‌کنند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). فسفر نقش اساسی در تغذیه همه گیاهان دارد و در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در موجودات زنده شرکت دارد (وانس و همکاران، ۲۰۰۳). کمبود فسفر سرعت رشد و نمو را کند کرده و از عملکرد محصول می‌کاهد. گیاهان از همان مراحل اولیه رشد برای تولید محصول بهینه، نیاز به فسفر کافی دارند (گرنت و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهش تورک و تاواها (۲۰۰۲) با کاربرد مقادیر مختلف فسفر، بالاترین عملکرد گیاه باقلا در بالاترین سطح فسفر (۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. شواهدی در دست است که فسفر محلول خاک باید دائماً جایگزین شود و اگر مقدار کمی فسفر به صورت پایدار در اختیار گیاهان باشد به خوبی می‌توانند رشد کنند (لطف الهی و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین شارما (۲۰۰۲) بیان کرد یکی از فواید کود فسفر این است که باعث می‌شود گیاهان ریشه‌های بیشتر و عمیق‌تری تولید کنند و فسفر با دخالت در طول، ظرافت و تراکم ریشه به

طور غیر مستقیم موجب افزایش عملکرد می‌گردد. در مطالعهٔ دیگری در گیاه ذرت گزارش شد که کاربرد کودهای شیمیایی و آلی باعث افزایش تنوع علف‌های هرز گردید. به هر حال در برنامه‌های مدیریتی علف‌های هرز باید از طریق حفظ تنوع گونه‌ای علف‌های هرز قابل‌کنترل و جلوگیری از غلبه علف‌های هرز سمج و غیر قابل‌کنترل اثرات منفی علف‌های هرز بر روی گیاه زراعی را کاهش داد (یان و ژانگ، ۲۰۰۶).

اصغری (۱۳۸۶) نیز گزارش کرد که خاک حاوی گیاهان میکوریزایی میزان کمتری فسفر دانه داشت. زیرا از مهم‌ترین عناصری که توسط میکوریزا به طور فعال و در سطح وسیع جذب می‌شود عنصر فسفر است. قارچ میکوریزا آربوسکولار از طریق مکانیزم‌های مختلف قادر به جذب فسفر بیشتری بوده که پس از جذب، آن را در اختیار سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان قرار می‌دهد. ریسه‌های خارجی میکوریزا آربوسکولار از سطح ریشه و منطقه تهی از فسفر به مناطق دورتر گسترده شده و بنابراین حجم بسیار بیشتری از خاک را نسبت به ریشه‌های غیر میکوریزایی در اختیار سیستم ریشه‌ای قرار می‌دهند (شارما و جوهری ۲۰۰۲). این مطالعات بیان می‌کند که میکوریزا می‌تواند از روش‌های گوناگون به منابع فسفر خاک که برای گیاهان غیر میکوریزایی غیر قابل‌دسترس هستند دسترسی داشته باشند (گرنت و همکاران ۲۰۰۵). بنابراین در تیمارهای میکوریزایی کاهش فسفر در خاک، به دلیل جذب سریع و فراوان ریسه‌های میکوریزا می‌باشد. در نتیجه این عمل، میزان فسفر بالاتری در گیاه ذخیره می‌گردد و از آب شویی و تثبیت آن در خاک جلوگیری می‌شود. ساجد و همکاران (۱۳۸۰) مصرف کود فسفره را باعث افزایش تعداد ساقه‌های جانبی، عملکرد، تعداد میوه و میزان تولید دانه دانسته ولی روی درصد روغن دانه‌ها تأثیر معنی‌دار نداشته است، در این تحقیق مقدار ۴۰ و ۲۵ کیلوگرم فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل توصیه شده است.

مـواد و روش‌هـا

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود واقع در منطقه بسطام به فاصله ۸ کیلومتری از شهر شاهرود انجام گرفت. طول و عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش به ترتیب ۵۴ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ارتفاع محل از سطح دریا ۱۳۴۹ متر می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۶/۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

۳-۲- ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول۳-۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

	مقدار	واحد
pH	۷/۷۹	-
EC	۳/۵۶	dS/m
OC	۰/۳۵	%
N	۰/۰۲۴	%
P(AV)	۴/۸۹	ppm
K (AV)	۱۷۷	ppm
Sand	۵۵	%
Silt	۳۴	%
Clay	۱۱	%

۳-۳- طرح آماری آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل میکوریزا در دو سطح تلقیح با قارچ *Glomus mossea*، و عدم تلقیح، کاربرد کود فسفر(از منبع سوپر فسفات تریپل ۴۶درصد) در سه سطح ۱- عدم کاربرد ۲- کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار ۳- کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار و فاکتور سوم علف هرز با سه سطح ۱- وجین تمام فصل ۲- عدم وجین و ۳- سلمه‌تره بود.

۳-۴- کشت گیاه و اعمال تیمارهای مورد نظر

عملیات تهیه زمین: در ابتدا پس از انجام شخم و دیسک زمین، با فاروئر اقدام به ایجاد فارو شد. هر واحد آزمایش دارای چهار ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول ۶ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در اول تیرماه در زمین مورد نظر صورت گرفت. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ و فاصله ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود و با تنک کردن، در مرحله ۴-۳ برگی تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد. بذور سلمه‌تره هم از مزرعه دانشکده جمع‌آوری و تهیه گردید. همچنین کشت بذر سلمه‌تره نیز همزمان با کاشت ذرت در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از بوته‌های ذرت در دو طرف ردیف کاشت صورت گرفت و پس از سبز شدن، با تنک کردن به تراکم ثابت ۱۸ بوته در مترمربع کاهش یافت. کود فسفر قبل از کاشت به میزان ذکرشده در کرت‌های مربوطه مصرف و با خاک مخلوط گردید. مصرف میکوریزا برای هر خط کاشت به میزان یک کیلوگرم از خاک دارای قارچ استفاده گردید. تعداد اسپور موجود در یک گرم خاک برای گونه قارچ میکوریزا مورد نظر براساس توصیه کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک ۱۲۰ اسپور بود.

۳-۵- صفات مورد اندازه‌گیری

در طول فصل رشد، اقدام به اندازه‌گیری صفاتی از جمله شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ اندازه‌گیری شد. در مرحله گلدهی، پس از نمونه‌برداری از ریشه صفات مختلفی از جمله درصد همزیستی ریشه و کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه ذرت، صفاتی از جمله ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، قطر ساقه، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تعیین شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد، با رعایت حاشیه، حدود ۲ مترمربع از هر کرت انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری گردید. وزن خشک سلمه‌تره، وزن خشک کل و تعداد کل علف های هرز نیز با پرتاب سه پلات ۰/۲×۰/۵ متر مربعی در هر کرت تعیین گردید و سپس برای محاسبه وزن خشک بوته ها، در آون با دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس با ترازو با دقت ۰۰۱/ . اندازه‌گیری شد.

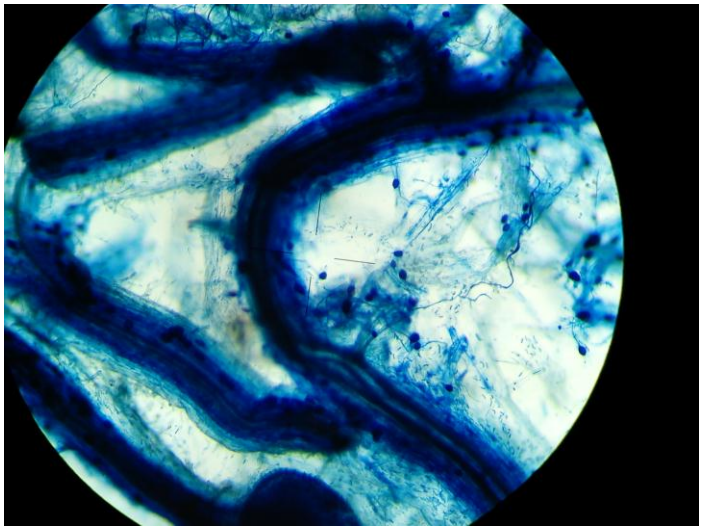
برای تعیین درصد کلونیزاسیون، پس از نرم شدن خاک از طریق آبیاری سه بوته به طور کامل از خاک بیرون آورده شد و ریشه‌های آن‌ها به خوبی با آب شستشو داده شدند، سپس ریشه‌ها جهت تعیین درصد کلونیزاسیون به روش اسلاید متد تروولت و همکاران (۱۹۸۶) به آزمایشگاه منتقل شد.

۳-۵-۱- تعیین درصد همزیستی ریشه ذرت با میکوریزا

برای تعیین درصد همزیستی میکوریزایی، مقداری از ریشه‌ها با قطر کمتر از یک میلی‌متر جدا کرده و برای نگهداری آن از الکل ۵۰ درصد (اتانول) استفاده گردید. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییریافته فیلیپس و هیمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. ریشه‌ها را کاملاً شسته و به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم (KOH) در دمای اتاق قرار داده شد. سپس ریشه‌ها و ظروف را سه بار کامل با آب مقطر شسته و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم نرمال قرار گرفتند. جهت رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محلول تریپان بلو (شامل ۲۲۵ میلی‌لیتر اسیدلاکتیک، ۳۵۰

میلی‌لیتر گلیسیرین، ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ۰/۶۵ گرم رنگ تریپان بلو)، جهت رنگ‌آمیزی قرار گرفتند. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول گلیسیرین و اسیدلاکتیک به نسبت مساوی نگهداری شدند تا رنگ اضافی ریشه‌ها خارج شود. ریشه‌های مویین به قطعات یک سانتی‌متری تقسیم شدند و در نهایت با میکروسکوپ مشاهده و درصد کلونیزاسیون ریشه از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

درصد کلونیزاسیون = (تعداد قطعات مشاهده‌شده/تعداد قطعات آلوده‌شده به میکوریزا) × ۱۰۰



شکل۳-۱- نمایی از ریشه تلقیح شده با میکوریزا در زیر میکروسکوپ

۳-۵-۲- اندازه‌گیری عناصر غذایی

جهت اندازه‌گیری فسفر از دستگاه اسپکترو فوتومتر مدل (hach, dr, 2800) و از روش رنگ سنجی (مورفای، ۱۹۶۲) استفاده شد. ابتدا برای اندازه‌گیری عناصر غذایی، سدیم، پتاسیم و فسفر مقدار یک گرم نمونه (دانه) خشک آسیاب شده درون کروزه چینی (بوته چینی) ریخته به مدت ۵ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۴۰ تا ۵۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از خنک شدن، سپس خاکستر را در فالکون قراردادیم و به آن ۱۰

میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال (HCL) اضافه کردیم. بعد نمونه‌ها را درون دستگاه بن ماری روی دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قراردادیم. سپس عصاره را درون بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری به وسیله قیف و کاغذ صافی منتقل کرده و سپس با آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد، بعد از این مرحله ۳ تا ۵ سی‌سی درون لوله قراردادیم و در نهایت برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم با توجه به نوع گیاه مقداری از عصاره حاصل را رقیق نموده و با دستگاه فلیم نوتومتر (photometer corning 405, flamr) قرائت کرده و برای اندازه‌گیری فسفر، ۵ سی‌سی از عصاره حاصل را با ۵ سی‌سی محلول مخلوط (محلول مخلوط: شامل آمونیم مولیبدات، آمونیم وانادات و اسید نیتریک غلیظ بود) در بالن ژوژه ۲۵ سی‌سی ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده، پس از نیم ساعت با دستگاه اسپکترو فوتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد.

فسفر قابل‌جذب خاک: از روش عصاره گیری اولسن برای اندازه‌گیری فسفر دانه استفاده شد. بدین ترتیب که یک گرم خاک الک شده را به ۲۰ سی‌سی محلول بیکربنات سدیم اضافه کردیم و به مدت ۳۰ دقیقه روی دور ۲۰۰rpm شیک شد. از کاغذ صافی واتمن ۴۲ برای عصاره گیری استفاده شد. (۱۴۰ سی‌سی اسید سولفوریک + ۸۷/۵ سی‌سی آب + ۱۲/۵ گرم آمونیوم مولیبدات اضافه کردیم و به حجم ۵۰۰ سی‌سی می‌رسانیم به هر نمونه ۲ سی‌سی اضافه شد).

(ساخت محلول کلرید قلع: ۲/۵ گرم کلرید قلع + ۱۰سی‌سی هیدرو کلریک اسید به بالون حجمی اضافه می‌کنیم و به حجم ۱۰۰ سی‌سی می‌رسانیم به هر نمونه ۵ قطره اضافه شد).

از عصاره هر نمونه ۲ یا ۵ سی‌سی بر می‌داریم ۲ سی‌سی از نمونه A و ۵ قطره از نمونه B به عصاره اضافه می‌کنیم و در صورت نیاز به حجم ۵۰ سی‌سی می‌رسانیم. بعد از ده دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت شد.

۳-۵-۳- شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل برای هر برگ در قسمت وسط پهنک برگ پرچم در یک سوی رگبرگ اصلی به روش دستی و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Spad 502) در مزرعه اندازه‌گیری شد.

۳-۶- تحلیل آماری نتایج

تمامی محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها، مطابق طرح آماری، به کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C صورت گرفت. برای رسم شکل‌ها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نـتـايـج و بـحث

۴-۱- کلونیزاسیون ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اثرات ساده میکوریزا، کود فسفر و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا هر یک در سطح ۱درصد و همچنین تیمار علف هرز، میکوریزا × کود فسفر بر روی کلونیزاسیون ریشه ذرت معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا و علف هرز، بیش‌ترین تأثیر بر کلونیزاسیون ریشه علف هرز مربوط به وجین × تلقیح با میکوریزا بوده (۶۵/۴۴۴ درصد) و گرچه کمترین میزان تأثیر (۲۳/۸۸۹ درصد) کلونیزاسیون ریشه مربوط به تیمار سلمه‌تره × عدم تلقیح میکوریزا بود (شکل ۴-۱) اما با تیمارهای وجین × عدم تلقیح میکوریزا و عدم وجین × عدم تلقیح میکوریزا در یک گروه آماری قرار داشتند. نتایج نشان داد که تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا میزان کلونیزاسیون ریشه ذرت را نسبت به تیمار سلمه‌تره × عدم تلقیح با میکوریزا ۶۳/۴۹ درصد افزایش داد (جدول ۴-۱).

گیاهان تیره شب بو غلظت بالایی از ترکیبات سمی را برای ریزاندامگان‌ها ترشح می‌کنند و از کلونیزه شده جلوگیری می‌کنند به عنوان مثال قارچ‌های میکروریزا قادر به آلودگی ریشه شلغم نیستند. یکی از دلایل آن اسیدی کردن خاک به وسیله ریشه این گیاه است که به محلول شدن فسفات‌ها نامحلول و جذب فسفر کمک می‌کند علاوه بر آن ریشه گیاهان تیره شب موادی مانند گلیکوزنیلات ترشح می‌کنند که ممکن است مانعی برای این همیاری باشد (کیوسی و لیجت، ۱۹۸۹). همچنین ارگانیسم‌های بسیار موثر بعد از جداسازی از خاک یا ریشه ممکن است توانایی حل کنندگی فسفات یا کلونیزاسیون خود را در اثر کشت‌های متوالی از دست بدهند. خاوازی و همکاران، (۱۳۸۰) در تحقیقات خود مشاهده کرد که ۳۰ تا ۴۰ درصد ریزاندامگان‌ها ریزوسفری و ۵۰ درصد سویه‌ها جداسازی شده از خاک توانایی حل کنندگی فسفر خود را در دومین کشت از دست دادند. این کاهش قدرت حل کنندگی یک مشکل جدی برای مایه تلقیح بود،

با توجه به اینکه کلونیزاسیون ریشه سلمه‌تره صفر بوده است ولی به نظر می‌رسد که در کلونیزاسیون ریشه ذرت تأثیرگذار بوده هر چند که با دیگر شرایط عدم تلقیح با میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل میکوریزا × کود فسفر روی درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت نشان داد که تلقیح با

میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر در هکتار توانست بیش‌ترین درصد کلونیزاسیون را ایجاد نماید، البته با تیمار تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلو فسفر (در هکتار) در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین میزان تأثیر بر صفت مذکور مربوط به عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر بود (شکل ۴-۲) هر چند که با تیمار عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر (در هکتار) در یک گروه آماری قرار داشتند. نتایج نشان داد که تیمار تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر (در هکتار) میزان کلونیزاسیون ریشه ذرت را نسبت به تیمار عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر ۶۴/۱۵ درصد افزایش داد. تحقیقات متعدد طولانی مدت (گالوز و همکاران، ۲۰۰۱؛ مدر، ۲۰۰۰)، نشا ن داده‌اند که گیاهان در مزارع زیستی و کم نهاده، نسبت به مزارع رایج، بیشتر توسط قارچ‌های میکوریزا کلونیزه شده و فراوانی اسپور و تنوع گونه‌ای در آن‌ها بیشتر است. رجالی و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که غلظت بالای عناصر معدنی، مانع اسپورزایی این قارچ‌ها می‌شود. کودهای آلی و کودهای دیر آزاد شونده سبب بهبود رشد قارچ‌های میکوریزا می‌شوند. مدر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که درصد کلونیزاسیون ریشه گیاهان، در نظام زراعی زیستی، ۴۰ درصد بیشتر از نظام زراعی رایج بود. دادز و همکاران (۱۹۹۳) ضمن مقایسه دو نظام زراعی کم نهاده و رایج تولید ذرت و سورگوم، گزارش کردند که بیش‌ترین جمعیت اسپور میکوریزا و میزان آلودگی گیاهان میزبان، در نظام زراعی کم نهاده مشاهده شد.

با توجه به نتایج به دست آمده قارچ‌های میکوریزا در صورت عدم کاربرد فسفر درصد پایینی از کلونیزاسیون را نشان داده‌اند که در این رابطه بیان‌شده که گیاه میزبان نسبت به قارچ میکوریزا در محدوده‌ای از فسفر واکنش نشان می‌دهد، این واکنش ممکن است در مقادیر بالا و پایین فسفر بازدارنده و در مقادیر متوسط فسفر تحریک کننده باشد (بتلن فالوی و همکاران، ۱۹۸۳). افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزایی از طریق حرکت سریع فسفر در هیف‌های میکوریزا روی می‌دهد (بولان، ۱۹۹۱). در خاک‌هایی که به شدت از نظر عناصر غذایی فقیر می‌باشند کود دهی گاهاً افزایش کلونیزاسیون ریشه را در پی دارد (هایمن، ۱۹۷۵). آلوش و همکاران (۲۰۰۰) گزارش نمودند که با افزایش کود فسفر درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاه نخود کاهش یافت و در پژوهش دیگری در گیاه یونجه مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر درصد کلونیزاسیون *Glomus*

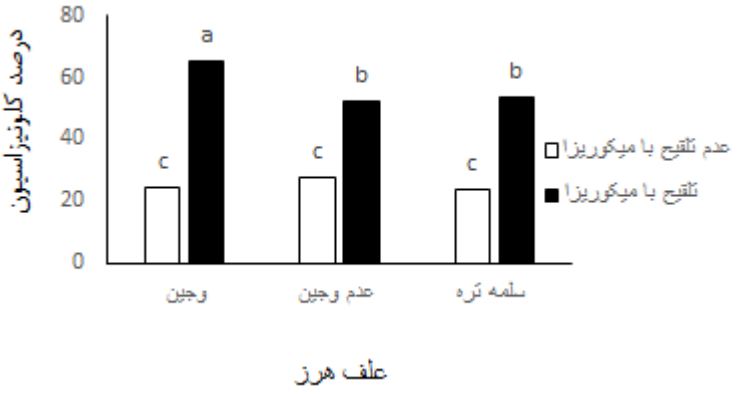
intraradices را به طور معنی‌داری کاهش داد (ساغری و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج پژوهش اختر و صدیقی (۲۰۰۸) و آلوش و همکاران (۲۰۰۰) بیانگر افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه نخود با تلقیح میکوریزا بود. همچنین در نتایج تحقیقات سبنور و لکشمن (۲۰۰۹) و ثواقبی و همکاران (۱۳۸۹)، تلقیح قارچ میکوریزا اثر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون گیاه کنجد و گندم داشت. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در ارتباط با نتایج سایر محققین و مقایسه آن با نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد میکوریزا در مقادیر متوسط فسفر شرایط بهتری برای افزایش کلونیزاسیون داشته است.

آلن (۲۰۰۱) پیشنهاد کرده است که درصد آلودگی یا درصد کلونیزاسیون طول ریشه، متغیر مناسبی برای بیان درصد آلودگی میکوریزایی نیست، زیرا درصد آلودگی، متغیری است که از رشد دو ارگانیزم وابسته به یکدیگر ولی مجزا حاصل می‌شود که هر کدام در تلاش برای به حداکثر رساندن رشد و بقای خود است، لذا مدل‌هایی از قبیل مدل لوتکا - ولترا که هر دو موجود را در نظر می‌گیرند برای فهم بیولوژی و کارکرد میکوریزا مفیدتر هستند.

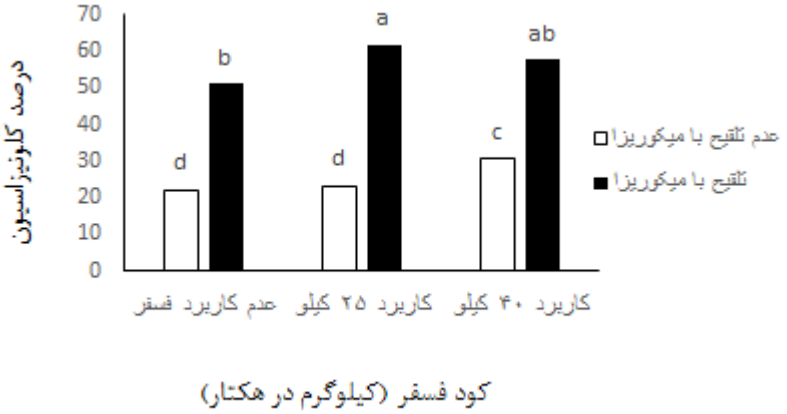
جدول (۴-۱) تجزیه واریانس(میانگین مربعات) کلونیزاسیون ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	کلونیزاسیون
بلوک	۲	۲۱۰/۰۵۶*
علف هرز	۲	۱۹۹/۳۸۹*
میکوریزا	۱	۱۳۴۷۴/۲۴۱**
کود فسفر	۲	۲۷۶/۰۵۶**
علف هرز × میکوریزا	۲	۳۳۰/۶۸۵**
علف هرز × کود فسفر	۴	۱۱۶/۸۶۱ns
میکوریزا × کود فسفر	۲	۱۷۲/۹۰۷*
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۱۴/۲۶۹ ns
خطا	۳۴	۴۷/۹۵۸
ضریب تغییرات٪		۱۶/۸۲

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱) اثر متقابل وجین و میکوریزا بر روی کلونیزاسیون ریشه ذرت



شکل (۴-۲) اثر متقابل میکوریزا و کود فسفر بر کلونیزاسیون ریشه ذرت

۴-۲- ارتفاع ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا و نیز اثرات علف هرز × فسفر در سطح ۱ درصد بر روی ارتفاع ساقه ذرت معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بالاترین تأثیر بر روی ارتفاع مربوط به سلمه‌تره × عدم تلقیح با میکوریزا بوده، اگر چه با اثرات وجین × تلقیح میکوریزا و نیز عدم وجین × تلقیح با میکوریزا در یک گروه آماری قرار داشت، و کمترین میزان تأثیر مربوط به عدم وجین و عدم تلقیح بود (شکل ۴-۳). نتایج نشان داد که اثرات سلمه‌تره × عدم تلقیح با میکوریزا میزان ارتفاع ساقه ذرت را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا ۱۳/۱۶ درصد افزایش داد (جدول ۴-۲).

این نتایج با نتایج (احتشامی و همکاران، ۱۳۸۷) که در گیاه پنبه در رقابت با علف هرز بوده مطابقت دارد که در این آزمایش حداکثر ارتفاع برای شاهد آلوده به علف‌های هرز (۱۰۸/۶ سانتی متر) مشاهده شد که نسبت به شاهد عاری از علف‌های هرز (۸۷/۱۶ سانتی متر) ۲۱ درصد بیشتر بود. احتمالاً رقابت برای نور بین گیاه زراعی و علف هرز سلمه‌تره باعث تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه شده و افزایش ارتفاع آن را در شرایط رقابت رقم زده است.

همان طور که در شکل (۴-۳) مشاهده می‌شود در حضور سایر علف‌های هرز در شرایط عدم تلقیح افزایش ارتفاع مشاهده نشده، اما در حضور سلمه‌تره افزایش ارتفاع صورت گرفته است. سلمه‌تره یکی از بدترین علف‌های هرز جهان

است و جوانه زنی آن نسبت به دیگر علف‌های هرز در دماهای پایین انجام می‌شود (هولم و همکاران، ۱۹۷۷). سبز شدن زودتر علف هرز سلمه‌تره موجب برتری رقابتی آن نسبت به ذرت شد و به دنبال آن رقابت چندانی از سوی بوته‌های ذرت جهت دریافت نور بیشتر صورت نگرفت، زیرا بوته‌های ذرت زیر کانوپی علف هرز سلمه‌تره قرار گرفتند. با توجه به اینکه در شرایط عدم وجین، علف هرز غالب مزرعه از نوع سوروف بوده، لذا این گیاه رقابت کننده قوی برای نور نیست، اما گیاه سلمه‌تره با توجه به ارتفاع بیشتر نسبت به سوروف از توان رقابتی بالاتری برخوردار است. تولنار و همکاران (۱۹۹۴) نیز دریافته‌اند که در شرایط آلودگی به علف‌های هرز، ترشح مواد سمی ناشی از ریشه این گیاهان ممکن است رشد و توسعه ریشه گیاه زراعی را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهد.

همچنین در شرایط وجین و عدم وجین در حضور میکوریزا توانست سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه نسبت به عدم تلقیح گردد. این نتایج، با نتایج اوجها و همکاران (۲۰۰۸) که بیان نمودند قارچ‌های میکوریزا سبب افزایش ارتفاع بوته گندم می‌شوند، مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند قارچ میکوریزا از طریق جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده است و در نتیجه ارتفاع بوته در مقایسه با گیاهان غیر مایکوریزایی افزایش یافته است. همچنین، علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) دریافتند که در صورت کاربرد میکوریزا در مقایسه با عدم‌کاربرد آن، افزایش ۲۰درصدی در ارتفاع بوته ذرت ایجاد می‌شود. برعکس، در شرایط حضور سلمه‌تره، تلقیح با میکوریزا باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع نسبت به عدم تلقیح شده است.

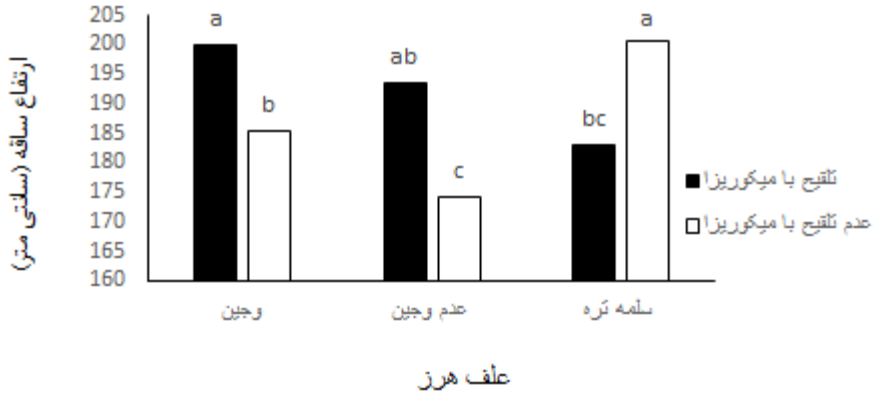
براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها کاربرد فسفر در شرایط عدم وجین در هر دو مقادیر ۲۵ و ۴۰ کیلوگرم سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع نسبت به عدم کاربرد فسفر در همین شرایط گردید (شکل ۴-۴). این امر می‌تواند مربوط به بهره‌برداری بیشتر علف هرز از کود نسبت به گیاه ذرت باشد، بیشتر علف‌های هرز بیش از میزان مورد نیاز از عناصر غذایی استفاده می‌کنند و در نتیجه این مصرف‌کننده‌های لوکس، ممکن است بیشتر از گیاه زراعی از کود بهره ببرند. با وجود اینکه عناصر غذایی موجب بهبود رشد گیاه زراعی می‌شوند، مطالعات زیادی نشان داده‌اند که افزودن کود در زمان حضور علف‌های هرز بیشتر به نفع علف‌های هرز بوده است (لین کویست، ۲۰۰۷).

تداخل علف‌های هرز نه تنها تولید کل ماده خشک گیاه زراعی را کاهش می‌دهد بلکه تسهیم آن را نیز متأثر می‌سازد، به طوری که در این شرایط، گیاه زراعی از کل ماده خشک تولیدی، نسبت کمتری را به ریشه‌ها اختصاص می‌دهد. نتایج مشابهی توسط مارون (۱۹۹۷) در مورد لوپن، استون و همکاران (۱۹۹۸) در مورد گندم و کاسپربائر و کارلن (۱۹۹۴) در مورد ذرت گزارش شده است.

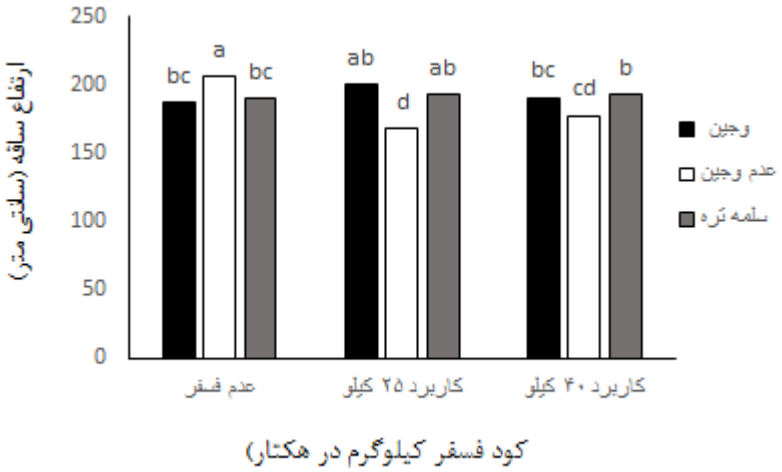
جدول (۴-۲) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع ساقه گیاه ذرت در نمونه‌برداری نهایی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه ذرت
بلوک	۲	۱۱۲۰/۳۵۰**
علف هرز	۲	۴۲۷/۲۳۱ns
میکوریزا	۱	۳۸۱/۹۲۲ ns
کود فسفر	۲	۳۲۶/۹۸۶ns
علف هرز × میکوریزا	۲	۱۸۰۹/۲۲۹**
علف هرز × کود فسفر	۴	۱۲۰۷/۹۱۷**
میکوریزا × کود فسفر	۲	۳۰/۳۱۸ns
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۲۶۴/۱۷۳ ns
خطا	۳۴	۱۳۴/۵۵۶
ضریب تغییرات٪		۶/۱۳

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۳) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر ارتفاع ساقه ذرت در نمونه‌برداری نهایی



شکل (۴-۴) اثر متقابل علف هرز و فسفر بر ارتفاع ساقه ذرت در نمونه‌برداری نهایی

۴-۳- قطر ساقه ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده علف هرز در سطح ۵ درصد، میکوریزا در سطح ۱ درصد و کود فسفر در سطح ۵ درصد و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا در سطح ۱ درصد، میکوریزا × کود فسفر در سطح ۱ درصد و نیز اثرات سه جانبه علف هرز × میکوریزا × کود فسفر در سطح ۵ درصد بر روی قطر ساقه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۴-۳). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها مقادیر بالاتر، بر روی قطر ساقه ذرت مربوط به

تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر بوده و پایین‌ترین مقادیر نیز مربوط به عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر بود هر چند که در مقادیر بالا و پایین با برخی تیمارها در یک سطح آماری قرار دارند. نتایج نشان داد که وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر میزان قطر ساقه ذرت را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر ۴۸/۴۳ درصد افزایش داد (جدول ۴-۴).. قطر ساقه در حقیقت عاملی است که استحکام گیاه به ویژه مقاومت آن را در برابر ورس به واسطه تجمع بیشتر مواد کربوهیدراتی و لیگنین در ساقه گیاه مشخص می‌کند (هاشم زاده، ۱۳۸۸). میکوریزا از طریق جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه، توانست قطر ساقه را نسبت به عدم تلقیح افزایش دهد. نادور و همکاران (۱۳۸۴) نیز طی آزمایشی وجود رابطه بین مصرف آب بیشتر و افزایش قطر ساقه را گزارش کردند. در مطالعات دیگری مشخص شد که جذب Co_2 در حضور نور در گیاهان میکوریزایی بیشتر است لذا فتوسنتز بالاتری دارند. افزایش جذب Co_2 در گیاهان میکوریزایی مربوط به کاهش مقاومت فاز مایع سلول‌های مزوفیلی برای عبور Co_2 می‌باشد. هرایدولیتون (۱۹۸۸) روابط آبی گیاه را در سطوح مختلف غلظت فسفر مورد بررسی قراردادند در این مطالعه مشخص شد که با افزایش میزان فسفر خاک تأثیر مفید میکوریزا کاهش می‌یابد و حداکثر تأثیر میکوریزا در سطوح پایین فسفر ظاهر می‌شود. میلر (۲۰۰۰) گزارش نموده است که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. قاضی و کاراکی (۲۰۰۳) بیان داشتند که گیاهان میکوریزایی به ازای تولید هر واحد ماده خشک آب کمتری مصرف می‌کنند. بنابراین (WUE) بالاتری دارند و WUE در گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش خشکی محسوس تر است.

جدول (۴-۳) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) قطر ساقه ذرت، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه
بلوک	۲	۲/۳۴۰ ns
علف هرز	۲	۱۳/۹۰۰*
میکوریزا	۱	۴۹/۵۵۵**
کود فسفر	۲	۱۰/۱۴۹*
علف هرز × میکوریزا	۲	۱۵/۹۰۸**
علف هرز × کود فسفر	۴	۳/۲۱۰ ns
میکوریزا × کود فسفر	۲	۲۶/۹۸۹**
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۷/۹۰۷*
خطا	۳۴	۲/۸۹۱
ضریب تغییرات٪		۱۲/۱۴

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول (۴-۴) مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر قطر ساقه ذرت (میلی‌متر)

میکوریزا	علف هرز	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	قطر ساقه (میلی‌متر)
عدم تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۰/۶۶۷^{fg}
		مصرف ۲۵	۱۳/۲۳۳^{cdef}
		مصرف ۴۰	۱۳/۲۳۳^{cdef}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۹/۰۳۳^{g}
		مصرف ۲۵	۱۴/۰۶۷^{cde}
		مصرف ۴۰	۱۲/۸۴^{def}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۱۳/۳^{cdef}
		مصرف ۲۵	۱۵/۴۶۳^{abcd}
		مصرف ۴۰	۱۵/۶۰۳^{abcd}
تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۷/۳۵۷^{ab}
		مصرف ۲۵	۱۷/۵۱۷^{a}
		مصرف ۴۰	۱۳/۳۱۳^{cdef}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۵/۱^{abcde}
		مصرف ۲۵	۱۲/۵۶^{ef}
		مصرف ۴۰	۱۴/۶۴۷^{bcde}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۱۴/۵۳۳^{cde}
		مصرف ۲۵	۱۶/۰۵۳^{abc}
		مصرف ۴۰	۱۳/۶۰۳^{cde}

۴-۴ – شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده علف هرز، میکوریزا و کود فسفر در سطح ۱ درصد بر روی سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۴-۵). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها تلقیح با میکوریزا میزان سطح برگ ذرت را نسبت به تیمار عدم تلقیح با میکوریزا ۱۲/۲۱ درصد افزایش داد (شکل ۴-۵). قارچ‌های

میکوریزا می‌توانند با افزایش سطح تبادلات با ترکیب محلول خاک، باعث جذب بیشتر عناصر غذایی و آب شوند و در نتیجه شرایط رشدی بهتری برای گیاهان فراهم آورند (مستاجران و ضوئی، ۱۳۸۵). بنابراین قارچ‌های میکوریزا صفات مورفولوژیکی گیاهان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند و هر عاملی که بتواند صفات مورفولوژیکی از جمله سطح برگ و وزن خشک گیاه را تحت تأثیر خود قرار دهد می‌تواند بر روی شاخص‌های رشدی نیز اثر داشته باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۷). افزایش رشد گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا توسط میرانس و همکاران، ۲۰۰۷ و استارنو و وجانوویک، ۲۰۰۷ نیز گزارش شده است. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر روی سطح برگ در تیمار علف هرز مربوط به وجین بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم وجین بود (شکل ۴-۶). نتایج نشان داد که تیمار وجین میزان سطح برگ ذرت را نسبت به تیمار عدم وجین ۱۴/۷۴ درصد افزایش داد. اما کنترل شیمیایی علف‌های هرز تنها راه علاج و بهترین روش حل مشکل علف‌های هرز و مدیریت آن‌ها نیست (توبه، ۱۳۷۸؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷). دو هدف اصلی در مدیریت علف‌های هرز دنبال می‌شود اول اینکه: کاهش تراکم علف‌های هرز به سطح قابل‌تحمل و دوم اینکه: تغییر ترکیب جمعیت علف‌های هرز به سمت گونه‌هایی باقدرت تهاجمی کم که به راحتی کنترل می‌شوند. این اهداف می‌توانند با بهره‌گیری از عملیات مکانیکی، زراعی، بیولوژیکی و کنترل شیمیایی مناسب، تحقق یابند (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷). هر چند ذرت نسبت به سایر گیاهان زراعی رقابت کننده ضعیفی در برابر علف‌های هرز نیست، اما به هر حال نیاز مبرمی به کنترل علف‌های هرز دارد. در صورت عدم کنترل علف‌های هرز، بسته به تراکم و تنوع علف‌های هرز، عملکرد ذرت ممکن است از ۱۵ تا ۹۰ درصد کاهش یابد (ویلیامز، ۲۰۰۸).

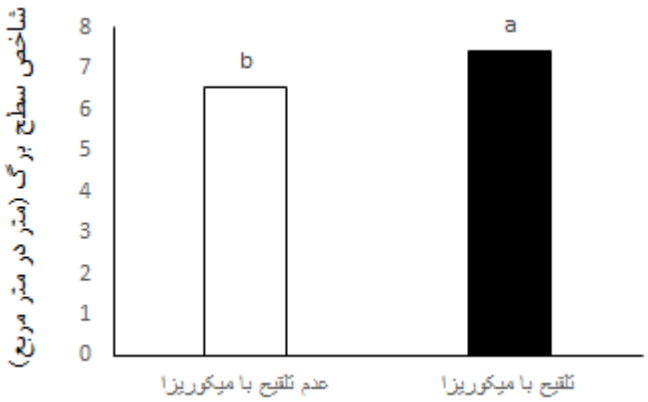
تیمار کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر میزان سطح برگ ذرت را نسبت به تیمار عدم کاربرد فسفر ۱۰/۶۳ درصد افزایش داد اگر چه کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر با کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل۴-۷). فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان و ریز جانداران می‌باشد و در کلیه فرآیندهای

بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و ساخت غشاءهای سلول و کارهای انتقال انرژی دخالت دارد، افزون بر آن فسفر در ساختار بیوشیمیایی فسفولیپیدها، نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). فسفر نقش اساسی در تغذیه همه گیاهان دارد و در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در موجودات زنده شرکت دارد (وانس و همکاران، ۲۰۰۳). کمبود فسفر سرعت رشد و نمو را کند کرده و از عملکرد محصول می‌کاهد. گیاهان از همان مراحل اولیه رشد برای تولید محصول بهینه، نیاز به فسفر کافی دارند (گرنت و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهش تورک و تاواها (۲۰۰۲) با کاربرد مقادیر مختلف فسفر، بالاترین عملکرد گیاه باقلا در بالاترین سطح فسفر (۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. شواهدی در دست است که فسفر محلول خاک باید دائماً جایگزین شود و اگر مقدار کمی فسفر به صورت پایدار در اختیار گیاهان باشد به خوبی می‌توانند رشد کنند (لطف الهی و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین شارما (۲۰۰۲) بیان کرد یکی از فواید کود فسفر این است که باعث می‌شود گیاهان ریشه‌های بیشتر و عمیق‌تری تولید کنند و فسفر با دخالت در طول، ظرافت و تراکم ریشه به طور غیر مستقیم موجب افزایش عملکرد می‌گردد. در مجموع می‌توان گفت تیمارهای وجین علف هرز، کاربرد کود فسفر و تلقیح میکوریزا از طریق بهبود وضعیت رشدی ذرت سبب افزایش سطح برگ و متعاقباً افزایش فتوسنتز و رشد گیاه شده و افزایش عملکرد گیاه زراعی را به همراه داشته است.

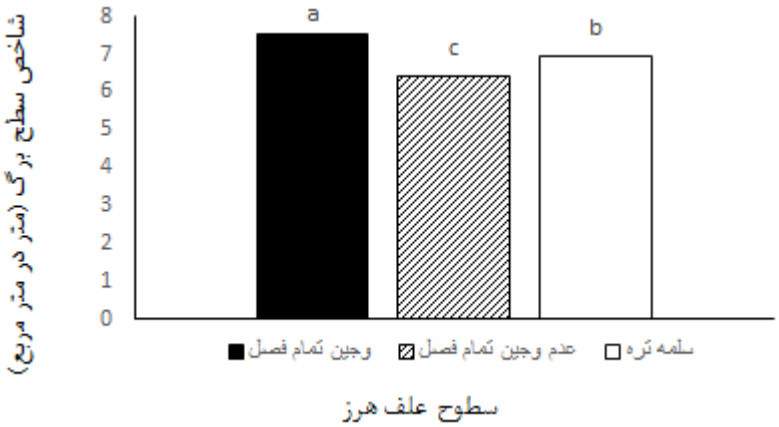
جدول (۴-۵) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطح برگ ذرت در نمونه‌برداری نهایی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۰/۳۲۵ ns
علف هرز	۲	۵/۵۸۶**
میکوریزا	۱	۱۱/۱۴۳**
کود فسفر	۲	۲/۸۷۱**
علف هرز × میکوریزا	۲	۱/۰۳۵ ns
علف هرز × کود فسفر	۴	۰/۹۹۰ ns
میکوریزا × کود فسفر	۲	۰/۳۶۹ ns
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۰/۳۴۲ ns
خطا	۳۴	۰/۵۳۱
ضریب تغییرات٪		۱۰/۴۲

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۵) اثر میکوریزا بر روی شاخص سطح برگ



شکل (۴-۶) اثر علف هرز بر روی شاخص سطح برگ

شکل (۴-۷) اثر کود فسفر بر روی شاخص سطح برگ

۴-۵- تعداد دانه در ردیف بلال

یکی از صفات مهم که از آن به عنوان اجزای عملکرد یاد می‌گردد صفت تعداد دانه در ردیف بلال می‌باشد که همانند وزن هزار دانه نقش موثری بر شکل‌گیری عملکرد دانه دارد. بررسی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اثرات ساده میکوریزا و کود فسفر و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا، میکوریزا × کود فسفر هر یک در سطح ۱درصد بر روی تعداد دانه در ردیف بلال ذرت معنی‌دار بود (جدول ۴-۶). براساس نتایج حاصل از مقایسه

میانگین تیمارها تلقیح با میکوریزا در تمام سطوح علف هرز نسبت به عدم تلقیح اختلاف معنی‌داری داشت هر چند که تیمار وجین و حضور سلمه تره در شرایط تلقیح با تیمار عدم تلقیح و وجین در یک سطح آماری قرار دارند. بیش‌ترین تأثیر بر روی تعداد دانه در ردیف بلال مربوط به اثرات دو جانبه عدم وجین × تلقیح با میکوریزا بوده است و کمترین تأثیر مربوط به عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا بود (شکل ۴-۸). نتایج نشان داد که تیمار عدم وجین × تلقیح با میکوریزا میزان دانه در ردیف بلال را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا ۳۷/۰۳ درصد افزایش داد. فسفر از عوامل مؤثر بر بهبود خصوصیات زایشی گیاه بوده است و سبب افزایش تعداد گل و دانه و میوه در گیاه می‌شود (کوک، ۲۰۰۵). جذب بیشتر این عناصر شاخص سطح برگ را نیز که خود عاملی است برای ازدیاد مواد فتوسنتزی و در نتیجه مواد حاصله از فرایند فتوسنتز را افزایش داده که این اتفاق اگر در زمان انگیزش پریموردیای دانه رخ دهد، باعث افزایش تعداد دانه شده و عملکرد را بهبود می‌بخشد (زادی و همکاران، ۱۹۹۳). تحقیقات نشان داده که علاوه بر فسفر، نیتروژن نیز جزء عناصری است که گیاهان میکوریزایی جذب آن را افزایش داده است (علیزاده، ۱۳۸۶). تلقیح بذر ذرت با میکوریزا اثرات مثبتی بر جذب عناصر غذایی و مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه، افزایش تولیدات فیتوهورمونی مانند ترکیبات اکسینی و سیتوکنین، افزایش رشد ریشه‌های مویین، تشدید فعالیت تثبیت ازت و افزایش عملکرد شده است (زادی و همکاران، ۱۹۹۴).

گیون و همکاران (۲۰۰۲) افزایش درصد و سرعت جوانه زنی، تسریع گلدهی و افزایش گل‌ها، افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاه، کاهش پاتوژن‌ها و افزایش مقاومت گیاه، و افزایش قدرت رقابت گیاه در برابر علف‌های هرز و نیز جلوگیری از استقرار، رشد و تولید بذر علف‌های هرز را از جمله نقش‌های باکتری‌ها و قارچ‌های تحریک‌کننده رشد گیاه، ذکر کرده‌اند. پانوار (۱۹۹۱) گزارش کرد که در گندم تلقیح شده با قارچ *Glomus fasciculatum*، غلظت کلروفیل، میزان فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌های نیترات ریداکتاز و گلوتامین سینتتاز افزایش یافت و عملکرد دانه در حداکثر مقدار خود بود.

براساس مقایسه میانگین تیمارهای کود فسفر و میکوریزا در شرایط تلقیح با میکوریزا در تمام سطوح کود فسفر نسبت به عدم تلقیح باعث افزایش تعداد دانه در ردیف بلال شد هر چند که اثرات متقابل عدم فسفر و کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر در زمان تلقیح با کاربرد ۲۵ کیلو فسفر و عدم تلقیح در یک سطح آماری قرار دارند. بیش‌ترین تأثیر بر روی تعداد دانه در ردیف بلال مربوط به اثرات دو جانبه تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر بود (شکل ۴-۹). نتایج نشان داد که تیمار میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر میزان تعداد دانه در ردیف بلال را نسبت به تیمار عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر ۵۴/۱۱ درصد افزایش داد. به طور کلی کاربرد میکوریزا در شرایط حضور علف هرز سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در ردیف نسبت به شرایط عدم حضور علف هرز گردید. ترک و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتندکه نقش اصلی قارچ میکوریزا آربوسکولار تأمین فسفر برای گیاه است، چرا که فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم تحرک است حتی درصورتی‌که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت به شکل‌کلسیم فسفات یا دیگراشکال ثابت به صورت غیر متحرک در می‌آید، لذا قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع بیوماس بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفرکم، نقشی اساسی دارند.

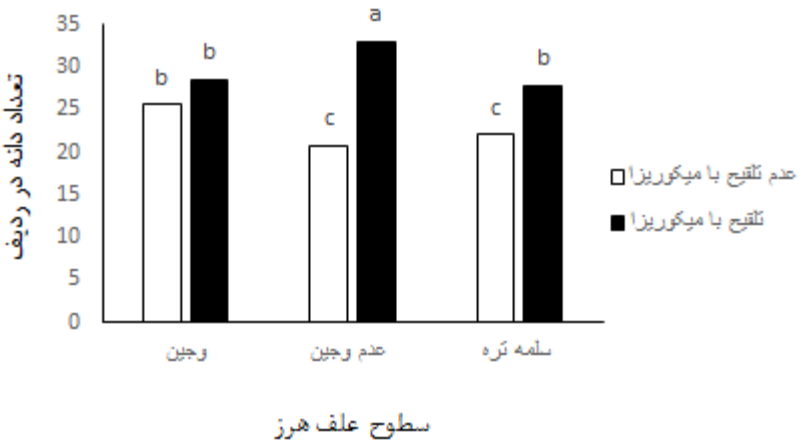
اثر افزایش قارچ‌های میکوریزی روی جذب نیتروژن و عناصرکم مصرف نیز مشخص‌شده که می‌تواند به دو دلیل باشد: اول اینکه هیف‌های قارچی باعث توسعه ریشه و افزایش جذب مواد مغذی می‌شود و دلیل‌دوم اینکه برقراری همزیستی میکوریزا با ریشه گیاه میزبان باعث انتقال عناصر مغذی از خاک به ریشه گیاه شده و بنابراین رشد گیاه را افزایش می‌دهد. راین و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند، زمانی که فراهمی فسفات قابل‌دسترس خاک برای گیاه بیش از حد مورد نیاز است، اندوفیت قارچی زائد و غیرضروری می‌گردد، بنابراین قارچ می‌تواند صرفاً یک پارازیت (انگل) باشد و باعث می‌شود که کربن در گیاهان تخلیه‌شده و عملکرد کاهش یابد. با توجه به نتایج به دست آمده در این بررسی افزایش فسفر خاک باعث کاهش فعالیت میکوریزا شد، لذا

فعالیت میکوریزا مستقل از فسفر خاک نیست. با توجه به این نکته می‌توان دریافت که میکوریزا به همراه کاربرد سطح دوم فسفر توانسته با اعمال بیش‌ترین تأثیر از طریق جذب بهتر فسفر از خاک روی اجزاء عملکرد تأثیر معنی‌دار داشته باشد. از آنجا که مقدار مصرف فسفر از اهمیت خاصی در این بررسی برخوردار است لذا استفاده کمتر فسفر به همراه میکوریزا و حصول بیش‌ترین عملکرد مدنظر می‌باشد. بنابراین کاربرد میکوریزا به همراه بهترین سطح کاربرد کود فسفر (۲۵ کیلوگرم در هکتار) علاوه بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد موجب کاهش مصرف کود شیمیایی فسفر گردید. نتیجه کلی اینکه میکوریزا در شرایط حضور علف هرز نسبت به عدم حضور آن‌ها موثر بود. همچنین کاربرد فسفر در هر شرایط کودی موثر بود.

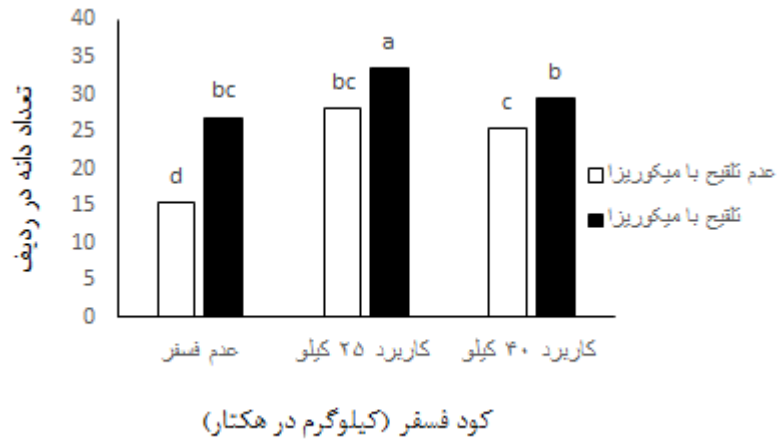
جدول (۴-۶) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد دانه در ردیف بلال، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در ردیف بلال
بلوک	۲	۳۲/۷۹۰^{ns}
علف هرز	۲	۲۵/۶۰۶^{ns}
میکوریزا	۱	۶۵۹/۲۱۵**
کود فسفر	۲	۴۲۸/۱۳۶**
علف هرز × میکوریزا	۲	۱۰۳/۲۵۳**
علف هرز × کود فسفر	۴	۲۶/۲۰۹^{ns}
میکوریزا × کود فسفر	۲	۷۲/۷۴۶**
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۲۱/۵۵۸^{ns}
خطا	۳۴	۱۱/۰۶۱
ضریب تغییرات٪		۱۲/۶۰

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۸) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر تعداد دانه در ردیف بلال



شکل (۴-۹) اثر متقابل میکوریزا و فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال

۴-۶- تعداد ردیف دانه در بلال

یکی دیگر از اجزای عملکرد تعداد ردیف دانه در بلال است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده میکوریزا در سطح ۱ درصد، کود فسفر در سطح ۵ درصد، و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × کود فسفر در سطح ۵ درصد، میکوریزا × کود فسفر در سطح ۱ درصد و نیز اثرات سه جانبه علف هرز × میکوریزا × کود فسفر در سطح ۵ درصد بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۴-۷). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین

تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر روی تعداد ردیف دانه در بلال مربوط به اثرات سه جانبه وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بوده و کمترین تأثیر مربوط به وجین × تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر بود (جدول ۴-۸). نتایج‌نشان داد که تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر تعداد ردیف دانه در بلال را نسبت به تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر ۲۱/۵۶ درصد افزایش داد. کاظمی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی بر روی ذرت مشاهده نمودند که اثر تیمارهای فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بوده‌است. بررسی اثر مقادیر مختلف فسفر بر تعداد ردیف در بلال نیز نشان داد که بین سطوح مختلف فسفر از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت. قارچ میکوریزا آربسکولار جذب عناصر غذایی، به ویژه فسفر و عناصر ریزمغذی نظیر روی و مس را بهبود می‌بخشد و باعث تحریک رشد و کاهش اثرات تنش‌های محیطی روی گیاه میزبان می‌شود (صدیقی، ۲۰۰۸). این قارچ از طریق افزایش زیست توده ساقه به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط هیف‌ها و یا بهبود رشد ریشه و همچنین افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی در ساقه به علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می‌تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن عملکرد دانه را بهبود ببخشد (بومسما، ۲۰۰۸). امیر آبادی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردن که کاربرد میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار صفات تعداد دانه در ردیف بلال (۷/۲ درصد)، تعداد ردیف دانه در بلال (۳/۲ درصد)، تعداد دانه در بلال (۹/۸ درصد) و وزن بلال (۲/۳ درصد) نسبت به عدم کاربرد آن شد. افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به وسیله کاربرد قارچ میکوریزا آربسکولار توسط ثمربخش (۱۳۸۵) تأییدشده است.

جدول (۴-۷) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد ردیف دانه در بلال، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ردیف دانه در بلال
بلوک	۲	۰/۳۰۹ ns
علف هرز	۲	۰/۰۶۳ ns
میکوریزا	۱	۶/۰۹۸**
کود فسفر	۲	۲/۵۱۲*
علف هرز × میکوریزا	۲	۰/۷۹۷ ns
علف هرز × کود فسفر	۴	۲/۲۷۴*
میکوریزا × کود فسفر	۲	۴/۲۸۱**
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۲/۲۲۱*
خطا	۳۴	۰/۵۸۴
ضریب تغییرات٪		۵/۲۷

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول (۴-۸) مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال

میکوریزا	علف هرز	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	تعداد ردیف دانه در بلال
عدم تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۴/۲۳۷^{bcd}
		مصرف ۲۵	۱۴/۷۳۹^{abc}
		مصرف ۴۰	۱۵/۴۰۷^{ab}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۵/۴۰۷^{ab}
		مصرف ۲۵	۱۴/۷۴^{abc}
		مصرف ۴۰	۱۳/۷۳۳^{cd}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۱۵/۲۳۷^{ab}
		مصرف ۲۵	۱۴/۷۳۷^{abc}
		مصرف ۴۰	۱۵/۲۴^{ab}
تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۲/۲۱۳^{e}
		مصرف ۲۵	۱۵/۵۷^{a}
		مصرف ۴۰	۱۴/۴۰۳^{abcd}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۳/۹^{cd}
		مصرف ۲۵	۱۳/۹^{cd}
		مصرف ۴۰	۱۵/۴۰۷^{ab}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۱۳/۳۹۳^{de}
		مصرف ۲۵	۱۴/۷۴^{abc}
		مصرف ۴۰	۱۳/۹^{cd}

۴-۷- طول بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده علف هرز در سطح ۵ درصد، میکوریزا و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا در سطح ۱ درصد و علف هرز × کود فسفر در سطح ۵ درصد بر روی طول بلال معنی‌دار بود (جدول ۴-۹). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر روی طول بلال در تیمار علف

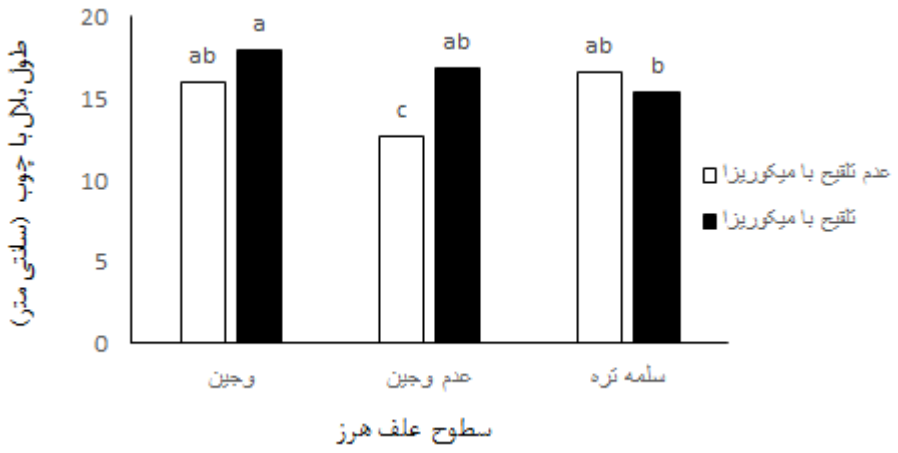
هرز × میکوریزا مربوط به اثرات دوجانبه وجین × میکوریزا بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا بود (شکل ۴-۱۰). نتایج نشان داد که تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا میزان طول بلال را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا ۲۹/۲۴ درصد افزایش داد. همچنین در تیمار علف هرز × کود فسفر بیش‌ترین تأثیر بر روی طول بلال مربوط به اثرات دو جانبه وجین× کاربرد ۲۵ کیلو فسفر بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم وجین × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بود (شکل ۴-۱۱). نتایج نشان داد که تیمار وجین× کاربرد ۲۵ کیلو فسفر میزان طول بلال با چوب را نسبت به تیمار عدم وجین × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر ۳۴/۸۹ درصد افزایش داد. امیرآبادی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردن که کاربرد میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار صفات طول بلال (۱۴/۵ درصد) و قطر بلال بدون پوشش (۱۸ درصد) شده است. ردی و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که کاربرد قارچ میکوریزی به تنهایی و یا همراه با ازتوباکتر، میزان نیتروژن، فسفر، پتاس و کلروفیل را در گونه‌های توت به نحو معنی‌دار افزایش دادند. آن‌ها دلیل آن را افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ میسیلیوم‌های قارچ به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند. در همین راستا رمرودی و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند با افزایش میزان کود نیتروژن ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، و طول سنبله افزایش یافت.

رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۹) اظهار کردند با افزایش استفاده از کود نیتروژن طول سنبله در گندم افزایش پیدا کرد. بنابراین به نظر می‌رسد در آزمایش ما دسترسی بیشتر به آب و عناصر غذایی در تیمارهای تلقیح با میکوریزا توانسته است با بهبود رشد ذرت سبب افزایش طول سنبله شود.

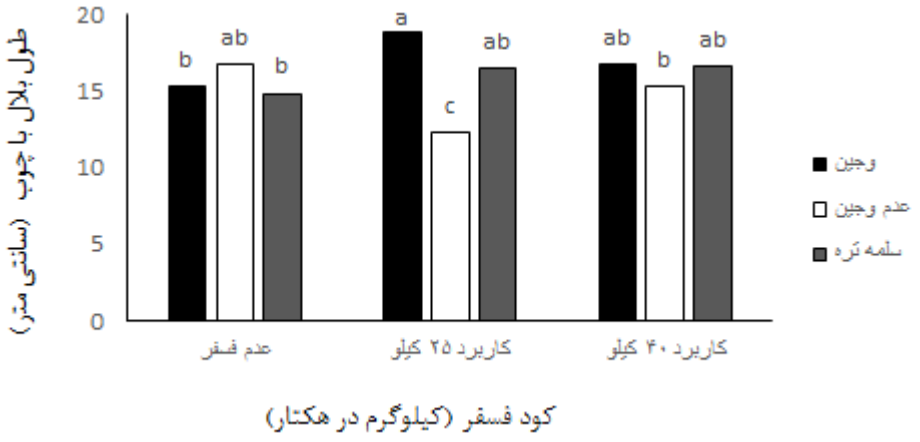
جدول (۴-۹) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) طول بلال تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	طول بلال
بلوک	۲	۲۳/۶۹۱*
علف هرز	۲	۲۲/۱۵۹*
میکوریزا	۱	۳۵/۶۸۵**
کود فسفر	۲	۱/۴۳۶ ns
علف هرز × میکوریزا	۲	۳۱/۸۳۹**
علف هرز × کود فسفر	۴	۲۷/۰۲۴*
میکوریزا × کود فسفر	۲	۱۲/۷۰۵ ns
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۶/۱۱۰ ns
خطا	۳۴	۴/۶۲۵
ضریب تغییرات٪		۱۳/۵۳

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱۰) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر طول بلال



شکل (۴-۱۱) اثر متقابل علف هرز و فسفر بر طول بلال

۴-۸- وزن صد دانه

صفت مهم دیگری که نقش موثری در عملکرد دانه دارد و از آن به عنوان یکی از اجزای عملکرد در بسیاری از تحقیقات زراعی نام‌برده می‌شود، وزن ۱۰۰ دانه می‌باشد. جدول ۴-۱۰ نتایج تجزیه واریانس وزن صد دانه را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اثرات ساده علف هرز و میکوریزا در سطح ۵ درصد و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا، علف هرز × کود فسفر و همچنین اثرات سه جانبه علف هرز × میکوریزا × کود فسفر هر یک در سطح ۱درصد بر روی وزن ۱۰۰ دانه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۰). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر روی وزن ۱۰۰ دانه مربوط به اثرات سه جانبه وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بوده و کمترین تأثیر مربوط عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلو فسفر در هکتار بود (جدول ۴-۱۱). نتایج‌نشان داد که تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر وزن ۱۰۰ دانه را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلو فسفر ۴۵/۱۳ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد که قارچ میکوریزا با افزایش جذب آب، مواد غذایی و فتوسنتز گیاه باعث می‌شود در مرحله پر شدن دانه‌ها، شیره پرورده کافی به دانه‌ها منتقل‌شده و در نتیجه دانه‌های درشت با وزن بالا تولید گردد. در این زمینه گزارشات حاکی از آن است که در غلات مختلف همزیستی با میکوریزا باعث افزایش

وزن صد دانه می‌شود (اردکانی، ۱۳۸۹). پانوار (۱۹۹۳) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزایی موجب افزایش وزن هزار دانه سویا گردید. همان طور که در جدول (۴-۱۱) مشاهده می‌شود زمانی که میکوریزا با سطوح بالای فسفر در مقایسه با سطوح پایین فسفر مورد استفاده قرار گرفته تأثیر کمتری در وزن ۱۰۰ دانه داشته بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سطح پایین کود فسفر، شرایط بهتری را برای همزیستی میکوریزا با ریشه ذرت فراهم کرده و در نتیجه باعث بهبود وزن ۱۰۰ دانه ذرت می‌شود. ولی در سطوح بالای کود شیمیایی این همزیستی کاهش‌یافته و حتی ممکن است فسفر زیاد بازدارنده این شرایط همزیستی باشد (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰). در واقع همزیستی قارچ میکوریزا بدون استفاده از کود شیمیایی فسفر به بالاترین میزان رسیده است. زیرا افزایش مقدار فسفر موجود در کود شیمیایی سبب کاهش فعالیت قارچ می‌شود.

با توجه به اینکه علف‌های هرز قدرت بیشتری نسبت به گیاهان زراعی در رقابت و جذب عناصر غذایی دارند، لذا با افزایش کاربرد کود فسفر (کاربرد۴۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش وزن صد دانه را شاهد خواهیم بود. در گزارش افلاکپوی و همکاران (۱۹۹۸) علف جادو موجب کاهش جذب نیتروژن ویژه ریشه ذرت شد. بالا بودن توانایی جذب توسط علف‌های هرز (در مقایسه با گیاهان زراعی) توسط محققین دیگر نیز مورد تأکید قرار گرفته است (دیویس و لیبمن، ۲۰۰۱).

جدول (۴-۱۰) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن ۱۰۰ دانه ذرت، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن ۱۰۰ دانه
بلوک	۲	۱۹/۰۶۳**
علف هرز	۲	۱۲/۳۷۴*
میکوریزا	۱	۱۳/۶۶۴*
کود فسفر	۲	۶/۷۹۱ ns
علف هرز × میکوریزا	۲	۴۸/۲۸۶**
علف هرز × کود فسفر	۴	۱۸/۰۰۹**
میکوریزا × کود فسفر	۲	۰/۰۰۷ ns
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۱۴/۸۹۲**
خطا	۳۴	۲/۶۰۳
ضریب تغییرات٪		۱۱/۱۶

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول (۴-۱۱) مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر وزن ۱۰۰ دانه ذرت (گرم)

میکوریزا	علف هرز	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
عدم تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۳/۸۵۶^{defg}
		مصرف ۲۵	۱۵/۳۲۸^{bcde}
		مصرف ۴۰	۱۳/۷۲۱^{defg}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۴/۱۸۵^{def}
		مصرف ۲۵	۱۱/۴۷۵^{ghi}
		مصرف ۴۰	۹/۹۹۹^{i}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۱۵/۱۱۳^{bcde}
		مصرف ۲۵	۱۵/۹۸^{abcd}
		مصرف ۴۰	۱۵/۹۷۷^{abcd}
تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۶/۱۴۵^{abcd}
		مصرف ۲۵	۱۸/۲۴۹^{a}
		مصرف ۴۰	۱۴/۷۴۲^{cde}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۷/۰۳۴^{abc}
		مصرف ۲۵	۱۱/۹۷۸^{fghi}
		مصرف ۴۰	۱۷/۴۸۴^{ab}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۱۲/۸۶۹^{efgh}
		مصرف ۲۵	۱۵/۵۷۷^{abcd}
		مصرف ۴۰	۱۰/۶۱^{hi}

۴-۹- عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اثرات ساده علف هرز، میکوریزا و نیز کود فسفر و همچنین اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا هر یک در سطح ۱ درصد بر روی عملکرد بیولوژیک ذرت معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر روی عملکرد بیولوژیک علف هرز مربوط به اثرات دو جانبه وجین × تلقیح با میکوریزا بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا بود (جدول۴-۱۲).

نتایج نشان داد که تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا میزان عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا ۴۴/۳۷ درصد افزایش داد (شکل ۴-۱۲). بریلا و دانیوای (۱۹۹۷) گزارش دادند که میکوریزا با افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. قارچ میکوریزا آربسکولار نیز به دلیل افزایش سطح ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده است (جهان و همکاران، ۱۳۸۶) که این امر موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش وزن خشک کل گیاه و عملکرد دانه ذرت می‌گردد. برای گیاه ذرت یک دوره‌ی بحرانی ۲۸ تا ۳۰ روز پس از کاشت در مورد تداخل طبیعی فلور علف‌های هرز گزارش شده است (هاگود، ۲۰۰۱). حجازی و همکاران (۱۳۷۹) رابطه معکوس بین وزن خشک علف هرز و عملکرد دانه و ماده خشک ذرت را گزارش کردند. یعنی اینکه با افزایش میزان وزن علف هرز میزان عملکرد و عملکرد بیولوژیک کاهش خواهد یافت. مطالعات نگواجیو و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که وزن خشک تولیدی ارقام مختلف ذرت در اثر رقابت با گاو پنبه *(Abutilon theophrasti)* کاهش یافت. این موضوع موید آن است که هر چه محدودیت منابع (شدت رقابت) بیشتر شود، به دلیل حساسیت زیادتر رشد زایشی ذرت، میزان کاهش عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک نیز بیشتر خواهد شد. این نتایج با مشاهدات کاورو و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد.

همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین سطوح فسفر نشان داد که بیش‌ترین تأثیر بر روی عملکرد بیولوژیک مربوط به کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم کاربرد کود فسفر بود (شکل ۴-۱۳). نتایج حاصل نشان داد که تیمار کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر میزان عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار عدم کاربرد کود فسفر ۱۳/۲۶ درصد افزایش داد.

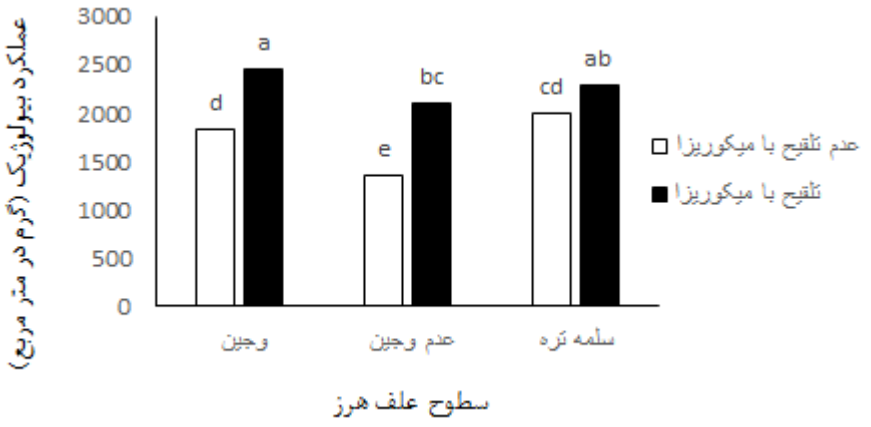
با توجه به اهمیت کود فسفر بررسی‌های انجام‌شده روی چندگونه لگوم نشان داد که گونه (*Medicago polymorpha*) در شرایط کمبود فسفر ریشه‌های کوتاه‌تر و ضخیم‌تر با وزن ریشه کمتری تولید کردند (پاینتر،

۱۹۹۳). نتایج بدست آمده از تحقیقات متعدد نقش فسفر را در افزایش میزان توسعه ریشه و جذب عناصر اثبات نموده است (زایدن، ۲۰۰۷).

جدول (۴-۱۲) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد بیولوژیک ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۱۷۷۱۶/۶۶۴^{ns}
علف هرز	۲	۱۰۱۲۹۴۴/۶۲۹**
میکوریزا	۱	۴۰۷۹۵۰۸/۹۷۸**
کود فسفر	۲	۳۸۴۰۳۱/۸۸۴**
علف هرز × میکوریزا	۲	۲۳۶۴۳۸/۴۴۳**
علف هرز × کود فسفر	۴	۶۸۸۸۸/۶۲۶^{ns}
میکوریزا × کود فسفر	۲	۸۶۸۵۰/۸۵۰^{ns}
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۱۷۷۶۶/۸۹۶^{ns}
خطا	۳۴	۴۱۶۱۵/۹۳۴
ضریب تغییرات٪		۱۰/۲۰

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱۲) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر روی عملکرد بیولوژیک

شکل (۴-۱۳) اثرات ساده کود فسفر بر روی عملکرد بیولوژیک

۴-۱۰- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده میکوریزا و کود فسفر هر کدام در سطح ۱ درصد و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا، علف هرز × کود فسفر در سطح ۱ درصد و همچنین کود فسفر × میکوریزا در سطح ۵ درصد و نیز اثرات سه جانبه علف هرز × میکوریزا × کود فسفر در سطح ۱ درصد بر روی عملکرد دانه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۳). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر عملکرد دانه ذرت مربوط به اثرات سه جانبه وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر در هکتار بوده و کمترین تأثیر مربوط به سلمه‌تره × عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر در هکتار بود. نتایج نشان داد که تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر در هکتار عملکرد دانه ذرت را نسبت به تیمار سلمه‌تره × عدم تلقیح با میکوریزا × عدم کاربرد فسفر ۶۷/۴۷ درصد افزایش داد (جدول ۴-۱۴).

لیک برگ و کویید (۲۰۰۵) گزارش کرده‌اند که همزیستی میکوریزا در شرایط گلخانه‌ای افزایش ۲۳ درصدی عملکرد ذرت را به دنبال دارد. تامسپون (۱۹۹۴) گزارش نمود که عملکرد دانه در گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی بود و وزن خشک دانه آن‌ها نیز همبستگی مستقیم با همزیستی میکوریزایی دارد. از

آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی نظیر وزن هزار دانه، بهبود جذب عناصر غذایی و عملکرد بیولوژیک می‌باشد. بنابراین همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه ذرت از طریق افزایش این صفات، سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم تلقیح آن گردیده است. در پژوهش‌هایی که در همین خصوص بر روی گندم و ماش سبز تحت شرایط گلخانه‌ای انجام شد، مشخص شد که کاربرد مایه تلقیح میکوریزایی موجب بهبود بارز عملکرد دانه در هر دو گیاه یادشده در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزا گردید (سینگ و کاپور، ۱۹۸۸). احتشامی و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تلقیح بذر ذرت با میکوریزا اثر مثبتی بر جذب فسفر و عناصر غذایی و عملکرد دارد و در مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه، افزایش تولیدات فیتو هورمونی، افزایش رشد ریشه‌های مویین، با تشدید میزان فتوسنتز باعث افزایش رشد و نمو گیاه میزبان می‌شود. از طرفی میکوریزا باعث تولید هورمون‌های رشد در گیاه شده، باعث رشد و توسعه ریشه می‌شود. در اثر افزایش رشد ریشه، فراهمی ماده جذبی و مواد آسمیلاته نیز بیشتر شده و در نتیجه طول دوره پر شدن دانه افزایش پیداکرده و باعث افزایش تجمع ماده‌ی خشک در دانه شده که متعاقباً باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. تعداد دانه با وزن هزار دانه رابطه‌ای عکس دارد یعنی با کاهش تعداد دانه سهم هر یک از دانه‌ها از مواد فتوسنتزی بیشتر شده و در نتیجه وزن هزار دانه و متعاقباً عملکرد دانه نیز بیشتر می‌شود. کولیایی و همکاران (۲۰۱۲) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود فسفره در ذرت منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت می‌گردد. کولومب و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که با افزایش میزان مصرف فسفر رشد گیاه تحت تأثیر قرارگرفته، شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه افزایش‌یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد می‌گردد. به نظر می‌رسد تأمین فسفر گیاه باعث افزایش رشد و همچنین توسعه سطح برگ شده و با افزایش سطح فتوسنتزی گیاه عملکرد نهایی تحت تأثیر قرار گرفته است.

فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه محسوب شده و کمبود این عنصر باعث اختلال در رشد و متابولیسم داخل گیاه می‌شود (پرساد و پاور، ۱۹۹۷) لذا با توجه به سطوح استفاده‌شده فسفر می‌توان نتیجه گرفت که افزایش این عنصر تا یک حد معین باعث افزایش عملکرد می‌شود ولی کاربرد بیش از حد آن تأثیری بر

عملکرد نخواهد داشت که در این خصوص، گزارش نتایج (موسوی و همکاران، ۲۰۰۵) مؤید نتایج فوق می‌باشد. دونالد (۲۰۰۶) در گزارشی عنوان کرد که قطع کردن علف‌های هرز بین ردیف‌های کاشت ذرت، باعث کاهش جمعیت علف‌های هرز یک ساله به کمترین میزان شد، بدون این که عملکرد دانه ذرت کاهش یابد. کنترل علف‌های هرز و حذف آن‌ها از صحنه رقابت با گیاه زراعی می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصول نسبت به شاهد عدم کنترل علف‌های هرز شود که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (نورس و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول (۴-۱۳) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه ذرت
بلوک	۲	۳۰۲۸۲/۹۰۰ ns
علف هرز	۲	۱۲۹۷۱۷/۷۸۵ ns
میکوریزا	۱	۶۲۶۴۳۵/۰۹۲**
کود فسفر	۲	۹۶۹۲۳۱/۱۵۹**
علف هرز × میکوریزا	۲	۴۲۹۰۳۱/۳۹۴**
علف هرز × کود فسفر	۴	۴۰۸۰۷۲/۳۵۱**
میکوریزا × کود فسفر	۲	۱۶۳۴۳۹/۷۶۲*
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۱۸۳۹۵۱/۰۵۴**
خطا	۳۴	۴۶۱۷۷/۷۳۵
ضریب تغییرات٪		۲۰/۳۴

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول (۴-۱۴) مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه علف هرز، میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر عملکرد دانه ذرت (گرم در مترمربع)

میکوریزا	علف هرز	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
عدم تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۸۰۹/۸۳۲^{efg}
		مصرف ۲۵	۱۳۶۷/۸۶۸^{bcd}
		مصرف ۴۰	۱۱۱۵/۳۵۳^{de}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۵۹۳/۳۸۸^{g}
		مصرف ۲۵	۸۶۱/۰۵۴^{efg}
		مصرف ۴۰	۶۴۴/۰۸۶^{g}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۵۷۰/۹۴۷^{g}
		مصرف ۲۵	۱۳۱۸/۷۰۶^{bcd}
		مصرف ۴۰	۱۲۵۸/۱۱۱^{bcd}
تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۷۳۷/۶۹۵^{ef}
		مصرف ۲۵	۱۷۵۵/۵۰۱^{a}
		مصرف ۴۰	۱۱۰۷/۰۲۱^{de}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۱۶۰۹/۵۸^{ab}
		مصرف ۲۵	۱۰۷۶/۳۳^{def}
		مصرف ۴۰	۱۱۰۶/۹۳۴^{de}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۷۸۳/۷۵۲^{efg}
		مصرف ۲۵	۱۴۶۹/۱۱۷^{abc}
		مصرف ۴۰	۸۳۲/۱۳^{efg}

۴- ۱۱- فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده علف هرز، میکوریزا و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا، میکوریزا × کود فسفر به ترتیب در سطح ۵، ۱، ۱ و ۵ درصد بر فسفر دانه معنی‌دار بود (جدول۴-۱۵). نتایج نشان داد که در زمان حضور علف‌های هرز چه مجموعه علف‌های هرز و چه حضور سلمه‌تره در شرایط عدم تلقیح باعث افزایش فسفر دانه شد. به نظر می‌رسد علت افزایش فسفر دانه در زمان حضور علف هرز این می‌تواند

باشد که گیاهان سلمه‌تره وقتی به مرحله گل دهی می‌رسد مقدار زیادی اسید اگزالیک را تا حد سمیت بسیار بالا از ریشه‌های خود ترشح می‌کنند و از آنجایی که اثر مثبت اسید اگزالیک بر افزایش قابلیت استفاده فسفر را نشان می‌دهد (خادمی و همکاران، ۲۰۱۰) لذا باعث افزایش فسفر دانه شد. بالاترین مقادیر تأثیر بر فسفر دانه مربوط به تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا بود (هر چند که با سایر سطوح علف هرز در شرایط تلقیح در یک گروه آماری قرار داشت) که میزان فسفر دانه ذرت را نسبت به تیمار وجین × عدم تلقیح با میکوریزا ۶۰/۹۷ درصد افزایش داد (شکل ۴-۱۴).

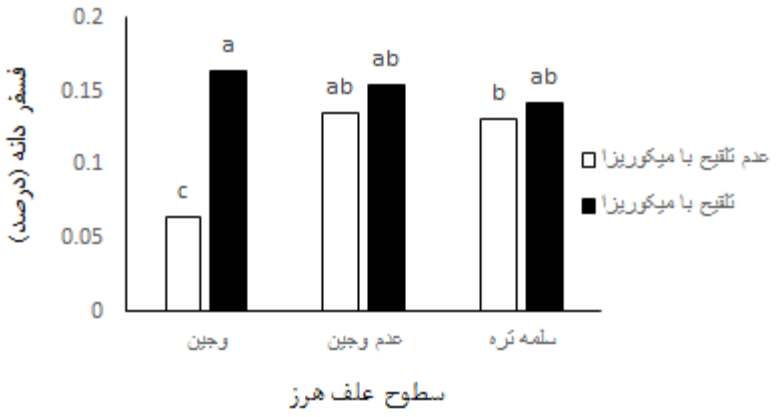
همچنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین تأثیر بر فسفر دانه مربوط به تیمار تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر بود، به طوری که این تیمار توانست فسفر دانه را نسبت به تیمار عدم تلقیح × عدم کاربرد فسفر ۵۰/۲۸ درصد افزایش دهد (شکل۴-۱۵). قارچ میکوریزا علاوه بر تأثیر قابل‌توجه بر بهبود رشد گیاه، جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و از مهم‌ترین عناصری که توسط میکوریزا به طور فعال و در سطح وسیع جذب می‌شود عنصر فسفر است. نتایج بعضی تحقیقات نشان داده که سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزایی ۳ الی ۶ مرتبه بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است (بولان، ۱۹۹۱). در واقع میکوریزا مهم‌ترین قارچ همزیست ریشه می‌باشد. همزیستی این قارچ بیشتر به منظور جذب عناصر غذایی کم تحرک در داخل خاک مثل فسفر صورت می‌گیرد (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۴). تحقیقات زیادی نشان داده است که سطوح بالای فسفر می‌تواند سبب کاهش غلظت برخی از عناصر غذایی مانند روی و ... در گیاهان شود (کریمیان، ۱۹۹۵). در واقع با افزایش سطح فسفر، هم تراکم ریشه‌ی گیاه و هم فعالیت قارچ میکوریزا زیاد شده که سبب افزایش سطح جذب می‌گردد (رین و همکاران، ۱۹۹۴). تورک و همکاران (۲۰۰۶) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزا تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم تحرک است. حتی ممکن است که در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت‌شده و به صورت غیر متحرک در آید. لذا قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست

توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. چون افزایش بیش از حد تجمع فسفر به دلیل اضافه نمودن کودهای فسفر نه تنها از لحاظ اقتصادی و عملکرد درازمدت مقرون به صرفه نیست بلکه تجمع این عنصر در خاک باعث خسارات جبران‌ناپذیر اکوسیستمی و همچنین باعث جلوگیری از جذب عناصر کم مصرف می‌گردد. شارما (۲۰۰۲) با انجام آزمایشی در اتاقک‌های رشد دریافت که تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا می‌تواند بالغ بر ۸۰ درصد فسفر، ۲۵ درصد ازت، ۱۰ درصد پتاسیم، ۲۵ درصد روی و ۶۰ درصد مس مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند. در همین راستا، اردکانی و همکاران (۱۳۸۹)، افزایش ناشی از تلقیح گندم با قارچ میکوریزا در مقدار تأمین نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز را به ترتیب ۱۱، ۲۱، ۱۰، ۹ و ۱۵ درصد گزارش نمودند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که اثر متقابل میکوریزا و سنتز آنزیم نیترات ردوکتاز می‌تواند با جذب فسفر مرتبط باشد.

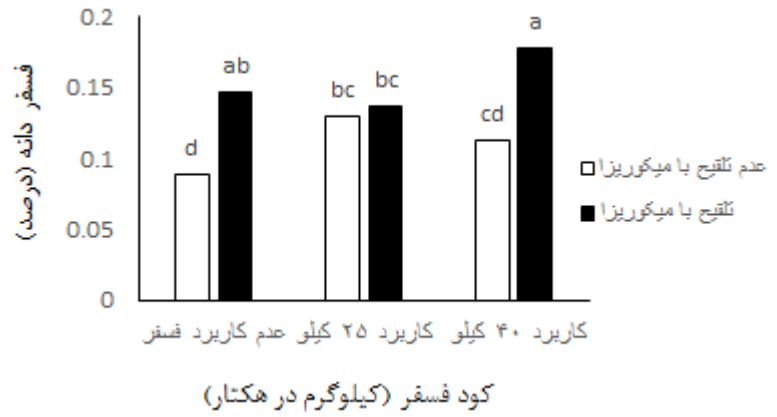
جدول (۴-۱۵) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) فسفر دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۰^{ns}
علف هرز	۲	۰/۰۰۴*
میکوریزا	۱	۰/۰۲۵**
کود فسفر	۲	۰/۰۰۳^{ns}
علف هرز × میکوریزا	۲	۰/۰۱۱**
علف هرز × کود فسفر	۴	۰/۰۰۱^{ns}
میکوریزا × کود فسفر	۲	۰/۰۰۴*
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۰/۰۰۲^{ns}
خطا	۳۴	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات ٪		۲۷/۷۰

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱۴) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر درصد فسفر دانه



شکل (۴-۱۵) اثر متقابل میکوریزا و کود فسفر بر درصد فسفر دانه

۴-۱۲- فسفر قابل‌جذب خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده میکوریزا و نیز اثرات دو جانبه میکوریزا × کود فسفر به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد بر فسفر قابل‌جذب خاک معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۶). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر فسفر خاک مربوط به اثرات دو جانبه تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بود، که توانست نسبت به تیمار عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلو فسفر میزان فسفر خاک را ۲۶/۷۰ درصد افزایش دهد (شکل ۴-۱۶). چارون و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که کلونیزاسیون ریشه با

قارچ‌های میکوریزای *G. intraradices* و *G. versiform* باعث افزایش جذب فسفر در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی می‌شود.

افزایش جذب فسفر به وسیله تسهیل انتقال فسفر از خاک به ریشه گیاهان و محلول ساختن فسفر به وسیله فسفاتاز صورت می‌گیرد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). کارلینگ و براون (۱۹۸۲) بیان نمودند که یکی از مهم‌ترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزا افزایش عملکرد گیاهان، به خصوص در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و به دنبال دسترسی گیاه به حجم بیش تری از خاک می‌باشد. افزایش سرعت جذب فسفر توسط گیاه میزبان به دلیل حضور انشعابات فراوان هیف‌های داخلی میکوریزا در داخل سلول‌های پوست ریشه گیاه است که سطح وسیعی را برای انتقال عناصر غذایی به خصوص فسفر به گیاه میزبان فراهم می‌نماید (آبوت و رابسون، ۱۹۸۵). سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزایی ۶-۳ مرتبه بیش تر از گیاهان غیر میکوریزایی است (بولان، ۱۹۹۱).

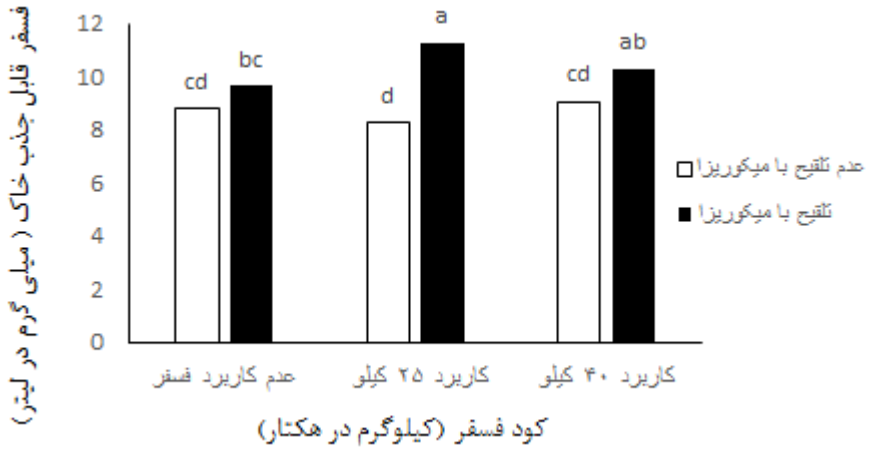
تورک و همکاران (۲۰۰۶) بیان نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزا تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت‌شده و به صورت غیر متحرک درمی‌آید. همچنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیر محلول و تثبیت‌شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل‌جذب گردد. بنابراین، قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. برای جذب آن ریشه باید در تماس مستقیم با منبع فسفر قرار گیرد. از نظر فیزیکی، بهره‌برداری گیاهان میکوریزایی از فسفر خاک توسط هیف‌هایی با قطر کم تسهیل می‌شود، تخمین زده می‌شود که حدود ۸۰ درصد جذب فسفر توسط گیاه به وسیله قارچ‌های میکوریزا صورت می‌گیرد (مارشنر و دل، ۱۹۹۴). افزایش بیش تر فسفر به علت محدود نمودن فعالیت قارچ میکوریزا، توسعه ریشه و میسلیوم‌های قارچی و جذب عناصر را با مشکل مواجه نموده

و در نتیجه قارچ به عنوان یک انگل عمل می‌نماید که تنها باعث مصرف کربوهیدرات‌های تولیدشده توسط گیاه می‌گردد که این امر باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (الکراکی و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول (۴-۱۶) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) فسفر قابل‌جذب خاک تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر قابل‌جذب خاک
بلوک	۲	۰/۲۶۹^{ns}
علف هرز	۲	۱/۱۶۵^{ns}
میکوریزا	۱	۳۹/۱۱۰**
کود فسفر	۲	۱/۵۶۴ ^{ns}
علف هرز × میکوریزا	۲	۱/۵۳۹^{ns}
علف هرز × کود فسفر	۴	۲/۷۷۳ ^{ns}
میکوریزا × کود فسفر	۲	۵/۸۸۸*
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۰/۵۴۰ ^{ns}
خطا	۳۴	۱/۳۷۸
ضریب تغییرات ٪		۱۲/۲۹

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱۶) اثر متقابل میکوریزا و کود فسفر بر فسفر قابل‌جذب خاک

۴-۱۳- کلروفیل برگ ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده میکوریزا و کود فسفر در سطح ۱ درصد و اثرات دوجانبه میکوریزا و کود فسفر و اثرات سه جانبه میکوریزا، کود فسفر و علف هرز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۷). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بیش‌ترین تأثیر بر کلروفیل مربوط به اثرات سه جانبه تلقیح میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر × وجین بوده و کمترین تأثیر مربوط به عدم وجین × عدم تلقیح × عدم فسفر بود (جدول ۴-۱۸). نتایج نشان داد که تیمار تلقیح میکوریزا × کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر × وجین، میزان کلروفیل برگ را نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح × عدم فسفر ۴۵ درصد افزایش داد. طی آزمایشی مشخص گردید که تلقیح گیاه شبدر با قارچ‌های میکوریزا موجب افزایش سطح برگ‌ها و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل آن‌ها شده و نهایتاً سرعت فتوسنتز خالص را در کل دوره رشد گیاه افزایش داده است (رایت، ۱۹۹۸). تلقیح گیاه ذرت با قارچ‌های میکوریزی نیز نشان داد در شرایط غیر شور، غلظت کلروفیل در برگ گیاه در سطوح پایین فسفر ۳۲٪ و در سطوح بالای آن ۴۰ ٪ افزایش یافت، ولی در غلظت NaCl ۱۰۰، غلظت کلروفیل در برگ گیاه در سطح پایین و بالای فسفر ۸۱٪ و ۱۵٪ افزایش نشان داد (فنگ و همکاران، ۲۰۰۲). به نظرمی رسد که قارچ‌های میکوریزا با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عناصر کم تحرک فسفر، روی، مس افزایش داده و موجب بهبود رشد آن‌ها می‌شوند (ماشنر و دل، ۱۹۹۴). نتایج نشان داد تلقیح با میکوریزا در شرایط عدم وجین می‌تواند به اندازه تیمار وجین × تلقیح و تیمارهای کاربرد ۲۵ و ۴۰ کیلوگرم فسفر × تلقیح در شرایط عدم وجین، سبب افزایش کلروفیل در برگ ذرت شده و در نتیجه موجب بهبود رشد گیاه شود. همچنین کاربرد میکوریزا توانست در شرایط عدم کاربرد فسفر کلروفیل برگ را به اندازه کاربرد ۲۵ و ۴۰ کیلوگرم فسفر افزایش دهد. مطابق نتایج این آزمایش کاربرد میکوریزا می‌تواند با افزایش کلروفیل برگ ذرت سبب بهبود فتوسنتز و رشد گیاه شده و قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش داده و در نهایت عملکرد گیاه را بهبود بخشد.

جدول (۴-۱۷) تجزیه واریانس(میانگین مربعات) کلروفیل برگ گیاه ذرت تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل برگ
بلوک	۲	۱۱/۲۲۳^{ns}
علف هرز	۲	۶/۳۷۹^{ns}
میکوریزا	۱	۹۷۷/۹۲۷**
کود فسفر	۲	۱۶۰/۵۱۶**
علف هرز × میکوریزا	۲	۳۹/۸۶۱^{ns}
علف هرز × کود فسفر	۴	۶/۴۴۵^{ns}
میکوریزا ×کود فسفر	۲	۴۳/۳۳۶*
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۴	۴۶/۸۹۳*
خطا	۳۴	۱۲/۶۳۱
ضریب تغییرات٪		۱۰/۳۲

*، **وns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول (۴-۱۸) مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه وجین، میکوریزا و کاربرد کود فسفر بر کلروفیل برگ ذرت(عدد spad)

میکوریزا	علف هرز	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل برگ (واحد SPAD)
عدم تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۲۷/۲۰۰^{ghi}
		مصرف ۲۵	۳۲/۶۰۰^{efg}
		مصرف ۴۰	۲۹/۸۳۳^{fgh}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۲۳/۷۳۳^{i}
		مصرف ۲۵	۳۴/۰۳۳^{def}
		مصرف ۴۰	۲۷/۰۶۷^{ghi}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۲۵/۱۰۰^{hi}
		مصرف ۲۵	۳۶/۳۰۰^{bcde}
		مصرف ۴۰	۳۵/۷۰۰^{bcdef}
تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۳۵/۲۳۳^{cdef}
		مصرف ۲۵	۴۲/۸۳۳^{a}
		مصرف ۴۰	۳۹/۳۳۳^{abcd}
	عدم وجین تمام فصل	عدم کاربرد	۳۹/۸۳۳^{abcde}
		مصرف ۲۵	۳۶/۹۰۰^{bcde}
		مصرف ۴۰	۴۱/۲۳۳^{ab}
	سلمه‌تره	عدم کاربرد	۳۶/۸۳۳^{bcde}
		مصرف ۲۵	۴۱/۰۰۰^{abc}
		مصرف ۴۰	۳۴/۹۶۷^{def}

۴-۱۴- محتوای نسبی آب برگ (RWC)

نتایج نشان داد که اثرات ساده میکوریزا و فسفر در سطح ۱ درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود. همچنین اثرات دوجانبه علف هرز و میکوریزا بر محتوای نسبی آب برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۴-۱۹). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در زمان وجین و عدم وجین تلقیح با میکوریزا نسبت به عدم تلقیح در شرایط وجین و عدم وجین باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ گردید، اما در زمان حضور علف

هرز سلمه تره تلقیح نتوانست محتوای نسبی را تغییر دهد و علت آن ترشحات گیاهان غیر میزبان می‌باشد. مقادیر بالای محتوای نسبی آب برگ مربوط به وجین × میکوریزا بود و پایین‌ترین مقادیر مربوط به وجین × عدم تلقیح میکوریزا بود (شکل۴-۱۷). تیمار وجین × میکوریزا توانسته است محتوای نسبی آب را به اندازه تیمار عدم وجین × تلقیح افزایش دهد. کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر توانسته است میزان آب نسبی را به ترتیب ۵/۷ و ۷/۹ درصد نسبت به تیمارهای عدم کاربرد و کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر افزایش دهد. همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در تیمار کود فسفر بیش‌ترین تأثیر بر محتوای نسبی آب برگ مربوط به کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین مقدار مربوط به عدم کاربرد فسفر بود (شکل۴-۱۸).

قارچ‌های میکوریزا با کنترل عمل باز و بسته شدن روزنه‌های برگ و افزایش جذب آب در اثر گستردگی شبکه هیف‌های خود، مشکلات رطوبتی گیاه مانند جذب آب و تعرق را کاهش می‌دهند (لوردن و همکاران، ۱۹۸۲). چنان چه محتوای نسبی آب برگ بالا باشد گیاه تورم سلولی خود ر ا حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد و در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌شود (راو و مندهم، ۱۹۹۱). جهان و همکاران (۱۳۸۸) اذعان داشته‌اند که این قارچ‌ها با تأثیر بر میزان آب بافت‌های گیاهی و تبادلات گازی برگ‌ها، سبب افزایش میزان آب موجود در بافت‌های گیاهی می‌شوند و از سوی دیگر تبخیر و تعرق را نیز کاهش می‌دهند. به طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد میکوریزا می‌تواند محتوای نسبی آب برگ را در شرایط وجود و عدم وجود علف‌های هرز افزایش دهد. مطابق نتایج این آزمایش کاربرد میکوریزا می‌تواند با افزایش محتوای آب نسبی برگ ذرت سبب بهبود رشد گیاه شده و قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش داده و در نهایت عملکرد گیاه را بهبود بخشد.

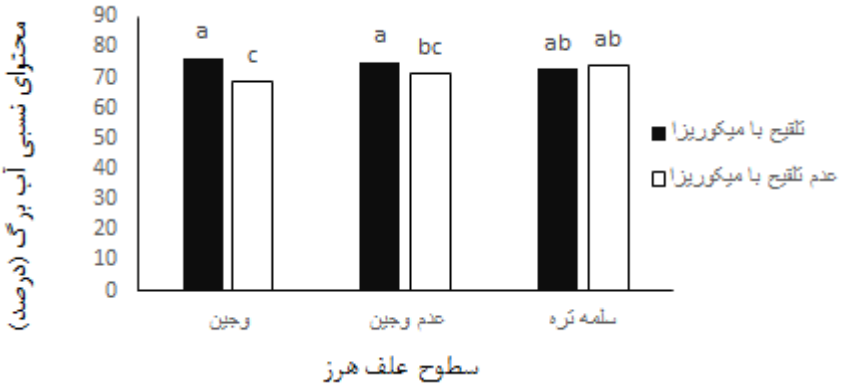
جونز و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که افزایش عنصر فسفر تا حدودی اثرات مستقیم و غیرمستقیم خشکی را بر جذب فسفر خنثی می‌کند و راندمان مصرف آب و در نتیجه مقاومت به خشکی را در گیاه افزایش می‌دهد. مطالعات مختلف در نواحی خشک و نیمه‌خشک نیز نشان داده‌اند که افزایش کود فسفر ماده خشک قسمت‌های هوایی را تحت شرایط تنش آب افزایش می‌دهد (جونز و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین فسفر ممکن است مقاومت به خشکی را افزایش دهد. با رشد ریشه حجم بیشتری از خاک در تماس با ریشه قرار می‌گیرد و در نتیجه منبع

بزرگ‌تری از رطوبت خاک در دسترس ریشه خواهد بود (جونز و همکاران، ۲۰۰۳؛ سینگ و سال، ۲۰۰۰). سینگ و سال (۲۰۰۰) اظهار داشتند که افزایش سطح فسفر خاک، هم کل حجم ریشه‌ها را در خاک خشک و هم جذب آب را در ریشه‌های اولیه به واسطه افزایش تراکم و قطر آوندهای چوبی و در نتیجه فراهم آوردن کمترین مقاومت در مقابل جریان آب افزایش می‌دهد.

جدول (۴-۱۹) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) محتوای نسبی آب تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۵۳/۷۲۸^{ns}
علف هرز	۲	۳/۸۹۸^{ns}
میکوریزا	۱	۱۷۴/۲۷۷**
کود فسفر	۲	۱۱۸/۵۲۲**
علف هرز × میکوریزا	۲	۸۲/۵۵۶*
علف هرز × کود فسفر	۴	۱۹/۷۰۹^{ns}
میکوریزا × کود فسفر	۲	۲۰/۶۱۰^{ns}
علف هرز× میکوریزا × کود فسفر	۴	۵/۳۹۸^{ns}
خطا	۳۴	۱۶/۶۴۶
ضریب تغییرات٪		۵/۶۰

*،**وns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱۷) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر محتوای نسبی آب برگ ذرت

شکل (۴-۱۸) اثر سطوح کود فسفر بر محتوای نسبی آب برگ ذرت

۴-۱۵- وزن خشک علف هرز سلمه‌تره

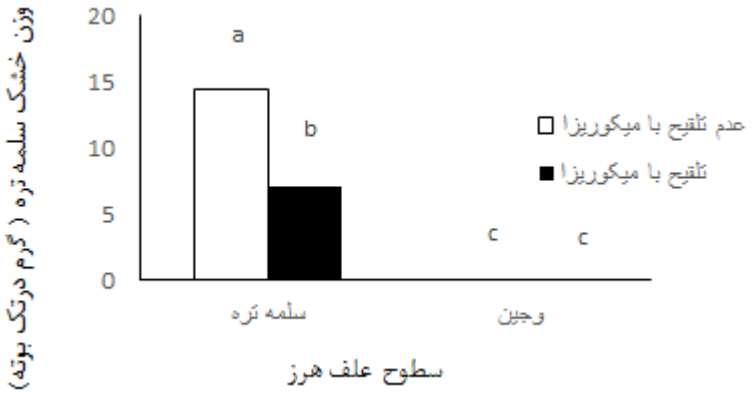
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده علف هرز، میکوریزا و نیز اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا هر کدام در سطح ۱درصد بر وزن خشک برگ سلمه‌تره معنی‌دار بود (جدول ۴-۲۰). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا میزان وزن خشک برگ سلمه‌تره را نسبت به تیمار وجین × تلقیح با میکوریزا ۵۵/۷۴ درصد افزایش داد (شکل ۴-۱۹). تحقیقات متعددی نشان می‌دهد که کاربرد کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند بر جوانه زنی و استقرار علف‌های هرز تأثیرگذار باشد (منل و همکاران، ۲۰۰۲).

عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی گزارش کردند که نوع منبع تغذیه‌ای بر تراکم علف‌های هرز اثرگذار است. نتایج بلاک شاو و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان داد که تراکم علف‌های هرز مزرعهٔ گندم با کاربرد کودهای شیمیایی، کمپوست و کود دامی افزایش می‌یابد. با این حال یین و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاربرد کودهای شیمیایی و آلی باعث کاهش تراکم کل علف‌های هرز شد، هر چند که قسمت اعظم این کاهش مربوط به یک گونه علف هرز بود و کاربرد تیمارهای کودی در مواردی باعث افزایش تراکم برخی گونه‌های علف‌های هرز گردید. به هر حال واکنش علف‌های هرز به کاربرد عناصر غذایی از جمله به نوع، مقدار و زمان مصرف کود و نیز نوع گیاه زراعی و علف هرز بستگی دارد (پور طوسی و همکاران، ۱۳۸۷). لذا می‌توان با مدیریت صحیح این عوامل، شرایط را برای افزایش قدرت رقابت گیاه زراعی در مقایسه با علف‌های هرز فراهم نمود. با توجه به موارد بیان‌شده بر اثر همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گیاه، جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم و سایر مواد غذایی افزایش می‌یابد. این همزیستی میزان سیتوکنین را نیز در گیاه افزایش داده و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی و هدایت روزنه ای افزایش می‌یابد (اتیرا، ۲۰۱۲) و عناصر غذایی به صورت اختصاصی در اختیار گیاه میزبان قرارگرفته و گیاه زراعی برای جذب عناصر غذایی مجبور به رقابت با علف هرز نخواهد بود که در نتیجه باعث افزایش عملکرد گیاه میزبان می‌شود. لذا کاهش وزن خشک علف هرز سلمه‌تره در تیمار عدم وجین علف هرز را می‌توان به افزایش رشد و قابلیت رقابت ذرت با علف هرز نسبت داد.

جدول (۴-۲۰) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک سلمه‌تره تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک سلمه‌تره
بلوک	۲	۱/۶۱۳^{ns}
علف هرز	۱	۶۱۶/۶۳۹**
میکوریزا	۱	۹۲/۰۶۴**
کود فسفر	۲	۲/۳۹۵^{ns}
علف هرز × میکوریزا	۱	۹۲/۰۶۴**
علف هرز × کود فسفر	۲	۲/۳۹۵^{ns}
میکوریزا × کود فسفر	۲	/۵۵۹^{ns}
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۲	/۵۵۹^{ns}
خطا	۲۲	۱/۳۹۱
ضریب تغییرات٪		۲۸/۵۰

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۱۹) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر وزن خشک سلمه‌تره

۴-۱۶-وزن خشک مجموع علف‌های هرز

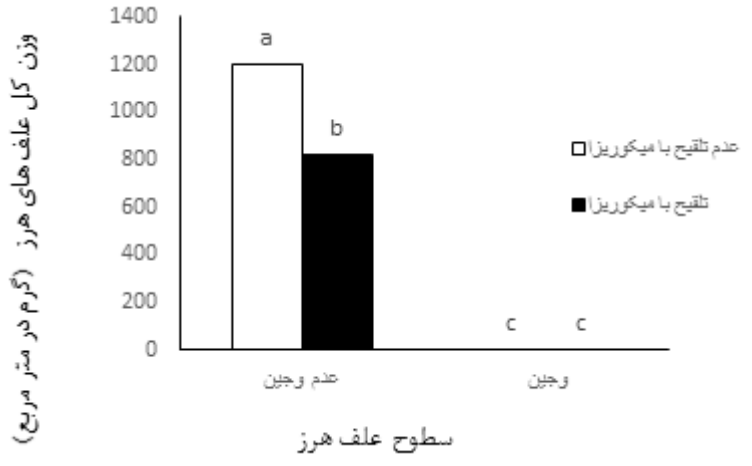
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده علف هرز، میکوریزا، اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا در سطح یک درصد و نیز کود فسفر، علف هرز × کود فسفر در سطح ۵ درصد بر وزن خشک مجموع علف‌های هرز معنی‌دار بود (جدول ۴-۲۱). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بعد از تیمار وجین علف‌های هرز

همراه با کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا، بیش‌ترین تأثیر بر کاهش وزن مجموع علف‌های هرز مربوط به تیمار عدم وجین × تلقیح با میکوریزا بود که توانست نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا وزن خشک علف هرز را به میزان ۳۲ درصد کاهش دهد (شکل ۴-۲۰). همچنین بررسی اثرات متقابل علف هرز و کود فسفر نشان داد که کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر در حالت عدم وجین نسبت به تیمار عدم وجین و عدم کاربرد کود فسفر توانست وزن خشک کل علف‌های هرز را ۸/۴۷ درصد کاهش دهد (شکل ۴-۲۱). با توجه به مطلب بیان‌شده بر اثر همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گیاه جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم و سایر مواد غذایی افزایش می‌یابد. این همزیستی میزان سیتوکنین را در گیاه افزایش می‌دهد و فعالیت فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای افزایش می‌یابد (اتیرا، ۲۰۱۲) و عناصر غذای به صورت اختصاصی در اختیار گیاه میزبان قرارگرفته در نتیجه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه میزبان می‌شود. تحقیقات نشان داده که در مزارع آلوده به علف‌های هرز، مصرف نیتروژن، پتاسیم و منیزیم سه تا چهار بار بیشتر از مزارع عاری از علف‌های هرز می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰). در اکوسیستم‌های زراعی هر دو مورد گیاه زراعی و علف‌های هرز بر سر عناصر غذایی مشابه و محدود رقابت می‌کنند تا بتوانند مواد مورد نیاز رشد خود را تهیه نمایند. از آنجایی که مواد جذب‌شده توسط علف‌های هرز از دسترس گیاه زراعی خارج می‌شود، لذا رشد و عملکرد گیاه زراعی به شدت کاهش می‌یابد. این اثر وقتی بیشتر خود را نشان می‌دهد که یک یا چند مورد از فاکتورهای رشدی در محیط محدود باشد. نتایج مطالعات نشان می دهد که نوع منبع غذایی می‌تواند عکس‌العمل علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار دهد (سالس و همکاران، ۱۹۹۷). با وجود این که کاربرد کود در شرایط عدم رقابت منجر به افزایش عملکرد محصول زراعی می‌گردد، از سوی دیگر می‌تواند تراکم و بیوماس علف‌های هرز را نیز افزایش دهد (راستگو، ۱۳۸۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهبود رشد گیاه زراعی تحت تأثیر تلقیح میکوریزا و یا کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر سبب افزایش قدرت رقابت آن با علف‌های هرز شده و وزن مجموع علف‌های هرز را کاهش داده است.

جدول (۴-۲۱) تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن کل علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک کل علف‌های هرز
بلوک	۲	۲۰۱۲/۸۶۲^{ns}
علف هرز	۱	۹۱۸۱۱۲۳/۵۹۰**
میکوریزا	۱	۳۳۳۱۳۴/۱۰۲**
کود فسفر	۲	۵۹۸۶/۷۲۸*
علف هرز × میکوریزا	۱	۳۳۳۱۳۴/۱۰۲**
علف هرز × کود فسفر	۲	۵۹۸۶/۷۲۸*
میکوریزا × کود فسفر	۲	۵۳۹/۷۹۶^{ns}
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۲	۵۳۹/۷۹۶^{ns}
خطا	۲۲	۱۲۳۲/۹۸۳
ضریب تغییرات ٪		۶/۹۵

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴-۲۰) اثر متقابل علف هرز و میکوریزا بر وزن خشک کل علف هرز

شکل (۴-۲۱) اثر متقابل علف هرز و کود فسفر بر وزن خشک کل علف هرز

۴-۱۷- تعداد کل علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده علف هرز، میکوریزا، اثرات دو جانبه علف هرز × میکوریزا در سطح ۱ درصد، کود فسفر، علف هرز × کود فسفر، میکوریزا × کود فسفر و نیز علف هرز × میکوریزا × کود فسفر در سطح ۵ درصد بر روی تعداد کل علف‌های هرز در مترمربع اثر معنی‌دار داشت (جدول ۴-۲۲). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها بعد از تیمارهای وجین، بیش‌ترین تأثیر بر کاهش تعداد کل علف‌های هرز مربوط به اثرات سه جانبه عدم وجین × تلقیح با میکوریزا × کاربرد فسفر بود که توانست نسبت به تیمار عدم وجین × عدم تلقیح با میکوریزا × کاربرد ۴۰ کیلو فسفر (در هکتار) این صفت را به میزان ۵۲/۸۴ درصد کاهش دهد (جدول ۴-۲۳). . در میان عناصر غذایی فسفر به عنوان یکی از عناصر پر مصرف دارای نقشی اساسی و مهم در رشد گیاه است. همچنین گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند به دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌نماید دارای رشد بهتری خواهند بود، عملکرد بیشتری خواهند داشت مقاومت بیشتری در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده خود نشان می‌دهند (سیلویا و ویلیامز، ۱۹۹۲). ژو و میلر (۲۰۰۳)

گزارش کردند که وزن زیست توده میکوریزا از ۵۴ تا ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار تغییر می‌کند. آلن و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که تغییرات هورمونی در گیاه با آلودگی میکوریزایی در ارتباط است و تغییرات مرفولوژیک برگ را در نتیجه‌ی واکنش به تغییرات هورمون‌های گیاهی گزارش کردند. همچنین این دانشمندان در سال ۱۹۸۰ افزایش غلظت سیتوکنین را در برگ‌ها و ریشه گراس‌ها که همزیستی میکوریزایی داشتند گزارش کردند. در ضمن دانشمندان دیگری افزایش میزان کلروفیل را در گیاهان میکوریزایی گزارش کرده‌اند. با توجه به اثرات مثبت متعدد میکوریزا و کاربرد فسفر بر صفات رشدی گیاه ذرت، کاهش تراکم علف‌های هرز در تیمارهای حاوی کود فسفر و میکوریزا به دور از ذهن نمی‌باشد.

جدول (۴-۲۲) تجزیه واریانس(میانگین مربعات) وزن کل و تعداد کل علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد کل علف‌های هرز
بلوک	۲	۴۳۴۷/۰۰۶**
علف هرز	۱	۳۱۵۷۳۷/۴۷۸**
میکوریزا	۱	۱۶۴۲۳/۴۰۴**
کود فسفر	۲	۱۹۲۱/۳۲۷*
علف هرز × میکوریزا	۱	۱۶۴۲۳/۴۰۴**
علف هرز × کود فسفر	۲	۱۹۲۱/۳۲۷*
میکوریزا × کود فسفر	۲	۲۶۲۹/۹۳۱*
علف هرز × میکوریزا × کود فسفر	۲	۲۶۲۹/۹۳۱*
خطا	۲۲	۴۶۵/۱۶۹
ضریب تغییرات ٪		۲۳/۰۳

*،**و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول (۴-۲۳) مقایسه اثرات سه‌گانه علف هرز × میکوریزا × کود فسفر، بر تعداد کل علف‌های هرز (در مترمربع)

میکوریزا	علف هرز	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	تعداد کل علف‌های هرز (در مترمربع)
عدم تلقیح با میکوریز	وجین تمام فصل	عدم فسفر	۰
		مصرف ۲۵	۰
		مصرف ۴۰	۰
	عدم وجین تمام فصل	عدم فسفر	۱۸۲/۳۷۳^{bc}
		مصرف ۲۵	۲۱۸/۵۱۹^{b}
		مصرف ۴۰	۲۸۹/۱۶۸^{a}
تلقیح با میکوریزا	وجین تمام فصل	عدم فسفر	۰
		مصرف ۲۵	۰
		مصرف ۴۰	۰
	عدم وجین تمام فصل	عدم فسفر	۱۵۴/۴۴۲^{cd}
		مصرف ۲۵	۱۳۶/۳۶۹^{d}
		مصرف ۴۰	۱۴۲/۹۴۱^{d}

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در طول دوره رشدی گیاه، تفاوت معنی‌داری بین گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا و گیاهان تلقیح نشده، وجود داشت. تلقیح میکوریزا درصد کلونیزاسیون ریشه را به طور معنی‌داری افزایش داد و همچنین در شرایط تلقیح با میکوریزا صفات ارتفاع، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و فسفر دانه را نسبت به عدم تلقیح، به طور معنی‌داری افزایش داد. تلقیح میکوریزا در شرایط کاربرد سطح متوسط کود فسفر باعث افزایش معنی‌دار کلونیزاسیون، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شد. به طور کلی ترکیب تیماری وجین، تلقیح با میکوریزا و کاربرد ۲۵ کیلوگرم فسفر بیش‌ترین تأثیر بر اغلب صفات مورد

بررسی نشان داد. همچنین در این تحقیق مشاهده گردید که غلظت و محتوای فسفر و در نتیجه جذب آن در حضور میکوریزا افزایش یافته است، بنابراین این بهبود شرایط غذایی و به همراه دیگر اثرات مفید قارچ میکوریزا توانسته است اثرات منفی رقابت با علف‌های هرز را کاهش دهد. برای نمونه میکوریزا به همراه کود فسفر در شرایط عدم وجین توانسته وزن کل و تعداد کل علف‌های هرز را در طی دوره‌ی رشد به ترتیب ۳۲ درصد نسبت به عدم میکوریزا و نیز ۵۰ درصد نسبت به عدم میکوریزا و کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر کاهش داده و نقش موثری در افزایش قابلیت رقابت گیاه زراعی ایفا نماید. نتایج نشان داد که حضور سلمه‌تره به عنوان یک تیمار در مزرعه ذرت با وجود میکوریزا گسترش و توان رقابتی چندانی را در مقابل گیاه زراعی نخواهد داشت از آنجایی که مصرف کودهای شیمیایی باعث افزایش توان رقابتی علف‌های هرز، با توجه به توان بالای آن‌ها در جذب عناصر غذایی می‌شود، تلقیح گیاه به وسیله میکوریزا می‌تواند عناصر غذایی نیتروژن، روی، مس و به ویژه فسفر را به صورت اختصاصی در اختیار گیاه زراعی قرار دهد و در نتیجه در رقابت با علف هرز موفق تر عمل کند.

پیشنهادها

- این آزمایش برای سال‌های متوالی انجام شود تا پایداری آن در تولید محصول و کنترل علف‌های هرز مورد بررسی قرار گیرد.
- تیمارها در مورد گیاهان زراعی مختلف بکار گرفته شود.
- با توجه به نتایج مثبت تلقیح قارچ‌های میکوریزا در افزایش عملکرد گیاه در شرایط رقابت با علف‌های هرز، انجام آزمایشات تکمیلی دیگر با سایر گونه‌های این قارچ پیشنهاد می‌گردد.
- تیمارهای آزمایش در مزارع با فلور متفاوت علف هرز مورد آزمون قرار گیرد.

مـنـا بـع

منابع

آیین، ا.، صباحی، ن. ۱۳۷۳. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی تعیین علف‌های هرز غالب و مهم مزارع ذرت و بررسی مبارزه شیمیایی با آن‌ها در منطقه جیرفت. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و بم. ۴۳-۳۵.

ابدالی، ر. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر کاربرد میکوریزا و مقادیر فسفر در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و بر خی خصوصیات مرفولوژیکی ذرت پاپکورن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

امیرآبادی، م. ۱۳۸۸. تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکتر تحت تأثیر سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزا عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در اراک. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۰، شماره ۲، ۵۱-۴۵.

احتشامی، م. آقاعلیخانی، م. چائی چی، م. و خاوازی، ک. ۱۳۸۷. تاثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبی. مجله علوم گیاهان زراعی، جلد ۴۰، شماره ۱. صفحات ۱۵-۲۶.

اصغری، ح. ر. ۱۳۸۶. بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه شبدر در میزان فسفر قابل‌دسترس خاک. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. ۱۲۲.

اردکانی، م.، مظاهری، د.، مجد، ف.، نور محمدی، ق.، و چنگیزی، م. ۱۳۸۹. نقش همزیستی قارچ‌های میکوریزا در جذب عناصر ماکرو و میکرو در گندم. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۳۸.

امام، ی. ۱۳۸۲. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰.

امام، ی.، نیک نژاد، م. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۱۹.

اسکویی، پ.، علی‌اصغر زاده، ن.، شریعتمداری، ح.، علی‌اصغر زاده، ا.، و باغبان س. ش. ۱۳۸۸. تأثیر دو گونه از قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در کاهش سمیت کادمیوم در گوجه‌فرنگی با سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش‌های خاک و آب. جلد ۲۳. شماره ۲. ۲۲۸-۲۱۸.

اسدی رحمانی، ه.، اصغر زاده، ا.، خاوازی، ک.، رجالی، ف.، و ثواقبی، غ. ۱۳۸۶. در ترجمه حاصلخیزی بیولوژی خاک کلیدی برای استفاده پایدار از اراضی کشاورزی. لینت، ک. ابوت. و دانیل، و. مورفی (مؤلف). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران. ۳۲۸.

انتشاری، ش.، هاشمی، ف. ۱۳۸۹. تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا آربوسکولار بر گره زایی ریشه و میزان جذب برخی عناصر در گیاه سویا تحت شرایط تنش شوری. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴. شماره ۳. ۳۱۵-۳۲۳.

پور طوسی، ن.، راشد محصل، م.ح.، پارسا، م.، نصیری محلاتی، م.، و محمد وند. ا. ۱۳۸۷. اثر مقدار و زمان کاربرد نیتروژن و علف کش بر توزیع مکانی بانک بذر علف هرز سلمه‌تره در مزرعه ذرت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶. شماره ۱۳. ۱-۴۰.

توبه، ا. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر زراعت نباتات پوششی زمستانه بر روی حفظ و تقویت خاک زراعی، عملکرد و برخی از صفات ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه دکتری رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

ثواقبی، غ. ر.، سادات، ع.، رجالی، ف.، فرحبخش، م.، خاوازی، ک.، و شیرمردی، م. ۱۳۸۹. تأثیر چند نوع قارچ میکوریزا آربوسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴. شماره ۱. ۵۳.

ثمربخش، س. ۱۳۸۵. تأثیر سموم قارچ کش بر کارایی همزیستی سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار با گیاه ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

جهان، م.، کوچکی، ع.، قربانی، ر.، رجائی، ف.، آریایی، م.، و ابراهیمی، ا. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۲. ۳۹۰-۳۷۵.

جهان، م.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۶. رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکترهای آزاد زی تثبیت‌کننده نیتروژن در نظام‌های رایج و اکولوژیک. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۵. شماره ۱. ۱-۱۵.

حجازی، ا. ۱۳۷۹. آللوپاتی، خود مسمومی و دگر مسمومی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۲.

خزاعی، ح. ۱۳۸۵. تأثیر مقادیر مختلف فسفر بر واکنش دو رقم گندم مقاوم و حساس به کمبود آب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

خاوازی، ک.، ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

رجالی، ف. ۱۳۸۲. تهیه مایه تلقیح قارچ میکوریزا آربوسکولار به روش درون شیشه‌ای و بررسی اثر آن در افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه گندم در تنش خشکی. رساله نامه دکترای دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

رجالی، ف.، علیزاده، ع.، ملکوتی، م.ج.، صالح راستین، ن.، خاوازی، ک.، و اصغر زاده، ا. ۱۳۸۵. تکثیر *Glomus intraradices* و تهیه مایه تلقیح آن قارچ به روش کشت درون شیشه‌ای. مجله علوم خاک و آب. جلد۲۰. شماره ۲۲. ۲۸۳-۲۷۳.

راشد محصل، م. ح.، رحیمیان، ح.، و بنایان، م. ۱۳۷۲. علف‌های هرز و کنترل آن‌ها. جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۷۶.

راستگو، م.، قنبر، ع.، بنایان اول، م.، و رحیمیان، ح. ۱۳۸۴. اثر مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن و تراکم علف هرز بر تولید بذر خردل وحشی در گندم پاییزه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۳. شماره ۱. ۴۵-۵۶.

رمرودی، م.، گلوی، م.، نیازیان، م.، و میرانی، ت. ۱۳۸۹. ارزیابی سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲-۴ مرداد ۱۳۸۹. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی. ۳۲.

رضایی، ل. ۱۳۸۲. اثر همزیستی سه‌گانه میکوریزا - ریزوبیوم - لگوم در افزایش جذب عناصر غذایی و مقاومت به خشکی در گیاه یونجه تحت تنش رطوبتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

رضوانی، م.، اردکانی، م. ر.، رجالی، ف.، نور محمدی، ق.، زعفرانیان، ف.، و تیموری، س. ۱۳۸۸. تأثیر سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا روی ویژگی‌های ریشه و غلظت فسفر، آهن، و روی پتاسیم یونجه. مجله دانش نوین کشاورزی. سال پنجم. شماره ۱۵. ۶۶-۵۵.

زارعی، م.، صالح راستین، ن.، و ثواقبی، غ. ر. ۱۳۹۰. کارایی قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در گیاه پالایی خاک-های آلوده به روی به وسیله گیاه ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. سال پانزدهم. شماره ۵۵. ۱۶۶-۱۵۱.

ساغری، م.، بارانی، ح.، اصغری، ح. ر.، مصداقی، م.، و صدوری، م. ۱۳۸۸. تأثیر تلقیح قارچ آربوسکولار میکوریزا و کود شیمیایی فسفره بر رشد و تولید دو گونه یونجه یک ساله. مجله علمی پژوهشی مرتع. سال ۳. شماره ۲. ۲۹۱.

سیرمندی، س.، بهرامی مقدم، ع. ا.، حسینی فرد، س. ج. ۱۳۸۸. اثر اکتومیکوریزا بر روی میزان برخی عناصر معدنی موجود در گیاه پسته تحت تیمار غلظت‌های متفاوت منیزیم. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران. سال اول. شماره ۱ و ۲. ۱۲-۱.

سید شریفی، ر.، و حکم علی پور، س. ۱۳۸۹. زراعت گیاهان علوفه‌ای. انتشارات عمیدی دانشگاه محقق اردبیلی. ۵۸۵.

شریفی، م.، کریمی، ف.، و خانپور اردستانی، ن. ۱۳۸۹. میکوریزا. فیزیولوژی و بیوتکنولوژی. خانه زیست‌شناسی. ۲۳۴.

سرمدنیا، غ. کوچکی، ع. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه. تجدید چاپ . انتشارات جهاد دانشگاه مشهد.

صدروی، م. ۱۳۸۵. قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار مزارع گندم در استان گلستان. رستنی‌ها. دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. جلد ۷. شماره ۲. ۱۷-۱.

علیزاده، ا. ۱۳۸۴. بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و همزیستی قارچ میکوریزا در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی ذرت. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.

علیزاده، ا. ۱۳۸۶. اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله علمی-پژوهشی، پژوهش در علوم کشاورزی. سال سوم. شماره ۱. ۱۰۱-۱۰۸.

علیزاده، ا.، مجیدی، ا.، و نادیان، ح. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت. یافته‌های نوین کشاورزی. سال اول. شماره ۴. ۱۲-۱.

عزیزی، گ.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و رضوانی مقدم. پ. ۱۳۸۸. اثر تنوع گیاهی و نوع منبع تغذیه‌ای بر ترکیب و تراکم علف‌های هرز در الگوهای مختلف کشت. پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۱. ۱۱۵-۱۲۵.

غدیری، ح. ۱۳۷۶. اصول و روش‌های علم علف‌های هرز (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز، ۶۷۹.

غلامی، ا.، و کوچکی، ع. ۱۳۸۰. میکوریزادرکشاورزی‌پایدار (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شاهرود. ۲۱۲.

قربانی، ر.، کوچکی، ع. ر.، جهانی، م.، و حسینی، آ. ۱۳۸۸. بررسی اثر مدیریت اکولوژیک علف‌های هرز در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز. سومین همایش علوم علف‌های هرز ایران. بهمن‌ماه ۱۳۸۸. بابلسر. ۷۰-۶۷.

کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۸. اصول دیم کاری. انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۰۷.

کاظمی، ش.، آذر آبادی، س.، رحیم زاده خویی، ف.، نظری، ن.، و مردان، م.۱۳۹۰. بررسی جذب و انتقال سطوح مختلف فسفر در خاک و گیاه ذرت. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ۱۱ آبان ۱۳۹۰، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۸۴-۷۵.

کوچکی، ع. ر.، و خلقانی، ج. ۱۳۷۷. کشاورزی پایدار در مناطق معتدل. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۲۳.

کوچکی، ع. ر.، و سلطانی، ا. ۱۳۸۰. اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک. (ترجمه) نشر آموزش. صفحه ۹۴۲.

کوچکی، ع. ر.، خواجه حسینی، م.، هاشمی دزفولی، ا. ح.، ۱۳۸۷. کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۲.

لطف الهی، م.، ملکوتی، م. ج.، خاوازی، ک.، و بشارتی، ح. ۱۳۸۳. ارزیابی روش‌های مصرف مستقیم خاک فسفات در افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای در کرج. مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. سال ۱. صفحه ۹۵-۸۹.

فلاح، ح.، بشارتی، ح.، و خسروی، ه. ۱۳۸۲. میکرو بیولوژی خاک. انتشارات آییژ. ۵۹.

مردوخی، ب.، و رجالی، ف. ۱۳۸۵. نقش قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در جذب عناصر غذایی و عملکرد گندم در شرایط شور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

میر انصاری مهابادی، م. ر.، بهرامی، ح. ع.، رجالی، ف.، و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت در شرایط تنش تراکم خاک. مجله علوم آب و خاک. جلد ۲۰. شماره ۱. ۱۲۱-۱۰۶.

ملکوتی، م. ج.، و همایی، م.۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. سال ۱. ۴۹۴.

ملکوتی، م. ج.، و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها) . انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۸۸.

معلم، ا. ح.، و عشقی زاده، ح. ر.، ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیک مزیت‌ها و محدودیت‌ها. خلاصه مقالات دومین همایش ملی بوم‌شناسی ایران. گرگان،۲۲.

موسوی، م. ر. ۱۳۸۰. مدیریت تلفیقی علف‌های هرز (اصول و روش‌ها). نشر میعاد. ۱۲۰.

مودب شبستری، م.، و مجتهدی، م. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۶.

میقانی، ف. ۱۳۸۲. آللوپاتی از مفهوم تا کاربرد. انتشارات پرتو واقعه. ۲۷۶.

نقی زاده، م. ۱۳۸۶. میکوریزا. مجله زیست‌شناسی. جلد ۲۱. شماره ۲. ۳۰- ۲۶.

نجفی، ح.، حسن‌زاده دلویی، م.، راشد محصل، م. ح.، زند، ا.، و باغستانی، م. ع. ۱۳۸۵. مدیریت بوم‌شناختی علف‌های هرز. (ترجمه). انتشارات موسسه تحقیقات و آفات گیاهی. ۵۵۹.

نور محمدی، ق.، سیادت، س. ع.، کاشانی، ع. ۱۳۸۴. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۴۴۶.

نادور، ا.، اردکانی، م. ر.، نور محمدی، ق.، و نجفی، ا. ۱۳۸۴. بررسی اثر چهار سطح مختلف آبیاری قطره‌ای، نواری بر کارایی مصرف آب و صفات مورفولوژیک ذرت. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. جلد ا. شماره ۱. ۶۳-۷۳.

هاشم زاده، ف. ۱۳۸۸. اثرات تنش خشکی و سایکوسل بر عملکرد ارقام ذرت در کشت دوم. مجله دانش نوین کشاورزی. سال پنجم. شماره ۱۴. ۶۷-۸۰.

همایی، ا.، و داوری، م. ۱۳۸۹. اهمیت قارچ‌های میکوریزا و چگونگی ارتباط آن‌ها با گیاهان. میکوریزا. شماره ۱۰۵۳. ۴۶-۴۷.

یدوی، ع. ر.، قلاوند، ا.، آقا علیخانی، م.، زند، ا.، و فلاح، س. ۱۳۸۶. تأثیر تراکم بوته و آرایش فضایی کانوپی ذرت بر شاخص‌های رشد علف هرز تاج خروس ریشه قرمز *(Amaranthus retroflexus* L.*)*. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۵. ۴۵-۵۸.

Allen, M. F. 2001. Modeling arbuscular mycorrhizal infection: is % infection an appropriate variable? Mycorrhiza 10: 255-258.

Allen, M, F. 1982. Influences of vesicular—arbuscular mycorrhizae on water movement through Bouteioua gracilis (H.B.K.) Lag ex Stead. Neuf Phytologist, 91: 191-196.

Abbott, L. K., and Robson, A. D. 1985. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 99: 245-255.

Achakzai, A. K. K., Liasu, M. O., and Popoola, O. J. 2012. Effect of mycorrhizal inoculation on the growth and phytoextraction of heavy metals by maize grown in oil contaminated soil. Pak. J. Bot. 44(1): 221-230.

Ahmadkhan, I., Ahmad, Sh., Sarvat, N. M., Moazzam, N., Athar, M., and Shabir, Sh. 2007. Growth response of Buffel Grass (Cenchrus ciliaris) to phosphorus and mycorrhizal inoculation. Agriculture Science. 2: 129-132.

Akhtar, M. S., and Siddiqui, Z. A. 2008. Glomus intraradices, Pseudomonas alcaligenes and Bacillus pumilus: effective agents for the control of root-rot disease complex of chickpea (Cicer arietinum L.). J. Gen. Plant Pathol. 74: 53.

Alloush, G. A., Zeto, S. K., and Clark, R. B. 2000. Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizae effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. J. Plant Nutr. 23:9: 1351.

AlKaraki, G. N., MC Michael, B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.

Alkaraki, G. N., and Clark, R. B. 1999. Mycorrhizal influence on protein and lipid of durum wheat grown at different soil phosphorus levels. Mycorrhiza. 9: 97-101.

AlKaraki, G. N., and Al-Radad, A. 1997. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptke of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza.7: 83-88.

Aliasgharzad, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H., and Alizadeh, A. 2001. Inocolation effect of four arbuscular mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion under salinity levels. Journal of water and soil. 1: 145-158.

Alexander, I. J., and Fairley. R. I. 1983. Effects of nitrogen on population offine roots and mycorrhizas in sprucehumus. Plant Soil. 71: 49-53.

Aflakpui, G. K., Gregory, P.J., and Fround-Williams, R. J. 1998. Uptake and partitioning of nitrogen by maize influenced with striga hermonthica. Ann. Bot. 81: 287-294.

Andre, S. A., Galiana, C., Leroux, Y., Prin, M., Neyra and Duponnois, R. 2004. Ectomycorrhizal symbiosis enhanced the efficiency of inoculation with two Bradyrhizobium strain and Acacia holosericea growth. Mycorrhiza. 15(5): 357-364.

Antonio, Q. O. 2003. Review. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. African Journal of Biotechnology. 2(12): 539-546.

Arriagada, C. A., Herrera, M. A., and Ocampo, J. A. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of Eucalyptus globules co-cultured with Glycine max in soil contaminated with heavy metals. Journal of Environmental Management. 84: 93-99.

Atayese, M. O. 2007. Feild response of groundnut (Arachis hypogea) cultivars to mycorrhizal inoculation phosphorus fertilizer in Abeokuta. South West Nigeria American-Eurasian Journal. Agriculture and Environment. 2(1): 16-23.

Augo, R. M. 2000. Stomata behavior of arbuscular mycorrhiza plants. In: Kapulnik Y,D.D. Douds (eds). AM: Physiology and function. 201-237.

Bago, B., Pfeffer, P .E., and Shachar-Hill, Y. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhiza. Plant physiology. 124: 949-957.

Strasser, R. J., and Pearson, V. G. 2002. Cadmium accumulation and buffering of cadmium industed stress by arbuscular mycorrhiza in three Pisum sativum L.genotypes. Journal of Experimental Botany. 53(371): 1177-1185.

Bethlenfalavy, G. J., Bayne, H. G., and Pacovsky, R. S. 1983. Parasitic and mutualistic associations between a mycorrhizal fungus and soybean: The effect of phosphours on host plant endophyte interactions. Physiol. Plant. 57: 543-548.

Bjorkmann, E. 1949. The ecological significance of the ectotropic mycorrhizal association in forest trees. Sv. Bot. Tidskr. 43: 223-233.

Bagyaraj, O. J. 1991. Ecology of vesicular arbuscular mycorrhizae. Illumina. 1: 3-34.

Bardgett, R. D. 2005. The Biology of Soil. Oxford University Press. 69-70.

Bethlenfalavy, G. J., Schreiner, R. P., Mihara, K. L., and McDaniel, H. 1996. mycorrhizae, biocides, and biocontrol.2. Mycorrhizal fungi enhance weed control and crop growgh in a soybean-cocklebur association treated with the herbicide bentazon. Soil Ecology. 3(3): 205-214.

Bryla, D. R., and Duniway, J. M. 1997. The influence of the mycorrhiza Glomus etunicatum on drought acclimation in safflower and wheat. Plant and Soil. 104: 87-96.

Berta, G., Trotta, A., Fusconi, A., Hooker, J. E., Munro, M. 1995. Arbuscular mycorrhiza induced change to plant growth and root system morphology in prunus cerasifera. Tree physiology. 15: 281-293.

Blackshaw, R. E., Brandt, R. N., Janzen, H. H., Entz, T., Grant, C. A., and Derksen, D. A. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. Weed Sciences, 51: 532-539.

Bolan, N. S., Robson, A. D., and Barrow, N. J. 1987. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal on the availability of iron phosphates to plants. Plant and Soil. 99: 401-410.

Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of Mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant soil, 134: 187-207.

Buhler, D. D. 1996. Development of alternative weed management strategies. Productive Agriculture. 9: 501-505.

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

Caris, C., Hoerdt, W., Hawkins, H. J., Roemheld, V., and George, E. 1998. Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza. 8: 35-9.

Carling, D. E., and Brown, M. F. 1982. Anatomy and physiology of vesiculararbuscular and non mycorrhizal roots. Phytopathol. 72: 1108-1114.

Cavero, J., Zaragoza, C., Suso, M. L., and Pardo, A. 1999. Competition between maize and Datura stramonium in an irrigated field under semi-arid conditions. Weed Res. 39: 225-240.

Chen, B. D., Shen, H., Li, X., Feng, G., and Christie, P. 2004. Effects of EDTA application and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and zinc uptake by maize *(Zea mays* L.*)* in soil experimentally contaminated with zinc. Plant Soil. 261: 219-229.

Christopher, J. T., Powles, S. B., Liljegren, D. R., and Holtum, A. M. 1991. Cross-Resistance to Herbicides in Annual Ryegrass *(Lolium rigidum).* Plant Physiol. 95: 1036-1043.

Colomb, B., Kinivy, R., and Debaeke, P. H. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field - grown maize. Agronomy Journal. 92(1): 428–435.

Cress, W. A., Throneberry, G. O., and Lindsay, D. L. 1979. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non-mycorrhizal tomato roots. Plant Physiol. 64: 484-487.

Davis, A.S., and Liebman, M. 2001. Nitrogen source influences wild mustard growth and competitive effect on sweet corn. Weed Sci. 49: 558-566.

Dell, B. 2002. Role of mycorrhizal fungi in ecosystems. Journal of Central Michigan University (CMU). 1: 47-54.

Doebly, J. 1997. Genetics and the morphological evaluation of maize. In: M. Free ling and V. Walbot (Eds.) The maize handbook. Spring- verlag. 66-75.

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

Donald, W. W. 2006. Pre-emergence banded herbicides followed by only one between-row mowing controls weeds in corn. Weed Technol. 20: 143–149.

Ehteshami, M. R., Fa Alikhani, M., Tea Chi, M. R., And Khavazy, c. 2007. Microorganisms influence solver phosphate qualitative and quantitative properties of Corn under stress Shrat dehydration. National Conference of ecological agriculture. Gorgan. 123.

El-Komy, H. M., Abdel-Samad, H. M., Hetta, A. M., and Barakat, N. A. 2004. Possible roles of Nitrogen fixation and mineral uptake induced by mycorrhiza inoculation on salt tolerance of maize". Journal of Microbiology. 53(1): 53–60.

Elwan, L. M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. Zagazig Journal Agriculture Researches. 28: 163-172.

Estrada-Luna, A., and Davies, A. 2003. arbuscular mycorrhizal fungi influence water relation, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropogated chile ancho pepper plantlets during acclimatization and post- acclimazation. Journal Plant physiology. 160: 1073-1083.

FAO. Weed management in rice, Pp 272, 1996.

Fay, P., Mitchell, D.T., and Osborne, B. A. 1996. Photosynthesis and nutrient- use officiency of barely in response to low arbuscular mycorrhizal colonization and addition of phosphorus. New Phytol. 132: 425-433.

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

Fester, T., Kiess, M., and Strack, D. 2002. A mycorrhiza-responsive protein in wheat roots. Mycorrhiza. 12: 219-222.

Galvez, L., Douds, Jr. D. D., Drinkwater, L. E., and Wagoner, P. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. Plant and Soil. 228: 299-308.

Grant, C., Bittman, S., montreal, M., Plenchette, C., and Morel, C. 2005. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. Can. J. Plant Sci. 85: 3-14.

Given, D. R., Dixon, K. W., Barrett, R. L., and Sivasithamparam, K. 2002. Plant conservation and biodiversity: The place of microorganisms. In: Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. Sivasithamparam, K., K.W. Dixon and R.L. Barrett. (Eds.). Kluwer Academic Press. ISBN: 1402007809. 1-24.

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

Gupta, R. K. 1991. Drought response in fungi and mycorrhizal plants. Arora D.K. Rai, B. Mukerji, K.G. Kundsen, G.R. (eds) Handbook of applied mycology. Soil and plants. Marcel Dekker. INC 55-76.

Ghazi, A. K., and John Zak, B. M. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.

Graham, J. H., Leonard, R. T., and Menge. J. A. 1981. Membrance- mediated decreasse in root exudation responsible for phosphorus inhibition of Vesicular-arbuscular mycorrhizae formation. Plant Physiol. G8: 548-552.

Harrier, L. A., and Watson, C. A. 2004. The potential role of arbuscular mycorrhiza fungi in the bioprotection of plants against soil-bornepathogens in organic and/or other sustainable farming system. Pest Management Science. 60(2): 149-157.

Hamel., Chantal., 2001. Modeling weed emergence as influenced by environmental conditions in corn in southwestern Quebec. 1: 312-313.

Hasanudin, H. 2003. Increasing of the nutrient and uptake avaliability of N and P and through corn yield of inoculation of mycorrhiza, azotobacter and on ultisol organic matter. Journal of Agriculture Sciences of Indonesia. 5(1): 83 – 89.

Hagood, C. A., Hamili, S., Zhang, J., and Poucet. C. 2001. Critical period of weedcontrol in grain corn. Weed sci.40:441-447.

Hepper, C. M. 1983. The effect of nitrate and phosphate on the Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of lettuce. New phytologist. 93: 389-399.

Hayman, D. S. 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility, In :Endomycorrhizas. F.E Sanders, B Mosse and P.B. Tinkey (eds). Academic Press. London. 495-509.

Hayman, D. S. 1982. Endomycorrhizae, In interactions between nonpathogen soil microorganisms and plants. Eds. Elseveir. Amsterdam. 401- 442.

Holm, L.G., Pluknett, D.L., Pancho, J.V., and Herberger, J.P. 1977. The Worlds Worst Weeds. Honolulu, HI: The University Press of Hawaii. 609.

Ilbas, A. I., and Sahin, S. 2005. Glomus fasiculatum inoculation improves soybean production. Acta Agriculture Scandinavica Section B-Soil and Plant Science. 55(4): 287-292.

Imam, Y. 2003. Cereal Crops Production. First Edition. Shiraz University Publications. 173.

Ishii, T., Shrestha, Y. H., Mastumoto, I., and Kadoya, K. 1996. Effect of ethylene on the growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and on the mycorrhizal formation of trifoliate organe roots. Journal of Japanese Society of Horticulture Science. 65: 525-529.

Janouskova, M., Pavlikova, D., Macek, T., and Vosatka, M. 2005. Influence of arbuscular mycorrhiza on the growth and cadmium uptake of tabacco with inserted metallothionein gene. Applied Soil Ecology. 29(3): 209-214.

Jones, C. A., Jacobsen, J. S., and Wraith, J. M. 2003. The effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. In Western Nutrient Management Conference. 5: 88-93.

James, T. K., Rahman, A., and Mellsop, J. 2000. Weed compettition in maize different

timings for post-emergence weed control. New Zealand plant prodaction. 53: 267-272.

Jeffries, P. 1987. Use of mycorrhizae in agriculture. Crit Rev Biotechnol. 5: 319–357.

Li, Z., Xu, C., Li, K., Yan, S., Qu, X., and Zhang, J. 2012. Phosphate starvation of maize inhibits lateral root formation and alters gene expression in the lateral root primordium zone. Plant Biology. 12: 1-17.

Lindquist, J. L., Barker D. C., Knezevic, S.Z., Martin, A. R., and Walters, D.T. 2007. Comparative nitrogen uptake and distribution in corn and velvetleaf *(Abutilon Theophrasti).* Weed Science. 55: 102-110.

Lu, S., and Miller, M. H. 1988. The role of VA mycorrhizae in the absorption of pand Zn by Maize in field and growth chamber experimens. Canadian Journal of Sed Science. 69: 97-109.

Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., and Tas, I. 2003. Mycorrhiza colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon grown under well-watered and water stress conditions. Plant and Soil. 253: 287- 292.

Kasperbauer, M. J., Karlen, D. L. 1994. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochromeregulated photosynthate allocation in corn seedlings. Crop Science. 34: 1564-1569.

Khalvati, M. A., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart. 7(6): 706-712.

Khademi, Z., Jones, D.L., Malakouti, M.J., and Asadi, F. 2010. Organic acids differ in enhancing phosphorus uptake by *Triticum aestivum* L. effects of rhizosphere concentration and counterion. Plant and Soil. 334: 151-159.

Khan, A.G. 2005. Mycorrhizas and phytoremediation. In: Willey, N.(ed): method in biotechnology-phytoremediation: methods and reviews. Totowa,usa:Humana press.

Khanpour Ardestani, N., Hooshyar, R., Zare Maivan, H. 2010. Influence of mycorrhizal fungi on growth, chlorophyll content and K and Mg uptake in maize under different concentration of potassium and magnesium. Book abstracts of XVII congress of the federation of European societies of plant biology. Spain. 182.

Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., and Novak, J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp., Lamiaceae).* Mycorrhiza. 16: 443- 446.

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

Kojima, T., Hayatsu, M., and Saito, M. 1998. Intraradical hyphae phosphatase of the arbuscular mycorrhizal fungus, Gigaspora margarita". Biology and Fertility of Soil. 26: 331-335.

Koliai, A. A., Akbari, G., Akbari, G., Armandpisheh, O., and Tarighaleslami, M. 2012. Effect of biological and chemical phosphorus fertilizers on yield components of maize *(Zea mays* L.*)* in different water stress conditions. Annals of Biological Research, 2012. 3(8): 4204-4208.

Kuchenbuch, R., and Ingram, K. T. 2004. Effect of soil bulk density on seminal and lateral roots of young maize plants *(Zea mays* L.*).* Journal of Plant Nutrition and soil science. 167(2): 229- 235.

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

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

Maron, J. L. 1997. Interspecific competition and insect herbivory reduce bush lupine *(Lupinus arboreus)* seedling survival. Oecologia. 110: 284 – 290.

Mader, P., Edenhofer, S., Boller, T., Wiemken, A., and Niggli, U. 2000. Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. Biology and Fertility of Soils. 31: 150-156.

Mohammad, M. J., Pan, W.L., and Kennedy, A. C. 2005. Chemical alteration of the rhizosphere of the mycorrhizal-colonized wheat root. Mycorrhiza. 15: 259-266.

Mohammad, M. J., Malkawi, H. I., and Shibli, R. 2003. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barely grown on soils with different levels of salt. Journal of plant nutrition. 26(1): 125-137.

Mortimer, P.E., Pé rez-Ferná ndez, M.A. and Valentine. A.J. 2009. Arbuscular mycorrhizae affect the N and C economy of nodulated Phaseolus vulgaris (L.) during NH_4^+ nutrition. Soil Biology and Biochemistry. 41: 2115-2121.

Mansouri, H., AhmadiMoghadam, A., and Rohani, N. 2007. Responses of mycorrhiza and Non- mycorrhizal beanplants to salinity stress. Iranian Journal of Biology (1): 80-88. (In Persian with English Summary).

Mukerji, K. G., and Chamola, B. P. 2003. Compendium of mycorrhizal research. Concepts in mycorrhizal research. Kluwer Academic Publisher, London. 373.

Musavi, M. 2001. Integrated Weed Management, Principals and Methods. Miaad Press. 468.

Mousavi Jangali, S. A., Sani, B., Sharifi, M., and Hoseini-Nejad, Z. 2005. Effect of phosphate solubilizing bacteria and Mycorrhizal fungi on yield and yield components of corn grain (SC 704). Journal of Iran Agriculture Science. 2 (1): 60–65. (In Farsi).

Morton, J. B., and Yarger, J. E. 1990. Soil solution Pconcentrationnececessary for nodulation and nitrogen fixtation in mycorrhizal and non-mycorrhizal red clover *(Trifolium pretense* L.*)* Soil Biol.Biochem. 22: 127-129.

Mosse, B., Hayman, D. S., and Arnold, D. J. 1973. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. V. Phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labelled with 32P. New Phytol. 72-809.

Menalled, F. D., Liebman, M., and Buhler. D. D. 2002. Impact of composted swine manure on crop and weed establishment and growth. Proceedings of the Workshop European Weed Research Society Working Group on Physical and Cultural Weed Control, Pisa, Italy. 183.

Murphy J., and Riley J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphorous in natural waters. Analytica Chemica Acta. 27: 31-36.

Nadian, H. S., Smith, E., Alston, A. M., Murray, H. S., and Siebert, B. D. 1997. Effect of soil compaction on plant growth, phosphorus uptake and morphological characteristics of vesicular- arbuscular mycorrhiza colonization of trifolium subtrraneum colonized by four species of vesicular- arbuscular mycorrhiza fungi. Cambridge journal online. 140: 155-165.

Nelson, C. S., and Safir, G. R. 1982. Increased drought tolerance of mycorrhizal onion plants caused by imporoved phosphorous nutrition. Planta 154: 407-413.

Ngouajio, M., Milton, E., McGiffen, J., Mansfield, S., and Ogbuchiekwe, E. 2001. Comparison of methods to estimate weed populations and their performance in yield loss description models. Weed Science 49: 385-394.

Nurse, R., Swanton, E. C., Francois, T., and Sikkema, P. H. 2006. Weed control and yield are improved when glyphosate is preceded by a residual herbicide in glyphosate-tolerant maize *(Zea mays* L.*).* Crop Protect. 25: 1174–1179.

Oehl, F., and Sieverding, E. 2004. Pacispora, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the Glomeromycetes. Journal of Applid Botany. 78: 72-82.

Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Ris, E. A., Boller, T., and Wiemken, A. 2005. Community structure of arbuscular mycorrhiza fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. New Physiologist. 165: 273-283.

Othira, J. O., Omolo, J. O., Wachira, F. N., and Onek, L. A. 2012. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in protection of maize *(Zea mays* L.*)* against witchweed (Striga hermonthica Del Benth) infestation. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development Vol. 4(3): 37-44.

Ojha, S., Chakraborty, M. R., Dutta, S., and Chatterjee, N. C. 2008. Influence of VAM on nutrient uptake and growth of wheat. Asian Journal of Experimental Sciences, 22: 221-224.

Panwar, J. D. S. 1991. Effect of VAM and Azospirillum brasilense on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology, 34: 357-361.

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

Prasad, R., and Power, J. F. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC press. 356.

Payenter, B. H. 1993. Effect of external phosphorus and seed phosphorus supply on the shoot and root growth of yellow serradella, burr medic, and subterranean clover. Journal of plant nutrition, 16: 2313-2331.

Pairunan, A. K., Robson, A. D., and Abbott, L. K. 1980. The effectiveness of VAM in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. New Phytol. 84: 327-338.

Powell, C. L. 1976. Development of mycorrhizal infection from Endogone spores and infected root segments. Trans. Br. Mycol. Soc. 66: 439-445.

Raju, P. S., Clark, R. B., Ellis, J. R., and Maranville, J. W. 1990. Effects of species of VA-mycorrhizal fungi on growth and mineral uptake of sorghum at different temperature. Plant and Soil. 121: 165-170.

Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Soil-plant-water relations of oilseed rape

(Brassica napus and B.campestris). Agric. Sci. Cam. J. 117: 197-205.

Reddy, P. S., Rao, T. V. S. S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to Vesicular arbusclar mycorrhizal and Azotobacter biofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology, 8(2): 171–174.

Rodosevich, S. 1998. My view. Weed Science. 46: 149-156.

Rashid, M., and Iqbal, M. 2012. Effect of phosphorus fertilizer on the yield and quality of maize *(Zea mays* L.) fodder on clay loam soil. The Journal of Animal & Plant Sciences. 22(1): 199-203.

Ryan, M. H., and Graham, J. H. 2002. Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture? Plant and soil. 24: 263-271.

Ryan, M. H., Chilvers, G. A., and Dumaresq, D. C. 1994. Colonisation of wheat by Vamycorrhizal fungi was found tobe higher on afarmmanged in an organic manner than on a conventional. Plant and soil 166: 33-40.

Sadravi, M., Blaszkowski, J., Mohamadi-Goltapeh, E., Minasian, V., and Alizadeh, A. 2000. Seven cereal vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi of Iran". Proceedings of 14th Plant Protection Congress of Iran, Isfahan. 27.

Salas, M. L., Hickman, M.V., Huber, D.M,. and Schreiber, M. M. 1997. Influence of nitrate and mmonium nutrition on the growth of giant foxtail *(Setaria faberi).* Weed Sciences, 45: 664-669.

Sainz, M. J., and Arines, J. a. 1988. P absorbed from soil by mycorrhizal and red clover plants as affected by soluble P fertilization. Soil Biol. Biochem. 20: 61-67.

Sabannavar, S. J., and Lakshman H. C. 2009. Effect of rock phosphate solubilization using mycorrhizal fungi and phosphobacteria on two high yielding varieties of Sesamum indicum L. World J. Agric. Sci. 5:4: 470.

Smith, S. E., Robson, A. D., and Abbott, L. K.1992. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency nutrient uptake and use. Plant and soil. 11: 469-473.

Smith, S. E., Smith, F. A., and Jakobsen, I. 2004. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) Symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. New Phytol. 162: 511-52.

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

Smith, S. F., and Read, D. J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. 2nded. Academic Press. Inc. U.S.A.

Singh, S., and Kapoor, K. K. 1988. Effects of inoculation of phosphate – solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhiza fungus on mungbean grown under natural soil conditions. Mycoyyhizae, 7: 249-253.

Singh, D. K., and Sale, P. W. G. 2000. Growth and potential conductivity of white clover roots in dry soil with increasing phosphorus supply and defoliation frequency. Agron. J. 92: 868-874.

Singh, H. P., Batish, D. R., and Kohli, R. K. 2006. Hand book of sustainable weed management. The Haworth Press, Inc. New York. 892.

Siddiqui, Z.A., and Pichtel, J. 2008. Mycorrhizae: an overview. 1–35. In: Z.A. Siddiqui et al., (Eds) Mycorrhizae: Sustainable agriculture and forestry. Springer Science+ Business Media B.V.

Schenck, N. C., and Smith, G. S. 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi from Florida. Mycologia 74: 77-92.

Sharma, A. K., and Johri, B. N. 2002. Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in Plants, Rhizosphere and soils. Oxford and IBH Publishing. New Delhi. 308.

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios indbi. 407.

Shockley, F. W., McGraw, R. L., and Garrett, H. E. 2004. Growth and nutrient concentration of two native forage legumes inoculated with rhizobium and mycorrhiza in Missouri. USA. Agroforestry Systems. 60: 137-142.

Simpson, D., and Daft, M. J. 1990. Interaction between water-stress and different mycorrhizal inocola on plant growth and mycorrhizal development in maize and sorghum. Plant and Soil. 121: 179-186.

Simon, L., Bousquet, J., Levesque,R. C., Lalonde, M. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular plants. Nature. 363: 67-69.

Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology. 1(3): 44-48.

Sturmer, S. L., and Morton, J. B. 1997. Development patterns defining morphological characters in spores of four species in Glomus. Mycologia. 89: 72-81.

Stone M. J., Cralle, H. T., Chandler, J. M., Bovey, R. W., Carson, K. H. 1998. Above- and below-ground interference of wheat *(Triticum aestivum)* by Italian ryegrass *(Lolium moltiflorum)*. Weed Science. 46: 438-441.

Subramanian, K. S., and Charest, C. 1997. Nutritional growth and reproductive responses of maize to arbuscular mycorrhiza inoculation during and after drought stress at tasseling. Mycorrhiza. 7(1): 25-32.

Sudova, R., and Vosatka, M. 2007. Differences in the effects of three arbuscular mycorrhizal fungal strains on P and Pb accumulation by maize plants. Plant Soil. 296: 77-83.

Swift, C. E. 2004. Mycorrhiza and soil phosphorus levels. Area Extension Agent. http:// www. colostate. edu/ Depts/ Coop Ext/ TRA/ Plants/ mycorrhiza

Sylvia, D. M., and Williams, S. E. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmenlal stress. In: G.J. Beihlenfalvay and R.G. Linderman (eds) Mycorrhizae in Susíainable Agriculture, Am. Soc. Agron. Spccial Publication 54, American Society of Agronomy, Madison, 101-124.

Sylvia, D. 2003. Mycorrhiza. University of florida. U.S.A.

Sylvia, D. M., and Schenck. N. C. 1983. Soil fungicides for controlling chytridiaceous mycoparasites of Gigaspora margarita and Glomus fasciculatum. Appl. Environ. Microbiol. 45: 1306-139.

Tarafdar, J. C. 1995. Visual demonstration of in vitro acid phosphatase activity of VA mycorrhizal fungi. Current Science. 69(6): 451-543.

Tarafdar, J. C., and Marschner, H. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants. Soil Science and plant Nutrition. 40: 593-600.

Tinker, P. B. 1978. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on plant growth. Physiol. Veg. 16: 743-751.

Tinker, P. B., Jones, M. D., and Durall, D. M. 1992. A functional comparison of ecto and endo-mycorrhizas. In: Mycorrhizas in ecosystems. D. J. Reid., D. H. Lewis., A. H. Fitter., and I. J. Alexander (eds.). CAB Int., Wellingford, UK. 303-310.

Thomson, J. P. 1994. Inoculation with dihherent arbuscular mycorriza fungi from cropped soil overcomes long fallow disorder of linseed *(Linum ustitatissium* L.*)* by improving P and Zn uptake. Soil biology and Biochemistry. 26(9): 1133-1143.

Toussaint, J. P., Smith, F. A., and Smith, S. E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza. 17(4): 291-297.

Tollenaar, M., Nissanka, S. P., Aguilera, A., Weise, S. F., Swanton, C. J. 1994. Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids. Agronomy Journal. 86: 596-601.

Troehza loyanchan, T. E. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. Agronomy Journal. 95(1): 224-230.

Turk, M. A., and Tawaha A. R. M. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean *(Vicia faba L.* minor) in the absence moisture strees. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 6:3: 171.

Turk, M. A., Assaf, T. A., Hameed, K. M., and Tawaha. A. M. 2006. Significance of Mycorrhizae. World Journal Agricalture Science. 2: 16–20.

Vance, C. P., Uhde-Stone, C., and Allan D. L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. New Phytol., 157: 423.

Valentine, A. J., Mortimer, P. E., Lintnaar, A., and Borgo, R. 2006. Drought responses of arbuscular mycorrhuza grapevines. Symbiosis. 41(3): 127-133.

Vamerali, T., Saccomani, M., Mosca, S., Guarise, N., and Ganis, A. 2003. A comparison of root charactertics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. Plant and Soil. 25: 157-167.

Wang, F. Y., Lin, X. G., and Yin, R. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation on heavy metal accumulation of maize grown in a naturally contaminated soil. Intl. J. Phytorem. 9(4): 345-353.

Willer, H. 2008. Organic agriculture worldwide: current statistics. In: Willer, H. Yussefi, M. Sorensen, N. (Eds), The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends (2008). IFOAM, Bonn.

Williams, M. M., Buidston, R. A., and Davis, A. S. 2008. Differential tolerance in sweet corn to wild-proso millet *(Panicum miliacerum)* interference. Weed Science. 56: 91-96.

Yin, L., Cai, Z., and Zhong. W. 2006. Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization. Crop Protection, 25: 910-914.

Zangeneh, S., Shirvani, A., Alian, B., Najafi-nia, Y. M., Karampur, M., and GhaledEzdani, F. H., 2005. Introduction of some new arbuscular-mycorrhizal fungi (AMF) from citrus rhizosphere of Iran. Rostaniha. 6: 29-32.

Zaady, E., and Pervolotsky, A. 1993. Promotion of Plant Growth by Inoculation whit aggregated and single cell Suspensions of Azqospirrillum brasilense. Soil Boil. Biochem, 25: 819-823.

Zaady, E., Okon, Y., and Perevolotsky, A. 1994. Growth responses of Mediterranean herbaceous swards to inoculation with A. brasilenses. J. Range. Management, 47: 12-15.

Zimdahl, R. L. 1993. Fundamental of weed Science. Academic press, Inc.

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.

Zeidan, M. S. 2007. Effect of Organic manure and Phosphorus Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Lentil Plants in Sandy Soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(6): 748-752.

Abstract

To study the effect of mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer application on growth traits and yield of corn in competition with weeds, a field experiment was conducted at the Research farm of Shahrood University. Treatments were the factorial arrangement of mycorrhizae (inoculated with *Glomus mussea* and non-inoculated), phosphorus fertilizer (triple superphosphate source) at three levels (non-application, application of 25 and 40 kg of phosphate fertilizer per hectare) and weeding with three levels (weeding all season, no weeding all season and cultivating *Chenopodium album*). The results showed that compared with control, inoculation improved the traits studied. In terms of weeding, inoculation and application of 25 kg of phosphorus corn yield increased by 67% compared to non-inoculated and non-application of phosphorus fertilizer in the presence of *C. album*. Biological yield increased by 44% for weeding + fertilization compared with non-inoculation states. The highest positive effect was found for weeding× inoculation×25 kg P by which the 100-seed weight increased by 45.13%. No weeding× inoculation decreased weed biomass by 32%. No weeding×inoculation×40 kg P diminished the total number of weeds by 52.84%. Mycorrhizal fungi significantly increased the percentage of phosphorus in corn and soil by 60.97 and 26.70%, respectively, compared to non-inoculated case. Generally, mycorrhizal inoculation increased P uptake and water and subsequently enhanced the growth and ability of corn to compete with weeds.

Keywords: Bio-fertilizer, seed yield, non-chemical weed management, competitiveness

University of Shahrood

Faculty of Agriculture
Department of Agronomy

Effects of Mycorrhizal Fungi and Phosphorus Fertilization on Growth and Yield of corn (*Zea mays* L.) in Competition with Weeds

Javad Alipour

Supervisor:
Dr. Hassan Makarian

Advisors:

Dr. Manoocher Gholipoor **Dr. Hamidreza Asghari**

September. 2015