Journal of Abiotic Stress in Horticultural Crops
https://jabssh.znu.ac.ir

Research Article
Vol. 1 No. 1, Autumn and Winter, 2026, p. 1-10

Foliar seaweed extract application effect on pear seedling (cv. Beirut) tolerance to deficit irrigation stress

Parisa Mahdavi [1], Ali Soleimani [2]*, Fatemeh Nekounam [3], Ali Amarlou [4]

1 - Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan- Iran.
2 - Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan- Iran.
3 - Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan- Iran
4 - Research Institute of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
(*- Corresponding author's Email: asoleimani@znu.ac.ir)

Received: 06 March 2024
Received in revised form: 30 September 2024
Accepted: 26 November 2024

How to cite this article:
Mahdavi, P., Soleimani, A., Nekounam, F. and Amarlou, A. (2026). Foliar seaweed extract application effect on pear seedling (cv. Beirut) tolerance to deficit irrigation stress. *Journal of Abiotic Stress in Horticultural Crops*, *1*(1), 1-10. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30470/ashc.2026.742698

Introduction

Irrigation deficit and the resulting drought stress are among the most important environmental stresses limiting plant growth, development, and yield. Water shortage affects essential physiological processes such as cell expansion, photosynthesis, nutrient uptake, and biomass production. Young fruit tree seedlings are particularly sensitive to water limitation because adequate water availability is essential for active shoot and leaf development. Drought stress can cause substantial changes in plant morphology, physiology, and biochemistry. Reduced water availability generally limits shoot growth, biomass accumulation, node formation, and internode elongation. It can also reduce chlorophyll content and consequently impair photosynthetic activity. At the biochemical level, plants respond to drought by accumulating compounds such as proline and soluble carbohydrates, which contribute to osmotic adjustment and cellular protection. Water deficit can also increase oxidative stress and membrane damage, reflected by increased malondialdehyde (MDA) content. Seaweed extracts are increasingly used as plant biostimulants because they contain various biologically active compounds, including minerals, polysaccharides, amino acids, and plant growth-promoting substances. Foliar application of these extracts may improve plant growth, photosynthetic activity, and tolerance to abiotic stresses. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of foliar application of seaweed extract on the tolerance of pear seedlings (cv. Beirut) to deficit irrigation stress and to evaluate its effects on growth and biochemical responses.

Materials and Methods

A factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications. Two experimental factors were evaluated: irrigation regime and foliar application of seaweed extract. The irrigation regime was applied at three levels based on field capacity (FC). The control treatment received 100% FC, representing adequate irrigation. The second treatment received 75% FC, representing moderate irrigation deficit, while the third treatment received 50% FC, representing severe irrigation deficit. Seaweed extract was applied as a foliar treatment at two concentrations: 0%, which served as the untreated control, and 3%. This experimental design allowed the researchers to evaluate both the individual effects of water deficit and seaweed extract, as well as their possible interaction. Several growth, physiological, and biochemical characteristics were evaluated. These included relative shoot growth percentage, fresh and dry weights of aerial organs, number of nodes, internode length, total chlorophyll content, and biochemical indicators such as proline, soluble carbohydrates, and malondialdehyde (MDA). These parameters were selected to provide an integrated assessment of the effects of water limitation and the potential protective role of seaweed extract.

Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
https://doi.org/10.30470/ashc.2026.742698

Results and Discussion

The results showed that increasing irrigation deficit significantly reduced several important growth characteristics of pear seedlings. Relative shoot growth percentage, fresh and dry weights of aerial organs, number of nodes, and internode length all decreased as water availability declined. These findings indicate that water limitation substantially restricted vegetative growth and biomass accumulation. Total chlorophyll content also decreased significantly with increasing irrigation deficit. The lowest chlorophyll content was observed under the most severe irrigation deficit treatment, 50% FC, with an average of 5.42 mg g^{-1} FW. The reduction in chlorophyll suggests that drought stress negatively affected the photosynthetic apparatus and may partly explain the reduced growth observed under water-limited conditions. In contrast, deficit irrigation increased several biochemical indicators associated with plant stress. The contents of proline and soluble carbohydrates increased as irrigation became more limited. The accumulation of these compounds can represent an adaptive response that helps plants maintain cellular water balance and protect tissues under drought conditions. Similarly, MDA content increased, indicating enhanced lipid peroxidation and oxidative stress under water deficit. Foliar application of seaweed extract had a beneficial effect on some of the measured characteristics. Application of 3% seaweed extract increased total chlorophyll content by 10.45% compared with the untreated control. This result suggests that seaweed extract may help maintain chlorophyll and photosynthetic activity under stressful conditions. The highest relative shoot growth percentage was recorded in seedlings receiving 100% FC without seaweed extract, with an average of 172.13%. This value was significantly higher than that recorded under 75% FC, which was 129.35%, emphasizing the importance of adequate water availability for maintaining vegetative growth. Although seaweed extract showed generally favorable effects, the interaction between seaweed extract application and irrigation regime was not statistically significant for the evaluated traits. Therefore, the response to seaweed extract did not differ sufficiently among irrigation levels to produce a significant interaction effect.

Conclusions

The findings demonstrate that deficit irrigation, particularly severe water limitation at 50% FC, adversely affected the growth and physiological performance of pear seedlings (cv. Beirut). Increasing water deficit reduced relative shoot growth, aerial fresh and dry weights, node number, internode length, and total chlorophyll content. At the same time, it increased proline, soluble carbohydrates, and MDA, indicating the activation of physiological and biochemical responses to drought stress. Foliar application of 3% seaweed extract produced a generally positive response, most notably through a 10.45% increase in total chlorophyll content compared with the control. Under severe irrigation deficit, seaweed application was also associated with lower mean values of biochemical stress indicators and higher mean values of growth-related traits. These findings suggest that seaweed extract may contribute to improving the physiological tolerance of pear seedlings to water limitation. Overall, the application of 3% seaweed extract may be a useful biostimulant for improving the tolerance of pear seedlings to deficit irrigation and for helping maintain growth and physiological performance under water-limited conditions. However, because the interaction between seaweed extract and irrigation regime was not statistically significant, the beneficial effects should be interpreted with some caution. Further experiments under field conditions and with different extract concentrations and formulations are needed to confirm these findings and determine the most effective application strategy for water-saving management in pear cultivation.

Keywords: Pear, seaweed, proline, drought stress.

نشریه تنش‌های غیر زیستی در محصولات باغبانی
https://jabssh.znu.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱، شماره ۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۵، ص. ۱ – ۱۰

تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر تحمل به تنش کم‌آبیاری نهال‌های گلابی رقم بیروتی

پریسا مهدوی، علی سلیمانی*، فاطمه نکونام و علی عمارلو

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

چکیده

کم‌آبیاری و تنش خشکی منتج از آن یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان است. این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی بر تحمل به تنش کم‌آبیاریدر نهال‌های گلابی رقم بیروتی صورت گرفت. برای این منظور، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل تنش کم‌آبیاریدر سه سطح (شاهد، آبیاری با ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی) و عامل عصاره جلبک دریایی در دو سطح صفر (شاهد) و ۳٪ اعمال شد. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاریباعث کاهش درصد رشد نسبی شاخساره، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، تعداد گره، فاصله میان‌گره‌ها و مقدار کلروفیل شد و در مقابل، باعث افزایش پرولین، کربوهیدرات محلول و مالون‌دی‌آلدهید گردید. کمترین میزان کلروفیل کل در بالاترین سطح تنش کم‌آبیاری(آبیاری با ۵۰٪ ظرفیت زراعی) با میانگین ۵/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آمد. استفاده از عصاره جلبک دریایی ۳٪ منجر به افزایش ۱۰/۴۵ درصدی محتوی کلروفیل کل در مقایسه با تیمار شاهد گردید. بیشترین درصد نسبی رشد شاخساره مربوط به تیمار بدون تنش کم‌آبیاریبا میانگین ۱۷۲/۱۳ بود که با تیمار آبیاری با ۷۵٪ ظرفیت زراعی با میانگین ۱۲۹/۳۵ درصد اختلاف معنی¬داری داشت. اثر متقابل عصاره و تنش کم‌آبیاریبر صفات مورد ارزیابی، تأثیر معنی‌داری نشان نداد. به‌طور کلی، استفاده از عصاره جلبک دریایی ۳٪ در سطح بالای تنش کم‌آبیاری(آبیاری با ۵۰٪ ظرفیت زراعی) موجب کاهش میانگین شاخص¬های بیوشیمیایی شد. همچنین میانگین صفات رشدی افزایش پیدا کرد. عصاره جلبک دریایی شاید بتواند در بهبود تنش کم‌آبیاریمؤثر باشد.

کلمات کلیدی: گلابی، جلبک دریایی، پرولین، تنش کم‌آبیاری

مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیرزنده‌ای است که به‌شدت بر رشد، توسعه و عملکرد گیاهان تأثیر دارد (Amiri *et al*., 2015 ؛Haghjoo and Bahrani, 2014).استفاده از راهکارهای مناسب می‌تواند به میزان قابل توجهی کاهش عملکرد را جبران کند (Amiri *et al*., 2022).

گلابی (*Pyrus communis* L.)، گیاهی گل‌دار از رده دولپه‌ای‌ها است که به تیره گل‌سرخیان و زیرتیره دانه‌دارها (Pomoideae) تعلق دارد (Ahmed *et al*., 2010). درخت گلابی بومی اروپای شرقی و آسیای غربی، به‌ویژه نواحی شمال غربی ایران و مناطق جنوبی دریای خزر است و بیشتر در مناطق سردسیر و کوهستانی می‌روید (Alizadeh Zarmehri, 2017).

گیاهان موجودات بسیار حساسی هستند که مجبورند برای زنده ماندن، رشد و توسعه، خود را در برابر بسیاری از عوامل محرک بیرونی و در حال تغییر، تنظیم نمایند. عوامل محرک بیرونی شامل مجموعه‌ای پیچیده از تنش‌های محیطی زیستی و غیرزیستی است که گیاه باید با استفاده از مکانیسم-های جبرانی خود، قادر به محدود یا اصلاح کردن اثرات چنین تنش‌هایی باشد. تنش‌های غیرزیستی، مهم‌ترین عوامل محیطی هستند که با تحت تأثیر قرار دادن فرایندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی، نقش قابل توجهی در تعیین پتانسیل عملکرد و تولید گیاهان دارند (Tuteja and Gill, 2013).

کم‌آبیاری و تنش خشکی منتج از آن، یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان است؛ زیرا بر تمام فعالیت‌های گیاه اثر دارد (Zareei *et al*., 2016). تنش خشکی هنگامی اتفاق می‌افتد که آب در دسترس گیاه کاهش یابد و شرایط جوی نیز در اثر تبخیر یا تعرق، باعث از بین رفتن مداوم آب شود (Li and Mattson, 2015). کم‌آبیاری و تنش خشکی منتج از آن باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که به نوبه خود منجر به آسیب دیدن کلیه اجزای سلولی در درجه اول، پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک می‌گردد. گیاهان برای مقابله با تنش کم‌آبی دارای تعدادی مکانیسم دفاعی هستند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها تنظیم اسمزی و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی کارآمد است و تحت شرایط خشکی، توانایی تغییر متابولیسم خود برای غلبه بر تغییر شرایط محیطی را دارند (Elewa *et al*., 2017). این تغییرات شامل تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، مانند کاهش اندازه برگ، کاهش رشد ساقه، تکثیر ریشه و بهبود راندمان مصرف آب، تغییر در فعالیت‌های متابولیکی، اختلال در تجمع املاح و عدم تعادل یونی یا ترکیبی از همه این عوامل می‌شود. طی چند دهه گذشته، به‌منظور بهبود تحمل گیاهان به تنش خشکی، چندین روش برای بهبود عملکرد گیاه در محیط‌های دارای کمبود آب پیشنهاد شده است. این تکنیک‌ها شامل تیمار بذر قبل از کاشت یا تیمار برگی یا محلول‌پاشی با استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، ترکیبات محافظت‌کننده (مانند گلایسین، بتائین و پرولین)، هیومیک‌اسید و عصاره جلبک دریایی است (Dawood and Sadak, 2014).

عصاره جلبک دریایی برای بهبود رشد و عملکرد گیاهان مختلف، مورد استفاده قرار می‌گیرد و به اثبات رسیده است که عصاره جلبک دریایی با داشتن مواد مغذی، موجب تقویت رشد ریشه‌ها، افزایش سطح شاخه و برگ و میزان کلروفیل می‌شود. استفاده از عصاره جلبک دریایی می‌تواند به بهبود سیستم دفاعی گیاه در برابر تنش کمک کند؛ زیرا عصاره جلبک دریایی دارای مقدار زیادی ترکیبات فعال زیستی، ازجمله بتائین، پرولین و اسیدهای آمینه معطر است. استفاده از عصاره جلبک دریایی در خاک یا به‌صورت محلول‌پاشی باعث بهبود وضعیت فیزیولوژیکی گیاهان و افزایش توانایی آن‌ها در تحمل به تنش خشکی می‌شود (El-Sayed *et al*., 2018).

آثار مفید استفاده از جلبک دریایی در غلظت‌های مختلف بر گیاهان در پژوهش‌های مختلف تأیید شده است و گزارش‌های مختلفی وجود دارد که نشان‌دهنده تأثیر عصاره جلبک دریایی در رشد گیاهان است. گزارش‌شده است که عصاره جلبک دریایی باعث افزایش طول ریشه و ساقه در گوجه‌فرنگی شد (Hrenandez-Herrera *et al*., 2014). پژوهش‌های انجام‌شده نشان داده‌اند که استفاده از عصاره آبی جلبک دریایی باعث افزایش عملکرد و کیفیت میوه شده است که به دلیل وجود مواد افزایش‌دهنده متابولیسم سلولی، مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، ازجمله اکسین، جیبرلین و سایتوکینین و نیز اسمولیت‌های آلی، مانند بتائین، اسیدهای آمینه، عنصرهای معدنی، پلی‌ساکاریدها و ویتامین‌ها در عصاره جلبک دریایی است.

با توجه به اینکه کمبود آب، بارش و عدم آبیاری کافی و به‌موقع در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده است، به نظر می‌رسد که استفاده از عصاره

جلبک دریایی بتواند تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش خشکی منتج از کم‌آبیاری را کاهش دهد و سبب بهبود عملکرد گیاه شود؛ لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی بر رشد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مهم نهال‌های گلابی رقم بیروتی پیوندشده روی پایه‌های بذری رایج و مورد استفاده کشاورزان تحت شرایط تنش کم‌آبیاری است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبیاری در ۳ سطح (بدون تنش (شاهد)، آبیاری با ۷۵٪ ظرفیت زراعی و آبیاری با ۵۰٪ ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی در ۲ سطح (صفر (شاهد) و ۳٪) بودند. در این پژوهش، عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) مصرفی تولیدی شرکت Acadian plant (ساخت کشور کانادا)، به‌صورت پودری و با قابلیت حل آسان در آب است. نهال‌های یک ساله گلابی رقم بیروتی پیوندی روی پایه‌های بذری به‌صورت گلدانی در گلخانه کاشته شد. خصوصیات خاک مورد استفاده در گلدان‌های مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. بلافاصله بعد از کاشت، عملیات آبیاری انجام شد تا مرحله استقرار و رشد رویشی گیاه به‌خوبی انجام شود. تیمارهای آبیاری در سه سطح و به روش وزنی صورت گرفت (Widiastuti *et al*., 2008). همچنین آبیاری هر هفت روز در طی دوره رشد گیاه انجام شد. محلول-پاشی برگی روی نهال‌های یک ساله گلابی رقم بیروتی پیوندی روی پایه‌های بذری، در دو مرحله شروع فصل رشد در بهار ۱۴۰۲ و تکرار محلول‌پاشی با فاصله زمانی یک ماهه و قبل از شروع تنش کم‌آبیاری بود. پس از اعمال تیمارهای محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و تنش کم‌آبیاری، اندازه‌گیری صفات رشدی و بیوشیمیایی در فاز رویشی نهال‌ها انجام گرفت. سپس از برگ تازه گیاه نمونه‌برداری شد. برای اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل a، b و کل، از روش (Arnon, 1976) استفاده شد. برای تعیین میزان مالون‌دی‌آلدهید از روش اندازه‌گیری (Heath and Packer, 1968) استفاده گردید. همچنین از روش (Bates *et al*., 1973) برای اندازه‌گیری محتوی پرولین و از روش (Irigoyen *et al*., 1992) برای اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات محلول برگ استفاده شد. پس از آماربرداری، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری و مقایسه میانگین صفات به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ با استفاده از نرم‌افزار SAS-Version 9.0 انجام شد. رسم نمودارهای مربوط با استفاده از نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش

Table 1. Physical and chemical properties of experimental Soil

Soil texture	Sandy loam
pH	7.19
EC ($\mathbf{dS.m^{-1}}$)	3.19
N (%)	0.11%
O.C (%)	1.17%
O.M (%)	2.63%

نتایج

صفات رشدی گیاه: نتایج ارائه‌شده حاکی از تأثیر معنی‌دار تنش کم‌آبیاری بر صفات رشدی بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن تر برگ، ۱۱/۷۶ گرم و وزن خشک برگ، ۴/۲۵ گرم از سطح شاهد به دست آمد که تفاوت آماری معنی‌داری با سایر سطوح تنش کم‌آبیاری داشت (جدول ۲). همچنین در جدول تجزیه واریانس، تعداد گره تحت تأثیر معنی‌دار عصاره جلبک قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۲) که در محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی ۳٪، بیشترین فاصله میان‌گره‌ها ۳/۷۴ سانتی-متر مشاهده شد که در مقایسه با شاهد، ۷/۴۹ درصد افزایش داشت. تنش منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک شاخساره گردید. به‌ترتیب، کاهش ۲۵/۶۹ درصدی وزن تر و کاهش ۲۳/۷۹ درصدی وزن خشک در مقایسه با تیمار بدون تنش مشاهده شد. اثر متقابل تنش کم‌آبیاری و عصاره جلبک دریایی غیرمعنی‌دار به دست آمد.

رنگیزه‌های برگ (کلروفیل a، b و کلروفیل کل): طبق نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس، ویژگی‌های کیفی برگ در سطوح مختلف تنش خشکی (کم‌آبیاری)، در سطح احتمال ۵ درصد بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین میزان کلروفیل a (۵/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (۳/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و

کلروفیل کل (۹/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، از سطح شاهد حاصل شد (جدول ۳). همچنین محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی میزان کلروفیل a، b و کل را تحت تأثیر قرار داد که در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود. میزان کلروفیل کل در محلول‌پاشی با عصاره جلبک ۳٪ دچار تغییراتی شد و افزایش یافت؛ به‌طوری که بالاترین میزان کلروفیل کل (۸/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود (جدول ۳).

صفات بیوشیمیایی برگ (میزان مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و کربوهیدرات محلول): نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس، نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تنش خشکی (کم-آبیاری) در میزان مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و کربوهیدرات محلول در سطح احتمال ۵ درصد بود. نتایج مقایسه میانگین-ها نشان داد که بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید (۰/۱۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) در تیمار آبیاری با ۵۰٪ ظرفیت زراعی حاصل شد که در مقایسه با تیمار آبیاری با ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۱۸/۷۵ درصد افزایش داشت و کمترین میزان این صفت (۰/۰۵ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) مربوط به سطح شاهد بود (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی برگ نشان داد که بین سطوح مختلف محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی در این صفات، تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین میزان کربوهیدرات محلول (۱۵/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی، ۳٪ به دست آمد که ۱/۰۶ برابر غلظت شاهد بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که روند افزایشی در محتوی پرولین هم‌زمان با افزایش سطح تنش مشاهده می‌شود. بیشترین محتوی پرولین در سطح آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین ۱/۹۰ میکرومول بر گرم به دست آمد که افزایش ۳۰ درصدی در مقایسه با سطح بدون تنش داشت (جدول ۴). اثر متقابل تنش کم‌آبیاری و عصاره جلبک دریایی بر صفات بیوشیمیایی، اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر برخی صفات رشدی نهال‌های گلابی رقم بیروتی

Table 2. Mean comparisons effect of different levels of drought stress and seaweed extract application on some growth traits of pear seedling (cv. Beirut)

		Mean (±SE)						
	Treatment	Fresh leaf weight (g)	Dry leaf weight (g)	Node Number	Internode distance (cm)	Fresh shoot weight (g)	Dry shoot weight (g)	Relative shoot growth (%)
Drought stress Levels	FC% 100 (control)	11.76±0.49a	4.25±0.31a	11.66±0.55a	4.19±0.09a	46.48±1.77a	21.0050±1.01a	172.13±6.97a
	75	8.79±0.435b	3.03±0.15b	8.66±0.80b	3.55±0.12b	34.54±2.27b	16.01±0.97b	129.35±4.78b
	50	7.04±0.64c	2.47±0.21b	6.16±0.70c	3.06±0.15c	27.98±2.67c	12.82±1.27c	109.86±7.66c
Application of seaweed extract	0 (control)	8.60±0.84a	2.99±0.28a	8.00±0.95b	3.46±0.21a	33.81±3.40a	15.39±1.52a	129.77±11.31a
	3%	9.79±0.70a	3.52±0.33a	9.66±0.88a	3.74±0.15a	38.86±2.80a	17.84±1.28a	144.46±9.05a
Different Latin letters indicate significant differences between treatments								

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر میزان کلروفیل برگ نهال‌های گلابی رقم بیروتی

Table 3. Mean comparisons effect of different levels of drought stress and seaweed extract application on leaf chlorophyll content of pear seedling (cv. Beirut)

	Mean (±SE)			
	Treatment	Total chlorophyll (mg/g FW)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)
Drought stress levels	FC 100% (control)	9.48±0.38a	5.72±0.34a	3.75±0.05a
	75	7.96±0.25b	4.97±0.21a	2.99±0.06b
	50	5.42±0.37c	3.46±0.34b	1.96±0.04c
Application of seaweed extract	0 (control)	7.20±0.65b	4.37±0.42b	2.82±0.25b
	3%	8.04±0.61a	5.06±0.36a	2.98±0.27a
Different Latin letters indicate significant differences between treatments				

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر برخی صفات بیوشیمیایی نهال‌های گلابی رقم بیروتی

Table 4. Mean comparisons effect of different levels of drought stress and seaweed extract application on some biochemical traits of pear seedling (cv. Beirut)

		Mean (±SE)		
	Treatment	**MDA (µmol/g FW)**	**Proline (µmol/g FW)**	**Soluble carbohydrates (mg/g FW)**
Drought stress Levels	FC 100% (control)	0.05±0.0074c	1.33±0.14c	14.10±0.21c
	75	0.13±0.01b	1.61±0.09b	15.49±0.49b
	50	0.16±0.01a	1.90±0.03a	17.76±0.33a
Application of seaweed extract	0 (control)	0.13±0.01a	1.77±0.07a	16.28±0.61a
	3%	0.10±0.01b	1.46±0.11b	15.28±0.54b
Different Latin letters indicate significant differences between treatments				

بحث

همان‌طور که نتایج نشان داد، تنش خشکی (کم‌آبیاری) بر صفات رشدی مؤثر بود. در این خصوص، گزارش کردند که گیاهان هنگام وقوع تنش‌های محیطی، شامل شوری و خشکی، سطح برگ خود را کاهش می‌دهند و این سبب کاهش وزن خشک برگ در واحد سطح می‌شود و منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد و در نهایت، وزن خشک ساقه به دلیل کاهش تعداد ساقه فرعی، کاسته می‌شود. با توجه به نقصان مواد فتوسنتزی، انتقال این مواد به سمت اندام‌های زایشی کاهش می‌یابد و در نتیجه، باعث کاهش عملکرد رویشی و زایشی گیاهان می‌شود (Kalhor *et al*., 2018).

استفاده از عصاره جلبک دریایی به علت وجود هورمون‌های رشد و اثر آن‌ها بر روند جذب و حرکت مواد مغذی در گیاه موجب افزایش غلظت مواد مغذی در برگ می‌شود که در نهایت باعث افزایش وزن گیاه خواهد شد (Sunarpi *et al*., 2010). مشابه این آزمایش، تأثیر محلول‌پاشی ترکیبات آمینواسیدی و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد کمی و کیفی پسته را بررسی کردند. اثر تیمار عصاره جلبک دریایی روی صفات وزن خوشه، تعداد پسته در خوشه، طول خوشه و میزان کلروفیل کل، معنی‌دار بود (Torab Ahmadi *et al*., 2018).

بررسی نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای عصاره جلبک دریایی و تنش خشکی (کم‌آبیاری) بر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ حاکی از تأثیر معنی‌دار عصاره جلبک دریایی و تنش بر این صفات بود (جدول ۴). عصاره جلبک دریایی با افزایش تعداد سلول‌های برگی در اوایل فصل رشد، در بهبود اندازه برگ و میزان تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه، عملکرد کل گلابی نقش دارد (Colavita *et al*., 2021). مشابه نتایج این آزمایش، درختان سیب تیمارشده با عصاره جلبک دریایی دارای محتوای کلروفیل بالاتری نسبت به تیمار شاهد بودند (Spinelli *et al*., 2009). وجود گلایسین بتائین در عصاره جلبک دریایی بر کاهش تخریب کلروفیل مؤثر است. در شرایط تنش، گلایسین بتائین هدررفت فعالیت‌های فتوسنتزی را در کلروپلاست به تأخیر می‌اندازد و از تجزیه کلروفیل جلوگیری می‌کند (Genard *et al*., 1991). افزایش در مقدار کلروفیل عمدتاً به دلیل افزایش در سنتز کلروپلاست، کاهش در تجزیه کلروفیل و تأخیر در پیری است (Rayorath *et al*., 2009). همچنین وجود ترکیبات دیگر مانند ازت و پتاسیم در عصاره جلبک دریایی می‌تواند موجب افزایش کلروفیل و فتوسنتز برگ شود (Mohamed and Sehrawy, 2013). به‌طور کلی، نتایج نشان داد که تنش خشکی به‌واسطه تأثیر منفی بر فتوسنتز، باعث کاهش کلروفیل a، b و کل می‌شود. این در حالی است که کاربرد عصاره جلبک دریایی ممکن است به دلیل وجود ترکیباتی مانند عناصر معدنی و گلایسین بتائین در ساختار خود، اثرات مضر تنش خشکی بر رنگدانه‌های کلروفیل را محدود نماید. کاهش میزان کلروفیل برگ تحت تنش خشکی در تعداد زیادی از درختان میوه نظیر بادام (Isaakidis *et al*., 2004)، زیتون (Guerfel *et al*., 2009) و پسته (Ranjbarfardooei *et al*., 2000) گزارش شد که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبیاری و عصاره جلبک دریایی بر صفات بیوشیمیایی معنی‌دار بود. تنش خشکی موجب افزایش میزان مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و کربوهیدرات محلول شد. تجمع مواد محلول سازگار، همچون اسیدآمینه پرولین و کربوهیدرات، در حفظ تعادل اسمزی

سلولی نقش بسیار مهمی در فیزیولوژی گیاهی دارد (Valliyodan and Nguyen, 2006).

تقدیسی سیار و همکاران (Taghdisi-Sayyar *et al*., 2016) بیان داشتند که در تنظیم اسمزی، اسمولیت‌ها همچون پرولین، قندهای محلول و گلایسین بتائین سنتز می‌شوند که این ترکیبات علاوه بر دخالت در تنظیم اسمزی و کمک به جذب آب در سلول، نقش‌های حفاظتی روی غشاها و ماکرومولکول‌های سلولی دارند و در شرایط خاص، برخی از آن‌ها نقش جاروب‌کننده یا خاموش‌کننده رادیکال‌های آزاد و کاهش‌دهنده تنش اکسیداتیو را نیز دارا هستند. مشاهده شده است پس از وقوع تنش خشکی، سطح رادیکال‌های آزاد در گیاهان زیاد می‌شود. خسارت رادیکال‌های آزاد بر ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلائیک و چربی‌ها، کاملاً شناخته‌شده است؛ علاوه بر این می‌توانند به‌عنوان پیام‌رسان ثانویه تحت شرایط تنش، نقش داشته باشند (Borsani *et al*., 2003). همسو با این پژوهش، تنش خشکی در سه رقم انگور بی‌دانه سفید، ساهانی و فرخی، موجب افزایش نشت یونی و کاهش پایداری غشای سلولی شد (Ghaderi *et al*., 2009). در شرایط تنش خشکی، تنش‌های اکسایشی به‌عنوان تنش ثانویه عمل می‌کنند و ضمن کاهش پایداری غشای سلولی و سرعت فتوسنتز، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهند (Fazeli *et al*., 2007). عصاره جلبک دریایی به‌واسطه ترکیبات خود می‌تواند موجب کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن شود (Farvin and Jacobsen, 2013). کاربرد عصاره جلبک دریایی موجب افزایش عملکرد در پرتقال (Fornes *et al*., 2002)، توت فرنگی (Masny *et al*., 2004) و گلابی (Colavita *et al*., 2011) شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که سطوح مختلف تنش بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گلابی رقم بیروتی، به‌خصوص در سطح بالاتر (آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، منجر به کاهش صفات رشدی، ازجمله وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک شاخساره، تعداد میان‌گره و فاصله میان‌گره‌ها شد؛ علاوه بر این، کاهش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، ازجمله کلروفیل a، b و کل، در سطح بالاتر تنش خشکی اتفاق افتاد؛ اما میزان مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و کربوهیدرات محلول با افزایش شدت تنش، افزایش یافت. همچنین استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌عنوان کود بیولوژیکی می‌تواند در بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه مؤثر باشد. تیمار محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی ۳٪ در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی)، منجر به افزایش میانگین صفات رشدی و کلروفیل و کاهش میانگین مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و کربوهیدرات محلول شد؛ لذا به‌منظور تکمیل نتایج این آزمایش، پیشنهاد می‌شود تأثیر انواع و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی بر صفات رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گلابی رقم بیروتی بررسی شود.

References

Ahmed, M., Anjum, M. A., Shah, A. H. and Hamid, A., 2010. In vitro preservation of Pyrus germplasm with minimal growth using different temperature regimes. Pakistan Journal of Botany. 42, 1639-1650.

Alizadeh Zarmehri, F., Davarinajad, G. H., Khorasani, R., Nemati, H. and Keshavarz, P., 2017. Effect of clonal and seedling pear rootstocks on vegetative characteristics and water potential of pear cultivars. Journal of Horticultural Science, 31(4), 705-721.

Amiri, E., Bahrani, A., Khorsand, A., and Haghjoo, M., 2015. Evaluating Aquacrop model performance to predict grain yield and wheat biomass, under water stress. Water and Soil Science (Agricultural Science). 25(4/2), 217-229.

Amiri, E., Bahrani, A., Irmak, S., and Mohammadiyan Roshan, N., 2022. Evaluation of irrigation scheduling and yield response for wheat cultivars using Aquacrop model in an arid climate. Water Supply. 22(1), 602-614.

Arnon, A. N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23, 112-121.

Bates, L.S., Waldern, R.P., & Teare, I.D., 1973. *Rapid determination of free proline for water stress studies*. Plant Soil Environ. 39, 205–207.

Borsani, O., Valpuesta, V., & Botella, M. A., 2003. Developing salt tolerant plants in a new century. a molecular biology approach. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 73, 101-115.

Colavita, G.M., Spera, N., Blackhall, V., Sepulveda, G.M., 2011. Effect of Seaweed Extract on Pear Fruit Quality and Yield. Acta Horticultural. 909, 601-607.

Colavita, G.M., Spera, N., Blackhall, V., Sepulveda, G.M., 2021. Effect of seaweed extract on pear fruit quality and yield. Acta Horticulturae. 601, 607-909.

Elewa, T. A., Sadak, M. S., and Dawood, M. G., 2017. Improving drought tolerance of quinoa plant by foliar treatment of trehalose. Agricultural Engineering International, CIGR Journal Special Issue. 245-254

El-Sayed, A. B., Shehata, S. A., and Taha, S. S., 2018. Algae extract overcoming the adverse effects of saline stress in hydroponic grown tomato plants. Journal of Food, Agriculture and Environment. 16, 92-99.

Farvin, K.S., and Jacobsen, C., 2013. Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. Food Chemistry. 138, 1670-1681.

Fazeli, F., Ghorbanli, M., and Niknam, V.,2007. Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. Biologia Plantarum. 51(1), 98-103.

Fornes, F., Sanchez-Perales, M., Guardiola, J.L. 2002. Effect of a seaweed extract on the productivity of' de Nules' Clementine mandarin and Navelina orange. Botanica Marina. 45, 486–489.

Ghaderi, N., 2009. Effect of drought stress on some physiological characteristics of five grape cultivars and investigation of their genetic diversity in Kurdistan Province. PhD dissertation, University of Tehran.

Genard, H., Le Saos, J., Billard, J.P., Tremolieres, A., and Boucaud, J., 1991. Effect of salinity and marmarine spraying on lipid composition, glycine betaine content and photosynthetic activity in chloroplasts of Suaeda maritima. Plant Physiology and Biochemistry. 29,421-427.

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W., and Zarrouk, M., 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae. 119, 257-263.

Haghjoo, M., and Bahrani, A., 2014. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield. yield components and dry matter remobilization of maize cv. SC260. Iranian Journal of Crop Sciences. 16(4), 278-292.

Heath, R. L., and Packer, L., 1968. Photoperoxidation in Isolated Chloroplastts. *Biochemistry Biophysics*. 125, 850-857.

Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., and Hernández-Carmona, G., 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). J. Appl. Phycol. 26, 619–628.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W., and Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugar in nodulated alfalfa (Medicago sativa) plants. Physiologia Plantarum. 84, 55-60.

Isaakidis, A., Sotiropoulos, T., Almaliotis, D., Therios, I., and Stylianidis, D., 2004. Response to severe water stress of the almond Prunus amygdalus. Ferragnes grafted on eight rootstocks. New Zealand Journal Crop and Horticultural Science. 32, 355-362.

Kalhor, M., Dehestani Ardakani, M., Shirmardi, M. and Gholamnejad, J., 2018. Response of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) to interaction effects of salt stress and organic soil amendments. Environmental Stresses in Crop Sciences. 11(4), 1005-1021.

Li, Y., and Mattson, N. S., 2015. Effect of seaweed extract application rate and method on post production life of petunia and tomato transplants. HortTechnology. 25(4), 505-510.

Masny, A., Basak, A., and Zurawicz, E. 2004. Effect of foliar application of Kelpak and Goëmar BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12, 23-27.

Ranjbarfardooei, A., Samson R., Van Damme, P., and Lemeur, R., 2000. Effects of drought stress induced by polyethylene glycol on pigment content and photosynthetic gas exchange of *Pistacia khinjuk* and *P. mutica*. Photosynthetica. 38, 443-447.

Rayorath, P., Benkel, B., Hodges, D.M., Allan-Wojtas, P., MacKinnon, S., Critchley, A.T., and Prithiviraj, B., 2009. Lipophilic components of the brown seaweed, Ascophyllum nodosum, enhance freezing tolerance in Arabidopsis thaliana. Planta. 230, 135–147.

Sadak, M. S., and Dawood, M. G., 2014. Role of Ascorbic Acid and α Tocopherol in Alleviating Salinity Stress on Flax Plant (*Linum usitatissimum* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 10, 93-111.

Sunarpi, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N.I., and Nikmatullah, A., 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. Nusantara Bioscience. 2(2), 73-77.

Taghdisi Sayyar, M., Enteshari, S. and Daneshmand, F., 2016. Interaction of exogenous glycine betaine and drought stress on some physiological traits of tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Processes and Functions, 5(17), 109-120.

Torab Ahmadi, S., Abedi, B. and Saber Ali, S., 2018. Evaluation of some quantitative and qualitative traits of pistachio plant in response to amino acid compounds and seaweed extract. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 29(4), 189-204.

Tuteja, N., and Gill, S. S., 2013. Crop improvement under adverse conditions. Published by Springer.

Valliyodan, B., and Nguyen H. T., 2006. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. Current Opinion in Plant Biology. 9, 189-95.

Widiastuti, N., Wu, H., Ang, M. and Zhang, D. K. 2008. The potential application of natural zeolite for grey water treatment. *Desalination journal*. 218, 271-280.

Zareei, M., Peymaneh, Z. and Rounaghi, A. H., 2016. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and water stress on the activity of some antioxidant enzymes and nutrient element uptake of citrus rootstock. Iranian Journal of Agricultural Research. 35(2), 19-26.