Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

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

The effect of different levels of salinity stress and cultivar on biochemical and physiological characteristics and nutrient concentration of William Sweet (*Dianthus barbatus*)

Vahid Ghasemi[1], Abdollah Ehtesham Nia[*2], Abdolhossein Rezaei Nejad[3], Hasan Mumivand[4]

1. Ph.D. Graduate, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: vahidghasemi_tu@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: ehteshamnia.ab@lu.ac.ir
3. Professor, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: rezaeinejad.hossein@gmail.com
4. Assistant Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: h.mumivand@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.12.2021
Revised: 06.14.2021
Accepted: 09.05.2021

Keywords:
Carnation,
Chlorophyll,
Nutrient uptake,
RWC,
Salinity stress

ABSTRACT

Background and Objectives: *Dianthus barbatus* belongs to the Caryophyllaceae family and is one of the most important ornamental plants in the open air, which gives a special beauty to the environment in spring. This plant grows in a wide range of climatic conditions. Due to the fact that extensive research on salinity stress threshold and cultivar resistance in this plant has not been studied, so this study aims to investigate the effect of different levels of salinity stress and cultivar type on some physiological, biochemical and nutrient concentration of Dianthus was done in greenhouse conditions.

Materials and Methods: This experiment was performed in November 2019 in the research greenhouse of Khomeyn Municipality located in Markazi province, as a factorial, in a completely randomized design, with three replications. Experimental factors included salinity stress and cultivar. The first factor was cultivars at two levels (including Diana and Barbarin cultivars), the second factor was salinity at 10 levels (including 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 mM NaCl). The seeds were prepared from a Dutch company and planted in pots containing soil, manure and sand (1:1:1). Salinity stress was applied from the four-leaf stage. At the end of the experiment at the stage of full flowering, the traits measured in this experiment included the concentration of nitrogen (N), P, K, calcium (Ca), magnesium, sodium, photosynthetic pigments, carotenoid content, proline, Electrolyte Leakage, Lipid peroxidation, relative leaf water content (RWC) and leaf enzyme activity (catalase and peroxidase).

Results: The results of ANOVA showed that the main effects and interactions of salinity stress and cultivar were significant for catalase, peroxidase, potassium uptake and Electrolyte Leakage. As the concentration of sodium chloride increased, the amount of chlorophyll and carotenoids, the concentration of calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus and RWC decreased, and the amount of malondialdehyde, electrolyte Leakage, enzyme activity, proline and absorption of sodium and potassium increased. Among the two cultivars studied, Barbarin cultivar

was more tolerant to salinity stress than Diana cultivar. The highest uptake of potassium (5.157%) in Barbarin cultivar under non-stress conditions, the lowest (14.79%) in Diana cultivar under severe stress conditions (90 mM). The highest sodium uptake (1.36%) was reported in severe stress conditions (90 mM) and the lowest uptake (0.2196%) in non-stress conditions. Sodium uptake in Barbarin cultivar (0.5082%) was lower than Diana cultivar (0.5474%) which indicated that this cultivar was more resistant to sodium uptake.

Conclusion: According to the results of the present study, with increasing sodium chloride concentration, physiological parameters such as chlorophyll and carotenoid content and relative leaf water content decrease and biochemical parameters such as malondialdehyde content, enzyme activity, sodium and potassium uptake, electrolyte leakage and Proline increased. The results of this study showed that the cultivars studied in this study were resistant to low salinity (10-40 mM) and somewhat sensitive to moderate and severe salinity (50-90 mM). Among the studied cultivars, Barbarin cultivar was more tolerant to moderate and severe soil salinity than Diana cultivar.

Cite this article: Ghasemi, Vahid, Ehtesham Nia, Abdollah, Rezaei Nejad, Abdolhossein, Mumivand, Hasan. 2023. The effect of different levels of salinity stress and cultivar on biochemical and physiological characteristics and nutrient concentration of William Sweet (*Dianthus barbatus*). *Journal of Plant Production Research*, 30 (1), 1-19.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2021.19072.2815
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

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

بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری و رقم بر ویژگی‌های زیست شیمیایی، فیزیولوژیکی و غلظت عناصر غذایی گیاه قرنفل (*Dianthus barbatus*)

وحید قاسمی[۱]، عبداله احتشام‌نیا[۲*]، عبدالحسین رضایی‌نژاد[۳]، حسن مومیوند[۴]

۱. دانش‌آموخته دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: vahidghasemi_tu@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: ehteshamnia.ab@lu.ac.ir
۳. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: rezaeinejad.hossein@gmail.com
۴. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: h.mumivand@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴

واژه‌های کلیدی:
تنش شوری،
جذب عناصر،
کلروفیل،
گیاه قرنفل،
محتوای نسبی آب

چکیده

سابقه و هدف: گیاه قرنفل، با نام علمی *Dianthus barbatus* متعلق به خانواده میخک‌سانان (Caryophyllaceae) از مهم‌ترین گیاهان زینتی در فضای باز محسوب می‌شود که در فصل بهار زیبایی خاصی به محیط می‌دهد. این گیاه در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی رشد می‌کند. با توجه با این‌که پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه حد آستانه تنش شوری و مقاومت ارقام در این گیاه بررسی نشده است، بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری و نوع رقم بر برخی صفات فیزیولوژیکی، زیست شیمیایی و غلظت عناصر غذایی گیاه قرنفل در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در آبان سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی شهرداری خمین واقع در استان مرکزی، به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش شوری و رقم بود. فاکتور اول، ارقام در دو سطح (شامل ارقام دیانا و باربارین)، فاکتور دوم شوری آب آبیاری ناشی از کلرید سدیم در ۱۰ سطح (شامل ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) بودند. بذرها از شرکت هلندی تهیه و در گلدان حاوی خاک، کود دامی و ماسه کشت شدند. تنش شوری از مرحله ۴ برگی اعمال شد. در پایان آزمایش، در مرحله گل‌دهی کامل، صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاروتنوئید، پرولین، نشت یونی، مالون دی آلدئید، محتوای نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ (کاتالاز و پراکسیداز) بودند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات اصلی و اثرات متقابل تنش شوری و رقم بر صفات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز، غلظت عنصر پتاسیم و نشت یونی معنی‌دار شد. با افزایش شوری، میزان کلروفیل و کاروتنوئید، غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، نیتروژن، فسفر و محتوای نسبی آب برگ، کاهش، و میزان مالون دی آلدئید، نشت الکترولیت، فعالیت آنزیم‌ها، پرولین و غلظت عناصر سدیم و پتاسیم افزایش یافت.نتایج نشان داد که با افزایش شوری، نسبت $Na^{+}:K^{+}$ افزایش معنی‌داری یافت، سایر صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشتند و شوری ۹۰ میلی‌مولار بیش‌ترین تأثیر منفی را ایجاد کرد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم (۵/۱۵۷ درصد) در رقم باربارین و در شرایط بدون تنش و کم‌ترین میزان (۱/۸۵۷ درصد) در رقم دیانا در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) مشاهده شد. بیش‌ترین غلظت سدیم (۱/۳۶ درصد) در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) و کم‌ترین غلظت (۰/۲۱۹۶ درصد) در شرایط بدون تنش گزارش شد. نسبت سدیم به پتاسیم در رقم باربارین (۰/۷۷۹۱ درصد) در سطح تنش ۹۰ میلی‌مولار و در رقم دیانا (۰/۰۴۲۱ درصد) در سطح صفر (شاهد) بود که نشان‌دهنده مقاومت بیش‌تر این رقم در جذب عنصر سدیم بود. از بین دو رقم مورد بررسی رقم باربارین نست به رقم دیانا نسبت به تنش شوری، متحمل‌تر بود.

نتیجه‌گیری: با توجه نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، با افزایش شوری شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند، میزان کلروفیل، کاروتنوئید و محتوای نسبی آب برگ، کاهش و شاخص‌های بیوشیمیایی مانند میزان مالون‌دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم‌ها، غلظت عنصر سدیم و پتاسیم، نشت الکترولیت و پرولین افزایش یافت. نتایج این مطالعه مشخص نمود که ارقام مورد بررسی در این پژوهش نسبت به مقادیر کم شوری (۴۰-۱۰ میلی مولار) متحمل و در شرایط شوری متوسط و شدید (۹۰-۵۰ میلی‌مولار) تا حدودی حساس بودند. از بین ارقام مورد بررسی، رقم باربارین نسبت به رقم دیانا متحمل‌تر به شرایط شوری خاک متوسط و شدید بود.

استناد: قاسمی، وحید، احتشام‌نیا، عبداله، رضایی‌نژاد، عبدالحسین، مومیوند، حسن (۱۴۰۲). بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری و رقم بر ویژگی‌های زیست شیمیایی، فیزیولوژیکی و غلظت عناصر غذایی گیاه قرنفل (*Dianthus barbatus*). *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۱)، ۱۹-۱.

DOI: 10.22069/JOPP.2021.19072.2815

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

شوری خاک و آب‌های آبیاری، یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی به‌دلیل افزایش نیاز آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک است (۱). تغییرات اقلیم و افزایش دما، منجر به افزایش تبخیر- تعرق و نیز افزایش خشکی و شوری خاک می‌شود (۲). تنش شوری از جمله تنش‌های غیرزیستی مهم است که اثرات زیان‌باری بر عملکرد گیاه و کیفیت محصول، رشد، جذب عناصر معدنی، سوخت‌وساز و فتوسنتز به‌خصوص در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک دارد (۳). صدمات و آسیب ناشی از تنش شوری مربوط به سمیت یونی و نیز اثرات اسمزی آن‌ها است. گیاهان با برقراری ایزوستازی یونی به مقابله با اثرات سمیت یون‌ها می‌پردازند (۴) و در مقابله با اثرات اسمزی نمک‌ها از سازوکار تنظیم اسمزی استفاده می‌کنند و این عمل را با ساخت محلول‌های سازگار یا اسمولیت‌هایی مانند پرولین، گلیسین بتائین، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌های محلول و غیره انجام می‌دهند. با این‌حال، پاسخ اسمزی گیاهان متناسب با نوع نمونه و رقم گیاهی، مدت زمان تنش، شدت تنش، سن و مرحله تکوینی گیاه و نوع اندام متفاوت است (۵). گونه‌های مختلف گیاهی در مقابله با تنش شوری، یک یا چند نوع از اسمولیت‌های فوق را انباشته می‌کنند. در تنش‌های غیرزیستی، از جمله تنش شوری، تعادل در تولید رادیکال‌های آزاد و تولید آنتی‌اکسیدان‌ها (مکانیسم دفاعی) به هم خورده و با افزایش بیش از حد تولید ROS، تنش ثانویه اکسیداتیو رخ می‌دهد و منجر به تغییرات سلولی و انواع آسیب‌های بحرانی نیز می‌گردد (۴). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو به تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدان شامل، آسکوربات، کاروتنوئیدها، گلوتاتیون، توکوفرول و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی متعدد از جمله سوپراکسید دسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و پراکسیداز می‌پردازند (۶). همان‌طور که در مورد اسمولیت‌ها هم بیان شد متناسب با نوع گیاه و نوع تنش، گیاهان تنش دیده ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان متفاوتی را می‌سازند (۷).

قرنفل *Dianthus spp.* گیاهی است دارویی- زینتی از تیره میخک (Caryophyllaceae) که دارای گونه‌های یک‌ساله و دوساله می‌باشد (۸). این گیاه مهم‌ترین گیاهان زینتی در فضای باز محسوب می‌شود که دارای گل‌های کوچک و مخملی به رنگ‌های صورتی، قرمز، سفید، بنفش و مخلوط سفید و قرمز است که به‌صورت منفرد یا به تعداد زیاد در یک گل‌آذین چترمانند در اواخر بهار در گیاه ظاهر می‌شوند (۹). این جنس حدود ۳۰۰ گونه را شامل می‌شود که در سراسر کره زمین توزیع شده‌اند اما بیش‌ترین فراوانی آن در مدیترانه و به‌طور ناچیز در اروپای غربی، مرکزی، شرقی و هم‌چنین در شمال آسیا توزیع شده است (۸). با توجه به مقاومت نسبی قرنفل به سرما و هم‌چنین تنوع رنگ گل و داشتن ارقام پاکوتاه و پابلند به‌صورت گسترده در فضای سبز کشت می‌شود به همین علت بررسی واکنش گیاه در شرایط تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری از اهمیت بالایی برخوردار است. واکنش گیاهان مختلف در شرایط تنش متفاوت است. مطالعات محدودی در این زمینه انجام شده است ولی به‌طورکلی، قرنفل در شرایط تنش با کاهش شاخص‌های رشدی مانند طول ریشه‌چه و شاخساره، وزن تر و خشک به مقاومت با آن می‌پردازد. در بررسی پاسخ سه جمعیت گل‌محمدی (میمند، لاله‌زار و کاشان) و سه سطح شوری (آب چاه با هدایت الکتریکی ۰/۶، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) مشخص شد که با افزایش شدت شوری فاکتورهای رشدی مانند سطح برگ در جمعیت میمند و وزن خشک ریشه و شاخساره در جمعیت کاشان کاهش معنی‌داری نشان دادند. مقدار کلروفیل در شوری ۶

دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد دارای بیش‌ترین کاهش بود. افزایش شوری در سطح ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش معنی‌داری در سطح پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در برگ گیاهان جمعیت لاله‌زار شد و به‌طورکلی نشان‌دهنده نقش منفی اثر شوری بر ویژگی‌های رشدی و زیست‌شیمیایی جمعیت‌های گل‌محمدی شد (۱۰). بررسی تأثیر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی دو گونه مریم گلی تحت‌تأثیر تیمارهای (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) نشان داد که با افزایش شوری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه و نیز ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس کاهش یافت، اما میزان پرولین، سدیم و قندهای محلول افزایش یافت (۱۱). مومن‌پور و ایمانی (۱۲)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های رشدی تعدادی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد، ژنوتیپ D99 به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری انتخاب شد. این ژنوتیپ توانست از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، به خوبی شوری تا ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید. روزبهانی و همکاران (۱۳)، تأثیر پرولین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم گل حنا تحت تنش شوری پرداختند. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد تنش شوری در همه سطوح دارای اثرات منفی بر رشد و عملکرد در هر دو رقم گل حنا بود، در صورتی که کاربرد پرولین به‌ویژه در غلظت ۱۰ میلی‌مولار باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری و افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری شد. علی‌رغم ارایه وجود اطلاعاتی در زمینه تأثیر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک، زیست شیمیایی و تغییرات غلظت عناصر غذایی گیاهان زینتی، ارقامی هستند که هنوز مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، بنابراین لازم است که ارقام و پایه‌های بیش‌تری در جهت تحمل به شوری مورد بررسی قرار گیرند تا در نهایت اطلاعات اصلی از مجموع پژوهش‌های انجام‌شده منجر به معرفی متحمل‌ترین ارقام و دامنه مقاومت شوری این گیاه شود. بنابراین این پژوهش در راستای پژوهش‌های قبلی و با هدف بررسی اثر تنش شوری بر واکنش‌های زیست شیمیایی و غلظت عناصر غذایی در دو رقم قرنفل و انتخاب متحمل‌ترین رقم به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آبان‌ماه سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی شهرداری خمین واقع در استان مرکزی با میانگین دمای روزانه ۳۳±۲۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای شبانه ۲۴±۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰-۶۰ درصد، انجام شد. بذرهای مورد نظر از شرکت هلندی خریداری و در آبان ماه در محیط کشت شامل ماسه، خاک و خاک برگ (به نسبت ۱:۱:۱) در گلدان پلاستیکی (با قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۹ سانتی‌متر) کشت شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتور اول ارقام در دو سطح (شامل ارقام دیانا و باربارین)، فاکتور دوم شوری ناشی از کلرید سدیم در ۱۰ سطح (شامل ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) بود. برای سطح شوری صفر میلی‌مولار از آب مقطر استفاده شد.

روش اعمال تیمار شوری: بذرهای ارقام مورد بررسی پس از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد و سه مرتبه شستشو با آب مقطر، به تعداد یک بذر از هر رقم، در گلدان کاشته شدند. گلدان‌ها تا مرحله ۴ برگی، تا رسیدن به ظرفیت زراعی، با آب

معمولی آبیاری شدند. سپس، اعمال تیمارهای شوری آغاز گردید، به نحوی که در نوبت آب آبیاری، همه گلدان‌ها، به‌جز سطح شاهد، با محلول ۱۰ میلی‌مولار شوری آبیاری شدند. در نوبت‌های بعدی، این مقادیر افزایش یافت و در نهایت سطح شوری مورد نظر بعد از گذشت یک هفته لحاظ گردید. در طول اجرای آزمایش، مقدار آب آبیاری برای هر گلدان ۱۵ درصد بیش‌تر از نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد تا با اعمال این مقدار آبشویی، شوری عصاره اشباع خاک حتی‌الامکان به شوری آب آبیاری نزدیک‌تر شود. برای ایجاد زهکش مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، سه سوراخ در ته هر کدام از گلدان‌ها تعبیه شد و ته هر گلدان به ارتفاع دو سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. و از اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب درون زهکش برای سنجش میزان شوری تجمع یافته درون خاک گلدان در طی زمان استفاده گردید. کلرید سدیم نیز به‌صورت خاکی و از طریق آبیاری (۲۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان) با فواصل سه روزه به گیاهان داده شد. جهت کنترل شوری و EC در خاک، تعدادی تانسیونیک به‌طور تصادفی در داخل گلدان قرار گرفت و EC عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد از تانسیونیک‌ها جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد. میانگین نتایج نشان داد که با نوجه به این‌که گلدان‌ها ۱۵ درصد بیش‌تر از ظرفیت زراعی آبیاری گردیدند. قبل از اعمال تیمار شوری، گلدان‌ها با کود NPK (۲۰-۲۰-۲۰) و با غلظت ۲ در هزار تغذیه شدند. اعمال تیمار تنش شوری پنج هفته صورت گرفت. هم‌چنین، خاک گلدان هر ۱۲-۱۰ روز یکبار با هدف جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، با آب خالی شسته و بلافاصله پس از آن، اعمال تنش شوری در غلظت‌های مختلف صورت گرفت. در مرحله گلدهی کامل، نمونه‌گیری از برگ‌های جوان توسعه یافته جهت انجام آزمایش‌های زیست شیمیایی استفاده شد.

اندازه‌گیری صفات زیست شیمیایی

کلروفیل و کاروتنوئید: به‌منظور اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید ۰/۱ گرم برگ تازه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص، مخلوط گردید و پس از سانتریفیوژ، با استفاده از اسپکتروفتومتری، جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۲ و ۴۷۰ اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ، به دست آمد (۱۴).

مالون دی‌آلدئید: برای سنجش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ در هاون چینی حاوی پنج میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد و تیوباربیوتیک ۰/۵ درصد آسیاب شده و عصاره به‌دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه دور ۶۰۰۰ سانتریفیوژ شد و محلول رویی به مدت ۲۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه قرار گرفت و پس از کاهش فوری دمای آن در حمام یخ، به مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ شد. ماده قرمز رنگ مالون دی آلدئید- تیوباربیوتیک تولید شده در طول موج ۵۳۲ نانومتر (A_{532}) استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی نیز، در طول موج ۶۰۰ نانومتر (A_{600}) قرائت شد و غلظت مالون دی آلدئید بر حسب میکرومول بر گرم وزن تازه برگ، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۵):

$$MDA\ (\mu mol/g\ FW) = [(A_{532} - A_{600}) / 155] \times 1000 \qquad (۱)$$

نشت الکترولیت: جهت تعیین میزان نشت الکترولیت، ابتدا برگ‌های گیاه را با آب مقطر شسته، سپس دیسک‌هایی با اندازه مساوی از برگ‌ها جدا شد. دیسک‌های تهیه شده را در لوله‌های آزمایشگاهی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، هدایت الکتریکی محلول توسط دستگاه سنجش هدایت الکتریکی تعیین شد (EC_1). پس از آن لوله‌های حاوی محلول، به مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از سرد شدن، هدایت الکتریکی آن تعیین شد (EC_2). درصد نشت الکترولیت از طریق رابطه ۲ محاسبه شد (۱۶):

$$EC\ (\%) = (EC_1 / EC_2) \times 100 \qquad (۲)$$

محتوای نسبی آب: جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ طبق روش Ritchie و Hanson (۱۷) از برگ‌های جوان توسعه‌یافته، نمونه‌ای انتخاب و بعد از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد (۶). سپس وزن تورژسانس (TW) آن اندازه‌گیری و جهت اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، نمونه به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. در نهایت محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه ۳ محاسبه گردید:

$$RWC = (FW-DW/TW-DW) \times 100 \qquad (۳)$$

پرولین: جهت اندازه‌گیری میزان پرولین، ۰/۵ گرم بافت تازه برگ در هاون چینی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک‌اسید آسیاب و پس از سانتریفیوژ، قسمت بالای محلول جدا شد. سپس محلول معرف ناین هیدرین به آن‌ها اضافه شد و به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه در حمام آب گرم قرار گرفتند. پس از سرد شدن سریع نمونه‌ها در حمام آب یخ و اضافه کردن تولوئن، نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه ورتکس شدند. سپس میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۲۰ نانومتر به‌دست آمد. در نهایت میزان پرولین بر اساس نمودار استاندارد پرولین بر حسب میکرومول بر گرم وزن تازه برگ به دست آمد (۱۸).

اندازه‌گیری غلظت عناصر در گیاه: برای تجزیه گیاه یک گرم ماده خشک گیاه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شده و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن افزوده شد تا نمونه حل شود. سپس نمونه‌های حل شده از کاغذ صافی عبور داده شد و حجم محلول صاف شده با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و غلظت پتاسیم و سدیم با دستگاه شعله‌سنج و عناصر کلسیم و منیزیوم با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر نیتروژن و فسفر نیز به‌ترتیب با روش‌های کجلدال (۱۹) و نیترو مولیبدات وانادات (۲۰) اندازه‌گیری شدند.

آنزیم کاتالاز: برای استخراج آنزیم کاتالاز، به ۰/۳ گرم بافت برگ پودر شده ۱/۵ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم حاوی پلی‌وینیل پیرولیدون (PVP) و EDTA اضافه شد، سپس سوسپانسیون حاصل سانتریفیوژ شد. سنجش آنزیم نیز در طول موج ۲۴۰ نانومتر (تغییرات جذب نوری به فواصل ۱۰ ثانیه) قرائت و اندازه‌گیری شد و میزان فعالیت آنزیم بر حسب میزان آب اکسیژنه

غیرفعال شده در یک دقیقه در هر گرم بافت برگ محاسبه شد (۲۱).

آنزیم پراکسیداز: برای استخراج آنزیم پراکسیداز از روش مک‌آدام (۲۲) استفاده شد. به این منظور ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (پی‌اچ= ۷) به ۰/۳ گرم بافت برگ پودر شده اضافه گردید. سوسپانسیون حاصل سانتریفیوژ شد و برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به‌مدت دو دقیقه در طول موج ۴۷۵ نانومتر قرائت و در نهایت مقدار فعالیت آنزیم برحسب میزان آب اکسیژنه غیرفعال شده در یک دقیقه در هر گرم وزن تازه بافت بیان شد.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel و Minitab و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی

محتوای نسبی آب: نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تنش شوری و رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب (۸۳/۲۱ درصد) در غلظت صفر میلی‌مولار شوری در شرایط بدون تنش در رقم باربارین و کم‌ترین میزان (۵۸/۳۴ درصد) در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار در رقم دیانا مشاهده شد (جدول ۲). محتوای نسبی آب برگ، نشان‌دهنده وضعیت پتانسیل آبی گیاه بوده و کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ، به‌علت کاهش میزان جذب آب توسط گیاه است. نمک موجب ایجاد پتانسیل منفی در خاک می‌شود، که در نتیجه آن، جذب آب توسط گیاه کاهش می‌یابد و در نهایت خشکی فیزیولوژیکی به‌وجود می‌آید (۲۳). این نتایج، با نتایج بررسی گیاه ریحان (۲۴) و عروسک پشت پرده (۲۳) مطابقت دارد.

کلروفیل و کاروتنوئید: نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی شوری و رقم برای کلروفیل a به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد، اما اثرات متقابل این عوامل معنی‌دار نشد. نتایج تجزیه واریانس کلروفیل b نشان داد که تنها اثر عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تجزیه واریانس کلروفیل کل نشان داد که اثرات ساده تنش شوری و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل این عوامل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس کاروتنوئید نشان داد که اثر عوامل اصلی تنش شوری و رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل این عوامل معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج مقایسات میانگین اثرات اصلی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش شوری از نظر میزان کلروفیل a وجود داشت و بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۸/۰۸۵ میلی‌گرم در گرم بافت برگ) در تیمار شاهد مشاهده شد. هم‌چنین رقم باربارین بیش‌ترین اثر را بر میزان کلروفیل a داشت. در این بررسی کم‌ترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار تنش شدید ۹۰ میلی‌مولار و در رقم دیانا مشاهده شد. نتایج مقایسات میانگین اثرات اصلی تنش شوری کلروفیل b نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۳/۱۳ میلی‌گرم بر گرم بافت برگ) در رقم باربارین در شرایط بدون تنش وجود داشت. مقایسات میانگین اثرات اصلی برای کلروفیل کل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۱۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم بافت برگ) در تیمار شاهد و رقم باربارین وجود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین اثرات اصلی شوری و رقم (جدول ۲) نشان داد که با افزایش سطح شوری، میزان کاروتنوئید کاهش یافت و بیش‌ترین میزان کاروتنوئید (۳/۰۳ میلی‌گرم بر گرم بافت برگ) در تیمار شاهد مشاهده شد. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط

شوری، به علت کاهش میزان کلروفیل، افزایش بسته شدن روزنه‌ها (۲۵)، کاهش فعالیت آنزیم کربوکسیلاز و افزایش فعالیت کلروفیلاز، تجزیه کلروفیل و یا کاهش سنتز کلروفیل می‌باشد (۲۶). کاروتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های بیولوژیکی نقش بسیار مهمی در حفاظت از بافت گیاهی ایفا می‌نمایند. عدم حضور کارتنوئید ممکن است باعث آسیب فتواکسیداتیو شدید در بافت گیاهی گردید (۲۷). در این بررسی رقم باربارین از نظر میزان فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری در موقعیت مطلوب‌تری نسبت به رقم دیانا قرار داشت. همان‌طور که در سایر گیاهان هم گزارش شده، تحت تنش شوری ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس غلظت کارتنوئید بالاتری را دارا بودند (۲۸).

مالون‌دی‌آلدئید: نتایج تجزیه واریانس برای مالون دی‌آلدئید نشان داد که اثر عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسات میانگین اثرات ساده برای مالون‌دی‌آلدئید نشان داد که بیش‌ترین (۱۲/۳۸ و ۱۲/۰۹ میکرومول بر گرم بافت برگ) و کم‌ترین (۶/۶۰ میکرومول بر گرم بافت برگ) میزان مالون‌دی‌آلدئید به‌ترتیب در غلظت‌های ۹۰، ۸۰ و صفر میلی‌مولار تنش شوری مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که پایداری غشای سلولی در شرایط تنش شوری با سنتز پروتئین‌های ویژه و آنزیم‌های کلیدی فتوسنتز گیاه و غشاهای تیلاکوئیدی مرتبط است (۲۹). پایداری سلولی، حتی در مراحل ابتدایی تنش شوری، معیار مناسبی از میزان تحمل به تنش است و غشاهای سلولی، اولین محل آسیب به سلول‌ها در شرایط تنش توسط گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد. افزایش مالون‌دی‌آلدئید که یکی از محصولات پراکسیداسیون لیپیدهاست در اثر کاهش شاخص پایداری غشا در مقابل تنش می‌باشد (۳۰). رادیکال‌های سوپراکسید ایجاد شده در شرایط تنش شوری باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و در نتیجه آسیب به غشای سلول‌ها و افزایش مالون‌دی‌آلدئید می‌شود (۲۳).

نشت الکترولیت: نتایج تجزیه واریانس برای نشت الکترولیت نشان داد که اثر عوامل اصلی و اثر متقابل شوری و رقم در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسات میانگین اثرات متقابل نشت الکترولیت نشان داد که بیش‌ترین میزان نشت (۶۲/۱۱ درصد) در رقم دیانا در تیمار ۹۰ میلی‌مولار و کم‌ترین میزان (۱۵/۵۴ درصد) در رقم باربارین در شرایط بدون تنش مشاهده شد (شکل ۱-a). در تنش شوری، میزان رادیکال‌های آزاد و پراکسید هیدروژن افزایش می‌یابد، که در نتیجه پراکسیده شدن چربی‌های غشا افزایش یافته و موجب کاهش پایداری غشا و در نهایت افزایش نشت الکترولیت می‌شود (۳۱). از بین ارقام مورد بررسی رقم باربارین در شرایط تنش‌های بالاتر، نشت کم‌تری نسبت به رقم دیانا داشت. در این پژوهش، با افزایش سطح شوری، میزان نشت سلول‌های گیاه افزایش یافت، که با نتایج بررسی گیاه ریحان و عروسک پشت پرده (۴۱ و ۴۲) مطابقت دارد.

پرولین: نتایج تجزیه واریانس برای پرولین نشان داد که اثر تنها عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری، میزان پرولین افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان پرولین (۸/۲۵ میکرومول بر گرم بافت برگ) در رقم دیانا در تنش ۹۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲). افزایش پرولین در گیاهان به هنگام تنش، نوعی سازوکار دفاعی است. پرولین با چندین سازوکار مانند تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم، حفظ و سنتز پروتئین مقاومت گیاه را در برابر تنش‌ها بالا می‌برد. بررسی‌های زیست شیمیایی نشان داده، که در گیاهان تحت تنش شوری، موادی با وزن

مولکولی کم به نام اسمولیت، تجمع می‌یابد. پرولین یکی از این اسمولیت‌ها است. این ماده موجب تنظیم پتانسیل اکسیداسیونی سلول، حفظ تورژسانس و حجم سلول می‌شود که در نهایت موجب تحمل به تنش می‌شود. تنش شوری موجب تحریک ژن‌های سنتزکننده آنزیم‌های مسیر گلوتامات شده که این آنزیم‌ها موجب افزایش سنتز پرولین می‌شوند (۲۴). افزایش سطح پرولین در رقم دیانا نشان‌دهنده بهبود وضعیت گیاه تحت شرایط تنش می‌باشد که موجب حفظ رشد گیاه در این شرایط می‌شود. پژوهشی نشان داد که میزان پرولین در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش شوری به صورت معنی‌داری افزایش یافت که نشان‌دهنده به کار افتادن سامانه مقاومتی گیاه و تولید اسمولیت در برابر آسیب‌های ناشی از تنش شوری در گیاه است (۳۲). هم‌چنین نتایج این پژوهش با پژوهش وفادار و همکاران (۱۳۹۷)، در گیاه مورد (*Myrtus communis* L.) مطابقت داشت، در بررسی آن‌ها نیز با افزایش سطوح تنش شوری، میزان پرولین و مقاومت گیاه افزایش یافت (۳۳).

فسفر: نتایج تجزیه واریانس برای غلظت عنصر فسفر نشان داد که اثر عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسات میانگین اثرات اصلی تیمارها بر غلظت فسفر نشان داد که بیش‌ترین غلظت فسفر (۰/۴۸۴۶ درصد) در تیمار تنش صفر (بدون شوری) و سطوح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار (۰/۴۶۰۷ و ۰/۴۵۸۹ درصد به‌ترتیب) مشاهده شد (جدول ۲). کاهش میزان غلظت فسفر در تنش شوری، می‌تواند منجر به کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی و در نهایت کاهش رشد عمومی گیاه گردد. با توجه به این که فسفر یک عنصر غیرمتحرک در خاک است، می‌توان کاهش جذب آن را به کاهش طول ریشه این گیاه در شرایط شوری نسبت داد. دلیل دیگر برای کاهش جذب فسفر، احتمالاً وجود یون‌های کلسیم و منیزیم در محیط است که موجب غیرفعال شدن فسفر در خاک می‌شود. بالا بودن قدرت یونی محیط های شور نیز عامل دیگری برای کاهش فعالیت فسفر در خاک می‌باشد (۳۴). در خاک‌های شور، آنیون‌های CI^- و $H_2PO_4^-$ برای جذب توسط گیاه با یکدیگر رقابت می‌کنند و در نتیجه جذب فسفر و تجمع آن در اندام هوایی کاهش می‌یابد (۳۵).

نیتروژن: نتایج تجزیه واریانس برای غلظت عنصر نیتروژن نشان داد که اثرات اصلی تنش شوری و رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. مقایسات میانگین اثرات اصلی نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت نیتروژن در تیمار صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار (۴/۵۴، ۴/۴۲ و ۴/۴۰ درصد به‌ترتیب) و کم‌ترین میزان ۲/۴۸ درصد در تیمار تنش شوری شدید (۹۰ میلی‌مولار) گزارش شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات رقم نشان داد که بیش‌ترین غلظت نیتروژن در رقم باربارین (۳/۹۱ درصد) مشاهده شد. با افزایش شوری، غلظت نیتروژن موجود در بخش‌های هوایی گیاه کاهش یافت. این امر می‌تواند به‌دلیل کاهش جذب نیتروژن در محیط شور به علت کاهش تراوایی ریشه گیاه، کاهش فعالیت میکروبی خاک، کاهش جذب نیترات در اثر عرضه زیاد آنیون کلر در محیط ریشه و کاهش فعالیت نیتراتی شدن در خاک باشد (۳۵).

پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس برای جذب پتاسیم نشان داد که اثر عوامل اصلی و اثر متقابل شوری و رقم در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسات میانگین اثرات متقابل غلظت پتاسیم نشان داد که بیش‌ترین غلظت پتاسیم (۵/۱۵۷ درصد) در رقم باربارین و در شرایط بدون تنش (صفر میلی‌مولار) مشاهده شد و

کم‌ترین میزان (۱۴/۷۹ درصد) در رقم دیانا در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) مشاهده شد (شکل ۱- b). کاهش رشد در شرایط کمبود پتاسیم احتمالاً می‌تواند به نقش مثبت پتاسیم در پایداری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و اثرات سمیت سدیم مربوط باشد. سدیم عنصر ضروری برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود و تجمع سدیم در گیاه در شرایط شور منجر به کاهش کلسیم و پتاسیم گیاه می‌گردد. اگرچه سدیم می‌تواند به افزایش فشار تورژسانس کمک کند، اما نمی‌تواند در فعالیت‌های فعالسازی آنزیم‌ها و سنتز پروتئین جایگزین یون پتاسیم گردد. بنابراین ممکن است اثرات سمیت سدیم تنها به دلیل اثرات مستقیم یون سدیم نباشد، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری پتاسیم و کلسیم درگیاه باشد (۳۶).

سدیم، کلسیم و منیزیم: نتایج تجزیه واریانس برای غلظت عناصر سدیم، کلسیم و منیزیوم نشان داد که اثر عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر رقم تنها در غلظت عنصر سدیم، معنی‌دار شد و اثرات متقابل شوری و رقم در عناصر ذکر شده معنی‌دار نشد. مقایسه‌ها میانگین اثرات اصلی تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین غلظت منیزیم (۰/۵۲۲۶ درصد) در شرایط بدون تنش (صفر میلی‌مولار) مشاهده شد و کم‌ترین میزان (۰/۳۴۶۷ درصد) در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) مشاهده شد (جدول ۲). مقایسه میانگین غلظت عنصر سدیم نشان داد که بیش‌ترین غلظت (۱/۳۶ درصد) در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) و کم‌ترین غلظت (۰/۲۱۹۶ درصد) در شرایط بدون تنش گزارش شد. از بین ارقام مورد بررسی میزان غلظت سدیم در رقم باربارین (۰/۵۰۸۲ درصد) نسبت به رقم دیانا (۰/۵۴۴۷ درصد) کم‌تر بود که نشان‌دهنده مقاومت بیش‌تر این رقم در جذب سدیم بود. مهم‌ترین اثر نمک‌های کلرید سدیم، افزایش غلظت سدیم در بافت گیاهی است. سدیم اضافی می‌تواند منجر به تغییراتی در وضعیت تغذیه‌ای عناصر دیگر شود. به‌طور مثال کاهش جذب پتاسیم و کاهش رشد و عملکرد گیاه از نتایج افزایش غلظت سدیم است (۳۷). مقایسه‌ها میانگین اثرات اصلی تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین غلظت کلسیم (۱/۵۰ درصد) در شرایط بدون تنش (صفر میلی‌مولار) مشاهده شد و کم‌ترین میزان (۰/۷۳۹ درصد) در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) مشاهده شد (جدول ۲). بررسی اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین غلظت کلسیم در رقم باربارین ۱/۲۵ درصد و کم‌ترین غلظت در رقم دیانا ۱/۱۹ درصد مشاهده شد. مهم‌ترین دلیل کاهش جذب کلسیم با افزایش سطوح شوری را می‌توان رقابت سدیم با کلسیم و منیزیم برای جذب توسط ریشه دانست. در پژوهش‌های انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها و تخریب غشاهای سلولی و در نتیجه کاهش میزان کلسیم در گیاهان می‌شود (۳۸). با افزایش میزان شوری، غلظت کلسیم در اندام هوایی زیتون کاهش یافت (۳۹).

آنزیم کاتالاز و پراکسیداز: نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری در بین ارقام، سطوح مختلف شوری و اثر متقابل این دو بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز وجود دارد. به طورکلی با افزایش سطح شوری از شاهد تا ۹۰ میلی‌مولار، پراکسیداز و کاتالاز روند افزایشی داشتند. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان پراکسیداز و کاتالاز، در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد (شکل ۱-c,d). در بین ارقام نیز رقم باربارین ودیانا به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان این آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را به خود اختصاص داد.

افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در واکنش به تنش شوری توسط دیگر پژوهش‌گران نیز گزارش شده است (۴۰). این آنزیم طی واکنش آنزیمی با زدودن انواع فعال اکسیژن و جلوگیری از تخریب دیواره سلولی به بقا گیاه کمک می‌نماید (۴۱). وقتی گیاه در معرض تنش‌های محیطی نامطلوب مختلف از جمله شوری قرار می‌گیرد تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند موجب آسیب به یاخته‌ها و اجزای یاخته‌ای شود. در گیاهان آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی هر دو در از بین بردن اثرهای مخرب گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارند (۴۲). آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز باعث حذف و کاهش خسارت پراکسید هیدروژن می‌شوند (۴۳). آنزیم پراکسیداز با استفاده از مواد فنولیک به‌عنوان دهنده الکترون باعث تجزیه پراکسید هیدروژن می‌شود (۴۴). از آن جایی که تجمع پراکسید هیدروژن ناشی از واکنش سوپراکسید دیسموتاز نیاز به فعالیت ترکیبی دو آنزیم پراکسیداز و کاتالاز به‌منظور حفاظت سلول‌های گیاهی خواهد داشت، بنابراین این دو آنزیم نقش مهمی را در حذف پراکسید هیدروژن ایفا می نمایند. از فعالیت بالاتر این آنزیم در ارقام متحمل به شوری در شرایط تنش چنین استنباط می‌شود که ارقام متحمل دارای ظرفیت بالاتری برای تجزیه پراکسید هیدروژن تولیدی ناشی از فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز می‌باشند.

نسبت سدیم به پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس برای صفت نسبت سدیم به پتاسیم تفاوت معنی‌داری را میان ارقام مختلف و سطوح مختلف شوری نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین ارقام از لحاظ نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد که رقم باربارین به‌طور نسبی بیش‌ترین یون پتاسیم را در مقایسه با سدیم جذب نمود. هم‌چنین نتایج (شکل e ۱) نشان می‌دهد که بیش‌ترین نسبت مربوط به شوری ۹۰ میلی‌مولار و کم‌ترین مقدار مربوط به آبیاری با آب معمولی بود. این امر می‌تواند ناشی از افزایش جذب یون سدیم و کاهش یون پتاسیم در سطوح بالاتر شوری باشد. بررسی اثر متقابل شوری و رقم نیز نشان که نسبت سدیم به پتاسیم در هر یک از سطوح شوری و نیز تیمار شاهد در رقم باربارین بیش از رقم دیانا دیگر بود و با افزایش شوری تفاوت بین ارقام از لحاظ میزان تجمع سدیم بیش‌تر آشکار شد. بنده‌حق و همکاران (۴۵) با بررسی مقاومت به شوری ارقام بهاره در مراحل رویشی و زایشی بیان نمودند که علاوه بر همبستگی مثبت پتاسیم با نسبت سدیم به پتاسیم، به‌ازای هر واحد کاهش در میزان پتاسیم، میزان سدیم به‌طور قابل‌توجهی افزایش پیدا نمی‌کند. در واقع، افزایشی که در این نسبت (سدیم/پتاسیم) با افزایش میزان شوری مشاهده می‌شود، به دلیل افزایش سرعت جذب سدیم و ممانعت این یون از جذب پتاسیم با افزایش میزان نمک می‌باشد. هم‌چنین، احتمال افزایش تجمع پتاسیم در سلول‌ها به خاطر حفظ تنظیم اسمزی در مقابل مقادیر زیاد کلر تحت تنش شوری توسط رضایی و همکاران (۴۶) گزارش شده است. تالوار و همکاران (۴۷) در رابطه با بررسی نسبت سدیم به پتاسیم جهت به‌گزینی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در یولاف، نتیجه‌گیری کردند که در این گیاه، کوچک بودن نسبت سدیم به پتاسیم با تحمل بیش‌تر نمک کلرید سدیم ارتباط دارد و کاهش رشد در اثر شوری با افزایش مقدار یون‌های سدیم و کلر و افزایش نسبت سدیم به پتاسیم همراه است. در همین راستا، پوستینی نیز بیان نموده است که مقاومت به نمک به طور منفی با غلظت سدیم و به طور مثبت با غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در برگ همبستگی دارد و این همبستگی به اندازه‌ای است که می‌توان از آن یک معیار انتخاب‌گر برای اصلاح ارقام مقاوم استفاده کرد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و رقم و برهمکنش آن‌ها بر صفات زیست شیمیایی گیاه قرنفل.

Table 1. Analysis of variance (Mean squares) effect of salinity stress and cultivar on biochemical traits of Dianthus.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نشت یونی Electrolyte Leakage	محتوای نسبی آب RWC	پرولین Proline	مالون دی آلدئید MDA	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total Chl
شوری Salinity	9	1235.04**	340.03**	12.20**	27.46**	14.23**	1.1572*	3.217**	23.072**
رقم Cultivar	1	988.6**	54.83**	0.3694^{ns}	0.8310^{ns}	7.46*	0.5669^{ns}	0.2863**	12.14*
شوری × رقم Salinity × Cultivar	9	36.72**	3.701^{ns}	0.1010^{ns}	0.2272^{ns}	0.5268^{ns}	0.2544^{ns}	0.01108^{ns}	1.247^{ns}
خطا Error	40	7.28	5.088	0.5906	1.328	1.251	0.4548	0.03511	2.660
کل Total	59	-	-	-	-	-	-	-	
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	5.68	5.89	3.58	4.89	3.69	1.89	2.86	2.56

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** respectively, no significant difference at the 5 and 1% probability levels

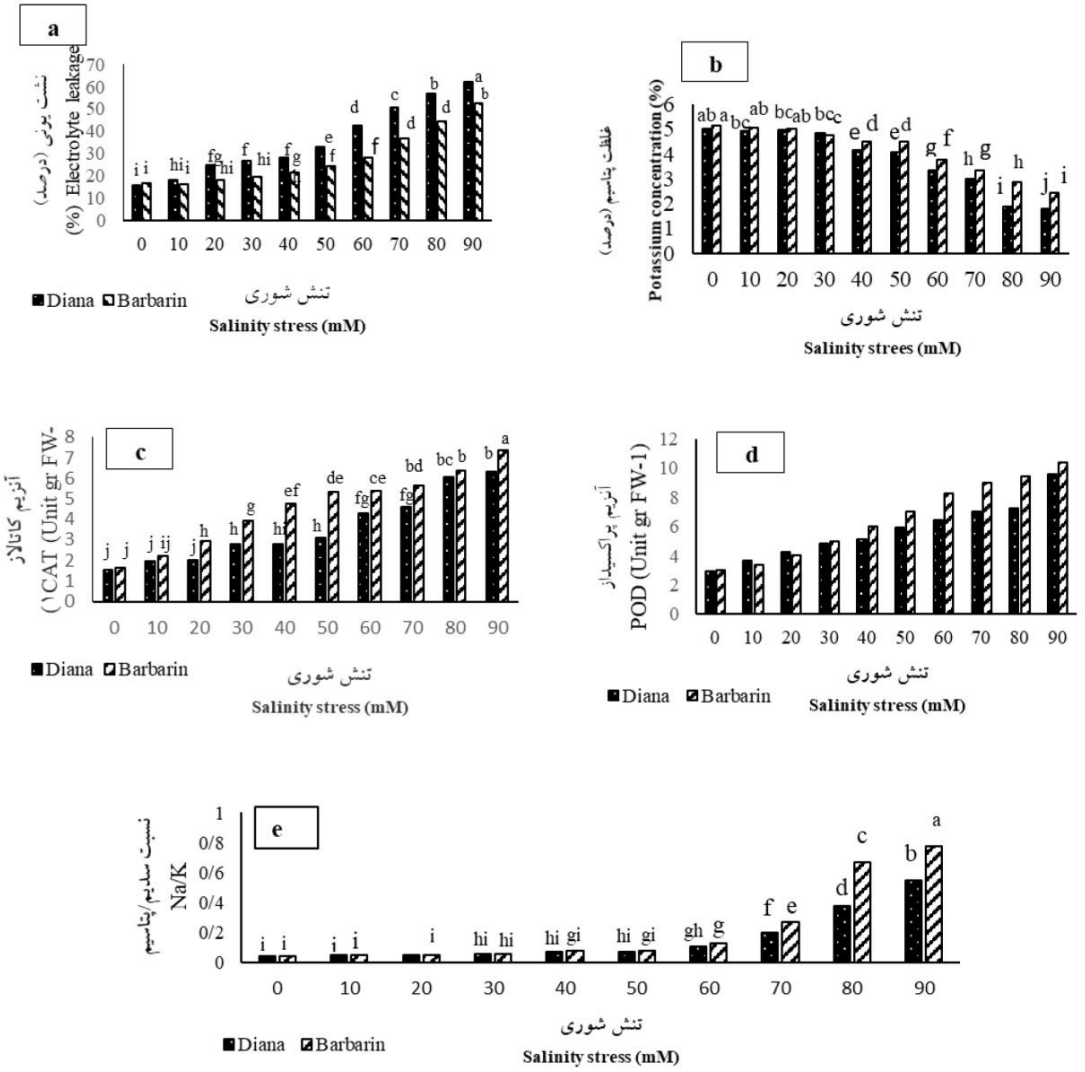
ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	غلظت نیتروژن N	غلظت فسفر P	غلظت پتاسیم K	غلظت سدیم Na	غلظت کلسیم Ca	غلظت منیزیوم Mg	نسبت سدیم/پتاسیم Na/K	کاتالاز CAT	پراکسیداز POD
شوری Salinity	9	3.44**	0.0530**	7.3073**	1.05410**	0.433**	0.03255**	0.2999**	18.098**	10.88**
رقم Cultivar	1	0.7504**	0.00129^{ns}	1.9014**	0.02247*	0.06083**	0.00055^{ns}	0.0610**	15.61**	31.43**
شوری× رقم Salinity × Cultivar	9	0.0407^{ns}	0.000682^{ns}	0.15775**	0.00379^{ns}	0.00488^{ns}	0.000060^{ns}	0.0172**	0.7141**	1.23*
خطا Error	40	0.02469	0.000805	0.01569	0.00482	0.00397	0.000374	0.00131	0.1837	0.4591
کل Total	59	-	-	-	-	-	-		-	
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	1.78	3.25	3.65	2.85	3.59	5.58	1.26	1.58	1.22

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** respectively, no significant difference at the 5 and 1% probability levels



شکل ۱- اثر متقابل شوری و رقم بر صفات زیست شیمیایی و عناصر غذایی گیاه قرنفل.

Fig. 1. Interaction of salinity and cultivar on biochemical and nutrients traits of Dianthus.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری و رقم بر صفات زیست شیمیایی و غلظت عناصر غذایی قرنفل.

Table 2. Mean comparison of salinity and cultivar on biochemical and concentration of nutrients characteristics of Dianthus.

مقایسه میانگین ارقام Mean comparison of cultivars		ویژگی‌ها Traits	مقایسه میانگین تنش شوری (میلی‌مولار) Mean comparison of salinity stress (mM)									
Diana	Barbarin		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
68.97^{a}	67.06^{b}	محتوای نسبی (درصد) RWC (%)	83.21^{a}	77.04^{b}	71.42^{c}	69.71^{d}	66.71^{d}	65.48^{de}	63.75^{ef}	63.34^{ef}	61.51^{f}	58.34^{g}
9.02^{a}	8.79^{a}	مالون دی آلدئید (میکرومول در گرم وزن تر) MDA (µmol g^{-1} FW)	6.60^{e}	6.64^{e}	7.20^{de}	7.57^{d}	8.13^{d}	8.14^{cd}	9.51^{cd}	10.52^{b}	12.09^{a}	12.38^{a}
6.01^{a}	5.86^{a}	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر) Proline (µmol g^{-1} FW)	4.40^{e}	4.42^{e}	4.80^{e}	5.05^{de}	5.42^{d}	5.60^{cd}	6.37^{bc}	7.01^{b}	8.06^{a}	8.25^{a}
4.78^{b}	5.49^{a}	کلروفیل آ (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chl a (mg g^{-1}FW)	7.41^{a}	6.99^{ac}	6.30^{ac}	5.76^{bd}	5.14^{cd}	4.72^{d}	4.65^{d}	4.64^{d}	3.08^{e}	2.67^{e}
1.13^{a}	2.33^{a}	کلروفیل بی (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chl b (mg g^{-1}FW)	3.13^{a}	2.65^{ab}	2.42^{ab}	2.34^{ac}	2.26^{bc}	2.04^{bc}	2.09^{bc}	1.93^{bc}	1.88^{bc}	1.58^{c}
6.92^{b}	7.82^{a}	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Total Chl (mg g^{-1} FW)	10.55^{a}	9.65^{ab}	8.72^{ac}	8.11^{bd}	7.40^{cd}	6.77^{de}	6.74^{e}	6.58^{de}	4.96^{ef}	4.25^{f}
1.406^{b}	1.55^{a}	کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Carotenoid (mg g^{-1}FW)	3.03^{a}	2.05^{b}	1.83^{bc}	1.66^{cd}	1.48^{de}	1.37^{e}	1.089^{f}	0.901^{fg}	0.745^{gh}	0.5442^{h}
0.445^{a}	0.439^{a}	غلظت منیزیوم Mg (%)	0.526^{a}	0.517^{ab}	0.517^{ab}	0.499^{bc}	0.478^{c}	0.426^{d}	0.389^{e}	0.377^{ef}	0.352^{f}	0.346^{f}
1.19^{b}	1.25^{a}	غلظت کلسیم Ca (%)	1.50^{a}	1.46^{a}	1.43^{ab}	1.37^{b}	1.37^{b}	1.28^{c}	1.19^{d}	0.987^{e}	0.862^{f}	0.739^{g}
1.25^{a}	0.508^{b}	غلظت سدیم Na (%)	0.219^{g}	0.234^{fg}	0.215^{eg}	0.263^{eg}	0.315^{e}	0.307^{ef}	0.420^{d}	0.754^{c}	1.15^{b}	1.36^{a}
0.357^{a}	0.367^{a}	غلظت فسفر P (%)	0.484^{a}	0.460^{a}	0.458^{a}	0.418^{b}	0.392^{b}	0.356^{c}	0.299^{d}	0.272^{de}	0.242^{e}	0.239^{e}
3.68^{b}	3.91^{a}	غلظت نیتروژن N (%)	4.54^{a}	4.42^{a}	4.40^{a}	4.36^{ab}	4.19^{bc}	4.09^{c}	3.57^{d}	3.17^{e}	2.74^{f}	2.48^{g}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

* Means with same letters in each row are not significantly different at 5% of probability level –using LSD test

نتیجه‌گیری

با توجه نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، با افزایش غلظت کلرید سدیم، شاخص‌های زیست شیمیایی مانند میزان مالون‌دی‌آلدئید، نشت الکترولیت و پرولین افزایش یافت و پارامترهای فیزیولوژیک کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید کاهش پیدا کردند. گیاه قرنفل در پاسخ به افزایش نشت الکترولیت و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا در شرایط تنش شوری متوسط و شدید (۹۰ میلی‌مولار)، با افزایش محتوی پرولین و کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، سبب القای مقاومت غیرآنزیمی گیاه در شرایط تنش گردید. نتایج این مطالعه مشخص نمود که ارقام مورد بررسی در این پژوهش نسبت به مقادیر کم شوری (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ میلی‌مولار) متحمل و در شرایط شوری متوسط و شدید (۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) تا حدودی حساس بودند؛ البته پیشنهاد می‌گردد، غلظت‌های بالاتر از ۹۰ میلی‌مولار هم برای این گیاه بررسی گردد. با توجه به نتایج جذب اتمی عناصر، صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های مورد بررسی، رقم باربارین نسبت به رقم دیانا متحمل‌تر به شرایط شوری خاک متوسط و شدید (۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار)، بود. این رقم به راحتی در شرایط شوری ۹۰ میلی‌مولار، با کاهش جزیی در صفات مورد بررسی، برای مناطق با خاک شور قابل توصیه است.

منابع

1. De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G. and Maggio, A. 2011. Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. Hort. Tech. 21: 3. 301-308.
2. Mattioli, R., Marchese, D.D., Angeli, S., Altamura, M.M., Costantino, P. and Trovato, M. 2008. Modulation of intracellular proline levels affects flowering time and inflorescence architecture in Arabidopsis. Plant Mol. Biol. 66: 277-288.
3. Cabot, C., Sibole, J.V., Barcelo, J. and Poschenrieder, C. 2014. Lessons from crop plants struggling with salinity. Plant Sci. 226: 2-13.
4. Numan, M., Bashir, S., Khan, Y., Mumtaz, R., Shinwari, Z.K., Khan, A.L., Khan, A. and Ahmed, A.H. 2018. Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: A review. Microbiol. Res. 209: 21-32.
5. Oliveira, V.P., Marques, E.C., Lacerda, C.F., Prisco, J.T. and Gomes Filho, E. 2013. Physiological and biochemical characteristics of Sorghum bicolor and Sorghum sudanense subjected to salt stress in two stages of development. African J. Agric. Res. 8: 660-670.
6. Salimi, F., Shekari, F., Azimi, M.R. and Zangani, E. 2012. Role of methyl jasmonate on improving salt resistance through some physiological characters in German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Plant Biol. J. 27: 700-711. (In Persian)
7. Kibria, M.G., Hossain, M., Murata, Y. and Hoque, M.A. 2017. Antioxidant defense mechanisms of salinity tolerance in rice genotypes. Rice Sci. 24: 155-16.
8. Zheng, J., Ma, X., Zhang, X., Hu, Q. and Qian, R. 2018. Salicylic acid promotes plant growth and salt-related gene expression in *Dianthus superbus* L. (Caryophyllaceae) grown under different salt stress conditions. Physiol. Mol. Biol. Plants. 24: 2. 231-238.
9. Hashemi Esfahani, A. 2000. Promotion of Modern Floriculture. Nasagh Publ. (In Persian)
10. Ahmadi, Y., Khosh-Khui, M., Salehi, H., Eshghi, S., Kamgar Haghighi, A.A. and Karami, A. 2019. Effect of Salinity Stress on Growth and Biochemical Characteristics of Three Population of *Damask Rose* of Iran. Iranian J. Hort. Sci. Tech. 20: 1. 89-98.

11.Aghaei Joubani, K., Taei, N., Kanani, M.R. and Yazdani, M. 2015. Effect of salt stress on some physiological and biochemical parameters of two *Salvia* species. J. Plant Proc. Func. 3: 9. 85-96.
12.Momenpour, A. and Imani, A. 2019. Effect of salinity stress on growth characteristics of selected almond (*Prunus dulcis*) genotypes. J. Plant Prod. Res. 26: 2. 29-46.
13.Roozbahani, F., Mousavi-Fard, S. and Rezaeinejad, A. 2020. Effect of proline on some physiological and biochemical characteristics of two cultivars of *Impatiens walleriana* under salt stress. Iranian J. Hort. Sci. 51: 3. 537-549.
14.Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and cartenoides pigments of hotosynthetice biomembranes. Meth. in Enzym. 148: 350-382.
15.Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. Meth. in Enzyme. 52: 302-310.
16.Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence inleaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinitary resistance. Ann. Botany. 78: 3. 389-398.
17.Ritchie, S.W. and Hanson, A.D. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.
18.Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil J. 39: 205-207.
19.Bremner, J.M., Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabian, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E. 1996. Nitrogen-total. Methods of Soil Analysis. Part 3-Chem. Meth. pp. 1085-1121.
20.Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1962. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Soil Sci. 93: 1. 60-62.
21.Chance, B. and Maehly, A.C. 1995. Assay of catalas and proxidase. In: Colowick, S.P., and N.D. Kaplan (eds). Meth. in Enzym. Academic Press. New York. 2: 764-775.
22.MacAdam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E. 1992. Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tall fescue I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. Plant Physiol. 99: 3. 872-878.
23.Siahmansour, S., Ehtesham-Nia, A. and Rezaeinejad, A. 2020. Effect of salicylic acid foliar application on Morpho-physiological and biochemical traits of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) under salinity stress condition. J. Plant Prod. Res. 27: 1. 165-178.
24.Taheri, S., Barzegar, T., Rabiee, V. and Angourani, H. 1393. Physiological responses of two basils (*Ocimum basilicum* L.) cultivars to salicylic acid spraying under salinity stress. Agric. crop Manage. J. 18: 1. 259-274. (In Persian)
25.Ashraf, M. and Foolad, M.D. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. J. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
26.Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. J. 163: 1037-1046.
27.Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Bioch. 48: 909-930.
28.Yildiz, M. and Terzi, H. 2013. Effect of NaCl stress on chlorophyll biosynthesis, proline, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in leaves of salt-tolerant and salt-sensitive barley cultivars. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi. J. Agric. Sci. 19: 79-88.
29.Sairam, R.K. and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Sci. 86: 406-412.
30.Candan, N. and Tarhan, L. 2003. The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+} and Mn^{2+} stress conditions. Plant Sci. 163: 769-779.

31.Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. J. 49: 249-279.
32.Delavari Parizi, M., Baghizadeh, A., Enteshari, S. and Manouchehri Kalantari, K. 2012. The study of the interactive effects of salicylic acid and salinity stress on induction of oxidative stress and mechanisms of tolerance in *Ocimum basilicum* L. Iranian J. Plant Biol. 4: 12. 25-36.
33.Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M.R. and Nikbakht, A. 2018. Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtle (*Myrthus communis*) J. Plant Proc. Func. Iranian Soc. Plant Physiol. 23: 7. 34-46.
34.Awad, A.S., Edwards, D.G. and Campbell, L.C. 1990. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. Crop Sci. 30: 1. 123-128.
35.Papadopoulos, I. and Rendig, V.V. 1983. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. Plant and Soil. 73: 1. 47-57.
36.Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa, H. and Ikeda, H. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*lycopersicon esculentummill*.). Sci. Horticul. 109: 248-253.
37.Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31: 1. 149-190.
38.Shibli, R.A., Shatnawi, M.A. and Swaidat, I.Q. 2003. Growth, osmotic adjustment, and nutrient acquisition of bitter almond under induced sodium chloride salinity in vitro. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 34: 13-14. 1969-1979.
39.Mousavi, A., Lessani, H., Babalar, M., Talaei, A.R. and Fallahi, E. 2008. Influence of salinity on chlorophyll, leaf water potential, total soluble sugars, and mineral nutrients in two young olive cultivars. J. Plant Nut. 31: 11. 1906-1916.
40.Wi, S.G., Chung, B.Y., Kim, J.H., Lee, K.S. and Kim, J.S. 2006. Deposition pattern of hydrogen peroxide in the leaf sheaths of rice under salt stress. Biol. Plant. 50: 469-472.
41.Zheng, J., Ma, X., Zhang, X., Hu, Q. and Qian, R. 2018. Salicylic acid promotes plant growth and salt-related gene expression in *Dianthus superbus* L. (Caryophyllaceae) grown under different salt stress conditions. Physiol. Mol. Biol. Plants. 24: 2. 231-238.
42.Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S. and Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. J. Bot. 2012: 1-26.
43.McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair, and assessment. Seed Sci. Technol. 27: 11. 177-237.
44.Appel, K. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Ann. Rev. Plant Biol. 55: 373-399.
45.Hagh, A.B., Kazemi, H., Valizadeh, M. and Javanshir, A. 2004. Resistance of spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to salinity salt tolerance in vegetative and reproductive stages. Iranian J. Agri. Sci. 35: 1. 61-71.
46.Rezaei, M.AM., Khavarinejad, R.F. and Fahimei, H. 2004. Physiological response of cotton plant to different soil salinities. Res. Construc. 62: 81-89.
47.Talwar, H.S., Kumari, A., Surwenshi, A. and Seetharama, N. 2011. Sodium: potassium ratio in foliage as an indicator of tolerance to chloride-dominant soil salinity in oat (*Avena sativa*). Indian J. Agric. Sci. 81: 481-484.