

اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات کمی و کیفی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) در شرایط دیم

سروه سعادی مقدم^۱، عبدالله جوانمرد^{۲*}، محمدرضا مرشدلو^۳ و مجتبی نورآئین^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲ و ۳. دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۸)

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا و کودهای شیمیایی مرسوم بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia iberica*)، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارها شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیایی NPK (CF)، قارچ (*Glomus mosseae*) Gm، قارچ (*Glomus intraradices*) Gi، Gi+Gm، 50% CF+Gm، 50% CF+Gi، 50% CF+Gm+Gi بودند. نتایج نشان داد بیشترین (۷۱/۸۳) و کمترین (۵۴/۴۷) شاخص کلروفیل به ترتیب با کاربرد تلفیقی 50% CF+Gm+Gi و کاربرد جداگانه Gi مشاهده شد. همچنین بیشترین تعداد شاخه جانبی به تیمارهای 50% CF+Gm+Gi، 50% CF+Gm و Gm مربوط بود. بیشترین عملکرد دانه (۸۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار)، تعداد چرخه گل در بوته (۶۳/۶)، تعداد دانه در بوته (۵۱۹/۳)، تعداد دانه در ساقه اصلی (۱۴۹/۲)، تعداد دانه در چرخه گل (۱۸)، وزن دانه در بوته (۳/۷۵ گرم)، وزن هزاردانه (۴/۷ گرم) و بیشترین وزن خشک کل (۴۲۶/۳ گرم در متر مربع) با کاربرد تلفیقی 50% CF+Gm+Gi به دست آمد. در ضمن بیشترین میزان (۰/۵۱) و عملکرد اسانس (۲/۲ گرم در متر مربع) با کاربرد تلفیقی 50% CF+Gm+Gi مشاهده شد. آنالیز GC-FID و GC-MS اسانس نشان داد که ترکیبات لینالول، منتون، ژرانیول، منتیل استات، ژرانیول استات، والنسن و کاربوفیلن اکساید جزء ترکیب‌های غالب اسانس بالنگو بودند. به‌طور کلی، کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی به همراه قارچ‌های میکوریزا علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی به بهبود کمیت و کیفیت اسانس بالنگو منجر گردید.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، قارچ موزه، منتون.

Effect of integrated application of biological and chemical fertilizers on the quality and quantity traits of dragon's head (*Lallemantia iberica*) under rainfed condition

Serve Saadi Moghaddam¹, Abdollah Javanmard^{2*}, Mohammad Reza Morshedloo³ and Mojtaba Nouraein³

1. M.Sc. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
2, 3. Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran
(Received: Jan. 08, 2019- Accepted: May 18, 2019)

ABSTRACT

In order to evaluate the integrative application of arbuscular mycorrhizal fungi and chemical fertilizers on the quality and quantity traits of Dragon's head (*Lallemantia iberica*), a field experiment was carried out as a randomized complete blocks design (RCBD) with eight treatments and three replications at the faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2016 growing season. Treatments were included 100% chemical fertilizer (CF), *Glomus mosseae* (GM), *Glomus intraradices* (GI), GM+GI, 50% CF+GM, 50% CF+GI and 50% CF+GM+GI. The results demonstrated that the highest (71.83) and the lowest (54.47) chlorophyll index was achieved in the 50% CF+GM+GI and individual application of GI. In addition, the highest number of lateral branches was related to application of 50% CF+GM+GI, 50% CF+GM and GI. Furthermore, the highest grain yield (802.8 Kg ha⁻¹), number of flower cycles per plant (63.6), number of seed per plant (519.3), number of seeds in the main stem (149.2), number of seeds per flower cycle (18), seed weight per plant (3.75 g), the grain-1000 weight (4.75 g) and total dry weight (426.3 g m⁻²) were achieved in the integrative application of 50% CF+GM+GI. By the way, the highest of EO content (0.5%) and EO yield (2.2 g m⁻²) were observed with application of 50% CF+GM+GI. The analysis of GC-FID and GC-MS showed that the linalool, menthone, geranial, menthyl acetate, geranyl acetate, valencene and caryophyllene oxide were the major essential oil compounds. Generally, integrative application of 50% CF+GM+GI could improve the quality and quantity traits of dragon's head.

Keywords: Essential oil content, essential oil yield, *Glomus mosseae*, grain yield, menthone.

* Corresponding author E-mail: a.javanmard@maragheh.ac.ir

مقدمه

طی سال‌های اخیر استفاده از کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، منجر به بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع آب و خاک شده است، که این آلودگی‌ها پیوسته به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است (Nasiri *et al.*, 2017). راه‌حل اساسی این مشکل، حرکت به سوی کشاورزی پایدار بر اساس استفاده هرچه بیشتر از نهاده‌های درونی مزرعه از جمله جانداران مفید خاکریزی با عنوان کودهای زیستی و به‌کارگیری کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی است. امروزه کودهای زیستی بعنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید پایدار مطرح شده‌اند (Wu *et al.*, 2006). زیرا بهبود و حفظ باروری خاک و مدیریت صحیح آن و به تبع آن افزایش عملکرد گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Nasiri *et al.*, 2017). از طرفی تولید محصولات غذایی با کیفیت، با استفاده از کودهای زیستی، نه تنها باعث رضایت خاطر مصرف‌کنندگان می‌شود، بلکه تأمین و تضمین سلامت جسمی آنان را نیز در پی دارد. بنابراین برای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، استفاده از راهکاری برای تأمین نیازهای غذایی گیاه به کمک موجودات زنده ساکن خاک ضروری خواهد بود (Supratim *et al.*, 2018). همزیستی میکوریزایی از رایج‌ترین و قدیمی‌ترین رابطه همزیستی در سلسله گیاهان است و یکی از مهمترین انواع میکوریزاها، میکوریزای آرباسکولار می‌باشد. همزیستی قارچ میکوریزا تقریباً در ۸۰ درصد از گیاهان آوندی صورت می‌گیرد. مزیت اصلی میکوریزا برای گیاهان میزبان گسترش منطقه نفوذ ریشه است. در این قارچ‌ها شبکه گسترده‌ای از هیف‌های خارجی به عنوان اتصال اضافی و سطح جاذب در خاک عمل می‌کنند (Supratim *et al.*, 2018). افزایش کارایی ریشه‌های میکوریزایی در مقابل ریشه‌های غیرمیکوریزایی به‌واسطه جذب فعال و انتقال عناصر خصوصاً عناصر معدنی غیرمتحرک مثل فسفر، روی و مس ایجاد می‌شود (Yunesi *et al.*, 2018).

(2018). علاوه بر این، همزیستی قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار (Arbuscular Mycorrhizal Fungi) با ریشه گیاهان یک همزیستی سودمند و مؤثر در فناوری گیاه پالایی آلاینده‌های خاک است. به‌طوری که قارچ میکوریزا با ترشح ترکیبات آلی مانند گلوکالین در خاک موجب کلاته‌شدن یون‌های فلزی شده و از این طریق جذب فلزها را کاهش می‌دهند (Jiang *et al.*, 2016). همزیستی گیاهان با قارچ میکوریزا علاوه بر اثرات مثبت بر کمیت، دارای اثرات مثبت زیادی بر کیفیت نیز می‌باشد، به‌طوری‌که همزیستی با میکوریزا اثرات سوء ناشی از فقر عناصر غذایی و تنش‌های خشکی و شوری را کاهش و رشد گیاه، جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، برگشت‌پذیری (پس از تنش) و تحمل گیاه را افزایش می‌دهد (Rezaei *et al.*, 2017). از بین عوامل محیطی، کمبود آب، رشد گیاهان دارویی را بیش از دیگر عوامل محیطی کاهش می‌دهد. با وجود این، بررسی پراکنش جغرافیایی حاکی از سازگاری تعدادی زیادی از گیاهان دارویی و معطر به نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. همین پتانسیل خوب این گیاهان برای رشد تحت تنش آب و ارزش اقتصادی بالا، سبب شده است که جایگزین مناسبی برای گیاهان زراعی در بوم‌نظام‌های زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار آیند. با توجه به اینکه محدودیت آب و عناصر غذایی منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط دیم خواهند شد، لذا همزیستی با قارچ میکوریزا و به تبع آن جذب فعال عناصر غذایی و آب در این شرایط، از طریق کنترل هدایت روزنه‌ای و بهبود تنظیم اسمزی به حفظ تثبیت دی‌اکسید کربن، فتوسنتز و کلروپلاست منجر می‌شود. بنابراین استراتژی همزیستی با قارچ میکوریزا می‌تواند به عنوان یک روش موفق جهت بهبود رشد گیاه در شرایط کمبود آب در نظر گرفته شود (Attarzadeh *et al.*, 2019). حضور قارچ‌های میکوریزا و همزیستی آن‌ها با گیاه آویشن باغی (*Thymes vulgaris* L.) سبب افزایش استقرار این گیاه در عرصه‌های طبیعی شد. در این بررسی مشخص شد که قارچ میکوریزا اثرات مثبتی روی استقرار، بقا و رشد گونه‌های

تنظیم‌کننده‌های رشدی گیاه در نتیجه تلقیح با میکوریزا نسبت دادند (Kapoor et al., 2002). همچنین قارچ میکوریزا تأثیر معنی‌داری روی وزن تر و خشک شاخساره چهار جنس گراس (لولیوم، پی‌آی چندساله، فستوکای پابلند، اگروپیرون) سردسیری داشت (Ashraf et al., 2018). علاوه بر این، در تحقیقی دیگر افزایش شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه، بهبود عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد زیستی و درصد موسیلاژ گیاه گاوزبان آلمانی (*Borago officinalis*) با کاربرد توآمان *G. mosseae* و ورمی‌کمپوست گزارش شده است (Shahbazi et al., 2019).

گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) با نام انگلیسی *Lallemantia iberica* یا Dragon's head یکی از گیاهان اسانس‌دار تیره نعنائیان است. این گیاه در منطقه آذربایجان و اغلب مناطق ایران در بین کشاورزان بیشتر با نام قره‌زرک یا بذرک سیاه شناخته می‌شود. بالنگو از گیاهان مهم تناوبی کشت بهاره در مناطق کشت دیم و آبی برخی مناطق آذربایجان می‌باشد، این گیاه در هند و ایران با هدف تولید بذر کشت می‌شود و به دلیل تحمل به خشکی سازگاری خوبی برای کشت در مناطق یاد شده دارد (Jamzad, 2012). در حال حاضر این گیاه جهت تولید دانه و استخراج روغن و موسیلاژ کشت می‌شود، دانه‌های این گیاه به عنوان لینت بخش در رفع گلو درد و سرفه ناشی از سرماخوردگی نیز استفاده سنتی دارد. همچنین دانه بالنگوی شهری در درمان اختلالات گوناگون نظیر برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی نیز به‌کار رفته و در بین داروهای محلی ایران، نوعی داروی خلط‌آور به شمار می‌رود. اسانس این گیاه، نه تنها به‌عنوان یک چاشنی مطلوب و معطر برای خوش طعم کردن انواع نوشابه‌ها، بلکه به‌منظور بهره‌گیری از خواص اشتها آوری و ضد نفخی این محصول با ارزش، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Jamzad, 2012).

از آنجایی‌که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمیت و کیفیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که تغذیه‌ی سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای بیولوژیک

آویشن داشته و احیاء پوشش گیاهی را بهبود می‌بخشد. تسهیل در استقرار اولیه پایه‌های آویشن باغی احتمالاً به علت فراهم کردن رطوبت، فسفر، نیتروژن، مواد معدنی بیشتر و بهبود ساختار خاک در تلقیح میکوریزایی می‌باشد. همچنین *G. mosseae* بر استقرار گیاه آویشن باغی تأثیر بیشتری نسبت به *G. intraradices* و تیمار شاهد داشته است (Azimi et al., 2014). در پژوهشی مشاهده شد غلظت فسفر در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) با کاربرد قارچ میکوریزا در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۱۰۸ و ۱۳۳ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت (Gheisari Zardak et al., 2018). همچنین Weisany et al. (2015) گزارش کردند کاربرد قارچ میکوریزا موجب افزایش میزان کلروفیل و عملکرد اسانس شوید (*Anethum graveolens*) گردید. در مطالعه‌ای با هدف تجزیه و تحلیل تأثیر قارچ میکوریزا روی تثبیت و انتقال نیتروژن تثبیت شده از باقلا به گندم در کشت مخلوط، مشاهده گردید که کاربرد قارچ میکوریزا موجب افزایش نیتروژن و عملکرد دانه گندم گردید. علاوه بر این گزارش شد که هر اندازه میزان تلقیح با قارچ میکوریزا بیشتر باشد، میزان نیتروژن تثبیت‌شده توسط باقلا و میزان نیتروژن انتقال یافته از باقلا به گندم افزایش می‌یابد (Wahbi et al., 2016). همچنین Copetta et al. (2016) نیز مشاهده کردند که تلقیح گونه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با گوموس موسه باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، سطح برگ، زیست توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و میزان اسانس در مقایسه با شاهد شد. در مطالعه دیگری با بررسی تأثیر قارچ میکوریزا روی گیاه ریحان مشاهده شد که کاربرد دو گونه از قارچ *G. mosseae* و *G. Culedonium* منجر به افزایش معنی‌دار غلظت فسفر و عملکرد اسانس شد (Toussaint et al., 2007). در پژوهشی دیگر تلقیح شوید (*Anethum graveolens*) با دو گونه از قارچ میکوریزا (*G. fasciculatum* و *G. macrocarpum*) موجب افزایش عملکرد بیولوژیک و درصد اسانس آن در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا شد که دلیل این امر را به بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین تولید برخی

برگردان دار انجام شد و سپس جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. قارچ‌های گلوموس موسه و گلوموس اینترادایسس از کلینیک گیاه‌پزشکی اسدآباد همدان تهیه شدند. قبل از کاشت از خاکی که حاوی هیف‌های قارچ مایکوریزا، بقایای ریشه و اسپور (حدود ۱۰۰۰ اسپور در هر ۱۰ گرم خاک) بود، در داخل خطوط کاشت به مقدار ۱۵۰ گرم در هر خط کشت استفاده شد. کاشت در آبان ماه ۱۳۹۵ به صورت دستی صورت پذیرفت. تعداد کل کرت‌ها ۲۱ عدد و هر کرت شامل ۸ خط کاشت به طول ۳ متر و فاصله بین خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود. بعد از سبزشدن گیاه در اردیبهشت‌ماه سال ۹۶ محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد کود شیمیایی با غلظت‌های ۲ و ۱ در هزار صورت پذیرفت.

شاخص‌های مورد بررسی

شاخص کلروفیل (SPAD) در آغاز گلدهی توسط دستگاه کلروفیل‌متر مدل Spad 502 Plus ساخت کشور ژاپن، از آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در پنج بوته اندازه‌گیری شد. همچنین در مرحله رسیدگی کامل پنج بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات تعداد شاخه‌های جانبی، طول گل‌آذین، تعداد چرخه گل در بوته، تعداد چرخه گل در ساقه اصلی، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در ساقه اصلی و وزن دانه در بوته مورد اندازه‌گیری شدند. در نهایت جهت تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای، برداشت از خطوط وسط در مساحتی معادل ۲ مترمربع صورت پذیرفت.

دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی باشد و منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی آن‌ها شود. در همین راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی کاربرد تلفیقی قارچ مایکوریزا و کودهای شیمیایی مرسوم بر کمیت و کیفیت اسانس بالنگو اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریا ۱۴۷۷ متر، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی اجرا شد. بیشینه دمای این شهرستان در تابستان‌ها حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و کمینه آن در زمستان حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌باشد. همچنین دارای میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۰ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۱). قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۲).

تیمارهای آزمایش شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مرسوم (اوره و سوپرفسفات تریپل به ترتیب با مقادیر ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، قارچ *G. mosseae*، *G. intraradices* + *G. mosseae*، *G. intraradices* + *G. mosseae* ۵۰ درصد کود شیمیایی، *G. intraradices* + *G. mosseae* ۵۰ درصد کود شیمیایی، *G. intraradices* + *G. mosseae* ۵۰ درصد کود شیمیایی بودند. به منظور آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل شهریور ۱۳۹۵ شخم نیمه عمیق توسط گاواهن

جدول ۱. مشخصه‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد بالنگوی شهری

Table 1. Climatic characteristics of the experiment site during the growth period of *Lallemantia iberica*

Month	Average monthly precipitation (mm)	Average monthly maximum temperature (°C)	Average monthly minimum temperature (°C)	Average monthly maximum moisture	Average monthly minimum moisture
September	0	24.5	10.3	51	22
October	13.5	16.9	5.1	70	35
November	43.2	6.5	-3.4	79	42
December	17	0.3	-8.1	96	71
January	21.6	2.1	-5.7	90	58
February	9.1	9.9	-0.3	81	44
March	34.9	15.9	5.2	75	30
April	10.7	24.7	11.4	62	25
May	1.2	30.5	15.3	45	18
June	0.5	25.3	21.7	42	19
July	0	36.7	22.6	36	15
August	0	34.5	20.1	36	15

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2. Some physico-chemical properties of the soil of experimental field

Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Organic matter (%)	EC (dS/m ⁻¹)	pH	Amount of exchangeable potassium (mg/kg ⁻¹)	Amount of cation exchange capacity (Cmole/kg ⁻¹)	Available phosphorus (mg/kg ⁻¹)	Total nitrogen (%)
Sandy clay loam	56	16.5	27.5	0.93	1.18	8.16	570.85	27	9.42	0.089

و محدوده جذب جرمی از ۴۰ تا ۴۰۰ m/z بود. به منظور محاسبه شاخص بازداری پیک‌ها، مخلوطی از هیدروکربن‌های آلیفاتیک (C8-C40) تحت شرایط تحلیلی بالا به داخل سیستم GC تزریق شد. نرم‌افزار مورد استفاده Chemstation بود. محاسبه و شناسایی ترکیبات اسانس به کمک شاخص‌های بازداری خطی آن‌ها و مقایسه‌ی آن با شاخص‌های موجود در کتاب مرجع (Adams, 1997) و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه‌ی کامپیوتری صورت گرفت.

همچنین برای جداسازی ترکیبات از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) مدل Agilent 7990B ساخت کشور آمریکا با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون VF-5MS استفاده شد. دمای تزریق و آشکارساز به ترتیب روی ۲۳۰ و ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بودند. گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه و نسبت تقسیم ۱:۲۴ استفاده شده بود. نمونه‌های اسانس به نسبت ۱:۱۰۰ در هگزان رقیق‌سازی و به میزان ۱ میکرولیتر تزریق شدند. کمی کردن ترکیبات اسانس با استفاده از نرمال‌سازی سطح پیک و بدون استفاده از ضرایب اصلاح انجام شد (Morshedloo *et al.*, 2018). در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص کلروفیل تحت تأثیر تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین شاخص کلروفیل (۷۱/۸) مربوط به کاربرد 50% CF + Gi + Gm بود که

جهت استخراج اسانس از دستگاه کلونجر طرح آپاراتوس (مدل فارماکوپه بریتانیا) استفاده شد، اسانس‌گیری به مدت سه ساعت انجام شد. سپس اسانس‌های استخراج شده با سولفات سدیم خشک آبیگری و داخل ویال شیشه‌ای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری گردید (Morshedloo *et al.*, 2018)، بعد از اسانس‌گیری، عملکرد اسانس براساس وزن خشک نمونه و طبق روابط زیر محاسبه گردید:

$$(۱) \quad = \text{درصد اسانس}$$

$$= \frac{\text{وزن اسانس}}{\text{وزن خشک نمونه (۴۰ گرم)}} \times 100$$

$$(۲) \quad = \text{عملکرد اسانس}$$

$$\text{درصد اسانس} \times \text{ماده کل خشک (گرم در متر مربع)}$$

برای شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل‌شده به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مدل Agilent 5977A ساخت کشور آمریکا، با ستون HP-5 MS (۵ درصد فنیل متیل پلی سیلوکسان، به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ماده جاذب ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. در برنامه‌ریزی دمایی آون، ابتدا دما در عرض ۵ دقیقه به ۶۰ درجه سانتی‌گراد رسیده سپس به تدریج دما با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد رسید. بعد از آن به مدت ۲۰ دقیقه در این دما نگهداری شد. هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده شد. ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. محفظه تزریق در حالت تقسیم (نسبت تقسیم ۱:۳۰) تنظیم شده بود

محتوای کلروفیل در گیاه می‌باشد و از این رو ممکن است همزیستی مایکوریزایی بعنوان یک محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابه‌جایی قاعده‌گرای محصولات فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و این‌گونه محرکی برای انجام فعالیت‌های فتوسنتزی بیشتر باشد.

تفاوت معنی‌داری با تیمار CF 100% و کاربرد همزمان هر دو قارچ نداشت. همچنین کمترین میزان شاخص کلروفیل (۵۴/۴۷) به کاربرد جداگانه Gi تعلق داشت (جدول ۴). فتوسنتز یکی از مهمترین شاخص‌های فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه است که وابسته به

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات مورفولوژیک بالنگوی شهری

Table 3. Results of variance analysis effect of biological and chemical fertilizers on some morphological traits of *Lallemantia iberica*

Source of variation	d.f.	Mean of Square								
		SPAD	Number of lateral branches	The length of the inflorescence	Number of flower cycles per plant	Number of seeds per plant	Number of seeds per main stem	Grain yield	Seed weight per plant	1000-grain weight
Replication	2	13.30 ^{ns}	0.958 [*]	0.794 [*]	6.97 ^{ns}	1457.002 ^{ns}	36.585 ^{ns}	419.526 ^{ns}	0.624 [*]	0.040 ^{ns}
Treatment	6	107.178 ^{**}	3.444 ^{**}	8.20 ^{**}	178.329 ^{**}	13658.67 ^{**}	237.819 ^{**}	35784.370 ^{**}	1.100 ^{**}	0.714 ^{**}
Error	12	7.385	0.256	0.83	19.266	794.909	41.870	2832.54	0.170	0.117
C.V (%)		4.19	6.60	2.78	8.88	6.18	4.62	8.70	13.89	8.26

ns, *, **, به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات مورفولوژیک بالنگوی شهری

Table 4. Mean comparison effect of biological and chemical fertilizers on some morphological traits of *Lallemantia iberica*

Fertilizer treatments	SPAD	Number of lateral branches	The length of the inflorescence (cm)	Number of flower cycles per plant	Number of seed per plant	Number of seed per main stem	Grain yield (Kg. ha ⁻¹)	Number of seed per main stem flower cycle	Grain weight per plant (g)	1000- seed Weight (g)
100% CF	70.0 ab	7.5 b	16.1 b	50.6 b	470.3a	137.5 bcd	657.9 b	16.9 abc	3.29 ab	3.93 b
<i>G. mosseae</i>	63.5 cd	8.5 a	17.1 a	49.6 b	419.7 b	140.8 abc	542 cd	16.3 bc	2.79 bc	4.03 b
<i>G. intraradices</i>	54.4 e	6.06 c	14.4 c	40.6 c	379.7 bc	126.2 d	463.5 d	13.3 bc	2.22 c	2.22 c
<i>G. mosseae</i> + <i>G.intraradices</i>	67.8 abc	7.4 b	16.8 ab	49.6 b	485.6 a	151.2 a	426.1bc	15.8 cd	3.55 ab	3.98 b
50% CF+ <i>G. mosseae</i>	66.0 bc	8.4 a	12.7 d	51.1 b	494.2 a	142.8 abc	646.8 b	17.3ab	2.97 abc	3.93 b
50% CF+ <i>G. intraradices</i>	60.2 d	6.6 c	14.1 c	40.8 c	334.5 c	132.2 cd	543.5 cd	14.6 d	2.22 c	3.46 bc
50% CF+ <i>G. intraradices</i> + <i>G. mosseae</i>	71.8 a	9.0 a	16.3 ab	63.6 a	519.3 a	149.2 ab	802.8a	18.0a	3.75a	4.75 a

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

عناصر غیرممتحرک منیزیم، مس، منگنز، روی و آهن را افزایش داده و از آن جایی که بعضی از این عناصر نقش اساسی در مولکول کلروفیل دارند، بنابراین افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در نتیجه تلفیق مایکوریزا را می‌توان به افزایش جذب عناصر از جمله منیزیم، آهن و روی نسبت داد (Aghighi Shahverdi *et al.*, 2019). همچنین اثر کودهای زیستی بر افزایش

همچنین دیده شده که گیاهان تلقیح‌یافته با قارچ مایکوریزا میزان هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین را افزایش داده که این افزایش هورمون‌ها به‌ویژه سیتوکینین می‌تواند شدت فتوسنتز را از طریق بازشدن روزه‌های هوایی که بر جابه‌جایی و تنظیم محتوای کلروفیل مؤثر است، بهبود بخشد (Allen *et al.*, 1982). علاوه بر این، قارچ‌های مایکوریزا جذب

محتوای کلروفیل برگ، اساساً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت می‌پذیرد، که از یک سو باعث فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست خواهد شد (Supratim et al., 2018). از طرفی نیتروژن هم از طریق افزایش تعداد و سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب دریافت انرژی نورانی خورشید و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی، موجب افزایش بازده فتوسنتزی از طریق افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود (Aghighi Shahverdi et al., 2019). از آنجایی که در شرایط دیم میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند (Yang et al., 2016; Yan et al., 2011)، بنابراین استفاده از قارچ میکوریزا به دلیل جذب بیشتر فسفر و منیزیم توسط گیاه در شرایط دیم منجر به افزایش شاخص کلروفیل و به تبع آن افزایش فتوسنتز برگ و افزایش کربن تثبیت شده خواهد شد (Zhang et al., 2018). افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) با کاربرد کود بیولوژیک (ازتوباکتر، آزوسپیریوم و میکوریزا) و مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) با تلقیح میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل نسبت به عدم کاربرد کود زیستی شد (Rezaei et al., 2016; Khorramdel et al., 2010). همچنین افزایش شاخص کلروفیل گشنیز (*Coriandrum sativum*) و ریحان (*Ocimum basilicum*) با کاربرد قارچ میکوریزا و قرنفل (*Dianthus barbatus*) با کاربرد توآمان قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات نسبت به عدم تلقیح، گزارش شده است (Aslani et al., 2010; Barari Ziabari & Hashemabadi, 2016; Bastami & Majidian, 2016).

تعداد شاخه‌های جانبی

تعداد شاخه‌های جانبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد واقع شد (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی بالنگو به ترتیب در تیمارهای +Gm

طول گل‌آذین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول گل‌آذین تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین طول گل‌آذین بالنگو (۱۷/۱ سانتی‌متر) با کاربرد انفرادی Gm مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کاربرد تلفیقی +Gm +Gi و +Gm +Gi +CF 50% نداشت. همچنین کمترین میزان طول گل‌آذین (۱۲/۷ سانتی‌متر) در تیمار +Gm +CF 50% حاصل شد. علاوه بر این، کاربرد انفرادی Gi و +Gi +CF 50% در رتبه سوم قرار گرفتند (جدول ۴). تلقیح میکوریزی سبب توسعه سطح کربن‌گیری گیاه شده که این خود اصولاً به علت افزایش کارایی مصرف آب، افزایش جذب عناصر غذایی و همچنین ظرفیت فتوسنتزی گیاه تلقیح شده می‌باشد (Ghorchiani et al., 2011)، از طرفی دیگر تلقیح با قارچ میکوریزا سبب تولید هورمون‌های مختلف از قبیل اکسین و جیبرلین می‌شود که در افزایش ارتفاع ساقه و به تبع آن طول گل‌آذین مؤثر است (Yazdani et al., 2009). در

گاوزبان، گلرنگ و سیاهدانه در نتیجه تلقیح مایکوریزا قبلاً گزارش شده است (Rezaei et al., 2017; Karimi Fard et al., 2017 et al., 2018).

وزن دانه در بوته

جدول تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳) بین تیمارهای مختلف از لحاظ وزن دانه در بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین وزن دانه در بوته بالنگو (۳/۷۵ گرم) مربوط به تیمار کاربرد CF + Gi + Gm 50% بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای 100% CF، CF + Gm 50% و کاربرد همزمان هر دو قارچ نداشت. کمترین وزن دانه در بوته (۲/۲۲ گرم) نیز با کاربرد CF + Gi 50% به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد جداگانه قارچ Gi نداشت (جدول ۴). قارچ‌های مایکوریزا از طریق گسترش شبکه‌های هیفی خارج از ریشه موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها شده که این امر در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مؤثر است. در شرایط دیم، همزیستی مایکوریزا کاهش در میزان پتانسیل آب برگ را به تعویق می‌اندازد. علاوه بر این، پتانسیل آب برگ گیاهان مایکوریزایی نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی بعد از کم‌آبی احتمالی در شرایط دیم زودتر به حالت اولیه بر می‌گردد. بنابراین جذب رطوبت بالاتر، حفظ پتانسیل آب برگ بیشتر به افزایش رشد در شرایط نامساعد دیم کمک می‌کند (Khaninejad et al., 2016). Wu et al. (2006) نتیجه گرفتند که تجمع یون‌ها و مولکول‌های آلی در واکنش برگ گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا تحت شرایط کم‌آبی بیشتر انجام شده و موجب کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های برگ و در نتیجه بهتر شدن کارایی فتوسنتزی آن‌ها می‌گردد. به‌طور کلی هنگامی که گیاهان توسط خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر فاکتورهایی که باعث کاهش پتانسیل آب شیره سلولی می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرند، بایستی غلظت اسمولیت‌های خود را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش‌زا ادامه پیدا کند (تنظیم اسمزی). در بین اسمولت‌های آلی، پرولین فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل شده

تطابق با نتایج آزمایش حاضر، افزایش ارتفاع بوته مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) و ریحان (*Ocimum basilicum*) در نتیجه تلقیح با مایکوریزا گزارش شده است (Azimi & Asghari, 2014; Esmaeelpour et al., 2013; Aghlmand et al., 2016). به‌طورکلی، در شرایط کمبود آب به دلیل کاهش آسیمیلاسیون CO₂، ارتفاع بوته و طول گل‌آذین کاهش می‌یابد. در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا منابع فتوسنتتیک گیاه از طریق بهبود شاخص سطح برگ افزایش که در نتیجه به دلیل ظرفیت تولید بیشتر، ارتفاع بوته و طول گل‌آذین افزایش می‌یابد (Gheisari Zardak et al., 2017).

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه (۴/۷۵ گرم) با کاربرد CF + Gi 50% حاصل شد. همچنین کمترین وزن هزاردانه (۳/۲ گرم) به تیمار کاربرد انفرادی Gi تعلق داشت که تفاوت معنی‌داری با تیمار CF + Gi 50% نداشت. تیمارهای 100% CF، کاربرد انفرادی GM، کاربرد همزمان CF + Gm 50% و CF + Gi 50% در رتبه حد وسط قرار گرفتند (جدول ۴). افزایش عملکرد اندام هوایی با افزایش شاخ و برگ و افزایش عملکرد اندام زمینی با افزایش جذب مواد همراه می‌باشد، بنابراین تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته و به تبع آن انتقال این مواد به سمت مخازن (بذر) نیز افزایش می‌یابد که در نهایت موجب افزایش وزن هزاردانه با کاربرد قارچ مایکوریزا می‌شود (Wu & Xia, 2006). مایکوریزا به علت بهبود جذب مواد غذایی و اثرات هم‌افزایی با دیگر ریز موجودات خاکزی باعث افزایش مثبتی در وضعیت رشدی گیاه می‌شود (Rivera- et al., 2008). Cruz)، همچنین کاربرد کودهای زیستی به‌علت تولید هورمون‌های گیاهی از طریق تحریک تقسیم سلولی اندام‌های گیاهی از جمله بذر باعث فراهمی بهتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها شده و در نتیجه بهبود رشد گیاهی اتفاق می‌افتد (Rivera-Cruz et al., 2008). افزایش وزن هزاردانه گل

در سیتوسل عملکرد آن بهبود پیدا کرد. از سویی دیگر برخی نتایج بهبود عملکرد گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش را به کاهش اثرات منفی گونه‌های فعال اکسیژن از طریق انباشت H_2O_2 در سیتوسل، دیواره‌های هیف و آرباسکول‌های قارچ نسبت دادند (Khalvandi et al., 2019). همچنین افزایش وزن خشک گیاهان دارویی همزیست شده با قارچ میکوریزا را به افزایش جذب آب و حفظ محتوای نسبی آب بیشتر، افزایش تخصیص و انتقال مواد غذایی بین ریشه و ساقه و همچنین به دلیل افزایش محتوای کلروفیل برگ و نقش فعال تر واکنش نوری نسبت دادند (Khalvandi et al., 2019). در تطابق با پژوهش حاضر بالاترین وزن زیست توده خشک رازیانه (*Foeniculum vulgare*) در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی آروسپیریلیوم مشاهده شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). همچنین، افزایش زیست توده شوید (*Anethum graveolens*)، زنیان (*Trachyspermum ammi*) و ریحان (*Ocimum basilicum*) در نتیجه تلقیح با میکوریزا گزارش شده است (Kapoor et al., 2002; Zolfaghari et al., 2013). تعدادی از محققین (Yang et al., 2011; Yan et al., 2016) کاهش میزان فتوسنتز خالص برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و افزایش غلظت CO_2 بین سلولی در شرایط کمبود آب را گزارش نموده‌اند. لذا کاربرد قارچ میکوریزا در این شرایط می‌تواند از طریق افزایش تبادلات گازی برگ، پروتئین محلول و پرولین و کاهش غلظت CO_2 بین‌سلولی و میزان مالون دی‌آلدئید (نتیجه پراکسیدان لیپیدی بوده که می‌تواند بیانگر خسارت اکسیداسیونی باشد) منجر به بهبود رشد گیاهان در شرایط نامساعد شود (Zhang et al., 2018). Zhang et al. (2018) بهبود تبادلات گازی برگ با کاربرد قارچ میکوریزا را به افزایش جذب آب و مواد غذایی در شرایط تنش نسبت دادند. علاوه بر این، افزایش عملکرد ماده خشک و دانه گیاهان همزیست شده با میکوریزا در شرایط دیم به جذب فسفر نسبت داده شده است (Gheisari Zardak et al., 2017). زیرا بهبود جذب فسفر توسط گیاهان تلقیح شده با میکوریزا به عنوان یک مکانیسم اولیه

سازگار است که تجمع می‌یابد. طی تحقیقات انجام شده بیشترین میزان پرولین مربوط به گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا بوده است (Aslani et al., 2010). در بررسی اثر کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا و کود فسفره روی گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum*) مشاهده شد که بالاترین وزن دانه در بوته با کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا و کود فسفره به دست آمد (Hamzei & Salimi, 2015).

وزن خشک کل

عملکرد ماده خشک تحت تأثیر تیمارهای مختلف در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۸). بیشترین وزن خشک (۴۲۶/۳ گرم در متر مربع) مربوط به کاربرد 50% CF+Gi+Gm بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای 50% CF، Gi+Gm و کاربرد انفرادی Gm بود. کمترین وزن خشک (۲۸۹/۸ گرم در متر مربع) هم در تیمار 50% CF+Gi حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با 100% CF و کاربرد انفرادی Gi نداشت (جدول ۹). عملکرد گیاهان میکوریزایی وابسته به توانایی قارچ همزیست در جذب مواد معدنی و آلی در دسترس خاک می‌باشد، دلیل اصلی افزایش رشد و عملکرد گیاهان میکوریزایی توانایی جذب عناصر کارآمد مانند فسفر توسط گیاه است که بر پارامترهای فیزیولوژیک گیاه از جمله فتوسنتز تأثیر گذاشته و باعث افزایش زیست توده گیاهی می‌شود (Fadaee et al., 2018). همچنین گزارش شده در تلقیح میکوریزا سطح هورمون‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش آن‌ها به ویژه سیتوکینین، نرخ فتوسنتز از طریق عواملی همچون باز شدن روزنه‌ها، تأثیر بر انتقال یون‌ها و تنظیم مقدار کلروفیل بیشتر می‌شود. زیاد شدن نرخ فتوسنتز می‌تواند با تحریک رشد باعث افزایش زیست‌توده گیاهان شود (Esmailpour et al., 2013). علاوه بر این، مشاهده شده است که در شرایط تنش قارچ‌های میکوریزا به حفظ یکپارچگی و ساختار غشایی گیاه ننعاع فلفلی کمک می‌کنند و همزیستی قارچ آسیب به غشای سلولی را از طریق نشت الکترولیت پایین کاهش داده و از این طریق به واسطه افزایش مکانیسم‌های دفاعی

تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا به همراه کود فسفره به دست آمد (Hamzei & Salimi, 2015; Fadaee *et al.*, 2018).

تعداد دانه در چرخه گل

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد تعداد دانه در چرخه گل تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. بیشترین تعداد دانه در چرخه گل بالنگو مربوط به تیمار کاربردی 50% CF+Gi +Gm حاصل شد که با تیمارهای 50% CF +Gm و 100% CF تفاوت معنی داری نداشت. کمترین تعداد دانه در چرخه گل مربوط به کاربرد انفرادی Gi بود (جدول ۴). بررسی‌های Wu & Xia (2006) نشان داد که میکوریزا در افزایش فتوسنتز گیاه میزبان به طور مستقیم نقش مؤثری ندارد، ولی از طریق بهبود روابط آبی در سیستم متشکل از آب، خاک، گیاه و همچنین تغییر روابط هورمونی گیاه سطح فتوسنتز کننده میزبان را افزایش می‌دهد. تعداد دانه در چرخه گل در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هرچه تعداد دانه بیشتر باشد گیاه دارای مخزن بیشتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر افزایش تعداد دانه در بلال ذرت (*Zea mays L.*)، تعداد دانه در کپسول کتان (*Linum usitatissimum*) و تعداد دانه در غلاف سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) با کاربرد میکوریزا گزارش شده است (Soltanian & Khorramdel *et al.*, 2010; Tadayyon, 2015).

تعداد دانه در ساقه اصلی

جدول تجزیه واریانس نشان داد بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ تعداد دانه در ساقه اصلی اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در ساقه اصلی (۱۵۱/۲) مربوط به کاربرد همزمان Gm+Gi بود که تفاوت معنی داری با تیمارهای 50% CF +Gm، 50% CF+Gi+Gm و کاربرد انفرادی Gm نداشت. همچنین کمترین تعداد دانه در ساقه اصلی (۱۲۶/۲)

افزایش مقاومت به کمبود آب در نظر گرفته می‌شود. جذب فسفر در شرایط تنش، تحمل گیاهان را از طریق افزایش حساسیت اسید ابسیزیک روزنه، هدایت روزنه‌ای و تعرق بهبود می‌بخشد (Bethlenfalvay *et al.*, 1988). همچنین با افزایش جذب فسفر بیوماس میکروبی خاک افزایش معنی داری پیدا کرده و به تبع آن میزان CO₂ خاک افزایش که در محلول خاک به فرم H₂CO₃ تبدیل خواهد شد. این اسید، مواد معدنی حاوی فسفر را حل و به موجب آن فسفر قابل دسترس افزایش و عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان بهبود پیدا می‌کنند (Gheisari Zardak *et al.*, 2017).

تعداد چرخه گل در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تعداد چرخه گل در بوته تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد واقع شد (جدول ۳). بیشترین تعداد چرخه گل در بوته بالنگو (۶۳/۶) در تیمار 50% CF+Gi+Gm مشاهده شد. همچنین کمترین تعداد چرخه گل در بوته (۴۰/۶) در تیمارهای کاربردی انفرادی Gi و 50% CF +Gi حاصل شد. تیمارهای 100% CF، 100% Gm، 50% CF+Gm و Gi+Gm نیز در رتبه وسط قرار گرفتند (جدول ۴). افزایش تعداد چرخه‌ی گل در نتیجه همزیست با میکوریزا به افزایش جذب فسفر نسبت داده شده است (Fadaee *et al.*, 2018). قارچ‌های میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، برخی عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاه میزبان می‌شوند (Supratim *et al.*, 2018). افزایش تعداد کپسول کنجد (*Sesamum indium L.*)، تعداد چتر در گشنیز (*Linum Coriandrum*) و تعداد کپسول کتان (*Linum usitatissimum*) با کاربرد قارچ میکوریزا گزارش شده است (Soltanian & Tadayyon, 2015; Shajari *et al.*, 2016; Khaninejad *et al.*, 2014). همچنین گزارش شد بیشترین تعداد گل در بوته بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) و بیشترین تعداد کاپیتول در بوته ماریتیغال (*Silybum marianum*) در

کود زیستی داشته، چنانچه به‌طور متوسط تعداد دانه در گیاه ۱۹ درصد نسبت به کاربرد انفرادی کودهای آلی و زیستی افزایش یافت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد دانه بالنگو می‌باشد (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد دانه بالنگو (۸۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ۵۰٪ CF + Gi + Gm بود. تیمارهای ۱۰۰٪ CF و ۵۰٪ CF + Gm در رتبه دوم قرار گرفتند. همچنین کمترین میزان عملکرد دانه (۴۶۳/۵ کیلوگرم در هکتار) به کاربرد انفرادی قارچ اینترادایسس بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۵۰٪ CF + Gi و کاربرد انفرادی Gm تعلق داشت (جدول ۴). پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آنها در ریزوسفر، بخشی از ریشه‌ها وارد سیستم ریشه گیاه شده و موجب کاهش غلظت اسید آبسزیک گشته و در مقابل میزان سیتوکینین را افزایش می‌دهند. این عمل سبب گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب در شرایط دیم می‌شود. همچنین ریشه‌های برون‌ریشه‌ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل‌کننده فسفات‌های محلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر را افزایش و در نتیجه عملکرد بهبود می‌یابد (Khalvati et al., 2005). در پژوهش انجام شده توسط Bagheri et al. (2019)، میکوریزا تمام پارامترهای رشد رویشی و زایشی گیاه آهار (*Zinnia elegans* L.) را نسبت به شاهد افزایش داد و این موضوع زمانی اهمیت پیدا می‌کند که این افزایش‌ها در شرایط تنش مشاهده گردید. میکوریزاها قادرند با استفاده از گسترش ریشه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب ریشه، فاصله بین مواد غذایی و ریشه را کاهش و باعث افزایش عملکرد گیاهان گردند (James et al., 2008). بیان شده هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست با میکوریزا در نتیجه افزایش سطح و یا طول ریشه‌ها بیشتر بوده و همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه دو تا سه برابر بیشتر از حالت بدون تلقیح می‌باشد. این دو عامل موجب می‌شوند تا

مربوط به کاربرد انفرادی Gi بود (جدول ۴). همزیستی با میکوریزا به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش سرعت و دوام فتوسنتز باعث افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن شده که این امر منجر به افزایش تعداد دانه در گیاهان تلقیح شده می‌شود (Copetta et al., 2006). در تطابق با نتایج این پژوهش، Masoumi Zavarian et al. (2015) با بررسی اثر دو گونه قارچ موسه و اینترادایسس روی گیاه انیسون (*Pimpinella anisum*) گزارش کردند قارچ موسه بیشترین تأثیر را روی تعداد بذر در چترک داشت.

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در بوته به ترتیب با کاربرد ۵۰٪ CF + Gi + Gm، ۱۰۰٪ CF، Gi + Gm و ۵۰٪ CF + Gm حاصل شد. همچنین کمترین تعداد دانه در بوته (۳۳۴/۵) مربوط به تیمار ۵۰٪ CF + Gi بود که تفاوت معنی‌داری با کاربرد انفرادی Gi نداشت (جدول ۴). کود زیستی میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب مواد باعث بهبود کارایی جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر شده و با توجه به نقش فسفر در افزایش تعداد دانه، می‌توان افزایش توان تولیدی بذر با کاربرد میکوریزا را به این موضوع نسبت داد. همچنین با توجه به اثر مثبت کاربرد توأم قارچ میکوریزا و کود شیمیایی بر تعداد دانه در گیاه، گزارش شده که مصرف نیتروژن از طریق تغییر شکل میکوریزا بر روی ریشه و تولید اسپورکارپ قارچ میکوریزا بر تولید بذر گیاه اثر مثبتی می‌گذارد (Toussaint et al., 2007). در تطابق با نتایج این پژوهش Shajari et al. (2014) گزارش کردند بیشترین تعداد دانه در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) با کاربرد تلفیقی میکوریزا + کود شیمیایی حاصل شد. به‌طوری که باعث افزایش ۲۱ درصد تعداد دانه در گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین نتیجه گرفتند کاربرد تلفیقی کود زیستی میکوریزا با سایر کودها اثر به مراتب بهتری در مقایسه با کاربرد انفرادی

قندهای محلول در شرایط تلقیح به بهبود سطح برگ و کاهش اکسیداسیون نوری کلروفیل منجر شد. با مقایسه شرایط خشکی و آبیاری کامل مشاهده شد که در شرایط آبیاری میزان قندهای محلول در شوید تلقیح یافته نسبت به حالت بدون تلقیح کاهش یافت. علاوه بر این، همزیستی با قارچ میکوریزا در شرایط نرمال منجر به صرف انرژی بیشتر جهت انتقال کربوهیدرات به ریشه‌ها خواهد شد. به طوری که در این شرایط قارچ ۲۰-۲ درصد تولید آسیمیلات روزانه گیاه را مصرف می‌کند. بنابراین در شرایط نرمال توانایی گیاهان جهت استفاده از کارایی قارچ‌های میکوریزا به دلیل کلونیزاسیون کمتر کاهش می‌یابد (Gheisari Zardak et al., 2017).

درصد اسانس

درصد اسانس بالنگو تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای مختلف قرار گرفت (جدول ۸). بیشترین درصد اسانس (۵۱٪) در تیمار ترکیبی 50% CF + Gi + Gm مشاهده شد. همچنین کمترین درصد اسانس (۲۰٪) در تیمار 100% CF حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد انفرادی Gi نداشت. تیمارهای Gm + Gi، Gm + 50% CF و 50% CF + Gi + Gm در حد وسط قرار گرفتند (جدول ۹). از آنجا که اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و بیوسنتز واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها) نیازمند ATP و NADPH هستند و با توجه به این که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات اخیر ضروری می‌باشد، لذا می‌توان چنین استدلال کرد که افزایش میزان اسانس در پاسخ به افزایش میزان ترکیبات پیش ماده و مولکول‌های حامل انرژی بوده است (Degenhardt et al., 2009). علاوه بر این، از آنجایی که بسیاری از اسانس‌ها خواص ضد میکروبی دارند می‌توان افزایش سنتز اسانس در گیاهان همزیست با میکوریزا را یک پاسخ دفاعی در برابر تجمع میکروارگانیزم در شرایط دیم محسوب نمود (Sangwan et al., 2001). علاوه بر این، تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی بیشتر در شرایط کمبود آب را به کاهش خسارت اکسیداسیونی سلول‌ها نسبت داده‌اند (Gheisari

گیاهان همزیست شده بتوانند آب را به نحو مؤثرتری از خاک جذب کرده و به عبارت دیگر کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهند و بدین صورت به گیاه کمک می‌کند تا شرایط کمبود آب را در شرایط دیم تحمل نماید (Zahra & Loynachan, 2003). گزارش شده تلقیح میکوریزا خصوصیات کمی و کیفی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) را نسبت به شاهد افزایش داد (Ghasemian et al., 2017).

کاربرد قارچ‌های گلوموس موسه و گلوموس *ایترا/ادایسس* در شرایط کم آبی عملکرد گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) را نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ) افزایش دادند (Rahimi et al., 2018). علاوه بر این نتایج مشابهی مبنی بر افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در نخود و درمنه بر اثر تلقیح میکوریزایی گزارش شده است (Alimadadi et al., 2011; Kapoor et al., 2007). حتی محققان نشان دادند که تلقیح دانه‌های رازیانه با میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی عملکرد دانه‌ای مشابه و حتی بیشتر از دانه‌های غیر تلقیح که آبیاری کامل شده بودند، تولید کرد (Gheisari Zardak et al., 2018). تحت شرایط دیم، کاهش محتوای آب بافت‌های گیاهی باعث محدودیت رشد و تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌شود (Fathi & Tari, 2016). یکی از مکانیسم‌های کارآمدی که گیاه به هنگام مواجه با کمبود آب برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی به خدمت می‌گیرد، تنظیم فشار اسمزی است. طی این پدیده فیزیولوژیکی، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت یک سری ترکیبات اسمزی (نظیر اسیدهای آمینه، پرولین، قندهای محلول و ...)، در سلول‌ها کاهش می‌یابد و بنابراین با تداوم جذب آب، فشار آماس سلول‌ها در حد مطلوب حفظ می‌شود (Khalid, 2006). ثابت شده در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا، تنظیم اسمزی به عنوان یک مکانیسم مقاومت خشکی محسوب می‌شود. در پژوهشی تجمع غلظت قندهای محلول شوید تلقیح شده با *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* تحت شرایط تنش شدید کمبود آب در مقایسه با حالت نرمال ۵۱ درصد بیشتر بود (Gheisari Zardak et al., 2017). افزایش غلظت

تولید پیش ماده‌های اولیه بیوسنتز اسانس‌ها می‌شوند (Ashraf *et al.*, 2005). علاوه بر این، از آنجایی که در مسیر ساخت اجزای اسانس، پیش ماده‌هایی مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات، دی‌متیل آلایل پیرو فسفات و ژرانیل پیروفسفات، عنصر فسفر نقش ساختاری و حیاتی دارد، به نظر می‌رسد که تیمار گیاهان با قارچ‌های میکوریزا منجر به افزایش جذب فسفر توسط گیاه گردیده و در نتیجه مقدار ترکیبات پیش ماده اسانس افزایش می‌یابد (Degenhardt *et al.*, 2009). طبق تحقیقات Copetta *et al.* (2006) افزایش تعداد کرک‌ها و غده‌های اسانس‌دار و در نتیجه آن افزایش عملکرد اسانس در گیاه ریحان در پی تلقیح میکوریزایی اتفاق می‌افتد، در حقیقت افزایش عملکرد اسانس مرتبط با تعداد بیشتر کرک‌های غده‌ای سطحی است که محل اصلی تولید و تجمع اسانس می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان با ایجاد عوامل استرس‌زا برای گیاهان، بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه آنان را بهبود بخشید. عوامل بیولوژیکی می‌توانند بعنوان فعال‌کننده‌های آنزیم‌های کلیدی درگیر در متابولیسم ثانویه عمل کنند که به‌طور مشخصی مرتبط با مکانیسم‌های دفاعی گیاهان علیه پاتوژن‌ها هستند (Ramamoorthy *et al.*, 2001). افزایش عملکرد اسانس شوید (*Anethum graveolens* L.)، نعناع وحشی (*Mentha arvensis*)، ریحان، رزماری، زوفا و رازیانه با کاربرد میکوریزا قبلاً گزارش شده است (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007; Omid Younesi *et al.*, 2018; Leithy, 2006 Kouchak *et al.*, 2008; *al.*, 2018). علاوه بر این، در تطابق با نتایج آزمایش حاضر، بیشترین میزان عملکرد اسانس ریحان با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+ کودهای زیستی (ازتوباکتر+ آزوسپیریلیوم+ قارچ میکوریزا) به‌دست آمد (Aghighi *et al.*, 2019).

ترکیب‌های اسانس بالنگو

در آنالیز اسانس بالنگوی شهری ۲۱ ترکیب شناسایی شد (جدول ۵)، که در این بین لینالول، منتون، ژرانول، منتیل استات، ژرانول استات، والنسن، کاریوفیل اکساید و اکتادنس ترکیب‌های غالب اسانس بودند. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، (Mafakery *et al.*, 2009) با

(Zardak *et al.*, 2017). همچنین قارچ میکوریزا باعث ایجاد تغییراتی در غلظت فیتوهورمون‌های گیاهی از قبیل جاسمونیک اسید، ژبیرلیک اسید و سیتوکینین می‌شود که این فیتوهورمون‌ها، تشکیل غده‌های ترشح کننده اسانس را بیشتر کرده در نتیجه منجر به تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Kapoor *et al.*, 2017). در حقیقت وجود مقادیر بالاتر این متابولیت‌ها در شرایط دیم، نشانگر توان بالقوه بالنگو در تولید متابولیت‌های ثانویه در واکنش به محدودیت‌های اعمال شده از سوی محیط است. افزایش رشد و درصد اسانس رازیانه و بادرشبی با تلقیح دو گونه قارچ میکوریزا (*G. fasciculatum* و *G. mosseae*) توسط Kapoor *et al.* (2004) و Fadaee *et al.* (2018) گزارش شده است. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، (Fadaee *et al.*, 2018) با بررسی اثر سویه‌های قارچ میکوریزا (*G. intraradiceae* و *G. mosseae*) و کود شیمیایی بر گیاه بادرشبی تحت شرایط خشکی گزارش کردند که بیشترین میزان اسانس در تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و کود شیمیایی حاصل شد. به‌طوری که میزان اسانس با کاربرد قارچ‌های میکوریزا ۳۰۰ درصد افزایش یافت. همچنین Zakerian *et al.* (2020) نیز بیشترین درصد اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahendica* Bornm.) را با کاربرد توأمان *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* گزارش کردند.

عملکرد اسانس

جدول تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر عملکرد اسانس بالنگو می‌باشد (جدول ۸). بیشترین عملکرد اسانس (۲/۲ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار CF + Gi + Gm 50% بود و کمترین مقدار آن (۰/۹۳ گرم در مترمربع) نیز در تیمار 100% CF حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با Gi و CF + Gi 50% نداشت (جدول ۹). قارچ میکوریزا جذب فسفر، نیتروژن و پتاسیم را در گیاه افزایش می‌دهد و در صورتی که گیاه نیتروژن کافی در اختیار داشته باشد، رشد و نمو آن افزایش و سطح برگ و پیکر رویشی بیشتری تولید می‌کند، همه این عوامل باعث افزایش بازده فتوسنتزی و

نیتروژنه و فسفره حاصل شد (Aghighi Shahverdi et al., 2019). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد ترکیبات لینالول، منتون، ژرانیول، منتیل استات، ژرانیول استات، والنسن و کاریوفیلن اکساید تحت تأثیر تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. بیشترین مقدار کاریوفیلن اکساید (۹/۸ درصد)، ژرانیول (۳/۹ درصد) و والنسن (۴/۷ درصد) مربوط به تیمار CF+Gi +Gm 50% بود، همچنین بیشترین مقدار منتیل استات (۹/۷ درصد) و ژرانیوا استات (۵/۵ درصد) به کاربرد همزمان Gm و Gi تعلق داشت. بیشترین مقدار لینالول در تیمارهایی با کاربرد CF +50% Gm مشاهده شد. بیشترین مقدار منتون در تیمارهایی با کاربرد Gm، Gi، کاربرد همزمان Gm +Gi و کاربرد تلفیقی CF +50% Gm حاصل شد (جدول ۷).

بررسی تأثیر کودهای زیستی، شیمیایی و نانو بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بالنگو، ۲۳ ترکیب در اسانس آن شناسایی کردند. بر طبق نتایج حاصل (جدول ۵) مشاهده می‌شود که بیشترین مجموع ترکیبات اسانس با کاربرد انفرادی قارچ موسه و بعد از آن با کاربرد تلفیقی قارچ موسه+ قارچ اینترارادایسس+ ۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. دلیل آن به اثر هم‌افزایی بین این کودها و در نتیجه افزایش فعالیت‌های میکروارگانیسم‌های خاک و متعاقب آن افزایش میزان دسترسی به عناصر به خصوص فسفر که از عناصر اصلی اسانس است، نسبت داده می‌شود (Aghighi Shahverdi et al., 2019). کمترین میزان ترکیبات اسانس هم با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به دست آمد. در تطابق با نتایج حاضر، کمترین ترکیبات اسانس گیاه ریحان در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی

جدول ۵. ترکیبات شناسایی شده در اسانس بالنگوی شهری

Table 5. Identified compositions in the essential oil of *Lallemantia iberica*

Row	Composition	Retention indices	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1	β -Ocimene	1044	0.74	0.49	1.22	0.55	0.50	1.60	1.07
2	Linalool	1059	5.79	5.11	1.18	1.50	1.79	3.73	1.31
3	Menthone	1148	1.63	1.75	1.52	1.99	0.93	0.47	0.57
4	Dodecane- <i>n</i>	1200	0.28	4.47	1.11	1.83	0.87	0.47	0.48
5	Geraniol	1249	0.90	0.71	0.31	0.61	0.91	1.51	3.01
6	Geranial	1264	3.71	2.29	2.77	1.56	0.64	0.69	3.89
7	Menthyl acetat	1294	2.85	8.57	9.73	9.89	5.83	2.40	8.47
8	Bourbonene- β	1387	0.32	7.62	3.61	0.15	4.32	0.79	0.32
9	Geranyl acetate	1379	1.43	3.95	2.24	5.46	2.48	3.16	1.86
10	Tetradecan- <i>n</i>	1400	0.32	1.84	1.08	0.18	4.15	0.47	0.47
11	Caryophyllene- <i>E</i>	1417	3.82	2.93	1.33	3.12	2.32	2.78	1.33
12	Germacrene D	1487	0.54	0.66	0.32	0.54	2.08	0.42	3.75
13	Valencene	1496	0.15	1.14	2.30	1.89	4.20	4.82	0.69
14	Bicyclogermacrene	1500	2.68	0.89	4.06	1.07	0.51	1.21	0.48
15	Cadinene- δ	1522	1.89	1.02	2.40	0.91	1.39	4.35	0.28
16	Spathulenol	1577	2.02	1.30	1.78	0.84	2.38	0.65	0.71
17	Caryophyllene oxide	1582	1.00	9.05	1.84	5.24	12.74	13.21	15.44
18	Viridiflorol	1592	1.01	9.07	1.80	5.24	19.59	8.35	11.73
19	Hexadecane	1600	1.82	0.83	1.17	1.51	1.69	0.46	2.66
20	Octadecane	1800	0.07	2.33	1.55	0.42	1.35	1.67	1.59
21	Nonadecane	1900	4.08	2.23	3.17	2.02	5.15	3.84	3.06
	Total Identified (%)		37.01	68.25	46.49	41.28	59.18	57.05	63.14

T1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی)، T2 (کاربرد قارچ موسه)، T3 (کاربرد قارچ اینترارادایسس)، T4 (قارچ موسه+ قارچ اینترارادایسس)، T5 (۵۰ درصد کود شیمیایی+ قارچ موسه)، T6 (۵۰ درصد کود شیمیایی+ قارچ اینترارادایسس)، T7 (۵۰ درصد کود شیمیایی+ قارچ اینترارادایسس+ قارچ موسه).
T1 (100% Chemical fertilizer), T2 (*Glomus mosseae*), T3 (*Glomus intraradices*), T4 (*Glomus mosseae*+ *Glomus intraradices*), T5 (50% Chemical fertilizer+ *Glomus mosseae*), T6 (50% Chemical fertilizer+ *Glomus intraradices*), T7 (50% Chemical fertilizer+ *Glomus mosseae*+ *Glomus intraradices*).

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی ترکیبات اسانس بالنگوی شهری

Table 6. Results of variance analysis effect of biological and chemical fertilizers on some essential oil composition of *Lallemantia iberica*

Source of variation	d.f	Means of Square							
		Valencen	Octadeca	Menthyl	Menthone	Linalool	Geranyl acetate	Geranial	Caryophyllene oxide
Replication	2	0.778 ^{ns}	0.014 ^{ns}	3.064 ^{**}	0.234 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.12 ^{ns}	3.01 ^{ns}
Treatment	6	3.21 ^{**}	1.729 ^{**}	30.021 ^{**}	1.077 ^{**}	11.27 ^{**}	6.19 ^{**}	5.29 ^{**}	24.48 ^{**}
Error	12	0.280	0.059	0.380	0.107	0.147	.052	0.91	0.89
C.V (%)		19.2	20.1	10.1	25.6	13.1	25.4	13.5	20.5

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی ترکیبات اسانس بالنگوی شهری
Table 7. Mean comparison effect of biological and chemical fertilizers on some essential oil composition of *Lallemantia iberica*

Fertilizer treatments	Valencen (%)	Octadeca (%)	Menthyl (%)	Menthone (%)	Linalool (%)	Geranyl Acetate (%)	Geranial (%)	Caryophyllene Oxide (%)
100% CF	1.535 e	1.351 bc	3.170 d	0.938 b	1.793 c	1.503 cd	0.643 d	1.745 c
<i>G. mosseae</i>	3.480 b	2.334 a	8.573 b	1.758 a	5.112 a	3.959 b	2.229 b	5.711 b
<i>G. intraradices</i>	2.305 cd	1.556 bc	7.398 c	1.529 a	1.186 c	2.248 cd	2.772 b	2.175 c
<i>G. mosseae</i> + <i>G.intraradices</i>	2.500 c	0.428 d	9.696 a	1.996 a	1.502 c	5.467 a	1.565 c	4.907 b
50% CF+ <i>G. mosseae</i>	2.572 c	0.074 d	2.716 d	1.368 a	5.790 a	1.433 d	3.711 a	5.674 b
50% CF+ <i>G. intraradices</i>	2.160 d	1.122 c	2.407 d	0.497 b	3.722 b	2.493 cd	0.693 d	2.215 c
50% CF+ <i>G. intraradices</i> + <i>G. mosseae</i>	4.690 a	1.590 b	8.477 bc	0.577 b	1.314 c	2.865 bc	3.894 a	9.774 a

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن خشک کل، میزان و عملکرد اسانس بالنگوی شهری
Table 8. Results of variance analysis effect of biological and chemical fertilizers on total dry weight, essential content and essential oil yield of *Lallemantia iberica*

Source of variation	d.f	Means of Square		
		Total dry weight	Essential oil	Essential oil yield
Replication	2	10220.32*	0.001 ^{ns}	0.21**
Treatment	6	5986.354*	0.015**	0.54**
Error	12	1722.32	0.001	0.02
C.V (%)		11.80	6.18	12.13

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.
ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن خشک کل، میزان و عملکرد اسانس بالنگوی شهری
Table 9. Mean comparison effect of biological and chemical fertilizers on total dry weight, essential oil and essential oil yield of *Lallemantia iberica*

Fertilizer treatments	Essential oil yield (g.m ⁻²)	Essential oil (%)	Total dry weight (g.m ⁻²)
100% CF	0.92 e	0.280 c	328.8 bc
<i>G. mosseae</i>	1.308 bcd	0.356 b	366.6 abc
<i>G. intraradices</i>	1.053 cde	0.330 bc	318.7 bc
<i>G. mosseae</i> + <i>G.intraradices</i>	1.412 b	0.373 b	378.8 ab
50% CF+ <i>G. mosseae</i>	1.324 bc	0.373 b	353.7 abc
50% CF+ <i>G. intraradices</i>	1.014 de	0.350 b	289.8 c
50% CF+ <i>G. intraradices</i> + <i>G. mosseae</i>	2.193 a	0.513 a	426.3 a

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

کمبود مواد غذایی سبب کاهش عملکرد و به‌دنبال آن کاهش میزان مواد مؤثره شده است، عدم توازن در کاربرد کودها نیز اثری مشابه داشته و سبب کاهش میزان اسانس تولیدی خواهد شد (Mafakery *et al.*, 2009). Weisany *et al.* (2015) با بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر ترکیبات اسانس شوید (*Anethum graveolens* L.) مشاهده کردند که تلقیح میکوریزا ترکیبات آلفا فیلاندرن، لیمونن، بتا فیلاندرن، ترپن-۴، کریپتونن، کاروون، ایزو دی هیدروکاروون، مریستیسین و آپبول را افزایش داد. همچنین تلقیح گیاه نعنای با قارچ میکوریزا باعث افزایش محتوای ترکیبات لیمونن،

در رابطه با تأثیر قارچ میکوریزا بر درصد و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس بالنگو می‌توان اظهار نمود که فراهم بودن بیشتر عناصر غذایی برای گیاهان تلقیح شده باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی شده که به نوبه‌ی خود بر افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانویه نیز تأثیرگذار است. زیرا تغذیه مناسب گیاهان سبب تقویت مسیرهای درگیر در تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Weisany *et al.*, 2015). به‌طوری‌که تیمارهای کودی در ساختمان آنزیم‌هایی که در مسیرهای بیوشیمیایی درگیر در سنتز مواد مؤثره گیاهی مؤثر هستند، دخیل می‌باشند. همان‌طور که

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، شاخص کلروفیل با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی مرسوم+ قارچ موسه+ قارچ اینترارادایسس حاصل شد. به طوری که عملکرد دانه با کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با قارچ موسه و اینترارادایسس نسبت به شاهد ۲۲/۰۲ درصد افزایش یافت. همچنین درصد و عملکرد اسانس بالنگو نیز با کاربرد توأمان هر دو قارچ به‌همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی نسبت به کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی افزایش معنی‌داری پیدا کردند. علاوه بر این، مجموع ترکیبات اسانس با کاربرد قارچ موسه و کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی به‌همراه قارچ موسه و اینترارادایسس نسبت به کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به‌ترتیب ۱۲۰/۰۹ و ۷۰/۶۰ درصد افزایش یافتند. لذا کاربرد قارچ موسه و اینترارادایسس به‌همراه ۵۰ درصد کودهای شیمیایی جهت کشت دیم گیاه دارویی بالنگو پیشنهاد می‌شود. با این وجود به منظور توصیه دقیق، تکرار این پژوهش در سال‌ها و مکان‌های دیگر ضروری به‌نظر می‌رسد.

۱-۸ سینوئل، کاروون، اگنول و منتیل سینمت آن شد (Karagiannidis et al., 2011). Geneva et al. (2010) با بررسی اثر قارچ میکوریزا بر مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) مشاهده کردند که میکوریزا باعث افزایش ترکیبات برنیل استات، سینئول ۸-۱، آلفا توجونس و بتا توجونس اسانس شد. افزایش بعضی از ترکیبات اسانس به تغذیه بهتر گیاهان هنگام تلقیح با قارچ میکوریزا نسبت داده شده است (Weisany et al., 2015). همچنین علت افزایش یا کاهش برخی از ترکیبات ممکن است به دلیل تغییرات ایجاد شده در برخی از آنزیم‌های مربوط به مسیرهای بیوسنتزی و یا تجزیه‌ای دخیل در متابولیسم متابولیت‌های ثانویه باشد که ممکن است حتی در سطح بیان برخی از ژن‌ها نیز چنین تغییراتی رخ دهد (Degenhardt et al., 2009). با بررسی تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*) مشاهده شد که گونه‌ی موسه تأثیر بیشتری بر روی درصد اسانس انیسون (*Pimpinella anisium*) داشت (Masoumi Zavarian et al., 2015).

REFERENCES

- Adams, R. P. (1997). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 6(8), 671-672.
- Alimadadi, A., Jahansouz, M. R., Besharati, H., Tavakkol-Afshari, R. & Tavakkoli, M. (2011). Evaluating the effects of biofertilizers and seed priming on chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed quality. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2), 362-365.
- Aghlmand, S., Esmaeilpour, B., abbaszadeh, P., Soltani, A. & Jalilvand, P. (2016). Effects of mycorrhizal fungi and salicylic acid on growth and physiological parameters of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit conditions. *Water and Soil Science*, 26(3), 51-66. (in Farsi)
- Aghighi Shahverdi, M., Amini Dahaghi, M., Ataei Somagh, H. & Mamivand, B. (2019). The effect of different nutritional systems with nitrogen and phosphorous fertilizers on quantitative and qualitative traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 41(4), 1-14. (in Farsi)
- Ashraf, H., Zakizadeh, H., Ehtesham, S. & Biglouei, M. (2018). Effect of mycorrhiza fungi on morphological, physiological and biochemical characteristics of four cool season grass genera under drought stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(4), 855-873. (In Farsi)
- Ashraf, M., Ali, Q. & Rha, E. S. (2005). The effect of applied nitrogen on the growth and nutrient concentration of Kalonji (*Nigella sativa*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(4), 459-463.
- Aslani, Z., Hassani, A., Sadagiyani, R., Sefidkon, F., Barin, M. & Gheibi, S. A. (2010). Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 2(2), 109-117. (in Farsi)
- Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M. M. & Salehi, A. (2019). Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas florescent* bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environmental Management*, 231, 182-188.
- Azimi, R. & Asghari, H. R. (2014). Effects of mycorrhiza symbiosis on initial establishment on morphological traits of thyme (*Thymus vulgaris*) under natural conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(4), 666-676. (in Farsi)

10. Barari Ziabari, M. & Hashemabadi, D. (2016). Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on quantity and quality features of sweet william (*Dianthus barbatus*). *Journal of Soil Biology*, 4(1), 63-73. (in Farsi)
11. Bagheri, V., Shamsheiri, M., Alaei, H. & Salehi, H. (2019). Influence of three species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrients uptake in zinnia plant under drought stress conditions. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 41(4), 83-96. (in Farsi)
12. Bastami, A. & 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. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7(26), 23-33. (in Farsi)
13. Bethlenfalvay, G. J., Brown, M. S., Ames, R.N. & Thomas, R. E. (1988). Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation water use and phosphate uptake. *Physiologia Plantarum*, 72, 565-571.
14. Colom, M. R. & Vazzana, C. (2003). Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Environmental and Experimental Botany*, 49(2), 135-144.
15. Copetta, A., Lingua, G. & Berta, G. (2006). Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*, 16(7), 485-494.
16. Degenhardt, J., Kollner, T. G. & Gershenzon, J. (2009). Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants. *Phytochemistry*, 70 (15), 1621-1637.
17. Esmaeelpour, B., Jalilvand, P. & 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(2), 169-177. (in Farsi)
18. Fadaee, E., Parvizi, Y., Gerdakane, M. & Khan-Ahmadi, M. (2018). The effects of mycorrhiza (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradiceae*) and phosphorus on growth and phytochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress. *Journal of Medicinal Plants*, 2(66), 100-112. (in Farsi)
19. Fathi, A. & Tari, D. B. (2016). Effect of drought stress and its mechanism in plants. *International Journal of Life Sciences*, 10(1), 1-6.
20. Ghasemian, V., Shafagh, J. & Pirzad, A. (2017). Effect of Fertilizer Treatments and Irrigation Regimes on *Lallemantia iberica* seed mucilage yield and compounds. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(3), 17-31. (in Farsi)
21. Geneva, M. P., Stancheva, I. V., Boychinova, M. M., Mincheva, N. H. & Yonova, P. A. (2010). Effects of foliar fertilization and arbuscular mycorrhizal colonization on (*Salvia officinalis* L.) growth, antioxidant capacity, and essential oil composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(4), 696-702.
22. Gholinezhad, E. (2017). Effect of two species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 150-167. (in Farsi)
23. Ghorchiani, M., Akbari, G., Alikhani, H. A., Allahdadi, I. & Zarei, M. (2011). Effect of arbuscular mycorrhiza fungi and *Pseudomonas florescence* bacterium on the ear traits, chlorophyll content and yield of (*Zea mays* L.) under moisture stress conditions, *Journal of Soil and Water*, 21, 97-114. (in Farsi)
24. Gheisari Zardak, S., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A. & Gholamhoseini, M. (2018). Effects of using arbuscular mycorrhizal fungi to alleviate drought stress on the physiological traits and essential oil yield of fennel. *Rhizosphere*, 6, 31-38. (in Farsi)
25. Gheisari Zardak, S., Dehnavi, M. M., Salehi, A. & Gholamhoseini, M. (2017). 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*, 5, 16-25. (In Farsi)
26. Gutierrez-Manero, F. J., Ramos-Solano, B., Mehrouachi, J., Tadeo, F. R. & Talon, M. (2001). The plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111(2), 206-211.
27. Hamzei, J. & Salimi, F. (2014). Root colonization, yield and yield components of milk thistle (*Silybum marianum*) affected by mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer. *Journal of Agricultural and Sustainable Production*, 24(4), 85-96. (in Farsi)
28. Jamzad, Z. (2012). *Flora of Iran*, Vol. 76. Tehran, Research Institute of Forests and Rangelands, 799-950.
29. James, B., Rodel, D., Loretto, U., Reynaldo, E. & Tariq, H. (2008). Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna spectabilis*. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5), 2217-222.
30. Jiang, Q. Y., Zhuo, F., Long, S. H., Zhao, H. D., Yang, D. J., Ye, Z. H. & Jing, Y. X. (2016). Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce Cd uptake and alleviate Cd toxicity of *Lonicera japonica* grown in Cd-added soils? *Scientific reports*, 6, 21805.
31. Kapoor, R., Giri, B. & 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(3), 307-311.

32. Karimi Fard, S., Gholami, A. & Gholipoor, M. (2017). Determination of growth characteristics and quality of *Nigella sativa* L. affected by mycorrhizal fungi symbiosis and ultrasonic waves. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(5), 741-753. (in Farsi)
33. Kapoor, R., Chaudhary, V. & Bhatnagar, A. K. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza*, 17(7), 581.
34. Kapoor, R., Anand, G., Gupta, P. & Mandal, S. (2017). Insight into the mechanisms of enhanced production of valuable terpenoids by arbuscular mycorrhiza. *Phytochemistry Reviews*, 16(4), 677-692.
35. Karagiannidis, N., Thomidis, T., Lazari, D., Panou-Filotheou, E. & Karagiannidou, C. (2011). Effect of three Greek arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth, nutrient concentration, and production of essential oils of oregano and mint plants. *Scientia Horticulturae*, 129(2), 329-334.
36. Khalvati, M. A., Hu, Y., Mozafar, A. & Schmidhalter, U. (2005). Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology*, 7(6), 706-712.
37. Khalvandia, M., Ameriana, M. R., Pirdashtib, H., Keramatib, S. & Hosseinic, J. (2019). Essential oil of peppermint in symbiotic relationship with *Piriformospora indica* and methyl jasmonate application under saline condition. *Industrial Crops & Products*, 127, 195-202
38. Khalid, K. A. (2006). Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20(4), 289-296.
39. Khaninejad, S., Khazaie, H. R., Nabati, J. & Kafi, M. (2016). Effect of three species of mycorrhiza inoculation on yield and some physiological properties of two potato cultivars under drought stress in controlled conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(4), 574-558. (in Farsi)
40. Kouchaki, A. R., Tabrizi, L. & Ghorbani, R. (2008). Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), 127-137. (in Farsi)
41. Khorramdel, S., Mahallati, M. N. & Ghorbani, R. (2010). Effect of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5), 768-776. (in Farsi)
42. Leithy, S., El-Meseiry, T. A. & Abdallah, E. F. (2006). Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(10), 773-779.
43. Morshedloo, M. R., Maggi, F., Neko, H. T. & Aghdam, M. S. (2018). Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit: essential oil variability in Iranian populations. *Industrial Crops and Products*, 111, 1-7.
44. Masoumi Zavarian, A., Yousefi Rad, M. & 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(56), 139-148.
45. Mahfouz, S. A. & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4), 361-366.
46. Mafakheri, S., Asghari, B. & Shaltookhi, M. (2016). Effects of biological, chemical and nano-fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(4), 667-677.
47. Rahimi, A., Jahanbin, S., Salehi, A. & Farajee, H. (2018). The effect of mycorrhiza on yield, oil content and water use efficiency of medicinal plant of Borage (*Borago officinails* L.) under water stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(2), 407-415. (in Farsi)
48. Ramamoorthy, V., Viswanathan, R., Raguchander, T., Prakasam, V. & Samiyappan, R. (2001). Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Protection*, 20(1), 1-11.
49. Rezaei, C. E., Khorramdel, S., Movludi, A. & Rahimi, A. (2017). Effects of nano chelated zinc and mycorrhizal fungi inoculation on some agronomic and physiological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 168-184. (in Farsi)
50. Rezaei, C. E., Jamali, M., Pirzad, A. & Tofiq, S. (2016). Effect of mycorrhizal fungi on some morphophysiological characters and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) in salt stress conditions. *Journal of Plant Process and Fanction*, 5(17), 15-28. (in Farsi)
51. Rivera-Cruz, M., Narcía, A. T., Ballona, G. C., Kohler, J., Caravaca, F. & Roldan, A. (2008). Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(12), 3092-3095.
52. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F. & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34(1), 3-21.
53. Shahbazi, Z., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M. & Farajee, H. (2019). The effect of organic fertilizer and mycorrhizal fungus on morphological characteristics, shoot biomass and mucilage of borage (*Borago officinalis*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3), 561-570. (in Farsi)

54. Shajari, M. A., Ghorbani, R. & Mahallati, M. N. (2014). Effects of organic, biological and chemical fertilizers on vegetative indices and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Agroecology*, 6(3), 425-443. (in Farsi)
55. Smith, S. E., Facelli, E., Pope, S. & Smith, F. A. (2010). Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326(1-2), 3-20.
56. Soltanian, M., Tadayyon, A. & Fallah, S. (2015). The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on some vegetative traits and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture)*, 17(3), 621-634. (in Farsi)
57. Supratim, B., Roel, C. R. & Sangeeta, N. (2018). AMF: The future prospect for sustainable agriculture. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102, 36-45.
58. Tashakorifard, E., Ghasemkheyli, F. T., Pirdashti, H., Ghanbary, M. A. T. & Bahmanyar, M. A. (2017). Symbiotic effect of *Trichoderma atroviride* on growth characteristics and yield of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) in a contaminated soil treated with copper nitrate. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 74-86. (in Farsi)
59. Toussaint, J. P., Smith, F. A. & Smith, S. E. (2007). Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza*, 17(4), 291-297.
60. Wahbi, S., Maghraoui, T., Hafidi, M., Sanguim, H., Oufdou, K. & Prin, Y. (2016). Enhanced transfer of biologically fixed N from faba bean to intercropped wheat through mycorrhizal symbiosis. *Applied Soil Ecology*, 107, 91-98.
61. Weisany, W., Raei, Y. & Pertot, I. (2015). Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. *Industrial Crops and Products*, 77, 295-306.
62. Wu, Q. S., Xia, R. X., Zou, Y. N. & Wang, G. Y. (2007). Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings to drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6), 543.
63. Wu, Q. S. & Xia, R. X. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology*, 163(4), 417-425.
64. Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H. & Esmaili, M. A. (2009). Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 3(1), 90-92.
65. Yan, W., Zhong, Y. & Shangguan, Z. (2016). A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought. *Scientific Reports*, 6, 20917.
66. Yang, J. Y., Zheng, W., Tian, Y., Wu, Y. & Zhou, D. W. (2011). Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. *Photosynthetica*, 49(2), 275-284.
67. Younesi, O., Moradi, A. & Mohammad Shafiee, M. (2018). Effects of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) on essential oil yield and composition of different parts of Dill (*Anethum graveolens* L.) under salt stress conditions. *Journal of Medicinal Plants Biotechnology*, 3(2), 8-19. (in Farsi)
68. Zahra, I. T. & Loynachan, T. E. (2003). Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. *Agronomy Journal*, 95(1), 224-230.
69. Zakerian, F., Sefidkon, F., Abbaszadeh, B. & Kalate-Jari, S. (2020). Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on physiological traits and essential oil percentage of *Satureja sahandica* Bornm. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1), 189-201. (in Farsi)
70. Zamani, F., Amirnia, R., Rezaei-chiyaneh, E. & Rahimi, A. (2017). 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. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(4), 217-231. (in Farsi)
71. Zhang, T., Hu, Y., Zhang, K., Tian, C. & Guo, J. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. *Industrial Crops and Products*, 117, 13-19.
72. Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F. & Rejali, F. (2013). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(2), 643-650. (in Farsi)