نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۳(۳۹)، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۶۸۲-۶۶۹

اثر سویه‌های میکوریز تحت تنش آبی بر عملکرد و اسانس دو توده بومی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.)

بهرام میرشکاری[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۹ **تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۱۱/۲۴** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳**

چکیده

به منظور مطالعه واکنش عملکرد و میزان اسانس دو توده بومی رازیانه در برابر سویه‌های میکوریز تحت تاثیر تنش آبی، پژوهشی در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی دو توده بومی رازیانه اصفهان و ملایر به عنوان عامل اصلی، آبیاری در سه سطح ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به‌عنوان عامل فرعی و سویه‌های قارچ میکوریز شامل *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* و شاهد (بدون تلقیح) به‌عنوان عامل فرعی فرعی اجرا شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در بوته‌های حاصل از رشد بذور تلقیح شده با این سویه‌های قارچی، محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت. شاخص کلروفیل برگ رازیانه در صورت تلقیح بذر با این سویه‌ها در مقایسه با عدم تلقیح حدود ۳۹٪ افزایش یافت. در صورت آبیاری رازیانه بر اساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، اختلاف بین سویه‌ها با شاهد پدیدار شد و هر بوته ۴/۷ شاخه بیشتری نسبت به شاهد تولید کرد. بیشترین عملکرد اسانس در سطوح آبیاری ۷۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به میزان ۱۸/۵ لیتر در هکتار و کمترین مقدار آن نیز از سطح ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر، معادل ۱۱ لیتر در هکتار، حاصل شد. بدین ترتیب در شرایط آب و هوایی نیمه خشک تلقیح بذر با سویه‌های این قارچ می‌تواند اثر تنش آبی روی عملکرد رازیانه را تعدیل کند.

واژگان کلیدی: تنش آبی، شاخص کلروفیل، قارچ میکوریز، محتوای نسبی آب.

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات،واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

* نگارنده‌ی مسئول Mirshekari@iaut.ac.ir

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare*) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی تیره چتریان (Apiaceae) است که به منظور استفاده از اسانس حاصل ار دانه‌های آن در صنایع داروسازی، غذایی، بهداشتی و آرایشی کشت می شود. این گیاه در کشور ایران با پراکندگی وسیعی در خراسان، تهران، گرگان، مازندران، کردستان، کرمان، گیلان و تبریز وجود دارد (Mirshekari, 2012). یکی از اثرات تنش خشکی کاهش رشد رویشی است. کوچکی و همکاران (Koucheki *et al*., 2007) گزارش کردند کمبود آب سبب کاهش رشد ریشه، اندام های هوایی، سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک و فتوسنتز در رازیانه می‌شود. تنش خشکی روی وزن هزار دانه، تعداد چتر در بوته، وزن اندام هوایی و عملکرد بذر زیره سبز تأثیر منفی و معنی‌دار داشت و برای حصول حداکثر عملکرد دانه بایستی رطوبت کافی در اختیار گیاه قرار گیرد (Kazemi *et al*., 2002). تشکیل و تجمع اسانس در گیاهان دارویی تحت شرایط خشکی از روند افزایشی پیروی می‌کند (Abreu and Mazzafera, 2005; Khalid, 2006; Lebaschi *et al*., 2003; Said-alahl *et al*., 2009).

تلجی و همکاران (Telci *et al*., 2009) با بررسی اثر تنش خشکی روی رازیانه مشاهده کردند درصد اسانس به دنبال اعمال کم آبی افزایش یافت. پیرزاد و همکاران (Pirzad *et al*., 2009) اثرات چهار سطح رژیم آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر را روی گیاه بابونه آلمانی بررسی و نتیجه گرفتند بیشترین درصد و عملکرد اسانس در شرایط آبیاری بر اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به‌دست آمد. در گیاه ریحان با کاهش رطوبت خاک عملکرد اسانس کاهش، ولی درصد اسانس افزایش یافت (Omidbeigi *et al*., 2003). در برخی گیاهان دارویی مثل مرزنجوش تغییری در میزان مواد مؤثره در شرایط تنش آبی مشاهده نشده است (Dunford and Vazquez, 2005). خرمدل و همکاران (Khoramdel *et al*., 2009) در مطالعه اثر باکتری‌های آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و میکوریز روی گیاه دارویی سیاه دانه مشاهده نمودند کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول نسبت به شاهد گردید. در یک پژوهش، کاپور و همکاران (Kapoor *et al*., 2009) نشان دادند همزیستی ریشه رازیانه با دو سویه قارچ میکوریز سبب بهبود گلدهی، تعداد چتر، وزن هزار دانه، زیست توده و عملکرد دانه گردید.

کوچکی و همکاران (Koucheki *et al*., 2009) بر بهبود عملکرد گیاه دارویی زوفا از طریق افزایش جذب آب و عناصر پرمصرف در اثر تیمار تلقیح ترکیبی بذر با نیتروکسین و قارچ میکوریز تأکید دارند. در تحقیق دیگری روی نعناع، فریتاس و همکاران (Freitas *et al*., 2004) نشان دادند تلقیح ریشه با قارچ میکوریز سبب افزایش محسوس میزان اسانس سرشاخه‌ها در مقایسه با شاهد شد. همین محققان بهبود تغذیه معدنی گیاه به‌ویژه فسفر که از طریق همزیستی با قارچ میکوریز حاصل شده بود را به‌عنوان دلیل عمده افزایش بارز میزان اسانس ذکر کردند و این در حالی بود که کاربرد فسفر معدنی به تنهایی هیچ تأثیری بر مقدار اسانس آن نداشت. بر اساس مطالعه درزی و همکاران (Darzi *et al*., 2009a) کاربرد قارچ میکوریز در رازیانه موجب افزایش عملکرد بیولوژیک، تعداد چتر در بوته، درصد همزیستی ریشه و غلظت‌های فسفر، نیتروژن و پتاسیم در دانه گردید. این مطالعه با هدف تعیین تأثیر سویه‌های میکوریز و سطوح آبیاری بر عملکرد و اسانس رازیانه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. ارتفاع منطقه از سطح دریاهای آزاد ۱۳۶۰ متر است و در محدوده طول جغرافیایی ^{o}۴۶ ′۱۷ شرقی و عرض جغرافیایی ^{o}۳۸ ′۵ شمالی قرار دارد. آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی دو توده بومی رازیانه اصفهان و ملایر به‌عنوان عامل اصلی، آبیاری در سه سطح ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به‌عنوان عامل فرعی و سویه‌های میکوریز شامل *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* و شاهد بدون تلقیح به‌عنوان عامل فرعی فرعی اجرا شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۴ مترمربع، فاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها دو متر فاصله در نظر گرفته شد. زمان‌های آبیاری بعد از رسیدن میزان تبخیر از تشتک به مقادیر مورد نظر انجام شدند.

سویه‌های میکوریز از کلینیک گیاهپزشکی همدان تهیه شدند که حاوی حداقل ^{8}۱۰سلول زنده در هر گرم از ماده حامل بودند. قطعه زمین مورد نظر در پاییز بعد از افزودن ۱۲ تن در هکتار کود دامی پوسیده شخم زده شد و در نیمه اول اردیبهشت ماه بعد از انجام عملیات تکمیلی و احداث جوی پشته و کرت‌بندی کاشت صورت گرفت. روی ردیف‌ها چاله‌هایی به عمق ۳-۲ سانتی‌متر کنده شد و داخل آنها بذرها روی لایه‌ای نازک از مایه تلقیح قرار داده شدند و سپس سطح آنها با خاک پوشانده شد. تا زمان سبز شدن مزرعه، آبیاری هفته‌ای یک‌بار انجام گرفت. بعد از استقرار اولیه بوته‌ها در مزرعه (حدود ۴۰ روز بعد از کاشت) تنش آبی اعمال شد. در سطح مزرعه از هیچ‌گونه علف‌کش استفاده نشد و وجین به صورت دستی انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از هر واحد آزمایشی بالاترین برگ بوته انتخاب و از قاعده پهنک بریده شده و وزن تر، وزن اشباع و وزن خشک آنها از طریق توزین به‌دست آمد. محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد.

محتوای نسبی آب = ۱۰۰×(وزن خشک–وزن اشباع/وزن خشک–وزن تر)

در مرحله شروع فاز زایشی اقدام به اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل متر گردید. زمانی که ۲۵-۲۰٪ برگ‌های پایینی بوته‌ها زرد شدند، به عنوان زمان آغاز پیری برگ در بوته در نظر گرفته شد. برای تعیین وزن خشک، بوته‌ها در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و سپس در ترازوی با دقت یک صدم توزین گردید.

برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، از تعداد پنج بوته انتخاب شده به‌طور تصادفی استفاده شد. برای تعیین عملکرد دانه، پس از برداشت بوته‌های واقع در سطح یک مترمربعی وسط هر کرت، ابتدا آنها را خشک کرده و پس از جداسازی بذرها، وزن آنها توسط ترازو توزین شد. شاخص برداشت از طریق نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک تعیین شد. اسانس دانه به روش تقطیر با بخار آب و با استفاده از دستگاه کلونجر استحصال گردید (Hornok, 1992). برای این منظور در یک بالن ۲۵۰ میلی لیتری، ۵ گرم از بذر خرد شده هر تیمار را ریخته و حدود ۱۰۰ میلی لیتر آب معمولی اضافه شد. در طول دوره آزمایش برای ثابت نگه داشتن سطح آب در بالن، از قیف شیردار قطره قطره آب به داخل بالن اضافه شد. بعد از جمع‌آوری حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر مقطر، عمل تقطیر قطع و مقطر داخل یک قیف جدا کننده ریخته

شد. سپس اسانس دو بار هر دفعه با ۲۰ میلی‌لیتر دی اتیل اتر (اتر) استخراج گردید. فاز آبی توسط کربنات سدیم مرک (بدون آب) خشک کرده و ماده استخراج شده در داخل بشر، روی بن ماری تا تبخیر شدن کامل حلال حرارت داده شد. در مرحله نهایی ماده به دست آمده مربوط به هر تیمار توزین و ثبت شد.

داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه شده و میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن مقایسه شدند. شکل‌های مربوطه در نرم افزار Excel رسم شدند. برای تعیین مؤثرترین صفات روی عملکرد از تحلیل رگرسیون چند متغیره استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر سویه‌های میکوریز روی کلیه صفات مورد مطالعه ($P\leq ۰/۰۵$) جز بر شاخص برداشت و درصد اسانس معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تنش و میکوریز روی تعداد شاخه‌های فرعی، زیست توده و عملکرد دانه ($P\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار نشان داد (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح بذر با میکوریز می‌تواند محتوای نسبی آب برگ هر دو توده بومی رازیانه را افزایش دهد. همچنین، شاخص کلروفیل برگ رازیانه در صورت تلقیح بذر با قارچ میکوریز نسبت به شرایط عدم تلقیح حدود ۳۹٪ افزایش یافت (جدول ۲). شروع پیری در برگ‌های پایینی رازیانه در تیمار شاهد حدود ۵/۵ روز نسبت به بذور تلقیح شده آن با قارچ میکوریز زودتر اتفاق افتاد. از این نظر بین دو سویه میکوریز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

از نظر تعداد شاخه‌های فرعی بین سطوح آبیاری ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در شرایط مختلف تلقیح بذر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و هر بوته به‌طور میانگین از ۹/۵ شاخه در هر بوته برخوردار بود. در حالی که در شرایط آبیاری رازیانه بر اساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک اختلاف بین سویه‌ها با شاهد پدیدار شد و هر بوته ۴/۷ شاخه بیشتری نسبت به شاهد تولید کرد (شکل ۱). درتیمار شاهد بدون تلقیح تعداد چتر در بوته بیشتر از تیمار با میکوریز بود (جدول ۲).

مقایسه اثر سویه‌های میکوریز بر تعداد دانه در چتر رازیانه نشان داد کمترین تعداد دانه به شاهد و معادل ۱۱/۷ عدد و بیشترین آن به میانگین دو سویه قارچ میکوریز و معادل ۲۶/۵ عدد اختصاص داشت (جدول ۲). در هر دو توده بومی رازیانه تعداد دانه در بوته در شرایط تلقیح میکوریزایی نسبت به شرایط عدم تلقیح حدود ۵۴٪ افزایش نشان داد (جدول ۲).

دو توده بومی اصفهان و ملایر از نظر وزن خشک بوته عکس‌العمل مشابهی نسبت به عوامل مورد مطالعه نشان دادند. در سطوح آبیاری ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بین سویه‌های میکوریز با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد و هر سه تیمار از وزن خشک برابر ۱۳۲ گرم در مترمربع برخوردار بودند. در حالی که با تأخیر در آبیاری از ۷۰ به ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک اختلاف بین شاهد با سویه‌های قارچ محسوس‌تر شد و رازیانه از ۵۲ گرم در متر مربع وزن خشک بیشتری نسبت به شاهد آن سطح برخوردار بود و مقدار این اختلاف نیز معنی‌دار شد (شکل ۲).

نتایج نشانگر آن است که از نظر تأثیر بر عملکرد دانه، بین دو سویه قارچ تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از سطوح تنش خشکی مشاهده نمی‌شود و عملکرد میانگین آنها در سطوح آبیاری ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۶۴، ۸۱ و ۷۰ گرم در متر مربع بود. در حالی که تیمار شاهد در سطوح آبیاری فوق از عملکردهای دانه به‌ترتیب برابر ۷۹، ۶۳ و ۶۵ گرم در متر مربع برخوردار بود (شکل ۳).

درصد اسانس دانه از تیمارهای مورد مطالعه تأثیرپذیر نبود. با این حال، بیشترین عملکرد اسانس در سطوح آبیاری ۷۰ و ۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک به میزان ۱۸/۵ لیتر در هکتار و کمترین مقدار نیز از سطح ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر و معادل ۱۱ لیتر حاصل شد (شکل ۴). عملکرد اسانس بذور تلقیح شده با میکوریز سویه *Funneliformis mosseae* نسبت به میانگین دو تیمار شاهد و سویه دوم میکوریز ۲۱٪ برتری داشت (جدول ۲).

رگرسیون عملکرد دانه

برای تعیین مؤثرترین صفات روی عملکرد دانه رازیانه به‌عنوان متغیر وابسته از آزمون رگرسیون چند متغیره استفاده شد. برای این منظور صفات شاخص کلروفیل برگ، زمان آغاز پیری برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در بوته و وزن خشک بوته وارد مدل شدند و با توجه به ضریب تبیین تصحیح شده (۰/۷۱) می‌توان بیان کرد که این شاخص‌ها به مقدار ۷۱٪ متغیر مورد نظر را تحت تأثیر قرار داده‌اند (جدول ۳).

از بین این متغیرها، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن خشک بوته رازیانه در مدل معنی‌دار بوده و بر عملکرد دانه تأثیر مثبت گذاشته‌اند، ولی بقیه شاخص‌ها معنی دار نبودند. همان‌طورکه جدول ۴ نشان می‌دهد ضرایب رگرسیون استاندارد نشده برای تعداد شاخه‌های فرعی و وزن خشک بوته به‌ترتیب برابر ۰/۲۸۵ و ۳۹/۴۵ می‌باشد (جدول ۴).

رگرسیون عملکرد اسانس

به‌طور مشابه در مورد عملکرد اسانس با توجه به ضریب تبیین تصحیح شده (۰/۶۸) می‌توان بیان کرد که صفات مورد نظر به مقدار ۶۸٪ عملکرد اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از بین این متغیرها نیز تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد دانه در مدل معنی‌دار بوده و بر عملکرد اسانس تأثیر مثبت گذاشته‌اند ولی بقیه صفات معنی‌دار نشدند و ضرایب رگرسیون استاندارد نشده تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد دانه به‌ترتیب ۴۷/۷۷۰ و ۶۱/۳۷۱ می‌باشد (جداول ۵ و ۶).

در این بررسی در بوته‌های حاصل از بذور تیمار شده با میکوریز محتوای نسبی آب برگ در هر دو توده بومی مورد مطالعه بهبود یافت، که احتمال می‌رود ناشی از حمایت سیستم هیفی قارچ و به دنبال آن بهبود قدرت جذب آب توسط ریشه گیاه باشد (Ritchie and Nguyen, 1990). همان‌طوری که فاتیما و همکاران (Fatima *et al*., 1999) نیز در مورد گیاه گشنیز بر آن تأکید دارند،در مطالعه این محققین افزایش پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب با هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز بیشتر همراه بوده و موجب فزونی عملکرد شد. از آن‌جایی که قارچ میکوریز به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کند، می‌تواند در سنتز کلروفیل نقش مثبتی داشته باشد (Giri *et al*., 2002). در تحقیقی کلروفیل برگ در فلفل (*Piper nigrum*) تلقیح شده با قارچ *Rhizophagus intraradices* به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش یافت (Demir, 2004). همان‌طوری که در این آزمایش نیز مشاهده شد، در تحقیقی دیگر روی فلفل که بذر آن با میکوریز تلقیح شده بود، تحت تنش خشکی برگ‌ها ریزش کمتری داشته و نقاط سوخته شده ناشی از تنش در آنها کمتر به چشم می‌خورد که این ناشی از افزایش میزان فسفر و همچنین افزایش میزان درصد کلروفیل در برگ‌ها بود (Demir, 2004).

از نظر تعداد چتر در بوته، تیمار شاهد برتر از هر دو سویه میکوریز ظاهر شد، که با توجه به وجود رابطه منفی بین اجزای عملکرد در گیاهان دور از انتظار نبود. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و بهبود کارایی آن در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز بهینه نقش به‌سزایی ایفا می‌کنندکه آن نیز

افزایش رشد و گلدهی و بهبود اجـزای عملکـرد را بـه دنبال خواهدداشت.

در مطالعه حاضر تأثیر تلقیح بذر بـا میکـوریز بـا تغییر رژیم آبیاری از ۱۰۰ به ۱۳۰ میلی‌متر تبخیـر از تشتک در تعدیل شـدت تـنش آبـی محـدودتر شـد و مقـدار افـزایش در وزن خـشک بوتـه در اثـر تلقـیح میکوریزایی نسبت به شـاهد حـدود ۲۹ گـرم در متـر مربع بود. فریتاس و همکـاران (Freitas *et al*.,2004) دریافتند که همزیستی ریشه نعناع با میکوریز عملکرد بیولوژیک آن را در شرایط تنش خشکی دو برابر کـرد. افزایش ماده خـشک انـدام‌هـای هـوایی در تلقـیح بـا میکوریز در مقایسه با عـدم تلقـیح احتمـالاً بـه دلیـل افزایش جذب آب و ترکیبات غذایی و انتقال بهتر ایـن مواد در اندام گیاهی و به دنبال آن افـزایش فتوسـنتز گیاه باشد.

امید بیگی و محمودی سورستانی (Omidbeigi and Mahmoudi Sourestani, 2011) نیـز گـزارش کردند کـه تـنش خـشکی در مرحلـه زایـشی موجـب کاهش تعداد شاخه‌های جانبی، سطح برگ و بیومـاس می‌شود. شـوبرا و همکـاران (Shubhra *et al*., 2004) در بررسی‌های خود روی همیـشه بهـار دریافتنـد کـه تعداد گل در بوتـه و عملکـرد دانـه در شـرایط تـنش خشکی به شدت افت پیدا مـی‌کنـد. یافتـه‌هـا حـاکی است که در صـورت تلقـیح بـذر بـا سـویه‌هـای قـارچ میکوریز می‌تـوان اثـر منفـی محـدودیت آبیـاری روی عملکرد دانه رازیانه را تا اندازه‌ای کـاهش داد. کـاپور و همکـاران (Kapoor *et al*., 2009) در تحقیـق روی گیاه رازیانه نشان دادنـد کـه میکـوریز سـبب افـزایش بـــازده مـــصرف آب در ایـــن گیـــاه گردیـــد.

در گیاهان تلقیح شده با میکوریز میزان جذب فـسفر و نیتروژن و آب به‌وسیله گیاه افزایش می‌یابد. به‌طـور مشابه، بیشترین تعداد چتر در بوته، وزن هـزار دانـه و عملکردهای بیولوژیک و دانه در تلقیح بـذر رازیانـه بـا میکوریز حاصـل شـد (Darzi*et al*., 2009b). گـزارش تحقیقـی محمـد و عبـدو (Mohamed and Abdu, 2004) حاکی از افزایش عملکرد بیولوژیـک و عملکـرد اسانس رازیانه تحت آبیاری مطلوب بوده است.

اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و عناصری نظیـر نیتـــروژن و فسفر بـرای سنتـــز آنهـا ضـروری می‌باشد. احتمـال مـی‌رود همزیـستی میکـوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه رازیانه، موجب افزایش اسـانس ایـن گیـاه شـده اسـت (Kapoor *et al*., 2009). ایـن محققـین نـشان دادند که همزیستی ریشه با دو گونه میکوریز، موجـب بهبود میزان اسانس و کیفیت آن می‌شود به نحوی که میزان آنتول در اسانس در مقایـسه بـا شـاهد افـزایش می‌یابد. وینوتـا (Vinutha, 2005) گـزارش نمـود کـه تلقیح گیاه ریحان با ازتوباکتر و قارچ گلومـوس سـبب افزایش زیست توده، سرعت رشد و میـزان اسـانس آن شد.

نتیجه‌گیری کلی

در منطقه تبریز که دارای شرایط آب و هوایی نیمه خشک بوده و امکان بروز محدودیت آبی در طول دوره رشد محتمل است، در صورت تلقیح بذر با سویه‌های میکوریز، از هر دو توده بومی مورد مطالعه رازیانه با اعمال تنش ملایم آبی می‌توان عملکرد دانه و اسانس قابل قبول به‌دست آورد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر سطوح آبیاری و سویه‌های میکوریز روی صفات مورد مطالعه در رازیانه

Table 1- Analysis of variance for effect of irrigation levels and mycorrhizae strains on traits in fennel

منابع تغییر SV	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب Relative water content	شاخص محتوای کلروفیل Chlorophyle content index	زمان شروع پیری برگ Leaf senescence time	تعداد شاخه های فرعی Number of secondary branches	تعداد چتر در بوته Number of umbrella per plant	تعداد دانه در چتر Number of grain per umbrella
تکرار Replication	2	0.004	0.001	4.333	0.037	0.925	14.777
توده بومی Landrace (A)	1	0.007	0.063	1.444	5.592	0.481	7.444
اشتباه ۱ Error 1	2	0.001	0.003	9.00	8.015	12.256	22.222
آبیاری Irrigation (B)	2	0.482**	0.521**	85.444*	3.814	49.592**	122.111**
اثر متقابل AB	2	0.011	0.327	1.888	3.203	1.481	6.055
اشتباه ۲ Error 2	8	0.009	0.037	0.916	1.495	4.175	6.236
میکوریز Mycorrhizae (C)	2	12.0*	48.581*	38.951*	12.00*	44.00*	390.18*
اثر متقابل AC	2	4.322	21.248	11.511	8.89	15.141	55.555
اثر متقابل BC	4	1.595	38.540	5.678	25.148	30.00	23.854
اثر متقابل ABC	4	8.101	40.400	11.148	6.966	21.148	11.555
اشتباه ۳ Error 3	24	3.585	14.999	8.111	3.148	11.50	83.0
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	18.00	14.11	17.55	12.60	19.50	15.72

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۱

Table 1- Continued

منابع تغییر SV	درجه آزادی df	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	وزن خشک بوته Dry weight of plant	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد اسانس Essence percentage	عملکرد اسانس Essence yield
تکرار Replication	2	1384.03	2023.08	58.04	0.006	0.632	5202.84
توده بومی Landrace (A)	1	3194.70	14630.52	550.79	0.007	0.037	580.66
اشتباه ۱ Error 1	2	1343.21	7000.21	302.30	0.268	1.548	2254.60
آبیاری Irrigation (B)	2	18256.25**	50252.25**	4967.75**	0.01	0.80	45827.38**
اثر متقابل AB	2	4098.14	1834.82	66.28	0.011	0.009	2091.28
اشتباه ۲ Error 2	8	2633.62	3421.45	103.58	0.011	0.27	1983.45
میکوریز Mycorrhizae (C)	2	5800.25*	5000.11*	700.14	5.00	0.011	5.11*
اثر متقابل AC	2	1401.25	1900.10	350.19	1.051	0.211	0.011
اثر متقابل BC	4	994.10	7585.14**	690.11*	0.148	0.014	1.251
اثر متقابل ABC	4	1725.11	1382.44	200.20	0.599	0.018	2.20
اشتباه ۳ Error 3	24	1380.00	1196.33	159.21	3.811	0.141	1.241
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	28.13	23.82	20.82	17.12	21.46	19.90

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

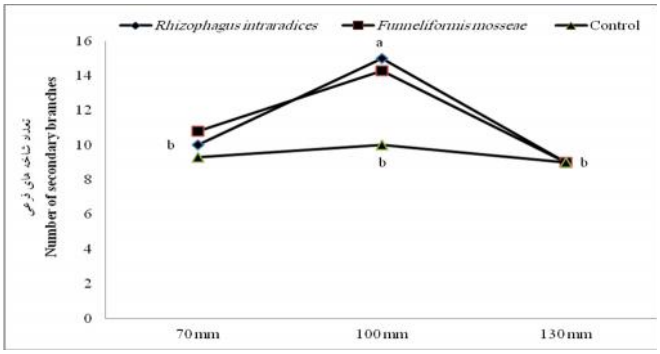
جدول ۲- مقایسه میانگین‌های برخی از صفات مورد مطالعه در رازیانه تحت تأثیر سویه‌های میکوریز

Table 2- Means comparison for some of traits in fennel affected by mycorrhizae strains

تیمار Treatment	محتوای نسبی آب Relative water content	شاخص محتوای کلروفیل Chlorophyle content index	زمان شروع پیری برگ Leaf senescence time	تعداد چتر در بوته Number of umbrella per plant	تعداد دانه در چتر Number of grain per umbrella	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	عملکرد اسانس Essence yield
شاهد Control	0.28 b	1.1 b	51.0 b	8.7 a	11.7 b	101.8 b	16.0 a
Rhizophagusintraradices	0.70 a	1.5 a	56.6 a	6.3 b	26.5 a	167.0 a	17.0 a
Funneliformismosseae	0.65 a	1.4 a	56.2 a	6.1 b	24.0 a	164.4 a	13.6 b

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Means in each columnwith different letters have significant difference at 5% probability level.

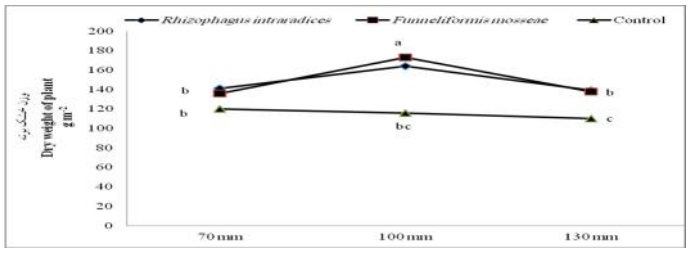


سطوح آبیاری

Irrigation levels

شکل ۱- اثر متقابل سطوح آبیاری و سویه‌های قارچ میکوریز روی تعداد شاخه‌های فرعی رازیانه

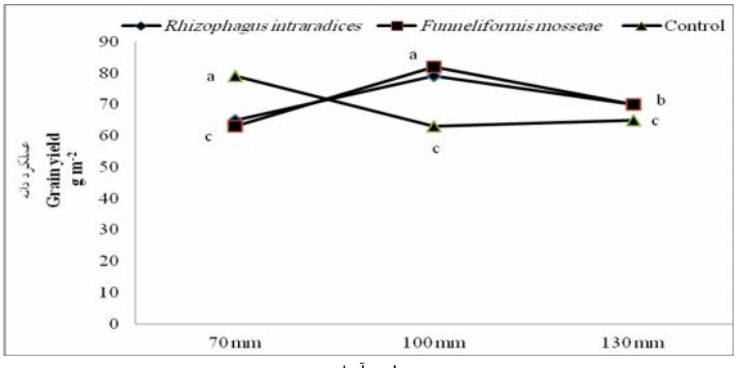
Figure 1- Interaction of irrigation levels and mycorrhiza strains on number of secondary branches



Irrigation levelsسطوح آبیاری

شکل ۲- اثر متقابل سطوح آبیاری و سویه‌های قارچ میکوریز روی وزن خشک بوته رازیانه

Figure 2- Interaction of irrigation levels and mycorrhiza strains on dry weight of plant

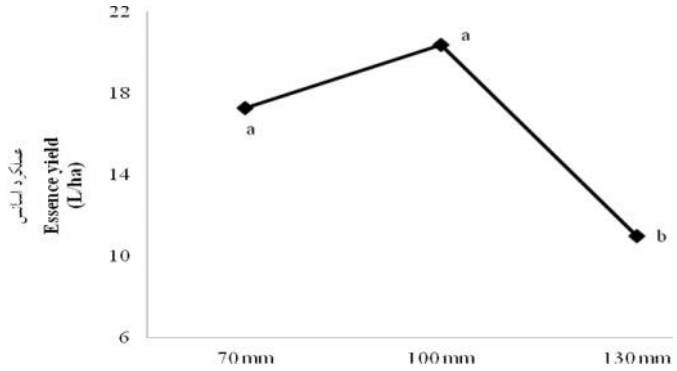


سطوح آبیاری

Irrigation levels

شکل ۳- اثر متقابل سطوح آبیاری و سویه‌های قارچ میکوریز روی عملکرد دانه رازیانه

Figure 3- Interaction of irrigation levels and mycorrhiza strains on grain yield of fennel



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد اسانس رازیانه تحت تأثیر سطوح آبیاری

Figure 4- Mean comparison of essence yield of fennelunder irrigation levels

جدول ۳- واریانس چند متغیره عملکرد دانه

Table 3- Multivariable variance for grain yield

	مجموع مربعات SS	**درجه آزادی** df	**میانگین مربعات** MS	**F-test**	**سطح احتمال** Prob.
رگرسیون Regression	6897.478	5	1149.580	11.688	0.0002
باقیمانده Remained	1967.150	21	98.357		
کل Total	8864.627	26			

جدول ۴- متغیرهای باقی‌مانده در مدل عملکرد دانه

Table 4- Remained traits in model of grain yield

	بتای استاندارد نشده Non-standarized Beta	**اشتباه** Error	**بتای استاندارد شده** Standarized Beta	T-test	**سطح احتمال** Prob.
شاخص کلروفیل برگ Chlorophyle content index	-10.012	11.468	-0.140	-0.873	0.393
زمان شروع پیری برگ Leaf senescence time	0.575	0.516	0.165	1.116	0.278
تعداد شاخه های فرعی Number of secondary branches	0.285	1.369	0.575	3.130	0.005**
تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	-0.792	0.782	-0.149	-1.014	0.323
وزن خشک بوته Dry weight of plant	39.45	4.588	0.132	0.713	0.030*
ضریب تبیین تصحیح شده Corrected R^2			R^2=0.71		

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- واریانس چند متغیره عملکرد اسانس

Table 5- Multivariable variance for essence yield

	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	F-test	سطح احتمال Prob.
رگرسیون Regression	77784.128	5	12964.021	10.250	0.0001
باقیمانده Remained	25295.478	21	1264.774		
کل Total	103079.606	26			

جدول ۶- متغیرهای باقی مانده در مدل عملکرد اسانس

Table 6- Remained traits in model of essence yield

	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده Non-standarized Beta	اشتباه Error	ضرایب رگرسیون استاندارد شده Standarized Beta	T-test	سطح احتمال Prob.
شاخص کلروفیل برگ Chlorophyle content index	-41.035	41.123	-0.168	-0.998	0.330
زمان شروع پیری برگ Leaf senescence time	0.123	1.849	0.010	0.066	0.948
تعداد شاخه های فرعی Number of secondary branches	47.770	4.909	0.306	1.583	0.009**
تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	-1.137	2.803	-0.063	-0.406	0.689
وزن خشک بوته Dry weight of plant	38.435	45.988	0.112	0.836	0.413
عملکرد دانه Grain yield	61.371	16.454	0.724	3.370	0.001**
ضریب تبیین تصحیح شده Corrected R^2			R^2=0.68		

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

* and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively. .

References منابع مورد استفاده

- Abreu, I.N., and P. Mazzafera. 2005. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 43: 241-248.
- Darzi, M.T., A. Galavand, and F. Rejali. 2009a. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer on flowering, biologic yield and root symbiosis on fennel. *Journal of Agronomy Science*. 10(1): 88-109. (In Persian).
- Darzi, M.T., A.Galavand, F. Rejali, and F. Sefidkon. 2009b. Effect of biofertilizers on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 22(4): 276-292. (In Persian).
- Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*. 28: 85-90.
- Dunford, N.T., and R.S. Vazquez. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture*. 7(1): 20-22.
- Fatima, S., A.H.A. Farooqi, S.R. Ansari, and S. Sharma. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (Palmarosa) cultivars. *Journal of Essential Oil Research*. 11: 491-496.
- Freitas, M.S.M., M.A. Martins, and I.J.C. Vieira. 2004. Yield and quality of essential oils of *Menthaarvensis*in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesquise Agropecuaria Brasileira*. 39(9): 887-894.
- Giri, B., R. Kapoor, and K.G. Mukerji. 2002. VA mycorrhizal techniques/ VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., C. Manoracheir, and J. Singh, (eds) Techniques in mycorrhizalstueies Kluwer, Dordrecht. pp: 313-327.
- Hornok, L. 1992. Cultivation and processing of medicinal plants. Academic Pub., Budapest, 221p.
- Kapoor, R., B. Giri, and K.G. Mukerji. 2009. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*. 93: 307-311.
- Kazemi, S., S. Farrahi Ashtiani, and E. Sharifi Ashourabadi. 2002. Effect of water stress on seed yield of cumin. *Journal of Paghouhesh and Sazandegi*. 58(1): 44-52. (In Persian).
- Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum Sp.*). *International Agrophysics*. 20: 289-296.
- Khoramdel, S., A. Koucheki, M. Nasiri Mahallati, and R. Gorbani. 2009. Effect of biofertilizers on groth parameters of *Nigella sativa*. *Journal of Agronomy Research*. 6: 285-294. (In Persian).
- Koucheki, A., M. Nasiri Mahallati, and K. Azizi. 2007. Effects of irrigation and density on yield and yield components of fennel. *Journal of Agronomy Research*. 1: 131-140. (In Persian).

- Koucheki, A., L. Tabrizi, and R. Gorbani. 2009. Evaluation of biofertilizers on growth, yield and quality of *Hyssopus officinalis*. *Journal of Agronomy Research*. 6(1) 127-133. (In Persian).
- Lebaschi, M.H., E. Sharifi Ashourabadi, and D. Mazaheri. 2003. Fluctuation of hypericin under water deficit. *Journal of Paghouhesh and Sazandegi*. 16(58): 44-51. (In Persian).
- Mirshekari, B. 2012. Production of medicinal and spice crops. Islamic Azad University. Tabriz Branch, Iran. 212 pp. (In Persian).
- Mohamed, M.A.H., and M. Abdu. 2004. Growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.): Effect of irrigation and organic fertilization. *Journal of Biology Agriculture and Horticulture*. 22: 31-39.
- Omidbeigi, R., A. Hassani, and F. Sefidkon. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 6: 104-108. (In Persian).
- Omidbeigi, R., and M. Mahmoudi Sourestani. 2011. Effect of water stress on morphology and essence yield of Mexican flower (*Androfopapiani*). *Iranian Journal of Horticultural Science.* 41(2): 153-161. (In Persian).
- Pirzad, A., H. Aliari, M.R. Shakiba, S. Zehtab Salmasi, and S.A. Mohamadi. 2009. Effects of irrigation and density on water use efficiency of german chamomile. *New Findings in Sustainable Agriculture*. 2: 49-58. (In Persian).
- Ritchie, S.W., and H.T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*. 30: 105-111.
- Said-alahl, H.A.H., E.A. Omer, and N.Y. Naguib. 2009. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. *Agrophysics.* 23: 269-275.
- Shubhra, K., J. Dayal, C.L. Goswami, and R. Munjal. 2004. Effects of water-deficit on oil of Calendula aerial parts. *Biologia Plant*. 3: 445-448.
- Telci, I., I. Demirtas, and A. Sahin. 2009. Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foneiculum vulgare* Mill.) fruits during stages of maturity. *Industrial Cereal Crops Products*. 30: 126-130.
- Vinutha, T. 2005. Biochemical studies on *Ocimum* sp. inoculated with microbial inoculants. MSc. Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India. 165 pp.

Effect of Mycorrhizal Strain on Yield and Essence of Two Fennel (*Foeniculum vulgare*) Land Races under Water Stress Conditions

Bahram Mirshekari[1*]

Received: June 2015, Revised: 12 February 2016, Accepted: 13 September 2016

Abstract

This study was aimed at the evaluation of yield and essence responses of two fennel (*Foeniculum vulgare*) local varieties to mycorrhiza under water stress conditions. It was performed in a split split plot experiment based on randomized complete block design at the Agricultural Research Station of Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran, during 2013. Factors under study were two fennel land races of Esfahan and Malayer assigned to main plots, three levels to irrigation (70, 100 and 130 mm evaporation from pan) to sub plots and use of two mycorrhizal strains (*Rhizophagus intraradices* and *Funneliformis mosseae*as) and control to sub sub plot. Results revealed that relative water content of leaves in inoculated seeds were improved. It was also observed that chlorophyle content index of fennel leaves in inoculated plants increased by 39% compared to the control. When inoculated plants were irrigated at 100 mm evaporation from pan, it was increased in secondary branches by 4.7 per plant. Plants irrigated at 70 mm and 100 mm evaporation produced higher essence yield (18.5 $l.ha^{-1}$), but its increase was only 11 $l.ha^{-1}$ when plants irrigation at 130 mm evaporation. It is concluded that plants in semi arid areas may tolerate drought when seeds inoculated with mycorrhiza better than plants non-inoculated seeds.

Key words: Chlorophyle content, Evaporation from pan, Relative water content, Seed inoculation.

1- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
* *Corresponding Author: Mirshekari@iaut.ac.ir*