تأثیر قارچ‌کش کربوکسین تیرام (Carboxin Thiram) بر رابطه همزیستی قارچ‌های میکوریزا- آربسکولار با گیاه گندم

اشرف اسمعیلی زاد[1]*، فرهاد رجالی و جلیل وندیوسفی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گروه میکروبیولوژی، کرج، ایران؛ **noblesse55@gmail.com**

استادیار، عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **frejali@yahoo.com**

استاد پژوهش، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج؛ **neglab1@yahoo.com**

چکیده

کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبت که بر حاصلخیزی پایدار خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی نیز مثمرثمر واقع شده و می‌توانند به عنوان جایگزین مناسب و مطلوب برای تمامی یا حداقل بخشی از کودهای شیمیایی باشند. از مهمترین انواع کودهای بیولوژیک می‌توان به قارچ‌های آربوسکولار میکوریزی اشاره کرد. با توجه به گستردگی استفاده از قارچ‌کش Carboxin Thiram برای کنترل عوامل بیماریزای قارچی در کشت گندم و به منظور تعیین میزان تأثیر این قارچ‌کش در برقراری رابطه همزیستی گیاه گندم با گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز آربسکولار، این پروژه طراحی و اجراء گردید. با انجام آزمون گلخانه‌ای، تأثیر قارچ‌کش Carboxin Thiram در دو سطح مصرف (به میزان دو در هزار) و عدم مصرف بر همزیستی شش گونه از قارچ‌های میکوریزی (*Glomus clarum Glomus caledonium*، *Glomus mosseae*، *Glomus sp*، *Glomus geosporum*، *Glomus versiforme*) بر شاخص‌های رشد گیاه گندم رقم چمران و همچنین بر روی تعداد اسپور و درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه با این قارچ‌ها بررسی گردید. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از این قارچ‌کش به صورت بذرمال تأثیر معنی‌داری در هیچ‌یک از اجزاء عملکردی گیاه در بر نداشت. تلقیح با قارچ میکوریز و استفاده از Carboxin Thiram تعداد اسپور ($p<0.01$) و درصد کلونیزاسیون ریشه ($p<0.05$) را به طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین تعداد اسپور تولیدی در همزیستی قارچ *Glomus geosporum* و در سطح استفاده از Carboxin Thiram با 34/37 اسپور به ازاء هر گرم خاک و کمترین میزان در قارچ *G.clarum* با 5 اسپور در هر گرم خاک مشاهده شد. نتیجه کلی حاصل از این پژوهش حاکی از عدم تأثیر منفی بکارگیری بذور گندم حاوی قارچ‌کش Carboxin Thiram در برقراری رابطه همزیستی میکوریزی با گونه‌های مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، کلنیزاسیون ریشه، گندم رقم چمران

مقدمه

هدف از مصرف کودهای بیولوژیک، تقویت حاصلخیزی خاک و تأمین تمام و یا بخشی از نیازهای گیاه به یک یا چند عنصر غذایی و همچنین در مواردی افزایش توانایی گیاه در برابر تنشهای زنده و غیر زنده می‌باشد. کودهای بیولوژیک فراورده‌هایی هستند شامل سلول‌های زنده از گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌هایی که توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل جذب به فرم قابل جذب برای استفاده گیاهان طی فرایندهای

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، رجایی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، دانشکده علوم پایه، گروه میکروبیولوژی

* دریافت: 91/9/12 و پذیرش: 92/2/5

بیولوژیکی را دارا می‌باشند (وسی، 2003؛ چن،2006). در حال حاضر کودهای بیولوژیک به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای بخشی از کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (وو و همکاران،2005). یکی از مهمترین انواع کودهای بیولوژیک قارچ‌های میکوریزی هستند. همزیستی میکوریزی گسترده‌ترین همزیستی شناخته شده بین گیاهان و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (ناگاهاشی و همکاران، 1996). حدود 83% از گیاهان دولپه‌ای و 79% از گیاهان تک‌لپه‌ای با قارچ میکوریز رابطه همزیستی دارند (کوپمن و همکاران، 1996). 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 می‌باشد، بقاء، رشد و توسعه گیاه میزبان را با تأمین عناصر غذایی به خصوص فسفر (الکارکی، 2000؛ ترسدر ،2004) و آب مورد حمایت قرار می‌دهد (اسمیت و رید، 1997). گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی به دلیل وجود یک شبکه ریسه‌ای گسترده در ریشه از جذب بالاتر مواد غذایی برخوردار می‌باشند (اسمیت و اسمیت، 1997). ریسه، رابط بین خاک و ریشه گیاه است همچنین دارای سطح وسیعی است که به صورت یک سیستم جذب اضافی، ریشه گیاه میزبان را در جذب عناصر معدنی به خصوص فسفر کمک می‌نماید (مارک و کسلز، 199؛ مارولاندا و همکاران، 2003؛ ریلیج و همکاران، 2002). فسفر اغلب به صورت فسفات‌های معدنی کم‌محلول و یا نامحلول و یا به صورت فسفر آلی در خاک وجود دارد که به سهولت برای گیاهان قابل استفاده نیستند، بنابراین برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر را به صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌کنیم (پنت و ردی، 2003). هر ساله بین 75 الی 90 درصد فسفر اضافه شده به خاک به دلیل آهکی بودن اکثر خاک‌ها، وجود pH بالا، تنش خشکی، وجود بیکربنات در آب آبیاری و کمبود مواد آلی موجود در خاک و همچنین در اثر ترکیب با یون‌های کلسیم، آلومینیوم و آهن در خاک به صورت رسوب در می‌آید و به مصرف گیاه نمی‌رسند (ویگ و دو، 1984؛ استیونسون، 1986). حرکت به سمت استفاده از تکنولوژی‌های مدرن برای تولید زاد مایه قارچ‌های میکوریز آربسکولار و استفاده از ترکیبات جدید می‌تواند ضمن افزایش زمینه کاربرد این ترکیبات زیستی در کشور زمینه مناسبی را برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره فراهم آورد (رجالی، 1389).

در دنیای امروز گندم نه تنها یک ماده غذایی اساسی و مهم است بلکه از لحاظ سیاسی نیز از اهمیتی هم پایه نفت و حتی برتر از آن برخوردار می‌باشد. عملکرد پائین گندم در ایران در مقایسه با جهان عمدتاً بواسطه کمبود آب و ناکارآمد بودن مدیریت‌های زراعی اعمال شده است. بنابراین می‌توان گفت که گندم استراتژیک‌ترین محصول زراعی در دنیا می‌باشد. در کشور ما مصارف سرانه گندم در حدود دو برابر مصرف جهانی است (بهنیا، 1376). بر طبق اطلاعات آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی 89-1388 حدود 7 میلیون هکتار از اراضی زراعی کشور به کشت گندم اختصاص داده شده و میزان تولید گندم حدود 13/4 میلیون تن برآورد شده است. گندم را معمولاً دانه‌یی حاوی نشاسته می‌دانند لیکن پروتئین‌های موجود در دانه مهمترین ترکیبات بیولوژیکی و متابولیسمی آن محسوب می‌شوند. پروتئین‌های موجود در دانه از یک طرف منبع ازت و آمینواسیدهای مورد نیاز در هنگام جوانه زدن جنین بوده و از طرف دیگر فاکتور مهم در مکانیسم پخت و ارزش غذایی نان محسوب می‌شود (کلمن و کوالست، 1991؛ بهاتارایی و هس 1993).

در کشاورزی رایج به منظور کنترل علف‌های هرز و آفات از علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود (محلاتی و همکاران، 1380). آفت‌کش‌ها میکروارگانیسم-های غیر هدف را با دخالت در پروسه‌های حیاتی مانند تنفس، فتوسنتز و واکنش‌های بیوسنتزی مانند رشد دیواره سلولی، تقسیم و ترکیب مولکولی تحت تأثیر قرار می‌دهند (دلورنزو و همکاران، 2001). قارچ‌کش‌ها در مقایسه با ضد عفونی کننده‌ها معمولا آلودگی میکوریزی را به تأخیر انداخته و یا کاهش می‌دهند ولی به ندرت آن را کاملاً ریشه‌کن می‌نمایند. قارچ‌کش‌های غیر سیستمیک نظیر Thiram می‌توانند قارچ‌های میکوریزی را از طریق ممانعت از تندش اسپور تحت تأثیر قرار دهند و نسبت به قارچکش‌های سیستمیک آسیب کمتری به همزیستی میکوریزی وارد می‌نمایند (بتلن فالوی و لیندرمن، 1992). قارچ‌کش‌های سیستمیک نظیر Benomyl، Banrot، Thiabendazole، Vitavax، Thiophanate و Terrazol به همزیستی میکوریزی آسیب بیشتری وارد می‌نمایند. آنها تندش اسپور و رشد قارچ را در درون بافت ریشه تحت تأثیر قرار می‌دهند (کوردیر و همکاران، 1996). قارچ‌کش Carboxin Thiram با نام تجاری Vitavax Thiram قارچ‌کش مختلط با طیف اثر گسترده متشکل از یک

ترکیب سیستمیک (Carboxin از گروه اکساتین‌ها) و یک ترکیب تماسی (Thiram از گروه دی‌تیوکاربامات‌ها) می‌باشد که نحوه اثر Carboxin از طریق اختلال در تنفس سلولی است و Thiram در اثر اختلال عمومی در کار آنزیم‌ها اثر خود را اعمال می‌کند. از جمله بیماری‌های قارچی گیاه ارزشمند گندم سیاهک آشکار و پنهان می‌باشد که برای مبارزه با آنها استفاده از قارچ‌کش Carboxin Thiram امری ضروری است. در این میان پوشش بذر با قارچ‌کش یکی از عملیات رایج برای ظهور بهتر گیاهچه‌ها از خاک و جلوگیری از حمله اولیه آفات به بذر می‌باشد. این نوع از عملیات زراعی تقریباً به عنوان یک عملیات موفق برای کنترل بیمارگرهای بذرزاد و همچنین انواع بیمارگرهای عامل پژمردگی گیاهچه محسوب می‌شود.

با توجه به گستردگی استفاده از قارچ‌کش Carboxin Thiram در کشت گندم در ایران و به منظور تعیین میزان تأثیر این قارچ‌کش در برقراری رابطه همزیستی گیاه گندم با گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز آربسکولار این پروژه طراحی و به مرحله اجراء درآمد تا در نهایت مناسب‌ترین گونه‌های قارچ‌های میکوریزی برای استفاده به صورت زاد مایه و به شکل همزمان با قارچ‌کش Carboxin Thiram مشخص شود.

مواد و روش‌ها

تهیه زاد مایه قارچ‌های میکوریز آربوسکولار

برای انجام این آزمون از شش گونه قارچی تهیه شده از کلکسیون میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب (رجالی، 1389) به شرح زیر استفاده گردید:

Glomus clarum، *Glomus caledonium*، *Glomus mosseae*، *sp Glomus*، *Glomus geosporum Glomus versiforme*

بذور استریل (در شرایط استریل به ترتیب شستشو با توئین 20 و آب‌کشی کامل، غوطه ور شدن در الکل 96 درجه به مدت 30 ثانیه، خالی کردن الکل و قرار دادن بذور در محلول هیپوکلریت سدیم حاوی 1/5% کلر فعال به مدت 8 دقیقه، شستشو با آب مقطر استریل به تعداد 8-6 بار به منظور رفع سمیت هیپوکلریت سدیم) و جوانه‌دار شده ذرت (قرار دادن بذور استریل در پلیت حاوی آب – آگار و انکوباسیون در دمای 25 درجه به مدت 2 روز) به منظور تکثیر زاد مایه‌های قارچی تهیه شدند. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی هفت کیلوگرمی ضدعفونی شده (به ترتیب شستشو با مایع ظرفشویی، شستشو با محلول 2% هیپوکلریت سدیم بمدت 15دقیقه، آبکشی کامل) حاوی ماسه استریل 75 درصد و خاک لوم 25 درصد کشت شدند. هر گلدان با 50 گرم از زاد مایه حاوی گونه مورد نظر تلقیح گردید. بدین ترتیب که ابتدا لایه‌ای از خاک سطح گلدان‌ها را کنار زده و در مرکز هر گلدان حفره‌ای به ارتفاع یک سانتی‌متر ایجاد گردید. سطح حفرات با زاد مایه قارچی پر و سپس با خاک هر گلدان پوشانیده شد. گلدان‌ها در گلخانه به مدت 4 ماه با نور طبیعی و درجه حرارت 28-20 درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و هفته‌ای یک بار با آب مقطر استریل و یک بار با محلول غذایی هوگلند (هوگلند و آمون، 1950) استریل با 1/2 غلظت فسفر آبیاری گردید. پس از اتمام دوره رشد، گیاهان ذرت از سطح گلدان‌ها قطع و زاد مایه‌های تهیه شده درون نایلون‌های پلاستیکی و درون یخچال در دمای 4 درجه سانتی‌گراد تا زمان شروع آزمون نگهداری گردیدند. قبل از انجام آزمایش و کاشت گیاه تعداد اسپورهای موجود در زاد مایه‌های آماده شده به روش الک مرطوب (گردمن و نیکلسون،1963؛ فانگ و همکاران 1983) به منظور تعیین میزان استفاده از هر زاد مایه در دو تکرار انجام گردید.

تهیه نمونه خاک برای آزمون گلخانه‌ای و اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن

برای انجام آزمون گلخانه‌ای نمونه برداری از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری از خاک یکی از قطعات مزرعه‌ای موجود در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج که چندین سال به صورت آیش باقی مانده بوده استفاده گردید. برای حذف تکه‌های سنگ، نمونه خاک پس از هوا خشک شدن از الک 5 میلی‌متری عبور داده شد. از خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمون، بافت خاک به روش هیدرومتری، از خصوصیات شیمیایی pH و EC خاک با استفاده از روش گل اشباع، پتاسیم قابل جذب گیاه با استفاده از روش استات سدیم نرمال با pH7، فسفر قابل جذب گیاه با استفاده از روش اولسن، کربن آلی خاک با استفاده از روش اکسیداسیون با دی کرومات پتاسیم و مقدار آهن، مس، منگنز و روی قابل جذب گیاه از طریق عصاره‌گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی (علی احیایی، 1372) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری خصوصیات بیولوژیکی خاک مورد آزمون

از خصوصیات بیولوژیکی، شمارش اسپور قارچ‌های میکوریز آربسکولار بومی به روش الک مرطوب در دو تکرار و همچنین بخشی از جمعیت کل این قارچ‌های بومی که توانایی کلونیزه کردن ریشه گیاه میزبان را دارند

به روش MPN[1] اندازه‌گیری شد (نوریس و همکاران، 1994).

تعیین جمعیت فعال قارچ‌های میکوریز آربسکولار خاک مورد آزمون به روش بیشترین تعداد احتمال یا MPN

از نمونه خاک رقت‌های صفر، 0/1، 0/01 و 0/001 با پوکه استریل (الکساندر، 1965؛ کوچران، 1950) (پنج تکرار از هر رقت در تیوپ‌های استریل به ابعاد 11×2/2 سانتی‌متر) آماده گردید. در هر تیوپ تعداد 2 عدد بذر استریل و جوانه‌دار شده ذرت کشت گردید. پس از گذشت زمان 4 هفته، گیاهچه‌ها برداشت و با آب شسته شدند. سپس ریشه‌ها با ماده رنگی تریپان بلو (به ترتیب قرار دادن ریشه‌ها در لوله آزمایش، ریختن محلول10% KOH بر روی ریشه‌ها، قرار دادن آنها در اتوکلاو به مدت 4 دقیقه، شستشوی ریشه‌ها 8-6 بار با آب مقطر، ریختن محلول آب اکسیژنه قلیایی یعنی 3 میلی لیتر هیدروکسید آمونیوم + 30 میلی لیتر 10% H_2O_2 بر روی آنها به مدت 10 دقیقه، شستشوی کامل با آب، ریختن محلول اسید کلریدریک 1% بر روی ریشه‌ها به مدت 3 دقیقه، خالی کردن اسید و رنگ‌آمیزی با محلول رنگی تریپان بلو در لاکتو گلیسرول) رنگ آمیزی شدند. پس از رنگ آمیزی ریشه، برقراری و یا عدم برقراری رابطه همزیستی میکوریز آربسکولار که مشخصه آن وجود و یا عدم وجود اندام مشخصه قارچ شامل رشته‌های هیفی، اسپورها، وزیکول‌ها و آربسکول‌ها می‌باشد برای تمام سیستم‌های ریشه‌ای در پتری دیش‌های مجزا توسط استریومیکروسکوپ (بینوکولار) با بزرگنمایی 45 بررسی شد. محاسبه MPN مطابق جدول فیشر و یاتز (1974) انجام گردید (نوریس و همکاران، 1994).

بررسی تأثیر قارچ‌کش بر همزیستی میکوریزی طرح آزمایش

اثر قارچ‌کش Carboxin Thiram تهیه شده از شرکت خدمات حمایتی کشاورزی بر همزیستی میکوریزی در گیاه گندم رقم چمران تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی یک آزمون گلخانه‌ای و تا مرحله نهایی محصول دهی گیاه مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور تلقیح میکوریزی (در شش سطح تلقیح و یک سطح عدم تلقیح) و قارچ‌کش Carboxin Thiram (در دو سطح استفاده به میزان دو در هزار گرم و عدم استفاده) با 4 تکرار برای هر تیمار و جمعاً 56 واحد آزمایشی (گلدان)، کاراترین ترکیب همزیستی گیاه گندم رقم چمران با گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی در حضور این قارچ‌کش مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص‌های بررسی شده عبارت بودند از وزن‌تر و خشک اندام هوایی گیاه، طول خوشه، طول ساقه، فاصله میان‌گره‌ای، تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه، وزن دانه در خوشه، وزن هزار دانه، درصد کلنیزاسیون ریشه با قارچ و میزان اسپورزایی قارچ در محیط پیرامون ریشه.

گشت گیاه و اعمال تیمارها

بذرهای یکدست و سالم استریل (استفاده از هیپوکلریت سدیم با 1/5% کلر فعال به مدت 6 دقیقه) در زیر هود لامینار هوا خشک شده و سپس نیمی از بذرها با قارچ‌کش Carboxin Thiram به نسبت 2 در هزار گرم تیمار گشتند. تعداد 10 بذر در گلدان‌های پلاستیکی 7 کیلوگرمی ضد عفونی شده محتوی خاک و زاد مایه‌های مورد نظر کشت شدند. با در نظر گرفتن 200 اسپور قارچ به ازاء هر بذر مقدار کافی از هر زاد مایه قارچی به گلدان‌های مربوطه اضافه گردید. پس از دو هفته تعداد هفت گیاهچه نگهداری شده و بقیه حذف شدند. گیاهان در گلخانه با دمای 25^{0C} تا 28^{0C} به مدت چهار ماه رشد کردند. گلدان‌ها هفته‌ای دو بار با آب معمولی و از ماه دوم هفته‌ای یک بار با محلول غذایی هوگلند آبیاری شدند، و تنها یک بار از کود اوره به میزان 0/14 گرم به ازاء هر گلدان در مرحله ظهور سنبله‌ها استفاده به عمل آمد.

اندازه گیری اجزاء عملکردی گیاه

اندازه‌گیری تعداد پنجه با شمارش آن‌ها پس از کامل شدن پنجه‌ها، اندازه‌گیری اجزای عملکردی شامل طول سنبله، ارتفاع بوته و فاصله میان‌گره‌ای با خط‌کش در زمان رسیدگی فیزیولوژیک گندم انجام شد. همچنین با گذشت چهار ماه از شروع آزمایش و با رسیدن کامل گیاهان گندم بوته‌ها از سطح خاک قطع و وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. همچنین ریشه گیاه به منظور تعیین درصد کلونیزاسیون میکوریزی از تمامی گلدان‌ها برداشت و پس از شسته شدن کامل با آب به ظروف پلاستیکی حاوی الکل اتیلیک 50 درصد انتقال داده شدند. به منظور شمارش اسپور نیز نمونه‌های خاک از هر گلدان در کیسه‌های پلاستیکی در سردخانه با دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. شمارش اسپورها طبق روش الک مرطوب و تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه طبق روش تقاطع خطوط شبکه به شرح ذیل انجام گردید:

---

1. Most Probable Number

تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه با قارچ‌های میکوریز آربسکولار

ابتدا نمونه‌های ریشه با محلول رنگی تریپان بلو در محلول لاکتوگلیسرول رنگ آمیزی شدند (نیومن،1966؛ جیووانتی و موسه، 1980). سپس از هر نمونه تعداد 100 قطعه سالم به طول 1 سانتی‌متر با چاقوی جراحی بریده شده و تمامی قطعات در پلیتی با قطر9 سانتی‌متر، که به ابعاد 1×1 سانتی‌متر مشبک شده بود، به طور تصادفی توزیع شدند. تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه‌ها با استفاده از روش تقاطع خطوط شبکه انجام شد (نیومن،1966؛ جیووانتی و موسه، 1980).

تجزیه و تحلیل آماری طرح

داده‌ها با نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل شده و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید. همچنین مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون Tukey به دلیل توان بیشتر و دقت بالاتر این آزمون در مقایسات چندگانه انجام شد.

نتیجه و بحث

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمون در جدول شماره 1 آورده شده است. اندازه گیری خصوصیات بیولوژیکی خاک نیز نشان داد که تعداد اسپورهای قارچ‌های میکوریز آربسکولار بومی در 10 گرم خاک 5 عدد و تعداد اندام‌های فعال این قارچ‌ها 1/1 propagule/ $_{Cm3}$ می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش گلخانه‌ای (جدول2) نشان داد که تیمارهای قارچی، دو صفت یعنی تعداد پنجه و وزن خشک اندام هوایی گیاه گندم را در سطح یک درصد آماری تحت تأثیر قرار داد. از لحاظ تعداد پنجه در حضور و عدم حضور قارچ‌کش، تیمارهای میکوریزی باعث افزایش این صفت شدند که آن را می‌توان به تأثیر گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی در افزایش سطح جذب ریشه از طریق گسترده کردن شبکه هیفی خود و همچنین توانایی آن‌ها در افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه، افزایش جذب آب و افزایش جذب عناصر معدنی به ویژه فسفر دانست. در مطالعات بسیار زیادی به نقش قارچ‌های میکوریزی در افزایش توانایی گیاه در جذب بیشتر عناصر معدنی و آب اشاره شده است (آزکون آگیلار و باریا، 2002؛ لی و زیوای 2005؛ کاپور و همکاران، 2007). با اضافه کردن قارچ‌کش Carboxin Thiram گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی از لحاظ این صفت پاسخ‌های متفاوتی را به اضافه کردن این قارچ‌کش داده‌اند، لیکن تفاوت‌های مشاهده شده از لحاظ شاخص پنجه‌دهی با توجه به سطوح آماری در نظر گرفته شده در این آزمون معنی‌دار نگردید. در تیمار شاهد بدون تلقیح، استفاده از قارچ‌کش تعداد پنجه را در گیاه گندم کاهش داده است که این نشان دهنده تأثیری است که این نوع قارچ‌کش بر فیزیولوژی گیاه و همچنین بر جامعه میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی داشته و از طریق تأثیر منفی بر فعالیت آن‌ها توانایی گیاه را در جذب عناصر معدنی و آب کاهش داده و در نتیجه تعداد پنجه نیز کاهش یافته است. افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه را هم می‌توان یک اثر ثانویه از افزایش تعداد پنجه در گیاه دانست. بدیهی است هرچقدر تعداد پنجه در گیاه بیشتر باشد نشان دهنده وضعیت مطلوب‌تر گیاه از لحاظ تغذیه‌ای و افزایش وزن خشک نهایی گیاه می‌باشد. سایر صفات مورد بررسی از جمله طول ساقه، طول خوشه، فاصله میان‌گره‌ای و تعداد دانه در خوشه، وزن دانه در خوشه، وزن هزار دانه و وزن تر اندام هوایی تحت تأثیر رابطه همزیستی میکوریزی قرار نگرفته است که شاید بتوان دلیل آن را به وابستگی زیاد این صفات به خصوصیت ژنتیکی گیاه گندم نسبت داد.

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول شماره 4) نشان می‌دهد که استفاده از تیمار قارچ‌کش، وزن هزار دانه را در سطح یک درصد آماری تحت تأثیر خود قرار داده است. قارچ‌کش Carboxin Thiram یک قارچ‌کش تماسی- سیستمیک می‌باشد که بخشی از آن وارد پیکره گیاه شده و بنابراین می تواند از طریق تأثیر بر فیزیولوژی گیاه و به صورت یک اثر ثانویه وزن هزار دانه گیاه گندم را افزایش دهد. چنین نتایجی توسط فوستر و همکاران (1980) در مورد دو قارچ‌کش Triadimefon و Pyrazophos که از انواع قارچ‌های سیستمیک می‌باشند نیز گزارش شده است. این محققین خصوصیاتی شبیه هورمون سیتوکینین را برای قارچ‌کش اولی گزارش کرده‌اند. استفاده از این قارچ‌کش‌ها باعث سبزی بیشتر برگ‌ها شده و مرگ گیاه را به تأخیر انداخته و در نهایت رشد بیشتری برای گیاهان به دنبال داشته است. ون آلتن و همکاران (1993) نیز با انجام تحقیقی نشان دادند که استفاده از قارچ‌کش‌های سیستمیک Triadimefon و Pyrazophos همزیستی ایجاد شده بین گیاه میزبان و گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی را بهبود بخشیده است.

نتایج تجزیه واریانس دو صفت بیولوژیک اندازه‌گیری شده یعنی تعداد اسپور تولید شده توسط گونه‌های میکوریزی و درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه گندم با این قارچ‌ها نیز در جدول شماره 3 آمده است. این نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریز تعداد اسپور را

در سطح یک درصد آماری و درصد کلونیزاسیون ریشه را در سطح پنج درصد آماری تحت تأثیر خود قرار داده است. بیشترین اسپور تولیدی در همزیستی قارچ *G. geosporum* با حدود 31 اسپور به ازاء هر گرم خاک با گیاه گندم مشاهده گردید. از این لحاظ نیز گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی متفاوت از یکدیگر بودند. لیکن اضافه کردن قارچ‌کش Carboxin Thiram به جز در گونه *G.clarum* در سایر گونه‌ها، افزایش تولید اسپور را به دنبال داشته است. اضافه کردن گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی در تمامی موارد درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه گندم را افزایش داده است که نتیجه پاسخ گیاه گندم به تلقیح با قارچ‌های میکوریزی می‌باشد. همچنین اضافه کردن قارچ‌کش Carboxin Thiram به جز درمورد همزیستی ایجاد شده بین گیاه گندم با *G.mosseae* که آن را تحت تأثیر قرار نداده است در بقیه موارد درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه گندم با سایر گونه‌های قارچ‌های میکوریزی را افزایش داده است.

تأثیرات قارچ‌کش‌ها بر روی قارچ‌های میکوریزی از نظر زیان آور بودن یا مفید بودن متفاوت است. نتایج به‌دست آمده از این گونه بررسی‌ها تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله روش استفاده از قارچ‌کش، نوع قارچ‌کش، گونه قارچ، نوع گیاه میزبان استفاده شده، درجه حرارت و میزان رطوبت خاک قرار می‌گیرد. عامل اول روش استفاده از قارچ‌کش است که معمولاً اضافه کردن قارچ‌کش به صورت مستقیم به خاک باعث کاهش و اسپری آن بر روی اندام هوایی گیاه باعث افزایش فعالیت همزیستی میکوریزی می‌شود. به عنوان مثال جلالی و دمش (1975) گزارش کرده‌اند که استفاده از قارچ‌کش‌ها هیچ تأثیری بر فعالیت همزیستی میکوریزی نداشته است، در حالی که نمک (1980) عنوان نموده است که اضافه کردن قارچ‌کش به خاک باعث کاهش فعالیت همزیستی میکوریزی شده و دنه (1985 و 1986) بیان کرده است که چنان‌چه قارچ‌کش‌ها به صورت اسپری بر اندام هوایی گیاه اضافه شود باعث افزایش فعالیت قارچ‌های میکوریزی می‌شود. عامل دیگر نوع قارچ‌کش می‌باشد. طی آزمایشی تأثیر سه آفت‌کش بر مراحل شروع و توسعه اولیه قارچ‌های میکوریز آربسکولار در گیاه پنبه در شرایط تحت کنترل بررسی گردید و مشخص شد که قارچ‌کش‌های Terrazol و Terraclor در ابتدا از آلودگی میکوریزی ریشه گیاه پنبه جلوگیری کردند. این بازدارندگی بعد از 4 هفته ناپدید گشت و دیگر تأثیر ماندگاری بر آن نداشت. در حالی که Fenamiphos که یک نوع نماتدکش می‌باشد نه تنها اثر منفی نداشته است بلکه اثر تشدید کنندگی بر همزیستی میکوریزی در این گیاه داشته و رشد گیاه را نیز افزایش داده است (پاتینسون و همکاران، 1997). عامل دیگر نوع گیاه میزبان می‌باشد. آلتن و وست (1993) بیان نموده‌اند که استفاده از علف‌کش Tebuthiuron به میزان یک کیلوگرم در هکتار اسپورزایی قارچ‌های میکوریزی در ریزوسفر گیاه *Bromus tectorum* L را کاهش داده است، لیکن هیچ اثر منفی از لحاظ تولید اسپور قارچ‌های میکوریزی و همچنین درصد همزیستی در گیاه *Sitanion hystrix* در پی نداشته است.به طور کلی بر اساس مطالعات صورت گرفته تأثیر قارچ‌کش‌ها بر روی گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی به 3 گروه تقسیم می‌شوند: گروه اول تأثیرات بازدارندگی داشته و همزیستی میکوریزی را کاهش می‌دهند، گروه دوم بدون تأثیر بوده و استفاده از گروه سوم باعث بهبود همزیستی میکوریزی می‌گردد. به عنوان مثال، تمام گزارشات موجود در ارتباط با Metalaxyl نشان می‌دهد که تأثیر این قارچ‌کش بر قارچ میکوریز سودمند و یا خنثی می‌باشد (نمک، 1980؛ آفک و همکاران، 1990، 1991؛ هتریک و ویلسون، 1991). دو مکانیسم برای توجیه اثرات مثبت آفت‌کش‌ها بر قارچ میکوریز بیان شده است، اول در صورتی که آفت‌کش بتواند فیزیولوژی گیاه میزبان را به گونه‌ای تغییر دهد که سبب افزایش قندهای محلول در عصاره ریشه‌ها گردد، در این صورت کلونیزاسیون تحریک خواهد شد (شواب و همکاران، 1982؛ جباجی- هار وکندریک، 1985). دوم در صورتی که آفت‌کش‌ها جمعیت ارگانیزم‌های مضر برای قارچ‌های VAM[1] را کاهش دهد، در این وضعیت نیز میکوریز تحریک می‌شود (هتریک و ویلسون، 1991). بنابراین بدون آگاهی‌های بیشتر در مورد مکانیزم‌های متقابل مطرح شده، داده‌ها در مورد تأثیرات آفت‌کش‌ها باید با احتیاط کافی بررسی شوند (پاتینسون و همکاران، 1997).

نتیجه‌گیری کلی

با جمعبندی نتایج این تحقیق و در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار سه‌گانه فوق می‌توان عنوان نمود که استفاده از قارچ‌کش Carboxin Thiram به صورت بذرمال در کشت گیاه گندم رقم چمران اثرات منفی در برقراری رابطه همزیستی میکوریزی نداشته و می‌توان زاد مایه این قارچ‌ها را به صورت همزمان با این قارچ‌کش مورد استفاده قرار داد. البته برای تأیید نتایج به دست آمده و

1. Vesicular Arbuscular Mycorrhizae

اظهار نظر قطعی لازم است آزمون‌های مزرعه‌ای با مقادیر متفاوتی از این قارچ‌کش به مرحله اجرا در آید.

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قطعه آزمایش (عمق 30-0 سانتی‌متر) (قطعه19)

Tex.	Cu	Mn	Zn	Fe	K	P	OC	T.N.V	SP	EC dSm^{-1}	pH	C.E.C $Cmo.kg^{-1}$
			$mg.kg^{-1}$					٪				
لومی	1/02	7/88	0/46	2/16	233	7/9	0/72	8/2	32/5	1/01	7/7	13/3

جدول 2- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در آزمایش گلخانه‌ای

		میانگین مربعات									
منابع تغییرات(S.O.V)	درجه آزادی	تعداد پنجه	طول ساقه	طول خوشه	فاصله میانگره	تعداد دانه در خوشه	وزن دانه در خوشه	وزن هزار دانه	وزن تر اندام هوائی	وزن خشک اندام هوایی
قارچ	6	39/49**	10/89^{ns}	9/15^{ns}	2/28 ^{ns}	21/93^{ns}	0/06^{ns}	19/86^{ns}	177/93^{ns}	42/73**
قارچ‌کش	1	12/07^{ns}	10/83^{ns}	5/11^{ns}	2/31 ^{ns}	0/16^{ns}	0/11^{ns}	90/22**	150/11^{ns}	17/34^{ns}
قارچ x قارچکش	6	14/02^{ns}	1/21^{ns}	12/72^{ns}	0/47^{ns}	6/49^{ns}	0/02^{ns}	7/24^{ns}	42/32^{ns}	9/90^{ns}
خطا	42	11/73	10/24	10/67	1/14	26/22	0/04	10/91	92/63	9/91
درصد ضریب تغییرات		22/57	5/46	28/72	6/60	12/96	14/30	9/18	14/72	9/56

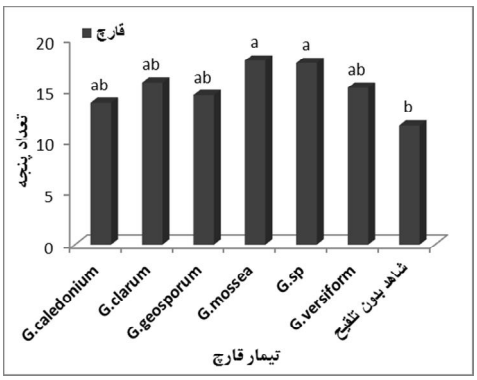
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5% و 1% و ns غیر معنی دار

جدول 3- تجزیه واریانس صفات بیولوژیکی در آزمایشگاه

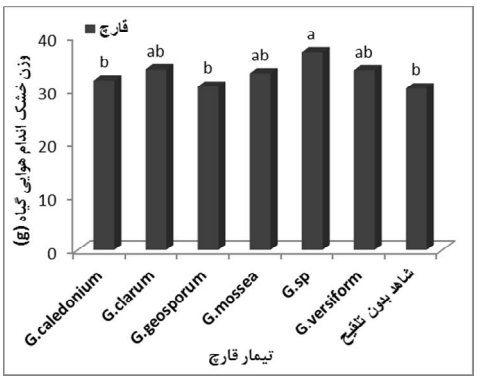
منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی	تعداد اسپور	درصد کلونیزاسیون ریشه
قارچ	6	748/06**	226/25*
قارچکش	1	146/25**	299/46 ^{ns}
قارچ x قارچ کش	6	105/15**	116/30 ^{ns}
خطا	42	16/18	84/91
درصد ضریب تغییرات		29/23	16/61

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ‌های میکوریز و قارچ‌کش در صفات بیولوژیکی مورد بررسی در آزمایشگاه

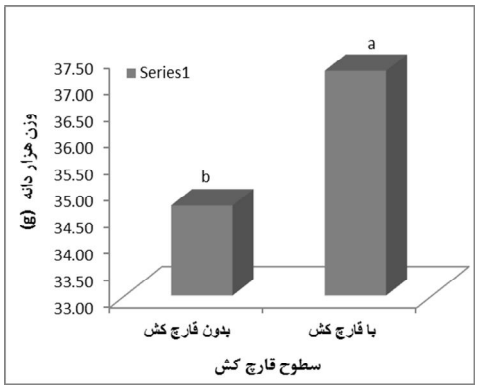
سطوح قارچ‌کش	تیمار میکوریزی	تعداد اسپور در محیط اطراف ریشه	درصد کلونیزاسیون ریشه
بدون قارچ‌کش	*G.caledonium*	10^{b}	56/04
	G.clarum	$8/12^{b}$	53/31
	G.geosporum	$31/25^{a}$	46/48
	G.mosseae	$8/75^{b}$	58/05
	G.sp	$6/25^{b}$	50/06
	G.versiforme	$10/75^{b}$	61/11
	Blank	$9/87^{b}$	46/91
با قارچ‌کش	*G.caledonium*	$11/87^{b}$	58/02
	G.clarum	5^{b}	70/15
	G.geosporum	$34/37^{a}$	59/13
	G.mosseae	$32/50^{a}$	57/84
	G.sp	$7/12^{b}$	56/22
	G.versiforme	10^{b}	58/14
	Blank	$6/75^{b}$	44/84
حداقل تفاوت معنی‌داری Tukey		2/16	4/97



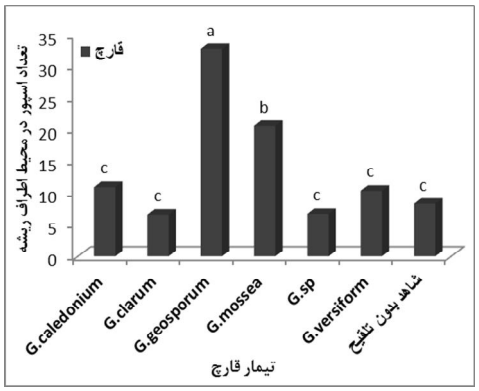
شکل 1- اثر اصلی قارچ میکوریز در تعداد پنجه



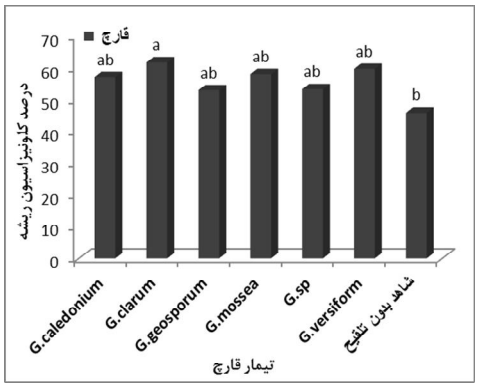
شکل 2- اثر اصلی قارچ میکوریز در وزن خشک اندام هوایی



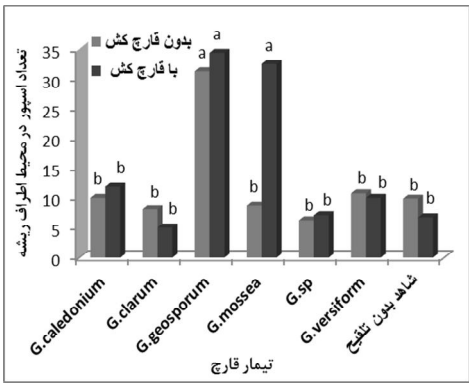
شکل 3- اثر اصلی قارچ‌کش در وزن هزار دانه



شکل 4- اثر اصلی قارچ میکوریزا در تعداد اسپور در محیط اطراف ریشه



شکل 5- اثر اصلی قارچ میکوریزا در درصد کلونیزاسیون ریشه



شکل 6- اثر متقابل قارچ میکوریزی و قارچ‌کش در تعداد اسپور تولید شده

فهرست منابع:

1. بهنیا، م. 1376. غلات سردسیری. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران
2. رجالی، ف. 1389. شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بومی اراضی زیر کشت گندم دیم و تعیین توانایی آن‌ها برای برقراری رابطه همزیستی با گیاه گندم، گزارش‌نهایی شماره 1515. موسسه تحقیقات خاک و آب.

3. رجالی، ف. ، ه. اسدی رحمانی، ک. خاوازی، ا. اصغرزاده، م. افشاری. 1389. جایگاه کودهای بیولوژیک فسفاتی و ضرورت توسعه آنها درکشاورزی ایران، اولین کنگره چالش‌های کود درایران : نیم قرن مصرف کود، 12-10 اسفند 1389، تهران.
4. علی احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. 1372. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره 893. تهران، ایران.
5. نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی، پ. رضوانی، ع. بهشتی. 1380. اگرواکولوژی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
6. Afek, U., J. A. Menge, and E.L. V. Johnson. 1990.Effect of *Pythium ultimum* and metalaxyl treatment on root length and mycorrhizal colonization of cotton, onion, and pepper. Plant Dis. 74:117-120.
7. Afek, U.,J. A. Menge, and E.L. V. Johnson. 1991. Intraction among mycorrhizae, soil solarization,metalaxyl, and plants in the field. Plant Dis. 75:665-671
8. Alexander, M. 1965. Most probable number method for microbial populations. P. 1467-1472. In: Black, C.A. (ed.) Methods of soil analysis, part 2: Chemical and microbial properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.
9. Al-Karaki, G.N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza 10:51–54.
10. Allen E. B., and N. E. West. 1993. Nontarget effects of the herbicide tebuthiuron on mycorrhizal fungi in sagebrush semidesert. Mycorrhiza 3: 75-78
11. Alten, H. von, A. Lindemann, F. Schonbeck. 1993. Stimulation of vesicular-arbuscular mycorrhiza by fungicides or rhizosphere bacteria. Mycorrhiza 2:167-173
12. Azcón-Aguilar, J. M. Barea, 2002. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. Scientia Horticulturae, Volume 68, Pages 1-24.
13. Bethlenfalvay, G. J. and Linderman, R. G. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA special publication number 54, US.
14. Bhattarai, T. and D. Hess. 1993. Yeild responses of Nepalese spring wheat (Triticum aestivum) cultivars to inculation with Azospirillum spp of Nepalese origin. Plant and Soil 151: 67-76
15. Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 2006,16 - 20. Thailand. 11 pp.
16. Cochran, W.G. 1950. Estimation of bacterial densities by means of the "most probable number" method. Biometrics 6: 105-116
17. Copman, R.H., C.A. Martin, J.C. Stutz. 1996. Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline or non-saline Soils. Hortscience 31: 341-344.
18. Cordier, C., S. Gianinazzi, V. Gianinazzi-Pearson. 1996. Colonization Patterns of root tissues by phythophtora nicotianae Var Parasitica related to reduced diseade in mycorrhizal tomato. Plant and Soil 185: 223-232.
19. Dehne, H.W. 1985. Influence of pesticides on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Colloq INRA 31:255-263.
20. Dehne, H.W. 1986. Untersuchungen zum Einflul von Pflanzenbehandhmgsmitteln auf das Auftreten der VA-Mycorrhiza. Meded Fac Landbouww Rijksuniv Gent 51:465-475
21. DeLorenzo, M.E., G.I. Scott, P.E. Ross. 2001. Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: a review. Environ Toxicol Chem 20:84-98.
22. Fang, Y.C., A.C. McGraw, M. Hakam, J.M. Hendrix. 1983. A procedure for isolating single-spore cultures of ertain endomycorrhizal fungi. New Phytol 93 : 107-114
23. Fisher, R. A. and F. Yates. 1974. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Oliver and Boyd, Edinburgh (Table VIII 2: 66).

24. Forster, H., H. Buchenauer and F. Grossmann. 1980. Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimenol und Triadimefon auf Gerstenpflanzen. II. Cytokininartige Effekte. Z Pflanzenkr Pflanzenschutz 87 : 640-653.
25. Gerdemann, J.W., T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet-sieving and decanting. Trans Br Mycol Soc 46:235-244
26. Giovannetti, M., B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
27. Hetrick, B.A.D., and G.W.T. Wilson.1991. Effect of mycorrhizal fungus species and metalaxyl application on microbial suppression of mycorrhizal symbiosis. Mycologia 83:97-102.
28. Hogland, D.R and D.I. Arnon. 1950. The Water Culture Method for Growing Plants Without Soil. Calif.Agric.Exp.Stn.Circ.,pp.39-347
29. Jabaji-Hare, S.H., and W.B. Kendrick. 1985. Effect of fosetyl-Al on root exudation and on composition of extracts of mycorrhizal and nonmycorrhizal leek roots. Can. J. Plant Pathol. 7:118-126.
30. Jalali, B.L., K.H. Domsch. 1975. Effects of systemic fungitoxicants on the development of endotrophic mycorrhiza. p. 619-626. In: Sanders, F.E., B. Mosse and P.B. Tinker. (eds.) Endomycorrhizas. Academic Press, London New York San Francisco.
31. Kapoor, R., V. Chaudhary and A.K. Bhatnagar. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in Artemisia annua L. Mycorrhiza 17:581-587.
32. Kelman, W. M. and C. O. Qualset. 1991. Breeding for salinity stressed Environments:Recombinant Inbred wheat line under saline irrigation. Crop Sci. 31: 1223-1228.
33. Li, T., and Z. Zhiwei. 2005. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. Applied soil Ecology 29:135-141.
34. Mark,G.L. and A.C. Cassells. 1996. Gentoype-dependence in the interaction between Glomus fasiculatum, Phytophthora fragariae and the wild Strawberry (*Fragaria Vesca*). Plant and Soil .185: 233-239.
35. Marulanda, A., R. Azcon,Rviz, J.M. Lazano. 2003. Contribution of Six arbuscular mycorrhizal fangal isolates to water uptake by *Lactuca Sativa* Plants Under drought Stress. Physiologia Plantarum 119: 1-8.
36. Nagahashi, G., D.D. Douds, J.Y. Abney. 1996. Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of the VAM fungus Gigaspore margarita directly and indirectly through its effect on root exudation. Mycorrhiza 6 (5): 403-408.
37. Nemec, S. 1980. Effects of 11 fungicides on endomycorrhizal development in sour orange. Can J Bot 58 : 522-526.
38. Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. Journal of Applied Ecology 3: 139-145.
39. Norris, J. R., D. J. Varma, A. K. 1994. Techniques for mycorrhizal research. Academic Press, New York.
40. Pant, H.K. and K.R. Reddy, 2003. Potential internal loading of phosphorus in a wetlands constructed in agricultural land. Water Research. 37: 965-972
41. Pattinson, G. S., D. I. Warton, R. Misman, P. A. McGee. 1997. The fungicides Terrazole and Terraclor and the nematicide Fenamiphos have little effect on root colonisation by Glomus mosseae and growth of cotton seedlings. Mycorrhiza 7: 155–159
42. Rillig, M.C., S.F. Wright, V.T. Eviner. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin Soil aggregation: Comparing effects of five plant species. Plant and Soil 238: 325-333.

43. Schwab, S.M., E.L.V. Jjohnson, and J.A. Menge. 1982. Influence of simazine on formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae in *Chenopodium quinona* Willd.Plant Soil 64:283-287.
44. Smith S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis, Academic Press. San Diego. CA.
45. Smith, F.A. and S.E. Smith. 1997. Structural diversity in Vesicular-arbuscular mycorrhizal Symbiosis. New Phytologist 137: 373-388.
46. Stevenson, F. J. 1986. Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphours, Sulfur, Micronutrients.Wiley, New York.
47. Treseder, K.K. 2004. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO2 in field studies. New Phytologist 164:347–355
48. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255: 571-586.
49. Vig, A. C. and G. Dev. 1984. Phosphorus adsorption characteristics of some acid and alkaline soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 32, 235-239.
50. Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, K.C. Cheung, and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125:155-166.