بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* بر مقاومت به شوری سه اکوتیپ شاهدانه

محمودرضا تدین* و مهسا زارعی

گروه زراعت ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۱۹)

چکیده:

به منظور بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریزا گونه‌ی *Glomus mosseae* بر مقاومت به شوری سه اکوتیپ گیاه دارویی شاهدانه، پژوهشی در سال ۱۳۹۱ در خاک‌های شور زمین‌های کشاورزی شمال شرق اصفهان به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل سه اکوتیپ شاهدانه (اصفهان، شیراز و مشهد) و قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* و تیمار شاهد (بدون قارچ) بود، که در معرض خاک شور و آب آبیاری شور مزرعه قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان دادند که وزن خشک کل گیاه، ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی بوته در زمان گلدهی و عملکرد دانه گیاهان تلقیح یافته نسبت به گیاهان تلقیح نیافته افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به اکوتیپ‌های مشهد و اصفهان تلقیح یافته با مایکوریزا بود. همچنین اکوتیپ شیراز تلقیح یافته بیشترین درصد پتاسیم اندام هوایی را نشان داد. در واقع میزان سدیم اندام هوایی گیاه در تیمارهای تلقیح یافته کاهش و پتاسیم آن افزایش یافت که علت آن مربوط به حبس یون سدیم در ریشه‌ها و عدم انتقال آن به اندام هوایی گیاه و ذخیره یون پتاسیم در گیاه به جای یون سدیم می‌باشد. که این خود یکی از دلایل بالا رفتن تحمل گیاهان تلقیح یافته با مایکوریزا، به شوری است. در این آزمایش اکوتیپ شیراز تلقیح یافته با مایکوریزا متحمل‌ترین اکوتیپ به شوری (از نظر افزایش نسبت پتاسیم به سدیم) شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، شاهدانه، مایکوریزا، همزیستی

مقدمه:

شوری خاک‌ها مسئله‌ی جدی است که به طور پیوسته و آرام در جهان رو به افزایش است. خاک‌های شور حدود ۷٪ از زمین‌های سطح کره زمین را به خود اختصاص می‌دهند و افزایش شوری زمین‌های زراعی منجر به از دست رفتن ۵۰٪ از زمین‌های زراعی در نیمه‌ی اول قرن ۲۱ می‌گردد. در حال حاضر از ۱/۵ میلیارد هکتار از زمین‌های کشاورزی سرتاسر جهان، تقریبا ۷۷ میلیون هکتار آن (۵٪) از شوری زیاد رنج می‌برند (Selvakumar and Thamizhiniyan, 2011). شوری از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده می‌باشد که تولید گیاهان زراعی را در مناطق خشک و نیمه خشک، جایی که میزان نمک در آنها به طور طبیعی بالاست و بارندگی‌ها برای آبشویی ناکافی است، محدود کرده است (تدین، ۱۳۸۸). تنش شوری اثرات مهمی بر گیاهان دارد که شامل کاهش

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

پتانسیل آبی در خاک و گیاه که باعث، بر هم خوردن تعادل یونی و در نهایت سمیت برای گیاهان می‌شود و منجر به کاهش رشد اولیه گیاه می‌گردد و سپس تولیدات گیاهی را کاهش می‌دهد (Gharineh *et al.*, 2009). توقف رشد گیاه به طور مستقیم به غلظت نمک‌های حل شونده یا پتانسیل اسمزی آب خاک مربوط می‌شود. توقف رشد ناشی از نمک در همه گیاهان رخ می‌دهد لیکن میزان تحمل گیاهان و میزان کاهش رشد آن‌ها در غلظت‌های مخرب نمک در بین گونه‌های گیاهی مختلف، متفاوت است. تنش شوری بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین و انرژی و متابولیسم چربی‌ها تأثیر دارد (Shokri and Maadi, 2009).

در بین اهداف بیولوژیکی برای افزایش رشد گیاهان در محیط‌های شور، نقش قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا برجسته است. بیشتر گیاهان بومی و زراعی مناطق خشک و نیمه خشک با این قارچ‌ها همزیست هستند و دیده شده است که همزیستی گیاهان با این قارچ‌ها تحمل به شوری را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد (Al-Khaliel, 2010). قارچ‌های مایکوریزا با ۸۰٪ از گونه‌های گیاهی شامل گیاهان شورپسند، آب دوست و خشکی پسند همزیستی می‌کنند (Selvakumar and Thamizhiniyan, 2011). همزیستی قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا در بسیاری از شرایط تنش محیطی دیده شده است. نتایج برخی مطالعات گلخانه‌ای نشان داده است که قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا می‌تواند تحمل به شوری گیاهان و عملکرد را تحت تنش شوری افزایش دهد (Asghari *et al.*, 2008). در شرایط تنش شوری، مایکوریزا مواد معدنی مورد نیاز گیاه را، مخصوصاً فسفر که تمایل به ته‌نشینی توسط یون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم و روی دارد، را بهبود می‌بخشد (Belew *et al.*, 2010). شوری باعث کاهش ثبات ذرات متراکم خاک می‌گردد و این پراکندگی ذرات خاک بدلیل تجمع یون‌های سدیم می‌باشد. همزیستی بین قارچ‌های مایکوریزا و گیاه می‌تواند ثبات در ذرات خاک را افزایش دهد (Kohler *et al.*, 2010).

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* گیاهی یکساله و علفی متعلق به خانواده‌ی Canabinaceae است. شاهدانه از گیاهان زراعی قدیمی است که در صنایع روغن‌کشی و نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه دارای خواص دارویی متعددی است. از دانه آن به عنوان نیروبخش، مسهل و ملین، نرم کننده و در تهیه داروهای مسکن و ضد انگل استفاده می‌شود (دادخواه، ۱۳۸۹). بیشتر از ۴۸۰ ترکیبات پیچیده در شاهدانه شناسایی شده است که برخی از آن‌ها متابولیت‌های اولیه مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و استروئیدها هستند، در حالی که کانابینوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، استیل بنوئیدها، لیگنین و آلکالوئیدها از متابولیت‌های ثانویه می‌باشند (Flores-Sanchez, Verpoorte, 2008). شاهدانه بومی مناطق غرب و آسیای مرکزی مانند روسیه، چین، هند، پاکستان و ایران، مخصوصاً بومی مناطق حواشی هیمالیا به طرف هند می‌باشد این گیاه در زمین‌های بایر به فراوانی رشد می‌کند (Anwar *et al.*, 2006).

شاهدانه از جمله دانه‌هایی است که بر خلاف شهرت جهانی و قدمت کشت طولانی آن در ایران، به عنوان یک منبع خوراکی و صنعتی در کشورمان مورد توجه نبوده است، از طرفی برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی از جمله آبشویی خاک‌های شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری و کاربرد کودهای بیولوژیک وجود دارد. لذا با توجه به ضرورت به کارگیری روش‌های مناسب برای کاهش اثرات سوء شوری و اهمیت گیاه دارویی شاهدانه، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر قارچ *Glomus mosseae* بر برخی فرایندهای فیزیولوژیکی و عملکرد دانه شاهدانه تحت تنش شوری آب و خاک ضمن کاهش هزینه‌های تولید گیاهان دارویی و حفظ محیط زیست در شرایط شور می‌باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

مواد و روش‌ها:

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۱ در مزارع شور کشاورزی شمال شرق شهر اصفهان با نام مزارع دارک به طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۴۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، ۴۷ دقیقه و ۱۹ ثانیه شمالی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. سه اکوتیپ شاهدانه اصفهان، شیراز و مشهد به عنوان فاکتور اول و تیمار کودی قارچ مایکوریزا گونه‌ی *Glomus mosseae* و تیمار شاهد (بدون قارچ) به عنوان تیمار دوم بود. به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک و آب، نمونه‌ای به آزمایشگاه ارسال گردید. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و آب مورد آزمایش در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. عملیات تهیهٔ بستر شامل شخم، دیسک، تسطیح و انجام فاروئر بود. با توجه به ایجاد تراکم ۳۰ بوته در متر مربع کرت‌های آزمایش به ابعاد ۲/۵×۴/۲ متر تهیه شد (Young, 2005). جهت عدم تداخل هر کرت به کرت مجاور، فاصله‌ای به میزان ۵۰ سانتی‌متر بین دو کرت ایجاد شد. در داخل هر کرت ردیف‌های کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بذرها بر روی ردیف ۵/۵ سانتی‌متر تعیین شد. جهت حذف اثر هرگونه وجود قارچ به صورت طبیعی در مزرعه و اطمینان از ایجاد شرایط عاری از وجود میکوریزا در محیط، اقدام به ضدعفونی خاک مزرعه با گاز متیل بروماید به میزان ۵۴ گرم در متر مربع با ایجاد پوشش پلاستیکی بر روی کرت‌های آزمایشی به مدت ۴۸ ساعت گردید و پس از گذشت ۱۵ روز از ضدعفونی خاک، اقدام به کاشت شاهدانه و سپس اعمال تیمارهای مایکوریزایی شد. قارچ مایکوریزا به صورت کود آلی بیولوژیک مایکوپرسیکا (پودری) از شرکت زیست فناور توران واقع در شاهرود تهیه گردید و بر اساس توصیه شرکت تولید کننده به میزان ۴۰ گرم به ازای هر متر مربع خاک در زیر و کنار بذور قرار داده شد. مراقبت‌های لازم مانند وجین علف‌های هرز در طول دوران رشد به طور یکنواخت انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت-کش و یا قارچ‌کشی مصرف نگردید. در مرحله‌ی گلدهی شاهدانه از هر کرت به تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید و ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه اندازه‌گیری شد. عملیات برداشت محصول، در آبان ماه همان سال انجام گرفت. از هر کرت به تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید و پس از جداسازی بذور، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار اندازه-گیری گردید. همچنین، برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم در داخل گیاه به منظور رفع هر نوع آلودگی از گیاهان، پس از برداشت آن‌ها، نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند. پس از آن برای خارج کردن آب سطحی، نمونه‌ها بلافاصله در دمای اتاق خشک گردیدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند و میزان سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه با استفاده از دستگاه فلایم فتومتر مدل Jenway بر پایه محلول‌های استاندارد تهیه شده، اندازه‌گیری شد (علی احیایی و امامی، ۱۳۷۵).

رنگ‌آمیزی و تعیین کلونیزاسیون قارچ آربوسکولار میکوریزا: قبل از برداشت گیاه شاهدانه، از ریشه‌ها جهت رنگ‌آمیزی و تعیین کلونیزاسیون، نمونه‌برداری شد. ریشه‌های نمونه برداری شده با آب مقطر به خوبی شسته شدند. بعد از نمونه‌برداری از ریشه‌های شسته شده، ریشه‌ها به داخل ظروف شیشه‌ای شفاف به حجم ۵۰ میلی‌لیتر منتقل شدند. سپس محلول KOH 10% به ریشه‌ها اضافه شده و در دمای اتاق به مدت ۵-۳ روز نگهداری شدند (مدت زمان نگهداری در محلول KOH به قطر ریشه‌ها بستگی داشت). جهت خنثی کردن محیط قلیائی ریشه‌های رنگبری شده حاصل از روش قبل، ریشه‌ها با آب مقطر شسته شدند و به مدت ۲ دقیقه در محلول ۱ مولار HCl قرار داده شدند. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش تغییر یافته

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعهٔ مورد استفاده در آزمایش

Fe $mg.kg^{-1}$	Mn $mg.kg^{-1}$	%N	K ava. $mg.kg^{-1}$	P ava. $mg.kg^{-1}$	%T.N (نیتروژن کل)	%O.C (کربن آلی)	pH	EC $dS.m^{-1}$
۶/۲۵	۵/۷۸	۰/۰۹۶	۲۷۷	۸/۶	۳۷/۰	۱/۱۱۲	۸/۶۷	۵/۲۱۰

جدول ۲- مشخصات آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

SO_4^{2-} meq.lit-1	Cl^- $meq.lit^{-1}$	Mg^{2+} $meq.lit^{-1}$	Ca^{2+} $meq.lit^{-1}$	K^+ $meq.lit^{-1}$	Na^+ $meq.lit^{-1}$	pH	EC $\mu S.cm^{-1}$
۰/۰۶	۶۴/۰۰	۱۹/۶۹	۱۴/۵۰	۹/۰۷	۴۰/۶۰	۸/۲۸	۱۲۲۵۰

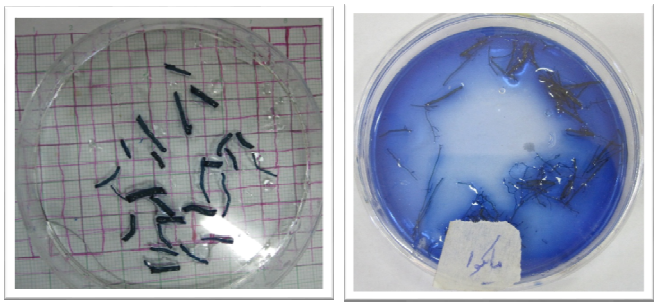
Hayman و Phillips (۱۹۷۰) (حذف فنل از محلول رنگ) استفاده گردید. در این روش ریشه‌های رنگبری شده به مدت ۱۲-۶ ساعت در محلول رنگ-آمیزی Trypan blue %0.01 در دمای اتاق نگهداری شدند. ریشه‌ها پس از خارج کردن از محلول رنگ و شستشو با آب مقطر آماده تعیین میزان کلونیزاسیون بودند. برای نگهداری ریشه‌ها تا زمان اندازه‌گیری میزان کلونیزاسیون از محلول اسید لاکتیک، گلیسرول و آب مقطر استفاده گردید. برای تعیین میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزا با ریشه گیاهان مورد بررسی از روش Giovannetti و Mosse (۱۹۸۰) استفاده گردید. بر اساس این روش ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به قطعات یک سانتی‌متری تقسیم شده و در سطح یک پتری دیش مشبک پخش گردیدند. سپس با استفاده از میکروسکوپ با بزرگنمائی ۴۰ تعداد برخورد هر یک از اندام قارچی (شامل ریسه، آرباسکول و وزیکل) با خطوط شبکه پتری دیش شمارش و بر حسب درصد محاسبه گردید (شکل ۱).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار برهمکنش تیمارها بر صفات میانگین، اثرات متقابل با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد مقایسه قرار گرفت. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمونLSD بررسی گردید.

نتایج و بحث:

درصد کلونیزاسیون، طول ریشهٔ کلونیزه شده: نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر اکوتیپ شاهدانه بر درصد کلونیزاسیون و طول ریشهٔ کلونیزه شده معنی‌دار نبوده است، ولی وجود یا عدم وجود قارچ بر درصد کلونیزاسیون و طول ریشهٔ کلونیزه شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) مشاهده می‌شود که درصد کلونیزاسیون در تیمار تلقیح شده ۳۸٪ بیشتر از عدم تلقیح است لیکن، اکوتیپ‌های شاهدانه برای این صفت با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. با توجه به شوری خاک و آب مزرعه، چنین داده‌هایی چندان دور از انتظار نیست، زیرا شوری باعث کاهش درصد کلونیزاسیون، جوانه‌زنی اسپورها و رشد هیف‌های قارچی می‌شود، در واقع افزایش میزان NaCl رشد قارچ‌های مایکوریزا را کاهش می‌دهد (Selvakumar Thamizhiniyan, 2011 and). به عبارت دیگر، جمعیت قارچ‌های مایکوریزا به رشد گیاه و تولید مواد غذایی در گیاه میزبان بستگی دارد و هر فاکتوری که بر تولید کربوهیدرات و انتقال آن به ریشه‌ها موثر باشد، بر میزان تلقیح هم موثر خواهد بود و از آنجایی که شوری رشد و میزان تولید کربوهیدرات را کاهش می‌دهد، میزان تلقیح مایکوریزایی هم کم خواهد شد (Enteshari and Hajbagheri, 2011). سادات و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که در چنین شرایطی، درصد کلونیزاسیون ریشه گندم در اثر تلقیح با قارچ‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]



شکل ۱- نحوه رنگ‌آمیزی و تعیین کلونیزاسیون قارچ آربوسکولار مایکوریزا

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس صفات درصد کلونیزاسیون، طول ریشه کلونیزه شده، طول ریشه، درصد سدیم و پتاسیم شاخساره

عوامل آزمایش	درجه آزادی	درصد کلونیزاسیون ریشه	طول ریشه کلونیزه شده (میلی‌متر)	درصد پتاسیم	درصد سدیم
تکرار	۲	۰/۶۹۹^{ns}	۱/۷۲^{ns}	۰/۱۸۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۵۲۷^{ns}
اکوتیپ شاهدانه (A)	۲	۲/۸۸^{ns}	۱۲/۰۶*	۰/۱۴۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۵۹۴^{ns}
تیمار مایکوریزا (B)	۱	۲۱۶/۴۵۶**	۵۲۱۳/۹**	۰/۳۴۲*	۰/۰۰۰۵۸**
A×B	۲	۱/۴۱^{ns}	۱۲/۰۶^{ns}	۰/۰۱۴۳^{ns}	۰/۰۰۰۳۴**
خطا	۱۰	۱/۳۳۱۸	۲۰/۳۳	۰/۰۵۰۳	۰/۰۰۰۰۳۱
CV%		۷/۹	۷/۶۳	۱۸/۳	۷/۶۵

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات درصد کلونیزاسیون، طول ریشه کلونیزه شده، درصد پتاسیم، درصد سدیم، عملکرد دانه

	منبع تغییرات	درصد کلونیزاسیون ریشه	طول ریشه کلونیزه شده (میلی‌متر)	درصد پتاسیم	درصد سدیم
اکوتیپ شاهدانه	اصفهان	۱۳/۶۶^{a}	۵۷/۵۵^{b}	۱/۲۹۳۰^{ab}	۰/۰۶۹۲۱^{a}
	شیراز	۱۴/۷۵^{a}	۵۹/۴۱^{b}	۱/۳۳۷۵^{a}	۰/۰۷۵۰۷۸^{a}
	مشهد	۱۴/۹۴^{a}	۶۰/۳۴^{a}	۱/۰۴۷۵^{b}	۰/۰۷۴۱۲۱^{a}
	LSD	۱/۴۸	۵/۸	۰/۲۸۸۶	۰/۰۰۷۲
تیمار مایکوریزا	تلقیح	۱۷/۹۲^{a}	۷۶/۱۲^{a}	۱/۳۶۴۰^{a}	۰/۰۶۷۱۲۶^{b}
	عدم تلقیح	۱۰/۹۸^{b}	۴۲/۱^{b}	۱/۰۸۸۰^{b}	۰/۰۷۸۴۸۰^{a}
	LSD	۱/۲۱	۴/۷۳	۰/۲۳۵۷	۰/۰۰۵۹

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

مایکوریزی نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت. در تحقیقی دیگر نیز گزارش شد که در تیمارهای بدون تلقیح هیچ کلونیزاسیونی از مایکوریزا در ریشه‌ها مشاهده نشده است (Asghari *et al.*, 2005).

طبق جدول مقایسه میانگین تیمارهای تلقیح شده با ۷۶ میلی‌متر بیشترین طول ریشه کلونیزه شده و تیمارهای عدم تلقیح با ۴۲ میلی‌متر کمترین طول ریشه را نشان دادند. همچنین اکوتیپ مشهد بیشترین و اکوتیپ‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات وزن خشک کل گیاه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی بوته و عملکرد دانه

	منبع تغییرات	وزن خشک کل گیاه (g)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی بوته	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
اکوتیپ شاهدانه	اصفهان	۱۳۵/۵۵[a]	۷۰/۲۵[a]	۲۲/۱۶۷[a]	۸۴۸/۵۶[b]
	شیراز	۱۴۵/۶۷[a]	۶۸/۸۳۳[a]	۲۲/۹۱۷[a]	۱۰۰۷/۷۵[a]
	مشهد	۱۳۶/۹۴[a]	۶۷/۱۶۷[a]	۲۰/۴۱۷[a]	۸۶۲/۳۷[b]
	LSD	۳۹/۶۱	۸/۵۱۰۵	۴/۴۳۶۱	۱۱۴/۲۶
تیمار مایکوریزا	تلقیح	۱۵۶/۲۸[a]	۷۴/۱۶۷ [a]	۲۴[a]	۱۰۴۶/۸۷[a]
	عدم تلقیح	۱۲۲/۴۹[b]	۶۳/۳۳۳ [b]	۱۹[b]	۷۶۵/۵۹[b]
	LSD	۳۲/۳۴۱	۶/۹۴۸۸	۳/۶۲۲۱	۹۳/۲۹۷

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

شیراز و اصفهان کمترین طول ریشه کلونیزه شده را داشتند (جدول ۵). توزیع گونه‌ی خاصی از قارچ‌های مایکوریزا آربسکولار به pH، سطح فسفر، شوری، تخلخل و شرایط هیدرولیکی خاک بستگی دارد. در حالت عادی، افزایش در pH خاک و شوری، میزان کلونیزاسیون و تراکم اسپور قارچ‌ها را کاهش می‌دهد (Ileana *et al*., 2007). در شرایط تنش شوری، ریشه کلونیزه شده با قارچ‌های مایکوریزا کاهش می‌یابد که شاید به دلیل اثر مستقیم NaCl بر رشد و فعالیت قارچ باشد که رشد قارچ‌های مایکوریزا را متوقف می‌کند (Evelin *et al*., 2007). در حالی که تلقیح با مایکوریزا در شرایط شوری نسبت به عدم تلقیح طول ریشه را افزایش می‌دهد و این یک راهکار برای فرار گیاه از شرایط نامناسب کمبود آب و مواد غذایی خاک است که سطح ریشه‌های کلونیزه شده با مایکوریزا را افزایش می‌دهد (Enteshari and Hajbagheri, 2011).

درصد سدیم و پتاسیم اندام هوایی شاهدانه: نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که تیمار تلقیح قارچ مایکوریزایی بر درصد سدیم شاخساره در سطح احتمال ۱٪ و برای پتاسیم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده است و مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که گیاهان شاهدانه تلقیح یافته بیشترین درصد پتاسیم را داشتند (گیاهان تلقیح یافته ۲۰/۲ ٪ پتاسیم بیشتری از گیاهان تلقیح نیافته داشتند)، در حالی که گیاهان بدون تلقیح، بالاترین درصد سدیم را نشان دادند (گیاهان تلقیح نیافته ۱۴/۴ ٪ سدیم بیشتری از گیاهان تلقیح یافته داشتند). Mardukhi و همکاران (2011) گزارش کردند قارچ‌های گونه‌ی *G. mosseae* و *G. etunicatum* تلقیح یافته با گندم در شرایط شوری، پتاسیم را به میزان زیاد جذب می‌کنند. تلقیح گیاهان با قارچ‌های مایکوریزا در شرایط تنش شوری، جذب یون‌های پتاسیم را در گیاه افزایش می‌دهد و از انتقال یون سدیم به بافت‌های ساقه جلوگیری می‌کند (Evelin *et al*., 2007). افزایش جذب یون پتاسیم در گیاهان تلقیح یافته با مایکوریزا، در سطوح شوری بالا (۹/۵ $dS.m^{-1}$) نیز گزارش شده است، همچنین پتاسیم نقش مهمی در متابولیسم گیاهان از جمله فعال شدن برخی از آنزیم‌ها، حرکات روزنه‌ای و ساخت پروتئین‌ها بازی می‌کند. یون سدیم با یون پتاسیم برای فرایندهای مختلف سلولی رقابت می‌کند و نسبت بالای سدیم به پتاسیم بدلیل تنش شوری می‌تواند، تعادل یونی و مسیرهای متابولیکی متنوعی را تخریب کند. لیکن، تلقیح گیاهان با مایکوریزا می‌تواند اثرات سدیم و پتاسیم را در تنش شوری بهبود بخشد (Evelin *et al*., 2007).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

در آزمایش حاضر درصد پتاسیم در بوته‌های شاهدانه اکوتیپ شیراز بیشترین و بعد از آن به ترتیب در اکوتیپرهای اصفهان و مشهد مشاهده شد در واقع اکوتیپ شیراز متحمل‌ترین و مشهد حساس‌ترین اکوتیپ به شوری شناخته می‌شوند. این تحمل و حساسیت به شوری بر پایه درصد پتاسیم شاخساره است و افزایش درصد پتاسیم شاخساره، یکی از راهکارهای تحمل به شوری است و تصمیم‌گیری قاطع برای شناخت متحمل‌ترین اکوتیپ به شوری، به هدف تولید بستگی دارد. بر اساس جدول ۵ اکوتیپ‌های شاهدانه تفاوت معنی‌داری در میزان سدیم اندام هوایی نداشتند، در حالی که همین اکوتیپ‌ها با اندازه‌گیری درصد پتاسیم تفاوت معنی‌داری نشان دادند. گزارش شده است که در شرایط تنش شوری، همزیستی گیاهان با قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا می‌تواند جذب مواد غذایی را برای گیاه افزایش دهد. در مطالعه‌ای بر گندم تحت تنش شوری (سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد، قارچ‌های مایکوریزا یون‌های سدیم و کلر کمتری جذب کرده‌اند (Mardukhi *et al*., 2011). در واقع گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا ممکن است سدیم را در واکوئل سلول‌های ریشه و فضای داخلی هیف‌های قارچی ذخیره کنند و آن را به اندام هوایی گیاه انتقال ندهند. افزایش رشد گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا می‌تواند با میزان کمتر سدیم در آنها توجیه شود (Enteshari *et al*., 2012). نتیجه عکس‌العمل گیاه به غلظت بالای سدیم آن است که غلظت سدیم سیتوسلی را در حد پائین و غلظت پتاسیم سیتوسلی را بالا نگه می‌دارد. استراتژی بالا نگهداشتن نسبت پتاسیم به سدیم سیتوسل، خروج سدیم از سلول و تقسیم آن می‌باشد. انتقال دهنده های سدیم-هیدروژن با تقسیم یون‌های سدیم به داخل واکوئل‌ها و خروج سدیم از سلول‌ها منجر به تنظیم اسمزی و سم زدایی سدیم می‌شوند، که این دو روش از راهکارهای تحمل به تنش شوری است (Blumwald *et al*., 2000).

رشد و عملکرد گیاه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۶، وزن خشک کل گیاه تحت تیمار قارچ مایکوریزا در سطح احتمال ۵٪، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید ولی این صفات تحت تیمارهای اکوتیپ شاهدانه معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که تلقیح مایکوریزایی شاهدانه باعث افزایش وزن خشک کل گیاه (۲۱/۶ ٪)، ارتفاع (۱۴/۶ ٪) و تعداد شاخه‌های جانبی (۲۰/۸ ٪) نسبت به عدم تلقیح گردید. در مطالعه‌ای تلقیح مایکوریزایی در سطوح شوری ۲/۲، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، باعث افزایش وزن خشک کل گیاه تلقیح یافته نسبت به شاهد شد (Shokri and Maadi, 2009). همچنین در بررسی Laei و همکاران (2011) دیده شد وزن خشک و ارتفاع ساقه گیاه سورگوم مایکوریزایی بیشتر از گیاهان بدون مایکوریزا است. بر اساس جدول ۶ عملکرد دانه تحت تیمارهای اکوتیپ شاهدانه ۵٪ و تحت تیمار قارچی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد و طبق مقایسه میانگین جدول ۵ تلقیح مایکوریزایی عملکرد دانه را نسبت به عدم تلقیح ۲۶/۸ ٪ افزایش داد. در مطالعات سادات و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شد که قارچ‌های مایکوریزی با بهبود تغذیه و رشد گیاه در شرایط شور باعث افزایش عملکرد گیاه گندم می‌شوند. در بررسی Ileana و همکاران (2007) علت افزایش تحمل به شوری را افزایش موادغذایی معدنی، مخصوصاً فراهمی و جذب بیشتر نیتروژن و فسفر، تغییر در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند افزایش نسبت کربن دی اکسید تبادلی، تعرق، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب می‌دانند.

بر اساس جدول ۷ اکوتیپ اصفهان در شرایط بدون تلقیح با قارچ درصد سدیم بالاتری را نشان داد و به همین نسبت عملکرد دانه کمتری نیز داشت، اما همین اکوتیپ در صورت تلقیح با قارچ مایکوریزا، درصد سدیم کمتر و عملکرد دانه بالاتری نشان داد (عملکرد دانه در شرایط تلقیح ۱۹/۵ ٪ بیشتر از شرایط بدون تلقیح بود). اکوتیپ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

جدول ۶- نتایج تجزیهٔ واریانس صفات وزن خشک کل گیاه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی بوته و عملکرد دانه

عوامل آزمایش	درجه آزادی	وزن خشک کل گیاه (g)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی بوته	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
تکرار	۲	۲۳۱۰/۴۳۰۸۶۷^{ns}	۱۰/۵^{ns}	۴۵/۵۴۱۶^{ns}	۳۷۸۵/۹۴۴۰^{ns}
اکوتیپ شاهدانه(A)	۲	۱۸۰/۳۴۳۲۱۷^{ns}	۱۴/۲۹۱۶^{ns}	۹/۸۷۵^{ns}	۴۶۶۶۷/۸۶۱۶*
تیمار مایکوریزا (B)	۱	۵۱۳۵/۲۳۵۶۰۶*	۵۲۸/۱۲۵**	۱۴۴/۵**	۳۵۶۰۳۱/۶۰۹۱**
A×B	۲	۱۸۸۳/۴۷۷۷۰۶^{ns}	۵/۳۷۵^{ns}	۱۱/۳۷۵^{ns}	۱۳۶۹۹۶/۵۱۹۶**
خطا	۱۰	۹۴۸/۰۶۹۴۱	۴۳/۷۶۶۶۶۷	۱۱/۸۹۱۶۶۶۷	۷۸۸۹/۶۹۳۶
CV%		۲۲	۹/۶	۱۵/۸	۹/۸

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

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش تیمار تلقیح مایکوریزا و اکوتیپ شاهدانه برای صفات درصد سدیم و عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)

اکوتیپ شاهدانه	تیمار قارچی	درصد سدیم	عملکرد دانه
اصفهان	عدم تلقیح	۰/۰۹^{a}	۷۵۶/۷^{c}
	تلقیح	۰/۰۶^{b}	۹۴۰/۵^{b}
شیراز	عدم تلقیح	۰/۰۸^{a}	۹۸۷/۸^{b}
	تلقیح	۰/۰۸^{a}	۱۰۲۸^{ab}
مشهد	عدم تلقیح	۰/۰۸^{a}	۵۵۲/۳d
	تلقیح	۰/۰۸^{a}	۱۱۷۲^{a}
	LSD	۰/۰۱۰۱۳	۱۷۷/۵

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

شیراز در شرایط بدون تلقیح و تلقیح با قارچ درصد سدیم برابری داشت اما تفاوت در عملکرد دانه آن در شرایط تلقیح و بدون تلقیح بدلیل تفاوت در میزان پتاسیم در شرایط تلقیح و بدون تلقیح می‌باشد در واقع اکوتیپ شیراز تلقیح یافته با مایکوریزا با جذب بیشتر پتاسیم و دفع سدیم اثرات مخرب شرایط شوری را کاهش داده و عملکرد دانه افزایش یافته است. (عملکرد دانه در شرایط تلقیح ۳/۹ ٪ بیشتر از شرایط بدون تلقیح بود). اکوتیپ مشهد در شرایط بدون تلقیح و تلقیح با قارچ درصد سدیم برابری داشت اما تفاوت در عملکرد دانه آن در شرایط تلقیح و بدون تلقیح را نمی‌توان ناشی از درصد پتاسیم دانست، چه بسا این اکوتیپ درصد پتاسیم کمتری نسبت به دو اکوتیپ دیگر نشان داد در حالی که در صورت تلقیح با قارچ عملکرد دانه بالاتر و در صورت بدون تلقیح عملکرد دانه پایین‌تر از سایرین نشان داد (عملکرد دانه در شرایط تلقیح ۵۲/۸ ٪ بیشتر از شرایط بدون تلقیح بود) و عکس‌العمل متفاوت این اکوتیپ به شرایط تلقیح و بدون تلقیح با قارچ را باید نشان از تأثیرپذیری بالای این اکوتیپ به شرایط همزیستی با قارچ دانست. در واقع یکی از راه‌کارهای بهبود تحمل گیاه به تنش شوری توسط قارچ‌های مایکوریزی، افزایش میزان پتاسیم و کاهش میزان سدیم شاخساره گیاه است، که در مورد اکوتیپ مشهد این روش صادق نبود و با توجه به وجود تفاوت های ژنتیکی و فیزیولوژیکی بین اکوتیپ‌ها ممکن است قارچ‌های مایکوریزی با روش‌های دیگری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

باعث افزایش تحمل به شوری و در نتیجه افزایش عملکرد دانه این اکوتیپ شده‌اند. با توجه به این‌که اکوتیپ مشهد طول ریشه کلونیزه شده بیشتری داشت، ممکن است علت افزایش عملکرد دانه آن این باشد که قارچ‌های مایکوریزا، رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک نظام گسترده از ریشه برای جذب آب ایجاد می‌کند، بنابراین ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند (جهان و همکاران، ۱۳۸۸).

نتیجه‌گیری:

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد تلقیح با قارچ مایکوریزا رشد و عملکرد گیاه دارویی شاهدانه را در شرایط تنش شوری افزایش می‌دهد و در صورتی که هدف تولید، دانه باشد می‌توان، با به کارگیری قارچ‌های مایکوریزا مقاومت به شوری شاهدانه را افزایش داد و اقدام به کشت آن نمود. انتخاب مناسب‌ترین اکوتیپ شاهدانه برای این شرایط و همچنین با توجه به هدف تولید، اکوتیپ‌های مشهد و اصفهان می‌باشد که تحت تنش شوری با مصرف قارچ‌های مایکوریزا روش‌های متفاوتی از تحمل به شوری را به کار گرفته و عملکرد دانه را افزایش دادند.

پیشنهاد می‌گردد جهت بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی این سه اکوتیپ شاهدانه در تحمل به شوری آزمایشی به صورت کنترل شده و در شرایط آزمایشگاه انجام گیرد.

منابع:

تدین، م. ر. (۱۳۸۸) واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهان به تنش های محیطی. انتشارات دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

جهان، م.، کوچکی، ع.، قربانی، ر.، رجالی، ف.، آریایی، م. و ابراهیمی، ا. (۱۳۸۸) اثر کاربرد کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک، مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷: ۳۹۰-۳۷۵.

سادات، ع.، ثواقبی، غ.، رجالی، ف.، فرحبخش، م.، خاوازی، ک.، و شیرمردی، م. (۱۳۸۹) تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربوسکولار باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴: ۶۲-۵۳.

دادخواه، ع. (۱۳۸۹) مطالعه اثر تنش شوری و نوع نمک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه چهار گیاه دارویی شنبلیله، کنجد، شاهدانه و زنیان، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۶: ۳۶۹ -۳۵۸.

علی احیایی، م. و امامی، ع. (۱۳۷۵) روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲. انتشارات موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۲۸ صفحه.

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

Anwar, F., Latif, S. and Ashraf, M. (2006) Analytical Characterization of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed Oil from Different Agro-ecological Zones of Pakistan. Journal of the American Oil Chemists Society 83: 323-329.

Asghari H. R., Chittleborough D. J., Smith F. A. and Smith S. E. (2005) Influence of arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis on phosphorus leaching through soil cores. Plant and Soil 275:181-193.

Asghari, H. R. (2008) Vesicular-arbuscular (VA) mycorrhizae improve salinity tolerance in pre-inoculation subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) seedlings. International Journal of Plant Production 2: 243-256.

Belew, D., Astatkie, T., Mokashi, M. N., Getachew, Y. and Patil, C. P. (2010) Effects of salinity and mycorrhizal inoculation (*Glomus fasciculatum*) on growth responses of grape rootstocks (*Vitis spp.*). South African Journal for Enology and Viticulture 31: 82-88.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]

soil aggregates of *Lactuca sativa*. Soil Biology and Biochemistry 42:429-434.

Laei, Gh., Khajehzadeh, M. H., Afshari, H., Ebadi, A. Gh. and Abbaspour, H. (2011) Effect of mycorrhiza symbiosis on the NaCl salinity in *Sorghum bicolor*. African Journal of Biotechnology 10: 7796-7804.

Mardukhi, B., Rejali, F., Daei, G., Ardakani, M. R., Malakouti, M. J. and Miransari, M. (2011) Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions. Biological Research journal 334: 564–571.

Phillips, J. M. and Hayman, D. S. (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 157-160.

Selvakumar, G. and Thamizhiniyan, P. (2011) The Effect of the Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungus *Glomus intraradices* on the Growth and Yield of Chilli *(Capsicum annuum L.)* Under Salinity Stress. World Applied Sciences Journal 14: 1209-1214.

Shokri, S. and Maadi, B. (2009) Effect of arbuscular mycorrhizal fungus on the mineral nutrition and yield of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. Journal of Agronomy 8:79-83.

Young, E. M. (2005) Revival of Industrial Hemp: A systematic analysis of the current global industry to determine limitations and identify future potentials within the concept of sustainability. Master's Degree of International Environmental Science Lund University, Sweden.

Blumwald, E., Aharon, G. and Apse, M. (2000) Sodium transport in plant cells. Biochimica et Biophysica Acta 1465: 140-151.

Enteshari Sh., Hajbagheri S. (2011) Effects of mycorrhizal fungi on some physiological characteristics of salt stressed *Ocimum basilicum* L.. Journal of Plant Physiology 1:215 -222.

Enteshari, Sh., Hajbagheri, S. and Razavizadeh, R. (2012) Role of mycorrhizal fungi and salicylic acid in salinity olerance of *Ocimum basilicum* resistance to salinity. African Journal of Biotechnology 11: 2223-2235.

Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany 104: 1263-1280.

Flores-Sanchez, I. J. and Verpoorte, R. (2008) Secondary metabolism in cannabis. Phytochem Rev 7:615–639.

Gharineh, M. H., Nadian, H., Fathi, G., Siadat, A. and Maadi, B. (2009) Role of arbuscular mycorrhizae in development of salt-tolerance of Trifolium alexandrinum plants under salinity stress. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 432-437.

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

Ileana, V., Rodolfo, G. and Mendoza, E. (2007) Arbuscular mycorrhizal fungi and plant symbiosis in a saline-sodic soil. Mycorrihza 17: 167-174.

Kohler, J., Caravaca, F. and Roldan, A. (2010) An AM fungus and a PGPR intensify the adverse effects of salinity on the stability of rhizosphere

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5]