The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Effects of Spirulina and Brown Algal Extracts on Salinity Stress Tolerance in Chrysanthemum *(Chrysanthemum morifolium)*

Darya Yadegari [1], Mitra Aelaei ✉ [2], Seyed Najmeddin Mortazavi [3], Zahra Ghahremani [4], Fahimeh Salehi [5]

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: daryayadegari74@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: maelaei@znu.ac.ir
3. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: Mortazavi@znu.ac.ir
4. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: z.ghahramani@znu.ac.ir
5. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: fahime.salehi@znu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 2 October 2024

Received in revised form: 1 September 2025

Accepted: 21 December 2025

Published online: Winter 2025

Keywords:

Anthocyanin,
Biofertilizer,
Chlorophyll,
Flower buds,
Ornamental plants.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of salinity stress and algal extract application on chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) cultivar 'Yahou & Friends Ruby'. The experiment was conducted as a factorial arrangement based on a completely randomized design (CRD), with three replications. The experimental factors consisted of two algal extracts, brown algae (*Polycladia indica*) and spirulina (*Arthrospira platensis*), along with an untreated control, and three salinity levels (0, 4, and 8 dS m^{-1}). The measured traits included plant height, number of leaves, flower buds and flowers, fresh and dry shoot weight, total phenolic content, chlorophyll content, proline concentration, electrolyte leakage, peroxidase activity, petal anthocyanin content, and total antioxidant capacity.

Analysis of *variance* revealed that the interaction between algal treatment and salinity significantly affected the number of leaves, flower buds and flowers, electrolyte leakage, total phenolic content, and anthocyanin content at the 1% significance level. Algal extract application, particularly spirulina, improved several morphological and physiological traits of chrysanthemum plants. Chlorophyll content decreased with increasing salinity levels, whereas algal application helped maintain higher chlorophyll concentrations. Mean comparison of the interaction effects showed that the highest numbers of flowers and flower buds (134 and 22, respectively) were obtained in plants treated with spirulina under non-saline conditions. In contrast, the lowest numbers (43.33 flowers and 4.55 buds, respectively) were recorded under the highest salinity level (8 dS m^{-1}) in the absence of algal treatment. Furthermore, the main effect of algal treatment on proline concentration showed that the highest value (0.75 µmol g^{-1} FW) was recorded in spirulina-treated plants, while the lowest value was observed in the untreated control.

Overall, the findings suggest that marine algal extracts, particularly spirulina, can serve as an effective bio-*based* approach to improving flowering performance and mitigating the adverse effects of salinity stress in chrysanthemum cultivation.

Cite this article: Yadegari, D., Aelaei, M., Mortazavi, S. N., Ghahremani, Z. & Salehi, F. (2025). Effects of Spirulina and Brown Algal Extracts on Salinity Stress Tolerance in Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 56 (4), 783-805. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382832.2214

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382832.2214

Extended Abstract

Introduction

Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*), a short-day flowering plant belonging to the Asteraceae family, is of considerable economic importance and ranks second only to roses in terms of global production and consumption. Among the major environmental factors limiting plant growth and productivity, soil and water salinity are particularly important. Salinity is one of the most severe abiotic stresses affecting plant growth and development, especially in arid and semi-arid regions. It adversely affects various physiological and biochemical processes, thereby impairing plant growth, development, and productivity.

Material and Methods

This study aimed to investigate the effects of algal extracts on the vegetative, physiological, and biochemical characteristics of chrysanthemum plants under salinity stress induced by sodium chloride (NaCl). The experiment was conducted as a factorial arrangement based on a completely randomized design (CRD) with four replications in the research greenhouse of the Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan.

The first experimental factor consisted of three treatments: brown algal extract (*Polycladia indica*), Spirulina (*Arthrospira platensis*), and an untreated control. Both algal extracts were applied at a concentration of 2%. The second factor comprised three salinity levels: 0, 4, and 8 dS m^{-1}.

A total of 27 chrysanthemum pots were obtained from an ornamental and seasonal flower production center in Tehran and transferred to the research greenhouse at the University of Zanjan. The plants were acclimatized for two weeks under greenhouse conditions at a temperature of 25°C and relative humidity of 40–60%. After confirming the plants' health and establishment under greenhouse conditions, the algal treatments were applied to the soil. Four weeks after algal application, salinity treatments were imposed through irrigation with NaCl solutions at concentrations corresponding to electrical conductivities of 4 and 8 dS m^{-1}, while the control plants received non-saline water. Irrigation treatments were applied three times per week and continued until three weeks after flowering.

At the end of the experiment, the morphological and physiological characteristics of the plants were evaluated. This included plant height, number of leaves, flowers and flower buds, fresh and dry weight of the aerial parts, leaf electrolyte leakage, chlorophyll content, total phenolic content, proline concentration, antioxidant capacity, flower anthocyanin content, and peroxidase activity.

Results and Discusion

Analysis of variance revealed that the main effects of salinity stress and algal application significantly influenced plant height, number of flowers, fresh weight of the aerial parts, electrolyte leakage, proline concentration, and anthocyanin content at the 1% significance level. Furthermore, the interaction between salinity stress and algal treatment significantly affected the number of leaves, flower buds, electrolyte leakage, total phenolic content, and anthocyanin content at the same significance level.

Mean comparisons of the interaction effects indicated that the highest numbers of leaves, flowers, and flower buds (187.33, 134, and 22, respectively) were recorded in plants treated with Spirulina under non-saline conditions. In contrast, the lowest values (43, 43.33, and 4.55, respectively) were observed in plants grown under the highest salinity level (8 dS m^{-1}) without algal application. Furthermore, analysis of the main effect of algal treatment showed that the highest proline concentration (0.75 µmol g^{-1} FW) was recorded in Spirulina-treated plants, whereas the lowest concentration (0.53 µmol g^{-1} FW) was observed in the untreated control.

The increase in stem length may be attributed to enhanced cell wall extensibility, which facilitates cell expansion and elongation. These processes are adversely affected by salinity stress. Salinity-induced growth reduction is associated with nutritional imbalances, particularly deficiencies in essential elements such as calcium and potassium, as well as the induction of oxidative stress. The combined effects of these factors can lead to membrane damage, nutrient imbalance, alterations in plant growth regulator levels, enzyme inhibition, and disruption of photosynthetic processes, ultimately impairing plant growth and, under severe conditions, potentially resulting in plant death. Salinity also restricts plant growth by reducing water availability and causing excessive ion accumulation in plant tissues. Plant species employ different physiological and biochemical mechanisms to cope with these adverse conditions, which can influence leaf development and production in chrysanthemum.

In contrast, the application of algal extracts can promote plant growth through their bioactive compounds, including plant growth regulators such as auxins and cytokinins. These compounds may stimulate cell division and expansion, thereby enhance vegetative growth and increase leaf production. Algal extracts may also contribute to cytokinin biosynthesis and transport from the roots to reproductive organs, potentially promoting flowering and improving overall plant performance.

Conclusion

The findings of this study demonstrated that salinity stress adversely affected the morphological and physiological characteristics of chrysanthemum plants. However, the application of algal extracts helped alleviate the negative effects of salinity stress. Overall, the results suggest that algal extracts, particularly Spirulina, have considerable potential as bio-based treatments for improving chrysanthemum growth and reducing salinity-induced damage. Their application may therefore provide a promising approach to enhancing plant performance under saline growing conditions.

Author Contributions

All authors contributed equally to the development of this manuscript from the initial draft to the final submitted version, including all subsequent revisions .

Darya Yadegari: Investigation, data collection, and conducting the research as part of his M.Sc. thesis.
Fahimeh Salehi: Manuscript preparation, and writing – review and editing.
Mitra Aelae: Supervision and writing – review and editing.
Seyed Najmeddin Mortazavi and Zahra Ghahremani: Manuscript Review and Revision.
All authors read and approved the final version of the manuscript.

Data Availability Statement

The data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgements

This research was supported by University of Zanjan.

Ethical considerations

The authors confirm that no data fabrication, falsification, plagiarism, or other forms of research misconduct occurred during this study.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

انتشارات دانشگاه تهران

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۶، شماره ۴

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

اثر جلبک اسپرولینا و جلبک قهوه‌ای بر تحمل تنش شوری در گل‌های داوودی (*Chrysanthemum morifolium*)

دریا یادگاری[۱] | میترا اعلایی[۲]✉ | سید نجم‌الدین مرتضوی[۳] | زهرا قهرمانی[۴] | فهیمه صالحی[۵]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: azargraylo@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: maelaei@znu.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: mortazavi@znu.ac.ir

۴. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: z.ghahramani@znu.ac.ir

۵. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: fahime.salehi@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰
تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
آنتوسیانین غنچه، کلروفیل، کود زیستی، گیاهان زینتی.

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری و کاربرد جلبک بر گل داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. فاکتورها شامل عصاره جلبک قهوه‌ای (*Polycladia indica*)، اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) و عدم کاربرد جلبک و سه سطح شوری شامل صفر، چهار و هشت دسی‌زیمنس بر متر (ds/m) و با سه تکرار بود. صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، غنچه و گل، وزن تر و خشک بوته، فنل،کلروفیل، پرولین، نشت یونی، آنزیم پرواکسیداز، آنتوسیانین گلبرگ و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد برگ، گل و غنچه، نشت یونی، فنل کل و آنتوسیانین تحت‌تأثیر متقابل جلبک و تنش شوری در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. کاربرد عصاره جلبک به‌خصوص جلبک اسپرولینا موجب بهبود صفات مورفو فیزیولوژیک گیاه شد. کلروفیل با افزایش مقدار غلظت نمک کاهش و کاربرد جلبک سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاه شد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین تعداد گل و غنچه مربوط به تیمار جلبک اسپرولینا در شرایط فاقد شوری به‌ترتیب با میانگین۱۳۴ و ۲۲ و همچنین کمترین تعداد این صفات مربوط به شرایط تنش شوری ۸ ds/m و بدون جلبک به‌ترتیب با میانگین ۴۳/۳۳ و ۴/۵۵ بود. همچنین اثر اصلی تیمار جلبک نشان داد که بیشترین مقدار پرولین (۰/۷۵ µmol/g FW) مربوط به تیمار جلبک اسپرولینا و کمترین مقدار مربوط به عدم کاربرد جلبک بود. بنابراین، استفاده از عصاره جلبک‌های دریایی، به‌ویژه اسپیرولینا، می‌تواند به‌عنوان یک راهکار زیست‌پایه مؤثر برای بهبود کیفیت و کمیت گلدهی و کاهش اثرات منفی تنش شوری در کشت گل داوودی توصیه شود.

استناد: *یادگاری، دریا؛ اعلایی، میترا، مرتضوی، سیدنجم‌الدین؛ قهرمانی، زهرا و صالحی، فهیمه* (۱۴۰۴). ارزیابی عناصر معدنی گل در درختان پرتقال تامسون ناول در مقایسه با عناصر معدنی برگ. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۶ (۴)، ۸۰۵-۷۸۳. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382832.2214

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382832.2214

مقدمه

صنعت جهانی پرورش گل، از سریع‌ترین بخش‌های کشاورزی درحال رشد است که ازنظر اقتصادی حائز اهمیت است. انواع گل و گیاهان زینتی در محوطه‌سازی و به‌صورت گل‌های شاخه بریده در گل‌فروشی عرضه و خرید و فروش می‌شوند Boutigny (*et al*., 2020; Mishra *et al*., 2025). در بین این گیاهان، گل داوودی با توجه به ارزش زینتی، دارویی، محیط‌زیستی و صنعتی که دارد، بعد از گل رز، دارای رتبه دوم ازنظر اقتصادی و فروش است که به‌صورت گلدانی و شاخه بریده داد و ستد می‌شود (Zhong *et al*., 2022). گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) یک سرده دولپه‌ای و متعلق به خانواده Asteraceae است. این گیاه علفی، یک‌ساله یا چندساله بوده و منشأ آن، شرق آسیا است (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۸۷).

شوری خاک یک عامل تنش‌زای غیرزیستی برای گیاهان است که از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در تاریخ به‌شمار می‌رود (Sanwal *et al*., 2022). درواقع، این تنش تحت‌تأثیر عوامل زمین‌شناسی، تغییرات اقلیمی، افزایش تقاضای آبیاری و شیوه‌های ناکارآمد آبیاری تشدید می‌شود (Hopmans *et al*., 2021). بیش‌از شش درصد از کل اراضی کشاورزی جهان به‌دلیل تنش شوری در معرض نابودی قرار دارند. اثرات منفی شوری شامل واکنش‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و فیزیولوژیک در گیاهان است (Yildiz *et al*., 2020)؛ به‌عبارتی، غلظت بالای نمک در خاک، توانایی ریشه‌های گیاه را در جذب آب و مواد معدنی مختل می‌کند و منجر به تنش اسمزی و عدم تعادل یونی گشته (Van Zelm *et al*., 2020) و بسته شدن روزنه‌ها، کاهش و کندشدن جوانه‌زنی، کاهش یا توقف رشد گیاهچه و زوال فعالیت فتوسنتزی را سبب می‌شود. از سوی دیگر، گیاهان نیز مکانیزم‌های تحمل را در نتیجه برخی از واکنش‌ها برای بقا در شرایط نامطلوب ایجاد می‌کنند. گیاهان تمایل به محافظت از خود دربرابر شوری دارند و این کار را با استفاده از سنتز مواد محافظ اسمزی مانند قندها، پرولین، اسیدهای آمینه، گلایسین بتائین انجام می‌دهند. دیگر تأثیر منفی شوری در گیاهان مربوط به سمیت نمک در برگ است که به‌تدریج رخ داده و سبب تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد (Xie *et al*., 2022). در مراحل اولیه تنش شوری، غلظت بالای نمک در اطراف ریشه‌ها باعث عدم تعادل اسمزی می‌شود که منجر به ازدست‌دادن آب سلولی می‌گردد. برای مقابله با این امر، گیاهان متابولیت-هایی مانند پرولین و قندهای محلول را تجمع می‌دهند که نقش مؤثری در تنظیم اسمزی دارند (Munns *et al*., 2020). با توجه به اینکه گل داوودی در مناطق شور، مستعد تنش می‌باشد و منجر به کلروز برگ و نکروز گیاه می‌شود، این امر تأثیر قابل توجهی بر رشد و توسعه این گیاه دارد و کشت و استفاده آن را در مناطق شور محدود می‌نماید (Li *et al*., 2022).

اخیراً استفاده از جلبک‌ها، به‌دلیل تأثیر آن بر کشت‌وکار گیاهان، مقابله با تنش‌ها ازجمله تنش شوری، اصلاح‌گر خاک و حفظ محیط‌زیست مورد توجه قرار گرفته و فرآیندهای صنعتی جدیدی به‌منظور تولید کودهای جلبکی در مقیاس وسیع توسعه یافته است (Brunner *et al*., 2018; Hassan *et al*., 2022). تحقیقات نشان داده که استفاده از جلبک‌های دریایی سبب تحریک رشد و عملکرد گیاهان و باعث افزایش مقاومت آن‌ها به انواع تنش‌های محیطی می‌گردد (Pramanick *et al*., 2013). جلبک‌ها گروه بزرگی از موجودات آبزی هستند که عصاره‌ی به‌دست‌آمده از آن‌ها شامل ترکیبات پلی‌ساکاریدی، پروتئین‌ها، اسیدهای چرب غیراشباع، رنگدانه‌ها، پلی‌فنل‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی (به‌عنوان مثال K، Mg، Ca و Na) و هورمون‌های رشد گیاه هستند که سبب جبران عناصری همچون N، P و K در خاک و گیاه می‌شوند (Brunner *et al*., 2018). جلبک‌ها می‌توانند مستقیماً به خاک و یا به‌صورت اسپری برگی به‌منظور بهبود رشد گیاه، افزایش کیفیت و حفظ گیاهان دربرابر تنش‌ها استفاده شوند (Tursun, 2022).

پیشینه پژوهش

اثرات ناشی از تنش شوری در گیاهان درنهایت منجر به کاهش محصول و عملکرد آن‌ها می‌شود (Parihar *et al*., 2015). طی افزایش تنش شوری، کاهش همه ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند مقدار تبادلات گازی و پتانسیل آبی برگ در ارغوان (*Cercis siliquastrum L*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia L*) مشاهده شد (Nowrozi Harouni *et al*., 2017). گزارش شده

که محتوای نسبی آب برگ، مقدار تثبیت دی‌اکسیدکربن و هدایت روزنه‌ای در دو گیاه اسطوخودوس (*Lavandula angustifoli*) و رزماری (*Salvia rosmarinus*) تحت تنش شوری کاهش می‌یابد. البته این مقدار کاهش در اسطوخودوس نسبت به رزماری بیشتر بود. علاوه‌بر این، تخریب القاءشده توسط شوری در فتوسیستم II در هر دو گونه قابل‌تحمل بود که این امر می‌تواند به‌علت افزایش ۴۵ درصدی محتوای کارتنوئیدها باشد (Patel *et al*., 2018). مطالعات انجام شده روی کلم زینتی (*Brassica oleracea var. acephala*) نشان داد که با افزایش مقدار شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) صفات رویشی این گیاه شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته و ریشه نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار داشت (Grayloo *et al*., 2024; Aelaei *et al*., 2022).

گروهی از محققان با بررسی اثر استفاده از عصاره جلبک آزولا (*Azolla filiculoides*) روی بادرشبو در شرایط تنش اعلام کردند که عصاره جلبکی اثرات تنش را تا حد زیادی کاهش داد و سبب افزایش مقدار متابولیت‌های ثانویه، حفظ ساختار سلولی، افزایش ارتفاع و دیگر صفات مورفولوژیک گیاه شد (Ghasemi Maham *et al*., 2018). جلبک دریایی به‌عنوان منبع آنتی‌اکسیدان، هورمون‌های رشد گیاهی، محافظت‌کننده‌های اسمزی، مواد مغذی معدنی و بسیاری از ترکیبات آلی جدید دیگر ازجمله مولکول‌های فعال زیستی به اثبات رسیده است (Pacholczak *et al*. 2016). با توجه به این ویژگی‌های مفید، امروزه از جلبک‌های دریایی به‌عنوان کود سبز یا به‌صورت محلول‌پاشی، به‌منظور تهویه‌کننده‌ی خاک یا عامل ایجاد زهکش بستر استفاده می‌گردد (Thirumaran *et al*. 2009). تأثیر جلبک اسپیرولینا و قهوه‌ای روی گیاه کلم زینتی رقم پیچ‌دار (Curly-leaved cultivar) بررسی و مشاهده شد که تعداد برگ در هر بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، کلروفیل کل و آنتی‌اکسیدان افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت (Hooshmand *et al*., 2022). همچنین کاربرد کود جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) با غلظت یک میلی‌لیتر باعث افزایش معنی‌دار رشد رویشی و عملکرد اسانس در گیاه دارویی مرزه شد (Rezaei *et al*., 2018). با درنظر گرفتن اهمیت کشاورزی پایدار و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی و ترویج استفاده از کودهای زیستی، این تحقیق با هدف تأثیر جلبک‌های دریایی بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه داوودی تحت‌تأثیرشرایط تنش شوری انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به‌منظور مطالعه تأثیر جلبک‌ها بر صفات رویشی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گل‌های داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby تحت تیمار تنش شوری (سدیم‌کلراید) به‌صورت آزمایش فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. فاکتور اول عصاره جلبک قهوه‌ای (*Polycladia indica*)، جلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) هر یک با غلظت دو درصد و غلظت صفر (عدم کاربرد جلبک) بود و فاکتور دوم شامل سه سطح شوری شامل صفر، چهار و هشت دسی‌زیمنس بر متر در آب آبیاری بود. تعداد ۳۶ گلدان گل داوودی به‌صورت یک نشاء (با سن پنج هفته) درون هر گلدان از مرکز تولید گل‌های زینتی و فصلی باغ گل رضوان واقع در استان تهران خریداری شد. گلدان‌ها به‌مدت دو هفته در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه زنجان در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت چهل الی شصت درصد مستقر گردید. پس از اطمینان از سلامت نشاها در شرایط گلخانه، تیمارهای جلبک به خاک اضافه شد. برای تهیه عصاره جلبکی پانصد گرم از پودر جلبک اسپیرولینا و پانصد گرم از پودر جلبک قهوه‌ای به‌طور مجزا با پانصد میلی‌لیتر آب‌مقطر به‌مدت شصت دقیقه در دمای صد درجه جوشانده و درنهایت بعد از جوشاندن، حجم عصاره نهایی به‌مقدار پانصد میلی‌لیتر رسانده شد. پس‌از عبور از صافی، عصاره حاصل به‌عنوان صد درصد درنظر گرفته شد (Sivasankari *et al*., 2006). قبل‌از اعمال تیمار، خاک گلدان تجزیه و آنالیز شد (جدول ۱).

۱. شرکت ستاره شاخاب قشم

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک قبل از شروع آزمایش

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	هدایت الکتریکی ($Ds.m^{-1}$)	pH	فسفر ($mg.\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg.\ kg^{-1}$)
۳۵	۱۲	۱۷	۱٫۸	۰/۱۵	۱/۰۵	۷/۶	۱۱/۶	۹

چهار هفته بعد از تیمار جلبک، تیمارهای شوری (سدیم‌کلراید) ازطریق آب آبیاری در غلظت‌های چهار و هشت دسی‌زیمنس بر متر همراه تیمار فاقد شوری (تیمار شاهد)، سه بار در هفته اعمال گردید. لازم‌به‌ذکر است که برای جلوگیری از تجمع نمک و افزایش بیش‌ازحد EC گلدان‌ها، هر هفته یک بار مقدار EC خاک اندازه‌گیری شد و درصورت تجمع نمک، آب‌شویی (با آب معمولی آبیاری) صورت گرفت. این کار تا بعد از گلدهی به‌مدت سه هفته ادامه داشت. درمجموع مدت زمان اعمال تیمارها ۵۵ روز بوده است. سه هفته بعد از گلدهی، ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد گل و غنچه، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی (برگ‌ها و ساقه)، نشت یونی برگ‌ها، مقدار کلروفیل، فنل کل، مقدار پرولین، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین گل و آنزیم پروکسیداز موردبررسی قرار گرفت. پس از اعمال تیمارها، ارتفاع گیاه به‌کمک خط‌کش از سطح خاک تا نوک گیاه اندازه‌گیری شد. سپس تعداد برگ‌ها و تعداد گل و غنچه در هر بوته شمارش شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک، پس از خارج کردن گیاهان از گلدان قسمت هوایی شامل ساقه و برگ از ریشه جدا شد. جهت محاسبه وزن تر از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای پنجاه درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها به‌کمک ترازو خوانده شد (Arghavani, 2009). به‌منظور اندازه‌گیری مقدار نشت یونی از روش بن‌حامد[1] و همکاران (۲۰۰۷)، مقدار کلروفیل به‌روش آرنون[2] (۱۹۴۹)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی[3] به‌روش دهقان و خوشکام (۲۰۱۲) و آنزیم پراکسیداز به‌روش دهیندسا[3] و همکاران (۱۹۸۱) استفاده شد.

مقدار فنل کل

استخراج و اندازه‌گیری فنل کل به‌روش اوزن[4] و همکاران (۲۰۱۲)، صورت گرفت. ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ را در پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد ساییده و به‌مدت ۷۲ ساعت در تاریکی نگه‌داری شد. سپس به یک میلی‌لیتر از محلول رویی، یک میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه و با آب مقطر به حجم پنج میلی‌لیتر رساند. بعد از آن ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیکالتیو پنجاه درصد و یک میلی‌لیتر کربنات سدیم پنج درصد به آن اضافه و مخلوط حاصل به‌مدت یک ساعت در تاریکی نگه‌داری شد. درنهایت، جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر خوانده و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت‌های مختلف اسیدگالیک مقدار فنل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر تعیین شد.

رابطه ۱:

$$\text{محتوای فنل کل برگ (میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر)} = \frac{\text{غلظت در فرمول منحنی استاندارد}}{1000} \times \frac{\text{حجم نمونه}}{\text{وزن نمونه تر}} \times 100$$

مقدار پرولین

1. Ben Hamed
2. Arnon
3. Dhindsa
4. Ozen

برای اندازه‌گیری مقدار پرولین از روش بتس و همکاران (۱۹۷۳) و با اندکی[1] تغییر استفاده شد. ۰/۱ گرم نمونه تازه با استفاده از نیتروژن مایع خرد شده و با دو میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک سه درصد هموژن گردید. پس از بیست دقیقه با سرعت دوهزار دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از روشناور همراه دو میلی‌لیتر نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسیداستیک به‌مدت یک ساعت در حمام آب گرم صد درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و واکنش داخل یخ به‌پایان رسید، سپس با اضافه کردن دو میلی‌لیتر تولوئن جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد.

رابطه ۲:

$$\text{Prolin (µmol/g fw)} = \frac{prolin\left(\frac{\mu g}{ml}\right)\times Toluene(ml)/115.5}{gr\ sample/5}$$

ظرفیت آنتوسیانین گل

اندازه‌گیری غلظت آنتوسیانین با استفاده از روش وانگر[2] (۱۹۷۹) صورت پذیرفت به‌این‌ترتیب که ابتدا ۰/۱گرم از گلبرگ‌ها را با ده میلی‌لیتر متانول اسیدی ساییده و ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شد. سپس به‌مدت ده دقیقه در سانتریفیوژ با چهارهزار دور در دقیقه محلول حاوی آنتوسیانین را جدا کرده و درنهایت محلول‌رویی را در کووت ریخته شد. درنهایت، غلظت آنتوسیانین گلبرگ‌ها به‌کمک اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۵۰ نانومتر و فرمول زیر محاسبه گردید.

رابطه ۳:

$A=\varepsilon BC$

A: مقدار جذب خوانده‌شده در ۵۵۰ نانومتر — ε ظریب خاموشی= $mM^{-1}cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰

B :: عرض کووت= ۱cm — C: مقدار آنتوسیانین برحسب مول بر گرم

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 26.0.0 صورت گرفت. مقایسه‌ی میانگین‌ها به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح‌احتمال ۵ درصد محاسبه شد و رسم نمودارها در محیط نرم‌افزاری Excel صورت گرفت.

یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تنش شوری و کاربرد جلبک بر صفات مورد ارزیابی نشان داد اثرات متقابل تیمارها روی صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، مقدار کلروفیل، پرولین، آنتی‌اکسیدان و آنزیم پراکسیداز معنی‌دار نبود، ولی اثرات اصلی هر یک از تیمارها به‌صورت جداگانه روی آن‌ها معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۳). اثرات متقابل دو تیمار روی تعداد غنچه، نشت یونی، مقدار فنل و آنتوسیانین در سطح یک درصد روی صفت تعداد گل در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای عصاره جلبک و شوری بر صفات مورفولوژیک گل داوودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد برگ	تعداد گل	تعداد غنچه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
جلبک	۲	۶۷/۱۲ **	۲۶۸۹۲/۴۴ **	۵۰۲۴/۵۹ **	۲۶/۳۳ **	۱۷۹۴۴/۴ **	۱۷۸۹/۳۸ **
شوری	۲	۳۵/۲۵ **	۳۱۳۹/۱۱ *	۳۲۳۱/۳۷ **	۵۲/۷۷ **	۷۸۰۰/۷۹ **	۲۲۸/۵۹ **
جلبک × شوری	۴	۵/۳۵ ns	۲۵۳۳/۵۵ **	۱۲۹۲/۲۵ *	۹۲/۹۴ *	۱۴۱۵/۰۴ ns	۴۳/۴۹ ns

1. Bates

2 Wanger

خطا	۱۸	۳/۰۶۶	۵۴۷/۵۹	۳۳۵/۹۲	۱۷/۵۹	۱۸۲/۳۱	۴۰/۴۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۹۱	۹/۹	۱۳/۲	۲۲	۱۶	۲۵/۴

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح‌احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر جلبک و شوری بر صفات فیزیولوژیک گل داوودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		نشت یونی	کلروفیل	فنل کل	پرولین	آنتی‌اکسیدان	آنتوسیانین	آنزیم پروکسیداز
جلبک	۲	۶۵۴/۴ **	۱۹/۷ *	۰/۱۱۳ *	۰/۱۱۱ *	۵۰/۲۶ **	۹/۵۵ **	۰/۳۵ **
شوری	۲	۲۴۸/۱ **	۱۵/۵ *	۰/۴۸۲ **	۰/۱۱ *	۴۸/۷۴ **	۸/۷۸ *	۰/۱۹ *
جلبک × شوری	۴	۱۸۰ **	۲/۰۱ ns	۰/۶۴۹ **	۰/۱۲ ns	۲۹/۲۳ ns	۴/۹۳ **	۰/۱۴ ns
خطا	۱۸	۲/۹	۳/۸	۰/۳۴	۰/۱۶	۱۳/۶۴	۴/۵	۰/۴۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۹/۴	۲/۲۸	۲/۵	۱۲/۲	۵/۵	۳/۳۷	۸/۵

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح‌احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی جلبک نشان داد که بیشترین مقدار با میانگین ارتفاع بوته (۲/ ۲۱ سانتی‌متر) در تیمار جلبک اسپرولینا و کمترین مقدار آن (۵/۵ سانتی‌متر) در تیمار شاهد، فاقد عصاره جلبک به‌دست آمد (جدول۴). همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد (۱۷/۵۳ سانتی‌متر) و کمترین آن، مربوط به تیمار شوری با سطح هشت دسی‌زیمنس بود (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده حاکی‌از آن است که با افزایش سطح شوری در آب آبیاری و بستر کشت ارتفاع بوته گل داوودی کاهش می‌یابد و این خود یک پاسخ دفاعی دربرابر تنش است (Munns *et al*., 2008).

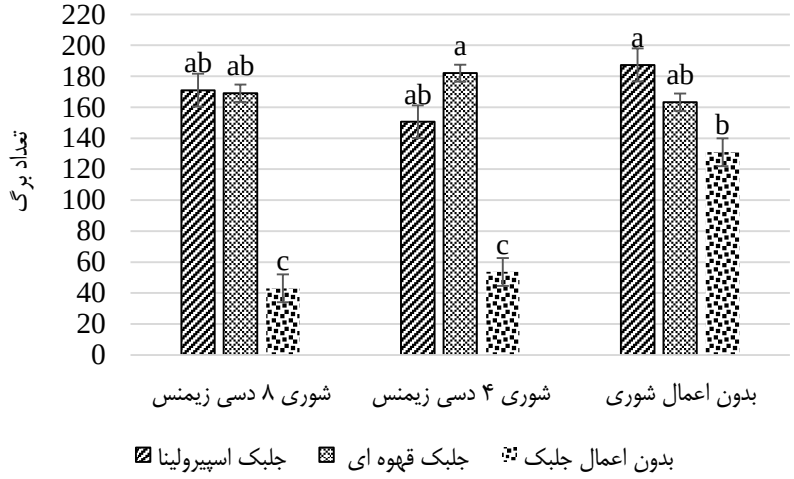
جدول ٤. نتایج مقایسه میانگین اثر جلبک و شوری بر صفات مورفولوژیک گل داوودی

تیمارها	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد برگ	تعداد گل	تعداد غنچه	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
شوری (ds/m)						
۰	۱۷/۵۳ a	۱۳۱ a	۱۱۷ a	۱۰/۳۳ a	۴۳/۲ a	۳۰/۹ a
۴	۱۵/۱۱ b	۵۳/۶۷ b	۵۵ b	۵/۶۷ b	۳۱/۵۴ b	۲۷/۶۰ b
۸	۱۳/۶۱ b	۴۳ c	۴۳/۳۳ b	۳/۳۳ b	۲۵/۳ c	۲۱/۵۹ c
جلبک						
عدم کاربرد جلبک	۵/۵ c	۱۵۳/۳۳ c	۹۹ c	۷/۳۳ b	۱۰۲/۳۰ c	۱۴/۲۱ c
قهوه‌ای	۱۹/۵۵ b	۱۶۳/۳ ab	۱۰۴ ab	۸/۶۷ a	۱۰۹ b	۲۵/۶۳ b
اسپیرولینا	۲۱/۲ a	۱۸۷/۳۳ a	۱۳۴ a	۹/۶۷ a	۱۷۱/۸۳ a	۴۲/۲۵ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار است.

تعداد برگ

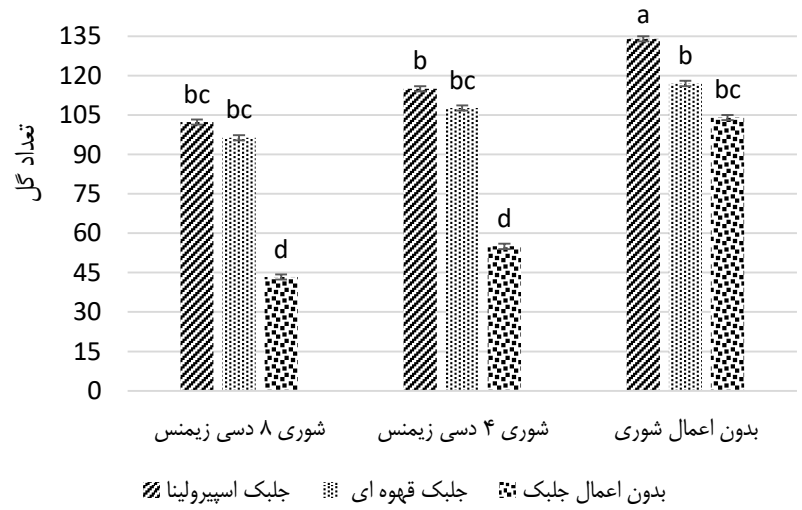
نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میانگین تعداد برگ (۱۸۷/۳۳) مربوط به عصاره جلبک اسپرولینا در شرایط عدم تنش شوری بود که اختلاف آماری معنی‌دار با بسیاری از تیمارها نداشت. کمترین میانگین تعداد برگ (۴۳) مربوط به تیمار تنش شوری هشت دسی‌زیمنس بدون استفاده از عصاره جلبک بود که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار تنش شوری چهار دسی‌زیمنس بدون استفاده از عصاره جلبک نداشت (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل عصاره جلبک و تنش شوری بر تعداد برگ در گل داوودی (*hrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby

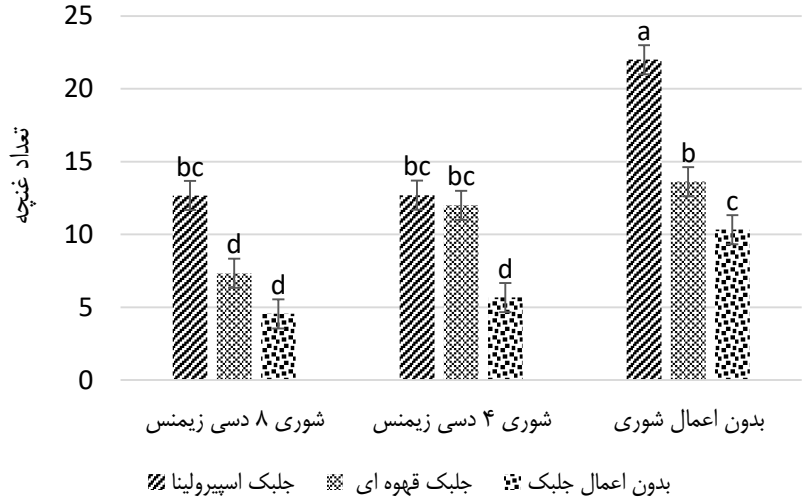
تعداد گل و غنچه

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین تعداد گل (۱۳۴ عدد) با اختلاف آماری معنی‌دار مربوط به تیمار جلبک اسپرولینا در تیمار فاقد شوری بود. کمترین تعداد آن (۴۳/۳۳ عدد) مربوط به تنش شوری ۸ دسی زیمنس بدون کاربرد جلبک بود که با تیمار تنش شوری چهار دسی‌زیمنس بدون استفاده از عصاره جلبک اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۲).



شکل۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل عصاره جلبک و تنش شوری بر تعداد گل در گل داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby

همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد غنچه (۲۲ عدد) در تیمار جلبک اسپیرولینا در تیمار فاقد تنش شوری و کمترین تعداد (۴/۵۵ عدد) در شوری سطح هشت دسی‌زیمنس و بدون القای جلبک که با تیمار تنش شوری چهار دسی‌زیمنس بدون استفاده از عصاره جلبک که با تیمار تنش شوری هشت دسی‌زیمنس با عصاره جلبک قهوه‌ای تفاوت آماری معنی‌دار نداشت، مشاهده شد (شکل ۳).



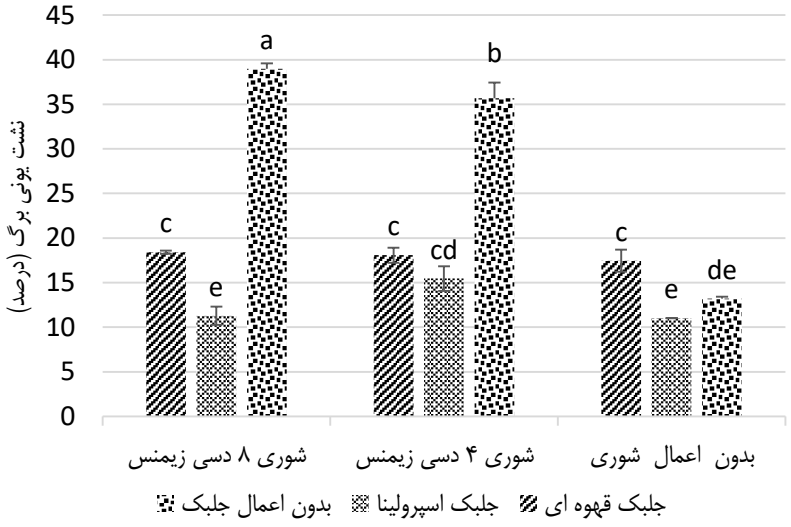
شکل۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل عصاره جلبک و تنش شوری بر تعداد غنچه در گل داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby

وزن تر و خشک اندام هوایی

مقایسه اثر تیمار اصلی تنش شوری روی میانگین وزن تر و خشک نشان داد که بیشترین میانگین مقدار وزن تر (۴۳/۲ گرم) و خشک (۳۰/۹ گرم) مربوط به تیمار عدم کاربرد تنش شوری وکمترین میانگین این دو صفت به‌ترتیب (۲۵/۳ گرم) و (۲۱/۵۹ گرم) مربوط به تیمار هشت دسی‌زیمنس بود (جدول۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی جلبک نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک مربوط به تیمار جلبک اسپرولینا به‌ترتیب با میانگین (۱۷۱/۸۳ گرم) و (۴۲/۲۵ گرم) و کمترین در عدم کاربرد جلبک به‌ترتیب با میانگین (۱۰۲/۳۰ گرم) و (۱۴/۲۱ گرم) بود (جدول ۴). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری، بیشترین مقدار وزن تر و خشک مربوط به تیمار شاهد به‌ترتیب با میانگین (۴۳/۲) گرم و (۳۰/۹) گرم و کمترین مقدار به‌ترتیب با میانگین (۲۵/۳) گرم و (۲۱/۵۹) گرم مربوط به تیمار شوری با سطح هشت دسی‌زیمنس بود (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر اصلی جلبک همه تیمارها با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار داشتند (جدول ۴).

نشت یونی

براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل مشاهده شد که بیشترین مقدار نشت یونی (۳۹ درصد) در برگ‌های گل داوودی مربوط به تنش شوری در سطح هشت دسی‌زیمنس بود که با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌دار داشت و کمترین مقدار نشت یونی (یازده درصد) مربوط به تیمار جلبک اسپروینا بدون عدم تنش شوری شد و با تیمار استفاده شده از جلبک اسپرولینا در شوری هشت دسی‌زیمنس تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (شکل ۴).



شکل ٤. مقایسه میانگین اثرات متقابل جلبک و تنش شوری بر مقدار نشت یونی برگ در گل داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby

کلروفیل کل

براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی جلبک، بیشترین مقدار کلروفیل کل (۳/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به جلبک قهوه‌ای که با تیمار جلبک اسپیرولینا ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین (۲/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار بدون کاربرد جلبک مشاهده شد (جدول ۵). همچنین براساس نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری بیشترین مقدار در تیمار شاهد با مقدار (۴/۵۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین مقدار در تیمار تنش شوری با غلظت هشت دسی‌زیمنس با میانگین (۱/۳۴ میلی‌گرم بر گزم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۵).

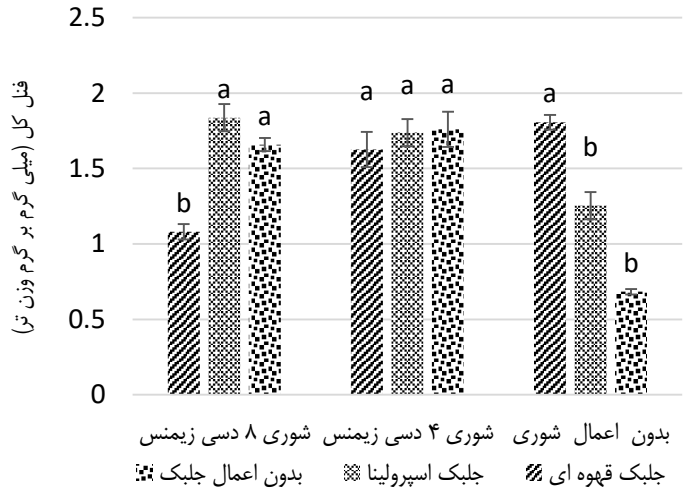
جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثر جلبک و شوری بر صفات فیزیولوژیک گل داوودی

تیمارها	نشت یونی (٪)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	آنتی‌اکسیدان (میکرومول بر گرم وزن تر)	آنتوسیانین (مول بر گرم)	آنزیم پروکسیداز (میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه)
شوری (ds/m)							
۰	۱۳/۲۰ c	۴/۵۴ a	۰/۶۸ b	۰/۶۲ ab	۷۷/۲۳ a	۳/۲۳ b	۰/۵۴ b
۴	۳۵/۶۶ b	۲/۳۹ b	۱/۷۶ a	۰/۵۱ b	۷۸/۶۴ a	۳/۳۳ b	۰/۵۵ b
۸	۳۹ a	۱/۳۴ c	۱/۶۵ a	۰/۷۳ a	۷۹/۱۳ a	۳/۹۵ a	۰/۵۹ a
جلبک							
عدم کاربرد	۱۰/۵۵ c	۲/۱ b	۱۰۲ b	۰/۵۳ b	۷۵/۶۲ b	۳/۴۳ c	۰/۶۱ a
جلبک قهوه‌ای	۱۷/۴۶ a	۳/۳۸ a	۱۰۴ ab	۰/۵۸ b	۷۹/۹۳ a	۳/۸۲ b	۰/۲۹ a
اسپیرولینا	۱۱ b	۲/۹ ab	۱۳۴ a	۰/۷۵ a	۷۹/۴۵ a	۴/۸۶ a	۰/۲۴ a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار است.

فنل کل

طبق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین مقدار فنل کل با میانگین (۱/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار استفاده از جلبک اسپرولینا در شوری هشت دسی‌زیمنس بود که با تیمارهای شوری هشت دسی‌زیمنس همراه جلبک قهوه‌ای، شوری چهار دسی‌زیمنس جلبک قهوه‌ای، جلبک اسپرولینا و عدم کاربرد جلبک و درنهایت، بدون اعمال شوری و عدم کاربرد جلبک ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۵). کمترین مقدار فنل کل مربوط به تیمار عدم کاربرد جلبک و تنش شوری (شاهد) با میانگین (۰/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود که با تیمار عدم کاربرد جلبک در تنش شوری هشت دسی‌زیمنس ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل جلبک و تنش شوری بر مقدار فنل کل در گل داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby

پرولین

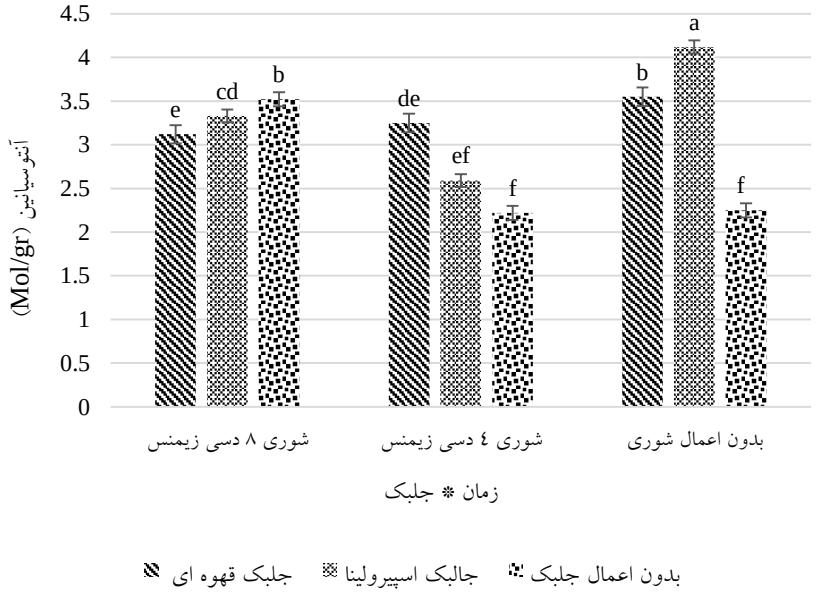
نتایج مقایسه میانگین تحت اثر اصلی تیمار جلبک نشان داد که بیشترین مقدار پرولین با میانگین (۰/۷۵ µmol/g FW) مربوط به تیمار جلبک اسپرولینا با اختلاف آماری معنی‌دار با سایر تیمارها بود. کمترین مقدار مربوط به عدم کاربرد جلبک (شاهد) با میانگین (۰/۵۳ µmol/g FW) بود که با تیمار جلبک قهوه‌ای تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (جدول ۵). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری بیشترین مقدار با میانگین (۰/۷۳ µmol/g FW) مربوط به شوری سطح هشت دسی‌زیمنس بود که با تیمار شاهد اختلاف آماری معنی‌دار نداشت. کمترین مقدار با میانگین (۰/۵۱ µmol/g FW) مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار چهار دسی‌زیمنس تنش شوری تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (جدول ۵).

آنتی‌اکسیدان

مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار جلبک نشان داد که بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان در تیمار جلبک قهوه‌ای با میانگین (۷۹/۹۳ µmol/g FW) بدون اختلاف آماری معنی‌دار با جلبک اسپیرولینا بود. کمترین مقدار در تیمار عدم کاربرد جلبک با میانگین (۷۵/۶۲ µmol/g FW) و اختلاف آماری معنی‌دار با سایر نیمارها بود (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در تنش شوری هشت دسی‌زیمنس با میانگین (۷۹/۱۳ µmol/g FW) و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد با میانگین (۷۷/۲۳ µmol/gFW) بود که تیمارها با همدیگر تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند (جدول ۵).

آنتوسیانین

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین مقدار آنتوسیانین موجود در گلبرگ مربوط به استفاده از تیمار جلبک اسپرولینا و در شرایط عدم تنش شوری با میانگین (۴/۱۲ mol/gr) بود. کمترین مقدار مربوط به شوری چهار دسی‌زیمنس بدون استفاده از جلبک با میانگین (۲/۲۲ mol/gr) با اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد که با تیمار شاهد تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (شکل ۶).



شکل ٦. مقایسه میانگین اثرات متقابل جلبک و تنش شوری بر مقدار آنتوسیانین در گل داوودی (*chrysanthemum morifolium*) رقم Chrysanthemum Yahou & Friends 'Ruby

آنزیم پراکسیداز

با توجه به نتایج مقایسه میانگین تحت اثر اصلی تنش شوری بیشترین مقدار مربوط به تیمار تنش شوری با سطح ۸ دسی‌زیمنس با میانگین (۰/۵۹ mg pro/min) بود که دارای اختلاف آماری معنی‌دار با سایر تیمارها بود. کمترین مقدار با میانگین (۰/۵۴ mg pro/min) مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار شوری چهار دسی‌زیمنس تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (جدول ۵). همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی جلبک، بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد با میانگین (mg pro/min ۰/۶۱) و کمترین مقدار مربوط به تیمار جلبک اسپرولینا با میانگین (۰/۲۴ mg pro/min) بود و تیمارها با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند (جدول ۵).

بحث

رشد و ارتفاع بوته به شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می کند وابسته است. یکی از این شرایط فراهم بودن آب کافی برای گیاه است. درصورت عدم تأمین آب مورد نیاز گیاه، فشار تورژسانس سلول‌ها کاهش می‌یابد؛ همچنین تنش اسمزی حاصل از تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طویل شدن سلول‌ها با مشکل مواجه می‌گردد که سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Munns *et al*., 2008). به‌عبارتی، افزایش در طول ساقه ممکن است به‌دلیل افزایش انعطاف پذیری دیواره سلولی باشد که درنهایت منجر به تقسیم سلولی و طویل شدن سلول می‌شود که طی تنش شوری این عمل دچار مشکل می‌گردد (Pruthvi *et al*., 2017). همین‌طور، تنش شوری به‌علت عدم تعادل تغذیه‌ای و کمبود عناصر کلسیم و پتاسیم و به دنبال آن، تنش اکسیداتیو ناشی از نمک موجب کاهش رشد می‌گردد که نتیجه‌ی این اثرات ممکن است باعث آسیب غشاء، عدم تعادل مواد مغذی، تغییر سطوح تنظیم‌کننده‌های رشد، مهار آنزیمی و اختلال در فتوسنتز شود که درنهایت، منجر به مرگ

گیاه می‌شود (Hasanuzzaman *et al*., 2012). مطابق با تحقیقات صورت‌گرفته روی گل همیشه‌بهار مشاهده شد که ارتفاع بوته در تیمار تنش شوری درمقایسه با شاهد کمتر شد (Bayat *et al*., 2012). عصار جلبک با بهبود تحمل گیاه دربرابر تنش‌ها در دسته محرک‌های زیستی به‌منظور قرار می‌گیرد. عنوان شده با فعال کردن انواع مکانیسم‌های مولکولی و فیزیولوژیک مختلف سبب افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش شوری می‌گردد (Carillo *et al*., 2020). به‌طور خاص، پاسخ آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با استفاده از عصاره‌های جلبک *Ascophyllum nodosum* و *Ascophyllum* spp تقویت شود؛ همچنین، فرآیند فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی و انگور را ازطریق فعال‌سازی مسیرهای متابولیک خاص موجود در این عصاره بهبود بخشد (Dell'Aversana *et al*., 2021; Samuels *et al*., 2022).

با افزایش سطح شوری در بستر کشت گیاه چغندر تعداد برگ‌ها به‌دلیل کاهش تعداد آغازه‌های برگ، به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (Maleki *et al*., 2014). نتایج آزمایش حاضر روی صفات مورفولوژیک با نتایج اونلوکارا[1] و همکاران (۲۰۰۸) روی گیاه کاهو مطابقت داشت که اشاره نمودند انتقال نمک از ریشه‌ها به برگ‌ها منجر به تنش یونی و افزایش مرگ و میر برگ‌ها ازطریق کلروز، نکروز و کاهش فعالیت مسیرهای متابولیک سلولی ضروری ازجمله فتوسنتز می‌گردد و درنهایت، رشد گیاهان را مهار می‌کند (Mahlooji *et al*., 2018). گونه‌های مختلف گیاهی با دارا بودن مکانیسم‌های مختلف دربرابر این تنش مقابله می‌نمایند که این مهار رشد، روی تعداد برگ داوودی تأثیرگذار بود. عصاره جلبک دارای هورمون‌های طبیعی رشد مانند اکسین و سایتوکینین است و می‌تواند رشد گیاه را ازطریق تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول تسریع نماید که به‌نوبه‌خود باعث افزایش تعداد برگ خواهد شد (Lall *et al*., 2017).

گلدهی در گیاهان، به شبکه پیچیده‌ای از سیگنال‌های درونی وابسته است که به‌طور عمده شامل سن یا اندازه گیاه، درک تغییرات آب و هوایی فصلی ازطریق ریتم‌های شبانه روزی و هورمون‌های گیاهی است (Shim *et al*., 2017). تعداد برگ معین، سطح برگ کافی و درنهایت مقدار مناسب از کربوهیدرات، شاخص‌هایی از وضعیت رشد گیاه هستند که برای تولید مقدار کافی محرک گل به‌منظور رسیدن به توانایی گلدهی لازم است (Proietti *et al*., 2022). غلظت بالای نمک در گیاه باعث ایجاد تنش‌های اسمزی و یونی می‌گردد که به دستگاه فتوسنتزی آسیب می‌رساند. به‌دنبال آن، تنش اسمزی با تغییر آب، روی رشد گیاه تأثیر منفی می‌گذارد و با کاهش محتوای بین سلولی و باز شدن روزنه و تعرق از گسترش و تقسیم سلولی جلوگیری می‌کند (Saddiq *et al*., 2021). باتوجه به تحقیقات صورت‌گرفته، افزایش شوری باعث کاهش تعداد شاخه و تعداد گل در بوته، طول دمگل، وزن گل تازه و خشک در بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Razmjoo *et al*., 2008). همچنین براساس گزارش ارائه‌شده درخصوص تنش شوری در گل همیشه‌بهار، تعداد گل در بوته و قطر گل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Bayat *et al*., 2012). ازطرفی، کاربرد عصاره جلبک سبب افزایش سنتز هورمون سایتوکینین و انتقال آن از ریشه به اندام زایشی می‌گردد که درنهایت، موجب شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاهان خواهد شد (Vijayanand *et al*., 2014). در تحقیق حاضر نیز تیمارهای دارای عصاره جلبک در مقایسه با شاهد در افزایش تعداد غنچه و تعداد گل تحت اثر تیمار جلبک اسپیرولینا به‌ترتیب به مقدار ۲۴/۳۰ درصد و ۲۶/۱۲ درصد و تحت اثر تیمار جلبک قهوه‌ای به‌ترتیب به مقدار ۱۵/۴۶ درصد و ۴/۸۱ درصد افزایش داشتند. به‌طور مشابه، آزمایش روی گل جعفری، افزایش تعداد گل را بر اثر تیمار جلبک نشان داد (Khan *et al*., 2009).

از آنجا که افزایش رشد و نمو رویشی گیاه با افزایش وزن تر آن همراه است (Khan *et al*., 2009)، هر عاملی که رشد گیاه را محدود کند، می‌تواند موجب کاهش وزن تر آن شود. در این میان، شوری به‌عنوان یکی از عوامل تنش‌زای محیطی، با اختلال در فرآیندهای رشد و نمو، موجب کاهش رشد اجزای مختلف گیاه در مراحل گوناگون چرخه زندگی می‌شود؛ بنابراین کاهش زیست‌توده و محتوای کلروفیل و به‌دنبال آن، کاهش فتوسنتز را به‌همراه دارد که همه‌ی این موارد، سبب کاهش وزن تر و

1. Ünlükara

خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان می‌گردد (Aloui *et al*., 2023). کاهش وزن تر اندام هوایی تحت تنش شوری می‌تواند به‌دلیل تجمع یون‌های مضر مانند کلریدسدیم باشد که باعث اختلال در متابولیسم مواد غذایی می‌گردد. ازسوی‌دیگر، ریزش برگ‌ها برای دفع نمک باعث کاهش وزن اندام هوایی می‌شود (Abdul Jaleel *et al*., 2007). ازطرفی، تحت تنش شوری، کاهش سطح برگ رخ داده که منجر به کاهش جذب نور و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد و رشد گیاه را کاهش می‌دهد. امروزه، عصاره جلبک به‌عنوان یک منبع غذایی مناسب برای گیاهان مطرح شده است زیرا دارای مقادیر بالایی از مواد ضروری مانند اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد (Shahira, 2015). استفاده از عصاره جلبکی سبب افزایش تحمل گیاهان به شرایط تنش چون خشکی، شوری و آفات و دیگر شرایط نامطلوب محیطی می‌گردد (Singh *et al*., 2015). محققین مختلف اثبات کرده‌اند که کود جلبک دریایی می‌تواند سبب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک شده و همین مسئله سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد کمی و کیفی گیاهان گردد (رضایی و همکاران، ۲۰۲۰). در آزمایشی روی گیاه بامیه، عصاره جلبک دریایی توانست قدرت رویشی جوانه‌ها را افزایش دهد و همین عامل توانست سبب افزایش وزن تر گیاه شود (Papenfu *et al*., 2013).

ترکیبات فنلی از اجزاء سیستم‌های دفاعی غیرآنزیمی و آنتی‌اکسیدان‌های سلول‌های گیاهی هستند که مهار رادیکال‌های آزاد را برعهده دارند. این ترکیبات از مشتقات مسیر فنل‌پروپانوئید تولید شده و می‌توانند به‌عنوان خاموش‌کننده و یا جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا سایر گونه‌های فعال اکسیژن عمل نمایند (Momeni *et al*., 2013). بررسی انجام شده توسط لولا–لوز[1] و همکاران (۲۰۱۴) در کلم بروکلی نشان دادند که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب افزایش در محتوای ترکیبات فنلی در گیاهان شد که علت آن، افزایش دسترسی به واسطه‌های مورد نیاز در بیوسنتز ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم‌های درگیر در این امر (فنیل آلانین آمونیالیاز و چالکون سنتتاز) است. همچنین طبق گزارش‌های داده‌شده، تنش شوری فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در باقلا را افزایش داد (Selem, 2019) که نشان می‌دهد گیاهانی که تحت تنش شوری رشد می‌کنند، مکانیزم دفاعی اکسیداتیو برای متعادل کردن ROS حاصل از تنش شوری را اعمال می‌کنند (Kaye *et al*., 2011). ازطرفی، نشت یونی شاخصی برای مقدار آسیب غشاء گیاهان تحت تنش شوری است. تنش شوری نفوذپذیری غشا را مختل می‌کند و باعث افزایش نشت یون‌ها می‌گردد (Yasemin *et al*., 2017).

حذف کلروفیل همراه با غیرفعال شدن واکنش‌های فتوشیمیایی در گیاهان که تحت تنش شوری قرار گرفته‌اند اثبات شده است (Chernane *et al*., 2015). کاهش محتوای کلروفیل به‌دلیل غلظت بالای نمک می‌تواند با اختلال در عملکرد سلولی و آسیب به زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی یا زوال غشاء همراه باشد (Djanaguiraman *et al*., 2016). عمدتاً علت کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری می‌تواند به‌دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ی کلروفیل ازجمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد (Neocleous and Vasilakakis, 2007). دنیش[2] و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که در گیاهان تحت تنش شوری، در بیوسنتز اتیلن افزایش قابل توجهی رخ می‌دهد که باعث کاهش صفات رویشی آن‌ها می‌شود. درواقع، اتیلن طی تماس با کلروپلاست ژن کلروفیلاز را فعال می‌کند و درنتیجه این فعال‌سازی، غشاء ازبین رفته و به‌دنبال آن، سبب ازبین رفتن کلروفیل می‌گردد (Eckardt, 2009). افزایش فعالیت آنزیمی در تنش نمک با کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها) درکاج نوئل (Croser *et al*., 2001) و در گیاه رزماری (Kiarostami *et al*., 2010) گزارش شد. عصاره‌های جلبک دریایی حاوی مقادیر زیادی سیتوکینین، اکسین و بتائین هستند که غلظت کلروفیل در برگ‌ها را افزایش می‌دهند. پژوهشگران اثر جلبک دریایی در افزایش رشد را به‌علت افزایش مقدار کلروفیل توسط بتائین و مواد شبه‌بتائین (Begzadeh *et al*., 2020)

1. Lola-Luz
2. Danish

یا ممانعت از تخریب کلروفیل (Xu *et al*., 2015) نسبت داده‌اند. طبق آزمایش صورت‌گرفته روی گیاهان *Nanjing Chrysanthemum indicum* و *Chrysanthemum chanetii*، مقدار محتوای کلروفیل طی غلظت کم نمک افزایش یافت (Zhong *et al*., 2022).

از اولین واکنش‌های گیاهان دربرابر شرایط تنش، تولید بیش‌ازحد گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) است. یکی از مکانیسم‌های سازگاری با تنش شوری، افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان‌هاست (Bargaz *et al*., 2015). این فعالیت‌ها با کاهش آسیب اکسیداتیو و بهبود تحمل به شوری همراه است (Kibria *et al*., 2017). مقاومت جلبک‌های دریایی دربرابر اکسیداسیون درطول ذخیره‌سازی نشان می‌دهد که ساختار آن‌ها دارای سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی است. مانند گیاهان آوندی، جلبک‌ها دارای آنزیم‌های‌محافظتی (پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون‌ردوکتاز) و مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی مانند فلوروتانین‌ها، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها، اسید اسکوربیک، فسفولیپیدها، برموفنول‌ها و کاتکلین‌ها هستند (El-Beltag *et al*., 2022). در شرایط تنش، جلبک‌ها با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شانس زنده‌مانی بالاتری به گیاه می‌دهند (Singh *et al*., 2011). همچنین اسیدآمینه پرولین که حاوی کربن و نیتروژن است و توسط گیاهان به‌منظور بهبود سریع استرس و رشد تحت شرایط تنش تولید می‌گردد زیرا به‌عنوان تثبیت‌کننده‌ی غشاء و پاک‌کننده‌ی رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند (Tavallali *et al*., 2010; Selem, 2019). تحقیقات نشان می‌دهد در گیاهان پرورش‌یافته تحت تنش شوری، افزایش در غلظت پرولین مشاهده شده است (Najafi *et al*., 2010). درواقع، پرولین فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشته و به‌عنوان خنثی‌کننده‌ی گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌نماید؛ همچنین به‌عنوان چاپرون مولکولی، قادر است ساختار پروتئین‌ها را محافظت و فعالیت آنزیم‌های مختلف را افزایش دهد و تجمع آن نقش مهمی در نگهداری pH سیتوسولی و تنظیم پتانسیل اکسایش/کاهش، داخل سلولی ایفا می‌کند (Verbruggen and Hermans, 2008). به‌علاوه، در شرایط تنش، پرولین به سرعت تغییرات محیط آبی سلول را تنظیم و ازطریق تنظیم اسمزی از اتلاف آب جلوگیری می‌نماید. انباشت پرولین واکنش سریعی نسبت به تغییرات وضعیت آب و پتانسیل آب نسبی برگ نشان می‌دهد و با کاهش رشد در بخش هوایی گیاه همراه است.

آنتوسیانین از ترکیبات ثانویه برپایه فنل‌بنزول می‌باشد که ازطریق مسیر فنل‌پروپانوئید سنتز می‌شود و دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است. این مسیر در شرایط تنش فعال می‌شود، درنتیجه باعث افزایش مقدار آنتوسیانین می‌گردد. تحقیقات پیشین نشان داده که هنگام استفاده از جلبک‌ها، مقدار کربن و قند در گیاهان افزایش می‌یابد و این قند، در ساختمان متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره استفاده می‌شود که درنهایت باعث افزایش مقدار آنتوسیانین در گیاهان می‌شود (Madiha *et al*., 2014). ازطرفی، وجود مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی، متیونین و حتی پلی‌آمین‌ها در عصاره جلبک‌های دریایی موجب افزایش جذب مواد معدنی و تولید بیشتر کربوهیدرات‌ها می‌گردند (Khandan, 2017). به‌همین‌دلیل، کربوهیدرات‌های اضافی تولیدشده در گیاه با اثر بر مسیر تولید فلاونوئید موجب افزایش مقدار آنتوسیانین در گیاه می‌شوند (Watkinson *et al*., 2006).

با افزایش مقدار غلظت نمک در شرایط تنش شوری مقدار آنزیم پراکسیداز افزایش می‌یابد. در چندین گونه گیاهی، استفاده از کلریدسدیم حتی در غلظت کم، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را تحریک می‌کند که نشان‌دهنده نقش تنش شوری در تشکیل ROS است (Wang *et al*., 2005). ROS معمولاً توسط فعالیت‌های سلول طبیعی مانند تنفس نوری و اکسیداسیون اسیدهای چرب بتا تولید می‌شود، اما سطوح آن‌ها زمانی که گیاهان درمعرض شرایط تنش زیستی یا غیرزیستی قرار می‌گیرند افزایش می‌یابد. حذف ROS عمدتاً توسط ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند POD، CAT و APX انجام می‌شود. در شرایط تنش شوری، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا می‌تواند از آسیب‌های ناشی از تشکیل ROS جلوگیری کند (Harinasut *et al*., 2003). آنزیم پراکسیداز از آنزیم‌های اکسیدکننده ترکیبات فنلی است که نقش مهمی در افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی دارد (Agarwal and Pandey, 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان داد که اعمال شوری با استفاده از غلظت‌های مختلف کلریدسدیم سبب القای اثرات منفی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گل داوودی شامل کاهش ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد گل و برگ و مقدار کلروفیل می‌گردد. همچنین با افزایش غلظت نمک به‌مقدار هشت دسی‌زیمنس مقدار آنزیم پراکسیداز، نشت یونی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده‌ی واکنش دفاعی گیاه دربرابر تنش است. کاربرد عصاره جلبک‌های دریایی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم سبب بهبود اثرات منفی حاصل از اعمال شوری می‌شود. در بین جلبک‌ها، جلبک اسپرولینا سبب افزایش تعداد برگ، گل و افزایش طول بوته و مقدار کلروفیل به‌علت وجود انواع تنظیم‌کننده‌های رشد چون اکسین و سیتوکینین می‌گردد. لذا می‌توان نتیجه گرفت کاربرد جلبک‌های دریایی مانند جلبک اسپرولینا به‌خصوص در شرایط تنش شوری با غلظت بالاتر در محیط کشت گل داوودی سبب بهبود شرایط رشدی گیاه می‌شود و از خسارت ناشی از تنش جلوگیری می‌کند. به‌عبارتی، نتایج تحقیق حاکی‌از آن است که بهترین تیمار برای دستیابی به رشد مطلوب گل داوودی در شرایط تنش شوری، استفاده از عصاره جلبک اسپرولینا به‌ویژه در غلظت شوری هشن دسی‌زیمنس بود که بیشترین بهبود را در شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه ایجاد کرد.

منابع

اعلائی، میترا؛ صالحی، فهیمه؛ بهرامی، مرتضی و ثانی‌خانی، محسن. (۱۴۰۱). اثر باکتری‌های محرک رشد در مقاومت به تنش شوری گیاه کلم زینتی رقم کاموم (*Brassica oleraceae* L.). *علوم باغبانی ایران*، **۵۳** (۲)، ۴۳۸-۴۲۳. https://10.22059/ijhs.2021.322320.1919

بیات، حسن؛ علیرضایی، مرتضی؛ نعمتی، حسین و عبدالهی سعدآباد، علی. (۱۳۹۲). اثر سیلیسیم بر رشد و صفات زینتی گل همیشه بهار تحت تنش شوری (*Calendula officinalis* L). *گیاهان زینتی*، **۳** (۴)، ۲۰۷-۲۱۴. https://www.magiran.com/p1219593

خندان، سکینه. (۱۳۹۷). *تأثیر اسید آمینه، عصاره جلبک و وزن بنه بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران .Crocus sativus L)*. کارشناسی ارشد پایان نامه باغبانی، دانشگاه بیرجند، بیرجند. https://cv.birjand.ac.ir/fallahi/fa/facultyThesis/49538/

رضایی، علی؛ عبادی، محمدتقی و پیرانی، حسن. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر سطوح مختلف کود آلی جلبک دریایی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و مقدار اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). *علوم باغبانی*. **۳۳**، ۶۸۵-۶۹۶. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i4.78699

قاسمی قهساره، مسعود و کافی، محسن. (۱۳۸۷) .*گلکاری*. انتشارات مؤلف، اصفهان. جلد اول.

گرایلو، آذر؛ اعلائی، میترا؛ مرتضوی، سیدنجم‌الدین؛ ارغوانی، مسعود و صالحی، فهیمه. (۱۴۰۳). تأثیر باکتری‌های باسیلوس سابتلیس و باسیلوس ولزنسیس بر تحمل به تنش شوری گل جعفری رقم نارنجی (*Tagetes erecta* L.). *پژوهش‌های تولید گیاهی*، **۳۱** (۱): ۱۸۹-۲۱۱. dio: 10.22069/jopp.2023.21438.3049

ملکی، عباس، کیانی، مجتبی و عالی‌نژادیان، افسانه. (۱۳۹۵). تأثیر سطوح مختلف شوری بر عملکرد و برخی ویژگی های فیزیکی و بیوشیمیایی گیاه چغندر برگی تحت شرایط گلخانه‌ای. *دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران*، دانشگاه صنعتی اصفهان. https://www.sid.ir/paper/875952/fa#downloadbottom

نوروزی هارونی، ناصر و پیله‌ور، بابک. (۱۳۹۷). اثرات تنش شوری روی نرخ تبادلات گازی و پتانسیل آبی برگ دو گونه ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.). *پژوهش های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)*، **۳۱** (۱)، ۸۶۳-۸۷۷. https://www.magiran.com/p2012769

هوشمند، افسانه؛ اعلائی، میترا؛ ارغوانی، مسعود و صالحی، فهیمه. (۱۴۰۱). اثر جلبک‌های اسپیرولینا و قهوه‌ای و سطوح سرب بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه کلم زینتی، *علوم باغبانی*، ۳۷ (۱): ۲۴۵-۲۵۹. https://doi.org/10.22067/jhs.2022.75809.1158

REFERENCES

Abdul Jaleel, C.; Gopi, R.; Sankar, B.; Manivannan, P.; Kishorekumar, A.; Sridharan, R. & Panneerselvam, R., (2007). Studies on germination, seedling vigor, lipid peroxidation and proline metabolism in Catharanthus roseus seedling under salt stress. *Journal of Botany*. **73**, 190-195. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2006.11.001

Aelaei, M.; Salehi, F.; Bahrami, M. & Sanikhani. M. (2022). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on salinity tolerance of ornamental cabbage (*Brassica oleraceae* L. cv. Kamome). *Iranian Journal of Horticultural Science*. **53**(2): 423-438. [In Persian]. dio:10.22059/ijhs.2021.322320.1919

Agarwal, S. & Pandey, V. (2004) Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in Cassia angustifolia. *Biologia Plantarum*, **48**(4): 555- 560. https://doi.org/10.1023/B:BIOP.0000047152.07878.e7

Arghavani, M. (2009). *Physiological and morphological study of Lollium and Poa Pratensis grasses, under the influence of tringazapkatil application, head management and nitrogen source under salinity stress*. Ph.D. Thesis. Department of Horticulture, University of Tehran.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidases in Beta vulgaris. *Plant Physiology*, **24**: 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Aşık, B.B.; Turan, M.A.; Çelik, H. & Katkat, A.V. (2009). Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science*, **1**(2):87-9. DOI: https://doi.org/10.3923/ajcs.2009.87.95

Bargaz, A.; Zaman-Allah, M.; Farissi, M.; Lazali, M.; Drevon, J.J.; Maougal, R.T. & Carlsson, G. (2015). Physiological and Molecular Aspects of Tolerance to Environmental Constraints in Grain and Forage Legumes, *Internation Journal of Molecular Science*. **16**, 18976-19008; doi:10.3390/ijms160818976

Bates, L.S.; Waldren, R.P. & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and soil*, **39**(1), 205-207. https://link.springer.com/article/10.1007/BF00018060

Bayat, H.; Alirezaei, M.; Nemati, H. & Saadabad, A.A. (2012). The effect of silicon on the growth and ornamental traits of calendula under salt stress (*Calendula officinalis* L). *Journal of Ornamental Plants*, **3** (4): 207-21. [In Persian]. https://www.magiran.com/p1219593

Begzadeh, S.; Maleki, A.; Mirzaei hidarei, M.; Rangin, A. & Khorgami, S. (2020). Effect of application of salicylic acid and seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) some physiological traits of white bean (*Phaseolus lanatus*) under drought stress conditions, *Scientific Journal of Crop Ecophysiology*, **1**(53), 21- 24. https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671639

Ben Hamed, K.B.; Castagna, A.; Salem, E.; Ranieri, A. & Abdelly, C. (2007). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation*, **53**(3), 185-194. https://doi.org/10.1007/s10725-007-9217-8

Boutigny, A. L.; Dohin, N.; Pornin, D. & Rolland, M. (2020). Overview and detectability of the genetic modifications in ornamental plants. *Horticulture Research*, **7**, article 11. https://doi.org/10.1038/s41438-019-0232-5

Brunner, B.; Wessel Beaver, L. & Flores, L. (2018). Cultivar and planting season affect lettuce performance in a tropical organic production system. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, **102**(1-2), 39-52. DOI: https://doi.org/10.46429/jaupr.v102i1-2.17530

Carillo, P.; Ciarmiello, L.F.; Woodrow, P.; Corrado, G.; Chiaiese, P. & Rouphael, Y. (2020). Enhancing Sustainability by Improving Plant Salt Tolerance through Macro- and Micro-Algal Biostimulants. *Biology*, **9**, 253; doi:10.3390/biology9090253. https://doi.org/10.3390/biology9090253

Chernane, H.; Latique, S.; Mansori, M. & El Kaoua, M. (2015). Salt stress tolerance and antioxidative mechanisms in wheat plants (*Triticum durum* L.) by seaweed extracts application. Jornal of Agriculture and Veterinary Science, **8**(3), 36-44. DOI: https://doi.org/10.9790/2380-08313644

Croser, C.; Renault, S.; Franklin, J. & Zwiazek, J. (2001). The effect of salinity on the emergence and seedling growth of Picea mariana, Picea glauca and Pinus banksiana. *Environmental Pollution*. **115**, 9-16. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00097-5

Danish, S.; ZafarulHye, M.; Hussain, S.; Riaz, M. & Qayyum, M.F. (2020). Mitigation of drought

stress in maize through inoculation with drought tolerant ACC deaminase containing PGPR under axenic conditions. *Pakistan Journal of Botany*, **52**(1), 49-60. https://doi.org/10.30848/PJB2020-1(7)

Dell'Aversana, E.; Cirillo, V.; Van Oosten, M.J.; Di Stasio, E.; Saiano, K.; Woodrow, P.; Ciarmiello, L.F.; Maggio, A.; Carillo, P. (2021). *Ascophyllum nodosum* Based Extracts Counteract Salinity Stress in Tomato by Remodeling Leaf Nitrogen Metabolism. *Plants*, **10**, 1044. https://doi.org/10.3390/plants10061044

Dhindsa, Rs.; Plump-Dhindsa, P. & Thorpe, TA. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of membrance permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, **32**: 93-101. https://doi.org/10.1093/jxb/32.1.93

Djanaguiraman, M.; Sheeba, J.A.; Shanker, A.K.; Durgadevi, D. & Bangarusamy, U. (2006). Rice can acclimate to lethal level of salinity by pre-treatment with sub lethal level of salinity through osmotic adjustment. *Plant Soil*, **284**: 363-73. https://doi.org/10.1007/s11104-006-0043-y

Eckardt, N.A. (2009). A new chlorophyll degradation pathway. *The Plant Cell*, **21**(3): 700-710. https://doi.org/10.1105/tpc.109.210313

Ghasemi Ghasare, M. & Kafi. M. (2008). *Golkari*. Author Publishing House, Isfahan. [In Persian]

Grayloo, A.; Aelaei, M.; Mortazavi, S.N.; Arghavani, M. & Salehi, F. (2024). The effect of Bacillus subtilis and Bacillus velezensis bacteria on tolerance to salinity stress in orange marigold (*Tagetes erecta* L.). *Journal of Plant Production Research*, **31**(1), 189-211. [In Persian]. https://doi.org/10.22069/jopp.2023.21438.3049

Harinasut, P.; Poonsopa, D.; Roengmongkol, K. & Charoensataporn, R (2003) Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. *Science Asia*. **29**: 109-113. https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2003.29.109

Hasanuzzaman, M.; Hossain, M.A.; da Silva, J.A. & Fujita, M. (2012). Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor. In Venkateswarlu, B., Shanker, A., Shanker, C., Maheswari, M. (eds) *Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2220-0_8

Hooshmand, A.; AelaeI, M.; Arghavani, M. & Salehi, F. (2022). Effect of Spirulina and Brown Algae and Lead Levels on some Morphophysiological Characteristics of Ornamental Cabbage. *Journal of Horticultural Science*, **37**(1): 245-259. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jhs.2022.75809.1158

Hopmans, J.W.; Qureshi, A.S.; Kisekka, I.; Munns, R.; Grattan, S.R.; Rengasamy, P.; Ben- Gal, A.; Assouline, S.; Javaux, M.; Minhas, P.S.; Raats, P.A.C.; Skaggs, T.H.; Wang, G.; De Jong Van Lier, Q.; Jiao, H.; Lavado, R.S.; Lazarovitch, N.; Li, B. & Taleisnik, E. (2021). Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. *Advances in Agronomy*. Pp 1–191 https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001

Kaye, Y.; Golani, Y.; Singer, Y.; Leshem, Y.; Cohen, G.; Ercetin, M.; Gillaspy, G. & Levine, A. (2011) Inositol polyphosphate 5-phosphatase7 regulates the production of reactive oxygen species and salt tolerance in arabidopsis. *Plant Physiology*. **157**(1), 229-241. https://doi.org/10.1104/pp.111.176883

Khan, W.; Usha, P. & Sowmyalakshmi, R. 2009. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*. **28**: 386-399. https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x

Khandan, S. (2017). *The effect of amino acid, algae extract and corm weight on the quantitative and qualitative characteristics of saffron (Crocus sativus L.)* Master's thesis in horticulture, Birjand University, Birjand. [In Persian].

Kiarostami, KH.; Mohseni, R. & Saboora, A. (2010). Biochemical changes of Rosmarinus officinalis under salt stress. *Journal of Stress physiology and Biochemstryl*, **6**(3): 114-22.

Kibria, M.G.; Hossain, M.; Murata, Y. & Hoque, M.A. (2017). Antioxidant defense mechanisms of salinity tolerance in rice genotypes. *Rice Science*, **24**(3), 155-162. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2017.05.001

Lall, D.; Prasad, V.; Singh, V. & Kiishor, S. (2017). Effect of foliar application of Biovita

(biofertilizer) on fruit set, yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Research in Environment and Life Science*, **10**(5), 432-434.

Li, W.; Meng, R.; Liu, Y.; Chen, S.; Jiang, J.; Wang, L.; Zhao, S.; Wang, Z.; Fang, W.; Chen, F. & Guan, Z. (2022). Heterografted chrysanthemums enhance salt stress tolerance by integrating reactive oxygen species, soluble sugar, and proline. *Horticulture Research*. **9**, 073. https://doi.org/10.1093/hr/uhac073

Lola-Luz, T.; Hennequart, F. & Gaffney, M. (2014). Effects on yield, total phenolic, total flavonoids and total isothiocyanate content of two broccoli cultivars (*Brassica oleraceae*) following the application of a commercial brown seaweed extracts (*Ascophyllum nodosum*). *Agricultural and Food Science*. **23**: 28-37. https://doi.org/10.23986/afsci.8832

Mahlooji, M.; Seyed Sharifi, R.; Razmjoo, J.; Sabzalian, M. R. & Sedghi, M. (2018). Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. *Photosynthetica*, **56**: 549-556. https://link.springer.com/article/10.1007/s11099-017-0699-y

Maleki, A., Kiani, M. & Alinejadian, A. (2014). The effect of salt on yield and some physical and biochemical characteristics of beetroot under greenhouse conditions. August 24-26. In *Second National Congress of Irrigation and Drainage of Iran, Isfahan University of Technology*. [In Persian]. https://www.sid.ir/paper/875952/fa#downloadbottom

Mishra, R.; Kumar, R.; Gupta, A.; Chugh, V.; Kumar, A. & Khan, S. (2025). Physiological and Biochemical Responses of Chrysanthemum × morifolium to Salinity Stressunder In-Vitro Conditions. *Research Square*, **1**, 1-25. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6636160/v1

Momeni, N.; Arvin, M.J.; Khagoeinegad, G. & Keramat, B. (2013). Effects sodium chloride and salicylic acid on some photosynthetic parameters and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) plants. *Journal of Scientific Information Database*. **5**, 15-29. [In Persian]. https://www.magiran.com/p1125624

Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, **59**, 651-681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Munns, R.; Passioura, J.B. ; Colmer, T.D. & Byrt, C.S. (2020). Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. *New Phytol*. **225**, 1091–1096. https://doi.org/10.1111/nph.15862

Najafi, F.; Khanvari-Nejad, R.A. & Siah Ali, M, (2010). The effect of salt stress on certain physiological parameters in Summer Savory (*Satureja hortensis*) plant. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. **6**, 13-21. https://www.researchgate.net/publication/43199130

Neocleous, D. & Vasilakakis, M. (2007). Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. Autumn Bliss'). Scientia Horticulturae, **112**(3), 282-289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.025

Nowrozi Harouni, N. & Pilehvar, B. (2017). Effect of salinity stress on gas exchange rate and leaf water potential of two species of Cercis (*Cercis siliquastrum* L.) and Robinia (*Robinia pseudoacacia* L.). *Plant Research (Biology of Iran)*, **31**(4), 863-877. [In Persian]. https://www.magiran.com/p2012769

Ozen, A.E.; Pons, A. & Tur, J.A. (2012). Worldwide consumption of functional foods: a systematic review, *Nutrition Reviews*, **70**(8), 8-1. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00492.x

Pacholczak, A.; Nowakowska, K. & Pietkiewicz, S (2016) The effects of synthetic auxin and a seaweed-based biostimulator on physiological aspects of rhizogenesis in ninebark stem cuttings. *Notulae Botanicae Horticalcuer Agrobotanici*, **44**, 85-91. https://doi.org/10.15835/nbha44110061

Parihar, P.; Singh, S.; Singh, R.; Singh, V.P. & Prasad, S.M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, **22**, 4056-4075. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1

Patel, P.J.; Trivedi, G.R.; Shah, R.K. & Saraf, M. (2018). Selenorhizobacteria: As biofortification tool in sustainable agriculture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. **14**, 198-203. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.03.013

Pramanick, B.; Brahmachari, K. & Ghosh, A. (2013) Effect of seaweed saps on growth and yield improvement of green gram. *African Journal of Agricultural Research*, **8**, 1180-1186. https://www.researchgate.net/publication/301815322

Proietti, S. ; Scariot, V. ; De Pascale, S. & Paradiso, R. (2022). Flowering mechanisms and environmental stimuli for flower transition: Bases for production scheduling in greenhouse floriculture. *Plants*, **11**(3), 432. https://doi.org/10.3390/plants11030432

Rezaei, A. ; Ebadi, M.T. & Pirani, H. (2018). Investigating the effect of different levels of seaweed organic fertilizer on growth indicators, yield and essential oil content of savory medicinal plant (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Horticultural Sciences*. **33**, 685-696. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i4.78699

Saddiq, M.S.; Iqbal, S.; Hafeez, M.B.; Ibrahim, A.M.; Raza, A.; Fatima, E.M. & Ciarmiello, L.F. (2021). Effect of salinity stress on physiological changes in winter and spring wheat. *Agronomy*, **11**(6), 1193. https://doi.org/10.3390/agronomy11061193

Sanwal, S.K.; Kumar, P.; Kesh, H.; Gupta, V.K.; Kumar, Ar.; Kumar, As.; Meena, B.L.; Colla, G.; Cardarelli, M. & Kumar, P. (2022). Salinity stress tolerance in potato cultivars: evidence from physiological and biochemical traits. *Plants*, **11**, 1842. https://doi.org/10.3390/plants11141842

Shahira, A.T.; Iman, M.T.; Abo El-Khair, B.E. & Laila, K.B. (2015). Iflunce of foliar application of algae extract and amino acids mixture on fenugreek plants in sandy and clay soil. *Nusantara Bioscience*. **7** (1), 33-37. https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n070106

Selem, E. (2019). Physiological effects of Spirulina platensis in salt stressed. Vicia faba L. plants. *Egyptian Journal of Botany*, **59**(1), 185-194. https://doi.org/10.21608/ejbo.2018.3836.1178

Shim, J.S.; Kubota, A. & Imaizumi, T. (2017). Circadian clock and photoperiodic flowering in Arabidopsis: CONSTANS is a hub for signal integration. *Plant physiology*, **173**(1), 5-15. https://doi.org/10.1104/pp.16.01327

Singh, R.; Gautam, N.; Mishra, A. & Gupta, R. (2011). Heavy metals and living systems: An overview. *Indian journal of pharmacology*, **43**(3), 246. https://doi.org/10.4103/0253-7613.81505

Sivasankari, S.; Venkatesalu, V. ; Anantharaj, M. & Chandrasekaran, M. (2006). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of Vigna sinensis. *Bioresource Technology*, **97**, 1745-1751. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.06.016

Tavallali, V.; Rahemi, M.; Eshghi, S.; Kholdebarin, B. & Ramezanian, A. (2010). Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. 'Badami') seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **34**, 349-359. https://doi.org/10.3906/tar-0905-10

Thirumaran, G.; Arumugam, M.; Arumugam, R. & Anantharaman, P. (2009). Effects of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of Abelmoschus esculentes (l) medikus. American Eurasian Journal of Agronomy, **2**, 57-66. https://www.researchgate.net/publication/237046173

Tursun, A.O. (2022). Effect of foliar application of seaweed (organic fertilizer) on yield, essential oil and chemical composition of coriander. *Plos One*, **17**(6),1-14. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269067

Ünlükara, A.; Cemek, B.; Karaman, S. & Erşahin, S. (2008). Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. crispa) to salinity of irrigation water. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, **36**, 265-273. https://doi.org/10.1080/01140670809510243

Van Zelm, E.; Zhang, Y. & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*. **71**, 403-433. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005

Verbruggen, N. & Hermans, C. (2008). Proline accumulation in plants: a review. Amino acids, **35** (4), 753-759. https://doi.org/10.1007/s00726-008-0061-6

Vijayanand, N.; Sivasangari Ramya, S. & Rathinavel, S. (2014). Potential of liquid extracts of Sargassum wightii on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant, *Asian Pacific Journal of Reproduction*, **3**(2), 150-155. https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60019-1

Wang, Y.J.; Wisniewski, M.; Melian, R.; Cui, M.G.; Webb, R. & Fuchigami, L. (2005). Overexpression of cytosolic ascorbate peroxidase in tomato confers tolerance to chilling and salt stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. **130**, 167-173. https://doi.org/10.21273/JASHS.130.2.167

Wanger, G.J. (1979). Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiology*. **64**, 88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88

Xie, W.; Yang, J.; Gao, S.; Yao, R. & Wang, X. (2022). The effect and influence mechanism of soil salinity on phosphorus availability in coastal salt affected soils. *Water*, **14** (18), 2804-2814. https://doi.org/10.3390/w14182804

Xu, C. & Leskovar, D. (2015). Effects of a nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition valued under drought stress. *Scientia Horticulturae*, **183**, 39-47. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.004.

Yasemin, S.; Köksal, N.; Özkaya, A. & Yener, M. (2017). Growth and physiological responses of 'Chrysanthemum paludosum'under salinity stress. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, (32), :11-59. https://www.researchgate.net/publication/319529046

Yildiz, M.; Poyraz, I.; Çavdar, A.; Özgen, Y. & Beyaz, R. (2020). Plant Responses to Salt Stress. In: *Plant Breeding Current and Future Views* [Working Title]. https://doi.org/10.5772/intechopen.93920

Zhong, J.; Guo, Y.; Shi, H.; Liang, Y.; Guo, Z.; Li, D.; Wang, C.; Li, H.; Zhang, Q.& Sun, M., (2022). Volatiles mediated an eco-friendly aphid control strategy of *Chrysanthemum* genus. *Industrial Crops Prod*. **180**, 114734. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114734