نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۶، شماره ۲، صفحه ۳۴۷-۳۲۹ (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.341416.2691
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.329.100.2.1662.1610

پاسخ گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.) به همزیستی با قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف شوری

شکوفه قیدرلویی[۱]، راحله خادمیان[۲] و سودابه مفاخری[۳*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲- استادیار، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۳*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

پست الکترونیک: mafakheri@ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۸ تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح مایکوریزا بر افزایش مقاومت گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.) به تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) انجام شد. فاکتور اول اکوتیپ در دو سطح (اصفهان و ورامین) فاکتور دوم شوری در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) و فاکتور سوم قارچ مایکوریزا در سه سطح (۰، ۷۵ و ۱۵۰ گرم قارچ) بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تلقیح میکوریزایی کلیه صفات کمّی مورد مطالعه را در تحقیق بهبود داد. به‌طوری که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در شرایط شوری، رشد بهتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشتند. بیشترین وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه از گیاهان اکوتیپ اصفهان، سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس و ۱۵۰ گرم مایکوریزا حاصل گردید. یازده ترکیب در اسانس شوید شناسایی شد. بیشترین درصد لیمونن (۷/۵٪) از گیاهان اکوتیپ ورامین، شوری ۵ دسی زیمنس و ۱۵۰ گرم مایکوریزا استخراج گردید. بیشترین درصد کاروون (۸۶/۳۱٪) در گیاهان تیمار شده با ۱۵۰ گرم مایکوریزا، شوری صفر و اکوتیپ اصفهان بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش، کود زیستی، ماده مؤثره، مایکوریزا.

مقدمه

شوید با اسم علمی *Anethum graveolens* L. گیاهی است یک‌ساله، علفی و معطر از خانواده جعفری (Apiaceae) که از دیرباز در طب سنتی مورد توجه بوده است، به‌طوری که از بذرها و پیکر رویشی آن در درمان ناراحتی‌های معده، سرماخوردگی، نفخ شکم و چربی خون بالا استفاده می‌شود (Arora & Kaur, 2007). تمامی پیکر رویشی گیاه محتوای اسانس است. مهمترین ترکیب های ماده مؤثره پیکر رویشی شوید، د- کاروون و د- فلاندرن و مهمترین ترکیب‌های ماده مؤثره بذر این

گیاه، لیمونن (Limonene) و کاروون (Carvone) است که بیش از ۹۰٪ کل اسانس را تشکیل می‌دهند (Kubeczka, 2002). همزیستی میکوریزایی از وسیع‌ترین روابط همزیستی شناخته شده بین گیاهان و میکروارگانیسم‌ها است که قدمتی بیش از ۴۰۰ میلیون سال دارد. قارچ میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان، بر جنبه های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمایی آن تأثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود. گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می باشند به‌دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می نمایند دارای رشد بهتری خواهند بود ، عملکرد بیشتری خواهند داشت و مقاومت بیشتری در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده از خود نشان می‌دهند (Larrainzar & Wienkoop, 2017). مایکوریزا می‌تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی یا تحمل در گیاه میزبان شود (Abbaspour *et al*., 2012)، هدایت هیدرولیکی آب را در ریشه افزایش دهد و از طریق افزایش طول مؤثر ریشه سبب افزایش جذب عناصر غذایی گردد (Abbaspour *et al*., 2012). مشخص شده است که گیاهان میکوریزایی در شرایط شوری، رشد بهتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده دارند. گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در محیط شور به‌دلیل بهبود جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر و یا تغییر در فیزیولوژی گیاهان در برابر این تنش غیرزیستی تحمل بیشتری نشان می‌دهند (Cherif *et al*., 2015). یکی از سازوکار هایی که احتمالاً در افزایش مقاومت گیاه به شوری توسط میکوریزا مورد توجه قرار می‌گیرد، تحریک سنتز مواد اسمتیک به‌وسیله این میکروارگانیسم است. در چندین مطالعه مشخص شده است که این قارچ‌ها روی ترکیب اسیدهای آمینه و کربوهیدرات های گیاه میزبان رشد کرده در شرایط شوری تأثیر می گذارند (Ruiz-Lozano & Azcon, 2000). به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق تأثیر بر جذب مناسب عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب فاکتورهای رشدی توسط گیاه، موجب افزایش کمّیت و کیفیت محصول گیاهان دارویی می‌گردد (Rydlova *et al*., 2016). تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش های شوری و خشکی از عمده‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در اغلب نقاط ایران می‌باشد. شوری یکی از محدودکننده ترین عامل رشد گیاهان است، زیرا به‌طور پیچیده‌ای به جذب آب و غذا توسط گیاه وابسته است. آنچه که اهمیت این تنش را بیش از سایر تنش‌های محیطی مشخص می‌کند، دائمی بودن اثرهای تنش شوری می باشد. به نظر می رسد بر خلاف دیگر تنش های محیطی که گیاه در بخشی از دوره رشد خود با آن مواجه می‌شود، تنش شوری کل دوره رشد یک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Faraji Arman, 2011). بنابراین مطالعه انواع تنش‌های محیطی و تأثیر آنها بر رشد و نمو گیاهان و بررسی نوع واکنش و مقاومت گیاه در مقابل عوامل تنش‌زا، امری ضروری به نظر می رسد. نتایج حاصل از این بررسی ها در تعیین روش‌های اصولی کاشت و انتخاب گیاهان مقاوم، برای کشت موفق در مناطق خشک و شور کشور بسیار مفید خواهد بود. با توجه به اهمیت دارویی شوید و مصرف زیاد آن در صنایع غذایی و دارویی، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کاربرد مایکوریزا و سطوح مختلف شوری بر کمّیت و کیفیت برخی صفات در دو اکوتیپ این گیاه دارویی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح مایکوریزا بر بهبود تحمل گیاه دارویی شوید به تنش شوری، این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین (ره) انجام شد. بافت خاک استفاده شده از نوع لومی شنی با هدایت الکتریکی ۱/۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. بذرهای مورد استفاده در این آزمایش از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. مشخصات بذرهای استفاده شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات بذرهای استفاده شده در آزمایش

نام بذر	اکوتیپ	قوه نامیه	خلوص	ارتفاع منطقه از سطح دریا	منطقه تولید
A_1	اصفهان	٪۸۰	٪۹۵	۱۶۱۲ متر	استان اصفهان- براآن شمالی
A_2	ورامین	٪۸۵	٪۹۶	۱۶۸۰ متر	استان تهران-ورامین

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۸ تیمار بود. فاکتور اول اکوتیپ (A) در دو سطح (اصفهان و ورامین)، فاکتور دوم شوری (B) در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) (Saberali & Moradi, 2019) و فاکتور سوم قارچ مایکوریزا (C) در سه سطح (۰، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ که برابر ۰، ۷۵ و ۱۵۰ گرم قارچ) مطابق با پیشنهاد شرکت تولیدکننده بود. مشخصات تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات تیمارهای اعمال شده در آزمایش

تیمار	کد تیمار	نوع تیمار		
		رقم (A)	شوری (B)	قارچ (C)
۱	$A_1b_1c_1$	۱	۰	۰
۲	$A_1b_1c_2$	۱	۰	٪۵۰
۳	$A_1b_1c_3$	۱	۰	٪۱۰۰
۴	$A_1b_2c_1$	۱	۵	۰
۵	$A_1b_2c_2$	۱	۵	٪۵۰
۶	$A_1b_2c_3$	۱	۵	٪۱۰۰
۷	$A_1b_3c_1$	۱	۱۰	۰
۸	$A_1b_3c_2$	۱	۱۰	٪۵۰
۹	$A_1b_3c_3$	۱	۱۰	٪۱۰۰
۱۰	$A_2b_1c_1$	۲	۰	۰
۱۱	$A_2b_1c_2$	۲	۰	٪۵۰
۱۲	$A_2b_1c_3$	۲	۰	٪۱۰۰
۱۳	$A_2b_2c_1$	۲	۵	۰
۱۴	$A_2b_2c_2$	۲	۵	٪۵۰
۱۵	$A_2b_2c_3$	۲	۵	٪۱۰۰
۱۶	$A_2b_3c_1$	۲	۱۰	۰
۱۷	$A_2b_3c_2$	۲	۱۰	٪۵۰
۱۸	$A_2b_3c_3$	۲	۱۰	٪۱۰۰

در این آزمایش از قارچ مایکوریزا با نام علمی *Arbuscular mycorrhiza* استفاده شد. قارچ مذکور از مرکز تحقیقات شرکت زیست‌فناور پیشتاز واریان (دانش بنیان) تهیه گردید. به‌منظور اعمال صحیح سطوح تلقیح قارچ مایکوریزا، به‌ترتیب ۰، ۷۵ و ۱۵۰ گرم از کود حاوی قارچ مایکوریزا، توزین و با توجه به نوع تیمار، با خاک گلدان مخلوط گردید. برای تهیه محلول‌های شوری، از NaCl خالص به صورت محلول در یک لیتر آب استفاده شد. از گلدان‌های پلاستیکی ۸ کیلویی با قطر دهانه ۲۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر استفاده گردید. بذرها به‌صورت ردیفی در سطح گلدان‌ها کشت شدند و بعد آبیاری انجام شد. در مرحله ظهور سه برگ اصلی تنک کردن انجام گردید و در هر گلدان ۶ بوته سالم و یکسان نگهداری و سایر گیاهان حذف شدند و تا زمان اعمال تیمارهای شوری (مرحله ظهور ۴ برگ اصلی)، مراقبت‌های زراعی مورد نیاز به‌صورت یکسان برای همه گلدان‌ها انجام شد. در مرحله شروع رشد رویشی گیاهان، مقدار EC خاک اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که تعدادی گلدان به‌صورت تصادفی انتخاب و از عمق ۵ سانتی‌متری خاک (محدوده عمق ریشه) نمونه‌برداری انجام گردید و با دستگاه EC متر EC نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در این مرحله مقدار EC، ۱/۱۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد. برای تهیه محلول تیمارهای شوری، مقدار آب اشباع گلدان‌ها اندازه‌گیری شد و مقدار نمک محلول در یک لیتر آب با استفاده از رابطه شماره ۱ محاسبه گردید (Hanson *et al.*, 2006).

رابطه شماره ۱

مقدار نمک (میلی‌گرم در یک لیتر) = EC × 640

هدایت الکتریکی آب =EC

عدد ثابت =640

در مرحله گلدهی کامل، فاکتورهایی مانند ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در هر چتر، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و شاخص سطح برگ اندازه گیری شد. سه بوته در هر گلدان تا مرحله رسیدن دانه نگهداری شدند و بعد مقدار دانه در چتر، مقدار دانه در بوته، وزن هزاردانه و درصد اسانس دانه اندازه گیری شد. شاخص سطح برگ با دستگاه اندازه گیری سطح برگ Win AREA-UT-10 ساخت کشور ایران اندازه گیری شد. از هر تکرار آزمایشی، یک نمونه ۸ گرمی از دانه‌های شوید به روش تقطیر با آب، با دستگاه کلونجر و به‌مدت ۲ ساعت اسانس‌گیری شد. اسانس بدست‌آمده با سولفات سدیم خشک رطوبت‌زدایی گردید، سپس درصد اسانس محاسبه شد. برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیب‌های موجود در آن، نمونه ها به آزمایشگاه شیمی گیاهی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انتقال داده شد. برای تجزیه اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. طیف‌های بدست‌آمده با مقایسه طیف‌های جرمی ترکیب های استاندارد شناسایی شدند. درصد نسبی هر یک از ترکیب‌ها هم با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل بدست آمد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های بدست‌آمده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excell استفاده شد. مقایسه میانگین های بدست‌آمده با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

طبق آمار توصیفی انجام شده حداکثر و حداقل وزن خشک بوته ۱/۴۵ و ۰/۴ گرم بود که به‌ترتیب از تیمارهای $a_1b_2c_3$ (رقم اصفهان، سطح شوری ۵ دسی زیمنس و قارچ ۱۰۰٪) و $a_2b_3c_1$ (رقم ورامین، سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس و بدون قارچ) بدست آمد.

در صفت ارتفاع بوته حداقل و حداکثر مقادیر ۳۸/۵ و ۶۶/۵ سانتی متر بود که به‌ترتیب در تیمارهای $a_2b_2c_1$ (رقم ورامین، سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس و بدون قارچ) و $a_1b_2c_3$ (رقم اصفهان، سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس و قارچ ۱۰۰٪) مشاهده شد. بیشترین و کمترین تعداد بذر در بوته به ترتیب ۶۶۳ و ۱۷۸ عدد بود که از گیاهان تحت تیمار $a_2b_1c_3$ (رقم ورامین، بدون شوری و قارچ ۱۰۰٪) و $a_2b_2c_2$ (رقم ورامین، سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس و قارچ ۵۰٪) حاصل گردید. همچنین صفت وزن هزاردانه به‌طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه از گیاهان با تیمار $a_1b_2c_3$ (رقم اصفهان، سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس و قارچ ۱۰۰٪) به مقدار ۱/۷۳ گرم و کمترین مقدار این صفت از گیاهان تحت تیمار $a_2b_3c_1$ (رقم ورامین، سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس و بدون قارچ) و به مقدار ۱/۴۰ گرم بدست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- شاخص‌های آمار توصیفی برای صفات اندازه‌گیری شده در گیاه شوید

صفات	شماره	حداقل	حداکثر	مجموع	میانگین
	آماره*	آماره**	آماره**	آماره	آماره
ارتفاع بوته	۵۴	۳۸/۵۰	۶۶/۵۰	۲۶۸۹/۷۰	۴۹/۸۰
تعداد چتر	۵۴	۱/۰۰	۴/۰۰	۱۴۹/۰۰	۲/۷۵
وزن تر بوته	۵۴	۲/۱۸	۷/۲۷	۲۱۰/۵۰	۳/۸۹
تعداد چترک	۵۴	۸/۰۰	۱۹/۰۰	۶۱۸/۹۱	۱۱/۴۶
تعداد دانه در بوته	۵۴	۱۷۸/۰۰	۶۶۳/۰۰	۱۹۱۵۱/۰۰	۳۵۴/۶۴
سطح برگ	۵۴	۱۰۵۵/۷۲	۳۶۵۱/۶۷	۱۰۸۲۰۷/۸۶	۲۰۰۳/۸۴
وزن خشک بوته	۵۴	۰/۴۰	۱/۴۵	۳۸/۶۴	۰/۷۱
تعداد دانه در چتر	۵۴	۸۰/۳۳	۲۴۵/۰۰	۸۳۵۰/۱۸	۱۵۴/۶۳
وزن هزاردانه	۵۴	۱/۴۰	۱/۷۳	۸۴/۴۹	۱/۵۶

*: تعداد گیاه ارزیابی شده برای هر صفت، **: حداقل و حداکثر مقدار هر صفت

ارتفاع بوته

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر شوری، میکوریزا و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، ولی اثر اکوتیپ معنی‌دار نشد. یعنی بین اکوتیپ اصفهان و ورامین از لحاظ ارتفاع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). شوری سبب کاهش ارتفاع بوته شد، به‌طوری که شوری ۱۰ دسی‌زیمنس در سطح صفر کود میکوریزا باعث کاهش ارتفاع بوته تا ۴۴ سانتی‌متری شد. همچنین تلقیح میکوریزایی سبب افزایش ارتفاع بوته گردید. در شرایط بدون تنش، تلقیح میکوریزایی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به گیاه تلقیح نشده شد. به‌طوری که بیشترین میزان ارتفاع بوته در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا در شرایط بدون تنش که برابر ۶۴/۱ سانتی‌متر بود بدست آمد (شکل ۱).

وزن تر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان از معنی داری اثر اصلی شوری و میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ بر وزن تر بوته داشت. همچنین بین دو اکوتیپ اصفهان و ورامین از نظر وزن بوته اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۵). سطوح شوری به‌طور معنی داری سبب کاهش وزن تر بوته شد. به‌طوری که وزن تر بوته از ۴/۸ گرم در شرایط عدم تنش شوری به ۲/۹ گرم در شوری ۱۰ دسی زیمنس کاهش پیدا کرد (شکل ۲). همچنین تلقیح میکوریزا سبب افزایش وزن تر بوته به‌طور معنی داری شد. به‌طوری که بیشترین میزان وزن تر بوته در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا در شرایط بدون تنش برابر ۴/۶ گرم و کمترین میزان آن در عدم تلقیح برابر ۳/۳ گرم بدست آمد (شکل ۳).

وزن خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی شوری و میکوریزا در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵٪ بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود. همچنین بین دو اکوتیپ اصفهان و ورامین از نظر وزن بوته اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). سطوح شوری به‌طور معنی داری سبب کاهش وزن بوته شد. به‌طوری که وزن خشک بوته از ۱/۱۴ گرم در شرایط عدم تنش شوری به ۰/۴۳ گرم در شوری ۱۰ دسی زیمنس کاهش پیدا کرد. همچنین تلقیح میکوریزا سبب افزایش وزن خشک بوته به‌طور معنی‌داری شد. در شرایط بدون تنش، تلقیح میکوریزایی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک بوته نسبت به گیاه تلقیح نشده گردید، به‌طوری که بیشترین میزان وزن خشک بوته در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا در شرایط بدون تنش که برابر ۱/۱۴ گرم بود، بدست آمد (شکل ۴).

تعداد چتر

نتایج تجزیه واریانس نشان از معنی‌داری اثر اصلی شوری در سطح احتمال ۱٪ داشت. ولی بین سطوح مختلف کود مایکوریزا و دو اکوتیپ اصفهان و ورامین از نظر تعداد چتر اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). سطوح شوری به‌طور معنی داری سبب کاهش تعداد چتر شد، به طوری که بین سطوح شوری ۵ دسی‌زیمنس و شاهد از لحاظ تعداد چتر اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس کاهش چشمگیری نشان داد، به‌نحوی که تعداد چتر در بوته به مقدار ۲/۱ کاهش پیدا کرد (شکل ۵).

تعداد چترک

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی شوری، میکوریزا و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر روی تعداد چترک معنی‌دار بود. ولی اثر اکوتیپ معنی‌دار نشد، یعنی بین اکوتیپ اصفهان و ورامین از لحاظ تعداد چترک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). شوری سبب کاهش تعداد چترک شد. به‌طوری که کمترین میزان چترک در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس و صفر درصد کود میکوریزا که برابر ۸/۶ بود بدست آمد. همچنین تلقیح میکوریزایی سبب افزایش تعداد چتر شد. به‌طوری که بیشترین میزان تعداد چتر در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا در شرایط بدون تنش برابر ۱۵/۴ بدست آمد (شکل ۶).

تعداد بذر در چتر

نتایج تجزیه واریانس نشان از معنی دار بودن اثر اصلی شوری و میکوریزا بر تعداد دانه در چتر در سطح احتمال ۱٪ داشت. ولی بین دو اکوتیپ اصفهان و ورامین از نظر تعداد دانه در چتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). سطوح شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد دانه در چتر شد، به‌طوری که بیشترین میزان دانه در چتر در شرایط عدم تنش شوری (۱۸۴/۸) و کمترین میزان آن در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس که برابر

۱۲۶/۶ بود دیده شد (شکل ۷). همچنین تلقیح کود میکوریزا سبب افزایش تعداد دانه در چتر به‌طور معنی داری شد. به‌نحوی که بیشترین تعداد دانه در چتر در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا (۱۸۵/۲) بدست آمد (شکل ۸).

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان از معنی‌دار بودن اثر اصلی شوری و میکوریزا بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱٪ داشت. ولی بین دو اکوتیپ اصفهان و ورامین از نظر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). سطوح شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد دانه در بوته شد. به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در بوته در شرایط عدم تنش شوری (۵۳۲ عدد) و کمترین تعداد آن در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس برابر ۳۴۶ عدد بود (شکل ۹). همچنین تلقیح کود میکوریزا سبب افزایش تعداد دانه در بوته به‌طور معنی داری شد. به‌نحوی که بیشترین میزان تعداد دانه در بوته در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا (۵۲۹ عدد) بدست آمد (شکل ۱۰).

سطح برگ

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی شوری، میکوریزا و اثر متقابل شوری در مایکوریزا و شوری در اکوتیپ در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سه‌گانه شوری در مایکوریزا در اکوتیپ در سطح احتمال ۵٪ بر میزان سطح برگ معنی دار بود. ولی اثر اکوتیپ معنی دار نشد، یعنی بین اکوتیپ اصفهان و ورامین از لحاظ سطح برگ اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). براساس مقایسه میانگین انجام شده بیشترین میزان سطح برگ در عدم تنش شوری و تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا در اکوتیپ اصفهان (۳۳۵۰/۱) بدست آمد و کمترین میزان سطح برگ در تنش شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس و بدون تلقیح کود مایکوریزا در اکوتیپ اصفهان و ورامین بدست آمد، به‌طوری که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۱۱).

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس نشان از معنی‌دار بودن اثر اصلی شوری و میکوریزا بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱٪ داشت. ولی بین دو اکوتیپ اصفهان و ورامین از نظر تعداد بذر در بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین اثر متقابل شوری در اکوتیپ در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۴). سطوح شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن هزاردانه شد. به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه در شرایط عدم تنش شوری (۱/۶۴ گرم) و کمترین میزان آن در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس که برابر ۱/۴۸ گرم بود بدست آمد (شکل ۱۲). همچنین تلقیح کود میکوریزا سبب افزایش وزن هزاردانه به‌طور معنی داری شد. به‌نحوی که بیشترین میزان وزن هزاردانه در تلقیح ۱۰۰٪ کود مایکوریزا (۱/۶۱ گرم) بدست آمد (شکل ۱۳). همچنین اثرهای متقابل تنش در اکوتیپ که روند تغییر میزان وزن هزاردانه را در سطوح مختلف تنش در هر دو اکوتیپ نشان داده مشخص‌کننده تغییر وزن هزاردانه در سطوح مختلف تنش در هر دو اکوتیپ است (شکل ۱۴).

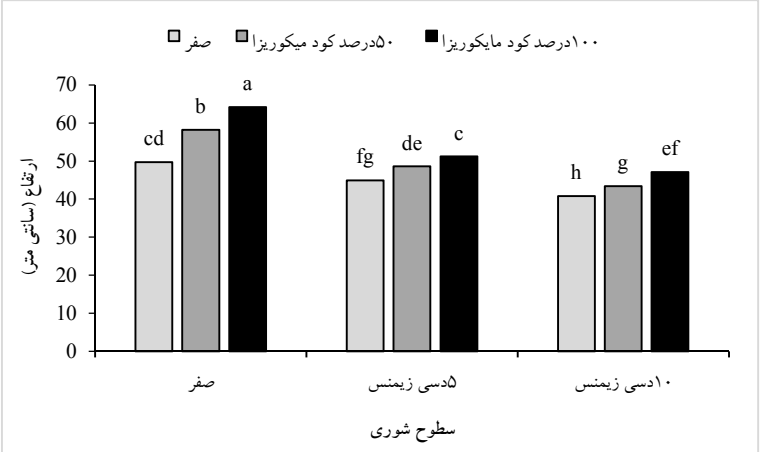
ترکیب‌های اسانس

طبق جدول ۵، یازده ترکیب در اسانس شوید شناسایی شد که مهمترین آنها لیمونن، ترنس-دی‌هیدرو کاروون (Trans-dihydro carvone)، کاروون و دیل اپیول (Dill apiole) بودند.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر شوری و مایکوریزا بر ویژگی‌های دو اکوتیپ شوید

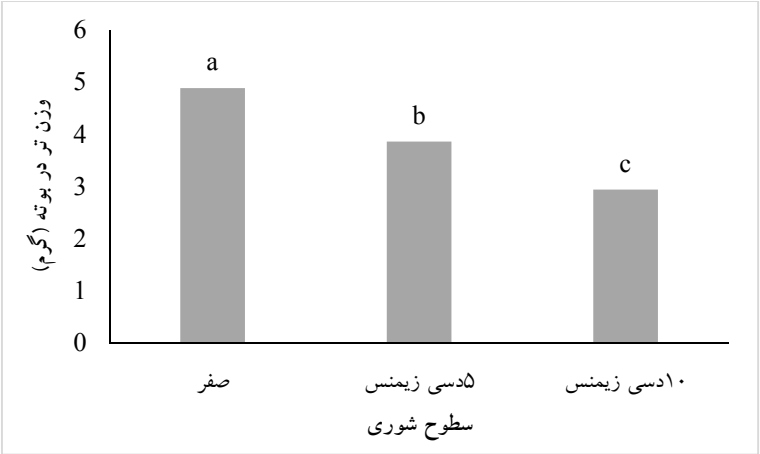
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع	وزن تر	وزن خشک	تعداد چتر	تعداد چترک	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در بوته	سطح برگ	وزن هزاردانه
بلوک	۲	۴/۴۲ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۱۲ ns	۳/۴۶ ns	۱۰۵/۸ ns	۵۷۹۲/۴*	۲۰۲۸۹/۸ ns	۰/۰۰۰۹۱۹ ns
شوری	۲	۸۶۶/۹**	۱۷/۱۰**	۰/۶۳۳**	۵/۶۸**	۲۲/۳**	۱۵۳۳۸/۸**	۱۵۵۷۷۸/۷**	۲۳۰۴۳۷۱/۴**	۰/۱۱۸۴۳**
اکوتیپ	۱	۰/۳۴ ns	۰/۲۵ ns	۰/۰۰۱۶ ns	۰/۱۶۷ ns	۰/۹۵ ns	۱۴۰/۹ ns	۰/۹۷ ns	۶۹۸۳/۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns
کود مایکوریزا	۲	۳۴۶/۳**	۸/۸۸**	۰/۳۴۵**	۰/۹۰۷ ns	۴۵/۴**	۱۷۷۲۰/۵**	۱۲۸۳۵۱/۲**	۵۶۹۳۶۰۱/۲**	۰/۰۳۹۱۶۹**
شوری × اکوتیپ	۲	۵/۳۴ ns	۰/۲۰ ns	۰/۰۰۱۴ ns	۰/۱۶۶ ns	۲/۸۷ ns	۷۲/۶ ns	۲۰۴۶/۴ ns	۳۸۵۷۱۰/۳**	۰/۰۰۱۶۵۲*
شوری × کود مایکوریزا	۴	۳۴/۸۳**	۰/۴۷ ns	۰/۰۲۹*	۰/۱۲۹ ns	۱۰/۹**	۲۳۳/۵ ns	۱۱۳۲/۵ ns	۳۵۳۶۹۴/۳**	۰/۰۰۱۰۴۱ ns
اکوتیپ× کود مایکوریزا	۲	۴/۵ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۵ ns	۱/۷۵ ns	۳۵ ns	۱۲۶۶/۲ ns	۲۶۵۲۷/۳ ns	۰/۰۰۰۰۶۹ ns
شوری × اکوتیپ× کود مایکوریزا	۴	۱/۰۳ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۰۷ ns	۰/۱۶۷ ns	۲/۹۹ ns	۲۵ ns	۴۷۱/۵ ns	۶۳۴۱۵/۱*	۰/۰۰۰۰۸۵ ns
خطا	۳۴	۴/۲	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۴۶	۱/۶۸	۱۴۴/۶	۱۵۰۷/۱	۲۳۴۰۱/۶	۰/۰۰۰۴۹
ضریب تغییرات (٪)		۴/۱۲	۱۱/۰۳	۱۳/۹	۲۴/۶	۱۱/۳	۷/۷	۸/۷۵	۷/۷۳	۱/۴۱

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌داری



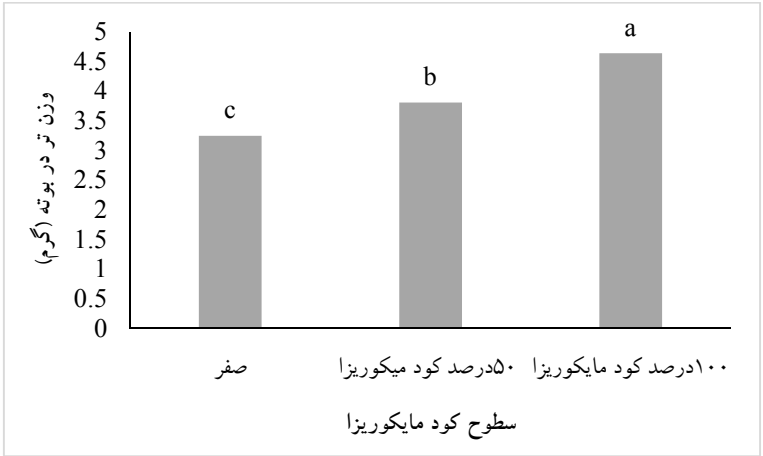
شکل ۱- مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل شوری در کود مایکوریزا بر ارتفاع بوته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



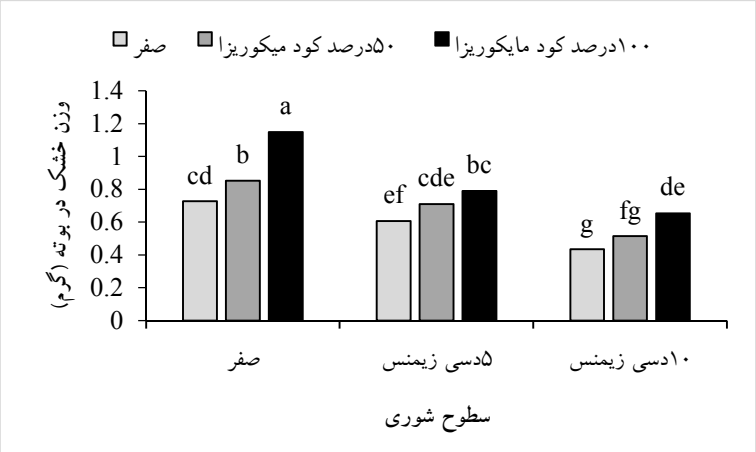
شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری بر وزن تر بوته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.



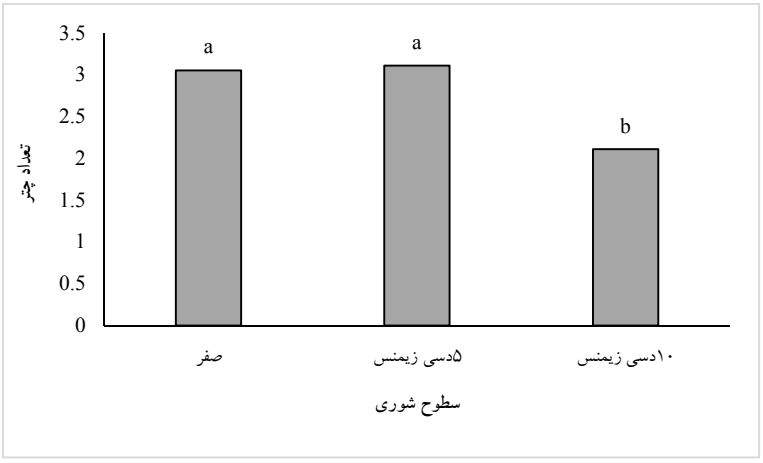
شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود مایکوریزا بر وزن تر بوته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



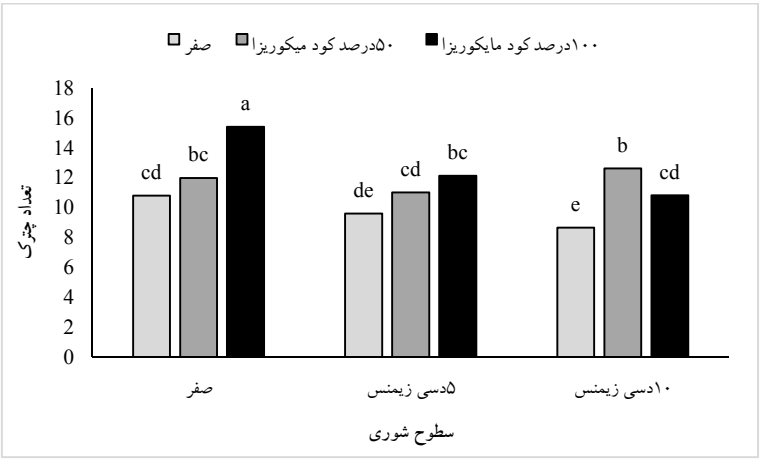
شکل ۴- مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل شوری در کود مایکوریزا بر وزن خشک بوته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



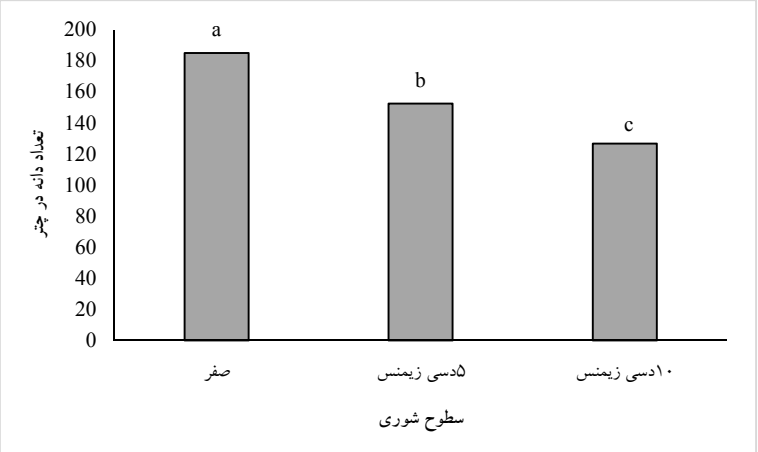
شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری بر تعداد چتر

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



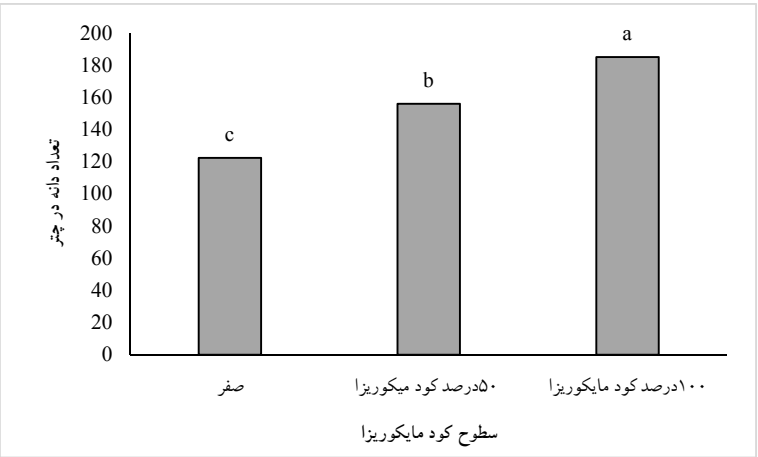
شکل ۶- مقایسه میانگین تأثیر اثرهای متقابل شوری در کود مایکوریزا بر تعداد چترک

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



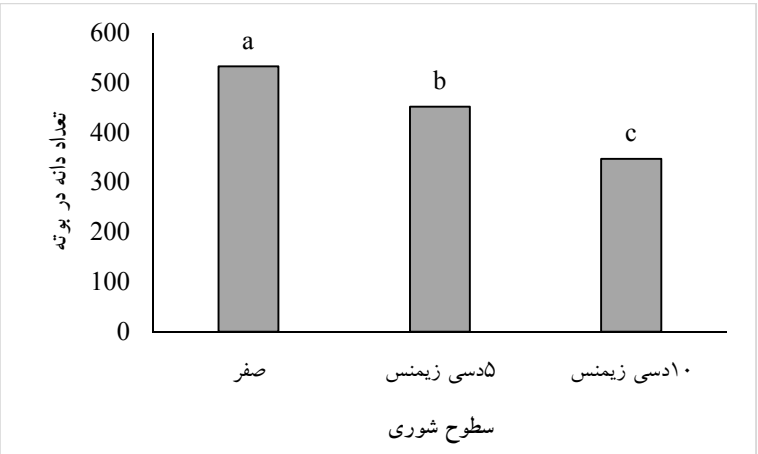
شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری بر تعداد بذر در چتر

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



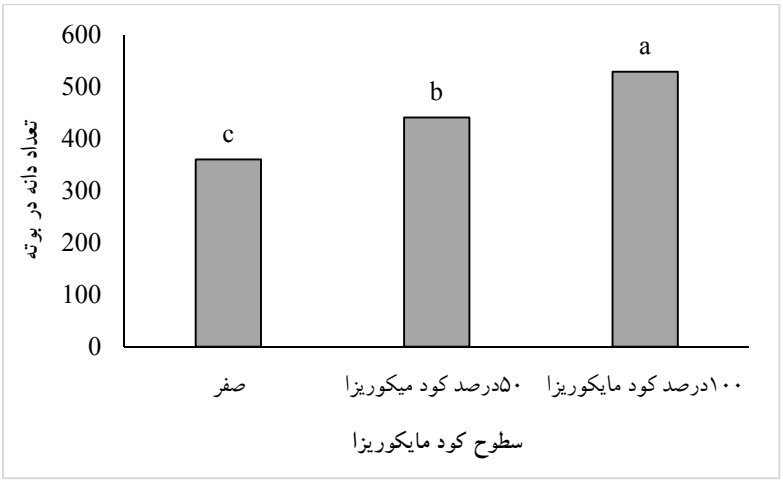
شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود مایکوریزا بر تعداد بذر در چتر

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



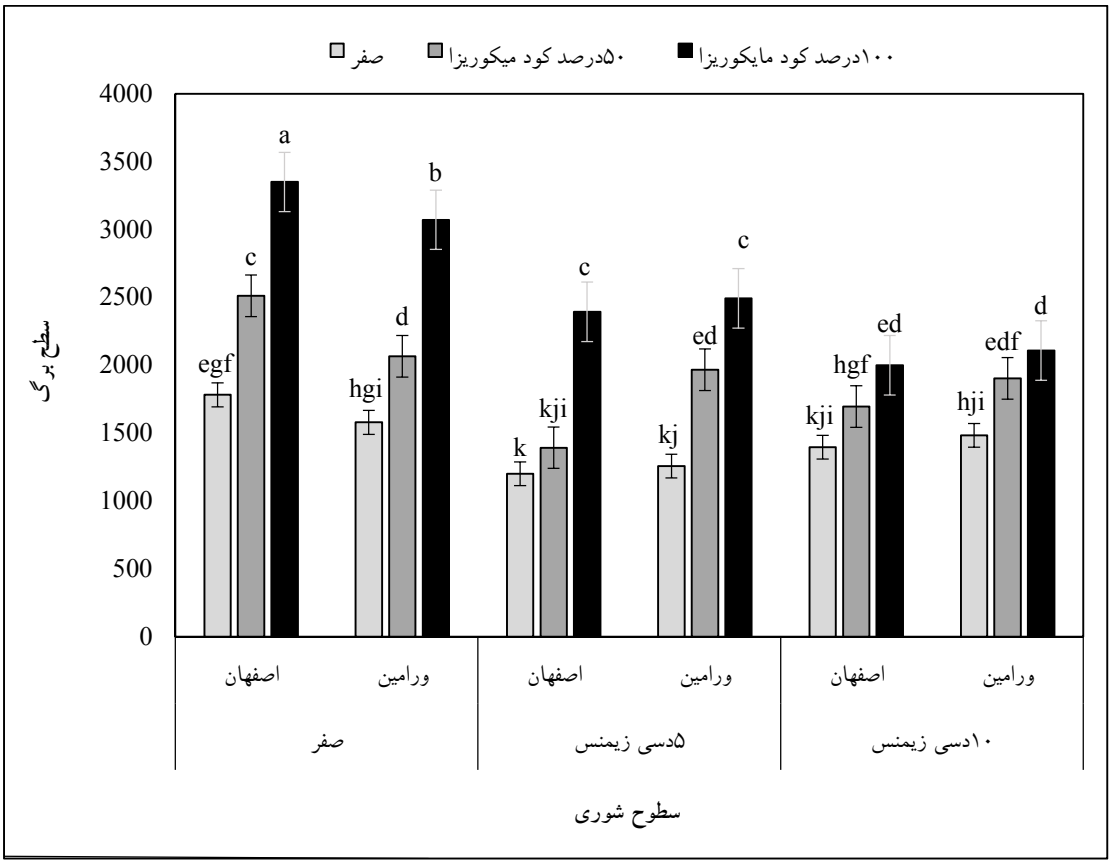
شکل ۹- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری بر تعداد بذر در بوته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



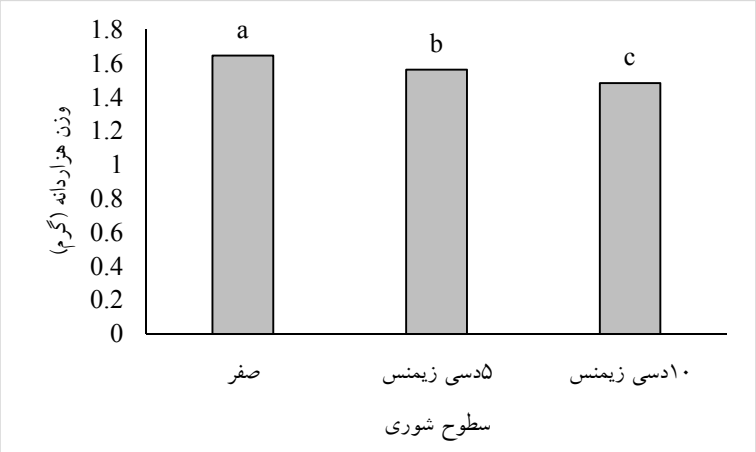
شکل ۱۰- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود مایکوریزا بر تعداد بذر در بوته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثرهای متقابل شوری در کود مایکوریزا در اکوتیپ بر میزان سطح برگ

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

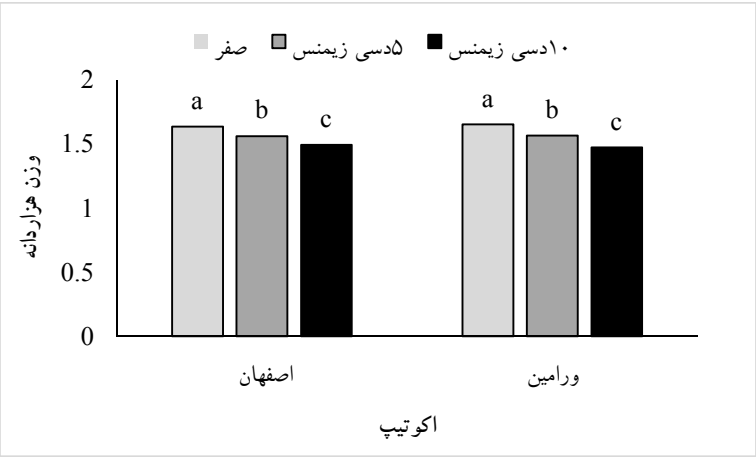


شکل ۱۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری بر وزن هزاردانه

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

شکل ۱۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کود مایکوریزا بر وزن هزاردانه

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثرهای متقابل اکوتیپ در شوری بر وزن هزاردانه

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

بیشترین درصد لیمونن از گیاهان تحت تیمار $a_2b_2c_3$ (رقم ورامین، شوری ۵ دسی‌زیمنس و مایکوریزا ۱۰۰٪) به‌مقدار ۷/۵٪ حاصل شد که نشان‌دهنده آن است که با وجود تنش اثر قارچ بیشتر بوده و باعث بهبود این ترکیب شده است، همچنین کمترین مقدار لیمونن ۰/۱٪ و در تیمار $a_2b_3c_3$ (رقم ورامین، سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس و مایکوریزا ۱۰۰٪) مشاهده گردید. کاروون از مهمترین ترکیب‌های شناسایی شده است که بیشتر بودن درصد آن در هر تیمار بالا بودن کیفیت اسانس را نشان می‌دهد. در این آزمایش بیشترین درصد کاروون در گیاهان تیمار شده با ۱۵۰ گرم مایکوریزا، شوری صفر و رقم اصفهان ($a_1b_1c_3$) به مقدار ۸۶/۳٪ بدست آمد.

بحث

کاهش ارتفاع بوته شوید در این تحقیق، احتمالاً ناشی از تأثیر سوء کلرید سدیم بر دو فرایند تقسیم و بزرگ شدن سلولی است. از سوی دیگر تحت تنش شوری، تولید و انتقال هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین که نقش مهمی در تقسیم و طویل شدن سلول‌ها دارند کاهش می‌یابد. در صورتی که اسید آبسیزیک که باعث بسته شدن روزنه‌ها و در نهایت کاهش فتوسنتز می‌شود، افزایش و باعث می‌شود که گیاهان تحت تنش شوری ارتفاع کمتری نسبت به شاهد داشته باشند (Lamian *et al.*, 2016). افزایش ماده خشک اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه، که منجر به ساخته شدن مواد غذایی بیشتر می‌شود، باشد که این موضوع مورد تأیید سایر محققان نیز می‌باشد (Augé *et al.*, 2015). همچنین به نظر می‌رسد که تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و سیتوکنین در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا نیز موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاهان می‌شود (Dolatabadi *et al.*, 2011). محققان افزایش وزن خشک گیاهان را در محیط شور در حضور میکوریزا تأیید کردند (Rabie & Almadini, 2005). در مطالعه دیگری ملاحظه شد که تلقیح ریشه‌های شوید و زنیان با دو گونه قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی آنها می‌شود (Kapoor *et al.*, 2002). شوری سبب کاهش ارتفاع، وزن خشک، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چتر شد. شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی خاک، اثر سمّیت یونی و کاهش جذب مواد غذایی لازم برای گیاهان و افزایش مصرف انرژی بر رشد و وزن خشک گیاه تأثیر منفی می‌گذارد (Tsamaidia *et al.*, 2017). کاهش رشد برگ اولین واکنش گیاهان در برابر شوریست، این کاهش ممکن است نتیجه اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی و یا نتیجه کاهش طول مدت توسعه سلولی باشد. همچنین به نظر می‌رسد که در گیاهان، عدم توانایی برگ‌ها برای جادهی و مورد استفاده قراردادن نمک انتقال یافته از ریشه در سرعتی متناسب با دریافت آن، باعث کند شدن آهنگ رشد و در نهایت مرگ برگ شود (Chun *et al.*, 2018). تعداد چتر در گیاه به میزان رشد رویشی گیاه بستگی داشته و کاهش رشد رویشی در اثر تنش شوری منجر به کاهش تعداد چتر در گیاه می‌شود. شوری از طریق جلوگیری از رشد و نمو طبیعی چترها، تعداد دانه را در چتر کاهش می‌دهد. کاهش تعداد دانه در چتر در نهایت منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود. اثرهای سمی ناشی از تجمع نمک در سطوح بالای شوری نقش مهمی در تعداد دانه در چتر ایفا می‌کند، همچنین این کاهش در عملکرد می‌تواند به علت تنش آبی ناشی از شوری در مرحله پرشدن دانه‌ها نیز باشد (Tsamaidia *et al.*, 2017).

جدول ۵- ترکیب‌های اسانس شوید در تیمارهای مختلف

ردیف	نام ترکیب	درصد ترکیب‌ها در تیمار								
		$A_1b_1c_1$	$A_1b_1c_2$	$A_1b_1c_3$	$A_1b_2c_1$	$A_1b_2c_2$	$A_1b_2c_3$	$A_1b_3c_1$	$A_1b_3c_2$	$A_1b_3c_3$
۱	α-phellandrene	۰/۵	۱/۳	۰/۹	۱/۷	۰/۵	۰/۵	–	۰/۶	–
۲	p-cymene	–	–	–	–	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۱/۰
۳	limonene	۴/۶	۴/۴	۴/۸	۷/۱	۲/۱	۳/۸	۱/۳	۳/۸	۳/۷
۴	1-8-cineole	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳	–	–	–	۰/۲	–
۵	cis-limonene oxide	۳/۸	۰/۷	۰/۹	۰/۸	۱/۴	۰/۶	۰/۷	۰/۹	۰/۹
۶	cis-dihydrocarvone	۴/۸	۶/۴	۳/۷	۵/۶	۱۱/۸	۴/۴	۴/۳	۵/۷	۰/۴
۷	*trans*-dihydrocarvone	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۵	۰/۳	۰/۲
۸	trans-carveol	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۲
۹	carvone	۷۳/۵	۸۳/۷	۸۶/۳	۷۰/۵	۷۷/۱	۸۱/۲	۶۹/۱	۷۱/۹	۷۳/۵
۱۰	myricetin	–	–	–	–	–	–	۰/۸	۰/۳	–
۱۱	apiol	۶/۳	۲/۶	۲/۵	۳/۷	۲/۱	۱/۵	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۲/۳

ادامه جدول ۵- ...

ردیف	نام ترکیب	درصد ترکیب‌ها در تیمار								
		$A_2b_1c_1$	$A_2b_1c_2$	$A_2b_1c_3$	$A_2b_2c_1$	$A_2b_2c_2$	$A_2b_2c_3$	$A_2b_3c_1$	$A_2b_3c_2$	$A_2b_3c_3$
۱	α-phellandrene	۱/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۱/۸	۰/۴	۰/۷	–
۲	p-cymene	۰/۲	–	۰/۷	۱/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۳	–
۳	limonene	۴/۲	۱/۹	۳/۳	–	۳/۳	۷/۵	۳/۳	۴/۷	۰/۱
۴	1,8-cineole	۰/۲	۰/۳	–	–	–	۰/۲	–	۰/۱	–
۵	cis-limonene oxide	۱/۰	۱/۶	۱/۰	۰/۷	۰/۴	۰/۷	۰/۶	۰/۹	۰/۷
۶	cis-dihydrocarvone	۵/۳	۳/۸	۴/۹	۵/۶	۳/۳	۵/۷	۵/۰	۵/۶	۵/۰
۷	trans-dihydrocarvone	۰/۳	۰/۴	۰/۳	–	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴
۸	trans-carveol	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۴
۹	carvone	۷۶/۵	۸۵/۱	۸۴/۳	۶۸/۲	۷۱/۵	۷۸/۹	۶۷/۸	۷۷/۱	۷۸/۲
۱۰	myricetin	۰/۱	–	–	–	۱/۲	–	–	–	۰/۲
۱۱	apiol	۴/۸	۶/۱	۴/۷	۲/۶	۱۴/۳	۲/۲	۲/۰	۱/۸	۴/۶

نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده حکایت از کاهش مقدار و عملکرد اسانس گیاهان در اثر شوری دارد. کاهش میزان اسانس ممکن است به‌دلیل اختلال در فتوسنتز و تولید کربوهیدرات تحت شرایط تنش شوری باشد که باعث جلوگیری از رشد گیاه می‌شود. میزان اسانس با توجه به نوع گونه‌های گیاهی، ژنوتیپ‌ها و نوع تنش می‌تواند افزایش، کاهش و یا بر روی مراحل متابولیکی بی اثر باشد. یون‌های سدیم و کلرید می‌توانند به آسانی از غشاء به داخل سیتوپلاسم عبور کرده، تجمع پیدا کنند و یا مواد ضروری را کاهش دهند. شوری می‌تواند با اثر گذاشتن بر روی هورمون‌های رشد، باعث کاهش میزان اسانس گیاهان شود، در واقع تنش شوری باعث محدود شدن یا کاهش فعالیت و انتقال هورمون سیتوکینین از ریشه به شاخه‌ها و برگ‌ها شده، در نتیجه تغییر نسبت میان اسید آبسیزیک و سیتوکین سبب کاهش میزان اسانس می‌شود. تنش شوری همچنین به‌طور غیرمستقیم می‌تواند بر روی میزان اسانس، از طریق اثر بر جذب مواد غذایی نقش داشته باشد. از آنجایی که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آنها (ایزوپرونوئیدها) نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌ها ضروری می‌باشد، ازاین‌رو به نظر می‌رسد همزیستی مایکوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه شوید، موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی می‌گردد (Rydlova *et al*., 2016). تلقیح میکوریزایی کلیه صفات کمی مورد مطالعه را در پژوهش بهبود داد. این تحقیق نشان داد که گیاهان میکوریزایی در وضعیت شور، رشد بهتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده دارند. افزایش ارتفاع احتمالاً به‌دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن می‌باشد که رشد گیاه را تسریع نموده است. همچنین با تلقیح میکوریزا به دلیل گسترش سیستم جذب آب و افزایش هورمون‌های محرک رشد میزان جذب و انتقال املاح و مواد غذایی به اندام‌های هوایی بیشتر شده، در نتیجه شاهد افزایش در میزان وزن اندام‌های گیاه بودیم. گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در محیط شور به‌دلیل بهبود جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر و یا تغییر در فیزیولوژی گیاهان به تنش شوری تحمل بیشتری را نشان می‌دهند (Fasciglione *et al*., 2015). بنابراین می‌توان استنباط کرد که همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیوماس، موجب تسریع در گلدهی و بهبود تعداد چتر در بوته می‌شود. محققان در پژوهشی در مورد گیاه رازیانه دریافتند که کاربرد قارچ مایکوریزا تأثیر معنی‌داری بر اسانس، پروتئین، کلروفیل a و b، کاروتنوئید، ارتفاع و طول گل‌آذین رازیانه دارد (Kapoor *et al*., 2004). تلقیح گیاه نعناع با قارچ میکوریزا به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان اسانس را افزایش داد. همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه نعناع از طریق افزایش جذب آب و عناصر پرمصرف در بهبود میزان اسانس مؤثر بوده است. در بررسی مشابهی که به‌همین منظور بر روی شوید و زیره انجام شده بود، ملاحظه شد که کاربرد میکوریزا به طور قابل توجهی میزان اسانس این گیاهان را در مقایسه با شاهد بهبود بخشیده است. مقدار کاروون بیشتر در اسانس نشان‌دهنده کیفیت مطلوب اسانس این گیاه دارویی است و به‌نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق تأثیر بر جذب مناسب عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب فاکتورهای رشدی توسط گیاه، موجب افزایش میزان کاروون در اسانس می‌شود (Gupta *et al*., 2002؛ Rydlova *et al*., 2016). در این تحقیق مشاهده شد که با افزایش شوری بیشتر صفات کمّی و کیفی گیاه شوید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بهترین عملکرد هر دو اکوتیپ شوید در شرایط آبیاری با آب غیرشور بدست آمد. باوجود این مشخص گردید که بهبود شرایط غذایی به همراه سایر اثرهای مفید قارچ میکوریزا می‌تواند تأثیر منفی شوری را تعدیل و ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه شوید را در محیط شور افزایش دهد. به‌طوری که در بیشتر صفات اندازه‌گیری شده، گیاهان تیمار شده با مایکوریزا، مقاومت بیشتری در برابر شوری از خود نشان داده‌اند.

منابع مورد استفاده

- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H. and Abdel-Wahhab, M.A., 2012. Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. Journal of Plant Physiology, 169: 704-709.
- Arora, D.S. and Kaur, G.J., 2007. Antibacterial activity of some Indian medicinal plants. Journal of Natural Medicine, 61(3): 313-317.
- Augé, R.M., Toler, H.D. and Saxton, A.M., 2015. *Arbuscular mycorrhizal* symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza, 25: 13-24.
- Bencherif, K., Boutekrabt, A., Fontaine, J., Laruelle, F., Dalpè, Y. and Lounès-Hadj, A., 2015. Sahraouibmpact of soil salinity on arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity and microflora biomass associated with Tamarix articulataVahll rhizosphere in arid and semi-arid Algerian areas. Science of the Total Environment, 533: 488-494.
- Chun, S.C., Paramasivan, M. and Chandrasekaran, M., 2018. Proline accumulation influenced by osmotic stress in *Arbuscular mycorrhizal* symbiotic plants. Frontiers in Microbiology, 9: 1-13.
- Dolatabadi, H.K., Goltapeh, E.M., Moieni, A., Jaimand, K., Sardrood, B.P. and Varma, A., 2011. Effect of *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on plant growth and essential oil yield in *Thymus vulgaris* invitro and invivo experiments. Journal of Symbiosis, 53: 29-35.
- Faraji Arman, M., 2011. Effect of drought and salinity stress on seed germination in *Achillea millefolium*. 1st National Conference on New Concepts in Agriculture, Saveh, Iran, 8 November.
- Fasciglione, G., Casanovas, E.M., Quillehauquy, V., Yommi, A.K., Goñi, M.G., Roura, S.I. and Barassi, C.A., 2015. Azospirillum inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress. Scientia Horticulturae, 195: 154-162.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S., 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glumus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81: 77-79.
- Hanson, B.R., Grattan, S.R. and Fulton, A., 2006. Agricultural Salinity and Drainage. Water Management Publication, 157p.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, G., 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 339-342.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.
- Kubeczka, K.H., 2002. Essential oils Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13 NMR Spectroscopy. John wiley & Sins publication, Chichester, 480p.
- Lamian, A., Naghdu Badi, H., Ladan Moghadam, A. and Mehr-Afarin, A., 2016. Morphophysiological changes, essential oil content and methylcavicol percent in A*rtemisia dracunculus* in present of *Glomus intraradices* inoculation and Salinity Stress. Journal of Medicinal Plants, 4(56): 64-77.
- Larrainzar, E. and Wienkoop, S., 2017. A Proteomic View on the Role of Legume Symbiotic Interactions. Frontiers in Plant Sciences, 8: 210-214.
- Rabie, G.H. and Almadini, A.M., 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. African Journal of Biotecnology, 4(3): 210-222.
- Ruiz-Lozano, J.M. and Azcon, R., 2000. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous *Arbuscular mycorrhizal* Glomus sp. From saline soil and *Glomus deserticola* under salinity. Mycorrhizal, 10: 137-143.
- Rydlova, J., Jelínkova, M., Dusek, K., Duskova, E., Vosatka, M. and Puschel, D., 2016. Arbuscular mycorrhiza differentially affects synthesis of essential oils in coriander and dill. Mycorrhiza, 26(2): 123-131.
- Saberali, S.F. and Moradi, M., 2019. Effect of salinity on germination and seedling growth of *Trigonella foenum-graecum*, *Dracocephalum moldavica*, *Satureja hortensis* and *Anethum graveolens*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(3): 316-323.
- Tsamaidia, D., Dafererab, D., Karapanosa, I.C. and Passama, H.C., 2017. The effect of water deficiency and salinity on the growth and quality of fresh dill (*Anethum graveolens* L.) during autumn and spring cultivation. International Journal of Plant Production, 11(1): 33-46.

Response of *Anethum graveolens* L. to mycorrhiza symbiosis at different salinity levels

Sh. Gheidarlouei[1], R. Khademian[2] and S. Mafakheri[3*]

1- M.Sc. graduate, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2- Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3*- Corresponding author, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, E-mail: mafakheri@ikiu.ac.ir

Received: January 2020 Revised: April 2020 Accepted: April 2020

Abstract

To investigate the effect of mycorrhiza inoculation on increasing the resistance of medicinal plant dill (*Anethum graveolens* L.) to salinity stress, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of Imam Khomeini International University, Qazvin province, Iran. The first factor was ecotype at two levels (Isfahan and Varamin), the second factor was salinity at three levels (0, 5 and 10 dS/m), and the third factor was mycorrhiza at three levels (0, 75 and 150 g fungi). The results showed that mycorrhizal inoculation improved all the quantitative traits studied so that under salinity conditions, the plants inoculated with mycorrhiza showed better growth than non-inoculated plants. The highest dry weight, plant height, number of seeds plant^{-1}, and 1000-seed weight were obtained in ecotype Isfahan, salinity level 5 dS/m and 150 g of mycorrhiza. Eleven compounds were identified in dill essential oil. The highest percentage of limonene (7.5%) was obtained from ecotype Varamin plants treated with 5 dS/m salinity and 150 g mycorrhiza. The highest percentage of carvone (86.3%) was obtained in ecotype Isfahan treated with 150 g mycorrhiza and non-salinity.

Keywords: Stress, biofertilizer, secondary metabolite, mycorrhiza.