

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Study of Changes in Morphophysiological and Biochemical Indices of Some Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.) with the Application of salicylic Acid under Salt Stress Conditions

Beyrami Bigdeli¹, S., Mirzakhani^{2*}, A., Sajedi³, N. A., Chavoshi⁴, S. and Gomarian³, M.

1. Ph.D Student, Department of Horticultural Sciences, Islamic Azad University, Arak, Iran.
2. Assistant Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (Areco), Arak, Iran.
- 3 and 4. Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agriculture and Plant Breeding, Arak Islamic Azad University, Arak, Iran.

*: Corresponding Author Email: mirz51@yahoo.com

Received: 2025/03/17

Accepted: 2025/06/13

Introduction

One of the most common abiotic stresses is salinity stress, and according to available reports, about 20% of the irrigated lands and 57% of the land around the world are affected by severe salinity. Studies have proven that salinity stress is harmful to the growth and development of existing crops through physiological and biochemical processes, including chlorophyll synthesis, photosynthesis, respiration, and ion homeostasis. On the other hand, salicylic acid is an endogenous messenger responsible for inducing tolerance in plants under biotic and abiotic stresses. It also increases the production of antioxidant enzymes such as peroxidase in stressed plants. Considering that Iran is one of the arid and semi-arid regions of the world, and agricultural lands are always facing an increase in salinity, it seems that by strengthening the mechanisms of resistance to salinity stress in plants, it is possible to sustainably produce horticultural products. took action The general purpose of this research was to select a grape variety resistant to salt stress from the varieties of Bidane Sefid, Lal, Shirazi, and Sahebi and to reduce the damage caused by salt stress by using salicylic acid.

Materials and Methods

To investigate some morphological, physiological and biochemical changes of grape cultivars under salinity and salicylic acid stress, an experiment was conducted in the greenhouse of the Agricultural and Natural Resources Research Center of Arak city in the form of a split split plot (the main plot includes salinity at 4 levels (0, 30, 60 and 90 mM NaCl salt), sub-plot including foliar spraying of salicylic acid at 3 levels (0, 150 and 300 mg L⁻¹) and sub-plot including 4 grape varieties (Bidane Sefid, Black Lal, Shirazi and Sahebi) It was implemented in the form of randomized complete block design in 3 replications. 30 cm long grape cuttings were obtained from a commercial garden in Khandab city, 20 km from Arak city. At the end of December, the uniform and disease-free cuttings, after being prepared and transferred to the laboratory and treated with the growth regulator indole-butyric acid (at a concentration of 1000 ppm), were cultivated in culture boxes containing airy sand. After the establishment of the cuttings (June), salt stress was applied. for this purpose, it started from low concentrations and reached the final concentration at each level, and continued until the end of the test period (6 weeks). Simultaneously with the onset of salinity stress, salicylic acid treatment was carried out as a foliar spray in four stages. To prevent salt accumulation in the cultivation beds, once a week, the bed was completely washed with distilled water and before applying the salinity stress, the electrical conductivity of the used salts was also measured.

Results and Discussion

To investigate some morphological, physiological and biochemical changes in grape cultivars under salinity and salicylic acid stress, an experiment was conducted in the greenhouse of the Arak Agricultural and Natural Resources Research Center in the form of a split plot (the main plot included salinity at 4 levels (0, 30, 60 and 90 mM sodium chloride), A subplot including foliar spraying of salicylic acid at 3 levels (0, 150, and 300 mg L⁻¹) and a subplot including 4 grape cultivars (Bidane Sefid, Lal, Shirazi, and Sahebi) were implemented in a randomized complete block design with 3

replications. The results showed that photosynthetic pigments and stomatal density in leaves decreased significantly with increasing salinity stress, leaf area, and number. Also, at the 90 mM stress level in the Bidaneh cultivar, the lowest relative water content (23%) and potassium element in the leaf (23.6%) were observed. The ion leakage rate (35.1%), sodium element content (20.2%), and sodium/potassium ratio in the leaf (22.12%) increased in this treatment. In contrast, the application of salicylic acid at salinity stress levels reduced the effects of stress, such that salicylic acid treatment at 300 mg/L caused a 33.5% reduction in leaf sodium content in the pomegranate cultivar under salinity stress, and the highest levels of chlorophyll a and total pigments were also recorded at the same concentration in the pomegranate cultivar. In general, it was observed that a concentration of 300 mg L⁻¹ of salicylic acid under salt stress conditions improved conditions and increased growth in grape cultivars. In terms of cultivar resistance, among the studied cultivars, Lal cultivar had the highest and Bidaneh cultivar had the lowest resistance to salt stress. Potential mechanisms of salinity effects in plants include: (1) salinity-induced disturbances in growth and development through water stress and (2) cytotoxicity due to excessive uptake of ions such as sodium and chloride. An increase in soil salinity can cause direct competition between ions in different transporters in the root plasma membrane (such as potassium-selective ion channels) or decrease the mass solution of mineral nutrients in the root by reducing the osmotic potential. In addition, reducing sodium levels in salicylic acid treatments leads to less membrane damage, higher water content, and dry matter formation. In addition, salicylic acid counteracts the damage caused by salt stress by regulating osmolyte absorption and ion homeostasis by reducing the production of chlorogenic acid.

Conclusions

In general, it was observed that the concentration of 300 mg L⁻¹ of salicylic acid in salt stress conditions improved the conditions and increased the growth of grape cultivars. In terms of cultivar resistance, among the studied cultivars, the Lal cultivar had the highest resistance to salt stress, and the Bidane cultivar had the least resistance.

Keywords: Lal cultivar, Stomatal density, Photosynthetic pigments, Potassium content

Citations: Birami Bigdeli, S., Mirzakhani, A., Sajedi, N. A., Chavoshi, S. and Gomarian, M. (2025). Study of Changes in Morphophysiological and Biochemical Indices of Some Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.) with the Application of salicylic Acid under Salt Stress Conditions, *Production Technology*, 25(1), 139-156. <https://doi.org/10.22084/ppt.2025.30688.2154>

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Online ISSN: 2476-5651

Print ISSN: 2476-6321

بررسی تغییرات شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی برخی از ارقام انگور

(*Vitis vinifera* L.) با کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری

Study of Changes in Morphophysiological and Biochemical Indices of Some Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.) with the Application of salicylic Acid under Salt Stress Conditions

صبا بیرمی بیگدلی^۱، عباس میرزاخانی^{۲*}، نورعلی ساجدی^۳، سعید چاوشی^۴ و مسعود گماریان^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

(مقاله پژوهشی)

چکیده

به منظور بررسی برخی ویژگی‌های ارقام انگور تحت تنش شوری و اسیدسالیسیلیک، آزمایشی در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اراک به صورت اسپلیت اسپلیت پلات (پلات اصلی شامل شوری در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم)، پلات فرعی شامل محلول پاشی برگ اسیدسالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر) و پلات فرعی فرعی شامل چهار رقم انگور (بیدانه سفید، لعل سیاه، شیرازی و صاحبی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری، سطح و تعداد برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و تراکم روزنه در برگ ارقام مورد بررسی (بیدانه سفید، لعل سیاه، شیرازی و صاحبی) کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین، در سطح ۹۰ میلی مولار تنش در رقم بیدانه، کم‌ترین میزان محتوای نسبی آب (۲۳ درصد) و عنصر پتاسیم در برگ (۶/۲۳ درصد) بود و میزان نشت یونی (۱/۳۵ درصد)، محتوای عنصر سدیم (۲/۲۰ درصد) و نسبت سدیم/پتاسیم در برگ (۱۲/۲۲ درصد) در این تیمار افزایش نشان داد. در مقابل، کاربرد اسیدسالیسیلیک در سطوح تنش شوری، موجب کاهش اثرات تنش گردید و تیمار اسیدسالیسیلیک ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر در رقم لعل، موجب کاهش ۵/۳۳ درصدی در محتوای عنصر سدیم برگ گردید و بیش‌ترین میزان رنگیزه‌های کلروفیل a و کل نیز در همین غلظت ثبت شد. به طور کلی مشاهده شد که غلظت ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری موجب بهبود شرایط در ارقام انگور گردید و از نظر مقاومت ارقام نیز، رقم لعل دارای بیش‌ترین مقاومت در برابر تنش شوری بود.

واژه‌های کلیدی: رقم لعل، تراکم روزنه، رنگیزه‌های فتوسنتزی، میزان پتاسیم

ارجاع به مقاله: بیرمی بیگدلی، ص.، میرزاخانی، ع.، ساجدی، ن. ع.، چاوشی، س. و گماریان، م. (۱۴۰۴). بررسی تغییرات شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی برخی از ارقام انگور (*Vitis vinifera* L.) با کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری، مجله فناوری تولیدات گیاهی، ۲۵(۱)، ۱۳۹-۱۵۶.

<https://doi.org/10.22084/ppt.2025.30688.2154>

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License

Attribution (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ای چاپ شده را در

سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.



شاپا چاپی: ۶۳۲۱-۲۴۷۶

شاپا الکترونیکی: ۵۶۵۱-۲۴۷۶

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران
۲. استادیار، بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اراک، ایران

۳ و ۴. به ترتیب دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران

*: نویسنده مسئول Email: mirz51@yahoo.com

۱. مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) به راسته Ramnales، خانواده Vitaceae و جنس Vitis تعلق دارد (Newshehri et al., 2015). ارقام انگور دامنه تحمل نسبتاً بالایی را به محیط‌های شور و قلیایی نشان می‌دهند، در خاک‌های شور و قلیایی، تجمع مقادیر زیادی نمک در اطراف ریشه‌های انگور سبب آسیب‌های جدی به ریشه‌ها می‌شود؛ بنابراین، شوری و قلیایی شدن خاک یکی از عامل‌های محدودکننده رشد و عملکرد انگور به‌شمار می‌رود (Zhou-Tsang et al., 2021). انگور در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و این محصول بیش‌ترین سطح زیرکشت را در ایران بعد از پسته و بیش‌ترین تولید را بعد از سیب دارد (Mirfatah et al., 2024). استان مرکزی حدود ۵۷۰۰۰ هکتار محصولات باغی در ایران دارد. کل مساحت حاصلخیز و تاکستان‌های نابارور در استان مرکزی حدود ۱۶۰۰۰ هکتار با تولید حدود ۱۴۸۰۰۰ تن انگور است (Salehnia and Rafati, 2023). انگور به‌عنوان یکی از محصولات باغی با ارزش اقتصادی بالا در دنیا شناخته شده است (Bazgeer et al., 2022) و دامنه پراکنش اکولوژیکی آن بسیار وسیع بوده و بین عرض‌های جغرافیایی ۱۶ تا ۵۱ درجه کشت و این محصول در مناطقی که محدودیت‌های آب و هوایی ازجمله سرمای زیاد، گرمای شدید و رطوبت زیاد موانع از توسعه آن نباشد، رشد می‌کند (Farjad et al., 2023). انگور به‌طور معمول در مناطق نیمه خشک که بیش‌ترین میزان خشکسالی و شوری را دارند رشد می‌کند. مطالعات میدانی نشان داده که انگور باید به‌عنوان یک گیاه نسبتاً حساس به نمک طبقه‌بندی شود (Alinejad et al., 2024). درحالی‌که تحمل نمک در درجه اول برگرفته از ژنتیک گیاهی است و همچنین تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله مرحله رشد گیاه و تنش قرار دارد (Grigore and Vicente, 2023). حدود ۱۴/۱ درصد از اراضی کشور را خاک‌های شور و یا شور-قلیا تشکیل می‌دهد و اراضی شور، همه ساله به‌علل مختلف از جمله مدیریت ضعیف سامانه‌های آبیاری، عدم بارندگی کافی و آبیاری زمین‌ها با آب‌های شور که میانگین نمک آن‌ها بیش از ۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر است در حال افزایش می‌باشند (Farjad et al., 2023). در ایران عمده کشت انگور در مناطق خشک یا نیمه‌خشک است و در این مناطق، شوری و قلیایی

شدن خاک به‌دلیل بارندگی کم و تبخیر زیاد یک نگرانی محسوب می‌شود. اگرچه ارقام مختلف انگور دامنه تحمل نسبتاً بالایی را به محیط‌های شور دارند، اما در خاک تحت تأثیر محیط شور، ریشه‌های انگور اغلب مقدار زیادی نمک تجمع می‌کنند. همچنین pH قلیایی به‌طور جدی رشد و نمو طبیعی انگور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، شوری خاک عامل کلیدی محدودکننده رشد و عملکرد انگور در این مناطق محسوب می‌شود (Wang et al., 2021). تنش شوری از نمک‌های خنثی مانند کلرور و سدیم ناشی می‌شود که منجر به تنش اسمزی و عدم تعادل یونی در گیاهان شده و در نتیجه بر روند متابولیسم گیاه تأثیر منفی می‌گذارد (Lu et al., 2022). تجمع یون‌های نمک در ریشه باعث تفاوت‌های تغذیه‌ای در بافت ریشه به‌دلیل کاهش نسبت پتاسیم به سدیم می‌شود که منجر به افزایش سطح نمک خواهد شد (Yang and Guo, 2018). اثرات نامطلوب شوری بیش از حد بر گیاهان احتمالاً به تنش اسمزی و سمیت سلولی توسط سدیم، عدم تعادل تغذیه‌ای و کاهش تورژسانس نسبت داده می‌شوند (Farouk and AL-Huqail, 2022; Kaur et al., 2022).

اسیدسالیسیلیک یک پیام‌آور درون‌زا در گیاهان تحت تنش‌های زیستی و غیرزیستی مسئول القای تحمل است. همچنین یک محرک برای تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز در گیاهان تحت تنش می‌باشد (Jamshidi Jam et al., 2023). اسیدسالیسیلیک و مشتقات آن نقش مهمی در انجام فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان، از جوانه‌زنی بذر تا گلدهی و رسیدن محصول به عهده دارند. بیش‌ترین نقش آن بر القای سیستم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی است (Biareh et al., 2022; Paul et al., 2024). تأثیر محلول‌پاشی برگ‌های اسیدسالیسیلیک در انگور رقم بیدانه سفید (*Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid) تحت تنش شوری نشان داد که محلول‌پاشی برگ‌های نهال‌های انگور با اسیدسالیسیلیک، نشت یونی را کاهش داد (Nizamdoost et al., 2015). در بررسی تغییرپذیری عناصر غذایی، ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک در چند رقم و دورگه بین گونه‌های انگور در شرایط تنش شوری ناشی از سدیم کلرید، میزان رشد و محتوای نسبی آب با افزایش شوری کاهش یافتند (Doulati Baneh et al., 2016). بررسی همچنین، ارزیابی اثرات تنش

اسیدسالیسیلیک در تعدیل اثرات سوء ناشی از این تنش در این ارقام آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل دو گلدان (هر گلدان حاوی یک قلمه انگور) در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی در سال ۱۴۰۲ به اجرا درآمد. در این آزمایش پلات اصلی شامل شوری در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم، پلات فرعی شامل محلول‌پاشی برگ‌ی اسیدسالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و پلات فرعی شامل چهار رقم انگور (بیدانه سفید، لعل سیاه، شیرازی و صاحبی) بود. قلمه‌های خشبی انگور به طول ۳۰ سانتی‌متر از یک تاکستان تجاری واقع در شهرستان خنداب واقع در ۲۰ کیلومتری شهر اراک تهیه شد. در اواخر آذر ماه قلمه‌های یکنواخت و عاری از بیماری پس از تهیه و انتقال به آزمایشگاه و تیمار با تنظیم‌کننده رشد ایندول‌بوتیریک‌اسید (به غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام به مدت پنج ثانیه) در جعبه‌های کشت حاوی ماسه بادی کشت شد. بعد از گذشت سه ماه از کاشت قلمه‌ها، قلمه‌های ریشه‌دار شده یکسان، به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر، محتوی محیط‌کشت شامل مخلوطی از ماسه، خاک زراعی و کود حیوانی پوسیده به نسبت‌های مساوی منتقل شدند. آزمون خاک جهت مشخص نمودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر مورد استفاده، انجام شد (جدول ۱). دو ماه پس از انتقال به بستر اصلی و پس از استقرار قلمه‌ها (اوایل خرداد ماه)، به این منظور، ابتدا تیمار اسیدسالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی برگ‌ی در سه مرحله (مرحله اول قبل از اعمال تنش و دو مرحله دیگر به فواصل ۱۴ روز محلول‌پاشی گردید) صورت گرفت و سپس تنش شوری به صورت تدریجی اعمال گردید و تا پایان دوره آزمایش (شش هفته) ادامه یافت. همچنین، برای سنجش میزان شوری تجمع یافته در بستر، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب خارج شده از زهکش گلدان‌ها جهت کنترل تجمع شوری در بستر صورت گرفت.

شوری بر محتوای کلروفیل، سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی در بوته‌های فیسالیس (*Physalis peruviana* L.) تیمار شده با اسیدسالیسیلیک نشان‌دهنده کاهش نشت یونی و افزایش محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای اسیدسالیسیلیک بود (Siahmansour et al., 2020). در مطالعه‌ای اثر اسیدسالیسیلیک بر چند وارسته انگور ارقام بیدانه قرمز و سفید بررسی و مشخص شد که کاربرد اسیدسالیسیلیک در وارسته‌های مورد بررسی، در برخی غلظت‌ها موجب افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید (Nazari et al., 2022). در پژوهشی، اثر اسیدسالیسیلیک بر خرما (*Phoenix dactylifera*) بررسی و نشان داده شد که ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله رنگدانه‌های فتوسنتزی، به‌طور قابل‌توجهی در تیمار اسیدسالیسیلیک افزایش یافت و موجب افزایش مواد مغذی برگ شد (Narouizad et al., 2023). در پژوهشی دیگر تأثیر تنظیم‌کننده رشد اسیدسالیسیلیک بر میزان تحمل دو پایه انگور ۴۱ بی (*Vitis berlandieri* × *Vitis vinifera* cv. 'Chasselas') و ۱۱۰۳ پی (*Vitis berlandieri* × *Vitis rupestris*) تحت تنش شوری نشان داد که محتوای کلروفیل و عنصر پتاسیم در تیمارهای شوری کاهش یافت و اسیدسالیسیلیک تا حد زیادی با کاهش جذب سدیم و افزایش پتاسیم و نیز رنگدانه‌های فتوسنتزی، مقاومت پایه‌های موردبررسی را در انگور تحت تنش شوری بهبود بخشید (Ekbic and Yorulmaz, 2023). لذا با بررسی منابع، این تحقیق به‌منظور بررسی سطح مقاومت ارقام لعل سیاه، بیدانه سفید، صاحبی و شیرازی انگور که از ارقام غالب استان مرکزی می‌باشند با تمرکز بر صفات مؤثر بر تحمل به شوری صورت گرفت و همچنین شناسایی و معرفی ارقام مقاوم و حساس و امکان کاهش خسارت ناشی از تنش شوری با کاربرد محلول‌پاشی برگ‌ی اسیدسالیسیلیک از اهداف این مطالعه بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر روی چهار رقم انگور رایج مورد کشت در استان مرکزی و تأثیر کاربرد

Table 1: Soil test results used as bed

Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	pH	EC (ms/m)	OC (%)	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)
39	41	21	4.51	1.62	1.32	221	13

۱-۲. تعداد برگ و سطح برگ

تعداد برگ با شمارش برگ‌ها در هر نهال به‌دست آمد و جهت اندازه‌گیری سطح برگ، از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل A30325) استفاده شد.

۲-۲. تراکم روزنه‌ای (تعداد روزنه برگ)

برای ارزیابی این صفت از هر گیاه یک برگ کامل برداشت گردید. نمونه‌برداری در ساعات اولیه صبح (که روزنه‌ها کاملاً باز هستند) انجام گرفت و برای این منظور از برگ‌های بالغ پایین شاخه استفاده شد. ابتدا تصویر سلول‌های اپیدرمی و روزنه‌ها از سطح پشتی برگ تهیه شد. برای این کار از میکروسکوپ نوری (LABEX EUM-5000P) با بزرگنمایی ۶۰ استفاده شد و تراکم روزنه‌ای بر حسب تعداد روزنه در میلی‌متر مربع سطح برگ گزارش گردید (Kusumi, 2013).

۳-۲. رنگیزه‌های فتوسنتزی

به این منظور ۰/۱ گرم برگ تازه در هاون چینی با ازت مایع خرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص، مخلوط گردید و پس از سانتریفیوژ (دور ۴۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه) با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل LAMBDA 365 شرکت PerkinElmer)، جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۲ و ۴۷۰ اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ، به ترتیب از طریق روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) محاسبه شدند (Lichtenthaler, 1987):

رابطه (۱)

$$Chl\ a = 11/24 \times A_{662} - 2/04 \times A_{645}$$

رابطه (۲)

$$Chl\ b = 20/13 \times A_{645} - 4/19 \times A_{662}$$

رابطه (۳)

$$Total\ Chl = 7/05 \times A_{662} + 18/9 \times A_{645}$$

رابطه (۴)

$$Carotenoid = 1000 \times (A_{470} - 1/90 C_A - 63/14 C_B) / 214$$

۴-۲. محتوای نسبی آب

به این منظور، از برگ‌های جوان توسعه‌یافته، نمونه‌ای انتخاب و بعد از اندازه‌گیری وزن تر، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد، سپس وزن تورژسانس آن اندازه‌گیری و جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه قرار داده شد، در نهایت محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه (۶) محاسبه گردید (Ritchie and Jordan, 1972):

رابطه (۶)

$$RWC\ (\%) = (FW - DW) / (TW - DW)$$

FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ، TW: وزن تورژسانس

۵-۲. نشت یونی

برای تعیین میزان نشت الکترولیت سلول‌های برگ، دیسک‌های یک اندازه جدا و با آب مقطر شستشو شد، نمونه‌ها در لوله‌های شیشه‌ای حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی محلول با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی تعیین شد (EC_1). در مرحله بعد، ظروف حاوی نمونه در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (به مدت ۲۰ دقیقه) و پس از کاهش دما، مجدداً هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری شد (EC_2). درصد نشت الکترولیت از طریق رابطه (۷) محاسبه شد (Lutts et al., 1995):

رابطه (۷)

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

۶-۲. اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت

سدیم/پتاسیم

یک گرم از ماده گیاهی خشک شده، در کروزه چینی قرار داده و درون کوره الکتریکی قرار گرفته تا تبدیل به خاکستر شود. به تدریج طی زمان دو ساعت دمای کوره تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت چهار ساعت در این حرارت نگه داشته شد تا معدنی شدن کامل نمونه‌ها صورت گرفت و خاکستر رنگ سفید و یکدست حاصل شد. غلظت عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY PFP7) در

تیمار شرایط تنش شوری ۹۰ میلی مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم بیدانه اندازه گیری شد (جدول ۳).

۳-۲. تراکم روزنه

تنش شوری منجر به کاهش تعداد روزنه در چهار رقم مورد بررسی شد، به طوری که نتایج مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و رقم نشان داد که در رقم صابویی در تیمار بدون تنش شوری بیشترین تعداد روزنه (۳۴/۶۶ میلی متر مربع) شمارش شد که با رقم لعل تفاوت معنی دار نداشت. کمترین تعداد روزنه (۹/۶۶ میلی متر مربع) نیز متعلق به رقم بیدانه و در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی مولار ثبت شد که کاهش ۲۷/۵۳ درصدی نشان داد. بین ارقام لعل و صابویی در کلیه سطوح تیمار شوری و شاهد، تفاوت چندانی از نظر تعداد روزنه وجود نداشت، با این حال، رقم لعل در سطح تنش ۶۰ و ۹۰ میلی مولار، دارای تعداد روزنه بالاتری نسبت به بقیه ارقام بود (جدول ۴).

۳-۳. رنگیزه های فتوسنتزی

با افزایش سطوح تنش شوری در ارقام انگور، روند کاهشی در رنگیزه های کلروفیل و کارتنوئید وجود داشت و در مقابل، در تیمارهای کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب کاهش اثر تنش شوری گردید. به طور کلی، بررسی نتایج مقایسات میانگین اثرات سه گانه شوری $\times$ اسیدسالیسیلیک $\times$ رقم، مشخص کرد که هم در تیمار شاهد (بدون تنش) و هم در سطوح تنش شوری، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش کلروفیل a در همه ارقام مورد مطالعه شد، به طوری که بیشترین میزان (۶/۹۱ میلی گرم بر گرم وزن تازه) با کاربرد ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در تیمار شاهد (بدون تنش شوری) در رقم لعل (برابر با افزایش ۱۹/۱۳ درصدی) ثبت شد و کمترین میزان کلروفیل a (۱/۱۵ میلی گرم بر گرم وزن تازه) متعلق به تنش شوری ۹۰ میلی مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم بیدانه بود که این میزان کاهش، برابر با ۷۷/۵۳ درصد بود (جدول ۳).

طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر جهت پتاسیم و ۵۸۹ نانومتر جهت سدیم قرائت شد و غلظت عناصر سدیم و پتاسیم بر حسب میلی گرم در گرم ماده خشک گزارش شدند، از تقسیم مقادیر عنصر سدیم به مقادیر به دست آمده برای عناصر پتاسیم نیز نسبت سدیم به پتاسیم برگ حاصل شد (Chapman and Pratt, 1962).

۷-۲. آنالیز آماری

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسات میانگین از نرم افزار SAS (9.4 M6) استفاده گردید. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون دانکن و در سطح آماری پنج درصد با یکدیگر انجام شد.

۳. نتایج

۳-۱. تعداد و سطح برگ

بررسی مقایسه میانگین تاثیر سطوح تنش شوری و اسیدسالیسیلیک نشان داد که در تنش شوری شدید کاهشی برابر با درصد و در کاربرد اسیدسالیسیلیک در تمام سطوح تنش شوری بیشترین تعداد برگ شمارش گردید که میزان افزایش در سطح ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک برابر با ۲۷/۶۶ درصد افزایش در مقایسه با شاهد بود. بیشترین تعداد برگ (۲۷/۶۶ برگ در بوته)، در تیمار شاهد (بدون تنش) با کاربرد ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک و کمترین آن (۱۲/۶۶ عدد برگ در بوته) در تنش شوری ۹۰ میلی مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک به دست آمد (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثرات شوری $\times$ اسیدسالیسیلیک $\times$ رقم بر سطح برگ، نشان داد که در تیمار شاهد (بدون تنش) و نیز سطوح تنش شوری، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش سطح برگ در چهار رقم انگور مورد مطالعه شد. به طور کلی، بیشترین سطح برگ (۶۸/۱۲ سانتی متر مربع) در شرایط بدون تنش شوری با کاربرد ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در رقم لعل مشاهده شد و کمترین میزان سطح برگ (۲۷/۶۸ سانتی متر مربع) با کاهش ۵۵/۴۸ درصدی نسبت به شاهد، در

Table 2: The interaction effect of the salinity stress × salicylic acid on Grap cultivars traits

Treatments		Traits				
Salinity stress (mM)	Salicylic acid (mg L ⁻¹)	Leaf number	Chl. b (mg gr FW ⁻¹)	RWC (%)	Electrolyte leakage (%)	K (mg/gr DW)
0	0	22.33 ^{bc}	2.46 ^c	69.18 ^b	29.9 ^h	25.76 ^c
	150	25 ^{ab}	2.60 ^a	74.15 ^a	24.5 ^{ij}	34.66 ^b
	300	27.66 ^a	2.49 ^{bc}	75.31 ^a	23.75 ^j	37.2 ^a
30	0	18 ^{ce}	1.92 ^d	55.73 ^{cd}	39.23 ^e	16.6 ^d
	150	19.66 ^{cd}	2.34 ^{bc}	56.73 ^c	27.36 ^{hi}	17.93 ^c
	300	21 ^b	2.47 ^b	53.33 ^{de}	28.13 ^{gh}	15.66 ^c
60	0	15 ^{ef}	1.08 ^f	42.98 ^g	39.65 ^d	9.26 ^f
	150	17 ^e	1.28 ^e	48.78 ^f	28.76 ^{fg}	10.28 ^{ef}
	300	17.66 ^{de}	1.14 ^{df}	51.33 ^{ef}	30.98 ^{ef}	10.03 ^e
90	0	12.66 ^g	0.44 ^h	21.08 ⁱ	73.43 ^a	5.36 ^g
	150	14.66 ^{fg}	0.60 ^g	23 ⁱ	70.33 ^b	6.23 ^{gh}
	300	16 ^{ef}	0.66 ^g	25.63 ^h	67.12 ^c	6.52 ^h

*In each column, means followed by the same letters have not significant different based on Tukey test at 5% of probability level.

Table 3: The interaction effect of the salinity stress × salicylic acid × Cultivar on Grap cultivars traits

Treatments			Traits											
Salinity stress (mM)	Salicylic acid (mg L ⁻¹)		Leaf area (Cm ²)				Chl. a (mg gr FW ⁻¹)				Total Chl. (mg gr FW ⁻¹)			
			C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
0	0		62.1 ^{cd}	64.2 ^{ce}	65.6 ^{cd}	66.9 ^{bc}	5.31 ^{gj}	4.60 ^{jn}	4.91 ^{hl}	5.73 ^{bg}	7.77 ^{gj}	7.11 ^{km}	7.25 ^{il}	8.50 ^{cg}
	150		62.7 ^{cd}	64.7 ^d	66.0 ^c	67.8 ^{ab}	5.33 ^{fi}	6.28 ^{bc}	6.43 ^{ab}	6.15 ^{bd}	7.93 ^{fj}	9.03 ^{be}	9.35 ^{bc}	9.43 ^b
	300		62.0 ^{cd}	64.5 ^c	66.5 ^b	68.1 ^a	4.96 ^{hk}	6.08 ^{bf}	6.03 ^{be}	6.91 ^a	7.46 ^{hk}	9.15 ^{bd}	8.70 ^{bf}	10.62 ^a
30	0		54.1 ^f	63.1 ^{ce}	61.4 ^e	65.6 ^c	3.35 ^{qr}	4.50 ^{kn}	4.21 ^{lp}	5.23 ^{gj}	5.27 ^{rq}	6.82 ^{kn}	6.42 ^{lo}	7.88 ^{fj}
	150		54.6 ^f	64.6 ^c	61.4 ^c	66.1 ^b	3.77 ^{or}	5.52 ^{dh}	5.31 ^{gj}	5.39 ^{ei}	6.11 ^{nq}	8.16 ^{ei}	7.99 ^{fj}	8.20 ^{eh}
	300		56.9 ^d	65.4 ^b	61.9 ^c	66.7 ^{ab}	4.34 ^{ko}	5.03 ^{gk}	5.26 ^{gj}	5.59 ^{ch}	6.81 ^{kn}	7.86 ^{fj}	7.96 ^{fj}	8.39 ^{dg}
60	0		41.7 ^j	53.5 ^f	56.2 ^e	59.3 ^{ce}	2.07 ^{tx}	3.35 ^{qs}	3.61 ^{pr}	4.24 ^{lp}	3.16 ^{tv}	5.10 ^r	5.40 ^{pr}	6.49 ^{ln}
	150		42.1 ^j	54.6 ^f	56.9 ^e	59.6 ^{ce}	2.25 ^{tv}	3.24 ^{rs}	4.02 ^{mq}	4.69 ^{im}	3.54 ^{su}	5.10 ^r	6.04 ^{nq}	7.16 ^{jm}
	300		41.2 ^j	53.2 ^f	57.1 ^e	60.4 ^{cd}	2.38 ^{tu}	2.64 st	3.76 ^{oq}	3.98 ^{nq}	3.52 ^{su}	4.16 ^s	5.55 ^{or}	6.28 ^{mp}
90	0		27.6 ^l	45.3 ⁱ	55.0 ^{gh}	56.1 ^{gh}	1.15 ^y	1.45 ^{wy}	1.37 ^{xy}	1.35 ^{vy}	1.64 ^x	2.13 ^{wx}	2.09 ^{wx}	2.37 ^{vw}
	150		30.7 ^k	45.7 ⁱ	52.6 ^{ij}	56.6 ^{gh}	1.19 ^y	1.92 ^{ux}	1.51 ^{tu}	2.15 ^{tw}	1.75 ^x	2.87 ^{uw}	3.83 st	3.47 ^{su}
	300		31.1 ^k	45.5 ⁱ	52.3 ^h	55.2 ^g	1.42 ^{xy}	2.06 ^{tx}	2.51 ^{tu}	2.01 ^{tx}	2.08 ^{wx}	3.15 ^{tv}	3.86 st	3.44 ^{su}

*In each column, means followed by the same letters have not significant different based on Tukey test at 5% of probability level. (C1: Bidane, C2: Shirazi, C3: Sahibi, C4: Lal)

Table 4: The interaction effect of the salinity stress $\times$ cultivar on Grap cultivars traits

Treatments		Traits				
Salinity stress (mM)	Cultivar	K (mg/gr DW)	Electrolyte leakage (%)	RWC (%)	Chl. b (mg gr FW ⁻¹)	Stomate number (mm ²)
0	C1	25.76 ^c	29.9 ^{gf}	69.18 ^c	2.52 ^c	13.33 ^h
	C2	25.56 ^c	22.73 ^{hi}	73.71 ^{bc}	2.77 ^b	20.66 ^{fg}
	C3	27.6 ^{bc}	25.43 ⁱ	78.19 ^b	2.64 ^{bc}	34.66 ^a
	C4	33.06 ^a	15.43 ^j	83.8 ^a	3.25 ^a	34.33 ^{ab}
30	C1	16.6 ^g	39.23 ^e	55.73 ^h	2.24 ^d	18.66 ^g
	C2	23.96 ^d	27.5 ^{fg}	63.93 ^f	2.59 ^{bc}	20 ^e
	C3	32.7 ^a	28.46 ^{gh}	66.93 ^e	2.53 ^c	29 ^b
	C4	31.3 ^{ab}	18.03 ^j	70.12 ^d	2.75 ^b	29 ^b
60	C1	9.26 ⁱ	39.65 ^e	42.98 ^j	1.17 ^f	13.33 ⁱ
	C2	21 ^f	27.53 ^f	56.89 ^g	1.70 ^e	15 ^h
	C3	30.73 ^b	32.96 ^f	64.49 ^f	1.86 ^e	25.66 ^{cd}
	C4	27.7 ^c	23.36 ⁱ	67.19 ^{de}	2.33 ^d	27.33 ^c
90	C1	6.23 ^j	70.33 ^a	23 ^m	0.57 ^h	9.66 ^j
	C2	10.26 ^h	63.53 ^b	30.27 ^l	0.90 ^g	14.66 ^{hi}
	C3	16.3 ^g	58.20 ^c	36.5 ^k	1.13 ^f	21.33 ^{hi}
	C4	23.15 ^e	38.43 ^d	51.86 ⁱ	1.18 ^f	24.33 ^{de}

*In each column, means followed by the same letters have not significant different based on Tukey test at 5% of probability level. (C1: Bidane, C2: Shirazi, C3: Sahibi, C4: Lal)

سطوح صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار شوری، تفاوت معنی داری در میزان کلروفیل b نشان ندادند، با این حال، رقم شیرازی در سطوح صفر و ۳۰ میلی مولار تنش، میزان کلروفیل b بیش تری را نسبت به رقم صاحبی داشت (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسات میانگین اثرات شوری $\times$ اسیدسالیسیلیک $\times$ رقم، نشان داد که در تیمار شاهد (بدون تنش) و نیز سطوح تنش شوری، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش کلروفیل کل در همه ارقام مورد مطالعه شد. بیشترین میزان کلروفیل کل با کاربرد ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در تیمار شاهد (بدون تنش شوری) در رقم لعل (به میزان ۱۰/۶۲ میلی گرم بر گرم وزن تازه که برابر با ۲۰/۹۷ درصد افزایش بود) ثبت گردید و کمترین میزان (۱/۶۴ میلی گرم بر گرم وزن تازه) متعلق به تنش شوری ۹۰ میلی مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم بیدانه بود که کاهش ۷۸/۸۹ درصدی را نشان داد (جدول ۳).

نتایج مقایسات میانگین اثرات شوری $\times$ اسیدسالیسیلیک $\times$ رقم، نشان داد که در تیمار شاهد (بدون تنش) و نیز سطوح تنش شوری، کاربرد اسیدسالیسیلیک ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر موجب افزایش ۲۷/۸۱ درصدی در محتوای کارتنوئید شد،

نتایج مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و اسیدسالیسیلیک نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل b (۲/۶۰ میلی گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار اسیدسالیسیلیک ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر و در تیمار شاهد (بدون تنش) بود (افزایش ۲/۸۳ درصدی در مقایسه با شرایط بدون محلول پاشی نشان داده شد) و با غلظت اسیدسالیسیلیک ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر تفاوت معنی داری نشان نداد. کمترین میزان محتوای کلروفیل b (۰/۴۴ میلی گرم بر گرم وزن تازه) نیز متعلق به تنش شوری ۹۰ میلی مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک بود (با کاهش ۸۱/۸۳ درصدی نسبت به شرایط بدون تنش)، همچنین، کاربرد اسیدسالیسیلیک در تنش شدید (۹۰ میلی مولار) افزایشی به میزان ۴۹/۳۹ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و رقم نشان داد که افزایش سطوح شوری نسبت به شاهد، موجب کاهش محتوای کلروفیل b در همه ارقام مورد مطالعه شد. بیشترین کلروفیل b (۳/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تازه) در رقم لعل در تیمار شاهد و کمترین میزان (۰/۵۷ میلی گرم بر گرم وزن تازه) در رقم بیدانه در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی مولار (با کاهش ۸۱/۸۳ درصدی)، اندازه گیری شد. ارقام شیرازی و صاحبی نیز در

به‌طوری که بیش‌ترین میزان کارتنوئید ($2/65$ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) با کاربرد 300 میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در تیمار شاهد (بدون تنش شوری) در رقم لعل و کم‌ترین میزان ($0/19$ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تنش شوری 90 میلی‌مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم بیدانه اندازه‌گیری شد که کاهش $82/99$ درصدی در مقایسه با شرایط بدون تنش نشان داد (جدول ۵).

۳-۴. محتوای نسبی آب برگ

براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و اسیدسالیسیلیک، افزایش سطوح شوری، موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، به‌طوری‌که در تنش 90 میلی‌مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک، کاهش $38/11$ درصدی در این ویژگی ثبت شد، به‌طورکلی، بیش‌ترین محتوای نسبی آب ($75/31$ درصد) در تیمار اسیدسالیسیلیک 300 میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که با تیمار اسیدسالیسیلیک 150 میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری نشان نداد و کم‌ترین میزان ($21/08$ درصد) نیز متعلق به تنش شوری 90 میلی‌مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و رقم، نشان داد که افزایش سطوح شوری نسبت به شاهد، موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ در ارقام انگور شد. بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ ($83/8$ درصد)، در رقم لعل در تیمار شاهد و کم‌ترین میزان (23 درصد) در رقم بیدانه در تیمار تنش شوری 90 میلی‌مولار، به‌دست آمد که برابر با کاهش $69/53$ درصدی در محتوای نسبی آب برگ بود. همچنین، رقم صاحبی نیز محتوای نسبی بیش‌تری را نسبت به رقم شیرازی به خود اختصاص داد (جدول ۴).

۳-۵. نشت یونی

نتایج مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و اسیدسالیسیلیک نشان داد که افزایش سطوح شوری، موجب افزایش و کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب کاهش $18/45$ درصدی نشت یونی شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان برای این ویژگی ($73/43$ درصد)، در تیمار تنش شوری 90 میلی‌مولار و بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک و کم‌ترین میزان نشت یونی ($23/75$ درصد) با

کاربرد اسیدسالیسیلیک 300 میلی‌گرم بر لیتر در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری و رقم نشان داد که در سطح شوری 90 میلی‌مولار، افزایش $21/08$ درصدی در نشت یونی به‌دست آمد و به‌طور کلی، افزایش سطوح شوری نسبت به شاهد، موجب افزایش نشت یونی در ارقام مورد بررسی گردید و بیش‌ترین میزان نشت یونی ($70/33$ درصد)، در رقم بیدانه در تیمار تنش شوری 90 میلی‌مولار به‌دست آمد، رقم لعل در تیمار شاهد نیز کم‌ترین میزان نشت یونی ($15/43$ درصد) را به خود اختصاص داد. ارقام صاحبی و شیرازی نیز در سطوح صفر، 30 و 60 میلی‌مولار شوری، تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

۳-۶. محتوای عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم/پتاسیم

بررسی مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم در برگ چهار رقم انگور موردبررسی به‌ترتیب نشان دهنده افزایش و کاهش محتوای سدیم و پتاسیم برگ بود، با این‌حال، کاربرد اسیدسالیسیلیک به‌طور معنی‌داری موجب کاهش مقادیر سدیم و افزایش میزان پتاسیم گردید و نسبت سدیم به پتاسیم را نیز کاهش داد. مقایسات میانگین اثرات تیمارهای شوری $\times$ اسیدسالیسیلیک $\times$ رقم، نشان داد که در تیمار شاهد (بدون تنش) و نیز سطوح تنش شوری، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب کاهش $24/88$ درصدی در محتوای سدیم در برگ ارقام انگور شد، بیش‌ترین میزان سدیم ($5/06$ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تنش شوری 90 میلی‌مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم بیدانه مشاهده شد و کم‌ترین میزان ($1/00$ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) با کاربرد 300 میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در تیمار شاهد (بدون تنش شوری) در رقم لعل ثبت شد و با غلظت 150 میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۵).

بررسی مقایسه میانگین اثرات تنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر محتوای پتاسیم برگ نشان داد که بیش‌ترین میزان پتاسیم ($37/2$ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، در تیمار شاهد (بدون تنش) با کاربرد 300 میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک وجود داشت که به میزان $34/58$ درصد افزایش بود و کم‌ترین میزان ($5/36$ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تنش شوری 90 میلی‌مولار و بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک به‌دست آمد که برابر با کاهش $59/85$ درصد

Table 5: The interaction effect of the salinity stress $\times$ salicylic acid $\times$ Cultivar on Grap cultivars traits

Treatments		Traits											
Salinity stress (mM)	Salicylic acid (mg L ⁻¹)	Carotenoid (mg gr FW ⁻¹)				Leaf Na content (mg gr FW ⁻¹)				Na/K			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
0	0	1.12 ^{pr}	1.42 ^{jm}	1.42 ^{jm}	1.65 ^{gi}	1.09 ^{hn}	0.71 ^{ot}	0.74 ^{ot}	0.41 ^{qt}	0.042 ^{lo}	0.028 ^{ko}	0.027 ^{ko}	0.012 ^{mo}
	150	1.66 ^{gi}	1.77 ^{fg}	1.88 ^{ef}	2.20 ^c	1.10 ^{hm}	0.63 ^{ot}	0.65 ^{ot}	0.35 ^{rt}	0.031 ^{ko}	0.016 ^{mo}	0.014 ^{mo}	0.007 ^{no}
	300	1.79 ^{eg}	2.13 ^{cd}	2.39 ^b	2.65 ^a	1.00 ^{ho}	0.54 ^{pt}	0.63 ^{ot}	0.33 ^t	0.027 ^{ko}	0.012 ^{ko}	0.012 ^{mo}	0.006 ^o
30	0	1.09 ^{qr}	1.30 ^{lp}	1.37 ^{kn}	1.59 ^{hj}	1.28 ^{gh}	0.79 ^{is}	0.83 ^{hq}	0.44 ^{ot}	0.078 ^{il}	0.032 ^{il}	0.025 ^{lo}	0.014 ^{mo}
	150	1.25 ^{mq}	1.35 ^{lo}	1.54 ^{ik}	1.72 ^{fh}	1.20 ^{hk}	0.76 ^{kt}	0.77 ^{jt}	0.37 ^{rt}	0.067 ^{im}	0.029 ^{ko}	0.021 ^{ko}	0.011 ^{mo}
	300	1.81 ^{oq}	1.64 ^{gi}	1.73 ^{fh}	1.96 ^{de}	1.25 ^{gi}	0.67 ^{ot}	0.69 ^{ot}	0.35 st	0.082 ^{ik}	0.024 ^{lo}	0.019 ^{mo}	0.009 ^{no}
60	0	0.59 ^t	0.98 ^{rs}	1.23 ^{nq}	1.57 ^{hj}	2.12 ^{df}	1.27 ^{gh}	0.89 ^{hp}	0.37 ^{rt}	0.232 ^{de}	0.061 ^{jn}	0.029 ^{ko}	0.013 ^{mo}
	150	0.81 ^s	1.35 ^{lo}	1.35 ^{jl}	1.45 ^{gi}	1.70 ^{fg}	1.22 ^{hj}	0.83 ^{hq}	0.35 st	0.166 ^{fh}	0.055 ^{jo}	0.027 ^{ko}	0.011 ^{no}
	300	1.63 ^{nq}	1.24 ^{gi}	1.70 ^{eg}	1.79 ^{gi}	1.74 ^{ef}	1.12 ^{hl}	0.81 ^{ir}	0.37 ^{rt}	0.176 ^{fg}	0.045 ^{io}	0.025 ^{ko}	0.012 ^{no}
90	0	0.19 ^x	0.48 ^{ux}	0.37 ^{tv}	0.45 ^{tv}	5.06 ^a	2.46 ^d	1.98 ^{ef}	0.43 ^{pt}	0.966 ^a	0.238 ^d	0.122 ^{gi}	0.018 ^{mo}
	150	0.22 ^{wx}	0.54 ^{tu}	0.49 ^{tv}	0.50 ^u	4.56 ^b	2.18 ^{de}	1.98 ^{ef}	0.55 ^{ot}	0.710 ^b	0.180 ^{ef}	0.12 ^{hi}	0.022 ^{mo}
	300	0.37 ^{uw}	1.69 ^{vx}	0.51 ^{tv}	0.58 ^t	3.50 ^c	2.10 ^{ef}	1.90 ^{ef}	0.50 st	0.564 ^c	0.187 ^{df}	0.104 ^{ij}	0.019 ^{mo}

*In each column, means followed by the same letters have not significant different based on Tukey test at 5% of probability level. (C1: Bidane, C2: Shirazi, C3: Sahibi, C4: Lal)

نسبت به شاهد بود، اگرچه در تنش شوری ۹۰ میلی مولار، تفاوت بین غلظت‌های اسیدسالیسیلیک معنی دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر دوگانه تنش شوری و رقم نشان داد که با افزایش تنش شوری، روند کاهشی در میزان پتاسیم در ارقام انگور مشاهده شد. رقم لعل در تیمار شاهد (بدون تنش) بیش‌ترین مقدار پتاسیم (۳۳/۰۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک) را نشان داد و با رقم صاحبی در تنش شوری ۳۰ میلی مولار تفاوت معنی داری نداشت. در تنش ۹۰ میلی مولار شوری، کاهش ۷۹/۱۸ درصدی در محتوای پتاسیم مشاهده گردید و این کاهش در رقم بیدانه در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی مولار ثبت شد که کم‌ترین مقدار پتاسیم برگ (۶/۲۳ میلی گرم بر گرم وزن خشک) را به خود اختصاص داد (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسات میانگین اثرات شوری × اسیدسالیسیلیک × رقم، نشان داد که در تیمار شاهد (بدون تنش) و نیز سطوح تنش شوری، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب کاهش نسبت سدیم به پتاسیم برگ ارقام انگور شد. به‌طور کلی، بیش‌ترین میزان سدیم (۰/۹۶۶) در تنش شوری ۹۰ میلی مولار بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک در رقم بیدانه به‌دست آمد (برابر با افزایش ۲۱/۶۱ درصدی) و کم‌ترین میزان (۰/۰۲۷) با کاربرد ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در تیمار شاهد (بدون تنش شوری) در رقم لعل مشاهده شد (جدول ۵).

۴. بحث

یکی از رایج‌ترین تنش‌های غیرزیستی، تنش شوری است و براساس گزارش‌های موجود، حدود ۵۷ درصد از زمین‌های دنیا تحت تأثیر شوری شدید قرار دارند (Abd El-Gawad et al., 2021). کلرید سدیم یکی از فراوان‌ترین و محلول‌ترین نمک‌های موجود است که وجود آن در خاک سبب تنش اسمزی، از بین رفتن تعادل یونی و ایجاد محدودیت‌هایی برای رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Noreen et al., 2021). تحقیقات نشان می‌دهد که انگور شوری خاک و آب آبیاری را تا حد متوسط تحمل می‌کند. ارقام مختلف انگور می‌توانند تحمل بیش‌تری به شوری داشته باشند و برخی از واریته‌ها می‌توانند تا ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر به شوری متحمل شوند، اگرچه باعث کاهش عملکرد انگور می‌شود (Al-Taey and Al-Ameer, 2021).

(2023). مطالعات ثابت کرده که تنش شوری برای رشد و توسعه بافت‌های گیاهی، از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی همانند سنتز کلروفیل، فتوسنتز، تنفس و هموستاز یونی مضر می‌باشد (Bin-Jumah et al., 2021). تنش شوری به‌طور قابل‌توجهی، رشد، کیفیت محصولات، توسعه پایدار و امنیت جهانی غذا را تهدید می‌کند. به‌طور کلی، شوری ابتدا موجب کاهش آب قابل دسترس به دلیل غلظت بالای نمک‌های محلول شده و سپس باعث تغییر نسبت یون‌های پتاسیم به سدیم یا نیترات به کلر می‌شود (Javed et al., 2024). تغییرات ساختاری اندام‌ها در این فرایند، بستگی به شدت و مدت زمان تنش دارد که گیاه با آن مواجه است و در کوتاه‌مدت منجر به تنش اسمزی و در بلند مدت سمیت ناشی از عدم توازن یونی در گیاه ایجاد می‌شود (Silva et al., 2021). در شرایط شور، سدیم در برگ‌های مسن بیش از برگ‌های جوان تجمع می‌یابد؛ بنابراین باعث کمبود کربوهیدرات در دسترس رشد می‌شود. همچنین، تنش شوری باعث کاهش سطح برگ گیاه و تنظیم اسمزی توسط تجمع کربوهیدرات‌ها در بافت‌ها می‌شود (Kotagiri Kolluru, 2017 and). درحالی‌که اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد، با افزایش آنزیم رویسکو و افزایش سطح برگ، باعث بهبود فتوسنتز می‌شود (Abbasi et al., 2020). کاهش سطح برگ در نتیجه کاهش اندازه و همچنین تعداد سلول‌ها در شرایط تنش رخ می‌دهد و به‌عنوان راهکاری برای کاهش سطح تعرق‌کننده به شمار می‌رود و موجب حفظ تعادل آبی گیاه می‌شود (Osakabe et al., 2014). روزه‌های دروازه‌های اصلی برای از دست دادن آب و دریافت CO₂ هستند؛ بنابراین، متعادل کردن جذب کربن و تعرق بستگی به عملکرد دقیق روزه دارد. توانایی به‌دست آوردن و جذب CO₂ برای فتوسنتز به هدایت روزه‌ای بستگی دارد (Roche et al., 2015). اعتقاد بر این است که عملکرد روزه ابزار تطبیقی مهمی در تحمل تنش شوری گیاهی است. علاوه بر این، تعداد و رفتار روزه ممکن است در طول تنش تغییر کند (Hasanuzzaman et al., 2018). رفتار روزه به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی است. تأثیر تنش شوری بر پارامترهای روزه پیچیده است، به‌طوری‌که هم هدایت روزه و هم اندازه و تراکم روزه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Rasouli et al., 2021).

قابل توجهی در سرعت جذب CO₂ و ایجاد محدودیت غیر روزنه‌ای می‌شود (Karimi et al., 2021). کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تنش شوری ممکن است به دلیل تخریب کلروفیل با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل تحت تنش شوری باشد (Osman et al., 2020). دلایل دیگر برای کاهش فتوسنتز رنگدانه‌ها در شرایط شوری شامل انواع مختلفی از ROS هستند که باعث تخریب کلروفیل و آسیب به رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شوند (Aazami et al., 2023). تنش‌های اسمزی و یونی منجر به تجمع بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در گیاهان، و ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود، درحالی‌که اسیدسالیسیلیک یک آنتی‌اکسیدان کلیدی است و گونه‌های فعال اکسیژن را از بین برده و در نتیجه باعث افزایش میزان کلروفیل می‌شود (Aires et al., 2022). اسیدسالیسیلیک اثر مضر شوری را با کاهش ROS، افزایش سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی، افزایش رشد گیاه با فعال کردن تقسیم سلولی و افزایش طول و شاید افزایش مهار آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز و متعاقباً جلوگیری از تجزیه کلروفیل و افزایش فتوسنتز، کاهش می‌دهد (Kang et al., 2014). گزارش شده که تیمار اسیدسالیسیلیک بر انگور رقم قزل اوزوم در شرایط تنش شوری منجر به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی شده است که با نتایج پژوهش همخوانی داشت (Jalili et al., 2023). گزارش شده است که افزایش رشد در نهال‌های انگور تیمار شده با اسیدسالیسیلیک، در نتیجه کاهش تعرق و افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌باشد (Abedi et al., 2019). در این پژوهش مشاهده شد که محتوای نسبی آب برگ در ارقام انگور، تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و موجب کاهش این ویژگی گردید و در مقابل، کاربرد اسیدسالیسیلیک در ارقام مورد بررسی، به‌ویژه در رقم لعل، موجب حفظ بهتر محتوای نسبی آب برگ گردید. در برخی پژوهش‌های پیشین، گزارش‌هایی در رابطه با کاهش محتوای نسبی آب برگ در برخی ارقام انگور ارائه شده است (Doulati et al., 2016). گیاهان حساس به تنش، توانایی جلوگیری از کاهش تعرق را نداشته که این امر با تأثیر بر انتقال فعال و غیر فعال در آوندهای آبکش و چوبی، آنها را در معرض کاهش فشار تورژسانس و در نهایت پژمردگی قرار می‌دهد (Rahbarian et al., 2011). از طرفی، اسیدسالیسیلیک

(2021). به‌طور کلی این فرضیه وجود دارد که برگ‌های تحت تنش‌های شوری بالاتر، تراکم روزنه‌ای کم‌تری دارند تا از دست دادن آب کاهش یابد (Hasanuzzaman et al., 2023). به‌علاوه، به‌دنبال کاهش مواد معدنی و به هم‌ریختن تعادل متابولیکی، تغییرات مورفولوژیکی زیادی در روزنه‌های برگ به‌وجود می‌آید که یکی از بارزترین نشانه‌ها کاهش طول روزنه، بسته شدن آن و کاهش تراکم روزنه می‌باشد (Ren and Wang, 2010). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری، موجب کاهش تراکم روزنه‌های برگ در ارقام انگور گردید و این کاهش به‌ویژه در رقم بیدانه مشهودتر از سایر ارقام بود. در راستای این نتایج، گزارش‌های مشابهی نیز در توت‌فرنگی در محیط شور ارائه شده است (Orsini et al., 2012). در پژوهشی، ویژگی‌های روزنه‌ای برگ پنبه در تنش کوتاه‌مدت ۱۵۰ میلی‌مولار شوری پاسخ منفی نشان دادند و شرایط تنش موجب ایجاد محدودیت‌های روزنه‌ای، از جمله کاهش تراکم روزنه شد (Hamani et al., 2021). کلروفیل به‌عنوان اساسی‌ترین رنگدانه فتوسنتزی در جذب، انتقال و تبدیل انرژی نور در گیاهان نقش دارد و محتوای آن یک شاخص مهم است که قدرت فتوسنتز را منعکس می‌کند، کارتنوئیدها نوع دیگری از رنگیزه‌های گیاهی هستند که قادر به جاروب کردن مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشند و بنابراین نقش حفاظتی در مقابل تخریب کلروفیل و غشاها دارند (Rahneshan et al., 2018). سنجش رنگدانه‌های فتوسنتزی در ارقام بیدانه، لعل، صاحبی و شیرازی انگور در پژوهش حاضر نشان‌دهنده کاهش رنگدانه‌ها در هر چهار رقم بود، اگرچه کاهش کم‌تری در رقم لعل در مقایسه با سایر ارقام مشاهده شد و همچنین، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید گردید. در همین راستا، گزارش شده که با افزایش غلظت نمک و مدت زمان تنش، محتوای کلروفیل در انگور (Ekbic and Yorulmaz, 2023; Ekbic and Yorulmaz, 2023; Nazari et al., 2022)، توت‌فرنگی (Lamnai et al., 2022)، عروسک پشت پرده (Siahmansour et al., 2020) و پسته (Raoufi et al., 2020) کاهش یافت و کاربرد اسیدسالیسیلیک با کاهش اثرات منفی تنش، موجب افزایش رنگیزه‌ها شد. کاهش در غلظت کلروفیل و کارتنوئید نشان‌دهنده آسیب اکسیداتیو به کلروپلاست‌ها بوده که در نهایت منجر به کاهش

سیستم دفاعی گیاه را افزایش داده و با کاهش تعرق، میزان مقدار نسبی آب برگ را افزایش می‌دهد (Taheri et al., 2017). سیستم غشایی گیاهان اولین مکانی است که در شرایط تنش‌ها مانند تنش شوری آسیب می‌بیند. آسیب به سیستم غشای سلولی به صورت واکنش‌های اکسیداسیون لیپید غشایی آشکار می‌شود، که منجر به افزایش نفوذپذیری غشای سلولی می‌گردد (Zhu et al., 2021). در شرایط تنش، فسفولیپیدهای غشا تغییر شکل داده و به یک ساختار منفذدار و کم مقاومت تبدیل شده که باعث نشت مواد سلول به بیرون می‌شود (Kapoor et al., 2020). ثابت شده که اسیدسالیسیلیک با افزایش سطح سیستم آنتی‌اکسیدانی سلول، از اثر رادیکال‌های آزاد بر غشا سلول ممانعت کرده و از نشت یونی و پراکسیده شدن لیپیدهای غشا جلوگیری می‌کند (Siahmansour et al., 2023)، همانطور که در این پژوهش نیز کاهش نشت یونی در ارقام انگور با کاربرد اسیدسالیسیلیک مشاهده گردید که با گزارشات قبلی در انگور رقم بیدانه سفید مطابقت داشت (Nizamdoost et al., 2015). گزارش شده است که افزایش شوری موجب کاهش غلظت عنصر پتاسیم می‌شود، که ممکن است به دلیل عدم تعادل یونی یا اختلال در یکپارچگی غشای پلاسمایی سلول‌ها باشد (Roshdy et al., 2021). افزایش شوری خاک می‌تواند بر جذب و متابولیسم تعدادی از عناصر غذایی از جمله سدیم و پتاسیم در گیاه انگور تاثیرگذار باشد (Abedi et al., 2019; Ekbic and Yorulmaz, 2023) و موجب ایجاد رقابت مستقیم بین یون‌ها در انتقال‌دهنده‌های مختلف در غشای پلاسمایی ریشه (مانند کانال‌های یونی انتخابی پتاسیم) شود یا با کاهش پتانسیل اسمزی موجب کاهش مواد مغذی معدنی در ریشه شود (Parihar et al., 2015). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که پتاسیم و سدیم با انواع یون‌های مهم دیگر رابطه متقابل دارند (Abd_Allah et al., 2015). مشخص شده در صورتی که جذب سدیم افزایش یابد، تأثیر منفی بر جذب سایر یون‌ها مانند پتاسیم دارد (Iqbal et al., 2015). افزایش عنصر پتاسیم، به نقش اسیدسالیسیلیک در تقویت فرآیندهای فیزیولوژیکی موجب افزایش انتقال و تجمع عناصر ماکرو و میکرو در اندام‌های گیاهی می‌شود (Rajeshwari et al., 2017). در این پژوهش، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش محتوای پتاسیم و کاهش محتوای سدیم و نسبت سدیم به

پتاسیم در برگ رقم‌های مورد بررسی تحت تنش شوری شد که با گزارشات سایر محققان در رابطه با افزایش عنصر پتاسیم در انگور تحت تیمارهای تنش شوری و اسیدسالیسیلیک همخوانی داشت (Ekbic and Yorulmaz, 2023)، که کاهش سطوح سدیم در تیمارهای اسیدسالیسیلیک در ارتباط با آسیب کم‌تر غشا، محتوای آب بیش‌تر و تشکیل ماده خشک می‌باشد. به علاوه، اسیدسالیسیلیک با تنظیم جذب اسمولیت همراه با هموستازی یونی با کاهش تولید اسیدکلروژنیک با آسیب‌های ناشی از تنش نمک مقابله می‌کند (Hayat et al., 2022).

۵. نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری موجب ممانعت از رشد ارقام انگور شده و تغییراتی را در ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ایجاد می‌نماید. به‌طوری‌که افزایش سطح تنش، میزان نشت یونی، محتوای سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم، را افزایش داده، درحالی‌که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کارتنوئید)، تعداد روزنه، محتوای نسبی آب برگ، و محتوای عنصر پتاسیم برگ و شاخص‌های رشدی (سطح و تعداد برگ) کاهش می‌یابد. اما کاربرد اسیدسالیسیلیک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در همه سطوح تنش، با تعدیل اثر تنش، موجب بهبود صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی شد، به‌طوری‌که افزایش غلظت محلول‌پاشی، موجب افزایش صفات سطح برگ، تعداد برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، تعداد روزنه و محتوای عنصر پتاسیم برگ گردید. همچنین، بین چهار رقم انگور مورد مطالعه، باتوجه‌به اینکه رقم لعل در اکثر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، نسبت‌به سه رقم دیگر برتری نشان داد، به‌عنوان رقم مقاوم نسبت‌به تنش شوری شناخته شد و قادر به حفظ ویژگی‌های رشدی خود در این شرایط بود، اما رقم بیدانه، با سطح برگ، تراکم روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای پتاسیم کم‌تر و نیز نشت یونی، محتوای سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم بالاتر در مقایسه با سه رقم دیگر، به‌عنوان رقم حساس به تنش شوری ارزیابی شد.

۶. منابع

- Aazami, M. A., Maleki, M., Rasouli, F. and Gohari, G. (2023). Protective effects of chitosan based salicylic acid nanocomposite (CS-SA NCs) in grape (*Vitis vinifera* cv. 'Sultana') under salinity stress. *Scientific reports*, 13(1), 883. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27618-z>
- Abbasi, F., Khaleghi, A. and Khadivi, A. (2020). The Effect of salicylic acid on physiological and morphological traits of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Gesunde Pflanzen*, 72, 155–162. <https://doi.org/10.1007/s10343-019-00496-0>
- Abd El-Gawad, H. G., Mukherjee, S., Farag, R., Abd Elbar, O. H., Hikal, M., Abou El-Yazied, A. and Ibrahim, M. F. (2021). Exogenous γ -aminobutyric acid (GABA)-induced signaling events and field performance associated with mitigation of drought stress in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Signaling and Behavior*, 16 (2), 1853384. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1853384>.
- Abd_Allah, E. F., Hashem, A., Alqarawi, A. A., Bahkali, A. H. and Alwhibi, M. S. (2015). Enhancing growth performance and systemic acquired resistance of medicinal plant *Sesbania sesban* (L.) Merr using arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress. *Saudi journal of biological sciences*, 22(3), 274-283. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.03.004>
- Abedi, B., Aran, M., Tehranifar, A., Parsa, M., Davarpanah, S. and Mazaraie, A. (2019). Effect of different levels of sodium nitroprusside on some morphological and physiological characteristics of three grapevine cultivars under drought stress conditions. *Research in Pomology*, 4(2), 1-17. (in Farsi)
- Aires, E. S., Ferraz, A. K. L., Carvalho, B. L., Teixeira, F. P., Rodrigues, J. D. and Ono, E. O. (2022). Foliar application of salicylic acid intensifies antioxidant system and photosynthetic efficiency in tomato plants. *Bragantia*, 81, e1522. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210320>
- Alinejad, G., Amiri, J. and Rasouli-Sadaghiani, M. H. (2024). Potassium silicate counteracts salt-induced damage associated with changes in some growth characteristics, physiological, biochemical responses, and nutrient contents in two grapevines (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *VITIS*, 63, Art. 4, 13 pp. DOI: 10.5073/vitis.2024.63.04.
- Al-Taey, D. K. A. and Al-Ameer, A. (2023). Effect of Salinity on the Growth and Yield of Grapes: A review. 4th International Conference of Modern Technologies in Agricultural Sciences IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, 1262: 042038 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1262/4/042038.
- Bazgeer, S., Behrouzi, M., Nouri, H., Nejatian, M. A. and Akhzari, D. (2022). Effect of dust on growth and reproductive characteristics of grapevine (*Vitis vinifera*). *International Journal of Horticultural Science & Technology*, 9, 301-313. DOI: 10.22059/ijhst.2021.320693.448.
- Biareh, V., Shekari, F., Sayfzadeh, S., Zakerin, H., Hadidi, E., Beltrão, J. G. T. and Mastinu, A. (2022). Physiological and qualitative response of *Cucurbita pepo* L. to salicylic acid under controlled water stress conditions. *Horticulturae*, 8(1), 79. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010079>
- Bin-Jumah, M., Abdel-Fattah, A. F. M., Saied, E. M., El-Seedi, H. R. and Abdel-Daim, M. M. (2021). Acrylamide-induced peripheral neuropathy: manifestations, mechanisms, and potential treatment modalities. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 13031-13046. [10.1007/s11356-020-12287-6](https://doi.org/10.1007/s11356-020-12287-6)
- Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. *Soil Science*, 93(1), 68. [10.1097/00010694-196201000-00015](https://doi.org/10.1097/00010694-196201000-00015)
- Doulati Baneh, H. (2016). Salinity effects on plant tissue nutritional status as well as growth and physiological factors in some cultivars and interspecies hybrids of grape. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47, 33-44. https://ijhs.ut.ac.ir/article_57689.html
- Ekbic, H. B. and Yorulmaz, U. (2023). Effect of Foliar Salicylic Acid Application on Salinity Resistance of Some Grapevine Rootstocks. *Erwerbs-Obstbau*, 65(6), 2045-2053. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00898-5>
- Farjad, M., Nankali, A., Abdollahi, H., Khosroshahli, M., Rezaei, A. and Rasouli, V. (2023). Preliminary evaluation of salinity stress tolerance in some grapevine native cultivars and hybrid rootstocks under in vitro conditions. *Seed and Plant*, 39, 175-201 (In Persian). DOI: 10.22092/spj.2024.363853.1330
- Farouk, S. and AL-Huqail, A. A. (2022). Sustainable biochar and/ or melatonin improve salinity tolerance in borage plants by modulating osmotic adjustment, antioxidants, and ion homeostasis. *Plants*, 11(6), 765. DOI: 10.3390/plants11060765
- Grigore, M. and Vicente, O. (2023). Wild Halophytes: Tools for Understanding Salt Tolerance Mechanisms of Plants and for Adapting Agriculture to Climate Change. *Plants*, 12, 221, DOI: 10.3390/plants12020221.
- Hamani, A. K. M., Li, S., Chen, J., Amin, A. S., Wang, G., Xiaojun, S., Zain, M. and Gao, Y. (2021). Linking exogenous foliar application of glycine betaine and stomatal characteristics with salinity stress tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings. *BMC Plant Biology*, 21, 146. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02892-z>
- Hasanuzzaman, M., Shabala, L., Zhou, M., Brodribb, T. J., Corkrey, R. and Shabala, S. (2018). Factors determining stomatal and non-stomatal (residual) transpiration and their contribution towards salinity tolerance in contrasting barley genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 153, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.05.002>
- Hasanuzzaman, M., Zhou, M. and Shabala, S. (2023). How does stomatal density and residual transpiration contribute to osmotic stress tolerance? *Plants*, 12(3), 494. doi: 10.3390/plants12030494

- Hayat, K., Zhou, Y., Menhas, S., Hayat, S., Aftab, T., Bundschuh, J. and Zhou, P. (2022). Salicylic acid confers salt tolerance in Giant Juncao through modulation of redox homeostasis, ionic flux, and bioactive compounds: an ionomics and metabolomic perspective of induced tolerance responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10581-w>
- Iqbal, M. N., Rasheed, R., Ashraf, M. Y., Ashraf, M. A. and Hussain, I. (2018). Exogenously applied zinc and copper mitigate salinity effect in maize (*Zea mays* L.) by improving key physiological and biochemical attributes. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 23883-23896. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2383-6>
- Jalili, I., Ebadi, A., Askari, M. A., KalatehJari, S. and Aazami, M. A. (2023). Foliar application of putrescine, salicylic acid, and ascorbic acid mitigates frost stress damage in *Vitis vinifera* cv. 'Giziluzum'. *BMC Plant Biology*, 23(1), 135. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04126-w>
- Jamshidi Jam, B., Shekari, F., Andalibi, B., Fotovat, R., Jafarian, V. and Dolatabadian, A. (2023). The effects of salicylic acid and silicon on safflower seed yield, oil content, and fatty acids composition under salinity stress. *Silicon*, 15(9), 4081-4094. [10.1007/s12633-023-02308-7](https://doi.org/10.1007/s12633-023-02308-7)
- Javed, S. A., Jaffar, M. T., Shahzad, S. M., Ashraf, M., Piracha, M. A., Mukhtar, A. and Zhang, J. (2024). Optimization of nitrogen regulates the ionic homeostasis, potassium efficiency, and proline content to improve the growth, yield, and quality of maize under salinity stress. *Environmental and Experimental Botany*, 226, 105836. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105836>
- Kang, G., Li, G. and Guo, T. (2014). Molecular mechanism of salicylic acid-induced abiotic stress tolerance in higher plants. *Acta Physiol. Plant*, 36, 2287-2297. DOI: [10.1007/s11738-014-1603-z](https://doi.org/10.1007/s11738-014-1603-z)
- Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M. and Sharma, A. (2020). The impact of drought in plant metabolism: How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. *Applied Sciences*, 10 (16), 5692. <https://doi.org/10.3390/app10165692>
- Karimi, R., Gavili-Kilaneh, K. and Khadivi, A. (2022). Methyl jasmonate promotes salinity adaptation responses in two grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Food Chemistry*, 375, 131667. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131667>
- Kaur, H., Hussain, S. J., Kaur, G., Poor, P., Alamri, S., Siddiqui, M. H. and Khan, I. M. R. (2022). Salicylic acid improves nitrogen fixation, growth, yield and antioxidant defense mechanisms in chickpea genotypes under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 2034-2047, DOI: [10.1007/s00344-022-10592-7](https://doi.org/10.1007/s00344-022-10592-7).
- Kotagiri, D. and Kolluru, V. C. (2017). Effect of salinity stress on the morphology & physiology of five different *Coleus* species. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 10: 1639-1649. doi:[10.13005/bpj/1275](https://doi.org/10.13005/bpj/1275).
- Kusumi, K. (2013). Measuring stomatal density in rice. *Bio-protocol*, 3(9), e753-e753.
- Lamnai, K., Anaya, F., Fghire, R., Janah, I., Wahbi, S. and Loutfi, K. (2022). Salicylic acid and iron reduce salt-induced oxidative stress and photosynthesis inhibition in strawberry plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 69(5), 103. DOI: [10.1134/S1021443722050119](https://doi.org/10.1134/S1021443722050119)
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In *Methods in enzymology*. 148, 350-382. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Lu, X., Ma, L., Zhang, C., Yan, H., Bao, J., Gong, M., Wang, W., Li, S., Ma, S. and Chen, B. (2022). Grapevine (*Vitis vinifera*) responses to salt stress and alkali stress: transcriptional and metabolic profiling. *BMC Plant Biology*, 22, 528 DOI: [10.1186/s12870-022-03907-z](https://doi.org/10.1186/s12870-022-03907-z).
- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, 46(12), 1843-1852. doi: [10.1093/jxb/46.12.1843](https://doi.org/10.1093/jxb/46.12.1843).
- Mirfatah, S. M. M., Rasouli, M., Gholami, M. and Mirzakhani, A. (2024). Phenotypic diversity of some Iranian grape cultivars and genotypes (*Vitis vinifera* L.) using morpho-phenological, bunch and berry traits. *Journal of horticulture and postharvest research*, 7(2), 115-140. DOI: [10.22077/jhpr.2024.7165.1355](https://doi.org/10.22077/jhpr.2024.7165.1355)
- Narouizad, S., Mozaffari, H., Arvin, S. M. J. and Khandani, Y. (2023). The effect of foliar spraying of salicylic acid and silica on improving the quality of Mazafati date cultivar. *Journal of Plant Production Research*, 30 (2), 77-97. (In Farsi). DOI: [10.22069/jopp.2022.20435.2954](https://doi.org/10.22069/jopp.2022.20435.2954)
- Nazari, F., Maleki, M. and Rasouli, M. (2022). Effect of salicylic acid on changes in superoxide dismutase enzyme activity, protein, proline, and some photosynthetic pigments in grape (*Vitis vinifera* L.) bidane ghermez and bidane sefid cultivars at two growth stages. *Erwerbs-Obstbau*, 64(1), 37-45. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00683-w>
- Nizamdoost, S., Farrokhzad, A. and Rasouli Sedkiani, M.H. (2015). The effect of salicylic acid foliar application on some physiological and biochemical characteristics of "Bidane Sefid" grapes under boron toxicity. *Research in fruit growing*, 1 (1), 15-29. (In Persian). <https://sid.ir/paper/209271/fa>
- Noreen, S., Sultan, M., Akhter, M. S., Shah, K. H., Ummara, U., Manzoor, H. and Ahmad, P. (2021) Foliar fertigation of ascorbic acid and zinc improves growth, antioxidant enzyme activity and harvest index in barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 244 -254. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.007>

- Nowshehri, J. A., Bhat, Z. A. and Shah, M. Y. (2015). Blessings in disguise: Bio-functional benefits of grape seed extracts. *Food Research International*, 77, 333-348. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.026>
- Orsini, F., Alnayef, M., Bona, S., Maggio, A. and Gianquinto, G. (2012). Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. *Environ. Exp. Bot.*, 81, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.02.005>
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K. and Tran, L.S.P. (2014). Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 86. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>
- Osman, M. S., Badawy, A. A., Osman, A.I. and Latef, A.A.H.A. (2020). Ameliorative impact of an extract of the halophyte *Arthrocnemum macrostachyum* on growth and biochemical parameters of soybean under salinity stress. *Journal of Plant Growth Regul.*, 40(3), 1-12. DOI:10.1007/s00344-020-10185-2
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P. and Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental science and pollution research*, 22, 4056-4075. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11356-014-3739-1>
- Paul, A., Kakoti, M., Dutta, P., Hazarika, B., Robertson, A., Talukdar, N. and Ray, S. (2024). Role of Salicylic Acid in Mitigating Stress and Improving Productivity of Crops: A Review. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27(7), 1351-1361. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i71097>
- Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A. R., and Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica*, 53, 47-56. DOI: 10.2478/v10182-011-0007-2
- Rahneshan, Z., Nasibi, F. and Moghadam, A. A. (2018). Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Journal of plant interactions*, 13(1), 73-82. <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1424355>
- Rajeshwari, V. and Bhuvaneshwari, V. (2017). Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. *International Journal of Plant Biology and Research*, 5, 1067. ISSN: 2333-6668.
- Raoufi, A., Rahemi, M., Salehi, H. and Javanshah, A. (2020). Selecting high performance rootstocks for pistachio cultivars under salinity stress based on their morpho-physiological characteristics. *International Journal of Fruit Science*, 20 (2), 29-47. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1701616>
- Rasouli, F., Kiani-Pouya, A., Tahir, A., Shabala, L., Chen, Z. and Shabala, S. (2021). A comparative analysis of stomatal traits and photosynthetic responses in closely related halophytic and glycophytic species under saline conditions. *Environ. Exp. Bot.*, 181, 104300. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104300>
- Ren, A. and Wang, Y. (2010). Effects of salt stress on stomatal differentiation and movement of Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) leaves. *Acta Horticulturae Sinica*, 37(3), 479-484. <http://yyxb.periodicals.net.cn/default.html>
- Ritchie, J.T. and Jordan, W.R. (1972). Dryland Evaporative Flux in a Subhumid Climate: IV. Relation to Plant Water Status 1. *Agronomy Journal*, 64(2), 173-176. <https://doi.org/10.2134/agronj1972.00021962006400020014x>
- Roche, D. (2015). Stomatal conductance is essential for higher yield potential of C3 crops. *Crit. Rev. Plant Science*, 34, 429-453. <https://doi.org/10.1080/07352689.2015.1023677>
- Roshdy, M., Elhady, S. A., Shaban, M. and Esmail, M. F. (2021). Experimental investigation of the performance of a single-slope solar still under Aswan climate conditions. *IET Renewable Power Generation*, 15 (16), 3901-3914. <https://doi.org/10.1049/rpg2.12306>
- Salehnia, M. and Rafati, M. (2023). Dynamic analysis of economic, environmental and social dimensions of agricultural sustainability in Iranian provinces with the approach of indicators. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 37(1), 17-34. <https://doi.org/10.22067/jead.2022.74534.1110>
- Siahmansour, S., Ehtsham Nia, A. and Rezaeinejad, A. (2020). The effect of foliar spraying of salicylic acid on the morphological-physiological and bio-chemical characteristics of physalis under salinity stress conditions. *Journal of Plant Production Research*, 27 (1), 178-165. (In Persian). 10.22069/jopp.2020.16087.2448
- Siahmansour, S., Ehtsham Nia, A. and Rezaeinejad, A. (2023). Growth, physiological and biochemical responses of Physalis plant to salicylic acid foliar application under water stress. *Journal of Iranian Horticultural Sciences*, 54 (1), 83-67. (In Persian). 10.22059/ijhs.2023.329083.1964
- Silva, E. N., Silveira, J.A.G., Rodrigues, C. R. F. and Viégas, R. A. (2021). Physiological adjustment to salt stress in *Jatropha curcas* is associated with accumulation of salt ions, transport and selectivity of K⁺, osmotic adjustment and K⁺/N a⁺ homeostasis. *Plant Biology*, 17(5), 1023-1029. <https://doi.org/10.1111/plb.12337>
- Taheri, S., Arghavani, M. and Mortazavi, S. (2017). Morphophysiological evaluation of Bermuda grass under salicylic acid treatment in water deficit conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 2, 431-442. (In Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2017.221966.1140
- Wang, W., Wu, Z., He, Y., Huang, Y., Li, X. and Ye, B. C. (2018). Plant growth promotion and alleviation of salinity stress in *Capsicum annuum* L. by *Bacillus* isolated from saline soil in Xinjiang. *Ecotoxicology and environmental safety*, 164, 520-529. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.070>

- Wang, Z., Tan, W., Yang, D., Zhang, K., Zhao, L., Xie, Z., Xu, T., Zhao, Y., Wang, X., Pan, X. and Zhang, D. (2021). Mitigation of soil salinization and alkalization by bacterium-induced inhibition of evaporation and salt crystallization. *The Science of The Total Environment*, 755, 142511. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.142511](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142511).
- Yang, Y., Guo, Y., 2018: Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New Phytologist* 217, 523–539, DOI: [10.1111/nph.14920](https://doi.org/10.1111/nph.14920).
- Zhou-Tsang, A., Wu, Y., Henderson, S.W., Walker, A.R., Borneman, A.R., Walker, R.R. and Gilliam, M. (2021). Grapevine salt tolerance. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 27(2), 149-168. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12487>
- Zuo, Z., Ye, F., Wang, Z., Li, S., Li, H., Guo, J. and Li, X. (2021). Salt acclimation induced salt tolerance in wild-type and chlorophyll b-deficient mutant wheat. *Plant, Soil and Environment*, 67(1), 26-32. <https://doi.org/10.17221/429/2020-PSE>