بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی کشاورزی

رشته علوم خاک گرایش شیمی حاصلخیزی خاک وکود

پایان نامه کارشناسی ارشد

تاثیر تلقیح قارچ های میکوریزا و باکتری های حل کننده فسفات بر رشد نهال پسته

سمانه جوادی نژاد

استاد راهنما:

دکتر علی عباسپور

استاد مشاور:

دکتر حمیدرضا اصغری

سید عبدالمجید مرتضوی

بهمن۱۳۹۴

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه : آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سمانه جوادی نژاد به شماره دانشجویی: ۹۲۰۴۵۲۴

تحت عنوان: تاثیر تلقیح قارچ های میکوریزا و باکتری های حل کننده فسفات بر رشد نهال پسته

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

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

سپاس و ستایش ایزد منان را که یاری بخش من بود تا به این مرحله از علم رسیده و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگیم مراقبت قلب بود.

تقدیم به محضر مهربان فرشتگانی که:

لحظات ناب اندیشیدن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن

و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم مدیون حضور سبز آنهاست.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تعهد نامه

اینجانب سمانه جوادی نژاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر تلقیح قارچ های میکوریزا و باکتری های حل کننده فسفات بر رشد نهال پسته تحت راهنمائی جناب آقای دکتر علی عباسپور متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیـازی 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 نتـایج اصـلی پایـان نامـه تأثیرگـذار بـوده انـد در مقـالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) اسـتفاده شـده اسـت ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

دستیابی به حاصلخیزی پایدار خاک نقش مهمی در توسعه کشاورزی و جلوگیری از تخریب اکوسیستم های کشاورزی و بر هم زدن تعادل اکولوژیکی درخاک ایفا می کند. استفاده از اصلاح کننده های خاک مانند باکتریهای حل کننده فسفات و قارچ های آرباسکولار میکوریزا می تواند گامی موثر در دستیابی به عملکرد مطلوب همراه با مصرف بهینه نهاده ها از جمله آب و کودهای شیمیایی جهت رسیدن به مدیریت پایدار خاک باشد. علاوه بر این، مدیریت پایدار با رعایت اصول اکولوژیکی، می تواند ضمن ایجاد توازن در محیط زیست، کارآیی استفاده از منابع را افزایش داده و زمینه بهره وری طولانی مدت تری را نیز برای انسان فراهم سازد. توجه به شرایط خاص باغهای پسته از نظرخاک و عدم رعایت مدیریت صحیح کودی، لزوم تحقیقات روی جنبه های مختلف تأثیر و کاربرد کودهای بیولوژیکی در این باغها را آشکارمی سازد. این پژوهش به منظور بررسی تاثیر قارچ میکوریزا و کود زیستی فسفاته بارور-۲ در سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر بر رشد نهال پسته انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در شرکت پربار کشت دامغان به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا در سه سطح M_0 ,M_1 , M_2، کودبارور-۲ در دو سطح تلقیح (B_1) و عدم تلقیح (B_0) و کودشیمیایی سوپر فسفات تریپل در سه سطح، P_0 ،P_1 ،P_2 بودند. نتایج نشان داد کاربرد جداگانه و توام میکوریزا وکود بارور-۲ بر برخی ازصفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و طول ریشه معنی دار بود. اثرات متقابل کود بارور-۲ و میکوریزا بر غلظت عناصری نظیر فسفر گیاه، پتاسیم گیاه، نیتروژن گیاه معنی دار شده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق همچنین مشخص می نماید که قارچ (M_1(Glomus intraradiacea و سطح فسفر P_0 بیشترین تاثیر را در رابطه با کلونیزاسیون نهال های پسته دارد به نظر می رسد استفاده از قارچ میکوریزا به همراه کود زیستی فسفاته بارور-۲ می تواند جایگزین بخشی از کودهای شیمیایی فسفره در باغات پسته شود.

کلمات کلیدی: اصلاح کننده خاک، پسته، میکوریزا، سوپرفسفات تریپل

مقالات مستخرج:

تاثیر قارچهای میکوریزی برجذب فسفر، پتاسیم ورشدنهال پسته. دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها، ۴ الی ۶ اسفند ۱۳۹۴. تبریز.

بررسی تاثیرسطوح مختلف کود شیمیایی فسفره درتلفیق باکودزیستی بارور-۲، بررشدنهال پسته. دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها، ۴ الی ۶ اسفند ۱۳۹۴. تبریز.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهداف آزمایش ۴

فصل دوم: کلیات و بررسی منابع ۵

۲-۱ پسته ۶

۲-۱-۱ اهمیت اقتصادی پسته ۶

۲-۱-۲ ویژگی های گیاه شناسی ۶

۲-۱-۳ شرایط آب و هوایی مورد نیاز درختان پسته ۸

۲-۱-۳- ۱عرض جغرافیایی..... ۸

۲-۱-۳- ۲ ارتفاع از سطح دریا..... ۸

۲-۱-۳- ۲ رطوبت نسبی ۸

۲-۱-۳- ۲ درجه حرارت ۸

۲-۲- فسفر..... ۹

۲-۲-۱ اثر کود های شیمیایی فسفر بر محیط زیست ۱۰

۲-۳- میکوریزا ۱۱

۲-۳-۱ کودهای بیولوژیک و نقش و اهمیت آنها ۱۱

۲-۳-۲- تعریف و شناخت قارچ میکوریزا ۱۲
۲-۳-۳ طبقه بندی و چگونگی برقراری همزیستی ۱۳
۲-۳-۴ رابطه همزیستی میکوریزایی و تنش های محیطی ۱۴
۲-۴- باکتری های حل کننده فسفات ۱۵
۲-۴-۱- اهمیت و جایگاه باکتری های حل کننده فسفات در کشاورزی ۱۶
۲-۵ تاثیر کود فسفر بر رشد گیاهان ۱۷
۲-۵-۱- تاثیر کود فسفر بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه ۱۸
۲-۶ اثر همزیستی میکوریزایی بر جذب فسفر ۱۹
۲-۷ اثر همزیستی قارچ میکوریزا بر جذب آب، عناصر غذایی و رشد گیاه میزبان ۲۰
۲-۸ تاثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر بهبود خواص خاک ۲۱
۲-۹تاثیر باکتری های حل کننده فسفات بر رشد و عملکرد گیاهان ۲۳
فصل ۳: مواد و روش ها ۲۵
۳-۱ زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش..... ۲۶
۳-۲ عملیات اجرایی ۲۶
۳-۲-۱ مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایشی ۲۶
۳-۲-۲ مرحله کاشت ۲۶
۳-۲-۳ مرحله داشت ۲۷
۳-۲-۴ مرحله برداشت ۲۷
۳-۳ صفات مورد ارزیابی ۲۸

۳-۳-۱ تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه ۲۸
۳-۳-۲ اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن ۲۹
۳-۳-۲-۱عصاره گیری فسفر خاک به روش اولسن ۲۹
۳-۳-۲-۲ تهیه محلول های استاندارد ۲۹
۳-۳-۳ اندازه گیری میزان فسفر در بافت گیاه به روش هضم با اسید پرکلریک و اسید نیتریک..... ۳۰
۳-۳-۳-۱ تهیه محلول استاندارد فسفر ۳۰
۳-۳-۴ اندازه گیری پتاسیم اندام هوایی ۳۱
۳-۳-۵ تعیین درصد کلونیزاسیون میکوریزایی..... ۳۱
۳-۳-۷ اندازه گیری نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر (کجلدال) ۳۲
۳-۴ تجزیه و تحلیل اطلاعات ۳۲
فصل ۴: نتایج و بحث ۳۳
۴-۱ ارتفاع گیاه ۳۴
۴-۲ وزن خشک اندام هوایی ۳۷
۴-۳ طول ریشه ۴۰
۴-۴ غلظت فسفر در بخش هوایی گیاه ۴۳
۴-۵ غلظت پتاسیم بخش هوایی گیاه ۴۶
۴-۶ غلظت نیتروژن در بخش هوایی گیاه ۴۸
۴-۷ کلونیزاسیون میکوریزایی ۵۱
۴-۸ فسفر قابل دسترس خاک..... ۵۴

۴-۹ فسفر محلول خاک ۵۷
۴-۱۰ pH خاک..... ۵۷
نتیجه گیری ۵۸
پیوست ۶۱
منابع ۶۷

فهرست اشکال

شکل ۳-۱- نمایی از گلدان های آزمایش در طی فصل رشد ۲۷
شکل ۴-۱- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر ارتفاع گیاه..... ۳۵
شکل ۴-۲- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر ارتفاع گیاه..... ۳۶
شکل ۴-۳- اثر متقابل کود بارور-۲ و میکوریزا بر ارتفاع گیاه..... ۳۷
شکل ۴-۴- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی نهال پسته..... ۳۸
شکل ۴-۵- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر وزن خشک اندام هوایی نهال پسته..... ۳۹
شکل ۴-۶- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر وزن خشک اندام هوایی نهال پسته..... ۴۰
شکل ۴-۷- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر طول ریشه نهال پسته..... ۴۱
شکل ۴-۸- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر طول ریشه نهال پسته..... ۴۲
شکل ۴-۹- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر میزان فسفر اندام هوایی نهال پسته..... ۴۴
شکل ۴-۱۰- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر میزان فسفر اندام هوایی نهال پسته..... ۴۵

شکل ۴-۱۱- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر میزان فسفر اندام هوایی نهال پسته..... ۴۶
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر میزان پتاسیم اندام هوایی نهال پسته..... ۴۷
شکل ۴-۱۳- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر میزان پتاسیم اندام هوایی نهال پسته..... ۴۸
شکل ۴-۱۴- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر میزان نیتروژن اندام هوایی نهال پسته..... ۵۰
شکل ۴-۱۵- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر میزان نیتروژن اندام هوایی نهال پسته..... ۵۱
شکل ۴-۱۶- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه نهال پسته..... ۵۲
شکل ۴-۱۷- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر درصد کلونیزاسیون ریشه نهال پسته..... ۵۳
شکل ۴-۱۸- اثر کاربرد کود شیمیایی فسفاته بر فسفر قابل دسترس خاک..... ۵۵
شکل ۴-۱۹- تاثیر کاربرد کود بارور-۲ بر فسفر قابل دسترس خاک..... ۵۵
شکل ۴-۱۹- تاثیر کاربرد میکوریزا بر فسفر قابل دسترس خاک..... ۵۶

فهرست جداول

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اندام هوایی و ریشه نهال پسته..... ۶۲
جدول ۴-۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اندام هوایی نهال پسته..... ۶۳
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نهال پسته..... ۶۴
جدول ۴-۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نهال پسته..... ۶۵

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

روش های کشاورزی متداول در جهان امروز موفقیت قابل قبولی را در استفاده از مدیریت منابع نداشته و با اتکا بیش از حد به نهاده های مصنوعی و تزریق انرژی کمکی مانند کودها و سموم شیمیایی باعث ایجاد اکوسیستم های زراعی ناپایدار شده است (روبرتز، ۲۰۰۸ ؛ ملکوتی و همایی، ۲۰۰۵). استفاده بی رویه و نامتعادل از کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی تجاری که تخریب خاک و از بین رفتن موجودات خاکزی را در پی دارد، سبب شده است که باروری خاک و به دنبال آن کیفیت محصولات تولیدی کاهش یابد (صالح راستین،۱۳۸۴). در نظام های پایدار خاک به عنوان جزء حیاتی در نظر گرفته می شود و بر نقش میکروارگانیسم ها در چرخش عناصر غذایی تاکید می گردد (غلامی و کوچکی،۱۳۸۰). حضور میکرو ارگانیسم ها خاک را پویا نگه داشته و توانایی (چرخش عناصر غذایی) پشتیبانی پایدار از زندگی گیاه را فراهم می کند (شارما،۲۰۰۲). مصرف بهینه و حداقل کودهای شیمیایی به همراه افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاکورزی و همچنین استفاده از کودهای بیولوژیک بجای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر، از اهداف اصلی کشاورزی پایدار می باشد که رسیدن به این امر برای حیات انسانی یک ضرورت است (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۸). در این راستا استفاده از کودهای بیولوژیک و بیوپرایمینگ (تیمار بیولوژیک بذر) به ویژه استفاده از باکتریهای محرک رشد گیاهی و قارچ میکوریزا به جای مصرف کودهای شیمیایی از مهمترین راهبردهای تغذیه ای در مدیریت پایدار بوم نظام های کشاورزی به شمار می روند (خرم دل وهمکارن، ۱۳۸۷). بدون شک کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر تاثیر مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد. از جنبه های اقتصادی و زیست محیطی نیز مفید بوده و می تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد به طوری که در حال حاضر نگرش های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار و ارگانیک مطرح می باشد به بهره برداری از چنین منابعی استوار است (حمیدی و

قلاوند، ۲۰۰۶). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم ها و همچنین، قارچ های مفیدی هستند که هر کدام برای منظور خاصی تولید می شوند و باعث تثبیت نیتروژن و رها شدن یون ها ی فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نا محلول آن ها می شوند. این میکروارگانیسم ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر می شوند و گیاه را در جذب عناصر یاری می کنند (شارما، ۲۰۰۲). مدتها ست که مشخص شده قارچهای آرباسکولار- میکوریزا به ویژه در خاکهای معدنی و فاقد هوموس و فقیر از نظر فسفر نقش مهمی در تغذیه فسفری گیاهان ایفا می کند. به طوریکه این قارچ ها می توانند فسفر غیرقابل جذب وغیر قابل دسترس را بصورت قابل جذب در دسترس گیاهان قراردهند (رید دی جی، ۱۹۹۱). قارچ های میکوریزی در گیاهانی که دارای ریشه های بدون انشعاب هستند کارایی بیشتری دارند. پسته از جمله گیاهانی است که دارای سیستم ریشه فرعی کمی می باشد و استفاده از قارچ های میکوریزی باعث افزایش سطح جذب شده و مقاومت گیاه را به شرایط کم آبی افزایش خواهد داد. قارچ های میکوریزی قادرند با استفاده از گسترش ریسه های خارجی ، تغییر مورفولوژی ریشه، جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (جیمز و همکاران، ۲۰۰۸). تاکنون در خصوص اثرات قارچ های میکوریزی روی پسته تحقیقات زیادی صورت نگرفته است ولی همزیستی گونه های گلوموس با گیاه پسته به اثبات رسیده است (صالحی و موذن پور،۱۳۸۱؛ مهرآوران، ۱۳۶۸). از دیگر جانداران خاکزی موثر در جذب فسفر خاک می توان به باکتری های حل کننده فسفات اشاره کرد. گزارش های متعددی از توانایی گونه های مختلف باکتری در انحلال فسفات معدنی کم محلول و همچنین معدنی نمودن فسفات آلی وجود دارد. ضرورت یافتن جایگزینی مناسب برای رها سازی فسفات های تجمع یافته در خاک زمانی بیشتر احساس می شود که بر این امر واقف گردیم که منابع فسفاته موجود در خاک قابلیت تامین فسفات مورد نیاز گیاهان برای تولید بهینه آنها را تا ۱۰۰ سال دارا می باشد (گلدستین وهمکاران، ۱۹۹۳). در فرمولاسیون کود زیستی فسفاته بارور-۲ از باکتری باسیلوس لنتوس سویه P5 که با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات

معدنی می‌شود و باکتری سودوموناس پوتیدا سویه P13 که با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات آلی آن می‌گردد، استفاده می‌شود. نتایج حاکی از این بود که این باکتری‌ها قادرند دامنه وسیعی از pH خاک بین ۵ تا ۱۱ و شوری خاک تا ۳/۵ درصد را به خوبی تحمل نمایند. وجود چنین مشخصه‌هایی باعث شده است که بتوان این کود زیستی را در طیف گسترده‌ای از خاک‌های ایران و برای محصولات گوناگون به کار برد (ملبوبی و همکاران، ۱۳۸۶). که با توجه به خاکهای شور و قلیایی نقاط پسته خیز ایران، این کود دارای ویژگی ارزنده ای می باشد. اکنون مشخص شده که این باکتری‌ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، موجب جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (رودریگرز و رینالدو، ۱۹۹۹؛ ویلبام و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۲- اهداف آزمایش

لذا این آزمایش با هدف دستیابی به پاسخ مسایل زیر انجام گرفت:

۱- بررسی اثر بخشی عمل تلقیح نهال پسته با دو نوع میکوریز Glomous mossea و Glomous intraradiace و باکتریهای حل کننده فسفات بر رشد نهال پسته

۲- مقایسه کودهای شیمیایی فسفره با کودهای بیولوژیکی بر جذب فسفر توسط نهال های پسته

فصل دوم:

کلیات و بررسی منابع

۲-۱- پسته

۲-۱-۱- اهمیت اقتصادی پسته

پسته به عنوان یک محصول مهم جایگاه خاصی در بین محصولات باغی کشور دارا مـی باشـد. در اقتصـاد متکی بر نفت ایران، پسته از مهمترین اقلام صادراتی است که در صورت توجـه بیشـتر مـی توانـد کمـک شایان توجهی به بهبود وضع درآمدهای ارزی کشور نماید. محصول پسته سهم ۹۸ درصدی از کل صادرات خشکبار کشور را دارد (شجاع الدینی، ۱۳۸۲). در سال ۱۳۸۵، ۷ درصد از کـل صـادرات غیـر نفتـی، ۶۰ درصد از صادرات محصولات کشاورزی و ۶۸ درصد از صادرات باغی کشور مربـوط بـه پسـته بـوده اسـت (ملایی پور و نجفی، ۱۳۸۶). ایران نخستین تولیدکننده و صادرکننده پسته در جهان می باشد. بر اسـاس گزارش فائو در سال ۲۰۰۴ تولید پسته جهان نزدیک به ۳۰۰ هزار تن بوده که از این مقدار ۱۹۰ هزار تن در ایران تولید شده است. بر اساس همین گزارش صادرات پسته ایران در این سال ۱۳۹۹۳۰ تن بوده کـه ۵۵۶ میلیون و ۵۵ هزار دلار ارز عاید کشور نموده است. امروزه کشت و پرورش درختان پسته در منـاطق مختلف دنیا به ویژه ایالات متحده آمریکا، ترکیه، سوریه و چین توسعه یافته است و این کشورها به صورت رقبای جدی در تولید و صادرات پسته درآمده اند. بدیهی است با ورود این کشورها به عرضه تجـارت بـین المللی، کشور ما زمانی می تواند در این بازار رقابت کند که بتواند عملکرد خود را در واحد سـطح افـزایش دهد (اشک تراب، ۱۳۹۰).

۲-۱-۲- ویژگی های گیاه شناسی

پسـته بـا نـام انگلیسـی (pistachio) و نـام علمـی (pistacia vera) متعلـق بـه تیـره سـماق (Anacardiaceae) می باشد. گیاهان این تیره بصورت درخت یا درختچه هستند. درخـت پسـته دارای

برگهای مرکب شانه ایست و هر برگ یک جوانه جانبی را در برمی گیرد. از نظرگیاه شناسی میوه پسته در ردیف میوه های شَفت طبقه بندی می شود. میوه های شَفت متشکل از سه بخش لایه برون بر خارجی- لایه میان بر گوشتی و لایه درون برسخت هستند که درون بر هسته را می پوشاند. تفاوت میوه های شَفت در بخش خوراکی آنها ست. درپسته و بادام هسته (مغز) به مصرف خوراکی میرسد. در حالیکه سایر میوه های شَفت (زردآلو، هلو) هسته سخت دارند و میان برگوشتی بخش خوراکی میوه هستند. درخت پسته دو پایه است یعنی برای تولید میوه وجود هر دو پایه نر و ماده ضروری می باشد. تشخیص درخت نر و ماده از یکدیگر به جز از روی گل آنها (آن هم درفصل بهار و بهنگام گل دادن) میسر نیست.گل ها فاقد گلبرگ و غده های شهد ساز بوده و بنابراین زنبور عسل را به خود جلب نمی کند و گرده گل توسط باد پراکنده می شود. درخت پسته برگ ریز است بدین معنا که در پاییز خزان نموده و زمستان را در خواب می گذراند. ریشه زایی درخت پسته بصورت محوری و عمودی است و تا عمق بیش از ۲ متر در داخل خاک فرو می رود. سیستم ریشه زایی عمقی، درخت را قادر می سازد تا به اعماق خاک نفوذ کرده و از آب و مواد موجود در آن بخوبی تغذیه نماید. از این رو درختان پسته قابلیت سازش با دوره های طولانی خشکی را دارند. قدرت تولید ریشه فرعی در درختان پسته خیلی ضعیف است و هرگاه انتهای ریشه اصلی قطع شود درخت خشک شده و از بین می رود. مرحله نونهالی درختان پسته طولانی است و تا قبل از۵ سالگی میوه کمی تولید می کنند و از۱۰تا ۱۲سالگی باردهی کامل و اقتصادی درخت آغاز می شود. در شرایط کنونی حدود ۵۵٪ از تولید و بیش از۶۰٪ از صادرات جهانی پسته دراختیارکشورما است. درحال حاضراستان کرمان۷۷٪ محصول کشور را تولید و به عنوان مهمترین منطقه پسته کاری ایران محسوب می شود. (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۱-۳- شرایط آب وهوایی مورد نیاز درختان پسته

۲-۱-۳-۱ عرض جغرافیایی

بطورر کلی درختان پسته در عرض جغرافیایی ۲۴-۴۲ درجه شمالی قرار گرفته اند . اما کـشت و پـرورش درختـان پسته ایران در عرض ۲۷-۳۷ درجه شمالی واقع شده است (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۱-۳-۲ ارتفاع از سطح دریا

درختان پسته عمدتاً در ا رتفاع ۹۰۰-۲۰۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته اند. برای بعضی گونه ها ارتفاع مناســـب ۷۰۰-۳۰۰ متر ذکر شده است. امروزه کشت و کار پسته در ارتفاعات پایین تر (۲۶۰ متر در شهرستان ســـرخس و ۴۰ متر در شهرستان گنبد) انجام گرفته و محصول مناسبی نیز تولید نمـــوده است (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۱-۳-۳ رطوبت نسبی

افزایش رطوبت نسبی در زمان گلدهی و گرده افشانی باعث کاهش بازده گرده افشانی و در نتیجه کـاهش تشکیل میوه شده و همچنین در زمان رسیدن میوه باعث گسترش بیماریهای قارچی می گردد. بطور کلی وجود تابستان های گرم و خشک طولانی و زمستان -های سرد و معتدل از جمله عوامل محیطی مناسـب جهت کاشت پسته است (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۱-۳-۴ درجه حرارت

دمای مناسب برای کشت و پرورش درختان پسته در دامنه وسیعی قرار می گیرد، بطوریکه دمای $^{\circ}$ ۴۵+ در تابـستان بـرودت ۲۰ درجـه سـانتی گـراد در زمستان را بخوبی تحمل می نماید . البته میزان مقاومت بر

حسب مرحله رشد گیاه، سن گیاه، نوع رقم، وضعیت تغذیه و آبیاری متفاوت می باشد. پسته نسبت به سرمای دیررس بهاره حساس می باشد و دمای انجماد و حتی نزدیک به آن نیز خسارت فراوانی ایجاد می نماید. لازم به ذکر است میزان خسارت باتوجه به مرحله رشد گیاه، نوع اندام گیاهی، زمان وقوع سرما و مدت زمان سرما و میزان برودت متفاوت می‌باشد. گرمای زودرس بهاره باعث از بین بردن گل و میوه در ابتدای فصل و گرمای بیش از حد در زمان مغز بستن و رشد مغز میوه باعث سقط جنین و افزایش درصد پوکی میوه می گردد (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۲- فسفر

فسفر بعد از نیتروژن مهمترین عنصر پرمصرف مورد نیاز گیاهان است و نقش بسیار مهمی در تولید و انتقال انرژی گیاه دارد (واگار و همکاران، ۲۰۰۴). خصوصیاتی مانند pH، کاتیونهای محلول و تبادلی شامل آهن، کلسیم و منیزیم، آلومینیوم، نوع ذرات و سطح آنها اشکال مختلف فسفر در خاک را تعیین می کنند (ملکوتی وهمایی، ۱۳۷۳). گیاهان از مراحل اولیه رشد برای تولید محصول بهینه، نیازمند فسفر کافی هستند (گرنت و همکاران، ۲۰۰۵). کمبود فسفر نه تنها به شدت در میزان رشد تأثیر دارد، بلکه روی تشکیل میوه، دانه و کیفیت آن نیز بسیار مؤثر است (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳). مقدار کل فسفر در ریزوسفر ممکن است بالا باشد ولی غالباً به شکل های غیر قابل استفاده توسط گیاهان است. بخش عمده فسفر (بیش از ۸۰ درصد) در نتیجه واکنش با یونهای Mg، Ca درمحلول خاکهای قلیایی و آهکی و Fe و Al در محلول خاکهای اسیدی در محل مصرف تثبیت می شود (اولیورا و همکاران، ۲۰۰۸). در بسیاری از خاک های ایران به دلیل بالا بودن pH و فراوانی یون کلسیم، مقدار محلول و قابل جذب برخی عناصر غذایی مانند فسفر با وجود فراوانی آنها کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاه است، بنابراین گیاه همیشه با کمبود اینگونه عناصر مواجه است (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۸۹). کمبود فسفر در پسته

باعث دیر باز شدن جوانه ها، برگهای سبز رنگ پریده و پیدایش نقطه های سوخته با اشکال غیر یکنواخت می شود (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱).

۲-۲-۱- اثر کودهای شیمیایی فسفره بر محیط زیست

کودهای شیمیایی نهاده‌هایی هستند که برای جبران ضعف حاصلخیزی خاک و افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی بکار می‌روند. تاریخچه مصرف کودهای شیمیایی در کشور برای نخستین بار به سال ۱۳۲۶ برمی‌گردد که با اعتبارات سازمان برنامه، مقدار ۱۷۶ تن کود شیمیایی برای اولین بار به کشور وارد شده و مورد استفاده قرار گرفت. از آن تاریخ به بعد واردات مصرف کودهای شیمیایی فراز و نشیب‌های زیادی را طی کرد (پورآتشی به نقل از سلیسپور، ۱۳۹۰).

تاکنون از کودهای فسفاته ای استفاده شده که در عمل درصد بالایی از کود مصرفی با یون های خاک ترکیب و به صورت غیر محلول و غیرقابل جذب در می آیند (بالیگار و همکاران، ۱۹۹۸). از طرفی پیامد افزایش میزان فسفر خاک، سبب کاهش عملکرد ناشی از نسبت بالای فسفر به روی یا فسفر به آهن، تجمع بر، مولیبدن و کادمیوم در بافت های گیاهی می شود (هامیلتون و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج بررسی ها نشان می دهد که افزایش مصرف کودهای فسفره نه تنها عملکرد محصولات زراعی را چندان افزایش نداده بلکه در نتیجه برهم زدن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد را نیز در مواردی سبب شده است (کریمیان، ۱۳۷۷). از اثرات سوء مصرف بی رویه کودهای فسفاته می توان به مسمومیت فسفری ناشی از جذب بیش از حد فسفر معدنی و بالا رفتن غلظت آن در بافت های گیاهی و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد محصول، تجمع بور در گیاه، کاهش جذب مس، غیرمتحرک شدن آهن در خاک، ممانعت از جذب آهن توسط ریشه، مختل شدن متابولیسم روی در گیاه، آلودگی خاک به کادمیوم، تنزل کیفیت محصول و آلودگی آب ها به فسفر و بروز پدیده اُتریفیکاسیون اشاره نمود (کریمیان، ۱۳۷۷).

اگرچه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتدا تاثیر به سزائی در افزایش عملکرد داشت، لیکن استفاده بیش از حد این نهاده ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط زیست را در پی داشته است. علاوه بر این، کارآیی مصرف کودهای شیمیایی هم اکنون از لحاظ تئوری به بالاترین سطح خود رسیده است، بدین معنی که استفاده بیش از این از کودهای شیمیایی به سختی می تواند عملکرد را افزایش دهد (احمد، ۱۹۹۵). با توجه به موارد ذکر شده طی سالهای اخیر تجدید نظر در استفاده از کودهای فسفاته و بکاربردن روشهای نوین مانند استفاده از کودهای بیولوژیک همواره مد نظر بوده است

۲-۳- میکوریزا

۲-۳-۱ کودهای بیولوؤیک و نقش و اهمیت آنها

از راه های دستیابی به تولید محصولات ارگانیک و کشاورزی پایدار، شناخت و به کارگیری پتانسیلهای بیولوژیک خاک است (زارع، ۱۳۸۶). کود های بیولوژیک در مقایسه با مواد شیمیایی، درچرخه غذایی تولید مواد سمی و میکروبی نمی نمایند (ساین و پوریت، ۲۰۰۸) و نقش مثبتی در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک دارند (بالیان و همکاران، ۲۰۰۸). کود بیولوژیک اصطلاحاً ماده ای حاوی ریزجاندارانی است که هنگامیکه بر روی بذر، سطح ریشه و یا در خاک استفاده شود موجب تحریک و افزایش رشد گیاه می شود (وسی، ۲۰۰۳). اولین کود بیولوژیک در ۱۱۶ سال پیش به نام نیتراژین که یک مایه تلقیح ریزوبیومی بود به عنوان یک فرآورده تجاری وارد عرصه کشاورزی شد (ارشد و فرانکین برگر، ۱۹۹۱). استفاده از جانداران خاکزی که توانایی انحلال فسفات های نامحلول آلی و معدنی و تبدیل آن به فسفر محلول را دارند یکی از راهکارهای موثر برای افزایش قابلیت جذب فسفر در خاک است (حاجی بلند و همکاران، ۱۳۸۶). انواع کودهای زیستی شامل باکتریهای همزیست قارچ های میکوریزی و باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه می باشند (زاهیر و همکارن، ۲۰۰۴). مایه تلقیح های حاوی ریز جانداران

افزاینده رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR[1] به گروهی از کودهای زیستی اطلاق می شوند که متفاوت با کود آلی، کود دامی، کود سبز و غیره می باشد (خسروی و همکاران ، ۱۳۸۹). زمینه های کاربرد کودهای بیولوژیک شامل استفاده از ارگانیسم های خاکزی به منظور حذف سموم و سایر آلاینده های خاک، تجزیه سریع بازماندهای گیاهی، بهبود ساختمان خاک، اصلاح خاک های فرسوده، کمک به حفظ سلامت گیاه و موارد دیگری از این قبیل می باشد (صالح راستین، ۱۳۷۷).

۲-۳-۲ تعریف و شناخت قارچ میکوریزا

گسترده ترین نوع رابطه همزیستی در جهان طبیعت رابطه ای است که بین قارچهای میکروسکوپی خاصی در خاک به نام قارچهای آرباسکولار میکوریزا با ریشه بیش از ۸۰ درصد از خانواده های گیاهی بوجود آمده است. در این همزیستی قارچ با گرفتن کربن آلی و همچنین ترکیبات ناشناخته دیگر از گیاه میزبان به رشد خود ادامه داده و از طرف دیگر در شرایط مختلف و بخصوص در مواردی که گیاه با محدودیتها و تنشهای محیطی روبرو می باشد، بقاء، رشد و توسعه گیاه میزبان را با تامین عناصر غذایی و آب مورد حمایت قرار می دهد. قارچهای میکوریزی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بخصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می شوند، لذا به این میکروارگانیسمهای مفید لفظ Biofertilizer اطلاق شده و عقیده بر این است که این قارچها می توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کودهای شیمیایی مصرف شده مخصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستمهای مختلف باشند (ماکرجی و کمول، ۲۰۰۳). میکوریزا از با اهمیت ترین قارچ های موجود در اغلب خاک های تخریب نشده است. برآورد می شود در حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک را میسیلیوم این قارچ ها تشکیل می دهند. اصطلاح میکوریزا در واقع از دو کلمه تشکیل شده است. یکی از کلمه یونانی Myco به

۱–Plant Growth Promoting Rhizobacteria

معنی قارچ و دیگری کلمه ای با ریشه لاتین Rhizaکه به معنی ریشه می باشد (رجالی، ۱۳۸۶). و بیان کننده رابطه همزیستی به وجود آمده بین ریشه گیاه میزبان و قارچ های میکوریزا می باشد (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳). امروزه مشخص شده است که قا رچ های میکوریزا به روش های مستقیم مانند بهبود تغذیه گیاه از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه و غیر مستقیم مانند کاهش تنش های زیستی (بیماری های گیاهی) و غیرزیستی (شوری، خشکی و عناصر سنگین) سبب افزایش رشد گیاه میزبان می گردند (تاهات و سیجان، ۲۰۱۲).

۲-۳-۳- طبقه بندی و چگونگی برقراری همزیستی

همزیستی بین اغلب گیاهان آوندی با قارچ های میکوریزی موجود در خاک بوجود می آید که متعلق به سه کلاس Basidiomycetes، Ascomycetes، Zygomycetes هستند (کریستک و همکاران، ۲۰۰۵). متعاقب شناسایی رابطه همزیستی میکوریزی، آنها را در سه گروه اکتومیکوریزا، اندومیکوریزا و اکتواندو میکوریزا تقسیم بندی نموده اند. در مورد اکتومیکوریزا، قسمت انتهایی ریشه چه در یک غلاف و یا هیف ایجاد شده توسط قارچ به طور کامل پوشیده می شود و انشعابات هیفی به فضای بین سلولی پوست ریشه نفوذ می کنند و معمولاً فاقد ترشحات آنزیمی تجزیه کننده سلولز و لیگنین هستند و به طور کلی به کربنی که گیاه میزبان در اختیار آنها می گذارد وابسته می باشند. در قارچ های اندومیکوریزا، آثار قارچی روی ریشه میزبان قابل مشاهده نیست و از نظر ظاهری فرقی بین ریشه های آلوده و غیر آلوده ندارند (دیویس، ۱۹۸۷). قارچ های گروه سوم شامل هر دو نوع می باشد. از این میان، انواع اندومیکوریزا از نظر برقراری همزیستی با گیاهان زراعی اهمیت و کارایی بیشتری دارند که بر حسب گیاه میزبان و ساختمان زیست شناسی، آلودگی قارچ به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتند از میکوریزای وسیکولار-آرباسکولار، میکوریزای اریکاسه و میکوریزای ارکیداسه که در این میان آرباسکولار میکوریزا (AM) مهم تر بوده (کوتهاماسی و همکاران، ۲۰۰۱). و روی تعداد زیادی از گیاهان زراعی و باغی فعالیت می نماید

(رجالی، ۱۳۸۴ ؛ اردکانی، ۱۳۷۹). هیف های توسعه یافته قارچ های میکوریزا قادر به رشد در منافذ خاک بوده که ریشه های مویین و تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غیر متحرک مانند فسفر افزایش می یابد (گرانت و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین شبکه هیف قارچ های میکوریزی قادرند راحت تر از ریشه گیاهان در خاک های متراکم نفوذ و باعث افزایش سیستم ریشه گیاهان می گردند (میرانصاری مهابادی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۳-۴- رابطه همزیستی میکوریزایی و تنش های محیطی

در همزیستی قارچ های میکوریزا با گیاه میزبان، قسمتی از کربن حاصل از فتوسنتز گیاه در اختیار قارچ همزیست قرار می گیرد و در ازای آن شبکه گسترده هیف قارچ های میکوریزا، جذب و انتقال آب و عناصر معدنی را از مناطقی که برای سیستم ریشه ای غیر قابل دسترس می باشد به گیاه تسریع بخشیده و این همزیستی به گیاهان کمک می کند تا قادر به رشد در شرایط دشوار باشند (آمریان و استیوارت، ۲۰۰۱). تأثیر قارچ های میکوریزا بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر تنش خشکی ضریب پخشیدگی آن بسیار کاهش یافته است، مشهودتر می باشد (اردکانی و همکاران، ۱۳۷۹). سرعت گسترش هیف های خارج ریشه ای در قارچ ها به طور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش سیستم ریشه ای گیاه است. بنابراین ناحیه تهی از فسفر در اطراف هیف های قارچ های میکوریزی به شکل محدودتری نسبت به اطراف ریشه های موئین تشکیل شده و بدین دلیل مقدار بیشتری فسفر در همزیستی میکوریزی جذب می گردد (رجالی، ۱۳۸۴). محققین عقیده دارند عنصر فسفر باعث کاهش اثرات تنش شوری بر رشد گیاه می گردد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). از طرف دیگر، قارچ های میکوریزا به طور مستقیم با ایجاد یک مانع فیزیکی روی ریشه و یا تولید مواد ضد رشد عوامل بیماری زای گیاهی مانند بعضی آنتی بیوتیک ها و ترکیبات شیمیایی دیگر رشد میکروارگانیسم های پاتوژن را محدود نموده و در نتیجه موجب افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماریزای ریشه نیز می شوند (استرادا- لونا و همکارن، ۲۰۰۳). بطور کلی

این قارچ ها از طریق افزایش جذب عناصر غذایی با قابلیت تحرک کم در خاک مثل فسفر، . روی و مس، افزایش نسبی جذب آب که باعث رقیق شدن اثرات یون های سمی مـی شـود، افـزایش غلظـت قنـدهای محلول در ریشه که منجر به کاهش پتانسیل اسمزی ریشه می شود و ایجاد تعادل عناصر غذایی گیاه در شرایط شوری موجب مقاومت گیاهان زراعی در برابر تنش های محیطی می گـردد (توسـلی و همکـاران، ۱۳۸۸).

۲-۴- باکتریهای حل کننده فسفات

باکتری هایی که در ریزوسفر و بر روی ریشه گیاه مستقر می شوند و رشد گیاه را با هر مکانیزمی افـزایش می دهند تحت عنوان باکتری های محرک رشد گیاه (PGPR) شناخته می شوند. PGPR در محصولات مختلف به منظور افزایش رشد، جوانه زنی بذر و عملکرد محصول بکار رفته اند و برخی نیز تجاری شده اند (دی و همکاران ، ۲۰۰۴). کاربرد Azobacter chrococum و Bacillus spp در کشور روسـیه بـه شـکل تلقیح بذرها ، اولین موردکاربرد این باکتریها بود که توسط محققـین گـزارش شـد (خـاوازی و ملکـوتی ، ۱۳۸۰). توانایی باکتری های محرک رشد گیاه در افزایش قابلیت جذب عناصـر غـذایی، توسـعه سیسـتم ریشه ای گیاه و کنترل عوامل بیماری زا باعث استفاده روزافزون از آنها شده اسـت، بطوریکـه رفتـه رفتـه جایگزین بخشی از کودهای شیمیایی خواهند شد(کامپنت و همکاران، ۲۰۰۵). انگیزه استفاده از کودهـای بیولوژیک در کشورهای در حال توسعه هزینه زیـاد و دسترسـی کـم بـه کودهـای شـیمیایی (سـوییفت، ۱۹۹۷). و در کشورهای توسعه یافته مبارزه با آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف مواد شیمیایی کشاورزی است (هچ و همکاران، ۲۰۰۲). جایگزینی کودهای شیمیایی و سموم دفع آفـات نبـاتی بـا مایـه تلقیح های مناسب حاوی باکتری های محرک رشد گیاه، ضمن تحریک رشد و افزایش عملکـرد گیـاهی و حفاظـت از سـلامت محـیط زیسـت از خسـارت ناشـی از بیمارگرهـا و کـاهش محصـول جلـوگیری مـی

کند(گلیک، ۱۹۹۵). این باکتری ها از راههای مختلف سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شده و با افـزایش تحرک عناصر معدنی نامحلول جذب آنها را توسط گیاه بهبود می بخشد (لیفشـیتس و همکـاران، ۱۹۸۷).

۲-۴-۱- اهمیت و جایگاه باکتری های حل کننده فسفات در کشاورزی

مصرف مداوم فسفر باعث مسمومیت خاک شده و بـه علـت داشـتن عنصـر کـادمیم، مشـکلاتی را بـرای سلامتی انسان به همراه دارد (ولچ، ۲۰۰۳). بنابراین افزایش عملکرد در واحد سطح، آن هـم بـه طریقـی مقرون به صرفه که کمترین مضرات و آلودگی زیست محیطی را ایجـاد کنـد، بسـیار حـائز اهمیـت اسـت (عباس زاده، ۱۳۸۸). روشهای سنتی کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی برای رسیدن بـه حـداکثر ممکن تولید کارساز نبوده و بعلاوه متضمن دستیابی به کشاورزی پایدار و اقتصادی نخواهد بود از مباحـث مهمی که در سالهای اخیر برای حل این معضل مطرح شده است اسـتفاده از دانـش نوپـای بیوتکنولـوژی است که در این راستا کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینـه از کـود و سـم توسـعه یافتـه اسـت (فـلاح، بشارتی، خسروی ۱۳۸۵). همچنین امروزه با توجه به آلـودگی هـای زیسـت محیطـی و بهداشـتی کـه از مصرف کود های شیمیایی حاصل می گردد، تولید و مصرف کودهای بیولوژیک به عنوان مهمترین رویکرد در زمینه بیوتکنولوژی خاک به شمار رفته و مورد توجه سرمایه گذاران بخش کشاورزی در سـطح جهـان قرار گرفته است. میکرواورگانیسم های خاک مخصوصاً باکتریها، با توان انجام فرایندهای مختلف بیولوژیک در تمام مراحل تغییر و تحول مربوط به چرخه عناصر غذایی در خاک دخالت دارند و به این ترتیـب رشـد گیاه را کاملاً تحت تاثیر قرار می دهند. ترشحات ریشه ای برای میکرواورگانیسمهای خـاک جـاذب بـوده و آنهارا به طرف ریشه می کشاند و در محیط پیرامون ریشه که ریزوسفر نام دارد روابط متقابل مفیدی بـین گیاه و بعضی از این میکرواورگانیسمها برقرار مـی گـردد (اسـدی رحمـانی و فـلاح نصـرت آبـادی، ۱۳۸). باکتریهای ریزوبیومی از موهبتهای الهی اند کـه بـه غیر از روابط مفید و پرثمر با گیاهان، تاکنون هیچ نوع گزارشی مبنی بر بروز بیماری و یا آلودگی میکروبی ناشی از این باکتری‌ها در انسان و یا سایر موجودات

ارائه نشده است (صالح راستین، ۱۳۸۰). با توجه به اثری که باکتریهای حل کننده فسفر با محلول کردن و افزایش فراهمی فسفر به طور مستقیم و با کاهش یا پیشگیری از اثرات زیان آور بیماری زایی میکروارگانیسمهای دیگر از طریق تولید مواد آنتی بیوتیک و سیدروفورها دارند سبب افزایش رشد گیاهان و بهبود عملکرد زراعی می شوند (استورز و کریستی، ۲۰۰۳). اثرات باکتری های PGPR بر رشد و نمو گیاهان به دو صورت اثرات مستقیم و اثرات غیر مستقیم می باشد.(زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). در حالت مستقیم انواع PGPR با استفاده از مکانیزم های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی، تولید هورمو نهای رشد گیاهی، تولید انواع ویتامین ها، تولید سیدروفورهای کلاته کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می شوند (حاجیلو ۱۳۸۹ به نقل از شیمون). در حالت غیرمستقیم، با استفاده از مکانیسم های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را خنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می شوند. رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه های مناسب برای فعالیت پاتوژ نها، تولید آنتی بیوتیک، سیانید هیدروژن (HCN) از مهمترین مکانیزمهای مورد استفاده در این روش می باشند (گلیک و همکاران، ۱۹۹۵). اکنون مشخص شده که این باکتری‌ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، موجب جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (رودریگرز و رینالدو، ۱۹۹۹؛ ویلبام و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۵-تاثیر کود فسفر بر رشد گیاهان

فسفر یک عنصر غذایی مهم برای رشد گیاه می باشد. بیشتر از ۸۰ درصد فسفر خاک نافراهم برای گیاهان می باشدزیست فراهمی اندک فسفر خاک یک دشواری بزرگ برای گیاهان در شماری از اکوسیستم های کشاورزی در جهان می باشد (لیندزی و همکاران، ۱۹۸۹). فسفر جزیی از ترکیب ساختمانی مولکولهای

بزرگ از جمله اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و آدنوزین تری فسفات می باشد از این رو در فرآیندهایی از قبیل ذخیره و انتقال انرژی فتوسنتز، کنترل واکنش های آنزیمی، انتقال کربوهیدراتها شرکت می کنـد لذا گیاه بدون آن نمی تواند به رشد خود ادامه دهد (خوش گفتار منش و سیادت، ۱۳۸۱). کمبـود فسـفر سرعت رشد ونمو را کند کرده و عملکرد محصول را کاهش می دهـد. اثـرات کمبـود فسـفر سـریع قابـل تشخیص نیست، بر این اساس مقدار ناکافی فسفر باعث کاهش کمی و کیفی محصول می شـود. فسـفر از جمله عناصری است که در خاک ها به آبشویی مقاوم است ولی با این حال کمبود آن در اکثـر خـاک هـا باعث کاهش تولیدات کشاورزی می گردد (خاوازی وملکوتی، ۱۳۸۰). حداکثر میزان محلول بودن فسفر در pH ۶ الی ۶/۵ خاک است که حتی در این pH نیز قسمتی از فسفری کـه بـه خـاک داده مـی شـود بـه سرعت تثبیت می گردد و از دسترس گیاه خارج می شود (افتخاری وهمکاران، ۱۳۸۵). بنـابراین رانـدمان استفاده گیاهان از فسفر اضافه شده به خاک نسبتاً پایین بوده و پس از مصرف در سال اول فقط ۵ تا ۲۰ ٪ آن جذب گیاه می شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۴ ؛ ابدول و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۵-۱- تاثیر کود فسفر بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر حیاتی است که به اشکال معدنی و آلی در طبیعت وجود دارد. کمبود فسفر نه تنها به‌شدت در میزان رشد تأثیر دارد، بلکه روی تشکیل میوه، دانه و کیفیت آن نیز بسیار مـؤثر اسـت (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳ و انتودیا و تومار، ۱۹۹۸). ترک و تاواهـا (۲۰۰۲) گـزارش نمودنـد کـه فسـفر باقیمانده، اثر معنی داری بر افزایش عملکرد دانه، تعداد خوشه ها، تعداد دانه در هر خوشه، وزن هزار دانه ، طول خوشه و وزن دانه در گیاه ماشک داشت. علی زاده اسکویی (۱۳۸۰) در یـک آزمـایش گلخانـه ای بیان کرد کاربرد سه سطح فسفر شامل (۴۰و ۲۰ و ۰ میلی گرم در کیلوگرم) در گیاه گوجه فرنگی باعـث افزایش معنی دار وزن خشک بخش هوایی و غلظت منگنز در اندام هوایی شده است. تحقیـق دیگـری در

گیاه ذرت با افزایش سطوح مختلف کود فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار) غلظت فسفر در اندام های هوایی (به میزان ۲۵/۶ درصد) و عملکرد ماده خشک (به میزان ۱۷/۷درصد) بهبود یافت (امیر آبادی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش فسفر قابل دسترس خاک، باعث مقاومت گیاه در برابر ورس، زودرسی محصول، کیفیت بالاتر، افزایش سرعت نمو گیاهی از سبز شدن تا آغاز گلدهی و گرده افشانی شده، در نتیجه عملکرد افزایش می یابد (ترک و تاواها، ۲۰۰۲؛ حسین زاده، ۱۳۸۳).

۲-۶- اثر همزیستی میکوریزایی بر جذب فسفر

فسفر یکی از مهم ترین و در عین حال نامتحرک ترین عنصر غذایی در خاک می باشد و گیاهان علیرغم بالا بودن فسفر کل در خاک، اغلب از کمبود آن رنج می برند. گیاهان فسفر-کارا با مکانیسم های مختلفی از جمله گسترش ریشه، ترشح پروتون و اسیدهای آلی و همزیستی مایکوریزی جذب فسفر را از منابع نامحلول و یا کم محلول خاک افزایش می دهند (جونز، ۲۰۰۴). بدلیل غلظت بسیار کم این عنصر در محلول خاک و در نتیجه حرکت توده ای بسیار کند آن به سمت ریشه، این عنصر می بایستی از طریق فرآیند پخشیدگی در خاک به ریشه گیاه رسیده و جذب گردد. مکانیسم های جذب فسفر توسط همزیستی آرباسکولار میکوریزا به صورت ۱- کاهش فاصله مکانی پخشیدگی فسفر تا رسیدن به سطوح جذب کننده ریشه بواسطه دانسیته بالاتر ریشه های میکوریزی و وجود هیف های خارج ریشه ای. ۲- افزایش سطح جذب کنندگی ریشه می باشد (اسمیت و رید، ۱۹۹۷). در این میان ایجاد همزیستی یکی از راهکارهای مهم می باشد، بطوریکه بیش از ۹۰٪ گیاهان با قارچهای ریشه (میکوریز) همزیستی دارند. در این گیاهان هیف های قارچی با قدرت جذب بالا و سطح جذب بالا نقش مهمی در جذب فسفر ایفاء می کنند (اسمیت و رید، ۱۹۹۷). توانایی این قارچها در استفاده از منابع فسفره موجود در ترکیبات آلی بواسطه فعالیت آنزیمهای فسفاتاز اسیدی و قلیایی است. نیتروژن به دو فرم یون آمونیوم و یون نیترات

قابل جذب گیاه و قارچهای آرباسکولار میکوریزا می باشد. میکوریزا عنصر فسفر را از طریق افزایش سطح جذب و با کاهش ناحیه تخلیه از فسفر به وسیله هیف های خارجی، در اختیار گیاه قرار می دهد (پیترسو و مسیکوت، ۲۰۰۴؛ شنوی و کلگودی، ۲۰۰۵). آزمایشهای متعددی نشان داده اند که سرعت فتوسنتز و افزایش ماده خشک در گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی است. بهبود فتوسنتز بوسیلهٔ قارچهای میکوریزا به علت افزایش انتقال عناصر معدنی از خاک به گیاه به ویژه فسفر می باشد (بثلنفالوا وهمکاران، ۱۹۹۰). تأثیر غیر مستقیم قارچ های میکوریزا در افزایش رشد ریشه گیاه و در نتیجه افزایش سطح تماس ریشه ها با فسفر قابل جذب خاک از عمده ترین عوامل موثر در تخلیه فسفر خاک می باشد (اصغری و کاناگنارو، ۲۰۱۱). نتایج اصغری (۱۳۸۶) نشان داد تلقیح قارچ میکوریزا گونه Glomus intraradices بر گیاه شبدر مدیترانه ای سبب کاهش غلظت فسفر قابل جذب خاک گردید. اثر میکوریزا بر روی خصوصیات ریزوسفر مانند تغییر pH و الگوی سیستم ریشه ای (لایورت و همکاران، ۱۹۹۰)، از مکانیسم های غیر مستقیم جهت فراهمی فسفر برای گیاه میزبان می باشد.

۲-۷- اثر همزیستی قارچ میکوریزا بر جذب آب، عناصر غذایی و رشد گیاه میزبان

ریشه های میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی قادر به بدست آوردن عناصر غذایی بیشتری از خاکهای دارای کمبود عناصر غذایی هستند، زیرا هیفهای ریشه گیاهان میکوریزایی حجم بیشتری از خاک را نسبت به ریشهٔ گیاهان غیرهمزیست دربرمی گیرند. قارچهای میکوریزی برای بقا گیاه، در زیستگاههایی که خاک دارای غلظت پایین عناصر معدنی است، مهم می باشد (جونر و همکاران، ۲۰۰۰). قارچ AM سبب بهبود جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی در خاکهای فقیر می شود (اسمیت ورید، ۲۰۰۸). قارچ همزیستی میکوریزی باعث افزایش حساسیت روزنه ها به رطوبت نسبی اتمسفر می گردد. میزان تعرق و هدایت روزنه ای در گیاهان میکوریزی که آب کافی دریافت داشته اند تقریباً دو تا سه برابر گیاهان

غیرمیکوریزی که با محدودیت تغذیه فسفری روبرو بوده اند گزارش شده است (روییز-لوزانو و همکاران، ۱۹۹۵). گیاهان دارای همزیستی میکوریزی، آب را از خاک سریعتر و کاملتر تخلیه می نمایند و باعث می شوند تا پتانسیل آب خاک کاهش بیشتری پیدا کند (بریلا و دونیوی، ۱۹۹۸). زیرا در گیاهان میکوریزی معمولاً اندام هوایی و سطح برگها در گیاه توسعه بیشتری یافته که این خود باعث افزایش نیاز تعرقی گیاهان میکوریزی می شود. همچنین سیستم ریشه ای توسعه بیشتری یافته و قطر ریشه ها ی فرعی در آنها کاهش و طول ریشه افزایش یافته است که موجب افزایش سطح تماس ریشه با خاک می شود. همزیستی میکوریزی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و آب موجب افزایش رشد گیاه میزبان در طی دوره تنش خشکی می شود همچنین قارچهای میکوریزی کارایی مصرف آب گیاه میزبان را در این دوره افزایش می دهند (سیمپسون و دفت، ۱۹۹۰). کمبود عناصر ازت، فسفر و کلسیم باعث افزایش پرولین در گیاه می شود. با پایان یافتن دوره تنش خشکی مشاهده شده که مقدار پرولین در برگهای گیاهان میکوریزی کمتر از مقدار آن در برگهای گیاهان غیر میکوریزی می باشد. این خود دلیلی است بر اینکه گیاهان میکوریزی از شرایط تنش ایجاد شده آسیب کمتری می بینند (روییز-لوزانو و همکاران، ۱۹۹۵). در گیاه گندم میکوریزی تحت تنش خشکی، برگها ریزش کمتری داشته و نقاط سوخته شده ناشی از تنش در آنها کمتر به چشم می خورد (بریلا و دونیوی، ۱۹۹۸). استفاده از مایه تلقیح قارچ های میکوریزی درکشت گندم و در شرایط مزرعه ای نشان داد که همزیستی میکوریزی از طریق افزایش کار آیی جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین عناصر کم مصرف روی و مس توانسته است رشد و عملکرد گیاه گندم را افزایش دهد (ملک ثابت و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۸- تاثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر بهبود خواص خاک

محیط خاک در برگیرنده ی خواص فیزیکی و شیمیایی بسیاری است که از طریق فرایندهای پویای زیستی تغییر می یابند. خاک در مجاورت ریشه های گیاه به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر فعالیتهای

میکروبی و ترشحات حاصل از ریشه ی گیاه قرار می گیرد. از بین موجودات غالب در این ناحیه، می توان به قارچهای آرباسکولار میکوریزا اشاره کرد (غلامی و کوچکی ۱۳۸۰). بوم نظام خاک تماماً تحت تأثیر آرباسکولار میکوریزا قرار می گیرد. این قارچ ها نقش مؤثری در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک د ارند (گیووانتی و موسسه، ۱۹۸۰). یکی از مهمترین نقش های میک‌وریزا در همه اکوسیستم ها حفظ ساختمان خاک است آنها از طریق حفظ، بهبود پایداری و تشکیل خاکدانه ها نقش‌مهمی در ثبات خاک دارند . رشد هیف خارجی قارچ به‌داخل خاک با ایجاد یک ساختمان اسکلتی ذرات خاک را بهم متصل می کند و منجر به تشکیل خاکدانه های کوچک می‌شود این اثر همراه با نگهداری خاکدانه های کوچک بوسیله هیفهای قارچ برای تشکیل خاکدانه های بزرگ، اثرات مستقیم قارچ های میکوریزا در حفظ ساختمان خاک هستند (کاردوسو وهمکاران،۲۰۰۶). این قارچ ها با ریشه گیاهان به صورت همزیست زندگی کرده و به درون سلول های کورتکس راه یافته و در عین حال با گسترش ریسه خود به درون خاک، جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر را، که از تحرک اندکی برخوردار است، افزایش می دهند (شیرانی راد و همکاران، ۱۳۷۹ ؛ اوگه، ۲۰۰۱ ؛ الکراکی و کلراک، ۱۹۹۸). تأثیر قارچ های میکوریزا بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر تنش خشکی ضریب پخشیدگی آن بسیار کاهش یافته است، مشهودتر می باشد (اردکانی و همکاران، ۱۳۷۹). بعلاوه میکوریزا ساختمان خاک را بوسیله ی پوشاندن ماده گلیکو پروتئینی لزجی به نام گلومالین که یک نقش کلیدی در تشکیل خاکدانه ها و خلق حفرات بزرگ برای رشد بهتر هیف ها دارد، بهبود می دهد. این حفرات اجازه می دهند که نفوذ آب و هوا به راحتی صورت بگیرد و همچنین به جلوگیری از فرسایش خاک کمک می کند (پیوتروسکی و همکارن، ۲۰۰۴). همچنین ریسه های قارچ میکوریزا با استفاده از یک پوشش پلی ساکاریدی میکرودانه ها را بطور فیزیکی گرفتار نموده و آنها را محکم به یکدیگر می چسباند (جفریز و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۹- تاثیر باکتریهای حل کننده فسفات بر رشد و عملکرد گیاهان

باکتری های محرک رشد گیاه به گروه نامتجانسی از باکتریهای ریزوسفری اطلاق می شود که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص موجب بهبود شاخص های رشد و نمو گیاه می گردند (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹). باکتری های جنس ازتو باکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس از مهمترین باکتری های افزاینده رشد گیاه می باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفرخاک با تولید مقادیر قابل ملاحظه مواد و هورمون های تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین ها و جیبرلین ها، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (زاهیر و همکاران، ۲۰۰۴). یکی از مکانیسم های کلی و پر اهمیت از نظر تأمین شکل قابل جذب عناصر غذایی، تولید اسیدهای آلی مختلفی است که در اثر تخمیر ترکیبات آلی و یا اکسایش ناقص کربوهیدراتهای ساده، بوجود می آیند. این اسیدها با کاهش pH محیط اطراف خود و همچنین از طریق تشکیل کلات با این عناصر غذایی، به قابل جذب شدن آنها کمک می کنند (عمر، ۱۹۹۸). محققان در بررسی ها اعلام نمودند که کاربرد باکتری های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی (پن و همکاران، ۱۹۹۹) سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر می شوند (کاکماکی و همکاران، ۲۰۰۵ ؛ کاواگلیری و همکاران، ۲۰۰۴). در خاک های آهکی ایران که در اقلیم خشک و نیمه خشک تحول پیدا کرده اند، وجود pH بالا و درصد زیاد کربنات کلسیم، کمی مواد آلی و خشکی خاک باعث شده اند که مقدار قابل جذب فسفر کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد بهینه اکثر محصولات کشاورزی باشد. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عنصر بالاخص سوپرفسفاتها که یکی از شیوه های رایج جبران کمبود این عنصر غذایی در خاک به شمار می رود، در خاکهای آهکی و قلیایی چندان مؤثر و کارآمد نیست. زیرا قسمت اعظم فسفر موجود در کود، پس از ورود به خاک به تدریج به ترکیبات نامحلول تبدیل شده و به صورت غیر قابل استفاده گیاه در خاک ذخیره می گردد، به طوری که بازده کودهای فسفری در خاکهای آهکی و

قلیایی از ۲۰ درصد تجاوز نمی کند (تیسدال و همکـاران، ۱۹۹۳). بشـارتی و صـالح راسـتین (۱۳۷۸) در آزمایشی گلخانه ای گزارش دادند که اثر چند سویه از باکتری های تیوباسیلوس بومی خـاک هـای ایـران موجب افزایش جذب فسفر و شاخص های مختلف رشد ذرت شد. (خسروی و همکـاران ۲۰۰۹) در یـک آزمایش گلدانی اثر تلقیح ریشه نهال سیب با چند سویه باکتری های بومی خاک بر جذب عناصر و برخـی شاخص های رشد را بررسی کردند که نتایج نشان داد که تلقیح، جذب پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و بر را توسط برگ ها و همچنین مقادیر جذب ازت، پتاسیم، فسفر، منگنز و روی توسط ریشـه را افـزایش داده است. توحیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۵) دریافتند که در حضور بـاکتری هـای حـل کننـده فسـفات شامل سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس، عملکرد دانه سویا افزایش معنی داری پیـدا کـرد. قارچهـای میکوریزی سازگاری خوبی با ریزجانداران حل کننده فسفات و انواع باکتریهای محرک رشد گیاه دارند که کاربرد آن ها به تدریج سطح حاصلخیزی خاک را افزایش داده و در چنین خاکهـایی گیاهـان بـه مقـادیر کمتری از کودهای شیمیایی نیاز دارند (زارع و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹). نتایج حاصل از مصرف کودهای بیولوژیکی فسفاته در مقایسه با کودهای سوپرفسفات تریپـل در مـورد ذرت، سـویا و گنـدم مؤیـد اثـرات رضایت بخش این کود می باشد بطوریکه مشخص گردید کود میکروبی فسفاته نه تنها بازده جذب کـود را بالا می برد بلکه باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز می گردد (صالح راستین، ۱۳۷۷). با مصرف کـود میکروبی فسفاته به جای کودهای شیمیایی فسفاته در سطح ۷ استان گندم خیز کشور، مشخص شـد کـه این کود به راحتی قابلیت رقابت با کودهـای شـیمیایی فسـفاته را دارد و بطـور متوسـط موجـب افـزایش عملکرد دانه به میزان ۵۷۶ کیلوگرم در هکتار نسبت بـه کـود شـیمیایی سوپرفسـفات تریپـل مـی شـود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۷).

فصل سوم:

مواد و روش ها

۳-۱ زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در گلخانه شرکت پربار کشت دامغان به اجرا درآمد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی شهرستان دامغان در طول شمالی ۵۴ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی می باشد. ارتفاع شهرستان دامغان از سطح دریا ۱۱۷۰ متر است. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شهرستان دامغان، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۵/۹ درجه سانتی گراد، میانگین بارندگی ۱۲۰ میلی متر در سال و رطوبت نسبی ۵۸/۲۵ درصد می باشد.

۳-۲ عملیات اجرایی

۳-۲-۱ مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل، کود زیستی فسفاته بارور-۲ در دو سطح، $B_0=0$,$B_1=2/25$ g/pot و قارچ های مایکوریزا گونه Glomus mossea (M2) و Glomus intraradices (M1) در سه سطح، $M_0=0, M_1=5g/pot, M_2=5g/pot$ و کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح، $p_0=0, p_1=0/925mg/pot, p_2=1/85mg/pot$ می باشد.

۳-۲-۲- مرحله کاشت

درتاریخ ۴/۹ /۹۳ عملیات کاشت انجام شد. پس از مشخص شدن تیمارهای مربوط به هر گلدان ،گلدان ها با۵۰گرم پیت – ماس به همراه مقادیر مورد نظر از تیمارهای سوپر فسفات تریپل و قارچ های مایکوریزا مخلوط گردیده و پر شدند. هنگام کاشت بذور جوانه زده ضد عفونی سطحی شده از رقم پسته عباسعلی با مقادیر مورد نظر از کود زیستی فسفاته بارور-۲ به طور جداگانه آغشته و در داخل گلدانها کشت شدند..

۳-۲-۳- مرحله داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد و پس از آن با توجه به شرایط گلخانه آبیاری هرهفته سه بار و بعد از یک ماه که گلدانهای کوچک به گلدانهای بزرگتر انتقال داده شدند آبیاری هفته ای دوبارانجام می گرفت.

۳-۱ نمایی از گلدان های آزمایش در طی فصل رشد

۳-۲-۴- مرحله برداشت

برداشت نهایی در تاریخ ۸/۱۲ /۹۳ انجام شد .اندام هوایی از سطح خاک و ریشه ها نیز بعد از تخلیه گلدان ها از خاک جدا شدند و با آب معمولی و ۲ بار نیز با آب مقطر شسته شدند و بعد از هوا خشک شدن وزن اندام هوایی با ترازویی به دقت ۰/۰۱ اندازه گیری شد و از ریشه ها جهت اندازه گیری کلونیزاسیون نمونه برداری شده و در داخل آب و الکل قرار داده شدند، سپس اندام هوایی و ریشه در داخل پاکت های کاغذی قرار گرفتند و ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به

وزن ثابت قرار داده شدند و با ترازو توزین شدند. نمونه های اندام هوایی پس از آسیاب، توسط اسید سولفوریک غلیظ (هضم تر) هضم شدند. با استفاده از عصاره های بدست آمده عناصری نظیر پتاسیم، فسفر، نیتروژن در اندام هوایی و کلونیزاسیون نیز بعد از نمونه برداری از ریشه اندازه گیری شدند.

۳-۳ – صفات مورد ارزیابی

۳-۳-۱ تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه

برای تعیین درصد همزیستی میکوریزایی، مقداری از ریشه ها با قطر کمتر از یک میلی متر را جدا کرده و برای نگهداری آن از الکل ۵۰ درصد (اتانول) استفاده گردید. جهت رنگ آمیزی ریشه ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییر یافته فیلیپس و هیمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. ریشه ها را کاملاً شسته و به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم (KOH) در دمای اتاق قرار داده شد. سپس ریشه ها و ظروف را سه بار کامل با آب مقطر شسته و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم نرمال قرار گرفتند. ریشه ها جهت رنگ آمیزی به مدت ۲۴ ساعت در محلول تریپان بلو (شامل ۲۲۵ میلی لیتر اسید لاکتیک، ۳۵۰ میلی لیتر گلیسیرین، ۴۰۰میلی لیتر آب مقطر، ۰/۶۵ گرم تریپان بلو)، قرار گرفتند. بعد از رنگ آمیزی، نمونه ها در محلول گلیسیرین و اسید لاکتیک به نسبت مساوی نگهداری شدند تا رنگ اضافی ریشه ها خارج شود. ریشه های مویین به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند و در نهایت با میکروسکوپ مشاهده و درصد کلونیزاسیون ریشه از رابطه زیر محاسبه شد:

۱۰۰*(تعداد قطعات مشاهده شده/تعداد قطعات آلوده شده به میکوریزا) =درصد کلونیزاسیون

۳-۳-۲ اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن

بعد از برداشت محصول، نمونه برداری خاک از عمق ۳۰-۵ سانتی متری ناحیه ریشه جهت اندازه گیری فسفر خاک به روش (اولسن و همکاران، ۱۹۵۴)، انجام شد.

۳-۳-۲-۱ عصاره گیری فسفر خاک به روش اولسن

مقدار ۴۲ گرم بی کربنات سدیم خالص ($NaHCO_3$) را در یک لیتر آب مقطر تازه تهیه شده حل کـرده و با اضافه کردن سود یا اسید کلریدریک، pH آن در ۸/۵ تنظیم شد. در صورت تجاوز pH بیش از ۸/۵ می توان از محلول بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار برای پایین آوردن آن استفاده نمود. جهت عصاره گیری خاک، مقدار ۱ گرم خاک الک شده را وزن کرده و ۰/۵ گرم پودر زغال اکتیو عاری از فسـفر بـه آن افـزوده و در ارلن مایر ۵۰ سی سی قرار داده شد. سپس ۲۰ میلی لیتر از محلول بی کربنات سدیم به آن اضافه کرده و به مدت ۳۰ دقیقه در شیکر افقی با سرعت ۲۰۰ قرار گرفت. محلول بدست آمده از کاغذ واتمن ۴۲ عبـور داده شده و صاف گردید.

۳-۳-۲-۲ تهیه محلول های استاندارد

مقدار ۰/۴۳۹۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات را در ۱ لیتر آب مقطر حل می کنیم. این محلـول ۱۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر می باشد

۲۰ میلی لیتر از محلول ۱۰۰ppm فسفر را برداشته و به حجم ۲۰۰ میلی لیتر رسانده شد که این محلول ۱۰ppm فسفر بود.

به ترتیب مقادیر ۱۰، ۲، ۱، ۰.۲، ۰.۱، ۰.۰۲ از محلول ۱۰ppm فسفر برداشته و به حجـم ۲۰ میلـی لیتـر رسانده شد و بدین ترتیب غلظت فسفر با استفاده از یک منحنی استاندارد تعیین شد.

۳-۳- ۳ اندازه گیری میزا ن فسفر در بافت گیاه به روش هضم با اسید پرکلریـک و اسید نیتریک

ابتدا مقدار ۵۰۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ با ۸۳ میلی لیتر اسید پرکلریـک ۷۰٪ مخلـوط شـدند.این نسبت ۶ به ۱ می باشد. قابل ذکر است که کار با اسید پرکلریک خطرناک بوده و استفاده از عینک محافظ ضروری می باشد. سپس مقدار نیم گرم از اندام هوایی نهال پسته وزن شده و در لوله های هضم قرار داده شد. مقدار ۷ میلی لیتر از محلول اسید نیتریک و اسید پرکلریک در لوله های هضم ریخته شد و حداقل به مدت دو ساعت اندام هوایی نهال در محلول قرار می گیرند. در آخر لوله های هضم در دستگاه هضم قـرار داده شد و به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد و ۱ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد و ۲ ساعت در دمای ۲۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس عصاره بدست آمده به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

۳-۳-۳-۱ تهیه محلول استاندارد فسفر

مقدار ۴/۳۹۳۷گرم از پتاسیم دی هیدروژن فسفات را در آب حل کرده و به حجم یک لیتـر رسـانده شـد. این محلول استاندارد ۱۰۰۰ پی پی ام فسفر می باشد.

۲۰ میلی لیتر از محلول استاندارد ۱۰۰ پی پی ام را به بالن ژوژه ۱ لیتری منتقل و به حجم رسـانده شـد. این محلول استاندارد ۲۰ پی پی ام در لیتر فسفر می باشد.

میزان ۹۰، ۶۰، ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰، ۰ میلی لیتر از محلول استاندارد ۲۰ میکرو گرم در لیتر را به بـالن ژوژه ۱۰۰ لیتری منتقل کرده و سپس میزان ۸ میلی لیتر از محلول آمونیـوم مولیبـدات- وانـادات-اسـید

نیتریک اضافه کرده و به حجم ۱۰۰ رسانده شد. این سری محلول ها حاوی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۵ میلی گرم در لیتر فسفر هستند که در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده می شود.

۳-۳-۴ اندازه گیری پتاسیم اندام هوایی

به منظور اندازه گیری پتاسیم ابتدا استاندارد غلیظ پتاسیم ساخته شد.

۱- محلول استاندارد غلیظ پتاسیم به غلظت ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر: ۹/۵۳۴ گرم از KCl را در کمی آب حل کردیم و در بالن یک لیتری به حجم رساندیم.

۲- سری محلول های استاندارد: ۰،۲،۴، ۶،۸، ۱۰ میلی لیتر از استاندارد غلیظ پتاسیم بوسیله پی پت برداشته شد و در بالن ژوژه های۱۰۰ میلی لیتری که قبلا به هر کدام ۵۰ میلی لیتر آب و۴/۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ و یا ۱۰ میلی لیتر HCl غلیظ (بسته به روش هضم) اضافه شده بود، ریخته شد و به حجم رسانده شد.

۳- سری محلول های استاندارد و عصاره های گیاه به نسبت ۱:۱۰ رقیق شد . محلول های نهایی استاندارد حاوی ۰،۱۰،۲۰،۳۰، ۴۰و۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم بودند. از این ارقام در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد (واهینگ وهمکاران، ۱۹۸۹).

۳-۳-۶- تعیین درصد کلونیزاسیون میکوریزی

به منظور اندازه گیری میزان کلونیزاسیون ابتدا ریشه های نمونه برداری شده با آب به خوبی شسته شدند و به داخل ظروف شیشه ای شفاف منتقل شدند. سپس جهت رنگبری KOH ۰/۰۱٪ به ریشه ها اضافه شده و در درجه حرارت اتاق به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. جهت خنثی کردن محیط قلیایی ریشه های رنگبری شده، ریشه ها با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴ دقیقه در HCl ۱مولار قرار داده

شدند. به منظور رنگ آمیزی از روش تغییر یافته فیلیپس و هیمن(۱۹۷۰) (حذف فنل از محلول رنگ) استفاده گردید. در این روش ریشه های رنگ بری شده به مدت ۴ ساعت در محلول تریپان بلو یک درصد، در درجه حرارت اتاق نگهداری شدند. بعد از خروج از رنگ با آب مقطر شسته شده و جهت نگهداری طولانی مدت در محلول گلیسیرین + اسید لاکتیک+ آب قرار گرفتند. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ۲۰ قطعه از ریشه هر کدام به طول ۱ سانتی متر روی لام چیده شده و لامل روی آن قرار گرفت. سپس آنها را در زیر میکروسکوپ با بزرگ نمایی۴۰ × مشاهده کرده و درصد کلونیزاسیون مشخص شد (جیووانتی و موسه، ۱۹۸۰).

۳-۳-۷- اندازه گیری نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر(کجلدال):

ابتدا هضم نمونه ها توسط داروی مخلوط (سلنیم و اسید سولفوریک)، اسید سالسیلیک و آب اکسیژنه صورت گرفت. بعد از شفاف شدن عصاره ها و انجام عمل تقطیر، با اسید سولفوریک ۰/۵ نرمال تیتر شدند.

۳-۴- تجزیه و تحلیل اطلاعات

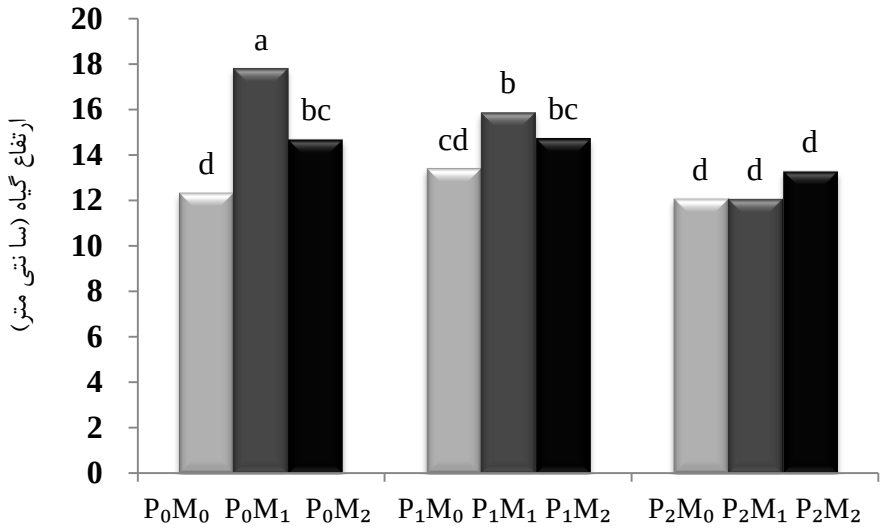
به منظور انجام محاسبات آماری و تجزیه واریانس از نرم افزارMSTAT-C و از آزمون LSD برای مقایسه میانگین ها در سطح احتمال ۵٪ و از EXCEL برای رسم نمودارها استفاده شد.

فصل چهارم:

نتایج و بحث

۴-۱- ارتفاع گیاه

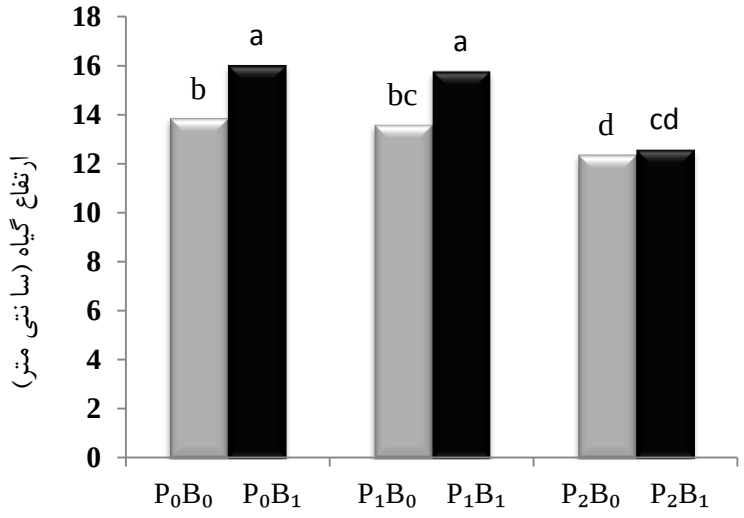
نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۴-۱ پیوست) نشان می دهد که اثرات اصلی تیمارهای کود شیمیایی فسفر و قارچ میکوریزا و همچنین تیمار کود زیستی فسفاته بارور-۲ بر ارتفاع نهال پسته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است. اثرات متقابل فسفر و کود زیستی فسفاته بارور-۲ و همچنین میکوریزا وکود زیستی فسفاته بارور-۲ نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر ارتفاع گیاه معنی دار شده است. طبق شکل (۴-۱) در شرایط بدون کود فسفر (P_0) استفاده از هر دو نوع میکوریز گلوموس اینترارادیسس (M_1) و گلوموس موسه آ(M_2) سبب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه شده است که تاثیر M_1 نسبت به M_2 بر ارتفاع گیاه مشهودتر بود. استفاده از کود سوپر فسفات تریپل در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب P_1 و P_2) سبب کاهش تاثیر میکوریزاها بر ارتفاع گیاه شده است. اثر متقابل کود فسفر و میکوریزا نشان داد، درشرایط عدم کاربرد کود فسفر، تلقیح با میکوریزا باعث افزایش ارتفاع گیاه شده است اما در شرایط کاربرد کود فسفر، بین فسفر و میکوریزا اثرمنفی وجود داشته و با افزایش سطوح فسفر ارتفاع گیاه کاهش یافته است. کاهش ارتفاع در گیاهان تلقیح شده بامیکوریزا در سطوح مختلف فسفر توسط جونز و اسمیت (۲۰۰۴) هم گزارش شده است آنها دلیل این امر را یک پدیده عمومی می دانند که مکانیزم آن مشخص نیست. ارتفاع گیاه صفتی است که معمولاً تحت تاثیر عوامل ژنتیکی می باشد ولی محیط نیز می تواند ارتفاع بوته را تحت تاثیر قرار دهد. ارتفاع از اجزا مهم در تعیین عملکرد نمی باشد، ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر می توانند عملکرد ماده خشک بیشتری تولید کنند (سلیمی، ۱۳۸۹).



شکل۴-۱- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر ارتفاع گیاه

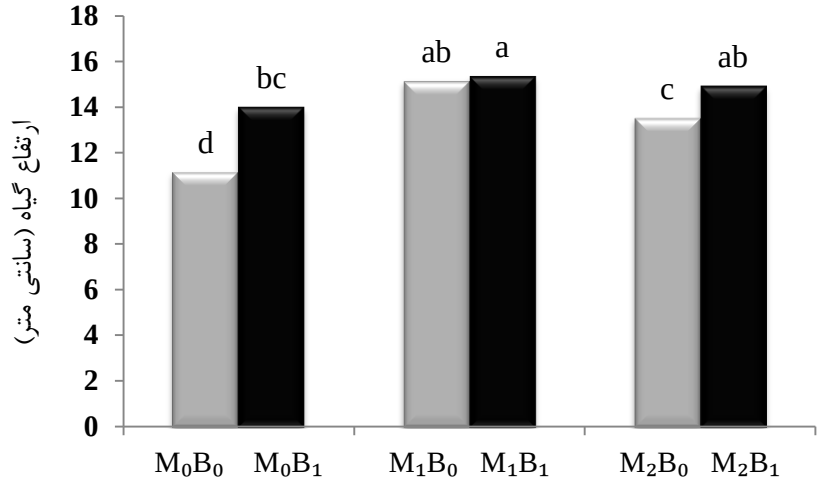
شکل (۴-۲) نشان می دهد کاربرد کود زیستی فسفاته بارور-۲ به همراه کود فسفر در تمامی سطوح توانست ارتفاع نهال پسته را نسبت به شاهد افزایش معنی دار دهد. در شرایط عدم کاربرد کود فسفر استفاده از کود بیولوژیک بارور-۲ (P_0B_1) سبب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه به میزان ۱۳/۳۱ درصد نسبت به شاهد (P_0B_0) شد. که این نتایج با کارهای الکرکی و همکاران (۲۰۰۰) و جیندال و همکاران (۱۹۹۳) مطابقت داشت. بنظر می رسد که کاربرد باکتری های محرک رشد ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی سبب افزایش رشد گیاهان می شود. به هر حال استفاده از کودهای فسفره در مقادیر زیاد (P_2B_1, P_2B_0) سبب کاهش معنی دار ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد. نتایج نشان داد که کارایی کود زیستی به میزان فسفر موجود در خاک و به عبارتی میزان کود فسفرۀ مصرفی بستگی دارد و حداکثر عملکرد کود زیستی تا میزان مشخصی از فسفر اتفاق می افتد و با افزایش میزان فسفر از

حد مطلوب آن، از کارایی کود های زیستی کاسته می شود که باید بررسی های بیشتری در این مورد صورت گیرد (سانیتا-گوپتا و همکاران،۲۰۰۴).



شکل۴-۲- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر ارتفاع گیاه

کاربرد توام میکوریزا و کود زیستی فسفاته بارور-۲ (M_1B_0, M_1B_1, M_2B_0, M_2B_1) توانست ارتفاع گیاه نسبت به شاهد افزایش معنی دار دهد (شکل۴-۳). بنظر می رسد افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز و ساخت مواد در اثر افزایش سطح برگ منجر به افزایش ارتفاع شده است. کوهلر و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که تلقیح مشترک قارچ های میکوریز آرباسکولار و باکتری های محرک رشد گیاه باعث افزایش معنی داری در شاخص های رشد گیاه Lactuca sativa (کاهو) می گردد.

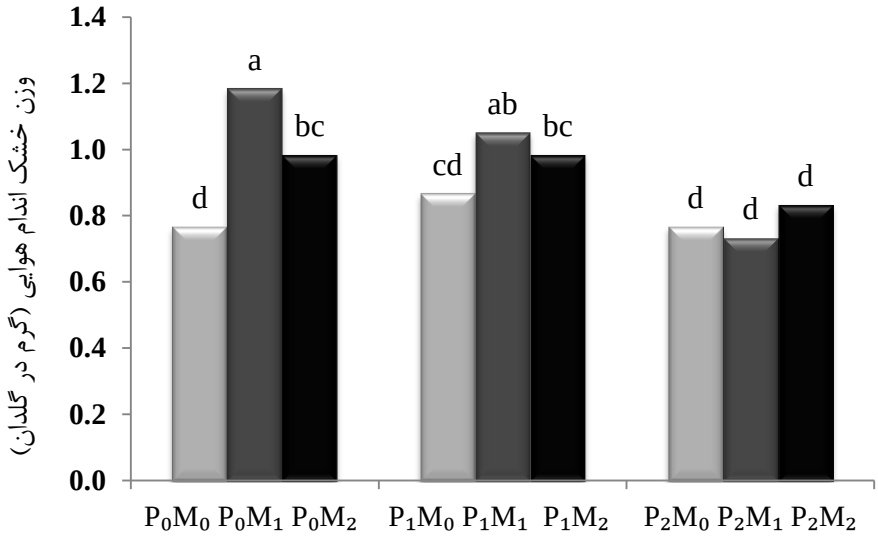


شکل۴-۳- اثر متقابل کود بارور-۲ و میکوریزا برارتفاع گیاه

۴-۲- وزن خشک اندام هوایی

اثر اصلی تیمارهای فسفر، کود زیستی فسفاته بارور-۲ و میکوریزا، همچنین اثرات متقابل آنها بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است. (جدول ۴-۱ پیوست). طبق شکل ۴-۴ تیمار P_0M_1 بیشترین وزن خشک را در اندام هوایی گیاه ایجاد کرده که نسبت به تیمار شاهد (P_0M_0) افزایش ۳۵/۱۶ درصدی را نشان می دهد. و در مورد سایر تیمارها، تنها تیمارهای P_0M_2، P_1M_1 و P_1M_2 نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشته اند. بیشتر مطالعات نشان داده است تلقیح با میکوریزا باعث افزایش ماده خشک گردیده است برای مثال تلقیح با قارچ گلوموس اگریگاتوم در سه غلظت فسفر محلول خاک در نخل رقم پی جی بای برای تعیین همبستگی میکوریزایی انجام شد نتایج نشان داد تلقیح با قارچ باعث افزایش ماده خشک گردید (کلمنت و هابت، ۱۹۹۴). اثر قارچ های میکوریز روی گواوا نیز نشان

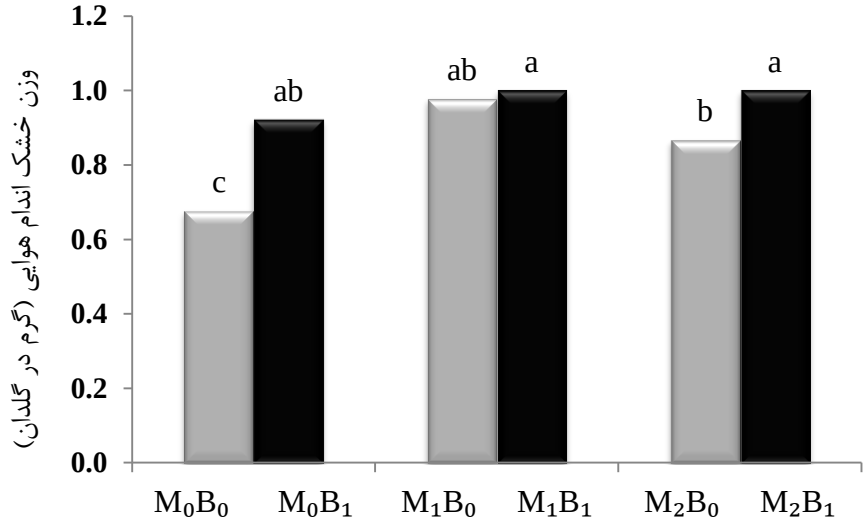
داد بعد از شش هفته گیاهان میکوریزائی میزان رشد بیشتری داشتند و در هفتـه هیجـدهم میـزان مـاده خشک برگ و ساقه، طول شاخه و سطح برگ در گیاهان میکوریزائی بالاتر بود (استرادا- لونـا و همکـاران، ۲۰۰۰). استفاده از قارچ میکوریزا با جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی سرعت رشد گیاه را افزایش می دهد و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر می گذارد، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها وزن خشک اندام هوایی افزایش می یابد (ارتاس و هریس، ۱۹۹۶).



شکل ۴-۴- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی نهال پسته

بررسی شکل ۴-۵ نشان می دهد که همه تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی را به همراه داشته اند که سهم تیمارهای M_2B_1 و M_1B_1 در این خصوص بیشتر بود که نشان دهنده اثر هم افزایی مثبت آرباسکولار میکوریزا و باکتری های حل کننده فسفات می باشد. درعین حال کاربرد توام میکوریزا و کود زیستی فسفاته بارور-۲ توانست وزن خشک اندام هوایی گیاه را نسبت به

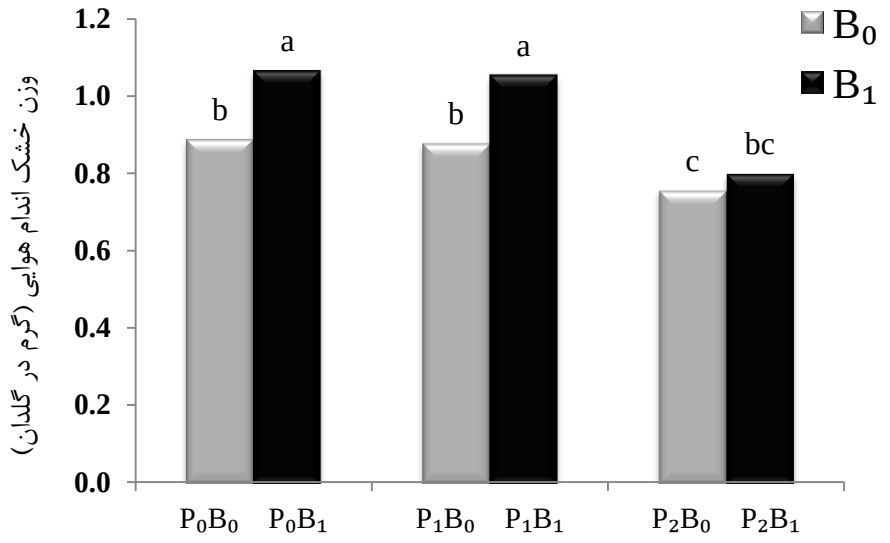
شاهد افزایش معنی دار دهد. نتایج تحقیقات نشان داده که باکتری های تحریک کننده رشد به همراه قارچ های آرباسکولار میکوریزا می توانند سبب افزایش توده زیستی و جذب مواد معدنی حتی در شرایط تنش زا شوند (اداسموی و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۴-۵- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر وزن خشک اندام هوایی نهال پسته

به کاربردن کود زیستی فسفاته بارور-۲ به همراه کود فسفات توانست نسبت به شاهد منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی در تمامی سطوح فسفر شود. شکل (۴-۵) نشان دهنده افزایش ۶۸/ ۱۶درصدی وزن خشک اندام هوایی گیاه تیمار P_0B_1 نسبت به تیمار شاهد (P_0B_0) می باشد. به هر حال تیمارهای حاوی مقادیر زیاد فسفر (P_2B_0, P_2B_1) سبب کاهش معنی دار وزن خشک اندام هوایی گیاه نسبت به تیمارهای بدون فسفر (P_0B_0, P_0B_1) شد. باید توجه داشت که از تأثیرات افزایشی این باکتری ها زمانی می توان به خوبی بهره برد که کودهای شیمیایی در حد بهینه در اختیار گیاه باشد، در غیر این صورت

گیاه ترجیح می دهد که بدون صرف انرژی، از کود شیمیایی استفاده کند و کاربرد باکتری ها در عمل بی تأثیر است (توحیدی مقدم و همکاران، ۲۰۰۸).

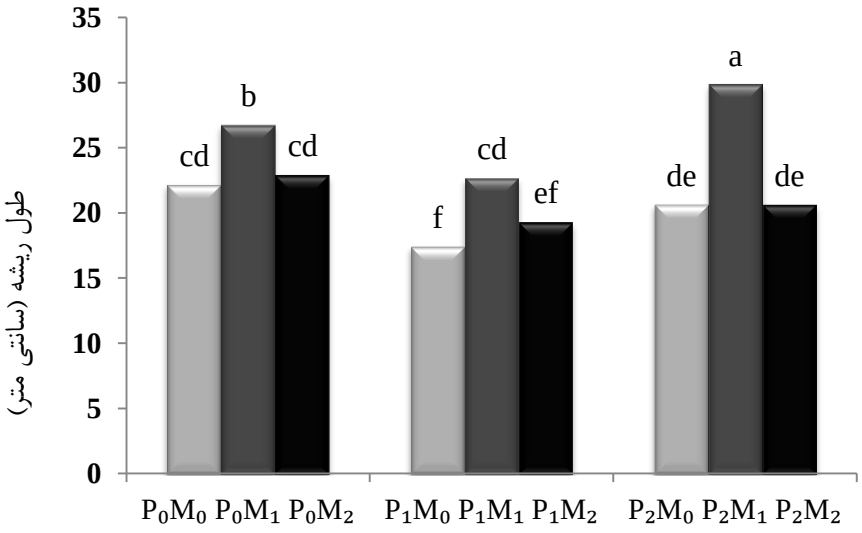


شکل ۴-۶- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر وزن خشک اندام هوایی نهال پسته

۴-۳- طول ریشه

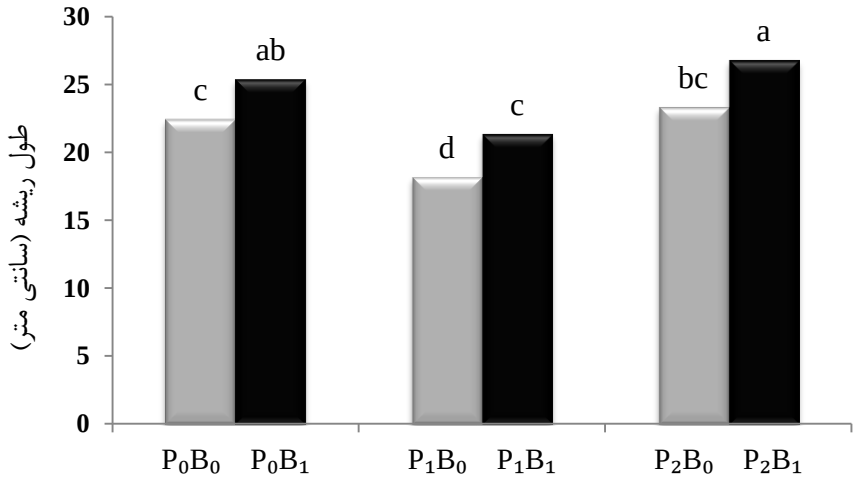
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱ پیوست) اثر اصلی تیمار کود شیمیایی فسفر بر طول ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشد. همچنین اثرات متقابل کود شیمیایی فسفر و میکوریزا، کود شیمیایی فسفر و کود بارور-۲ بر طول ریشه نهال پسته نیز درسطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشد.

بر طبق شکل (۴-۷) بیشترین طول ریشه درتیمار P_2M_1 مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (P_0M_0) افزایش ۸۱/ ۲۵ درصدی نشان می دهد وکمترین طول ریشه در تیمار P_1M_0 مشاهده شد بین قارچهای میکوریزی استفاده شده در این پژوهش M_2 کمترین طول ریشه را به خود اختصاص داده است. به نظر می رسد بومی بودن قارچ M_1 در مناطق پسته کاری ایران سبب افزایش کارایی این قارچ در این پژوهش شده است. ابونصر (۱۹۹۸) گزارش کرد که تلقیح تخم کدو پوست کاغذی با Glomus intraradices، سبب افزایش طول ریشه در مقایسه با گروه شاهد شد. مارولاندا و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که تلقیح اسطوخودوس با سویه های مقاوم به خشکی میکوریزا، سبب افزایش زیست توده ریشه شد. مطالعه بومری و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی همزیستی قارچ میکوریز با خرما در خاکهای مختلف نشان داد که خاکهای با میزان متفاوت فسفر در صد همزیستی متفاوتی دارند که بر طول ریشه نیز اثر می گذارد.



شکل ۴-۷- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا برطول ریشه نهال پسته

شکل ۴-۸ نشان می دهد کود زیستی فسفاته بارور-۲ در تمامی سطوح فسفر شیمیایی سبب افزایش معنی دار طول ریشه نهال پسته گردیده است. تغییر در اندازه و مورفولوژی خارجی و داخلی ریشه ها به دلیل تاثیر مثبت باکتری های محرک رشد، بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیعتر خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب را افزایش داده که در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیشتر خواهد شد (زاهیر و همکاران، ۲۰۰۴). آنچه که تا به امروز مشخص شده تاثیر PGPR بر مورفولوژی ریشه بیشتر به واسطه تولید هورمون های محرک رشد می باشد که توسط این گروه از باکتری ها تولید می شود.

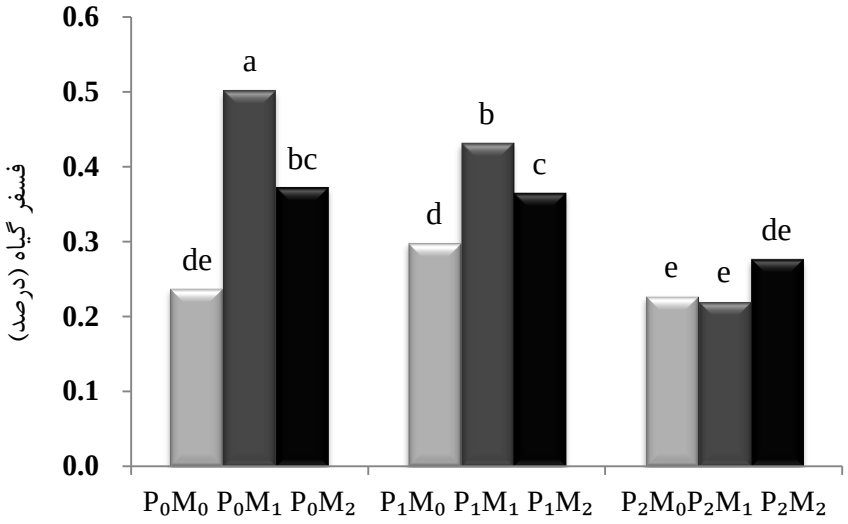


شکل ۴-۸- اثر متقابل کود فسفات و کودبارور-۲ برطول ریشه نهال پسته

۴-۴- غلظت فسفر در بخش هوایی گیاه

اثر اصلی تیمارهای فسفر، کود زیستی فسفاته بارور-۲ و میکوریزا، همچنین اثرات متقابل آنها بر فسفر اندام هوایی گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است (جدول ۴-۲ پیوست).

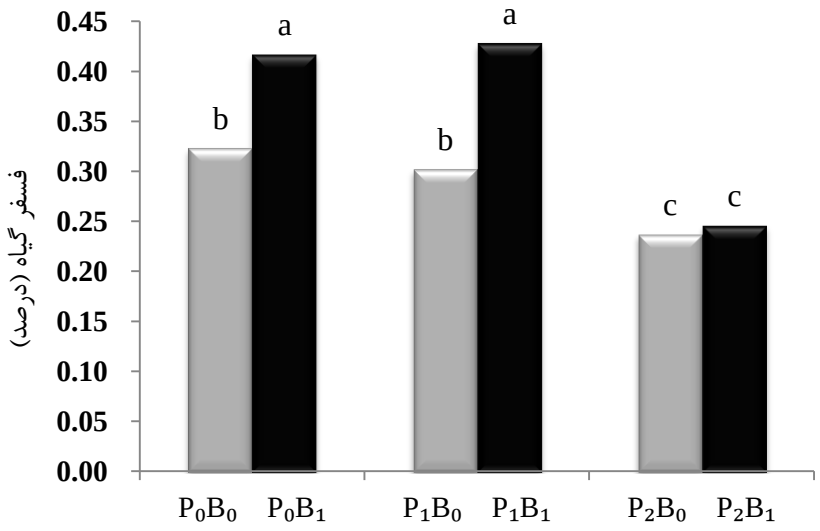
شکل ۴-۹ بیانگر تاثیر متفاوت سطوح فسفر بر افزایش غلظت عنصر فسفر بواسطه مایه زنی نهال های پسته با گونه های VAM می باشد. به گونه ای که بیشترین فسفر اندام هوایی مربوط به تیمارP_0M_1 بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۷۹/ ۵۲ درصدی را نشان می دهد. دلیل احتمالی برای جذب بیشتر عنصر مذکور در پیکره ی گیاهی در تیمار P_0M_1 به علت افزایش سطح جذب، یا گسترش ریشه به دلیل وجود میزان مطلوب فسفر قابل جذب می باشد به طوری که فسفر در مقادیر پایین تر به دلیل کمبود و در مقادیر بالاتر به دلیل تجمع بیش از حد فسفر و نقش منفی آن در گسترش ریشه و جذب برخی از عناصر می تواند رشد گیاه را دچار محدودیت نماید. بنظر می رسد روند کاهش میزان جذب فسفر در تیمار های تلقیح و سطوح بالای کود فسفره سوپر فسفات تریپل ایجاد مسمومیت در محیط ریشه گیاه و تأثیر منفی بر گسترش آن باشد. تأثیر گونه های مختلف VAM روی غلظت فسفر اندام هوایی بیانگر توانایی متفاوت آنها درافزایش جذب فسفر توسط ریشه ها و انتقال آنها به اندامهای هوایی نسبت به نهال های شاهد می باشد. این موضوع توسط محققین مختلف روی سایر محصولات کشاورزی دیگر نیز گزارش شده است. اصلانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر دو گونه قارچ آرباسکولار میکوریزا Glomus intraradices و Glomus mosseae بر میزان جذب فسفر در گیاه ریحان اظهار نمودند که گیاهان تلقیح شده با این قارچ ها در مقایسه با گیاهان شاهد از رشد، عملکرد و میزان فسفر بیشتری در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند.



شکل ۴-۹- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا برمیزان فسفر اندام هوایی نهال پسته

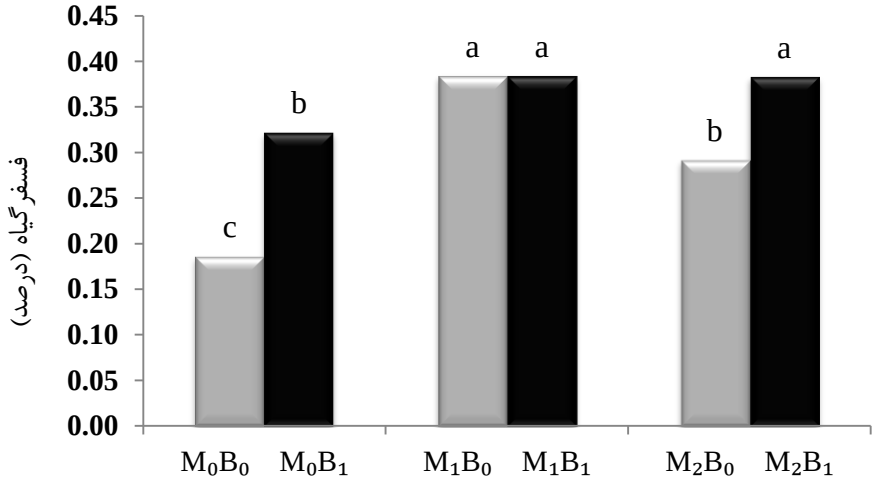
شکل ۴-۱۰ بیانگر افزایش معنی دار فسفر اندام هوایی در اثر کاربرد کود فسفاته زیستی بارور-۲ در شرایط بدون کود فسفر (P_0) و مقدار کم فسفر (P_1) بوده است. در مقادیر زیاد فسفر (P_2) کود بارور ۲ تاثیر چندانی بر مقدار فسفر گیاه نداشته است. بنظر می رسد افزایش فسفر پیکره گیاهی در تیمار های مذکور به دلیل نقش بسیار مهم میکروارگانیسم های حل کننده ی فسفات موجود در ساختار کود بیولوژیک برای فراهمی و جذب بیشتر این عنصر می باشد. ساندرا و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که کاربرد یک سوش از باکتریهای حل کننده فسفات به نام Bacillus megatherium همراه با سنگ فسفات، موجب بهبود معنی دار غلظت فسفر در غلاف برگ در مراحل مختلف رشدی مانند مرحله پنجه زنی در مقایسه با شاهد می شود. سینگ و کاپور (۱۹۹۸) نیز گزارش کردند که تلقیح میکرواورگانیسم های حل کننده فسفات با سنگ فسفات و یا بدون آن، باعث افزایش عملکرد باقلا می شود و جذب فسفر توسط گیاه نسبت به شاهد تلقیح نشده افزایش می یابد. بنظر می رسد مقادیر زیاد فسفر از تاثیر مثبت میکوریزا و کودزیستی فسفاته بارور-۲ کاسته است. فسفر یکی از مهمترین عناصر محدودکننده تولید

گیاهان زراعی در اکوسیستم های زراعی محسوب می شود، اما استفاده از مقادیر زیاد کود فسفر سبب کاهش جمعیت و فعالیت فیزیولوژیک قارچ میکوریزا می شود (باگیارای، ۱۹۹۰).



شکل ۴-۱۰- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر میزان فسفر اندام هوایی نهال پسته

شکل ۴-۱۱ نشان دهنده اثر مثبت تلقیح توام قارچهای میکوریزا وکودبارور-۲ بر فسفر اندامهای هوایی نهال پسته می باشد. در آزمایشی مشخص شد که تلقیح توام ریزوبیوم ، قارچ میکوریزا و باکتریهای حل کننده فسفات در ریزوسفر یونجه باعث افزایش جذب فسفر و نیتروژن در این گیاه می شود (تورو وهمکاران، ۱۹۹۸). استفاده همزمان از ریزجانداران حل کننده فسفات و قارچهای میکوریز آربسکولار در کشت مزرعه ای ذرت و در شرایط تنش رطوبتی نشان داد که در تیمارهای تلقیح شده، عملکرد، اجزاء عملکرد و جذب عناصر فسفر و نیتروژن افزایش یافته است (احتشامی و همکاران،۱۳۸۷).

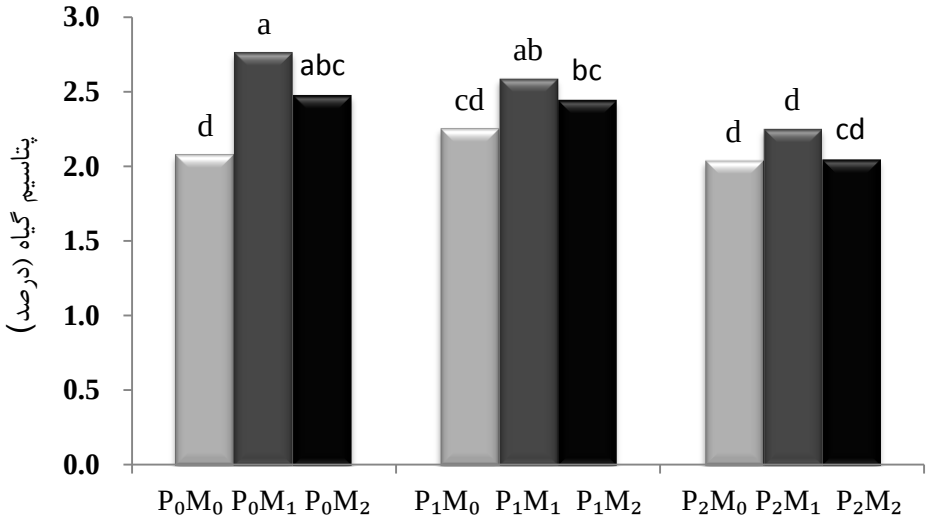


شکل ۴-۱۱- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر میزان فسفر اندام هوایی نهال پسته

۴-۵ غلظت پتاسیم بخش هوایی گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان دهنده معنی داری اثر اصلی تیمارهای فسفر، کود زیستی فسفاته بارور-۲ و میکوریزا و اثرات متقابل میکوریزا و کود شیمیایی فسفر و همچنین میکوریزا و کود زیستی فسفاته بارور-۲ در سطح احتمال ۱ درصد است (جدول ۴-۲ پیوست). شکل ۴-۱۲ نشان داد که بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار P_0M_1 مشاهده شد که افزایش ۸۳/ ۲۴درصدی نسبت به تیمار شاهد (P_0M_0) نشان می دهد این افزایش ممکن است بدلیل افزایش سطح مورد نیاز برای جذب یا انتقال توسط هیف قارچ باشد. جری و همکاران (۲۰۰۷) نیز با انجام آزمایشی بر روی گیاه Acacia nilotica گزارش کردند که گیاهان تیمار شده با قارچ G. mossea غلظت بالاتری از پتاسیم را نشان داده اند. دکلرک و همکاران (۱۹۹۴) نیز افزایش معنی دار مقدار پتاسیم در گیاه موز میکوریزی را گزارش کرده اند. پژوهشگران دیگری نیز در مورد تأثیر کاربرد قارچ های میکوریز آرباسکولار بر افزایش غلظت یون پتاسیم در گیاهان

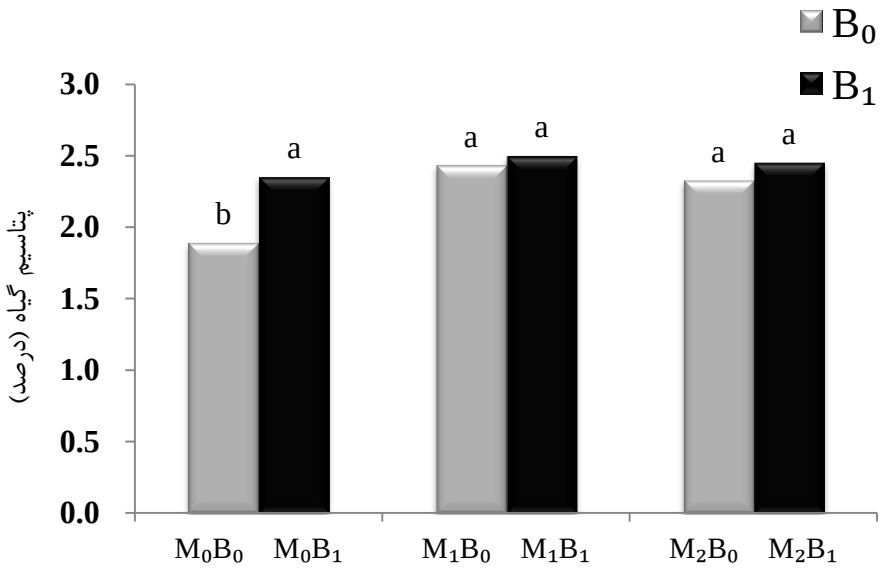
میکوریزی شده به نتایج مشابهی دست یافته اند (هارلی و اسمیت، ۱۹۸۳). به هر حال متناسب با افزایش کاربرد کود شیمیایی فسفر از تاثیر مثبت قارچهای میکوریزی بر غلظت پتاسیم کاسته شده است.



شکل ۴-۱۲- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا برمیزان پتاسیم اندام هوایی نهال پسته

شکل ۴-۱۳ بیانگر تاثیر مثبت کاربرد توام میکوریزا و کود بارور-۲ در مقایسه با میکوریزا به تنهایی می باشد. ازنظرآماری تفاوت معنی داری بین نوع میکوریزای استفاده شده مشاهده نشد. این نتایج حاصل از تاثیر مثبت باکتری های حل کننده فسفات بر جذب پتاسیم می باشد. از جمله مکانیسم های احتمالی می توان به دو مورد اشاره نمود: ۱- تولید هورمون های گیاهی سبب توسعه ریشه و افزایش سطح جذب می شوند. ۲- تولید پروتون و سیدروفورها دررهاسازی K^+ از کانی ها مؤثر می باشند (راثی پور و اصغرزاده، ۱۳۸۶). کاربرد همزمان میکوریز گونه Glomus mosseae و باکتری حل کننده فسفات نسبت به تیمارهای دیگر سبب افزایش چشمگیر در میزان جذب فسفر، ازت و پتاسیم در گیاه آویشن دنایی شد

(بهادری و همکاران، ۱۳۹۲). علی اصغرزاده و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تلقیح میکوریزایی و باکتریایی به طور جداگانه، سبب افزایش محتوای پتاسیم گیاه شدند، ولی بیشترین محتوای پتاسیم اندام گیاهی در نتیجه ی تلقیح دوگانه ی سویا (میکوریزا و Bradyrhizobium japonicum) حاصل شد.

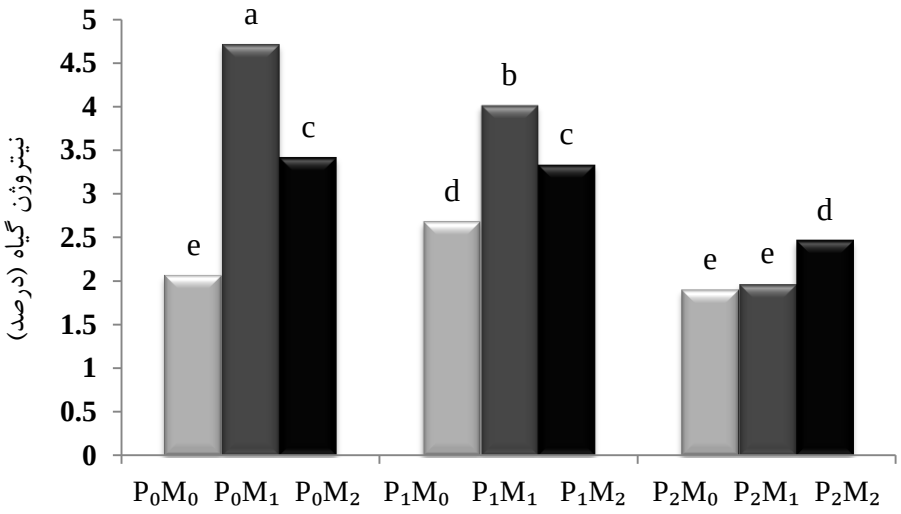


شکل ۴-۱۳- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر میزان پتاسیم اندام هوایی نهال پسته

۴-۶- غلظت نیتروژن در بخش هوایی گیاه

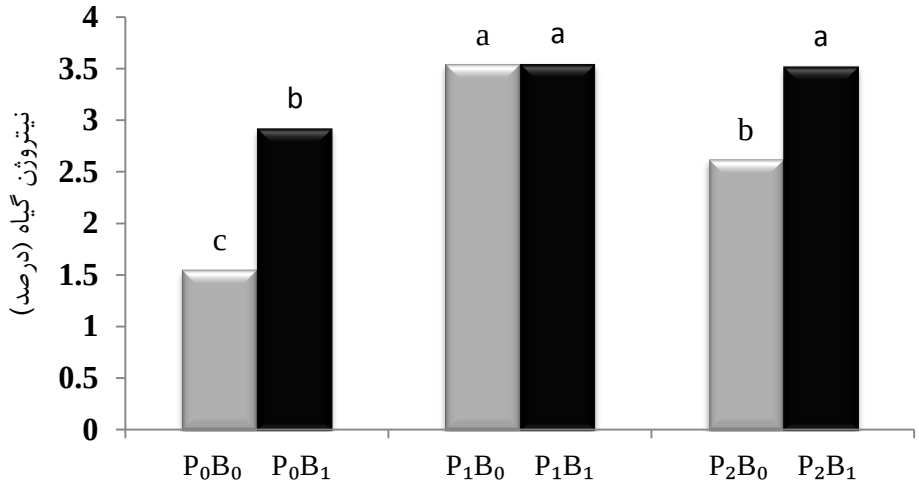
آنالیز داده ها نشان داد در بین اثرات اصلی، تیمارهای کود فسفر و میکوریزا بر مقدار نیتروژن اندام هـای هوایی گیاه در سطح احتمال ۱درصد معنی دار بود. همچنین اثرات متقابل کود فسفر و میکوریزا و اثـرات متقابل کود فسفر و باکتریهای حل کننده فسفات بر میزان نیتروژن اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنـی دار شده است (جدول ۴-۲ پیوست).شکل ۴-۱۴ نشان می دهد که بیشترین مقدار نیتروژن گیاه مربوط به میکوریزای M_1 و سطح فسفر شاهد P_0 می باشد. غلظت بیشتر نیتروژن در P_0M_1 نسبت بـه P_OM_O تـاثیر

مهمتر فاکتور میکوریزا را نسبت به کود شیمیایی فسفر بیان می کند. تفـاوت معنـی دار میـان تیمارهـای وجود و عدم وجود میکوریزا هم چنین تفاوت در سطوح کود فسفره سوپر فسفات تریپل در مـورد درصـد نیتروژن پیکره گیاهی ناشی از تفاوت در میزان فسفر محلول آزاد شده از هر کدام تیمار ها می باشد و بـه نظر می رسد که تیمارهای کود بیولوژیک نقش بسیار موثری در افزایش میزان فسفات محلول بـازی مـی نمایند (ملبوبی و همکاران، ۱۳۸۲) که این افزایش در گرو استفاده از میـزان مناسـب کـود فسـفره سـوپر فسفات تریپل است. تحقیقات نشان داده که فسفرباعث افزایش میزان جذب نیتروژن می گـردد (حیـدری شریف آباد وهمکاران، ۱۳۷۹). محلول سازی بیشتر فسفر در تیمار وجود کود بیولوژیک می تواند یکـی از دلایل اصلی برای افزایش میزان نیتروژن گیاه باشد. افزایش درصد نیتروژن در گیاه به واسـطه ی افـزایش فسفر محلول به دلیل نقش بسیار مهم این عنصر در گره زایی و تثبیت نیتروژن گیاهان اسـت (راثـی پـور وهمکاران، ۱۳۸۶؛ ون عثمان و همکاران، ۱۹۹۱). استفاده از مایه تلقیح قـارچ هـای میکـوریزی درکشـت گندم و در شرایط مزرعه ای نشان داد که همزیستی میکوریزی از طریق افزایش کار آیی جذب نیتـروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین عناصر کم مصرف روی و مس توانسته است رشد و عملکرد گیاه گندم را افزایش دهد (ملک ثابت و همکاران، ۱۳۸۵).



شکل ۴-۱۴- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا برمیزان نیتروژن اندام هوایی نهال پسته

کاربرد توام کودبارور-۲ و کود فسفات تاثیر مثبت در نیتروژن گیاه داشته و سبب افزایش آن نسبت به شاهد شده است (شکل ۴-۱۵). دلیل احتمالی این امر، نقش بسیار مهم عنصر فسفر می تواند باشد زیرا برای تثبیت نیتروژن، انرژی فراوان مورد نیاز است که با وجود فسفر کافی و ATP فراوان تامین می شود (اولیورا وهمکاران، ۲۰۰۲؛ بتن و همکاران، ۱۹۸۷). بنایراین نقش غیر قابل انکار کود بیولوژیک را در این عامل می توان دخیل دانست. محققان دریافتند که حضور این دو کود بیولوژیک در کنار یکدیگر نه تنها از طریق مشارکتشان در افزایش فراهم کردن سطح جذب، سبب بهبود جذب عناصر معدنی نظیر نیتروژن می شوند، بلکه قادرند در چرخه بیوژئوشیمیایی عناصر غذایی در خاک نیز مداخله کنند و از طریق تسهیل حلالیت عناصر معدنی، موجب جذب کارآمد آنها توسط گیاه شوند (تورو و همکاران، ۱۹۹۸).

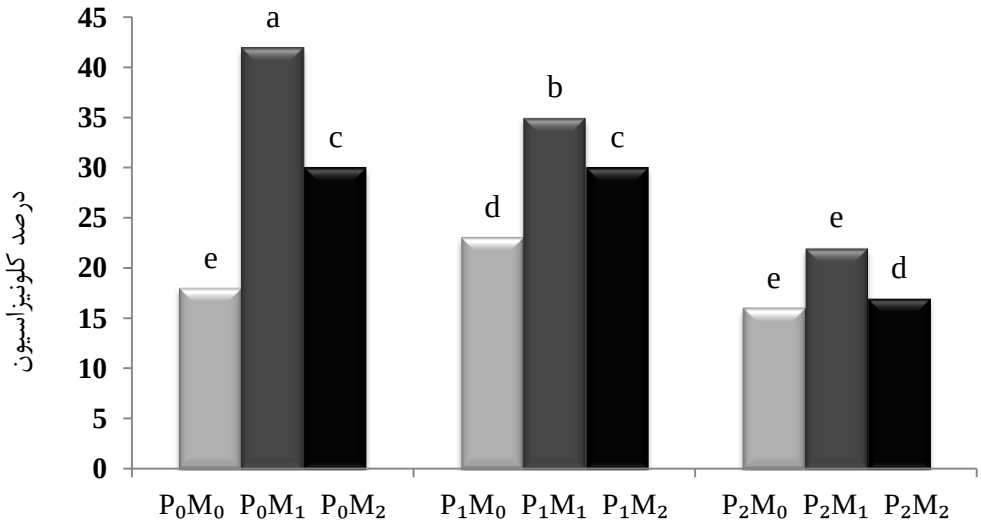


شکل ۴-۱۵- اثر متقابل کود فسفات و کود بارور-۲ بر میزان نیتروژن اندام هوایی نهال پسته

۴-۷- کلونیزاسیون میکوریزایی

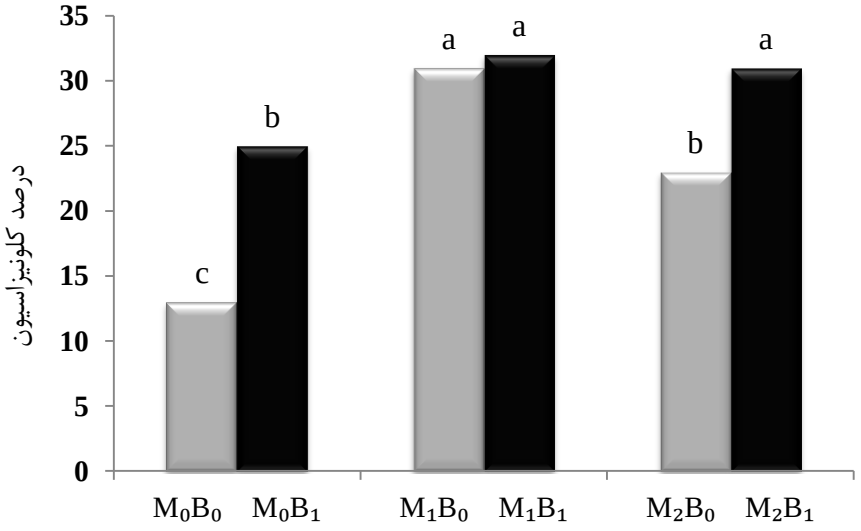
بررسی جدول شماره ۴-۴ تجزیه واریانس داده ها واقع در پیوست نشان داد که اثر متقابل کود فسفر و میکوریزا و همچنین اثر متقابل کود فسفر و کود بارور-۲ (در سطح احتمال ۱درصد) روی کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه معنی دار شده است. طبق شکل (۴-۱۶) قارچ میکوریزا توانست در این آزمایش میزان همزیستی با ریشه گیاه را در تمامی سطوح فسفر نسبت به تیمار شاهد به میزان قابل توجهی افزایش دهد کلونیزاسیون ریشه نهال های پسته حاکی از یک همزیستی مسالمت آمیز بین ریشه و قارچهای VAM است. این همزیستی تحت تأثیر سطوح فسفر و گونه VAM و اثرات متقابل آنها قرار گرفته است. به گونه ای که P_0M_1 بهترین همزیستی (بیشترین درصد کلونیزاسیون) در تمامی سطوح فسفر را به خود اختصاص دا د و باعث افزایش ۱۴/ ۵۷ درصدی کلونیزاسیون میکوریزایی نسبت به تیمار شاهد گردید .به هر حال استفاده از کود شیمیایی فسفر سبب کاهش معنی دار کلونیزاسیون شده است. لازم به ذکر است

که در تیمار عدم تلقیح مقادیر مشاهده شده، مربوط به جمعیت میکوریزای بومی خاک می باشد که قبلاً در خاک حضور داشته اند. برین و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزا بر روی خصوصیات رشدی و تغذیه ای گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا نسبت به گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریزا از درصد کلونیزاسیون بالاتری برخوردار بودند. قارچهای میکوریزی در کشت مزرعه ای ذرت توانسته اند ارتفاع گیاه، طول بلال، جذب پتاسیم، نیتروژن و فسفر و همچنین درصد کلونیزاسیون ریشه را در سطح معنی دار افزایش دهند (امیر آبادی و همکاران ۱۳۸۹). در این تحقیق نشان داده شد که با افزایش مقدار فسفر در خاک کلونیزاسیون کاهش یافت. در خصوص نقش فسفر می توان گفت که اضافه کردن فسفر می تواند باعث افزایش غلظت فسفر در بافتهای گیاه شود و در نتیجه ترشحات ریشه ای کاهش می یابد (کوسکه و گما، ۱۹۹۶) مقادیر پایین ترشحات ریشه ای در ریزوسفر می تواند باعث کاهش جذب هیفهای قارچی جوانه زده به سمت ریشه شود (تاوارایا و همکاران، ۱۹۹۸). ترینادی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند همبستگی منفی و معنی داری بین کلونیزاسیون قارچهای میکوریزی آرباسکولار با غلظت فسفر وجود دارد.



شکل ۴-۱۶- اثر متقابل کود فسفات و میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه نهال پسته

گرچه درصد کلونیزاسیون ریشه در کاربرد همزمان کود بارور-۲ و کود فسفات نسبت به کاربرد میکوریزا به همراه کود فسفات کاهش نشان داد (شکل۴-۱۷)، اما اثربخشی بر جذب مواد مغذی و رشد گیاه در کاربرد توأم این دو میکروارگانیسم با هم مشاهده شد(شکل ۴-۱۱؛شکل۴-۵). بنظر می رسد همیاری اثر بخش باکتری های حل کننده فسفات و قارچ Glomus intraradices سبب بهبود رشد رویشی در نتیجه بهبود تغذیه گیاه و جذب بیشتر عناصر NPK شده است. احتشامی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که بر همکنش قارچ میکوریزا و باکتری حل کننده فسفات باعث افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه شده است.

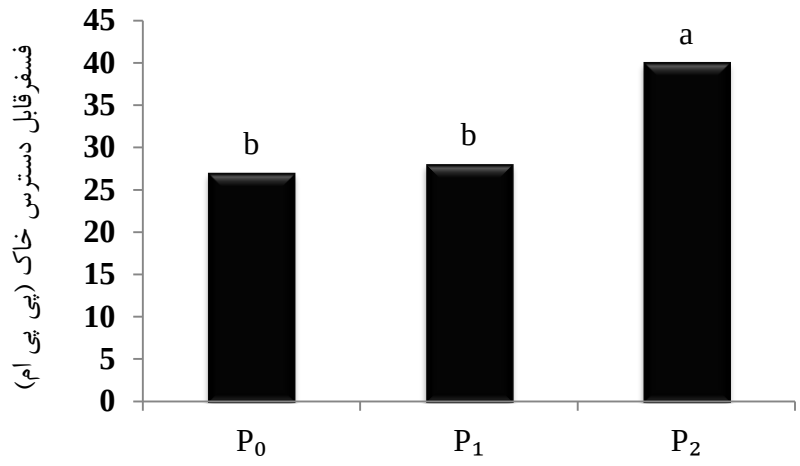


شکل ۴-۱۷- اثر متقابل میکوریزا و کود بارور-۲ بر درصد کلونیزاسیون ریشه نهال پسته

۴-۸- فسفر قابل دسترس خاک

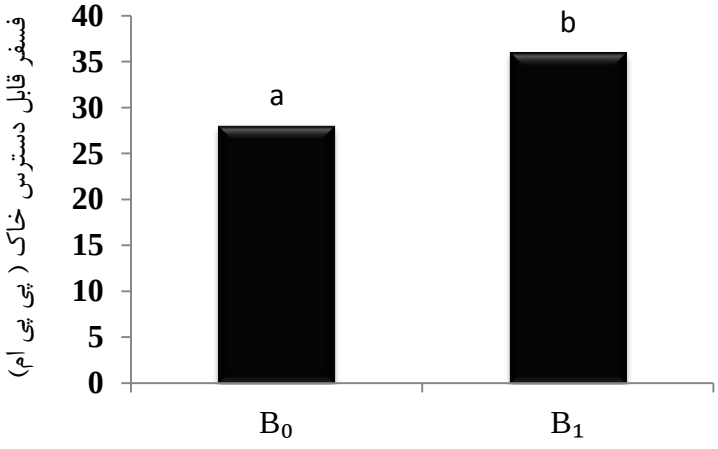
نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۴-۳ پیوست) نشان می دهد دهد تیمارهای اصلی اثر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر فسفر قابل دسترس خاک دارند.

یکی از راهکارهای تشخیص نیاز گیاه به فسفر، اندازه‌گیری فسفر قابل جذب گیاه در خاک است شکل (۴-۱۸) نشان می دهد که با اضافه شدن کود شیمیایی فسفر، فسفر قابل جذب خاک به طور معنی داری افزایش یافته است. قول لر عطا (۱۳۸۴) نیز در پژوهش خود مشاهده کرد افزایش فسفر خاک به طور معنی داری فسفر قابل دسترس خاک را افزایش می دهد. البته باید توجه داشت که بالا بردن سطح فسفر قابل استفاده همواره دستاورد ملموسی به دنبال نخواهد داشت. یک آزمایش دراز مدت نشان داد که اضافه کردن بیشتر کود فسفاتی، هر چند که میزان فسفر قابل دسترس خاک را افزایش می دهد، اما در میزان برداشت فسفر به وسیله گیاه تأثیری ندارد به عبارت دیگر هر قدر فسفر قابل دسترس خاک بیشتر باشد برداشت گیاه بیشتر معطوف به این منبع بوده و از منبع غیرقابل دسترس کمتر استفاده می شود ولی اگر فسفر قابل دسترس در سطح پایینی باشد، عکس این حالت رخ خواهد داد به هر حال در طولانی مدت، برداشت گیاه از هر دو خاک (با فسفر قابل دسترس زیاد و کم) یکسان می باشد و مصرف زیادتر فسفر در این حالت تنها هزینه تولید را افزایش خواهد داد (بهنام و وفایی، ۱۳۸۶).



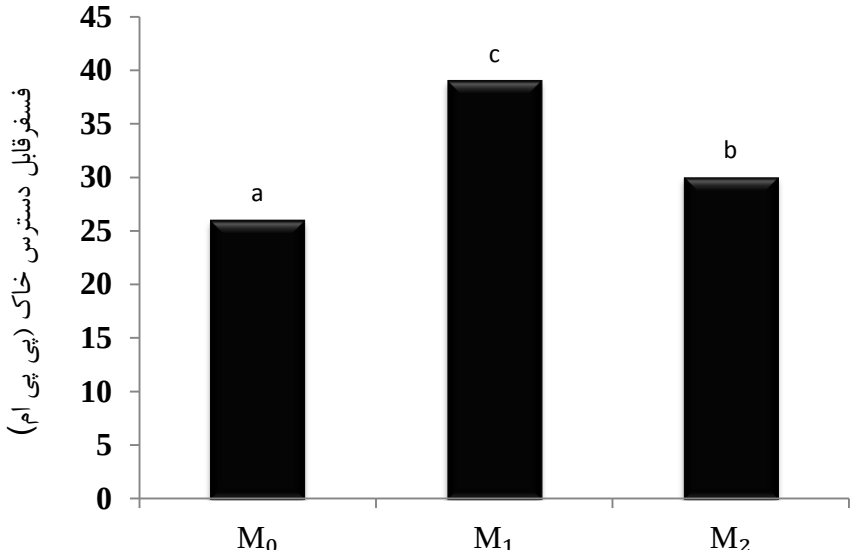
شکل۴-۱۸- اثر کاربرد کود شیمیایی فسفاته بر فسفر قابل دسترس خاک

طبق شکل (۴-۱۹) کاربرد کود زیستی فسفاته بارور-۲ سبب افزایش معنی دار فسفر قابل دسترس خاک شده است.. در اکثر تحقیقات انجام یافته، تولید اسید از جمله مکانیسم های عمده انحلال فسفات توسط میکرو ارگانیسم ها ذکر شده است(آنتون،۲۰۰۲؛ چابوت و همکاران،۱۹۹۶؛ ایلمر و همکاران،۱۹۹۵).



شکل۴-۱۹- تاثیر کاربرد کود بارور-۲ بر فسفر قابل دسترس خاک

بررسی شکل (۴-۲۰) نشان می دهد که تلقیح میکوریزا افزایش معنی داری در فسفر قابل دسترس خاک نسبت به عدم تلقیح آن ایجاد کرده است. خان و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند که فسفر قابل جذب خاک در اثر تلقیح میکوریزا به طور معنی داری در خاک مزرعه افزایش می یابد. همچنین نتایج تحقیقات وئو و همکاران (۲۰۰۵) و زیدی و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیانگر افزایش فسفر قابل جذب در اثر تلقیح میکوریزا می باشد. همچنین تاثیر انواع قارچ های میکوریزا بر افزایش فعالیت های میکروبی خاک، افزایش مقدار فسفر قابل دسترس گیاهان و در نتیجه افزایش رشد گیاهی بخوبی به اثبات رسیده است (احمد خان و همکاران، ۲۰۰۷؛ دوپنویس و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج این تحقیق نشان داد تلقیح میکوریزا سبب افزایش فسفر قابل دسترس خاک می شود که ممکن است به دلیل ترشح آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی محلول کننده فسفر نظیر اسید مالیک از ریشه گیاهان تلقیح یافته باشد.



شکل۴-۲۰- تاثیر کاربرد میکوریزا بر فسفر قابل دسترس خاک

۴-۹ فسفر محلول خاک

بررسی جدول تجزیه واریانس داده ها در جدول ۴-۳ واقع در پیوست نشان می دهد که فسفر محلول خاک در این آزمایش از هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیر نپذیرفت.

۴-۱۰ pH خاک

بررسی جدول تجزیه واریانس داده ها در جدول ۴-۳ واقع در پیوست نشان می دهد که pH خاک در این آزمایش از هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیر نپذیرفت.

نتیجه گیری:

کاربرد کود زیستی فسفاته بارور-۲ به همراه تلقیح میکوریزا درسطوح مختلف فسفر خاک بر بسیاری از صفات مورفولوژیکی و جذب عناصر غذایی نهال پسته تاثیر مثبت و معنی داری بجا گذاشته است. کاربرد میکوریزا به همراه سطوح مختلف کود فسفر در این آزمایش توانست بیشترین وزن خشک اندام هوایی را در تیمار P_0M_1 ایجاد کند که نسبت به تیمار شاهد (P_0M_0) ۱۶/ ۳۵ درصد افزایش نشان می دهد. نتایج تحقیق حاضر و مقایسه میانگین غلظت عناصر در اندام های هوایی نهال پسته بیانگر اینست که نهال های تلقیح شده با میکوریزا در بیشتر موارد غلظت بالاتری از عناصر غذایی را نسبت به تیمارهای عدم تلقیح نهال های پسته با میکوریزا به خود اختصاص داده اند. که نقش قارچهای میکوریزی مورد استفاده در این پژوهش بوسیله سطوح مختلف فسفر تحت تاثیر قرار گرفت. تاثیر فسفر بر جذب عناصر NPK در سطوح پایین فسفر بیشتر ازسطوح بالاتر فسفر بود بنظر می رسد بازدارندگی مقادیر بالای فسفر روی فعالیت میکوریزایی یکی از دلایل کاهش جذب عناصر غذایی مذبور باشد.

مقایسه دو گونه میکوریزای مورد استفاده در این پژوهش حاکی از آن است که در اکثر صفات مورد آزمایش قارچ M_1(Glomus intraradices) کارایی بهتری نسبت به قارچ M_2(Glomus mosseae) داشت. با توجه به اینکه M_1 بومی مناطق پسته کاری ایران می باشد می توان در آزمایشات بعدی از آن استفاده نمود.

اثر تلقیح باکتری های حل کننده فسفات در مقایسه با تیمارهای کود فسفره حاکی از برتری تیمار حل کننده فسفات در میزان تولید ماده خشک گیاهی،طول ریشه، میزان نیتروژن و فسفر اندام هوایی نهال پسته در سطح یکسان فسفر بوده است. با توجه به اثر مفید باکتری های حل کننده فسفات بر شاخص های رشدی نهال پسته که در این آزمایش مشاهده گردید می توان با بکارگیری این باکتری ها به صورت

کودهای میکروبی در سطح وسیع، از مصرف کودهای شیمیایی فسفاته کاست. استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله میکوریزا وکود زیستی فسفاته بارور-۲ نه تنها تاثیر نامناسبی بر بیولوژی و اکولوژی خاک ندارد بلکه سبب بهبود آن نیز می شود. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزا به تنهایی بر تمامی صفات اندازه گیری شده این پژوهش به غیر از فسفر محلول خاک و pH تاثیر معنی داری داشته است. به طور کلی نتایج نشان داد که افزایش کودهای شیمیایی رشد را چندان افزایش نداده است. از طرفی کاربرد صرف کودهای زیستی به تنهایی شاید نتواند نیاز غذایی گیاه را تامین کند. بنابراین با توجه به اثرات مخرب زیست محیطی کودهای شیمیایی، به کارگیری سیستم های تغذیه ای تلفیقی ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حفظ محیط زیست می تواند راهگشای تضمین و ثبات عملکرد در کشاورزی پایدار باشد. همچنین نتایج نشان داد که در کاربرد جداگانه این ریز موجودات کارایی قارچ میکوریز آرباسکولار نسبت به باکتری حل کننده فسفات در افزایش صفا **ت** مذکور بیشتر می باشد

پیشنهادها

۱- آزمایش های باغی مشابه با استفاده از کود بارور-۲ ومیکوریزا به منظور تعمیم نتایج آزمایش گلخانه ای انجام گیرد.
۲- در آزمایشی مشابه کاربرد سطوح مختلف کود بارور-۲ و در دوره رشد بیشتر مورد بررسی قرار گیرد
۳- تاثیر قارچ های میکوریزا بر روی جذب سایر عناصر درآزمایشی مشابه بررسی گردد.
۴- تلفیق سایر کودهای بیولوژیک همراه با میکوریزا در باغات پسته مطالعه گردد.
۵- باتوجه به کاهش تاثیر مثبت میکوریزا و کود بارور-۲ در اثر مقادیر بالای فسفر مصرف بهینه این کود در باغات توصیه می گردد.

پیوست

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اندام هوایی و ریشه نهال پسته

منابع تغییرات	df	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	طول ریشه (سانتی متر)
rep	۲	۰/۲۸۱	۰/۰۰۱	۱۸/۵۶۷
P	۲	۳۲/۸۹۶**	۰/۲۲۷**	۱۳۸/۶۸۲**
B	۲	۳۲/۳۱۵**	۰/۱۷۰**	۱۶/۹۱۹ns
PB	۴	۱۲/۶۴۷**	۰/۰۷۹**	۹۴/۷۱۳**
M	۱	۲۹/۹۲۷**	۰/۲۴۰**	۲۰/۵۶۰ns
PM	۲	۵/۷۰۴**	۰/۰۲۷**	۵۸/۷۷۲**
BM	۲	۷/۸۹۴**	۰/۰۵۶**	۱/۳۴۵ns
PMB	۴	۱/۱۱۹ns	۰/۰۰۹ns	۱۷/۱۱۴ns
Error	۳۴	۰/۴۶۶	۰/۰۰۵	۵/۷۳۵
CV		٪۴/۸۴	٪۷/۶۶	٪۱۰/۴۵

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

rep : تکرار

M : میکوریزا

P : کود شیمیایی فسفر

PMB :کودشیمیایی فسفر× میکوریزا × کود بارور-۲

B : کود بارور-۲

PM : کود شیمیایی فسفر × میکوریزا

PB : کود شیمیایی فسفر ×کود بارور-۲

Error : خطا

BM: کود بارور-۲× میکوریزا

CV: ضریب تغییرات

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اندام هوایی نهال پسته

منابع تغییرات	df	درصد نیتروژن گیاه	درصد فسفر گیاه	درصدپتاسیم گیاه
rep	۲	۰/۰۳۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳
P	۲	۹/۵۵۶**	۰/۰۹۶**	۰/۶۲۱**
B	۲	۷/۸۶۶**	۰/۰۷۹**	۰/۵۸۷**
PB	۴	۲/۹۵۶**	۰/۰۲۹**	۰/۱۹۳**
M	۱	۰/۳۲۷ ns	۰/۰۷۸**	۰/۴۱۳**
PM	۲	۵/۸۶۲**	۰/۰۱۶**	۰/۰۶۸ ns
BM	۲	۰/۲۱۶ ns	۰/۰۲۲**	۰/۳۲۳**
PMB	۴	۰/۲۲۸ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۵۰ ns
Error	۳۴	۰/۱۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱
CV		٪۱۱/۰۷	٪۱۰/۰۵	٪۶/۲۲

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ۴-۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نهال پسته

منابع تغییرات	df	فسفر قابل دسترس خاک (mg/kg)	فسفر محلول خاک (ppm)	pH
rep	۲	۲۲۵/۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۳
P	۲	۱۰۳۷/۶۷**	۰/۰۱۲ ns	۰/۰۰۵ ns
B	۲	۱۰۴۰**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۹ ns
PB	۴	۷۴/۷۲ ns	۰/۰۲۵ ns	۰/۰۱۴ ns
M	۱	۱۰۳۲/۳۳**	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۲۷ ns
PM	۲	۱۹۱/۰۲۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۵۸ ns
BM	۲	۳۶/۴۳ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۶ ns
PMB	۴	۱۰۹/۶۲ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۱۶۱ ns
Error	۳۴	۱۴۱/۲۶	۰/۰۰۲	۰/۰۲۳
CV		٪۲۴/۱۱	٪۵/۳۸	٪۱/۹۵

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ۴-۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نهال پسته

منابع تغییرات	df	درصدکلونیزاسیون میکوریزایی ریشه
rep	۲	۱۰/۰۳
P	۲	۲/۵۴^{ns}
B	۲	۷۴/۱۳^{ns}
PB	۴	۱۱/۹۲۰^{ns}
M	۱	۶۱۸/۶۶**
PM	۲	۵۳۳/۲۱**
BM	۲	۷۱۱/۵**
PMB	۴	۷/۷۲۸^{ns}
Error	۳۴	۱۹/۳۶
CV		٪۱۰/۷۲

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

منابع

احتشامی، م . ر.، آفا علیخانی، م. ، چائی چی ، م . ر .و خاوازی ، ک. **(۱۳۸۷)**. " تاثیر کودهـای زیسـتی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه ای سینگل گراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبـی". مجلـه علـوم گیاهان زراعی. ۴۰ (۱): ص ۱۵-۲۶

اردکـانی، م.، ر. د .مظـاهری ر.د، مجـد ف و نورمحمـدی ق. **(۱۳۷۹)**. **"**بررسـی کـارایی مـایکوریزا و استرپتومایسس در سطوح مختلف فسفر و تأثیر کاربرد آن ها بر عملکرد و برخی صفات گنـدم **."مجلـه علوم زراعی ایران**، جلد ۲، شماره۲.

اسدی رحمانی، ه. و فلاح نصرت آبادی ع، ر. **(۱۳۸۰)** . "تولید و ترویج کودهای بیولوژیک محـرک رشـد گیاه". مجله علوم خاک. و آب ، جلد ۱۲ . ویژه نامه بیولوژی خاک صفحه ۱۰۵-۹۷.

اشک تراب ن، **(۱۳۹۰)** پایان نامه ارشد: بررسی عوامل موثر بر تابع تقاضای صادرات پسته ایران با تاکید بر سلامت غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

اصغری ح.ر، **(۱۳۸۶)**. "بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه شبدر در میزان فسـفر قابـل دسـترس خاک". مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج.

اصلانی، ز.، حسنی، ع.، رسولی صدقیانی، م.ح.، سفیدکن، ف. و بـرین، م. **(۱۳۹۱)**. "تـأثیر دو گونـه قـارچ آربوسکولار مایکوریزا بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیـاه ریحـان(basilicum L Ocimum). تحت شرایط تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران،. ۲۷ (۳) :۴۸۶-۴۷۱.

امیرآبادی م.، اردکانی م، رجـالی ف.، برجـی م. **(۱۳۸۹)** . "بررسـی اثـرات ازتوبـاکتر کروکوکـوم و قـارچ میکوریزی در سطوح مختلف فسفر بر برخـی صـفات مورفولـوژیکی و خصوصـیات کیفـی ذرت علوفـه ای (سینگل کراس)". مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۴۱ ، ش ۱، صفحات ۵۶-۴۹.

امیر آبادی م، رجالی ف، اردکانی م. ر. و برجی م، **(۱۳۸۸)**، "تاثیر کاربرد مایه تلقـیح ازتـو بـاکتر و قـارچ میکوریزی بر جذب برخی عناصر معـدنی توسـط ذرت علوفـه ای (رقـم سـینگل گـراس۷۰۴) در سـطوح مختلف فسفر"، مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، شماره۱،جلد۲۳، ص ۱۰۷.

برین، م.، علی اصغر زاده ن. و صمدی ع. **(۱۳۸۴)**. "اثر تلقیح با قارچ های میکوریزی در خزانه بر خصوصیات رشدی و تغذیه ای گوجه فرنگی". مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران جلد ۲ ص ۵۷-۵۵.

بشارتی ح، صالح راستین ن. **(۱۳۷۸)** . "بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر". مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۳، شماره ۱. ص: ۳۹

بهادری ف، شریفی عاشور آبادی ا، میرزا م، متینی زاده م و عبدوسی و. **(۱۳۹۲)**. "تاثیر کاربرد باکتری های افزاینده رشد و قارچ میکوریز آرباسکولار بر جذب NPK و عملکرد کمی در گیاه دارویی آویشن دنایی. دو ماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۳۱، شماره ۳،صفحه ۵۲۷-۵۳۸ .

بهنام، م و وفایی س. م. **(۱۳۸۶)** "ضرورت تولید و کاربرد کودهای فسفاته بیولوژیکی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی"، اطلاع رسانی آموزش و ترویجی، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان میانه، آذربایجان شرقی.

پناهی ب، اسماعیل پور ع، فربود ف، موذن پور م و فریورمهین ح، **(۱۳۸۱)** ،"راهنمای پسته (کاشت، داشت، برداشت) " وزارت جهادکشاورزی معاونت جهادکشاورزی، معاونت آموزش وتجهیزنیروی انسانی، انتشارات آموزش کشاورزی.

پورآتشی م، **(۱۳۹۰)**، "ورود کودها و سموم شیمیایی به درون آب، علل عمده آلودگی آب ها در قرن حاضر"، اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

توحیدی مقدم، ح. ر.، حمیدی آ، قوشچی ف و. موسوی ا. **(۱۳۸۵)** . "کاربرد کودهای بیولوژیک به منظور بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی در زراعت سویا". نهمین کنگره علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.

توسلی،ع، و اصغرزاده ن. ع.. **(۱۳۸۸)** . "اثر قارچ های میکوریز آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد پیاز در یک خاک شور در شرایط مزرعه ای". مجله دانش آب و خاک، جلد ۱۹ ، شماره ۱

حاجی بلند ر، اصغر زاده ن. و برزگر ر.**(۱۳۸۶)**. "تاثیر گیاه برنج با دو گونه قارچ میکوریزا آرباسکولار بر رشد، جذب فسفر، پتاسیم و تغییر ریزوسفر"، مجله علوم خاک و آب۲۱ (۱): ۱۱۹ تا ۱۲۹.

حاجیلو، م .،سلیمی ،ح .، اصغری ، ح،ر.، خاوازای، ک . **(۱۳۸۹)** . "استفاده از باکتری های محرک رشد گیاه به عنوان کود زیستی در جهت پایداری اکوسیستم های زراعی" . اولین کنگره چالشهای کود در ایران : نیم قرن مصرف کود ، تهران هتل المپیک

حسین زاده ح، **(۱۳۸۳)**، "گزارش اثر کود زیستی فسفاته بارور-۲ روی عملکرد حبوبات"، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران و فناوری سبز، ۲۵ صفحه.

حیدری شریف آباد، ح . و ترک نژاد. ا. **(۱۳۷۹)** ." یونجه های یکساله". چاپ اول. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

خاوازی ک و ملکوتی م، **(۱۳۸۰)**، ."ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور(مجموعه مقالات) .."، نشر آموزش کشاورزی، ۵۸۹ ص.

خرم دل س، کوچکی ع، نصیری محلاتی ع. و قربانی ر. **(۱۳۸۷)**، " اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص های رشدی سیاهدانه "، مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۶، شماره ۲، ۲۸۵-۲۹۴.

خسروی ه، و اسدی رحمانی ه. **(۱۳۸۹)** . "چالش های توصیه و کاربرد مایه تلقیح های حاوی PGPR در ایران". اولین کنگره چالش های کود در ایران. تهران هتل المپیک.

خوش گفتار منش ا و سیادت ح. **(۱۳۸۱)**. "تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور". وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی.

راثی پور. ل.، اصغر زاده ن.ع. . **(۱۳۸۶)** ." اثرات متقابل باکتر های حل کننده فسفات و(Bradyrhizobium japonicum) بر شاخص های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی . سال ۱۱ . شماره چهل (الف).

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

رجالی، ف. **(۱۳۸۸)** ." بررسی تأثیر گونه های مختلف قارچ های میکوریز آربسکولار در جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف در گندم". گزارش نهایی طرح تحقیقاتی نشریه شماره ۱۴۴۶. موسسه تحقیقات خاک وآب.

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

رحـیم زاده س، سـهرابی ی. و حیـدری غ. **(۱۳۸۹)** . "تـأثیر مصـرف کودهـای بیولوژیـک روی جـذب عناصرN,P,K,S و عملکرد ماده خشک برگ، گیاه دارویی بادرشـبو". خلاصـه مقـالات چهـارمین همـایش منطقه ای یافته های پژوهشی کشاورزی غرب کشور، دانشگاه کردستان، صفحه ۲۳۳.

زارع م. ج. **(۱۳۸۶)** . "مطالعه رقابت بین باکتری رایزوبیوم، آربوسکولار میکوریزا و کرم خاکی". مجموعـه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج

سلیمی ح، **(۱۳۸۹)**، پایان نامه ارشد: "بررسی اثرات پرایمینگ، باکتری ریزوبیوم و کود آلی بر عملکـرد و اجزای عملکرد نخود"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود.

شجاع الدینی م. **(۱۳۸۲)** . "پسته، آفات، کمبودهاو بیماری ها"، انتشارات فروزش. کرج. ص ۳۵.

شیرانی راد، ا.ح.، علیزاده ع هاشمی دزفولی ا. **(۱۳۷۹)**. "بررسی اثر قارچ میکوریز وسیکولار- آربوسـکولار، فسفر وتنش خشکی بر کارایی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم". مجله نهال و بذر، جلد۱۶ ،شماره۳

صالح راستین، ن **(۱۳۷۷)**. "کودهای بیولوژیک"، نشریه علمی پژوهشی خـاک و آب، جلـد ۱۲، شـماره ، ۳مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران- ایران.

صالح راستین، ن. **(۱۳۸۰)**. "کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار". مجله علوم خاک و آب. ویژه نامه کودهای بیولوژیک.

صالح راستین ن، **(۱۳۸۴)**، "مدیریت پایدار از دیدگاه بیولوژی خاک"، مجموعـه مقـالات ضـرورت تولیـد صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور.

صالحی ف و موذن پور م. **(۱۳۸۱)** ." تأثیر مقادیر ازت، فسفر، پتاس بـر روی رشـد ریشـه و سـاقه نهـال پسته". گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات پسته. صفحات۴۵-۱.

عباس زاده م. **(۱۳۸۸)** . "بررسی تأثیر باکتریهای سودوموناسه با توانایی حلالیـت فسـفر بـر خصوصـیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه برنج رقم طارم (Oriza Sativa L. var. Tarom) ". پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان.

علیزاده اسکویی پ، (۱۳۸۰)، پایان نامه ارشد: تاثیر قارچ های میکوریز VAM برعملکرد،جذبP,Fe,Mn و غلظت ویتامین C میوه گوجه فرنگی در سطوح مختلف فسفر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

غلامی الف و کوچکی ع، **(۱۳۸۰)**، "میکوریزا در کشاورزی پایدار (ترجمه) "، انتشارات دانشگاه شاهرود، ۱۴۸ صفحه.

فلاح، ع.، بشارتی ح ، . خسروی ه . **(۱۳۸۵)**. میکروبیولوژی خاک ، تهران ، انتشارات آییژ.

قول لر عطا م، **(۱۳۸۴)**، پایان نامه ارشد: "اثر تلقیح میکوریزایی بر عملکرد شبدر برسیم و جذب عناصر غذایی در سطوح مختلف شوری و فسفر خاک"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد.

کریمیان، ن **(۱۳۷۷)**، "پیامدهای زیاده روی در مصرف کودهای شیمیایی فسفری"، نشریه علمی پژوهشی خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۴، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

کوچکی ع. و سرمد نیا غ، **(۱۳۷۷)**، "فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه) "، چاپ هفتم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. **(۱۳۸۴)**. " فیزیولوژی گیاهان زراعی". انتشارات دانشگاه مشهد، ص ۶۴۷.

ملایی پور م و نجفی م. **(۱۳۸۶)** ." بررسی تابع صادرات پسته ایران و ارائه راهبرد توسعه". اولین همایش ملی فرآوری و بسته بندی پسته. دانشگاه فردوسی مشهد.

ملبوبی، م.ع، پرویز اولیا ع.، مدنی ح. **(۱۳۸۲)** ."توصیف مشروح اختراع کود زیستی فسفاته" .گروه پژوهش ی میکروبیولوژی کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

ملبوبی، م.ع.، **(۱۳۸۶)** . ."ویژگی های کود زیستی فسفات بارور ۲ جهاد دانشگاهی."، زیست فناور سبز، ۱۰۴ صفحه.

ملک ثابت ع، اردکانی م، ماهور ع ، رجالی ف، سیادت ع. **(۱۳۸۵)** ." بررسی رابطه همزیستی سویه های میکوریزایی با صفات مهم مرفولوژیکی و جذب عناصر میکرو در ارقام مختلف گندم". نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

ملکوتی م. ح و طهرانی م. م. **(۱۳۷۸)**. "نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تاثیر کلان)". انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ صفحه.

ملکوتی م. ج. و همایی م، **(۱۳۷۳)**، "حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک (مشکلات و راه حل ها)"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۹۴ صفحه.

مهرآوران ح، **(۱۳۶۸)**، "اثر اندومیکوریزا در رشد نهال های پسته"، پنجمین کنگره گیاهپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه ۱۳۸.

میر انصاری مهابادی، م.ر.، بهرامی ح. رجالی ف و ملکوتی.م. ج. (**۱۳۸۵**) ." بررسی تأثیر قارچ های میکوریز آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت در شرایط تنش تراکم خاک ". مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰ ، شماره۱.

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, B., Sankar, A., Kishorekumar, R., Gopi, R., Omasundaram and Panneerselvam, R. **(2007).** " Pseudomonas fluorescens enhances biomass yield and ajmalicine production in Catharanthus roseus under water deficit stress". Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60: 7-11.

Aboul-Nasr, A. **(1998).** " Effects of inoculation with Glomus intraradices on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress conditions". Annals of Agricultural Science. 1: 119-133.

Adesemoye, A., Torbert, H. and Kloepper, J. **(2009).** "Plant growth- promoting rhizobacteria Allow reduced application rates of chemical fertilizers Microbial Ecology"., 58: 921-929.

Ahmed, S. **(1995).** "Agriculture-Fertilizer Interface in Asia-Issues of Growth and sustainability". Oxfeor and IBH Publ. Co. New Delhi.

Ahmad khan I. Sh. Ahmad N.M. Sarvat N. Moazzam M. Athar and Sh. Shabir, **(2007).** "rowth response of Buffel Grass (Cenchrus ciliaris) to phosphorus and mycorrhizal inoculation. Agric". Conspec. Sci, Vol 72. No:2. 129-132.

Aliasgharzade, N., M.R. Neyshabouri and G. Salimi. **(2006).** "Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium japonicum on drought stress of soybean. Biologiae", 61: 324-328.

Al-Karaki, G.N., and R.B. Clark. **(1998).** " Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress". journal of plant Nutrition 21:263-276.

Al-Karaki GN. **(2000).** " Growth and mineral acquisition by mycorrizal tomato grown under salt indrought resistance mycorrhiza". 7: 83-88.

Amerian, M.R., and W.S. Stewart**.(2001).** "Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, Assimilation and leaf water relations in maize (Zea mays L.) ". Aspects of Applied Biology 63.

Antoun, H**. (2002)**. "Field and greenhouse trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi". Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July 2002.

Arshad, M. and Franken berger, W**.(1991)**. " Microbial production of plant hormones". Plant and Soil. 133:1-8.

Asghari HR, Cavagnaro TR, **(2011).** " Arbuscular mycorrhizas enhance plant interception ofleached nutrients". Functional Plant Biology 38:1-8.

Auge, R. M. **(2001).** " Water relations, drought and vesicular-arbuscular myocrrhizal symbiosis". Mycorrhiza, 11, 3-42.

Bagyaraj, D.J. **(1990)**. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Pp: 3-34. In: AroraD.K., Rai, B., Mukerjii, K.G., Knudsen, G.R. (eds.), Handbook of Applied Mycology. Soil and Plants. Marcel Dekker, NewYork.

Baligar, V.C., Fageria, N.K. and Elrashidi, M.A. **(1998).** " Toxicity and nutrient constraints in root growth". Hort Sci. 36: 960-965.

Balyan JK, Puspendra S, Kumpawat BS, and Jat ML, **(2008).** " Effect of organic manure, fertilizer level and biofertilizers on soil nutrients balance in maize (Zea mays L.) ". Res. on Crops 9 (2): 308-310. Dryland Farming Research Station, Arjia, Bhilwara-311 001. (Rajasthan), India

Barea, J.M., The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility, Boil. Fert.soil**.(2003).** 37: 116.

Batten, G. D., **(1987)**. " Senescence of the flag leaf and grain yield following late foliar application of phosphate on plants of differing phosphorus status ". J. Plant Nutrition, 10: 735-740.

Bethlenfalvay, G. J. Brown, M. S. Frason, R. L**.(1990)**. "Glycine-Glomus-Bradyrhizobium symbiosis. Plant physiology". 94: 723-728.

Bouamri R., Dalpé Y., Serrhini MN. and Bennani A**.(2006).** "Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of Phoenix dactylifera L. in Morocco". African Journal of Biotechnology, 5:510-516.

Bryla, D. R. and Duniway, J. M. **(1998)**. "The influence of the mycorrhiza Glomus etunicatum on drought acclimation on safflower and wheat". Plant and Soil. 104:87-96.

Cakmaci R, Akmakc IA, Figen B, Adil A, Fikrettin S and Ahin BC, **(2005)**. "Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions". Biochemistry 38: 1482-1487.

Cavaglieri LR, Passone A and Etcheverry MG, **(2004)**. "Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of Fusarium verticillioides in Zea mays". Biological Control 31: 259-262.

Chabot, R., H. Antoun and M. Cescas. **(1996).** " Growth promotion of maize and lettuce by phosphate – solubilizing Rhizobium leguminosarum biovar Phaseoli". Plant and Soil 184: 311-321.

Clement CR. and Habte M**.(1994)**. " Effect of soil solution phosphorous on seedling growth of the Pejibaye palm in an oxisol". Journal of Plant Nutrition, 17(4):639-655.

Compant S, Duffy B, Nowak J, Clement C and Barka EA, **(2005).** " Use of plant growth promoting bacteria for biocontrol of plant disease: principles, mechanisms of action and . future prospects(minireview) ". Applied and Environmental Microbiology Sep: 4951- 4959.

Davies, F. T., Jr, **(1987).** "Mycorrhiza fungi, fertility and media effects on growth and nutrition of rosa multiflora". Plant soil.104:3135.

DeClerck, S., Devos, B., Delvaux, B. and Plenchette, C., **(1994).** " Growth response of micropropagated banana plants to VAM inoculation". Fruits, 49: 103-109.

Dey, R., Pal, K.K., Batt, D., and Chauhan, S.M. **(2004).** " Growth promotion and yield enhancement of peanut (Arachis hypogaea L.) by application of plant growth promoting rhizobactria". Microbiol Res. 159: 371-394.

Doponnois R. A. Colombet and V.H.J. Thioulous. **(2005),** "The mycorrhizal fungus Glomus intraradices and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of Acacia holoseria". Soil Biol. Biochem, 37: 1460-1468.

Estrada-Luna A.A., Davies J.R. and Egilla J.N. **(2000).** " Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (Psidium guajava L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment". Mycorrhiza, 10:1-8.

Estrada-Luna, A. A. and F.T. and F.T. Davies, Jr**. (2003).** "Arbuscular Mycorrhizal fungi influence water relations, gas exchangs, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (cappicum annuum L.CV. San Luis) plantlets during acclimatization and postacclimatization". J. plant physical. 160(9): 10731083.

FAO databank is available on Internet online URL: http://faostat.fao.org/faostat/servlet/, **(2004)**.

Giovannetti, M., and B. Mosse**.(1980).** "An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots". New Phytologist, 84: 489-500.

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K.G., **(2007)**. "Improved tolerance of Acacia nilotica to salt Stress by arbuscular mycorrhiza Glomus fasciculatum may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues Microbial Ecology", 54: 753-760.

Glick BR, Karaturovic DM and Newell PC**,(1995)**. "A novel procedure for rapid isolation . of plant growth promoting Pseudomonads". Can J. Microbiol 41: 533-536.

Goldstein, A. H., R. D. Rogresand, G. Mead. **(1993)**. "Mining by microbe". Bio/Technol. 11. 1250-1254.

Grant, C.A., G.A. Petersond, and C.A. Capbell. **(2002).** "Nutrient consideration for diversified cropping systems in the northern great plains". Agronomy Journal 94:186198.

Grant C.Bittman S. Montreal M. Plenchette C. and Morel C. **(2005),** " Soil and fertilizer phosphoros: Effects on plant P supply and mycorrhizal development Can". J. Plant Sci. 85: 3-14.

Hamidi, A.; Ghalavand, A.; Dehghan Shora, M.; Malakooti, M. and Chogan, R. **(2006);** "Effect of Plant Growth Promoting Rhzobacteria on on yield of forge corn ", Journal of Research andproduction, 70: 16-22.

Hamilton, M.A., Westermann D.T., and James, D.W. **(1993)**." Factors affecting Zn uptake in cropping systems". S oil Sci Soc Am J. 57: 1310-1315.

Harley, J.L. and Smith, S.E., **(1983)**." Mycorrhizal symbiosis". London: Academic Press, 403p.

Hatch D, Goulding K and Murphy D, **(2002)**."Nitrogen In: Agriculture, Hydrology and Water Quality". Pp. 7-27. Haygrath PM and Jarvis SC (eds). International, Wallingford, Oxon, UK.

Illmer, P., A. Barbato and F. Schinner**. (1995)**." Solubilization of hardly soluble AlPO4 with P-solubilizing microorganisms". Soil Biol. Biochem. 3: 265-270.

Intodia, S. K and Tomar, O.**(1998)**. "Response of psyllium genotypes to nitrogen and phosphorus on heavy soil". J. Med. Aromat. Plant. Sci. 20: 1042-1044.

James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E.& Tariq, H. **(2008)**. " Effect of vesicular arbescular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis". Pakistan Journal of Botany, 40 (5) , 2217-2224

Jeffries P. Gianinazzi S. Perotto S. Turnau K. and Barea, j.m. **(2003)**, "The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility, Biol". Fert. Soils,37: 1-16.

Jindal V., Atwal A., Sekhon B., S., Singh R.**(1993)**;" Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza on metabolism of moong plants under Nacl salinity". Plant physiology and Biochemistry , 31: 475-481.

Joner, E.J. Briones, R. Leyval, C. **(2000)**a. " Metal binding capacity of arbuscular mycorrhizal mycelium". Plant Soil. 226: 227–34.

Jones, D.L., Hodge, A. and Kuzyanov, Y. **(2004)**. "Plant and mycorrhizal regulation ofrhizodeposition". New Physiol., 10: 1469-1491.

Jones, M.D. and Smith, S.E. **(2004).** " Exploring functional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualisms". Can. J. Bot. 82: pp1089-1109.

Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. (**2007)**. "Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture-a review.Agronomy for sustainable development". Agron. Sustain. 27:29–43.

Khosravi H.; S. M. Samar; E. Fallahi; H. Davoodi; M. Shahabian. **(2009)**. "Inoculation of 'Golden Delicious' Apple Trees on M9 Rootstock with Azotobacter Improves Nutrient Uptake and Growth Indices". Journal of Plant Nutrition, 32: 946–953.

Kloepper JW, Tuzun S, and Kuc JA. **(1989)**. " Proposed definitions related to induced disease resistance". Biocontrol Sci. Technol. 2: 349-351.I

Kochaki A. Jahan M. and Nassiri Mahallati M. **(2008)**, "Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (Zea mays L.) under organic and conventional society of organic agriculture research (ISOFAR) ". Modona.Italia.

Kohler J, Caravaca F, Carrasco L and Roldan A, **(2006)**. " Interaction between a Plant Growth-Promoting Rhizobacterium, an AM fungus and a phosphate-solubilising fungus in the rhizosphere of Lactuca sative". Soil Ecology 35:480-487.

Koske, R.E. and Gemma, J.N. **(1996).** " Arbuscular mycprrhizal funji: in Hawaiian sand dunes". Pacific Science 50(1): 36-45.

Kothamasi, D., R. Chander kuhad., C.R.babu**.(2001).** " Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies". Tropical Ecology 42(1):113.

Latheurte F. Leyval I. and Berthelin J. **(1990)**, "Root exudates of maiz, pine and beech seedling influenced by mycorrhiza and bacteria inoculation Symbiosis"., 9, pp 111.

Lifshitz R, Kloepper JW, Kozlowski M, Simonson C, Carlson J, Tipping EM and Zalesca I, **(1987).** " Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of pseudomonas putida under genotobiotic conditions". Can J. Microbiol 33: 390-35.

Lindsay W.L, Velke P.L.G, Chein S.H**,(1989)**. " Posphate minerals". pp. 1089-1130. In: Dixon J.B, Weed S.B. (eds.). Minerals in soil environments. Second edition, SSSA Book Series No.1, Madison, WI. USA.

Malakouti, M.J. and Homaee, M. **(2005)**. " Arid and semi- arid regions difficulties and solutions". Tarbiat Modarres University Press. 508p.

Marulanda A, Porcel R, Barea JM and Azcon R**,(2007)**. " Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought-sensitive Glomus species". Microbial Ecology 54: 543–552.

Mukerji, K. G. and Chamola, B. P. 2003. Compendium of mycorrhizal research. A. P. H.

Oliveira, C. A., Alves, M. C. Marriel, I. E. Gomes, E. A. Scotti, M. R. Carneiro, N. P Guimaraes, C.T. Schaffert R. E and Sa, N. M. **(2008)**. "Phosphate solubilizing

microorganism isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome". SoilBiology and Biochemistry. 3: 1-6

Olivera, M., C. Iribarne and C. Lluch. **(2002)**. " Effect of phosphorus on nodulation and N2 fixation by bean (Phaseolus vulgaris). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization". Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, and Dean LA **(1954**). "Estimation of available phosphorus in soils byextraction with sodium bicarbonate". USDA, Cire. 939, U. S. Gover. Prin. Office, Washington DC.

Omar SA. **(1998)**. " The role of rock phosphate solubilizing fungi and vesicular arbuscular mycorrhiza (V A M) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate". World 1. Microbiol. Biotechnol. 14: 211- 219.

Ortas I. and Harris P. J. **(1996)**, "Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen". Plant and Soil. 184:225-264.

Pan B, Bai YM, Leibovitch S and Smith DL, (1999). " Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short growing season area". Agronomy Journal 11: 179-186.

Peterso R. L. and Massicote H. B. **(2004)**, "Exploring structural definition of mycorrhiza, with emphasis on nutrient-exchange interface". Can. J. Bot., 82,pp 1074

Phillips J. M. and Hayman D. S. **(1970)**, " Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection". T. Brit. Mycol. Soc.,55,pp 158.

Piotrowski J. S. Denich T. Klironomos J. N. Grahan J. M. and Rilling M. C**.(2004)**, "the effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the intraction between plant and fungal species". New phytol. 164:365-373.

Read D.J, 1991, Mycorrhizas in ecosystems. Experenttia 47.376-391James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E.& Tariq, H. **(2008)**. "Effect of vesicular arbescular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis". Pakistan Journal of Botany, 40 (5) , 2217-2224

Roberts, T. L**.(2008)**. " Improving nutrient use efficiency. Turk J. Agric. 32: 177-182. SAS Institute". Inc. 1997. SAS/STAT Users Guide, version 6.12. SAS Institute Inc. Cary. NC.

Rodríguez, H and Reynaldo, F. **(1999)**. " Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion". Biotechnol. Adv. 17: 319–339

Ruiz-Lozano, J. M., and Azcon, R. **(1995)**. " Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status". Physiologica plantarum. 95: 472-478.

Sanhita-gupta D, Dilp K and Srivasta K **(2004)**. " Growth promotion of tomato plants by rizobacteria and imposition of energy stress on Rhizoctonia solani". Soil Biology Biochemistry. 27: 1051-1058.

Sharma, A.K. **(2002)**. " Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios", India 407 pp

Shenoy V. V. and Kalagudi G. M. **(2005)**, "Enhancing plant phosphorus use efficiency for .sustainable cropping", Biotechnol. Adv., 23, pp 501

Sighn and Purhit SS, **(2008)**. " Biofertilizer Technology". Published by AGROBIOS (INDIA).

Simpson, D., and Daft, M. J. **(1990)**. "Interaction between water-stress and different myPlant and Soil". 121: 179-186.corrhizal inocula in plant growth and mycorrhizal development in mazie and sorghum.

Singh, D., Chand, S., Anvar, M and Patra, D. **(2003)**. "Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (plantago ovata) in sodic soil under greenhouse conditions". J. Med. Aromat. Plant. Sci. 25: 414-419

Singh., S. and K. Kapoor. **(1988)**. "Effect of inoculation of phosphate solubilizing microorganisms and arbuscular mycorrizal fungus on mungbean grown under natural soil condition". Mycoorrhiza, 7(5): 249-253.

Smith, S. E. and Read, D. J.**(1997)**. " Mycorrhizal Symbiosis". Academic Press. P. 587.

Smith S. E, Read D .J. **(2008)**. "Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London, UK. Xiong, L.M. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizae decrease cadium uptake by plant. Journal of plant Resources and Environment. 2(3): 58-60.

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

Sundara, B., V. Natarajan and K. Hari. **(2002)**. "Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yield". Field Crops Res. 77:43-49.

Swift MJ, **(1997)**. "Biological management of soil fertility as a componet of sustainable agriculture: Perspectives and prospects with particular reference to tropical regions". In: Soil ecology in sustainable agricultural systems. Pp. 137-159. Brussaard L and Ferrera-Cerrto R (eds). New York.

.Tahat, M.M., and Sijan, K**. (2012)**. " Mycorrhizal fungi and abiotic environmental conditions relationship". Res. J. Environ. Sci. 6: 125-133.

Tawaraya, K., Hashimoto, K. and Wagatsuma, T. **(1998)**. "Effect of root exudate fractionsfrom P-deficient and P-sufficient onion plants on root colonization by the arbuscular mycorrhizal fungus Gigaspora margarita". Mycorrhiza 8: 67-70.

Tisdale SL, Nelson W L, Beaton JD and Havlin JL, **(1993)**. "Soil Fertility and Fertilizers". 5th ed. Mcmillon Publishing Co., New York.

Trindade, A.V., Siqueira, J.O. and Sturmer, S.L **(2006)**. "Arbuscular mycorrhizal fungi in papaya plantations of espírito santo and bahia", brazil. Brazilian Journal of Microbiology 37: 283-289.

Tohidimoghadam, H.R., Ghousgchi, F., Zakeri, A., and Hadi, H. **(2008)**. "Evaluation of Azospirillum, Azotobacter with nitrogen chemical fertilizerutilization on yield of fodder maize (Zea mays L.) ". J. Agri. Sci. 5: 1-7. (In Persian).

Toro., M. R. Azcon and J. M. Barea. **(1998)**. "The use of isotopic dilution techniques to evaluate the interactive effects of Rhizobium geneotype, mycorrhizal fungi Gphosphate solubilizing rhizobacteria and rock phosphate on nitrogen and phosphorous acquistion by .Medicago sativa". New Phytologists, 138: 265-273

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

Van Othman, W. M., T.A. Lio, L. Mannetje, and G.y. Wassink. **(1991)**. " Low level phosphorus supply affecting nodulation, N2 fixation andgrowth of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) ". Plant Soil, 135: 67-74.

Vessey. J. K.(2003). "Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers". Plant and Soil 255: 571-586

Wagar, A., B. Shahrna, Z. A. Zahir and M. Arshad. **(2004)**. "Icolation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat". Pakistan Journal of Agriculture. 41: 119-124.

Wahing .I,W.Van,V.J.G.Houba, J.J.Van der lee. **(1989)**."soil and plant analysis,a series of syllabi".part 7,plant analysis procedure.wageningen agriculture university.

Welbaum, G.E., Sturz, A.V., Dong, Z and Nowak, J. **(2004)**. "Managing soil microorganisms to improve productivity of agro-ecosystems". Crit. Rev. Plant Sci. 23: 175–193.

Welch M, **(2003)**. "Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health". IFA FAO.

Wu, B., Cao, S.C. Li, Z. H. Cheung, Z.G. and Wong, K.C**. (2005)**. " Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth". Geoderma. 125: 155-162.

Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger, W. F. (Jr). **(2004)**. "Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture". Advances in Agronomy, 81, 97-168.

Zahir, A. Z., M. Arshad, and W. F. Frankenberger . **(2004)**. "Plant growth promotingrhizobacteria:applications and perspectives in agriculture". Advances in Agronomy , 81:97-168

Zaidi, A., Saghir khan, M. and Amil, M.D.**(2003)**. "interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of ohickpea (Cicer arietinum L.) ".Eur.J.Agron. 19:15- 21.

Zarea, M. J., A. Ghalavand, M. E. Goltapeh, and F. Rejali. **(2008)**. "Green manure, Mycorrhiza and soil fertility". American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2 (3): 294-299

Zarea, M.J., A. Ghalavand, M.E. Goltapeh, and F. Rejali. **(2009)**. "Effect of mixed cropping, earthworms, and arbuscular mycorrhizal fungi on plant yield, mycorrhizal colonization rate , soil microbial biomass, and nitrogenase activity of free-living bacteria". Pedobiologia. 52:223-235.

Abstract

Achieving sustainable soil fertility plays an important role in the development of agriculture and preventing the degradation of agricultural ecosystems and the ecological balance in the soil. Application of soil amendments such as phosphate dissolving bacteria and arbuscular mycorrhiza fungi can be an effective step in achieving optimum performance along with optimum use of inputs such as water and chemical fertilizers to achieve sustainable management of soil. In addition sustainable management, with considering the ecological principles, can create a balance in the environment and also increase the resource usage efficiency and provide a context for long-term use by human beings. Considering special conditions of pistachio orchards in terms of soil and lack of proper fertilizer management, the need for research on various aspects of the impact and use of biological fertilizers in the orchards is revealed. This study was conducted to evaluate the effect of mycorrhiza and phosphate 2 bio-fertilizer in different levels of phosphorus fertilizer on the growth of pistachio seedling. A factorial experiment was conducted in the form of blocks with a completely randomized design with three replications in "Porbaar Kesht –e- Damqan" company. Factors examined include mycorrhiza fungi on three levels, M_0, M_1 and M_2, 2 bio- fertilizer in two levels, inoculated (B_0) and none-inoculated (B_1) and triple super phosphate fertilizer in three levels of p_0, p_1, p_2. The results indicated that both separate and joint application of mycorrhiza 2 bio- fertilizer significantly effected some morphologic attributes such as height, shoot dry weight and root length. Mycorrhiza and 2 bio- fertilizer interactions significantly effected plant's phosphorus concentration, plant's potassium, soluble nitrogen and soil's dissolved phosphorus. The results of this study also indicate that the application of M_1 fungi (Glomous intraradices) in pot and phosphorus control level (zero) had the most impact in terms of pistachio seedlings colonization. It seems that the use of mycorrhiza fungi along with phosphate 2 bio-fertilizer can be replace with a part of chemical phosphorus fertilizers in pistachio orchards.

Keywords: Soil amendments, pistachio, mycorrhiza, triple super phosphate.

Shahrood University of Technology

Faculty at Agriculture

Department of Water and Soil

The Effects of Inoculation Mycorrhizal Fungi and Phosphate Solubilizing Bacteria on the Growth of Pistachio Seedling

Samaneh Javadi nezhad

Supervisor:

Dr. Ali Abbaspour

Advisors:

Dr. Hamid Reza Asghari

Seyyed Abdul Majid Mortazavi

February 2016