

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

محمود رضا تدین* و مهسا زارعی

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد

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

چکیده:

به منظور بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* بر مقاومت به شوری سه اکو تیپ 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 اکو تیپ 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 مزروعه 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 اکو تیپ‌های مشهد و اصفهان تلقیح یافته با مایکوریزا بود. همچنین اکو تیپ شیراز تلقیح یافته بیشترین درصد پتانسیم اندام هوایی را نشان داد. در واقع میزان سدیم اندام هوایی گیاه در تیمارهای تلقیح یافته کاهش و پتانسیم آن افزایش یافت که علت آن مربوط به حبس یون سدیم در ریشه‌ها و عدم انتقال آن به اندام هوایی گیاه و ذخیره یون پتانسیم در گیاه به جای یون سدیم می‌باشد. که این خود یکی از دلایل بالا رفتمندی تحمل گیاهان تلقیح یافته با مایکوریزا، به شوری است. در این آزمایش اکو تیپ شیراز تلقیح یافته با مایکوریزا متحمل‌ترین اکو تیپ به شوری (از نظر افزایش نسبت پتانسیم به سدیم) شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، شاهدانه، مایکوریزا، همزیستی

مقدمه:

جهان، تقریباً ۷۷ میلیون هکتار آن (۰.۵٪) 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

شوری خاک‌ها مسئله‌ی جدی است که به طور پیوسته و آرام در جهان رو به افزایش است. خاک‌های شور حدود ۰.۷٪ از زمین‌های سطح کره زمین را به خود اختصاص می‌دهند و افزایش شوری زمین‌های زراعی منجر به از دست رفتن ۰.۵٪ از زمین‌های زراعی در نیمه‌ی اول قرن ۲۱ می‌گردد. در حال حاضر از ۱/۵ میلیارد هکتار از زمین‌های کشاورزی سرتاسر

ثبات در ذرات خاک را افزایش دهد (Kohler *et al.*, 2010).

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* گیاهی یکساله و علفی متعلق به خانواده Canabinaceae است. شاهدانه از گیاهان زراعی قدیمی است که در صنایع روغونکشی و نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه دارای خواص دارویی متعددی است. از دانه آن به عنوان نیروپخش، 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 (Leyte-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 باир به فراوانی رشد می‌کند (Anwar *et al.*, 2006).

شاهدانه از جمله دانه‌هایی است که برخلاف 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.

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-Khalil, 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 می‌توانند 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 تنه‌نشینی توسط یون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم و روی دارد، را بهبود می‌بخشد (Belew *et al.*, 2010).

شوری باعث کاهش ثبات ذرات مترکم خاک می‌گردد و این پراکنده‌گی ذرات خاک بدلیل تجمع یون‌های سدیم می‌باشد. همزیستی بین قارچ‌های مایکوریزا و گیاه می‌تواند

مواد و روش‌ها:

دوران رشد به طور یکنواخت انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش 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 اندازه‌گیری 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 بالافاصله 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 فتوومتر مدل Jenway 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 ۱۰% به ریشه‌ها اضافه شده و در دمای اتاق به مدت ۳-۵ روز نگهداری شدند (مدت زمان نگهداری در محلول KOH به قطر ریشه‌ها بستگی داشت). جهت خشی 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

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 اکوئیپ شاهدانه اصفهان، شیراز و مشهد به عنوان فاکتور اول و تیمار کودی قارچ مایکوریزا گونه *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 تهیه 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 ضدغونی 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 ضدغونی 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 شاهروド 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

جدول ۱- مشخصات خاک مزروعه 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

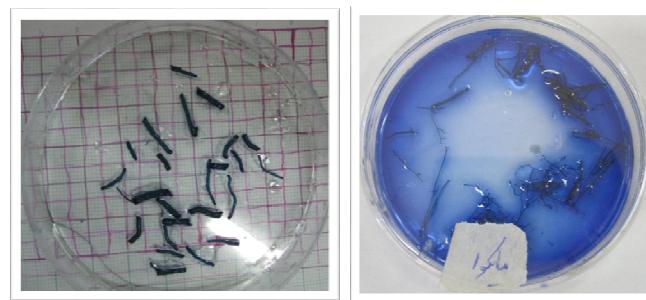
SO ₄ ²⁻ meq.lit ⁻¹	Cl ⁻ meq.lit ⁻¹	Mg ²⁺ meq.lit ⁻¹	Ca ²⁺ meq.lit ⁻¹	K ⁺ meq.lit ⁻¹	Na ⁺ meq.lit ⁻¹	pH	EC μS.cm ⁻¹
۰/۰۶	۶۴/۰۰	۱۹/۶۹	۱۴/۵۰	۹/۰۷	۴۰/۶۰	۸/۲۸	۱۲۲۵۰

نتایج و بحث:

در صد کلونیزاسیون، طول ریشه کلونیزه شده: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می دهد که اثر اکوتیپ شاهدانه بر درصد کلونیزاسیون و طول ریشه کلونیزه شده معنی دار نبوده است، ولی وجود یا عدم وجود قارچ بر درصد کلونیزاسیون و طول ریشه کلونیزه شده در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) مشاهده می شود که درصد کلونیزاسیون در تیمار تلقیح شده ۳۸٪ بیشتر از عدم تلقیح است لیکن، اکوتیپ های شاهدانه برای این صفت با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند. با توجه به شوری خاک و آب مزروعه، چنین داده هایی چندان دور از انتظار نیست، زیرا شوری باعث کاهش درصد کلونیزاسیون، جوانهزنی اسپورها و رشد هیف های قارچی می شود، در واقع افزایش میزان NaCl and رشد قارچ های مایکوریزا را کاهش می دهد (Selvakumar Thamizhiniyan, 2011). به عبارت دیگر، جمعیت قارچ های مایکوریزا به رشد گیاه و تولید مواد غذایی در گیاه میزبان بستگی دارد و هر فاکتوری که بر تولید کربوهیدرات و انتقال آن به ریشه ها موثر باشد، بر میزان تلقیح هم موثر خواهد بود و از آنجایی که شوری رشد و میزان تولید کربوهیدرات را کاهش می دهد، میزان تلقیح مایکوریزایی هم کم خواهد شد (Enteshari and Hajbagheri, 2011) نشان دادند که در چنین شرایطی، درصد کلونیزاسیون ریشه گندم در اثر تلقیح با قارچ های

Phillips و Hayman (1970) (حذف فنل از محلول رنگ) استفاده گردید. در این روش ریشه های رنگبری شده به مدت ۶-۱۲ ساعت در محلول رنگ-آمیزی 0.01% Trypan blue در دمای اتاق نگهداری شدند. ریشه ها پس از خارج کردن از محلول رنگ و شستشو با آب مقطر آماده تعیین میزان کلونیزاسیون بودند. برای نگهداری ریشه ها تا زمان اندازه گیری 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 (1980) استفاده گردید. بر اساس این روش ریشه های رنگ آمیزی شده به قطعات یک سانتی متری تقسیم شده و در سطح یک پتری دیش مشبك پخش گردیدند. سپس با استفاده از میکروسکوپ با بزرگنمایی 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: داده های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در صورت وجود تفاوت معنی دار برهمکنش تیمارها بر صفات میانگین، اثرات متقابل با استفاده از نرم افزار MSTATC مقایسه قرار گرفت. میانگین داده ها با استفاده از آزمون LSD بررسی گردید.



شکل ۱- نحوه رنگ‌آمیزی و تعیین کلونیزاسیون قارچ آربوسکولار مایکوریزا

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات درصد کلونیزاسیون، طول ریشه کلونیزه شده، طول ریشه، درصد سدیم و پتانسیم شاخصاره

عوامل آزمایش	درجه آزادی	درجه ریشه	درصد کلونیزاسیون شده (میلی‌متر)	طول ریشه کلونیزه شده	درصد سدیم	درصد پتانسیم
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}	۰/۰۰۰۰۰۵۹۴ ^{ns}	
تیمار مایکوریزا (B)	۱	۲۱/۴۵۶**	۵۲۱۳/۹**	۰/۳۴۲*	۰/۰۰۰۰۵۸**	
AxB	۲	۱/۴۱ ^{ns}	۱۲/۰۶ ^{ns}	۰/۰۱۴۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۴**	
خطا	۱۰	۱/۳۳۱۸	۲۰/۳۳	۰/۰۵۰۳	۰/۰۰۰۰۳۱	
CV%	۷/۶۵	۷/۶۳	۷/۶۳	۱۸/۳	۷/۶۵	

* 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 پتانسیم، درصد سدیم، عملکرد دانه

منع تغییرات ریشه	درصد کلونیزاسیون (میلی‌متر)	طول ریشه کلونیزه شده	درصد پتانسیم	درصد سدیم
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
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.

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

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).

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

عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	تعداد شاخه‌های جانبی بوته	ارتفاع گیاه (cm)	وزن خشک کل گیاه (g)	منع تغییرات
۸۴۸/۵۶ ^b	۲۲/۱۶۷ ^a	۷۰/۲۵ ^a	۱۳۵/۵۵ ^a	اصفهان
۱۰۰۷/۷۵ ^a	۲۲/۹۱۷ ^a	۶۸/۸۳۳ ^a	۱۴۵/۶۷ ^a	شیراز
۸۶۲/۳۷ ^b	۲۰/۴۱۷ ^a	۶۷/۱۶۷ ^a	۱۳۶/۹۴ ^a	مشهد
۱۱۴/۲۶	۴/۴۳۶۱	۸/۵۱۰	۳۹/۶۱	LSD
۱۰۴۶/۸۷ ^a	۲۳ ^a	۷۴/۱۶۷ ^a	۱۵۶/۲۸ ^a	تلقیح
۷۶۵/۵۹ ^b	۱۹ ^b	۶۳/۳۳۳ ^b	۱۲۲/۴۹ ^b	عدم تلقیح
۹۳/۲۹۷	۳/۶۲۲۱	۶/۹۴۸۸	۳۲/۳۴۱	LSD

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

را داشتند (گیاهان تلقیح یافته ۲۰/۲٪ پتابسیم 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 نیافته داشتند). Mardukhi و همکاران (2011) گزارش کردند قارچ‌های گونه‌ی *G. etunicatum* و *G. mosseae* تلقیح یافته با گندم در شرایط شوری، پتابسیم را به میزان زیاد جذب می‌کنند. تلقیح گیاهان با قارچ‌های مایکوریزا در شرایط تنش شوری، جذب یون‌های پتابسیم را در گیاه افزایش می‌دهد و از انتقال یون سدیم به بافت‌های ساقه جلوگیری می‌کند (Evelin *et al.*, 2007). افزایش جذب یون پتابسیم در گیاهان تلقیح یافته با مایکوریزا، در سطوح شوری بالا ($9/5\text{ dS.m}^{-1}$) نیز گزارش شده است، همچنین پتابسیم نقش مهمی در متابولیسم گیاهان از جمله فعلی شدن برخی از آنزیم‌ها، حرکات روزنامه‌ای و ساخت پروتئین‌ها بازی می‌کند. یون سدیم با یون پتابسیم برای فرایندهای مختلف سلولی رقابت می‌کند و نسبت بالای سدیم به پتابسیم بدلیل تنش شوری می‌تواند، تعادل یونی و مسیرهای متابولیکی متنوعی را تحریب کند. لیکن، تلقیح گیاهان با مایکوریزا می‌تواند اثرات سدیم و پتابسیم را در تنش شوری بهبود بخشد (Evelin *et al.*, 2007).

شیراز و اصفهان کمترین طول ریشه کلونیزه شده را داشتند (جدول ۵). توزیع گونه‌ی خاصی از قارچ‌های مایکوریزا آرسکولار 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 پتابسیم اندام هوایی شاهدانه: تنایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که تیمار تلقیح قارچ مایکوریزایی بر درصد سدیم شاخصاره در سطح احتمال ۱٪ و برای پتابسیم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده است و مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که گیاهان شاهدانه تلقیح یافته بیشترین درصد پتابسیم

رشد و عملکرد گیاه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۶، وزن خشک کل گیاه تحت تیمار قارچ مایکوریزا در سطح احتمال ۰/۵٪، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی بوته در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی دار گردید ولی این صفات تحت تیمارهای اکوتب شاهدانه معنی دار نگردید. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که تلقیح مایکوریزایی شاهدانه باعث افزایش وزن خشک کل گیاه (۰/۲۱/۶٪)، ارتفاع (۰/۱۴/۶٪) و تعداد شاخه‌های جانبی (۰/۲۰/۸٪) نسبت به عدم تلقیح گردید. در مطالعه‌ای تلقیح مایکوریزایی در سطوح شوری ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۱۰ 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 اکوتب شاهدانه ۰/۵٪ و تحت تیمار قارچی در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی دار شد و طبق مقایسه میانگین جدول ۵ تلقیح مایکوریزایی عملکرد دانه را نسبت به عدم تلقیح ۰/۲۶/۸٪ 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 Illeana و همکاران (2007) علت افزایش تحمل به شوری را افزایش موادغذایی معدنی، مخصوصاً فراهمی و جاذب بیشتر نیتروژن و فسفر، تغییر در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند افزایش نسبت کربن دی اکسید تبادلی، تعرق، هدایت روزنگاری و کارایی مصرف آب می‌دانند.

بر اساس جدول ۷ اکوتب اصفهان در شرایط بدون تلقیح با قارچ درصد سدیم بالاتری را نشان داد و به همین نسبت عملکرد دانه کمتری نیز داشت، اما همین اکوتب در صورت تلقیح با قارچ مایکوریزا، درصد سدیم کمتر و عملکرد دانه بالاتری نشان داد (عملکرد دانه در شرایط تلقیح ۰/۱۹/۵٪ بیشتر از شرایط بدون تلقیح بود). اکوتب

در آزمایش حاضر درصد پتاسیم در بوته‌های شاهدانه اکوتب شیراز بیشترین و بعد از آن به ترتیب در اکوتبهای اصفهان و مشهد مشاهده شد در واقع اکوتب شیراز متحمل ترین و مشهد حساس‌ترین اکوتب به شوری شناخته می‌شوند. این تحمل و حساسیت به شوری بر پایه درصد پتاسیم شاخصاره است و افزایش درصد پتاسیم شاخصاره، یکی از راهکارهای تحمل به شوری است و تصمیم‌گیری قاطع برای شناخت متحمل ترین اکوتب به شوری، به هدف تولید بستگی دارد. بر اساس جدول ۵ اکوتبهای شاهدانه تفاوت معنی داری در میزان سدیم اندام هوایی نداشتند، در حالی که همین اکوتب‌ها با اندازه‌گیری درصد پتاسیم تفاوت معنی داری نشان دادند. گزارش شده است که در شرایط تنفس شوری، همزیستی گیاهان با قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا می‌تواند جذب مواد غذایی را برای گیاه افزایش دهد. در مطالعه‌ای بر گندم تحت تنفس شوری (سطح شوری ۰/۶ 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 عکس العمل 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 نگهداشت نسبت پتاسیم به سدیم سیتوسل، خروج سدیم از سلول و تقسیم آن می‌باشد. انتقال دهنده‌های 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 تنفس شوری است (Blumwald et al., 2000).

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

عوامل آزمایش	درجه آزادی	وزن خشک کل گیاه (g)	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی بوته
تکرار	۲	۲۲۱۰/۴۳۰۸۶۷ ^{ns}	۳۷۸۵/۹۴۴۰ ^{ns}	۱۰/۵ ^{ns}	۴۵/۵۴۱۶ ^{ns}
اکوتیپ شاهدانه (A)	۲	۱۸۰/۳۴۳۲۱۷ ^{ns}	۴۶۶۶۷/۸۶۱۶*	۱۴/۲۹۱۶ ^{ns}	۹/۸۷۵ ^{ns}
تیمار مایکوریزا (B)	۱	۵۱۳۵/۲۳۵۶۰۶*	۳۵۶۰۳۱/۶۰۹۱**	۵۲۸/۱۲۵**	۱۴۴/۵**
AxB	۲	۱۸۸۳/۴۷۷۷۰۶ ^{ns}	۱۳۶۹۹۶/۵۱۹۶**	۵/۳۷۵ ^{ns}	۱۱/۳۷۵ ^{ns}
خطا	۱۰	۹۴۸/۰۶۹۴۱	۷۸۸۹/۶۹۳۶	۴۳/۷۶۶۶۶۷	۱۱/۸۹۱۶۶۶۷
CV%	۲۲	۹/۶	۱۵/۸	۹/۸	

* و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns

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

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

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

در حالی که در صورت تلقیح با قارچ عملکرد دانه بالاتر و در صورت بدون تلقیح عملکرد دانه پایین تر از سایرین نشان داد (عملکرد دانه در شرایط تلقیح ۵۲/۸٪ بیشتر از شرایط بدون تلقیح بود) و عکس العمل 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 پتابیم و کاهش میزان سدیم شاخصاره گیاه است، که در مورد اکوتیپ مشهد این روش صادق نبود و با توجه به وجود تفاوت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی بین اکوتیپ‌ها ممکن است قارچ‌های مایکوریزی با روش‌های دیگری

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 پتابیم در شرایط تلقیح و بدون تلقیح می‌باشد در واقع اکوتیپ شیراز تلقیح یافته با مایکوریزا با جذب بیشتر پتابیم و دفع سدیم اثرات مخرب شرایط شوری را کاهش داده و عملکرد دانه افزایش یافته است. (عملکرد دانه در شرایط تلقیح 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 پتابیم دانست، چه بسا این اکوتیپ درصد پتابیم کمتری نسبت به دو اکوتیپ دیگر نشان داد

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 اکوپیپ شاهدانه برای این شرایط و همچنین با توجه به هدف تولید، اکوپیپ‌های مشهد و اصفهان می‌باشد که تحت تنش شوری با مصرف قارچ‌های مایکوریزا روش‌های متغروتی از تحمل به شوری را به کار گرفته و عملکرد دانه را افزایش دادند.

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

باعث افزایش تحمل به شوری و در نتیجه افزایش عملکرد دانه این اکوپیپ شده‌اند. با توجه به این‌که اکوپیپ 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 گستره 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

منابع:

پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۶:

۳۶۹-۳۵۸.

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

Al-Khaili, 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.

تدين، م. ر. (۱۳۸۸) واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهان به تنش‌های 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.

سدات، ع.، ثوابقی، غ.، رجالی، ف.، فرجبخش، م.، خوازی، ک.، و شیرمردی، م. (۱۳۸۹) تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربوسکولار باکتری محرك 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 زینیان، فصلنامه علمی-

- 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. *Mycorrhiza* 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