Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

The effect of *Bacillus subtilis* and *Bacillus velezensis* bacteria on tolerance to salinity stress in orange marigold (*Tagetes erecta* L.)

Azar Grayloo[1], Mitra Aelaei[*2], Seyed Najmeddin Mortazavi[3], Masoud Arghavani[4], Fahimeh Salehi[5]

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: azargraylo@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: maelaei@znu.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: mortazavi@znu.ac.ir
4. Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: arghavani@znu.ac.ir
5. Ph.D. Graduate, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: fahime.salehi@znu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 06.10.2023
Revised: 07.14.2023
Accepted: 08.14.2023

Keywords:
Bacteria,
Ornamental flower,
Physiological traits,
Salinity stress

ABSTRACT

Background and Objectives: Parsley (*Tagetes erecta*) is an important bedding plant of asteraceae family. Environmental stresses, especially salinity stress in agricultural soils are increasing. Therefore, it seems necessary to find a suitable solution to reduce the effects of soil salinity and the possibility of cultivation in these types of soils. Meanwhile, growth-promoting bacteria are one of the important options as a factor to deal with these stresses. This research was carried out with the aim of the effect of growth stimulating bacteria as biofertilizers in making parsley plant resistant to salt stress.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of the application of growth-stimulating bacteria on reducing the effects of salinity stress in orange parsley, a research was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture of Zanjan University in 2022. This research was conducted as a factorial experiment in the form of a completely randomized design with treatments, three levels of salinity stress (0, 4 and 8 decisiemens) and three levels of Bacillus bacteria (control, *Bacillus subtilis*, *Bacillus velezensis*) in three replications, which in total It formed 27 experimental units. Morpho - physiologycal traits include: plant height, flower diameter, number of flowers, plant fresh weight, plant dry weight, root fresh weight, root dry weight, total chlorophyll, antioxidant, ion leakage percentage, peroxidase enzyme, proline, sodium, potassium and The ratio of sodium to potassium was calculated.

Results: The results of this research showed that the effect of salinity stress as well as the effect of bacteria on all traits was significant. The interaction effect of salinity in bacteria was significant in some traits such as fresh and dry weight of roots, diameter and number of flowers, leaf ion leakage percentage, total chlorophyll, peroxidase enzyme, proline, sodium and potassium percentage and sodium to potassium ratio. Based on the results of the comparison of averages, due to salinity stress, plant height, fresh and dry weight of shoot and root, diameter and number of flowers, chlorophyll,

potassium percentage decreased significantly and in contrast to the characteristics of flower ion leakage percentage, peroxidase enzyme level, Proline, anthocyanin and antioxidants, sodium and the ratio of sodium to potassium increased. Also, the use of bacteria moderated the negative effects of salinity stress and by increasing the amount of proline, anthocyanin, antioxidant and increasing the amount of potassium, it led to the improvement of growth conditions in 8 and 4 deci siemens per meter salinity stress. Among the bacteria that were used, Bacillus subtilis showed a better response than *Bacillus velezensis* in ornamental parsley and reduced the effect of salt stress.

Conclusion: The results of this research showed that salinity induced negative effects on the morphological, physiological and biochemical characteristics of ornamental cabbage. Growth promoting bacteria reduced the negative effects of salinity stress through direct and indirect mechanisms. Among the bacteria that were used, *Bacillus subtilis* showed a better response than *Bacillus velezensis* in ornamental parsley and reduced the effect of salt stress. In other words, at high levels of salinity stress, the damage caused by salinity stress can be prevented by using growth-promoting bacteria.

Cite this article: Grayloo, Azar, Aelaei, Mitra, Mortazavi, Seyed Najmeddin, Arghavani, Masoud, Salehi, Fahimeh. 2024. The effect of *Bacillus subtilis* and *Bacillus velezensis* bacteria on tolerance to salinity stress in orange marigold (*Tagetes erecta* L.). *Journal of Plant Production Research*, 31 (1), 189-211.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.21438.3049
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

تأثیر باکتری‌های باسیلوس سابتیلیس و باسیلوس ولزنسیس بر تحمل به تنش شوری گل جعفری رقم نارنجی (*Tagetes erecta* L.)

آذر گرایلو[۱]، میترا اعلائی[*۲]، سید نجم‌الدین مرتضوی[۳]، مسعود ارغوانی[۴]، فهیمه صالحی[۵]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: azargraylo@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: maelaei@znu.ac.ir
۳. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: mortazavi@znu.ac.ir
۴. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: arghavani@znu.ac.ir
۵. دانش‌آموخته دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: fahime.salehi@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۳

واژه‌های کلیدی:
باکتری،
تنش شوری،
صفات فیزیولوژیک،
گل زینتی

چکیده

سابقه و هدف: گل جعفری (*Tagetes erecta*) یک گل فصلی با اهمیت متعلق به تیره آفتابگردان (Asteraceae) است. تنش‌های محیطی به ویژه تنش شوری در خاک‌های زراعی در حال افزایش است. بنابراین یافتن راهکار مناسب جهت کاهش اثرهای شوری خاک و امکان کشت در این نوع خاک‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در این بین باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان عاملی برای مقابله با این تنش‌ها، یکی از گزینه‌های مهم هستند. این پژوهش با هدف تأثیر باکتری‌های محرک رشد به عنوان کود زیستی در ایجاد تحمل گیاه جعفری در برابر تنش شوری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر کاهش اثرهای تنش شوری در گیاه جعفری نارنجی، پژوهشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۴۰۱ صورت گرفت. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمارهای، سه سطح تنش شوری (۰، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح استفاده از باکتری باسیلوس (شاهد، *Bacillus subtilis*، *Bacillus velezensis*) در سه تکرار صورت گرفت که در مجموع ۲۷ واحد آزمایشی را تشکیل داد. صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک اندازه‌گیری‌شده پس از اعمال تنش شامل: ارتفاع گیاه، قطر گل، تعداد گل، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، کلروفیل، میزان آنتی‌اکسیدان، درصد نشت یونی برگ، فعالیت آنزیم پراکسیداز، پرولین، درصد سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که اثر تنش شوری و هم‌چنین اثر باکتری بر تمامی صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل شوری در باکتری در برخی صفات مانند وزن تر و خشک ریشه، قطر و

تعداد گل، درصد نشت یونی برگ، کلروفیل کل، فعالیت آنزیم پراکسیداز، پرولین، درصد سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم معنی‌دار شد. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثر تنش شوری صفات ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، قطر و تعداد گل، کلروفیل، درصد پتاسیم به طور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل درصد نشت یونی، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز، پرولین، آنتوسیانین و آنتی‌کسیدان، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. هم‌چنین کاربرد باکتری موجب تعدیل اثرات سوء تنش شوری گردید و با افزایش مقدار پرولین، آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان و افزایش میزان پتاسیم منجر به بهبود شرایط رشدی در تنش شوری ۸ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که شوری موجب القای اثرات منفی بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گل جعفری نارنجی شد. باکتری‌های محرک رشد به‌وسیله سازوکارهای مستقیم و غیرمستقیم باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری شدند. در بین باکتری‌هایی که مورد استفاده قرار گرفت باکتری باسیلوس سوبتیلیس نسبت به باکتری باسیلوس ولزنسیس واکنش بهتری در گل جعفری زینتی نشان داد و اثر تنش شوری را کاهش داد. به‌عبارتی در سطوح بالای تنش شوری می‌توان با کاربرد باکتری‌های محرک رشد از خسارت ناشی از تنش شوری جلوگیری کرد.

استناد: گرایلو، آذر، اعلائی، میترا، مرتضوی، سید نجم‌الدین، ارغوانی، مسعود، صالحی، فهیمه (۱۴۰۳). تأثیر باکتری‌های باسیلوس سابتیلیس و باسیلوس ولزنسیس بر تحمل به تنش شوری گل جعفری رقم نارنجی (*Tagetes erecta* L.). *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۱ (۱)، ۲۱۱-۱۸۹.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21438.3049

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گیاه جعفری (*Tagetes erecta* L.) یکی از مهم‌ترین گل‌های تجاری متعلق به خانواده آفتابگردان (Asteraceae) است (۱). این گیاه بومی جنوب آمریکا و آمریکای مرکزی به‌ویژه مکزیک است. جعفری گیاهی یک‌ساله و دارای برگ‌های مرکب بوده و رنگ گل‌های آن زرد و نارنجی و گاهی در ترکیب‌های مختلف مانند زرد روشن، زرد طلایی، نارنجی تیره و روشن است (۲). این گل علاوه بر کاربرد زینتی، دارای خواص دارویی و درمانی نیز بوده از جمله از گل‌های این گیاه برای معالجه ناراحتی‌های چشمی و درمان سرماخوردگی استفاده می‌کنند هم‌چنین برگ‌های گل جعفری به منظور التیام جوش کاربرد دارد. ترکیبات دارویی گیاه جعفری نارنجی شامل کاروتنوئیدها، فنول‌ها، لوتئین و کوئیتین است (۳). گیاه جعفری عمدتاً با کاشت بذر تکثیر می‌شود ولی از قلمه آن نیز می‌توان جهت تکثیر این گیاه استفاده کرد که این نوع کشت، نسبت به کاشت بذر هزینه بیش‌تری خواهد داشت (۴).

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش عملکرد محصولات در بسیاری از کشورهای جهان است و این مشکل با گذر زمان شدت می‌یابد زیرا مناطق کشاورزی که تحت‌تأثیر شوری هستند، افزایش می‌یابند (۵). این تنش بر روی میزان رشد و نمو گیاهان مؤثر است و اثرات اسمزی ناشی از شوری از عوامل اولیه تأثیرگذار بر رشد گیاه می‌باشند و دومین تأثیر منفی شوری در گیاهان مربوط به سمیت نمک در برگ می‌باشد که به تدریج رخ می‌دهد و سبب تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد (۶). در شرایط شوری، غلظت سدیم بیش از غلظت سایر عنصرهای غذایی می‌باشد و در نتیجه موجب عدم تعادل در تغذیه گیاهان تحت‌تأثیر تنش می‌گردد و همین‌طور ناپایداری ساختمان خاک را به دنبال خواهد داشت (۷). گزارش شده که محتوای نسبی آب برگ، میزان تثبیت دی‌اکسیدکربن و هدایت روزنه‌ای در دو گیاه اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) و رزماری (*Salvia rosmarinus*) تحت تنش شوری کاهش می‌یابد. البته این میزان کاهش در اسطوخودوس نسبت به رزماری بیش‌تر بود. علاوه بر این تخریب القاء شده توسط شوری در فتوسیستم II در هر دو گونه قابل تحمل بود و این امر می‌تواند به علت افزایش ۴۵ درصد محتوای کاروتنوئیدها باشد (۸). به‌طورکلی از جمله عواملی که در رشد گیاهان نقش کلیدی دارد کیفیت و ساختمان خاک می‌باشد که نه تنها به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن وابسته است بلکه ارتباط بسیار نزدیکی با خصوصیات زیستی آن دارد. به همین دلیل امروزه کودهای زیستی به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند، این کودها در حقیقت شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی هستند که به ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) معروفند. این موجودات می‌توانند روی تجزیه مواد آلی، تحمل گیاهان در برابر تنش‌ها، عملکرد گیاه، متابولیسم و فرآیندهای سلولی و بیوسنتز گیاه، ساختار و آلاینده‌های خاک (به وسیله جداسازی فلزات سنگین و سمی)، رشد ریشه، سطح تنظیم‌کننده‌های گیاهی مانند اکسین، اتیلن، جیبرلین و سیتوکینین تأثیر داشته باشد. هم‌چنین روی انحلال‌پذیری عناصری مانند آهن و فسفر، تثبیت نیتروژن، تولید ویتامین‌ها، تحمل در برابر عوامل بیماری‌زا و القای تحمل سیستمیک در گیاهان می‌توانند اثر بگذارند (۹). مشاهدات نشان می‌دهند که گیاه یونجه تلقیح شده با سویه‌های PGPR[1] که ایندول استیک اسید را به فراوانی تولید می‌کنند، بر شرایط مختلف تنش‌زا غلبه می‌کنند و تجمع زیادی از

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

پرولین در آن‌ها وجود دارد. افزایش سطوح بیان دو ژن درگیر در اولین مراحل بیوسنتز پرولین از گلوتامیک اسید این نتایج را تأیید می‌کند (۱۰). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تلقیح هم‌زمان آزوسپیریلوم و ریزوبیوم و دیگر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، باعث افزایش تعداد گره‌های ریشه بقولات، فعالیت‌های احیای استیلن و میزان کلی نیتروژن در عناصر معدنی ماکرو و میکرو می‌شود (۱۱). حضور آزوسپیریلوم در ریزوسفر باعث استخراج یا فعال کردن هیدرولیز هورمون‌های گیاهی و فلاونوئیدهای موجود در بافت ریشه و بنابراین رهاسازی ترکیبات به شکل فعال آن‌ها می‌شود (۱۲). افزون بر این حتی در شرایط تنش، استفاده از PGPR در سیستم‌های تناوبی بقولات – غلات به بهبود محصول غلات کمک کرد (۱۳).

گزارش‌ها و مقالاتی در خصوص تأثیر تیمار باکتریایی در شرایط تنش شوری در گلخانه بر روی گیاه دارویی- زینتی جعفری وجود ندارد. از طرفی با توجه به کاربرد بالای این گیاه به عنوان یک گیاه زینتی در فضای سبز زنجان و با توجه به وجود تنش شوری که یکی از مهم‌ترین تنش‌ها در سیستم کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان است و با گذر زمان در حال افزایش می‌باشد این پژوهش با هدف بررسی میزان مقاومت این گیاه در برابر تنش شوری و استفاده از باکتری‌های باسیلوس به عنوان کود زیستی و نیروی کمکی در برابر این تنش به منظور افزایش عملکرد و رشد و نمو این گیاه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور مطالعه تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جعفری رقم نارنجی تحت تنش شوری (سدیم کلراید) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. فاکتور اول شامل دو سطح شوری (۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و شاهد به همراه فاکتور دوم شامل دو نوع از باکتری‌های محرک رشد (تلقیح با سویه *Bacillus subtilis* و تلقیح با سویه *Bacillus velezensis*) و عدم تلقیح بود. باکتری‌ها از دانشکده داروسازی دانشگاه تهران تهیه شد. از ترکیب خاک، کوکوپیت، پرلیت به نسبت یکسان به منظور کشت بذر (بذور از شرکت پاکان بذر اصفهان به میزان دو گرم (در هر گرم حدود ۳۸۰ عدد بذر) خریداری شد) در سینی‌های کشت استفاده شد. آبیاری سینی‌های کشت روزی یک بار در شرایط محیطی تهویه مناسب، دمای ۲۴-۲۷ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین شرایط آفتابی برای نشاها صورت گرفت. پس از ظهور برگ‌های سوم و چهارم، دانهال‌ها در بسترهای گلدانی کاملاً یکنواخت به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر حاوی خاک باغچه، خاک برگ و کود دامی (به نسبت‌های مساوی) مستقر شدند. چهار هفته بعد از استقرار، تیمارهای شوری (سدیم کلراید) از طریق آب آبیاری در غلظت‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به همراه عدم تیمار شوری به عنوان تیمار شاهد، سه بار در هفته (به مدت هشت هفته) اعمال گردید. لازم به ذکر است که برای جلوگیری از تجمع نمک و افزایش بیش از حد EC گلدان‌ها، هر هفته یک‌بار میزان EC خاک اندازه‌گیری شد و در صورت تجمع نمک، آبشویی (با آب معمولی آبیاری) صورت گرفت. هم‌چنین تیمارهای باکتریایی نیز با غلظت 10^8 cfu/ml یک هفته پس از شروع تیمارهای شوری به محیط گلدان اعمال شدند. دمای مناسب برای رشد بین ۲۲-۱۸ درجه سانتی¬گراد در روز و ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت نسبی مناسب ۵۵ درصد در نظر گرفته شد. میزان نور لازم برای این گیاه

نیز حداقل ۶ ساعت نور مستقیم می باشد. بعد از رشد کامل گیاهان و شروع دوره گلدهی آن‌ها (بعد از هشت هفته)، صفات فیزیولوژی شامل ارتفاع گیاه، تعداد گل، قطر گل، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و صفات فیزیولوژیکی شامل نشت یونی، کلروفیل، فنل کل، آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین، فعالیت آنزیم پراکسیداز، میزان پرولین، عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندازه‌گیری شد. در این راستا به منظور اندازه‌گیری ارتفاع گیاه از خط کش بر حسب سانتی‌متر از محل طوقه تا نوک بوته برای هر تکرار استفاده شد. تعداد گل‌ها در هر بوته تا زمان اتمام رشد، شمارش شدند. قطر گل‌ها به کمک کولیس اندازه‌گیری شد. پس از خارج کردن گیاهان از گلدان و شستشوی کامل ریشه‌ها، قسمت اندام هوایی و ریشه از هم جدا شدند. جهت محاسبه وزن تر اندام هوایی و ریشه از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. سپس جهت محاسبه وزن خشک آن‌ها، اندام‌ها به‌طور جداگانه در آون در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس توسط ترازوی دیجیتال وزن خشک اندام هوایی و ریشه محاسبه شد. میزان کلروفیل با استفاده از روش آرنون (۱۹۴۹) اندازه‌گیری شد (۱۴). اندازه فنل کل به روش فولین سیو-کالچو (۱۵) و آنتی‌اکسیدان به روش DPPH محاسبه شد (۱۶). اندازه‌گیری آنتوسیانین به روش واگنر (۱۷) و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش دهیندسا و همکاران (۱۹۸۱) انجام شد (۱۸).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: جهت تعیین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های گل جعفری نارنجی از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی و با استفاده از ۲، ۲- دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) انجام شد. برای سنجش طرفیت آنتی‌اکسیدانی به ۱/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره ۱/۵ میلی‌لیتر محلول متانولی با غلظت ۰/۰۳ درصد DPPH اضافه شد. محلول به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق نگه‌داری شدند. جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر در مقابل شاهد توسط اسپکتروفتومتر مدل Analytikjena specord 250 خوانده شد (۱۹). درصد رادیکال آزاد هر عصاره به کمک رابطه زیر محاسبه گردید:

$$(\text{Abs control} - \text{Abs sample}/\text{Abs control}) \times 100 \quad (۱)$$

که در آن، Abs control جذب طول موج شاهد، Abs sample جذب طول موج نمونه‌ها.

میزان پرولین: برای اندازه‌گیری میزان پرولین ۰/۱ گرم نمونه تازه با استفاده از نیتروژن مایع خرد شده و با ۲ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک ۳ درصد هموژن گردید. پس از ۲۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (ROTINA 380 Benchtop Centrifuge) گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از روشناور به همراه ۲ میلی‌لیتر اسیدنین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و واکنش در داخل یخ به پایان رسید، سپس با اضافه کردن ۲ میلی‌لیتر تولوئن جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Analytikjena specord 250 اندازه‌گیری شد و میزان پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد (۲۰).

$$\text{پرولین } (\mu\text{mol/g fw}) = \frac{prolin\left(\frac{\mu g}{ml}\right) \times Toluene(ml)/115.5}{gr\ sample/5} \quad (۲)$$

درصد نشت یونی: شاخص پایداری غشا از طریق اندازه‌گیری میزان نشت یونی برگ‌ها ارزیابی شد. برای سنجش میزان آسیب به غشا ۰/۲ گرم از بافت سالم و تازه برگ را بعد از شستشو با آب مقطر برای

شستشوی یون‌های احتمالی از سطح گیاه درون قوطی فیلم قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. سپس قوطی فیلم را به مدت ۲ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده و میزان هدایت نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (EC1)، سپس قوطی‌های فیلم در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو گردیده و بعد از خنک شدن تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها مجدداً اندازه‌گیری شد (EC2) و با فرمول زیر درصد نشت یونی محاسبه گردید (۲۱).

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{EC1}{EC2} \times 100 \qquad (۳)$$

عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ‌ها نیز در همه تیمارها مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۲). همه داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش، توسط نرم‌افزار SAS آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: نتایج تجزیه واریانس مربوط به ارتفاع گیاه نشان داد که اثر اصلی تنش شوری و کاربرد باکتری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری، بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۳/۱۱ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم تنش شوری و کم‌ترین ارتفاع بوته نیز با میانگین ۱۸/۲۷ سانتی‌متر مربوط به تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر شد. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد باکتری نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۱/۷۲ سانتی‌متر در تیمار باکتری باسیلوس سابتیلیس و کم‌ترین ارتفاع بوته نیز با میانگین ۱۹/۲۷ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم کاربرد باکتری بود (جدول ۲). پسرکلی و همکاران (۲۳) ارتفاع گیاه را از صفات رایج برای تعیین میزان تحمل به شوری و یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشد گیاه معرفی کردند. در واقع تنش شوری باعث کاهش رشد رویشی گیاهان می‌شود و این کاهش به مقدار و نوع نمک محلول در خاک بستگی دارد، به‌طوری‌که در مراحل ابتدایی رشد می‌تواند باعث توقف جوانه‌زنی و در نهایت کاهش رشد گیاه گردد (۲۴). پژوهش‌گران طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باسیلوس باعث افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر و وزن خشک در گیاه رازیانه گردید (۲۵). آن‌ها بیان داشتند که اثر هم‌افزایی این دو باکتری سبب تحریک رشد گیاه به‌خصوص تولید فیتوهورمون‌ها و افزایش تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در گیاه شده که این مواد شرایط مناسبی را برای طویل شدن ساقه فراهم می‌کنند (۲۶). گزارش شده کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس در گیاه دارویی زیره سبز و کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در گیاه دارویی مریم گلی ارتفاع بوته را افزایش دادند (۲۷).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری.

Table 1. Analysis of variance the effect of salinity stress and bacteria on some morphophysiological traits of *Tagetes erecta*.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares								
		ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گل Number of flowers	قطر گل Flower diameter	وزن تر اندام هوایی Plant fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Plant dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	درصد نشت یونی Ionic leakage	کلروفیل کل Total chlorophyll
شوری Salinity stress	2	52.56**	8.11**	15.92**	389.05**	92.42**	494.19**	27.89**	3757.09**	2.47**
باکتری Bacteria	2	14.56**	7.00**	13.33**	122.60**	18.79**	212.99**	8.15**	754.89**	0.79**
شوری × باکتری Salinity stress × Bacteria	4	0.50^{ns}	0.61**	1.10*	3.26^{ns}	0.49^{ns}	10.45*	0.70*	199.42**	0.03^{ns}
خطا Error	18	1.62	0.07	0.30	2.52	0.73	2.69	0.15	36.14	0.01
درصد ضریب تغییرات CV%	-	6.16	10.20	7.99	8.86	11.36	5.78	8.89	8.33	9.53

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** Respectively non-significant and significant at the 5% and 1% probability level

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		پرولین Proline	فعالیت آنتی‌اکسیدان Anti-oxidant activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme activity	سدیم Na	پتاسیم K	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K
شوری Salinity stress	2	1343.49**	1003.9**	634.23**	0.64**	8.48**	0.06**
باکتری Bacteria	2	117.89**	17.94*	270.67**	0.049**	0.74**	0.006**
شوری × باکتری Salinity stress × Bacteria	4	5.99*	0.78^{ns}	35.85**	0.014**	0.12*	0.0012*
خطا Error	18	1.70	4.72	0.49	0.0026	0.038	0.0003
درصد ضریب تغییرات CV%	-	4.55	13.05	3.96	12.57	4.14	16.96

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** Respectively non-significant and significant at the 5% and 1% probability level

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش شوری و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری.

Table 2. Mean comparison of salinity stress and bacteria on some morphophysiological traits of *Tagetes erecta*.

وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	وزن خشک اندام هوایی Plant dry weight (gr)	وزن تر اندام هوایی Plant fresh weight (gr)	قطر گل Flower diameter (m gr)	تعداد گل Number of flowers	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
6.05[a]	37.39[a]	10.55[a]	24.05[a]	8.23[a]	3.55[a]	23.11[a]	0
4.79[b]	30.51[b]	7.83[b]	18.76[b]	6.87[b]	2.77[b]	20.72[b]	4
2.57[c]	17.19[c]	4.17[c]	10.98[c]	5.57[c]	1.66[c]	18.27[c]	8
							کاربرد باکتری
5.40[a]	33.05[a]	8.80[a]	21.11[a]	7.94[a]	3.33[a]	10.55[a]	*Bacillus subtilis*
4.52[b]	28.71[b]	7.80[b]	18.80[b]	7.16[b]	3.00[b]	9.66[a]	*Bacillus velezensis*
3.50[c]	23.34[c]	5.95[c]	13.88[c]	5.55[c]	1.66[c]	8.33[b]	عدم مصرف

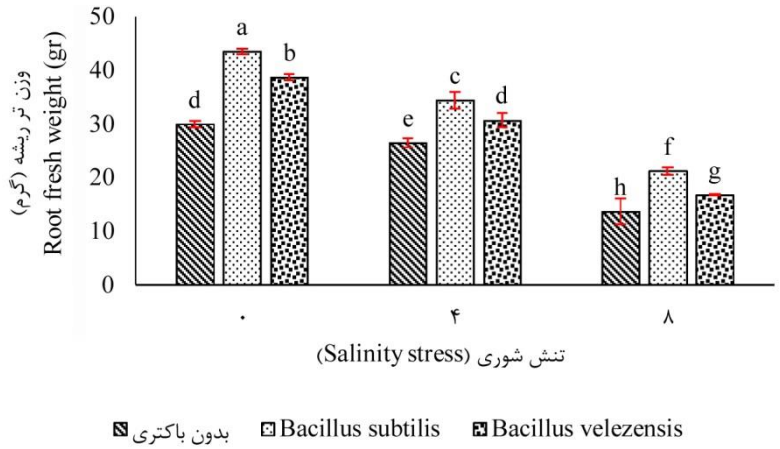
حروف مشترک در هر ستون نمایانگر عدم تفاوت معنی‌داری می‌باشد

The common letters in each column indicate a non-significant difference

وزن تر و خشک اندام هوایی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱ اثر تنش شوری و کاربرد باکتری بر وزن تر و خشک اندام هوایی گل جعفری نارنجی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب با میانگین ۲۴/۰۵ و ۱۰/۵۵ گرم در بوته مربوط به تیمار عدم تنش شوری بود و کم‌ترین میزان نیز به ترتیب با میانگین ۱۰/۹۸ و ۴/۱۷ گرم در بوته مربوط به تیمار تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد باکتری نیز داد که بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب با میانگین ۲۱/۱۱ و ۸/۸۰ گرم در بوته مربوط به کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس بود و کم‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی نیز به ترتیب با میانگین ۱۳/۸۸ و ۵/۹۵ گرم در بوته مربوط به تیمار عدم کاربرد باکتری بود (جدول ۲). یکی از دلایل کاهش وزن تر و خشک گیاه می‌تواند به علت غلظت بالاتر سدیم و کلرید در محلول خاک و جذب بیش‌تر آن باشد که نه تنها باعث اختلال در جذب عناصر دیگر می‌شود بلکه منجر به تنش اسمزی و اختلال در تعادل یونی می‌گردد که در نتیجه باعث کاهش شاخص‌های رشدی گیاه مانند وزن تر و خشک می‌شود. طی پژوهشی بر روی گیاه رزماری و بابونه تحت تیمار چهار سطح تنش شوری مشاهده شد که شوری منجر به کاهش ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک شاخساره می‌گردد (۲۸ و ۲۹). با توجه به نتایج پژوهش‌ها، تلقیح گندم با ازتوباکتر به‌طور متوسط افزایشی معادل ۱۰ تا ۱۵ درصد در عملکرد را به دنبال داشته است (۳۰). هم‌چنین طی آزمایشی، باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاه گوجه فرنگی شد (۳۱).

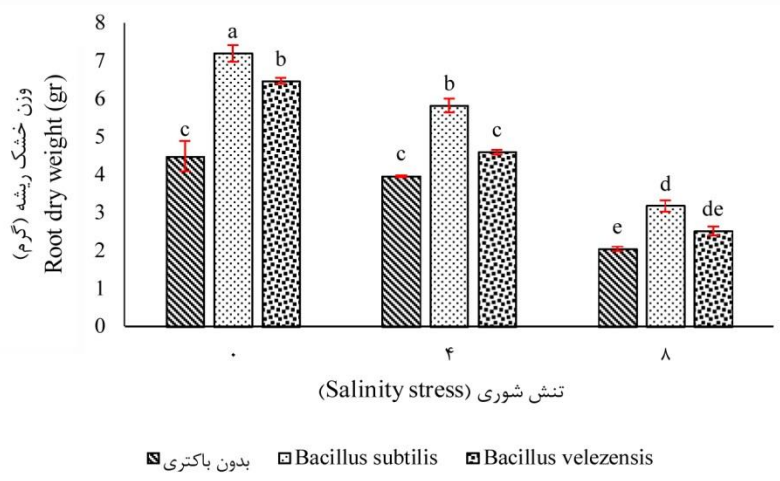
وزن تر و خشک ریشه: بررسی‌ها نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری محرک رشد بر وزن تر و خشک ریشه گل جعفری در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که در اثر تنش شوری وزن خشک ریشه کاهش یافت و استفاده از باکتری محرک رشد موجب تعدیل این کاهش شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب با میانگین ۴۳/۵۴ و ۷/۱۹ گرم در بوته از تیمار عدم تنش شوری و کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس به‌دست آمد و کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه نیز به ترتیب با میانگین ۱۳/۶۴ و ۲/۰۴ گرم در

بوته مربوط به تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد باکتری بود. نتایج نشان داد که در تیمار تنش شوری ۸ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر و هم‌چنین در تیمار شاهد (بدون تنش شوری)، کاربرد باکتری محرک رشد موجب افزایش رشد ریشه شده است این امر را می‌توان به خاصیت همزیستی باکتری در جذب و انتقال بهتر آب و عناصر غذایی در گیاه نسبت داد (شکل‌های ۱ و ۲). طبق بررسی‌های صورت گرفته کاهش دسترسی به مواد مغذی در ریزوسفر به‌دلیل شوری می‌تواند منجر به کاهش شدید رشد گیاه شود که کاربرد باکتری‌های محرک رشد مانع کاهش رشد کاهو در شرایط تنش شوری شد و تأثیر مثبتی بر رشد گیاه، وزن تر و خشک بوته، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ داشت. این باکتری‌ها می‌توانند تأثیر خود را در گیاهان با مکانیسم‌های مختلف مانند تغییر محتوای هورمونی، تولید ترکیبات فرار، افزایش در دسترس بودن مواد مغذی یا افزایش تحمل به تنش‌ها اعمال کنند (۳۲). نتایج پژوهش رستمی‌کیا و همکاران (۳۳) نشان داد که باکتری‌های سودوموناس پوتیدا، باسیلوس سوبتیلیس و اینتروباکتر، زیست‌توده ریشه و اندام هوایی نونهال‌های فندق را افزایش دادند.



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر وزن تر ریشه جعفری نارنجی.

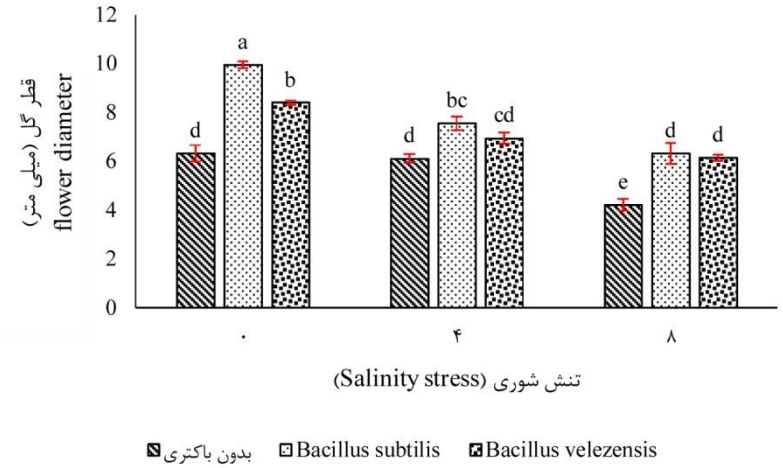
Fig. 1. The results of comparing the mean interaction effect of salinity stress and bacteria application on Root fresh weight in *Tagetes erecta* L.



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر وزن خشک ریشه گل جعفری نارنجی.

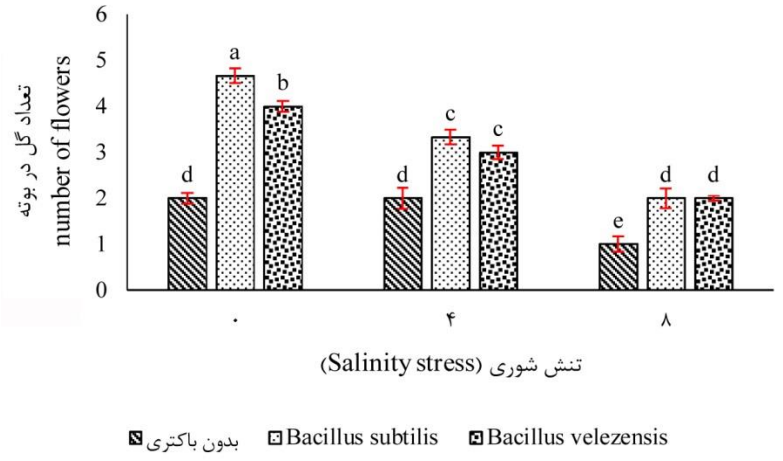
Fig. 2. The results of comparing the mean interaction effect of salinity stress and bacteria application on Root dry weight in *Tagetes erecta* L.

قطر و تعداد گل: بررسی‌ها نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر قطر گل جعفری نارنجی در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که در اثر تنش شوری قطر گل کاهش یافت ولی کاربرد باکتری این کاهش را تعدیل نموده و مانع از کاهش شدید در قطر گل در شوری با غلظت ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در کاربرد باکتری نشان داد که بیش‌ترین قطر و تعداد گل به ترتیب با میانگین ۹/۹۵ میلی‌متر و ۴/۶۶ گل در بوته مربوط به تیمار عدم تنش شوری و کاربرد باسیلوس سابتیلیس و کم‌ترین قطر گل و تعداد گل در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر تنش شوری و عدم کاربرد باکتری به ترتیب با میانگین ۴/۲۲ میلی‌متر و ۱ گل در بوته بود (شکل‌های ۳ و ۴). در اثر تنش شوری به‌دلیل کمبود آب و عناصر غذایی و سمیت سدیم، میزان فتوسنتز و تولید مواد آسمیلات کاهش می‌یابد که این امر تأثیر مستقیم بر صفات زایشی دارد (۳۴). در این پژوهش نیز با اعمال تنش شوری تعداد گل در بوته کاهش یافته است ولی کاربرد باکتری به‌دلیل تعدیل اثر شوری منجر به افزایش در تعداد گل در بوته گردید.



شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر قطر گل جعفری نارنجی.

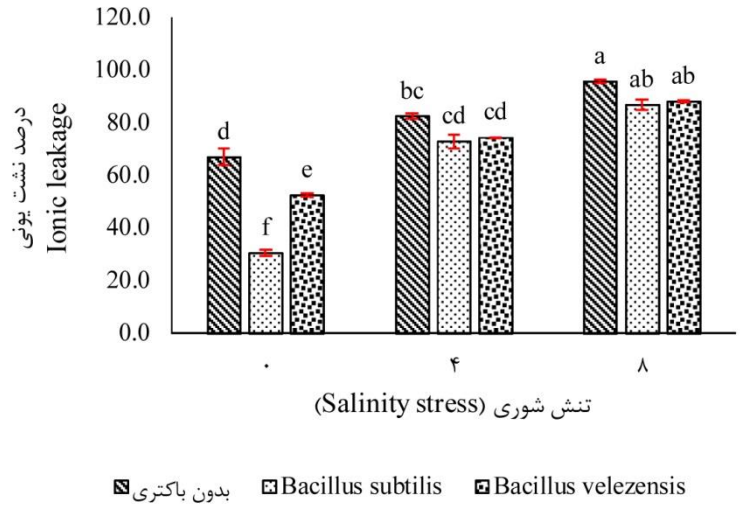
Fig. 3. The results of comparing the mean interaction effect of salinity stress and bacteria application on flower diameter of *Tagetes erecta* L.



شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر تعداد گل جعفری نارنجی.

Fig. 4. The results of comparing the average interaction effect of salinity stress and bacteria application on the number of flowers in *Tagetes erecta* L.

درصد نشت یونی برگ: نتایج مرتبط با درصد نشت یونی برگ نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین نشت یونی برگ با میانگین ۹۵/۵۶ درصد مربوط به تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد باکتری و کم‌ترین درصد نشت یونی نیز با میانگین ۳۰/۴۶ درصد از عدم تنش شوری و کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس به‌دست آمد (شکل ۵). نفوذپذیری بیش‌تر غشای سلول در اثر آسیب ناشی از استرس‌ها معمولاً منجر به نشت الکترولیت بالاتر می‌شود با این حال نشان دادند کاربرد باکتری محرک رشد، به‌طور قابل‌توجهی نشت یونی را در گیاه اسفناج کاهش داد که این موضوع ممکن است به دلیل کاهش تجمع اتیلن باشد (۳۵). به‌طورکلی نشت یونی زمانی در گیاه رخ می‌دهد که گیاه در شرایط نامساعد رشدی مانند انواع تنش‌ها قرار گیرد و در این پژوهش کاربرد باکتری منجر به بهبود شرایط رشد شده و نشت یونی نیز به تبع آن کاهش می‌یابد (۳۶). در واقع باکتری‌های محرک رشد می‌توانند باعث القای تجمع هورمون اسید سالسیلیک شوند. اسید سالسیلیک از طریق افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و جذب کلسیم، گیاه را از صدمات حاصل از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند (۳۷). میزان پایداری غشاء سلولی، به همراه میزان تحمل سایر فرایندهای گیاهی نسبت به انواع تنش‌های زنده و غیر زنده از جمله فتوسنتز به عنوان شاخصی از تحمل به تنش ارائه شده است (۳۸). تأثیر تنش شوری در گونه‌هایی از جمله فلفل (۳۹) و زیتون (۴۰) گزارش شده است.



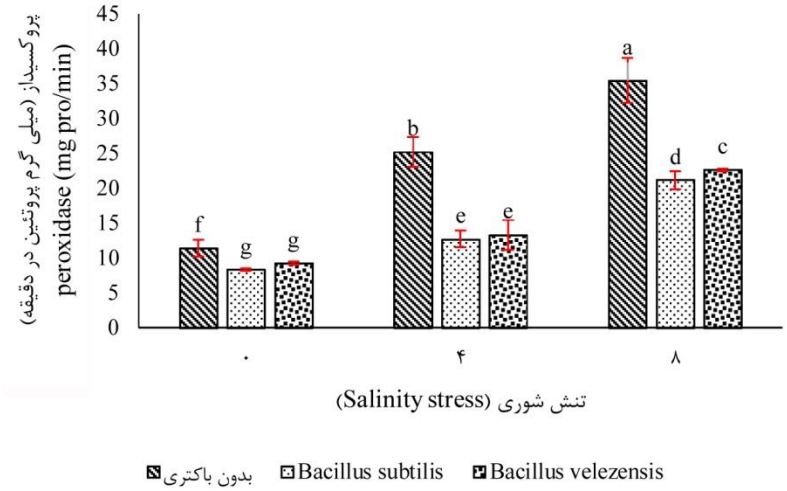
شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر نشت یونی گل جعفری نارنجی.

Fig. 5. The results of comparing the average interaction effect of salinity stress and the application of bacteria on Ionic leakage in *Tagetes erecta* L.

کلروفیل کل: براساس نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱ اثر اصلی تنش شوری و کاربرد باکتری در سطح یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل شوری و باکتری معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین کلروفیل کل با میانگین ۱/۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به عدم تنش شوری بود و کمترین کلروفیل کل نیز با میانگین ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به

شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد باکتری نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل با میانگین ۱/۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس بود و کم‌ترین کلروفیل کل با میانگین ۱/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار عدم کاربرد باکتری بود. کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی یکی از اثرات تنش‌های محیطی مانند شوری می‌باشد و این کاهش بستگی به نوع گیاه، مدت و شدت تنش و مرحله نموی گیاه دارد. به‌طور گسترده‌ای گزارش شده است که تقریباً انواع مختلف تنش از جمله تنش شوری باعث آسیب به غشای تیلاکوئید می‌شود، محلی که در آن انواع مختلف رنگدانه‌های فتوسنتزی جمع می‌شوند (۴۱). کایا و همکاران (۴۲) با مقایسه ارقام توت‌فرنگی و اسفناج مشاهده کردند که شوری غلظت کلروفیل را کاهش می‌دهد. هم‌چنین کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری به دلیل فعالیت بیش‌تر آنزیم کلروفیلاز گزارش شده است (۴۳). اثر پنج سطح شوری (۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰ میلی‌مولار) در مرزه بررسی شد و گزارش گردید که شوری کلروفیل‌های a و b و نسبت کلروفیل a به b را کاهش می‌دهد (۴۴). باکتری‌های ریزوسفری با داشتن خصوصیات محرک رشدی سبب بهبود و افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه شده که در نتیجه آن محتوی کلروفیل و بالطبع فتوسنتز در گیاه افزایش می‌یابد (۴۵). بهبود محتوای کلروفیل کل در اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش شوری در گیاهانی هم‌چون آفتابگردان (۴۶) و سویا (۴۷) گزارش شده است که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

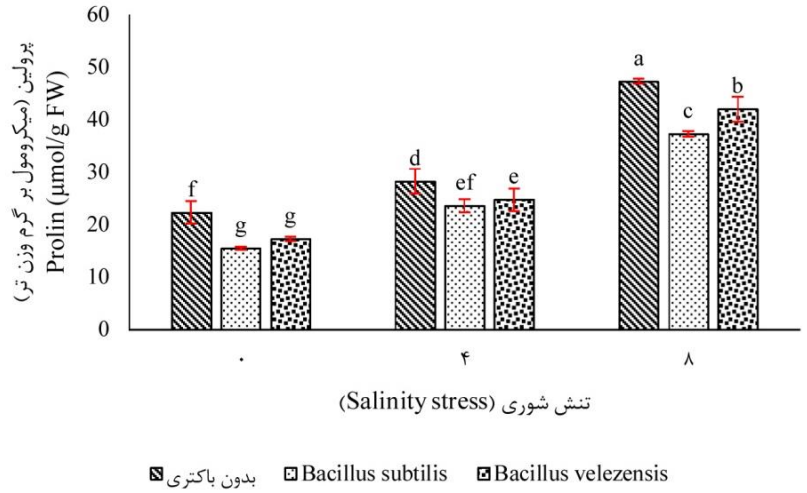
فعالیت آنزیم پراکسیداز: نتایج ارائه شده نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری محرک رشد بر میزان پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری نشان داد که بالاترین میزان پراکسیداز با میانگین ۳۵/۵ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه از تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد باکتری بود و کم‌ترین میزان پراکسیداز نیز با میانگین ۸/۳۳ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه مربوط به عدم تنش شوری و کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس بود (شکل ۶). پراکسیداسیون در سلول‌ها زمانی رخ می‌دهد که گیاه تحت تنش شدید قرار گیرد براساس نتایج این پژوهش نیز این امر تأیید گردید چون در شرایط شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف باکتری، بیش از سایر تیمارها موجب تخریب سلولی شده است. طبق پژوهش‌های انجام شده، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز و پراکسیداز) در کاهش اثرات تنش شوری در گیاه کاهو که تلقیح شده با سویه‌های PGPR دخیل است (۴۸). مطالعات اخیر پتانسیل سویه‌های باکتری‌های محرک رشد را در کاهش اثرات تنش‌های غیرزنده در ذرت نشان می‌دهند (۴۹). در دو رقم جو گزارش شده است که عدم تلقیح باکتری‌های محرک رشد در این گیاه، تنش شوری به افزایش شایان فعالیت کاتالاز و پراکسیداز منجر می‌شود. اما تلقیح آن‌ها با آزوسپیریلوم، مقدار افزایش را کم و به‌طور قابل‌توجهی اثرات زیان بار تنش شوری را اصلاح می‌کند که موجب افزایش محصول می‌گردد. این نتایج نشان می‌دهد که گیاهان تلقیح‌شده با باکتری‌های محرک رشد، تنش کم‌تری را در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده احساس می‌کنند (۵۰).



شکل ۶- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گل جعفری نارنجی.

Fig. 6. The results of comparing the average interaction effect of salinity stress and bacteria application on the amount of Peroxidase enzyme activity in *Tagetes erecta* L.

پرولین: نتایج تجزیه واریانس مربوط به مقدار پرولین نشان داد که اثرات اصلی و متقابل شوری و باکتری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طوری‌که در اثر تنش شوری که گیاه با شرایط نامساعد محیطی روبرو شده است این ترکیب جهت افزایش غلظت اسمزی در شیره سلولی افزایش یافت این در حالی بود که حضور باکتری در محیط رشد ریشه منجر به تعدیل اثرات تنش شوری شده و گیاه، پرولین کم‌تری سنتز نموده است. همان‌گونه که نتایج مقایسات میانگین‌ها نشان می‌دهد بیش‌ترین مقدار پرولین با میانگین ۴۷/۲۲ میکرومول بر گرم وزن تر از تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم استفاده از باکتری و کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین ۱۵/۴۴ میکرومول بر گرم وزن تر در تیمار عدم تنش شوری و کاربرد باکتری که شرایط رشد در بهترین حالت برای گیاه بود رخ داد (شکل ۷). مطالعات فراوانی ارتباط تجمع ترکیبات حاوی نیتروژن از جمله ترکیبات آمینواسیدها همانند پرولین، پروتئین‌ها، ترکیبات چهارتایی آمونیوم و پلی‌آمین‌ها را در برابر تنش شوری گزارش می‌دهند (۵۱). چندین مطالعه جامع با استفاده از گیاهان تراریخت نشان می‌دهد که متابولیسم پرولین اثر پیچیده‌ای بر پاسخ به شرایط تنش دارد. اسید آمینه پرولین به‌عنوان یک اسمولیت سازگار عمل می‌کند. مطالعات زیادی نشان می‌دهند که پرولین فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد و به‌عنوان خنثی‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کند. هم‌چنین به‌عنوان چاپرون مولکولی، قادر است ساختار پروتئین‌ها را محافظت کند و فعالیت آنزیم‌های مختلف را افزایش دهد و تجمع آن نقش مهمی در نگهداری pH سیتوسولی و تنظیم پتانسیل اکسایش/ کاهش، داخل سلولی ایفا می‌کند (۵۲). طی پژوهش‌هایی در شرایط تنش‌های غیر زنده، افزایش بیوسنتز پرولین برای گونه‌های مختلفی از گیاهان تلقیح‌شده با PGPRهای مختلف مشاهده شده است (۵۳).



شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر میزان پرولین گل جعفری نارنجی.

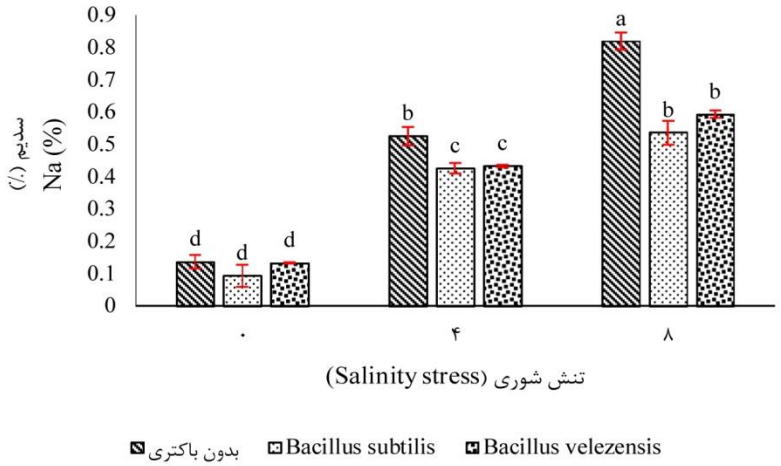
Fig. 7. The results of comparing the average interaction effect of salinity stress and bacteria application on proline amount in *Tagetes erecta* L.

فعالیت آنتی‌اکسیدان: نتایج بررسی‌ها نشان داد که اثرات اصلی تنش شوری و کاربرد باکتری محرک رشد بر مقدار آنتی‌اکسیدان در جعفری نارنجی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین میزان آنتی‌اکسیدان با میانگین ۲۸/۶۳ درصد مربوط به تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین آن نیز با میانگین ۸/۶۷ درصد از عدم تنش شوری حاصل شد. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد باکتری نشان داد که بیش‌ترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی با میانگین ۱۸/۱۳ درصد از کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس و کم‌ترین میزان نیز با میانگین ۱۵/۳۲ درصد از تیمار عدم کاربرد باکتری حاصل شد. خاصیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه در مواجه با تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد تا در مقابل تخریب ناشی از تنش‌های اکسیداتیو مقاومت نشان دهد. آنتی‌اکسیدان‌ها موادی هستند که اکسیداسیون را تا زمانی که در مقادیر جزئی وجود دارند مهار می‌کنند یا به تأخیر می‌اندازند. در بسیاری از گیاهان جهت کاهش اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش شوری، سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی شکل می‌گیرد و با افزایش غلظت نمک NaCl در محیط، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نیز افزایش می‌یابد. هر آن‌چه میزان ترکیبات و یا آنزیم‌های مؤثر در فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه بالاتر باشد، توانایی گیاه جهت خنثی‌سازی اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن در پراکسیده کردن لیپیدها، پروتئین‌ها و حتی اسیدهای نوکلئیک و نهایتاً تحمل به شوری نیز بیش‌تر است (۵۴). در گیاهان گونه‌های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال هیدروکسیل (OH) و اکسیژن سینگلت (O_2) به عنوان محصولات جانبی مسیرهای مختلف متابولیکی در بخش‌های مختلف سلول تولید می‌شوند (۵۵). از آن‌جایی‌که غلظت داخلی O_2 در طی فتوسنتز زیاد است، کلروپلاست‌ها مستعد تولید گونه‌های فعال اکسیژن هستند (۵۶). در شرایط معمولی رشد، تولید ROS در سلول‌ها کم است، در حالی‌که در شرایط تنش میزان تولید آن‌ها افزایش می یابد. سازوکارهای اصلی تخریب ROS در گیاهان شامل آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و کاتالاز (CAT) است. آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آسکوربیک اسید و گلوتاتیون که در غلظت‌های

زیاد در کلروپلاست و دیگر بخش‌های سلولی یافت می‌شوند، برای دفاع گیاه در مقابل تنش اکسیداتیو بسیار ضروری هستند (۵۷). طی آزمایشی که بر روی گیاه کاهو تحت تنش شوری و تیمار باکتریایی صورت گرفت، مشاهده شد که تنش شوری باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردید و تلقیح آن با باکتری‌های محرک رشد به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش اثر شوری بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تمایل دارد (۵۱). گیاهان می‌توانند از استراتژی‌های مختلفی برای جلوگیری از آسیب نمکی در تمام سطوح گیاهان استفاده کنند. از جمله آن‌ها، تنظیم اسمزی، تقویت سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و افزایش توانایی فتوسنتز از مهم‌ترین آن‌ها هستند (۵۸).

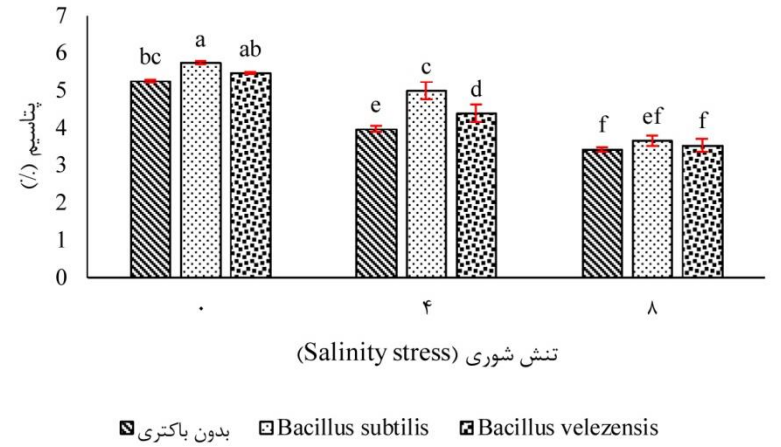
میزان عناصر سدیم و پتاسیم و نسبت بین این عناصر: با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۱، اثرات اصلی و متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر میزان سدیم و پتاسیم و نسبت بین این عناصر در اندام هوایی گل جعفری نارنجی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طوری‌که در اثر تنش شوری مقادیر سدیم تجمع یافته در اندام هوایی افزایش یافت ولی کاربرد باکتری مانع از جذب عناصر سدیم توسط ریشه شده و کاهش در اثر تلقیح با باکتری مشاهده گردید. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در باکتری نشان داد که بیش‌ترین سدیم و پتاسیم و نسبت بین این عناصر در اندام هوایی به‌ترتیب با میانگین ۰/۸۲ درصد و ۳/۴۳ درصد و ۰/۲۴ درصد مربوط به تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد باکتری و کم‌ترین نسبت نیز با میانگین ۰/۰۱۶ مربوط به عدم تنش شوری و کاربرد باکتری باسیلوس سابتیلیس بود (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰). تجمع سدیم در اثر تنش شوری امری طبیعی به‌نظر می‌رسد و کاهش در اثر کاربرد باکتری به دلیل کمک به جذب آب و عدم جذب سدیم صورت می‌گیرد و در نهایت موجب کاهش تجمع سدیم در اندام‌های گیاهی می‌گردد. عنصر پتاسیم نیز یکی از عناصر غذایی است که با عنصر سدیم در گیاه در عمل جذب رقابت دارند و رابطه عکس در مقادیر تجمع این عناصر مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که در شرایط مساعد گیاه، پتاسیم بیش‌تری جذب می‌کند و مانع از جذب سدیم می‌گردد اما در شرایط تنش شوری که یون سدیم در محیط حضور دارد توسط گیاه جذب و در مقابل غلظت یون پتاسیم کاهش می‌یابد (۵۹). طی پژوهش‌های مختلف گزارش شده است زمانی که مقدار یون سدیم در برگ و ریشه افزایش یابد، در مقابل یون پتاسیم کاهش می‌یابد که می‌تواند نشانه حساسیت گیاه به شوری بوده و این‌که گیاه توانایی مقابله با شوری را نداشته است. هم‌چنین گزارشی وجود دارد مبنی بر این‌که در گیاه ***Visia faba*** تحت تنش شوری مقدار سدیم افزایش یافته و نسبت Na/K کاهش می‌یابد. در گیاهان مقاوم به شوری با تجمع بیش‌تر سدیم در ریشه و ممانعت از رسیدن آن به بافت‌های حساس هوایی با شوری مقابله می‌کنند ولی در گونه‌های حساس با افزایش مقدار سدیم در اندام هوایی، مقدار این یون را نسبت به پتاسیم افزایش داده و منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و تجزیه پروتئین‌ها می‌شود. تنش شوری جذب مواد غذایی از ریشه و انتقال آن به گیاه را هم کاهش می‌دهد. به همین علت در این پژوهش مقدار یون سدیم و پتاسیم دراندام هوایی و ریشه گیاه تحت تنش شوری، مورد بررسی قرار گرفت. گزارش شده است که شوری با برخی یون‌ها مثل Ca^{+2} وK^{+} تداخل داشته ولی ازآن‌جاکه پتاسیم فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌هایی است که برای فتوسنتز و تنفس ضرورند؛ کمبود K^{+} منجر به مهار فتوسنتز و حتی کاهش واقعی رشد شده است. یون سدیم به‌دلیل شباهت با یون پتاسیم از طریق کانال‌های پتاسیمی با قابلیت انتخاب کم‌تر که به آن کانال غیراختصاصی کاتیونی گفته می‌شود و به شدت

تحت‌تأثیر یون کلسیم می‌باشند وارد می‌شود، این کانال‌های کاتیونی اجازه ورود مقدار زیادی یون Na^+ را در شوری بالا خواهد داد. بنابراین اولین اختلال ایجاد شده رقابت در جذب یون‌های ضروری گیاه مانند پتاسیم می‌باشد. افزایش یون سدیم درون سلول منجر به ایجاد اختلال در بسیاری از پروسه‌های آنزیمی درون سیتوپلاسم می‌شود. علاوه بر این سنتز پروتئین که به مقادیر بالای پتاسیم نیاز دارد را دچار مشکل می‌کند، در بسیاری از آنزیم‌ها یون سدیم جانشین یون پتاسیم (کوفاکتور آنزیم‌ها) می‌گردد و منجر به غیرفعال شدن آنزیم و اختلال در سلول می‌شود (۶۰). طبق آزمایش صورت گرفته توسط صالحی و همکاران (۶۱) کاربرد باکتری‌های محرک رشد باسیلوس سوبتیلیس در گیاه زعفران موجب افزایش میزان پتاسیم در برگ‌های این گیاه نسبت به شاهد شد. طی مطالعاتی مشخص شد که باکتری‌های محرک رشد می‌توانند باعث کاهش یون‌های سمی و حفظ تعادل یونی داخل سلول شوند و در نتیجه میزان مواد مغذی موجود در گیاهان را افزایش دهند.



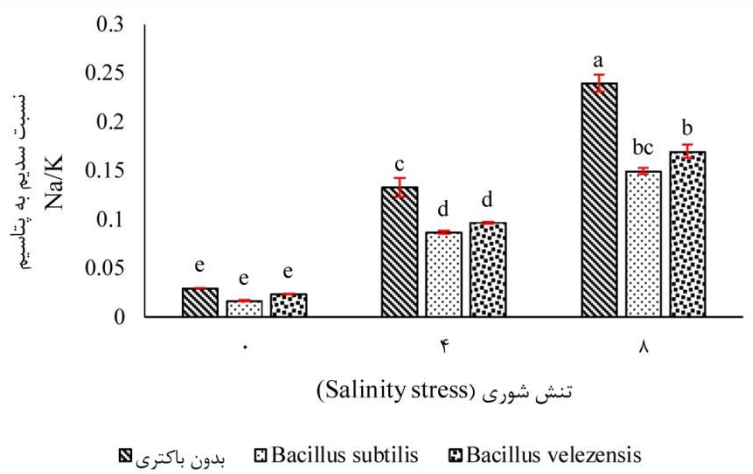
شکل ۸- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر میزان سدیم گل جعفری نارنجی.

Fig. 8. The results of the comparison of the average interaction effect of salinity stress and the use of bacteria on the amount of Na in *Tagetes erecta* L.



شکل ۹- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر میزان پتاسیم گل جعفری نارنجی.

Fig. 9. The results of the comparison of the average interaction effect of salinity stress and the use of bacteria on the amount of K in *Tagetes erecta* L.



شکل ۱۰- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد باکتری بر نسبت سدیم به پتاسیم گل جعفری نارنجی.

Fig. 10. Comparison results of the average interaction effect of salinity stress and bacteria application on the Na/K in *Tagetes erecta* L.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این پژوهش اثر تنش شوری و باکتری بر تمامی صفات معنی‌دار شد و هم‌چنین در برخی صفات مانند وزن تر و خشک ریشه، قطر گل، تعداد گل، درصد نشت یونی برگ، فعالیت آنزیم پراکسیداز، پرولین، درصد سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم اثر متقابل تنش شوری در باکتری معنی‌دار شد. براساس نتایج مقایسات میانگین‌ها در اثر تنش شوری، صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، قطر گل، تعداد گل، کلروفیل، درصد پتاسیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل پراکسیداز، پرولین، فلاونوئید، فنل، آنتوسیانین گل و آنتی‌اکسیدان، میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. هم‌چنین کاربرد باکتری موجب تعدیل اثرات سوء تنش شوری گردید و با افزایش مقدار پرولین، آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان و افزایش میزان پتاسیم منجر به بهبود شرایط رشدی در تنش شوری ۸ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر گردید. در نتیجه کاربرد باکتری‌های محرک رشد از جمله باکتری‌های باسیلوس در کشت این گیاه به‌خصوص در شرایط خاک‌های شور پیشنهاد می‌گردد. در بین باکتری‌هایی که مورد استفاده قرار گرفت نیز باکتری باسیلوس سابتیلیس نسبت به باکتری باسیلوس ولزنسیس واکنش بهتری در گل جعفری زینتی نشان داد و اثر تنش شوری را کاهش داد.

منابع

1.Benítez-García, I., Vanegas-Espinoza, P. E., Meléndez-Martínez, A. J., Heredia, F. J., Paredes-López, O. & Del Villar-Martínez, A. A. (2014). Callus culture development of two varieties of *Tagetes erecta* and carotenoid production, *Electron Journal of Biotechnology*, 17 (3), 107-113.

2.Biswal, B., Singh, S. K., Patra, A. & Mohapatra K. K. (2021). Evaluation of phytoremediation capability of French marigold (*Tagetes patula*) and African marigold (*Tagetes erecta*) under heavy metals contaminated soils, *International Journal of Pediatrics*, 24 (9), 945-954.

3.Karwani, G. & Sisodia, S. S. (2015). *Tagetes erecta* plant: Review with significant pharmacological activities. *World Journal Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, Pp: 1180-1183.

4.Ghasemi Ghahsareh, M. & Membini, M. (2015). Evaluation of tolerance of ornamental cabbage of Queen cultivar to trifluralin toxin, 9th Congress of Horticultural Sciences. 27-31 July. Minneapolis, Minnesota USA. 326-332. [In Persian]

5.Atamurodov, B. N., Sobirov, K. S. & Najmiddinov, M. M. (2022). Basics of farming on saline and saline-prone soils. Oriental renaissance: Innovative, educational, *Natural and Social Sciences*, 2 (6), 725-730.

6.Xie, W., Yang, J., Gao, S., Yao, R. & Wang, X. (2022). The effect and influence mechanism of soil salinity on phosphorus availability in coastal salt-affected soils. *Water*, 14 (18), 2804.

7.Cao, C. F., Li, X. J., Yu, L. R., Shi, X. K., Chen, L. M. & Yu, B. J. (2018). Foliar 2, 3-dihydroporphyrin iron (III) spray confers ameliorative ant oxidation, ion redistribution and seed traits of salt-stressed soybean plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18 (4), 1048-1064.

8.Patel, P. J., Trivedi, G. R., Shah, R. K. & Saraf, M. (2018). Selenorhizobacteria: As biofortification tool in sustainable agriculture. *Biocatal. Agric. Biotechnol*. 14, 198-203.

9.Bianco, C. & Defez, R. (2009). *Medicago truncatula* improves salt tolerance when nodulated by an indole-3-acetic acid-overproducing *Sinorhizobium meliloti* strain. *Journal of Experimental Botany*, 60 (11), 3097-3107.

10.Remans, R., Ramaekers, L., Schelkens, S., Hernandez, G., Garcia, A., Reyes, J.L., Mendez, N., Toscano, V., Mulling, M., Galvez, L. & Vanderleyden, J. (2008). Effect of Rhizobium-Azospirillum coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. *Plant. Soil*, 312 (1), 25-37.

11.Saikia, S. P., Dutta, S. P., Goswami, A., Bhau, B. S. & Kanjilal, P. B. (2010). Role of *Azospirillum* in the Improvement of Legumes. Microbes for legume improvement, Pp: 389-408.

12.Davies, W. J., Zhang, J., Yang, J. & Dodd, I. C. (2011). Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 149 (S1), 123-131.

13.Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris. *Plant Physiol*. 24, 1-15.

14.Lamien-Meda, A., Lamine, C. E., Romito, M., Fremi Millogo, J. & Germanic Nacoulma, O. (2005), Determination of the total phenolic, flavonoid and proline Contents in Burkina Fasan Honey, as well as their radical scavenging activity, *Food Chem.* 91 (3), 571-577. DOI: 10.1016/j. foodchem.2004.10.006.

15.Ozen, A. E., Pons, A. & Tur, J. A. (2012). Worldwide consumption of functional foods: a systematic review, *Nutrition Reviews*, 70 (8), 8-1.

16.Wagner, G. J. (1979). Content and vacuol/extra vacuole distribution of neutral sugar, free amino acid and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiol.* 64, 88-93.

17.Dhindsa, R. S., Plumb-Dhindsa, P. & Thorpe, T. A. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of member permeability and peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32 (1), 93-101.

18.Barros, L., Baptista, P. & Ferreira, I. C. F. R. (2007). Effect of fruiting body maturity stage on antioxidant activity measured by several biochemical assays. Lactarius piperatus. *Food and Chemical. Toxicology*, 45 (9), 1731-1737.

19.Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant. Soil*, 39 (1), 205-207.

20.Ben Hamed, K. B., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. & Abdelly, C. (2007). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regul.* 53 (3), 185-194.

21.Chapman, H. D. & Pratt, F. P. (1982). Determination of minerals by titration

method. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water. Ph.D. Thesis. Oakland, CA: Agriculture Division, California University.
22. Pessarakli, M.ed. (2016). Handbook of plant and crop stress. CRc pre. Pp: 236-241.
23. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual review of plant biology, 59, 651.
24. Pereira, E., Coelho, V., Tavares, R. M., Lino-Neto, T. & Baptista, P. (2012). Effect of competitive interactions between ectomycorrhizal and saprotrophic fungi on Castanea sativa performance. Mycorrhiza, *National Institutes of Health.* 22 (1), 41-49.
25. Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. & Okon, Y. 2003. Plant growth promoting effect of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (2), 107-149.
26. Garg, N., Singla, P. & Bhandari, P. (2015). Metal uptake, oxidative metabolism, and mycorrhization in pigeonpeaand pea under arsenic and cadmium stress. *Turkish Journal of Agriculture forestry*, 39 (2), 234-250.
27. Rahmanian, S. H., Abutalebi Jahormi, A. & Hosseini Farhi, M. (2022). The effect of organic matter and the type of culture medium on vegetative characteristics, enzyme activity and the amount of essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under salinity stress conditions. *International Journal of Health Sciences,* 53 (3), 691-706. [In Persian]
28. Kiarostami, Kh. & Mosfa, N. (2014). Investigating the antioxidant properties of lavender plant under in vitro culture conditions, Journal of Pediatrics Review, 28 (4), 835-843. [In Persian]
29. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant. Soil*, 255, 571-586. http://dx. doi.org/ 10.1023/A:1026037216893.
30. Sheikhalipour, M., Bolandndnazar, S. A., Sarikhani, M. A. & Panahandeh, J. (2019). Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit. *International Journal of Health Science*, 50 (3), 621-632. [In Persian]
31. Moncada, A., Vetrano, F. & Miceli, A. (2020). Alleviation of salt stress by plant growth-promoting bacteria in hydroponic leaf lettuce. *Agronomy*, 10 (10), 15-23.
32. Rostami Kia, Y., Little Tabari, M., Asgharzadeh, A. & Rahmani, A. (2017). The effect of growth- promoting bacteria on vegetative traits and nutrients of hazelnut seedlings (*Coryllus avellana* L.) in Ardabil hazelnut nurseries. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25 (1), 116-126. [In Persian]
33. Naseri Moghadam, A., Bayat, H., Aminifared, M. H. & Moradinejad, F. (2019). Effect of drought and salinity stress on flower quality, biochemical changes and ion concentration in *Narcissus tazzeta* cv. 'Shahla'. *Journal of Plant Production Research*, 27 (1), 207-221. [In Persian]
34. Zafar-Ul-Hye, M., Mahmood, F., Danish, S., Hussain, S., Gul, M., Yaseen, R. & Shaaban, M. (2020). Evaluating efficacy of plant growth promoting rhizobacteria and potassium fertilizer on spinach growth under salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 52 (4), 1441-1447.
35. Khairandish, A., Rushdi, M. & Yousefzadeh S. (2015). The effect of drought stress levels and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative traits of dragon fruit (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of Crop Protection,* 9 (1), 109-125. [In Persian]
36. Németh, M., Janda, T., Horváth, E., Páldi, E. & Szalai, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Science*, 162 (4), 569-574.
37. Kiran, S. (2019). Effects of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical parameters of lettuce (*Lactuca sativa* var. crispa) under drought stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47 (2), 352-358.

38.Akladious, S. A. & Mohamed, H. I. (2018). Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Science Horticultutae*, 236, 244-250.
39.Trabelsi, L., Gargouri, K., Hassena, A. B., Mbadra, C., Ghrab, M., Ncube, B. & Gargouri, R. (2019). Impact of drought and salinity on olive water status and physiological performance in an arid climate. *Agricultural Water Management*, 213, 749-759.
40.Neocleous, D. & Vasilakakis, M. (2007). Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. Autumn Bliss'). *Science Horticultural*, 112 (3), 282-289.
41.Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y. & Kolsarici, Ö. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.), *European Journal of Agronomy*, 24 (4), 291-295.
42.Reddy, T. E., Delisi, C. & Shakhnovich, B. (2005). Assessing transcription factor motif drift from noisy decoy sequences, *Genome Inform*. 16 (1), 59-6.
43.Najafi, L., Hamidi, Y., Vatankhah, S. & Purnajaf, A. (2010), Performance appraisal and its effects on employees' motivation and job promotion, *Australian journal of basic and applied science*, 4 (12), 6052-6056.
44.Asghari, B. & Musarrt, J. (2009). Salt tolerance in *Zea mays* (L). following inoculation with Rhizobium and Pseudomonas. *Biology and Fertility of Soils*, 45, 405-41.
45.Marius, S., Octavita, A., Eugen, U. & Vlad, A. (2005). Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus anuus* L.) in salt stress. *Managing Global Governance*, Pp: 11-14.
46.Han, H. S. & Lee, K. D. (2005). Plant Growth Promoting Rhizobacteria Effect on Antioxidant Status, Photosynthesis, Mineral Uptake and Growth of Lettuce under Soil Salinity. *Journal of Aerospace Science and Technology*, 1 (3), 210-215.
47.Kohler, J., Caravaca, F. & Roldán, A. (2010). An AM fungus and a PGPR intensify the adverse effects of salinity on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa*. *Soil Biology and Biochemistry*, 42 (3), 429-434.
48.Sandhya, V. S. K. Z., Ali, S. Z., Grover, M., Reddy, G. & Venkateswarlu, B. (2010). Effect of plant growth promoting Pseudomonas spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant growth regulation*, 62 (1), 21-30.
49.Omar, M. N. A., Osman, M. E. H., Kasim, W. A. & El-Daim, A. (2009). Improvement of salt tolerance mechanisms of barley cultivated under salt stress using *Azospirillum brasilense*. In salinity and water stress, pp 133-147. Springer, Dordrecht.
50.Szabados, L. & Savouré, A. (2010). Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Science*, 15 (2), 89-97.
51.Verbruggen, N. & Hermans, C. (2008). Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*, 35 (4), 753-759.
52.Vardharajula, S., Ali Shaik, Z., Grover, M., Reddy, Gopal, R. & Venkateswarlu, B. (2011). Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp. effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress, *Journal of Plant Interactions*, 6 (1), 1-14.
53.Athar, H. R., Khan, A. & Ashraf, M. (2008). Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 63, 224-231.
54.Apel, K. & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signaling transduction. *Annual review of plant biology*, 55, 373.
55.Gill, S. S. & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48 (12), 909-930.
56.Miller, G. A. D., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S. U. L. T. A. N. & Mittler, R. O. N. (2010). Reactive

oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. Plant, *Plant Cell Environment* 33 (4), 453-467.

57. El-Sayed, S. Y. & Hagab, R. H. (2020). Effect of organic acids and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on biochemical content and productivity of wheat under saline soil conditions. *The Middle East Journal*, 9 (2), 227-242.

58. Kumar, M., Yadav, V., Tuteja, N. & Johri, A. K. (2009). Antioxidant enzyme activities in maize plants colonized with Piriformospora indica. *Microbiology*, 155 (3), 780-790.

59. Parida, A. K. & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60 (3), 324-349.

60. Salehi, F., Aelaei, M., Mortazavi, S. N., Salami, S. A. & Rezadoost Chahardeh, H. (2022). Study of morphophysiological attributes of two saffron ecotypes treated with Bacillus subtilis under Zanjan climatic conditions. *International Journal of Health Studies*, 53 (1), 15-30. [In Persian]

61. Dodd, I. C. & Perez-Alfocea, F. (2012). Microbial amelioration of crop salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 63, 3415-3428.