

## پاسخ اکوفیزیولوژیکی گیاهان میکوریزایی بالنگوی شهری (*Lallemania iberica*) به سطوح مختلف آبیاری

وحید قاسمیان<sup>۱\*</sup>، جلیل شفق کلوانق<sup>۲</sup>، علیرضا پیرزاد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

۱ دانشجوی دکترای گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز

۲ دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز

۳ استاد گروه زراعت، دانشگاه ارومیه

\*مسئول مکاتبه: Email: ghasemianvahid@yahoo.com

### چکیده

به منظور بررسی اثر میکوریزا بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی بالنگوی شهری تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری، یک آزمایش دو ساله در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به صورت اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهید بهشتی ارومیه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری پس از ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در کرت‌های اصلی و میکوریزا (*Glomus intraradices*)، *G. verruciform* (و شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تاثیر آبیاری و میکوریزا بر کلروفیل a، b و کل و کارتنوئید برگ، سوپر اکسید دیسموتاز و مالون دی‌آلدئید معنی‌دار نبود. بیشترین میزان قند محلول (۱۱۰/۷ میکرومول در گرم وزن تر) و عملکرد اسانس (۲/۲۵۸ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از رژیم‌های آبیاری ۱۲۰ و ۸۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمدند. بیشترین تعداد نیام (۱۹/۳۴ در بوته)، وزن هزار دانه (۳/۰۸۱ گرم) و عملکرد دانه (۵۸۹/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به گیاهان تلقیح شده با گونه اینترادیسس بود. بیشترین تعداد گره (۱۲/۵ گره در بوته) و قطر ساقه (۱/۱۶ میلی‌متر) از گیاهان میکوریزایی (*G. intraradices*) در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد. بیشترین شاخص برداشت (۲۶/۸۴ درصد) و بتائین گلاسیین (۵۱ میکرومول در گرم وزن تر) از گیاهان میکوریزایی (*G. verruciform*) به ترتیب در سطوح آبیاری ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمد. به طور کلی آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به دلیل مصرف آب کمتر و عملکرد بالاتر در گیاهان بالنگوی شهری میکوریزایی توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: اسانس، بالنگو، رنگیزه فتوسنتزی، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوموس، مالون دی‌آلدئید.

## Ecophysiological Response of Mycorrhizal Dragon's Head plants to Irrigation Levels

Vahid Ghasemian<sup>1\*</sup>, Jalil Shafagh Kalvanagh<sup>2</sup>, Alireza Pirzad<sup>3</sup>

Received: July 24, 2017 Accepted: December 13, 2017

1-PhD Student, Dept. of Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.

\*Corresponding Author Email: ghasemianvahid@yahoo.com

### Abstract

In order to evaluate the effect of mycorrhizae on the physiological characteristics and yield of medicinal plant 'Dragon's head' under different irrigation regimes, a 2-year (2014 and 2015) split plot experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Field of Shahid Beheshti college of Urmia. Treatments were irrigation after 40, 80, 120 and 160 mm of evaporation from pan class A as main plots and mycorrhizae (*Glomus intraradices*, *G. versiformis* and control) as sub plots. The effects of irrigation and mycorrhizae on the leaf chlorophyll (a, b and total), carotenoid, superoxid dismutase and malon dialdehyde were not significant. The highest total soluble carbohydrates (110.7  $\mu\text{mol/g}$  fresh weight) and yield of essential oil (2.258  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) were respectively obtained from irrigation after 120 and 80 mm of evaporation. The maximum number of pod per plant (19.34), 1000-seed weight (3.081 g) and seed yield (589.7  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) belonged to inoculated plants (*G. intraradices*). The greatest number of nod per pant (12.5) and stem diameter (1.16 mm) were obtained from mycorrhizal (*G. intraradices*) plants irrigated after 80 mm of evaporation. The highest harvest index (26.84 %) and betaine glycine (51  $\mu\text{mol/g}$  fresh weight) were respectively observed in irrigation after 80 and 160 mm of evaporation in mycorrhizal plants (*G. versiformis*). In conclusion irrigation of for 80 mm of evaporation from pan class A due to lower water use and higher performance in mycorrhizal Dragon's head plants was recommended.

Keywords: *Glomus*, *Lallelantia iberica*, Malon Dialdehyde, Photosynthetic Pigment, Superoxid Dismutase

### مقدمه

به کار می روند (بهرامپروور و همکاران ۲۰۰۹). در حال حاضر این گیاه جهت تولید روغن دانه کشت می شود. کیفیت روغن آن مشابه کیفیت روغن دانه کتان (بویژمن و همکاران ۱۹۹۹)، دارای بیش از ۳۰ درصد روغن خشک شونده (استرایژل و کاژ ۲۰۰۵) با خاصیت آنتی اکسیدانی می باشد (امانزاده و همکاران ۲۰۱۱).

بذرهای بالنگوی شهری (*Lallelantia iberica* (M.Bieb.) Fisch. & C.A.Mey)، یکی از گیاهان دارویی خانواده Lamiaceae دارای روغن و موسیلاژ است (امانزاده و همکاران ۲۰۱۱). موسیلاژ این گیاه در درمان اختلالات عصبی و کبدی، و بیماری های کلیوی

(۲۰۱۰) با انجام آزمایشی مزرعه‌ای بر روی گیاه دارویی بابونه آلمانی اعلام نمودند که تغییرات کلروفیل (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) و پرولین آزاد برگ به عنوان تنظیم کننده اسمزی تحت تاثیر معنی‌دار فواصل آبیاری قرار گرفتند.

قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام های طبیعی می باشند (پانوار و طرفدار ۲۰۰۶) که رابطه همزیستی با بیشتر نهاندانگان از جمله چندین گونه گیاه دارویی دارند (ونکاتشوار و همکاران ۲۰۰۰). قارچ های میکوریزا دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم نظام‌های زراعی هستند و بالقوه سبب بهبود کیفیت فیزیکی خاک (از طریق گسترش ریشه های قارچ)، کیفیت شیمیایی خاک (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت بیولوژیکی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می گردند (عبدالجلیل و همکاران ۲۰۰۷).

روابط همزیستی میکوریزا نقش اصلی در تجزیه مواد آلی خاک، معدنی شدن عناصر غذایی گیاهان و چرخه عناصر غذایی ایفا می کند. اسیدیته خاک، میزان عناصر غذایی و اثر متقابل با سایر ریز موجودات الگوی کلونیزاسیون این قارچ را تحت تاثیر قرار می دهند (پانوار و طرفدار ۲۰۰۶). میکوریزا همچنین سبب افزایش تحمل گیاه به خشکی می شود (چن ۲۰۰۶). افزایش فتوسنتز گیاه توسط قارچ‌های میکوریزا به اثبات رسیده است (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶). شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان، می‌توانند با افزایش سرعت فتوسنتز خود، نیازهای همزیست خود را تامین نمایند. این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO<sub>2</sub> به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد. گیاهان میکوریزی در دوره‌های خشکی بهتر از گیاهان غیرمیکوریزی CO<sub>2</sub> را جذب می‌نمایند (آگویلار و بارآ ۱۹۹۶). گیاهان دارای همزیستی میکوریزی، نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی، آب را سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه می‌نمایند، زیرا در گیاهان میکوریزی معمولاً

تنش خشکی از طریق کاهش توسعه‌ی برگ و کاهش شاخص سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش در آبیگری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل، سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد (ردی و همکاران ۲۰۰۴). انتقال مواد فتوسنتزی تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از مواد فتوسنتزی می‌گردد که ممکن است، فتوسنتز را محدود نماید و نهایتاً عملکرد آن کاهش می‌یابد (احمدیان و همکاران ۲۰۱۱). از عوامل محدودکننده فتوسنتز در تنش خشکی می‌توان به کاهش و یا توقف سنتز رنگزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها اشاره کرد (اولیویرا و همکاران ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیلان، پراکسیداز و ترکیبات فنلی، و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (سیلوا و همکاران ۲۰۰۷). تحت شرایط تنش خشکی، قندهای محلول می‌توانند به عنوان حفاظت کننده‌های اسمزی سبب تنظیم فشار اسمزی و کاهش از دست دادن آب سلول و نگهداری آماس شوند (بوهنرت و همکاران ۱۹۹۵). معمولاً میزان پرولین آزاد در گیاهانی که در حد مطلوب آبیاری می‌شوند بسیار کم و در حدود ۰/۶-۰/۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک می‌باشد (بوهنرت و همکاران ۱۹۹۹). مقدار این ماده پس از کاهش آب بافت‌ها تا ۵۰-۴۰ میلی‌گرم در هر گرم ماده خشک افزایش می‌یابد. گزارش‌های متعددی مبنی بر وجود همبستگی مثبت بین تجمع پرولین و سازش به شرایط تنش اسمزی تحت تنش خشکی در گیاهان وجود دارد (رازبان و پیرزاد ۲۰۱۰). نورزاد و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی میزان پرولین و کربوهیدرات محلول افزایش یافت. ستایش مهر و گنجعلی (۲۰۱۳) با انجام آزمایش در گیاه دارویی شوید گزارش نمودند که با افزایش تنش، میزان کلروفیل، کارتنوئید و پروتئین‌های محلول کاهش یافت، در حالی که میزان ترکیبات فنلی افزایش یافت. رازبان و پیرزاد

زنیان گزارش کردند که اثر تلقیح با میکوریزا (*G. intraradices*) بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی دار بود و تلقیح با میکوریزا باعث افزایش ۳۵ و ۸۵ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. در یک مطالعه دیگر، رحیمزاده و پیرزاد (۲۰۱۷b) نیز با استفاده از دو گونه میکوریز و باکتری-های حل کننده فسفات در تمامی گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی با افزایش فواصل آبیاری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل، کارتنوئید و آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز کاهش، و پرولین و بتائین گلایسین در برگ‌ها افزایش یافت.

اگرچه تاکنون تحقیقات وسیعی در رابطه با اثر تنش آبی بر روی گیاهان زراعی صورت پذیرفته، اما رفتار بالنگوی شهری تحت شرایط کمبود آب به خوبی مطالعه نشده است. اهداف مورد مطالعه، بررسی اثر تنش آبی و استفاده از قارچ میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی و ویژگی‌های فیزیولوژیک (میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، کارتنوئید و تنظیم کننده‌های اسمزی) و برخی آنتی اکسیدانت‌ها در گیاه دارویی چند منظوره بالنگوی شهری می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش دو ساله در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهید بهشتی ارومیه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۳۸۴ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری (آبیاری پس از ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب I4, I3, I2, I1) در کرت‌های اصلی و عوامل بیولوژیکی تعدیل تنش کمبود آب (قارچ‌های میکوریزی *Glomus intraradices* *G. verruciform* و شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بذور بالنگوی

اندام هوایی و سطح برگ‌ها در گیاه توسعه بیشتری پیدا می‌کند که این خود باعث افزایش نیاز تعرقی گیاه میکوریزی می‌شود. از طرف دیگر سیستم ریشه‌ای در گیاهان میکوریزی منشعب‌تر شده، قطر ریشه‌های فرعی در آن‌ها کاهش و طول ریشه افزایش یافته است. به همین دلیل ریشه‌های میکوریزی سطحی، تماس بیشتری با خاک پیدا کرده و قادر به جذب سریع‌تر آب از خاک می‌شود (پیرزاد و همکاران ۲۰۱۴). گزارش‌های برخی از تحقیقات انجام شده حاکی از تاثیر عوامل تنش‌زا بر مقدار کلروفیل و سبزیگی برگ در شرایط تنش است. نتایج آزمایش بر روی گیاه زینتی دارویی آهار (*Zinnia grandiflora*) نشان می‌دهد که استفاده از قارچ میکوریزا با تعدیل اثر تنش خشکی و افزایش کارایی استفاده از آب و جذب عناصر غذایی از جمله منیزیم، مانع از تخریب کلروپلاست و محتوی کلروفیل برگ‌ها شده است (حیدری و همکاران ۲۰۱۶). سلیمانی و پیرزاد (۲۰۱۵) با بررسی اثر چند قارچ میکوریزا بر غلظت مالون دی آلدهید و برخی فرآیندهای متابولیسمی گیاه دارویی زوفا که تحت تنش کمبود آب بودند، دریافتند که با افزایش شدت تنش، میزان قندهای محلول و پرولین بطور معنی‌داری افزایش یافت. تجمع پرولین آزاد پاسخی متداول به تنش در گیاهان عالی می‌باشد (وندرسکولو و همکاران ۲۰۰۷).

بستامی و همکاران (۲۰۱۶) با انجام آزمایشی بر روی گیاه دارویی گشنیز با استفاده از قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی دریافتند که از بین سه تیمار، تلقیح میکوریزایی بیشترین تاثیر بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی و وزن هزاردانه گشنیز را داشت. بر اساس یافته‌های گیوپتا و همکاران (۲۰۰۲) همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه نعنای از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود عملکرد بیولوژیکی گردید. شباهنگ و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی بر روی دو گیاه دارویی رازیانه و

آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری رنگی‌های کلروفیل a و b و کارتنوئیدها از روش لیچنتتالر استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۳۰ گرم برگ تر گیاه وزن و سپس به تدریج استون ۸۰ درصد سائیده شد. عمل استخراج تا حصول یک محلول بی‌رنگ ادامه و در نهایت حجم محلول با استون به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. پس از سانتریفوژ در ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه، جذب نوری در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (لیچنتتالر و بوچمن ۲۰۰۱).

میزان گلاسیسین بتائین و مالون دی آلدئید (MDA=Malondialdehyde) نیز بعنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء با روش دی‌وس و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. میزان MDA نمونه‌ها با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب تصحیح ۱۵۵ بر میلی‌مولار در سانتی‌متر محاسبه و بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیان گردید. برای اندازه‌گیری میزان گلیسین بتائین از روش گرایو و گراتان (۱۹۹۲) و از ۰/۵ گرم از بافت برگ خشک گیاهی و معرف یدید پتاسیم و اسید سولفوریک دو نرمال و ۱ و ۲ دی‌کلرو اتان و با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد و جذب نمونه‌ها در طول موج ۳۶۵ نانومتر قرائت گردید. سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با روش گیانوپولیتیس و ریس (۱۹۹۷) و به کمک سنجش مهار احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم (NBT) در طول موج ۵۶۰ نانومتر، انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.1 و MSTAT-C و بر اساس امید ریاضی طرح انجام شد. میانگین صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون Student Newman Keuls در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند.

شهری از توده محلی مورد کشت در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و منطقه کلوانق تهیه گردید. مایه تلقیح میکوریزا شامل مخلوطی از شن، ماسه استریل، خاک، ریشه، هیف قارچ با تعداد ۲۰ اسپور در گرم (تهیه شده از گروه گیاهپزشکی دانشگاه ارومیه) در داخل شیارهای کاشت به میزان ۲۰ گرم در هر متر طولی قرار گرفت. زمان کاشت ۱۵ اردیبهشت سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع، با فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر بود و به روش ردیفی و در بستر مسطح کشت گردید. قارچ-های میکوریزا به مقدار ۲۰ گرم در متر طولی و قبل از کاشت بذور با ایجاد شیار در کنار خطوط کاشت و ۲ سانتی‌متر پایین تر از محل استقرار بذور قرار گرفتند. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیکی دانه از دو ردیف میانی کرت‌ها پس از حذف حاشیه‌ها نمونه‌ای به مساحت یک متر مربع برداشت گردیدند.

برای تعیین مقدار اسانس، برداشت بوته در زمان گلدهی (۵۰ درصد گلدهی) انجام و نمونه به مدت لازم در سایه خشک شده و وزن خشک توزین شدند. درصد اسانس با آب توسط دستگاه کلونجر اندازه‌گیری شد. عملکرد اسانس نیز از حاصل‌ضرب درصد اسانس در وزن خشک پیکر رویشی با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

میزان پرولین از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) و میزان قندهای محلول نیز از روش ایرگوئن و همکاران (۱۹۹۲) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پرولین و قند-های محلول ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگ عصاره الکلی تهیه شد. سپس میزان پرولین با کمک معرف نین هیدرین و اسید استیک گلاسیال و نهایتاً "میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV 2100 اندازه‌گیری شد. برای قندهای محلول نیز با استفاده از آنترون و اسید سولفوریک ۷۲٪ نمونه‌ها تهیه و جذب

## نتایج و بحث

## رنگیزه‌های فتوسنتزی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر میزان قند محلول، و اثر متقابل سال و رژیم آبیاری بر میزان پرولین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین مقدار کلروفیل a (۲۱/۷۲ میلی‌گرم در گرم) و کارتنوئید (۲۶/۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در سال ۱۳۹۳ و قند محلول (۱۰۷/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به سال ۱۳۹۴ بود (جدول ۳). عدم کاهش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی در این مطالعه می‌تواند حاکی از آن باشد که الگوی آبیاری اعمال شده بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه بالنگوی شهری اثر محدود کننده نداشته و این گیاه می‌تواند تا حدودی رنگیزه‌های فتوسنتزی خود را حتی در رژیم آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر حفظ نماید. این امر مبین ساز و کارهای تحمل یا مقاومت به تنش رطوبتی در این گیاه باشد. عبداللهی و ملکی فراهانی (۲۰۱۵) با انجام آزمایشی مزرعه‌ای با اعمال رژیم‌های آبیاری (۴۰٪ و ۶۰٪ تخلیه آب قابل استفاده خاک) بر روی دو گونه گیاه دارویی بالنگو اظهار نمودند که تنش آبی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a, b و کل گیاه نداشت. مقایسه میانگین‌های اثر رژیم آبیاری بر میزان قند محلول حاکی از آن بود که بیشترین میزان قند محلول با رژیم آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر

تبخیر از تشتک (۱۱۰/۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بدست آمد در حالیکه در سطوح آبیاری ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ میزان قند محلول کاهش یافت (شکل ۳- الف). علیرغم مقادیر مساوی قند محلول بین تیمارهای آبیاری در سال دوم، با افزایش فواصل آبیاری میزان پرولین در سال اول افزایش معنی‌داری داشت. بطوریکه بیشترین مقدار با (۳۶/۸۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به سطح آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر و کمترین مقدار (۲۶/۲۲ میلی‌گرم/گرم وزن تر) مربوط به رژیم آبیاری ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بود (شکل ۲- الف). بر اساس مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش میکوریزا و رژیم‌های آبیاری از نظر گلاسیسین بتائین، در رژیم آبیاری ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (آب بیش از حد) هر دو گونه قارچ گلاسیسین بتائین برگ را کاهش دادند. در رژیم آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر (آب مطلوب) هر دو گونه قارچ به یک اندازه میزان گلاسیسین بتائین را نسبت به شاهد افزایش دادند. همزیستی با گونه ورسیفورم (۲۲ درصد) و گونه اینترادایسه (۲۰ درصد) میزان گلاسیسین بتائین برگ بالنگو را نسبت به شاهد افزایش دادند. با افزایش فواصل آبیاری در رژیم‌های آبیاری ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر میزان گلاسیسین بتائین افزایش نشان داد ولی استفاده از میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر افزایش این متابولیت ثانویه تنظیم‌کننده اسمزی نداشت

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و میکوریزا بر کلروفیل، تنظیم کننده‌های اسمزی، صفات زراعی و عملکرد (دانه و اسانس) بالنگوی شهری.

میانگین مربعات										
تعداد نیام	تعداد گره	تعداد تریپ	پرولین	قند محلول	کارتونئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	درجه آزادی	منابع تغییر
۵۴/۷*	۶۱/۱۱	۱۷۸/۳۷۸*	۱۵۲۰/۹**	۳۵/۱*	۱۹۷/۱۱	۱۷/۶ ns	۵۳/۵*	۱	سال	
۲/۷	۵/۳	۲/۶۲۹	۱۵۲/۱	۷۹/۰	۱۹/۲	۱۶/۵۱	۴	تکرار در سال		
۴۲/۳	۶/۳	۶۳۶/۲۱۱*	۳۳۶/۳۵	۹/۴۱	۴۵/۷ ns	۴۹/۹ ns	۳	آبیاری		
۲۷/۸	۳۳/۱۱	۳۴/۱۶۱*	۳۰۸/۷ ns	۷/۸	۱۱/۳۴ ns	۱۳/۵ ns	۳	سال × آبیاری		
۷/۸	۸۷/۱	۴۳۶/۷۲	۳/۶۰۱	۹/۶	۷/۶ ns	۳/۹	۱۲	خطای a		
۶۹/۹	۵۳/۱	۷۴۷/۰۲	۳/۵۶	۲۰۲/۷ ns	۳۵/۳ ns	۵/۹ ns	۲	میکوریزا		
۶/۳	۵۱/۰	۶۳۶/۳	۷/۱۱	۴/۴	۲/۵ ns	۱/۵ ns	۲	سال × میکوریزا		
۵۵/۰	۴۴/۲	۷۵۶/۳	۷/۱۵	۶/۹۵	۳۵/۹ ns	۱۰/۳ ns	۶	آبیاری × میکوریزا		
۱۵/۱	۷۷/۰	۵۴۶/۹	۸/۳۳	۷/۵	۹۹/۴ ns	۴/۷ ns	۶	سال × آبیاری × میکوریزا		
۷۳/۲	۶۷/۰	۶۵۶/۶۳	۶/۴۷	۳۶/۵	۱۱/۶۱	۶/۳	۳۲	خطای b		
۵/۷	۶۱/۰	۲۵۶/۱	۸۹/۷	۵۱/۴۱	۱۶/۸۱	۱۱/۶۱	۲۲	خطای b		

ادامه جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و میکوریزا بر کلروفیل، تنظیم کننده‌های اسمزی، صفات زراعی و عملکرد (دانه و اسانس) بالنگوی شهری.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه درنیم	قطر ساقه	وزن هزاردانه	عملکرد		شاخص برداشت	درصد اسانس	عملکرد اسانس
					دانه	اسانس			
سال	۱	۱/۱۰۰ ns	۰/۰۲۰**	۱۳۶/۶۷۶*	۱۹۹۱۴۱۴/۴/۴**	۴۸۴۳/۲۴۸ ns	۰/۰۶۷**	۴۰۱۳۵۶/۷**	
تکرار در سال	۴	۰/۰۸۹	۰/۰۷۷۰	۰/۰۵۴۸	۶/۴۴۷۴۱	۷۶۰/۸/۵	۱۰۰۰/۰/۰	۱۹۹۷۸/۹	
آبیاری	۳	۰/۰۶۵ ns	۰/۰۴۷۳**	۰/۰۲۷۹ ns	۱/۳۰۲۸۵/۱ ns	۴۸۷۷/۳/۱ ns	۰/۰۹۹**	۴۸۷۷۷/۹*	
سال × آبیاری	۳	۰/۰۲۵ ns	۰/۰۱۰ ns	۰/۰۳۶ ns	۶/۳۷۱/۱ ns	۷۸۸/۶ ns	۰/۰۷۰**	۱۵۲۸۴/۹۹ ns	
خطای a	۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۰	۸۱۰/۱	۶/۴۷۰/۶	۴۵۶/۳ ns	۱۰۰۰/۰/۰	۷۸۵۱/۶	
میکوریزا	۲	۰/۰۷۲ ns	۰/۰۴۷ ns	۰/۰۹۴۵*	۷/۰۴۰۷۰/۰۱۱**	۱۷۸/۱ ns	۰/۰۶۳**	۵۷۷۶/۰۱**	
سال × میکوریزا	۲	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۴۳۲ ns	۱/۳۶۳/۱ ns	۷۵/۱ ns	۰/۰۳۰**	۱۰۱۰۰۵/۶**	
آبیاری × میکوریزا	۶	۰/۰۲۶ ns	۰/۰۲۵**	۰/۰۷۴۷ ns	۷/۰۵۰۰/۱ ns	۶۷۸/۸/۹*	۱۰۰/۰/۰ ns	۶۵۹/۱ ns	
سال × آبیاری × میکوریزا	۶	۰/۰۲۷ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۳۸۱/۰ ns	۱/۶۶۱/۱ ns	۵۳۸/۱۱ ns	۱۰۰۰/۰/۰ ns	۲۲۳/۲۲ ns	
خطای b	۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۶۷	۳/۲۸۶/۶	۴۳۴/۸	۰/۰۰۰/۰/۰	۹۶۴/۲۶	
ضریب تغییرات (%)		۷/۵۳	۲۱/۶۷	۱۷/۱۱	۱۵/۰۳	۴۳/۱۱	۷۷/۸	۱۸/۵۳	

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش آبی و میکوریزا بر میزان گلايسين بتائين، مالون دی آلدئیدو پراکسیددیسموتاز در بالنگوی شهری

میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	گلايسين بتائين	مالون دی آلدئید	سوپر اکسید دیسموتاز
تکرار	۲	۵/۸۶۱ <sup>ns</sup>	۱۵۹۷/۶۷۸ <sup>ns</sup>	۴۳/۲۴۹ <sup>ns</sup>
آبیاری	۳	۲۲۰/۹۲۶ <sup>ns</sup>	۴۸۳/۲۷۵ <sup>ns</sup>	۹۳/۵۷۴ <sup>ns</sup>
اشتباه اصلی	۶	۸۴/۴۵۴	۴۶۷/۴۹۱	۴۱/۴۷۷
میکوریزا	۲	۳۸/۶۹۴ <sup>ns</sup>	۵۵۷/۸۰۸ <sup>ns</sup>	۵۷/۰۹۵ <sup>ns</sup>
میکوریزا × آبیاری	۶	۷۱/۳۹۸ <sup>*</sup>	۴۷۷/۸۲۶ <sup>ns</sup>	۴۸/۳۹۸ <sup>ns</sup>
اشتباه آزمایشی	۱۶	۲۱/۳۰۶	۱۸۸۶/۰۶۸	۷۲/۳۳۶
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۲۷	۲۳/۱۳	۲۷/۳

ns, \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و میکوریزا بر کلروفیل، تنظیم کننده های اسمزی، صفات زراعی و عملکرد دانه بالنگوی شهری

تیمارها	صفات							سال
	کلروفیل a (میلی- گرم/گرم)	کارتونئید (میلی- گرم/گرم)	قند محلول (میلی- گرم/گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد گره (میلی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	وزن (کیلوگرم/هکتار)	
۱۳۹۳	۲۰ b	۲۶/۵۱ a	۱۰۷/۱۷ a	۲۹/۳۷ a	۱۲/۴۲ a	۰/۷۶۴ a	۱/۴۸ b	۳۶۳/۷۶ b
۱۳۹۴	۲۱/۷۲ a	۲۵/۱۲ b	۹۷/۹۴ b	۲۴/۸۴ b	۱۰/۵۷ b	۰/۶۴۵ b	۴/۲۳ a	۶۸۹/۸۷ a
میکوریزا شاهد	-	-	-	-	-	-	۲/۷۶۷ b	۴۵۴/۸ c
میکوریزا گونه verruciform	-	-	-	-	-	-	۲/۷۱۴ b	۵۳۵/۹ b
میکوریزا گونه intraradices	-	-	-	-	-	-	۳/۰۸۱ a	۵۸۹/۷ a

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک در هر ستون می باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

شده با گونه ورسیفورم حاصل شده که ممکن است تجمع این اسمولیت در برگ از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب سلول، امکان ادامه جذب آب را برای سلول فراهم کند. سلیمانی و پیرزاد (۲۰۱۵) با انجام آزمایشی مزرعه ای تاثیر چند گونه قارچ میکوریز را بر روی برخی فرآیندهای متابولیسمی گیاه دارویی

و از این نظر بین گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی تفاوتی در تیمارهای آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر وجود نداشت (شکل ۱- الف).

این نتایج نشانگر آن است که گونه های میکوریز در تعدیل تنش کمبود آب موثر بوده اند. در شرایط تنش کم آبی، بیشترین میزان گلايسين بتائين برگ در گیاه تلقیح

### عملکرد و اجزای عملکرد

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر میکوریزا و برهم‌کنش سال × رژیم آبیاری بر تعداد نیام در ساقه اصلی معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش فواصل آبیاری از ۴۰ به ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در سال اول تعداد نیام در بوته تغییر معنی‌داری نداشت. در حالیکه در سال دوم بیشترین تعداد نیام (۲۱/۲۷ نیام/بوته) از آبیاری مطلوب (۸۰ میلی‌متر تبخیر) و کمترین تعداد از سطح آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر بدست آمد، که تفاوت معنی‌داری با تعداد نیام حاصل از رژیم آبیاری ۱۶۰ (تنش خیلی شدید آب) نداشت (شکل ۲-ب). هر دو گونه قارچ میکوریزا به یک میزان تعداد نیام در بوته گیاه بالنگو را نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش دادند. (شکل ۳-ب). همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیوماس گیاه بالنگو، موجبات تسریع در گلدهی و بهبود تعداد نیام در بوته را فراهم آورد. درزی و همکاران (۲۰۰۷) تعداد چتر در بوته بیشتر رازیانه را به بهبود تغذیه و افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار تلقیح میکوریزایی نسبت دادند.

برهمکنش معنی‌دار سال در میکوریزا بر تعداد دانه در نیام نشان می‌دهد که تاثیر همزیستی میکوریزایی در دو سال آزمایش یکسان نبود (جدول ۱). همزیستی بالنگو با گونه ورسیفورم در هر دو سال، و با گونه اینترارادیسس در سال اول نسبت به شاهد، تعداد دانه در نیام بیشتری تولید نمودند. در سال اول گونه ورسیفورم (۵ درصد) و گونه اینترارادیسس (۶ درصد) نسبت به شاهد تعداد دانه در نیام بیشتری داشتند. در سال دوم گونه ورسیفورم نسبت به اینترارادیسس در افزایش تعداد دانه در نیام بالنگو کارآتر بود (شکل ۴-الف). احتمالاً میکوریزا از طریق بهبود روابط آبی در سیستم متشکل از آب- خاک- گیاه و همچنین تغییر روابط هورمونی گیاه، سطح فتوسنتز گیاه میزبان را نسبت به گیاه شاهد افزایش می‌دهد. تعداد دانه در نیام، در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هر چه

زودفا تحت تنش کمبود آب بررسی و گزارش نمودند که برهم‌کنش تنش کمبود آب و گونه‌های میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر میزان غلظت گلیسین بتائین و کل کربوهیدرات‌های محلول این گیاه داشت.

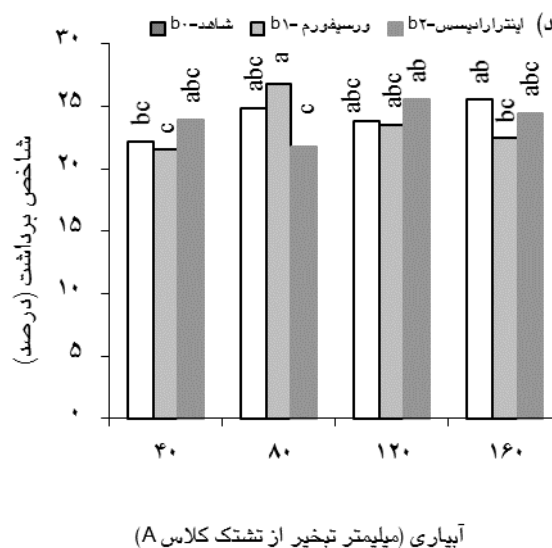
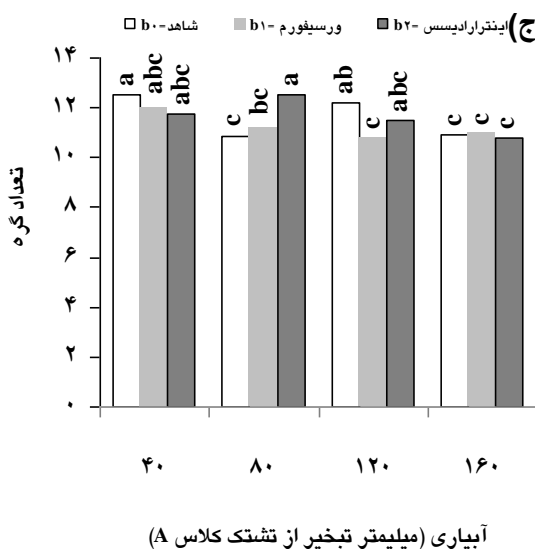
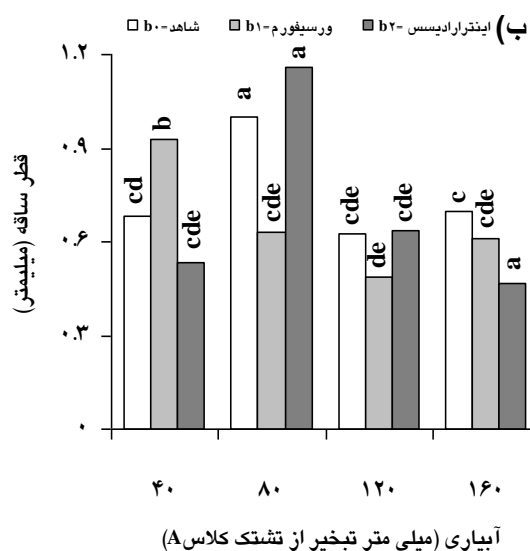
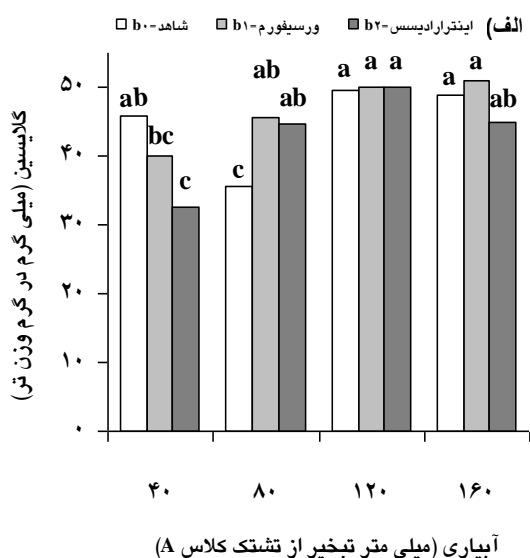
### صفات مورفولوژیکی

گیاهان بالنگو در شرایط همزیستی با میکوریزا و هم در شرایط غیر همزیستی بیشترین قطر ساقه را در (I<sub>2</sub>) نشان دادند. طوری که بیشترین قطر ساقه (۱/۱۶ میلی-متر) در همزیستی با گونه اینترارادیسس بدست آمد. هرگونه انحراف از این مقدار آب (I<sub>2</sub>) قطر ساقه را کاهش داد (شکل ۱-ب). به نظر می‌رسد آب بیش از حد در (I<sub>1</sub>) و کمبود آب در (I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>) باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه در بالنگو شده‌اند. در هر سطح آبیاری قطر ساقه گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی نزدیک بهم بود و قطر ساقه بیشتر از تامین آب متاثر بود. دلیل افزایش قطر ساقه را می‌توان تجمع مواد و وزن خشک بیشتر اندام هوایی دانست. میکوریزا با تاثیر بر افزایش جذب مواد و عناصر غذایی و افزایش عملکرد بیولوژیک و تاثیر در نهایت منجر به افزایش رشد اندام هوایی و نیز افزایش قطر ساقه شد. محمودزاده و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا بر صفات رویشی گیاه دارویی نعناع فلفلی گزارش کردند که میکوریزا با تاثیر بر خصوصیات رشدی، منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و طول شاخه‌های جانبی این گیاه گردید.

در تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ (آب بیش از حد مطلوب) و ۱۶۰ میلی‌متر (تنش خیلی شدید کمبود آب) تبخیر از تشتک تبخیر، گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی دارای تعداد گره یکسان بودند. اگرچه بیشترین تعداد گره در I<sub>1</sub> و کمترین تعداد از I<sub>4</sub> بدست آمد. در آبیاری I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> میکوریزا تعداد گره در ساقه‌های اصلی را افزایش داده است، البته در این سطح آبیاری برتری با گونه اینترارادیسس بوده است (شکل ۱-ج).

بیولوژیکی بر گیاه دارویی سیاه‌دانه بیان نمودند که تلقیح با میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد آن گردید.

تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. خرم‌دل و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی اثر کودهای



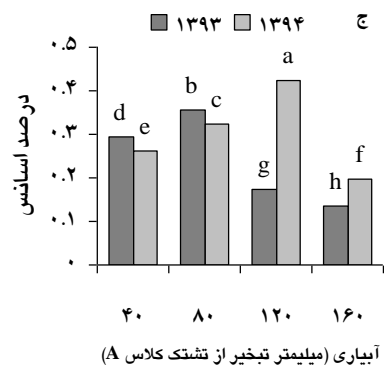
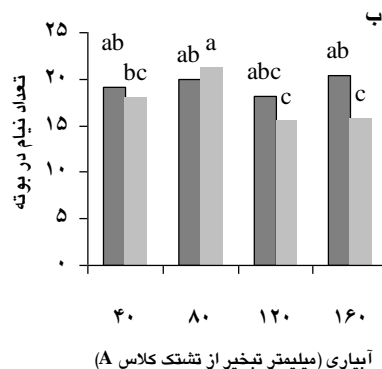
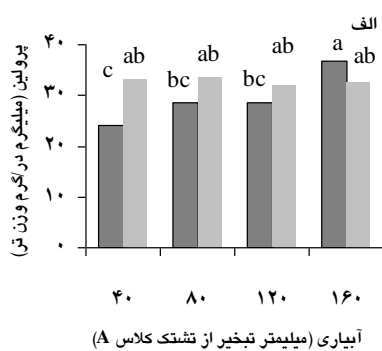
شکل ۱) مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش آبیاری × میکوریز بر میزان گلاسیسین بتائین (الف)، قطر ساقه (ب)، تعداد گره (ج) و شاخص برداشت (د) حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

هزاردانه بالنگو (۳/۸۱ گرم) از گیاهان همزیست با گونه اینترارادیسس، و کمترین وزن هزاردانه (۲/۷۱۴ گرم) از همزیستی گونه وروسیفورم به‌دست آمد، که تفاوت

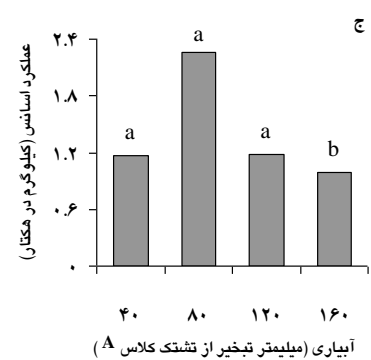
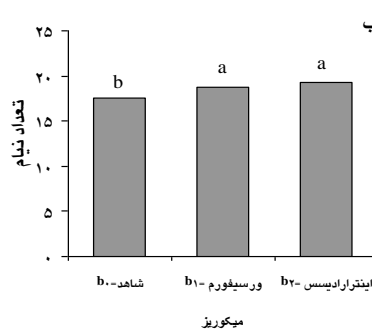
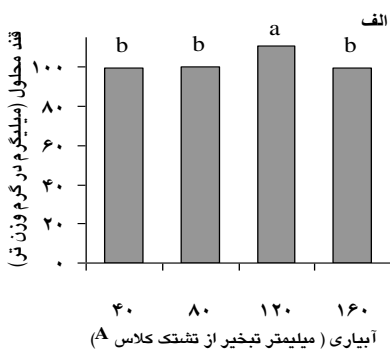
وزن هزار دانه تحت تاثیر معنی‌دار میکوریزا و سال قرار داشت (جدول ۱). بیشترین وزن هزار دانه در سال دوم (۴/۲ گرم) به‌دست آمد. بیشترین مقدار وزن

تلقیح با میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گیاه بالنگو داشتن و عملکرد دانه در دو سال متفاوت بود (جدول ۱). هر دو گونه میکوریزا عملکرد دانه را نسبت به گیاهان غیر میکوریزای افزایش دادند. بطوریکه گونه اینترادیسس با (۵۸۹/۷ کیلوگرم در هکتار) و ورسیفورم با (۵۳۵/۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۲۳ و ۱۵ درصد دانه بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی تولید نمودند (جدول ۳).

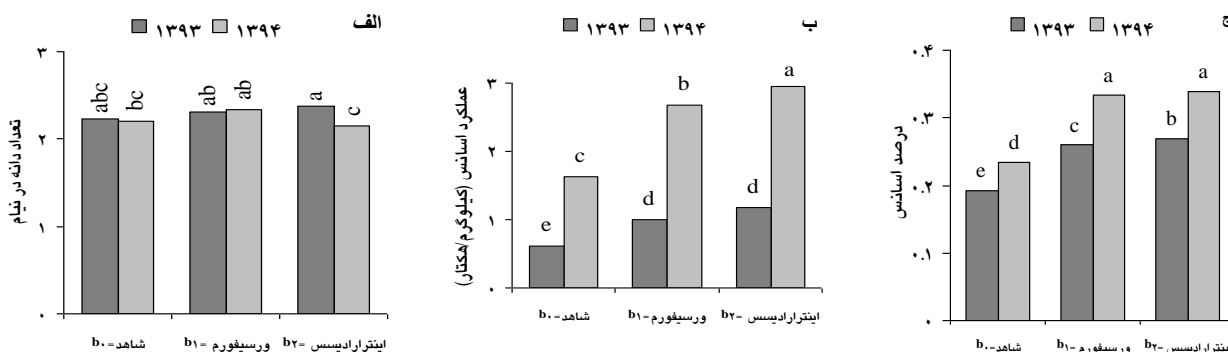
معنی‌داری با گیاهان غیر میکوریزایی (شاهد) نداشت (جدول ۳). افزایش رشد اندام هوایی باعث بهبود تولید مواد فتوسنتزی و انتقال این مواد به سمت مخازن (بذر) شده که در نهایت وزن هزار دانه در شرایط کاربرد قارچ میکوریزی بیشتر می‌گردد. چنین نتایجی در تحقیقات بستامی و همکاران (۲۰۱۶) نیز بدست آمده است.



شکل ۲) مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش سال × آبیاری بر میزان پروتئین (الف)، تعداد نیام در بوته (ب) و درصد اسانس (ج). حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند



شکل ۳) مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر میزان قند محلول (الف)، عملکرد اسانس (ب) و اثر میکوریز بر تعداد نیام (ج). حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند



شکل ۴) مقایسه میانگن‌های برهم‌کنش سال و میکوریز بر تعداد دانه در نیام (الف)، عملکرد اسانس (ب) و درصد اسانس (ج). حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

معنی‌داری بر درصد اسانس داشت (جدول ۱). در سال اول بیشترین درصد اسانس از آبیاری ۸۰ میلی‌متر (مطلوب) تبخیر از تشتک بدست آمد و با افزایش فواصل آبیاری درصد اسانس کاهش یافت، بطوریکه کمترین درصد اسانس (۰/۱۲۲ درصد) از رژیم آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر (تنش خیلی شدید کمبود آب) حاصل گردید. در سال دوم با افزایش سطوح آبیاری از (I1) به (I3) درصد اسانس افزایش ۳۸ درصد و سپس تا سطح آبیاری (I4) کاهش ۴۴ درصد داشت (شکل ۲-ج). گیاهان میکوریزایی در هر دو سال نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی اسانس بیشتری داشتند. گونه وروسیفورم در دو سال متوالی به‌ترتیب ۳۶ و ۳۰ (درصد) و گونه اینترآرادیسس ۲۹ و ۳۱ (درصد) اسانس بیشتر نسبت به شاهد تولید نمودند (شکل). تلقیح با میکوریزا از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین تولید برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه منجر به افزایش درصد اسانس بالنگو شده است.

رژیم‌های آبیاری ( $P \leq 0.05$ ) و برهم‌کنش سال  $\times$  میکوریزا ( $P \leq 0.01$ ) بر عملکرد اسانس موجود در اندام هوایی گیاه بالنگوی شهری تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). بیشترین عملکرد اسانس از تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (۲/۲۵۸ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد، که تفاوت معنی‌داری با عملکرد اسانس حاصل از ۴۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نداشت.

برهم‌کنش معنی‌دار رژیم آبیاری  $\times$  میکوریزا بر شاخص برداشت نشان می‌دهد که پاسخ گیاه به گونه‌های میکوریزایی در هر سطح آبیاری متفاوت است (جدول ۱). تغییرات شاخص برداشت در سطوح مختلف آبیاری یکسان نبوده و شاخص برداشت در تیمارهای آبیاری پس از ۴۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر برای گیاهان میکوریزایی (هر دو گونه قارچ) و شاهد یکسان بود. در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، بالاترین شاخص برداشت (۲۶/۸۴ درصد) در گیاهان تلقیح شده با ورسیفورم بود. گیاهان تلقیح شده با گونه اینترآرادیسس کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. شاخص برداشت در گیاهان همزیست با گونه اینترآرادیسس در آبیاری I2 حتی کمتر از گیاهان شاهد (بدون میکوریزا) بود (شکل ۱-د). به‌نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی با تاثیر بیشتر بر بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی در این گیاه دارویی موجب افزایش شاخص برداشت شده است. نتایج برخی از بررسی‌ها نیز تاثیر مثبت میکوریزا بر خصوصیات کمی گیاهان دارویی را اثبات کرده است (بستامی و همکاران ۲۰۱۳).

**درصد و عملکرد اسانس**

نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهم‌کنش سال  $\times$  آبیاری و اثر میکوریزا تاثیر

### نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر، تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کاربرد میکوریزا گونه اینترادیسس بیشترین مقدار قطر ساقه، تعداد گره، و شاخص برداشت را داشتند. بیشترین تعداد نیام در بوته و درصد و عملکرد اسانس از تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد و عملکرد اسانس با کاربرد گونه اینترادیسس حاصل شد. بنابراین با توجه به تولید حداکثر شاخص برداشت، قطر ساقه و تعداد گره تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد میکوریزا اینترادیسس قابل توصیه بود. به نظر می‌رسد کاربرد میکوریزا گونه اینترادیسس با تأثیر بر افزایش سیستم ریشه‌ای منشعب‌تر در گیاهان بالنگوی شهری تلقیح شده با این قارچ و افزایش سطح تماس بیشتر ریشه‌های گیاه با خاک، افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش کم آبی و در نهایت جذب بهتر و سریع‌تر آب و عناصر غذایی، موجب بهبود عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی بالنگوی شهری گردیده و از این لحاظ استفاده از این تیمار به تنهایی و یا توأم با رژیم آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک مورد نظر می‌باشد.

کمترین عملکرد اسانس (۰/۹۹۱۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر بدست آمد (شکل ۳-ج). کاربرد هر دو گونه قارچ عملکرد اسانس بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند. در سال اول هر دو گونه قارچ تأثیر یکسانی بر افزایش عملکرد اسانس داشته ولی در سال دوم تأثیر گونه اینترادیسس بر عملکرد اسانس بیشتر بود. گونه ورسیفورم و اینترادیسس در سال اول به ترتیب ۴۰ و ۴۷ (درصد) و در سال دوم ۴۰ و ۴۴ (درصد) عملکرد بیشتر نسبت شاهد تولید نمودند (شکل ۴-ب). تلقیح با میکوریزا به دلیل تأثیر مثبت بر بهبود رشد و عملکرد دانه (جدول ۳) و محتوی اسانس (شکل ۳-ج)، در نهایت باعث افزایش عملکرد اسانس گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی شد. دو ویژگی عملکرد دانه و مقدار اسانس در اندام هوایی از اجزای عملکرد اسانس بالنگو محسوب می‌شوند. از این رو، به نظر می‌رسد با افزایشی که در اثر تلقیح با میکوریزا در این دو جزء حاصل شد، عملکرد اسانس نیز افزایش یابد. نتایج برخی تحقیقات نیز بهبود عملکرد اسانس تعدادی از گیاهان دارویی را تأیید نموده است (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶، قریبی و همکاران ۲۰۰۹).

### منابع مورد استفاده

- Abdolahi M and Maleki Farahani S. 2015. Evaluation of seed yield, mucilage and protein of different species and ecotypes of balangu (*Lallemantia* spp.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(4): 677-687. (In Persian).
- Abdul-Jaleel C, Manivannan P, Sankar B, Kishorekumar A, Gopi R, Somasundaram R and Panneerselvam R. 2007. *Pseudomonas luorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 60: 7-11.
- Ahmadian Tavassoli A, and Amiri E. 2011. The interaction effect of water stress and manure on yield components, essential oil and chemical compositions of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 6(10): 2309-2315.
- Amanzadeh Y, Khosravi dehaghi N, Ghorbani AR, Monsef-Esfahani HR and Sadat-Ebrahimi SE. 2011. Antioxidant activity of essential oil of *Lallemantia iberica* in flowering stage and post-flowering stage. *Biological Sciences*, 6(3): 114-117. (In Persian)
- Azco'n-Aguilar C and Barea JM. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens – An overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6, 457-464

- Bahramparvar M, Hadad Khodaparast M and Razavi SMA. 2009. The effect of *Lallemania royleana* (Balangu) seed, palmate-tuber salep and carboxymethylcellulose gums on the physicochemical and sensory properties of typical soft ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 62: 571-76.
- 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. *Journal Science and Technology Greenhouse Culture*, 8: (26).23-33.
- Bates LS, Waldren RP and Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for waterstress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Bohnert HJ, Nelson DE and Jenson RG. 1995. Adaptations to environmental stress. *Plant Cell*, 7: 98-111.
- Bohenert HJ and Shen B. 1999. Transformation and compatible solutes. *Scientia Horticulturae*, 78: 237-260.
- Buisman GJH, Overeem A and Cuperus FP. 1999. Synthesis of epoxidized novel fatty acids for use in paint applications. Chapter 8, TP Derksen J. & Knothe G. (Eds). Recent developments in the synthesis of fatty acid derives. The American oil chemists society. 1999- medical- 250 pages.
- Chen J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*. October, 16 – 20. Thailand. 11 pp.
- Copetta A, Lingua G and 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: 485-494.
- Darzi MT, Ghalavand A, Rejali F, Sephidkon F. 2007. Effects of Biofertilizers Application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4): 276-292. (In Persian).
- De Vos C, Schat H, De Waal M, Vooijs R and Ernst W. 1991. Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant *Silene cucubalus*. *Plant Physiology*. 82: 523-528.
- Gharib FA, Moussa LA and Massoud ON. 2009. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 381–7.
- Giannopolitis C and Ries S. 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plant. *Plant Physiology* 59: 309-314.
- Grieve CM and Grattan SR. 1983 Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium compounds. *Plant and Soil*, 70(2): 303-307.
- Gupta ML, Prasad A, Ram M and kumar S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*, 81: 77-79.
- Heidari Z, Nazarideljou MJ, Rezaie Danesh Y and Khezrinejad N. 2016. Morphophysiological and biochemical responses of zinnia elegans to different irrigation regimes in symbiosis with glomus mosseae. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(1): 19-32.
- Irigoyen JJ, Emerich DW and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum* 84: 55-60.
- Khoramdel S, Kouchaki, AR Nasiri Mahalati M and Ghorbani R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa*). *Iranian Journal Field Crops Research*, 6 (2): 285–294. (In Persian).
- Lichtenthaler HK and Bustchmann C. 2001. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement UNIT F4.3 and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* F4.3.1-F4.3.8

- Mahmoudzadeh M, Rasouli Sadaghiani MH, Asgari Lajayer H and Hasani A. 2016. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on nutrient uptake and some morphological factors in peppermint (*Mentha piperita*). Journal of Soil Management and Sustainable Production, 6(1): 161-176.
- Nourzad S, Ahmadian A Moghaddam M and Daneshfar E. 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil coriander (*Corianderum Sativum*) treated with organic and inorganic fertilizers. Journal of Crops Improvement, 16(2): 289-302.
- Oliviera-Neto CF, Silva-Lobato AK, Goncalves-Vidigal MC, Costa RCL, SantosFilho BG, Alves GAR, Silva-Maia WJM, Cruz FJR, Neres HKB and Santos Lopes MJ. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology, 7: 588-593.
- Panwar J and Tarafdar JC. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under *Mitragyna parvifolia* (Roxb). Korth. in Thar Desert. Applied Soil Ecology, 34: 200-208.
- Pirzad AR, Habibzadeh Y and Jalilian J. 2014. Seed yield variations mungbean (*Vigna radiate* L.) at mycorrhizal symbiosis under water stress. Research in Field Crops, 2(2): 33-43.
- Rahimzadeh S and pirzad A. 2017b. Arbuscular mycorrhizal fungi and Pseudomonas in reduce drought stress damage in flax (*Linum usitatissimum* L.): a field study. Mycorrhiza, In Press, 1-8.
- Razban M and Pirzad AR. 2010. Evaluate the effect of varying amounts of super absorbent under different irrigation regimes on growth and water deficit tolerance of German chamomile (*Matricaria Chamomilla*), as a second crop. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 21(4): 123-137. (In Persian).
- Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandan M, 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161: 1189-1202.
- Setayesh mehr Z and Ganjali A. 2013. Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of Anethum graveolens L. Iranian Journal of Horticultural Science, 27(1), 27-35. (In Persian).
- Shabahang J, Khorramdel S and Gheshm R. 2013. Evaluation of symbiosis with Mycorrhizal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology, 3(5): 289-298. (In Persian)
- Silva MA, Jifon JL, Silva JAG and Sharma V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19: 193-201.
- Soleymani F and Pirzad A. 2015. The effect of mycorrhizal fungi on malondialdehyde concentration and some metabolic processes in hyssop (*Hyssopus officinalis*) under water deficit stress. Iranian Journal of Plant Biology, 24: 15-26. (In Persian).
- Strašil Z and Káš M. 2005. The effect of nitrogen fertilization, sowing rates and weather conditions on yield components of *Lallemantia iberica* (L.) Fisch. et Mey, Scientia Agriculturae Bohemica, 36 (1): 15 - 20.
- Venkateshwar Rao, G.C., Manoharachary, C., Kunwari, I.K. and Rajeshwar Rao, B.R. 2000. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with some economically important spices and aromatic plants. Philippine Journal of Science, 129: 1-5.
- Vendruscolo ACG, Schuster I, Pileggi M, Scapim CA, Molinari HBC Marur CJ and Vieira LGC. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. Journal of Plant Physiology, 164, 1367-1376.