ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه رازیانه با کاربرد تلفیقی باکتری‌های تأمین کننده نیتروژن، فسفر و پتاسیم با قارچ میکوریزا در یک نظام زراعی کم نهاده

فاطمه زمانی[۱]، رضا امیرنیا[۲*]، اسماعیل رضایی چیانه[۳]، امیر رحیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۷

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد آگرو اکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۲-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳-استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*مسئول مکاتبه: Email: r.amirnia@urmia.ac.ir, ramirnia@gmail.com

چکیده

اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مطالعه شد. فاکتور اول سه توده رازیانه (ارومیه، همدان و آلمان) و فاکتور دوم چهار نوع کود زیستی شامل کود زیستی کامل (ازتو بارور ۱، فسفر بارور ۲ و پتابارور ۲)، قارچ میکوریزا (*گلوموس اینترارادایسز*)، تلفیق کود زیستی کامل + قارچ میکوریزا و عدم مصرف کود (شاهد) را شامل می‌شدند. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد و عملکرد دانه گردید و در این میان تیمار تلفیقی کود زیستی کامل+ قارچ میکوریزا نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تاثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشتند. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۲۰/۳۸ گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۴۶/۶۸ گرم در متر مربع) در تیمار تلفیقی کود زیستی کامل+ قارچ میکوریزا مشاهده شد. عملکرد دانه توده آلمان (۱۴۲/۳۹ گرم در متر مربع) نسبت به دو توده همدان و ارومیه بالاتر بود. به طور کلی، نتایج نشان داد که استفاده از کودهای زیستی اثر معنی داری در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه داشت.

واژه های کلیدی: ازتو باکتر، توده بومی، سودوموناس، کود زیستی، گیاه دارویی

Evaluation of Yield and Yield Components of Fennel (*Foeniculum vulgare* L.) With the Combined Application of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Supplier Bacteria with Mycorrhizal Fungi in Low-Input Cropping System

Fatemeh Zamani[1], Reza Amirnia[2*], Esmaeil Rezaei-chiyaneh[3], Amir Rahimi[3]

Received: August 23, 2017 Accepted: September 18, 2017
1-Graduate Student of Agroecology, Dept. of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3-Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*Corresponding Author: Email: r.amirnia@urmia.ac.ir, ramirnia@gmail.com

Abstract

The effect of biofertilizers on the seed yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* L.), was studied as factorial experiment based on randomized complete block design with three replications and twelve treatments at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, University of urmia, Iran, during growing season of 2015-2016. The first factor included three Landraces (Urmia, Hamdan and Germany) and second factor included four biofertilizers: complete biofertilizers (Azetobarvar1, Phosphatebarvar2, Pota barvar-2, mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*), compelet biofertilizers+ mycorrhizal fungi and control. Results indicated that application of biofertilizers enhanced the seed yield and yield components. Among treatments, combined usage of biofertilizers showed that great increasing in studied traits than individual consumption. The highest biological yield (520.38 $g.m^{-2}$) and seed yield (146.68 $g.m^{-2}$) were obtained from combined usage of biofertilizers. Germany landrace (142.39 $g.m^{-2}$) produced higher seed yield, compared to Hamdan and Urmia landraces. In general, results of the present study revealed that the application of biological fertilizers plays a remarkable role in improving seed yield and yield components of fennel.

Keywords: *Azotobacter*, Landraces, *Pseudomonas*, Biofertilizers, Medicinal Plants

مقدمه

اهمیت، جایگاه و نقش ویژه و رو به افزایش گیاهان دارویی و صنعتی در مدیریت پایدار به ویژه در ابعاد کلان توسعه اقتصادی، زیست محیطی، بهداشتی، اشتغال، امنیت غذایی و ذخایر ژنتیکی در عرصه ملی و جهانی به حدی است که می‌توان امروزه روند احیاء و نقش آنها را به ویژه در تأمین دارو به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه در کشور مورد توجه قرار داد (پوریوسف ۲۰۱۵). رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* L. یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی از خانواده چتریان می‌باشد که از خانواده چتریان (Apiaceae)، دارای گونه‌های یکساله، دوساله و چند ساله، معطر، به ارتفاع ۲۰۰-۷۰ سانتیمتر، دارای برگ‌های به رنگ سبز تیره، متناوب، ظریف و برخوردار از بریدگی‌های کم و بیش عمیق است که گل‌های آن زرد رنگ و مجتمع به صورت چتر مرکب ظاهر می‌شود. میوه رازیانه فندقه دو قسمتی می‌باشد که وزن هزار دانه آن به طور متوسط ۵ گرم است. تمام اندام‌های گیاه حاوی اسانس است، ولی بیشترین مقدار اسانس (٦ -۲ درصد) در میوه آن تولید می‌شود. امروزه از مواد موثره آن در داروسازی برای مداوای سرفه، دل درد، نفخ، سوء هاضمه در کودکان و تولید شیر در مادران شیرده استفاده می‌شود (امیدبیگی ۲۰۰۷).

اگرچه نظام‌های کشاورزی رایج برای حفظ و تقویت باروری خاک به‌طور گسترده به کودهای شیمیایی وابسته هستند. اما مصرف بی‌رویه و زیاد کودهای شیمیایی مشکلات زیادی ازجمله کاهش واکنش گیاهان به کودها، بروز مشکلات زیست محیطی و کاهش کیفیت محصولات تولیدی و مواد غذایی، افزایش تجمع بیش از حد عناصر شیمیایی در خاک و مسمومیت ناشی از آنها، آلودگی منابع تأمین آب و به خطر افتادن سلامت انسان، تخلیه منابع غیر تجدید مانند سنگ‌های فسفاته و در نهایت پایین آمدن مقاومت گیاهان به آفات و بیماری‌ها می‌گردد (نایک و همکاران ۲۰۰۳؛ پاتل و همکاران ۲۰۱۰). کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید فرآورده‌های زراعی با به‌کارگیری کودهای زیستی به‌عنوان جایگزین یا مکمل کودهای شیمیایی پر مصرف از جنبه‌های اکولوژیکی و اقتصادی مزیت‌هایی را به‌دنبال دارد. به‌طوری‌که، استفاده از کودهای زیستی در سال‌های اخیر نظر علاقمندان به کشاورزی پایدار را به‌منظور حداکثر تولید در ضمن توجه به کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط‌زیست به خود جلب کرده است (حمزه‌ئی و سرمدی‌نایبی ۲۰۱۰).

مجموعه‌ای از باکتری‌ها یا قارچ‌های موجود در کودهای زیستی با تثبیت نیتروژن، توانایی حل کنندگی فسفر و پتاسیم خاک، ترشح انواع مواد محرک رشد گیاهی، آنزیم‌های طبیعی، آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیباتی مانند سیدروفورها موجب رشد ریشه، توسعه بخش هوایی گیاه، مقاومت به عوامل تنش‌زا می‌شوند (نارولا و همکاران ۲۰۰۰؛ سپاین و دوبلار ۲۰۰۸). گزارش شده است که باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های میکوریزا معمولاً با بهبود شرایط تغذیه‌ای و همچنین تولید ترکیبات محرک رشد گیاه موجب بهبود و تسریع در مراحل مختلف رشدی گیاهان می‌شود و علاوه بر تعدیل اثرات نامطلوب تنش، به میزان قابل توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهند (ناگاندا و همکاران ۲۰۱۰).

در زراعت گیاهان دارویی تلقیح شده با کودهای زیستی، اثرات مثبتی بر عملکرد و کیفیت گیاهان دارویی مشاهده شده و بر اهمیت استفاده از این کودها در سیستم ارگانیک و مدیریت پایدار خاک تاکید شده است (شارما ۲۰۰۰). در آزمایشی تحت تیمارهای دو گونه قارچ میکوریزا آربسکولار (*Glomus mosseae, Glomus intraradices*) وتنش خشکی در گیاه رازیانه نتایج نشان داد که صرف نظر از گونه‌های قارچ و شدت تنش کمبود آب، گیاهان حاصل از بذور تلقیح شده ارتفاع بیشتر، ماده خشک بیشتر، عملکرد دانه و همچنین اسانس بیشتری در مقایسه با گیاهان غیر تلقیح شده

تولید کردند (قیصری زردک و همکاران ۲۰۱۶). در تحقیقی دیگر مشخص شد که عملکرد شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) با کاربرد تلفیقی کود زیستی حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *فلورسانس سودوموناس* (*Azotobacter chroococcum*, *Peudomoance fluorescence*) در تلفیق با کود شیمیایی به‌طور قابل توجهی بخصوص تحت شرایط کم آبیاری بهبود یافت (دادرسان و همکاران ۲۰۱۵).

نتایج آزمایش رضایی چیانه و همکاران (۲۰۱۴) حاکی از تاثیر مثبت کودهای زیستی میکوریزا، *ازتوباکتر* و فسفر بارور-۲ به ویژه در شرایط کاربرد تلفیقی آنها، بر عملکرد و اجزای عملکرد و مقدار اسانس زنیان (*Carum copticum* L.) در شرایط کم آبی بود. در آزمایشی دیگر قلی‌نژاد و درویش‌زاده (۲۰۱۵) مشاهده کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما، استفاده از دو گونه قارچ میکوریزا نسبت به حالت عدم استفاده از آنها باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد در شرایط تنش خشکی شد. حمزه‌ئی و نجاری (۲۰۱۳) اظهار داشتند که استفاده از کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های *آزوسپیرلیوم* و *ازتوباکتر* و *سودوموناس* تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد چترک در چتر و وزن هزار دانه را در آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) به ترتیب ۱۶، ۱۵/۵ و ۱۱ درصد افزایش داد. بهزادی و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تأثیر کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد انیسون تیمار تلفیقی ۷/۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ازتو بارور -۱ و فسفر بارور ۲- را به عنوان تیمار برتر معرفی کردند. این تحقیق با هدف بررسی تاثیر کودهای مختلف زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده رازیانه در شرایط آب و هوایی ارومیه به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده رازیانه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت. نتایج آنالیز خاک در جدول شماره ۱ و متوسط بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا در محل آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱ -خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

پتاسیم قابل جذب	فسفرقابل جذب	موادآلی	نیتروژن کل	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته	رس	سیلت	شن	بافت خاک
($mg.kg^{-1}$)		درصد		($dS.m^{-1}$)	pH	درصد			
۲۰۵/۹۵	۱۳/۶۲	۱/۹۷	۱/۱۴	۱/۴۲	۷/۹۶	۴۴	۴۰	۱۶	لومی

جدول ۲- میانگین بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی شهرستان ارومیه در سال ۱۳۹۵- ۱۳۹۴

ماههای سال	اسفند ۹٤	فروردین ۹۵	اردیبهشت ۹۵	خرداد ۹۵	تیر ۹۵	مرداد ۹۵	شهریور ۹۵
درجه حرارت حداقل (ċ)	۱/٤	۳/٤	۹	۱۱/۰	۱۵/٦	۱۵/٦	۱۲/٤
درجه حرارت حداکثر (ċ)	۱٤	۱۵/٤	۲۳/۱	۲٦/٤	۳۱/۵	۳۲/٦	۲۹/۱
میزان بارندگی (mm)	۱۹/٤	٦۳/۷	۵۱/۹	۲۸/۹	۵/۱	۰	۰
رطوبت نسبی (%)	۳۱/۸	٦۷/۳	۱۷۲/۲	۲۲۷/۱	۲٦٤/۲	۲٤۱/۲	۱۷۸/۸

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار انجام شد. فاکتور اول سه توده رازیانه (ارومیه، همدان و آلمان) و فاکتور دوم چهار نوع کود زیستی (کود زیستی کامل (ازتو بارور ۱، فسفر بارور ۲ و پتابارور ۲)، قارچ میکوریزا (*گلوموس اینترارادایسز*[1])، تلفیق کود زیستی کامل+ قارچ میکوریزا و عدم مصرف کود (شاهد) را شامل می‌شدند. خاک حاوی قارچ میکوریزا *گلوموس اینترارادایسز* (تهیه شده از کلینیک گیاه پزشکی ارگانیک، شهرستان اسد آباد-همدان) به میزان ۳۰ گرم به ازای هر بوته در هنگام کاشت زیر بذر قرار داده شد. بذور گیاه رازیانه یک ساعت قبل از کشت با کودهای زیستی ازتو بارور ۱، فسفاته بارور ۲ و پتابارور ۲ با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار برای هر کود زیستی) و بر اساس دستور العمل توصیه شده شرکت زیست فناور سبز تلقیح شد. به این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شده تا یک پوشش کاملا یکنواخت روی سطح آنها تشکیل شود و سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت که مشخصات آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

کاشت بذور رازیانه به صورت جوی و پشته با با فاصله بین ردیف ٤۰ و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نیمه دوم اسفند ماه ۱۳۹٤ انجام شد. قبل از اجرای آزمایش، جهت صرفه جویی در مصرف آب، آبیاری فقط در مراحل فنولوژیکی رازیانه تنظیم شد؛ به‌طوری‌که اولین آبیاری در مرحله کاشت (نیمه دوم اسفند ماه)، دومین آبیاری در مرحله ساقه‌دهی (اواسط فروردین ماه تا اواسط اردیبهشت ماه)، سومین آبیاری در مرحله ظهور چتر (اوایل خرداد ماه تا اواسط تیرماه)، چهارمین آبیاری در مرحله ظهور گلدهی (اواسط خرداد ماه تا اوایل تیرماه)، پنجمین آبیاری در مرحله شروع تشکیل دانه (اوایل تیر ماه تا اواخر تیرماه) و ششمین آبیاری در مرحله پر شدن دانه تا رسیدگی کامل دانه (اواسط تیر ماه تا اواسط شهریور ماه) در نظر گفته شده بود، اما به علت شرایط بارندگی در طول فصل رشد رازیانه، تنها آبیاری در سه مرحله به صورت نشتی در اواسط خرداد ماه (مرحله گلدهی)، اواسط تیرماه (گلدهی کامل و شروع پر شدن دانه) و اواسط مرداد ماه (مرحله پر شدن دانه) صورت گرفت. ضمناً به منظور بررسی آزمایش در شرایط کم نهاده در زمان آماده سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچگونه کود شیمیایی در تیمارها استفاده نشد. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در طول دوره رشد گیاه انجام گرفت، به‌طوری‌که مزرعه در طول دوره رشد عاری از علف‌های هرز بود.

1 *Glomus intraradices* L.

جدول۳- ویژگی‌های کودهای زیستی مورد استفاده در این آزمایش

نام کود زیستی	نوع میکرو ارگانیسم	نقش میکرو ارگانیسم	تعداد میکروارگانیسم زنده و فعال در هر گرم کود زیستی
میکوریزا	*Glomus intraradices* L.	قارچ تامین کننده عناصر غذایی	حدود۳۰۰ اسپور زنده
ازتو بارور ۱	*Aztobacter vinelandii*	باکتری تثبیت کننده نیتروژن	$۱۰^{۹}$
فسفر بارور ۲	*Pseudomonas putida* و *Pantoea agglomrans*	باکتری حل کننده فسفات	$۱۰^{۹}$
پتا بارور۲	*Pseudomonas koreensis* و *Pseudomonas vancouverensis*	باکتری آزاد کننده پتاسیم	$۱۰^{۸}$

برداشت محصول نهایی در ۱۵ شهریور ۱۳۹۵ زمانی که رنگ بذرها قهوه‌ای شده بود، صورت گرفت. برای تعیین اجزای عملکرد در هنگام برداشت پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، قطر شاخه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد دانه در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک و وزن هزار دانه اندازه-گیری شد. برای تعیین عملکرد نهایی پس از حذف ردیف‌های کناری و نیم متر از ابتدای و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای بوته‌های موجود در ۲ متر مربع برداشت شده و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام گرفت. میانگین‌های به دست آمده با استفاده از آزمون SNK و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه آماری شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر توده و اثر کود زیستی بر تمامی صفات مورد مطالعه (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، قطر ساقه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل توده و کود زیستی بر روی هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ٤).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین ارتفاع بوته رازیانه (۷٤/۲۲ سانتی‌متر) در شرایط عدم مصرف کود و بیشترین ارتفاع بوته (۸۵/۳۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تلفیقی کود زیستی کامل + قارچ میکوریزا بود، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمار تلفیقی با تیمار مصرف جداگانه قارچ میکوریزا مشاهده نشد (جدول ٥). همچنین اختلاف معنی‌دار بین توده‌های رازیانه از نظر ارتفاع بوته وجود داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته (۸۵/٤٥ سانتی‌متر) مربوط به توده همدان و کمترین آن (۷٥/۸۱ سانتی‌متر) در توده ارومیه مشاهده شد (جدول ٦). ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگر تحت تاثیر ویژگی‌های ژنتیکی قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه رازیانه از طریق افزایش جذب آب و عناصر

جدول۴- نتایج تجزیه واریانس اثر کود زیستی و توده بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزاء عملکرد سه توده رازیانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع قطر ساقه	تعداد شاخه های فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۱/۴۷ ^{ns}	۰/۰۲۹ **	۲/۰۵٤ **	۵۰/۰۵۸ ^{ns}	۱۲۵/۸۲ ^{ns}	۵/۳۸ ^{ns}	۶/۰۶ ^{ns}	۰/۰۵۲ ^{ns}	۱٤٦۷۷/۷۵ **	۶۸/۷٤ *
توده بومی	۲	۲۷۲/۶۵ **	۰/۰۲۳ **	۲/۷۲ **	۳۷۵/۲۵ **	۱۲۹۳/۷۷ **	۲۳/۱۲ **	۳۶/۳۷ **	٤/۰۹ **	۱۶۳۸٤/٤۶ **	۱۰۰۶/۸٤ **
کود زیستی	۳	۲۲٤/۱۳ **	۰/۰۱۷ **	۵/۶۸ **	۱۵۷/۰۷ **	۶۱۷۵/۷۷ **	۵۰/۸۳ **	۵٤/۶۱ **	۲/۰۸ **	۲۳۹۵۹/٤۰ **	۱۷۲۹/۷۹ **
توده بومی × کود زیستی	۶	۷/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۹۵ ^{ns}	۶/۸۸ ^{ns}	۱۸۸/۲۶ ^{ns}	۳/۱۰ ^{ns}	۳/۳۱ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۲۲۵/۸/۷۸ ^{ns}	۹۷/۳۷ ^{ns}
خطا	۲۲	۱۰/۷۶	۰/۰۰۲	۰/۵۱۷	۲۸/۰۳	۱۱۵/۰۹	٤/۰۹	۲/۳۶	۰/۰۸۶	۲۱۰٤/۰۲	۶۶/۷٤
ضریب تغییرات (٪)		٤/۰۷	۷/۹۸	۹/۳۲	۱۵/٤۹	۸/۳۸	۱۶/٤۰	۱۲/۲۸	۵/۹۱	۹/۶۷	۶/۲۸

*، ** و ns: بترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزاء عملکرد رازیانه در تیمارهای مختلف کودی

تیمار کودی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد شاخه های فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)
عدم مصرف کود (شاهد)	c۷٤/۲۲	b۰/۵۱	c٦/۷۰	b۲۸/۲۲	c۹۳/۸٦	۹/۲۱ c	b۸/۹٦	٤/٤۰ c	c ۹۵ ٤۰۵/	c۱۱۵/۱۱
قارچ میکوریزا	a۸۳/٦٤	a۰/٦۰	a۸/۲۸	a۳٦/٦۷	a۱٤٤/۷۰	a۱۳/۹۰	a۱۳/۹٤	۵/٤۷ a	ab۵۰٦/۷٤	a۱۳۸/۹۹
کود زیستی کامل	b۷۹/۱۳	b۰/۵۳	b۷/٤٦	a۳٤/۳۳	b۱۲۱/٦۳	b۱۱/۷٦	a ۱۲/۷۱	b ٤/۷٦	b٤٦۲/٤٦	b۱۲٦/۸۰
کود زیستی کامل قارچ میکوریزا+	a۸۵/۳۵	a۰/۵۹	a۸/٤۰	a۳۷/٤٤	a۱۵۱/۹۵	a۱٤/٤٤	a۱٤/۳۷	a ۵/۲۰	a۵۲۰/۳۸	a۱٤٦/٦۸

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون SNK اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزاء عملکرد توده های رازیانه در تیمارهای مختلف کودی

تیمار کودی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد شاخه های فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)
ارومیه	۷۵/۸۱ c	a۰/۵۹	bv/۳٦	b ۳۰/۳۳	b۱۲۰/۳٦	a۱۲/٦۵	a۱۲/۸۵	c ٤/٤٦	b ۷۹ ٤٦۸/	b۱۲۷/۸٤
همدان	a۸۵/۳۵	b۰/۵۱	bv/۵۲	b ۳۱/۵۸	b۱۲۳/۸۸	a۱۳/۵۲	a ۱٤	b ٤/۸۱	b٤۳۹/۷٤	b۱۲۵/٤۷
آلمان	b۸۰/٦۰	b۰/۵٦	a۸/۲۵	a٤۰/۵۸	a۱۳۹/۸۵	b۱۰/۸۱	b ۱۰/٦۱	a۵/٦۰	a۵۱۳/۱۱	a۱٤۲/۳۹

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون **SNK** اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند

غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب بهبود رشد، نظیر ارتفاع گیاه گردیده است. محققان افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای زیستی را نیز ناشی از افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون‌های رشد از جمله جیبرلین و اکسین‌ها می‌دانند (ناظری و همکاران ۲۰۱۰). بنابراین، فراهم بودن عناصر غذایی و تولید و ترشح هورمون-های محرک رشد نظیر اکسین در نتیجه استفاده از کودهای زیستی، از طریق افزایش طول میانگره‌ها باعث افزایش ارتفاع گیاه رازیانه می‌شود. قارچ‌های میکوریزا قادرند با استفاده از گسترش ریسه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (جامز و همکاران ۲۰۰۸). همچنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل جذب گردد (سونگ ۲۰۰۵).

نتایج آزمایشی دیگری نشان داد که ارتفاع بوته ریحان تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفت و استفاده از کودهای آلی و زیستی نسبت به تیمار شاهد ارتفاع ریحان را افزایش داد (مکی زاده تفتی و همکاران ۲۰۱۱). در تحقیقی دیگر مشخص شد که بیشترین ارتفاع بوته آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) در تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا *G. mosseae* به‌دست آمد؛ به-طوری‌که این گیاهان تلقیح شده با میکوریزا ارتفاع بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (عظیمی و همکاران ۲۰۱٤). اسماعیل‌پور و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که تلقیح با قارچ میکوریزا آربسکولار در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی مؤثر بود؛ به‌طوری‌که بیشترین مقادیر تعداد برگ و ارتفاع بوته در تلقیح گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) با قارچ *ورسی فورمیس* (*Glomus versiformi*) به دست آمد و کمترین مقدار برای این صفات در تیمار شاهد (بدون قارچ میکوریزا) حاصل شد.

قطر ساقه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر ساقه (۰/٦ میلی‌متر) مربوط به تیمار قارچ میکوریزا بود، ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمار میکوریزا و تیمار تلفیقی (کود زیستی کامل + میکوریزا) وجود نداشت. کمترین قطر ساقه (۰/۵۱ میلی‌متر) از تیمار شاهد به دست آمد که از نظر آماری ختلاف معنی‌داری با تیمار کود زیستی کامل نشان نداد (جدول ٥). همچنین مقایسه میانگین توده‌های رازیانه نشان داد که بیشترین قطر ساقه (۰/۵۹ میلی‌متر) مربوط به توده ارومیه و کمترین آن (۰/۵۱ میلی‌متر) مربوط به توده همدان بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با توده آلمان نداشت (جدول ٦). در تحقیقی مشخص شد که قطر ساقه گشنیز (*Coriandrum sativum* L) در اثر تلقیح میکوریزایی بیشتر از عدم تلقیح بود (بستامی و مجیدیان ۲۰۱٦). در آزمایشی بر روی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L)مشخص شد که تلقیح با کودهای زیستی، قطر ساقه را افزایش داد و بیشترین قطر، مربوط به تیمار تلقیح بذور با کود زیستی نیتروکسین بود که این مقدار نسبت به شاهد حدود ۱۲ درصد بود (نعمتی و دهمرده ۲۰۱۵). محققان معتقدند که اثر هورمونی القا شده در گیاه در شرایط ناشی از کود-های زیستی، ممکن است یا به طور مستقیم تغییراتی در مورفولوژی ساقه گیاهان تلقیح شده (مانند قطور شدن ساقه، افزایش شاخه و برگ و تعداد سرشاخه های گلدار) ایجاد کند و یا با ازدیاد رشد ریشه و به تبع آن افزایش زمینه دسترسی به آب و املاح، رشد بیشتر بخش هوایی گیاه را ممکن سازد (عموآقایی و مستاجران ۲۰۰۷). به نظر می‌رسد که وجود ریزجانداران ناشی از کاربرد کودهای زیستی در محیط ریشه با تولید و ترشح

ترکیبات تحریک کننده رشد گیاه تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته و منجر به افزایش قطر ساقه می‌شوند (بستامی و مجیدیان ۲۰۱٦).

تعداد شاخه‌های فرعی

بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی (۸/٤۰ عدد) به تیمار تلفیقی (میکوریزا + کود زیستی کامل) بدون تفاوت معنی‌دار با مصرف جداگانه میکوریزا تعلق داشت و کمترین آن (٦/۷۰ عدد) به تیمار شاهد مربوط بود (جدول ٥). همچنین بیشترین تعداد شاخه فرعی (۸/۲٥ عدد) مربوط به توده آلمان و کمترین مقدار (۷/۳٦ عدد) مربوط به توده ارومیه بود، که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با توده همدان نداشت (جدول ٦). در اثر مصرف همزمان باکتریهای آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، حل کننده فسفر و آزاد کننده پتاسیم با قارچ میکوریزا به دلیل تولید هورمون‌هایی رشد از قبیل اکسین و سیتوکینین و بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست، دسترسی به منابع موجود به ویژه رطوبت و مواد غذایی افزایش یافته که در نتیجه به دلیل بهبود رشد، افزایش تعداد شاخه‌های فرعی را به دنبال داشته است. در آزمایشی روی زنیان و رازیانه مشخص شد که -همزیستی میکوریزایی تعداد شاخه جانبی را در هر دو گیاه در مقایسه با شاهد افزایش داد (شباهنگ و همکاران ۲۰۱۳). هاشم‌زاده و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که استفاده توام از انواع کودهای زیستی میکوریزا (*Glomus intraradices*، *G. mosseae* و نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس (حاوی باکتریهای محرک رشد شامل آزوسپیرلیوم، سودوموناس و باسیلوس) در مقایسه با شرایط عدم کاربرد آنها بیشترین تاثیر را روی افزایش تعداد ساقه جانبی در گیاه شوید (*Anethum graveolens* L) داشت.

تعداد چتر در بوته

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته (٤٤/ ۳۷ عدد) مربوط به تیمار تلفیقی بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای مصرف جداگانه کود زیستی کامل و قارچ میکوریزا نداشت و کمترین آن (۲۸/۲۲ عدد) از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ٥). در بین توده‌ها بیشترین تعداد چتر در بوته (٤۰/٥۸ عدد) در توده آلمان و کمترین تعداد چتر (۳۰/۳۳ عدد) از توده ارومیه بدون تفاوت معنی‌دار با توده همدان حاصل شد (جدول ٦). کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا + ازتوباکتر و فسفر بارور ۲) در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن و فسفر برای گیاه زنیان را افزایش داد و موجب بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به تولید چتر در بوته شد (رضایی‌چیانه و همکاران ۲۰۱٥). درزی و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی دیگری نشان دادند که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل توجهی وجود دارد؛ به‌طوری که تعداد چتر در بوته رازیانه در تلقیح با میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح در حدود ۱۸/۹ درصد بیشتر بود. این محققان گزارش کردند کرد که همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیوماس گیاه رازیانه، موجبات تسریع در گلدهی و بهبود تعداد چتر در بوته را فراهم آورد.

تعداد دانه در چتر

بیشترین تعداد دانه در چتر (۱٥۱/۹٥ عدد) در تیمار کود زیستی کامل+ قارچ میکوریزا بدون تفاوت معنی‌دار با مصرف جداگانه قارچ میکوریزا و کمترین مقدار (۹۳/۸٦ عدد) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ٥). همچنین مقایسه میانگین حاکی از اختلاف معنی‌دار بین توده‌های رازیانه بود؛ به‌طوری‌که بین دو توده ارومیه و همدان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما توده آلمان از تعداد دانه در چتر (۱۳۹/۸٥ عدد) بالاتری برخوردار بود (جدول ٦). تعداد دانه در چتر در حقیقت ظرفیت

مخزن را تعیین می‌کند، هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی است و افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد خواهد شد (رضایی‌چیانه و همکاران ۲۰۱٤). مرادی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند تیمار تلفیقی سودوموناس و ازتوباکتر در رازیانه بیشترین تعداد دانه در چتر را به دنبال داشت. در شرایط تلقیح با میکوریزا به‌دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست، دسترسی به منابع موجود به‌ویژه رطوبت و مواد غذایی همچون فسفر افزایش یافته که در نتیجه به‌دلیل بهبود رشد، افزایش اجزای عملکرد رازیانه و زنیان را به دنبال داشته است (شباهنگ و همکاران ۲۰۱۳).

تعداد چترک در چتر

تیمارهای مختلف کودی بر تعداد چترک در چتر رازیانه تاثیر معنی‌داری داشتند. بالاترین تعداد چترک در چتر (۱٤/٤٤ عدد) متعلق به تیمار تلفیقی بود، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار میکوریزا نداشت. کمترین تعداد چترک در چتر از تیمار شاهد حاصل شد (جدول ٥). همچنین، نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار بین توده‌های بومی رازیانه از نظر تعداد چترک در چتر بود؛ به‌طوری‌که تعداد چترک در توده آلمان نسبت به دو توده دیگر پایین‌تر بود و توده همدان و ارومیه از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ٦). زیاد بودن تعداد چترک‌ها می‌تواند به دلیل کمتر بودن تعداد چتر در بوته باشد که بالطبع چترهای بزرگتری تشکیل شده و تعداد چترک در چترها افزایش یافته بود. حال آنکه تیمار شاهد علی رغم کم بودن تعداد چتر در بوته، بدلیل عدم پتانسیل کودی کافی برای تولید چترهای بزرگ، تعداد چترک در چتر آن باز هم کمتر از دیگر تیمارهای مورد مطالعه بود. بادران و سافوات (۲۰۰٤) نیز تأثیر مثبت کودهای زیستی را بر روی تعداد چترک در چتر رازیانه تأیید کردند و گزارش کردند با افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر در رازیانه کاهش می‌یابد. در آزمایشی دیگر بر روی آنیسون مشاهده شد تعداد چترک در چتر در تلقیح با قارچ *G. intraradices* و *G. mosseae* افزایش یافت (معصومی‌زواریان و همکاران ۲۰۱٥).

تعداد دانه در چترک

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین تعداد دانه در چترک (۸/۹٦ عدد) متعلق به تیمار شاهد می‌باشد و بقیه تیمارهای کودی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ٥). در میان توده‌های بومی کمترین تعداد دانه در چترک مربوط به توده آلمان بود. بین توده ارومیه و همدان اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ٦). محققان دیگری نشان دادند که بین تیمارهای مختلف کود زیستی از لحاظ تعداد دانه در چترک گیاه شوید اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (مکی‌زاده و همکاران ۲۰۱۱). محققان دیگری گزارش کردند که تلقیح با میکوریزا تعداد دانه در چترک دو گونه دارویی رازیانه و زنیان را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. به دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست در شرایط تلقیح با کودهای زیستی، دسترسی به منابع موجود از جمله رطوبت و عناصر غذایی افزایش یافته و در نتیجه باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گونه‌های همزیست در مقایسه با شاهد حاصل شده است (کوچکی و همکاران ۲۰۱٥).

وزن هزار دانه

بیشترین وزن هزار دانه (٥/٤۷ گرم) مربوط به تیمار قارچ میکوریزا بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار تلفیقی نداشت. کمترین وزن هزار دانه (٤/٤۰ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ٥). همچنین در بین توده‌های رازیانه بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به توده آلمان و ارومیه به میزان ٥/٦۰ گرم و ٤/٤٦ گرم بود (جدول ٦). افزایش میزان جذب آب و مواد غذایی قابل دسترس با کاربرد کودهای زیستی به علت افزایش طول دوره پرشدن دانه

و مقدار مواد فتوسنتزی ذخیره شده می‌تواند تا حد زیادی به افزایش وزن هزار دانه منجر شود. گزارش شده است که وزن هزار دانه رازیانه در تلقیح با میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح بیشتر بود (درزی و همکاران ۲۰۰۶). در آزمایشی روی ماریتیغال (*Silybum marianum*) مشخص شد که تیمار بدون تلقیح در مقایسه با تلقیح فسفات بارور ۲ وزن هزاردانه کمتری داشت (ولایی و همکاران ۲۰۱۵).

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۲۰/۳۸ گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱٤٦/٦۸ گرم در متر مربع) در تیمار تلفیقی کود زیستی کامل+ قارچ میکوریزا حاصل شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار قارچ میکوریزا نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک (٤۰۵/۹۵ گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۱۵/۱۱ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵). در بین توده های رازیانه، توده آلمان نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۱۳/۱۱ گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱٤۲/۳۹ گرم در متر مربع) را تولید کرد و توده همدان و ارومیه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ٦). به نظر می‌رسد که همزیستی با میکوریزا به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز باعث افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن شده که این امر منجر به افزایش عملکرد این گیاه دارویی شده است. حمزه ئی و سلیمی (۲۰۱٤) گزارش کردند که تلقیح بذور مارتیغال (*Silybum marianum*) با قارچ *گلوموس موسه* در مقایسه با تیمار ٦۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار و عدم تلقیح، عملکرد دانه را ۵۸ درصد افزایش داد. همچنین کودهای اسید هیومیک، اسید فولویک، بیوسولفور (حاوی باکتری *Acidithiobacillus spp.*) و میکوریزا به ترتیب افزایش ۳۲، ۲۲، ۲۱ و ۱٦ درصدی عملکرد دانه گل گاوزبان را در مقایسه با شاهد را به همراه داشتند (**بهزاد امیری** و همکاران ۲۰۱۷). در تحقیقی دیگر عملکرد تولیدی در شرایط استفاده از کود سولفات روی + میکوریزا + اوره بیشترین میزان را در گیاه شنبلیله داشت (نظری و فلاح ۲۰۱٤). محققان دیگری نیز نشان دادند که تلقیح دانه‌های رازیانه با میکوریزا آربسکولار تحت شرایط تنش خشکی عملکرد دانه‌ای مشابه و حتی بیشتر از دانه‌های غیر تلقیح که آبیاری کامل شده بودند، تولید کرد (قیصری‌زردک و همکاران ۲۰۱٦). در تحقیقی دیگر نیز بیشترین میزان عملکرد دانه در رازیانه در تیمار *Bacillus subtilis* (باکتری حل کننده فسفات) به‌دست آمد (میشرا و همکاران ۲۰۱٦). بسیاری از محققین به نقش مثبت ریزوباکترهای محرک رشد گیاه، بر عملکرد محصولات زراعی مختلف اشاره کرده‌اند و آن را به ترشح هورمون‌های گیاهی، تولید و آزادسازی انواع اسیدهای آلی در خاک، تثبیت نیتروژن و در نهایت برهمکنش مثبت بین آنها و سایر ریزموجودات خاک نسبت داده‌اند (کومار و همکاران ۲۰۱۰؛ اذسمویی وهمکاران ۲۰۰۹؛ یادگاری و همکاران ۲۰۱۰). راعی و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که همزیستی با قارچ مایکوریزا و باکتری ازتوباکتر در شرایط تنش خشکی، میزان جذب عناصر غذایی نیتروژن و فسفر و نیز عناصر ریز مغذی را در گیاه گلرنگ بهبود بخشیده و از این طریق سبب افزایش رشد و نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن افزایش میزان فتوسنتزی گیاه شده و از این طریق با افزایش طرحهای اولیه طبق و به تبع آن تعداد طبق در بوته، در نهایت، کاهش پوکی دانه و افزایش وزن هزار دانه و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ را در پی داشته است.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر عدم استفاده از کودهای شیمیایی، شاید زمینه را برای افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مورد نظر فراهم کرده و این امر منجر به بهبود سیستم ریشه ای و متعاقبا جذب بهتر عناصر غذایی مورد نیاز

برای گیاه شده است. همچنین، تیمار ترکیبی در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه تاثیر زیادی داشتند؛به‌طوریکه ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد دانه در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۱٤/۹۰، ۲٤/٦۲، ٦۱/۸۹، ٥٦/۷۸، ٦۰/۳۷، ۱۸/۱۸، ۲۸/۱۸ و ۲۷/٤۲ درصد در تیمار تلفیقی کود زیستی کامل+ قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. البته با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار تیمار قارچ میکوریزا با تیمار تلفیقی و با توجه به هزینه‌های بالای تولید کودهای شیمیایی و اثرات سوء زیست محیطی ناشی از مصرف آنها، به منظور تولید پایدار محصولات غذایی در کشاورزی و بویژه گیاهان دارویی، به نظر می‌رسد که کاربرد انواع کودهای زیستی به ویژه قارچ میکوریزا می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی کم نهاده مطرح باشد.همچنین، در آزمایش، تنها آبیاری در سه مرحله گلدهی، شروع پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه صورت گرفت. بنابراین، به نظر می-رسد که این گیاه تحمل خوبی به کمبود آب دارد و می تواند در مناطقی که با محدودیت آب مواجه هستند،

منابع مورد استفاده

Amoaghaie R and Mostajeran A. 2007. Symbiosis (Plant and Bacteria Cooperation). Isfahan University Publisher. 237 pp. (In Persian).

Azimi R, Jang ju M and Asghari HR. 2014. Effects of mycorrhiza symbiosis on initial establishment and morphological traits of thyme (*Thymus vulgaris*) under natural conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 11(4): 666-676. (In Persian).

Badran FS and Safwat MS. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. Egyptian Journal of Agricultural Research. 82: 247-256.

Bastami A and Majidian M. 2016. Comparison between mycorrhizal fungi, phosphate biofertilizer and manure application on growth parameters and dry weight of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Medicinal Plant. 7: 23-33. (In Persian).

Behzad Amiri M, Rezvani Moghaddam P and Jahan M. 2017. Effects of Organic Acids, Mycorrhiza and Rhizobacteria on Yield and Some Phytochemical Characteristics in Low-Input Cropping System. Journal of Agricultural and Sustainable Production. 27: 45-61. (In Persian).

Behzadi Y, Salehi A, Balouchi H aTnd Yadavi A. 2016. Effect of Biological, Organic and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Components of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Agricultural and Sustainable Production. 25: 162-175. (In Persian).

Dadrasan M, Chaichi MR, Pourbabaee AA, Yazdani D and Keshavarz-Afshar R. 2015. Deficit irrigation and biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of fenugreek. Industrial Crops and Products. 77: 156-162.

Darzi MT, Ghalavand A and Rejali F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences. 10: 88-109. (In Persian).

Darzi MT, Ghalavand A, Rejali F and Sefidkon F. 2006. Effects of Biofertilizers Application on Yield and Yield Components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 22: 276-292. (In Persian).

Esmaielpour B, Jalilvand P and Hadian J. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology. 5: 169-177. (In Persian).

Gheisari Zardaka S, Movahhedi Dehnavia M, Salehia A and Gholamhoseiniba M. 2016. Responses of field grown fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) to different mycorrhiza species under varying intensities of drought stress, Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 1-10.

Gholinezhad E and Darvishzadeh R. 2015. Effect of Mycorrhizal Fungi on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces Under Different Irrigation levels. Journal of Agricultural and Sustainable Production. 25: 120-135. (In Persian).

Hamzei J and Najari S, 2013. Evaluation of the Possibility of Reducing Nitrogen Fertilizer Application Using Nitroxin Biofertilizer in the Production of Anise (*Pimpinella anisum* L.) Medicinal Plant. Journal of Agricultural and Sustainable Production. 23: 58-70. (In Persian).

Hamzei J and Salimi F. 2014. Root Colonization, Yield and Yield Components of milk thistle (*Silybum marianum*) Affected by Mycorhizal Fungi and Phosphorus Fertilizer. Journal of Agricultural and Sustainable Production. 24: 85-96. (In Persian).

Hamzei J and Sarmadi Naiebi H. 2010. Effect of Biological and Chemical Fertilizers Application on Yield, Yield Components, Agronomic Efficiency and Nitrogen Uptake in Corn. Plant Production Technology. 10: 53-63. (In Persian).

Hashemzadeh F, Mirshekari B, Yarnia M, Rahimzadeh Khoei F and Tarinejhad A, 2014. Effect of Bio and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Mycorrhizal Colonization Percent on Common Dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Crop Ecophysiology. 8: 257-270. (In Persian).

Hosseini MN and Emami DS, 2007. Cultivation and Production of certain Herb and Spices. University of Tehran Press, Iran 300 pp. (In Persian).

James B, Rodel D, Lorettu U, Reynaldo E and Tariq H. 2008. Effect of vesicular arboscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany. 40: 2217-2224.

Koocheki AR, Shabahang J, Khorramdel S and Nadjafi F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology. 7: 20-37. (In Persian).

Makkizadeh M, Chaichi M, Nasrollahzadeh S and Khavazi K. 2011. The Effect of Biologic and Chemical Nitrogen Fertilizers on Growth, Yield and Essential Oil Constituents of Dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agricultural and Sustainable Production. 21: 52-62. (In Persian).

Makkizadeh M, Nasrollahzadeh S, Zehtab Salmasi S, Chaichi M and Khavazi K, 2011. The Effect of Organic, Biologic and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural and Sustainable Production. 22: 1-12. (In Persian).

Masoumi Zavarian A, Yousefi Rad M and Asghari M. 2015. Effects of Mycorrhizal Fungi on Quantitative and Qualitative Characteristics of Anise Plant (*Pimpinella anisum*) under Salt Stress. Journal of Medicinal Plants. 4: 139-148. (In Persian).

Mishra BK, Meena K, Dubey PN and Aishwath OP. 2016. Influence on yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) grown under semi-arid saline soil, due to application of nativephosphate solubilizing rhizobacterial isolates. Ecological Engineering. 97: 327–333.

Moradi R, Rezvani Moghaddam P, Nasiri Mahallati M and Lakzian A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Journal of Agricultural Research. 7: 625-635. (In Persian).

Nagananda GS Das A, Bhattacharya S and Kalpana T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (Azotobacter and Rhizobium) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany. 6: 394-403.

Naik PS, Chanemougasoundharam A, Paul Khurana SM and Kalloo G. 2003. Genetic manipulation of carotenoid pathway in higher plants. Current Sciences. 85:1423-1430.

Narula N, Kumar V, Behl RK, Gransee A, Gransee W and Merbach W. 2000. Effect of Psolubilizing Azotobacter chroococcum on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 163: 393-398.

Nazari M and Fallah S. 2014. Effects of Biofertilizers and Chemical Fertilizer Combination on the Quantity and Quality of Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum*) Medicinal Plant. Plant Production Technology. 14: 77-87. (In Persian).

Nazeri P, Kashani A, Khavazi K, Ardakani MR, Mirakhori M and Pour siah bidi M. 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on whitebean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology. 2: 175-185**.** (In Persian).

Nemati M and Dahmardeh M. 2015. Effect of application of bio-fertilizers and organic manure on yield and morphological index of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology. 7: 62-73. (In Persian).

Omid Beygi R. 2007. Approaches for Production and Processing in Medicinal Plants. Vol. 1. Fekr-e- Rooz, Publication, Tehran, Iran 283 pp. (In Persian)

Patel VI, Saravaita SN, Arvadia MK, Chaudhari JH, Ahir MP and Bhalerao R.E, 2010. Effects of conjuctive use of bio-organics and inorganic fertilizers on growth, yield and economics of *Rabi* Fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) under south Gujarat conditions. International journal of Agricultural Sciences, 6: 178-181.

Pouryousef M. 2015. Effects of terminal drought stress and harvesting time on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 6: 889-897. (In Persian).

Raie Y, Shareati J and Wisany W, 2015. Effect of biological fertilizers on seed oil, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different Irrigation. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 25 (1): 65-84. (In Persian).

Rezaei- Chiyaneh E, Jalilian J, Ebrahimian E and Seyyedi S M. 2015. The effect of biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of ajowan (*Carum copticum* L.) at different irrigation levels. Journal of Agricultural Crops Production. 17: 775-788. (In Persian).

Rezaei- Chiyaneh E, Pirzad A and Farjami A. 2014. Effect of Nitrogen, Phosphorus and Sulfur Supplier Bacteria on Seed Yield and Essential Oil of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Agricultural and Sustainable Production. 4: 72-83. (In Persian).

Shabahang J, Khorramdel S and Gheshm R. 2013. Evaluation of symbiosis with Mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology. 5: 289-298. (In Persian).

Sharma AK, 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agro-bios, India.

Song H, 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. Electronic Journal of Biology. 1: 44-48.

Spaepen S and Dobbelaere S. 2008. Effects of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acidproduction on inoculated wheat plants. Plant Soil. 312: 15-23.

Valaii L, Noormohamadi GH, Hasanloo T and Haj Seyed Hadi MR, 2015. Effect of organic manure and bio-fertilizer on growth traits and quantity yield in milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaerth). Journal of Agricultural Crops Production. 7: 238-251. (In Persian).

Yadegari M, Asadirahmani H, Noormohammadi G and Ayneband A. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. Journal of Plant Nutrition. 33: 1733-1743. (In Persian).