Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۴ / سال ۱۳۹۹ صفحات ۱۲۶-۱۱۱

اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و قارچ شبه‌میکوریز بر برخی صفات رشدی و عملکرد اسانس بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش کم‌آبی

پریسا زعفرانی معطر[۱]، روح اله امینی[۲*]، محمدرضا شکیبا[۲] ، محمدرضا ساریخانی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۲۲
۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- به ترتیب دانشیار و استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگده کشاورزی، دانشگاه تبریز
* مسئول مکاتبه: E-mail: r_amini@tabrizu.ac.ir, ramini58@gmail.com

چکیده

اهداف: بررسی اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و قارچ شبه‌میکوریز تحت تنش کم‌آبی بر برخی صفات رشدی و عملکرد اسانس بادرشبو از اهداف مهم این پژوهش می باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۶ در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. عامل اول تنش کم‌آبی بر اساس ظرفیت مزرعه‌ای در چهار سطح شامل شاهد بدون تنش کم‌آبی (۱۰۰-۸۵ درصد ظرفیت زراعی)، ۸۵-۷۰ درصد ظرفیت زراعی، ۷۰-۵۵ درصد ظرفیت زراعی، ۵۵-۴۰ درصد ظرفیت زراعی و عامل دوم تلقیح بادرشبو با میکروارگانیسم‌های مختلف شامل انتروباکتر، سودوموناس، آگروباکتریوم، قارچ شبه میکوریز و شاهد (عدم تلقیح) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که اثر تنش کم‌آبی و تیمار تلقیح بر تمام صفات مورفولوژیکی بادرشبو معنی‌دار بود. با افزایش تنش کم‌آبی ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، طول سرشاخه اصلی، تعداد چرخه گل در ساقه اصلی، درصد و عملکرد اسانس به طور معنی‌داری کاهش یافتند. بالاترین عملکرد خشک سرشاخه گل‌دار (۲/۴۱ گرم در گلدان) تحت تیمار بادرشبو با انتروباکتر بدست آمد. بیشترین عملکرد پیکره رویشی (۵۹ گرم در گلدان)، درصد اسانس (۰/۳۲ درصد) و عملکرد اسانس (۰/۱۹ گرم در گلدان) تحت تیمار تلقیح با آگروباکتریوم حاصل شد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی تیمارهای تلقیح با قارچ شبه‌میکوریز و آگروباکتریوم، از نظر صفات عملکرد پیکره رویشی و عملکرد اسانس در شرایط تنش متوسط کم‌آبی (۷۰-۵۵ درصد ظرفیت زراعی) بهتر عمل کرده و می‌توانند به عنوان تیمارهایی برای کاهش کابرد کودهای شیمیایی در تولید پایدار بادرشبو توصیه شوند.

واژه‌های کلیدی: آگروباکتریوم، انتروباکتر، تنش کم‌آبی، سودوموناس، عملکرد خشک سرشاخه گلدار، عملکرد اسانس

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Inoculation with PGPRs and Mycorrhiza-like Fungi on some Growth Traits and Essential Oil Yield of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under Water Deficit Stress

Parisa Zafarani-Moattar [1], Rouhollah Amini[2]*, Mohammad Reza Shakiba[2], Mohammad Reza Sarikhani[3]

Received: March 10, 202 Accepted: May 11, 2020
1-PhD. Student in Agronomy, Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2- Assoc. Prof., and Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
3- Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email:

Abstract

Background & Objective: The aim of this experiment was to study the effect of inoculation with growth promoting bacteria and mycorrhiza-like fungi (*Piriformospora indica*) under water deficit stress on some morphological traits and essential oil yield of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.).

Materials & Methods: a factorial experiment was conducted in University of Tabriz, Iran based on randomized complete block design with three replications in 2017. The first factor was water deficit based on field capacity (FC) at four levels including 80-100 % FC, 70-85%FC, 55-70% FC, 40-55% FC and the second factor was inoculation of Moldavian balm with different microorganisms including *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *P. indica* and control (non-inoculation).

Results: The results showed that the effect of water deficit stress and inoculation treatments on all morphological traits were significant. With increasing water deficit stress, all growth traits including plant height, branch number, main branch length, number of cycle of flowers per main branches, essential oil content and yield were significantly reduced. The highest amount of dry flowering head yield (2.41g/pot) was obtained with *Enterobacter*. However, the highest dry mater yield (59 g/pot), essential oil percentage (0.32%) and essential oil yield (0.19 g/pot) were obtained under *Agrobacterium* treatment.

Conclusion: In general, inoculations with *P. indica* and *Agrobacterium*, were the best treatments in terms of dry mater yield and essential oil yield under moderate drought stress conditions and can be recommended as treatments to reduce the application of chemical fertilizers in sustainable production of Moldavian balm.

Keywords: *Agrobacterium*, *Enterobacter*, Essential Oil Yield, *Pseudomonas*, Water Deficit Stress, Dry Flowering Head Yield

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بادرشبو با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L. گیاهی علفی است که بومی آسیای مرکزی و اهلی شده در مرکز و شرق اروپا است (دستمالچی و همکاران ۲۰۰۷). این گیاه متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) بوده و قسمت‌های مورد استفاده این گیاه، برگ یا کلیه قسمت‌های هوایی آن است و عموما بویی معطر از تمامی قسمت‌های هوایی آن استشمام می‌شود (امید بیگی ۲۰۰۵). مواد موثره پیکره رویشی بادرشبو، آرام بخش و اشتها آور و دارای خاصیت ضد باکتریایی بوده و برای مداوای دل درد و نفخ شکم و همچنین در صنایع بهداشتی و آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (امید بیگی ۲۰۰۵؛ ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۹). ژرانیال، ژرانیول، ژرانیل استات و نرال مهم ترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس بادرشبو هستند (امینی و همکاران ۲۰۲۰c).

تنش کم‌آبی یکی از نامطلوبترین عوامل رشد و بهره-وری و تهدیدی جدی برای تولید محصول پایدار و امنیت مواد غذایی در شرایط تغییر اقلیم به شمار می-رود (آنجوم و همکاران ۲۰۱۱). با بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد و صفات مورفولوژیک جمعیت‌های مختلف گیاه دارویی بادرشبو مشاهده شد که اثر جمعیت‌های مختلف گیاه، بر صفات مورفولوژیک تقریبا مؤثر نبوده و اختلافات بوجود آمده ناشی از تأثیر تنش رطوبتی بر گیاه است (صفی خانی و همکاران ۲۰۰۷). احیایی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر برخی شاخص‌های مرفولوژیکی سه گیاه دارویی خار مریم (*Silybum marianum* L.)، همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نشان دادند که بیشترین ماده خشک تولیدی، تعداد برگ، دانه، وزن هزار دانه در تک بوته، ساقه و برگ در تیمار رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار در تیمار ٤٥ درصد مشاهده شد. تیمار تنش کم‌آبی در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نیز باعث کاهش معنی‌داری در صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، تعداد برگ، وزن تر بوته، عملکرد اندام-های رویشی و درصد اسانس شد (نورزاد و همکاران ۲۰۱٤).

در کشاورزی علاوه بر اهمیت تاثیر آبیاری بر مقدار تولید، استفاده از کود نیز در تولید نهایی حائز اهمیت می‌باشد. تاثیر منفی کودهای شیمیایی بر کمیت، کیفیت، رشد، نمو و عملکرد گیاهان دارویی، متاثر از عوامل مختلف ژنتیکی و محیطی است (امینی و همکاران ۲۰۲۰a). در این راستا لزوم توجه به سیستم‌های بیولوژیک و تلفیقی (امینی و همکاران ۲۰۲۰b) خصوصاً کودهای بیولوژیک (زیستی) جهت تأمین بخشی از نیازهای کودی گیاهان زراعی و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، بیش از پیش احساس می‌شود (ساریخانی و امینی ۲۰۲۰). کودهای زیستی شامل باکتری‌های محرک رشد و قارچ هایی هستند که باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش انحلال فسفات و در نهایت باعث افزایش کیفیت محصولات کشاورزی می‌شوند (یوسفی و همکاران ۲۰۱۱). باکتری انتروباکتر، سودوموناس، آگروباکتریوم از مهم‌ترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشند (لاواکوش و همکاران ۲۰۱٤).

قارچ‌های اندوفیت شبه میکوریز یکی دیگر از میکروارگانیسم‌های مفید خاک در تهیه و تولید کودهای زیستی، برقراری روابط همزیستی با طیف وسیعی از گیاهان میزبان و افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه به عنوان عوامل رشد گیاه محسوب می‌شوند (ساریخانی و امینی ۲۰۲۰) و موجب تحریک و افزایش رشد گیاهان میزبان خود در شرایط بدون تنش و دارای تنش می‌گردند (آرتورسون و همکاران ۲۰۰٦). این قارچ بر خلاف قارچ‌های میکوریز

www.SID.ir

Archive of SID

آربوسکولار بـه راحتـی روی محـیط هـای کشـت مصنوعی رشد می کند (رایی و وارما ۲۰۰۵).

نتایج مطالعات طرفی و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه دارویی بادرشبو نیز نشان داد که تیمارهای تلقیح با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد سرشاخه گلدار، درصد و عملکرد اسانس در این گیاه گردید. تحقیقات مظفری و همکاران (۲۰۱۵) در گندم نیز نشان داد که مصرف باکتری بویژه کاربرد توام باکتری‌های محرک رشد می-تواند میزان تحمل گندم به تنش کم‌آبی را افزایش دهد. تحقیقات محمدی کشکا و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه فلفل (*Capsicum annum* L.) نیز بیانگر تاثیر مثبت قابل ملاحظه تلقیح گیاه با انتروباکتر و همچنین قارچ شبه میکوریز بر مولفه‌های رشدی از جمله وزن خشک ریشه، برگ، بخش هوایی و کل بوته نسبت به شرایط بدون تلقیح است.

با در نظر داشتن اهمیت دارویی بادرشبو در اکثر نقاط جهان بخصوص کشور ایران، و همچنین افزایش خطر کم‌آبی و خطرات استفاده از کودهای شیمیایی، هدف از این تحقیق بررسی چگونگی تاثیر برخی از مهمترین باکتری‌های محرک رشد و همچنین قارچ شبه میکوریز بر صفات رشدی، عملکرد خشک سرشاخه گل-دار و اسانس بادرشبو تحت شرایط تنش کم‌آبی می-باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر سطوح متفاوت کم‌آبی و تیمار های مختلف تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و قارچ شبه میکوریز بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد اسانس بادرشبو، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. بذر بادرشبو از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و خاک مورد نیاز از مزرعه تحقیقاتی کرکج فراهم گردید. نتایج مربوط به تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

pH	EC ($dS.m^{-1}$)	ظرفیت زراعی FC (٪ وزنی)	بافت خاک	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%)
۷/۸۰	۲	۱۹	لومی- شنی	۱۳	۳۲۶	۰/۳

گلدان‌های آزمایشی به ابعاد ۲۵× ۲۵ سانتی متر بود و هر کدام با شش کیلوگرم از خاک پر شد. در این آزمایش تیمار آبیاری بر اساس ظرفیت مزرعه ای[۱] و با استفاد از دستگاه صفحات فشار (عبدالهی و همکاران ۲۰۱۹) در چهار سطح شامل ۱۰۰-۸۵ درصد ظرفیت زراعی (شاهد بدون تنش کم‌آبی)، ۸۵-۷۰ درصد ظرفیت زراعی، ۷۰-۵۵ درصد ظرفیت زراعی و۵۵-۴۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمارهای باکتری و قارچ شامل تلقیح گیاه با انتروباکتر، سودوموناس، آگروباکتریوم، قارچ شبه میکوریز و شاهد (عدم تلقیح) همزمان با کاشت در نظر گرفته شد. حدود ۱۰ روز قبل از آلوده‌سازی خاک، اقدام به آماده‌سازی مایه تلقیح باکتریایی و قارچی شد. در این آزمایش از سویه‌های باکتریایی شامل انتروباکتر

[۱] Field capacity

www.SID.ir

Archive of SID

(*Enterobacter cloaceae* S16-3) ، سودوموناس (*Pseudomonas* sp. C16-20)، آگروباکتریوم (*Agrobacterium* sp. 14A-4) و قارچ شبه میکوریز (*Piriformospora indica*) استفاده گردید که از بانک میکروبی گروه علوم و مهندسی خاک (آزمایشگاه بیولوژی خاک) تهیه شدند. جهت تکثیر قارچ *P. indica* از روش تکثیر در پلیت و در محیط کشت جامد کفیر[۲] استفاده شد که پس از آغشته کردن آن با حامل باگاس: پرلیت (۱:۱) به میزان مساوی در تیمارهای قارچی در گلدان‌ها توزیع گردید. باکتری‌ها در محیط کشت NB[۳] و تحت کشت شبانه (به مدت ۱۶ ساعت) رشد و پس از رسیدن به چگالی نوری مطلوب به حامل باگاس در پرلیت استریل افزوده و مورد استفاده قرار گرفتند. پس از پخش کردن باکتری‌ها و قارچ شبه میکوریز روی خاک گلدان‌ها، اندکی آب به منظور مرطوب نگه داشتن محیط فعالیت آنها مه‌پاش و سپس با یک لایه خاک شنی پوشانده شدند. در نهایت بذر بادرشبو در عمق یک سانتی متری خاک قرار گرفت و در هر گلدان ۱۵ بذر کاشته که پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، بوته-های موجود در هر گلدان تنک و به تعداد هفت بوته در هر گلدان رسانده شدند. تیمارهای تنش کم‌آبی از مرحله چهار تا پنج برگی بادرشبو اعمال گردید.

برداشت گیاه به صورت کف بر در مرحله ۵۰ درصد گلدهی که مصادف با بیشترین تجمع اسانس در اندام-های هوایی است، صورت گرفت و برخی صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، طول سر شاخه اصلی ، تعداد چرخه گل در ساقه اصلی، عملکرد خشک سرشاخه گل‌دار، عملکرد پیکره رویشی، درصد و عملکرد اسانس در تیمارهای مختلف اندازه گیری شدند.

برای استخراج اسانس بادرشبو در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، بوته های موجود در هر گلدان (هفت بوته) کف بر و بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل و در سایه پهن و هوا خشک شدند. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت. بدین منظور ۵۰ گرم از ماده خشک گیاهی به مدت سه ساعت در بالون دستگاه کلونجر قرار داده شد و حجم اسانس اندازه گیری شده از دستگاه کلونجر در چگالی اسانس بادرشبو (حدود ۰/۹۸ گرم بر میلی لیتر) ضرب (وفادار ینگجه و همکاران ۲۰۱۹) و وزن اسانس بدست آمد. درصد اسانس نیز از رابطه زیر محاسبه شد:

{وزن نمونه (گرم) / وزن اسانس حاصل از نمونه (گرم)}×۱۰۰ = درصد اسانس

همچنین به منظور محاسبه عملکرد اسانس از رابطه زیر استفاده شد:

درصد اسانس × عملکرد بخش مورد اسانس‌گیری در واحد سطح = عملکرد اسانس

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی تنش کم‌آبی و تلقیح بر ارتفاع بوته بادرشبو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد بدون تنش کم‌آبی (۸۵ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بدست آمد و کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار ۴۰ تا ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بود. همچنین اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار ۷۰ تا ۸۵ درصد ظرفیت زراعی و ۵۵ تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی از این لحاظ مشاهد شد (جدول۳).

[۲] Kaefer Medium

[۳] Nutrient Broth

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین ارتفاع بوته بادرشبو در تیمار تلقیح با قارچ شبه میکوریز حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار تلقیح با انتروباکتر نداشت (جدول٤). نتایج تحقیقات دولت آبادی و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) نیز نشانگر افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته تحت تیمار تلقیح گیاه با قارچ شبه‌میکوریز می‌باشد. علت افزایش ارتفاع بوته در تیمار تلقیح با قارچ شبه میکوریز این است که قارچ شبه میکوریز با برقراری همزیستی با گیاه میزبان باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه می‌شود که در نتیجه موجب تحریک و افزایش رشد گیاه میزبان می‌شود (رائی و وارما ۲۰۰۵). در بررسی سان و همکاران (۲۰۱۰) تیمار تلقیح با قارچ شبه میکوریز باعث افزایش مقاومت گیاه کلم چینی (*Brassica chinesis* L.) به تنش کم‌آبی گردید. نتایج تحقیقات کریم زاده و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه دارویی بادرشبو نیز نشان داد که استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید همزیست باعث افزایش معنی-داری در ارتفاع بوته این گیاه شده است. کمترین ارتفاع بوته متعلق به عدم تلقیح گیاه (شاهد) بود، ولی اختلاف معنی‌داری بین ارتفاع بوته در تیمارهای عدم تلقیح گیاه، باکتری سودوموناس و آگروباکتریوم مشاهده نشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی و تیمارهای متفاوت تلقیح روی برخی صفات مرفولوژیکی و عملکرد بادرشبو

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	طول سرشاخه اصلی	تعداد چرخه گل در ساقه اصلی	عملکرد خشک سرشاخه گلدار	عملکرد پیکره رویشی	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	٦۳/۳٦**	۱/۸^{ns}	۰/۰۲**	۰/۲^{ns}	۰/۲^{ns}	۱۸٥/٤**	٦٤٥**	۸/٤۲**
تنش کم‌آبی	۳	۸٤٦/۳**	۷/۳**	۱۰٥/۲**	٦/۹**	۱۰/۱**	۱٥۱٥**	۱۷٤۷۷/۷**	۲٤۲/٦**
تلقیح	٤	٦۹/٦٤**	۳**	۱٥/۷**	۱/٤۳**	۰/۸٥٥*	٦۹٥/۸**	۱۹۲۰/۸**	۸٤**
تنش کم‌آبی × تلقیح	۱۲	۸/۰۱٤^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۰/۸٥**	۱/۲۷^{ns}	۰/۳۲۷^{ns}	۲۳/۸**	٤٦۲/۲**	٥/۹٥**
خطا	۳۸	۱۲/٤۰٦	۰/٦۰٦	۰/۳۰۲	۱/۲۷۸	۰/۲۹۲	۳/۷٥۸	۱٤٥	۰/۳۸
ضریب تغییرات (%)		۹/۷۷	۱۱/۷۷	۳/٤۱	۳/٦۳	۲٥/۷۹	٤/۹۰	٤/۳۸	٥/٥٥

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش کم‌آبی و تلقیح بر تعداد شاخه فرعی در بوته بادرشبو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به ترتیب مربوط به تیمارهای بدون تنش کم‌آبی (شاهد) و ٤۰ تا ٥٥ درصد ظرفیت زراعی بود. همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۷۰ تا ۸٥ درصد ظرفیت زراعی و ٥٥ تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی از این لحاظ مشاهده شد (جدول ۳). فدائی و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیقات خود روی گیاه بادرشبو، به نتایج مشابهی دست یافتند. بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تلقیح با آگروباکتریوم بود، ولی تلقیح با باکتری و قارچ شبه

www.SID.ir

Archive of SID

میکوریز تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی در بوته بادرشبو نداشت (جدول ٤). آگروباکتریوم باعث تولید ریشه‌های مویی در گیاه میزبان شده و بدین وسیله باعث افزایش جذب عناصر معدنی ضروری برای رشد گیاه میزبان می شود و باعث تولید هورمون‌هایی مثل سیتوکینین و اکسین نیز می‌شوند که هورمون سیتوکین نقش مهمی در حذف غالبیت انتهایی و در نتیجه تولید شاخه فرعی ایفا می‌کند (وینانس ۱۹۹۲). تحقیقات سبزی مهرآباد و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه بادرشبو نشان داده که استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید می‌تواند نقش مهمی در افزایش تعداد شاخه فرعی این گیاه داشته باشد. کمترین تعداد شاخه فرعی تحت تیمار تلقیح بادرشبو با باکتری سودوموناس بدست آمد. در صورتی که نتایج تحقیقات یوسف زاده و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه بادرشبو مغایر با نتایج این تحقیق می باشد و استفاده از باکتری سودوموناس نقش مثبتی در افزایش تعداد شاخه فرعی این گیاه داشته است.

جدول ۳- مقایسات میانگین برخی صفات رشدی بادرشبو متاثر از سطوح مختلف تنش کم‌آبی

سطوح تنش کم‌آبی (درصد ظرفیت زراعی)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد چرخه گل در ساقه اصلی	عملکرد خشک سرشاخه گلدار (g/pot)
۱۰۰-۸۰ (شاهد بدون تنش)	٤۳/۲٥^{a}	۷/٤^{a}	۱۱/۳۳^{a}	۳/۱۱۱^{a}
۸٥-۷۰	۳۹/۸۲^{b}	٦/۹۳^{a}	۱۰/۲۷^{b}	۲/۳٤٤^{b}
۷۰-٥٥	۳٥/۱٤^{c}	٦/۳۳^{b}	۸/٥۳^{c}	۱/۷۱۹^{c}
٥٥-٤۰	۲٥/۹۳^{d}	٥^{b}	٦/٤٦^{d}	۱/۲۰۱^{d}

جدول ۴- مقایسات میانگین برخی صفات رشدی بادرشبو متاثر از تیمارهای متفاوت تلقیح

سطوح تلقیح	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد چرخه گل در ساقه اصلی	عملکرد خشک سرشاخه گلدار (g/pot)
بدون تلقیح (شاهد)	۳۳/٦٦^{b}	٦/٦٦^{a}	۷/٦٦^{c}	۱/۸۱٦^{c}
انتروباکتر	۳۷/٤۷^{a}	٦/۹۱^{a}	۱۰/۳۳^{a}	۲/٤۱٤^{a}
سودوموناس	۳۳/۷۸^{b}	٥/۷٥^{b}	۸^{c}	۱/۹۱^{bc}
قارچ شبه میکوریز	۳۹/۱۹^{a}	٦/۷٥^{a}	۱۰/۱۷^{ab}	۱/۹۸۹^{abc}
آگروباکتریوم	۳٦/۱۸^{ab}	۷^{a}	۹/٥۸^{b}	۲/۳۳۹^{ab}

طول سرشاخه اصلی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کم‌آبی، تیمار تلقیح و همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح بر طول سرشاخه اصلی بادرشبو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل (شکل ۱) نشان داد که تلقیح با قارچ شبه میکوریز بیشترین طول سرشاخه اصلی را در تمام سطوح ظرفیت زراعی به خود اختصاص داد که احتمالا به دلیل نقش مثبت آن در افزایش رشد و ارتفاع بادرشبو می باشد. یعقوبیان و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۲۰۱۲) نیز در تحقیقات خود در گیاه گندم نشان دادند که همزیستی قارچ شبه میکوریز با گیاه میزبان باعث افزایش معنی‌داری در رشد این گیاه می‌شود. طول سرشاخه اصلی در تیمار ٤٠ تا ٥٥ درصد ظرفیت زراعی در سطوح تلقیح با قارچ شبه میکوریزا و باکتری‌های انتروباکتر و آگروباکتریوم تفاوت معنی‌داری نداشت و در مقایسه با سطوح بالای تنش کم‌آبی، کاهش یافت. با توجه به اینکه یکی از شرایط لازم برای همزیستی بین قارچ شبه میکوریز و گیاه، انتقال مواد آلی از گیاه میزبان به قارچ است، بنابراین، کاهش رطوبت خاک، می‌تواند کاهش فتوسنتز و رشد رویشی گیاه را به دنبال داشته در نتیجه منابع کربن کمتری در اختیار قارچ قرار گرفته که باعث کاهش همزیستی آن با گیاه می‌شود (کوهلر و همکاران ۲۰۰۹). حاجی‌نیا و زارع (۲۰۱٤) و آهنگر و همکاران (۲۰۱٤) نیز در تحقیقات خود در گیاه گندم به نتایج مشابهی دست یافتند. کمترین طول سرشاخه اصلی تحت تلقیح بادرشبو با باکتری سودوموناس در تیمار ٤٠ تا ٥٥ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارهای تلقیح نشان داد (شکل ۱).

شکل ۱- مقایسات میانگین طول سرشاخه اصلی بادرشبو تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف کم‌آبی و تیمارهای متفاوت تلقیح

تعداد چرخه گل در ساقه اصلی

تعداد چرخه گل در ساقه اصلی به طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبی قرار گرفت (جدول۲). همچنین اثر تیمار تلقیح نیز روی این صفت معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین تعداد چرخه گل در ساقه اصلی تحت شرایط بدون تنش کم‌آبی (۸۵ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهد شد (جدول ۳). کمترین تعداد چرخه گل در ساقه اصلی در تیمار ٤٠ تا ٥٥ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد (جدول ۳). حسنی (۲۰۰٦) نیز در بررسی خود رو گیاه بادرشبو، نتایج مشابهی را گزارش کرد. بیشترین تعداد چرخه گل در ساقه اصلی تحت تلقیح بادرشبو با انتروباکتر بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تلقیح قارچ شبه میکوریز نداشت (جدول ٤). این تاثیرات احتمالا به واسطه تولید هورمون‌های محرک رشد، تثبیت نیتروژن مولکولی هوا، توانایی تثبیت کنندگی فسفات های نامحلول و تولید سیدروفور می‌باشد (خسروی ۲۰۱٦). سپاپین و دوبیلیر (۲۰۰۸) نیز در تایید این مطلب گزارش کردند که این باکتری‌ها توانایی ترشح انواع هورمون‌های محرک رشد، آنزیم‌های طبیعی، انواع آنتی‌بیوتیک‌ها را دارند که سبب رشد ریشه، توسعه بخش هوایی گیاه، مقاومت به عوامل بیماری‌زا و حمله نماتدها می‌شوند. بهبود کمیت و کیفیت برخی از گیاهان دارویی از جمله رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) توسط درزی (۲۰۱۲) و همیشه بهار

www.SID.ir

Archive of SID

(*Calendula officinalis* L) توسط هرمزی نژاد و همکاران (۲۰۱۸) با کاربرد این باکتری گزارش شده است. کمترین تعداد چرخه گل در ساقه اصلی تحت عدم تلقیح گیاه (شاهد) بدست آمد (جدول ٤) که اختلاف معنی‌داری با تیمار تلقیح گیاه با باکتری سودوموناس نداشت (جدول ٤).

عملکرد خشک سرشاخه گلدار

اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی و تیمارهای تلقیح بر عملکرد خشک سرشاخه گلدار بادرشبو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳)، عملکرد خشک سرشاخه گلدار تحت شرایط بدون تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح ظرفیت زراعی بود. کمترین عملکرد خشک سرشاخه گلدار تحت تیمار ٤۰ تا ٥٥ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. تیمار تلقیح گیاه با انتروباکتر بیشترین عملکرد خشک سرشاخه گلدار (۲/٤۱ گرم در گلدان) را به خود اختصاص داد. با این حال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آگروباکتریوم و شبه میکوریز از این لحاظ مشاهده نشد. کمترین عملکرد خشک سرشاخه گلدار بادرشبو در تیمار عدم تلقیح گیاه (شاهد) بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای تلقیح گیاه با باکتری سودوموناس و قارچ شبه میکوریز نداشت (جدول ٤). یکی از دلایل اثر مثبت انتروباکتر در افزایش عملکرد خشک سرشاخه گلدار، نقش مثبت این باکتری ازطریق افزایش فراهمی عناصر مهم غذایی مانند نیتروژن، فسفر، آهن، روی و تولید مواد افزاینده رشد گیاه (اکسین و سیتوکینین) می باشد (کشکا و همکاران ۲۰۱٦). هرمزی نژاد و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود روی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) نتیجه گرفتند که انتروباکتر ضمن فراهم نمودن عناصر ضروری نیتروژن و فسفر برای گیاهان تأثیر غیرمستقیم بر مراحل زایشی گیاه، افزایش تعداد گل ، قطر کاپیتول و وزن گل‌ها دارد. وفادار ینگجه و همکاران (۲۰۱۸) نیز در گیاه بادرشبو گزارش کردند که عملکرد سرشاخه گلدار بادرشبو در تیمار ٥۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی (حاوی ازتوباکتر و سودوموناس) بیشتر از تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست بود.

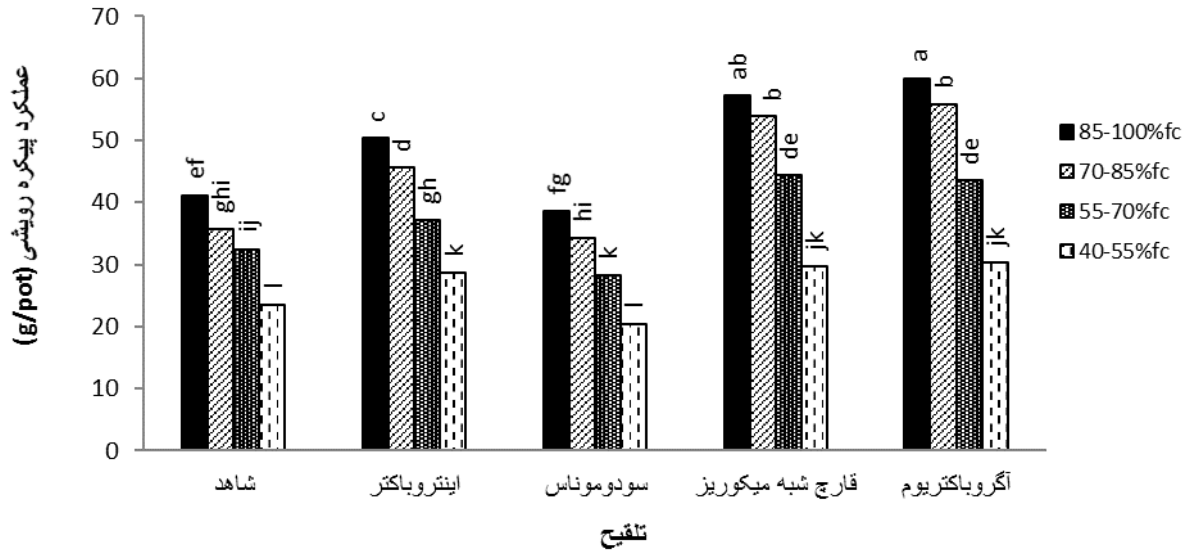
عملکرد پیکره رویشی

نتایج تجزیه واریانس نشانگر این است که اثرات اصلی تنش کم‌آبی و تلقیح در سطح احتمال یک درصد روی این صفت معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح نیز عملکرد پیکره رویشی بادرشبو را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲). بیشترین عملکرد پیکره رویشی (٥۹/۹ گرم در گلدان) تحت تیمار گیاه با آگروباکتریوم در شرایط بدون تنش کم‌آبی (۸٥-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بدست آمد با این حال اختلاف معنی‌داری را با تیمار تلقیح با قارچ شبه میکوریز در این سطح تنش نشان نداد (شکل ۲). کمترین میزان عملکرد پیکره رویشی در تیمار باکتری سودوموناس و در شرایط ٤۰-٥٥ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تلقیح) نداشت (شکل ۲). احتمالا علت کاهش عملکرد پیکره رویشی بادرشبو تحت شرایط تنش کم-آبی این است که وقتی گیاه با تنش کم‌آبی مواجه می-شود، جهت مقابله با از دست رفتن آب، هدایت روزنه‌ای را کاهش داده که به نوبه خود سبب کاهش قابلیت دسترسی دی‌اکسید کربن برای فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد خواهد شد (سان و همکاران ۲۰۱۳). این یافته‌ها با نتایج دانشنیا و همکاران (۲۰۱٥) در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) نیز مطابقت دارد. در همه سطوح تلقیح به غیر از شبه میکوریز، با افزایش شدت تنش کم‌آبی، عملکرد پیکره رویشی به طور معنی-داری کاهش می یابد، درحالی‌که در تیمار تلقیح

www.SID.ir

Archive of SID

بادرشبو با شبه میکوریز عملکرد پیکره رویشی در تیمار تنش ۸۵-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی-داری با تیمار ۷۰-۸۵ درصد ظرفیت زراعی نداشت. همچنین در همه سطوح تنش کم‌آبی اعم از سطح بدون تنش (۱۰۰-۸۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید کم-آبی (۴۰-۵۵ درصد ظرفیت زراعی) تلقیح با انتروباکتر، اگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز، عملکرد پیکره رویشی بادرشبو را افزایش داد که این مقدار در تلقیح با اگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز بیشتر از انتروباکتر بود. تیمارهای تلقیح بخصوص آگروباکتریوم و قارچ شبه‌میکوریز اثر قابل توجهی بر افزایش عملکرد پیکره رویشی بادرشبو داشتند که دلیل آن نقش مهم این میکروارگانیسم‌ها در افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و رشد قابل ملاحظه و در نتیجه افزایش عملکرد پیکره رویشی می‌باشد. تحقیقات وفادار ینگجه و همکاران (۲۰۱۹) در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) نیز نشان داد که استفاده از کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و سودوموناس باعث افزایش عملکرد ماده خشک این گیاه در مقایسه با تیمار کاربرد ورمی کمپوست گردید. نتایج تحقیقات پندی و همکاران (۲۰۱۶) در مورد کاربرد میکروارگانیسم‌های خاکزی همزیست با گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به این نتیجه رسیدند که این میکروارگانیسم‌ها قابلیت دسترسی عناصر غذایی لازم برای رشد و توسعه گیاهان را افزایش می‌دهند و همچنین باعث بهبود بافت خاک، خصوصیات شیمیایی و افزایش مواد آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نهایت افزایش عملکرد گیاه میزبان می‌شوند. نتایج مطالعات گرگینی شبانکاره و خراسانی نژاد (۲۰۱۶) در زمینه کاربرد باکتری های محرک رشد و قارچ شبه‌میکوریز در گیاه دارویی اکلیل کوهی (*Salvia rosmarinus*) نیز مطابق با این تحقیق می‌باشد.



شکل ۲- مقایسات میانگین عملکرد پیکره رویشی بادرشبو تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف کم‌آبی و تیمارهای متفاوت تلقیح

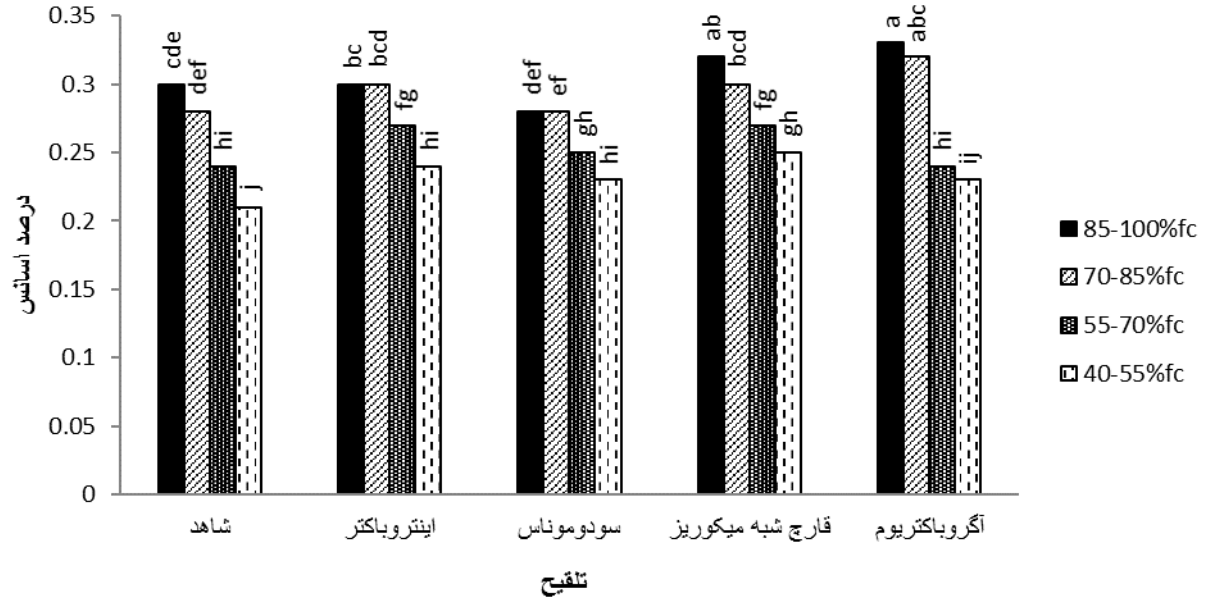
درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس درصد اسانس حاکی از آن بود که اثرات تنش کم‌آبی و سطوح مختلف تلقیح در سطح احتمال یک درصد بر مقدار درصد اسانس بادرشبو معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح نیز در سطح احتمال یک درصد بر درصد اسانس

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین درصد اسانس (۰/۳۳ درصد) در تیمار آگروباکتریوم در شرایط بدون تنش کم‌آبی (شاهد) به دست آمد واختلاف معنی‌داری با تیمار تلقیح با قارچ شبه میکوریز نداشت. کمترین درصد اسانس (۰/۲۱ درصد) در تیمار شاهد (عدم تلقیح با قارچ و یا باکتری) و در شرایط تنش ۴۰-۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد (شکل ۳). با افزایش شدت تنش کم‌آبی، درصد اسانس در همه سطوح تلقیح کاهش یافته و این کاهش در همه تیمارهای تلقیح بادرشبو فقط در سطح تنش ۵۵-۷۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شرایط نرمال آبی معنی‌دار بود. تیمار تلقیح با انتروباکتر در تمام سطح تنش کم‌آبی به غیر از شاهد، دارای درصد اسانس بیشتری در مقایسه با تیمار بدون تلقیح بود. قارچ شبه میکوریز در همه سطوح تنش کم-آبی اعم از شرایط نرمال و تنش شدید کم‌آبی دارای درصد اسانس بیشتری نسبت به تیمار بدون تلقیح بود و با کاهش آب قابل دسترس گیاه، درصد اسانس نیز کاهش پیدا کرد. همیشه با افزایش شدت تنش کم‌آبی درصد اسانس افزایش نمی‌یابد زیرا احتمالا در شرایط تنش کم‌آبی، گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم کننده اسمزی از جمله پرولین، گلایسین بتائین و ترکیبات قندی مانند فروکتوز، ساکارز و فروکتان می کند تا شرایط لازم برای ادامه حیاتش را فراهم کند (آرزمجو و همکاران ۲۰۰۷). تحقیقات نشان داده است به دلیل اینکه دی اکسید کربن و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس و به ویژه منوترپن ها مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (نیاکان و همکاران ۲۰۰۴). استفاده از تلقیح گیاه با باکتری های محرک رشد به خصوص آگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز می تواند باعث افزایش جذب مواد غذایی بویژه فسفر توسط گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز و در نهایت افزایش تولید اسانس گردد. وفادار ینگجه و همکاران (۲۰۱۹) نیز در تحقیقات خود در گیاه بادرشبو گزارش نمودند که کاربرد میکروارگانیسم‌های همزیست شامل ازتوباکتر و سودوموناس (به صورت کود زیستی) باعث افزایش درصد اسانس بادرشبو در مقایسه با تیمار ورمی کمپوست گردید.



شکل ۳- مقایسات میانگین درصد اسانس بادرشبو تحت تاثیر اثرات متقابل سطوح مختلف کم‌آبی و تیمارهای متفاوت تلقیح

www.SID.ir

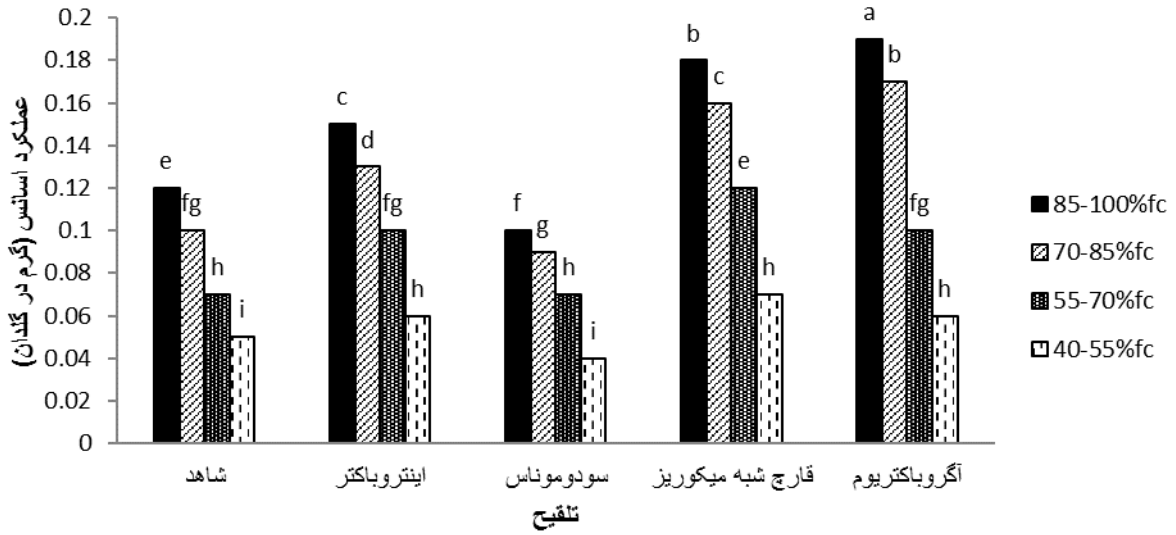
Archive of SID

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد اسانس به طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش کم‌آبی و تلقیح قرار گرفت. اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح نیز روی این صفت نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد اسانس (۰/۱۹ گرم در گلدان) تحت تیمار تلقیح با آگروباکتریوم در شرایط بدون تنش کم‌آبی (۸۵- ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه ای) بدست آمد و کمترین میزان آن (۰/۰٤ گرم در گلدان) تحت تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس در شرایط تنش ٤۰-۵۵ درصد ظرفیت مزرعه ای خاک حاصل شد هر چند که اختلاف معنی-داری با شاهد از این نظر نشان نداد (شکل ٤). به طور کلی در همه سطوح تنش کم‌آبی اعم از شرایط نرمال، تنش متوسط (۵۵-۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید کم‌آبی (٤۰-۵۵ درصد ظرفیت زراعی) تلقیح بادرشبو با انتروباکتر، اگروباکتریوم و قارچ شبه-میکوریز، باعث عملکرد بالای اسانس بادرشبو شده و این افزایش در تلقیح با اگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز بیشتر از انتروباکتر بود. در تیمار تلقیح بادرشبو با سودوموناس افزایش عملکردی نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. کاهش عملکرد اسانس تحت تنش کم‌آبی با نتایج یافته های بحرینی نژاد و همکاران (۲۰۱٤) در گیاه دارویی آویشن (*Thymus carmanicus* L.) نیز مطابقت دارد. نتایج تحقیقات مهرآباد و همکاران (۲۰۱۸) و کریم زاده و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه بادرشبو نیز نشانگر افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در صورت استفاده از میکروارگانیسم-های مفید همزیست با گیاه میزبان می باشد. سخاوی و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش نمودند که عملکرد اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در تیمار کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + کودزیستی (حاوی ازتوباکتر و سودوموناس) بیشتر از تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست بود. در حالی که وفادار ینگجه و همکاران (۲۰۱۹) عنوان کردند که میزان عملکرد اسانس بادرشبو در تیمار استفاده از کود شیمیایی بیشتر از تیمار استفاده از کودهای زیستی (ازتوبارور ۱ و فسفوبارور ۲) حاوی ازتوباکتر و سودوموناس بود. به طور کلی ازآنجایی که عملکرد اسانس از حاصل-ضرب درصد اسانس در عملکرد پیکره رویشی گیاه بدست می آید، بنابراین در تحقیق حاضر، با افزایش عملکرد گیاه و درصد اسانس تحت تاثیر تلقیح گیاه با آگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز، عملکرد اسانس نیز افزایش یافت. نتایج تحقیقات صالحی و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) نیز نشان داده که استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی موجب بهبود قابل ملاحظه عملکرد اسانس در مقایسه با شاهد گردید. احتمالا بهبود عملکرد اسانس در این گیاه ناشی از افزایش تولید ماده خشک و درصد اسانس حاصل از مصرف این میکروارگانیسم‌ها بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح مختلف تنش کم‌آبی و تیمارهای تلقیح بر عملکرد اسانس بادرشبو

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که در همه سطوح تنش کم‌آبی، تلقیح بادرشبو با انتروباکتر، آگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز باعث افزایش عملکرد پیکره رویشی و عملکرد اسانس بادرشبو در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تلقیح) شد و میزان افزایش عملکرد اسانس بادرشبو در تیمارهای آگروباکتریوم و قارچ شبه میکوریز بیشتر از تیمار تلقیح با انتروباکتر بود. در همه سطوح تنش کم‌آبی، تلقیح با سودوموناس تاثیری بر عملکرد پیکره رویشی و عملکرد اسانس بادرشبو نداشت. با توجه به اثرات منفی استفاده از کودهای شیمیایی بر کیفیت گیاهان دارویی و همچنین خطرات زیست‌محیطی، می‌توان از تلقیح بادرشبو با باکتری‌های محرک رشد بخصوص آگروباکتریوم و انتروباکتر و قارچ شبه میکوریز که باعث بهبود صفات رشدی و عملکرد پیکره رویشی و اسانس بادرشبو تحت هر دو شرایط بدون تنش (شاهد) و تنش کم‌آبی شده‌اند، به عنوان جایگزین کامل یا بخشی از کودهای شیمیایی استفاده کرد تا بدین وسیله شاهد افزایش رشد و عملکرد اسانس بادرشبو و همچنین کاهش مصرف کود شیمیایی و آلودگی زیست محیطی باشیم که در راستای اهداف کشاورزی پایدار می باشد.

منابع مورد استفاده

Abdollahi S, Ali Asgharzad N, Zahtab Salmasi S and Khoshru B, 2019. Effects of endophytic fungus *Piriformospora indica* on growth indices and nutrient uptake by anise plant (*Pimpinella anisum*) under water deficit stress conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(4): 51-64. (In Persian)

Ahangar L, Ranjbar GA, Babaezade V, Najafi Zarrini H and Biabani A, 2014. Study on expression of phenylalanine ammonia-lyase and pathogensis-related genes in wheat symbiont with endomycorrhizal fungus *Piriformospora indica* after infection with powdery mildew. Plant Disease Journal. 50: 369-384.

Amini R, Choubforoush Khoei B, Dabbagh Mohammadi Nasab A and Raei Y, 2020a. Effects of intercropping sugar beet (*Beta vulgaris* L.) with millet, soybean and Moldavian balm on yield and quality in an organic production system. Biological Agriculture & Horticulture, 36, (3): 141–155.

www.SID.ir

Archive of SID

Amini R, Ebrahimi A and Dabbagh Mohammadi Nasab A, 2020b. Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) essential oil content and composition as affected by sustainable weed management treatments. Industrial Crops & Products, 150, 12416.

Amini R, Zafarani-Moattar P, Shakiba MR, and Sarikhani MR, 2020c. Essential oil yield and composition of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) as affected by inoculation treatments under drought stress condition. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 23 (4): 728 - 742.

Anjum S A, Wang LC, Farooq M, Khan I, Xue LL, 2011. Methyl jasmonate-induced alteration in lipid peroxidation, antioxidative defense system and yield in soybean under drought. Journal of Agronomy and Crop Sciences, 197(4): 296-301.

Arazmjo A, Heidari M and Ghanbari A, 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(4), 482-494. (In Persian)

Artursson V, Finlay RD and Jansson JK, 2006. Interactions between Arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology, 8: 1-10.

Azzaz NA, Hassan EA and Hamad EH, 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(2): 579-87.

Bahreininejad B, Razmjoo J and Mirza M, 2014. Effect of water stress on productivity and essential oil content and composition of *Thymus carmanicus*. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 17(5): 717-725.

Daneshnia F, Amini A and Chaichi MR, 2015. Surfactant effect on forage yield and water use efficiency for berseem clover and basil in intercropping and limited irrigation treatments. Agricultural Water Management, 160: 57-63.

Darzi M, 2012. Effect of biofertilizers application on quantitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare*) in a sustainable production system. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 187-192

Dastmalchi K, Dorman H, Kosar GM and Hiltunen R, 2007. Chemical composition and in vitro antioxidant of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. Food Science and Technology, 40(2): 239 – 248.

Dolatabadi HK, Goltapeh EM, Jaimand K, Rohani N and Varma A, 2011. Effects of *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on growth and yield of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*) under greenhouse condition. Journal of Basic Microbiology, 51(1): 33-39.

Ebrahimi A, Amini R and Dabbagh Mohammadi Nasab A, 2019. Integrated weed management of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) using reduced rates of herbicides and straw mulch. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29 (4): 129-144. (In Persian).

Ehyaei HR, Rezvani- Moghadam P and Amiri MB, 2009. Effect of drought stress on some morphological indices of sweet basil and fenugreek in greenhouse conditions. The first National Conference on Environmental Stresses in Agricultural Science, 28-29 January, Birjand University, pp. 136. (In Persian).

Fadaee E, Parvizi, Gerdakane M and Khan-Ahmadi M, 2017. 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, 66(17): 117-129. (In Persian).

Gargini-Shabankare H and Khorasani-Nejad S, 2016. Effect of bio-fertilizers and Salicylic acid on yield and qualitative Characteristics of rosemary (*Salvia rosmarinus*) under water deficit regimes. Journal of Crop Improvement, 19(2): 475-491. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Hajiniya S and Zaree MJ, 2014. Effect of co-inoculation of endophytic fungus *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains on some physiological traits, nutrient absorption and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* cv. Sardari) under salt stress conditions. Journal of Plant Technology, 14(2): 149-161.

Hassani A, 2006. Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 261-256. (In Persian).

Hormozinejad E, Zolfaghari M, Mahmoud- Sourestani M and Enayati- Zamir N, 2018. Effects of plant growth promoting rhizobactria and chemical fertilizer on growth, yield, flowering, physiological properties, and total phenolic content of *Calendula officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 34(4): 684-696.

Karimzadeh A, Ghorbanpour M, Marefatzadeh Khameneh M and Hatami M, 2018. Influence of drought stress, biofertilizers and zeolite on morphological traits and essential oil constituents in *Dracocephalum moldavica* L. Journal of Medicinal Plants, 17 (67): 91-112.

Khosravi H, 2016. Application of beneficial soil bacteria in crop production management under saline and drought Stress via decreasing Ethylene. Soil and Water Research Institute, 4(1): 33-43. (In Persian).

Kohler J, Caravaca F and Roldan A, 2009. Effect of drought on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa* grown in a degraded soil inoculated with PGPR and AM fungi. Applied Soil Ecology 42: 160-165.

Lavakush YJ, Verma JP, Jaiswal DK and Kumar A, 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). Ecological Engineering, 62: 123-128.

Mohammadi Kashka F, Pirdashti H, Yaghoubian Y and Bakhshandeh E, 2016. Evaluation of growth and yield stability of wheat by application of *Trichoderma* and *Enterobacter* sp. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 26(4): 1-15. (In Persian).

Mozafari A, Daneshian J, Habibi D and Asgharzadeh A, 2015. Investigation the effect of plant growth promoting rhizobactria on some morpho physiological traits of bread wheat under terminal drought stress conditions. Journal of Crop Physiology, 7(26): 21-36.

Niakan M, Khavarynejad RA and Rezaee MB, 2004. Effect of different rates of N/P/K fertilizer on leaf freash weight, dry weight, leaf area and oil content in *Mentha piperita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20(2): 131-148.

Norzad S, Ahmadian A, Moghaddam M and Daneshfar E, 2016. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander treated with organic and inorganic fertilizers. Journal of Crop Improvement, 16(2): 289-302. (In Persian).

Omidbeigi R, 2005. Production and technology of medicinal plants. Journal of Quds Razavi Province, 1-348. (In Persian).

Pandey V, Patel A and Patra DD, 2016. Integrated nutrient regimes ameliorate crop productivity, nutritive value, antioxidant activity and volatiles in basil (*Ocimum basilicum* L.). Industrial Crop Production, 87: 124-131.

Rai M, and Varma A, 2005. Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatodavasica*. Electronic Journal of Biotechnology, 8: 107-111.

Sabzi-mehrabad Z, Lotfi R, Pessarakli M, and Yarnia M, 2018. Changes in essential oil accumulation of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) as response to phosphate biological and chemical fertilizer. Journal of Plant Nutrition. 41 (3): 348-357.

Safikhani F, Heydari Sharifabadi H, Syadat A, Sharifi Ashorabadi A, Syednedjad M and Abbaszadeh B, 2007.The effect of drought stress on percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(1): 86-99. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Sakhavi Sh, Amini R, Shakiba MR and Dabbagh Mohammadi Nasab A, 2017. Effect of bio- and chemical fertilizers on grain and essential oil yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27 (2): 49-63. (In Persian).

Salehi A, Ghalavand A, Sefidkon F and Asgharzade A, 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27 (2): 188-201. (In Persian).

Sarikhani MR, and Amini R, 2020. Biofertilizer in sustainable agriculture: Review on the researches of biofertilizers in Iran. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(1): 329-365. (In Persian).

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

Sun C, Johnson JM, Cai D, Sherameti I, Oelmüller R and Lou B, 2010. *Piriformospora indica* confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought related genes and the plastid-localized CAS protein. Journal of Plant Physiology, 167: 1009-1017.

Sun XP, Yan HL, Kang XY, and Ma FW, 2013. Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. Photosynthetica. 51(3): 404-410.

Tarafi V, Daneshshahraki A and Saidi KL, 2016. Effect of plant growth promoting bacteria on morphological traits and essential oil content of *Dracocephalum moldavica*. Journal of Plant Production, 39(2):57-70. (In Persian).

Vafadar-Yengeje L, Amini R and Dabbagh Mohammadi Nasab A, 2018. Assessment of growth characteristics and yield of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica*) under different fertilizer treatments in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28 (2): 35-51. (In Persian).

Vafadar-Yengeje L, Amini R and Dabbagh Mohammadi Nasab A, 2019. Chemical compositions and yield of essential oil of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia*
faba L.) under different fertilizers application. Journal of Cleaner Production, 239: 118033.

Winans SC, 1992. Two-way chemical signaling in *Agrobacterium*-plant interactions. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 56(1): 1-12.

Yaghoubian Y, Pirdashti, H, Mohammadi-Goltapeh E, Feiziasl V, and Esfandiari E, 2012. Investigation of dry land wheat (*Triticum aestivum* cv. Azar2) plants response to symbiosis with Arbuscular mycorrhiza and Mycorrhiza like fungi under different levels of drought stress. Journal of Agroecology, 4(1): 63-73. (In Persian).

Yosefi K, Galavi M, and Ramrodi Mand Mousavi, SR, 2011. Effect of bio-phosphate and chemical phosphorus fertilizer accompanied with micronutrient foliar application on growth, yield and yield components of maize (Single Cross 704). Australian Journal of Crop Science, 5(2): 175-180.

Yousefzadeh S, Modarres-Sanavy SAM, Sefidkon Fand Ghiasy Oskuee M, 2016. Effect of biofertilizer, azocompost and nitrogen on oil yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Horticulture, 67(6): 601-611. (In Persian).

www.SID.ir