Research Article

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research
Vol. 40, No. 4, Page 839-854 (2024)

DOI:10.22092/ijmapr.2024.364773.3417

Effects of salicylic acid on some agronomic and physiological characteristics of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) under salt stress

Hoshang Rahmati[1*]

1*-Corresponding author, Assistant Professor, Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Payame Noor University, Tehran, Iran, Email: Hoshang.Rahmatipnu@pnu.ac.ir

Received: January 2024 Revised: August 2024 Accepted: September 2024

Abstract

Background and objectives: *Oenothera biennis* L., known as evening primrose, has a unique place in medical science and nutrition science due to the particular arrangement of fatty acids in the glycerol molecule and rare gamma-linolenic fatty acid. Soil and water salinity is one of the main obstacles to producing agricultural and horticultural products in arid and semi-arid areas. Salicylic acid plays an active role in the plant's response to various abiotic stresses, including salinity, and research on this plant hormone is important in the production of agricultural products.

Methodology: This research was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with two factors and three replications in greenhouse conditions during the crop year 2021-2022. The first factor included four levels of sodium chloride salt at zero, 50, 100, and 150 mM, and the second factor included two levels of zero and 2 mM salicylic acid. For each experimental unit, 5 plants (five pots) were randomly selected and the number of branches, plant height, wet weight of aerial parts, wet weight of roots, dry weight of aerial parts, and leaf area were measured. Also, the traits of proline amount, total protein, relative water content of leaves, and pigments of chlorophyll and carotenoid were measured for each experimental unit.

Results: Variance analysis showed that the application of salinity stress treatments had a significant effect on all traits at the 1% level; on the other hand, the application of the salicylic acid treatment on plant wet weight and chlorophyll b had a significant effect at the 1% level, and for the trait of chlorophyll a did not have a significant effect, but in other traits, it had a significant effect at the level of 5%. It was also observed that there was no significant interaction effect only in the trait of carotenoid amount, and for the traits of proline and chlorophyll a, this effect was significant at the 1% level, as well as for the traits of plant height, plant wet and dry weight, root wet weight, leaf area, number of branches, relative water content, protein, chlorophyll b and total chlorophyll, the interaction effect of salicylic acid and salinity were significant at 5% level. The results of the mean comparison showed that the increase in salinity stress levels decreased all agricultural traits and most physiological traits, which was insignificant up to the level of 50 mM and significantly above the level of 100 mM. Also, salicylic acid caused a significant increase in most traits.

Conclusion: The evening primrose plant had moderate resistance to salinity and the application of salicylic acid treatment improved the agronomic and physiological characteristics of evening

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

primrose up to the stress level of 50 mM (6.5 dS/m) and at the stress level of 100 mM (1.9 dS/m), the application of 2 mM salicylic acid moderated the effects of salinity stress in the plant, but at a stress level of 150 mM (13 dS/m), the agronomic and physiological characteristics of the plant decreased significantly, and the application of salicylic acid treatment caused a more decrease. Based on this, 2 mM salicylic acid is recommended to help improve the performance of the evening primrose plant up to the salinity stress level of 9 ds/m.

Keywords: Medicinal plant, salicylic acid, evening primrose (*Oenothera biennis* L.), yield, salt.

تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) تحت تنش شوری

هوشنگ رحمتی[1*]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیک: Hoshang.Rahmatipnu@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۲ تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۳

چکیده

سابقه و هدف: گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) با نام عمومی پامچال شب، به دلیل ترتیب قرار گرفتن متفاوت اسیدهای چرب در مولکول گلیسرول و وجود اسید چرب نادر گاما لینولنیک در علم پزشکی و علم تغذیه دارای جایگاه منحصر به فردی است. شوری خاک و آب یکی از موانع اصلی تولید محصولات کشاورزی و باغی، در نواحی خشک و نیمه‌خشک است. اسید سالیسیلیک نقش فعالی در واکنش گیاه به تنش‌های غیرزیستی مختلف ازجمله شوری دارد و تحقیق روی این هورمون گیاهی در تولید محصولات کشاورزی مهم است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتور اول شامل چهار سطح نمک کلرید سدیم به مقدار صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار و فاکتور دوم شامل دو سطح صفر و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود. برای هر واحد آزمایشی تعداد ۵ بوته (پنج گلدان) به‌طور تصادفی انتخاب شدند و تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ اندازه‌گیری شد. همچنین صفات میزان پرولین، پروتئین کل، محتوای آب نسبی برگ و رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید برای هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری گردید.

نتایج: تجزیه واریانس نشان داد که اعمال تیمارهای تنش شوری بر روی تمام صفات تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت. از سوی دیگر، اعمال تیمار اسید سالیسیلیک بر روی صفات وزن تر بوته و کلروفیل b تأثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ داشت و برای صفت کلروفیل a تأثیر معنی‌دار نداشت، اما در دیگر صفات دارای تأثیر معنی‌دار در سطح ۵٪ بود. همچنین مشاهده شد که تنها در صفت میزان کاروتنوئید اثر متقابل معنی‌دار وجود نداشت و برای صفات پرولین و کلروفیل a این اثر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد؛ همچنین برای صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته، وزن تر ریشه، سطح برگ، تعداد شاخه در بوته، محتوای آب نسبی، پروتئین، کلروفیل b و کلروفیل کل، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش سطوح تنش شوری سبب کاهش تمام صفات زراعی و بیشتر صفات فیزیولوژیک شد که این کاهش تا سطح ۵۰ میلی‌مولار غیر معنی‌دار و از سطح ۱۰۰ میلی‌مولار به بالا به‌صورت معنی‌دار بود. همچنین سالیسلیک اسید موجب افزایش معنی‌دار در بیشتر صفات شد.

نتیجه‌گیری: گیاه گل مغربی مقاومت متوسطی به شوری داشت و اعمال تیمار اسید سالیسیلیک سبب بهبود خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک مغربی تا سطح تنش ۵۰ میلی‌مولار (۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر) شد و در سطح تنش ۱۰۰ میلی‌مولار (۹/۱ دسی‌زیمنس بر متر) اعمال اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار موجب تعدیل اثرهای تنش شوری در گیاه شد، اما در سطح تنش ۱۵۰ میلی‌مولار (۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گیاه کاهش معنی‌دار داشت و اعمال تیمار اسید سالیسیلیک سبب کاهش بیشتر آن شد. بر همین اساس، استفاده از اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به منظور کمک به بهبود عملکرد گیاه مغربی تا سطح تنش شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، اسید سالیسیلیک، پامچال شب (*Oenothera biennis* L.)، عملکرد، نمک.

مقدمه

گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) با نام عمومی پامچال شب، گیاهی علفی، دوساله با گل‌های زرد رنگ، متعلق به خانواده گل آویز (Onagraceae) است که بومی منطقه شرقی و مرکزی آمریکای شمالی می‌باشد (Rajabi *et al*., 2014؛ Fieldsend & Morison, 2000). روغن این گیاه به دلیل ترتیب قرار گرفتن متفاوت اسیدهای چرب در مولکول گلیسرول و وجود اسید چرب نادر گاما لینولنیک (۱۲-۸٪) در علم پزشکی و علم تغذیه دارای جایگاه منحصر به فردی است (Goldani & Keshmiri, 2015)، هر چند مقدار گاما لینولنیک اسید در بذر گیاهانی مانند انگور سیاه و گاوزبان بیشتر است، اما میزان فعالیت زیستی گاما لینولنیک اسید گل مغربی بیشتر و مهمتر می‌باشد (Gambino & Vilela, 2011). از مهمترین خواص دارویی روغن بذر گل مغربی می‌توان به اثرهای ضد آلرژی، ضد التهاب، کاهش دهندهٔ کلسترول، تنظیم دوره قاعدگی، کاهش فشار خون و گشاد کنندگی رگ‌ها به دلیل اسید چرب گاما لینولنیک اشاره کرد (Mohammadi *et al*., 2020). به هر حال، مصرف بالای گل مغربی فرصت مناسبی را به کشاورزان برای کشت و کار این گیاه داده است و در سال‌های اخیر در بسیاری از کشورهای جهان کاشته شده است (Rezaee *et al*., 2023).

شور شدن خاک به دلیل افزایش سطح آب دریاها و مدیریت ضعیف خاک تحت تغییرات جهانی به مشکلات زیست محیطی شدیدی تبدیل شده است (Guo *et al*., 2023). بر همین اساس، شوری خاک و آب یکی از موانع اصلی تولید محصولات کشاورزی و باغی، در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک است (Bohloli *et al*., 2019). عوامل انسانی متعددی باعث گسترش شوری خاک در کشور می‌شوند که می‌توان به عواملی مانند بازدهی بسیار پایین آبیاری، استخراج بیش از حد آب از سفره‌های آب زیرزمینی، نقص در سیستم زهکشی، طراحی نامناسب سیستم آبیاری و مدیریت غلط زراعی در سطح مزرعه اشاره کرد (Khalaj & Hasheminejhad, 2020). به هر حال، مقدار کاهش رشد گیاه در شرایط شوری به ترکیب و غلظت نمک، مرحله فیزیولوژیک گیاه و گونه گیاهی بستگی دارد و این کاهش در رشد به دلیل کاهش سطح برگ، کاهش دسترسی به دی اکسید کربن به علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت میان برگی یا مزوفیلی (به علت کاهش نفوذپذیری غشا به دی اکسید کربن بر اثر پس‌آبیدگی غشاءهای یاخته‌ای)، سمّیت نمک، افزایش القای پیری و آسیب اکسایشی (اکسیداتیو) می‌باشد (Fazeli *et al*., 2018). یکی از بهترین راهکارها برای جلوگیری از آسیب‌های شوری در گیاهان، استفاده از گونه و ارقام مقاوم به شوری است و بررسی میزان مقاومت به شوری ارقام گیاهی می‌تواند راهنمای مناسبی برای کشت گیاهان در شرایط وجود شوری خاک و آب باشد، بر همین اساس، گل مغربی شوری متوسط را تحمل می‌کند (Khalaj & Hasheminejhad, 2020).

گیاهان در مقابل شوری پاسخ‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک متعددی دارند. بر همین اساس، تنش شوری موجب کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش تولید بیوماس در گیاه می‌شود (Hasanuzzaman & Fujita, 2013). محتوای کلروفیل در گیاهان مقاوم به تنش شوری افزایش یا بدون تغییر باقی می‌ماند، در حالی که در گیاهان حساس کاهش می‌یابد (Ashraf & Harris, 2013). محتوای نسبی آب (RWC) یک عامل حیاتی تعیین کننده بقای برگ‌ها و فعالیت متابولیکی گیاه و متغیر مفیدی برای بررسی وضعیت آب گیاه است (Kadioglu *et al*., 2011). در گیاهان مختلفی کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت غلظت‌های مختلف نمک گزارش شده است (Menezes *et al*., 2017؛ Arvin & Firuzeh, 2021). علاوه بر این، یکی از راه‌های اصلی تنظیم اسمزی سلول و سازگاری گیاهان با محیط شور تجمع زیاد اسمولیت‌های آلی مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین و اسیدهای آمینه‌ای مانند پرولین است (Zhang *et al*., 2012). پرولین با مهار گونه‌های فعال اکسیژن نقش مهمی در حفظ ساختار پروتئینی و غشاء سلول دارد و به کاهش تنش‌های محیطی کمک می‌کند (Kaur & Asthir, 2015).

از سوی دیگر، اسید سالیسیلیک در گیاهان، هورمونی است که نقش فعالی در واکنش گیاه به تنش‌های غیرزیستی مختلف ازجمله شوری دارد. به عبارتی، تأثیرات قابل توجهی توسط اسید سالیسیلیک در رشد و نمو گیاه و بهبود سلامت آن گزارش شده است (Bagautdinova *et al*., 2022) و تحقیق بر روی این هورمون گیاهی در تولید محصولات کشاورزی اهمیت بالایی دارد، زیرا در تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش شوری ازجمله تغییرات بیوشیمیایی که رخ می‌دهد، تولید انواع اکسیژن‌های فعال مانند رادیکال‌های سوپراکسید (O)، رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) بوده که سبب تخریب عمده غشاء، چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند و نقش سالیسیلیک اسید در استفاده از سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی پیچیده در گیاهان مانند سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز و دیگر عوامل افزایش مقاومت گیاه به تنش بسیار با اهمیت است (Eskandari Zanjaniet *et al*., 2013).

به هر حال، اسید سالیسیلیک در غلظت‌های متفاوت تأثیرات مختلفی بر روی رشد گیاه دارد، به این ترتیب که در غلظت‌های پایین با القای تنش در گیاه و تحت تأثیر قرار دادن فتوسنتز و آنزیم‌های دخیل در این فرایند سبب افزایش رشد گیاه شده و آسیب‌های اکسایشی در گیاه را رفع می‌کند، اما این هورمون در صورت استفاده در غلظت‌های بالا، سبب القای تنش در گیاه می‌شود (Sohrabi *et al*., 2017)؛ همچنین عواملی مانند نوع گونه گیاهی، دوره رشدی و شرایط محیطی سبب می‌شود که تأثیرات این هورمون در گیاه متفاوت باشد (Bagautdinova *et al*., 2022). بر همین اساس، تحقیقات متعددی در گونه‌های گیاهی مختلف در زمینه تأثیر استفاده از اسید سالیسیلیک بر افزایش مقاومت به تنش شوری شده است و نتایج این تحقیقات نشان داده است که با توجه به نوع گیاه و سطح تنش، تأثیر اسید سالیسیلیک متفاوت بوده و اسید سالیسیلیک تأثیر بهتری در سطوح تنشی متوسط بر روی گیاه داشته است (Fazeli *et al*., 2018؛ Delavari Parizi *et al*., 2012؛ Kamali *et al*., 2012؛ Panahandeh *et al*., 2023؛ Saeidi *et al*., 2023؛ Ghatei *et al*., 2021). هرچند در زمینه تأثیر اسید سالیسیلیک در شرایط متفاوت محیطی بر خصوصیات زراعی مغربی مطالعاتی گزارش شده است (Sohrabi *et al*., 2017؛ Timoszuk *et al*., 2018) و در زمینه تأثیر سطوح متفاوت شوری نیز گزارش‌هایی ارائه شده است (Goldani & Keshmiri, 2015؛ Guo *et al*., 2023؛ Bohloli *et al*., 2019؛ Gholamzadeh *et al*., 2020)؛ اما گزارشی در زمینه تأثیر اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های رویشی گیاه مغربی در شرایط متفاوت شوری در دسترس نیست و بر همین اساس هدف این تحقیق ارزیابی تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی گل مغربی در شرایط متفاوت شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه دانشگاه پیام نور استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۹ انجام شد. در این پژوهش طرح مورد استفاده فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل: چهار سطح شوری (صفر،۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و ۲ سطح اسید سالیسیلیک (صفر و ۲ میلی‌مولار) بود. گونه مورد مطالعه گل مغربی یا پامچال شب (*O. biennis*) بود.

کشت بذرها

ابتدا بذرها با هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ ضدعفونی و با آب مقطر شسته و خشک شد. سپس بذرها با قارچ کش مانکوزب و به مقدار ۲ در هزار وزنی آغشته شد و در سینی کشت با بستر کوکوپیت و پرلیت به نسبت مساوی کشت گردید. آبیاری بذرها تا زمان جوانه‌زنی هر دو روز یک‌بار انجام شد. آبیاری گیاهچه‌ها پس از جوانه‌زنی هر پنج روز یک‌بار انجام شد. پس از ۵ هفته گیاهچه‌های با رشد یکسان و در مرحله ۶ تا ۸ برگی در بستری شامل خاک زراعی، ماسه و ورمی‌کمپوست به نسبت برابر به گلدان‌های پلاستیکی منتقل شدند (قطر دهانه گلدان‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود). گلدان‌ها دارای ظرفیت ۵ کیلوگرم خاک بودند. به هر

گلدان یک بوته منتقل و برای هر واحد آزمایشی ۱۵ گلدان در نظر گرفته شد که در نهایت ۱۰ گلدان که بوته‌ها در آن استقرار یافتند و رشد بهتری داشتند برای اعمال تیمارها انتخاب شدند.

در زمان استقرار گیاهک‌ها، گلدان‌ها هر ۴ روز یک‌بار با آب معمولی چاه آب کشاورزی به مقدار مساوی آبیاری شدند، میزان آب در هر مرحله آبیاری ۱۵۰۰ میلی‌لیتر بود. سپس تیمارهای سدیم کلراید صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به مدت ۱۰ هفته انجام شد.

بر این اساس، آزمایش فاکتوریل با سه تکرار و چهار تیمار نمک سدیم کلراید به مقدار صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به‌ترتیب برابر (۲/۲، ۶/۵، ۹/۱ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) و حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان به مدت ۱۰ هفته و هر هفته دو بار گیاهان آبیاری شدند (میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری ۲ لیتر با توجه به ظرفیت مزرعه‌ای خاک گلدان بود). پس از چهار بار انجام تیمار نمک، برای خروج نمک‌های انباشته شده در گلدان، گیاهان یک نوبت با آب مقطر آبیاری شدند. برای تهیه غلظت اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار، مقدار ۲/۷۶ گرم اسید سالیسیلیک (HOC_6H_4COOH) در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل اتانول و ۱۰ لیتر آب مقطر گرم به خوبی حل شد. برای هر گلدان (بوته) محلول‌پاشی با تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی‌مولار برای تیمارهای اسید سالیسیلیک و آب مقطر برای تیمار شاهد و به مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر به صورت محلول‌پاشی برگی در ۱۰ هفته و یک نوبت در هفته انجام شد (Andalibi *et al*., 2021).

اندازه‌گیری صفات

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler و Welburn (۱۹۸۳) استفاده شد و با دستگاه الایزا (Bio Tek Powerwave XS2) در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت انجام شد و با روابط زیر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شدند (Ranjbar *et al*., 2021).

$$\text{Chlorophyll a} = 12.21\ (A_{663}) - 2.81\ (A_{646})$$
$$\textit{Chlorophyll}\ \text{b} = 20.13\ (A_{646}) - 5.1\ (A_{663})$$
$$\textit{Chlorophyll}\ \text{Total} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$
$$\text{Cartenoid} = (1000\ A_{470} - 3.27\ [\text{Chl a}] - 104\ [\text{Chl b}]/227$$

برای تعیین غلظت پروتئین (mg/gFW) از روش Bradford (۱۹۷۶) استفاده شد و از معرف بلو به‌عنوان شاهد استفاده گردید. میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد و برای اندازه‌گیری غلظت پرولین (µg/g FW) از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد و در طول موج ۵۲۰ نانومتر انجام شد و با توجه به مقادیر جذب نوری و غلظت‌های محلول ذخیره، منحنی استاندارد رسم شد و پرولین محاسبه گردید.

برای سنجش محتوای نسبی آب برگ، از هر واحد آزمایشی تعداد ۲۰ برگ از بوته جدا و بلافاصله وزن شد و میانگین وزن تر (FW) برگ محاسبه شد. سپس به‌مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت در آب مقطر (برای آب‌گیری کامل) در محیط آزمایشگاهی با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس آب سطحی با کاغذ صافی خشک شد و نمونه‌ها دوباره وزن شدند (TW). پس از قرار دادن برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی گراد وزن خشک (DW) برگ توزین و بعد میانگین آن محاسبه شد. درصد محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد (Bian & Jiang, 2009).

$$RWC = [(FW–DW)/(TW–DW)]\times 100$$

برای هر واحد آزمایشی، تعداد پنج بوته (پنج گلدان) به طور تصادفی انتخاب شد و تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، وزن تر اندام هوایی (گرم)، وزن تر ریشه (پس از شستشوی ریشه با دقت و جداکردن آن از خاک بر حسب گرم) و وزن خشک اندام هوایی (پس از خشک شدن بوته‌ها در سایه بر حسب گرم) برای پنج بوته محاسبه شد و در نهایت میانگین بدست آمده از هر پنج بوته برای هر یک از صفات در

یک واحد آزمایشی ثبت شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ، برگ‌های یک بوته از یک گلدان در هر واحد آزمایشی جدا شد و توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Light Box, ADC, UK) اندازه‌گیری (سانتی متر مربع) گردید. در نهایت تجزیه واریانس، مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۵٪ با نرم‌افزار SPSS 18 و رسم نمودارها با Excel 2010 انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

براساس تجزیه واریانس مشاهده شد که (جدول ۱) اعمال تیمارهای تنش شوری بر روی تمام صفات تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت، از سوی دیگر اعمال تیمار اسید سالیسیلیک بر روی صفات وزن تر بوته و کلروفیل b تأثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ داشت و برای صفت کلروفیل a تأثیر معنی‌دار نداشت، اما در دیگر صفات دارای تأثیر معنی‌دار در سطح ۵٪ بود. برای اثر برهم‌کنش اسید سالیسیلیک و تیمارهای تنش شوری مشاهده شد که تنها در صفت میزان کاروتنوئید اثر متقابل معنی‌دار وجود نداشت، برای صفات پرولین و کلروفیل a این اثر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، همچنین برای صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته، وزن تر ریشه، سطح برگ، تعداد شاخه در بوته، محتوای آب نسبی، پروتئین، کلروفیل b و کلروفیل کل، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر اسید سالیسیلیک و شوری بر صفات زراعی و فیزیولوژیک گل مغربی (***Oenothera biennis***)

Table 1. ANOVA of salicylic acid and salinity effects on agronomical and *Oenothera biennis* physiological traits

S.O.V.	d.f.	Plant height	Aerial parts fresh weight	Aerial parts dry weight	Root fresh weight	Leaf area	Number of branches per plant	Relative water content
NaCl	3	647.61**	53062**	2179**	1310**	213161**	183.9**	1608**
Salicylic acid (SA)	1	14.12*	1942**	329.7*	50.55*	2522*	21.08*	95.64*
NaCl × SA	3	13.68*	499.6*	194.6*	33.01*	2834*	18.88*	60.52*
Experimental error	16	3.095	123.5	49.92	9.7	553.7	4.73	17.4
C.V. (%)		3.88	4.10	10.70	9.02	5.02	11.01	5.71

S.O.V.	d.f.	Proline	Protein	Chlorophyll *a*	Chlorophyll *b*	Total chlorophyll	Carotenoids
NaCl	3	42028**	322.6**	39.43**	36.73**	152.2**	0.249**
Salicylic acid (SA)	1	862.9*	48.76*	3.23^{ns}	10.53**	25.44*	0.179*
NaCl × SA	3	761.8**	42.24*	7.33**	4.14*	21.95*	0.058^{ns}
Experimental error	16	126.6	11.01	1.4	1.08	4.41	0.032
C.V. (%)		4.17	4.67	7.23	11.42	8.25	14.49

ns, * and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively

مقایسه میانگین‌ها

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح ۵٪ برای ارتفاع بوته در سطوح متفاوت شوری و برای برهم‌کنش شوری و اسید سالیسیلیک در جدول ۲ ارائه شده است. علاوه بر این، مقایسه میانگین بین دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید سالیسیلیک براساس نتایج تجزیه واریانس نیز ارائه شد.

براساس نتایج ملاحظه می‌شود که با افزایش سطح شوری روند رشد طولی بوته‌ها کمتر شد و بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۵۴/۱۵ سانتی‌متر در شرایط بدون شوری ملاحظه گردید که با تنش ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نداشت. اما با افزایش شدت تنش از ۵۰ میلی‌مولار به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به‌صورت معنی‌داری ارتفاع بوته کم شد و کمترین ارتفاع بوته در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین

۳۱/۳۶ سانتی‌متر مشاهده شد. از سوی دیگر، ملاحظه شد که با مصرف اسید سالیسیلیک ارتفاع بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت. اما برهم‌کنش استفاده از اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف شوری تأثیر متفاوتی بر ارتفاع بوته نشان داد. ملاحظه شد که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۵۴/۵۳ سانتی‌متر در شرایط تنش ۵۰ میلی‌مولار در حضور اسید سالیسیلیک حاصل شد که با ارتفاع بوته در دو شرایط صفر میلی‌مولار و مصرف یا عدم مصرف اسید سالیسیلیک به‌ترتیب با میانگین ۵۴/۳۰ و ۵۳/۹۹ سانتی‌متر اختلاف معنی‌دار نشان نداد. کمترین ارتفاع بوته در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با مصرف اسید سالیسیلیک با میانگین ۳۰/۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد که با شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بدون مصرف اسید سالیسیلیک با میانگین ۳۲/۴۲ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشت.

وزن تر بوته

بررسی تنش شوری بر وزن تر بوته نشان داد که در شرایط بدون استفاده از نمک بیشترین مقدار با میانگین ۳۳۸/۳ گرم در بوته بدست آمد که با سطح ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نشان نداد. روند کاهش معنی‌دار وزن تر بوته‌ها از سطح تنش ۱۰۰ میلی‌مولار به بالا بود که بر این اساس کمترین وزن تر بوته در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۱۳۵/۵ گرم در بوته مشاهده شد. با توجه به جدول ۲ ملاحظه شد که اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر وزن تر بوته‌ها داشت و سبب افزایش وزن تر بوته شد. اما برهم‌کنش اسید سالیسیلیک در شرایط متفاوت تنش شوری نشان داد که بیشترین وزن تر در شرایط بدون تنش با مصرف سالیسیلیک با میانگین ۳۵۲/۸ گرم مشاهده شد که با شرایط تنش ۵۰ میلی‌مولار نمک و مصرف سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت. در مقابل، کمترین وزن تر در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک با میانگین ۱۳۱/۶ گرم بود که با شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار بدون اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت.

وزن خشک بوته

روند کاهش وزن خشک بوته‌ها نیز در سطوح تنش همانند وزن تر بود و بین دو سطح صفر و ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و به‌ترتیب ۸۱/۲۳ و ۸۰/۲۹ گرم وزن خشک بوته‌ها برای این دو سطح بود. روند کاهشی وزن خشک بوته‌ها از ۱۰۰ میلی‌مولار شروع شد که کمترین وزن خشک در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۴۰/۷۹ گرم مشاهده شد. تیمار اسید سالیسیلیک نیز سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک بوته شد. از سوی دیگر، برهم‌کنش اسید سالیسیلیک در شرایط متفاوت تنش شوری نشان داد که بیشترین وزن خشک در شرایط بدون تنش با مصرف اسید سالیسیلیک با میانگین ۸۹/۸۴ گرم مشاهده شد که با شرایط تنش ۵۰ میلی‌مولار نمک و مصرف اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت. در مقابل، کمترین وزن خشک در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک با میانگین ۳۷/۹۰ گرم بود که با شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار بدون اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت.

وزن تر ریشه

وزن تر ریشه نیز با افزایش تنش شوری روند کاهشی داشت، بر این اساس بیشترین وزن تر در شرایط بدون نمک (شاهد) با ۴۸/۴۱ گرم بدست آمد که با شرایط تنش ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نشان نداد و روند کاهشی معنی‌دار وزن تر ریشه‌ها از تنش ۱۰۰ میلی‌مولار شروع شد و کمترین میزان در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۱۸/۱۰ گرم مشاهده شد. از سوی دیگر، مشاهده شد که ۸/۷۹٪ با مصرف اسید سالیسیلیک وزن تر ریشه افزایش یافت که این افزایش معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهم‌کنش اسید سالیسیلیک در سطوح متفاوت شوری نیز نشان داد که بیشترین وزن ریشه در شرایط بدون تنش به همراه مصرف اسید سالیسیلیک با میانگین ۵۰/۴۲ گرم بود که به دو تیمار تنش ۵۰ میلی‌مولار همراه با مصرف سالیسیلیک و بدون تنش و مصرف سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین وزن تر ریشه در شرایط تنش

۱۵۰ میلی‌مولار به همراه مصرف سالیسیلیک با میانگین ۱۶/۲۹ گرم بود که با تیمار تنش ۱۵۰ میلی‌مولار بدون مصرف سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت.

سطح برگ

برای صفت سطح برگ نیز مشاهده شد که با افزایش سطح تنش شوری میزان سطح برگ‌ها کاهش نشان داد و بیشترین سطح برگ در سطح بدون تنش با میانگین ۶۲۲/۶ سانتی‌متر مربع بود که با سطح ۵۰ میلی‌مولار شوری تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین سطح برگ در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار تنش با میانگین ۲۱۳/۹ سانتی‌متر مربع مشاهده شد که با دیگر سطوح اختلاف معنی‌دار داشت. یادآوری می‌شود که از تنش ۱۰۰ میلی‌مولار به بالا سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. از سوی دیگر، استفاده از اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ به میزان ۴/۴۷٪ شد. در بررسی اثر متقابل دو عامل شوری و اسید سالیسیلیک نیز مشاهده شد بیشترین سطح برگ در شرایط بدون تنش به همراه مصرف سالیسیلیک با میانگین ۶۵۶/۷ سانتی‌متر مربع بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین سطح برگ در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک با میانگین ۱۹۵/۷ سانتی‌متر مربع بود که با تنش ۱۵۰ میلی‌مولار بدون سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت.

تعداد شاخه در بوته

نتایج مقایسه میانگین سطوح فاکتور نیز نشان داد که با افزایش میزان نمک تعداد شاخه‌های گیاه در بوته کاهش یافت که این روند کاهشی از سطح ۱۰۰ میلی‌مولار به بعد معنی‌دار بود، بر همین اساس بیشترین تعداد شاخه در بوته در سطح بدون تنش با میانگین ۲۴/۷۳ شاخه در هر بوته مشاهده شد که با سطح ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نداشت و در ادامه کمترین تعداد شاخه در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۱۲/۲۹ شاخه در هر بوته بود. از سوی دیگر، اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۹/۹۵ درصدی تعداد شاخه در بوته شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نمک و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد که بیشترین شاخه در بوته در سطح بدون تنش با سالیسیلیک با میانگین ۲۶/۳۱ شاخه بود که با دو تیمار تنش ۵۰ میلی‌مولار با سالیسیلیک و تیمار شاهد (شرایط بدون تنش و بدون سالیسیلیک) اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد شاخه در بوته برای تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار با سالیسیلیک به میزان ۱۰/۵۹ شاخه در هر بوته مشاهده شد که با تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار بدون سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت.

محتوای آب نسبی برگ

تنش شوری با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) سبب کاهش درصد محتوای آب نسبی برگ شد و بیشترین میزان آب نسبی در سطح بدون تنش با میانگین ۸۷/۹۵٪ مشاهده شد که با سطح تنش ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نشان نداد. کمترین میزان محتوای آب نسبی برگ در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۵۱/۸۶٪ مشاهده شد که با دیگر سطوح تنش اختلاف معنی‌دار نشان داد. همچنین اعمال اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۵/۶۱ درصدی محتوای آب نسبی برگ شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک در سطوح متفاوت شوری نشان داد که (جدول ۳) بیشترین میزان آب نسبی برگ در شرایط بدون تنش با مصرف اسید سالیسیلیک به میزان ۸۹/۶۹٪ وجود داشت که با دو تیمار شاهد و تنش ۵۰ میلی‌مولار به همراه سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار حاصل شد.

پرولین

نتایج مقایسه میانگین سطوح تنش برای میزان پرولین نشان داد که بیشترین میزان پرولین در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار با میانگین ۳۷۴/۳ میکروگرم بر گرم وزن تر بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین میزان پرولین برای سطح ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۱۸۹ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ بدست آمد که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. در شرایط بدون تنش میزان پرولین ۲۱۷/۷ میکروگرم بر گرم بود که بعد از تیمار ۵۰ میلی‌مولار در رده

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر اسید سالیسلیک و شوری بر صفات زراعی گل مغربی (***Oenothera biennis***)

Table 2. Means comparison of salicylic acid and salinity effects on *Oenothera biennis* agronomical traits

NaCl (mM)		Plant height (cm)	Aerial parts fresh weight (g)	Aerial parts dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Leaf area (cm^2)	Number of branches per plant
0		54.15[a]	338.3[a]	81.23[a]	48.41[a]	622.6[a]	24.73[a]
50		52.26[a]	330.6[a]	80.29[a]	45.57[a]	599.1[a]	23.03[a]
100		43.64[b]	280.3[b]	61.77[b]	26.12[b]	437.8[b]	18.90[b]
150		31.36[c]	135.5[c]	40.79[c]	18.10[c]	213.9[c]	12.29[c]
Salicylic acid (mM)							
0		44.58[b]	262.2[b]	62.31[b]	33.09[b]	458.1[b]	18.80[b]
2		46.12[a]	280.2[a]	69.72[a]	36.00[a]	478.6[a]	20.67[a]
NaCl ×SA							
0	0	53.99[a]	323.8[b]	72.62[b]	46.40[ab]	588.5[b]	23.15[ab]
50	0	49.99[b]	321.3[b]	71.97[b]	41.76[b]	582.8[b]	20.87[bc]
100	0	41.94[d]	264.2[d]	60.98[b]	24.32[cd]	429.1[c]	17.18[cd]
150	0	32.42[e]	139.5[e]	43.68[c]	19.90[de]	232.0[d]	13.99[de]
0	2	54.30[a]	352.8[a]	89.84[a]	50.42[a]	656.7[a]	26.31[a]
50	2	54.53[a]	339.9[ab]	88.61[a]	49.35[a]	615.3b	25.18[a]
100	2	45.34[c]	296.5[c]	62.56b	27.92[c]	446.6[c]	20.61[bc]
150	2	30.30[e]	131.6[e]	37.90[c]	16.29[e]	195.7[d]	10.59[e]

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Duncan test).

سوم قرار داشت. سالیسیلیک اسید سبب کاهش معنی‌دار میزان پرولین شد. با توجه به مقایسه میانگین اثر متقابل مشاهده شد که بیشترین میزان پرولین در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار بدون سالیسیلیک با میانگین ۳۹۶/۱ میکروگرم بر گرم وزن تر بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین میزان پرولین برای دو تیمار سطح تنش ۱۵۰ میلی‌مولار حاصل شد که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند.

پروتئین کل برگ

مقایسه میانگین سطوح شوری نشان داد که بیشترین میزان پروتئین کل برگ در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار با میانگین ۷۸/۳۹ میلی گرم بر گرم وزن تر بود که با سطح ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نشان نداد. کمترین پروتئین برای سطح ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۶۱/۷۳ میلی‌گرم بر گرم حاصل شد که با دیگر سطوح اختلاف معنی‌دار داشت. از سوی دیگر، اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین برگ شد. بررسی برهم‌کنش دو فاکتور تنش شوری و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد که بیشترین میزان پروتئین در سطح تنش ۱۰۰ میلی‌مولار به‌همراه سالیسیلیک با میانگین ۷۹/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که با تیمارهای بدون تنش با سالیسیلیک، تنش ۵۰ میلی‌مولار با سالیسیلیک و تنش ۱۰۰ میلی‌مولار بدون سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میزان پروتئین برای تیمار تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با سالیسیلیک به میزان ۵۹/۷۲ میلی‌گرم بر گرم بود که با تیمار تنش ۱۵۰ میلی‌مولار بدون سالیسیلیک و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت.

محتوای کلروفیل

برای محتوای کلروفیل مشاهده شد که با افزایش شدت تنش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش یافت. بیشترین میزان در سطح بدون تنش به‌ترتیب با میانگین ۱۷/۶۶، ۱۰/۴۸ و ۲۸/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که با سطح تنش ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نداشت. از سویی، کمترین میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح تنش ۱۵۰ میلی‌مولار به‌ترتیب با میانگین ۱۲/۹۸، ۵/۸۷ و ۱۸/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که با دیگر سطوح اختلاف معنی‌دار داشت. همچنین اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل b و کلروفیل کل

شد، اما بر میزان کلروفیل a تأثیر معنی‌دار نداشت. برهم‌کنش سطوح شوری و اسید سالیسیلیک نیز برای محتوای کلروفیل نشان داد که بیشترین کلروفیل a، b و کلروفیل کل به‌ترتیب با میانگین ۱۹/۴۸، ۱۲/۶۵ و ۱۳/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به تیمار بدون تنش با مصرف اسید سالیسیلیک اختصاص داشت که با تیمارهای تنش ۵۰ میلی‌مولار با سالیسیلیک و تیمار شاهد (به‌استثناء کلروفیل b) اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین محتوای کلروفیل a، b و کل به تیمار تنش ۱۵۰ میلی‌مولار به‌همراه اسید سالیسیلیک به‌ترتیب با میانگین ۱۱/۷۴، ۵/۳۲ و ۱۷/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ اختصاص داشت.

کاروتنوئید

برای رنگدانه کاروتنوئید مشاهده شد که بیشترین میزان در سطح تنش ۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۱/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که تنها با تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار با میانگین ۰/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اختلاف معنی‌دار داشت، همچنین اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار میزان کاروتنوئید شد. از سویی، برهم‌کنش دو فاکتور مورد بررسی نشان داد که بیشترین کاروتنوئید برای تیمار ۵۰ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک به میزان ۱/۵۹ میلی‌گرم بر گرم حاصل شد که با تیمار بدون تنش با سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین میزان در تیمار تنش ۱۵۰ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک با میانگین ۰/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد که تنها با دو تیمار ۵۰ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک و بدون تنش با سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر اسید سالیسلیک و شوری بر صفات فیزیولوژیک گل مغربی (**Oenothera biennis**)

Table 3. Means comparison of salicylic acid and salinity effects on Oenothera biennis physiological traits

NaCl (mM)		Relative water content (%)	Proline (µg.g^{-1} FW)	Protein (mg.g^{-1} FW)	Chlorophyll *a* (mg.g^{-1} FW)	Chlorophyll *b* (mg.g^{-1} FW)	Total chlorophyll (mg.g^{-1} FW)	Carotenoids (mg.g^{-1} FW)
0		87.95^{a}	217.7^{c}	69.05^{b}	18.89^{a}	11.48^{a}	30.37^{a}	1.35^{a}
50		83.72^{a}	299.0^{b}	75.12^{a}	17.66^{a}	10.48^{a}	28.14^{a}	1.42^{a}
100		68.73^{b}	374.3^{a}	78.39^{a}	15.90^{b}	8.54^{b}	24.43^{b}	1.21^{a}
150		51.86^{c}	189.0^{d}	61.73^{c}	12.98^{c}	5.87^{c}	18.85^{c}	0.96^{b}
Salicylic acid (mM)								
0		71.07^{b}	276.0^{a}	69.65^{b}	15.99^{a}	8.43^{b}	24.42^{b}	1.15^{b}
2		75.06^{a}	264.0^{b}	72.50^{a}	16.73^{a}	9.75^{a}	26.48^{a}	1.32^{a}
NaCl ×SA								
0	0	86.21^{ab}	216.2^{d}	64.85^{c}	18.30^{abc}	10.32^{bc}	28.62^{ab}	1.19^{bcd}
50	0	79.48^{bc}	296.5^{c}	72.53^{b}	16.45^{cd}	9.23^{cd}	25.68^{bc}	1.25^{bcd}
100	0	64.32^{d}	396.1^{a}	77.47^{ab}	14.99^{de}	7.75^{de}	22.74^{cd}	1.16^{cd}
150	0	54.26^{e}	195.1^{e}	63.74^{c}	14.23^{e}	6.41^{ef}	20.64^{de}	1.00^{cd}
0	2	89.69^{a}	219.3^{d}	73.25^{ab}	19.48^{a}	12.65^{a}	32.13^{a}	1.51^{ab}
50	2	87.96^{a}	301.5^{c}	77.72^{ab}	18.87^{ab}	11.73^{ab}	30.60^{a}	1.59^{a}
100	2	73.13^{c}	352.4^{b}	79.31^{a}	16.81^{bcd}	9.31^{cd}	26.12^{bc}	1.26^{bc}
150	2	49.45^{e}	182.8^{e}	59.72^{c}	11.74^{f}	5.32^{d}	17.06^{e}	0.92^{d}

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Duncan test).

بحث

شوری از طریق کاهش ظرفیت آب، افزایش سمّیت یون‌های خاص و کاهش عناصر غذایی مورد نیاز، بر عملکرد گیاه تأثیر منفی می‌گذارد (Asgarian & Abdossi, 2022). به عبارتی، تنش شوری سبب به‌هم خوردن تعادل متابولیکی شده و سبب تنش اکسیداتیو می‌شود که باعث

ازدیاد انواع شکل‌های اکسیژن فعال مانند رادیکال سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسید می‌گردد که در ادامه موجب اختلالات متابولیکی مانند اکسیداسیون لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود. در واقع همه فاکتورهای مهم مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین، انرژی و متابولیسم چربی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Golestani, 2022) و در نهایت موجب کاهش رشد گیاه می‌شود. در این تحقیق نیز مشاهده شد با افزایش سطح تنش شوری تمام خصوصیات زراعی تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش نشان داد. اما نکته جالب توجه این بود که اعمال شوری ۵۰ میلی‌مولار اثر کاهشی معنی‌داری بر خصوصیات زراعی گیاه مغربی نداشت که این نتیجه‌گیری ناشی از تحمل متوسط این گیاه به شوری به‌ویژه تا اوایل گلدهی می‌باشد. مطابق با این نتیجه‌گیری، گزارش شده است که گیاه مغربی تا قبل از گلدهی می‌تواند تمامی سطوح شوری را تحمل کند (Gholamzadeh *et al*., 2020)، همچنین تحقیقات نشان داده است با توجه به نسبت غلظت یون پتاسیم به سدیم تحت تنش شوری، یک گیاه نیمه مقاوم به شوری است (Goldani & Keshmiri, 2015) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

اما برای خصوصیات فیزیولوژیک رفتارهای پیچیده‌ای تحت تنش شوری ملاحظه شد و به این شرح که آب نسبی برگ و محتوای کلروفیل با افزایش شدت تنش کاهش نشان دادند و همانند صفات مورفولوژیکی این کاهش در سطح ۵۰ میلی‌مولار معنی‌دار نبود. نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش شوری باعث تخریب کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل به دلیل سنتز اتیلن می‌شود (Misra & Sricastatva, 2000)، همچنین فعالیت آنزیم کلروفیلاز با افزایش شدت تنش بیشتر شده (Singh & Jain, 1981) و می‌توان کرد که کاهش میزان کلروفیل به دو دلیل کاهش سنتز و افزایش تخریب آن می‌باشد. اما کاهش محتوای کلروفیل تنها عامل کاهش میزان فتوسنتز گیاه در شرایط تنش شوری نیست و کاهش میزان آب نسبی برگ نیز از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش فتوسنتز است. در واقع محیط شور سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود (Ghatei *et al*., 2021) و به دنبال کاهش جذب آب، میزان محتوای آب نسبی برگ نیز کاهش می‌یابد که در این تحقیق نیز این نتیجه‌گیری مشاهده شد. به عبارت دیگر، محتوای نسبی آب برگ در شرایط شور، بخشی از فرایند تحمل به‌شمار می‌آید، زیرا محتوای آب و املاح با کمک هم میزان فشار آماس را مشخص می‌کنند. همچنین در شرایط تنش شوری یاخته‌های گیاه برای حفظ توان اسمزی برای جذب آب، به تجمع نمک یا ساخت ترکیب‌های آلی مانند قندها و اسیدهای آمینه می‌پردازند و در این شرایط میزان نسبی آب برگ بر اثر افزایش غلظت نمک به‌شدت کاهش می‌یابد (Farhadi *et al*., 2016).

در ادامه، کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در ابتدا منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز می‌شود و با افزایش شوری توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی انجام می‌گردد و موجب کاهش میزان فتوسنتز (Ghatei *et al*., 2021) و در نهایت کاهش خصوصیات رویشی گیاه می‌شود.

از سوی دیگر، روند واکنش پرولین، پروتئین و کاروتنوئید به تنش شوری با محتوای کلروفیل و رطوبت نسبی برگ متفاوت بود. برای پرولین مشاهده شد که با افزایش سطوح تنش میزان تولید پرولین در گیاه به‌طور معنی‌داری تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار افزایش یافت و در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار تولید پرولین کاهش چشمگیری نشان داد و به پایین‌ترین سطح خود رسید. افزایش میزان پرولین تحت تنش شوری در گونه‌های مختلف گیاهی ازجمله سیاه‌دانه (Fazeli *et al*., 2018)، همیشه‌بهار (Asgarian & Abdossi, 2022)، گوجه فرنگی (Panahandeh *et al*., 2022) و درمنه (Eskandari Zanjani *et al*., 2013) گزارش شده است. در واقع افزایش پرولین در گیاه تحت تنش شوری به‌منظور حفظ تنظیم اسمزی سلول‌ها انجام می‌شود (Goldani & Keshmiri, 2015) و موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش می‌شود، بر همین اساس، افزایش میزان پرولین در گیاه مغربی تحت تنش خشکی گزارش شده

است (Rajabi *et al*., 2014). برای پروتئین کل نیز روندی شبیه پرولین مشاهده شد. تحقیقات نشان داده است که افزایش پروتئین‌ها در شرایط تنش شوری موجب افزایش تحمل گیاه به تنش می‌شود (Tasgin *et al*., 2006). اما افزایش شدت تنش سبب کاهش فعالیت آنزیمی و سنتز پروتئین می‌شود (Goldani & Keshmiri, 2015) که در این تحقیق نیز مشاهده شد با افزایش شدت تنش روند سنتز پروتئین کاهش یافت. بر همین اساس، گزارش شده است که مقدار پروتئین‌های محلول برگ معمولاً در شرایط محیطی تنش‌زا تغییر می‌کند و بیان شده که افزایش یا کاهش و یا عدم تغییر مقدار پروتئین در شرایط تنش شوری با توجه به شدت تنش و میزان تحمل گیاه به تنش است (Baghizadeh *et al*., 2014؛ Daneshmand & Arvin, 2011). برای رنگدانه کاروتنوئید نیز مشاهده شد تا سطح تنش ۱۰۰ میلی‌مولار تغییرات معنی‌داری نداشت و در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد در گیاه گل مغربی، کاروتنوئید نسبت به کلروفیل کمتر تحت تأثیر تنش‌های شوری قرار می‌گیرد.

از سوی دیگر، ملاحظه شد که استفاده از اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار سبب بهبود تمام خصوصیات زراعی گل مغربی شد و بر این اساس ارتفاع بوته ۳/۴۶٪، وزن تر ۶/۸۷٪، وزن خشک ۱۱/۸۹٪، ۸/۷۹٪، سطح برگ ۴/۴۸٪ و تعداد شاخه در بوته ۹/۹۵٪ افزایش یافت. این افزایش در خصوصیات زراعی ناشی از نقش مهم اسید سالیسیلیک در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف ازجمله رشد و نمو گیاه، جذب یون و فتوسنتز می‌باشد (El-Tayeb, 2005). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک جزء پیام‌رسان کلیدی در فعال‌سازی پاسخ‌های اختصاصی دفاعی گیاه شناخته می‌شود. پاسخ‌های دفاعی گیاه منجر به بیوسنتز و تجمع انواع ترکیبات ثانویه گیاهی شده و می‌توانند از طریق القاء آنزیم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدان، تحمل گیاه را به تنش افزایش دهند (Eskandari Zanjani *et al*., 2013). به‌طوری که در ادامه نتیجه‌گیری بدست آمده از این تحقیق در مورد صفات فیزیولوژیک با نکات بیان شده در مورد اسید سالیسیلیک مطابقت داشت و ملاحظه شد که مصرف اسید سالیسیلیک موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروتئین و میزان آب نسبی برگ شد، اما از سوی دیگر سبب کاهش معنی‌دار میزان پرولین شد. نتایج تحقیقات دیگری هم نشان داده است که کاربرد اسید سالیسیلیک محتوای پرولین را در گیاهان مختلفی ازجمله سیاه دانه (Zarei *et al*., 2019) و بالنگوی شیرازی (Rostami, 2018) کاهش داده است که با این تحقیق مطابقت داشت.

بررسی برهم‌کنش تأثیرات اسید سالیسیلیک در شرایط متفاوت شوری بر روی صفات زراعی مغربی نشان داد که در تنش پایین (۵۰ میلی‌مولار) اعمال اسید سالیسیلیک به میزان ۲ میلی‌مولار سبب بهبود تمامی خصوصیات زراعی گیاه شده و حتی نسبت به تیمار شاهد گیاه خصوصیات رویشی بهتری داشت و با افزایش میزان شوری به ۱۰۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب تعدیل اثرهای شوری شد، اما در شرایط تنش ۱۵۰ میلی‌مولار برای تمام صفات زراعی اسید سالیسیلیک موجب کاهش رشد رویشی گیاه شد. بنابراین کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط شوری بالا نه تنها به بهبود خصوصیات زراعی گل مغربی کمک نکرد، بلکه بر آنها تأثیر منفی داشت. این نتیجه‌گیری با دیگر گزارش‌های ارائه شده در زمینه تأثیر اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری بر خصوصیات زراعی گیاهان مختلف ازجمله درمنه (Eskandari Zanjani *et al*., 2013)، گوجه فرنگی (Panahandeh *et al*., 2022)، ریحان سبز (Delavari Parizi *et al*., 2012) و موسیر (Saeidi *et al*., 2023) نیز گزارش شده است. اما در مورد خصوصیات فیزیولوژیک روند دیگری نیز مشاهده شد، به این توضیح که برای رنگدانه‌های فتوسنتزی و آب نسبی برگ همانند خصوصیات زراعی در تنش ۵۰ میلی‌مولار اعمال اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار آنها شد. از سوی دیگر، برای پروتئین کل مشاهده شد، حتی در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نیز افزایش معنی‌دار با اعمال اسید سالیسیلیک داشت. این صفات نیز در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش چشمگیری با اعمال اسید

سالیسیلیک داشتند. برای پرولین روند اثرهای متقابل کاملاً متفاوت بود و ملاحظه شد که بیشترین میزان در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار بدون اعمال سالیسیلیک بود، اما در این سطح شوری اعمال سالیسیلیک موجب تعدیل کاهش پرولین شد، به هر حال، برای این صفت نیز مشاهده شد. در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار کاربرد اسید سالیسیلیک موجب کاهش بسیار شدید پرولین شد. به هر حال، کاربرد اسید سالیسیلیک در تنش‌های شوری پایین سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیک گیاه در جهت بهبود و افزایش تحمل به تنش می‌شود (Fazeli *et al.*, 2018). در یک جمع‌بندی کلی، با توجه به نتایج بدست آمده در گیاه مغربی، می‌توان بیان کرد که این گیاه تحمل متوسطی به شوری دارد و در سطوح متوسط شوری کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند به بهبود خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک آن کمک کند، اما در شرایط تنش شوری بالا اسید سالیسیلیک نه تنها سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی گیاه نمی‌شود بلکه عاملی مؤثر بر افزایش شدت تنش است و بر همین اساس در تنش‌های بالا، کاربرد اسید سالیسیلیک توصیه نمی‌شود.

References

- Andalibi, L., Ghorbani, A., Moameri, M., Hazbavi, Z., Nothdurft, A., Jafari, R. and Dadjou, F., 2021. Leaf area index variations in ecoregions of Ardabil province, Iran. Remote Sensing, 13: 2879.
- Arvin, P. and Firuzeh, R., 2021. Effects of salinity stress on physiological and biochemical traits of some fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) populations. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 37(5): 822-837.
- Asgarian, H. and Abdossi, V., 2022. Study of phytochemical compounds and essential oil function of Marigold (*Calendula officinalis* L.) plant under the salinity stress by Nacl with the application of Humic acid and Selenium. Iranian Plant and Biotechnology, 16(4): 33-44.
- Ashraf, M. and Harris, P.J.C., 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica, 51(2): 163-90..
- Bagautdinova, Z.Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A.V., Kovrizhnykh, V.V., Lavrekha, V.V. and Zemlyanskaya, E.V., 2022. Salicylic Acid in Root Growth and Development. International Journal of Molecular Sciences, 23: 2228.
- Baghizadeh, A., Salarizadeh, M.R. and Abaasi. F., 2014. Effects of salicylic acid on some physiological and biochemical parameters of *Brassica napus* L. (canola) under salt stress. International Journal of Agricultural Sciences, 4(2): 147-52.
- Bates, L., Waldren, R. and Teare, I., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
- Bian, S. and Jiang, Y., 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae, 120: 264-270.
- Bohloli, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M. and Razmjoo, J., 2019. Effect of Humic acid, Mycorrhizal Fungi and Madder Residue on Some Growth Characteristics and Nutrient Uptake of Evening Primrose (*Oenothera biennis* L.) Under Salt Stress. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 20(2): 221-234.
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantites of protein utilizing the principles of protein dyebinding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.
- Daneshmand, F. and Arvin, M.J., 2011. Response of Potato Species to Salt and Osmotic Stress in Vitro and the Role of Acetylsalicylic Acid: Non-Enzymatic Antioxidants. Iranian Journal of Plant Physiology, 1: 285-300.
- Delavari Parizi, M., Baghizadeh, A., Enteshari, Sh. 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. Journal of Plant Biology, 4(12): 25-36.
- El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.
- Eskandari Zanjani, K., Shirani Rad, A.H., Moradi Agdam, A. and Taherkhani, T., 2013. Effect of Salicylic Acid Application under Salinity Conditions on Physiologic and Morphologic Characteristics of Artemisia (*Artemisia annua* L.). Journal of Crop Ecophysiology, 6(4): 415-428.
- Farhadi, H., Azizi, M., and Nemati, S.H., 2016. Investigation of the effects of salt stress on some physiological and biochemical characteristics of different landraces of fenugreek (*Trigonella foenum*-graecum L.). Iranian Journal of Horticultural Sciences (Iranian Journal of Agricultural Sciences), 47(3): 531-541.

- Fazeli, A., Zarei, B. and Tahmasebi, Z., 2018. The effect of salinity stress and salicylic acid on some physiological and biochemical traits of Black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Plant Biology, 9(4): 68-83.
- Fieldsend, A.F. and Morison, J.I.L., 2000. Climatic conditions during seed growth significantly influence oil content and quality in winter and spring evening primrose crops (*Oenothera* spp.). Industrial Crops and Product, 12: 137-147.
- Gambino, P. and Vilela, A., 2011. Morphological traits and allocation patterns related to stress-tolerance and seed-yield in wild and domesticated evening primrose (*Oenothera* L.) Onagraceae. Industrial Crops and Product, 34(2): 1269-1276.
- Ghatei, P., Dehestani-Ardakani, M., Gholamnezhad, J., Momenpour, A. and Fakharipour, Z., 2021. Improving Growth and Physiological Chracteristics in Salt Stressed lantana (*Lantana camara* Linn.) by Application of Exogenous Salicylic Acid. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(4): 95-115.
- Gholamzadeh, A., Ansari, H., Hasheminia, S.M. and Azizi, M., 2020. Investigating of Salinity Stress and Irrigation Levels on some Morphological and Physiological Parameters of Medicinal Plant (*Oenohera biennis* L.). Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 1(14): 14-23.
- Goldani, M. and Keshmiri, E., 2015. The Effect of Potassium on the Controlling of Salt in Evening Primrose (*Oenothera macrocarpa*). Journal of Horticultural Science, 29(4): 528-536.
- Golestani, M., 2022. Investigation of Some Physiological Traits in *Dracocephalum Moldavica* L. Ecotypes under Salt Stress Condition. Journal of Crop Breeding, 14(43): 155-163.
- Guo, X., Ma, J.Y., Liu, L.L., Li, M.Y., Wang, H., Sun, Y.K., Wang, T., Wang, K.L. and Meyerson, L.A., 2023. Effects of salt stress on interspecific competition between an invasive alien plant *Oenothera biennis* and three native species. Frontiers in Plant Science, 14: 1144511.
- Hasanuzzaman, M. and Fujita, M., 2013. Exogenous sodium nitroprusside alleviates arsenic-induced oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings by enhancing antioxidant defense and glyoxalase system. Ecotoxicology, 22(3): 584-596.
- Kadioglu, A., Saruhan, N., Sağlam, A., Terzi, R. and Acet, T., 2011. Exogenous salicylic acid alleviates effects of 554 long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. Plant Growth Regulation, 64: 27-37.
- Kamali, M., Kharazi, S.M., Selahvarzi, Y. and Tehranifar, A., 2012. The effect of salicylic acid on the growth and some morphophysiological traits of globe amaranth (*Gomphrena globosa* L.) under salinity stress conditions. Journal of Horticultural Science, 26(1): 104-112.
- Kaur, G. and Asthir, B., 2015. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. Biologia Plantarum, 59(4): 609-619.
- Khalaj, M.A. and Hasheminejhad, Y., 2020. Soil salinity and salinity tolerant ornamental plants introduction. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Horticultural Science Research Institute Ornamental Plants Research Center, Mahalat, Iran, 40p.
- Menezes, R.V., Azevedo Neto, A.D., Oliveira Ribeiro, M. and Watanabe Cova, A.M., 2017. Growth and contents of organic and inorganic solutes in amaranth under salt stress. Agropecuária Tropical Goiania, 47: 22-30.
- Misra, A. and Sricastatva, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 7: 51-58.
- Mohammadi, M., Modarres Sanavy, S.A.M., Pirdashti, H., Zand, B. and Tahmasebi Sarvestani, Z., 2020. Effect of different irrigation regime, chemical, and biological fertilizers, on fatty acids content and oil yield of Evening primrose (*Oenothera biennis* L.). Iranian Journal of Field Crop Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences), 50(4): 155-173.
- Panahandeh, J., Zarefar, M.S., Motallebiazar, A., Zare Nahandi, F. and Amani, M., 2023. Investigating the effect of Salicylic Acid on Reduce Salinity Stress in Tomatoes. Journal of Horticultural Science, 37(4): 931-948.
- Rajabi, M., Gurbanli, M.L. and Jafari Mofidabadi, A., 2014. Investigating the effect of drought stress on the amount of proline, soluble sugars and the antioxidant enzymes activity in medicinal plant of *Oenothera biennis* L. Journal of Plant Environmental Physiology, 9(1): 205-215.
- Ranjbar, S., Ghobadi, M.E. and Ghobadi, M., 2021. Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions. Iranian Journal of Pulses Research, 12(2): 69-84.
- Rezaee, B., Ghasemnezhad, A. and Zeinali, E., 2023. Phenology of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) as affected by vernalization and gibberellic acid (GA3). Iranian Journal of Plant Physiology, 13(3): 4589-4597.
- Rostami, M., 2018. Effect of salinity stress and salicylic acid on physiological characteristics of *Lallemantia royleana*. Journal of Plant Research

(Iranian Journal of Biology), 31(2): 208-220.
- Saeidi, R., Zarrabi, M.M. and Babaei, D., 2023. Effect of Salicylic Acid Spraying on Shallot Yield under Salinity Stress Conditions. Journal of Water Research in Agriculture, 37(3): 269-284.
- Singh, G. and Jain, S., 1981. Effect of some growth regulators on certain biochemical parameters during seed development in chickpea under salinity. Indian Journal of Plant Physiology, 20: 167-179.
- Sohrabi, O., Ghasemnejad, A., Nadimi, A. and Shahbazi, M., 2017. Study the effect of salicylic acid, harvest method and pollinator (Bee) on seed yield of evening primrose (*Oenothera biennis* L.). Journal of Plant Production Research, 24(1): 47-60.
- Tasgin, E., Atici, O., Nalbantoglou, B. and Popova, L.P., 2006. Effects of salicylic acid and cold treatments on protein levels and on the activities of antioxidants enzymes in the apoplast of winter wheat leaves. Phytochemistry, 67: 710-15.
- Timoszuk, M., Bielawska, K. and Skrzydlewska, E., 2018. Evening Primrose (*Oenothera biennis*) Biological Activity Dependent on Chemical Composition. Antioxidants (Basel), 7(8): 108.
- Zarei, B., Fazeli, A. and Tahmasebi, Z., 2019. Salicylic acid in reducing effect of salinity on some growth parameters of Black cumin (*Nigella sativa*). Plant Process and Function, 8(29): 287-298.
- Zhang, L., Zhao, H.X., Fan, X., Wang, M., Ding, C., Yang, R.W., Yin, Z.Q., Xie, X.L., Zhou, Y.H. and Wan, D.G., 2012. Genetic diversity among *Salvia miltiorrhiza* Bunge and related species inferred from nrDNA ITS sequences. Turkish Journal of Biology, 36(3): 319-326.