تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و *G. intraradices*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) تحت تنش شوری

معصومه بیرانوند[۱]، عبدالحسین رضایی‌نژاد[۱*] و سیده زهرا حسینی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا بر رشد، عملکرد و میزان اسانس شمعدانی معطر تحت تنش شوری بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر اساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورها شامل بستر کاشت در چهار سطح (خاک شاهد استریل و غیر استریل، بستر استریل حاوی قارچ *Glomus mosseae* و قارچ *G. intraradices*) و شوری کلرید سدیم در سه سطح (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که بین میانگین ویژگی‌های ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد و سطح برگ، طول و حجم ریشه، وزن تر و خشک برگ، وزن تر ساقه و ریشه، وزن تر و خشک شاخساره، میزان و عملکرد اسانس، محتوای نسبی آب و نشت الکترولیت در سطح احتمال ۵٪ و بین میانگین تعداد گره، قطر ریشه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با افزایش میزان شوری، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و عملکرد اسانس کاهش، و میزان اسانس افزایش یافت. تلقیح با هر دو گونه قارچ میکوریزا با افزایش محتوای نسبی آب و کاهش نشت الکترولیت همراه بود. در شوری ۶۰ میلی‌مولار، قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به‌ترتیب باعث افزایش ۴۱/۹ و ۵۶/۸ درصدی عملکرد اسانس در مقایسه با شاهد، در همان سطح شوری، در بستر استریل شدند. براساس نتایج پژوهش حاضر و با توجه به سازگاری میکوریزا با محیط‌زیست، استفاده از قارچ‌های مذکور به منظور مقاومت در برابر تنش و کاهش آثار شوری برای دستیابی به عملکرد مناسب شمعدانی معطر قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: بستر کاشت استریل، کلرید سدیم، اسانس، عملکرد

مقدمه

شمعدانی معطر (*Pelagonium graveolens* L.) گیاهی چندساله از تیره شمعدانی (Geraniaceae) است. این گیاه هم به‌صورت زینتی و هم دارویی کشت می‌شود (۴). اسانس آن از نظر

۱. گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲. گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا، بهبهان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Rezaeinejad.hossein@gmail.com

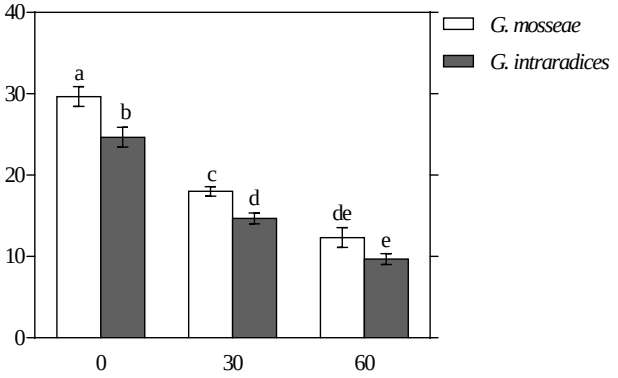
درمانی ضدعفونی‌کننده و تحریک‌کننده سیستم لنفاوی برای درمان زخم‌ها، آبسه‌ها و تب است و دارای فعالیت ضدمیکروبی و ضدقارچی بوده و یک قابض ارزشمند و متوقف کننده خونریزی است که به‌علت پیشبرد و التیام سریع، آن را برای درمان جراحات بسیار مفید می‌دانند (۳۱).

تنش شوری یکی از بزرگترین عوامل محدود کننده رشد و تولید محصول در گیاهان می‌باشد (۴۱). شوری خاک منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. اما شوری بر همه گیاهان و گونه‌های مختلفی از گیاهان که در خاک‌های شور به‌طور طبیعی رشد می‌کنند یکسان اثر نمی‌گذارد (۲۱). ایجاد گیاهان مقاوم به شوری، از طریق مهندسی ژنتیک، یا از بین بردن شوری خاک از طریق شستن نمک اضافی، اگرچه موفقیت‌آمیز بوده است، اما برای مقاصد کشاورزی اقتصادی نمی‌باشد (۱۵). در کنار مهندسی ژنتیک، راه‌های بیولوژیک مثل استفاده از رقم‌های مقاوم و یا استفاده از میکوریزا برای کاهش تنش شوری به‌عنوان راه مفیدی پیشنهاد شده است (۲۰).

قارچ‌های میکوریزا یکی از اجزای مهم جامعه‌ی زیستی خاک هستند، با دیگر ریزجانداران در ریزوسفر اثر متقابل دارند، و یکی از منابع مهم بیولوژیک خاک محسوب می‌شوند (۱۶). در سال‌های اخیر، پژوهش در مورد کاربرد قارچ میکوریزا به‌عنوان افزایش‌دهنده رشد و کیفیت، در گیاهان باغبانی افزایش یافته است (۲۴). تلقیح قارچ میکوریزا با ریشه میخک باعث افزایش مقاومت به تنش شوری در این گیاهان می‌شود (۳۴). یانو ملو و همکاران (۴۳) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش مقاومت به شوری در موز گردید. این افزایش مقاومت با افزایش تعداد برگ و ارتفاع گیاه همراه بود. گیاهان میکوریزای گوجه‌فرنگی، در شرایط شوری، نسبت به گیاهان شاهد، عملکرد بیشتری تولید نمودند (۱). کاربرد قارچ میکوریزا در شرایط تنش شوری باعث افزایش سطح برگ در کاهو گردید و بیشترین کارآیی قارچ میکوریزا در سطوح زیاد شوری حاصل شد (۴۵). ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، زیست‌توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و محتوای اسانس ریحان در شرایط تلقیح با سه گونه میکوریزا بهبود یافت (۱۸). در گیاه دارویی پونه، *G. mosseae* بیشترین تأثیر را بر ارتفاع و عملکرد گیاهان تلقیح شده داشت (۲۵). با وجود این، در مورد کاربرد قارچ میکوریزا روی گیاهان زینتی دارویی تحت تنش شوری و همچنین نقش آن‌ها در رشد این گیاهان گزارش‌های زیادی وجود ندارد. لذا، هدف از این پژوهش، بررسی اثر قارچ‌های میکوریزا *G. mosseae* و *G. intraradices* بر خصوصیات رشدی شمعدانی معطر و نقش آن‌ها در کاهش آثار شوری، برای دستیابی به عملکرد مناسب، بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی گیاه شمعدانی معطر (*Pelagonium graveolens* L.) به‌صورت گلدانی، پس از ریشه‌دار شدن قلمه‌های علفی (هر گلدان حاوی یک عدد قلمه) در سال ۱۳۹۳ در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، با میانگین دمای روزانه گلخانه ۲۸-۲۲ درجه سلسیوس، رطوبت ۶۰-۷۰ درصد و نور ۶۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل، بر اساس طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل بستر کاشت در چهار سطح (شاهد استریل نشده، شاهد استریل شده، مخلوط خاک استریل شده حاوی *G. mosseae* و مخلوط خاک استریل شده حاوی *G. intraradices*) و فاکتور دوم شامل شوری کلرید سدیم در سه سطح (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار) بود. بستر کاشت شاهد مخلوطی از دو قسمت ماسه و یک قسمت خاک زراعی بود. جهت حذف عوامل بیماری‌زا و قارچ‌های بومی، خاک مورد آزمایش با استفاده از دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر به مدت یک ساعت استریل گردید. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی و فیزیکی، خاک شاهد دارای بافت لوم شنی بود. میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۱۴ و ۱۷۵ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی خاک ۱/۷۴ دسی‌زیمنس بر متر و پ-هاش آن ۷/۴ بود. مایه تلقیح قارچی



شکل ۱. مقایسه میانگین میزان همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا (*G. mosseae* و *G. intraradices*) تحت تنش شوری در شمعدانی معطر. نوارهای عمودی نشان‌دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن نیستند

شامل اسپور، ریسه قارچ و قطعات ریشه کلونیزه در بستر شنی (تهیه شده از شرکت زیست‌فناور توران شاهرود) به میزان ۵۰ گرم با خاک اطراف ریشه در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر در هنگام انتقال قلمه‌های ریشه‌دار شده به هر گلدان اضافه شد. در زمان کاشت (اوایل اردیبهشت)، هر گرم مایه تلقیح حاوی ۳۰ اسپور بود که جمعاً ۱۵۰۰ اسپور به خاک اطراف ریشه اضافه شد. بعد از استقرار گیاهان، اعمال تیمارهای شوری شروع و به فاصله هر سه روز یک‌بار انجام گرفت. همچنین، کود کامل (NPK با نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) به میزان ۰/۵ گرم در لیتر، تا ده هفته، همراه آب آبیاری به هر گلدان به میزان یک لیتر به‌صورت هفتگی داده شد. به‌منظور تعیین کلونیزاسیون، ابتدا نمونه‌های ریشه شمعدانی معطر با استفاده از روش میرانصاری و همکاران (۳۳) رنگ آمیزی شد. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها از روش خانام و همکاران (۲۸) استفاده شد. محتوای نسبی آب برگ طبق روش یاماساکی و دیلنبورگ (۴۲) و درصد نشت الکترولیت براساس روش لوتس و همکاران (۳۲) اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت، صفاتی نظیر ارتفاع ساقه اصلی و طول ریشه (توسط خط‌کش)، قطر ساقه اصلی و ریشه (با استفاده از کولیس دیجیتال)، تعداد شاخه‌های جانبی در هر بوته، تعداد برگ در هر بوته، سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf area meter, Delta- T-Scan) و حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرارگیری ریشه در حجم مشخص آب (قانون ارشمیدس) محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک، اندام‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها از هم جدا شدند و بلافاصله وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. بوته‌های برداشت شده در اتاقی با دمای حدود ۲۵ درجه سلسیوس خشک شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس، به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه اسانس‌گیر (Clevenger) میزان اسانس برگ‌های خشک گیاه اندازه‌گیری شد. عملکرد اسانس بر اساس حاصل‌ضرب میزان (درصد) اسانس در عملکرد برگ خشک در بوته محاسبه شد. در نهایت، داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با کمک نرم‌افزارهای آماری Excel، Prism 5 و MSTATC تجزیه و تحلیل گردیده و میانگین‌ها توسط آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این پژوهش، گیاه شمعدانی معطر قادر به همزیستی با قارچ میکوریزا بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، درصد همزیستی در ریشه شمعدانی معطر کاهش یافت؛ به‌طوری که در بیشترین غلظت کلرید سدیم، کمترین درصد همزیستی مشاهده شد. همچنین، در سطح شوری صفر و ۳۰ میلی‌مولار، میزان همزیستی قارچ *G. mosseae* بیشتر از *G. intraradices* بود، ولی در شوری ۶۰ میلی‌مولار، تفاوت معنی‌داری بین همزیستی دو قارچ دیده نشد (شکل ۱).

همچنین، در این پژوهش، به‌منظور بررسی تأثیر استریل کردن بستر از دو بستر شاهد استریل و غیر استریل استفاده شد که براساس نتایج در همه سطوح شوری، محیط استریل و غیر استریل با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر دو گونه قارچ میکوریزا (*G. mosseae* و *G . intraradices*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک شمعدانی معطر تحت تنش شوری

بستر کشت	کلرید سدیم (mM)	ارتفاع ساقه (٪ مقدار اولیه)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخه‌های جانبی	تعداد گره در بوته	تعداد برگ در بوته
شاهد غیراستریل Control -	۰	۳۱۲/۷±۵/۶ab	۵/۱۹±۰/۱۲cde	۲/۰۰±۰/۲ab	۲۴/۵۰±۰/۶b	۸۱/۲۵±۱/۷b
	۳۰	۲۷۷/۲±۹/۵def	۴/۸۹±۰/۱۳def	۱/۵۰±۰/۲bc	۲۲/۵۰±۰/۳cd	۷۲/۵۰±۲/۷cd
	۶۰	۲۶۵/۹±۶/۷ef	۴/۵۹±۰/۱۱fg	۱/۰۰±۰/۲c	۲۱/۵۰±۰/۶d	۵۸/۵۰±۱/۷g
شاهد استریل Control +	۰	۲۹۱/۹±۶/۷bcde	۵/۱۵±۰/۱۴cde	۲/۵۰±۰/۲a	۲۴/۲۵±۰/۳b	۷۳/۵۰±۲/۳cd
	۳۰	۲۸۶/۵±۱۲/۵bcde	۴/۷۵±۰/۱۹efg	۲/۲۵±۰/۳a	۲۵/۲۵±۰/۶b	۶۰±۲/۹fg
	۶۰	۲۵۸/۲±۹/۲f	۴/۲۶±۰/۲۲g	۱/۰۰±۰/۳c	۲۱/۰۰±۰/۶d	۴۳/۵۰±۱/۸h
بستر حاوی گلوموس موزا	۰	۳۲۸/۸±۹/۶a	۵/۹۸±۰/۱۳ab	۲/۵۰±۰/۲a	۲۷/۲۵±۰/۵a	۹۶±۲/۲a
	۳۰	۳۰۵/۱±۳/۶abc	۵/۳۳±۰/۲۴cd	۲/۵۰±۰/۲a	۲۴/۰۰±۰/۴bc	۷۹/۲۵±۲/۱bc
	۶۰	۳۰۳/۸±۶/۷abcd	۵/۱۷±۰/۱۵cde	۲/۰۰±۰/۲ab	۲۲/۵۰±۰/۳cd	۶۶/۵۰±۱/۷ef
بستر حاوی گلوموس	۰	۳۲۰/۸±۱۱/۳a	۶/۱۵±۰/۱۹a	۲/۵۰±۰/۲a	۲۷/۲۵ ± ۰/۵ a	۹۴/۲۵±۲/۷a
	۳۰	۲۹۱/۵±۸/۷bcde	۵/۷۰±۰/۱۸abc	۲/۵۰±۰/۲a	۲۴/۰۰±۰/۴bc	۷۴/۲۵±۲/۳cd
	۶۰	۲۸۳/۳±۵/۹cdef	۵/۵۰±۰/۲۱bc	۲/۲۵±۰/۳a	۲۳/۷۵±۰/۵ bc	۷۱/۵۰±۳/۰de

ادامه جدول ۱

بستر کشت	کلرید سدیم (mM)	سطح برگ (cm^2)	طول ریشه (cm)	قطر ریشه (mm)	حجم ریشه (cm^3)
شاهد غیراستریل Control -	۰	۱۲۸۷±۴۴/۱۸cd	۱۸±۰/۴۰c	۶/۰۹±۰/۱۹cd	۹/۳۳±۰/۶۶bc
	۳۰	۱۰۳۵±۳۷/۵۹ef	۱۶/۷۵±۰/۴۷cd	۵/۱۶±۰/۱۱fg	۸/۵۶±۰/۲۹c
	۶۰	۵۷۱/۴±۳۹/۳۲h	۱۵ ±۰/۴۰e	۴/۷۱±۰/۱۲gh	۶/۶۶±۰/۳۳d
شاهد استریل Control +	۰	۱۲۶۳±۷۱/۶۰cd	۱۶/۷۵±۰/۴۷cd	۵/۵۳±۰/۱۰ef	۹±۰/۵۷bc
	۳۰	۹۲۲/۶±۳۶/۳۷fg	۱۶ ± ۰/۴۰de	۵/۲۰±۰/۱۳fg	۹±۰/۵۷bc
	۶۰	۵۲۴/۵±۳۵/۲۷h	۱۳/۵±۰/۲۸f	۴/۵۷±۰/۱۷h	۶/۶۶±۰/۳۳d
بستر حاوی گلوموس موزا	۰	۱۵۳۳±۷۱/۵۳a	۲۰/۵±۰/۶۴ab	۸/۰۹±۰/۱۵a	۱۲/۹۷±۰/۴۹a
	۳۰	۱۳۳۷±۳۶/۱۸bc	۱۹/۵۰±۰/۶۴b	۶/۸۴±۰/۲۲b	۱۰/۰۳±۰/۵۴bc
	۶۰	۷۹۸/۳±۴۵/۱g	۱۷/۵۰±۰/۶۴cd	۵/۷۸±۰/۱۶cde	۹/۱۶±۰/۶۰bc
بستر حاوی گلوموس اینترارادیس	۰	۱۴۶۷±۷۷/۱۱ab	۲۱/۵۰±۰/۶۴a	۶/۲۷±۰/۲۵c	۱۰/۵۱±۰/۲۴b
	۳۰	۱۱۶۸±۵۳/۲۴de	۲۰/۵۰±۰/۲۸ab	۶/۰۸±۰/۱۳cd	۹/۰۸±۰/۵۹bc
	۶۰	۷۸۷/۶±۵۰/۵۰g	۱۸±۰/۴۰c	۵/۶۸±۰/۲۱def	۹/۰۸±۰/۳۸ bc

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ (برای تعداد گره و قطر ریشه در سطح ۱٪) می‌باشند. هر عدد نشان‌دهنده‌ی میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

ارتفاع ساقه

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که با افزایش شوری، ارتفاع گیاه در کلیه بسترهای کاشت کاهش یافت. کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در تیمار شاهد به ترتیب باعث افزایش ۱۲/۶۴و ۹/۹ درصد ارتفاع ساقه شد و در شوری ۶۰ میلی‌مولار، استفاده از قارچ *G. mosseae* توانست ارتفاع گیاه را در مقایسه با شاهد به میزان ۱۷/۶۶ درصد افزایش دهد (جدول ۱).

قطر ساقه اصلی

نتایج آزمون مقایسه میانگین این ویژگی نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، قطر ساقه به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ کاهش یافت. کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* هر دو باعث افزایش قطر ساقه در همه سطوح شوری شدند؛ ولی اثر قارچ *G. intraradices* نسبت به قارچ *G. mosseae* بیشتر بود. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر قطر ساقه گردید (جدول ۱).

تعداد شاخه جانبی

آزمون مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماری بسترهای کاشت و سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و نتایج نشان داد که با افزایش سطح شوری، تعداد شاخه جانبی در هر دو محیط استریل و غیراستریل کاهش یافت. کاربرد قارچ‌ها در شرایط شوری صفر و ۳۰ میلی‌مولار، از کاهش تعداد شاخه‌های جانبی جلوگیری کرد و در بیشترین سطح شوری باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های جانبی شد (جدول ۱).

تعداد گره

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۱٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، تعداد گره با افزایش شوری کاهش یافت و کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به‌طور مشابهی باعث افزایش تعداد گره شد (جدول ۱).

نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات رشد گیاه شمعدانی معطر داشت؛ به‌طوری که با افزایش میزان شوری، خصوصیات رشدی کاهش یافت. ارتفاع گیاهان تحت تنش شوری کاهش می‌یابد که این کاهش رشد ممکن است به دلیل اثر منفی پتانسیل اسمزی زیاد محلول خاک باشد که جذب آب و عناصر غذایی را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش رشد و ارتفاع می‌شود (۱۱). کاهش ارتفاع در اثر شوری در گیاه آهار نیز گزارش شده است (۱۴). همزیستی با قارچ‌های میکوریزا آربسکولار باعث افزایش ارتفاع و قطر ساقه گردید که نتایج حاصل از این پژوهش، با نتایج موجود در گوجه فرنگی (۳۸) و گندم (۱۰) مطابقت دارد. در به‌کارگیری سویه‌ای از *G. fasciculatum*، قارچ میکوریزا سبب افزایش ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک ریشه گردید که به‌نظر می‌رسد علت آن قابلیت قارچ میکوریزا در جذب فسفر می‌باشد (۱۹). با توجه به نتایج حاصل و همچنین بررسی منابع صورت گرفته می‌توان اظهار نمود که گیاه با وجود میکوریزا در خاک توانسته است عناصر و املاح مورد نیاز خود را به‌مقدار زیاد تهیه کند که این امر افزایش قطر ساقه را در برداشته است (۷).

تعداد و سطح برگ

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، تعداد برگ کاهش یافت. تعداد برگ در بستر استریل شده در همه سطوح شوری به‌طور معنی‌داری کمتر از بستر استریل نشده بود. در تیمار بدون کلرید سدیم، کاربرد قارچ‌ها به‌طور مشابهی باعث افزایش تعداد برگ شد. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر تعداد برگ گردید. بیشترین تعداد برگ در شوری صفر میلی‌مولار و کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* و کمترین تعداد برگ در شوری ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و بستر استریل مشاهده شد (جدول ۲). همچنین، آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که با افزایش سطح شوری، سطح برگ کاهش یافت. استریل کردن بستر کاشت تأثیری در سطح برگ در تمام سطوح شوری ایجاد نکرد. کاربرد قارچ‌ها در بستر کشت باعث افزایش سطح برگ در تمام سطوح شوری گردید، به‌طوری که بیشترین سطح برگ به گیاهان کاشته شده در بستر حاوی قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در سطح شوری صفر میلی‌مولار اختصاص یافت. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر سطح برگ گردید و در سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار تأثیر قارچ *G. mosseae* بیشتر از *G. intraradices* بود (جدول۱).

شوری، تعداد و سطح برگ گیاه را کاهش داد. کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به‌علت کم شدن آماس سلولی بیان نمود (۴۰). در گیاه همیشه‌بهار نیز با افزایش شوری، سطح برگ گیاه کاهش یافت (۲). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که تلقیح میکوریزایی باعث افزایش سطح برگ گیاهان میزبان می‌شود (۳۵). افزایش تعداد و سطح برگ تحت همزیستی با قارچ‌های میکوریزا در ریحان گزارش شده است (۱۷). این نتایج با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. استفاده از میکوریزا به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و تولید سطح برگ بیشتر سبب افزایش ماده خشک گیاه می‌شود. در نتیجه، میکوریزا باعث افزایش فعالیت فتوسنتزی و تثبیت دی اکسید کربن و در نتیجه افزایش بیوماس گیاه می‌شود (۳۷).

ویژگی‌های ریشه

آزمون مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماری بسترهای کاشت و سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ برای طول ریشه و در سطح احتمال ۱٪ برای قطر ریشه معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش سطح شوری، قطر و طول ریشه کاهش یافت. سطح شوری صفر در محیط استریل و غیراستریل با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. اما کاربرد قارچ‌ها در محیط باعث افزایش طول ریشه شد. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر طول ریشه گردید. در تیمار بدون شوری ، استریل کردن بستر کاشت باعث کاهش معنی‌دار در قطر ریشه گردید. اما عکس‌العمل گیاه به شوری در این بسترها مشابه بود. کاربرد قارچ‌ها در محیط باعث افزایش قطر ریشه گردید و تأثیر قارچ *G. mosseae* بیشتر بود، به‌طوری که بیشترین قطر ریشه را قارچ *G. mosseae* در تیمار بدون شوری به‌خود اختصاص داد. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر قطر ریشه گردید، به‌طوری‌که در شوری ٦٠ میلی‌مولار، استفاده از قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب ٢٦/٤٧ و ٢٤/٢٨ درصد افزایش قطر ریشه را ایجاد کرد (جدول ۱). همچنین، آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، حجم ریشه کاهش یافت. کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در سطح شوری صفر به ترتیب باعث افزایش ۴۴/۱۱ و ۱۶/۷۷ درصدی حجم ریشه شدند. همچنین، در شوری ۶۰ میلی‌مولار قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب ۳۷/۵۳ و ۳۶/۳۳ درصد حجم ریشه را افزایش دادند. کاربرد قارچ‌ها به‌طور مشابهی باعث کاهش اثر شوری بر حجم ریشه گردید.

تحت تنش شوری، کاهش رشد ریشه احتمالاً در اثر پتانسیل کم آب در محیط اطراف ریشه و مسمومیت ناشی از تجمع یون‌های سمی می‌باشد. تحت این شرایط، روزنه‌های هوایی بسته می‌شود و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و در نهایت شوری می‌تواند رشد ریشه را متوقف نموده و بدین طریق ظرفیت جذب آب و انتقال آب و عناصر غذایی از خاک به طرف اندام هوایی را کاهش دهد (۸). نتایج برخی از پژوهش‌ها حاکی از اثر مثبت این قارچ بر رشد اندام هوایی، و به‌ویژه اندام‌های زیرزمینی و ریشه، است (۳۰). در بررسی اثر قارچ‌های میکوریزا روی گواوا نشان داده شد که بعد از شش هفته، گیاهان میکوریزایی ریشه بیشتری داشتند (۲۲). قارچ‌های میکوریزا با اثر بر سیستم ریشه از طریق ایجاد هیف و گسترش این سیستم در طول ریشه و اثر بر جذب عناصر و رشد، موجب تحمل شرایط نامساعد محیطی می‌گردند (۳۹).

وزن تر و خشک برگ

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، وزن تر برگ کاهش یافت. استفاده از قارچ‌ها در بستر کاشت باعث شد که وزن تر تمایل به افزایش نشان دهد و در بسترهای حاوی قارچ *G. mosseae* در شوری ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم وزن تر ۱۵/۰۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). همچنین، آزمون مقایسه میانگین ترکیب‌های بستر کاشت و سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با

افزایش شوری، وزن خشک برگ کاهش یافت. کاربرد قارچ‌ها در محیط به‌طور مشابهی باعث افزایش وزن خشک برگ شدند. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر وزن خشک برگ گردید، به‌طوری که در شوری ۳۰ میلی‌مولار، استفاده از قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در بستر کاشت به ترتیب باعث ۳۰/۴۷ و ۴۰/۲۶ درصد افزایش وزن خشک برگ نسبت به همان سطح شوری در حالت شاهد شدند. همچنین، در شوری ۶۰ میلی‌مولار، استفاده از قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در بستر کاشت به ترتیب باعث ۱۲/۴۱ و ۲۴/۹۶ درصد افزایش وزن خشک برگ نسبت به همان سطح شوری در تیمار شاهد شدند (جدول ۲).

وزن تر و خشک ساقه

نتیجه مقایسه میانگین ترکیب‌های بستر کاشت و سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، وزن تر ساقه کاهش یافت. در همه سطوح شوری، استریل کردن بستر کاشت به‌طور معنی‌داری باعث کاهش وزن تر ساقه شد. کاربرد قارچ‌ها در محیط باعث افزایش وزن تر ساقه گردید، به‌طوری که بیشترین وزن تر ساقه را قارچ *G. mosseae* در شوری صفر میلی‌مولار داشت. کاربرد هردو قارچ به‌طور مشابهی باعث کاهش اثر شوری بر وزن تر ساقه گردید (جدول ۲). همچنین، آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۱٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، وزن خشک ساقه کاهش یافت. کاربرد قارچ در محیط باعث افزایش وزن خشک ساقه گردید، به‌طوری که بیشترین وزن خشک ساقه را قارچ *G. mosseae* در شوری صفر میلی‌مولار داشت. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر وزن تر خشک ساقه گردید، به‌طوری که بیشترین وزن تر و خشک ساقه در شوری ۳۰ میلی‌مولار به ترتیب باعث افزایش ۲۰/۱۹ و ۱۲/۳۵ درصد در وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شدند. همچنین، در شوری ۶۰ میلی‌مولار، به ترتیب باعث افزایش ۲۶/۱۷ و ۲۵/۸۹ درصد در وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

وزن تر و خشک ریشه

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، وزن تر ریشه کاهش یافت. کاربرد قارچ‌ها در محیط باعث افزایش وزن تر ریشه گردید، به‌طوری که بیشترین وزن تر ریشه را قارچ *G. mosseae* در شوری صفر میلی‌مولار داشت. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر وزن تر ریشه گردید (جدول ۲). همچنین، آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۱٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، وزن خشک ریشه کاهش یافت. کاربرد قارچ‌ها در محیط باعث افزایش وزن خشک ریشه گردید، به‌طوری که بیشترین وزن خشک ریشه را قارچ *G. mosseae* در شوری صفر میلی‌مولار داشت. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر وزن خشک ریشه گردید (جدول ۲).

براساس نتایج پژوهش حاضر، شوری تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک شاخساره گیاه، میزان و عملکرد اسانس گیاه شمعدانی معطر داشت، به‌طوری که با افزایش میزان شوری، خصوصیات رشدی کاهش یافت. با توجه به این‌که یکی از آثار تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است به‌همین دلیل، پتانسیل آب جهت آماس سلول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه وزن گیاه کم می‌شود. از طرفی، در غلظت‌های زیاد نمک، یون‌های سدیم و کلر باعث مسمومیت گیاه شده و فعالیت فتوسنتزی گیاه را مختل می‌کنند. بدین ترتیب، مواد غذایی لازم برای رشد و نمو سلول‌ها فراهم نشده و رشد به‌کندی صورت می‌گیرد (۲۳). افزایش در وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا، نسبت به گیاهان شاهد فاقد میکوریزا، گزارش شده است (۲۴). گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در محیط شور، به‌دلیل بهبود جذب مواد غذایی، به‌ویژه فسفر، و یا تغییر در فیزیولوژی گیاهان از جمله

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر دو گونه قارچ میکوریزا (*G .mosseae* و *G. intraradices*) بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک شمعدانی معطر تحت تنش شوری

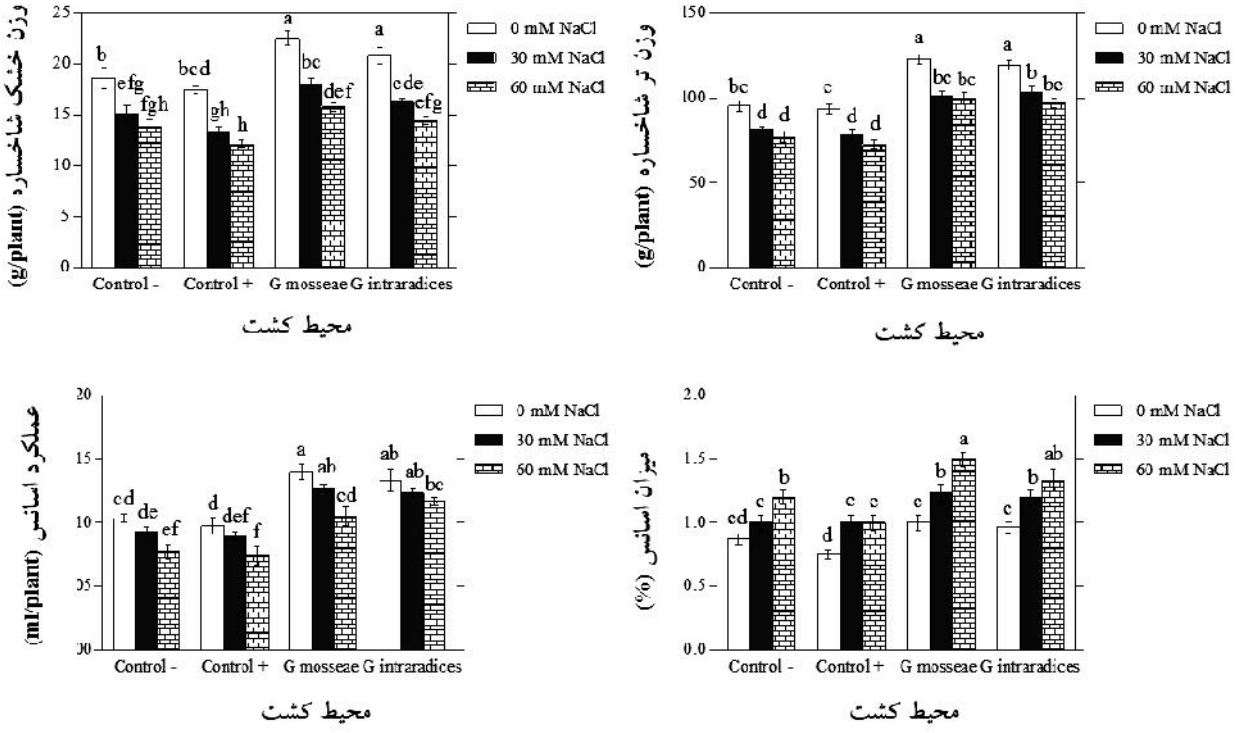
بستر کشت	کلرید سدیم (mM)	وزن تر برگ (g/plant)	وزن خشک برگ (g/plant)	وزن تر ساقه (g/plant)	وزن خشک ساقه (g/plant)
شاهد غیراستریل Control -	۰	۷۲/۷۸±۳/۲۵bc	۱۱/۴۵±۰/۵۹b	۲۶/۵۹±۰/۶۷c	۴/۷۰±۰/۱۶bc
	۳۰	۶۷/۳۴±۲/۴۷bcde	۹/۶۳±۰/۴۹Cd	۲۳/۱۷±۰/۴۸d	۳/۹۶±۰/۱۹de
	۶۰	۶۰/۲۰±۳/۵۵ef	۷/۰۳±۰/۵۵f	۲۰/۶۹±۱/۰۳e	۲/۵۹±۰/۲۱f
شاهد استریل Control +	۰	۷۰/۴۰±۲/۱۶bcd	۹/۷۹±۰/۴۸cd	۲۳/۰۹±۰/۸۸d	۴/۵۶±۰/۱۶bc
	۳۰	۶۴/۴۳±۳/۳۳cdef	۸/۲۷±۰/۴۰de	۱۹/۳۴±۰/۴۳e	۴/۲۱±۰/۲۰cd
	۶۰	۵۷/۵۷±۲/۵۴f	۷/۴۱±۰/۳۳ef	۱۷/۲۳±۰/۴۱f	۳/۶۳±۰/۱۶e
بستر حاوی گلوموس موزا	۰	۹۱/۱۲±۲/۴۷a	۱۴/۲۳±۰/۵۶a	۳۳/۲۵±۰/۸۳a	۶/۱۳±۰/۱۳a
	۳۰	۷۴/۱۳±۲/۲۷b	۱۰/۷۹±۰/۴۳bc	۲۶/۴۲±۰/۵۵c	۵/۰۶±۰/۱۵b
	۶۰	۶۵/۵۵±۱/۴۷cdef	۸/۳۳±۰/۳۶def	۲۳/۷۲±۰/۸۳d	۴/۵۸±۰/۱۳bc
بستر حاوی گلوموس اینترارادیس	۰	۸۸/۵۸±۲/۲۱a	۱۳/۴۰±۰/۴۵a	۲۸/۷۲±۰/۶۷b	۵/۰۹±۰/۱۲b
	۳۰	۷۰/۴۰±۱/۶۸bcd	۱۱/۶۰±۰/۵۴b	۲۵/۹۵±۰/۳۴c	۴/۷۳±۰/۱۴bc
	۶۰	۶۳/۷۴±۲/۲۹def	۹/۲۶±۴۱۰ d	۲۲/۹۰±۰/۵۹d	۴/۵۷±۰/۱۴bc

ادامه جدول ۲

بستر کشت	کلرید سدیم (mM)	وزن تر ریشه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	محتوای نسبی برگ (%)	نشت الکترولیت (٪)
شاهد غیراستریل Control -	۰	۸/۶۸±۰/۲۱c	۰/۸۶±۰/۰۵cd	۸۱/۷۸±۲/۰۵abc	۱۹/۵۸±۰/۸۳de
	۳۰	۷/۴۷±۰/۱۳e	۰/۷۲±۰/۰۷de	۷۶/۴۱±۱/۰۹def	۲۱/۵۳±۰/۲۷c
	۶۰	۵/۶۲±۰/۲۷f	۰/۵۴±۰/۰۵f	۷۱/۷۴±۱/۹۱fg	۲۶/۱۹±۰/۷۵a
شاهد استریل Control +	۰	۸/۴۶±۰/۲۶c	۰/۷۷±۰/۰۴de	۸۰/۵۸±۱/۵۱abcd	۲۰/۸۴±۰/۷۳cd
	۳۰	۷/۶۴±۰/۲۴de	۰/۷۵± ۰/۰۴de	۷۵/۶۸±۱/۵۶def	۲۲/۱۲±۰/۵۰c
	۶۰	۵/۴۴±۰/۲۸f	۰/۶۲±۰/۰۵ef	۶۸/۳۶±۱/۴۸g	۲۷/۵۱±۰/۵۳a
بستر حاوی گلوموس موزا	۰	۱۱/۶۶± ۰/۲۶a	۱/۵۲±۰/۰۵a	۸۵/۲۷±۱/۵۶a	۱۸/۰۱±۰/۵۸ef
	۳۰	۹/۸۲±۰/۱۵b	۱/۰۱±۰/۰۶c	۸۰±۱/۴۶bcd	۱۸/۴۱±۰/۳۹ef
	۶۰	۸/۳۹±۰/۲۰cd	۰/۸۳±۰/۰۷d	۷۴/۳۵±۱/۲۷ef	۲۴/۲۶±۰/۴۵b
بستر حاوی گلوموس اینترارادیس	۰	۱۰/۵۱±۰/۲۰b	۱/۲۱±۰/۰۴b	۸۳/۶۹±۱/۳۷ab	۱۷/۶۹±۰/۳۵f
	۳۰	۸/۷۲±۰/۱۹c	۰/۹۰±۰/۰۴cd	۷۸/۴۶±۱/۹۷cde	۱۹/۲۰±۰/۳۷bef
	۶۰	۸/۱۱±۰/۴۲cde	۰/۸۱±۰/۰۶d	۷۳/۲۹±۱/۸۱efg	۲۱/۲۵±۰/۴۱c

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ (برای وزن خشک ریشه و ساقه در سطح ۱٪) می‌باشند. هر عدد نشان‌دهنده‌ی میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

تغییر در پتانسیل اسمزی گیاهان به تنش شوری تحمل بیشتری را نشان می‌دهند. بر همین اساس در محیط شور وابستگی میکوریزایی گیاهان افزایش می‌یابد. بنابراین، گیاهان تلقیح شده با میکوریزا دارای وزن تر و خشک یا مقاومت بیشتری به شوری زیادتر هستند (۹). در مطالعه‌ای روی همیشه‌بهار، تحت شرایط تنش خشکی، نشان داده شد که تلقیح گیاه با میکوریزا در شرایط اعمال تنش خشکی، افزایش میزان وزن خشک گیاه را در مقایسه با گیاهان بدون تلقیح میکوریزایی به‌دنبال دارد (۱۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین وزن تر و خشک شاخساره و میزان و عملکرد اسانس شمعدانی معطر تحت تأثیر شوری و دو گونه قارچ میکوریزا (*G. mosseae* و *G. intraradices*). نوارهای عمودی نشان دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن نیستند

میزان (درصد) و عملکرد اسانس

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، میزان اسانس افزایش یافت. استفاده از هر دو قارچ باعث افزایش میزان و عملکرد اسانس در همه سطوح شوری شد (شکل ۲).

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که تنش شوری باعث افزایش درصد اسانس گردید. بر اساس نتایج، با افزایش میزان شوری، عملکرد اسانس در گلدان کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین عملکرد اسانس در سطح شوری صفر و کمترین میزان عملکرد اسانس در شوری ۶۰ میلی‌مولار مشاهده گردید. همچنین، کاهش عملکرد اسانس در نتیجهٔ تنش شوری ممکن است ناشی از اثر زیان‌آور تنش بر رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه باشد. به‌عبارت دیگر، با کاهش عملکرد پیکر رویشی گیاه شمعدانی معطر در شرایط شوری، عملکرد اسانس نیز کاهش می‌یابد (۱۳). در آزمایشی روی ریحان مشاهده شد که با افزایش شوری، انباشت اسانس در بافت‌های گیاه افزایش پیدا کرد. همچنین، یک همبستگی مثبت بین سطح تنش شوری اعمال شده روی سلول‌ها و درصد اسانس در بافت‌های گیاهی وجود دارد. افزایش درصد اسانس ممکن است به‌دلیل تغییر در بیوسنتز اسانس تحت تنش شوری و محدود شدن سطح برگ‌ها باشد که می‌تواند دلیل متراکم‌ترشدن غدد ترشحی اسانس در مقایسه با برگ‌های تحت شرایط غیرتنش شوری باشد (۱۳). همچنین، در دو گیاه ریحان و نعناع گزارش شده که زیاد بودن تراکم غده‌های مترشحه اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از تنش شوری، باعث تجمع بیشتر اسانس می‌شود (۵). در پژوهشی روی گشنیز، دو گونه از قارچ میکوریزا استفاده شد.

نتایج آن‌ها بیانگر افزایش عملکرد بیولوژیک و درصد اسانس در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا بود (۲۶). تلقیح با میکوریزا از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین تولید برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه منجر به افزایش درصد اسانس می‌شود (۲۷).

محتوای نسبی آب برگ

نتایج آزمون مقایسه میانگین ترکیب‌های بستر کاشت و سطوح شوری در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کشت، با افزایش شوری، محتوای نسبی آب کاهش یافت. استفاده از قارچ‌ها در بستر کاشت باعث شد که محتوای نسبی آب تمایل به افزایش نشان دهد و در بسترهای حاوی قارچ *G. mosseae* در شوری ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم محتوای نسبی آب افزایش نشان داد (جدول ۲). گونه‌های قارچ میکوریزا توانایی متفاوتی در کاهش اثر تنش شوری به واسطه تغییر در محتوای نسبی آب برگ دارند (۴۴). دلیل افزایش محتوای نسبی آب برگ را در گیاهان میکوریزای می‌توان به نقش هیف‌ها در جذب و هدایت آب به ریشه نسبت داد. بنابراین، گیاهان میکوریزای با جذب بیشتر آب می‌توانند محتوای نسبی آب بیشتری داشته باشند. همچنین، تصور می‌رود افزایش جذب آب در گیاهان میکوریزای به هدایت هیدرولیکی ریشه در شرایط همزیستی نیز مرتبط باشد (۶). قارچ‌های میکوریزا با افزایش محتوای نسبی آب می‌توانند باعث بهبود جذب فسفر از خاک شده، در نهایت نقش مؤثری در افزایش رشد گیاه داشته باشند (۲۹).

نشت الکترولیت

نتایج آزمون مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که در همه بسترهای کاشت، با افزایش شوری، نشت الکترولیت افزایش یافت. کاربرد قارچ‌ها در محیط باعث کاهش نشت الکترولیت گردید، به‌طوری که کمترین نشت الکترولیت در گیاهان کاشته شده در بسترهای حاوی قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در شوری صفر و ۳۰ میلی‌مولار دیده شد. کاربرد قارچ‌ها باعث کاهش اثر شوری بر نشت الکترولیت گردید. اگرچه هر دو قارچ در شرایط شوری باعث کاهش نشت الکترولیت شدند، ولی در تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار قارچ *G. intraradices* باعث کاهش بیشتر میزان نشت الکترولیت در مقایسه با قارچ *G. mosseae* شد (جدول ۲). گزارش شده که شاخص پایداری غشا (که به عنوان نشت الکترولیتی تخمین زده شده) تحت تنش شوری کاهش می‌یابد (۳۶). کاربرد قارچ میکوریزا سبب کاهش نشت الکترولیت در گیاه میزبان نسبت به شاهد گردید که این تغییرات بسته به گونه قارچی، با افزایش سطوح شوری، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (۳).

همبستگی بین ویژگی‌ها

نتایج همبستگی بین ویژگی‌ها (جدول ۳) نشان داد که عملکرد اسانس با بیشتر ویژگی‌های رویشی از جمله ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه، ریشه و شاخساره همبستگی مثبت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت. نشت الکترولیت نیز با بیشتر ویژگی‌های رویشی و همچنین عملکرد اسانس همبستگی منفی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری باعث کاهش ارتفاع و قطر ساقه، تعداد و سطح برگ و وزن تر و خشک گردید. تلقیح با قارچ میکوریزا با افزایش محتوای نسبی آب و کاهش نشت الکترولیت سبب افزایش رشد، عملکرد شاخساره، میزان و عملکرد اسانس شد. در این پژوهش، استفاده از هر دو گونه نسبت به شاهد (بدون میکوریزا) باعث افزایش مقاومت به شوری شد. قارچ‌های میکوریزا به دلیل افزایش مؤثر در جذب آب و مواد غذایی موجب رشد و بهبود عملکرد شمعدانی معطر تحت تنش شوری شدند. براساس نتایج به‌دست آمده، توصیه می‌گردد از قارچ‌های میکوریزای *G. mosseae* و *G. intraradices* جهت کاهش آثار منفی شوری در گیاه شمعدانی معطر استفاده شود.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های مورد بررسی در شمعدانی معطر

ویژگی ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
۱- ارتفاع گیاه	۱																				
۲- قطر ساقه	۰/۸۳**	۱																			
۳- تعداد شاخه جانبی	۰/۷۶**	۰/۸۰**	۱																		
۴- تعداد برگ	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۷۲**	۱																	
۵- سطح برگ	۰/۸۶**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۰/۹۲**	۱																
۶- تعداد گره	۰/۸۴**	۰/۸۱**	۰/۸۰**	۰/۸۴**	۰/۸۴**	۱															
۷- طول ریشه	۰/۸۳**	۰/۹۷**	۰/۸۰**	۰/۹۰**	۰/۸۲**	۰/۷۸**	۱														
۸- قطر ریشه	۰/۸۸**	۰/۸۱**	۰/۷۲**	۰/۸۵**	۰/۸۲**	۰/۷۵**	۰/۸۱**	۱													
۹- حجم ریشه	۰/۹۱**	۰/۸۳**	۰/۷۸**	۰/۸۸**	۰/۸۵**	۰/۸۷**	۰/۸۳**	۰/۹۵**	۱												
۱۰- وزن تر برگ	۰/۸۹**	۰/۸۶**	۰/۶۶*	۰/۹۴**	۰/۹۱**	۰/۸۹**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۸۴**	۱											
۱۱- وزن خشک برگ	۰/۸۶**	۰/۸۹**	۰/۷۱**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۸۶**	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۱										
۱۲- وزن تر ساقه	۰/۹۰**	۰/۸۸**	۰/۶۵*	۰/۹۵**	۰/۸۶**	۰/۷۶**	۰/۸۸**	۰/۹۳**	۰/۸۸**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۱									
۱۳- وزن خشک ساقه	۰/۸۸**	۰/۸۲**	۰/۸۴**	۰/۸۰**	۰/۸۳**	۰/۸۰**	۰/۸۲**	۰/۹۱**	۰/۸۱**	۰/۸۲**	۰/۸۶**	۰/۸۳**	۱								
۱۴- وزن تر ریشه	۰/۹۵**	۰/۹۰**	۰/۸۵**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۸۷**	۰/۹۰**	۰/۹۴**	۰/۹۰**	۰/۹۳**	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۱							
۱۵- وزن خشک ریشه	۰/۸۸**	۰/۸۵**	۰/۶۸*	۰/۸۶**	۰/۸۲**	۰/۸۵**	۰/۸۵**	۰/۹۴**	۰/۸۳**	۰/۹۵**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۹۴**	۱						
۱۶- وزن تر پیکرویشی	۰/۹۰**	۰/۹۶**	۰/۷۹**	۰/۹۰**	۰/۷۹**	۰/۹۶**	۰/۸۱۷**	۰/۸۹**	۰/۹۳**	۰/۹۰**	۰/۸۸**	۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۹۴**	۰/۹۲**	۱					
۱۷- وزن خشک پیکرویشی	۰/۹۲**	۰/۸۳۰**	۰/۶۴۴*	۰/۹۴۵**	۰/۹۱۱**	۰/۸۰۲**	۰/۸۱۷**	۰/۸۸۳**	۰/۸۷۴**	۰/۹۶۲**	۰/۹۱۸**	۰/۹۵۸**	۰/۸۱۲**	۰/۹۱۷**	۰/۹۰۰**	۰/۹۰۰**	۱				
۱۸- میزان اسانس	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۲۰	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۲۷	۱			
۱۹- عملکرد اسانس	۰/۸۴**	۰/۹۶**	۰/۸۱**	۰/۸۷**	۰/۷۹**	۰/۷۷**	۰/۹۶**	۰/۹۰**	۰/۸۴**	۰/۹۶**	۰/۸۸**	۰/۸۹**	۰/۸۹**	۰/۹۴**	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۰/۸۲**	۰/۱۳	۱		
۲۰- محتوای نسبی آب	۰/۹۰**	۰/۷۹**	۰/۷۶**	۰/۹۴**	۰/۹۸**	۰/۸۷**	۰/۷۹**	۰/۸۲**	۰/۹۲**	۰/۸۱**	۰/۹۲**	۰/۸۹**	۰/۸۰**	۰/۹۱**	۰/۸۲**	۰/۸۱**	۰/۹۴**	۰/۱۷	۰/۷۷**	۱	
۲۱- نشت الکترولیت	۰/۸۲**-	۰/۸۵**-	۰/۸۶**-	۰/۹۲**-	۰/۹۵**-	۰/۸۴**-	۰/۸۵**-	۰/۸۰**-	۰/۹۰**-	۰/۸۳**-	۰/۹۱**-	۰/۸۴**-	۰/۸۲**-	۰/۹۰**-	۰/۷۸**-	۰/۹۰**-	۰/۸۲**-	۰/۲۵	۰/۸۶**-	۰/۹۲**-	۱

**، * و ns به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار

منابع مورد استفاده

۱. برین، م.، ن. علی اصغرزاده و ع. صمدی. ۱۳۸۵. اثر قارچ‌های میکوریزا آربسکولار بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی تحت شوری حاصل از NaCl و مخلوط املاح. علوم خاک و آب ۲۰(۱): ۹۴-۱۰۵.

۲. بیات، ح.، س. ح. نعمتی، ع. تهرانی‌فر، ن. وحدتی و ی. سلاح‌ورزی. ۱۳۹۱. تأثیر سالیسیلیک اسید بر رشد و ویژگی‌های زینتی اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida* L.) تحت شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳(۱۱): ۴۳-۵۱.

۳. حبیبی، س.، م. مسکرباشی و م. فرزانه. ۱۳۹۲. تأثیر سه گونه قارچ میکوریزا (*Glomus spp*) بر شاخص‌های فیزیولوژیک گندم در شرایط شور. مجله علمی کشاورزی (تولیدات گیاهی) ۳۷(۳): ۳۷-۵۲.

۴. رضایی‌نژاد، ع. و ک. سپهوند. ۱۳۹۲. مقایسه رشد، عملکرد و میزان اسانس شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) در هوای آزاد و گلخانه در شرایط آب و هوایی خرم‌آباد. هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، صفحات ۳۰۹۲-۳۰۹۵.

۵. فرزانه، ا.، ع. غنی و م. عزیزی ارانی. ۱۳۸۹. تأثیر تنش آبی بر خصوصیات ظاهری، عملکرد و درصد اسانس در گیاه ریحان (رقم کشکنی لولو). مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۱۷(۱): ۱۰۳-۱۱۱.

٦. منافی، ح.، ن. علی اصغرزاد، م. ر. نیشابوری و ف. رجالی، ۱۳۹۱. تحمل تنش کمبود آب در گوجه‌فرنگی در همزیستی با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار. دانش آب و خاک ۲۲(۲): ۱-۱۷.

۷. مهربان، ا.، ق. نورمحمدی، س. وزان، م. ر. اردکانی و ح. حیدری شریف‌آباد. ۱۳۹۱. بررسی نقش میکروارگانیسم‌های میکوریزایی از نوع ویسکولار آربوسکولار (VAM) بر برخی صفات گیاه سورگوم. مجله زارعت و اصلاح نباتات ۸(۲): ۱-۹.

۸. میرمحمدی میبدی، ع. م. و ب. قره‌یاضی. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۷۴ صفحه.

۹. یوسفی‌راد، م.، ق. نورمحمدی، م. ر. اردکانی، ا. مجیدی هروان و س. ج. میرهادی. ۱۳۸۸. تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و محتوای عناصر غذایی جو در سطوح مختلف شوری. مجله دانش نوین کشاورزی ۵(١٦): ۱۰۵-۱۱۴.

10. AL-Karaki, G., B. McMichael and J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14(4): 263-269.
11. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
12. Asrar, A.A. and K.M. Elhindi. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi J. Biol. Sci. 18: 93-98.
13. Bernstein, N., M. Kravchik and N. Dudai. 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Osimum basilicum*) in relation to alteration of morphological development. Ann. Appl. Biol. 156(2): 167-177.
14. Bizhani, Sh., A. Jowkar and M. Abdolmaleki. 2013. Growth and antioxidant response of *Zinnia elegans* under salt stress conditions. Tech. J. Eng. Appl. Sci. 3 (13): 1285-1292.
15. Cantrell, I.C. and R.G. Linderman. 2001. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhiza fungi reduces deleterious effects of soil salinity. Plant Soil 233: 269-281.
16. Chalk, P.M., R. Souza, S. Urquiaga, B.J.R. Alves and R.M. Boddey. 2006. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. Soil Biol. Biochem. 38: 2944-2951.
17. Copetta, A., G. Lingua and G. Bert. 2006a. Effect of three AM fungi on growth, distribution of glandular facilitation of plat phosphate acquisition by arbuscular mycorrhiza from enriched soil patches roots and hyphae exploiting the same soil volume. New Phytol. 133(3): 453-460.
18. Copetta, A., G. Lingua and G. Bert. 2006b. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Gen. vese. Mycorrhiza 16: 485-494.
19. Deepadevi, M., M.J. Basu and K. Santhaguru. 2010. Response of S*orghum bicolor* (L.) Monech to dual inoculation

with *Glomus fasciculatum* and *Herbaspirillum Seropedicae*. Gen. Appl. Plant Physiol. 36(3-4): 176-182.
20. Dixon, R.K., V.K. Garg and M.V. Rao. 1993. Inoculation of *Lecaena* and prosopis seedlings with *Glomus* and *Rhizobium* species in saline soil: Rhizosphere relations and seedlings growth. Arid Soil Res. Rehabil. 7: 133-144.
21. Easton, C.L. and S. Kleindorfer. 2009. Effects of salinity levels and seed mass on germination in Australia species of *Frankenia* L. (Frankeniaceae). Environ. Exp. Bot. 65: 345-352.
22. Estrada-Luna, A.A., J.R. Davies and J.N. Egilla. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. Mycorrhiza 10:1-8.
23. Jabbarzadeh, Z., M. Khosh-Khui and H. Salehi. 2009. The effect of foliar-applied salicylic acid on flowering of African violet. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3(4): 4693-4696.
24. Kafkas, S. and I. Ortas. 2009. Various mycorrhizal fungi enhance dry weights, P and Zn uptake of four Pistacia species. J. Plant Nutr. 32: 146-159.
25. Kaosaad, T., H. Vierheilig, M. Nell, K. Zitterl-Eglseer and J. Novak. 2006. Arbscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp.*, Lamiaceae). Mycorrhiza 16: 443-446.
26. Kapoor, R., B. Giri and K.G. Mukerji. 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. J. Sci. Food Agric. 82: 339-342.
27. Kapoor, R., V. Chaudhary and A.K. Bhatnagar. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.
28. Khanam, D., M.A. U. Mridha and A.R.M. Solaiman. 2006. Comparative study of arbuscular mycorrhizal association with different agricultural crops among four areas of Bangladesh. J. Agric. Sci. 44(2): 147-159.
29. Krishna, H., S.K. Singh and R.R. Sharma. 2005. Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization. Sci. Hort. 106: 554-567.
30. Kungu, J.B. 2008. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on growth performance of *Senna spectabilis*. Pak. J. Bot. 40(5): 2217-2224.
31. Lalli, R.L., S.F. van Vuuren and A.M. Viljoen. 2008. In vitro biological activities of South African Pelargonium species. S. Afr. J. Bot. 74(1): 153-157.
32. Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouharmont. 1996. NaCl-induced senesence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Ann. Bot. 78: 389-398.
33. Miransari, M., H.A. Bahrami, F. Rejali, M.J. Malakouti and H. Torabi. 2007. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea mays* L.) growth. Soil Biol. Biochem. 39: 2014-2026.
34. Navarroa, A., A. Elia, G. Conversab, P. Campia and M. Mastrorilli. 2012. Potted mycorrhizal carnation plants and saline stress: Growth, quality and nutritional plant response. Sci. Hort. 140: 131-139.
35. Rooney, D.C., J.I. Prosser, G.D. Bending, E.M. Baggs, K. Killham and A. Hodge. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal colonisation on the growth and phosphorus nutrition of *Populus euramericana* c.v. Ghoy. Biomass Bioenergy 35: 4605-4612.
36. Shi, Q., Z. Bao, Z. Zhu, Q. Ying and Q. Qian. 2006. Effect of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedling of *Cucumis sativa* L. J. Plant Growth Regul. 48(2): 127-135.
37. Smith, S.E., and D. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition, Academic Press, San Diego, California, USA.
38. Subramanian, K.S., P. Santhanakrishnan and P. Balasubramanian. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Sci. Hort. 107(3): 245- 253.
39. Turk, M.A., T.A. Assaf, K.M. Hameed and A.M. Al-Tawaha. 2006. Significance of mycorrhizae. World J. Agric. Sci. 2(1): 16-20.
40. Volkmar, K.M., H. Hu and H. Stephun. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. Can. J. Plant Sci. 78: 19-27.
41. Wu, X., Z. Zhu, X. Li and D. Zha. 2012. Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters and antioxidative system in seedlings of eggplant (*Solanum melongena* L.) under salinity stress. Acta Physiol. Plant. 34: 2105-2114.
42. Yamasaki, S. and L.R. Dillenburg. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 11(2): 69-75.
43. Yano-Melo, A.M., O.J. Saggin and L. Costa Maia. 2003. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa sp.* cv. Pacovan) plantlets to saline stress. Agric. Ecosys. Environ. 95(1): 343-348.
44. Zou, Y.N. and Q.S. Wu. 2011. Efficiencies of five arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress of trifoliate orange. Int. J. Agric. Biol. 13: 991-995.

45. Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. Plant, Soil Environ. 53: 283-289.