نقش قارچ میکوریز آربسکولار بر گیاه دارویی گشنیز(*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش خشکی

حسین علی آبادی فراهانی[۱*] و سیدعلیرضا ولدآبادی

کارشناس ارشد و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس؛ **farahani_1362@yahoo.com**

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس؛ **Dr.valadabadi@yahoo.com**

چکیده

قارچ های میکوریز آربسکولار (AMF) از مهمترین قارچ های همزیست با ریشه گیاهان می باشند که از مهمترین اثرات آن ها می توان به جذب فسفر از خاک اشاره نمود. به منظور بررسی نقش قارچ میکوریز آربسکولار بر افزایش رشد، جذب فسفر و صفات ریخت شناسی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش خشکی، این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام گرفت. آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرتهای خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل کاربرد و عدم کاربرد یک قارچ میکوریزی به نام (*Glomus hoi*)، مقادیر صفر، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (سوپر فسفات تریپل) و دور آبیاری ۳۰ میلی متر تبخیر (آبیاری معمول) و ۶۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر (تنش خشکی) بودند. نتایج نشان داد که اثر کاربرد قارچ میکوریزی و فسفر بر عملکرد اندام هوایی، درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد اندام زمینی، درصد اسانس، وزن هزاردانه، مقدار فسفر اندام هوایی، طول ریشه و طول بلندترین میانگره معنی دار و بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه معنی دار نبود. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میزان صفات فوق از کاربرد *Glomus hoi* و ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و بیشترین درصد اسانس و درصد کلنیزاسیون ریشه از کاربرد ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به دست آمدند. همچنین اثر دور آبیاری بر تمامی شاخص های اندازه گیری شده در سطح ۱ درصد معنی دار بود و بیشترین میزان این صفات از آبیاری معمول و بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه، طول ریشه و درصد اسانس در شرایط تنش به دست آمدند. بر اساس نتایج کسب گردیده مشخص می گردد که قارچ میکوریز آربسکولار از طریق افزایش جذب فسفر در شرایط کنترل و تنش خشکی سبب افزایش رشد گیاه گشنیز گردیده که علاوه بر کاهش مصرف کود فسفره که می تواند گامی مهم در جهت عدم آلودگی خاک باشد، سبب افزایش مقاومت گیاه گشنیز در شرایط تنش رطوبتی نیز می گردد.

واژه های کلیدی: قارچ میکوریز آربسکولار، فسفر، تنش خشکی، گشنیز.

مقدمه

استفاده از کودهای شیمیایی در اکوسیستم های زراعی نه تنها باعث تخریب ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می شود، بلکه کیفیت محصولات تولید شده را نیز به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. استفاده

۱- نویسنده مسئول، آدرس: تهران، جاده قدیم تهران، کرج، شهرقدس، انتهای بلوار شهید کلهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس، صندوق پستی، ۳۷۴-۳۷۵۱۵

* دریافت: ۸۶/۸/۶ و پذیرش: ۸۸/۷/۲۱

Archive of SID

www.SID.ir

خاک می شود، بلکه کیفیت محصولات تولید شده را نیز به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی باعث فشردگی خاک و کاهش حاصلخیزی زمین های زراعی می‌شود ولی استفاده از کودها در حد لازم برای بدست آوردن حداکثر عملکرد، تأثیر منفی چندانی بر خاک ندارد ولی با مصرف بیش ازحد، احتمال آلودگی آب های سطحی و تحت الارض وجود دارد (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۴). پوکورنا (۱۹۸۴) گزارش نمود که استفاده مداوم و مفرط از کودهای شیمیایی رایج می‌تواند فعالیت باکتریایی و حاصلخیزی خاک را به‌طور محسوسی کاهش دهد. دلایل اصلی در زیان رساندن به فعالیت‌های بیولوژیک، تغییرات pH و تجمع نمک حاصل از کود دهی بیش از حد می‌باشد. امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم نهاده و ابداع شیوه های نوین مدیریت بهره برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. گیاه دارویی گشنیز به دلیل داشتن ماده موثره (اسانس) و ترکیب اصلی لینالول، دارای اهمیت بسزایی در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی می‌باشد. گشنیز گیاهی است یکساله که در طبقه بندی گیاهان متعلق به تیرهٔ چتریان می باشد. نیاز کودی این گیاه برای تولید عملکرد مطلوب، ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص و ۳۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و نیاز آبی آن ۱۰۰۰ میلی لیتر است (ولاتیل، ۲۰۰۰). آدمار و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که کود فسفر با افزایش رشد ریشه و شاخ و برگ سبب افزایش عملکرد اندام هوایی در گیاه دارویی گشنیز گردید. همچنین گابلر (۲۰۰۲) در تحقیقات خود بر روی گیاه دارویی گشنیز نشان داد که تنش خشکی به شدت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد ریشه و وزن هزار دانه در این گیاه دارویی گردیده ولی درصد اسانس به شدت افزایش یافت. همچنین در تحقیقی بر روی گشنیز نشان داده شد که تنش خشکی درصد اسانس را در این گیاه افزایش داد (همرونی و همکاران، ۲۰۰۱). کاپور و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقات خود بر روی گشنیز دو گونه از قارچ میکوریزی (*Glomus macrocarpum* و *Glomus fasciculatum*) را به کار بردند و نتایج آن ها بیانگر افزایش عملکرد بیولوژیک و درصد اسانس در شرایط کاربرد قارچ میکوریزی بود. نتایج تحقیقی نشان داد که قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش اسانس و عملکرد بیولوژیک در گیاه دارویی پونه گردیده و وضعیت ریشه این گیاه را بهبود بخشید و با افزایش مقدار فسفر اندام هوایی در این گیاه سبب افزایش وزن هزار دانه نیز گردید (خوساد و همکاران، ۲۰۰۶). دو گونه قارچ *Glomus macrocarpum* و *Glomus fasciculatum* میزان فسفر، منگنز و آهن را در اندام هوایی گیاه دارویی درمنه افزایش و با توسعه شاخ و برگ سبب افزایش اسانس و عملکرد ماده خشک در این گیاه گشته و بازده مصرف آب را در شرایط تنش بهبود بخشید (کودهری و همکاران، ۲۰۰۷). فریتاش و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی خود بر روی گیاه دارویی نعناع، گونه های مختلفی از قارچ میکوریزی را به کار بردند و نتایج آن ها نشان داد که همزیست شدن ریشه نعناع با قارچ میکوریزی، میزان اسانس در این گیاه را در شرایط تنش خشکی دو برابر کرد و عملکرد بیولوژیک به میزان قابل توجهی افزایش یافت. خلوتی و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقات خود بر روی جو به این نتیجه دست یافتند که درصد کلنیزاسیون ریشه در شرایط تنش بسیار بیشتر از شرایط کنترل بوده و قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* سبب افزایش جذب آب و مقدار فسفر اندام هوایی در شرایط خشکی گردیده و درصد کلنیزاسیون ریشه با افزایش کاربرد فسفر در شرایط تنش، کاهش یافت. بنابراین قارچ های میکوریز آربسکولار با تشکیل رابطهٔ همزیستی با ریشهٔ گیاهان، قادر می باشند که فسفر و آب را از خاک جذب نموده و آن را در اختیار گیاه قرار دهند. این امر سبب کاهش مصرف کودهای فسفره در مزارع گردیده و بازده مصرف آب، در شرایط تنش خشکی بهبود می یابد بدون آن که عملکرد کمی و کیفی گیاه کاهش پیدا کند که امری مهم در جهت حفظ خاک و استفاده بهینه از آب می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در سال ۱۳۸۵ و در قسمتی از مزرعه تحقیقات گیاهان دارویی ایران که مدت ۷ سال به صورت آیش قرار گرفته بود، اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرتهای خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل دو سطح دورآبیاری بر اساس نیاز آبی گشنیز که آبیاری بعد از ۳۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر، نیاز آبی گیاه برای تولید مطلوب (آبیاری معمول) و آبیاری بعد از ۶۰ میلی متر تبخیر، نصف نیاز آبی گیاه (شرایط تنش خشکی)، به صورت اسپلیت در ۸ کرت اصلی و کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی (*Glomus hoi*) و مقادیر صفر، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به صورت فاکتوریل در ۴۸ کرت فرعی قرار گرفت و بافت خاک مورد آزمایش نیز لومی شنی (جدول-۱) بود. هر واحد آزمایشی ۱۵ مترمربع و در هر کرت ۵ خط کشت قرار

Archive of SID

www.SID.ir

داشت. فاصله خطوط کشت و بوته روی ردیف به ترتیب ۲۵ و ۱۱ سانتی متر و فاصله کرت ها و بلوک ها از هم دیگر به ترتیب ۳ و ۳/۵ متر و کشت نیز دو ردیفه بود. مایهٔ تلقیح از موسسه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج تهیه شده بود، بدین صورت که اسپورهای این قارچ در طی یک دوره کشت در مجاورت ریشه گیاه گندم در محیط متشکل از سه قسمت ماسه بادی و یک قسمت خاک با بافت لوم که به همراه گلدان ۴ کیلوگرمی در گلخانه با نور طبیعی و درجه حرارت ۱۶ الی ۲۸ درجه سانتی گراد و طول روز ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت خاموشی تکثیر گردید. درون گلدان ها سه بذر ضدعفونی شده و جوانه زده گندم کشت گردید و برای آبیاری و تغذیهٔ گیاهچه ها از محلول غذایی استریل هوگلند با ۲۵٪ غلظت فسفر به صورت هفتگی و از آب استریل دوبار در هفته استفاده شد. پس از گذشت ۴ ماه از شروع کشت، گیاهچه های گندم از سطح خاک قطع و گلدان ها به مدت دو هفته در گلخانه نگهداری شدند. برای جدا کردن اسپورهای قارچ از تهیه سوسپانسیون محیط کشت گیاه با آب و عبور آن از الک های ۶۰، ۱۰۰ و ۴۰۰ مش استفاده گردید. مواد جمع شده بر روی الک ۴۰۰ مش را به سطح ستونی از ساکارز ۶۰ درصد منتقل شده و به مدت سه دقیقه با سرعت ۲۷۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. سوسپانسیون بالایی سانتریفوژ را به الک ۴۰۰ مش منتقل کرده و با مقدار کافی آب شستشو داده شد. قسمتی از مواد جمع شده بر سطح الک ۴۰۰ مش را به پتری ها منتقل کرده و با مشاهده نمونه زیر بینوکولر و استفاده از پی پت اپیندروف، اسپورهای موجود که فاقد هیف رویشی بودند برداشته شده و به لوله آزمایش ۶×۱/۵ سانتی متر حاوی ۲ میلی لیتر آب مقطر منتقل گردیدند. لوله آزمایش فوق در ظرف حاوی تکه های یخ قرار داده شد و اجتماع اسپورهای قارچ در ته لوله آزمایش با چشم غیرمسلح قابل رویت بود (رجالی و همکاران، ۱۳۸۵). مایه تلقیح شامل اسپورهای بهم چسبیده *Glomus hoi* بود که با ماسه بادی مخلوط شده بودند و در هر ۱۰ گرم ماسه بادی، ۹۰ تا ۱۱۰ اندام قارچی وجود داشت که ۶۰ تا ۷۱ اندام قدرت جوانه زنی داشته و به عنوان اندام فعال قارچی در نظر گرفته شدند. برای تعیین تعداد اندام فعال قارچی از روش استاندارد تترازولیوم[1] استفاده شد. بدین صورت که تعداد اسپورهای موجود در ۱۰ گرم ماسه بادی به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد در محلول ۰/۱٪ MTT [2] قرار گرفتند. سپس با قرار دادن اسپورها در زیر میکروسکوپ، اندام های فعال قارچی (اسپورهای زنده ای که قابلیت جوانه زنی داشتند) به رنگ قرمز نمایان شدند و اندام های غیر فعال قارچی (اسپورهای غیر زنده ای که قابلیت جوانه زنی نداشتند) فاقد هرگونه لکه رنگی بودند. با شمارش تعداد اسپورهای رنگی، تعداد اندام فعال قارچی در ۱۰ گرم ماسه بادی تعیین شد (میر و چاروات، ۱۹۹۳). برای تلقیح بذرها از ساکارز استفاده شد، بدین صورت که در داخل ظرفی ۱۰۰ گرم ساکارز در یک لیتر آب حل و بذرها در داخل این ظرف خیس شدند و بعد از قرارگیری بر روی مایه تلقیح به دلیل چسبناک بودن سطح بذرها، مایه تلقیح به آن ها چسبید که پس از آماده سازی زمین در اواسط اردیبهشت ماه در عمق ۱ سانتی متری کشت گردیدند. میزان بذر و مایه تلقیح مصرفی در هر کرت به ترتیب ۳۵ و ۱/۵ گرم و در هکتار ۲۳ و ۱ کیلوگرم بود. همچنین در هنگام کاشت، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس (سولفات پتاسیم) به همراه تیمارهای فسفر به صورت نواری به زمین داده شد و پس از کاشت، اقدام به آبیاری از طریق لوله کشی گردید و میزان آب مصرف شده در هر دوره آبیاری بوسیله کنتور بر حسب مترمکعب محاسبه و به میلی لیتر تبدیل شد. همچنین ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در دو قسط به صورت ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره در مرحله ساقه دهی و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره در مرحله گلدهی نیز به گیاه داده شد. در پایان دورهٔ رشد و زمان برداشت که اواسط شهریور ماه بود جهت تعیین مقدار فسفر اندام هوایی، درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی، وزن هزاردانه، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، طول بلندترین میانگره، قطر ساقه و طول ریشه از هر کرت ۱۰ بوته و برای تعیین درصد اسانس دانه از هر کرت ۱۰۰ گرم بذر انتخاب شد و سایر بوته ها با دست کف بر و در سایه در مجاورت هوای آزاد خشک شدند. پس از به دست آوردن تعداد شاخه فرعی، طول ریشه، طول بلندترین میانگره، قطر ساقه و ارتفاع بوته ها، برای تعیین عملکرد اندام هوایی و عملکرد اندام زمینی، نمونه ها در آون به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷۵ درجهٔ سانتی گراد قرار گرفتند و بعد از توزین به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند. برای محاسبه درصد اسانس دانه ۱۰۰ گرم از بذور فوق آسیاب و اسانس گیری به روش تقطیر با بخار آب و بوسیله دستگاه کلونجر صورت گرفت. مدت زمان لازم جهت خروج اسانس از دانه گشنیز ۲/۵ ساعت بود که بعد از توزین آن درصد وزنی اسانس دانه به دست آمد (جایمند و رضایی، ۱۳۸۰). جهت تعیین وزن هزار دانه، از هر کرت ۵ نمونه صدتایی بذر انتخاب و میانگین وزن آن ها به عنوان وزن هزار دانه

1- Tetrazolium bromide technique
2- Dimethylthiazol diphenyl tetrazolium bromide

Archive of SID

www.SID.ir

انتخاب گردید (دهقان شعار و همکاران، ۱۳۸۴). جهت اطلاع از درصد کلنیزاسیون ریشه گشنیز با قارچ میکوریزی، ریشه نمونه های فوق به آزمایشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج منتقل و رنگ آمیزی گردیدند. برای رنگ آمیزی از روش فیلیپس و هایمن (فلیپس و هایمن، ۱۹۷۰) استفاده شد، به این ترتیب که ابتدا ریشه ها شسته و به قطعات ۱ سانتی متری برش داده شدند. جهت شفاف سازی ریشه ها به مدت ۴۵ دقیقه در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد در بن ماری در حال جوش قرار داده شدند. سپس ریشه ها برای حذف هیدروکسید پتاسیم ۳ بار با آب مقطر شسته شده و به مدت ۵-۳ دقیقه در محلول اسید کلریدریک ۱ درصد قرار گرفتند. برای رنگ آمیزی، ریشه ها را در محلول ۰/۰۵ درصد آنیلین بلو (Aniline blue) در لاکتوفنل قرار داده و به مدت ۴۵ دقیقه در بن ماری در حال جوش قرار گرفتند. به این ترتیب، اندام های قارچی به رنگ آبی در داخل ریشه های شفاف شده قابل مشاهده گردیدند (شکل ۱ و۲). برای اندازه گیری درصد کلنیزاسیون ریشه یک صد قطعه یک سانتی متری از ریشه های رنگ آمیزی شده از هر تیمار را بر روی چهار لام میکروسکوپ قرار داده با اضافه کردن چند قطره محلول لاکتوگلیسیرول، ریشه ها با لامل پوشانده شدند. با بررسی های میکروسکوپی با بزرگنمایی X ۲۵۰ برای هر قطعه یک سانتی متری ریشه درصد کلنیزاسیون تعیین و میانگین درصد کلنیزاسیون قطعات ریشه ای در هر تیمار محاسبه گردید (نوریس و همکاران، ۱۹۹۲ و رجالی و همکاران، ۱۳۸۵).

جهت تعیین مقدار فسفر اندام هوایی ۱۰۰ گرم از هر نمونه انتخاب و به آزمایشگاه خاکشناسی کرج منتقل گردید و جهت اندازه گیری فسفر موجود در اندام هوایی از هضم به روش سوزاندن خشک (Dry Ashing) و ترکیب با HCL استفاده شد و در نهایت میزان فسفر در اندام هوایی محاسبه گردید (توسل، ۱۹۷۲). اطلاعات حاصل از طریق برنامه آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین ها از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج

نتایج آزمایش خاک مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۱) ارائه شده است. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات مورد بررسی نشان داد که اثر کاربرد قارچ میکوریزی و فسفر بر عملکرد اندام هوایی، درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد اندام زمینی، درصد اسانس و وزن هزاردانه در سطح ۱ درصد و بر مقدار فسفر اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی دار بودند ولی بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه معنی دار نبودند. همچنین اثر قارچ میکوریزی بر طول ریشه و طول بلندترین میانگره در سطح ۵ درصد و اثر فسفر در سطح ۱ درصد معنی دار بود. اثر دورآبیاری بر تمامی صفات اندازه گیری شده در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول-۲). در بررسی اثر ساده تیمارها بیشترین عملکرد اندام هوایی، درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد اندام زمینی، درصد اسانس، وزن هزاردانه، طول ریشه، طول بلندترین میانگره و مقدار فسفر اندام هوایی از کاربرد قارچ میکوریزی در مقایسه با عدم کاربرد آن به دست آمدند (جدول-۳). مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار فسفر نشان داد که بیشترین عملکرد اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی، وزن هزاردانه، طول ریشه، طول بلندترین میانگره و مقدار فسفر اندام هوایی از کاربرد ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه و درصد اسانس از کاربرد ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به دست آمدند (جدول-۳). همچنین اثر دورآبیاری بر تمامی شاخص های اندازه گیری شده در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول-۲). مقایسه میانگین اثرات ساده دورآبیاری نشان داد که در شرایط تنش خشکی فقط درصد کلنیزاسیون ریشه، طول ریشه و درصد اسانس افزایش یافتند (جدول-۳). اثر متقابل قارچ میکوریزی و فسفر بر درصد کلنیزاسیون ریشه، وزن هزاردانه و درصد اسانس در سطح ۱ درصد و بر عملکرد اندام زمینی در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول-۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که درصد اسانس، ارتفاع گیاه و درصد کلنیزاسیون ریشه در تیمار قارچ میکوریزی و ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها افزایش یافتند. همچنین بیشترین وزن هزاردانه، طول ریشه و عملکرد اندام زمینی از تیمار قارچ میکوریزی و ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به دست آمدند که با تیمار قارچ میکوریزی و ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار در یک گروه آماری قرار داشتند. بیشترین عملکرد اندام هوایی، بلندترین طول میانگره و میزان فسفر اندام هوایی نیز از تیمار قارچ میکوریزی و ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به دست آمدند (جداول-۴ و ۵). اثر متقابل قارچ میکوریزی و دورآبیاری بر درصد کلنیزاسیون ریشه و درصد اسانس در سطح ۱ درصد و بر عملکرد اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول-۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی و وزن هزار دانه در تیمار قارچ میکوریزی و آبیاری معمول به طور معنی داری نسبت به تیمار کاربرد

Archive of SID

www.SID.ir

قارچ میکوریزی و تنش و یا تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزی و آبیاری معمول افزایش یافت. تعداد شاخه فرعی، طول بلندترین میانگره و قطر ساقه حاصل از تیمار قارچ میکوریزی و آبیاری معمول و تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزی و آبیاری معمول در یک گروه آماری قرار داشتند. همچنین درصد کلنیزاسیون ریشه، طول ریشه و درصد اسانس حاصل از تیمار کاربرد قارچ میکوریزی و تنش نسبت به سایر تیمارها برتری معنی داری داشتند (جداول- ۴ و ۵). اثر متقابل فسفر و دور آبیاری بر عملکرد اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی، درصد کلنیزاسیون ریشه، وزن هزاردانه و درصد اسانس در سطح ۱ درصد و بر طول بلندترین میانگره در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول-۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که عملکرد اندام هوایی و زمینی، وزن هزار دانه، مقدار فسفر اندام هوایی، طول ریشه و طول بلندترین میانگره حاصل از تیمار ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و آبیاری معمول و درصد کلنیزاسیون ریشه و درصد اسانس حاصل از تیمار ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و تنش نسبت به سایر تیمارها برتری معنی داری داشتند (جداول-۴ و ۵). تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل کاربرد قارچ میکوریزی، فسفر و دور آبیاری بر درصد کلنیزاسیون ریشه، درصد اسانس و وزن هزاردانه در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول-۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی، طول ریشه، طول بلندترین میانگره و وزن هزار دانه از تیمار کاربرد قارچ میکوریزی، ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و آبیاری معمول و بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه و درصد اسانس از تیمار کاربرد قارچ میکوریزی، ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و تنش به دست آمدند که نسبت به سایر تیمارها برتری معنی داری داشتند. همچنین بیشترین عملکرد اندام زمینی از تیمار کاربرد قارچ میکوریزی، ۷۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و آبیاری معمول به دست آمد که با تیمار کاربرد قارچ میکوریزی، ۳۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و آبیاری معمول در یک گروه آماری قرار داشت (جداول-۴ و۵).

بحث

نتایج حاکی از آن است که کاربرد قارچ میکوریزی سبب افزایش عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی و وزن هزار دانه گردید که دلیل این امر مکانیزم عمل قارچ میکوریزی در جذب فسفر می باشد. پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آن ها در ریزوسفر بخشی از ریسه ها وارد سیستم ریشهٔ گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین را افزایش می دهند. این عمل سبب گسترش سیستم ریشه ای و افزایش جذب آب می گردد. ریسه های برون ریشه ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل کننده فسفات های نامحلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می دهند (خلوتی و همکاران، ۲۰۰۵). در نتیجه عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی و عملکرد اندام زمینی در شرایط کاربرد قارچ میکوریزی افزایش نشان دادند. افزایش عملکرد اندام هوایی با افزایش شاخ و برگ و افزایش عملکرد اندام زمینی با افزایش جذب مواد همراه می باشد بنابراین تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته و انتقال این مواد به سمت مخازن (بذرها) افزایش می یابد که موجب افزایش وزن هزار دانه در شرایط کاربرد قارچ میکوریزی گردید. چنین نتایجی در تحقیقات اسنوبی (۱۹۹۴) نیز به دست آمده است. همچنین تنش به شدت سبب کاهش عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی و وزن هزار دانه گردید، زیرا وقتی گیاه با خشکی مواجه شود، روزنه هایش نیمه بسته یا بسته می گردد و این موضوع موجب کاهش جذب Co_2 می شود و از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می نماید. همچنین گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش داده و از شاخه های جانبی و ارتفاع خود می کاهد و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می گردد. در این تحقیق نیز به دلیل کاهش مواد فتوسنتزی، عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی، ارتفاع و وزن هزار دانه نیز کاهش یافت. در ضمن تنش خشکی سبب کاهش عملکرد اندام زمینی گردید زیرا در شرایط بدون تنش ریشه ها توپُر و قطورتر هستند، در صورتی که در شرایط تنش با اینکه ریشه دارای طول مناسبی می باشد امّا به دلیل اینکه نازک هستند، دارای وزن کمی می باشند. این نتیجه با نتایج گابلر (۲۰۰۲) مطابقت داشت. همچنین نتایج نشان داد که تنش، درصد اسانس را افزایش داد، چون در برخی از گیاهان در شرایط تنش تولید مواد ثانویه (اسانس) در گیاه افزایش می یابد. در این صورت با افزایش اسانس، از اکسیداسیون درونی سلول ها نیز جلوگیری می شود. چنین نتیجه ای نیز در نتایج همرونی و همکاران (۲۰۰۱) به دست آمد. اما نتایج به دست آمده نشان داد که تنش سبب افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه گردید زیرا از وظایف مهم دیگر قارچ های میکوریز آربسکولار می توان به افزایش جذب آب در شرایط خشکی اشاره نمود (اسنوبی، ۱۹۹۴). فسفر به عنوان یکی از سه عنصر مورد نیاز گیاه سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. زیرا فسفر با تنظیم هورمون های گیاهی

Archive of SID

www.SID.ir

نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد. از طرفی نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و سبب تولید انرژی در گیاه نیز می شود. این امر سبب افزایش عملکرد اندام هوایی، مقدار فسفر اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی و وزن هزار دانه گردید. این نتیجه با نتایج خلوتی و همکاران (۲۰۰۵) و شیرانی راد و همکاران (۱۳۷۹) در یک راستا قرار داشت. نتایج نشان داد که درصد اسانس در شرایط کاربرد ۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار نسبت به شرایط کاربرد ۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار برتری داشت. علت این امر احتمالاً ناشی از تحریک تولید مواد اولیه (اسیمیلات ها) در تیمار مربوط به مقادیر بالای مصرف فسفر در خاک باشد و این مسئله ممکن است بیان کننده محدودیت گشنیز در استفاده از کود شیمیایی فسفره جهت افزایش درصد اسانس باشد. آزمایشات انجام شده در این زمینه، تأثیر مثبت ناشی از کاربرد اندک از کودهای شیمیایی را بر درصد اسانس تأیید می‌کنند. چنین نتیجه‌ای از تحقیقات زارع‌زاده (۱۳۷۸) بر روی گیاه عروسک پشت پرده نیز به دست آمد. در رابطه با اثرات متقابل درصد کلنیزاسیون ریشه دیده شد که سطوح اثر متقابل کاربرد قارچ میکوریزی و ۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار نسبت به سطوح اثر متقابل کاربرد قارچ میکوریزی و ۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار برتری معنی داری داشت. دلیل این است که، در شرایط کاربرد ۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار چون گیاه به حد کافی فسفر در اختیار دارد، بین گشنیز و قارچ میکوریزی یک رابطهٔ همسفرگی به وجود آمد. یعنی رابطه ای که یک طرف سود برده ولی طرف دیگر نه سود می کند و نه ضرر می بیند. ولی در شرایط کاربرد ۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار گیاه نیاز به فسفر دارد و قارچ میکوریزی یک رابطهٔ همزیستی با گشنیز برقرار کرده و سبب افزایش جذب فسفر گردید. این عامل سبب افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه در سطح ۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار نسبت به سطح ۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار بود. این چنین نتیجه ای نیز در نتایج لی بور و همکاران (۲۰۰۳) به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که قارچ میکوریزی در شرایط تنش مقدار فسفر اندام هوایی، عملکرد اندام زمینی و درصد کلنیزاسیون را افزایش داد. این قارچ ها با افزایش جذب آب در شرایط تنش، بازده مصرف آب را به میزان قابل توجهی افزایش می دهند که سبب افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه در چنین شرایطی نسبت به شرایط بدون تنش می گردند (بریلا و دنی وی، ۱۹۹۷). بدنفال وی و همکاران (۱۹۸۸) در تحقیقات خود بر روی سویا به این نتیجه دست یافتند که در شرایط تنش درصد کلنیزاسیون بیشتر از شرایط بدون تنش است و قارچ های میکوریزی با افزایش جذب آب سبب افزایش، عملکرد اندام هوایی و زمینی و درصد روغن گردیدند. افزایش عملکرد اندام هوایی در شرایط تنش بوسیله قارچ میکوریزی در آزمایشات الیز و همکاران (۱۹۸۵) بر روی گندم و اسنوبی و همکاران (۱۹۹۲) بر روی اقاقیا نیز به دست آمد. همچنین قارچ میکوریزی با مکانیزم جذب فسفر توانست که مقدار فسفر اندام هوایی را در شرایط تنش افزایش دهد و سبب افزایش عملکرد اندام زمینی و طول ریشه گشنیز گردد. خلوتی و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی های خود بر روی گیاه جو دریافتند که کاربرد *Glomus mosseae* در شرایط تنش میزان جذب فسفر و آب را افزایش داد و سبب افزایش کیفیت دانه جو گردید. با گسترش سیستم ریشه گیاه در شرایط تنش بوسیله قارچ میکوریزی، گیاه توان بیشتری برای جذب آب و مواد معدنی دارد که این امر سبب می گردد گیاه از عملکرد مطلوبتری نسبت به شرایط تنش برخودار باشد (اج، ۲۰۰۱). این چنین نتیجه ای در تحقیقات باس و الیز (۱۹۸۵) و گراهام و همکاران (۱۹۸۷) نیز به دست آمد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد قارچ میکوریزی سبب کاهش مصرف کود فسفر گشته و از طرفی بازده مصرف آب را در شرایط تنش افزایش داد. بنابراین ایجاد شرایط مطلوب برای رشد بهینه و شناسایی عواملی که در تغییرات کمی و کیفی گیاهان موثر است، می تواند راه گشای تولید بهتر و بیشتر بدون نیاز به مصرف نهاده‌های اضافی باشد. پس با کاربرد قارچ میکوریزی می توان در مصرف کودهای فسفره و آب صرفه جویی کرد بدون آنکه عملکرد کمی و کیفی گیاه کاهش پیدا کند که این امر گامی مهم در جهت حرکت به سوی کشاورزی پایدار می باشد.

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک مربوط به مزرعه از عمق های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی متر در سال ۱۳۸۵

عمق	pH	EC	N	Na	P	K	Clay	Silt	Sand	بافت
محل	۱ :۲/۵	ds/m	%		mg.kg^{-1}		%	%	%	
۱۵-۰	۸/۱	۰/۱۹	۰/۰۴	۳۴/۷	۶/۲	۱۴۷/۲	۲۱	۳۰	۴۹	لومی شنی
۳۰-۱۵	۷/۹	۰/۱۶	۰/۰۳	۲۸/۲	۳/۷	۱۲۴/۳	۱۹	۲۵	۵۶	لومی شنی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات مورد بررسی در گیاه دارویی گشنیز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد اندام هوایی	مقدار فسفر اندام هوایی	ارتفاع گیاه	عملکرد اندام زمینی	درصد کلنیزاسیون	درصد اسانس دانه	قطر ساقه	وزن هزار دانه	طول بلندترین میانگره	طول ریشه	تعداد شاخه فرعی
تکرار	۳	۲۷۸۴۴۲۷/۴۳۹ **	۰/۰۱۳*	۳۴۶/۶۵ n.s	۵۵۸۹۳/۵۸۲ n.s	۱۲/۶۳۲ n.s	۰/۰۰۴**	۰/۰۲۳ *	۲/۳۲۵**	۶/۱۷۷**	۲/۳۲۴ n.s	۴/۳۴۷ n.s
قارچ میکوریزی	۱	۱۵۲۵۰۲۵/۶۲۲ **	۰/۰۰۷*	۲۰۹/۱۶۷ n.s	۴۲۳۷۱۴/۴۸۷ **	۴۶۱۹۰/۰۲۱ **	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۴ n.s	۱۲/۶۰۷**	۱/۰۵*	۱۸۲/۱۳*	۰/۰۴۷ n.s
خطای a	۳	۴۴۲۶/۰۲۵	۰/۰۰۱	۳۷/۷۲۳	۱۰۸۳۰/۵۴۱	۱۲/۶۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴۲	۷/۰۶۶	۲/۷۰۱
فسفر	۲	۱۰۳۷۰۹۹/۴۹۲**	۰/۰۰۴*	۳۱/۷۲ n.s	۴۳۴۷۳۱/۱۲۵**	۱۱/۲۷۱ **	۰/۰۰۷**	۰/۰۱۵ n.s	۶/۰۸۸**	۷/۵۶۴**	۶۳/۳۰۶**	۱/۹۷ n.s
قارچ میکوریزی * فسفر	۲	۸۹۱۸۲/۹۸۲ n.s	۰/۰۰۱ n.s	۱۷/۶۷۱ n.s	۶۴۷۷۴/۳۰۸*	۱۱/۲۷۱ **	۰/۰۱۱**	۰/۰۰۱ n.s	۰/۷۸۹**	۰/۷۷۵ n.s	۵/۷۷۵ n.s	۲/۱۸۳ n.s
دورآبیاری	۱	۲۰۰۰۶۹۳۴۱/۹۸**	۰/۱۹۵**	۷۸۷۴/۵۶۳ **	۱۶۸۶۱۰۵۱/۳۹**	۷۷/۵۲۱ **	۰/۰۰۳**	۰/۷۱۵**	۱۰۰/۹۲**	۱۳۳/۶۶۷**	۳۲/۱۷۷**	۹۲/۱۳**
قارچ میکوریزی * دورآبیاری	۱	۴۵۹۸۰۸/۱*	۰/ ۰۰۱ n.s	۵/۸۸ n.s	۴/۷۷۱ n.s	۷۷/۵۲۱ **	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۲ n.s	۰/۰۳ n.s	۰/۶۶۷ n.s	۵/۲۶۷ n.s	۳/۰۵ n.s
فسفر * دورآبیاری	۲	۳۳۴۶۷۹/۰۷۶**	۰/۰۰۲ n.s	۱۶/۴۵۹ n.s	۱۲۹۲۳۰/۹۳۷**	۳۲/۷۷۱ **	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۸ n.s	۰/۴۸۱**	۲/۹۲۶*	۲/۰۵۲ n.s	۱/۲۵۸ n.s
قارچ میکوریزی * فسفر * دورآبیاری	۲	۲۶۰۹/۴۱ n.s	۰/۰۰۱ n.s	۴/۱۰۷ n.s	۳۹۵۲۵/۵۵۶ n.s	۳۲/۷۷۱ **	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۴ n.s	۰/۲۵۱**	۱/۳۷۳ n.s	۴/۵۸۱ n.s	۴/۴۲۱ n.s
خطای bc	۳۰	۶۱۶۹۵/۱۱	۰/۰۰۱	۳۳/۲۳۳	۱۲۴۴۶/۱۴۶	۱/۱۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۳	۰/۶۱۹	۵/۵۷	۲/۷۳
ضریب تغییرات (%)		۴/۵۲	۸/۱۴	۱۱/۸۹	۵/۳۱	۳/۴۳	۳/۵۷	۱۷/۷۲	۱/۶۴	۹/۵	۱۳/۰۶	۱۷/۳۷

n.s : غیر معنی دار، * و ** : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها بر صفات مورد آزمون

تیمارها		عملکرد اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار)	مقدار فسفر اندام هوایی (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	عملکرد اندام زمینی (کیلوگرم در هکتار)	درصد کلنیزاسیون (درصد)	درصد اسانس دانه (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	قطر ساقه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	طول بلندترین میانگره (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی
قارچ میکوریزا	کاربرد	۵۷۰۵/۵ a	۱۳/۶۷ a	۵۰/۶ a	۲۱۷۹ a	۶۲ a	۰/۴۰۵ a	۱۱/۹۵ a	۰/۴۴ a	۲۰/۰۲ a	۸/۴ a	۹/۵ a
	عدم کاربرد	۵۳۱۹ b	۱۲/۴۱ b	۴۶/۴ a	۲۰۰۸ b	۱/۳ b	۰/۳۸۱ b	۹/۹ b	۰/۴۲ a	۱۶/۱۳ b	۸/۱ b	۹/۵ a
فسفر	عدم کاربرد	۵۰۳۵/۸ c	۸/۱۴ c	۴۶/۹ a	۱۵۹۳ c	۲۹/۴ b	۰/۳۴۳ c	۷/۶ c	۰/۳۹ a	۱۵/۹۳ c	۷/۷ c	۹/۱ a
	۳۵ کیلوگرم در هکتار	۵۴۹۵/۵ b	۱۴/۳۸ b	۴۹/۲ a	۱۸۲۷ b	۳۱/۶ a	۰/۴۱۹ a	۹/۸ b	۰/۴۴ a	۱۸/۲۷ b	۸/۱ b	۹/۸ a
	۷۰ کیلوگرم در هکتار	۵۷۰۲/۳ a	۱۹/۴۷ a	۴۹/۴ a	۱۹۱۵ a	۳۰ b	۰/۳۸۱ b	۱۱/۱۸ a	۰/۴۵ a	۲۰/۵۶ a	۹ a	۹/۶ a
دورآبیاری	آبیاری معمول	۷۵۳۸/۸ a	۱۶/۸۵ a	۶۱/۳ a	۲۱۵۳ a	۲۹/۷ b	۰/۳۵۶ b	۱۲/۰۷ a	۰/۵۵ a	۱۵/۲۵ b	۱۰ a	۱۱ a
	تنش خشکی	۳۴۵۵/۶ b	۸/۹۷ b	۳۵/۷ b	۲۲۰۳ b	۳۲/۳ a	۰/۴۱۸ a	۹/۱۷ b	۰/۳۱ b	۱۸/۸۹ a	۶/۶ b	۸/۱ b

در هر ستون مربوط به هر یک از تیمارها، میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می باشند

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها بر صفات مورد آزمون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن

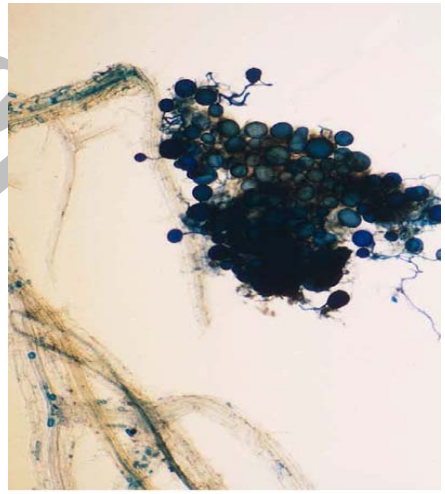
عوامل مورد بررسی			عملکرد اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار)	مقدار فسفر اندام هوایی (میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)	عملکرد اندام زمینی (کیلوگرم در هکتار)	درصد کلنیزاسیون (درصد)	درصد اسانس دانه (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)
میکوریزا	عدم کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۵۱۷۷ e	۷/۹۲ e	۱۷۶۸ c	۱/۲ c	۰/۳۵۳۷ f	۹/۵۵ d
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۵۴۰۷ c	۱۴/۶۱ c	۲۰۵۸ d	۱/۶ c	۰/۳۸۳ e	۹/۹۶ cd
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۵۵۱۱ b	۱۶/۸۸ b	۲۱۰۱ b	۱/۵ c	۰/۴۰۶ c	۱۰/۸ b
	کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۵۳۷۱ c	۹/۶۸ d	۲۰۶۳ d	۵۹/۷ b	۰/۴۱۲ b	۱۰/۴ bc
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۵۶۰۱ b	۱۹/۸۲ a	۲۲۷۹ a	۶۳/۲ a	۰/۴۱۷۹ a	۱۱/۵۲ a
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۵۷۰۳ a	۲۰/۱۶ a	۲۲۴۹ a	۶۰/۱ b	۰/۳۸۴۶ d	۱۱/۵ a
	عدم کاربرد	آبیاری معمول	۷۲۶۳ b	۱۷/۴۹ b	۲۱۰۶ b	۱/۳ c	۰/۳۷۴۹ d	۱۱/۵۳ b
		تنش	۳۵۳۶ c	۸/۷۷ d	۱۴۱۶ d	۱/۸ c	۰/۳۸۶۹ b	۸/۶۸ d
	کاربرد	آبیاری معمول	۷۸۱۵ a	۱۳/۳ a	۲۱۹۰ a	۵۹/۵ d	۰/۳۸۰۶ c	۱۲/۶۸ a
		تنش	۳۵۳۶ c	۱۱/۳۱ c	۱۶۰۴ c	۶۴/۹ a	۰/۴۲۹۳ a	۹/۹۵ c
دورآبیاری	آبیاری معمول	عدم کاربرد فسفر	۷۱۳۹ c	۱۳/۴۵ c	۲۴۱۹ c	۳۱/۲۵ b	۰/۳۳۷۳ e	۱۱/۳ c
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۷۵۴۵ b	۱۴/۹۸ b	۲۷۶۰ b	۳۱/۵ b	۰/۳۶۹۶ d	۱۲/۰۷ b
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۷۹۳۶ a	۱۶ a	۲۹۰۸ a	۲۸/۷۵ c	۰/۳۸۸۶ c	۱۲/۸۲ a
	تنش	عدم کاربرد فسفر	۳۳۳۳ f	۷/۵ e	۱۴۱۲ e	۳۰/۸ b	۰/۳۸۸۴ c	۸/۶e
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۳۴۸۴ e	۱۰/۰۵ d	۱۵۷۷ d	۳۴/۵ a	۰/۴۳۴ a	۹/۳۸ d
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۳۵۵۳ d	۹/۸۵ d	۱۵۴۲ d	۳۹/۲ c	۰/۴۰۱۹ b	۹/۵۲ d
	آبیاری معمول	عدم کاربرد فسفر	۶۹۰۴ e	۱۰/۷۲ c	۲۲۱۶ c	۱/۳ d	۰/۳۴۴۴ k	۱۰/۸۲ f
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۷۱۷۳ de	۱۲/۸۳ b	۲۶۶۱ b	۱/۱ d	۰/۳۷۱۹ h	۱۱/۴۳ e
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۷۷۱۱ bc	۱۳/۳۶ b	۲۶۲۷ b	۱/۴ d	۰/۴۰۸۴ d	۱۲/۳۵ c

Archive of SID

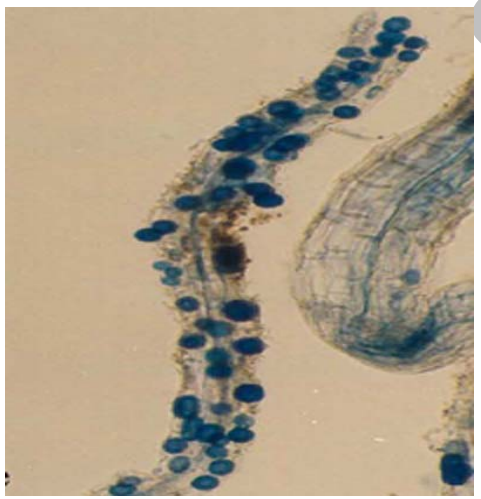
www.SID.ir

عدم کاربرد							
	عدم کاربرد فسفر	۳۲۶۵ i	۶/۷۴ e	۱۳۱۹ f	۱/۳ d	۰/۳۶۳۱ j	۸/۲۷۵ k
تنش	۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار	۳۲۳۵ i	۱۰/۸۲ d	۱۴۵۴ ef	۱/۹ d	۰/۳۹۴۱ g	۸/۵ k
	۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۳۵۳۶ h	۱۰/۱۸ d	۱۴۷۶ ef	۱/۵ d	۰/۴۰۳۶ e	۹/۲۷۵ i
میکوریزا							
	عدم کاربرد فسفر	۷۳۷۳ c	۱۲/۳۴ c	۲۶۲۱ b	۶۲/۵ b	۰/۴۱۰۲ c	۱۱/۸ d
آبیاری معمول	۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار	۷۹۱۱ b	۱۲/۸۹ b	۲۸۵۸ a	۶۳ b	۰/۳۶۱۹ j	۱۲/۷۳ b
	۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۸۱۶۱ a	۱۵/۱۹ a	۲۸۹۰ a	۵۷/۵ c	۰/۳۶۸۸ i	۱۳/۳ a
کاربرد							
	عدم کاربرد فسفر	۳۵۷۰h	۸/۶۸ e	۱۵۰۵ e	۵۸/۵ c	۰/۴۱۳۸ b	۸/۹۲ j
تنش	۳۵ کیلوگرم فسفر در هکتار	۳۶۳۷ g	۱۱/۸۲ d	۱۶۹۹ d	۶۹ a	۰/۴۷۳۹ a	۱۰/۲۷ g
	۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۴۳۰۱ f	۱۰/۲۳ d	۱۶۰۸ de	۶۱/۷۵ b	۰/۴۰۰۳ f	۹/۷۷۵ h

در هر ستون مربوط به هر یک از تیمارها میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می باشد



شکل ۱- اسپورهای تشکیل شده بر روی ریشهٔ گشنیز



شکل ۲- وزیکول های متشکل بر روی ریشه گیاه

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها بر صفات مورد آزمون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن

عوامل مورد بررسی			قطر ساقه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	طول بلندترین میانگره (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع گیاه (سانتی متر)
میکوریزا	عدم کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۰/۴ a	۱۴/۵۳ d	۷/۸ c	۹/۲ a	۴۴/۷ b
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۴۴ a	۱۵/۷۹ cd	۷/۸ c	۱۰/۲ a	۴۶/۲ ab
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۴۷ a	۱۸/۴۶ b	۸/۸ ab	۹/۳ a	۴۸/۴ ab
	کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۰/۳۹ a	۱۸/۰۷ bc	۷/۶ c	۹/۱ a	۴۹/۱ ab
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۴۴ a	۲۱/۶ a	۸/۴ bc	۹/۴ a	۵۲/۱ a
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۴۳ a	۲۱/۴ a	۹/۳ a	۱۰ a	۵۰/۴ ab
	آبیاری معمول		۰/۵۶ a	۱۷/۲۷ b	۹/۷ a	۱۱/۳ a	۵۸/۹ b
میکوریزا	عدم کاربرد	تنش	۰/۳۲ b	۱۵/۲۵ c	۶/۶ b	۸ b	۳۴ c
	کاربرد	آبیاری معمول	۰/۵۵ a	۱۸/۵۱ b	۱۰/۲ a	۱۰/۶ a	۶۳/۸ a
		تنش	۰/۲۹ b	۲۰/۸۴ a	۶/۶ b	۸/۴ b	۳۷/۴ c
دورآبیاری	آبیاری معمول	عدم کاربرد فسفر	۰/۵۱ a	۱۶/۸۴ bc	۹/۱ b	۱۰/۸ a	۵۸/۶ a
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۵۹ a	۱۸/۸۵ ab	۹/۳ b	۱۱/۱ a	۶۲/۲ a
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۵۶ a	۲۰/۹۹ a	۱۱/۲ a	۱۰/۸ a	۶۳/۱ a
	تنش	عدم کاربرد فسفر	۰/۲۸ b	۱۵/۷۶ c	۶/۳ c	۷/۴ b	۳۵/۲ b
		۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۳ b	۱۸ bc	۶/۷ c	۸/۵ b	۳۶/۳ b
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۳۵ b	۱۸/۸۷ ab	۶/۹ c	۸/۵ b	۳۵/۷ b
میکوریزا	عدم کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۰/۵ a	۱۸/۵۸ abc	۹/۴ cd	۱۰/۹ a	۵۶/۵ a
	آبیاری معمول	۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۵۸ a	۱۷/۱۵ bcd	۸/۹ d	۱۱/۳ a	۵۸/۹ a
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۵۹ a	۱۹/۳۸ ab	۱۰/۷ ab	۱۱/۳ a	۶۱/۳ a
	کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۰/۳ b	۱۳/۷۷ d	۶/۲ c	۷/۴ b	۳۲/۹ b
	تنش	۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۳۱ b	۱۴/۴۳ cd	۶/۸ c	۷/۱ b	۳۳/۵ b
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۳۶ b	۱۷/۵۵ bcd	۶/۸ c	۷/۳ b	۳۵/۶ b
میکوریزا	عدم کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۰/۵۲ a	۱۸/۳۸ abc	۸/۸ d	۱۰/۷ a	۶۰/۷ a
	آبیاری معمول	۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۵۳ a	۲۰/۵۵ ab	۱۰/۲ bc	۱۰/۸ a	۶۵/۶ a
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۵۴ a	۲۰/۸۳ a	۱۱/۷ a	۱۰/۳ a	۶۵ a
	کاربرد	عدم کاربرد فسفر	۰/۲۶ b	۱۷/۷۶ bcd	۶/۴ c	۷/۴ b	۳۷/۵ b
	تنش	۳۵ کیلو گرم فسفر در هکتار	۰/۲۸ b	۲۰/۸۳ ab	۶/۶ c	۸ b	۳۹/۱ b
		۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار	۰/۳ b	۲۰/۹۵ ab	۷ c	۷/۸ b	۳۵/۸ b

در هر ستون مربوط به هر یک از تیمارها میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می باشند

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع:

۱. جایمند، کامکار و محمد باقر رضایی. ۱۳۸۰. اسانس و دستگاههای اسانسگیری. شماره انتشار ۲۶۹، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ایران.

۲. دهقان شعار، مجید، آیدین حمیدی و صمد مبصر.۱۳۸۴. شیوه های ارزیابی قدرت بذر. نشر آزمون کشاورزی، کرج، ایران.

۳. رجالی، فرهاد، عزیزاله علیزاده، محمد جعفر ملکوتی، ناهید صالح راستین، کاظم خاوازی و احمد اصغر زاده. ۱۳۸۵. تکثیر *Glomus intraradices* و تهیه مایه تلقیح آن قارچ به روش کشت درون شیشه ای. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۰ شماره ۲ صفحات ۲۸۳-۲۷۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۴. زارع زاده، عباس، بهمن خلدبرین، علی مراد شاهی، پرویز باباخانلو و هما رجایی. ۱۳۷۸. تغییرات مقدار آلکالوییدهای گیاه عروسک پشت پرده در واکنش به مقادیر مختلف کود ازته. فصلنامه گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۱۹ شماره ۵ صفحات ۱۱۲-۶۱. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ایران.

۵. شیرانی راد، امیرحسین، ابوالحسن هاشمی دزفولی و عزیزاله علیزاده. ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ های میکوریز وسیکولار آربسکولار، فسفر و تنش خشکی بر کارآیی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم. نشریه فنی شماره ۱۶. نشریه نهال و بذر، کرج، ایران.

۶. هاشمی دزفولی، ابوالحسن، عوض کوچکی و محمد بنایان. ۱۳۷۴ . افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران.

7. Ademar, P., R. Luciana, M. Jussara Ellen, F. Mendes, R. Ovidio, J. Dantas, S. Marcelo, and M. DaSilva. 2003. Effect of phosphorus fertilization on the yield of coriander in soil with low levels of phosphorus. Horticulture Brasileira. 60: 453- 456.
8. Auge, R. M. 2001. Water relation, drought and VA mycorrhizal simbiosis. Mycorrhiza. 11: 3-42.
9. Bethenfalway, G. J., M. S. Brown, R. N. Ames, and R. S. Thomas. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Plant Physiology. 72: 565–571.
10. Bryla D. R., and J. M. Duniway. 1997. Effects of mycorrhizal infection on drought tolerance and recovery in safflower and wheat. Plant and Soil. 197: 95-103.
11. Busse M. D., and J. R. Ellis. 1985. Vesicular-arbuscular mycorrhizal (*Glomus fasciculatum*) influence on soybean drought tolerance in high phosphorus soil. Canadian Journal of Botany. 63: 2290-2294.
12. Chaudhary V., R. Kapoor, and A. K. Bhatnagar. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza. 17: 581-587.
13. Ellis, J. R., H. J. Larsen, and M. G. Boosalis. 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant and Soil. 86: 369–378.
14. Freitas, M. S. M., M. A. Martins, and I. J. C. Vieira. 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 9: 887-894.
15. Gabler, J. 2002, Drought stress and nitrogen effects on *Coriandrum sativum* L. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 44: 12- 28.
16. Graham, J.H., J. P. Syvertsten, and M. L. Smith. 1987. Water relations of mycorrhizal and phosphorus-fertilized non-mycorrhizal citrus under drought stress. New phytologist. 105: 411-419.

Archive of SID

www.SID.ir

17. Hamrouni, I., H. Salah, and B. Marzouk. 2001. Effects of water-deficit on oil of coriander aerial parts. INRST, Laboratoire d'Adaptation et d'Amelioration des Plants, BP 95 2050. Hammam-Lif, Tunisia. 95: 21-52.
18. Kapoor, R., B. Giri, and G. Mukerji. 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Foot and Agriculture. 82: 339-342.
19. Khalvati, M. A., A. Mozafar, and U. Schmidhalter. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart. 7: 706-712.
20. Khaosaad, T., H. Vierheilig, M. Nell, K. Zitterl-Eglseer, and J. Novak. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., *Lamiaceae*). Mycorrhiza. 16: 443- 446.
21. Labour, K., M. Jolicoeur, and M. St-Arnaud. 2003. Arbuscular mycorrhizal responsiveness of in vitro tomato root lines is not related to growth and nutrient uptake rates. Canadian Journal of Botany. 81: 645–656.
22. Meier, R., and I, Charvat. 1993. Reassessment of tetrazolium bromide as a viability stain for spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. American Journal of Botany. 80: 1007-1015.
23. Norris, J. R., D. J. Read, and A. K. Varma. 1992. Methods in microbiology: Techniques for the study of mycorrhiza. Vol. 24. Academic Press, Ltd. London.
24. Osonubi, O., O. N. Bakare, and K. Mulongoy. 1992. Interactions between drought stress and vesicular-arbuscular mycorrhiza on the growth of *Faidherbia albida* (syn. Acacia albida) and *Acacia nilotica* in sterile and non-sterile soils. Biology and Fertility of Soils. 14: 159-165.
25. Osonubi, O. 1994. Coperactive effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphrus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize and sorghum plant under drought stressed conditions. Biology and Fertility of Soils. 14: 159-165.
26. Philips, J. M., and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of British Mycological Society. 55:158–161.
27. Pokorna, K. 1984. Effects of long term fertilization on the dynamics of changes of soil organic matter. Zbl. Microbiology. 139: 497-504.
28. Tusl, J. 1972. Spectrophotometric determination of phosphorus in biological samples after dry ashing without fixatives. Analyst. 97: 111- 113.
29. Volatil, O. 2000. Coriander (*Coriandrum sativum* L). Plant Foods for Human Nutrition. 51: 167-172.

Archive of SID

www.SID.ir