تأثیر کاربرد مایه تلقیح ازتو باکتر و قارچ میکوریزی بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در سطوح مختلف فسفر

محسن امیر آبادی،[۱]* فرهاد رجالی، محمدرضا اردکانی و محسن برجی

کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک؛ **amirabadimohsen@yahoo.com**

استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور؛ **frejali@yahoo.com**

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج؛ **mohammadreza.ardakani@kiau.ac.ir**

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی اراک؛ **mborji2001@yahoo.com**

چکیده

مصرف بی رویه کود های شیمیایی فسفره نه تنها سبب افزایش تولید محصول نمی گردد، بلکه موجب ایجاد اشکال در جذب عناصر غذایی کم مصرف توسط گیاهان به ویژه در خاک های آهکی می شود. مطالعه حاضر به منظور ارزیابی تأثیر کاربرد باکتری ازتوباکتر و قارچ میکوریزی به عنوان کود بیولوژیک و فسفر(سوپرفسفات تریپل) به عنوان کود شیمیایی انجام شد. اثرات سه عامل، شامل باکتری ازتوباکتر (تلقیح شده و تلقیح نشده)، قارچ میکوریزی (تلقیح شده وتلقیح نشده)، و مقادیر مختلف فسفر(صفر، ۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات جهاد کشاورزی اراک انجام شد. اثرات سه عامل اصلی و اثرات متقابل آنها برصفات کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک ذرت علوفه ای و غلظت عناصر فسفر، آهن، مس، منگنز و روی در اندام های هوایی این گیاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که همزیستی میکوریزی با تأثیر بر رشد و افزایش عملکرد ماده خشک (۴/۹ درصد)، به نحو معنی دار غلظت مس (۱۴/۹درصد) و منگنز (۹ درصد) را کاهش و غلظت فسفر (۲۸/۸ درصد) را در اندام های هوایی افزایش داد. همچنین کاربرد ازتوباکتر با تولید متابولیت های افزاینده رشد، به نحو معنی داری سبب افزایش رشد اندام های هوایی گیاه و در نهایت عملکرد ماده خشک (۷/۵درصد) گردید، اما غلظت آهن (۶/۷درصد) را کاهش داد. کاربرد سطوح مختلف فسفر سبب افزایش غلظت فسفر (۲۵/۶ درصد) و کاهش غلظت مس (۲۲/۲درصد)، آهن (۲۱/۴ درصد) و روی (۱۵/۸ درصد) در اندام های هوایی و همچنین درصد کلنیزاسیون ریشه (۱۶/۶ درصد) به نحو معنی داری شد. اثرات سینرژیستی کاربرد توآم هر دو کود بیولوژیک (قارچ میکوریزی و باکتری ازتو باکتر) نیز سبب افزایش کلنیزاسیون ریشه (۴۳/۳ درصد)، عملکرد ماده خشک (۱۲درصد) و غلظت فسفر (۴۸/۸ درصد) و کاهش غلظت آهن (۱۱/۸درصد) و مس (۱۵/۶ درصد) در اندام های هوایی به نحو معنی داری شد اما تأثیری بر غلظت روی و منگنز نداشت. اثرات متقابل سه گانه عوامل فوق تأثیر معنی داری بر صفات مورد مطالعه نداشت.

واژه های کلیدی: گلوموس اینترارادیسز، مایه تلقیح ازتوباکتر، عناصر معدنی، ذرت علوفه ای

۱- نویسنده مسئول، آدرس: اراک، میدان امام خمینی، بلوار امام خمینی، شهرک دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده کشاورزی، ص، پ، - ۵۶۷- ۳۸۱۳۵

* دریافت:۸۶/۲/۲۹ و پذیرش:۸۷/۵/۳

مقدمه

ذرت از نظر کلسیم، فسفر و برخی عناصر کم مصرف نسبتاً فقیر می باشد. غلظت منیزیم ۱/۵ تا ۱/۹ و گوگرد ۱/۶ تا ۱/۹ گرم در هر کیلو ماده خشک و غلظت منگنز ۵۰ تا ۶۵، روی ۲۲ تا ۲۷، مس ۵/۸ تا ۶/۹ و کبالت ۰/۲۰ تا ۰/۳۵ میلی گرم در هر کیلوگرم ماده خشک می باشد. Wang و همکاران (۱۹۹۰) طی مطالعه خود در مورد اثر متقابل فسفر و روی و تأثیر آن بر رشد گیاه ذرت در یک خاک آهکی نشان دادند که گیاهچه ذرت نسبت به فسفر در تمام سطوح روی و نسبت به روی در تمام سطوح بالای فسفر عکس العمل نشان می دهد و به این نتیجه رسیدند که وقتی بین فسفر و روی توازنی وجود نداشته باشد این دو عنصر دارای اثرات آنتاگونیستی می باشند. Suneja و همکاران (۱۹۹۴) عنوان نمودند که ازتوباکتر با تولید سیدروفورها از رسوب آهن جلوگیری می نماید و به جذب آهن توسط گیاه کمک می کند. Ebrahim و Aly (۲۰۰۴) طی مطالعات خود عکس العمل فیزیولوژیک گندم به کاربرد روی و برخی باکتری ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر روی همراه با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم موجب بیشترین میزان نیتروژن، منیزیم، منگنز، کربوهیدرات و کل پروتئین های محلول در ساقه شد.

Al-Karaki و Al-Raddad (۱۹۹۷) نیز افزایش جذب مس و روی توسط گیاهان تلقیح شده با قارچ های میکوریزی را گزارش نمودند. Subramanian و Charest (۱۹۹۹) نیز مشاهده نمودند که تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاهان تلقیح شده با قارچ های میکوریزی، مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، منیزیم و روی در دانه های ذرت افزایش معنی دار ی داشتند. Ryan و همکاران (۱۹۹۶) گزارش نمودند که میزان کلنیزاسیون بر روی ریشه گندم توسط قارچ میکوریزی در زراعت ارگانیک بیشتر از زراعت مرسوم است. آنها علت این موضوع را استفاده مداوم از کودهای فسفاته در زراعت مرسوم بیان کردند زیرا که این امر، اثر منفی بر کلنیزه شدن ریشه توسط قارچ دارد. برین و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزی بر روی خصوصیات رشدی و تغذیه ای گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی نسبت به گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریزی از درصد کلنیزاسیون بالاتری برخوردار بودند.

Carletti (۲۰۰۲) اظهار داشت که باکتری های ازتوباکتر از طریق سنتز هورمون های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین ها و سیتوکنین ها باعث افزایش رشد گیاه، درصد جوانه زنی بذرها، ریشه زایی و گسترش ریشه می گردند. Mohandas (۱۹۸۷) گزارش نمود گیاهانی که با ازتوباکتر و قارچ های میکوریزی تلقیح شده بودند در مقایسه با تیمارهایی که با هر یک از این دو میکروارگانیسم به تنهایی تلقیح شده بودند رشد بیشتری داشتند و از نظر ذخیره فسفر و نیتروژن غنی تر بودند. Ortus و Harris (۱۹۹۶) اظهار داشتند که استفاده از قارچ میکوریزی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، وزن خشک اندام های هوایی افزایش یافت. Sumana و Bagyaraj (۲۰۰۲) اثر متقابل بین قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* و باکتری های *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum brasilense* را بر رشد و تغذیه گیاه زیتون تلخ *Azadirachat indicia* مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزی به همراه ازتوباکتر موجب افزایش زیست توده و جذب نیتروژن و فسفر شد. Turk و همکاران (۲۰۰۶) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ های میکوریزی تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک در می آید. لذا قارچ های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. Mohammad و همکاران (۱۹۹۵) نیز گزارش دادند که همزیستی گندم بهاره با قارچ میکوریزی سبب افزایش غلظت روی در اندام های هوایی شد و در حالی که اثری بر غلظت مس و منگنز نداشت، غلظت آهن را کاهش داد.

در کل، بررسی نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک اثرات مثبتی را از نظر کمی و کیفی روی گیاهان مختلف اعمال می نماید. هدف از این تحقیق نیز بررسی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک تولید شده در داخل کشور، شامل قارچ میکوریزی و کود زیستی ازتوباکتر، به تنهایی و یا همراه با هم در سطوح مختلف فسفر، در مقیاس مزرعه ای بر عملکرد کمی و جذب برخی از عناصر معدنی توسط ذرت علوفه ای بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در زمینی به مساحت ۲۵۰۰ متر مربع به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ۴۸ کرت آزمایشی در مزرعه

تحقیقاتی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی اراک در بهار سال ۸۴ به اجرا در آمد. در این آزمایش اثر عوامل قارچ میکوریزی *Glomus intraradices* در دو سطح (با و یا بدون استفاده استفاده از مایه تلقیح قارچ)، ازتوباکتر *Azotobacter chroococcum* در دو سطح (با استفاده از کود زیستی ازتوباکتر و بدون استفاده از آن) و فسفر (سوپر فسفات تریپل) در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، بر روی درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک و غلظت عناصر فسفر، آهن، روی، مس و منیزیم ذرت علوفه ای Zea Mayz L رقم سینگل کراس ۷۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. مایه تلقیح های استفاده شده در این تحقیق، از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با ترکیبات بیولوژیک مذکور تلقیح شدند. جهت باقی نگهداشتن اندام های فعال قارچ وسلول های باکتری بر روی بذرها از محلول غلیظ شده۲۰ درصد شکر و صمغ عربی (به ترتیب به نسبت ۴ به ۱) استفاده شد. اندام های فعال قارچ شامل اسپورها، هیف قارچ و قطعات ریشه های حاوی وزیکول بودند که به طریقه کشت درون شیشه ای و با استفاده از تکثیر ریشه های القایی به همراه قارچ *Glomus intraradices* تهیه و با استفاده از روش MPN جمعیّت فعال قارچ محاسبه و بر اساس وزن هزار دانه ذرت، به طوری که به ازای هر بذر ۲۰۰ الی ۲۵۰ اندام فعال قارچی وجود داشته باشد، مقدار کافی از مایه تلقیح تهیّه شده استفاده گردید. بر اساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور مقدار ۲ کیلوگرم در هکتار مایه تلقیح ازتوباکتر مصرف گردید. مایه تلقیح ازتوباکتر حاوی 10^8 سلول باکتری در هر گرم ماده حامل بود که تیمارها به صورت تصادفی در کرت ها و بلوک ها اختصاص داده شدند. عملیات آماده سازی قطعه زمین آزمایش، بایک مرحله شخم بدون برگردان خاک و دو مرحله دیسک عمود برهم شروع و بازدن فارو (ایجاد جوی و پشته) و ایجاد نهرهای اصلی جهت ورود آب آبیاری برای هر تکرار و نهرهای فرعی جهت خروج آب اضافی هر تکرار به صورت جداگانه پایان یافت. آزمایش خاک مزرعه (جدول- ۱)، به منظور اطلاع از ویژگی های اصلی خاک و همچنین برای محاسبه مقدار کود فسفر و نیتروژن مورد نیاز گیاه صورت پذیرفت. کود فسفره (سوپرفسفات تریپل) به اندازه هر کرت آزمایشی توزین و همراه با یک سوم از کود اوره، قبل از کاشت در سطح کرت پخش و زیر خاک گردید و دو سوم دیگر آن تا قبل ازگل دهی در سطح مزرعه به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. در هر کرت چهار خط کاشت و یک خط نکاشت بین کرت ها در نظر گرفته شد که طول هر خط کاشت هشت متر بود. فواصل خطوط کاشت ۷۵ سانتی متر و فواصل بوته ها روی خط کاشت ۱۵ سانتی متر با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. عملیات کاشت روز ۸ خرداد ماه ۸۴ پس از تلقیح بذرها با مایه تلقیح (ازتوباکتر و قارچ میکوریزی) انجام پذیرفت. نمونه برداری ها به صورت تصادفی بعد از حذف اثرات حاشیه ای کرت در مرحله خمیری دانه ها با برداشت دو بوته کامل، شامل ریشه، ساقه، برگ، بلال و تاسل از هر کرت صورت پذیرفت. بعد از انتقال بوته ها به آزمایشگاه، ریشه آنها (از محل طوقه) از اندام های هوایی جدا شدند. اندام های هوایی پس از وزن کشی به مدت ۱۰ روز در سایه قرار داده شدند. پس از این مدت بوته ها مجدداً وزن کشی (برای تعیین وزن هوا خشک) و سپس به طور کامل آسیاب و یک نمونه ۵ گرمی از هر کرت برداشته و در آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. پس از خارج نمودن نمونه ها از آون مجدداً وزن کشی شدند. میزان مادهٔ خشک (۱۰۰ درصد)، با تصحیح وزن نمونه اولیه، نمونه هوا خشک و نمونه آون خشک محاسبه گردید و عملکرد بر اساس واحد سطح (تن در هکتار) گزارش شد. میزان عناصر آهن، روی، مس و منیزیم به روش عصاره گیری با DTPA و قرائت توسط دستگاه جذب اتمی و فسفر بر اساس روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر، در موسسه تحقیقات خاک و آب کشور اندازه گیری گردید. جهت تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه از نمونه های تهیه شده از ریشه ها (ریشه های مویی) که در داخل محلول آماده (۵۰ درصد آب مقطر و۵۰ درصد الکل سفید) نگهداری شده بود استفاده شد. جهت رنگ آمیزی ریشه ها در محیط آزمایشگاه، از روش Phillip و Hayman (۱۹۷۰)، استفاده گردید. بعد از شستشوی کامل ریشه ها با محلول KOH ۱۰٪ جهت گرم کردن آنها به مدت یک ساعت داخل حمّام آبی با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. سپس برای برداشتن KOH از روی ریشه ها، ۵ الی ۶ بار با آب مقطر شستشو داده شدند. جهت رنگ بری، ریشه ها به مدت نیم ساعت در درون محلول H_2o_2 قلیایی با فرمولاسیون (۳ میلی لیتر NH_4OH +۳۰ میلی لیترH_2O_2 ۱۰٪) قرار گرفتند. مجدداً پس از ۲ تا ۳ بار شستشو با آب مقطر، به خاطر رنگ گرفتن بهتر ریشه ها، ریشه ها به مدت ۳ دقیقه در داخل محلول HCl ۱٪ قرار داده شدند. سپس ریشه ها به مدت ۴۸ ساعت درون محلولی با فرمولاسیون ۰/۰۵ گرم پودر تریپان بلو در ۱۰۰ میلی لیتر محلول لاکتوگلیسیرول قرار گرفت. جهت تعیین

درصد کلنیزاسیون ریشه ازروش گریدلاین[1] استفاده گردید. در این روش ریشه ها بصورت قطعات یک سانتی متری جدا و به صورت تصادفی در داخل پتری دیش قرار داده شدند (حداقل۵۰ قطعه) سپس یک صفحه شطرنجی به ابعاد یک سانتیمتر (۱×۱) تهیه و در زیر پتری دیش قرار گرفت، جهت مشاهده و شمارش ریشه های آلوده و غیر آلوده از بینوکولار[2] استفاده گردید. ریشه های آلوده و غیر آلوده که با خطوط عمودی وافقی صفحه شطرنجی تقاطعی را ایجاد کرده بودند، هر کدام به طور جداگانه شمارش شدند. از تقسیم مجموع ریشه های آلوده بدست آمده از خطوط عمودی و افقی به مجموع ریشه های غیر آلوده بدست آمده از خطوط عمودی و افقی ریشه ها، ضربدر۱۰۰، درصد کلنیزاسیون ریشه مشخص شد. داده ها توسط نرم افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی های مهم خاک محل آزمایش در جدول ۱ خلاصه شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات تیمارهای آزمایش بر درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک، غلظت فسفر، آهن، روی، منگنز و مس دراندام های هوایی نشان دادند که اثر عامل ازتوباکتر بر عملکرد ماده خشک و غلظت آهن معنی دار ($P < ۰/۰۱$) و بر درصد کلنیزاسیون ریشه، غلظت فسفر، مس، منگنز و روی معنی دار نبود (جدول۲). مقایسه میانگین سطوح کاربرد و عدم کاربرد ازتوباکتر (جدول ۳) نشان داد که کاربرد ازتوباکتر باعث افزایش وزن ماده خشک (به میزان ۷/۵ درصد) و کاهش غلظت آهن در اندام های هوایی (به میزان ۶/۷ درصد) شد. باکتری ازتوباکتر از طریق تولید متا بولیت های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین، جیبرلین می تواند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام های هوایی را افزایش دهد. به نظر می رسد تولید این قبیل متابولیت ها باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد ماده خشک در گیاه گردیده است.

کاربرد قارچ میکوریزی بر روی غلظت فسفر، عملکرد ماده خشک ($P < ۰/۰۵$)، درصد کلنیزاسیون ریشه، غلظت منگنز و مس ($P < ۰/۰۱$)، تأثیر معنی دار داشته ولی بر غلظت آهن و روی تأثیر معنی داری نداشت (جدول-۲). مقایسه میانگین تیمارها (جدول۳) نشان داد، همزیستی به وجود آمده توسط قارچ میکوریزی (گلوموس اینترارادیسز) با گیاه ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در شرایط این آزمایش کارایی کمتری برای انتقال عناصر مس و منگنز به گیاه داشت و تنها برای انتقال عنصر فسفر، کارایی معنی دار از خود نشان داد. دلیل کاهش غلظت عناصر مس (به میزان ۱۴/۹ درصد) و منگنز(به میزان ۹ درصد) را می توان به اثر متقابل جذب این عناصر با فسفر مربوط دانست. تلقیح با قارچ میکوریزی هر چند تأثیر معنی دار روی غلظت روی و آهن نداشته اما یک روند افزایشی در غلظت این عناصر در تیمارهای تلقیح شده با قارچ را مشاهده می شود. Al-karaki و همکاران (۲۰۰۱) و Gupta و همکاران (۲۰۰۲) در دو آزمایش جداگانه به ترتیب روی گیاهان گوجه فرنگی و نعناع در شرایط مزرعه به این نتیجه دست یافتند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی دارای درصد کلنیزاسیون، عملکرد و جذب عناصر غذایی بالاتری بودند. نتایج Subba Rao (۱۹۸۸) نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزی رشد اندام های هوایی جو را ۳۰ درصد افزایش داد.

Tarafdar و Marschner (۱۹۹۴) گزارش دادند که همزیستی گندم با قارچ های میکوریزی سبب افزایش غلظت مس و روی در اندام های هوایی گردید ولی موجب کاهش اندکی در غلظت آهن و منگنز گیاه شد، امّا غلظت کلسیم و منیزیم تحت تأثیر تلقیح با قارچ های میکوریزی قرار نگرفت. Goh و همکاران (۱۹۹۷) گزارش نمودند که همزیستی بین قارچ های میکوریزی آربسکولار و گندم، به همراه مقادیر مختلف کود فسفره و روی، منجر به افزایش انتقال فسفر و روی از ریشه ها به اندام های هوایی گیاه شد و عملکرد گندم را از نظر کمی و کیفی افزایش داد .از طرفی محققین دیگری مثل، Kothari و همکاران (۱۹۹۱) گزارش نمودند که غلظت روی تحت تأثیر تلقیح گیاه ذرت با این قاچ ها قرار نگرفته است .

Bagyako و همکاران (۲۰۰۰) در آزمایشی دریافتند که اگر چه میزان روی در گیاه ارزن با کلنیزاسیون میکوریزایی افزایش یافته، ولی در گیاه نخود گاوی تلقیح شده با قارچ های میکوریزی میزان روی کاهش قابل ملاحظه ای یافته، در حالی که در گیاه سورگوم در حالت تلقیح و عدم تلقیح میزان روی گیاه تقریباً برابر بوده است .نتایج متناقض بدست آمده توسط این محققین می تواند موید این این نظر باشد که افزایش یا کاهش غلظت عناصر کم مصرف در گیاهان تلقیح شده، به نوع گیاه و شرایط آزمایش ارتباط پیدا می کند.

اثر متقابل کاربرد ازتوباکتر و قارچ میکوریزی بر درصد کلنیزاسیون ریشه، غلظت فسفر و مس($P < ۰/۰۱$) و همچنین بر عملکرد ماده خشک و غلظت آهن ($P < ۰/۰۵$)

1- Bleaching
2- Gridline intersection method
3- Binocular

نشان دهنده اختلاف معنی دار بین سطوح مختلف بود، ولی اختلاف معنی دار بین غلظت منگنز و روی دیده نشد (جدول۲). مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان دادند که کاربرد توام هر دو ترکیب بیولوژیک (قارچ میکوریزی و ازتوباکتر) سبب افزایش عملکرد ماده خشک (به میزان ۱۲درصد)، درصد کلنیزاسیون ریشه (به میزان ۴۳/۳ درصد)، غلظت فسفر(به میزان ۴۸/۸ درصد) و کاهش غظت آهن (به میزان ۱۱/۸ درصد) و مس (به میزان ۱۵ درصد) در اندام های هوایی گیاه شد. غلظت روی در تمام سطوح اختلاف معنی دارنشان نداد و تیمار ها از لحاظ آماری در یک گروه قرارگرفتند. Manske و همکاران (۲۰۰۰) گزارش نمودند که تلقیح بذرهای گندم با باکتری ازتوباکتر و قارچ میکوریزی، میزان کلنیزه شدن ریشه های گندم با قارچ میکوریزی را به طور قابل ملاحظه ای افزایش داد.

Hernandez و همکاران (۱۹۹۴) گزارش نمودند که استفاده از باکتری های افزاینده رشد مثل ازتوباکتر به همراه قارچ های میکوریزی، کارایی قارچ میکوریزی را در جذب عناصر غذایی افزایش داد.

Behl و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که کار برد هم زمان باکتری ازتو باکتر و قارچ میکوریزی اثرات مثبت و سینرژیستی روی گیاه گندم داشت و دلایل آن را تأثیر ازتوباکتر در افزایش رشد ریشه های مویی (وجود ریشه های مویی فراوان، زمینه مناسبی را جهت نفوذ قارچ به درون سلول های ریشه فراهم می آورد) و افزایش رشد طولی میسیلیوم های قارچ و نفوذ آنها به لایه های زیرین خاک دانسته اند، که این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می دهد. نتایج نشان داد که اثرات سینرژیستی کودهای بیولوژیک (قارچ میکوریزی و ازتوباکتر) باعث افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه، غلظت فسفر و عملکرد ماده خشک و رقیق شدن غلظت برخی از عناصر معدنی جذب شده گردیده است.

بین سطوح مختلف کاربرد فسفر از نظر تأثیر بر درصد کلنیزاسیون ریشه ($P<۰/۰۵$)، عملکرد ماده خشک، غلظت فسفر، آهن، مس و روی اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P<۰/۰۱$) ولی تأثیر بر غلظت منگنز نداشت (جدول۲). مقایسه میانگین تیمار ها (جدول ۳) نشان دادند که با افزایش سطوح مختلف فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، غلظت فسفر در اندام های هوایی (به میزان ۲۵/۶ درصد) و عملکرد ماده خشک (به میزان ۱۷/۷ درصد) افزایش یافت ولی غلظت آهن (به میزان ۷/۵درصد)، روی (به میزان ۱۵/۸درصد) و مس (به میزان ۲۲/۲ درصد) در اندام های هوایی کاهش پیدا کرد، به طوری که کمترین میزان غلظت عناصر فوق مربوط به سطح چهارم کاربرد فسفر(۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین غلظت آنها مربوط به سطح شاهد بود.

Lambert و همکاران (۱۹۷۹) وRaja و همکاران (۱۹۹۰) گزارش نمودند که افزایش کود های فسفره به خاک، جذب عناصر روی و مس و همزیستی میکوریزی را کاهش داد، که این کاهش در مورد عنصر مس شدیدتر بود. Al-karaki و همکاران (۱۹۹۸) و Gavito و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که یکی از شاخص های مهم فعالیت قارچ میکوریزی، میزان کلنیزاسیون سیستم ریشه ای توسط این قارچ ها می باشد که به وسیله عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ظاهری و ساختمانی سیستم ریشه ای، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه ای، مصرف کودهای شیمیایی فسفره و غلظت های بالای عناصر سنگین تحت تأثیر قرار می گیرد. Georg و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که توانایی قارچ میکوریزی در اشغال سیستم ریشه ای گیاه همبستگی منفی با مقدار فسفر موجود در خاک دارد. فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه است که کمبود آن باعث اختلال در رشد و متابولیسم گیاه می شود. Colomb و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند، با افزایش میزان مصرف فسفر رشد گیاه تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد گردید. در آزمایش انجام شده توسط Bagyako و همکاران (۲۰۰۰) مشخص گردید که با افزایش غلظت فسفر در خاک مقدار آن در بافت گیاه افزایش پیدا کرد ولی غلظت روی، کلسیم و منیزیم کاهش یافت. این نتایج موید یافته های بدست آمده از این تحقیق می باشد.

اثر متقابل ازتوباکتر و فسفر از نظر تأثیر بر غلظت آهن و روی نشان دهنده اختلاف معنی دار بین سطوح مورد بررسی بود ($P<۰/۰۵$) ولی تأثیر معنی داری بر درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک، غلظت فسفر، مس و منگنز نداشت (جدول۲). مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان داد که غلظت آهن، در اندام های هوایی با کاربرد ازتو باکتر در سطوح مختلف فسفریک روند کاهشی داشته، به طوری که کمترین میزان غلظت آهن و روی مربوط به کاربرد ازتو باکتر به همراه سطح چهارم کاربرد فسفر (۲۰۰ کیلو گرم در هکتار) بود.

اثر متقابل قارچ میکوریزی و فسفر از نظر تأثیر بر درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک، غلظت فسفر، روی و منگنز اختلاف معنی داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$) ولی تأثیر معنی داری بر غلظت آهن و مس نداشت (جدول۲). مقایسه میانگین تیمار ها (جدول ۳) نشان دادند که در اثر کاربرد قارچ میکوریزی به همراه

فسفر (تا سطح سوم کار برد فسفر)، عملکرد ماده خشک و غلظت فسفر در اندام های هوایی افزایش یافت ولی درصد کلنیزاسیون ریشه، غلظت روی و منگنز در اندام های هوایی یک روند کاهشی را داشته به طور ی که کمترین میزان غلظت روی و منگنز را کاربرد قارچ میکوریزی به همراه سطح چهارم فسفر (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و به خود اختصاص داد. Abdel-fattah و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که با تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزی، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه های فتوسنتزی، به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش یافت، ولی این اثرات سودمند، با افزایش فسفر خاک کاهش پیدا کرد.

Carling و Brown (۱۹۸۲) اظهار نمودند که یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ های میکوریزی افزایش عملکرد گیاهان زراعی، خصوصاً در خاک های با حاصلخیزی پایین است. این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می باشد. افزایش بیشتر فسفر به علت محدود نمودن فعالیت قارچ میکوریزی، توسعه ریشه و میسلیوم های قارچی، جذب عناصر را با مشکل مواجه نموده و در نتیجه قارچ به عنوان یک انگل عمل می نماید که تنها باعث مصرف کربوهیدراتهای تولید شده توسط گیاه می گردد و این امر باعث کاهش عملکرد گیاه می شود .نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان داد که قارچ میکوریزی به همراه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار همزیستی مناسبتری را با گیاه میزبان بر قرار نموده و بیشترین مقدار فسفر را جذب نموده و همچنین رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه شده است. اثر متقابل سه گانه ازتو باکتر، قارچ میکوریزی و فسفر از نظر تأثیر بر صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری را نشان ندادند (داده ها ارائه نشده اند).

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزی به تنهایی و یا همراه با ازتوباکتر موجب افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه، غلظت فسفر، عملکرد ماده خشک و کاهش غلظت برخی از عناصر کم مصرف گردید. اگر چه افزایش کاربرد فسفر به تنهایی ویا همراه با قارچ میکوریزی هم موجب افزایش غلظت فسفر و عملکرد ماده خشک تا سطح سوم کاربرد فسفر (۱۰۰ کیلو گرم در هکتار) شد، امّا درصد کلونیزاسیون ریشه را کاهش داد، که این امر نیز موجب کاهش غلظت عناصر کم مصرف در اندامهای هوایی گردید. در شرایط این آزمایش بهترین تیمار، استفاده از مایه تلقیح های قارچ میکوریزی و ازتوباکتر به تنهایی و یا همراه با هم و همچنین مایه تلقیح قارچ میکوریزی به همراه ۱۰۰ کیلو گرم سوپر فسفات تریپل در هکتار می باشد. بنابر این، تلفیق مناسب کود های شیمیایی و کود های بیولوژیک ضمن کاهش مصرف کود های شیمیایی فسفره، باعث کاهش آلودگی محیط زیست می گردد و در نهایت می توان به عملکرد مورد انتظار نیز دست پیدا کرد.

تشکر وقدردانی

به این وسیله از همکاری صمیمانه بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، برای در اختیار گذاشتن مایه تلقیح های قارچ میکوریزی و ازتوباکتر و دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک (دانشکده کشاورزی و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه) و همچنین ریاست وقت و مسئولین محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی در تهیه ملزومات این تحقیق و راهنمایی های مفید، سپاسگزاری می نمایم.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل انجام آزمایش

عمق (cm)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	میلی گرم در کیلوگرم خاک								درصد					بافت خاک
			Fe	Zn	Cu	Mn	P_{ava}	K_{ava}	N_t	T.N.V	O.C	رس	لای	شن		
۳۰	۰/۹	۸/۲	۵/۴۸	۰/۷۲	۱/۵۸	۱۶/۱	۸/۸	۲۴۵	۰/۰۳	۱۶/۰	۰/۳۵	۳۰	۲۰	۵۰		شنی رسی لومی

جدول۲ - تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						
		آهن	منگنز	مس	روی	کلنیزاسیون ریشه	فسفر	عملکرد ماده خشک
بلوک (R)	۲	۳۶۱/۷۷۰**	۱۲۶/۶۶^{ns}	۳/۴۰۴^{ns}	۱۰/۲۷۵^{ns}	۱۳۹/۳۳۷*	۰/۰۰۲^{ns}	۲/۶۱۶^{ns}
ازتوباکتر(A)	۱	۴۰۷/۷۵۰**	۷۰/۸۱^{ns}	۰/۲۲۷^{ns}	۱۲/۴۰۳^{ns}	۱/۲۸۱^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۱۴/۸۳۹**
قارچ میکوریزی (M)	۱	۲۵/۹۶۰^{ns}	۳۱۱/۶۱*	۴۴/۶۶۰**	۴/۳۲۰^{ns}	۱۳۸۴/۸۱**	۰/۰۰۵*	۶/۱۱۲*
فسفر(P)	۳	۸۹۹/۷۵۰**	۹۱/۸۷^{ns}	۲۵/۶۳۲**	۲۴/۲۴۹**	۹۶/۷۳۵*	۰/۰۲۰**	۹/۱۱۱**
A×M	۱	۲۵۵/۳۰۲*	۹۷/۱۸۵^{ns}	۹۲/۶۸۵**	۱/۵۴۱^{ns}	۱۱۷۴/۳۳۹**	۰/۰۶۷**	/۷۳۰*
A×P	۳	۱۵۴/۳۱۱*	۲/۶۸^{ns}	۹/۰۴۹^{ns}	۱۳/۱۶۷*	۱۱۹/۸۷۸^{ns}	۰/۰۳۴^{ns}	۲/۴۲۹^{ns}
M ×P	۳	۲۶/۱۶۴^{ns}	۴۲۴/۳۴*	۱۰/۲۴۴^{ns}	۱۲/۱۸۴*	۷۴/۸۷۸*	۰/۰۰۹*	۵/۲۲۶*
A × M × P	۳	۱۰/۵۷۷^{ns}	۱۳۴/۴۶^{ns}	۹/۰۵۷^{ns}	۳/۲۴۹^{ns}	۵۱/۹۱۲^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	/۹۱۲^{ns}
خطای آزمایش E	۳۰	۳۹/۹۵۳	۵۴/۵۰۰	۴/۱۲۸	۳/۸۰۵	۳۲/۶۱۳	۰/۰۰۳	/۹۴۹
C.V	-	۷/۴۹	۱۳/۶۲	۱۷/۰۰	۱۰/۴۴	۱۵/۲۶	۲۶/۰۶	۷/۴۵

*، ** و n.s. به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل تیمار های آزمایشی بر کلونیزاسیون ریشه، عملکرد بیولوژیک و غلظت عناصرکم مصرف و معدنی در اندام های هوایی ذرت علوفه ای

تیمار	آهن	منگنز	مس	روی	فسفر	کلنیزاسیون	عملکرد ماده خشک
	(میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)				(گرم در کیلو گرم ماده خشک)	(درصد)	(تن در هکتار)
A_0	۸۷/۳۲۹^{a}	۵۲/۹۸۸^{a}	۱۱/۸۸۳^{a}	۱۹/۱۸۸^{a}	۰/۱۸۱^{a}	۳۷/۲۶۹^{a}	۱۳/۷۸۳^{b}
A_1	۸۱/۵۰۰^{b}	۵۵/۴۱۷^{a}	۱۲/۰۲۱^{a}	۱۸/۱۷۱^{a}	۰/۱۸۵^{a}	۳۷/۵۶۹^{a}	۱۴/۸۹۴^{a}
M_0	۸۳/۶۷۹^{a}	۵۶/۷۵۰^{a}	۱۲/۹۱۷^{a}	۱۸/۳۷۹^{a}	۰/۱۷۹^{b}	۳۲/۰۶۱^{b}	۱۳/۹۸۲^{b}
M_1	۸۵/۱۵۰^{a}	۵۱/۶۵۴^{b}	۱۰/۹۸۷^{b}	۱۸/۹۷۹^{a}	۰/۲۵۳^{a}	۴۲/۸۰۴^{a}	۱۴/۶۹۵^{a}
P_0	۹۴/۸۸۳^{a}	۵۷/۰۸۳^{a}	۱۳/۷۰۸^{a}	۱۹/۸۴۲^{a}	۰/۱۸۳^{c}	۴۰/۱۰۰^{a}	۱۲/۹۶۵^{c}
P_1	۸۷/۱۰۰^{b}	۵۶/۰۵۸^{a}	۱۲/۶۰۰^{a}	۱۹/۵۸۳^{a}	۰/۲۱۲^{b}	۳۷/۹۲۷$^{a b}$	۱۳/۹۸۵^{b}
P_2	۸۱/۱۲۵^{c}	۵۱/۸۳۳^{a}	۱۰/۸۳۳^{b}	۱۸/۵۸۳^{a}	۰/۲۷۰^{a}	۳۸/۲۸۳$^{a b}$	۱۴/۳۵۴^{b}
P_3	۷۴/۵۵۰^{d}	۵۱/۸۳۳^{a}	۱۰/۶۶۷^{b}	۱۶/۷۰۸^{b}	۰/۲۴۶^{a}	۳۳/۴۲۰^{b}	۱۵/۷۵۲^{a}
A_0M_0	۸۸/۹۰۰^{a}	۵۶/۹۵۸^{a}	۱۱/۴۵۸^{b}	۱۸/۷۰۸^{a}	۰/۱۷۷^{c}	۲۶/۹۵۲^{c}	۱۳/۳۰۲^{c}
A_0M_1	۸۵/۷۵۸^{a}	۴۹/۰۱۷^{b}	۱۲/۳۰۸^{b}	۱۹/۶۶۷^{a}	۰/۲۳۴^{b}	۳۸/۰۲۱^{b}	۱۴/۲۶۳^{b}
A_1M_0	۸۴/۵۴۲^{a}	۵۶/۵۴۲^{a}	۱۴/۳۷۵^{a}	۱۸/۰۵۰^{a}	۰/۲۲۷^{b}	۳۷/۱۷۱^{b}	۱۴/۶۶۱^{ab}
A_1M_1	۷۸/۴۵۸^{b}	۵۴/۲۹۲$^{a b}$	۹/۶۶۷^{c}	۱۸/۲۹۲^{a}	۰/۲۶۸^{a}	۴۷/۵۸۷^{a}	۱۵/۱۲۸^{a}
A_0P_0	۹۴/۱۰۰^{a}	۵۶/۰۰۰^{a}	۱۴/۳۳۳^{a}	۱۹/۱۶۷	۰/۱۶۲^{c}	۴۲/۸۰۷^{a}	۱۲/۳۳۹^{d}
A_0P_1	۸۷/۹۵۰$^{a b}$	۵۵/۴۵۰^{a}	۱۳/۲۸۳$^{a b}$	۲۰/۷۵۰$^{a b}$	۰/۱۹۷^{bc}	۳۸/۷۰۷$^{a b}$	۱۳/۳۸۰^{cd}
A_0P_2	۸۵/۵۰۰^{b}	۵۰/۳۳۳^{a}	۱۰/۳۳۳^{c}	۲۰/۱۶۷^{a}	۰/۲۱۳^{ab}	۳۳/۶۰۸^{b}	۱۴/۲۹۹^{abc}
A_0P_3	۸۱/۷۶۷$^{b c}$	۵۰/۱۶۷^{a}	۹/۵۸۳^{c}	۱۶/۶۶۷^{a}	۰/۱۷۲^{bc}	۳۳/۹۵۵^{b}	۱۵/۱۱۳^{ab}
A_1P_0	۹۵/۶۶۷^{a}	۵۸/۱۶۷^{a}	۱۳/۰۸۳$^{a b}$	۲۰/۵۱۷^{b}	۰/۲۰۳^{ab}	۳۷/۳۹۳$^{a b}$	۱۳/۸۶۸^{bc}
A_1P_1	۸۶/۲۵۰^{b}	۵۶/۶۶۷^{a}	۱۱/۹۱۷$^{a b c}$	۱۸/۴۱۷$^{a b}$	۰/۲۲۸^{a}	۳۷/۱۴۷$^{a b}$	۱۵/۳۶۵^{a}
A_1P_2	۷۶/۷۵۰^{c}	۵۳/۳۳۳^{a}	۱۱/۳۳۳$^{b c}$	۱۷/۰۰۰^{b}	۰/۲۳۷^{a}	۴۲/۹۵۸^{a}	۱۵/۳۳۹^{a}
A_1P_3	۶۷/۳۳۳^{d}	۵۳/۵۰۰^{a}	۱۱/۷۵۰$^{a b c}$	۱۶/۷۵۰^{b}	۰/۲۰۰^{ab}	۳۲/۸۸۵^{b}	۱۵/۰۰۶^{ab}
M_0P_0	۹۲/۹۳۳^{a}	۵۳/۳۳$^{a b}$	۱۳/۷۵۰^{a}	۱۸/۶۸۳$^{a b c d}$	۰/۱۵۵^{c}	۳۷/۴۸۵^{b}	۱۲/۵۱۰^{d}
M_0P_1	۸۵/۰۳۳$^{b c}$	۵۵/۶۶۷$^{a b}$	۱۲/۹۱۷^{a}	۱۸/۴۱۷$^{b c d}$	۰/۱۹۴^{bc}	۳۵/۵۳۸^{bc}	۱۳/۴۱۲^{cd}
M_0P_2	۸۱/۵۰۰$^{b c d}$	۵۵/۱۶۷$^{a b}$	۱۲/۷۵۰^{a}	۱۹/۳۳۳$^{a b c}$	۰/۲۳۳^{b}	۳۱/۵۲۳^{c}	۱۴/۳۶۶^{bc}
M_0P_3	۷۵/۲۵۰^{d}	۶۲/۳۳۳^{a}	۱۲/۲۵۰^{a}	۱۷/۰۸۳$^{c d}$	۰/۱۸۲^{bc}	۲۸/۶۹۸^{cd}	۱۵/۶۳۹^{a}
M_1P_0	۹۶/۸۳۳^{a}	۶۰/۳۳۳^{a}	۱۳/۶۶۷^{a}	۲۱/۰۰۰^{a}	۰/۲۱۰^{b}	۴۷/۷۱۵^{a}	۱۳/۶۹۶^{cd}
M_1P_1	۸۹/۱۶۷$^{a b}$	۵۶/۴۵۰$^{a b}$	۱۲/۲۸۳^{a}	۲۰/۷۵۰$^{a b}$	۰/۲۲۷^{b}	۴۵/۳۱۵^{a}	۱۴/۶۵۸^{b}
M_1P_2	۸۰/۷۵۰$^{c d}$	۴۸/۵۰۰$^{b c}$	۸/۹۱۷^{b}	۱۷/۸۳۳$^{c d}$	۰/۲۷۷^{a}	۳۸/۰۴۳^{b}	۱۵/۷۷۴^{a}
M_1P_3	۷۳/۸۵۰^{d}	۴۱/۳۳۳^{c}	۹/۰۸۳^{b}	۱۶/۳۳۳^{d}	۰/۲۲۰^{b}	۳۱/۱۴۲^{c}	۱۴/۲۰۱^{bc}

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می باشند

فهرست منابع:

۱. برین، م.، ن. علی اصغر زاده. و ع. صمدی. 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.

۲. رستگار ، م . ع.۱۳۸۴ . زراعت نباتات علوفه ای ، انتشارات برهمند . ۴۴۸ صفحه .

۳. معز اردلان، م.، غ. ثواقبی فیروز آبادی. ۱۳۸۱. مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار.(ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران. ص ۲۳۵ – ۲۰۵.

۴. ملکوتی،م. ج.، م. نفیسی. ۱۳۶۷. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم(ترجمه) انتشارات دانشگاه تربیت مدرس . ص ۱۳۴- ۱۰۰

5. Abdel-fattah, G. M., F. F. Migaher and A. H. Ibrahim. 2002. Interactive effects of endomycorryhizal fungus Glomus etunicatum and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences. 5: 835-841
6. 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
7. Al-karaki, G. N. and R. Hammad. 2001. Mycorrhiza influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal Plant Nutrition. 24:1311-1323
8. Al-Karaki, G. N., and A. Al-Raddad. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza. 7: 83-88
9. Bagyako, M., E. Georg., V. Romheld, and A. Buerkert. 2000. Effects of mycorrhizal fungi and Phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cow pea and sorghum in West African. Soil Journal of Agriculture Science. 135:399 – 407
10. Behl, R. K., H. Sharma., V. Kumar and K. P. Singh. 2003. Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and Azotobacter chroococcum on above flag leaf characters in wheat. Agronomy and Soil Science. 49: 25–31
11. Carletti, S. 2002. Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in plant micropropagation www. ag. Auburn. Edu/argentina/pdfmanuscripts/ carletti. Pdf.
12. Carling, D. E., and M. F. Brown. 1982. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non mycorrhizal roots. Phytopathology. 72: 1108 – 1114
13. Colomb, B., R. Kinivy, and P. H. Debaeke. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field - grown maize. Agronomy Journal. 25: 428 – 43
14. Ebrahim, M. K. H., and M. M. Aly. 2004. Physiological response of wheat to foliar application of zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. Journal of Plant Nutrition. 27: 1859–1874
15. Gavito, M. E., and M. H. Miller. 1998. Changes in mycorrhiza development, dry matter partitioning and yield of maize. Plant and Soi.l 199: 177-186
16. Georg, E., K. Haussler., S. K. Kothari. 1995. Role of arbyscular mycorrhiza fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil., Critical Review in Biotechnology. 15: 257-270.
17. Goh, T. B., M. R. Banerjee., T. Shihua, and D. L. Burton. 1997. Vesicular arbuscular mycorrhizae mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Canadian Journal of Plant Science. 77: 339-346
18. Gupta, M. L., A. Prasad., M. Ram and S. Kumar. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus Glomus fasciculatum on the essential oil yield related characters and

nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (Mentha arvensis) under field conditions. Bioresource Technology. 81: 77-79
19. Hernandez, M., M. Pereira, and M. Tang. 1994. Use of microorganisms as biofertilizers in tropical crops. Pastos-y-Forrajes. 17: 183-192
20. Kothari, S. K., H. Marschner, and V. Romheld. 1991. Contribution of VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Plant and Soil. 131: 177–185
21. Lambert, D H., Baker, D. E and Cole, J, H. 1979. The role of mycorrhiza in the interaction of phosphorus with zinc, copper and other elements. Soil Science Society of America Journal. 43 : 976 - 980
22. Manske, G. B., A. Luttger., R. K. Behl., P. G. Vlek and M. Cimmit. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growh by Azotobacter chroococcum in wheat. Plant Breeding. 13: 78–83
23. Mohammad, M. J., W. L. Pan, and A. C. Kennedy. 1995. Wheat responses to vesicular arbuscular mycorrhizal fungi inoculation of soils from eroded to posequence. Journal of American Soil Science Society. 59: 1086 – 1090
24. Mohandas, S. 1987. Field response of tomato (Lycopersicon esculentum Mill "Pusa Ruby") to inoculation with a VAM fungus Glomns fasiculatum with Azotobacter vinelandii. Plant and Soil. 98: 295– 297
25. Nagahashi. G., D. Dounds and G. D. Abney. 1996. Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of the VAM fungus Gigaspora margarita directly and indirectly through its effect on root exudation. Mycorrhiza. 6: 403-408
26. Ortus, I., and P. J. Harris. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil. 184: 225-264
27. Phillip, j., and D. S. Hayman. 1970. Improved Procedure For clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhiza Fungi for rapid assessment of infection transaction of the British mycological Society. 55: 158 – 161
28. Raja, P. S., R. B. Clark., J. R. Ellis., and J. W. Maranville.1990. Mineral uptake and growth of sorghum colonized with VA mycorrhiza at varied soil phosphorus levels. Journal of Plant Nutrition. 13: 843 - 859
29. Ryan, M. H., and J. E. Ash. 1996. Colonization of wheat in southern new south walse by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi significantly reduced by drought Australian journal of Experimental Agriculture. 36: 563 – 569
30. Subba Rao, N. S. 1988. Biofertilizers in Agriculture. Mycorrhizal fungi (chapter 9). Oxford and IBH publishing co. pvt .ltd. pp: 142–159
31. Subramanian, H., and S. charest. 1999. Acquistion if N by external hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungi and its impact on physiological responses in maize under drought stress and well watered conditions. Mycorrhiza. 9 : 69 – 75
32. Sumana, D. A., and D. J. Bagyaraj. 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (Azadirachta indica. A. Juss). Indian Journal of Microbiology. 42: 295–298
33. Suneja, S., K. Lakshminarayana, and P. P. Gupta. 1994. Role of Azotobacter chroococcum siderophores in control of bacterial rot and Sclrotinia rot of mustard. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology. 24: 202 – 205
34. Tarafdar, J. C., and H. Marschner. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic Phosphorus by wheat plant. Soil Science and Plant Nutrition. 40: 593 – 600
35. Turk, M. A., T. A. Assaf., K. M. Hameed, and A. M. Tawaha. 2006. Significance of Mycorrhizae. World Journal Agricalture Science. 2: 16 - 20
36. Wang, H., T. Zhang., Y. Clen, and F, Shaan. 1990. Study on interaction between P and Zn and their influences on the growth of maize seedlings in calcareous soil . Acta-Pedologica-Sinica. 27:241-249.