

اثر تیمارهای کودی و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و ترکیبات موسیلاژ دانه بالنگوی شهری

وحید قاسمیان^{۱*}، جلیل شفق کلوانق^۲، علیرضا پیرزاد^۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۲۸

۱-دانشجوی دکترای گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲-دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳-دانشیار گروه زراعت، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه Email: ghasemianvahid@yahoo.com

چکیده

به منظور تعدیل اثر تنش آبی بر درصد، عملکرد و ترکیبات موسیلاژ دانه گیاه دارویی بالنگوی شهری تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری، یک آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهید بهشتی ارومیه در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم آبیاری (پس از ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و استفاده از تیمارهای کودی (قارچ‌های *Glomus verruciform*، *Glomus intraradices*، زئولیت، محلول‌پاشی روی، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، باکتری-های حل‌کننده فسفات و شاهد) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که بین سطوح آبیاری از نظر درصد، عملکرد و شاخص برداشت موسیلاژ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بیشترین درصد (۱۶/۳۶ درصد) و عملکرد (۱۴۲/۰۳ کیلوگرم در هکتار) موسیلاژ را به خود اختصاص داد. همچنین بیشترین عملکرد دانه (۸۸۶/۰۳ کیلوگرم در هکتار)، درصد موسیلاژ (۱۵/۶۹ درصد)، عملکرد موسیلاژ (۱۳۸/۳۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۸۱۵ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از فسفات بارور ۲ بدست آمد. تجزیه ترکیبات قندهای موسیلاژ بالنگوی شهری نشان داد که بیشترین مقدار قندها شامل گلوکز، گالاکتوز، ارونیک اسید، گالاکتورونیک اسید، گلوکورونیک اسید، زایلوز، فروکتوز و ریبوز می‌باشد. بنابراین استفاده از کود بیولوژیکی فسفات بارور ۲- و یا محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید برای تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر بدلیل مقدار متعادل آب مصرفی، و حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیکی، درصد، عملکرد و شاخص برداشت موسیلاژ توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، بالنگو، موسیلاژ، میکوریزا

Effect of Fertilizer Treatments and Irrigation Regimes on *Lallemantia iberica* Seed Mucilage Yield and Compounds

Vahid Ghasemian^{1*}, Jalil Shafagh Kalvanagh², Alireza Pirzad³

Received: July 20, 2016 Accepted: August 19, 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 compensate the effect of water deficit stress on the yield, percentage and composition of seed mucilage of the medicinal plant 'Dragon's head' (*Lallemantia iberica*) under different irrigation regimes, a split plot experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Field of Shahid Beheshti college of Urmia in 2015. Treatments were included irrigation (after 40, 80, 120 and 160 mm of evaporation from pan class A) as main plots and fertilizer treatments (*Glomus verruciform*, *Glomus intraradices*, biological phosphorus (Barvar2), zeolite, zinc sulfate, salicylic acid and control) as sub plots. Results showed that the effect of irrigation levels on the percentage, yield and harvest index of mucilage was significant. Irrigation after 80 mm of evaporation produced the highest mucilage percentage (16.26 percent) and yield of mucilage (142.04 kg.ha⁻¹). However, the maximum seed yield (886.02 kg.ha⁻¹), yield of mucilage (138.35 kg.ha⁻¹), biological yield (2815 kg.ha⁻¹) and mucilage percentage (15.69 %) were obtained by applying biological phosphorus (Barvar 2). Analysis of Dragon's head mucilage exhibited that the main components were glucose, galactose, uronic acid, galacturonic acid, glucuronic acid, xylose, fructose and ribose. Thus in irrigation after 80 mm of evaporation, application of biological phosphorus (Barvar2) and/or salicylic acid spraying were recommended, due to the balanced water consumption, and the highest yield of seed and the highest percentage, yield and harvest index of mucilage.

Keywords: Irrigation, *Lallemantia iberica*, Mucilage, Mycorrhizae, Phosphate Solubilizing Bacteria

مقدمه

بالنگوی شهری *Lallemantia iberica* از تیره Lamiaceae بوده و غالباً در منطقه آذربایجان و اغلب مناطق ایران در بین کشاورزان بیشتر با نام قره زرک شناخته می‌شود. منشأ این گیاه در مناطق قفقاز ذکر شده است (وان سویست و همکاران ۱۹۸۷) که در

مناطق مختلف ایران از گذشته‌های دور جهت تولید دانه‌های روغنی آن کشت می‌شده است (مظفریان ۱۹۹۶). بالنگوی شهری در بسیاری از کشورهای آسیایی از جمله ترکیه (جونز و والاموتی ۲۰۰۵) سوریه، فلسطین اشغالی و عراق، و همچنین در کشورهای اروپای جنوبی و مرکزی نیز یافت می‌شود (امان زاده و

۱۶۰ و ۱۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و چهار سطح تراکم بذر مشاهده کردند که بیشترین درصد و عملکرد موسیلاژ دانه با اعمال تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر حاصل گردید. جوادزاده و فلاح (۲۰۱۳) در آزمایشی بر روی گیاه دارویی گاوزبان دریافتند که با اعمال تیمار غرقابی و افزایش تراکم گیاه میزان عملکرد موسیلاژ دانه افزایش معنی‌داری می‌یابد.

برای اصلاح خاک در جهت دسترسی مطلوب گیاهان به آب در شرایط کمبود آب، ایجاد تغییر فیزیکی و افزایش ظرفیت آن در نگهداری آب، مواد بسیار متنوعی به خاک افزوده می‌شود. یکی از این مواد ژئولیت‌ها می‌باشند که از ترکیبات آتشفشانی به وجود می‌آیند و ترکیبات مصنوعی آن‌ها نیز در صنعت تولید می‌شوند. ژئولیت‌های طبیعی خصوصیات جذب سطحی فوق العاده‌ای دارند و دارای مواد غذایی ماکرو و میکرو هستند (غلامی ۲۰۰۶). با توجه به این که ژئولیت جزو کانی‌های طبیعی ایران بوده و از طرفی به سهولت و ارزانی در دسترس قرار دارند، لذا مصرف آن به عنوان مکمل کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی پیشنهاد شده است (رنجبر چوبه ۲۰۰۳). قنبری و آریافر (۲۰۱۳) با انجام آزمایشی بر روی گیاه دارویی ریحان با کاربرد سطوح مختلف ژئولیت و اعمال تنش آبی نشان دادند که بالاترین مقدار عملکرد موسیلاژ تحت تنش خشکی با ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و استعمال ۲/۵ گرم در کیلوگرم خاک ژئولیت بدست می‌آید.

اثر سوپر جاذب تحت آبیاری‌های متفاوت بر رشد و تحمل کم آبی در بابونه آلمانی بررسی شد و نشان داد که سوپر جاذب کاهش عملکرد بیوماس در شرایط کمبود آب را جبران می‌کند (رازبان و پیرزاد ۲۰۱۰). رحمانی و همکاران (۲۰۰۹) اعلام داشتند که در شرایط کمبود آب استفاده از سوپر جاذب‌ها در سه سطح بر روی گیاه دارویی خردل میزان عملکرد دانه، عملکرد

همکاران (۲۰۱۱). این گیاه، از معدود گیاهان مهم تناوبی بهاره در مناطق غالباً کشت دیم و گاهاً آبی اکثر مناطق آذربایجان می‌باشد. بالنگوی شهری به علت دارا بودن موسیلاژ بعنوان لینت بخش در رفع سرفه‌های ناشی از سرما خوردگی و نیز بعنوان تقویت کننده، مدر و محرک مصرف سنتی دارد. از پیکره رویشی آن توسط تقطیر نوعی اسانس بدست می‌آید که در درمان سرماخوردگی مفید است. از ترکیبات هیدروکلوئیدی دانه بالنگوی شهری نوعی بستنی با ماندگاری بالا بدست می‌آید (بهرام پور و خداپرست ۲۰۰۹).

موسیلاژها، پلیمرهای زیستی با وزن مولکولی بالا هستند که دارای دامنه وسیعی از خواص فیزیکوشیمیایی هستند که کاربرد وسیعی در زمینه‌های دارویی، صنعتی، بهداشتی، غذایی و پزشکی دارند (زاو و همکاران ۲۰۰۸). آنالیز موسیلاژها نشان می‌دهد که دارای واحدهای سازنده‌ای مانند گالاکتورونیک اسید، گلوکورونیک اسید، آرابینوز، گزیلوز، رامنوز، مانوز، گالاکتوز و گلوکوز می‌باشند (زاو و همکاران ۲۰۰۶ و فکری و همکاران ۲۰۰۸).

در مورد گیاهان دارویی که برای ترکیب مواد موثره به رشد کامل رویشی و زایشی نیاز دارند، تنش خشکی موجب کاهش مواد موثره و کیفیت آنها می‌گردد (لباسچی و همکاران ۲۰۰۳). این در حالی است که مطالعات دیگری افزایش ماده موثره گیاهان دارویی را به عنوان پاسخی برای افزایش مقاومت به شرایط کم آبی گزارش کرده‌اند (بقالیان ۱۹۹۹). رحیمی و همکاران (۲۰۱۴) با انجام آزمایشی دو ساله بر روی دو گونه دارویی اسفرزه با اعمال سه مرحله تنش در مراحل پس از گلدهی و پر شدن دانه نشان دادند که تنش خشکی به طور معنی‌داری باعث افزایش درصد موسیلاژ بذر در هر دو گونه می‌شود (بیشترین عملکرد موسیلاژ در شرایط تنش متوسط حاصل گردید). نصراله زاده و آقایی (۲۰۱۴) در آزمایشی بر روی گیاه دارویی بالنگوی شهری با اعمال آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰،

Pseudomonas و *Bacillus* اشاره کرد (تیلاک و همکاران ۲۰۰۵). گونه‌های مختلف جنس *Pseudomonas* در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا موثر بوده (پال و همکاران ۲۰۰۱) و *Pseudomonas fluorescens* از طریق ساز و کارهای مختلفی از جمله تولید سیدوفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می‌گردد (کاردوسو و کوئیر ۲۰۰۶).

سالسلیک اسید متعلق به گروهی از ترکیبات فنلی است که به طور وسیعی در گیاهان وجود دارد و امروزه به عنوان ماده شبه هورمونی محسوب می‌گردد. نقش سالسلیک اسید به عنوان یک ماده تنظیم کننده رشد در القای تحمل به بسیاری از تنش‌های زیستی و غیر زیستی بویژه تنش خشکی (سناراتا و همکاران ۲۰۰۳) مورد توجه قرار گرفته است. این اسید نقش مهمی در رشد گیاهان دارد (کانگ و همکاران ۲۰۰۳). رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت سیستم‌های کشاورزی پایدار و بکارگیری روشهای مدیریتی آنها می‌باشد. در این میان گیاهان دارویی معطر و دارای اسانس، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. به طور کلی هدف از انجام این پژوهش بررسی تعیین فاصله آبیاری (نیاز آبی) مطلوب و جبران نسبی کاهش رشد و تولید گیاه دارویی بالنگوی شهری بر اثر شرایط کمبود آب (فاصله زیاد آبیاری) با روش‌های بیولوژیکی و زراعی برای دستیابی به عملکرد مناسب و مواد موثره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴ 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

بیولوژیکی و شاخص برداشت به طور معنی‌داری افزایش یافت.

قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند (پانوار و طرفدار ۲۰۰۶) که رابطه همزیستی با بیشتر نهاندانگان از جمله چندین گونه گیاه دارویی دارند (سریواستاوا و باسو ۱۹۹۵) و نکاتشوار و همکاران (۲۰۰۰). میکوریزا (قارچ-ریشه) سبب افزایش تحمل گیاه به خشکی، دمای زیاد، آلودگی قارچ‌های بیماری‌زا و حتی اسیدیته بالای خاک می‌شود (چن ۲۰۰۶). میکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیر متحرک، خصوصاً "فسفر و چندین ریز مغذی دیگر تاثیر مفیدی دارد. بنابراین، قارچ‌های میکوریزا دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم نظام‌های زراعی هستند، به طوری که سبب بهبود کیفیت‌های فیزیکی (از طریق گسترش ریشه‌های قارچ)، شیمیایی (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و بیولوژیکی (از طریق شبکه غذایی خاک) خاک می‌گردند (عبدالجلیل و همکاران ۲۰۰۷).

عناصر ریز مغذی که برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند، ضمن شرکت در ساختار بعضی اندامک‌ها، در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (راوی و همکاران ۲۰۰۸). تاثیر مثبت ریز مغذی‌ها بر عملکرد ماده خشک ممکن است به دلیل افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانیل پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد (شرفی و همکاران ۲۰۰۲ و راوی و همکاران ۲۰۰۸).

باکتری‌های حل کننده فسفات گروهی از ریز موجودات را در بر می‌گیرند که قادرند فسفر نامحلول خاک را به فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند. از مهمترین جنس‌های این خانواده می‌توان به جنس‌های

انحلال اولیه در آب گرم انجام شد. بدین منظور بذور به نسبت ۱:۴۰ در آب گرم ۱۰۰ درجه وارد شده و با یک هم زن به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. سپس نمونه‌ها در دمای اطاق سرد گردیدند و پس از آن به مدت ۳۰ دقیقه در ۵ درجه سانتی گراد با سرعت ۴۵۰۰ دور در ثانیه سانتریفوژ شد. محلول جدا شده را از صافی الیاف پشم شیشه عبور داده و با اضافه نمودن اتانول ۹۶ درصد رسوب داده شد. رسوب با سانتریفوژ به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در ثانیه جدا شد (سینگر و همکاران ۲۰۱۱). پس از تعیین عملکرد دانه و درصد موسیلاژ دانه، عملکرد موسیلاژ از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری ترکیبات قندی موسیلاژ بالنگو از روش کروماتوگرافی گاز - مایع (GLC) و دستگاه GC استفاده بعمل آمد. برای شناسایی ترکیب‌های قندهای موسیلاژ و میزان آن‌ها، عصاره موسیلاژی به مقدار ۰/۱ میکرولیتر با استفاده از سرنگ ۱۰ میکرولیتری هامیلتون به دستگاه گاز کروماتوگرافی مجهز به آشکار ساز یونیزاسیون شعله‌ای که نقش ردیابی و شناسایی ترکیب‌ها را بر عهده دارد، تزریق گردید (سعیدالاهل و عبیر ۲۰۱۰). دمای ستون دستگاه که به طول متوسط ۳۰ متر با قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر با ۰/۲۵ میکرون بود، با مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی، دمای بین ۲۵۰-۶۰ درجه سیلسیوس در هر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سیلسیوس تنظیم شد. با حرکت گاز هلیوم با سرعت ۳۲ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون، ترکیب‌های سازنده اسانس در طی عبور از فاز ثابت به متحرک از یکدیگر تفکیک شدند. شناسایی کروماتوگرام (طیف جرمی) از طریق محاسبه شاخص‌های بازاداری ترکیب‌ها (Retention time) و به‌کمک تزریق هیدروکربن‌های نرمال (C9- C24) تحت شرایط یکسان صورت گرفت.

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 ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب I₁, I₂, I₃, I₄) در کرت‌های اصلی و عوامل زراعی و بیولوژیکی تعدیل تنش کمبود آب (قارچ‌های *Glomus intraradices*، *Glomus verruciform*، ژئولیت، محلول‌پاشی روی، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، کود زیستی فسفات‌ه بارور ۲ و شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طول کرت‌ها ۲۵۰ سانتی‌متر و عرض آنها ۱۲۰ سانتی‌متر و هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها طوری تنظیم شد که تراکم کاشت ۴۰۰ بوته در متر مربع (در هر ردیف و در هر متر طولی ۸۰ بوته) بدست آمد. قارچ‌های 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. ژئولیت به مقدار ۳۰ تن در هکتار برای هر کرت محاسبه و قبل تهیه خطوط کاشت در سطح کرت پخش و کاملاً با خاک کرت قبل از کشت مخلوط گردید. روی با غلظت ۲ در هزار و در مرحله گلدهی محلول‌پاشی گردید. سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار تهیه و در مرحله ۳ تا ۴ برگی رشد گیاه محلول‌پاشی گردید. کود زیستی فسفات‌ه بارور ۲ که حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های باسیلوس لنتوس (سویه P5) و سودوموناس پوتیدا (سویه P13) می‌باشد به روش بذر مال در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت. وجین علف‌های هرز مزرعه در سه نوبت پس از کاشت و در مرحله داشت به‌صورت دستی انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیولوژیکی در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیکی از دو ردیف میانی کرت‌ها پس از حذف حاشیه‌ها نمونه‌ای به مساحت یک متر مربع انجام شد. ارزیابی مقدار موسیلاژ بر اساس

عملکرد دانه

بر پایه جدول تجزیه واریانس داده‌ها رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت. عوامل زراعی و بیولوژیکی تعدیل تنش در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین-های سطوح مختلف تیمار کودی نشان داد که بین تیمارهای محلول‌پاشی روی، سالیسیلیک اسید، زئولیت و استفاده از کود فسفات بارور ۲ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، و بیشترین میزان عملکرد دانه (۳/۸۸۶/۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کود فسفات بارور ۲ بود (جدول ۳). در این آزمایش گونه‌های قارچ میکوریزا به یک اندازه و به طور معنی‌دار عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند. البته این افزایش عملکرد کمتر از تیمارهای کودی (زئولیت، محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک اسید) بود (جدول ۳). نتایج مطالعات قبلی نشان داد که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه از طریق ایجاد شرایط مناسب تغذیه‌ای، بهبود جذب آب و رشد گیاه، تسریع گلدهی و افزایش تعداد چتر در بوته در گیاه دارویی رازیانه (حسین‌زاده و امینی ۲۰۱۴)، و زئولیت با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش میزان دسترسی گیاه به آب، افزایش شدید ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ساختمان خاک و افزایش تثبیت عناصر غذایی و رهاسازی تدریجی آنها و در نهایت افزایش توانایی گیاه در مصرف عناصر در زنیان (شارما ۲۰۰۲ و هانی و همکاران ۱۳۹۲) و کود زیستی فسفات با تولید اسیدهای آلی و افزایش حلالیت فسفات‌های معدنی کم محلول و بهبود جذب فسفات در گیاه دارویی رازیانه (حسین‌زاده و امینی ۲۰۱۴) باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک که نشان دهنده ماده خشک کل تجمع یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است تحت تاثیر تیمارهای رژیم آبیاری قرار نگرفت (جدول ۲).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS9.1.3 و MSTAT-C و بر اساس امید ریاضی طرح انجام شد، ضمن آنکه رسم نمودارها و جدول‌های آماری نیز توسط نرم افزارهای Excel و Word انجام گردید. میانگین صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون Student Newman Keuls در سطح ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند (یزدی صمدی و همکاران ۲۰۰۰).

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر رژیم آبیاری در سطح ($P \leq 0.05$) و تیمارهای کودی در سطح ($P \leq 0.01$) بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). ارتفاع گیاه در آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (۲۳/۳۷ سانتی‌متر) نسبت به بیشترین ارتفاع بوته در آبیاری ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (۲۸/۸۲ سانتی‌متر) ۱۹ درصد کاهش داشت (جدول ۳). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌هاست. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کم‌تر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع بوته مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تاثیر آب قرار می‌گیرد (ارکوسا و همکاران، ۲۰۰۲). مقایسه میانگین‌های تیمار کودی نشان داد که بین تیمارهای محلول‌پاشی روی، سالیسیلیک اسید، زئولیت و استفاده از کود فسفات بارور ۲ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، و بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۲۸/۲۳ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). در این آزمایش کم‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شاهد با (۲۳/۹۳ سانتی‌متر) بود که از این لحاظ با کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

نگهداری آب در خاک و کاهش اثر تنش خشکی موجب افزایش طول دوره‌ی رشد گیاه شد که منجر به افزایش انتقال مواد آسمیلاسیون در اندام‌های رویشی شد. شعبان زاده و گلوی (۲۰۱۱) با انجام آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاه دانه بیان نمودند که با محلول‌پاشی روی با فواصل آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز، بیشترین عملکرد بیولوژیک با استفاده از محلول‌پاشی با غلظت ۴ در هزار که احتمالاً ناشی از افزایش دوام سطح سبز گیاه و افزایش تولید ماده خشک می‌باشد حاصل گردید. جامی و همکاران (۲۰۱۵) با انجام آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاهدانه با استفاده از محلول‌پاشی سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و اعمال تنش آبی در چهار مرحله از چرخه رشد رویشی گیاه اظهار نمودند که با استفاده از غلظت متوسط ۱۰ میکرو مولار سالیسیلیک اسید توام با آبیاری متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) حداکثر مقدار عملکرد بیولوژیک، دانه و اسانس حاصل گردید.

مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای سطوح مختلف عوامل بیولوژیک نشان داد که تیمارهای فسفات بارور ۲، محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیک باهم نداشتند. بیشترین افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۲۸۱۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد با کمترین عملکرد (۱۸۸۷/۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). تیمارهای محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۳۳٪)، فسفات بارور ۲ (۳۲٪) و محلول‌پاشی روی (۳۰٪) به ترتیب بیشترین افزایش عملکرد را نسبت به شاهد داشتند. تیمارهای زئولیت، دو گونه قارچ میکوریزا و شاهد تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیک باهم نداشتند (جدول ۳). رازبان و پیرزاد (۲۰۱۰) اثر سوپر جاذب را تحت تیمارهای آبیاری متفاوت، بر رشد و تحمل کم آبی در بابونه آلمانی بررسی و نشان دادند که سوپر جاذب کاهش عملکرد بیوماس در شرایط کمبود آب را جبران می‌کند. کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب با افزایش قابلیت جذب و

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و تیمار کودی بر ارتفاع بوته و عملکرد دانه، بیولوژیکی و موسیلاژ بالنگوی شهری

| میانگین مربعات | | | | | | | منابع تغییر |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------------|--------------------------|
| ارتفاع بوته | شاخص برداشت موسیلاژ | عملکرد موسیلاژ | درصد موسیلاژ | عملکرد بیولوژیکی | عملکرد دانه | درجه آزادی | |
| ۳۵/۱۴۳ ^{ns} | ۰/۰۰۵ ^{ns} | ۰/۰۱۱ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۰۷ ^{ns} | ۰/۰۲۳ ^{ns} | ۲ | بلوک |
| ۱۱۰/۶۳۱* | ۰/۰۹۱* | ۰/۳۰۵* | ۰/۰۷۶** | ۰/۰۹۲ ^{ns} | ۰/۱۲۱ ^{ns} | ۳ | رژیم آبیاری |
| ۱۶/۳۲۴ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۶۰ | ۶ | a خطای |
| ۲۳/۵۳۳** | ۰/۰۰۹** | ۰/۰۸۶** | ۰/۰۱۰** | ۰/۰۴۳** | ۰/۰۴۹** | ۶ | تیمار کودی |
| ۴/۷۲۹ ^{ns} | ۰/۰۰۴ ^{ns} | ۰/۰۱۰ ^{ns} | ۰/۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۰۸ ^{ns} | ۰/۰۱۰ ^{ns} | ۱۸ | رژیم آبیاری × تیمار کودی |
| ۵/۵۵۵ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۸ | ۴۸ | b خطای |
| ۹/۰۲ | ۷/۹۸ | ۴/۷۷ | ۲/۶۲ | ۳/۲۶ | ۲/۶ | | ضریب تغییرات (%) |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین های اثر رژیم آبیاری و تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه و بیولوژیک و موسیلاژ بالنگوی شهری

| تیمارها | ارتفاع بوته | عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار) | درصد (موسیلاژ (%)) | عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت موسیلاژ (درصد) |
|------------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| ۴۰ | ۲۸/۸۲ a | ۱۵/۳۷ b | ۱۳۶/۷۳ ab | ۴/۷۴ a | | |
| ۸۰ | ۲۶/۸۳ ab | ۱۶/۳۶۳a | ۱۴۲/۰۲ a | ۵/۱۲ a | | |
| ۱۲۰ | ۲۵/۴۵ bc | ۱۳/۸۰ c | ۹۳/۳۳ ab | ۴/۶۷ a | | |
| ۱۶۰ | ۲۳/۳۷ c | ۱۱/۹۴ d | ۸۳/۰۴ b | ۳/۶۳ b | | |
| تیمارهای کودی | | | | | | |
| مایکوریزا گونه <i>verruciform</i> | ۲۵/۰۹ bc | ۷۶۱/۲۳ ab | ۲۴۵۴/۵ ab | ۱۰۴/۲۲ cd | ۴/۵۹ abc | |
| مایکوریزا گونه <i>intraradices</i> | ۲۵/۵۱ bc | ۷۰۴/۶۳ bc | ۲۱۵۲/۲ bc | ۹۹/۸۳ d | ۴/۲۹ c | |
| زئولیت | ۲۶/۴ ab | ۷۹۱/۳ a | ۲۶۱۱/۳ ab | ۱۴/۵۰ bc | ۴/۴۰ bc | |
| محلولپاشی روی | ۲۶/۸۷ ab | ۸۵۹/۹ a | ۲۷۲۸/۵ a | ۱۳/۸۹ c | ۴/۵۳ abc | |
| محلولپاشی اسید سالیسیلیک | ۲۸/۲۳ a | ۸۷۶/۵۳ a | ۲۸۱۵/۰ a | ۱۳۷/۸۹ ab | ۴/۹۴ a | |
| کود زیستی فسفات بارور | ۲۶/۷۹ ab | ۸۸۶/۰۳ a | ۲۸۰۲/۰ a | ۱۳۸/۳۵ a | ۴/۸۶ ab | |
| شاهد | ۲۶/۷۳ c | ۶۰۳/۷۳ c | ۱۸۸۷/۲ c | ۱۲/۹۲ d | ۴/۱۹ c | |

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

درصد موسیلاژ

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشانگر آن بود که اثر تیمارهای آبیاری و کودی در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان موسیلاژ دانه معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر آبیاری بر درصد موسیلاژ حاکی از آن است که بیشترین درصد موسیلاژ دانه به مقدار ۱۶/۳۶ درصد و مربوط به آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک (I₂) می باشد. با افزایش فاصله آبیاری از ۸۰ میلی متر تبخیر به بعد درصد موسیلاژ بطور معنی داری کاهش یافت.

کاهش فواصل آبیاری نسبت به آبیاری مطلوب (آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر) هم درصد موسیلاژ را کاهش داد. کمترین درصد موسیلاژ دانه مربوط به سطح آبیاری ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک و به مقدار ۱۱/۹۴ درصد مشاهده گردید (جدول ۳). نصراله زاده و آقایی (۲۰۱۴) در آزمایشی بر روی گیاه دارویی بالنگوی شهری با اعمال آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰

۱۶۰ و ۱۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر در چهار سطح تراکم بذر مشاهده کردند که بیشترین درصد و عملکرد موسیلاژ دانه با اعمال تیمار ۷۰ میلی متر تبخیر حاصل گردید، و با افزایش فاصله آبیاری از میزان آنها کاسته شد. در دانه های موسیلاژی، تنش کمبود آب عامل اصلی تولید موسیلاژ می باشد. در آزمایش حاضر، بیشترین مقدار درصد موسیلاژ دانه به مقدار ۱۵/۶۸ درصد، مربوط به محلولپاشی سالیسیلیک اسید می باشد که تفاوت معنی داری با کود فسفات بارور ۲ نداشت (جدول ۳). همچنین تیمارهای استفاده از قارچ مایکوریزا، زئولیت و محلولپاشی روی بطور معنی دار موجب افزایش درصد موسیلاژ دانه (به ترتیب ۸، ۱۱ و ۷ درصد) نسبت به شاهد شدند. در این پژوهش کمترین میزان موسیلاژ دانه با ۱۲/۹۲ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). کرمی و همکاران (۲۰۱۱) با انجام آزمایشی بر روی گیاه دارویی گاو زبان با استفاده از کودهای زیستی بیوفسفات تحت شرایط کمبود آب اعلام

همکاران (۲۰۱۴) با انجام آزمایشی بر روی دو گونه دارویی گیاه اسفرزه و اعمال تنش خشکی گزارش کردند که تنش خشکی در هر دو سال بطور معنی‌داری باعث عملکرد موسیلاژ در هکتار شده و بیشترین عملکرد موسیلاژ در شرایط تنش متوسط حاصل گردید. کرمی و همکاران (۱۳۹۰) با انجام آزمایشی با استفاده از کودهای بیوفسفات و اعمال تنش خشکی بر روی گیاه دارویی گاوزبان اظهار نمودند که بیشترین عملکرد موسیلاژ با ۷۴/۹۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۵۰٪ کودهای شیمیایی توصیه شده به همراه زیستی و در شرایط بدون تنش حاصل گردید.

شاخص برداشت موسیلاژ

آبیاری ($P \leq 0.05$) و تیمارهای کودی ($P \leq 0.01$) بر شاخص برداشت موسیلاژ تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). مقایسات میانگین اثر سطوح آبیاری بر شاخص برداشت موسیلاژ حاکی از آن بود که بین تیمارهای سطوح آبیاری پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و بیشترین مقدار شاخص برداشت با ۰/۰۵۱۲ درصد مربوط به سطح آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر سطوح کودی بر شاخص برداشت موسیلاژ نشانگر آن بود که بیشترین افزایش شاخص برداشت به ترتیب مربوط به تیمارهای محلول-پاشی سالیسیلیک اسید (۴/۹۴ درصد)، فسفات بارور *G. verucifourm* (۴/۸۶ درصد) و گونه مایکوریزا *G. verruciform* (۴/۵۳ درصد) بود (جدول ۴). در این آزمایش کمترین میزان شاخص برداشت با ۴/۱۹ درصد متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۴). عدم تفاوت معنی‌دار بین رژیم‌های آبیاری از نظر عملکرد بیولوژیک سبب روند مشابه شاخص برداشت با عملکرد موسیلاژ شده است. همچنین عملکرد بیولوژیک همراه با عملکرد حداکثری موسیلاژ در تیمارهای محلول‌پاشی (روی و سالیسیلیک اسید)، کود زیستی فسفات بارور ۲ و زئولیت منجر به شاخص برداشت بیشتر در این تیمارها شده است.

داشتند که بیشترین عملکرد سرشاخه، دانه، اسانس و موسیلاژ با کاربرد تیمار ۵۰٪ کودهای شیمیایی + کودهای زیستی و در شرایط بدون تنش حاصل گردید. رمودی و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی بر روی گیاه دارویی اسفرزه اثر محلول‌پاشی روی در افزایش عملکرد بیولوژیکی و دانه، عملکرد موسیلاژ و وزن هزار دانه اسفرزه را معنی‌دار گزارش کردند. قنبری و آریافر (۲۰۱۳) با انجام آزمایشی بر روی گیاه دارویی ریحان با کاربرد سطوح مختلف زئولیت و اعمال تنش آبی نشان دادند که بالاترین مقدار عملکرد موسیلاژ تحت تنش خشکی با ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و استعمال ۲/۵ گرم در کیلوگرم خاک زئولیت بدست می‌آید.

عملکرد موسیلاژ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری ($P \leq 0.05$) و تیمارهای کودی ($P \leq 0.01$) بر عملکرد موسیلاژ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد موسیلاژ با ۱۴۲/۰۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بود و بین سطوح رژیم آبیاری پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تفاوت معنی‌دار نبود. کمترین عملکرد موسیلاژ با ۸۳/۰۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر بود (جدول ۳). با یک روند مشابه درصد موسیلاژ، افزایش و کاهش فاصله آبیاری در مقایسه با آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر باعث کاهش معنی‌دار عملکرد موسیلاژ شده است. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار استفاده از کود فسفات بارور ۲ به مقدار ۱۳۸/۳۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. تیمارهای استفاده از زئولیت، محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک اسید، مایکوریزا گونه‌های *G. verruciform* و *G. intraradices* عملکرد بالاتر از شاهد داشتند. کمترین مقدار عملکرد موسیلاژ با ۷۹/۷۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). رحیمی و

فسفات‌ها بارور، محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک اسید بطور معنی‌داری درصد قندهای گلوکز، گالاکتوز و ارونیک اسید را نسبت به شاهد افزایش داد بطوریکه بیشترین درصد این قندها به‌ترتیب به مقدار ۱۹/۳۸٪، ۹/۱۷٪ و ۲/۴۴٪ مربوط به تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بود (جدول ۵). بررسی مقایسات میانگین اثر عوامل تعدیل تنش بر درصد قندهای گالاکتورونیک اسید و زایلوز نشانگر آن بود که تمامی سطوح تیمارهای کودی بطور معنی‌داری درصد این قندها را نسبت به شاهد کاهش داد. طوریکه کمترین میزان به‌ترتیب به مقدار ۹/۶۷٪ و ۵/۸۰٪ متعلق به تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای کودی نشان داد بیشترین و کمترین میزان قند ریوز به‌ترتیب با ۲/۹۰٪ و ۲/۰۵٪ با استفاده از محلول‌پاشی روی و کاربرد زئولیت بدست آمد (جدول ۵). با توجه به اینکه افزایش و کاهش فواصل آبیاری I₂ باعث کاهش درصد گلوکز، گالاکتوز، ارونیک اسید و ریوز شده است، یعنی در تنش‌های کمبود آب شدید (آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر) و زیاد بود آب (آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر) مقادیر ترکیبات مورد اشاره در بالا به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. بنابراین هر کدام از تیمارهای کودی (گونه‌های میکوریزا، زئولیت، محلول‌پاشی روی و اسید سالیسیلیک و کود فسفات‌ها بارور) باعث افزایش مقادیر این ترکیبات شده‌اند. به‌نظر می‌رسد میکوریزا با گسترش هیف و افزایش دسترسی به آب (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۷)، باکتری‌های حل‌کننده فسفات با افزایش فسفر محلول قابل جذب برای گیاه (علیجانی و همکاران، ۲۰۰۱)، محلول‌پاشی روی با دخالت در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه و افزایش جذب فسفر (راوی و همکاران، ۲۰۰۸)، محلول‌پاشی

عملکرد متوسط موسیلاژ در گیاهان میکوریزیایی نیز همراه با عملکرد متوسط بیولوژیک منجر به شاخص برداشت بیشتر نسبت به شاهد شده است.

ترکیبات موسیلاژ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری بر ترکیبات قندهای گلوکز، گالاکتوز، ارونیک اسید، گالاکتورونیک اسید، زایلوز، فروکتوز و ریوز در سطح احتمال ۱٪ و بر گلوکورونیک اسید در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد، ولی اثر آبیاری بر قندهای رافینوز، فرت، مانوز و آرابینوز معنی‌دار نبود (جدول ۴). با افزایش سطوح آبیاری از ۴۰ به ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک میزان قندهای گلوکز، گالاکتوز، ارونیک اسید و ریوز بطور معنی‌دار کاهش یافت. طوریکه بیشترین میزان این قندها به‌ترتیب به مقدار ۲۰/۴۹٪، ۹/۴۹٪، ۲/۶۰٪ و ۳/۵۸٪ مربوط به تیمارهای آبیاری پس از ۸۰ و ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، و کمترین میزان به‌ترتیب به مقدار ۱۳/۹۳٪، ۷/۲۶٪، ۱/۲۹٪ و ۱/۶۸٪ مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر بود. همچنین مقایسه میانگین قندهای گالاکتورونیک اسید، زایلوز، فروکتوز و گلوکورونیک اسید نشانگر آن بود که بیشترین میزان این قندها به‌ترتیب به مقدار ۱۳/۹۷٪، ۸/۵۲٪، ۷/۱۰٪ و ۹/۱۹٪ مربوط به تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کمترین میزان به‌ترتیب به مقدار ۸/۶۵٪، ۵/۱۹٪، ۴/۵۸٪ و ۶/۸۷٪ مربوط به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بود (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر تیمارهای کودی بر مونوساکاریدهای گلوکز، گالاکتوز، ارونیک اسید، گالاکتورونیک اسید و زایلوز در سطح احتمال ۱٪ و ریوز در سطح احتمال ۵٪ تاثیر معنی‌دار داشت. همچنین اثر سطوح عوامل بیولوژیکی بر گلوکورونیک اسید، رافینوز، فرت، مانوز و آرابینوز معنی‌دار نبود (جدول ۴). استفاده از قارچ‌های میکوریزا، زئولیت، کود

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثرات رژیم آبیاری و تیمارهای عوامل زراعی و بیولوژیکی تعدیل تنش بر ترکیبات موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری (فاکتوریل بدون تکرار).

| میانگین مربعات | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|---------|--------------------|--------------------|--------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| منابع تغییر | درجه آزادی | گلوکوز | گالاکتوز | ارونیک اسید | ونیک اسید | زایلوز | فروکتوز | گلوکورو نیک اسید | ریبوز | رافینوز | فرت | مانوز | آرابینوز |
| تیمارهای کودی | ۶ | ۸/۴۸** | ۰/۹۸۴** | ۰/۳۱** | ۴/۹۹** | ۱/۵۰** | ۰/۴۱ ^{NS} | ۱/۴۲ ^{NS} | ۰/۳۹* | ۰/۵۴ ^{NS} | ۰/۰۹۸ ^{NS} | ۰/۳۴ ^{NS} | ۹/۳۳ ^{NS} |
| رژیم آبیاری خطای آزمایشی | ۲ | ۵۸/۲۱** | ۶/۶۸** | ۲/۳۵** | ۳۷/۶۰** | ۱۴/۹۹** | ۷/۷۸** | ۶/۸۹* | ۵/۴۱** | ۰/۶۹۷ ^{NS} | ۰/۰۱۱ ^{NS} | ۰/۴۱ ^{NS} | ۱۰/۷۴ ^{NS} |
| ضریب تغییرات (%) | ۱۸ | ۰/۵۳۰ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۳۹۲ | ۰/۱۱۰ | ۰/۳۵۷ | ۱/۹۷۶ | ۰/۰۶۸ | ۰/۴۹۹ ^{NS} | ۰/۹۰ | ۰/۳۴۵ | ۹/۷۲ |
| | | ۴/۱۵ | ۳/۳۴ | ۷/۰۴ | ۵/۶۵ | ۴/۹۸ | ۱۰/۳۵ | ۱۸/۰۶ | ۱۰/۲۴ | ۱۷/۷۲ | ۱۴/۳۳ | ۵۲/۶۱ | ۲۵۱/۴۴ |

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای رژیم آبیاری و عوامل زراعی و بیولوژیکی تعدیل تنش بر ترکیبات قندهای موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری.

| ترکیبات قندی | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|----------|-------------|-------------------|--------|---------|-----------------|--------|
| رژیم آبیاری | گلوکوز | گالاکتوز | ارونیک اسید | گالاکتورونیک اسید | زایلوز | فروکتوز | گلوکورونیک اسید | ریبوز |
| میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر | | | | | | | | |
| ۴۰ | ۱۹/۰۴b | ۸/۹۷b | ۲/۳۷b | ۹/۹۹c | ۵/۸۷c | ۵/۵۳b | ۷/۵۸ab | ۲/۹۷b |
| ۸۰ | ۲۰/۴۹a | ۹/۴۹a | ۲/۶۰a | ۸/۶۵d | ۵/۱۹d | ۴/۵۸c | ۶/۸۷b | ۳/۵۸a |
| ۱۲۰ | ۱۶/۶۵c | ۸/۱۳c | ۱/۹۰c | ۱۱/۸۵b | ۷/۰۶b | ۶/۰۱b | ۷/۵۸ab | ۱/۸۹c |
| ۱۶۰ | ۱۳/۹۳d | ۷/۲۶d | ۱/۲۹d | ۱۳/۹۷a | ۸/۵۲a | ۷/۱۰a | ۹/۱۹a | ۱/۶۸c |
| عوامل کودی | گلوکوز | گالاکتوز | ارونیک اسید | گالاکتورونیک اسید | زایلوز | فروکتوز | گلوکورونیک اسید | ریبوز |
| مایکوریزا گونه <i>verruciform</i> | ۱۷/۳۵c | ۸/۳۱c | ۱/۹۶c | ۱/۶۲d | ۶/۸۳b | ۵/۵۴a | ۷/۷۶a | ۲/۸۹a |
| مایکوریزا گونه <i>intraradices</i> | ۱۷/۲۰c | ۸/۳۰c | ۱/۹۷c | ۱۱/۳۰b | ۶/۸۰b | ۵/۴۲a | ۷/۶۴a | ۲/۸۴a |
| زنولیت | ۱۷/۹۵c | ۸/۶۰bc | ۲/۱۰bc | ۱۰/۷۵bc | ۶/۵۷b | ۵/۶۲a | ۶/۶۳a | ۲/۰۵c |
| محل‌لپاشی روی | ۱۶/۶۳c | ۸/۲۴c | ۱/۸۸c | ۱۱/۷۰b | ۶/۸۸b | ۵/۵۵a | ۷/۷۱a | ۲/۹۰a |
| محل‌لپاشی اسید سالیسیلیک | ۱۹/۳۸a | ۹/۱۷a | ۲/۴۴a | ۹/۶۷c | ۵/۸۰c | ۵/۸۳a | ۷/۹۸a | ۲/۶۵a |
| کود فسفات بارور ۲ | ۱۹/۰۳ab | ۸/۹۵ab | ۲/۳۱ab | ۹/۹۳c | ۶/۰۵c | ۶/۰۹a | ۸/۳۰a | ۲/۳۹ac |
| شاهد | ۱۵/۱۵d | ۷/۷۰d | ۱/۶۲d | ۱۲/۸۸a | ۷/۶۵a | ۶/۳۲a | ۸/۴۵a | ۲/۲۶c |

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک در هر ستون می‌باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

گیاهان به آب در شرایط کمبود آب (غلامی، ۱۳۸۵) تا حدودی تنش‌های کمبود آب ایجاد شده را در فواصل زیاد آبیاری I₃ و I₄ تعدیل کرده‌اند. بر عکس در

سالیسیلیک اسید با القای ۱ تحمل به بسیاری از تنش‌های زیستی و غیر زیستی بویژه تنش خشکی (سناراتنا و همکاران ۲۰۰۳) و زنولیت با افزایش دسترسی مطلوب

از بالنگوی سیاه گزارش کردند که موسیلاژ بالنگوی سیاه شامل مونوساکاریدهای گالاکتورونیک اسید، گالاکتوز، مانوز، آرابینوز، گزیلون، گلوکز و رامنوز هست.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، هر گونه افزایش و یا کاهش فاصله آبیاری از تیمار I₂ (آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر) با تاثیر بر تولید موسیلاژ موجب کاهش درصد، عملکرد و شاخص برداشت موسیلاژ شده است که رژیم آبیاری پس از ۱۶۰ میلی متر تبخیر بیشترین کاهش را نشان داد. تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر از تشک با توجه تولید حداکثر عملکرد دانه، بیولوژیکی، درصد موسیلاژ، عملکرد و شاخص برداشت موسیلاژ قابل توصیه بود. چنین به نظر می رسد که در بین عوامل زراعی و بیولوژیکی تعدیل تنش مورد استفاده در این پژوهش، استفاده از کود بیولوژیکی فسفات بارور-۲ با افزایش میزان فسفر محلول قابل استفاده در خاک و بهبود توسعه سیستم ریشه ای، و محلول پاشی سالیسیلیک اسید با تاثیر بر افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش کم آبی موجب بهبود عملکرد دانه، بیولوژیکی، درصد و عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری گردیده و از این لحاظ استفاده از این تیمارها مورد نظر می باشد.

گالاکتورونیک اسید، زایلوز و فروکتوز که بالاترین مقادیر در شدیدترین تنش کمبود آب بدست آمده اند (جدول ۵)، منطقی است که مقادیر آنها در تیمارهای کودی (که باعث تعدیل تنش می شوند) در مقایسه با شاهد کاهش یابد. گلوکورونیک اسید که در رژیم های آبیاری مقادیر یکسان را نشان می دهد (جدول ۵)، تحت تاثیر تیمارهای کودی هم قرار نمی گیرد. ابراهیم زاده و همکاران (۲۰۰۰) با انجام آزمایشی بر روی ۱۵ گونه از گونه های مناطق مختلف و اندازه گیری درصد قندهای موسیلاژ بیان نمودند که گلوکز، گالاکتوز، آرابینوز، گزیلون، فوکوز، رامنوز، ارونیک اسید، گلوکورونیک اسید و گالاکتورونیک اسید عمده ترین قندهای مونوساکاریدی تشکیل دهنده موسیلاژ هستند. پالانویج و همکاران (۲۰۰۹) با انجام پژوهشی بر روی شش گونه گیاه دارویی اسفناج، اسفرزه، بنگ دانه، برگ بوی هندی و شنبلیله در تایلند گزارش کردند که مونوساکاریدهای گالاکتورونیک اسید، گلوکز، گالاکتوز، رامنوز، آرابینوز، گزیلون، مانوز و گلوکورونیک اسید قندهای تشکیل دهنده موسیلاژ این گونه ها می باشند. کلیفورد و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی با اعمال تنش خشکی بر روی گیاه دارویی عناب اظهار نمودند که گلوکز، گالاکتوز و رامنوز عمده ترین قندهای موسیلاژ می باشند. در آزمایش آنها با افزایش تنش مقدار گلوکز بطور معنی داری کاهش یافت. فکری و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش کروماتوگرافی موسیلاژ استخراجی

منابع مورد استفاده

- Abdul-Jaleel CP, Manivannan B, Sankar A, Kishorekumar R, 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.
- Amanzadeh Y, Khosravi Dehaghi N, Gohari AR, Monsef-Esfehani HR and Sadat Ebrahimi GR. 2011. Antioxidant Activity of Essential Oil of *Lallemantia iberica* in Flowering Stage and Post-Flowering Stage *Research Journal of Biological Sciences*, 6(3): 114-117.
- Bahramparvar M, Hadad Khodaparast M and Razavi SMA. 2009. The effect of *Lallemantia royleana* (Balangu) seed, palmate-tuber salep and carboxymethylcellulose gums on the hysicochemical and sensory properties of typical soft ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 62: 571-76.

- Baghalian, K. 1999. Effects of Air Humidity and Soil Moisture on Quality and Quantity of Mucilage in Seed of *Plantago ovata* Forsk. M. Sc. Thesis, University of Tehran, Iran. (In Persian).
- Cardoso IM and Kuyper TW. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116: 72–84.
- 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.
- Clifford SC, Arndt SK, Popp M and Jones HG. 2002. Mucilages and polysaccharides in *Ziziphus species* (Rhamnaceae): Localization, composition and physiological roles during drought-stress. *Journal of Experimental Botany* 53: 131-138.
- Ebrahimzadeh H, Niknam V and Maassoumi AA. 2000. Mucilage content and its sugar composition in *Astragalus* species from iran. *Pakistan Journal of Botany*, 32(1): 131-140.
- Erkossa T, Stahr K. and Tabor G. 2002. Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre Ethiopia, 82: 247-256.
- Fekri N, Khayami M, Heydari R and Javadi MA. 2008. Isolation and identification of monosaccharide of mucilage in dragon's head by thin layer chromatography. *Iran J Medicinal Aromatic Plants*, 24:207–216. (In Persian).
- Ghanbari M and Ariaifar S. 2013. The study of different levels of zeolite application on quantitative and qualitative parameters in basil (*Ocimum basilicum*) under drought conditions. *Journal of Agriculture*, 3(4): 844-853.
- Golami M. 2006. Super absorbents the way to expand the green space and to cope water deficit. *Green Architecture publication*, 101: 1-40. (In Persian).
- Hosseinzadeh Namin P and Amini Dehaghi M. 2014. Effect of integrated usage of biological and chemical phosphate fertilizers on growth, yield, yield components and essential oil of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). *Journal of Plant Biology of Iran*, 27(4): 592-602. (In Persian).
- Jami N, Mousavi Nik SM and Naghizadeh M. 2015. The effect of drought stress and foliar application with salicylic acid on qualitative and quantitative yield of Black cumin under kerman climatic conditions. *Journal of Crop Improvement*, 17(3): 827-840. (In Persian).
- Javadzadeh SM and Fallah SR. 2013. Effects of planting method, nitrogen fertilizer and plant density on quality and quantity and quantity of borage (*Borago officinalis* L.). *Scientia Agriculturae*, 3(1): 16-18.
- Jones G and Valamoti SM. 2005. Lallamantia, an imported or introduced oil plant in bronze age northern Greece. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14: 571-577.
- Kang G, Wang C, Sun G and Wang Z. 2003. Salicylic acid changes activities of H₂O₂-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 9–15.
- Karami A, Sepehri A, Hamzei J and Salimi Gh. 2011. Effect of nitrogen and phosphorous on quantitative and qualitative traits of Borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. *Journal of Plant Productio technology*, 11(1): 37-50. (In Persian).
- Lebaschi MH, Sharifi Ashourabadi E and Mazaheri D. 2003. Fluctuation of hypericin under water deficit. *Pajouhesh-va-Sazandegi, Journal of Agronomy and Horticulture*, 44-51. (In Persian).
- Mozaffarian V. 1996. A dictionary of Iranian plant names. Farhang Moaser. Tehran. Iran. pp: 198.
- Nasrollahzadeh S and Aghaei-Gharachorlou P. 2014. Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass, essential oil production and mucilage yield of dragon's head (*Lallamantia iberica* Fish. Et May.). *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 3(2): 89-94.

- Nazari M and Fallah S. 2014. effect of biofertilizers and chemical fertilizer combination on the quantity and quality of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) medicinal plant. Plant Products Technology, 14(2): 77-88. (In Persian).
- Pal KK, Tilak VBR, Saxena AK, Dey R and Singh CS. 2001. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminearum* caused by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiological Research, 156: 209–223.
- Palanuvej C, Hokputsa S, Tunsaringkarn T and Ruangrunsi N. 2009. In vitro glucose entrapment and alpha-glucosidase inhibition of mucilaginous substances from selected thai medicinal plants. Scientia Phrmaceutica, 77: 837-849.
- 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 and Razban M. 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).
- Rahimi A, jahansoz MR and Rahimian Mashhadi H. 2014. Effect of drought stress and plant density on quantity and quality characteristics of Isabgol (*Plantago Ovata*) and French psyllum. Journal of Crop Production and Processing, 12(4): 143-156. (In Persian).
- Rahmani M, Habibi D, Shirani Rad AH, Daneshian J, Valad Abadi SAR. 2009. The effect of superabsorbent polymer on yield, activity of oxidant enzymes (catalase and superoxide dismutase) and cytoplasmic membrane stability in mustard under water stress conditions. Journal of Plant and Ecosystem 6(22), 19-37. (In Persian).
- Ramroudi, M., Keikha Jaleh, M., Galavi, M., Seghatoleslami, M.J., and Baradran, R. 2011. The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yields of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Agroecology, 3(3): 277-289. (In Persian).
- Ranjbar Chobeh M. 2003. Effect of irrigation and application of natural zeolite on quantity and quality yield of tobacco Kocer 347. M. Sc. Thesis, University of Guilan, Iran. (In Persian).
- Ravi S, Channal HT, Hebsur NS, Patil BN and Dharmatti PR. 2008. Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L). Karnataka Journal Agriculture Science, 32, 382-385.
- Sadelaji S, Hani A and Khorsandi N. 2013. Effect of zeolite and plant growth promoting rhizobacteria on quantity and quality yield of Ajowan, 2nd National Conference on New Concepts in Agriculture, Univercity of Azad Saveh, 520-527. (In Persian).
- Said-Al Ahl H A H., and A M Abeer. 2010. Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Appllication Science Journal, 3(1): 97-111.
- Senaratna T, Merrit D, Dixon K, Bunn E, Touchell D and ivasithamparam K. 2003. Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants. Plant Growth Regulator, 39: 77-81.
- Shabanzadeh Sh., Galavi M. 2011. Effect of foliar application of micronutrients and irrigation on agronomic traits and yield of Nigella sativa. Journal of Environmental Stresses on Agronomic Sciences, 4 (1): 2-9. (In Persian).
- Sharafi, S., Tajbakhsh, M., Majidi, M., and Pourmirza, A. 2002. Effect of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of two forage corn cultivars in Urmia. Soil. Water, 12: 85-94. (In Persian).
- Sharma AK. 2002. Biofertilizer for sustainable agriculture. Agrobios, India. A Handbook of Organic Farming, 300p.

- Sirvastava, NK and Basu, M. 1995. Occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in some medicinal plants. In: Mycorrhizae: Biofertilizers for the Future. Adholeya, Singh, S.3rd National Conference on Mycorrhiza, Teri, delhi, India, pp: 58-61.
- Singer FAW, Taha FS, Mohamed SS, Gibriel A and El Nawawy M. 2011. Preparation of Mucilage/Protein Products from Flaxseed. American Journal Food Technology, 6: 260- 278.
- Tilak KVBR, Ranganayaki N, Pal KK, De R, Saxena AK, Shekhar Nautiyal C, Shilpi Mittal A, Tripathi K and Johri BN. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science, 89:136-150.
- Van soest LJM, Doorgeest M and Ensink E. 1987. Introductile-demonstratie tun potentiele nieuwe gewassen 1987 (in-formatie, Knelpunten en potentie), Center for genetic resources, Wageningen, pp: 284-340.
- Venkateshwar Rao GG, Manoharachary C, Kunwari IK and Rajeshwar Rao BR. 2000. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with some economically important spices and aromatic plants. Philippine Journal Science, 129: 1-5.
- Yazdi Samadi B, Rezaei A and Valyzadeh M. 2000. Statistical designs in agricultural research. Univercity of Tehran Publication, pp: 764. (In Persian).
- Zhao ZH, Li J, Wu XM, Dai H, Gao XM, Liu MJ and Tu PF. 2006. Structures and immunological activities of two pectic polysacchrides from the fruits of *Ziziphus jujube* Mill. cv. Jinsixiaozao hort. Food Research International, 39(8): 917-923.
- Zhao Z, Liu M and Tu P. 2008. Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujuba (*Ziziphus jujube* Mill. cv. Dongzao). European Food Research and Technology, 226(5): 985-989.