کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی
دورۀ ۵، شمارۀ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵ (۱۴۹-۱۳۹)
DOI: 10.22059/jbioc.2016.59914

اثر قارچ‌ریشه (میکوریز) *Glomus mosseae* بر بوته‌میری پیتیومی خیار در شرایط تنش شوری

۱. حلیه حسینی؛ ۲. ناصر پنجه که؛ ۳. حسین علایی*
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳. استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱۴)

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین فاکتورهای غیرزیستی است که میزان رشد و محصول‌دهی را در بسیاری از گیاهان محدود می‌نماید. شوری به علت تأثیر سوء روی گیاه میزبان باعث افزایش حساسیت میزبان، وقوع و توسعه بیماری‌های گیاهی می‌شود. قارچ ریشه‌ها قادرند که تحمل شوری برخی گیاهان را افزایش دهند. در این تحقیق تأثیر بیولوژیکی قارچ *Glomus mosseae* در کنترل بیماری بوته‌میری خیار با عامل *Pythium aphanidermatum* مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین تأثیر غلظت‌های مختلف شوری درحضور میکوریز بر میزان رشد، تغذیه گیاه و شدت بیماری بوته‌میری خیار ارزیابی شد. نتایج نشان داد که قارچ *G. mosseae* به‌طور معنی‌داری (p≤۰/۰۵) باعث کاهش شدت بیماری شد. میانگین شدت بیماری توسط بیمارگر ۵۶ درصد بود، در حالی‌که در تیمارهای آغشته به میکوریز کاهشی تا ۲۸ درصد نشان داد. علاوه بر این فاکتورهای رشدی گیاه از جمله طول ریشه و ارتفاع ساقه در تیمارهای آغشته به میکوریز در خاک شور در مقایسه با گیاهان غیرآغشته به میکوریز بیشتر بود که منجر به رشد بهتر گیاه و جذب مواد غذایی توسط ریشه‌ها گردید. با افزایش شوری، مقدار فسفر و پتاسیم به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت درحالی‌که مقدار سدیم افزایش یافت، اما در تمامی سطوح شوری آزمایش‌شده مقدار فسفر و پتاسیم در گیاهان آغشته به میکوریز بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود ولی مقدار سدیم کمتر بود. این نتایج نشان داد که کلنیزاسیون *G. mosseae* در ریشه‌های گیاهچه خیار می‌تواند از اثرات مخرب شوری و بوته‌میری پیتیومی بکاهد.

کلیدواژگان: *Pythium aphanidermatum*، تنش، تحمل شوری، میکوریز، همزیستی.

Effect of *Glomus mosseae* on cucumber damping off caused by *Pythium* under salinity stress

Heliyeh Hosseyni[1], Naser Panjehkeh[2] and Hossein Alaei[3*]
1, 2. Former M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran
3. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
(Received: Apr. 9, 2016 - Accepted: Jul. 4, 2016)

ABSTRACT

Salinity stress is one of the most important abiotic factors that restrict the growth and yield of many plants. Salinity can increasingly influence the host susceptibility, occurrence and development of plant diseases due to its negative effects on the host plants. Mycorrhizal fungi are able to increase the tolerance of some plants to salinity. In this study, the biological effects of *Glomus mosseae* were studied against cucumber damping off caused by *Pythium aphanidermatum*. Subsequently the effects of different concentrations of salinity in the presence of AM fungus were assessed on the plant growth, the mineral nutrient uptake and also, the disease severity of cucumber damping off on seedlings. The results showed that *G. mosseae* significantly (P≤0.05) decreased the disease severity. The mean of disease severity caused by the pathogen was 56%, while in treatments inoculated to mycorrhizal showed a reduction to 28%. Furthermore, the plant growth parameters including root length and plant hight increased in treatments inoculated with mycorrhizal fungus as compared with non-mycorrhizal roots in saline soil. It can be a consequence of more nutrient uptake by roots. Content of P and K was significantly reduced by increasing salinity, whereas the level of Na increased. The plants inoculated with mycorrhizal fungus increased the nutrient content of P and K as compared to non-inoculated treatment in all levels of salinity, but the content of Na decreased. These results showed that the colonization of cucumber seedling roots by G. mosseae can reduce the deterimental effects of salinity and damping off disease caused by *Pythium*.

Keywords: arbuscular mycorrhizae, symbiosis, salinity tolerance, *Pythium aphanidermatum*, stress.

* Corresponding authore E-mail: hossein.alaei@vru.ac.ir Tel: +98 913 292 9085

مقدمه

خیار یکی از رایج‌ترین و گسترده‌ترین محصولات صیفی جهان می‌باشد. طبق آمار فائو در سال ۲۰۰۵ سطح زیر کشت جهانی خیار، ۲۴۸۸۶۰۰ هکتار با عملکرد متوسط ۱۶/۷ تن در هکتار و تولید ۴۱۷۴۳۸۴۰ تن می‌باشد (Anonymous 2009). این گیاه جزو گیاهان نیمه‌حساس به شوری طبقه‌بندی می‌شود. شوری باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Alsadon 2006). با توجه به اینکه بخش وسیعی از زمین‌های کشور به دلیل شرایط خاص آب و هوایی، طبیعت مواد مادری و کیفیت نامناسب آب آبیاری شور بوده یا روند آنها به سمت شور شدن هر چه بیشتر می‌باشد، طبیعی است که کشت گیاهان در این شرایط با مشکل مواجه بوده و لازم است تا حد امکان تدابیر لازم جهت جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان به‌عمل آید. برای غلبه بر مشکل شوری خاک‌ها، راهکار بیولوژیکی از استراتژی‌های اساسی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در این بین می‌توان به قارچ‌های میکوریزی اشاره کرد. قارچ‌های میکوریزی نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند به نحوی که بعضی آنها را به‌عنوان اصلاح‌کنندگان زیستی خاک‌های شور می‌نامند (Singh *et al.* 2000). میکوریزها در اغلب خاک‌ها وجود دارند و ریشه‌های بسیاری از گونه‌های گیاهی را کلنیزه می‌کنند. معمولاً به‌نظر نمی‌رسد که این قارچ‌ها میزبان اختصاصی داشته باشند (Bowen 1987)، سطح جمعیتی و ترکیب گونه‌ای این قارچ‌ها به‌طور زیادی متغیر است و تحت تأثیر مشخصات گیاه و فاکتورهای محیطی مثل دما، pH خاک، رطوبت خاک و سطوح فسفر و نیتروژن (Daniels and Trappe 1980)، وجود میکروارگانیزم‌های دیگر و به‌کار بردن کودها و آفت‌کش‌ها و شوری خاک (Barea and Azcon-Aguilar 1983, Zhu 2002, Yuan *et al.* 2007) قرار می‌گیرند. این گروه از قارچ‌ها می‌توانند با تحریک تولید مواد تنظیم‌کننده رشد، افزایش فتوسنتز، بهبود و تعدیل فشار اسمزی تحت تنش‌های شوری و خشکی و افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌های خاک‌زاد برای گیاه مفید باشند (Al-karaki 2006, Jahromi *et al.* 2008, Zhang *et al.* 2011).

نقش قارچ‌های میکوریز به‌عنوان کاندیدای نوید بخش برای کنترل زیستی بیماری‌های گیاهی به‌ویژه قارچ‌ها و اامیست‌های بیماریزای خاکزی توسط بسیاری از محققین گزارش شده است. برای مثال کاهش شدت آلودگی و میزان پوسیدگی *P. nicotianae* var. *parasitica* در ریشه‌های گوجه‌فرنگی مایه‌زنی شده با قارچ *G. mosseae* (Cordier *et al.* 1996, Trotta *et al.* 1996, Pozo *et al.* 1999) نشان از تأثیر مثبت *G. mosseae* در جلوگیری از کاهش وزن خشک ریشه، اندام هوایی بوده است. همچنین میزان بافت مردگی ریشه و تعداد ریسه‌های بیمارگر که در کورتکس ریشه‌های میکوریزی رشد کرده بودند، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش نشان داده است. بر اساس مطالعه اس‌تی-آرنود و همکاران کلنیزاسیون *G. intraradices* در ریشه‌های گل جعفری (*Tagetes patula*) منجر به کاهش آلودگی و تعداد زادمایه‌های اامیست *Pythium ultimum* گردیده است (St-Arnaud *et al.* 1994). تحقیقات دیویس و منگ نشان داد که نهال‌های پرتقال، که ریشه آنها به وسیله *G. fasciculatus* کلنیزه شده بود تحمل بیشتری در مقابل *P. parasitica* دارند (Davis and Menge 1980). کاهش شدت خسارت بیماری‌های قارچی پوسیدگی طوقه و ریشه بادام زمینی در اثر *Sclerotium rolfsi* (Krishna and Bagyaraj 1983)، پژمردگی ورتیسیلیومی بادمجان (Matsubara *et al.* 1995)، پوسیدگی طوقه و ریشه نخودفرنگی در اثر *Rhizoctonia solani* (Karagiannidis *et al.* 2002) و پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی (Caron *et al.* 1986, Akkopru and Demir 2006) در حضور قارچ‌های میکوریز نیز گزارش شده است.

با توجه به اینکه استان کرمان (منطقه جیرفت و کهنوج) یکی از مهم‌ترین مناطق تولیدکننده خیار در ایران می‌باشد و برخی از مشکلات کشت و تولید خیار در استان کرمان مسئله شوری بالا و همزمان وجود عامل بوته‌میری می‌باشد، لذا انجام این پژوهش ضروری بود. پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر مایه‌زنی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر بیماری پوسیدگی پیتیومی گیاهچه‌های خیار در شرایط شور انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کنترلی میکوریز بر بیماری بوته‌میری پیتیومی خیار آزمایشی با چهار تیمار در چهار تکرار در شرایط گلخانه انجام گرفت. تیمارها شامل شاهد سالم (C)، شاهد آلوده (P)، گیاهچه‌های میکوریزی (M)، گیاهچه‌های میکوریزی آلوده به پیتیوم (M) بودند. قارچ میکوریز *G. mosseae* از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه شد. مخلوط خاک بکر و ماسه شسته‌شده به نسبت ۱: ۱ در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر، به مدت ۱ ساعت اتوکلاو شد. به ازای هر ۵۰۰ گرم از این مخلوط، ۴۰ گرم ماده تلقیح میکوریز (۲۵ اسپور در گرم خاک، تهیه شده از موسسه تحقیقات پسته کشور) اضافه کرده و بعد از اختلاط و هم‌زدن در گلدان‌ها ریخته شد. بذرهای خیار رقم استورم ۵۹۱۰ به‌مدت ۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی سطحی شدند. سپس پنج بذر خیار روی سطح مخلوط خاک میکوریزی هر گلدان گذاشته و روی آنها با ماسه سترون به ضخامت ۵ میلی‌متر پوشانده شد. هر گلدان روزانه با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر آبیاری شد به نحوی که پس از افزودن این مقدار آب، فقط چند قطره آب از زیر گلدان خارج شد. پس از چهار برگی شدن گیاهچه‌های خیار، آلوده‌سازی با قارچ پیتیوم انجام شد. به این منظور حدود ۲۰ گرم بذر شاهدانه درون آب مقطر به مدت ۲۰ دقیقه جوشانیده شد و پس از خشک شدن در زیر جریان هوای هود، ۲۰ عدد بذر شاهدانه، درون محیط کشت دو روزه قارچ *P. aphanidermatum* قرار داده شد. تشتک‌ها درون انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت، سه بذر شاهدانه آغشته به قارچ در اطراف طوقه هر گیاهچه در عمق ۱ سانتی‌متری از سطح خاک، قرار داده شد. ابتدا گلدان‌ها غرقاب شد تا رطوبت محیط افزایش یابد و سپس با آبپاش روی گیاهچه‌ها مه‌پاشی شد و روی آن‌ها با پلاستیک پوشانده شد. بعد از ۷۲ ساعت پوشش پلاستیکی برداشته شد. در گلدان‌های شاهد به جای بذر شاهدانه آلوده، بذر شاهدانه سترون به‌کار رفت (Rostami *et al*. 2010).

برای بررسی اثر متقابل شوری و قارچ میکوریز بر توسعه بیماری بوته‌میری، آزمایش جداگانه‌ای با ۱۶ تیمار و چهار تکرار انجام شد، هر تکرار شامل پنج گیاهچه بود. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد، تیمارها شامل: شاهد سالم (C)، شاهد آلوده (P)، گیاهچه‌های میکوریزی (M)، گیاهچه‌های میکوریزی آلوده به پیتیوم (MP)، گیاهچه‌های سالم آبیاری شده با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (dSm^{-1}) (S1)، گیاهچه‌های آلوده آبیاری‌شده با شوری ۲ dSm^{-1} (S1P)، گیاهچه‌های میکوریزی آبیاری شده با شوری ۲ dSm^{-1} (MS1)، گیاهچه‌های میکوریزی آلوده آبیاری‌شده با شوری ۲dSm^{-1} (MS1P)، گیاهچه‌های سالم آبیاری شده با شوری ۴ dSm^{-1} (S2)، گیاهچه‌های آلوده آبیاری‌شده با شوری ۴dSm^{-1} (S2P)، گیاهچه‌های میکوریزی آبیاری‌شده با شوری ۴dSm^{-1} (MS2)، گیاهچه‌های میکوریزی آلوده آبیاری‌شده با شوری ۴dSm^{-1} (MS2P)گیاهچه‌های سالم آبیاری‌شده با شوری ۸dSm^{-1} (S3)، گیاهچه‌های آلوده آبیاری‌شده با شوری ۸dSm^{-1} (S3P)، گیاهچه‌های میکوریزی آبیاری‌شده با شوری ۸dSm^{-1} (MS3)، گیاهچه‌های میکوریزی آلوده آبیاری‌شده با شوری ۸dSm^{-1} (MS3P) بودند. در این آزمایش تیمار شوری هنگام دو برگی شدن گیاهچه‌های خیار اعمال شد. به این منظور آبیاری روزانه گلدان‌های مربوط به هر تیمار با ۳۰ میلی‌لیتر از یکی از سطوح شوری (۲، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) تهیه شده با نمک کلرورسدیم و یا آب مقطر (در تیمار شاهد) صورت گرفت.

یادداشت برداری از گیاهچه‌های آلوده‌شده، روزانه تا ۱۴روز پس از آلوده‌سازی انجام گرفت. برای ارزش‌گذاری شدت بیماری و ارزیابی عکس‌العمل گیاهچه‌ها به قارچ عامل بیماری از معیار نمره‌دهی ۰ تا ۵ با روش ازگونن و اریکلیک استفاده شد که در آن ۰: بدون علائم، ۱: پژمردگی اندک برگ‌های گیاهچه‌ها و ظهور لکه‌های قهوه‌ای و نکروزه در ناحیه ساقه و طوقه، ۲: آلوده شدن ۳۰ تا ۵۰ درصد هر گیاهچه، ۳: آلوده شدن ۵۱ تا ۷۰ درصد هر گیاهچه، ۴: آلوده شدن ۷۱ تا۹۰ درصد هر گیاهچه، ۵: از بین رفتن کامل گیاهچه‌ها بود (Ozgonen and Erikilic 2007). با استفاده از درجه‌بندی آلودگی در واکنش قابل مشاهده بین میزبان و بیمارگر، شدت بیماری برای هر تکرار از فرمول زیر محاسبه شد (Rostami *et al*. 2010).

$$\frac{[(0 \times n_0) + (1 \times n_1) + (2 \times n_2) + (3 \times n_3) + (4 \times n_4) + (5 \times n_5)]}{5 \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5) \times 100}$$

ni: تعداد بوته‌های آلوده مورد ارزیابی در درجه‌بندی i می‌باشد.

به منظور بررسی اثر تحریک‌کننده میکوریز روی رشد گیاهچه‌های خیار، در پایان آزمایش از هر تیمار به طور تصادفی سه گیاهچه انتخاب شد و ارتفاع ساقه و طول ریشه و همچنین وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاهچه‌ها اندازه‌گیری شد.

برای رنگ‌آمیزی ریشه‌های گیاهچه‌های خیار آغشته به میکوریز و آلوده‌شده به پیتیوم و یا آلوده نشده (شاهد) از روش فیلیپس و هایمن استفاده شد (Phillips and Hayman 1970). بدین منظور ریشه‌ها در لوله آزمایش قرار داده شد و محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد به اندازه‌ای که سطح ریشه‌ها را بپوشاند به لوله‌ها اضافه شد. سپس به مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از خارج شدن از حمام آب گرم، با آب مقطر شسته شدند و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق داخل محلول پراکسیدهیدروژن قلیایی که از اضافه کردن ۲ میلی لیتر هیدروکسیدآمونیوم به ۳۰ میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۱۰ درصد و ۵۷۶ میلی‌لیتر آب مقطر حاصل شد، قرار داده شدند. ریشه‌ها پس از خارج شدن از محلول پراکسیدهیدروژن قلیایی، با آب مقطر شستشو داده شد و به مدت ۳ تا ۴ دقیقه در محلول اسیدکلریدریک ۱ درصد قرار داده شد. بعد از قرار دادن نمونه‌ها داخل معرف تریپان بلو، به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. برای نگه-داری طولانی مدت، نمونه‌ها در محلول بی‌رنگ‌کننده (۵۷۵ میلی‌لیتر اسیدلاکتیک به علاوه ۶۳ میلی‌لیتر گلیسیرین و ۶۳ میلی‌لیتر آب مقطر) قرار داده شدند. بعد از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها و تهیه لام‌های میکروسکوپی میزان آلودگی بر اساس روش بیرمن و لیندرمن با استفاده از میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد (Bierman and Linderman 1981).

برای اندازه‌گیری عناصر فسفر، سدیم و پتاسیم از روش شرح داده شده توسط چاپمن و پرات استفاده شد (Chapman and Pratt 1982). مقدار ۰/۵گرم ماده خشک از بافت گیاهچه‌های خیار از تیمارهای شوری دارای میکوریز و بدون میکوریز داخل بوته چینی ساییده شد. سپس به مدت نیم ساعت در کوره با دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و بلافاصله در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت کاملاً خاکستر شدند، پس از آن به مدت ۲۴ ساعت داخل کوره باقی ماندند تا به دمای محیط برسند. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به آن اضافه شد، پس از گذشت ۸ دقیقه از کاغذ صافی دو لایه عبور داده شدند و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. این عصاره به طور مستقیم برای اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم توسط فلیم فتومتر استفاده شد. برای اندازه‌گیری فسفر از روش آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات (زرد) شرح داده شده توسط چاپمن و پرات استفاده شد که ابتدا پنج میلی لیتر از عصاره تهیه شده در مرحله قبل را با ۱۰ میلی لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات وانادات مخلوط کرده و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد و میزان فسفر بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Chapman and Pratt 1982). تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش تأثیر کنترل زیستی میکوریز بر بیماری بوته‌میری پیتیومی خیار نشان می‌دهد که بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. قارچ میکوریز *G. mosseae* باعث کاهش معنی‌داری در شدت بیماری ایجاد شده توسط *P. aphanidermatum* می‌شود. میانگین شدت بیماری ایجاد شده توسط این اامیست برابر با ۵۶ درصد بود، در حالی‌که در تیمارهای آغشته به قارچ میکوریز به ۲۸ درصد رسید به‌طوریکه شدت بیماری به میزان۵۰ درصد کاهش نشان داد. ظهور علائم بیماری روی گیاهچه‌های تیمارشده با قارچ میکوریز کمتر و یا با تأخیر مشاهده شد (جدول ۱). در این مطالعه میکوریز باعث کاهش ۵۰ درصدی شدت بیماری پیتیومی خیار شد که مشابه اثر کنترل کنندگی میکوریز

Glomus fistulosum از رشد اامیست *Phytophthora fragariae* روی توت‌فرنگی وحشی بود (Mark and Cassells 1996). این نتایج مشابه با نتایج سایر محققین می‌باشد که قارچ میکوریز باعث کنترل اامیست‌های بیمارگر *P. fragariae* و *Phytophthora nicotinae* به ترتیب روی توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی می‌شود (Trotta *et al*. 1996). *G. mosseae* شدت بیماری مرگ گیاهچه فلفل را که توسط *Phytophthora capsici* ایجاد می‌شود، به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد (Ozgonen and Erikilic 2007).

تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که قارچ میکوریز تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۵) بر فاکتورهای رشدی گیاهچه‌های خیار دارد (جدول ۲). با بررسی تیمارهای میکوریزدار مشخص شد که تلقیح گیاهچه‌ها با میکوریز، به طور معنی‌داری رشد گیاه را تحریک می‌کند و باعث افزایش فاکتورهای رشدی گیاه از جمله وزن تر و وزن خشک ریشه و بخش‌های هوایی، ارتفاع بوته و طول ریشه می‌شود. از طرف دیگر با آلوده‌سازی گیاهچه‌ها با *P. aphanidermatum* ارتفاع گیاهچه، طول ریشه و وزن خشک و تر ریشه و اندام‌های گیاهی کاهش معنی‌داری (p≤۰/۰۵) نسبت به گیاه شاهد نشان داد (جدول ۲). ترکیب دو قارچ میکوریز و بیمارگر روی فاکتورهای رشدی گیاهچه‌ها اثر معنی‌داری داشت (p≤۰/۰۵). گیاهچه‌های تیمار شده با میکوریز و بیمارگر در مقایسه با گیاهچه‌های میکوریزدار احتمالاً به علت کاهش کلنیزه شدن ریشه‌ها، در برابر بیماری ضعیف‌تر بودند، اما در مقایسه با تیمار بیمارگر تنها خیلی قوی‌تر بودند.

جدول ۱. تأثیر میکوریز *Glomus mosseae* بر شدت بیماری بوته‌میری خیار ناشی از *Pythium aphanidermatum*

Table 1. Effect of *Glomus mosseae* on disease severity of cucumber damping off caused by *Pythium aphanidermatum*

Treatment	Disease severity (%)
Control	0.0 c
Mycorrhizae+ Pythium	28.0 b
Mycorrhizae	0.0 c
Pythium	56.0 a

اعداد جدول میانگین چهار تکرار هستند.

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون بر حسب آزمون LSD در سطح پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

Data are means of four replications

Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P=0.05)

جدول ۲. تأثیر میکوریز *Glomus mosseae* بر فاکتورهای رشدی گیاهچه‌های خیار

Table 2. Effect of *Glomus mosseae* on growth parameters of cucumber seedlings

Treatment	Root length (cm)	Plant height (cm)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)
Mycorrhizae	10.33a	15.0a	4.67a	1.94a	0.87a	0.34a
Control	7.26b	10.93b	2.68b	1.26b	0.5b	0.24b
Mycorrhizae+ Pythium	6.93b	10.33b	1.72bc	1.0c	0.38b	0.25b
Pythium	3.86c	7.5c	0.69c	0.63d	0.14c	0.15c

اعداد جدول میانگین سه تکرار هستند.

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون بر حسب آزمون LSD در سطح پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

Data are means of three replications

Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P=0.05)

مشاهدات میکروسکوپی روی میزان کلنیزاسیون ریشه‌ها توسط میکوریز نیز نشان داد که درصد کلنیزه شدن ریشه‌ها در حضور *P. aphanidermtum* نسبت به عدم حضور آن، کاهش ۳۶ درصدی داشته است. میزان کلنیزاسیون ریشه‌های گیاهچه‌های خیار با میکوریز در عدم حضور و حضور قارچ بیمارگر به ترتیب ۸۸ و ۵۶ درصد محاسبه شد. افزودن میکوریز به خاک گیاهچه‌های خیار باعث افزایش رشد گیاهچه‌ها شد، نتایج حاصله با یافته‌های سایر محققین مطابقت داشت (Aguilera-Gomez *et al*. 1999, Ozgonen *et al*. 2001, Karagiannidis *et al*. 2002, Marschner and Timonen 2005, Ortas 2010). وجود قارچ بیمارگر در ریزوسفر در برقراری رابطه همزیستی بین میکوریز و گیاه تأثیر داشت و باعث کم شدن میزان کلنیزه شدن ریشه‌ها توسط میکوریز شد. که چنین نتیجه‌ای با بررسی‌های سایر محققین نیز مطابقت داشت (McAllister *et al*. 1994, Karagiannidis *et al*. 2002). به هرحال گزارشهای موجود در خصوص کنترل بیولوژیکی بیمارگرهای خاکزاد توسط قارچ‌های میکوریز نشان می‌دهد که تحت تأثیر یک یا چندین مکانیسم

شامل بهبود جذب عناصر غذایی، رقابت برای فتوسنتز میزبان، جایگاه آلودگی، تغییرات مورفولوژیکی در ریشه‌ها، تغییرات بیوشیمیایی در بافت‌های گیاهی، تغییرات آناتومیکی سلول‌ها، کاهش تنش‌های غیرزنده و تغییر جمعیت میکروبی در فراریشه از جمله سازوکارهای بیوکنترل پوسیدگی فیتوفتورایی گوجه‌فرنگی توسط قارچ‌های میکوریزی می‌باشد (Azcón-Aguilar and Barea 1997, Vigo *et al*. 2000). فعالیت بیشتر کیتیناز در ریشه‌های میکوریزایی ممکن است رشد و تکثیر بیمارگر ریشه را در گیاه میزبان کاهش دهد. همچنین رقابت مستقیم بر سر فضا، ضخیم شدن دیواره های سلولی از طریق لیگنینی شدن (چوبی کردن) و تولید سایر پلی‌ساکاریدها برای جلوگیری از ورود بیمارگر به ریشه ممکن است دلیل عمده‌ای در بهبود مقاومت به بیماری‌ها در ریشه‌های میکوریزایی باشد (Mukerji and Chamola 2003). همچنین میکوریزی هورمون‌ها و مواد آنتی‌بیوتیکی را تولید می‌کند که رشد ریشه را زیاد کرده و از گسترش بیماری ممانعت می‌کند. قارچ‌های میکوریز بر سر مواد غذایی با بیمارگرها به رقابت می‌پردازند (Sylvia *et al.* 2005) و با کمک به جذب بهتر مواد غذایی توسط گیاه باعث رشد گیاهان قوی‌تر شده که قادر خواهند بود در برابر بیمارگرهای ریشه‌ای مقاومت بیشتری از خود نشان دهند (Bethlenfalvay and Linderman 1992).

بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش اثر متقابل شوری و قارچ میکوریز بر توسعه بیماری بوته‌میری پیتیومی خیار کنترل نشان داد که با افزایش شوری، اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بین شدت بیماری گیاهچه‌های خیار مایه‌زنی‌شده با میکوریز و بدون میکوریز در هر سطح شوری دیده شد ولی بین دو فاکتور شوری و میکوریز اثر متقابل معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) مشاهده نشد، که این نشان می‌دهد دو عامل مورد مطالعه مستقل از یکدیگر اثر می‌کنند. اختلافات در سطوح مختلف شوری در زمان آلوده‌سازی گیاهچه‌ها با بیمارگر پیتیوم یا عدم آلوده‌سازی با آن، بسیار متفاوت است (جدول ۳). با مقایسه میانگین شدت بیماری مشخص شد که با بالا رفتن میزان شوری، شدت بیماری پیتیومی در گیاهچه‌های خیار میکوریزی نسبت به گیاهچه‌های غیر میکوریزی در هر سطح شوری کاهش معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) نشان داده است.

در آزمون بررسی اثر شوری بر رشد گیاهچه‌های خیار مشخص شد که با بالا رفتن شوری آب آبیاری فاکتورهای رشدی هم در گیاهچه‌های میکوریزی و هم در گیاهچه‌های غیرمیکوریزی کاهش یافت (شکل ۱). در تمامی موارد، بین فاکتورهای رشدی گیاهان میکوریزی خیار نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی با افزایش شوری اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) وجود داشت (جدول ۴). به‌طور کلی با افزایش سطح شوری از ۲ به $۸dSm^{-1}$ فاکتورهای رشدی کاهش یافت، به‌طوریکه به علت اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک و جذب کم آب و عناصر غذایی و تأثیر شوری بر فتوسنتز و فرایندهای جانبی آن، انرژی لازم برای رشد مناسب ریشه و اندام‌های هوایی در اختیار آن‌ها قرار نمی‌گیرد (Ashraf and Foolad 2007). افزایش بیماری بوته‌میری با افزایش میزان شوری را هم می‌توان به علت حساس بودن گیاه خیار به شوری و به دنبال آن ضعیف شدن سیستم ریشه و مناسب‌تر شدن آن برای حمله بیمارگر به آن دانست.

جدول ۳. اثر متقابل سطوح مختلف شوری و میکوریز *Glomus mosseae* بر شدت بیماری بوته‌میری خیار

Table 3. Effect of *Glomus mosseae* and salinity on disease severity of cucumber damping off

Treatment	Disease severity (%)
Mycorrhizae	0.0 g
Mycorrhizae+ Pythium	18.0 de
Control	0.0g
Pythium	56.0b
Mycorrhizae+Salinity1	13.0fg
Mycorrhizae+Salinity1+Pythium	29.0de
Salinity1	23.0ef
Salinity1+Pythium	50.0bc
Mycorrhizae+Salinity2	17.0ef
Mycorrhizae+Salinity2+Pythium	38.0cd
Salinity	26.0de
Salinity2+Pythium	61.0b
Mycorrhizae+Salinity3	19.0ef
Mycorrhizae+Salinity3+Pythium	51.0b
Salinity3	37.0d
Salinity3+Pythium	77.0a

اعداد جدول میانگین چهار تکرار هستند.

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون بر حسب آزمون LSD در سطح پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

Data are means of four replications

Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P=0.05)

جدول ۴. تأثیر میکوریز *Glomus mosseae* بر رشد گیاهچه‌های خیار تحت تنش شوری

Table 4. Effect of *Glomus mosseae* on cucumber seedling growth parameters in salinity stress

Treatment	Root length (cm)	Plant height (cm)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)
Mycorrhizae	10.33a	15.0a	4.67a	1.94a	0.87a	0.34a
Control	7.26dc	10.93c	2.68b	1.26b	0.5b	0.24bc
Mycorrhizae+Salinity1	9.16ab	14.16a	4.35a	1.81a	0.76a	0.3ab
Salinity1	6.16d	11.16a	2.71b	1.24b	0.48b	0.21dc
Mycorrhizae+Salinity2	8.5bc	12.83b	3.01b	1.18b	0.34bc	0.19cde
Salinity2	4.66e	9.33d	1.22c	1.03cb	0.24cd	0.16de
Mycorrhizae+Salinity3	7.76bc	11.5c	2.0cb	1.08cb	0.25cd	0.17cde
Salinity3	4.33e	7.66e	0.91c	0.83c	0.17d	0.12e

اعداد جدول میانگین سه تکرار هستند.

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون بر حسب آزمون LSD در سطح پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

Data are means of three replications

Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P=0.05)

با اعمال تنش شوری، بیشترین وزن خشک و تر ریشه و اندام هوایی، ارتفاع گیاهچه و طول ریشه در گیاهچه‌های میکوریزدار مشاهده شد. یکی از مهمترین اثرات قارچ‌های میکوریز افزایش میزان رشد و محصول گیاهان می‌باشد که معمولاً این کار از طریق بهبود جذب عناصر غذایی کم تحرک محلول در خاک نظیر فسفر، روی و مس (Al-Karaki *et al*. 2001) و یا تسریع در جذب و انتقال آب و مواد غذایی به گیاهان صورت می‌گیرد (Smith and Read 2008). بر اساس نظرات محققین مختلف ریشه‌های میکوریزی قادر به پراکنش بیشتر در خاک بوده و با جذب بیشتر فسفر و احتمالاً سایر مواد غذایی می‌توانند باعث تحمل بیشتر گیاهان به عوامل بیماری‌زا شوند (Hattingh *et al.* 1973, Davis and Menge 1980, Ross and Harper 1970). در این پژوهش بررسی اندازه‌گیری میزان فسفر در بافت گیاه خیار در حضور میکوریز *G.mosseae* در سطوح مختلف شوری نیز تأییدی بر افزایش میزان جذب فسفر می‌باشد (جدول ۵). فسفر یکی از عناصر پر مصرف گیاه می‌باشد و یکی از عناصر ضروری برای رشد و تولید محصول محسوب می‌شود (Jalali 2007). بررسی های انجام شده حاکی از آن است که بالا رفتن غلظت بی‌کربنات سدیم، منجر به کاهش غلظت فسفر در برگ می‌شود (Celik *et al*. 2006). در این مطالعه نیز، نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب، مقدار فسفر هم در گیاهچه‌های میکوریزی و هم در گیاهچه‌های غیر میکوریزی کاهش یافت. در سطوح شوری ۲ و ۸ dSm^{-1} غلظت فسفر در گیاهان میکوریزی به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود. یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های میکوریز در جهت افزایش تحمل تنش شوری، اثر افزایشی آن در جذب فسفر می‌باشد (Rabie and Almadini 2005, Al-Khaliel 2010). با افزایش شوری آب، غلظت یون سدیم در گیاهچه‌های میکوریزی و غیرمیکوریزی افزایش یافت اما این اختلاف معنی‌دار نبود. این افزایش در گیاهچه‌های غیرمیکوریزی بیشتر بود به‌طوری‌که بیشترین میزان جذب یون سدیم در شوری سطح ۸dSm^{-1} برای گیاهچه‌های غیرمیکوریزی و کمترین میزان آن در گیاهچه‌های شاهد میکوریزدار صورت گرفت.

جدول ۵. تأثیر میکوریز *Glomus mosseae* بر غلظت عناصر فسفر، سدیم و پتاسیم گیاهچه‌های خیار تحت تنش شوری

Table 5. Effect of *Glomus mosseae* on nutrient uptake of P, Na and K in cucumber seedlings in salinity stress

Treatment	P (%)	Na (%)	K (%)
Mycorrhizae	1.51a	0.82b	1.33a
Control	1.27bc	0.96ab	1.17ab
Mycorrhizae+Salinity1	1.43ab	0.88ab	1.43a
Salinity1	1.18c	1.04ab	1.26ab
Mycorrhizae+Salinity2	1.18c	1.15ab	1.38a
Salinity2	1.07c	1.1ab	1.20ab
Mycorrhizae+Salinity3	1.08c	1.35ab	1.17ab
Salinity3	0.81d	1.38a	1.00b

اعداد جدول میانگین سه تکرار هستند.

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون بر حسب آزمون LSD در سطح پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

Data are means of three replications

Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P=0.05)

پتاسیم یکی دیگر از عناصر پر مصرف در گیاه می‌باشد و در تنظیم پتانسیل اسمزی نقش دارد و با افزایش سدیم، به علت رقابت بین سدیم و پتاسیم، میزان پتاسیم در اندام هوایی و ریشه کاهش می‌یابد (Lu *et al*. 2009). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که با افزایش شوری آب، یون پتاسیم

در گیاهچه‌های میکوریزی و هم در گیاهچه‌های غیرمیکوریزی کاهش می یابد اما این اختلاف معنی‌دار نبود. در تمامی سطوح شوری غلظت پتاسیم در گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود (جدول ۵). در بررسی اثر میکوریز (*G. mosseae*) بر رشد گیاه جو در شرایط شوری مشخص شده است که غلظت پتاسیم در شاخساره و ریشه گیاهان میکوریز بیشتر از گیاهان غیرمیکوریز بود و میزان سدیم در شاخساره گیاهان میکوریز کاهش معنی‌داری نسبت به گیاهان غیرمیکوریز نشان داد که نشان‌دهنده انتقال کمتر این یون به این اندام‌ها می‌باشد. در گیاه جو مکانیسم مقاومت به شوری، کاهش جذب سدیم و انتقال آن به اندام هوایی و افزایش انتقال پتاسیم است که گیاهان میکوریزی توانایی گیاه را برای این اعمال افزایش می‌دهند (Mansoori and Ahmadimoghadam 2007). در بررسی اثر *G. intraradices* در مقاومت به شوری گیاه شبدر مشخص شد که شبدر، که گیاه حساس به شوری است بیشتر توسط سدیم و کلر آسیب می‌بیند و مخرب‌ترین نمک کلرید سدیم است. میزان سدیم در ریشه گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان بدون میکوریز بوده و در مقابل تجمع سدیم در شاخساره‌های گیاهان میکوریزی کمتر بود (Gharineh *et al.* 2009).

شکل ۱. مقایسه ارتفاع ریشه و اندام‌های هوایی گیاهچه‌های خیار میکوریزی (a) و غیرمیکوریزی (b) در سطوح مختلف شوری

Figure 1. Comparison of shoot and root height of cucumber seedlings inoculated mycorrhizae (a) and non-inoculated mycorrhizae (b) at different levels of salinity.

به‌طور کلی چندین مکانیسم وجود دارد که نشان می‌دهد قارچ‌های میکوریز استرس شوری را در گیاهان میزبان کاهش می‌دهند و باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش شوری می‌شوند که مهم‌ترین آنها شامل افزایش جذب عناصر غذایی، کنترل جذب و انتقال یون های کلر، سدیم و پتاسیم، تعدیل و تنظیم اسمزی و حفاظت در برابر خسارت اکسیداسیون حاصل از تنش شوری می‌باشد در این پژوهش نیز، نتایج نشان داد که با افزایش میزان NaCl آب آبیاری، میزان جذب یون سدیم در تیمارهای حاوی میکوریز کمتر از تیمارهای بدون میکوریز بود، تصور می‌شود نقش میکوریزها در کم کردن تنش شوری از طریق جلوگیری از جذب یون سدیم توسط ریشه‌ها و انتقال آنها به بافت‌های ساقه باشد. ظاهراً کاهش جذب یون سدیم در فرایند رشدی گیاه تأثیری ندارد. مطالعات اولیه نیز نشان داده‌اند که میکوریزها می‌توانند رشد گیاه و جذب مواد غذائی را بالا ببرند و خسارت وارده ناشی از تنش شوری به محصول را کاهش دهند، در نتیجه تحمل گیاه را به شوری افزایش می‌دهند (Ruiz-Lozano 1996, Al-Karaki 2000).

با وجود اثر کنترلی میکوریز، مشخص شد که به‌دلیل عکس‌العکل شدید گیاه به سطوح مختلف شوری و حساسیت بیش از حد آن در مقابل شوری‌های بالا، بیمارگر نیز می‌تواند خسارت بیشتری وارد نماید که خود حاکی از اهمیت نقش شوری در بیماری بوته‌میری است که این موضوع با مطالعات بنی‌هاشمی و طباطبایی منطبق

است که نشان داد افزایش غلظت NaCl می‌تواند موجب افزایش درصد آلودگی فیتوفتورا در ریشه و کاهش معنی‌دار وزن خشک و طول ریشه در رقم فندقی پسته (حساس به شوری) شود در حالی‌که در رقم بادامی پسته (متحمل به شوری) اثرات منفی بیمارگر در شرایط شور کاهش یافت (Banihashemi and Tabatabaee 2004).

بیماری بوته‌میری ناشی از گونه‌های *Pythium* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی ریشه و طوقه در کشت‌های خیار محسوب می‌شود و از عوامل محدودکننده کشت این گیاه است. از آنجائی که این بیماری در اکثر گلخانه‌های کشت تجاری خیار استان کرمان خسارت زیادی وارد می‌کند و با در نظر گرفتن اینکه آب و خاک این مناطق شوری بالایی دارد، پیشگیری و مبارزه با این بیماری بسیار ضروری است. چرا که شوری علاوه بر تأثیر سوء بر میزبان، باعث افزایش وقوع و توسعه بیماری نیز می‌شود. بنابراین استفاده از عواملی که باعث تحمل تنش شوری در گیاه در این شرایط شود، می‌تواند رشد و محصول‌دهی را زیاد کند. بنابراین در گلخانه‌های منطقه که اکثراً آلوده به قارچ عامل بوته‌میری جالیز می‌باشند، لازم است بیشتر به مسئله شوری آب و خاک توجه شود و اقدامات لازم در جهت کاهش رخ دادن بیماری بوته‌میری صورت گیرد.

REFERENCES

Aguilera-Gomez L, Davies FT, Olalde-Portugal V, Duray SA, Phavaphutanon L (1999) Influence of phosphorus and endomycorrhizae (*Glomus intraradices*) on gass exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis). Photosynthetica 36: 441-449.

Akkopru A, Demir S (2006) Biological control of Fusarium wilt in tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some *Rhizobacteria*. Journal of Phytopathology 153: 544-550.

Al-Karaki GN (2000) Growth, water use efficiency, and mineral acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. Journal of Plant Nutrient 23: 1-8.

Al-Karaki GN (2006) Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Scientia Horticulture 109: 1-7.

Al-Karaki GN, Hammad R, Rusan M (2001) Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. Mycorrhiza 11: 41-47.

Al-Khaliel AS (2010) Effect of salinity stress on mycorrhizal association and growth response of peanut infected by *Glomus mosseae*. Plant Soil and Environment 56: 318-324.

Alsadon AA, Wahb-allah MA, Khalil SO (2006) Growth, yeild and quality of three greenhouse cucumber cultivars in relation to two types of water applied at different growth stages. Journal of Agricalture Science 18: 89-102.

Anonymous (2010) Agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. Volume II. (in Persian)

Ashraf M, Foolad MR (2007) Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectans glycine betaine and proline. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Azcón-Aguilar C, Barea JM (1997) Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens–an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6: 457-464.

Banihashemi Z, Tabatabaee SAR (2004) Interaction between salinity and *Phytophthora citrophthora* in pistachio seedlings under hydroponic system.Iranian Journal of Plant Pathology 40: 159-178. (in Persian)

Barea JM, Azcon-Aguilar C (1983) Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advances in Agronomy 36: 1-45.

Bethlenfalvay GJ, Linderman RG (1992) Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA Special Publication 11: 58-62.

Bierman B, Linderman R (1981) Quantifying vesicular–arbuscular mycorrhizae: proposed method towards standardization. New Phytologist 87: 63-67.

Bowen G (1987) The biology and physiology of infection and its development, *In:* Safir GR (ed.), Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 27-57.

Caron M, Fortin JA, Richard J (1986) Effect of *Glomus intraradices* on infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* tomatoes over a 12-week period. Canadian Journal of Botany 64: 552-556.

Celik H, Vahap Kakal A, Basat H (2006) Effect of bicarbonate induced iron chlorosis on selected nutrient contents and nutrient ratio of shoots and roots of different Maize varieties. Journal of Agronomy 5: 369-374.

Chapman HD, Pratt PF (1982) Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of Agriculture, University of California, Berkeley, CA.

Daniels BA, Trappe JM (1980) Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus epigaeus*, Mycologia 72: 457-471.

Davis RM, Menge JA (1980) Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on *Phytophthora* root rot of citrus. Phytopathology 70: 447-452.

Gharineh MH, Nadian H, Fthi G, Siadat A, Maadi B (2009) Role of arbuscular mycorrhiza in development of salt tolerance of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. Agriculture and Environment 7: 432-437.

Hattingh MJ, Gray LE, Gerdemann JW (1973) Uptake and translocation of 32p-labeled phosphate to onion roots by endomycorrhizal fungi. Soil Science 116: 383-387.

Jahromi F, Aroca R, Porcel R, Ruiz-lozano JM (2008) Influence of salinity on the *in vitro* development of *Glomus intraradices* and on the *in vivo* physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. Microbial Ecology 55: 45-53.

Jalali M (2007) Phosphorus status and sorption characteristics of some calcareous soils of Hamadan, western Iran. Environmental Geology 53: 365-374.

Karagiannidis N, Bletsos F, Stavropoulos N (2002) Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. Scientia Horticulturae 94: 145-156.

Krishna KR, Bagyaraj DJ (1983) Interaction between *Glomus fasciculatum* and *Sclerotium rolfsii* in peanut. Canadian Journal of Botany 61: 2349-2351.

Lu S, Zhang S, Xu X, Korpelainen H, Li C (2009) Effect of increased alkalinity on Na+ and K+ contents, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in two populations of *Papulus cathatana*. Biologia Plantarum 53: 597-600.

Mansoori H, Ahmadi-moghadam A (2007) Effect of mycorrhiza in salt resistance of barley (*Hordum vulgare*). Research Journal of University of Isfahan 7: 27-38. (in Persian)

Mark GL, Cassells AC (1996) Genotype-dependence in interaction between *Glomus fistulosum*, *Phytophthora fragariae* and the wild strawberry (*Fragaria vesca*). Plant and Soil 185: 233-239.

Marschner P, Timonen S (2005) Interactions between plant species and mycorrhizal colonization on the bacterial community composition in the rhizosphere. Applied Soil Ecology 28: 23-36.

Matsubara Y, Tamura H, Harada T (1995) Growth enhancement and *Verticillium* wilt control by vesicular–arbuscular mycorrhizal fungus inoculation in eggplant. Journal of the Japanese Society Horticultural Science 64: 555-561.

McAllister CB, Garcia-Romera I, Godeas A, Ocampo JA (1994) Interactions between *Trichoderma koningii*, *Fusarium solani* and *Glomus mosseae*: effects on plant growth, arbucular mycorrhizae and the saprophyte inoculants. Soil Biology and Biochemistry 26: 1363-1367.

Mukerji KG, Chamola BP (2003) Compendium of mycorrhizal research. Role of Mycorrhiza in Biotechnology 2: 151-168.

Ortas I (2010) Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under feild conditions. Spanish Journal of Agricultural Research 8: 116-122.

Ozgonen H, Erikilic A (2007) Growth enhancement and *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. Crop Protection 26: 1682-1688.

Ozgonen H, Bicici M, Erkilic A (2001) The effect of salicyclic acid and endomycorrhizal fungus *Glomus etunicatum* on plant development of tomatoes and *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopercisi*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 25: 25-29.

Phillips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 159-161.

Pozo MJ, Azcón-Aguilar C, Dumas-Gaudot E, Barea JM (1999) β-1, 3-glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. Plant Science 141: 149-157.

Rabie GH, Almadini AM (2005) Role of bio inoculants in development of salt tolerance of *vicia faba* plants under salinity stress. African Journal of Biotechnology 4: 210-222.

Ross JP, Harper JA (1970) Effect of Endogone Mycorrhiza on soybean yields. Phytopathology 60: 1552-1556.

Rostami F, Alaei H, Karimi HR, Borji-Abad, A (2010) Controlling the root and stem rot of cucumber, caused by *Pythium aphanidermatum*, using resistance cultivars and grafting onto the cucurbit rootstocks. Azarian Journal of Agriculture 2: 19-24. (in Persian)

Ruiz-Lozano JM, Azcon R, Gomez M (1996) Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. Physiologia Plantarum 98: 767-772.

Singh R, Adholeya A, Mukerji KG (2000) Mycorrhiza in control of soil borne pathogens. Mycorrhizal Biology 173-196.

Smith, SE, Read DJ (2008) Mycorrhizal symbiosis, third ed. Academic Press, San Diego, London.

St-Arnaud M, Hamel C, Fortin JA (1994) Inhibition of *Pythium ultimum* in roots and growth substrate of mycorrhizal *Tagetes patula* colonized with *Glomus intraradices*. Canadian Journal of Plant Pathology 16:187-194.

Sylvia MD, Hartel PG, Fuhrmann JJ, Zuberer DA (2005) Principles and applications of soil microbiology. Uppersaddle River, Newjersey.

Trotta A, Varese GC, Gnavi E, Fusconi A, Sampo S, Berta G (1996) Interactions between the soilborne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var *parasitica* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants. Plant and Soil 185: 199-209.

Yuan BC, Li ZZ, Liu H, Gao M, Zhang YY (2007) Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. Applied Soil Ecology 35: 319-328.

Zhang YH, Wang P, Yang YF, Bi Q, Tian SY, Shi XW (2011) Arbuscular mycorrhizal fungi improve reestablishment of *Leymus chinensis* in bare saline-alkaline soil: Implication on vegetation restoration of extremely degraded land. Journal of Arid Environments 75: 773-778.

Zhu JK (2002) Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology 6: 441-445.