University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 1, pp. 817-833 (Fall 2023)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5075.2106

Original article

The effect of combined application of organic and biological fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of Echinacea purpurea under drought stress

H. Masjedi[1], P. Kasraei[2*], H.R. Rajab Larijani[2], M. Oveisi[2], M. Nasri[2]

1. PhD student, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin Pishva Branch, Iran
2. Department of Agriculture, Islamic Azad University, Varamin Pishva Branch, Iran

Received 28 January 2022; Accepted 17 May 2022

Extended abstract

Introduction

This experiment was performed to investigate the effect of microbial inoculation and urea fertilizer on Echinacea purpurea under water stress in two cropping years 2017-2018 and 2018-2019 in Ijan village located in Khondab city of Markazi province.

Materials and methods

The experiment was performed in the form of 2 split plots with 3 replications. The first factor included the lack of irrigation in the main plot at 3 levels of 60, 90 and 120 mm evaporation from the Class A evaporation pan. The second factor included animal manure (cattle) in the sub-plot at two levels, no fertilizer and 20 tons per hectare. The third factor of biofertilizer and urea fertilizer in the sub-plot in four levels of application of biofertilizer was Azotobacter+Azospirillum, Mycorrhiza, Aztobacter+Azospirillum+Mycorrhiza and application of urea fertilizer (300 kg ha^{-1}). Flower number and weight, total dry matter yield, chlorophyll, relative water content, proline, catalase, carotenoid, chicoric acid and electrical conductivity of cytoplasmic membrane were measured.

Results and discussion

The results showed that the interaction effect of manure and biofertilizer on flower weight was significant. The highest flower weight was obtained in the treatment of combined use of Azotobacter+Azospirillium+ Mycorrhiza and application of animal manure (295.9 and 236.3 g m^{-2}, respectively), which was significantly different from urea consumption. The lowest flower weight was obtained in the treatment of separate mycorrhizal application and non-application of animal manure (0.216 236.3 g.m^{-2}). The difference between the highest flower weight in the mentioned treatment with the lowest value was 36%. In the treatment of non-use of manure, the highest flower weight was obtained in the treatment of Azotobacter+Azospirillium+Mycorrhiza (236.3 g m^{-2}). The interaction effect of manure and biofertilizer on chicory acid was significant. The highest chicoric acid was obtained in the treatment of combined use of Azotobacter+Azospirillium+Mycorrhiza and application of animal manure (7.53 mg g^{-1} fresh leaf weight). The lowest chicoric acid was obtained in the treatment of separate application of mycorrhiza and no application of animal manure (5.76 mg g^{-1} fresh leaf weight). The difference between the highest chicoric acid in the mentioned treatment with the lowest amount was

* Corresponding author: Pourang Kasraei; E-Mail: drkasraie@yahoo.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

equal to 30%. In the treatment of non-application of animal manure, the highest chicoric acid was obtained in the treatment of Azotobacter+Azospirillium+Mycorrhiza (7.17 mg g^{-1} fresh leaf weight).

Conclusion
In general, microbial inoculation was able to achieve close quantitative and quantitative performance and sometimes more than urea fertilizer treatment, which can be a guide for identifying soil strains and producing biofertilizers compatible for areas with similar climates or soils.

Acknowledgments
Thanks to all lecturers and staff of farm and laboratory department of agriculture department of Islamic Azad University, Varamin branch.

Keywords: Azotobacter, Chicoryk acid, Drought stress, Echinacea, Mycorrhiza

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5075.2106

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد کودهای آلی و زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در شرایط تنش خشکی

هادی مسجدی[۱]، پورنگ کسرایی[۲*]، حمیدرضا رجب‌لاریجانی[۲]، میثم اویسی[۲]، محمد نصری[۲]

۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین پیشوا
۲. گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین پیشوا

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
ازتوباکتر
اسید شیکوریک
تنش خشکی
سرخارگل
میکوریز

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۲/۲۷

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۲

۸۳۳-۸۱۲ :(۳)۱۶

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر مایه‌زنی میکروبی و کود اوره بر گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea*) تحت تنش کم‌آبی در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در روستای ایجان واقع در شهرستان خنداب استان مرکزی انجام شد. آزمایش در قالب طرح کرت‌های ۲ بار خردشده با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل کم‌آبیاری در کرت اصلی در ۳ سطح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بود. فاکتور دوم شامل کود حیوانی (گاوی) در پلات فرعی در دو سطح، عدم استفاده از کود و ۲۰ تن در هکتار بود. فاکتور سوم کود زیستی و کود اوره در پلات فرعی فرعی در چهار سطح کاربرد کود زیستی ازتوباکتر+آزوسپیریلوم، میکوریز، ازتوباکتر+آزوسپیریلوم+میکوریز و کاربرد کود اوره (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن گل در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی (۲۹۵/۹ گرم در مترمربع) حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. اختلاف بین بیش‌ترین وزن گل در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۳۶ درصد بود. در تیمار عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین وزن گل در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز (۲۳۶/۳ گرم در مترمربع) حاصل شد. اثر متقابل کود دامی و کود زیستی بر اسید شیکوریک معنی‌دار بود. بیش‌ترین اسید شیکوریک در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی (۷/۵۳ میکروگرم بر گرم ماده خشک) حاصل شد. کم‌ترین اسید شیکوریک در تیمار کاربرد میکوریز و عدم کاربرد کود دامی (۵/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) حاصل شد. در تیمار عدم کاربرد کود دامی بیش‌ترین اسید شیکوریک در تیمار ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز حاصل شد. به‌طورکلی مایه‌زنی میکروبی توانست عملکرد کمی و کیفی نزدیک و گاها بیش‌تر از تیمار کود اوره به دست آمد که این نتیجه می‌تواند راهنمایی برای شناسایی سویه‌های خاک و تولید کودهای زیستی سازگار برای مناطق با اقلیم و یا خاک مشابه و کاربرد آن‌ها در مزارع باشد.

مقدمه

اهمیت گیاهان دارویی و شناسایی نقش پراهمیت این گیاهان در پیشبرد اهداف دستیابی به‌سلامت جامعه، ایجاد اشتغال، امنیت غذایی، خودکفایی دارویی، توسعه اقتصادی، حفظ ذخایر ژنتیکی و حضور فعال در بازارهای جهانی بر کسی پوشیده نیست (Bahamin et al., 2013). سرخارگل با نام علمی *Echinacea purpurea* L. Moench، گیاهی چندساله و از خانواده‌ی کاسنی یا گل ستاره‌ای (Asteraceae) که خاستگاه آن شمال قاره‌ی آمریکا است که از اندام‌های هوایی و ریشه‌ی آن برای ساخت داروهای با منشأ گیاهی استفاده می‌گردد (Mrozikiewicz et al., 2010) استفاده از گیاه سرخارگل در اروپا و آمریکای شمالی بسیار فراوان است. فرآورده‌های جانبی گیاه دارویی سرخار گل، به‌عنوان چهارمین گیاه دارویی پرفروش در قاره اروپا و همچنین ششمین گیاه دارویی پرفروش در آمریکا شناخته

* نگارنده پاسخگو: پورنگ کسرایی. پست الکترونیک: drkasraie@yahoo.com

شده است (Blumenthal et al., 2011). بنابراین، به خاطر تقاضای در حال افزایش صنایع دارویی و دامنه‌ی سازگاری سرخار گل به شرایط متفاوت آب و هوایی و شرایط خاکی مانند خشکی و سرما (Rezaei et al., 201) کشت گسترده آن در دنیا رو به افزایش است.

عملکرد متابولیت‌های ثانویه و اسانس گیاهان دارویی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل بوم‌شناختی، ژنتیکی، فیزیولوژیک، مدیریتی و محیطی هستند (Foladvand et al., 2016). مقدار مواد مؤثره گیاهان دارویی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها بسته به شرایط محیطی متغیر است و از این عوامل تأثیر تنش خشکی و مایه‌زنی میکروبی است (Sabra et al., 2012). تنش‌های غیرزیستی عملکرد محصولات را کاهش می‌دهند (Foladvand et al., 2016; Khoshkhabar et al., 2015, Maleki et al., 2020). تنش کم‌آبی مهم‌ترین نوع تنش است که بر رشد گیاهان را در کل دنیا محدود ساخته است (Fathi and Bahamin., 2018). تنش کم‌آبی سبب خسارت به سیستم فتوسنتزی و غشاء سلولی می‌گردد (Kardoni et al., 2019; Bahamin et al., 2021). در بررسی سبرا و همکاران (Sabra et al., 2012) تأثیر تنش خشکی بر گیاه دارویی ریحان بررسی شد و نتایج حاکی از آن بود که با کاهش رطوبت خاک عملکرد اسانس کاهش اما درصد آن افزایش یافت. همچنین بلومنتال و همکاران (Blumenthal et al., 2011) کاهش شاخ و برگ گیاه دارویی نعنا در تنش متوسط خشکی و فتحی و بهامین (Fathi and Bahamin., 2018) کاهش عملکرد گیاه دارویی مرزه در تنش شدید خشکی را گزارش کردند.

در مدیریت تغذیه گیاهان کودهای شیمیایی بسیار حائز اهمیت می‌باشند؛ اما به دلایل ذکرشده در بالا کاهش یا عدم کاربرد آن‌ها در پرورش گیاهان دارویی می‌تواند خصوصیات کیفی را به استانداردهای بهداشتی و تجاری نظیر اتحادیه اروپا و سازمان‌های جهانی غذا و دارو نزدیک نماید. کودهای آلی ازجمله کود دامی به علت داشتن اکثر عناصر موردنیاز گیاه و اثر مفید بر خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک، نقش مهمی در حاصلخیزی خاک دارند (Rezaei et al., 2015; Zabet et al., 2015). کود دامی ضمن تأمین عناصر موردنیاز گیاه با افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک سبب افزایش رشد، عملکرد، کیفیت و میزان اسانس در گیاهان دارویی می‌شود (Sabra et al., 2012). رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2015) در بررسی اثر تنش خشکی و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه مشخص شد که کاربرد کود دامی موجب افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی شد.

از نهاده‌های مطلوب که می‌تواند بدون تخریب محیط‌زیست، سبب بهبود حاصلخیزی خاک (Dawoudian et al., 2021) و درنهایت افزایش عملکرد گیاهان شود بهره‌گیری از کودهای زیستی و قارچ‌های میکوریز و به‌طورکلی مایه‌زنی میکروبی است (Bahamin et al., 2014). از انواع کودهای زیستی که کاربرد گسترده‌ای در سیستم‌های کشاورزی پایدار دارند، می‌توان قارچ‌های میکوریز را نام برد. میکوریز از اصلی‌ترین ریزجانداران همزیست با گیاهان دارویی می‌باشند (Zhu et al., 2010). میکوریز علاوه بر بهبود جذب عناصر تغذیه‌ای به‌خصوص فسفر (Wang et al., 2015)، موجب بهبود ساختمان خاک (Rezvani Moghadam et al., 2018) و افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی (Wang et al., 2015) می‌گردند. از طرف دیگر ریزجاندارانی مثل ازتوباکتر علاوه بر تثبیت نیتروژن، از طریق افزایش تحرک و فراهمی و تولید هورمون‌های رشد گیاهی سبب بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه می‌شوند. تولید سیدروفور و افزایش حلالیت فسفر توسط ریزجاندارانی مانند ازتوباکتر به اثبات رسیده است (Bahamin et al., 2019).

از طرف دیگر افزایش بهره‌وری کاربرد کودها یکی از بهترین راهکارها جهت دست‌یابی به کشاورزی پایدار (Zhu et al., 2010) و همچنین علمی‌ترین و اقتصادی‌ترین راهکار افزایش تولید در واحد سطح است (Fadaei et al., 2018; Blumenthal et al., 2011). فدایی و همکاران (Fadaei et al., 2018) در پژوهشی بیان کردند که بهره‌گیری از باکتری‌های محرک رشد گیاه در کنار کاربرد کود شیمیایی فسفر سبب افزایش قابل‌توجه غلظت فسفر و درنهایت افزایش کارایی کاربرد کود فسفر شده است. نتایج بررسی مطالعه رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghadam et al., 2018) حاکی از آن است که کارایی کودهای آلی در حضور میکوریز تشدید می‌گردد. مطابق گزارش این محققان کاربرد هم‌زمان میکوریز و کودهای ورمی کمپوست و گرانول گوگردی، عملکرد دانه کنجد را افزایش داد.

کشت غالب در شهرستان خنداب لوبیا، ذرت و آفتابگردان است که گیاهان پرمصرفی به لحاظ مصرف آب هستند. با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و کاهش منابع آب، تغییر الگوی کشت در بسیاری از مناطق ازجمله استان مرکزی،

موردتوجه قرارگرفته و کشت گیاهان دارویی به‌عنوان یک جایگزین مناسب مطرح شده است. از طرفی راهکارهای متعددی برای کاهش اثرات تنش بیان شده است. اینکه کاربرد کودهای زیستی میکوریز و دامی چه تأثیری بر رشد و عملکرد و درصد اسانس گیاه سرخار گل در شرایط تنش دارد نیازمند تحقیق و بررسی است. تغییر الگوی کاشت با رویکرد کاشت گیاهان متحمل به کم‌آبی ازجمله گیاهان دارویی که بسیاری از آن‌ها در طبیعت در مراتع و مناطق خشک رشد می‌کنند نیازمند مطالعات پایه و منطقه‌ای است. ازاین‌رو کاشت سرخارگل در یک منطقه خاص به اعتبار تحقیق می‌افزاید. تاکنون پژوهشی به شکل کاربرد هم‌زمان کودهای آلی و زیستی بر سرخارگل در شرایط تنش خشکی انجام نشده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد توأم کودهای آلی و زیستی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکردی و کیفیت اسانس گیاه دارویی سرخارگل در شرایط تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در روستای ایجان واقع در شهرستان خنداب استان مرکزی، با مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۳۹ متر از سطح دریا انجام شد.

آزمایش در قالب طرح کرت‌های ۲ بار خردشده (۳ فاکتور) با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل کم‌آبیاری در کرت اصلی در سه سطح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بود. فاکتور دوم شامل کود حیوانی (گاوی) در پلات فرعی در دو سطح، عدم استفاده از کود و ۲۰ تن در هکتار بود. فاکتور سوم کود زیستی و کود اوره در پلات فرعی فرعی در چهار سطح ازتوباکتر+آزوسپیریلوم، میکوریز، ازتوباکتر+آزوسپیریلوم+میکوریز و ۳۰۰ کیلو اوره در هکتار در سه قسط (قبل از کاشت، یک ماه بعد از کاشت و ۶۰ روز پس از کاشت) می‌باشند.

زادمایه قارچ میکوریز (حاوی قارچ آرباسکولار سویه‌های *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum*) از شرکت فناوری زیست مهر آسیا تهیه شد. زادمایه قارچ میکوریز به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و به‌صورت جاگذاری در زیر و کنار بذور در زمان کاشت مورداستفاده قرار گرفت. زادمایه قارچ میکوریز در این تحقیق با توجه به گونه قارچ موجود در آن در هر گرم با شمارش ۱۰۷ تا ۱۰۸ CFU (اسپور فعال) اسپور قارچ (Qiao et al., 2011) داشت. زادمایه مورداستفاده ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) + آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) (از ترکیب تجاری نیتروکسین به مقدار ۵ لیتر در هکتار در مرحله کاشت و یک ماه پس از کاشت) از شرکت فناوری زیست مهر آسیا تهیه شد. روی بذور از محلول ۲۰ درصد شکر و صمغ عربی استفاده شد. جمعیت تقریبی باکتری‌ها (CFU) در هر میلی‌لیتر زادمایه مورداستفاده ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم باید معادل حدود ۱۰۹ باشد (Kizilkaya, 2009) که در زادمایه مورداستفاده این مقدار وجود داشت.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک موردمطالعه

Table 1. Some physicochemical properties of the studied soil.

عمق نمونه‌برداری Depth of sampling	پتاسیم قابل‌دسترس K	فسفر قابل‌دسترس P	نیتروژن N	pH	هدایت الکتریکی EC	کربن آلی carbon Organi	کربنات کلسیم معادل CCE
cm	mg kg^{-1}		%		dS m^{-1}	----------%----------	
0-30	280	11	0.036	7.34	0.41	0.55	18.5

هر کرت شامل ۴ ردیف به طول ۴/۵ متر بافاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله نشاها ۲۵ سانتی‌متر بود. نشاهای ۹۰ روزه سرخارگل که در گلخانه تولید شده بودند، در تاریخ ۱۵ اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ به‌صورت دستی در زمین اصلی کاشته شدند. آرایش کاشت به‌صورت ضربدری بوده و بلافاصله پس از کاشت آبیاری صورت گرفت. ۵ روز پس از کاشت واکاری صورت گرفت. پس از استقرار کامل گیاه در زمین تنش خشکی اعمال شد.

با در نظر گرفتن ضریب گیاهی (Kc)، میزان تبخیر و تعرق بالقوه مشخص و بر اساس تخلیه رطوبتی و طبق

تیمارهای مذکور تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی مزرعه FC، میزان آب موردنیاز محاسبه و حجم آب موردنیاز هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. عمق آب در هر آبیاری (I) برحسب سانتی‌متر بر اساس معادله ۱ محاسبه شد (Jalili et al., 2021):

$$I=\frac{(\theta_f-\theta)(\frac{\theta_b}{\theta_w})D}{100} \quad [۱]$$

که در آن θ: رطوبت جرمی خاک به هنگام آبیاری (گرم)، θ_f: رطوبت جرمی خاک در حالت ظرفیت زراعی (گرم)، ρ_b: چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، ρ_w: چگالی حقیقی خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و D: عمق مؤثر ریشه (سانتی‌متر) هستند. به‌وسیله رابطه ۲ حجم آب آبیاری موردنیاز هر کرت برآورد شد:

$$V = I \times A \times 1000 \quad [۲]$$

که در آن V: حجم آب آبیاری استفاده‌شده در هر کرت (لیتر)، A: مساحت هر کرت (مترمربع) و I: ارتفاع آب آبیاری (متر) هستند.

قبل از کاشت از عمق مؤثر ریشه نمونه خاک تهیه و جهت تعیین درصد رطوبت جرمی به آزمایشگاه ارسال گردید که بر اساس آن آب موردنیاز برای حالت تأمین تمام نیاز آبی محاسبه و سپس از طریق تناسب به تیمارهای ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ تبخیر از تشت تبخیر اعمال شد. جهت تعیین دقیق آب ورودی به هر کرت آبیاری با روش کنترل‌شده (دارای کنتور اندازه‌گیری مقدار آب خروجی) صورت گرفت.

در ۵۰ درصد گلدهی اولین مرحله سنجش با برداشت ۵ بوته از هر واحد آزمایش آغاز شد و صفات کمی شامل تعداد گل در هر بوته، وزن گل و ماده خشک اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد اندام هوایی و ریشه، نمونه‌برداری نهایی در پایان مرحله گلدهی در پایان شهریورماه انجام شد. وزن ماده خشک گیاهان برداشت‌شده (بعد از خشک شدن در هوای آزاد) برحسب گرم در مترمربع، محاسبه و سپس میزان آن در هکتار تعیین شد.

مقدار کلروفیل a و b طبق فرمول آرنون به دست آمد (Arnon., 1949). سپس از جمع کلروفیل a و ب، کلروفیل کل برحسب واحد میلی‌گرم در گرم برگ (Arnon., 1949) حاصل شد.

$$Chlorophyll\ a = [12.7\ (A663) - 2.69\ (A645)] \times v/m \times 100 \quad [۳]$$

$$Chlorophyll\ b = [22.9\ (A645) - 6.84\ (A663)] \times v/m \times 100 \quad [۴]$$

در مرحله گلدهی کامل سنجش پرولین گیاه به کمک روش بیتز و همکاران (Bates et al., 1973) صورت گرفت. مقدار اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز بر اساس روش باهتی و چیتکارا (Bhati and Chitkara, 1987) انجام شد.

محتوای نسبی آب برگ‌ها با کمک فرمول زیر (RWC) اندازه‌گیری شد (Bates et al., 1973):

$$RWC=\frac{FW-DW}{TW-DW}*100 \quad [۵]$$

که در آن TW: وزن برگ آماس، DW: وزن خشک برگ، FW: وزن تازه برگ هستند.

مقدار اسید شیکوریک در عصاره فنلی استخراجی بر اساس روش بینس و همکاران (Binns et al., 2002) و با استفاده از دستگاه HPLC (Kanuer, Germany) تعیین شد.

برای اندازه‌گیری پایداری غشای سیتوپلاسمی از روش اندازه‌گیری نشت یونی استفاده شد (Bertin et al., 1966).

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ انجام شد. چون آزمایش در دو سال زراعی انجام شد از روش تجزیه واریانس مرکب برای تجزیه استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها به‌منظور ادغام داده‌ها، آزمون بارتلت انجام شد که نتایج حاکی از عدم معنی‌داری داده‌ها و شرایط لازم برای ادغام بودند.

نتایج و بحث

تعداد و وزن گل

اثر متقابل سال و تنش، اثر متقابل سال و کود دامی، اثر اصلی باکتری و اثر متقابل تنش و باکتری بر تعداد گل معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد گل در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۱۵۹/۰ عدد در مترمربع حاصل شد که اختلاف معنی‌داری در همین سطح تنش و با کاربرد کود اوره نداشت. کم‌ترین تعداد گل در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر مصرف جداگانه میکوریز به مقدار ۱۱۶/۶ عدد در مترمربع حاصل شد.

جدول ۲. تجزیه مرکب اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات کمی و کیفی سرخارگل

Table 2. Composite analysis of the effect of experimental treatments on some quantitative and qualitative traits of Echinacea

SOV	منابع تغییر	df	تعداد گل Number of flower	وزن گل Flower weight	عملکرد ماده خشک اندام هوایی Aerial dry matter Yeld	کلروفیل chlorophyll a	کلروفیل chlorophyll b	کلروفیل chlorophyll کل Total
Year (y)	سال	1	42512	178026	2665676.2	1.273	0.296	2.811
block(y)	بلوک (سال)	4	14560.1	62764.2	721465.4	1.005	2.174	6.106
Stress (a)	تنش	2	10737	43447	509934.8	0.821^{ns}	2.317	5.873
y*a	سال×تنش	2	7070**	28681**	361888.1*	0.98**	1.69**	5.227**
block*a(y)	تنش×تکرار (سال)	8	81.1	261.6	72601.2	0.073	0.015	0.091
Manure (b)	کود دامی	1	22664	88363.4	1741704.5	0.984	2.071	5.919
a*b	تنش×کود دامی	2	17.5	144.1	5881.1	0.091	0.013	0.039
y*b	سال×کود دامی	1	952.5**	4070*	71682.9*	0.151	0.043	0.354
y*a*b	سال×تنش×کود دامی	2	247.5	683.8	2411.1	0.410*	0.054	0.691*
block*a*b(y)	تنش×کود دامی×تکرار (سال)	12	87.9	291.7	9905.2	0.086	0.019	0.143
Bacteria (c)	باکتری	3	1454**	4719**	158773.1*	5.14**	0.26**	7.63**
y*c	سال×باکتری	3	19.9	85.7	2858.0	0.001	0.0001	0.002
a*c	تنش×باکتری	6	31.6**	109.0	14325.0	0.086	0.006^{ns}	0.075
y*a*c	سال×تنش×باکتری	6	11.8	38.3	3353.7	0.180	0.002^{ns}	0.172
b*c	کود دامی×باکتری	3	130.0	409.2**	78624.1**	0.04**	0.02**	0.09**
y*b*c	سال×کود دامی×باکتری	3	1.6	7.6	1497.2	0.0001	0.0001	0.0001
a*b*c	تنش×کود دامی×باکتری	6	24.3	89.1	27272.3	0.063	0.005	0.081
y*a*b*c	سال×تنش×کود دامی×باکتری	6	12.8	41.3	34355.3**	0.110	0.002	0.097
Residual	خطای آزمایش	72	34.2	113.6	13757.8	0.434	0.006	0.09
CV%	ضریب تغییرات	-	*4.1*	*4.2*	*11.3*	*7.1*	*4.1*	*7.1*

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد؛ ns: غیر معنی دار.

*: Significant at 5%; **: Significant at 1%; ns: Non-significant

اختلاف بین بیش‌ترین تعداد گل در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۳۵ درصد بود (جدول ۳). برتری تیمار کود زیستی در افزایش تعداد گل به افزایش حجم میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و نیز فراهمی جذب بیش‌تر عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن و فسفر در این تیمار مربوط می‌شود. در این شرایط افزایش مقدار فتوسنتز، رشد و تعداد شاخه‌ها و درنتیجه افزایش تعداد گل قابل‌انتظار است. در همین جهت بررسی پژوهش‌گران (Rezvani Moghadam et al., 2018) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس سبب افزایش تعداد شاخه جانبی و تعداد گل شد. در همین رابطه نباید از نقش فسفر در گلدهی غافل شد. هر عاملی که سبب افزایش معنی‌دار فسفر قابل‌دسترس در خاک شود در گلدهی مؤثر است؛ بنابراین افزایش مقدار فسفر ناشی از مصرف قارچ‌های میکوریز موجب افزایش اندام‌های زایشی و افزایش تعداد گل می‌شود (Zhang et al., 2010).

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر متقابل سال و کود دامی، اثر اصلی باکتری و اثر متقابل کود دامی و باکتری بر وزن گل معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین وزن گل در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۲۹۵/۹ گرم در مترمربع حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. کم‌ترین وزن گل در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۲۱۶/۰ گرم در مترمربع حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین وزن گل در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۳۶ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین

وزن گل در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۲۳۶/۳ گرم حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و یا کاربرد اوره نداشت (جدول ۴). دلیل کاهش وزن گل را این‌گونه می‌توان توجیه کرد که گیاه دارویی برای افزایش تولید سرشاخه‌های گل‌دار نیازمند رشد رویشی کافی است، بنابراین کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی (Zhang et al., 2010) به علت کاهش سطح برگ و درنتیجه کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش خشکی سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گل‌دار و نهایتاً وزن گل می‌شود. کاهش عملکرد گل در طی افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد گل و تعداد شاخه جانبی در بوته، کاهش سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوائی گیاه باشد (Atta et al., 2010). باکتری‌های موجود علاوه بر تثبیت نیتروژن عنصری موجود در اتمسفر و متعادل نمودن جذب عناصر غذایی موردنیاز گیاه، توانایی ترشح اسیدهای آمینه، تولید سیانید هیدروژن، سیدروفور و آنتی‌بیوتیک را دارند و سبب توسعه ریشه و قسمت‌های مختلف هوایی گیاهان می‌گردد. احتمالاً میکروارگانیسم‌های حل‌کننده‌ی فسفات از طریق افزایش حلالیت فسفر، یا از طریق تولید آنزیم‌های فسفاتاز، موجب آزاد گشتن فسفر از ترکیبات آلی شده و موجب بهبود رشد و نمو سرخارگل شده باشند (Zhang et al., 2010).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و باکتری بر تعداد بوته‌های گل‌دار و تعداد گل در سرخارگل

Table 3. Comparison of the mean interaction of drought and bacterial stress on the number of flowering plants and the number of flowers in Echinacea

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) Drought stress (evaporation mm from evaporation pan)	Bacterian and urea	باکتری و کود اوره	تعداد گل Number of flowers
60	Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	149.6 bcd
	Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	159.0 a
	Urea	اوره	154.6 ab
	Myco	میکوریز	141.2 ef
90	Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	145.3 de
	Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	151.3 bc
	Urea	اوره	146.3 cd
	Myco	میکوریز	136.8 f
120	Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	119.9 hi
	Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	129.5 g
	Urea	اوره	124.6 h
	Myco	میکوریز	116.5 i

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد

In each column, the averages that have common letters are not significantly different according to Duncan test.

عملکرد ماده خشک اندام هوایی

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر متقابل سال و کود دامی، اثر اصلی باکتری، اثر متقابل کود دامی و باکتری و اثر متقابل چهارگانه بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی معنی دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد ماده خشک اندام هوایی در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۱۲۹۷/۲ گرم در مترمربع حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. کم‌ترین عملکرد ماده خشک اندام هوایی در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۸۹۳/۸ گرم در مترمربع حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین عملکرد ماده خشک اندام هوایی در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۴۵ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین عملکرد ماده خشک اندام هوایی در تیمار کاربرد اوره حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز نداشت (جدول ۴). محققان اظهار کردند که در شرایط تنش خشکی عملکرد رویشی بادرشبو کاهش یافت و بالاترین عملکرد آن در تیمار تنش ملایم به دست آمد. همچنین

مصرف هر دو سویه میکوریز منجر به تعدیل اثر منفی تنش خشکی در عملکرد رویشی بادرشبو شد (Bahamin et al., 2019). تنش خشکی از طریق تأثیر منفی بر رشد قسمت‌های مختلف ازجمله ساقه و برگ درنهایت منجر به کاهش ماده خشک و عملکرد بیولوژیک می‌شود (Fadaei et al., 2018). مایه‌زنی میکروبی نه‌تنها سرعت سبز شدن و جوانه‌زنی بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را تحت شرایط نرمال و تنش خشکی افزایش می‌دهد. تلقیح میکروبی اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد (Wang et al., 2015) دارد که احتمالاً این افزایش می‌تواند به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس ساختن و افزایش جذب آن توسط باکتری‌ها به دست آمده باشد (Ahmad et al., 2010). کاربرد قارچ میکوریز با ترشح اسیدهای آلی حل‌کننده فسفات‌های نامحلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر گیاه را افزایش دادند که درنتیجه این فرایند، جذب فسفر ارتقاءیافته و سپس کمیت اکثر صفات رویشی و زایشی گیاه افزایش نشان دادند (Fadaei et al., 2018). نتایج این تحقیق در خصوص تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات، متحمل به تنش و مایه‌زنی میکوریز تحت تنش بر ماده خشک یا عملکرد بیولوژیک با نتایج محققان (War et al., 2011) تطابق دارد.

کلروفیل

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری، اثر متقابل سال، تنش و کود دامی و اثر متقابل کود دامی و باکتری بر کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین کلروفیل a در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+ میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۴/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره نداشت. کم‌ترین کلروفیل a در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۳/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین کلروفیل a در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۲۹ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین کلروفیل a در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۶/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و یا کاربرد اوره نداشت (جدول ۴).

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری و اثر متقابل کود دامی و باکتری بر کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین کلروفیل b در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۲/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. کم‌ترین کلروفیل a در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۱/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین کلروفیل b در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۲۸ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین کلروفیل b در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+ میکوریز به مقدار ۱/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و یا کاربرد اوره نداشت (جدول ۴).

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری، اثر متقابل سال، تنش و کود دامی و اثر متقابل کود دامی و باکتری بر کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین کلروفیل کل در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۶/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. کم‌ترین کلروفیل کل در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۵/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین کلروفیل کل در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۲۹ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین کلروفیل کل در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۶/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و یا کاربرد اوره داشت (جدول ۴). طبق گزارشی کاهش مقدار کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و درنتیجه تجزیه این رنگ‌دانه‌ها می‌گردند (Azeez et al., 2010). کود دامی با افزایش و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مؤثر در سنتز کلروفیل مانند نیتروژن، آهن و منیزیم و همچنین افزایش نور جذب‌شده توسط گیاه سبب افزایش مقدار کلروفیل برگ و درنتیجه سبزینگی برگ می‌شود. نتایج به دست آمده با یافته‌های محققین در گیاه دارویی ریحان (Tahami Zarandi et al., 2010) مطابقت دارد. همچنین

محققین در بررسی گیاه سویا نشان دادند که کود آلی سبب افزایش سطح و محتوای کلروفیل برگ در مقایسه با گیاه شاهد شد (Mottaghian et al., 2010). از طرفی محتوای کلروفیل b مقدار عناصر تغذیه‌ای جذب‌شده توسط گیاه از خاک ارتباط دارد و ازآنجاکه کود دامی شامل عناصر غذایی ماکرو و ریزمغذی است به همین دلیل اثر مثبتی بر روی تغذیه گیاهی، فتوسنتز و کلروفیل برگ و مقدار عناصر قسمت‌های مختلف گیاه (ریشه، اندام هوایی و میوه) دارد (Azeez et al., 2010).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و باکتری بر برخی صفات کمی و کیفی سرخارگل

Table 4. Comparison of the average interaction effect of manure and bacteria on some quantitative and qualitative traits of Echinacea

کود دامی Manure	باکتری و کود اوره Bacteria and urea		وزن گل Flower weight	عملکرد ماده خشک اندام هوایی Aerial dry matter Yeld	کلروفیل Chlorophyll		
					a	b	total
			g	g m^{-2}	mg g^{-1} fresh leaf		
عدم کاربرد Non-application	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم Azto+Azos		228.7 d	870.5 c	4.00 bcd	1.76 d	5.75 d
	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز Azto+Azos+Myco		236.3 d	938.9 bc	4.57 ab	1.81 d	6.38 b
	Urea	اوره	234.2d	1001.8 b	4.08 bcd	1.80 d	5.88 cd
	Myco	میکوریز	216.0e	893.8 c	3.68 d	1.66 e	5.34 e
کاربرد Application	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم Azto+Azos		274.0 b	1188.1 a	4.07 bcd	1.96 b	6.03 c
	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز Azto+Azos+Myco		295.9a	1207.2 a	4.76 a	2.13 a	6.89 a
	Urea	اوره	281.5b	1191.6 a	4.31 abc	2.02 b	6.32 b
	Myco	میکوریز	262.0c	997.9 b	3.85 cd	1.88 c	5.73 d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد.

In each column, the averages that have common letters are not significantly different according to Duncan test

محتوی رطوبت نسبی

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری، اثر متقابل کود دامی و باکتری و اثر متقابل تنش، کود دامی و باکتری بر محتوی رطوبت نسبی معنی‌دار بود (جدول ۵).

بیش‌ترین محتوی رطوبت نسبی در تیمار تنش خشکی ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر، عدم کاربرد کود دامی و کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۰/۶۵۲ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره نداشت. کم‌ترین محتوی رطوبت نسبی در تیمار تنش خشکی ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر، عدم کاربرد کود دامی و مصرف توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۰/۲۵۸ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره در همین تیمار نداشت. اختلاف بین بیش‌ترین محتوی رطوبت نسبی در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۱/۵۲ برابر بود. (جدول ۶).

محققان بیان کردند که در تیمار سطح معمول آبیاری تیمار کود زیستی محتوی رطوبت نسبی برگ بیش‌تری نسبت به سایر تیمارهای کودی داشت، در سیستم تنش خفیف آبیاری، شاهد (عدم کاربرد کود) و در شرایط تنش شدید خشکی تیمار کود زیستی محتوی رطوبت نسبی بیش‌تری داشت. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی کودهای زیستی با تحریک تولید ریشه‌های بیش‌تر سبب جذب آب و مواد غذایی بیش‌تر در گیاه شده‌اند. ثابت شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات در شرایط تنش خشکی، با افزایش دادن مقدار جذب فسفر سبب تحمل بیش‌تر گیاه نسبت به تنش خشکی می‌شود (Ehteshami et al., 2007). نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری و اثر متقابل کود دامی و باکتری، بر پرولین معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین پرولین در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۰/۶۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. کم‌ترین پرولین در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۰/۴۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین پرولین در تیمار کاربرد اوره به مقدار ۰/۵۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد

که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز یا ازتوباکتر+آزوسپریلیوم داشت. اختلاف بین بیش‌ترین پرولین در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۳۵ درصد بود (جدول ۷). بررسی‌های فیزیولوژیکی نشان داده است که قندهایی از قبیل رافینوز گروه اولیگوساکاریدها، سوکروز، ترهالوز و سوربیتول، قندهای الکلی از قبیل مانیتول، اسیدهای آمینه از قبیل پرولین و آمین‌ها از قبیل گلاسین بتائین و پلی آمین‌ها تحت تنش خشکی در گونه‌های گیاهی مختلف تجمع می‌یابند (Rezvani Moghadam et al., 2018). نتایج تحقیقی نشان داد که در تیمارهای مایه‌زنی شده با باکتری مقدار تجمع پرولین نسبت به تیمارهای عدم کاربرد باکتری بیش‌تر است که می‌توان چنین نتیجه گرفت که به دلیل کاهش آنتی اکسیدانت‌ها در تیمارهای حاوی باکتری گیاه از طریق افزایش پرولین با تنش خشکی مقابله نموده است (Shojaeian kishi et al., 2020).

جدول ۵. تجزیه مرکب اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات کمی و کیفی سرخارگل

Table 5. Composite analysis of the effect of experimental treatments on some quantitative and qualitative traits of Echinacea

SOV	منابع تغییر	df	محتوی رطوبت نسبی RWC	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	کارتنوئید Carotenoids	اسید شیکوریک Chicory acid	هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی Electrical conductivity of the cytoplasmic membrane
Year (y)	سال	1	0.00001^{ns}	0.0008^{ns}	0.135^{ns}	0.058^{ns}	6.388^{ns}	832.2^{ns}
block(y)	بلوک (سال)	4	0.0136	0.0171	0.077	0.061	6.174	1857.1
Stress (a)	تنش	2	0.0070^{ns}	0.0147^{ns}	0.069^{ns}	0.049^{ns}	4.937^{ns}	1823.8^{ns}
y*a	سال×تنش	2	0.0214^{**}	0.0185^{**}	0.071^{**}	0.059^{*}	6.056^{**}	1281.2^{*}
block*a(y)	تنش×تکرار (سال)	8	0.0011	0.0003	0.003	0.013	0.175	176.7
Manure (b)	کود دامی	1	0.0033^{ns}	0.1152^{ns}	0.780^{ns}	0.122^{ns}	4.129^{ns}	4494.5^{ns}
a*b	تنش×کود دامی	2	0.0001^{ns}	0.0095^{ns}	0.032^{ns}	0.010^{ns}	0.137^{ns}	9.3^{ns}
y*b	سال×کود دامی	1	0.0007^{ns}	0.0023^{ns}	0.021^{ns}	0.006^{ns}	0.469^{ns}	60.4^{ns}
y*a*b	سال×تنش×کود دامی	2	0.0006^{ns}	0.0049^{ns}	0.019^{ns}	0.005^{ns}	1.297^{*}	12.1^{ns}
block*a*b(y)	تنش×کود دامی×تکرار (سال)	12	0.0007	0.0032	0.017	0.015	0.236	22.4
Bacteria (c)	باکتری	3	0.0029^{**}	0.0324^{**}	0.095^{**}	0.131^{**}	12.781^{**}	328.9^{**}
y*c	سال×باکتری	3	0.00001^{ns}	0.00001^{ns}	0.0001^{ns}	0.0001^{ns}	0.011^{ns}	1.0^{ns}
a*c	تنش×باکتری	6	0.0009^{ns}	0.0080^{ns}	0.031^{ns}	0.021^{ns}	0.267^{ns}	34.2^{ns}
y*a*c	سال×تنش×باکتری	6	0.0002^{ns}	0.0112	0.040	0.006^{ns}	0.483^{ns}	13.8^{ns}
b*c	کود دامی×باکتری	3	0.0054^{**}	0.0361^{**}	0.251^{**}	0.064^{**}	0.104^{**}	160.4^{**}
y*b*c	سال×کود دامی×باکتری	3	0.00001^{ns}	0.00001	0.0001	0.0001^{ns}	0.001^{ns}	0.4^{ns}
a*b*c	تنش×کود دامی×باکتری	6	0.0017^{**}	0.0107^{ns}	0.054^{ns}	0.018^{ns}	0.164^{ns}	75.1^{ns}
y*a*b*c	سال×تنش×کود دامی×باکتری	6	0.0001	0.0140	0.071^{**}	0.019^{ns}	0.289^{ns}	87.4^{*}
Residual	خطای آزمایش	72	0.00001	0.004	0.023	0.015	0.22	31.7
CV%	ضریب تغییرات	-	*6.4*	*12.3*	*11.6*	*17.4*	*16.3*	*10.8*

*، ** و n.s به ترتب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی، کود دامی و باکتری بر محتوی رطوبت نسبی سرخارگل

Table 6. Comparison of the mean interaction of drought stress, manure and bacteria on the relative moisture content of Echinacea

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) Drought stress (evaporation mm from evaporation pan)	کود دامی Manure fertilizer	Bacterian and urea	باکتری و کود اوره	محتوی رطوبت نسبی RWC (%)
60	عدم کاربرد Non-application	Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	0.529 b
		Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	0.652 a
		Urea	اوره	0.617 a
		Myco	میکوریز	0.534 b
	مصرف Application	Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	0.339 c
		Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	0.279 de
		Urea	اوره	0.309 cd
		Myco	میکوریز	0.270 de
90	عدم کاربرد Non-application	Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	0.270 de
		Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	0.284 de
		Urea	اوره	0.279 de
		Myco	میکوریز	0.277 de
	مصرف Application	Bacterian and urea	باکتری و کود اوره	0.295 de
		Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	0.296 de
		Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	0.295 de
		Urea	اوره	0.277 de
120	عدم کاربرد Non-application	Myco	میکوریز	0.263 de
		Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	0.283 de
		Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	0.264 de
		Urea	اوره	0.258 e
	مصرف Application	Myco	میکوریز	0.290 de
		Azto+Azos	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم	0.266 de
		Azto+Azos+Myco	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز	0.274 de
		Urea	اوره	0.272 de

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد.

In each column, the averages that have common letters are not significantly different according to Duncan test.

فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری، اثر متقابل کود دامی و باکتری و اثر متقابل چهارگانه بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار کاربرد اوره و کاربرد کود دامی به مقدار ۱/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با مصرف توأم ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم+میکوریز داشت. کم‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۱/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۳۰ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز به مقدار ۱/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و یا کاربرد اوره نداشت (جدول ۷). در آزمایشی، تحت تنش شدید خشکی بر روی کاهو، مایه‌زنی باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب افزایش مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز شد. این امر تأیید می‌کند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند به‌عنوان مواد مایه‌زنی برای کاهش دادن آسیب اکسیداتیو ایجادشده توسط خشکی استفاده شوند (Kohler et al., 2008).

کارتنوئید

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری و اثر متقابل کود دامی و باکتری، بر کارتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین کارتنوئید در تیمار کاربرد توأم

ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۰/۸۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره نداشت. کم‌ترین کارتنوئید در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۰/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین کارتنوئید در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۰/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد که اختلاف معناداری با کاربرد اوره نداشت. اختلاف بین بیش‌ترین کارتنوئید در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۴۲ درصد بود (جدول ۷). این رنگیزه‌ها با جذب رادیکال‌های فعال اکسیژن سبب محافظت کلروفیل در برابر تنش‌ها می‌گردند. در تنش‌های شدید، مقدار کاروتنوئید که به‌عنوان حمایت‌کننده‌ای برای کلروفیل در برابر اکسیداسیون نوری به شمار می‌روند افزوده می‌شود تا مانع تخریب بیش‌تر کلروفیل‌ها گردد (Gidea et al., 2015). گیاهان برای کاستن از آسیب‌های ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال دارای سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی هستند که شامل اجزای غیر آنزیمی مانند آسکوربات، گلوتاتیون، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و فلاوونوئیدها و کارتنویدها هستند (Wang et al., 2015). شجاعیان‌کیش و همکاران (Shojaeian kishi et al., 2020) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی سبب افزایش محتوای کلروفیل کل در گیاه کتان شد. بالاترین محتوای رنگیزه‌های گیاهی و کاروتنوئیدها با افزایش محتوای کودهای شیمیایی و دامی ارتباط مستقیمی دارد. در این رابطه، یساری و پاتواردهان (Yasari et al., 2007) طی پژوهشی دریافتند که با بالا رفتن کاربرد کود نیتروژنه و تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل و بهبود فتوسنتز صورت می گیرد و اظهار داشتند که این امر می‌تواند با تولید آسیمیلات بیش‌تر ارتباط داشته باشد که به‌تبع افزایش تقسیم سلولی، اندازه سلول‌ها و درنهایت افزایش شاخص سطح برگ است.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و باکتری بر برخی صفات کمی و کیفی سرخارگل

Table 7. Comparison of the average interaction of manure and bacteria on some quantitative and qualitative traits of Echinacea

کود دامی Manure fertilizer	باکتری و کود اوره Bacteria and urea	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	کارتنوئید Carotenoids	اسید شیکوریک Chicory acid	هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی Electrical conductivity of the cytoplasmic membrane
		µmol.g^{-1} fresh leaf	µmol H_2O_2.g^{-1} DM	mg.g^{-1} fresh leaf	µg.g^{-1} dry matter	Micro Siemens.cm^{-1}
عدم کاربرد Non-application	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم Azto+Azos	0.524 cd	1.23 cd	0.65 cd	6.24 c	43.6 c
	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز Azto+Azos+Myco	0.550 bc	1.34 abc	0.77 ab	7.17 ab	47.3 bc
	اوره Urea	0.564 bc	1.29 bc	0.70 abc	6.39 c	50.0 b
	میکوریز Myco	0.473 d	1.13 d	0.56 d	5.76 d	44.9 c
مصرف Application	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم Azto+Azos	0.597 ab	1.45 a	0.67 bcd	6.44 c	59.7 a
	ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز Azto+Azos+Myco	0.639 a	1.25 cd	0.80 a	7.53 a	59.8 a
	اوره Urea	0.525 cd	1.48 a	0.69 abc	6.85 b	59.8 a
	میکوریز Myco	0.573 bc	1.41 ab	0.75 abc	6.12 cd	51.0 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد.

In each column, the averages that have common letters are not significantly different according to Duncan test

اسید شیکوریک

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری و اثر متقابل کود دامی و باکتری، بر کارتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین اسید شیکوریک در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۷/۵۳ میکروگرم گرم بر گرم ماده خشک حاصل شد که

اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره داشت. کم‌ترین اسید شیکوریک در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۵/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. اختلاف بین بیش‌ترین اسید شیکوریک در تیمار ذکرشده با کم‌ترین مقدار معادل ۳۰ درصد بود. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین اسید شیکوریک در تیمار کاربرد ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز به مقدار ۷/۱۷ میکروگرم گرم بر گرم ماده خشک حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم و یا کاربرد اوره داشت (جدول ۷). تنش آبی می‌تواند نوع ترکیب‌های مواد مؤثره را تغییر دهد. محققان (Fadaei et al., 2018) اظهار کردند که میزان مواد مؤثره بادرشبو با اعمال تنش ملایم دو برابر شده بود ولی همین تنش، در شرایط مصرف کود زیستی میزان مواد مؤثره را به میزان حدود ۳۰۰ درصد افزایش داده بود. همزیستی میکوریزیی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه، موجب افزایش اسانس می‌شود (Zolfaghari et al., 2015). همزیستی قارچ با گیاه موجب تغییرات در تجمع متابولیت‌های ثانویه ازجمله ترکیبات فنلی در ریشه و اندام هوایی و روغن‌های ضروری در گیاهان میزبان می‌شود (Torfi and Saeidi, 2016). نتایج این تحقیق در خصوص تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات، متحمل به تنش و مایه‌زنی میکوریز تحت تنش بر مواد مؤثره با نتایج محققان (Torfi and Saeidi, 2016; Fadaei et al., 2018) تطابق دارد. سرخارگل حاوی مواد مؤثره متعددی نظیر ترکیبات فلاونوئیدی، پلی‌ساکاریدها شیکوریک اسید و نیز حاوی اسانس است (Lee and Scagel, 2010). یکی از ترکیبات مهم سرخارگل شیکوریک اسید است. این ترکیب از مشتقات کافئیک اسید و تارتاریک اسید بوده و از مسیر فنیل پروپانوئیدها سنتز می‌شود (Ghasemnezhad et al., 2013). از طرفی دیگر گزارش‌ها نشان می‌دهد که شوری سبب کاهش وزن خشک و مقدار شیکوریک اسید در برگ‌های گونه‌ای از سر خار گل می‌شود (Sabra et al., 2012). در گیاهان مختلف شوری اثر تحریک‌کننده و یا حتی ممانعت کننده بر بیوسنتز شیکوریک اسید دارد (Lee and Scagel, 2010). کاهش مقدار این ماده در تنش امر می‌تواند بیان‌کننده‌ی کامل نشدن مسیر بیوسنتز اسید شیکوریک باشد که احتمالاً دلایل مختلفی از قبیل سن کم گیاه، زمان برداشت و شرایط کشت می‌تواند بر آن تأثیرگذار باشد (Ghasemnezhad et al., 2013). تحقیقات در زمینه گیاهان است که کودهای زیستی با فراهم کردن عناصر غذایی موجب افزایش درصد مواد مؤثره می‌شود (Sabra et al., 2012).

هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی

نتایج نشان داد که اثر متقابل سال و تنش، اثر اصلی باکتری، اثر متقابل کود دامی و باکتری و اثر متقابل چهارگانه بر هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی در تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز و کاربرد کود دامی به مقدار ۵۹/۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد اوره نداشت. کم‌ترین هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی در تیمار کاربرد جداگانه میکوریز و عدم کاربرد کود دامی به مقدار ۴۴/۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر حاصل شد. در حالت عدم کاربرد کود دامی نیز بیش‌ترین هدایت الکتریکی غشای سیتوپلاسمی در تیمار کاربرد اوره به مقدار ۵۰/۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمار کاربرد توأم ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+میکوریز نداشت (جدول ۷). محققان بیان کردند که تنش خشکی موجب افزایش پایداری غشای سیتوپلاسمی می‌شود که دلیل آن هم تخریب غشای سیتوپلاسمی عنوان شده است (War et al., 2011). محققان (Vannozi and Larner., 2007) نشان دادند تیمار تنش خشکی از تکامل دیواره ممانعت نموده و سبب نشت الکترولیت از دیواره سلولی می¬شود. با توجه به آسیب‌پذیری غشای سیتوپلاسمی، محتویات سلول به بیرون تراوش کرده و مقدار این خسارت را می‌توان با اندازه‌گیری نشت یونی و هدایت الکترونی تعیین نمود و از طرفی ارقام متحمل به خشکی دارای نشت الکترولیت کم‌تری هستند. این نتایج نشان‌دهنده این است که احتمالاً به دلیل اینکه با توجه به نتایج آزمایش خاک منطقه و بالا بودن شوری خاک باکتری-های محرک رشد سبب جذب سدیم شده و درنتیجه مقاومت دیواره سلولی کاهش‌یافته و سبب تراوش بیش‌تر مواد از غشای سلولی شده است (Lee and Scagel, 2010).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که مایه‌زنی میکروبی چه در حالت اعمال تنش خفیف یا عدم تنش (شاهد) و یا چه در حالت اعمال تنش شدید موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه

سرخارگل شد. نتایج این بررسی نشان داد که مایه‌زنی میکروبی با باکتری‌های موجود در خاک مزرعه توانست عملکرد کمی و کیفی نزدیک و حتی در برخی تیمارها برتر کود اوره تولید کند که این یک نتیجه مهم است و می‌تواند راهنمایی برای محققان آتی جهت شناسایی سویه‌های باکتری‌های خاک منطقه و تولید علمی کودهای زیستی سازگار برای مناطق با اقلیم و یا خاک مشابه باشد. قابلیت استفاده تمام پیکر رویشی سرخارگل برای استخراج عصاره و مواد مؤثره دارویی از یک‌سو و عدم کاربرد کود شیمیایی در این تیمار که زمینه‌ساز پایداری خاک و سلامتی بوم نظام زراعی در درازمدت است می‌تواند کاربرد تیمار برتر را توجیه نماید.

منابع

Ahmad, A.G., Orabi, S., Gaballah, A., 2010. Effect of Bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical component of two sunflower cultivars. International Journal of Academic Research. 4, 271-277.

Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24, 1-15.

Atta, A.H., Elkoly, T.A., Mouneir, S.M., Kamel, G, Alwabel, N.A., Zaher, S., 2010. Hepatoprotective effect of methanolic extracts of *Zingiber officinale* and *Cichorium intybus*. Indian Journal of Pharmlogical Science. 72, 564–570.

Azeez, J.O., Van Averbeke, A.B., Okorogbona, A.O., 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology. 101, 2499–2505.

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Behashti, S., 2021. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and nutrient efficiency indices in maize under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 14, 675-690. [In Persian with English summary].

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Behashti, S., 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12, 123-139. [In Persian with English summary].

Bahamin, S., Parsa, S., Ghoreishi, S., 2013. The examination of effects of growth stimulating and salinity bacteria on the characteristics of *Mentha spicata* leaves. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4, 2119-2125.

Bahamin, S., Sohrab, M., Mohammad, A.B., Behroz, K.T., Qorbanali, A., 2014. Effect of bio-fertilizer, manure and chemical fertilizer on yield and reproductive characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal Research Agricutur Environmenal Scienence. 3, 36-43.

Banedjschafie, S., Bastani, S., Widmoser, P., Mengel, K., 2008. Improvement of water use and N fertilizer efficiency by subsoil irrigation of winter wheat. European Journal of Agronomy. 28, 1–7.

Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Bertin, P., Bouharmont J., Kinet, J.M., 1996. Somaclonal variation and improvement in chilling tolerance in rice. Plant Breeding. 115, 268-273.

Bhati, R.S., Chitkara, S.D., 1987. Effect of pinching and planting distance on the growth and yield of marigold (*Tagetes erecta*). Research and Development Reports. 4, 159-164.

Binns, S.E., Livesey, J.F., Arnason, J.T., Baum, B.R., 2002. Phytochemical variation in echinacea from roots and flowerheads of wild and cultivated populations. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50, 3673-3687.

Blumenthal., M., Lindstrom, A., Lynch, M.E. Rea, P., 2011. Herb sales continue growth-up 3.3% in 2010. Herbal Gram. 90, 64-67.

Dawoudian, J., Bahamin, S., Tantoh, H.B., 2021. Environmental impact assessment of cement industries using mathematical matrix method: case of Ghayen cement, South Khorasan, Iran. Environmental Science and Pollution Research. 28, 22348-22358.

Ehteshami, S.M.R., Aghaalikhani, M., Khavazi, K., Chaichi, M.R., 2007. Effect of Phosphate Solubilizing Microorganisms on quantitative and qualitative characteristics of Maize (*Zea*

mays L) under water deficit stress. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10, 3585-3591.

Fadaee, E., Parvizi, Y., Gerdakane, M., Khan-ahmadi, M., 2018. The Effects of mycorhiza (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradiceae*) and phosphorus on growth and phytochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress. Journal of Medical Plants. 2, 100-112.

Fathi, A., Bahamin, S., 2018. The effect of irrigation levels and foliar application (zinc, humic acid and salicylic acid) on growth characteristics, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 11, 661-674. [In Persian with English summary].

Foladvand, F., Khoshkhabar, H., Naghdi, N., Hosseinabadi, M., Bahamin, S., Fathi, A., 2017. The effect of sowing date and nitrogen on yield, and essential oil of German chamomile. Scientia Agriculturae. 19, 85-92.

Ghasemnezhad, A., Bagherifard, A., Asghari, A., 2013. Study on the effect of driing temperature on some phytochemical characteristics of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. Eco-Phytochemical Journal of Medical Plants. 3, 10-21.

Gidea, M., Ciontu, C., Sandoiu, D., Penescu, A., Schiopu, T., Nichita, M., 2015. The role of rotation and nitrogen fertilization level upon the economic indicators at wheat and corn crops in condition of a long term experience. Journal of Agriculture and Agricultural Science Procedia. 6, 24-29.

Jalili, Kh., Moradi, H., Jalili, J., 2021. Evaluation of the effects of climate change on water needs of agricultural products using the Lars-WG model, Fifth International Congress on Agricultural Development, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, Tabriz. [In Persian].

Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., Ghavim-Sadati, S., Vahdani, S., 2019. Yield comparisons of mung-bean as affected by its different nutritions (chemical, biological and integration) under tillage systems. Journal of Crop Ecophysiology. 13, 87-102. [In Persian with English summary].

Khoshkhabar, H., Jafari, M. Feilinezhad, A., Bahamin, S., 2015. Effect of sodium silicate on the yield and yield components of pea under salinity stress. Biological Forum – An International Journal. 7, 1045-1049.

Kizilkaya, R., 2009. Nitrogen fixation capacity of spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. Journal of Environment Biology. 30, 73-82.

Kohler, J., Hernande, J.A., Caravaca, F., Roldan, A., 2008. Plant-growth-promoting rhizobacteria and Arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water-stressed plants. Functional Plant Biology. 35, 141-151.

Lee, J., Scagel, C.F., 2010. Chicoric acid levels in commercial basil (*Ocimum basilicum*) and Echinacea purpurea products. Journal Functional Foods. 2, 77-84.

Maleki, A., Fathi, A., Bahamin, S., 2020. The effect of gibberellin hormone on yield, growth indices, and biochemical traits of corn (*Zea Mays* L.) under drought stress. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 15, 1-16. [In Persian with English summary].

Mangang, J.S., Deaker, R., Rogers, G., 2015. Early seedling growth response of lettuce, tomato and cucumber to *Azospirillum brasilense* inoculated by soaking and drenching. Horticultural Science. 42, 37–46.

Mottaghian, A., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., Abbasian, A., 2010. Influence of the type and amount of organic fertilizer on yield and leaf nutrient concentrations of three soybean cultivars (*Glycine max* L. Merr). Iranian Journal of Soil and Water. 41, 19-26. [In Persian with English summary].

Mrozikiewicz, P.M., Bogacz, A., Karasiewicz, M., Mikolajczak, P.L., Ozarowski, M., Seremak-Mrozikiewicz, A., Czerny, B., Bobkiewicz-Kozlowska, T., Grzeskowiak, E., 2010. The effect of standardized Echinacea purpurea extract on rat cytochrome P450 expression level. Phytomedicine. 17, 830-3.

Qiao, G., Wen, X.P., Yu, L.F., Ji1, X.B., 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by arbuscular mycorrhizae fungi. Plant, Soil and Environment. 57, 541-546.

Rezaei, A., Lotfi, B., Jafari, M., Bahamin, S. 2015. Survey of effects of PGPR and salinity on the characteristics of Nigella leaves. In Biological Forum-An International Journal. 7, 1085-1092.

Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., Ehyaee, H.R., 2015. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost

and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (S*esamum indicum* L.) in a low input cropping system. Agroecology. 7, 563-577. [In Persian with English summary].

Sabra, A., Adam, L., Daayf, F., Renault, S., 2012. Salinity-induced changes in caffeic acidderivatives, alkamides and ketones in three Echinacea species. Environment and Experimental Botany. 1, 11-17.

Shamsibeiranvand, Z., Sadeghi, Z., Khoshkhabar, H., Hosseinabadi, M., Bahamin, S., 2017. Survey some physiological characteristics of medicinal plant Scrophularia striata Boiss in Ilam province. Scientia Agriculturae. 19, 62-68.

Shojaeian kishi, F., Yadavi, A.R., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., 2019. Assessment of agronomical traits and photosynthesis pigments of linseed (*Linum usitatissimum* L. cv. Norman) under irrigation cut-off condition and application of mycorrhiza fungi and phosphate bio fertilizer in Yasouj. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 29, 65-81. [In Persian with English summary].

Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., Jahan, M., 2010. Comparision the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentago of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology. 2, 70-82. [In Persian with English summary].

Torfi, V., Saeidi, K., 2016. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on morphological traits and essential oil content of moldavian Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture). 39, 57-70.

Vannozi, G. Larner, F., 2007. Proline accumulation during drought rhizogene in maise. Journal of Plant Physiology. 85, 441-467.

Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J. Jiang, W., 2015. The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. Scientia Horticulturae. 181, 113-120.

War, A.R., Paulraj, M.G., War, M.Y. Ignacimuthu, S., 2011. Jasmonic acid-mediated-induced resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) against Helicoverpa armigera. Journal of Plant Growth Regulation. 30, 512-523.

Yasari, E., Patwardhan, A.M., 2007. Effects of Aztobacter and Azospirillum inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian Journal Plant Sciences. 6, 77-82.

Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H., Moosavi, S., 2015. Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7, 187-194. [In Persian with English summary].

Zhang, K.M., Yu, H.J., Shi, K., Zhou. Y.H., Yu. J.Q., Xia, X.J., 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. Plant Science. 179, 202-208.

Zhu, C.X., Song, B.F., Xu, W.H., 2010. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. Plant and Soil. 331, 129-137.

Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F., Rejali, F., 2015. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content of *Ocimum basilicim*. Journal of Plant Productions (agronomy, breeding and horticulture). 37, 47-56.