بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشکده کشاورزی**

**گروه زراعت**

# کاربرد قارچ حلال فسفات و پتاسیم در سطوح مختلف فسفر و پتاسیم بر رشد و عملکرد ذرت

**دانشجو : فرانک نعل‌چگر**

**اساتید راهنما :**

**دکتر حمید عباس‌دخت  دکتر حسن مکاریان**

**اساتید مشاور:**

**دکتر احمد غلامی  دکتر منوچهر قلی‌پور**

**پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

**سال انتشار: بهمن ۱۳۹۲**

# تشکر و قدردانی:

قدردانی و تشکر فراوان از همسر عزیزم

سپاس و قدردانی از اساتید گرامی جناب آقایان دکتر عباس‌دخت، دکترمکاریان، دکتر غلامی و دکتر قلی‌پور

امتنان و سپاس‌گزاری از اساتید داور جناب آقایان دکتر شاهسونی و دکتر حیدری

تشکر و تقدیر فراوان از مساعدت و زحمات تمام اساتید گرانقدر و کارکنان ارجمند دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

فرانک نعل چگر

بهمن ۱۳۹۲

# تعهد نامه

اینجانب **فرانک نعل‌چگر** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **کاربرد قارچ میکوریزا در سطوح مختلف فسفر و پتاسیم بر رشد و عملکرد ذرت** تحت راهنمائی **دکتر حمید عباس‌دخت** و **دکتر حسن مکاریان** متعهد می‌شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- 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.

**تـاریـخ**

**امـ**

**مـالـکیـت نـتـایـج و حق نـشر**

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

# چکیده

کودهای بیولوژیک بعنوان یکی از راهکاری مناسب در جهت توسعه پایدار در تولید محصولات زراعی بکار برده می‌شوند. در راستای نیل به این اهداف آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل قارچ میکوریزا در دو سطح عدم مصرف و مصرف، پتاسیم در دو سطح عدم مصرف و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفر در سه سطح عدم مصرف، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند. در این آزمایش از ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد. نتایج نشان داد قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت و درصد فسفر دانه ذرت داشت. اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر نیز بر عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و درصد فسفر دانه معنی‌دار شد. قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، سبب افزایش ۳۱/۵۷ درصدی عملکرد دانه ذرت گردید.



کلمات کلیدی: میکوریزا، کود فسفر، کود پتاسیم، ذرت

## مقالات مستخرج از پایان نامه

- بررسی اثر قارچ میکوریزا در سطوح مختلف کاربرد فسفر و پتاسیم بر عملکرد و میزان فسفر دانه در ذرت دانه‌ای. ۱۳۹۱. دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم. دانشگاه محقق اردبیلی. اردبیل. مرداد ۱۳۹۲.
- بررسی اثر قارچ میکوریزا در سطوح مختلف کاربرد کود فسفر و پتاسیم بر برخی صفات ذرت دانه‌ای. همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم. جزیره قشم. آبان ۱۳۹۲.
- تاثیر قارچ میکوریزا به همراه کود فسفر و پتاسیم برعملکرد، وزن خشک بلال ومیزان پتاسیم دانه ذرت دانه‌ای. همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم. جزیره قشم. آبان ۱۳۹۲.

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


چکیده ..... و

فهرست مطالب ..... ح

فهرست اشکال ..... م

فهرست جداول ..... س


### فصل اول: مقدمه و کلیات


۱-۱- مقدمه ..... ۱


### فصل دوم: بررسی منابع


۲-۱- ذرت ..... ۷

۲-۱-۱- گیاه‌شناسی ذرت ..... ۸

۲-۱-۱-۱- ریشه ..... ۹

۲-۱-۱-۲- ساقه ..... ۹

۲-۱-۱-۳- برگ ..... ۱۰

۲-۱-۱-۴- گل‌آذین ..... ۱۰

۲-۱-۲- اکولوژی ذرت ..... ۱۱

۲-۱-۲-۱- دما ..... ۱۱

۲-۱-۲-۲- نور ..... ۱۱

۲-۱-۲-۳- رطوبت ..... ۱۲
۲-۱-۲-۴- خاک ..... ۱۲
۲-۱-۳- زمان کاشت ذرت ..... ۱۳
۲-۱-۴- نیازهای غذایی ذرت ..... ۱۳
۲-۲- کودهای شیمیایی ..... ۱۴
۲-۲-۱- فسفر ..... ۱۵
۲-۲-۱-۱- نقش و اهمیت فسفر در گیاهان ..... ۱۵
۲-۲-۱-۲- اشکال مختلف فسفر در خاک ..... ۱۶
۲-۲-۱-۳- تامین فسفر گیاهان در کشاورزی رایج ..... ۱۶
۲-۲-۱-۴- اثر کودهای شیمیایی فسفردار بر محیط زیست ..... ۱۷
۲-۲-۲- پتاسیم ..... ۱۸
۲-۲-۲-۱- نقش و اهمیت پتاسیم در گیاهان ..... ۱۸
۲-۲-۳-۲- علائم کمبود پتاسیم در گیاهان ..... ۱۸
۲-۲-۲-۳- تامین پتاسیم گیاهان در کشاورزی رایج ..... ۱۸
۲-۳- کودهای زیستی ..... ۱۹
۲-۳-۱- تاریخچه میکوریزا ..... ۲۰
۲-۳-۲- رابطه همزیستی میکوریزا آرباسکولار ..... ۲۱
۲-۳-۳- فوائد رابطه همزیستی میکوریزایی ..... ۲۲
۲-۳-۳-۱- تاثیر بر جذب عناصر غذایی ..... ۲۲
۲-۳-۳-۲- افزایش مقاومت به خشکی ..... ۲۳
۲-۳-۳-۳- افزایش مقاومت به شوری ..... ۲۴

۲-۳-۳-۴- افزایش مقاومت به پاتوژن‌ها و بیماری‌ها ..... ۲۵
۱-۳-۳-۵- اصلاح ساختمان خاک ..... ۲۶
۲-۳-۳-۶- تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه ..... ۲۷
۲-۳-۴- نقش نظام‌های زراعی بر فعالیت قارچ‌های میکوریزا ..... ۲۷
۲-۳-۴-۱- اثر تناوب زراعی بر فعالیت میکوریزا ..... ۲۷
۲-۳-۴-۲- اثر آیش بر فعالیت و پویایی میکوریزا ..... ۲۸
۲-۳-۴-۳- اثر کشت مخلوط بر فعالیت قارچ‌های میکوریزا ..... ۲۸
۲-۳-۴-۴- اثر کودهای شیمیایی بر جمعیت و فعالیت قارچ‌های میکوریزا ..... ۲۹

## فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مکان اجرای آزمایش ..... ۳۱
۳-۲- موقعیت جغرافیایی بسطام ..... ۳۲
۳-۳- ویژگی‌های آب و هوایی منطقه ..... ۳۲
۳-۴- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش ..... ۳۲
۳-۵- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش ..... ۳۲
۳-۶- عملیات اجرایی ..... ۳۳
۳-۶-۱- آماده‌سازی بذرها ..... ۳۳
۳-۶-۲- آماده‌سازی زمین و کاشت ..... ۳۳
۳-۶-۳- مصرف قارچ میکوریزا ..... ۳۴
۳-۶-۴- عملیات داشت ..... ۳۴

۳-۷- نمونه‌برداری ..... ۳۴
۳-۷-۱- نمونه‌برداری در طول فصل رشد ..... ۳۴
۳-۷-۲- نمونه‌برداری عملکرد ..... ۳۵
۳-۸- ارزیابی صفات ..... ۳۵
۳-۹- آنالیز آماری نتایج ..... ۳۶

## فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-۱ عملکرد دانه ..... ۳۸
۴-۱-۲- عملکرد بیولوژیک ..... ۴۳
۴-۱-۳- وزن ۱۰۰ دانه ..... ۴۶
۴-۱-۴- شاخص برداشت ..... ۵۰
۴-۱-۵- طول بلال ..... ۵۴
۴-۱-۶- تعداد ردیف دانه در بلال ..... ۵۷
۴-۱-۷- تعداد دانه در ردیف بلال ..... ۶۰
۴-۱-۸- درصد فسفر دانه ذرت ..... ۶۴
۴-۱-۹- درصد پتاسیم دانه ذرت ..... ۶۹
۴-۱-۱۰- ارتفاع بوته ذرت ..... ۷۲
۴-۲- جمع‌بندی نتایج ..... ۷۴
۴-۳- پیشنهادها ..... ۷۵

## پیوست‌ها

جداول ضمیمه ..... ۷۸

منابع ..... ۸۱

# فهرست اشکال

**شکل** **صفحه**


شکل۴-۱- تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه ..... ۴۰

شکل۴-۲- تاثیر کود فسفر بر عملکرد دانه ..... ۴۱

شکل۴-۳- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه ..... ۴۱

شکل۴-۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر بر عملکرد دانه ..... ۴۲

شکل۴-۵- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد دانه ..... ۴۲

شکل۴-۶- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد بیولوژیک ..... ۴۶

شکل۴-۷- اثر قارچ میکوریزا بر وزن ۱۰۰ دانه بلال ..... ۴۸

شکل۴-۸- اثر کود فسفر بر وزن ۱۰۰ دانه بلال ..... ۴۹

شکل۴-۹- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن ۱۰۰ دانه بلال ..... ۴۹

شکل۴-۱۰- اثر قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت ..... ۵۱

شکل۴-۱۱- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر شاخص برداشت ..... ۵۲

شکل۴-۱۲- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر بر شاخص برداشت ..... ۵۲

شکل۴-۱۳- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر شاخص برداشت ..... ۵۳

شکل۴-۱۴- اثر کود پتاسیم بر طول بلال ..... ۵۵

شکل۴-۱۵- اثر کود فسفر بر طول بلال ..... ۵۶

شکل۴-۱۶- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر طول بلال ..... ۵۶

شکل۴-۱۷- اثر کود فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال ..... ۵۸

شکل۴-۱۸- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال ..... ۵۹

شکل۴-۱۹- اثر کود پتاسیم بر تعداد دانه در ردیف بلال ..... ۶۲
شکل۴-۲۰- اثر کود فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال..... ۶۲
شکل۴-۲۱- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال ..... ۶۳
شکل۴-۲۲- اثر قارچ میکوریزا بر درصد فسفر دانه ذرت ..... ۶۶
شکل۴-۲۳- اثر کود فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت ..... ۶۷
شکل۴-۲۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت ..... ۶۷
شکل۴-۲۵- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت ..... ۶۶
شکل۴-۲۶- اثر کود پتاسیم بر درصد پتاسیم دانه ذرت ..... ۷۱
شکل۴-۲۷- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر درصد پتاسیم دانه ذرت ..... ۷۱
شکل۴-۲۸- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته ذرت ..... ۷۳

# فهرست جداول

**جدول** **صفحه**


جدول۴-۱- میانگین مربعات عملکرد دانه تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر ..... ۴۰

جدول۴-۲- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد دانه ..... ۴۳

جدول۴-۳- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر ..... ۴۵

جدول۴-۴ - میانگین مربعات وزن ۱۰۰ دانه بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر ..... ۴۸

جدول۴-۵ - میانگین مربعات شاخص برداشت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر ..... ۵۱

جدول۴-۶- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر شاخص برداشت .... ۵۳

جدول۴-۷- جدول میانگین مربعات طول بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر ..... ۵۵

جدول۴-۸- میانگین مربعات تعداد ردیف دانه در بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر..... ۵۸

جدول۴-۹- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال ..... ۵۹

جدول۴-۱۰- میانگین مربعات تعداد دانه در ردیف بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر..... ۶۱

جدول۴-۱۱- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال ..... ۶۳

جدول۴-۱۲- میانگین مربعات درصد فسفر دانه ذرت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر..... ۶۶

جدول۴-۱۳- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت ..... ۶۸

جدول۴-۱۴- میانگین مربعات درصد پتاسیم دانه ذرت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر..... ۷۰

جدول۴-۱۵- میانگین مربعات ارتفاع بوته ذرت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر ..... ۷۳

# فصل اول

# مقدمه و کلیات

## ۱- ۱- مقدمه

از آنجائیکه با افزایش جمعیت جهان نیاز به مواد غذایی بیشتر می‌گردد و این موضوع استفاده هر چه بیشتر از منابع شیمیایی زود بازده را می‌طلبد، به طور حتم در آینده‌ای نه چندان دور تولید مواد غذایی در جهان در اثر فرسایش و کاهش بازدهی خاک‌ها با بحران مواجه خواهد شد. کشت و شخم بیش از حد زمین‌های زراعی و تخریب مراتع که عمدتا به سبب رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی صورت می‌گیرد، سالانه ۲۵ میلیارد تن خاک حاصلخیز زراعتی را نابود می‌سازد. در سالهای اخیر نگرانی‌های جهانی درباره عواقب و اثرات سوء برخی از فعالیت‌های کشاورزی نوین بر محیط زیست و سلامتی بشر افزایش یافته و محققان را به تفکر بیشتر و نگاهی عمیق‌تر واداشته است (ملکوتی، ۱۳۷۵). محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی کشور ما را نیز با چالش بزرگی روبرو نموده است. در چنین شرایطی که توسعه اراضی کشور عملاً مقدور نمی‌باشد، بیشتر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است. از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات، مصرف بیشتر نهاده‌ها به ویژه کودهای شیمیایی است. این در حالیست که کاربرد بیش از اندازه کودهای شیمیایی سبب بروز مشکلات زیست محیطی، بهداشتی و حتی اقتصادی می‌شود و تأثیر سویی بر چرخه زیستی و پایداری نظام‌های زراعی دارد. (قربانی، ۱۳۸۶).

اهداف اصلی کشاورزی پایدار کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاک‌ورزی و استفاده از کودهای زیستی بجای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر و البته سالم‌تر است. در حال حاضر کودهای بیولوژیک یا زیستی به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در بحث کشاورزی پایدار مطرح می‌باشند (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). کاربرد تولیدات زیستی بعنوان راهکاری بنیادین برای توسعه سیستم‌های مدیریت

تلفیقی تغذیه معدنی و آلی گیاهان و افزایش کمی و کیفی مواد غذایی در واحد سطح بسیار مورد توجه قرار گرفته است (منافی و کلوپر، ۱۹۹۴). کودهای زیستی در واقع مجموعه‌ای از مواد حاصلخیزکننده هستند، حاوی یک یا چند گونه از ارگانیسم‌های مفید خاکزی، که در بستری از مواد نگهدارنده قرار دارند و قادرند با تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه راندمان تولید را در واحد سطح افزایش دهند. میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی عناصر غذایی بعضا غیرقابل استفاده را طی فرایندهای بیولوژیکی به صورت قابل استفاده برای گیاه درمی‌آورند. از جمله کودهای زیستی که دارای ریزاندامگان‌های متفاوتی هستند می‌توان به قارچ‌های میکوریزا اشاره کرد (بلک، ۲۰۰۳).

قارچ‌های خاکزی میکوریزا بعنوان یکی از نمایندگان کودهای زیستی، ریزموجوداتی همزیست با ریشه اغلب گیاهان و دارای کارکرد چند منظوره در نظام‌های زراعی می‌باشند که با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در فرایند تولید گیاهان و افزایش حاصلخیزی و بهبود ساختمان خاک اهداف مهم و بلند مدت کشاورزی پایدار را تامین می‌کنند. قارچ‌های میکوریزایی با افزایش قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر غذایی بویژه فسفر، جذب بیشتر آب بواسطه هیف‌هایشان، افزایش تبادلات گازی برگ و فتوسنتز، تنظیم اسمزی، افزایش مقاومت گیاه به انواع بیماری‌های خاکزی و تنش‌ها و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در حفظ توازن طبیعی محیط زیست نقش بسزایی را ایفا می‌کنند (بولان، ۱۹۹۱.، سلیک و همکاران، ۲۰۰۴).

ذرت به علت اهمیت فوق العاده در تامین غذای دام‌ها، مصارف خوراکی، دارویی و صنعتی و به سبب داشتن ویژگی‌های منحصربه‌فرد من جمله سازگاری با اقلیم‌های متنوع یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان امروز برشمرده می‌شود که به سرعت در تمامی دنیا گسترش یافته است و در بیشتر کشورهای جهان که دارای آب و هوای مناسب برای کشت این گیاه می‌باشند محصول قابل‌توجهی تولید می‌نماید. ذرت به سبب قابلیتی که در تولید مقادیر زیادی ماده خشک دارد مصرف زیاد نهاده‌ها را نیز به همراه دارد

و حصول عملکرد بالا برای این گیاه مستلزم استفاده بهینه از ذخایر غذایی خاک می‌باشد. فسفر یکی از عناصری است که ذرت نیاز فراوانی به آن دارد و کمبود آن بویژه در مراحل ابتدایی رشد سبب تضعیف سیستم ریشه‌ای می‌گردد از طرفی نظم ردیف‌های دانه بر روی بلال بهم می‌خورد و قسمت انتهایی بلال بدون دانه باقی می‌ماند. در بسیاری از نقاط جهان به سبب بالا بودن pH خاک و فراوانی یون کلسیم، خاک‌ها فقیر از فرم قابل جذب فسفر می‌باشند و روش مرسوم اغلب کشاورزان برای حل این معضل استفاده بیشتر از کودهای فسفردار می‌باشد که اکثرشان هم به سرعت در خاک تثبیت می‌شوند (تانگاسوامی و چلاپان، ۲۰۰۶). طبیعت در اثر مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته که سبب انتقال فسفر به منابع و جریان‌های آبی وکاهش باروری خاک‌ها و از بین رفتن هوموس شده، بشدت در معرض تهدید قرار گرفته است (رایان و همکاران، ۲۰۱۲). پتاسیم نیز عنصری ضروری برای رشد و نمو ذرت می‌باشد به نحوی که سبب افزایش مقاومت گیاه به خوابیدگی، کم‌آبی و بیماری‌ها می‌گردد و جذب نیتروژن را نیز افزایش می‌دهد. علائم کمبود پتاسیم در ذرت به صورت کوتاه ماندن میانگره‌های ساقه و خشک شدن حاشیه و راس برگ‌ها ظهور می‌کند (خدابنده، ۱۳۸۷.، نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). پخش کودهای پتاسیم تنها باید در زمین‌های انجام شود که از نظر این عنصر فقیر هستند.

از آنجایی که فراهمی این عناصر در خاک باید به گونه‌ای باشد که ضمن تامین نیازهای زراعی، از اتلاف منابع و آلودگی‌های زیست‌محیطی جلوگیری شود، بهتر است حاصلخیز کردن خاک‌ها با مدیریت مصرف نهاده‌های شیمیایی و کمک گرفتن از نهاده‌های زیستی صورت گیرد. بر این اساس در این پژوهش تاثیر کاربرد قارچ میکوریزا در سطوح مختلف کاربرد کودهای پتاسیم و فسفر در منطقه بسطام واقع در شهرستان شاهرود مورد مطالعه قرار گرفت تا با شناخت نیازهای غذایی ذرت که گلوگاه رشد و افزایش عملکرد محصول ذرت می‌باشد و نیز میزان متناسب مصرف آن‌ها به همراه بکارگیری عوامل بیولوژیک و

کودهای زیستی علاوه بر جلوگیری از بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی، کارایی کودها و بازده اقتصادی ناشی از مصرف آن‌ها را افزایش داده و گامی در جهت پیشبرد اهداف بلندمدت کشاورزی پایدار برداشت.

# فصل دوم

# بررسی منابع

## ۲-۱- ذرت

ذرت به سبب ویژگی‌های بسیار زیاد خود بویژه به دلیل قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون بسیار زود در تمام دنیا گسترش یافته و مکان سوم را در دنیا بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است و در حال حاضر بیش از ۱۳۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت ذرت اختصاص یافته‌اند. ذرت علاوه براینکه علوفه‌ای بسیار مناسب برای دام‌ها می‌باشد، از نظر تامین انرژی نیز ماده غذایی بی‌نظیری است از اینرو امروزه در تغذیه مرغ و تولید تخم‌مرغ بعنوان یک غذای پرانرژی و بااهمیت شناخته می‌شود و بالاترین ارزش را در مقایسه با سایر غلات داراست. بیش از ۵۰۰ نوع فرآورده درجه دوم از ذرت بدست می‌آید. از ساقه آن در صنعت کاغذسازی و از چوب بلال در تهیه اسید استیک و قطران زغال سنگ استفاده می‌شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). حدود نیمی از ذرت دنیا در ایالت متحده امریکا کشت می‌شود. تولیدکننده‌های دیگر ذرت به ترتیب چین، برزیل، مکزیک، رومانی، آرژانتین، افریقای جنوبی و هند هستند.

یکی از مهم‌ترین دلایل کشت ذرت در دنیا قدرت سازگاری بالای این گیاه با شرایط اقلیمی گوناگون می‌باشد. البته مقاومت به خشکی و ورس، عملکرد زیاد آن در هکتار، قدرت قرار گرفتن در تناوب‌های مختلف با گیاهان، پذیرش کامل مکانیزاسیون در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت و پذیرش کشت‌های متوالی به مدت چند سال از دیگر عواملی هستند که سبب گسترش روزافزون کشت آن در دنیا شده‌اند. به نظر می‌رسد با پیشرفت‌های آتی در علم بیوتکنولوژی و با ایجاد تغییرات ژنتیکی در ترکیبات شیمیایی دانه ذرت، هیبریدهای متنوعی برای مصارف صنعتی خاص ایجاد شود.

در حال حاضر مهم‌ترین مناطق کشت ذرت در ایران استان‌های مازندران، خوزستان، اطراف تهران و استان فارس هستند.

## ۲-۱-۱- گیاه‌شناسی ذرت

ذرت (*Zea mays*) یکی از مهم‌ترین گیاهان تیره غلات، از جنس *Zea* و از خانواده *Poaceae* است. این گیاه تک‌لپه، یکساله، روزکوتاه و دگرگشن می‌باشد.

### ۲-۱-۱-۱- ریشه

ذرت دارای ریشه‌های افشان است. جنین آن هنگام جوانه زدن فقط تولید یک ریشه می‌کند که سریع رشد کرده و در عمق خاک نفوذ می‌کند. از مزوکوتیل نیز ۳ تا ۷ ریشه نابجا خارج می‌شود که به همراه ریشه جنینی تشکیل سیستم ریشه اولیه (Seminal roots) را می‌دهند. چند روز پس از رویش در عمق کم خاک اولین گره ساقه تشکیل می‌شود، بعد از آن گیاه حدود ۶ تا ۱۰ گره به فاصله بسیار کم روی ساقه خود (در زیر زمین) بوجود می‌آورد. هر چه تعداد این گره‌ها بیشتر باشد مرحله رویشی طولانی‌تر می‌شود. ریشه‌های یک بوته ذرت تقریبا ۲ مترمکعب از خاک را اشغال می‌کنند. سیستم ریشه‌ای ذرت در اراضی با رطوبت کم توسعه بیشتری نسبت به اراضی مرطوب دارد. سطح جذب مواد معدنی ریشه‌های ذرت نسبت به حجمی که اشغال می‌کنند کم است. شعاع جذب ۴ هفته پس از رویش تا ۶۰ سانتی‌متر و هنگام رسیدن، به ۱۲۰ سانتی‌متر هم می‌رسد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

### ۲-۱-۱-۲- ساقه

رشد ساقه از تکرار یک واحد ساختاری شامل پهنک برگ، غلاف برگ، گره و میانگره ایجاد می‌گردد. این واحد ساختاری با تغییراتی در ابعاد اجزاء تشکیل دهنده آن، تمام ساقه رویشی بجز تاج گل را بوجود می‌آورد. ساقه ذرت علاوه بر حفظ و نگهداری برگ‌ها و دانه‌ها بعنوان اندام ذخیره‌ای مواد جامد قابل حل بویژه ساکاروز عمل می‌کند که می‌تواند به افزایش عملکرد گیاه کمک کند (گنتر و همکاران، ۱۹۷۰). اکثر

ارقام ذرت بر خلاف سایر غلات تولید پنجه نمی‌کنند که این امر از دیدگاه آرنون (۱۹۷۵) بدلیل انتخاب طبیعی برای داشتن بلالی بزرگتر است. امروزه محققین در فکر تولید هیبریدهای قدکوتاه هستند که تراکم‌پذیری و عملکرد بالاتری نسبت به هیبریدهای فعلی دارند.

### ۲-۱-۱-۳- برگ

در ذرت چهار گروه برگ وجود دارد که عبارتند از: برگ‌های جنینی، برگ‌های حقیقی روی ساقه، برگ‌های انتهایی و برگ‌های غلاف بلال. روی هر گره ساقه یک برگ قرار دارد و گره‌ها همانند سایر غلات به صورت متناوب در دو طرف طول ساقه قرار می‌گیرند. سطح زیرین پهنک برگ صاف و روی آن پرزدار است. برگ‌ها اولین قسمت گیاه هستند که پس از نوک کولئوپتیل از خاک خارج می‌شوند. در کشت متراکم، برگ‌های پایین‌تر احتمالا بدلیل عدم دریافت میزان کافی نور از بین می‌روند.

### ۲-۱-۱-۴- گل‌آذین

ذرت گیاهی است یک‌پایه و دگرگرده‌افشان که گل‌آذین نر به صورت یک پانیکل غیرمتراکم روی آخرین گره بالایی و گل‌آذین ماده در قسمت میانی گیاه ظاهر می‌شوند (آرنون، ۱۹۷۵). گل‌آذین ماده که توسط برگ‌های تغییر شکل یافته احاطه شده از جوانه‌های جانبی واقع بر گره ساقه ایجاد می‌شود. سنبلچه‌ها که به صورت مارپیچی روی محور سنبله قرار می‌گیرند در قسمت تحتانی خود دارای دو گلوم هستند که درون آن‌ها دو گل قرار دارد. هر گل شامل سه پرچم می‌باشد که هر کدام توانایی تولید ۲۰۰۰ دانه گرده را دارند. گل‌آذین نر (گل‌تاجی) قبل از بلال ظاهر می‌شود و گل‌آذین ماده یا بلال، که توسط برگ‌های تغییر شکل یافته احاطه شده است، از جوانه‌های جانبی واقع بر گره‌های ساقه ظاهر می‌گردد. عمل گرده‌افشانی در ذرت بواسطه باد صورت می‌گیرد و دانه‌های گرده به مدت ۱۸ الی ۲۴ ساعت فعال باقی خواهند ماند.

## ۲-۱-۲- اکولوژی ذرت

ذرت در نیمکره شمالی تا ۵۸ درجه عرض جغرافیایی در کانادا و روسیه و در نیمکره جنوبی تا عرض جغرافیایی ۴۲ درجه در زلاندنو کشت می‌گردد. این گیاه تا ارتفاع ۴۲۰۰ متری در بولیوی و ۸۰۰ متری در رومانی رشد می‌کند (خدابنده، ۱۳۷۸). عوامل محیطی موثر بر رشد ذرت عبارتند از:

### ۲-۱-۲-۱- دما

از آنجایی که ذرت نیاز حرارتی نسبتا زیادی در دوره رشد خود دارد، کاشت آن در مناطق گرم نتایج بهتری را حاصل می‌کند. بهترین مناطق برای کشت آن نواحی هستند که دمای آن‌ها به مدت ۳ تا ۴ ماه متوالی بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد. اگر میانگین دمای زمستان به کمتر از ۱۳ درجه برسد و یا دما در اواسط تابستان از ۱۸ درجه سانتی‌گراد کمتر شود میزان رشد و عملکرد گیاه کاهش چشمگیری پیدا می‌کند (کریمی، ۱۳۸۳). اگر گیاه در دوران گلدهی با درجه حرارت‌های پایین مواجه شود بساک‌های خالی از گرده ایجاد می‌شوند و قدرت باروری آن به شدت کاهش پیدا می‌کند. درجه حرارت‌های بالا نیز در این مرحله سبب ظهور زودتر گل‌آذین نر نسبت به گل‌آذین ماده شده و تاثیر منفی روی عملکرد گیاه خواهند داشت (مجنون حسینی، ۱۳۸۵).

### ۲-۱-۲-۲- نور

در صورتیکه درجه حرارت مناسب طی دوره رشد ذرت فراهم باشد این گیاه بعنوان یک گیاه چهارکربنه در مقایسه با گیاهان سه‌کربنه این توانایی را دارد که از انرژی خورشیدی بیشترین بهره را ببرد. واکنش فتوپریودی در گیاه ذرت در محدوده بی‌تفاوتی و روزکوتاهی قرار دارد. در مناطقی که نور کافی در طول دوره رشد ذرت وجود نداشته باشد علاوه بر دیررسی و کاهش کیفیت دانه‌ها به سبب کاهش

فتوسنتز، بذر کافی هم تشکیل نمی‌شود. در نقاطی که روزهای بلند دارند تعداد برگ‌های گیاه افزایش می‌یابد و گلدهی تا فرا رسیدن روزهای کوتاه به تاخیر می‌افتد. به طور کلی عقیده بر این است که زمان رسیدن یک واریته سازگار به یک ناحیه به ازاء هر ۱۶ کیلومتر به طرف شمال یک روز به تاخیر می‌افتد بنابراین در مناطق شمالی ایران برای تولید ذرت دانه‌ای باید از واریته‌های زودرس و در مناطق جنوبی از واریته‌های دیررس استفاده کرد (کاظمی اربط، ۱۳۷۸).

### ۲-۱-۲-۳- رطوبت

از آنجایی که گسترش برگ‌ها و گرده‌افشانی و تشکیل دانه در ذرت در ماه‌های گرم سال صورت می‌گیرد نیاز بالای این گیاه به آب امری طبیعی جلوه می‌کند. ذرت در مناطقی که میزان بارندگی بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و با پراکندگی زمانی مناسب باشد رشد خوبی دارد. مرحله بین ظهور سنبله تا پر شدن دانه‌ها (مرحله خمیری) حساس‌ترین مرحله زندگی ذرت نسبت به آب می‌باشد که مدت زمان آن حدودا ۵۰ روز است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به درجه حرارت محیط هر ۷ تا ۱۲ روز یکبار باید نسبت به آبیاری ذرت اقدام کرد.

### ۲-۱-۲-۴- خاک

ذرت را می‌توان در اراضی متفاوت از حیث حاصلخیزی، بافت خاک و pH کشت نمود. بهترین اراضی برای کشت آن خاک‌های عمیق با بافت متوسط، زهکشی خوب و قدرت نگهداری آب می‌باشند. همچنین لازم است تهویه خاک مناسب باشد و از نظر آهک و مواد کلوئیدی بویژه هوموس قوی باشد. بهترین pH برای رشد و نمو ذرت بین ۵/۵ تا ۶/۵ است (خدابنده، ۱۳۷۸). ذرت نسبت به کمی اکسیژن در محیط رشد خود که عمدتا ناشی از وجود قشرهای فشرده تحت‌الارضی است بسیار حساس است. همچنین

حساسیت بالایی به شوری خاک دارد به نحوی که شوری برابر ۷ میلی‌موس سبب کاهش ۵۰ درصدی عملکرد آن می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۵).

## ۲-۱-۳- زمان کاشت ذرت

در فصل بهار هنگامی که خطر یخبندان‌های بهاره مرتفع گردید و دمای خاک در عمق ۷ تا ۸ سانتی‌متری به مدت ۳ تا ۴ روز متوالی حدودا به ۱۳ درجه سانتی‌گراد رسید و میانگین درجه حرارت در روز بیشتر از ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد شد می‌توان اقدام به کاشت ذرت نمود (خدابنده، ۱۳۷۸).

## ۲-۱-۴- نیازهای غذایی ذرت

حصول عملکردهای بالا در زراعت ذرت بدون مصرف کودهای شیمیایی و دامی حتی در اراضی حاصلخیز امکان‌پذیر نمی‌باشد. قسمت اعظم عناصر غذایی تا شروع تشکیل دانه‌ها در ذرت جذب می‌شوند.

### نیتروژن

بهتر است کود نیتروژن در بهار و طی دو مرحله به زمین اضافه گردد تا بیشتر و بهتر در اختیار گیاه قرار گیرد. معمولا نصف کود نیتروژن را در زمان کاشت و بقیه را در اواسط دوره رشد می‌توان در اختیار ذرت قرار داد. هرگاه نیتروژن به میزان کافی در اختیار گیاه قرار نگیرد بوته‌ها کوتاه مانده و در صورتی که این کمبود ادامه یابد برگ‌ها باریک و زرد می‌شوند (خدابنده، ۱۳۷۸).

### فسفر

فسفر یکی از عناصری است که ذرت نیاز فراوانی به آن دارد و کمبود آن بویژه در مراحل ابتدایی رشد سبب تضعیف سیستم ریشه‌ای، رشد کند ساقه‌ها، تاخیر در ظهور گل‌تاجی و ورود زودهنگام به مرحله

زایشی می‌گردد، از طرفی نظم ردیف‌های دانه بر روی بلال به هم می‌خورد و قسمت انتهایی بلال بدون دانه باقی می‌ماند. مرحله بحرانی تغذیه ذرت با فسفر از زمان ظهور هفتمین برگ تا ظهور گل‌تاجی است. میزان فسفر مورد نیاز ذرت بستگی به فسفر قابل دسترس گیاه در خاک دارد و بهترین زمان مصرف کود فسفر هنگام کاشت می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

**پتاسیم**

پتاسیم عنصری ضروری برای رشد و نمو ذرت می‌باشد به نحوی که سبب افزایش مقاومت گیاه به خوابیدگی، کم‌آبی و بیماری‌ها می‌گردد و جذب نیتروژن را نیز افزایش می‌دهد. علائم کمبود پتاسیم در ذرت به صورت کوتاه ماندن میانگره‌های ساقه و خشک شدن حاشیه و راس برگ‌ها ظهور می‌کند. از طرفی دیگر راس بلال به خوبی از دانه پوشیده نمی‌شود. پتاسیم بر خلاف نیتروژن و فسفر که بیشتر در دانه ذخیره می‌گردند بیشتر در اندام‌های رویشی باقی می‌ماند و سرعت جذب آن از دو کود دیگر بیشتر می‌باشد طوری که جذب آن چند هفته قبل از رسیدن گیاه متوقف می‌گردد. پخش کودهای پتاسیم عموما در زمین‌هایی صورت می‌گیرد که از نظر وجود این عنصر فقیر باشند (خدابنده، ۱۳۷۸).

## ۲-۲- کودهای شیمیایی

در نیمه دوم قرن بیستم افزایش چشمگیری در عملکرد محصولات کشاورزی بواسطه توسعه مصرف کودهای شیمیایی حاصل گردید اما همزمان با افزایش عملکرد در بسیاری از کشورها، مشکلات ناشی از آن سبب از بین رفتن تعادل متوازن عناصر ضروری خاک، اختلال در حلالیت و جذب عناصر غذایی، آلودگی رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی شد. مصرف بیش از حد کودهای ازته امروزه سبب تشدید فعالیت باکتری‌ها در تجزیه و فساد مواد آلی خاک شده و با کاهش مواد آلی مشکلات عدیده‌ای از جمله تخریب

فیزیکی خاک، کاهش حلالیت عناصر کم‌مصرف و از همه مهم‌تر کاهش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک ایجاد شده است.

طی وقوع انقلاب سبز در کشورهای در حال توسعه جهان، کودهای شیمیایی نقش بسزایی را در افزایش بازده محصولات دانه‌ای بر عهده داشتند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ بیش از ۷۰ درصد عملکرد دانه‌ای محصولات در سرتاسر جهان وابسته به مصرف کودهای شیمیایی باشد (شاویو، ۲۰۰۹) این در حالیست که مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه و فسفره منابع آبی جهان را بشدت تحت تاثیر قرار داده و منجر به بروز فرایند مردابی شدن بسیاری از اکوسیستم‌های آبی شده است. یکی از حقایق نگران کننده در مورد کودهای شیمیایی مرسوم این است که کارایی مصرف کودهای نیتروژن‌دار ۲۰ تا ۵۰ درصد و کارایی مصرف کودهای فسفردار تنها ۱۰ تا ۲۰ درصد می‌باشد (چیناموتا و موروگسا، ۲۰۰۹).

## ۲-۲-۱- فسفر

### ۲-۲-۱-۱- نقش و اهمیت فسفر در گیاهان

فسفر در ساختمان سلولی اسیدهای نوکلئیک، کوانزیم‌ها و فسفولیپیدها و در بسیاری از فعالیت‌های حیاتی من جمله ذخیره و انتقال انرژی دخالت دارد. سبب تسریع رشد و رسیدگی محصول شده و کیفیت بافت‌های سبز را افزایش می‌دهد. مسیر حرکت آن به سمت بافت‌های جوان است و انتقال آن در گیاه به سهولت صورت می‌گیرد. گیاهان ظرفیت بالایی برای جذب و ذخیره فسفر دارند (خواجه‌پور، ۱۳۸۸). فسفر یکی از عناصر پرمصرف برای گیاه ذرت است. ۶۰ تا ۷۰ درصد نیاز ذرت به اسید فسفریک از زمان تلقیح تا زمانی است که دانه‌ها بخوبی تشکیل و یک‌شکل می‌گردند (خدابنده، ۱۳۸۷).

شارما (۲۰۰۲) بیان کرد که یکی از فواید کود فسفر کمک به ایجاد ریشه‌های بیشتر و عمیق‌تر می‌باشد. وی خاطر نشان کرد که فسفر با تاثیر بر طول ظرافت و تراکم ریشه بطور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد محصول می‌گردد. گرده‌افشانی ذرت در اثر کمبود فسفر به تاخیر می‌افتد، دانه بندی روی میوه بخوبی انجام نمی‌شود و قسمت بالای میوه پوک می‌ماند. برگ‌ها نیز در اثر کمبود فسفر به رنگ سبز تیره درمی‌آیند و حاشیه آن‌ها ارغوانی می‌شود (خدابنده، ۱۳۷۸). گرنت و همکاران (۲۰۰۵) نیز کاهش سرعت رشد و همچنین عملکرد گیاهان را در اثر کمبود فسفر گزارش کردند.

### ۲-۲-۱-۲- اشکال مختلف فسفر در خاک

فسفر به دو صورت آلی و غیرآلی (معدنی) در خاک وجود دارد. میزان پراکنش هر کدام از اشکال فسفر در خاک وابسته به فاکتورهایی همچون نوع خاک، نوع پوشش گیاهی، فعالیت‌های میکروبی خاک، پیشینه کوددهی و غیره می‌باشد (هدلی و همکاران، ۱۹۸۲). علی‌رغم اینکه فسفر معدنی محلول در خاک‌ها تنها بخش کوچکی از کل فسفر خاک را در بر می‌گیرد، لیکن گیاهان اعم نیاز فسفری خود را از این منبع اخذ می‌کنند. در خاک‌های اسیدی قسمت اعظم فسفر معدنی توسط آهن و آلومینیوم و در خاک‌های آهکی و قلیایی توسط منیزیم و کلسیم تثبیت می‌شود. گر چه بیش از ۳۰ نوع فسفر آلی از خاک‌ها جدا شده است لیکن ترکیبات فیتین، فسفولیپیدها و اسیدهای نوکلئیک بخش اعظم فسفرهای آلی را تشکیل می‌دهند که بواسطه تجزیه مواد گیاهی ایجاد می‌شوند لذا خاک‌های حاوی مواد آلی زیاد، قطعا از نظر فرم آلی فسفر هم غنی هستند. فسفر آلی برای جذب شدن در گیاه باید ابتدا طی فرایند هضم ساده و یا فسفریلاسیون به فرم معدنی تبدیل شود (بولان، ۱۹۹۱).

### ۲-۲-۱-۳- تامین فسفر گیاهان در کشاورزی رایج

در بسیاری از نقاط جهان به سبب بالا بودن pH خاک و فراوانی یون کلسیم، خاک‌ها فقیر از فسفر محلول و قابل جذب برای تامین نیازهای غذایی گیاهان هستند و روش متداول و مرسوم اغلب کشاورزان برای حل این معضل استفاده هر چه بیشتر از کودهای فسفردار می‌باشد (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۸۰). البته شایان ذکر است که اکثر فسفات‌های معدنی که برای کوددهی بکار می‌روند بسرعت تبدیل به اشکال غیرقابل دسترس با قابلیت انحلال پایین می‌شوند (تانگاسوامی و چپلان، ۲۰۰۶). از طرفی دیگر استفاده از کودهای شیمیایی فسفره بدلیل قیمت بالا (سانچز، ۲۰۰۲) و اثرات سوء زیست‌محیطی (دوپونویس و همکاران، ۲۰۰۵) رو به کاهش است.

لازم به ذکر است که علی‌رغم وجود ضرورت برای تامین عناصر غذایی خاک و گیاهان زراعی، فراهمی این عناصر باید به گونه‌ای باشد که ضمن تامین نیازهای زراعی از اتلاف منابع و آلودگی‌های زیست‌محیطی جلوگیری شود.

### ۲-۲-۱-۴- اثر کودهای شیمیایی فسفردار بر محیط زیست

امروزه کشاورزی فشرده که با سیر روزافزون استفاده از نهاده‌های مکانیکی و شیمیایی همراه است سبب کاهش شدید تنوع زیستی و تهی‌سازی خاک‌های دارای حاصلخیزی طبیعی شده است. مصرف بی‌رویه کودهای فسفره سبب انتقال فسفر به منابع و جریان‌های آبی و سرشارسازی آن‌ها شده و با کاهش باروری خاک‌ها و از بین رفتن هوموس، محیط زیست را بصورت جدی مورد تهدید قرار داده است (رایان و همکاران، ۲۰۱۲). وجود فسفر زیاد در آب‌های جاری سبب ایجاد پدیده اتریفیکاسیون در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها خواهد شد (گرنت و همکاران، ۲۰۰۵). اثرات زیانبار مصرف غیراصولی کودهای فسفاته در ایران، پژوهشگران و مجریان بخش کشاورزی را بر آن داشته تا در پی یافتن جایگزین‌های مناسب برای این کودها باشند.

## ۲-۲-۲- پتاسیم

### ۲-۲-۲-۱- نقش و اهمیت پتاسیم در گیاهان

پتاسیم با آنکه در ساختمان ترکیبات آلی شرکت نمی‌کند اما سهم عمده‌ای در ایجاد محیط‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز مراحل متابولیکی خصوصا سنتز پروتئین‌ها، گلوسیدها و لیپیدها دارد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). پتاسیم مقاومت گیاه را به کم‌آبی و انواع پاتوژن‌ها و بیماری‌ها افزایش می‌دهد. این عنصر حساسیت ذرت را نسبت به خوابیدگی کاهش داده و سبب جذب مقادیر زیادی نیتروژن توسط این گیاه می‌گردد. جذب آن سریع‌تر از فسفر آغاز می‌شود. پتاسیم از زمان تولید جوانه شروع به جذب شدن نموده و این جذب تا حدود ۳ هفته پس از گلدهی ادامه دارد (خدابنده، ۱۳۸۷). بنابر گزارش کراوس (۱۹۹۴) میزان برداشت پتاسیم توسط ذرت حتی از نیتروژن هم بیشتر است. پتاسیم بر خلاف نیتروژن و فسفر که بخش اعظمی از آن‌ها در دانه ذخیره می‌گردد بیشتر در اندام‌های رویشی باقی می‌ماند.

### ۲-۲-۲-۲- علائم کمبود پتاسیم در گیاهان

در صورتیکه پتاسیم به اندازه کافی در اختیار ذرت قرار نگیرد میانگره‌ها کوتاه مانده، رشد نبات کاهش می‌یابد، برگ‌ها زرد می‌شوند و نوک و حاشیه برگ‌ها خشک می‌شود. در صورت ادامه یافتن کمبود، برگ‌ها بشدت آسیب دیده و مقاومت گیاه به بیماری‌ها کم می‌شود (خدابنده، ۱۳۸۷). کمبود پتاسیم با تاثیر منفی که بر پر شدن دانه‌های ذرت می‌گذارد، سبب کاهش عملکرد این محصول می‌شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

### ۲-۲-۲-۳- تامین پتاسیم گیاهان در کشاورزی رایج

مقدار پتاسیم مورد نیاز ذرت در هر هکتار زمین زراعی بین ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم می‌باشد. پخش کودهای پتاسیم فقط در زمین‌هایی صورت می‌گیرد که از نظر این عنصر فقیر هستند. پتاسیم معمولا در قالب کودهای سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم به زمین افزوده می‌شود. باجوا (۱۹۹۳) ضمن انجام آزمایشی اثرات این دو منبع پتاسیم را بر پنبه و ذرت مورد مطالعه قرار داد و دریافت که علی‌رغم کارایی موثر هر دو کود در افزایش عملکرد، سولفات پتاسیم به سبب دارا بودن آنیون سولفات، نسبت به پتاسیم ارجعیت دارد. در خاک‌هایی که میزان پتاسیم قابل استفاده آن‌ها به اندازه کافی نیست، جایگذاری عمقی سولفات پتاسیم می‌تواند نقش بسزایی در افزایش عملکرد ذرت داشته باشد.

## ۲-۳- کودهای زیستی

افزایش روزافزون جمعیت جهان لزوم تولید هر چه بیشتر محصولات کشاورزی را می‌طلبد که این امر خود سبب فشار کودهای شیمیایی بر زمین‌های کشاورزی شده است. بر اساس گزارش سازمان کشاورزی و خوار و بار جهانی (فائو) بین ۴۰ تا ۶۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی دهه‌های گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی است (مرشدی، ۱۳۸۲). در نیمه دوم قرن بیستم افزایش مصرف کودهای شیمیایی علی‌رغم اینکه موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شد مشکلات متعددی را برای طبیعت و محیط زیست بوجود آورد. در سال ۱۹۵۰ میزان مصرف کودهای شیمیایی در سطح جهان ۱۴ میلیون تن بود اما در سال ۲۰۰۰ این مقدار به ۱۴۱ میلیون تن افزایش یافت. گرچه افزایش مصرف کودهای شیمیایی تولید غله جهان را از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ به بیش از ۳ برابر افزایش داد لیکن با آلوده کردن آب‌ها به نیترات طی سالیان متمادی موجب کاهش توان بیولوژیک خاک و ده‌ها معضل زیست محیطی دیگر در کره زمین شد.

در حال حاضر کودهای بیولوژیک یا زیستی به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در بحث کشاورزی پایدار مطرح می‌باشند (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). کاربرد تولیدات زیستی در تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکاری بنیادین برای توسعه سیستم‌های مدیریت تلفیقی تغذیه معدنی و آلی گیاهان و افزایش کمی و کیفی مواد غذایی در واحد سطح بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

کودهای زیستی در واقع مجموعه‌ای از مواد حاصلخیزکننده حاوی یک یا چند گونه از ارگانیسم‌های مفید خاکزی هستند که در بستری از مواد نگهدارنده قرار دارند که با تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه راندمان تولید را در واحد سطح افزایش می‌دهند. میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی، عناصر غذایی بعضا غیرقابل استفاده را طی فرایندهای بیولوژیکی به صورت قابل استفاده برای گیاه درمی‌آورند. از جمله کودهای زیستی که دارای ریزاندامگان‌های متفاوتی هستند می‌توان به قارچ میکوریزا، ازتوباکتر، نیتروکسین و تیوباسیلوس اشاره کرد (بلک، ۲۰۰۳).

## ۲-۳-۱- تاریخچه میکوریزا

قارچ‌های میکوریزایی از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده می‌باشند. موکرجی و چاملا (۲۰۰۳) عنوان کردند که حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را میسلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهند. میکوریزا (*Mycorrhizae*) را می‌توان به‌عنوان یک ساختار زنده که در آن همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه بوجود آمده و منجر به افزایش توان ماندگاری هر دو موجود می‌گردد نام برد. اصطلاح میکوریزا از دو کلمه یونانی *Mikes* به معنای قارچ و *Rhiza* به معنی ریشه اخذ شده و بیان‌کننده رابطه همزیستی بین ریشه گیاه میزبان و قارچ‌های میکوریزایی است. نتیجه این رابطه جذب و انتقال عناصر غذایی به گیاه میزبان و دریافت ترکیبات کربنه حاصل از فتوسنتز گیاه

میزبان توسط قارچ همزیست می‌باشد (هارلی و اسمیت، ۱۹۸۳). قارچ‌های میکوریزایی بعنوان یک عامل بیولوژیک نه تنها سبب کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در فرآیند تولید گیاهان می‌شوند بلکه با افزایش حاصلخیزی و بهبود ساختمان خاک، اهداف مهم و بلندمدت کشاورزی پایدار را نیز تامین می‌کنند. قارچ‌های میکوریزایی با افزایش مقاومت به تنش‌ها و بیماری‌ها و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در حفظ توازن طبیعی محیط زیست نقش بسزایی را ایفا می‌کنند. لذا می‌توان گفت تمامی موجودات زنده و اکوسیستم‌ها از باکتری‌ها گرفته تا انسان و از اراضی مرطوب تا صحراهای خشک به نوعی وابسته به روابط همزیستی میکوریزایی می‌باشند (آلن، ۱۹۹۲).

## ۲-۳-۲- رابطه همزیستی میکوریزا آرباسکولار

بر اساس تفاوت‌های مرفولوژیک، انواع میکوریزاها به دو گروه کلی اکتومیکوریزاها و اندومیکوریزاها تفکیک می‌شوند. نوع اول بیشتر در ریشه درختان جنگلی و نوع دوم در ریشه گیاهان زراعی و مرتعی دیده می‌شود. اکتومیکوریزاها اغلب از انواع قارچ‌های بازیدیومیست‌ها و آسکومیست‌ها هستند که غلاف یا پوششی را در اطراف ریشه‌های گیاه تشکیل می‌دهند و بین سلول‌های اپیدرم و سلول‌های سطحی پوست ریشه نفوذ کرده و شبکه ریسه‌ای هارتینگ را ایجاد می‌کنند که در واقع اندام مبادله‌کننده آب و مواد غذایی بین قارچ و گیاه است (جکسون، ۱۹۸۴.، بولان،۱۹۹۱.، تیسدال، ۱۹۹۱). میکوریزا آرباسکولارها از مهم‌ترین انواع اندومیکوریزاها می‌باشند که از نظر کشاورزی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار هستند. این قارچ‌ها با عبور از فضاهای بین سلولی و یا از درون سلول‌های اپیدرمی به داخل ریشه راه می‌یابند، توسعه پیدا می‌کنند و اندام‌های اختصاصی آرباسکول و وزیکول را داخل ریشه بوجود می‌آورند. آرباسکول از انشعابات متعدد و مکرر انتهای هیف در داخل سلول بوجود می‌آید و نقطه طلایی تبادل متابولیت‌ها بین سلول گیاهی و قارچ می‌باشد. وزیکول نیز از تورم انتهای هیف در بین و یا درون سلول‌های پوست ریشه

تشکیل می‌شود و نقش اندام ذخیره‌ای را بازی می‌کند اما از آنجایی که اندام وزیکول در دو جنس *Scutellospora* و *Gigaspora* تشکیل نمی‌شود لذا به جای استفاده از نام میکوریزا وزیکولار آرباسکولار برای این قارچ‌ها از واژه صحیح‌تر میکوریزا آرباسکولار استفاده می‌شود (هایمن، ۱۹۸۶). در بین نهاندانگان تنها تعدادی از خانواده‌ها از جمله تاج‌خروسیان، کلمیان، سلمه‌ترگان و یوغ‌برگیان فاقد همزیستی نوع آرباسکولار هستند لیکن بقیه خانواده‌های گیاهی همگی قادر به میزبانی این قارچ‌ها هستند. نکته دیگر در مورد قارچ‌های میکوریزایی نوع آرباسکولار این است که این بیوتروف‌های اجباری تنها در حضور گیاه میزبان قادر به اسپورزایی می‌باشند.

## ۲-۳-۳- فوائد رابطه همزیستی میکوریزایی

### ۲-۳-۳-۱- تاثیر بر جذب عناصر غذایی

مهم‌ترین اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزایی افزایش عملکرد گیاهان زراعی بواسطه افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاه در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. میسلیوم‌های قارچ میکوریزا با نفوذ در خاک سبب افزایش دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می‌شوند. پژوهش‌ها حاکی از آن است که نقش اصلی میکوریزا تامین فسفر بویژه در اراضی است که میزان فسفر محلول در خاک کم می‌باشد و یا در اثر خشکی ضریب پخشندگی فسفر کاهش یافته است. فسفر عنصری کم‌تحرک است که حتی اگر به فرم محلول هم به خاک اضافه شود به سرعت به صورت فسفات کلسیم تثبیت شده و به فرم غیرمتحرک درمی‌آید (ترک و همکاران، ۲۰۰۶). سرعت گسترش هیف‌های خارج ریشه‌ای قارچ‌های میکوریزا بطور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش ریشه‌ای گیاهان است (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴). ریسه‌های میکوریزایی آرباسکولار فسفر را حتی از فواصل دور به ریشه‌های گیاه میزبان انتقال می‌دهند. تشکیل و

دفع مواد آلی توسط ریسه‌ها و ریشه‌های آلوده به میکوریزا برای تسهیل دسترسی گیاه میزبان به اشکال غیرقابل دسترس فسفر اهمیت بسزایی دارد. تاثیر مثبت همزیستی میکوریزایی در جذب عناصر کم‌مصرف کلر، مس، آهن و بویژه روی نیز به اثبات رسیده است، لیکن به سبب وجود اثرات آنتاگونیستی بین جذب فسفر و روی تفسیر نتایج بدست‌آمده در برخی موارد با مشکل مواجه می‌شود. کوداری و همکارانش (۱۹۹۱) نشان دادند که ۱۶ الی ۲۵ درصد روی موجود در گیاه ذرت کشت شده در یک خاک آهکی از طریق هیف‌های قارچ میکوریزا در خاک جذب و به گیاه انتقال یافت. به گفته پژوهشگران، قارچ‌های میکوریزایی از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن می‌توانند جذب و انتقال آهن به گیاهان را افزایش دهند (کاریس و همکاران، ۱۹۹۸). همزیستی با این قارچ‌ها سبب تسهیل در جذب عناصری همچون نیتروژن و کلسیم هم می‌شود. افزایش رشد ریشه‌های مویین، افزایش جذب آب و تولید هورمون‌های گیاهی از دیگر مزایای این قارچ‌ها جهت بهبود رشد و عملکرد گیاهان هستند (هارش و همکاران، ۲۰۰۶).

### ۲-۳-۳-۲- افزایش مقاومت به خشکی

در بین فرآیندهای گیاهی، آن دسته که به افزایش حجم سلول‌ها وابسته هستند مانند تبادل گازی برگ (که به حجم سلول‌های محافظ وابسته است) و افزایش سطح برگ (که به گسترش سلولی متکی می‌باشد) حساسیت بیشتری به کمبود آب نشان می‌دهند. بازداری این فرآیندها در شرایط خشکی می‌تواند منجر به افت قابل‌ملاحظه عملکرد گردد (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۹). وقتی گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند به منظور فرار از اثرات منفی ناشی از تنش اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کنند بنابراین بدلیل کوتاه‌تر شدن دوره پر شدن دانه‌ها، وزن نهایی دانه‌ها و در نهایت عملکرد کاهش می‌یابد (فردریک و همکاران، ۱۹۹۰). قارچ‌های میکوریزایی در طی دوره تنش خشکی با افزایش

پتانسیل آب برگ (لادجال و همکاران، ۲۰۰۵)، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسیدکربن، افزایش میزان تعرق (باتلن فالوی و همکاران، ۱۹۸۸) و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه گیاه میزبان (کوتاری و همکاران، ۱۹۹۱) قادرند اثرات ناشی از تنش خشکی را در گیاه کاهش دهند. در آزمایشی که ساجدی و همکاران (۱۳۸۸) روی ذرت انجام دادند مشاهده کردند که میزان عملکرد دانه ذرت میکوریزایی تحت تنش خشکی نسبت به ذرت غیرمیکوریزایی بیشتر بود که دلیل آن را به افزایش سطح جذب ریشه، برقراری تعادل در جذب عناصر غذایی، حفظ غشاهای سلولی و تداوم فرآیند فتوسنتز نسبت دادند. به عقیده لیو و همکارانش (۲۰۰۰) گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش، مکانیسم‌های حفاظتی فعال‌تری دارند. وی دلیل این موضوع را کمتر بودن غلظت آبسزیک اسید در شیره خام و بالاتر بودن میزان هورمون ایندول استیک اسید می‌داند. شیرانی راد و همکاران (۱۳۷۹) نیز با انجام آزمون مزرعه‌ای نشان دادند که با استفاده از میکوریزا آرباسکولار در کشت گندم تحت تنش رطوبتی، عملکرد کمی و کیفی محصول افزایش یافت، جذب عناصر فسفر و پتاسیم نیز در گیاه تلقیح شده بیشتر از گیاه شاهد بود.

### ۲-۳-۳-۳- افزایش مقاومت به شوری

از اثرات اولیه تنش شوری می‌توان به سمیت یونی و استرس اسمزی اشاره کرد. تجمع سدیم در سلول‌ها، فتوسنتز را کاهش می‌دهد و در نتیجه انتقال قندها از برگ‌های بالغ به برگ‌های جوان و ریشه گیاه کاهش می‌یابد (فنگ و همکاران، ۲۰۰۲). دفع سدیم و ممانعت از جذب آن دو روشی هستند که گیاه در راستای ادامه حیات در شرایط تنش از آن‌ها بهره می‌جوید. هر چند شوری خاک ممکن است عملکرد میکوریزا را تحت تاثیر قرار دهد اما مطالعات زیادی ثابت کرده‌اند که آغشتگی ریشه با قارچ میکوریزا آرباسکولار، رشد برخی گیاهان را در شرایط شوری بهبود می‌بخشد (آل کاراکی، ۲۰۰۰ و پاس و

همکاران، ۱۹۸۵). برخی تحقیقات حاکی از آن هستند که مهم‌ترین مکانیسم مقاومت به تنش شوری در گیاهان میکوریزایی، افزایش میزان فسفر گیاه است (آل کاراکی و همکاران، ۱۹۹۷) لیکن رویز لوزانو و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که مزیت قارچ میکوریزا برای بهبود رشد گیاهان در افزایش جذب فسفر نیست بلکه مکانیسم‌هایی که سبب بهبود رشد شده‌اند بیشتر بر اساس فرآیندهای فیزیولوژیکی استوار هستند. میکوریزا با افزایش جذب منیزیم و انتقال بیشتر این عنصر به برگ گیاه میزبان سبب افزایش مقاومت گیاه میزبان به شوری می‌شود. به سبب وجود رقابتی که بین جذب پتاسیم و سدیم وجود دارد، افزایش جذب پتاسیم سبب کاهش جذب سدیم می‌گردد (گیری و همکاران، ۲۰۰۷.، زاکارینی، ۲۰۰۷ و پوراس و همکاران، ۲۰۰۹). در تنش‌های شوری میزان مواد اسمتیکی که مسئول تنظیمات اسمزی هستند مانند پرولین و بتائین، افزایش می‌یابد. یکی دیگر از مکانیسم‌های مقاومتی ایجاد شده توسط قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار، تحریک همین مواد اسمتیک می‌باشد (راسندول و همکاران، ۱۹۹۱ و سن گوپتا، ۱۹۹۰). در مطالعه‌ای که وانگ و همکارانش (۲۰۰۴) روی گیاه جو انجام دادند به این نتیجه رسیدند که کاهش جذب سدیم و انتقال آن به برگ و افزایش میزان پتاسیم در اندام هوایی مکانیسم‌های اصلی مقاومت به شوری هستند که در گیاهان تلقیح شده با قارچ مشاهده شده‌اند. در گیاه کاهو نیز استفاده از قارچ‌های میکوریزا در شرایط شور سبب جبران مقداری از کاهش وزن اندام هوایی و ریشه گیاه شد (رویز لوزانو و همکاران، ۱۹۹۶). اطمینان و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که میکوریزا سبب افزایش شاخص تحمل گیاهان کاهو به شوری شده که این افزایش در شرایط شوری بالا محسوس‌تر بود.

### ۲-۳-۳-۴- افزایش مقاومت به پاتوژن‌ها و بیماری‌ها

قارچ‌های میکوریزا اثرات مهمی بر واکنش‌های متقابل گیاهان با عوامل بیماری‌زای ریشه، پاتوژن‌ها و حشرات دارند. واضح‌ترین نقش این قارچ‌ها در کاهش بیماری‌های ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی بویژه

فسفر می‌باشد که این موضوع به گیاه کمک می‌کند تا با داشتن رشد بهتر و کامل‌تر بتواند بر بیماری‌های احتمالی ریشه‌ای غلبه کند (دیویس، ۱۹۸۰). از دیگر توانایی‌های این قارچ‌ها ایجاد یک مانع فیزیکی روی ریشه و تولید مواد ضد رشد عوامل بیماری‌زا مانند آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیبات شیمیایی دیگر است که با کند کردن روند رشد میکروارگانیسم‌های پاتوژن، گیاه را در برابر آن‌ها حفاظت می‌کند (سورش و همکاران، ۱۹۸۵). اگر قارچ‌ها قبل از هجوم عوامل بیماری‌زا موفق به استقرار شوند و همزیستی را با گیاه برقرار کنند می‌توانند از طریق رقابت با پاتوژن‌ها برای دریافت ترشحات ریشه و تسخیر مکان‌های نفوذ به بافت ریشه، رشد عوامل بیماری‌زا را کند کنند. راسندال (۱۹۸۵) نشان داد که چگونه قارچ میکوریزا پس از استقرار توانست آفانومایس (*Aphanomyces Eutiches Drednes*) را که عامل پوسیدگی ریشه در گیاه لوبیا است کنترل کند.

### ۲-۳-۳-۵- اصلاح ساختمان خاک

حاصلخیزی پایین و بهم خوردن بافت و ساختمان خاک و بطور کلی شرایط میکروکلیمای نامساعد در اراضی تخریب شده سبب می‌شود تا احیای این اراضی به کندی صورت پذیرد و یا حتی غیرممکن باشد. ریسه‌های میکوریزا از طریق اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های ریز، خاک را به رواناب‌ها مقاوم می‌سازند. گیاهان میکوریزایی با استفاده از شبکه گسترده هیف قارچ‌ها به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا می‌کنند و بدین ترتیب با جذب آب و عناصر کم‌تحرک از اعماق خاک، رشد و استقرار خود را تضمین می‌کنند (فرایس و آلن، ۱۹۹۱). کلنیزاسیون میکوریزایی در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین نیز سبب افزایش جذب موثر ریشه برای جذب عناصر غذایی می‌شود (لئونگ و همکاران، ۲۰۰۶). قارچ‌های میکوریزایی همچنین مانند فیلتری مانع از ورود فلزات سنگین مانند آرسنیک و کادمیم به سلول‌های گیاه

می‌شوند (مهارگ، ۲۰۰۳). هم‌اکنون در برخی از کشورهای توسعه‌یافته رابطه همزیستی بین میکوریزا و گیاهان بعنوان ابزاری جهت اصلاح و احیای ساختمان خاک‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

### ۲-۳-۳-۶- تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه

هورمون‌های محرک رشد بویژه اکسین بواسطه تحریک سیستم ریشه‌زایی سبب افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه در واحد سطح می‌شوند که این امر در حضور مقادیر متناسبی از کودهای شیمیایی منجر به افزایش رشد گیاه می‌گردد. گزارش‌ها نشان می‌دهند که غلظت هورمون‌های سیتوکنین و اکسین در بافت‌های گیاهی در حضور قارچ‌های میکوریزا افزایش می‌یابد. این قارچ‌ها با تنظیم میزان آبسزیک اسید در گیاه میزبان، هدایت روزنه‌ای را تحت تاثیر قرار می‌دهند (اسچ و همکاران، ۱۹۹۴).

## ۲-۳-۴- نقش نظام‌های زراعی بر فعالیت قارچ‌های میکوریزا

عوامل محیطی و نظام‌های زراعی اثرات متفاوتی بر فعالیت قارچ‌های میکوریزا می‌گذارند. رطوبت‌های بالای خاک به علت ایجاد محدودیت در انتشار اکسیژن و همچنین ایجاد حالت بی‌هوازی، تنفس قارچ‌ها را دچار اختلال می‌کنند و به دنبال آن فرایند کلنیزاسیون و اسپورزایی متوقف می‌گردد (مارشنر و دل، ۱۹۹۴). به گفته محققین بیشترین میزان کلنیزاسیون در دمایی اندکی بالاتر از دمای بهینه رشد گیاه میزبان اتفاق می‌افتد (کارلتی، ۲۰۰۲).

### ۲-۳-۴-۱- اثر تناوب زراعی بر فعالیت میکوریزا

اثرات مثبت تناوب زراعی بر کلنیزاسیون و تهیه اسپور قارچ میکوریزا در برخی از تناوب‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص شده که تناوب با گیاهان غیر میزبان به نفع فعالیت این قارچ‌ها نیست. در مقابل تناوب با گیاهان میزبان نه تنها تاثیر مثبتی بر تشکیل میکوریزا دارد بلکه سبب انتخاب گونه‌های

قارچی مناسب برای گیاهان زراعی مختلف می‌گردد (میلر و جاسترو، ۲۰۰۰). داد و همکاران (۲۰۰۰) ابراز داشتند که در سیستم‌های کشت ممتد، گسترش زیاد جوامع قارچی منجر به کاهش رشد گیاهان می‌شود. ازینرو گزینش مناسب قارچ‌های میکوریزا به منظور استفاده در زمین‌های کشاورزی، مستلزم شناخت دقیقی از تناوب و اثرات ناشی از آن بر فعالیت این قارچها می‌باشد.

### ۲-۳-۴-۲- اثر آیش بر فعالیت و پویایی میکوریزا

در نتیجه آیش، کلنیزاسیون کاهش می‌یابد. این کاهش احتمالا ناشی از افزایش فعالیت قارچ‌های بیماری‌زا در محیط اطراف ریشه است که به هنگام آیش رشد و توسعه می‌یابند (کوکی و پاول، ۱۹۸۳). اثر عوامل بیماری‌زا تا حدودی ناشی از کاهش مقاومت گیاه به سبب مواجه با کمبود مواد غذایی است. به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از آیش، تامسون و ویلدرموس (۱۹۸۸) پیشنهاد کردند که پس از یک دوره طولانی آیش، از گیاهانی با وابستگی پایین به قارچ‌های میکوریزایی و دارای رشد زیاد و ریشه‌های قابل کلونی شدن برای کاشت استفاده شود.

### ۲-۳-۴-۳- اثر کشت مخلوط بر فعالیت قارچ‌های میکوریزا

از آن جهت که قارچ‌های میکوریزا سبب اتصال ریشه‌های کلونی شده گیاهان در کشت مخلوط می‌شوند می‌توانند در انتقال عناصر غذایی بین ریشه گیاهان نقش بسزایی را ایفا کنند (ریز و نیومن، ۱۹۸۴). نقش قارچ بعنوان واسطه در انتقال عناصر غذایی بین بقولات و غیربقولات بسیار مورد توجه قرار گرفته است زیرا بقولات می‌توانند ازت بیولوژیکی تثبیت شده را در اختیار غیربقولات قرار دهند. در آزمایشی ووس و شرادر (۱۹۸۴) نشان دادند که میزان ازتی که توسط بقولات در اختیار سیستم کشت

مخلوط قرار می‌گیرد با میزان فسفر قابل استفاده برای گیاه ارتباط دارد. بطور کلی بهینه بهره‌برداری از قارچ‌های میکوریزا در کشت مخلوط زمانی حادث می‌شود که درک صحیحی از گیاه میزبان و حداکثر تقاضا در مخزن گیاهان همراه وجود داشته باشد.

### ۲-۳-۴-۴- اثر کودهای شیمیایی بر جمعیت و فعالیت قارچ‌های میکوریزا

رشد بی‌رویه جمعیت جهان در سال‌های اخیر منجر به تولید هر چه بیشتر محصولات کشاورزی شده است. کودهای شیمیایی به سبب مصرف راحت‌تر و اثربخشی سریعتر و بیشتر بیش از سایر کودها مصرف می‌شوند. اغلب پژوهشگران بر این باورند که با یک مدیریت مناسب و استفاده از کودهای بیولوژیک و ریزجانداران می‌توان شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تری را برای گیاهان فراهم کرد (وسی، ۲۰۰۳.، جفریز و همکاران، ۲۰۰۳). برخی از بررسی‌ها موید آن است که گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا نسبت به کودهای شیمیایی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶) اما اغلب آزمایش‌ها نشان از کاهش کارایی قارچ‌ها در سطوح بالای مصرف کودهای شیمیایی دارند.

# فصل سوم

# مواد و روش‌ها

## ۳-۱- زمان و مکان اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ در شهرستان شاهرود واقع در استان سمنان و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شهر بسطام به اجرا درآمد.

## ۳-۲- موقعیت جغرافیایی بسطام

بسطام در ۸ کیلومتری شمال شرق شاهرود قرار دارد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۵ دقیقه طول شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر می‌باشد.

## ۳-۳- ویژگی‌های آب و هوایی منطقه

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی، منطقه بسطام دارای اقلیمی سرد و خشک می‌باشد. آمار اطلاعات ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه را ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش کرده است. میانگین بارندگی سالانه نیز بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارش‌ها عمدتا در فصل پاییز و بهار اتفاق می‌افتند.

## ۳-۴- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی، قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک و از ۱۲ منطقه از مزرعه نمونه مرکب تهیه شد و سپس نمونه خاک مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی وشیمیایی خاک در جدول پیوست (۱) نشان داده شده است.

## ۳-۵- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

این آزمایش به صورت فاکتوریل و درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* در دو سطح عدم مصرف و مصرف، سولفات پتاسیم در دو سطح عدم مصرف و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و فسفات آمونیوم در سه سطح عدم مصرف، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند.

## ۳-۶- عملیات اجرایی

### ۳-۶-۱- آماده‌سازی بذرها

بذر ذرت مورد استفاده از رقم سینگل کراس ۷۰۴ با قوه نامیه ۹۵ درصد بود. به منظور حصول اطمینان از عدم آلودگی بذور به قارچ‌کش‌ها، بذرها با آب شستشو شدند.

### ۳-۶-۲- آماده‌سازی زمین و کاشت

عملیات آماده‌سازی مزرعه آزمایشی از اواخر اردیبهشت ۱۳۹۱ آغاز گردید. زمین مورد نظر در سال قبل بصورت آیش بود. پس از تسطیح، عملیات شخم و دیسک‌زنی انجام شد و توسط فاروئر جوی و پشته‌ها ایجاد شدند. این آزمایش شامل ۴۸ کرت بود. کرت‌ها شامل ۴ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر بودند. در تاریخ ۲۰ خرداد کودهای شیمیایی سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم در شیارهایی به عمق ۱۵ سانتی متر و به صورت دستی ریخته شد و روی آن با خاک پوشیده شد، کاشت بذور هم در شیارها به صورت دستی، با فواصل ۲۰ سانتی متر از یکدیگر و در عمق ۵ تا ۷ سانتی‌متری صورت گرفت. ماده تلقیح قارچ هم به میزان ۱۲ گرم زیر هر بذر قرار گرفت و پس از پوشانده شدن با یک لایه ۲ سانتی‌متری از خاک بذور روی آن قرار گرفتند. آبیاری بلافاصله پس از عملیات کاشت صورت گرفت. به منظور جلوگیری از تداخل قارچ و کودهای مصرفی، در دو خط بین کرت‌ها از عوامل آزمایشی

استفاده نشد اما برای حذف اثر رقابت و تراکم، کاشت ذرت در این دو خط مانند دیگر خطوط کاشت انجام شد. طراحی جوی‌های آبیاری به نحوی بود که آب اضافی کرت‌ها بواسطه جوی‌های خروجی که در انتهای هر کرت واقع شد از مزرعه خارج می‌شد.

### ۳-۶-۳- مصرف قارچ میکوریزا

مایه تلقیح قارچ با نام *Glomus mosseae* از شرکت زیست فناور توران شاهرود تهیه گردید. این مایه تلقیح شامل خاک، بقایای ریشه‌ای و اندام‌های قارچی بود. استفاده از مایه تلقیح بدین صورت انجام شد که قبل از کاشت در کرت‌های مربوط به تیمار قارچی مقداری مایه تلقیح درون حفره‌هایی که برای کاشت بذر ایجاد شده بودند، ریخته شد. سپس روی این مایه تلقیح مقداری خاک اضافه شد و ۲ تا ۳ بذر روی آن قرار داده شد و سرانجام بذرها با خاک پوشانده شدند.

### ۳-۶-۴- عملیات داشت

در طول فصل رشد آبیاری هر ۷ روز یکبار تا پایان فصل برداشت ادامه یافت. به منظور حصول شرایط ایده‌آل برای رشد گیاه، وجین علف‌های هرز در ۲ نوبت صورت گرفت و در مرحله ۴ تا ۵ برگی، تنک‌کاری نیز انجام شد.

## ۳-۷- نمونه‌برداری

### ۳-۷-۱- نمونه‌برداری در طول فصل رشد

در طول فصل رشد ۷ مرحله نمونه برداری با هدف مطالعه و بررسی خصوصیات رشدی ذرت صورت گرفت. نمونه برداری اول ۲۰ روز پس از کاشت انجام شد و نمونه برداری‌های بعدی با فواصل ۱۰ روز تا

برداشت نهایی ادامه یافت. درهر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۲ بوته (۱ بوته از هر خط کاشت) با احتساب نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و یک ردیف کاشت از حاشیه‌ها، به طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از اندازه‌گیری وزن خشک ساقه و برگ‌ها و اندازه گیری سطح برگ‌ها از رابطه تجربی زیر، برگ و ساقه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و پاکت‌ها بصورت عمودی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت ، تا رسیدن به وزن ثابت، داخل آون قرار گرفتند.

$A= L\times W\times ۰/۷۵$

A : مساحت برگ  L : طول برگ  W : بیشترین عرض برگ

### ۳-۷-۲- نمونه‌برداری عملکرد

حدودا ۱۰۰ روز پس از کاشت به منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر، از مساحتی برابر ۱ متر مربع از هر کرت، بوته‌های ذرت از سطح زمین قطع و به آزمایشگاه انتقال یافتند. عملکرد و اجزای عملکرد بلال (تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن ۱۰۰ دانه) و صفاتی نظیر ارتفاع بوته ذرت در این مرحله اندازه‌گیری شدند. ابزار مورد استفاده در این قسمت، کولیس، متر، ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد بودند.

## ۳-۸- ارزیابی صفات

به منظور اندازه‌گیری صفات تغذیه‌ای فسفر و پتاسیم دانه ذرت این آزمایش از دستگاه‌های فلیم فتومتر مدل Photometer Corning ۴۰۵, Flamr (برای اندازه‌گیری پتاسیم دانه ذرت) و اسپکتروفتومتر مدل Unico ۲۱۰۰-S (برای اندازه‌گیری فسفر دانه ذرت) استفاده شد. ابتدا یک گرم از دانه‌های ذرت خشک و آسیاب شده توسط کروزه‌های چینی به مدت ۵ ساعت داخل کوره الکتریکی با دمای ۵۴۰ تا

۵۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خنک شدن ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به ظروف کروزه اضافه شد و محتویات ظروف توسط قیف و کاغذ صافی به بالن‌ژوژه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال یافتند و با آب مقطر به حجم رسیدند. برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم دانه ذرت مقداری از عصاره‌های رقیق بدست‌آمده توسط فلیم فتومتر قرائت گردید تا میزان پتاسیم موجود در آن‌ها برآورد گردد. به منظور اندازه‌گیری فسفر، ۵ سی‌سی از هر بالن‌ژوژه با ۵ سی‌سی محلول آمونیوم مولیبدات، آمونیوم وانادات و اسید نیتریک غلیظ ترکیب شد و محتویات حاصل به بالن‌ژوژه‌های ۲۵ میلی‌لیتری انتقال یافت و با آب مقطر به حجم رسید. پس از سپری شدن ۳۰ دقیقه، میزان فسفر دانه‌های ذرت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید.

## ۳-۹- آنالیز آماری نتایج

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C و برای مقایسات میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL ترسیم شدند.

# فصل چهارم

# نتایج و بحث

## ۴-۱-۱ عملکرد دانه

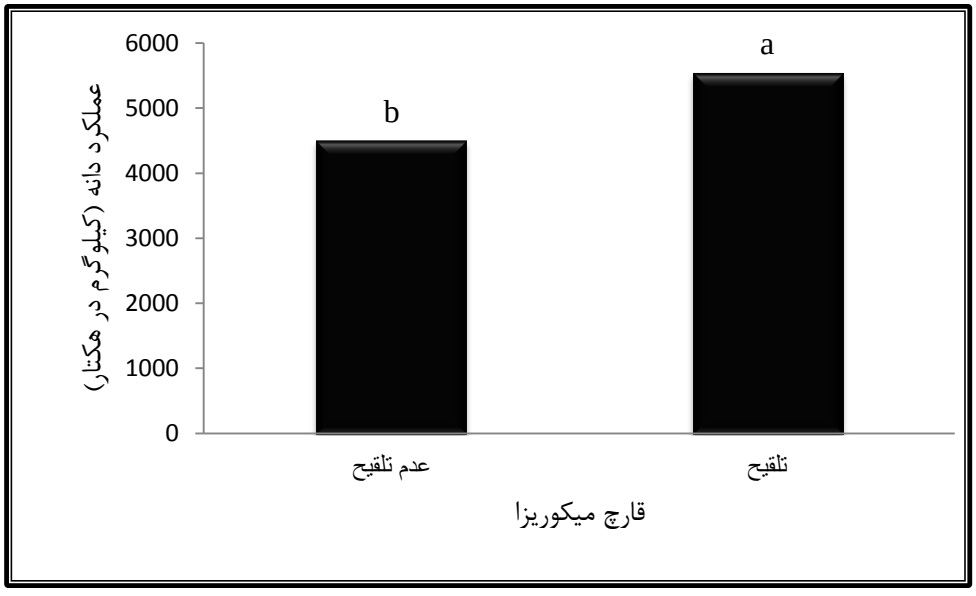
با توجه به نتایج بدست آمده (جدول۴-۱) قارچ میکوریزا اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه ذرت نشان داد به طوری که عملکرد دانه در اثر تلقیح با قارچ میکوریزا به میزان ۱۸/۶۹ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت (شکل۴-۱). سوبرامانیان و کارست (۱۹۹۷) گزارش کردند که تلقیح میکوریزایی سبب افزایش عملکرد دانه ذرت شد. در تحقیق دیگری نیز عملکرد بیشتر هندوانه میکوریزایی نسبت به هندوانه غیرمیکوریزایی گزارش شد (کایا و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج همچنین حاکی از معنی‌دار بودن اثر کود فسفر بر عملکرد دانه بود (جدول ۴-۱). نتایج مقایسات میانگین (شکل۴-۲) تفاوت معنی‌داری را بین عدم مصرف فسفر و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر نشان نداد اما مصرف فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه ذرت را نسبت به شاهد به میزان ۱۸/۱۲درصد کاهش داد. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه بود (جدول۴-۱). با توجه به شکل ۴-۳ بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلقیح میکوریزا و عدم استفاده از کود پتاسیم بود (۵۸۴۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد مربوط به تیمار شاهد بود (۳۹۸۹ کیلوگرم در هکتار). اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر (جدول۴-۱) نیز از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه داشت به نحوی که تلقیح با میکوریزا و استفاده از فسفر در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد را نشان داد (شکل۴-۴). معنی‌داری همچنین در اثرات متقابل دو کود فسفر و پتاسیم در سطح ۵ درصد مشاهده شد. البته بین سطوح مختلف مصرف کودهای پتاسیم و فسفر تفاوت چشمگیری نبود بجز کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و عدم مصرف پتاسیم که کمترین میزان عملکرد را نشان داد (شکل۴-۵). اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر نیز در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). تلقیح میکوریزا و مصرف کودهای فسفر و پتاسیم به ترتیب در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار

عملکرد دانه را به میزان ۳۱/۵۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول۴-۲). همانطور که ملاحظه می‌شود استفاده از میکوریزا به همراه کودهای شیمیایی پتاسیم و فسفر در سطوح متوسط و کم، بالاترین میزان عملکرد را برای دانه ذرت نشان دادند. در آزمایشی مشابه مشاهده شد که در نظام های کم نهاده، آلودگی خاک به قارچ میکوریزا افزایش یافت. طبق این تحقیق گیاهان در مزارع کم نهاده نسبت به مزارع پرنهاده ۳۰ تا ۶۰ درصد بیشتر کلنیزه شدند (گریندلر و همکاران، ۲۰۰۶). قارچ‌های میکوریزایی از طریق مشارکت در تامین نیازهای غذایی گیاهان زراعی، در سطوحی که بازدارنده نباشد، نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند (کدی، ۱۹۹۱). اورتاز (۱۹۹۶) افزایش عملکرد را مرتبط با اجزای عملکرد دانست و آن را متاثر از کارایی میکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک و انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه عنوان کرد. در آزمایشی دیگر مشاهده شد که عملکرد گیاهچه‌های کاهوی تلقیحی با میکوریزا بیشتر از سایر گیاهچه‌ها بود (آزکون و همکاران، ۲۰۰۳). به طور کلی می‌توان چنین اظهار نظر کرد که کودهای زیستی مطلوب همچون قارچ‌های میکوریزایی در مقایسه با کودهای شیمیایی شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید در خاک مهیا می‌کنند و به واسطه جذب بهتر عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف توسط ریشه ذرت، موجب افزایش رشد و عملکرد آن می‌شوند. از طرفی مصرف متعادل کودهای شیمیایی سبب تحریک کلنیزاسیون میکوریزایی در ریشه ذرت و بهبود عملکرد می‌شود.

جدول۴-۱- میانگین مربعات عملکرد دانه تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم در نمونه‌برداری نهایی

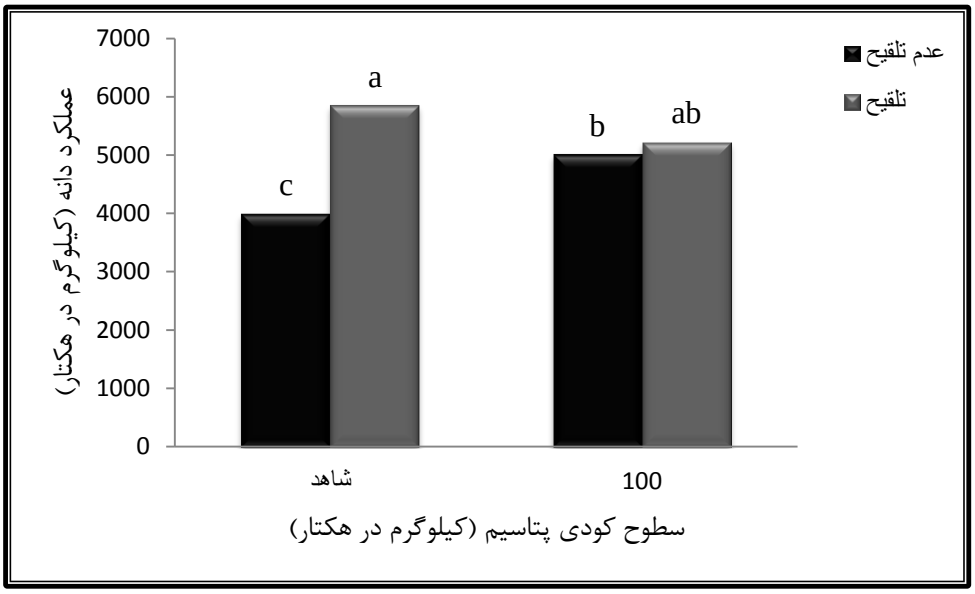
| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد دانه |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۱۰۱۴۱۴۴/۴۳۰ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۱۲۸۳۰۰۷۹/۰۰۳** |
| کود پتاسیم | ۱ | ۴۴۵۲۵۲/۷۸۲ns |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۸۱۷۰۳۰۶/۳۶۹** |
| کود فسفر | ۲ | ۴۴۹۷۹۳۰/۵۴۲** |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۱۹۰۴۹۳۴۴/۲۹۱** |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۳۴۹۸۱۴۱/۷۲۵* |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۰۳۰۷۷۸۸/۶۲۲** |
| خطا | ۳۳ | ۷۹۵۲۹۳/۱۸۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۷/۷۸ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

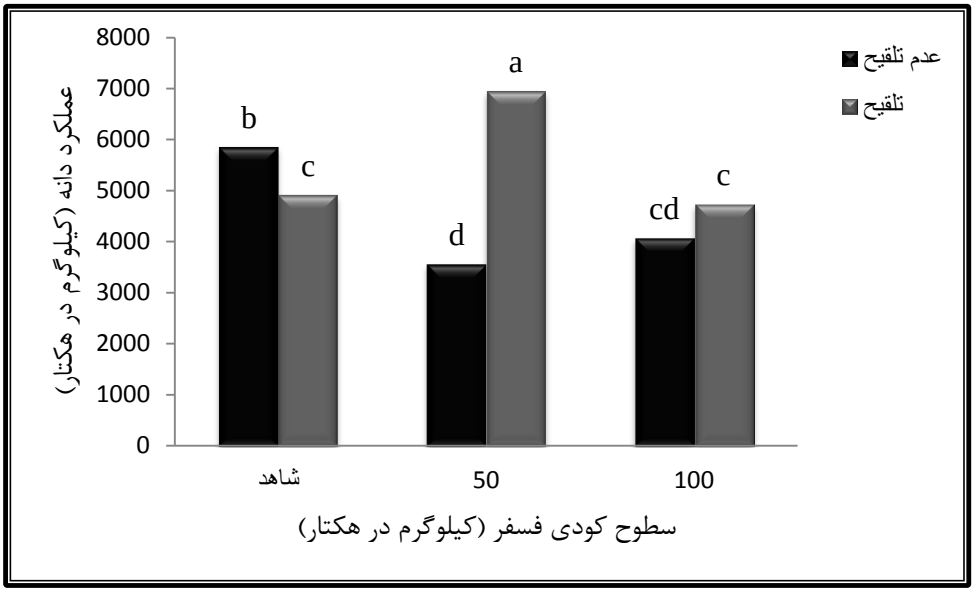



شکل۴-۱- تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه

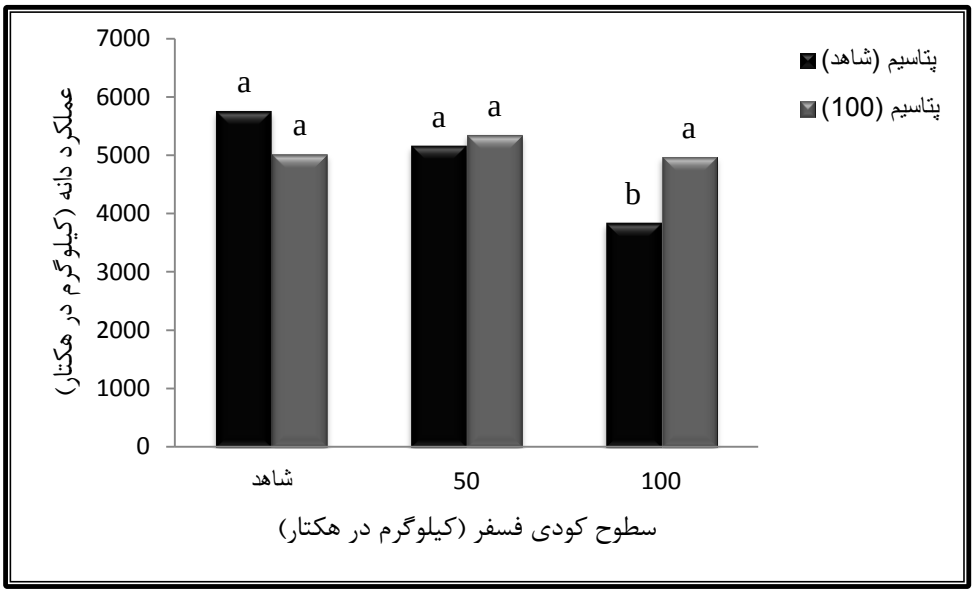
شکل۴-۲- تاثیر کود فسفر بر عملکرد دانه




شکل۴-۳- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه




شکل۴-۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر بر عملکرد دانه




شکل۴-۵- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد دانه

جدول۴-۲- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

| | | | |
|---|---|---|---|
| بدون کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۴۸۸۳$^{b}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۳۵۷۱$^{cd}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۳۵۱۴$^{cd}$ |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۶۸۲۰$^{a}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۳۵۵۸$^{cd}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۴۶۴۴$^{bc}$ |
| با کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۶۶۲۳$^{a}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۶۷۵۴$^{a}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۴۱۶۹$^{bcd}$ |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۳۲۰۹$^{d}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۷۱۳۶$^{a}$ |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۵۳۰۳$^{b}$ |

## ۴-۱-۲- عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۴-۳) حاکی از آن بود که هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه بجز تیمار اثرات متقابل کود پتاسیم و کود فسفر بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نشد. کمترین عملکرد بیولوژیک در اثر متقابل دو تیمار کودی هنگامی حاصل شد که از هر دو کود شیمیایی در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد (شکل۴-۶). اورتاس و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که وزن خشک اندام هوایی فلفل گلخانه‌ای متاثر از تلقیح با قارچ میکوریزا افزایش یافت. علت این افزایش به جذب بیشتر فسفر و روی و دیگر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مربوط بود. بهبود جذب عناصر معدنی در گیاهان میزبان عمدتا منجر به پاسخ رشدی مثبت می‌گردد که اغلب هم در سطح اندام هوایی گیاه مشهود می‌باشد. گزارش‌های بسیاری در این زمینه موجود است که تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزایی مقدار جذب مواد

غذایی، میزان فتوسنتز و رشد را در گیاهان افزایش می‌دهد و به دنبال آن مقاومت به انواع تنش‌های محیطی و بیماری‌ها افزایش یافته که نهایتا منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (پوراس سوریانو و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی‌های انجام شده توسط بسیاری از پژوهشگران نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشدی اندازه‌گیری شده در اندام هوایی گیاهان تیمار شده با قارچ‌های میکوریزایی می‌باشد (گامارو و همکاران، ۲۰۰۴.، ارمان و همکاران، ۲۰۱۱.، زی لی و همکاران، ۲۰۱۳). تحقیقات انجام شده به منظور بررسی تاثیر همزیستی میکوریزایی بر عملکرد بیولوژیک گیاهان دارویی مانند رازیانه (درزی و همکاران، ۱۳۸۷)، نعناع (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲)، شوید و زیره (کاپور و همکاران، ۲۰۰۲) و علف لیمو (راتی و همکاران، ۲۰۰۱)، نیز همگی موید این مطلب است که همزیستی میکوریزایی با افزایش جذب عناصر غذایی و تحریک فتوسنتز سبب بهبود عملکرد بیولوژیک در گیاهان مذکور می‌شود.

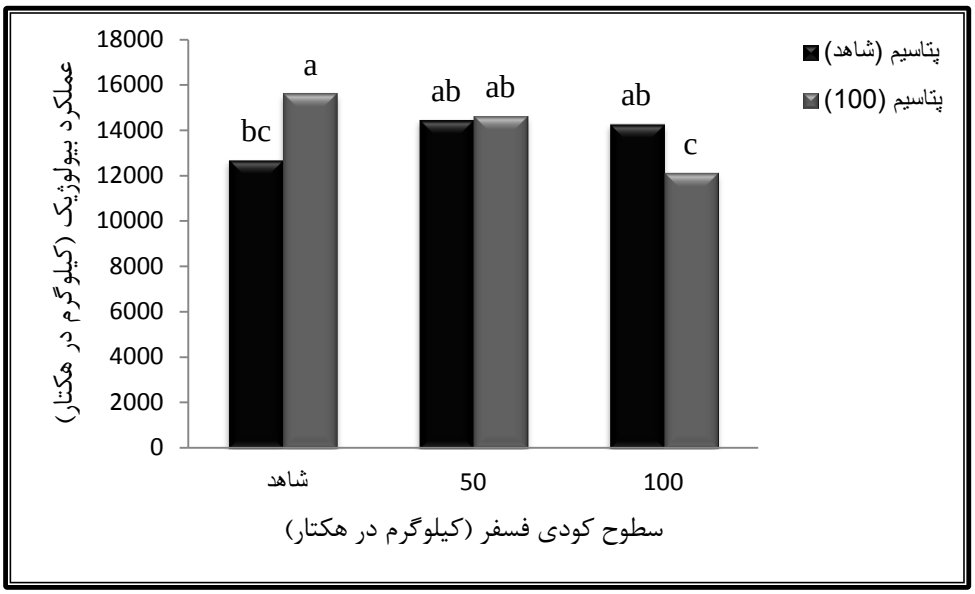
علی‌رغم اینکه میزان ماده خشک تولیدی رابطه مستقیمی با میزان فتوسنتز، جذب موثر آب و عناصر غذایی دارد و تلقیح میکوریزایی سبب بهبود این فاکتورها در گیاهان می‌شود اما این موضوع که چه مقدار از ماده خشک تولید شده توسط گیاه، صرف تولید عملکرد شود تحت کنترل عوامل متعددی از جمله عوامل ژنتیکی و محیطی است (سفیر، ۱۹۸۷). از طرفی دیگر در گیاهان میکوریزایی بین ۴ تا ۲۰ درصد از ماده خشک تولید شده توسط گیاه صرف همزیستی با میکوریزا می‌گردد (بوپاندر و همکاران، ۲۰۰۵). کوتاماسی و همکاران (۲۰۰۱) هزینه همزیستی میکوریزا برای گیاه میزبان را ۱۰ تا ۲۰ درصد از تولیدات فتوسنتزی گزارش کردند. رایت و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که با وجود افزایش در میزان فتوسنتز گیاهان شبدر سفید میکوریزایی، هیچ گونه مدرکی دال بر افزایش زیست‌توده این گیاهان وجود نداشت. نامبردگان دلیل این موضوع را اینطور بیان کردند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان میکوریزایی به قارچ تخصیص می‌یابد و قارچ میکوریزا با ایفای نقش مخزن اضافی برای اسیمیلات‌ها، سبب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان می‌شود. با توجه به اینکه در این تحقیق میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه

نشان داد می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالا سرعت فتوسنتز در مرحله پر شدن دانه‌ها نسبت به مرحله کاکل‌دهی بالاتر بوده که دلیل آن می‌تواند ایجاد مخازن جدید (دانه‌ها) و تحریک فتوسنتز باشد و قارچ‌های میکوریزایی به عنوان مخازن ذخیره‌ای عمل کردند و سبب تحریک هر چه بیشتر فتوسنتز در مرحله پر شدن دانه‌ها شدند، بدین ترتیب علی‌رغم اینکه قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت نداشت اما توانست عملکرد دانه را به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد.

جدول۴-۳- میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد بیولوژیک |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۹۸۷۷۱۷۱/۱۶۵ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۵۲۰۲۷۴۴/۲۱۸ |
| کود پتاسیم | ۱ | ۱۱۴۰۴۳۲/۲۹۴ ns |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۹۳۹۵۲۴۸/۴۷۱ |
| کود فسفر | ۲ | ۷۶۲۴۶۸۱/۳۸۱ |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۵۳۱۰۷۱۹/۴۸۴ |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۲۵۸۸۱۸۸۴/۶۰۱ ** |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۳۱۵۹۹۹۶/۱۳۰ |
| خطا | ۳۳ | ۴۰۳۱۱۵۰/۳۰۰ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱٤/۳۹ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری




شکل۴-۶- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد بیولوژیک

## ۴-۱-۳- وزن ۱۰۰ دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۴) نشان داد تاثیر قارچ میکوریزا در سطح ۵ درصد بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود. وزن ۱۰۰ دانه متاثر از تلقیح میکوریزا به میزان ۱۰/۲۶ درصد در مقایسه با عدم تلقیح افزایش نشان داد (شکل۴-۷). مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۴) کود فسفر از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری را در سطح ۵ درصد بر وزن ۱۰۰ دانه نشان داد. بین تیمارهای شاهد و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر تفاوت چشمگیری مشاهده نشد اما با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر، وزن ۱۰۰ دانه نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۳/۲۱ درصد کاهش یافت (شکل۴-۸). بر طبق نتایج بدست آمده از مقایسات میانگین (شکل۴-۹) برهمکنش میکوریزا و کود پتاسیم نیز تاثیر معنی‌داری را در سطح ۱ درصد بر وزن ۱۰۰ دانه بلال نشان داد. استفاده از قارچ میکوریزا و عدم استفاده از پتاسیم وزن ۱۰۰ دانه را به میزان ۲۷/۸۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد این در حالیست که کود پتاسیم به تنهایی تاثیر

معنی‌داری بر این صفت نداشت. برهمکنش قارچ و کود فسفر در سطوح مختلف نیز تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در تایید نتایج بدست‌آمده باید به این نکته اشاره کرد که تعداد کثیری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار مبتنی بر استفاده از منابع آلی و بیولوژیک با مصرف متعادل کودهای شیمیایی می‌باشند (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴.، روی و سینگ، ۲۰۰۶.، شارما، ۲۰۰۲). بسیاری از آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان از آن دارند که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی سبب کاهش تعداد قارچ‌های میکوریزایی می‌شود (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰). وزن ۱۰۰ دانه از صفات بسیار مهم در آزمایش‌های زراعی و اصلاحی می‌باشد که می‌تواند به عنوان صفتی موثر در برنامه‌های انتخاب ارقام بکار رود. نقش این صفت به عنوان یکی از فاکتورهای موثر در جهت اصلاح عملکرد در بسیاری از مطالعات و تحقیقات ثابت شده است. به نظر می‌رسد با تلقیح گیاهچه‌ها با میکوریزا در این آزمایش، جذب عناصر غذایی از خاک بیشتر شد و فتوسنتز افزایش یافت. همین امر سبب شد تا در طول مرحله پر شدن دانه‌ها، شیره پرورده کافی به دانه‌ها منتقل شود و دانه‌هایی درشت‌تر با وزن بالاتر تولید گردند. مهربان و همکارانش (۱۳۹۱) در بررسی که روی گیاه سورگوم انجام دادند اختلاف معنی‌داری را در اثر کاربرد قارچ میکوریزا بر وزن ۱۰۰ دانه بلال ذرت مشاهده کردند. رحیمی و همکاران (۱۳۸۸) نیز افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه سورگوم دانه‌ای را در اثر کاربرد قارچ میکوریزا تایید کردند. میکوریزا سبب به تعویق افتادن پیری برگ‌ها و کاهش ریزش آن‌ها شده و با افزایش میزان آب قابل دسترس و انتقال شیره پرورده بیشتر به دانه‌ها سبب افزایش اندازه و حجم آن‌ها می‌گردد (کاتلین و کراس، ۲۰۰۶).

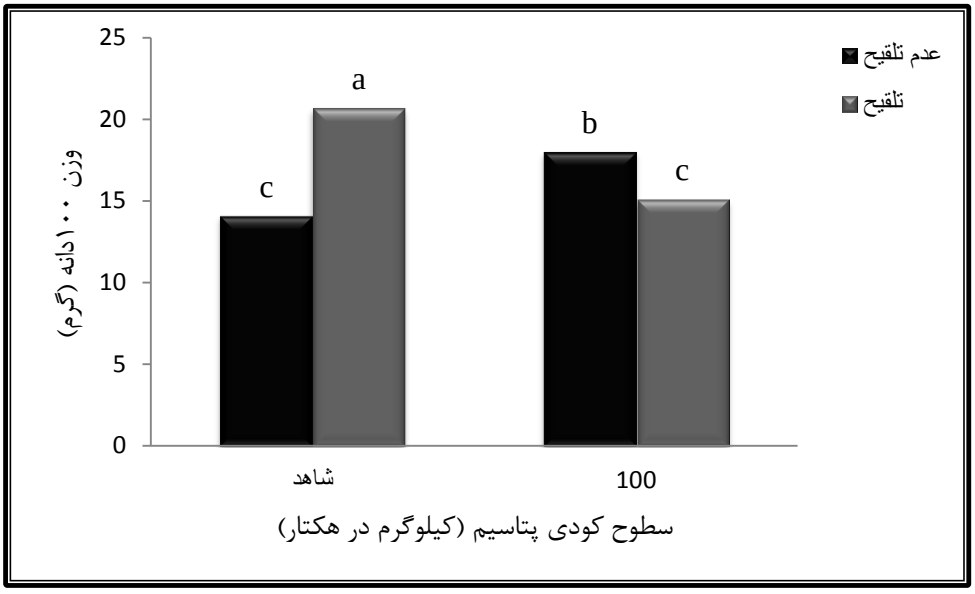
جدول۴-۴ - میانگین مربعات وزن ۱۰۰ دانه تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | وزن ۱۰۰دانه |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۱۴/۱۷۲ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۴۰/۴۰۷* |
| کود پتاسیم | ۱ | ۸/۳۸۳ns |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۲۶۸/۷۵۹** |
| کود فسفر | ۲ | ۳۴/۳۹۷* |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۶/۰۱۵ns |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۲۶/۲۹۵ |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۷/۱۰۶ |
| خطا | ۳۳ | ۸/۵۷۰ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۷/۲۶ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

شکل۴-۷- اثر قارچ میکوریزا بر وزن ۱۰۰ دانه

شکل۴-۸- اثر کود فسفر بر وزن ۱۰۰ دانه




شکل۴-۹- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن ۱۰۰ دانه

## ۴-۱-۴- شاخص برداشت

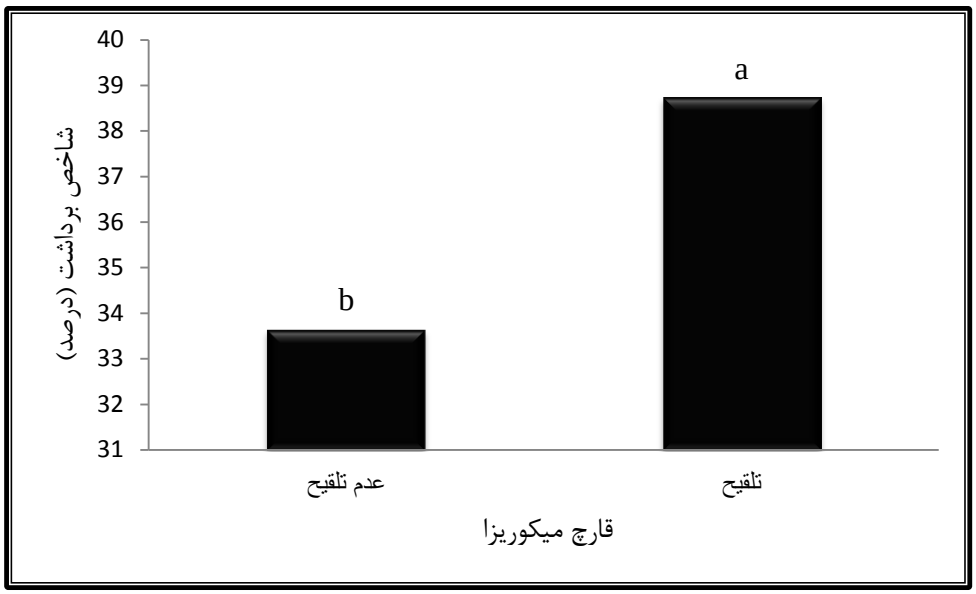
نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۵) نشان می‌دهد که بین اثرات اصلی تنها اثر قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت معنی‌دار شد و شاخص برداشت متاثر از تلقیح با میکوریزا به میزان ۱۳/۱۲ درصد افزایش یافت (شکل۴-۱۰). سایر محققین نیز تاثیرپذیری شاخص برداشت از تلقیح با میکوریزا را تایید کردند (قورچیانی و همکاران، ۱۳۹۱ ،. کوچکی و همکاران، ۱۳۹۲). از لحاظ آماری معنی‌داری در تمام اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه قابل مشاهده بود (جدول۴-۵). نتایج مقایسات میانگین (شکل۴-۱۱) بیانگر این موضوع است که شاخص برداشت در سطح ۵ درصد تحت تاثیر اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم قرار گرفت. البته بین سطوح مختلف مصرف کود پتاسیم و تلقیح تفاوت محسوسی مشاهده نشد، تنها تیمار شاهد تفاوت چشمگیری را نشان داد به نحوی که کمترین شاخص برداشت (۳۱/۷۱ درصد) در تیمار شاهد گزارش شد. نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۴۵/۸۹ درصد) در تیمار تلقیح با قارچ و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بدست آمد. در مقایسات میانگین اثرات متقابل کود پتاسیم و کود فسفر (شکل۴-۱۲) مشاهده شد که بیشترین شاخص برداشت (۴۵/۴۲ درصد) متعلق به تیمار مصرف کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف کود پتاسیم بود و کمترین شاخص برداشت (۲۷/۳۷ درصد) متعلق به تیمار شاهد بود. جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر (جدول۴-۶) نشان می‌دهد که بیشترین شاخص برداشت (۴۸/۰۸ درصد) متعلق به تیمار تلقیح با قارچ میکوریزا و عدم استفاده از کودهای شیمیایی پتاسیم و فسفر بود. سلیمان زاده (۲۰۱۲) افزایش میزان شاخص برداشت را در نخودفرنگی میکوریزایی گزارش کرد و علت آن را توانایی بالاتر گیاهان میکوریزایی برای انتقال اسیمیلات از منابع به مخازن (دانه‌ها) ذکر کرد. محققین بر این عقیده هستند که همزیستی قارچ‌های

میکوریزا آرباسکولار با افزایش کارایی اندام‌های فتوسنتزی، سرعت ذخیره کردن مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به مخازن را افزایش می‌دهد (آگو، ۲۰۰۱).

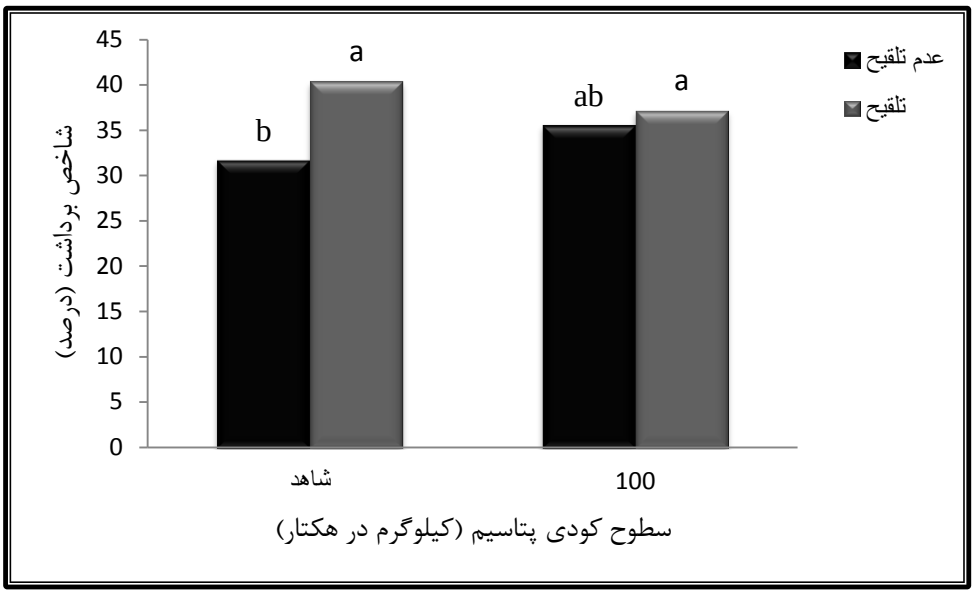
جدول۴-۵- میانگین مربعات شاخص برداشت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | شاخص برداشت |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۲۲/۰۰۵$^{ns}$ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۳۰۹/۸۸۰$^{**}$ |
| کود پتاسیم | ۱ | ۱/۱۹۱$^{ns}$ |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۱۵۰/۸۷۵$^{*}$ |
| کود فسفر | ۲ | ۷۰/۵۷۵ |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۷۱۸/۱۰۵$^{**}$ |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۷۷۵/۲۸۷$^{**}$ |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۶۸/۸۳۷$^{*}$ |
| خطا | ۳۳ | ۳۳/۶۸۴ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۶/۰۴ | |

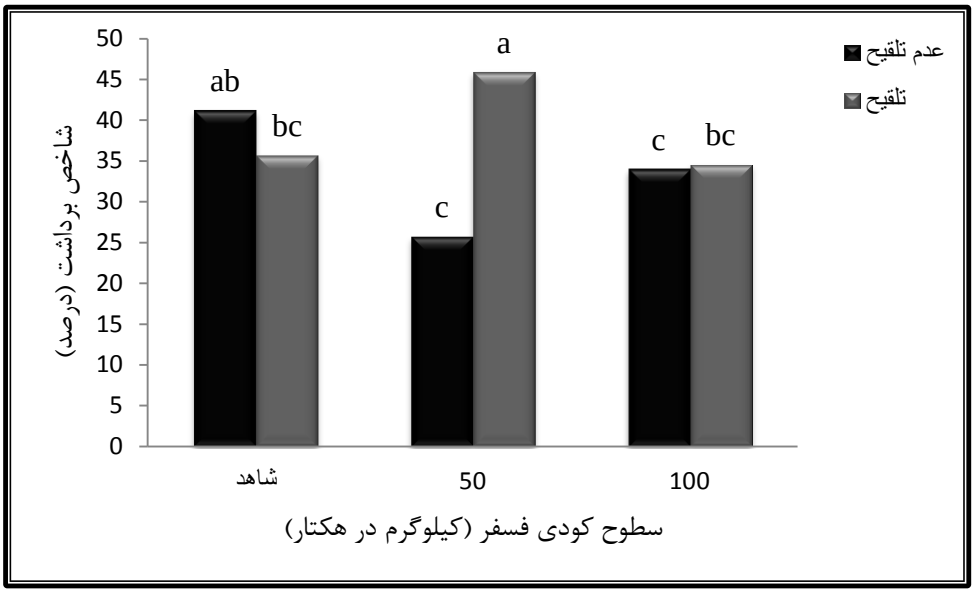
** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری



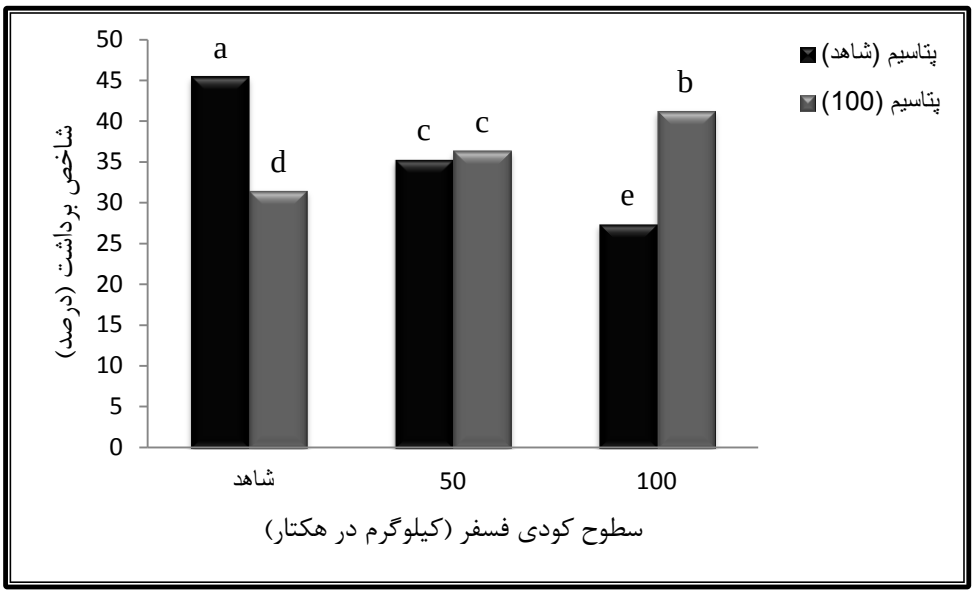

شکل۴-۱۰- اثر قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت




شکل۴-۱۱- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر شاخص برداشت




شکل۴-۱۲- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر بر شاخص برداشت




شکل۴-۱۳- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر شاخص برداشت

جدول۴-۶- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر شاخص برداشت (درصد)

| | | | |
|---|---|---|---|
| بدون کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۴۲/۷۶ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۶/۰۸ c |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۶/۲۸ c |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۳۹/۵۹ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۵/۳۹ c |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۴۱/۷۴ ab |
| با کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۴۸/۰۸ a |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۴۴/۴۸ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۸/۴۵ c |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۲۳/۳۳ c |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۴۷/۳۱ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۴۰/۶۹ ab |

## ۴-۱-۵- طول بلال

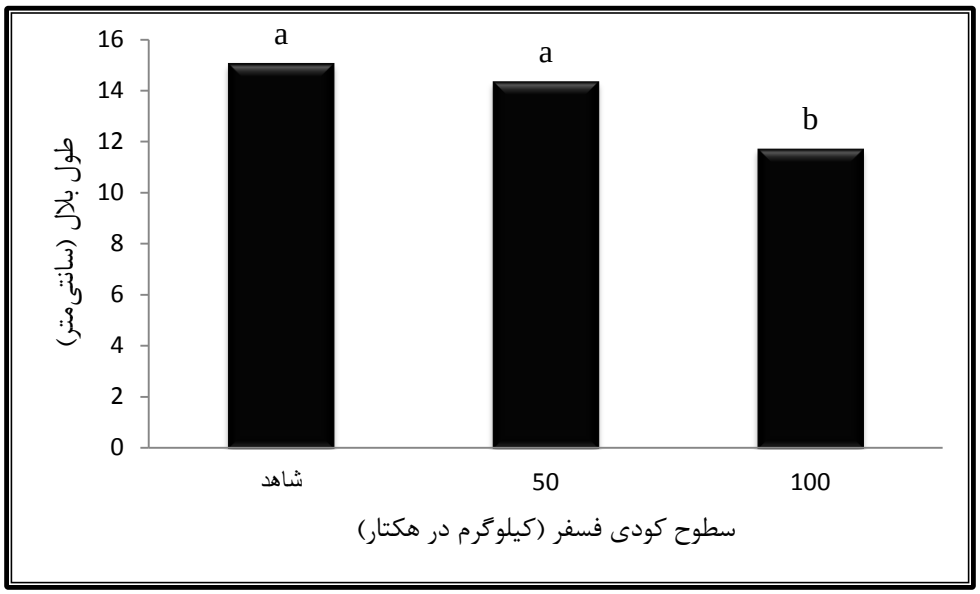
قارچ میکوریزا به تنهایی تاثیر معنی‌داری بر طول بلال نداشت (جدول۴-۷). نتایج پژوهش احمدی (۱۳۹۰) بر روی ذرت حاکی از آن بود که طول بلال ذرت تحت تاثیر قارچ میکوریزا قرار نگرفت که با نتیجه بدست آمده در این آزمایش همخوانی دارد. البته نتایج پژوهش‌های قورچیانی و همکاران (۱۳۹۰) حاکی از آن بود که کاربرد میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار طول بلال شد. تیمارهای کودی فسفر و پتاسیم هر کدام به تنهایی اثر معنی‌داری را در سطح ۱ درصد بر این صفت نشان دادند (جدول۴-۷). نتایج مقایسات میانگین اثر کود پتاسیم بر طول (شکل۴-۱۴) بلال حاکی از آن بود که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم طول بلال را نسبت به شاهد به میزان ۹/۲۶ درصد کاهش داد. شکل ۴-۱۵ اثر اصلی فسفر را بر طول بلال نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که بین تیمار شاهد و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر تفاوت محسوسی مشاهده نشد اما مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر طول بلال را نسبت به شاهد به میزان ۲۲/۱۷ درصد کاهش داد. طول بلال تحت تاثیر اثرات متقابل میکوریزا و کود فسفر قرار نگرفت اما اثرات متقابل قارچ و کود پتاسیم در سطح ۱ درصد بر طول بلال معنی‌دار شد (جدول۴-۷) به طوری که تلقیح میکوریزا و عدم استفاده از کود پتاسیم طول بلال را نسبت به شاهد به میزان ۱۶/۲۸ درصد افزایش داد.

جدول۴-۷- میانگین مربعات طول بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

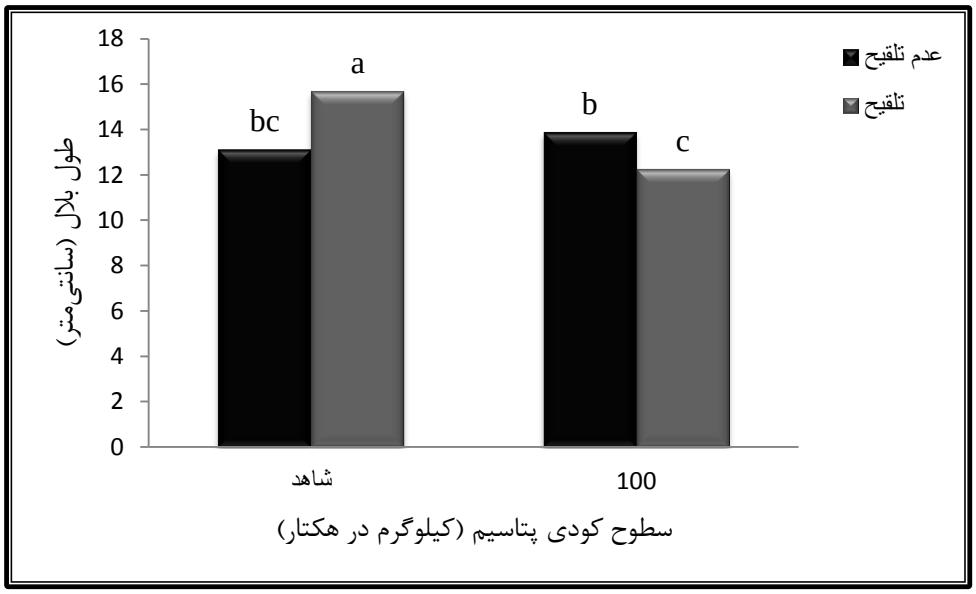
| منابع تغییر | درجه آزادی | طول بلال |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۲/۳۰۵ ns |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۲/۴۷۵ ns |
| کود پتاسیم | ۱ | ۲۱/۳۳۳ ** |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۵۲/۶۲۶ ** |
| کود فسفر | ۲ | ۴۹/۶۰۲ ** |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۲/۲۲۰ ns |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۵/۲۷۶ |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۳/۵۲۱ |
| خطا | ۳۳ | ۲/۶۳۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۱/۸۳ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

شکل۴-۱۴- اثر کود پتاسیم بر طول بلال




شکل۴-۱۵- اثر کود فسفر بر طول بلال




شکل۴-۱۶- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر طول بلال

## ۴-۱-۶- تعداد ردیف دانه در بلال

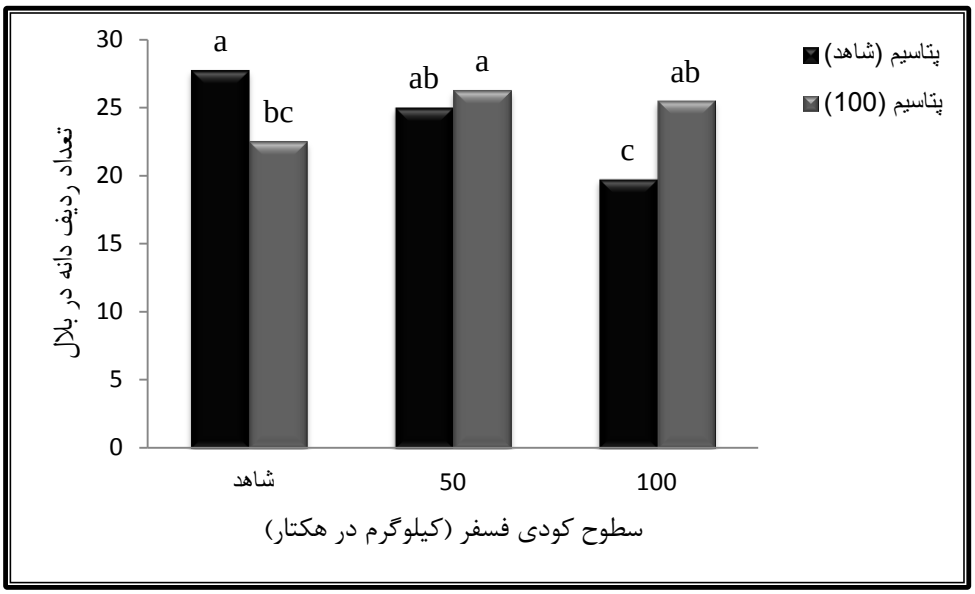
نتایج تجزیه واریانس تعداد ردیف بلال (جدول۴-۸) مشخص نمود که بین اثرات اصلی تنها اثر کود فسفر بر این صفت معنی‌دار بود. کمترین تعداد ردیف (۲۲/۶۲) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و بیشترین تعداد ردیف (۲۵/۱۲) با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل شد (شکل۴-۱۷). مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل دو تیمار کودی پتاسیم و فسفر (شکل۴-۱۸) نشان می‌دهد که کمترین تعداد ردیف دانه در بلال در زمان مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و عدم مصرف پتاسیم حاصل شد. میانگین اثرات متقابل میکوریزا، پتاسیم و فسفر در جدول ۴-۹ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود تیمار تلقیح میکوریزایی که در آن از کودهای شیمیایی پتاسیم و فسفر استفاده نشد بیشترین تاثیر را بر تعداد ردیف دانه در بلال داشت و موجب افزایش مقدار این صفت به میزان ۲۷/۹۰ درصد نسبت به شاهد شد. ردیف‌های تشکیل شده در بلال، تعداد دانه در هر ردیف و وزن هزار دانه جزء مهم‌ترین اجزای عملکرد گیاه می‌باشند. قارچ‌های میکوریزایی با افزایش تولید مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه‌ها و انتقال شیره پرورده کافی به آن‌ها سبب افزایش تعداد ردیف‌های بلال وکاهش طول کچلی بلال می‌شوند و بدین ترتیب سبب افزایش عملکرد گیاه می‌گردند. امیرآبادی و همکاران (۱۳۸۸) اعلام کردند که قارچ میکوریزا آرباسکولار با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه ذرت سبب افزایش تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و وزن بلال گشت. تاثیر معنی‌دار قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه، عملکرد، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال ذرت توسط فخری و همکارانش (۱۳۹۱) نیز تایید شد. ساراجوقی و همکاران نیز (۲۰۱۲) نشان دادند که میکوریزا با کاهش نیاز به کودهای فسفر و نیتروژن در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نقش بسزایی را ایفا می‌کند.

جدول۴-۸- میانگین مربعات تعداد ردیف دانه در بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد ردیف بلال |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۱۳۰/۲۵۰** |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۱/۳۳۳ ns |
| کود پتاسیم | ۱ | ۴/۰۸۳ ns |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۱۲/۰۰۰ |
| کود فسفر | ۲ | ۴۱/۳۳۳ * |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۲۵/۵۸۳ |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۲۲/۳۳۳ ** |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۴۷/۲۵۰** |
| خطا | ۳۳ | ۱۰/۶۲۹ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۳/۳۳ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

شکل۴-۱۷- اثر کود فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال




شکل۴-۱۸- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال

جدول۴-۹- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد ردیف دانه در بلال

| | | | |
|---|---|---|---|
| بدون کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۲۳/۲۵ cd |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۵/۷۵ bc |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۲/۵۰ cd |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۲۶/۰۰ bc |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۴/۲۵ bc |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۶/۰۰ bc |
| با کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۳۲/۲۵ a |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۴/۲۵ bc |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۷/۰۰ e |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۱۹/۰۰ de |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۸/۲۵ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۲۵/۰۰ bc |

## ۴-۱-۷- تعداد دانه در ردیف بلال

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جدول۴-۱۰) حاکی از معنی‌دار بودن تاثیر کود پتاسیم (در سطح ۱ درصد) و کود فسفر (در سطح ۵ درصد) بر تعداد دانه در هر ردیف بلال بوته‌های ذرت بود. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم تعداد دانه در ردیف بلال را به میزان ۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل۴-۱۹). مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر نیز تعداد دانه در ردیف بلال را به میزان ۶/۷۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل۴-۲۰). کاربرد توام میکوریزا و کود فسفر از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف بلال نداشت اما اثرات متقابل دو تیمار کودی و همچنین اثرات متقابل میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول۴-۱۰). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر (شکل۴-۲۱) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال (۱۵/۸۸) با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم بدست آمد. نتایج جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل سه‌گانه قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر (جدول۴-۱۱) حاکی از آن بود که تلقیح میکوریزایی به همراه مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم تعداد دانه در ردیف بلال را در مقایسه با شاهد به میزان ۲۸/۳۷ درصد افزایش داد. همانطور که انتظار می‌رفت مصرف سطوح بالای فسفر به سبب آسیبی که به فعالیت میکروبی هیف‌های قارچ وارد می‌سازد تاثیر نامطلوبی بر این صفت داشت. یافته‌ها در این زمینه با نتایج بسیاری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار که مبتنی بر استفاده از منابع بیولوژیک همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی می‌باشد مطابقت دارد. در پژوهشی که توسط ساراجوقی و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد، مشخص گردید که همزیستی ریشه ذرت با یک گونه از میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در هر ردیف بلال می‌شود. در همزیستی میکوریزایی، میسلیوم‌های قارچ با اتصال موثر خود به ریشه گیاه میزبان، گیاه را در جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی توانمندتر می‌سازند.

در حقیقت میکوریزا با بهبود تغذیه گیاه، تثبیت نیتروژن، افزایش گرده‌افشانی و فتوسنتز و هدایت هر چه بیشتر کربوهیدرات‌ها به سمت اندام‌های زایشی سبب افزایش تعداد دانه در ردیف‌های بلال، به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد گیاه ذرت، می‌گردد. نتایج حاصل از تحقیقات احمدی (۱۳۹۰) نیز حاکی از آن بود که با کاربرد قارچ میکوریزا، تعداد دانه در هر ردیف بلال به میزان ۱۸/۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. گزارشات دیگری نیز در این زمینه وجود دارد که موید نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌باشد (کلمب و همکاران، ۲۰۰۰.، مباسر و مرادقلی، ۲۰۱۲).

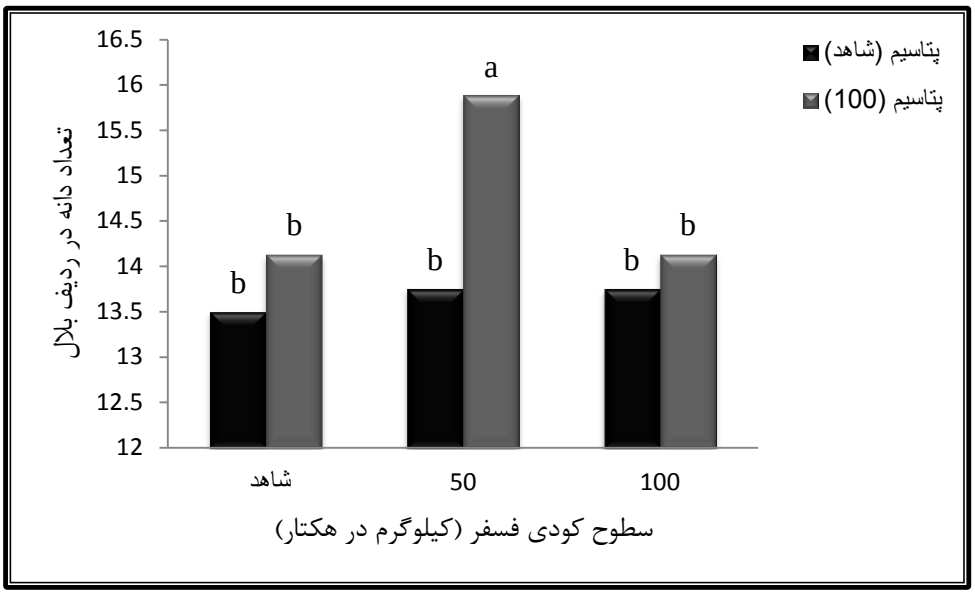
جدول۴-۱۰- میانگین مربعات تعداد دانه در ردیف بلال تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد دانه در ردیف بلال |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۰/۳۶۱ ns |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۰/۷۵۰ ns |
| کود پتاسیم | ۱ | ۱۸/۷۵۰ ** |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۶/۷۵۰ |
| کود فسفر | ۲ | ۱۱/۰۲۱ * |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۱/۹۳۸ ns |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۹/۴۳۸ * |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۹/۴۳۸ * |
| خطا | ۳۳ | ۲/۲۷۰ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۶/۸۵ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

شکل۴-۱۹- اثر کود پتاسیم بر تعداد دانه در ردیف بلال

شکل۴-۲۰- اثر کود فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال




شکل۴-۲۱- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال

جدول۴-۱۱- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر تعداد دانه در ردیف بلال

| | | | |
|---|---|---|---|
| بدون کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۱۳/۲۵ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۴/۵۰ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۴/۰۰ b |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۱۴/۲۵ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۵/۰۰ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۴/۰۰ b |
| با کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۱۳/۷۵ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۳/۰۰ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۳/۵۰ b |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۱۴/۰۰ b |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۸/۵۰ a |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۱۳/۷۵ b |

### ۴-۱-۸- درصد فسفر دانه ذرت

همانطور که در جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۱۲) مشاهده می‌شود تمام عوامل آزمایشی بجز کود پتاسیم و اثرات متقابل میکوریزا و پتاسیم تاثیر معنی‌داری را در سطح ۱ درصد بر درصد فسفر دانه نشان دادند. تلقیح میکوریزایی درصد فسفر دانه را نسبت به شاهد به میزان ۳/۳۸ درصد کاهش داد (شکل۴-۲۲). بین سطوح مختلف فسفر نیز در درصد فسفر دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین درصد فسفر در دانه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد (شکل۴-۲۳). مطابق نتایج بدست‌آمده از مقایسات میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر (شکل۴-۲۴) بیشترین درصد فسفر دانه در تیمار عدم تلقیح و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (۰/۲۴۵۰ درصد) مشاهده شد. همانگونه که در جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر (جدول۴-۱۳) مشاهده می‌شود، تلقیح میکوریزایی به همراه مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم درصد فسفر دانه را نسبت به شاهد به میزان ۹/۴۰ درصد افزایش داد. ملاحظه می‌شود که کاربرد میکوریزا با افزایش سطح جذب سبب کاهش تقاضا برای مصرف کود فسفر می‌گردد. امیرآبادی و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایش خود نشان دادند که همزیستی میکوریزایی غلظت فسفر را به میزان ۲۸/۸ درصد در اندام هوایی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس افزایش داد. قارچ‌های میکوریزایی بعنوان یک پل زنده بین گیاه و خاک در اکوسیستم عمل می‌کنند. ریزوسفر میکوریزایی به سبب اهمیت و پویایی اثرات متقابل میکروبی که در ریشه‌های میکوریزایی ایجاد می‌کند می‌تواند جایگزین ریزوسفر گیاهان شود. افزایش سطح جذب بویژه برای جذب عناصر کم‌تحرک در خاک از مهم‌ترین مزایای کاربرد قارچ‌های میکوریزایی می‌باشد. از مهم‌ترین عناصری که توسط میکوریزا به صورت فعال و در سطح وسیع جذب می‌گردد عنصر فسفر است. مکانیسم‌های گوناگونی می‌توانند موجب افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزایی گردند که از بین آن‌ها می‌توان به جستجوی حجم بیشتری از خاک، بالا بودن سرعت جذب

فسفر توسط هیف قارچ‌های میکوریزا و افزایش انحلال فسفر خاک اشاره نمود (بولان، ۱۹۹۱). جستجوی حجم بیشتری از خاک توسط گیاهان میکوریزایی سبب می‌شود تا فاصله بین یون‌های فسفر و ریشه گیاهان کاهش یابد. بررسی محدوده تخلیه فسفر در خاک‌های آهکی توسط شبدر سفید نشان داده است که به دلیل رشد سریع هیف‌ها در گیاهان میکوریزایی فاصله منبع فسفر جذب شده از مرکز ریشه گیاه به ۱ سانتی‌متر رسید در حالیکه همین فاصله در گیاهان شاهد ۱۱/۷ سانتی‌متر بود (لی و همکاران، ۱۹۹۱). از سوی دیگر به دلیل بالا بودن وابستگی و تمایل یون‌های فسفر به هیف‌های قارچی، حد آستانه غلظت جهت جذب فسفر کاهش یافته و لذا سرعت جذب فسفر توسط آن‌ها افزایش می‌یابد. هیف‌های قارچی همچنین با رهاسازی اسیدهای آلی و آنزیم‌های فسفاتاز موجب انحلال فسفر نامحلول در خاک می‌گردند و از همین روست که گیاهان میکوریزایی در خاک‌های فقیر (از حیث فسفر قابل جذب) مانند خاک‌هایی که فسفات آهن و آلومینیوم زیادی دارند توانایی جذب مقادیر بالاتری از فسفر را دارند (بولان، ۱۹۹۱). رضوانی و همکاران (۱۳۹۰) بیشترین میزان جذب فسفر را در اثر تلقیح با قارچ میکوریزا و استفاده از کود سوپرفسفات تریپل گزارش کردند و اظهار داشتند که عدم استفاده از کود فسفر سبب کاهش جذب فسفر در گیاه می‌گردد. همانطور که عدم اعمال کود فسفر، جذب این عنصر را در گیاه کاهش می‌دهد، استفاده از آن نیز در سطوح بالا، به سبب ایجاد محدودیت در فعالیت‌های قارچی، جذب این عنصر را با مشکل مواجه می‌کند، در نتیجه قارچ بعنوان یک انگل عمل می‌نماید و تنها نقش مصرف‌کننده کربوهیدرات‌های تولید شده توسط گیاه را بازی می‌کند و بدین ترتیب سبب کاهش عملکرد گیاه میزبان خود می‌گردد. در پژوهشی اورتاس و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر ۵ گونه از قارچ‌های میکوریزا بر وزن خشک ریشه، اندام هوایی و جذب فسفر در فلفل گلخانه‌ای را مثبت ارزیابی کردند. مردوخی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در تحقیقات خود شاهد افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز و دیگر عناصر غذایی در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه گندم میکوریزایی رشد یافته تحت تنش شوری بودند. نتایج پژوهش‌های

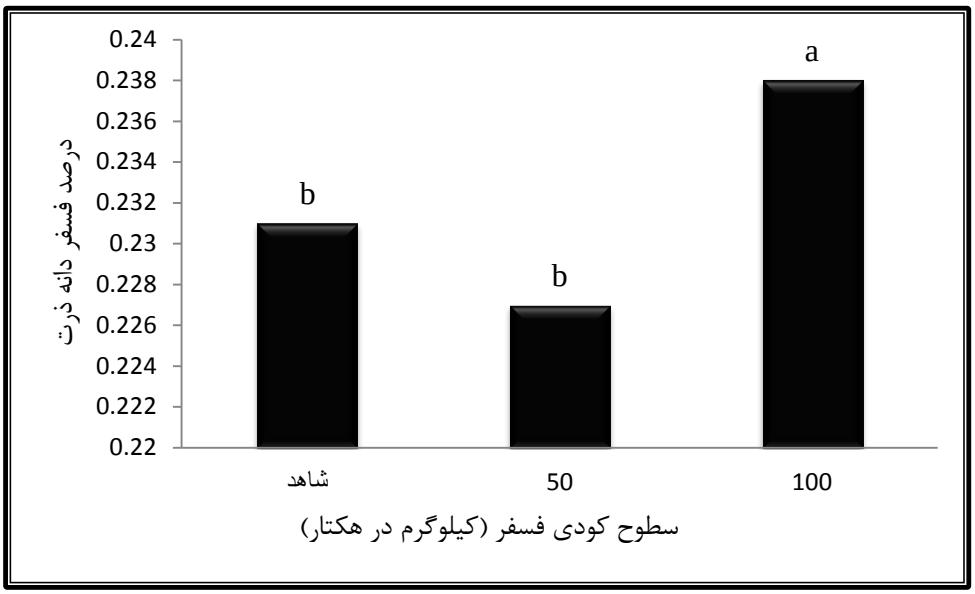
بلندمدت انجام شده روی سیر، سویا، نخودفرنگی، طالبی، هندوانه، ذرت، فلفل و پنبه نیز حاکی از افزایش جذب فسفر در گیاهان میکوریزایی به همراه استفاده از سطوح متوسط کود فسفر بود (اورتاس، ۲۰۱۲).

جدول۴-۱۲- میانگین مربعات درصد فسفر دانه ذرت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

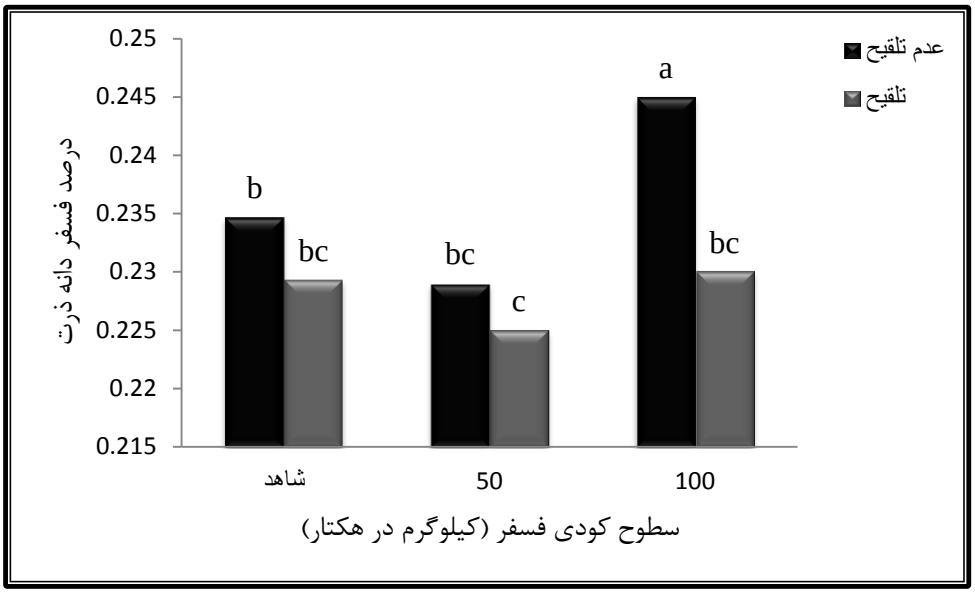
| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد فسفر دانه ذرت |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۰/۰۰۰$^{**}$ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۰/۰۰۱$^{**}$ |
| کود پتاسیم | ۱ | ۰/۰۰۰ |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۰/۰۰۰ $^{ns}$ |
| کود فسفر | ۲ | ۰/۰۰۱$^{**}$ |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۰/۰۰۳$^{**}$ |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۰/۰۰۱$^{**}$ |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۰/۰۰۱$^{**}$ |
| خطا | ۳۳ | ۰/۰۰۰ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۶/۸۱ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

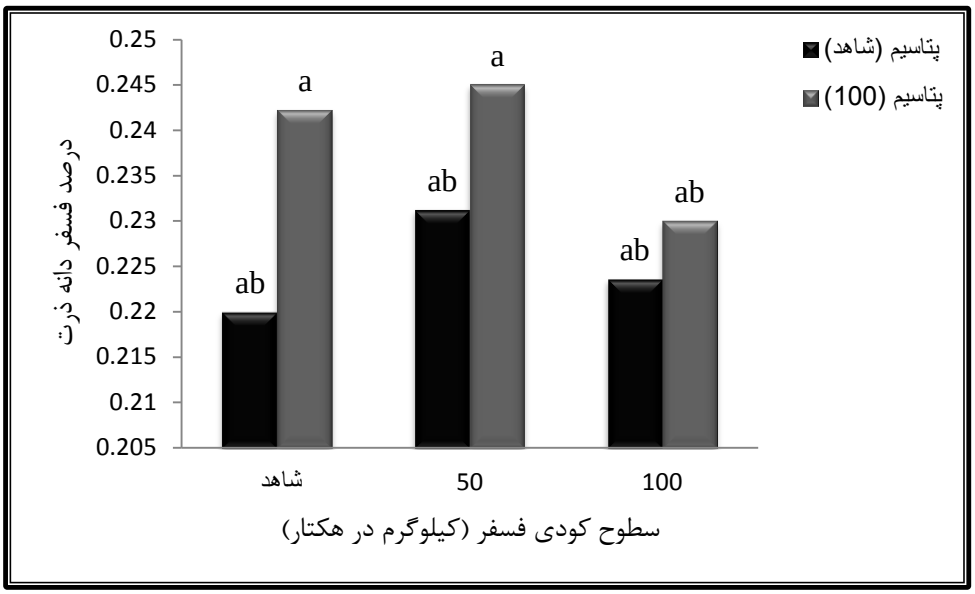
شکل۴-۲۲- اثر قارچ میکوریزا بر درصد فسفر دانه ذرت




شکل۴-۲۳- اثر کود فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت




شکل۴-۲۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت




شکل۴-۲۵- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت

جدول۴-۱۳- میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر درصد فسفر دانه ذرت

| | | | |
|---|---|---|---|
| بدون کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۰/۲۶۵۰ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۵۵۰ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۴۲۵ b |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۰/۲۶۸۸ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۶۳۷ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۰۰۳۱۲ c |
| با کاربرد میکوریزا | عدم کاربرد کود پتاسیم | عدم کاربرد کود فسفر | ۰/۲۶۵۰ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۶۲۵ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۴۰۰ b |
| | کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | عدم کاربرد کود فسفر | ۰/۲۵۵۰ ab |
| | | کاربرد کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۹۲۵ a |
| | | کاربرد کود فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) | ۰/۲۶۲۵ ab |

## ۴-۱-۹- درصد پتاسیم دانه ذرت

نتایج تاثیر عوامل مورد آزمایش بر درصد پتاسیم دانه ذرت در نمونه‌برداری نهایی در جدول تجزیه واریانس ارائه شده است (جدول۴-۱۴). همانطور که مشاهده می‌شود و انتظار هم می‌رفت، این صفت تحت تاثیر قارچ میکوریزا و اثرات متقابل آن با کودهای شیمیایی قرار نگرفت و تنها اثر کود پتاسیم و اثرات متقابل کود پتاسیم و کود فسفر در سطح ۵ درصد بر میزان پتاسیم دانه ذرت معنی‌دار شد. بر طبق نتایج بدست آمده از مقایسات میانگین (شکل۴-۲۶) مصرف کود پتاسیم در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان پتاسیم دانه را نسبت به شاهد به میزان ۰/۵ درصد بهبود ببخشد. مقایسات میانگین اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر (شکل۴-۲۷) نشان داد که مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، میزان پتاسیم دانه ذرت را نسبت به شاهد به میزان ۵/۴ درصد افزایش داد. محققین مختلف نسبت به جذب پتاسیم در گیاهان میکوریزایی نظرات متفاوتی دارند. میرانصاری و همکاران (۲۰۰۹) و مردوخی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات جداگانه‌ای، تاثیر میکوریزا بر جذب پتاسیم در گیاه گندم را مثبت ارزیابی کردند. این در حالیست که مستاجران و ضوئی (۱۳۷۸) کاهش جذب این عنصر را در حضور قارچ‌های میکوریزایی گزارش نمودند. آن‌ها دلیل این امر را به وجود بار مثبت پتاسیم و جایگزین شدن آن بر روی رس و هوموس خاک نسبت دادند. کاهش جذب پتاسیم می‌تواند مربوط به اثر رقابتی یون‌های کلسیم و پتاسیم و یا حامل‌های انتقال‌دهنده این دو یون بویژه در خاک‌های آهکی باشد که با توجه به آهکی بودن خاک مورد آزمایش، این مکانیسم شاید یکی از عوامل کاهش جذب پتاسیم است. کاهش غلظت پتاسیم حتی ممکن است به سبب مکانیسم تحمل القا شده بوسیله میکوریزا آرباسکولار اتفاق افتاده باشد (استراندبرگ و جوهانسون، ۱۹۹۹). افزودن کود پتاسیم به خاک و نفوذ آن به درون هیف‌های درون سلولی و آرباسکول‌ها سبب افزایش فشار تورگر می‌شود که برای فشار به دیواره سلولی و فرورفتگی در غشاء پلاسمایی سلول میزبان به هیف کمک می‌کند. این فشار، هیف بین سلولی را

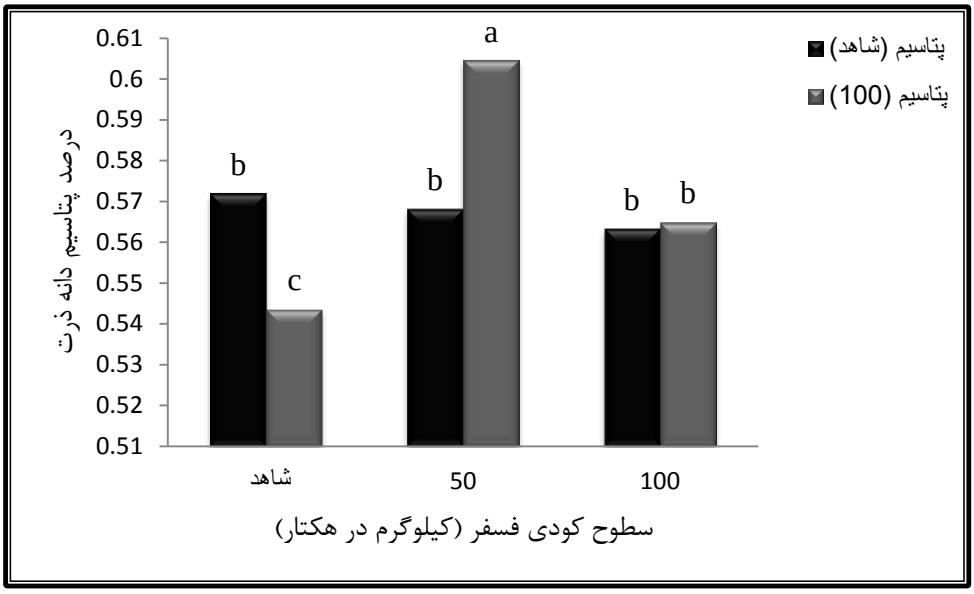
قادر می‌سازد تا فضای بین سلولی را گسترش دهد و در انتقال عناصر غذایی به گیاه میزبان بهتر عمل کند (رایان و همکاران، ۲۰۰۳). اسیدیته خاک نیز در انتقال پتاسیم به گیاه نقش مثبتی دارد و با توجه به اینکه خاک منطقه نسبتا قلیایی است، کاهش غلظت پتاسیم در دانه‌های ذرت منطقی جلوه می‌کند. خانپور اردستانی (۱۳۸۷) و همکاران کاهش جذب پتاسیم را در ذرت میکوریزایی تحت مقادیر مختلف کود پتاسیم گزارش کردند. کوتاری و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند بین درصد آلودگی میکوریزایی با محتوای پتاسیم ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت همبستگی منفی وجود دارد. نتایج بدست آمده از مطالعات غلامی (۱۳۷۹) نیز موید کاهش غلظت پتاسیم در بوته‌های آلوده به میکوریزا بود.

جدول۴-۱۴- میانگین مربعات درصد پتاسیم دانه ذرت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد پتاسیم دانه ذرت |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۰/۰۱۳ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۰/۰۳۵ |
| کود پتاسیم | ۱ | ۰/۰۲۶* |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۰/۰۰۵ |
| کود فسفر | ۲ | ۰/۳۲۵ |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۰/۱۴۹ |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۰/۰۶۷* |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۰/۱۸۳ |
| خطا | ۳۳ | ۰/۰۲۸ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۲/۹۷ | |

**, *, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

شکل۴-۲۶- اثر کود پتاسیم بر درصد پتاسیم دانه ذرت




شکل۴-۲۷- اثرات متقابل کودهای پتاسیم و فسفر بر درصد پتاسیم دانه ذرت

## ۴-۱-۱۰- ارتفاع بوته ذرت

نتایج تجزیه واریانس (جدول۴-۱۵) حاکی از آن بود که بجز اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم که تاثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد را بر ارتفاع بوته ذرت نشان دادند، دیگر عوامل آزمایشی از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. بر طبق نتایج بدست‌آمده از مقایسات میانگین (شکل۴-۲۸) بیشترین ارتفاع (۱۵۷/۶ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح میکوریزایی به همراه مصرف کود پتاسیم در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. به طور کلی در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری و مورد نیاز گیاه، با افزایش گره‌ها و طول میانگره‌ها، ارتفاع گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تلقیح میکوریزایی همچنین با بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای مواد آلی و افزایش نیتروژن قابل دسترس سبب ارتقای رشد گیاه می‌گردد. از طرفی دیگر، گیاهان آغشته به میکوریزا انرژی کمتری برای تشکیل ریشه صرف می‌کنند لذا این گیاهان نسبت ساقه به ریشه بالاتری دارند (براسارد و فررا سناتو، ۱۹۹۷).

پتاسیم با افزایش مقاومت ذرت به خوابیدگی، کم‌آبی و بیماری‌ها و افزایش طول میانگره‌های ساقه در افزایش ارتفاع گیاه تاثیرگذار می‌باشد. پتاسیم همچنین میزان جذب نیتروژن را که عنصری موثر در افزایش رشد اندام‌های هوایی است افزایش می‌دهد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). بیشترین ارتفاع بوته سویا در آزمایشی دیگر نیز در تیمار میکوریزایی مشاهده شد (رضوانی، ۱۳۹۰). علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) نیز در پژوهشی که روی ذرت انجام دادند شاهد افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی ارتفاع گیاه در ذرت میکوریزایی بودند.

جدول۴-۱۵- میانگین مربعات ارتفاع بوته ذرت تحت تاثیر میکوریزا، پتاسیم و فسفر در نمونه‌برداری نهایی

| منابع تغییر | درجه آزادی | ارتفاع بوته ذرت |
|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۳۶۴/۳۸۹ |
| قارچ میکوریزا | ۱ | ۹۱۸/۷۵۰ |
| کود پتاسیم | ۱ | ۲۱/۳۳۳ ns |
| میکوریزا ×کود پتاسیم | ۱ | ۲۱۶۰/۰۸۳ * |
| کود فسفر | ۲ | ۲۷۴/۵۲۱ ns |
| میکوریزا×کود فسفر | ۲ | ۳۶۸/۰۶۳ |
| کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۶۹۴/۷۷۱ |
| میکوریزا× کود پتاسیم×کود فسفر | ۲ | ۱۲۹/۶۴۶ ns |
| خطا | ۳۳ | ۲۹۵/۹۱۹ |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۱۱/۶۹ | |

** ,*, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

شکل۴-۲۸- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته ذرت

## ۴-۲- جمع‌بندی نتایج

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- قارچ میکوریزا از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری را بر عملکرد، وزن ۱۰۰ دانه بلال، شاخص برداشت و درصد فسفر دانه ذرت نشان داد.

۲- جذب برخی عناصر غذایی مانند فسفر و پتاسیم تحت تاثیر اثرات متقابل میکوریزا و کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم قرار گرفت. بیشترین درصد فسفر دانه ذرت با مصرف قارچ میکوریزا، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل شد. بیشترین جذب پتاسیم نیز با مصرف قارچ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بدست آمد.

۳- اثرات متقابل دو کود شیمیایی پتاسیم و فسفر بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، شاخص برداشت و درصد فسفر و پتاسیم دانه معنی‌دار شد.

۴- عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، وزن خشک و طول بلال و ارتفاع بوته ذرت تحت تاثیر اثرات متقابل قارچ میکوریزا آرباسکولار و کود پتاسیم قرار گرفتند.

۵- نتایج بدست‌آمده حاکی از آن بود که اثرات متقابل میکوریزا و کود فسفر بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد فسفر دانه معنی‌دار شد.

۶- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و کودهای پتاسیم و فسفر بر عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، شاخص برداشت و درصد فسفر دانه معنی‌دار شد. قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، سبب افزایش ۳۱/۵۷ درصدی عملکرد دانه ذرت گردید.

## ۴-۳- پیشنهادها

۱- اجرای مجدد آزمایش حداقل دو سال دیگر و در مکان‌های دیگر.

۲- انجام مجدد آزمایش‌های دیگر با کاربرد قارچ میکوریزا آرباسکولار در سطوح مختلف کاربرد کودهای پتاسیم و فسفر و بررسی تاثیر آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت.

۳- استفاده از سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا به منظور انتخاب بهترین سویه برای گیاه ذرت و برای منطقه مورد نظر.

۴- مطالعات گسترده‌تر در مورد بکارگیری قارچ‌های میکوریزا به همراه سایر کودها و بررسی تاثیر آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت.

# پیوست

جدول پیوست ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

| درصد شن | درصد سیلت | درصد رس | مس قابل جذب | روی قابل جذب | منگنز قابل جذب | آهن قابل جذب | پتاسیم قابل جذب | فسفر قابل جذب | کربن آلی | ازت | دیته |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| %sand | %silt | %clay | Cu(ava.) (ppm) | Zn(ava.) (ppm) | Mn(ava.) (ppm) | Fe(ava.) (ppm) | K(ava.) (ppm) | P(ava.) (ppm) | %OC | %N | pH |
| ۱۶ | ۴۸ | ۳۶ | ۰/۷۵ | ۰/۵۱ | ۶/۳۱ | ۲/۶۵ | ۲۲۳ | ۶/۲ | ۰/۷۳ | ۰/۰۴ | ۷/۱ |

شکل پیوست ۲- نقشه کشت مزرعه آزمایشی

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1K_1P_3$ | $M_2K_1P_3$ | $M_2K_1P_2$ | $M_1K_2P_2$ | $M_1K_2P_1$ | $M_1K_2P_3$ | $M_2K_2P_1$ | $M_2K_2P_3$ | $M_2K_2P_2$ | $M_1K_1P_1$ | $M_2K_1P_1$ | $M_1K_1P_2$ |
| $M_2K_2P_3$ | $M_1K_1P_1$ | $M_1K_2P_3$ | $M_2K_1P_1$ | $M_1K_1P_3$ | $M_2K_2P_2$ | $M_2K_2P_1$ | $M_2K_1P_2$ | $M_1K_2P_2$ | $M_2K_1P_3$ | $M_1K_1P_3$ | $M_1K_2P_1$ |
| $M_1K_1P_1$ | $M_1K_1P_1$ | $M_2K_2P_2$ | $M_2K_1P_2$ | $M_1K_2P_1$ | $M_1K_1P_2$ | $M_1K_2P_3$ | $M_2K_2P_1$ | $M_1K_1P_3$ | $M_2K_2P_3$ | $M_2K_1P_3$ | $M_1K_2P_2$ |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1K_2P_1$ | $M_1K_1P_3$ | $M_2K_1P_3$ | $M_2K_2P_3$ | $M_2K_1P_1$ | $M_1K_1P_1$ | $M_1K_2P_3$ | $M_2K_1P_2$ | $M_2K_2P_1$ | $M_1K_1P_2$ | $M_1K_1P_2$ | $M_2K_2P_2$ |

$M_1$ : شاهد، $M_2$ : قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*

$K_1$ : شاهد، $K_2$ : پتاسیم در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار

$P_1$ : شاهد، $P_2$ : فسفر در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار، $P_3$ : فسفر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار

## منابع


احمدی ج، (۱۳۹۰) **"تاثیر کاربرد قارچ‌های میکوریزا، ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم سنگل‌کراس ۷۰۴"** پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

اسدی رحمانی ه، اصغرزاده ا، خاوازی ک، رجالی ف و تواقبی غ، (۱۳۸۶) **"حاصلخیزی بیولوژیک خاک، کلیدی برای استفاده پایدار از اراضی کشارزی"** (ترجمه)، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

اطمینان س، عالم‌زاده انصاری ن، محمودی سورستانی م و اسکندری ف، (۱۳۹۲) **"تاثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر خصوصیات کاهوی اهوازی تحت سطوح مختلف تنش شوری"** دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم.

امیرآبادی م، اردکانی م، رجالی ف، برجی م و خاقانی ش، (۱۳۸۸) **"تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکتر تحت تاثیر سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در اراک"** مجله علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ۴۰، شماره ۲.

امیرآبادی م، رجالی ف، اردکانی م و برجی م، (۱۳۸۸) **"تاثیر کاربرد ماده تلقیح ازتوباکتر و قارچ میکوریزایی بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در سطوح مختلف فسفر"** مجله پژوهش‌های خاک (علوم آب و خاک)، جلد ۲۳، شماره ۱.

بشارتی ح و صالح راستین ن ،(۱۳۸۰) **"بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر در ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور"** (مجموعه مقالات)، خاوازی ک و ملکوتی م (تدوین‌کنندگان)، نشر آموزش کشاورزی. ص ۳۱۷-۲۹۳.

ثمربخش س، (۱۳۸۵) **"تاثیر سموم قارچ‌کش بر کارایی همزیستی سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا آرباسکولار با گیاه ذرت"** پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

خانپور اردستانی ن، زارع مایوان ح و قناتی ف، (۱۳۸۷) **"جذب پتاسیم و منیزیم در گیاه ذرت میکوریزایی تحت مقادیر مختلف پتاسیم و منیزیم"** مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم، شماره ۱۴.

خاوازی ک، اسدی رحمانی ه و ملکوتی م (۱۳۸۴) **" ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور"** انتشارات سنا. ص ۲۷۹-۲۷۴.

خدابنده ن، (۱۳۸۷) **"غلات"** چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

خواجه‌پور م (۱۳۸۸) **"اصول و مبانی زراعت"** جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۶۵۴ ص.

درزی م، قلاوند ا و رجالی ف (۱۳۸۷) **"بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه"** مجله علوم زراعی ایران. ص ۱۰ (۱): ۸۸-۱۰۹.

رحیمی ل، اردکانی م، پاک‌نژاد ف و رجالی ف (۱۳۸۸) **"بررسی نقش همزیستی میکوریزایی در افزایش مقاومت به خشکی دو رقم سورگوم دانه‌ای"** مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۵، شماره۱. ص ۴۳ تا ۵۷.

رضوانی م، افشنگ ب، قلی‌زاده ع و زعفریان ف (۱۳۹۰) **"ارزیابی تاثیر قارچ میکوریزا و منابع مختلف فسفر بر رشد و جذب فسفر در سویا"** مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد اول، شماره ۲.

ساجدی م و خادمی ز (۱۳۷۸) **"اثرات جایگذاری پتاسیم و فسفر روی محصول ذرت"** همایش بین‌المللی کاربرد متعادل کود و پاسخ گیاه به پتاسیم، موسسه تحقیقات خاک و آب، موسسه بین‌المللی پتاسیم، تهران، ایران.

ساجدی ن، (۱۳۸۷) **"برهمکنش تنش خشکی، روی و میکوریزا برعملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ذرت"** یافته‌های نوین کشاورزی، سال دوم، شماره ۳.

ساجدی ن، اردکانی م، ساجدی ع و بهرامی ع، (۱۳۸۸) **"جذب برخی عناصر غذایی تحت تاثیر میکوریزا، سطوح مختلف روی و تنش خشکی در ذرت"** نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۸، شماره ۵. ص ۷۹۱-۷۸۴.

سلطانی ا، رحیم‌زاده ف، قاسمی ک و مقدم م، (۱۳۷۹) **"واکنش تعرق و رشد برگ نخود به کمبود آب"** مجله دانش کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ص ۱۰ (۱): ۱۵-۹.

شیرانی راد ا، علیزاده ع و هاشمی دزفولی ا، (۱۳۷۹) **"بررسی اثر قارچ میکوریزا آرباسکولار، فسفر و تنش خشکی بر کارایی جذب عناصر غذایی در گندم"** موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، تهران، ایران. نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر، جلد ۱۶، شماره ۳، ص ۳۲۷ تا ۳۴۹.

علیزاده ا، مجیدی ا، نادیان ح، نورمحمدی ق و عامریان م، (۱۳۸۶) **"بررسی اثرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت"** یافته‌های نوین کشاورزی، سال اول، شماره ۴.

غلامی ا، (۱۳۷۹) **"نقش قارچ‌های میکوریزا وزیکولار آرباسکولار در تامین پایدار عناصر غذایی در ذرت"** پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

غلامی ا و کوچکی ع، (۱۳۸۰) **"میکوریزا در کشاورزی پایدار"** (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شاهرود. ۲۱۲ ص.

فخری ک، ساراجوقی م و نخجوان ش، (۱۳۹۱) **"تاثیر میکوریزا به همراه سطوح مختلف فسفر و ازت بر خصوصیات رشدی و عملکرد ذرت"** اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

قربانی ه، (۱۳۸۶) **"مروری بر کودهای بیولوژیک در ایران و نقش آن‌ها در حفظ محیط‌زیست و سلامت جامعه. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران"** گرگان،۱۶ تا ۲۲ مهر.

قورچیانی م، اکبری غ، علیخانی ح، دادی ا و زارعی م، (۱۳۹۰) **"اثر قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری fluorescence Pseudomonas بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی"** مجله دانش آب وخاک، جلد ۲۱، شماره ۱.

قورچیانی م، علیخانی ح، اکبری غ، زارعی م و دادی ا، (۱۳۹۱) **"تاثیر باکتری حل‌کننده فسفات، قارچ میکوریزا آرباسکولار و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در شرایط آبیاری معمول و کم‌آبیاری در منطقه کرج"** نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۰، شماره ۱.

کاظمی اربط ح، (۱۳۷۸) **"زراعت خصوصی غلات"** انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

کریمی ه، (۱۳۸۳) **"گیاهان زراعی"** انتشارات دانشگاه تهران.

کوچکی ع، بخشایی س، مختاری و، خرم دل س و طاهرآبادی ش، (۱۳۹۲) **"تاثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد"** پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۱. ص ۱ تا ۱۷.

مجنون حسینی ن، (۱۳۸۵) **"زراعت غلات"** انتشارات نقش مهر، تهران.

مرشدی ع، (۱۳۸۲) **"مروری بر تولید و مصرف جهانی کود"** مجله نهاده، شماره ۷، ص ۲۲ تا ۲۶.

مستاجران ا و ضوئی ف، (۱۳۷۸) **"همزیستی"** جلد اول: میکوریزا، انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.

ملکوتی، م، (۱۳۷۵) **"کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی کود در ایران"** انتشارات مرکز آموزش کشاورزی.

مهربان ا، نورمحمدی ق، وزان س، اردکانی م و حیدری شریف‌آباد ح، (۱۳۹۱) **"بررسی نقش میکروارگانیسم‌های میکوریزایی از نوع وزیکولار- آرباسکولار بر برخی صفات گیاه سورگوم"** مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره ۲، ص ۱ تا ۹.

نورمحمدی ق، سیادت ع و کاشانی ع، (۱۳۸۹) **"زراعت"** جلد اول، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز. ص ۳۱۱ و ۳۲۹ و ۳۶۲ و ۳۸۲.

Al-karaki G and Al-raddad A, (١٩٩٧) **"Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance"** Mycorrhiza. P ٧: ٨٣-٨٨.

Al-karaki G, (٢٠٠٠) **"Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress"** Mycorrhiza. P ١٠: ٥١-٥٤.

Allen M, (١٩٩٢) **"mycorrhizal functioning and integrative plant-fungal process. Chapman and Hall press"** New York. P ٥٣٤.

Amerian M, Stewart W and Griffiths H, (٢٠٠١) **"effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relation in *maize*"** Asp. App l. Boil. P ٦٣: ٧١-٧٦.

Arnon I, (١٩٧٥) **"Mineral nutrition of *maize*"** International Potash Institude, Bern/ Switzerland. P ١-٣٣

Auge R, (٢٠٠١) **"Water relations, drought and Vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis"** Mycorrhiza. P ١١: ٣-٤٢.

Azcon R, Ambrosano E and Charest E, (٢٠٠٣) **"Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration"** Plant Sci. P ١٦٥ (٥): ١١٣٧-١١٤٥.

Bajwa M, (١٩٩٣) **"Effect of Potassium on crop yield and quality in Pakistan. K availability of soils in west Asia and north Africa"** IPI-SWRI, Tehran, Iran.

Bathlenfalvay G, Marschner H and Goerge E, (١٩٩٠) **"Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganism on root and shoot morphology, growth and water relations of maize"** New Phytol. P ١١٦: ٣٠٣-٣١١.

Bhoopander G, Huong Giang P, Kumara R, Prasad R, Sachdev M, Garge A, Oelmuller R and Varma A, (٢٠٠٥) **"Mycorrhizosphere: strategies and functions"** Soil Biology Book Series, Vol ٣, Springer Berlin Heidelberg.

Blak C, (٢٠٠٣) **"Soil fertility evaluation and control"** Lewis Publisher, London.

Bolan N, (١٩٩١) **"A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants"** Plant and Soil. P ١٨٩-٢٠٧.

Brussard L and Ferrera-Senato R, (١٩٩٧) **"Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems"** New York: Lewis Publishers. U.S.A. ١٦٨ P.

Caris C, Hordt W, Hawkins H, Ronhel V and Ekhard G, (١٩٩٨) **"Studies of iron transport by arbuscular mycorrhiza hyphae from soil: to peanut and sorghum plants"** Mycorrhiza, P ٨: ٣٥-٣٩.

Carletti S, (٢٠٠٢) **"Use of plant growth promoting rhizobacteria in plant micropropagation"** www. Ag. Alburn. Edu/argentina/pdf manuscripts/carletti. Pdf.

Carling D and Brown M, (١٩٨٢) **"Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non mycorrhizal roots"** Phytopathology. P ٧٢: ١١٠٨-١١١٤.

Celik I, Ortas I and Kilic S, (٢٠٠٤) **"Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil"** Soil and Tillage Research. P ٧٨(١):٥٩-٦٧.

Chinnamuthu C, Murugesa Boopathi P, (٢٠٠٩) **"Nanotechnology and Agro ecosystem"** Agricultural Journal. P ٩٦: ١٧-٣١.

Colomb B, Kinivy R and Debaeke P, (٢٠٠٠) **"Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown *maize*"** Agron j. P ٩٢ (١): ٤١٨-٤٣٥.

Davis R, (١٩٨٠) **"Influence of *Glomus fasciculatus* on *Thielaviopsis Basicola* root or citrus plant Dis."** P ٦٤: ٨٣٩-٨٤٠.

Dodd J, (٢٠٠٠) **"The role of Arbuscular mycorrhizal fungi in agro-natural ecosystems"** Outlook on Agri. P ٢٩(١): ٦٣-٧٠.

Duponnois R, Colombet A, Hien V and Thioulouse J, (٢٠٠٥) **"The mycorrhiza fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*"** Soil Boil, Biochem. P ٣٧: ١٤٦٠-١٤٦٨.

Erman M, Demir S, Ocak E and Tufenkci Fand Oguz F, (٢٠١١) **"Effects of rhizobium, arbascular mycorrhiza and their application on some properties in chickpea under irrigated and rainfed conditions"** Field Crop Research. P ١٤-٢٤.

Esch H, Hundeshagen B, Schneider Poetsch H and Bothe H, (١٩٩٤) **"Demonstration of abscicacidin spores and hyphae of the arbuscular mycorrhizae fungus Glomus and in the N٢-fixing cynabacterium anabaena variabilis"** Plant science. P ٩٩: ٩-١٦.

Feng Li X, Zhong F, Tian C and Tang C, (٢٠٠٢) **"Improved tolerance of *maize* plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots"** Mycorrhiza. P ١٢: ١٨٥-١٩٠.

Fredrick J, Below F and Hesketh J (١٩٩٠) **"Carbohydrate, nitrogen and dry matter of *maize* hybrid under drought stress"** Accumulation and Partitioning Botany. P ٦٦: ٤٠٧-٤١٥.

Friese C and Allen M, (١٩٩١) **"The spread of VA mycorrhizae fungul hyphae in the soil"** Inoculation types and external hyphae architecture, Mycologia. P ٨٣: ٤٠٩-٤١٨.

Gamalero E, Trotta A, Massa N, Copetta A and Martinotti M (٢٠٠٤) **"Impact of two fluorescent Pseudomonas and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition"** Mycorrhiza. P ١٤: ٩٢-١٨٥.

Genter C, Jones G and Carter M, (١٩٧٠) **"Dry matter accumulation and depletion in leaves, leaves, stems and ears of maturing *maize*"** Argon. P ٦٢: ٥٣٥-٥٣٧

Giri B, Kapoor R and Mukerji K, (٢٠٠٧) **"Improved tolerance of Acacia to salt stress by arbuscular mycorrhizae, Glomus Fasciculatum may be partly related to elevated K/Na ratio in shoot tissues"** Microbial Ecology. P: ٧٥٣-٧٦٠.

Grant C, Bittman S, Montreal M, Plechette C and Morel C, (٢٠٠٥) **"Soil and fertilizer phosphorus: effects on plant P and mycorrhizal development"** Can J, Plant Sci. P ٨٥: ٣-١٤.

Gryndler M, Larsen J, Hrselova H, Rezacova V, Gryndlerova H and Kubat T, (٢٠٠٦) **"Organic and mineral fertilization respectively increase and decrease the development of external mycelium of arbascular mycorrhizal fungi in a long term field experiment"** Mycorrhizae. P ١٦(٣): ١٥٩-١٦٦.

Gupta M, Prasad L, Ram M and Kumar S, (٢٠٠٢) **"Effect of the VAM fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Menthe arvensis*) under field conditions"** Bioresource Technol. P ٨١: ٧٧-٧٩.

Harley J and Smith S, (١٩٨٣) **"Mycorrhizal symbiosis"** Academic Press, New York. P ٤٨٣.

Harsh P, tiffany L, Weir M, Perry Gilroy S and Jorge M, (٢٠٠٦) **"The role of root exudates in rhizosphere in tractions with plants and other organisms"** Plant boil. P ٥٣: ٢٣٣-٢٦٦.

Hedley M, Stewart J and Chauhan B, (١٩٨٢) **"Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations"** Soil Sci. Soc. Am, J. p ٤٦: ٩٧٠-٩٧٦.

Hyman D, (١٩٨٦) **"Mycorrhizae of Nitrogen-fixing legumes"** World Journal of Microbiology and Biotechnology. P ٢: ١٢١-١٤٥.

Ishi T, Shrestha Y, Mastumoto I and Kadoya K, (١٩٩٦) **"Effect of ethylene on the growth of VAM fungi and on the mycorrhizal function of trifoliate organ roots"** Journal of Japanese Society of Horticulture Science. P ٥٢٥-٥٢٩.

Jackson C, (١٩٨٤) **"Phosphorous nutrition on Mycorrhizal colonization, photosynthesis, growth and nutrient composition of citrus aurantium"** Plant and Soil. P ٨٠: ٣٥-٤٢.

Jeffries P, Gianinazzi S and Perotto S, (٢٠٠٣) **"The contribution of Arbuscular mycorrhiza fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility"** Biology and Fertility Soils. P ٣٧: ١-١٦.

Kapoor R, Giri, B and Mukerji K, (٢٠٠٢) **"*Glomus macrocarpuner*. A potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*anethum graveolens* L.) and carum (*trachyspermum ammi Sprague*)"** World J, Microbial Biotechnol. P ١٨: ٤٥٩-٤٦٣.

Kapoor R, Giri B and Mukerji K, (٢٠٠٤) **"Improved growth and essential oil yield and quality in *foenieulum* vulgar mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer"** Bioresourse Technol. P ٩٣: ٣٠٧-٣١١.

Kathleen K and Cross A, (٢٠٠٦) **"Global distributions of arbuscular mycorrhizal fungi. Ecosystems"** P ٩: ٣٠٥-٣١٦.

Kaya C, Higgs D, Kirnak H and Tas I, (٢٠٠٣) **"Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon grown under well-watered and water-stressed conditions"** Plant and Soil. P ٢٥٣: ٢٨٧-٢٩٢.

Koidi R (١٩٩١) **"Nutrient supply. Nutrient demand and plant response to mycorrhizal symbiosis-new phytol"** P ١١٤: ٥٩-٦٥.

Kothamasi D, Kuhad C and Babu C, (٢٠٠١) **"Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies"** Trop Echol. P ٤٢ (١): ١-١٣.

Kothari S, Marschner H and Romeld V, (١٩٩٠) **"Direct and indirect effects of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize in a calcareous soil"** New Phytol. P ١١٦: ٦٣٧-٦٤٥.

Kothari S, Marschner H and Romeld V, (١٩٩١) **"Contribution of VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorous and zinc by *maize* grown in a calcareous soil"** Plant and soil. P ١٣١: ١٧٧-١٨٥.

Krauss A, (١٩٩٤). **"Potassium in soilsdynamic and availability"** Iran Agrofood, Export Promotion Center, Tehran, Iran.

Kucey R and Paul E, (١٩٨٣) **"Vesicular Arbuscular Mycorrhizal spores populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with *Glomus mosseae* on faba bean growth in greenhouses and field trials"** Can, J. Soil Sci. p ٦٣: ٨٧-٩٥.

Ladjal M, Hug R and Ducrey M, (٢٠٠٥) **"Drought effects on hydraulic conductivity and xylum vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars"** Tres Physiol. P ٢٥: ١١٠٩-١١١٧.

Li X, Marchner H and George E, (١٩٩١) **"Acquisition of phosphorus and copper by VA mycorrhizal hyphae and root to shoot transport in white clover"** Plant and Soil. P ١٣٦: ٤٩-٥٧.

Liu R, Li M and Meng X, (٢٠٠٠) **"Effects of AM fungi on endogenous hormones in corn and cotton plants"** Mycosystem. P ١٩: ٩١-٩٦.

Leung H, Ye Z and Wong M, (٢٠٠٦) **"Intractions of mycorrhizae fungi with *Pteris vittata* (As hyper accumulator) in As-contaminated soils"** Environmental Pollution. P ١٣٩: ١-٨.

Manaffee W and KleopperJ, (١٩٩٤) **"Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture"** In: soil biota management in sustainable farming syshoots, Pankburst C, Double B, Gupta V and Grace P eds. Cslro, Pub. East Melbourn: Australia. P ٢٣-٣١.

Mardukhi B, Rejali F, Daei G, Ardakani M, Malakuti M and Miransari M, (٢٠١١) **"Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotyps at high salinity levels under field and greenhouse conditions"** Comptes Rendus Biologies. P ٥٤٦-٥٧١.

Marschner B, Dell A, (١٩٩٤) **"Nutrient uptake in mycorrhizal sumbiosis"** Plant Soil. P ١٥٩: ٨٩-١٠٢.

Meharg A, (٢٠٠٣) **"The mechanistic basis of interaction mycorrhizae associations and toxic metal cautions"** Mycological Research. P ١٠٧: ١٢٥٣-١٢٦٥.

Miller R and Jastrow J, (٢٠٠٠) **"Mycorrhiza fungi influence soil structures"** In Y. Kapulink and Douds (Eds), Arbuscular mycorrhizas: Physiology and Functions. Dordrech, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers. P ٣-١٨.

Miransari M, Bahrami H, Rejali F and Malakouti M, (٢٠٠٩) **"Effects of Arbuscular mycorrhiza, soil sterilization and soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) nutrients uptake"** Soil and Tillage Research. P ٤٨-٥٥.

Mobasser R and Moradgholi A, (٢٠١٢) **"Mycorrhiza bio-fertilizer applications on yield seed corn varieties in Iran"**Annals of Biological Research. P ٣ (٢): ١١٠٩-١١١٦.

Mukergi K and Chamola B (٢٠٠٣) **"Compendium of mycorrhizal research"** A.P.H. publisher. New Dehli. P ٣١٠

Ortas I, (٢٠١٢) **"The effect of mycorrhizal fungi inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions"** Field Crops Research. P ٣٥-٤٨.

Ortas I, Sari N, Akpinar and Yetisir H, (٢٠١١) **"Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Z uptake in pepper seedling growth under greenhouse conditions"** Scientia Horticulture.

Ortus I and Hariss P, (١٩٩٦) **"Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen"** Plant and Soil. P ١٨٤: ٢٢٥-٢٦٤.

Porras-Soranio A, Ssoranio-Martin M, Porras-Piedra A and Azcon R, (٢٠٠٩) **"arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions"** Plant Physiol. P ١٦٦: ١٣٥٠-٥٩.

Poss J, Pond J and Menge W, (١٩٨٥) **"Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without additional phosphate"** Plant Soil. P ٨٨: ٣٠٧-٣١٩.

Rasendohl C and Rasendal S, (١٩٩١) **"Influence of VA mycorrhizal fungi (*glomus spp*.) on the response of cucumber to salt stress"** Environ Exp Bot. P ٣١: ٣١٣-٣١٨

Rasendohl C, (١٩٨٥) **"Interaction between the VAM fungus Fasciculatum and Aphanomyces euteiches root rot of peas"** Phytopathol. P ١١٤: ٣١-٤٠.

Ratti N, Kumar H, Verma N and Gautam S, (٢٠٠١) **"Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *cvmbopogon martimi* var motia by rhizobacteria"** AMF and azosprillum inoculation. Microbial, Press. P ١٥٦: ١٤٥-١٤٩.

Read D, Francis R and Finley R, (١٩٨٥) **"Mycorrhizal mycelia and nutrient cycling in plant communities"** In A.H Fitter (ed) Ecological In Soil, Blackwel Scientific, Boston. MA. P ١٩٣-٢١٧.

Roy D and Singh B, (٢٠٠٦) **" Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield attributes and quality of malt barley (*hordeum vulgare*)"** Indian J. Argon. P ٥١: ٤٠-٤٢.

Ruiz K and Newman E, (١٩٨٤) **"Movement of P between intact grassland plants of the same age"** Oikos. P ٤٣: ١٣٨-١٤٢.

Ryan J, Ibrikci H, Delgado A, Torrent J, Sommer R and Rashid A, (٢٠١٢) **"Significance of phosphorus for agriculture and environment in west Asia and north Africa region"** Chapter three. Advances in Agronomy. P ٩١-١٥٣.

Ruiz-lozano J, Azcon R and Gomes M, (١٩٩٦) **"Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus* species in *lactuca sativa* plants"** Physiologia Plantarum. P ٩٨: ٧٦٧-٧٧٢.

Ryan M, Mc.Cully M and Huang C, (٢٠٠٣) **"Location and quantification of phosphorus and other elements in fully hydrated, soil-grown arbuscular mycorrhizas"** : a cryo-analytical scanning electron microscopy study. New Phytologist. P ١٦٠: ٤٢٩-٤٤١.

Safir G, (١٩٨٧.) **"Echophysiology of VA mycorrhizal plants"** CRC press.

Sanchez P (٢٠٠٢) **"Ecology soil fertility and hunger in Africa"** Sci. P ٢٩٥: ٢٠١٩-٢٠٢٠.

Sarajoughi, M, Ardakani M, Nurmohammadi G, Kashani A, Rejali F and Mafakheri S, (٢٠١٢) **"Response of yield and yield components of *maize* to different biofertilizers and chemical fertilizers"** American-Urasian J. Agric and Environ. Sci. p ١٢ (٣): ٣١٥-٣٢٠.

Sengupta S, (١٩٩٠) **"VA mycorrhiza in pioneer salt marsh plants of the Gangas river delta in vest Bengal"** India. Plant Soil. P ١٢٢: ١١١-١١٣.

Sharma A, (٢٠٠٢) **"A handbook of organic farming"** Agro bios. India. P ٦٢٧.

Sharma A, (٢٠٠٢) **"Biofertilizers for sustainable agriculture"** Agro bios. India. P ٤٠٧.

Shaviv A, (٢٠٠٩) **"Advances in controlled release of fertilizers"** Advances in Agronomy. P ٧١: ١-٤٩.

Strandberg M and Johansson M, (١٩٩٩) **"Uptake of nutrients in calluna vulgaris seed plants grown with and without mycorrhiza"** Forest Ecology and Management. P ١١٤: ١٢٩-١٣٥.

Soleimanzadeh H, (٢٠١٢) **"Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with Mycorrhiza under different P level"** American-Eurasian J.Agric. & Environ. Sci. P ١٢ (٣): ٣٣٧/٣٤١.

Subramanian K and Charest C, (١٩٩٧) **"Nutritional, growth and reproductive responses of maize to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling"** Mycorrhiza. P ٧ (١): ٢٥-٣٢.

Suresh C, Bagyaraj F and Reddy D, (١٩٨٥) **"Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae on survival, penetration and development of root-knot nematode in tomato"** Plant and Soil. P ٨٧: ٣٠٨.

Sylvia D and Schenk N, (١٩٨٣) **"Soil fungicides for controlling *chytridiaceous mycoparasites* of *Glomus fasciculatum*. Appl"** Environ. Microbial. P ٤٥: ١٣٠-١٣٩.

Thangaswamy S and Chellappan P, (٢٠٠٦) **"Arbuscular mycorrhizae: a diverse personality"** Central European Agriculture. P ٢: ٣٤٩-٣٥٨.

Thompson H and Wildermuth G, (١٩٨٨) **"Colonization of crop and pasture species with Vesicular Arbuscular Mycorrhizal fungus and a negative correlation with root infection by *Bipolaris sorokiniana*"** Can, J. Bot. P ٦٩: ٦٨٧-٦٩٣.

Tisdall J, (١٩٩١) **"Fungal hyphae and structural stability of soil. Australian Journal of Soil Science"** P ٢٩: ٧٢٩-٧٤٣.

Turk M, Assaf T, Hameed K, and Twwaha A, (٢٠٠٦) **"Significance of Mycorrhizae world"** J. Agr. Sci. P ١٦-٢٠.

Vessey J, (٢٠٠٣) **"Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers"** Plant and Soil. P ٢٥٥: ٥٧١-٥٨٦.

Voss R and Shrader W, (١٩٨٤) **"Rotation effect and legume sources of nitrogen for corn"** In D.F Bezdicek et al. (Ed.), Organic Farming: current technology and its role in a sustainable agriculture. ASA Spec. Publ. ١٦. ASA. CSSA. SSSA. Madison. WL. P ٦١-٦٨.

Wang C, Wan Y, Wang H, Chen Zhou Z, Fu H and Sosebee E, (٢٠٠٤) **"The characteristics of Na, K and free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alxa desert"** China, Jj. Arid Environ. P ٥٢٥-٥٣٩.

Wright D, Scholes J and Read D, (١٩٩٨) **"Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repens* L."** Plant Cell Environ. P ٢١: ٢٠٩-٢١٦.

Wu S, Caob Z, Lib Z, Cheunga K and Wong M, (٢٠٠٥) **"Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and Am fungi on *maize* growth"** a greenhouse trial. Geoderma. P ١٢٥: ١٥٥-١٦٦.

Zhi-Lei L, Yuan-Jing L, Hong-Yan H, Xian-Can Z, Vandna R, Xing-Yuan H and Chun-Jie T, (٢٠١٣) "Differences in the arbuscular mycorrhizal fungi-improved rice resistance to low temperature at two N levels: Aspects of N and C metabolism on the plant side" Plant Physiology and Biochemistry. P ٨٧-٩٥.

Zuccarini P, (٢٠٠٧) **"Mycorrhizae infection ameliorates chlorophyll content uptake of lettuce exposed to saline irrigation"** Plant Soil and Environment. P ٥٣: ٢٨٣-٢٨٩.

## Abstract

Biologic fertilizers are used as a fundamental solution for the development of integrated management systems of plant organic and mineral nutrient and increasing of quality and quantity of food per unit area. In order to achieve the goals of sustainable agriculture and producing healthy foods, a factorial experiment in a completely randomized plot design with the title of: The effect of Mycorrhiza Fungi at different levels of P and K fertilizers on growth and yield of corn (*Zea mays* L) was conducted with ٤ replications in Shahrood University Reaserch Farm. Treatments were Mycorrhiza *Glomus mosseae*, Phosphorous in ٣ levels ٠, ٥٠ and ١٠٠ kilogram in hectare and Potassium in ٢ levels ٠ and ١٠٠ kilogram in hectare.

The results suggested significant effect of mycorrhizal fungi on yield, ١٠٠ seed weight, harvest index and seed P percentage. Yield, ١٠٠ seed weight, harvest index, plant height and ear length of maize influenced by the interactions between mycorrhizal fungi and K fertilizers. Interaction of mycorrhiza and phosphorus fertilization was significant on yield, harvest index and seed phosphorous content. The interaction between potassium and phosphorus fertilizers was significant on biological yield, seed yield, the number of kernel per row, kernel rows per ear, harvest index and seed phosphorous and potassium percentage. Mycorrhizal fungi with ١٠٠ kilogram in hectare K and ٥٠ kilogram in hectare P increased seed yield up to ٣١.٥٧ percent.

**Keywords:** Mycorrhiza, Phosphorus, Potassium, Maize

**Shahroud University of Technology**

**Faculty of Agronomy Science**

Thesis

# The effects of Arbuscular Mycorrhizae fungi at different levels of P and K fertilizers on growth and yield of corn (*Zea mays* L.)

**F. Nalchegar**

Supervisors

**Dr. H. Abbasdokht**

**Dr. H. Makarian**

Advisors

**Dr. A. Gholami**

**Dr. M. Gholipour**

**Winter ۲۰۱۳**