

The effect of foliar application of Seaweed extract on morphological and physiological traits of *Echium amoenum* Fisch. & Mey seedlings under salinity stress

Introduction

From the past, medicinal plants have been used as one of the most important resources for medicinal purposes. Even now, the use of medicinal plants is expanding in many developed. Salinity stress is one of the most important influencing factors in reducing plant growth. Salinity stress limits plant growth by reducing metabolic and physiological activities in the plant. One of the consequences of salinity stress in the plant is the production of abscisic acid in the plant. One of the methods that have been tested in recent years to reduce the effects of salinity stress in plants is the use of seaweed and its extract. According to the studies conducted in some plants, seaweed extract can cause the growth and expansion of the roots and help to increase the absorption of water and minerals through the roots. Also, based on the research conducted on some plants, the use of seaweed increases the amount of chlorophyll in the plant and accelerates the time of flowering and fruit formation in the plant. *Echium amoenum* is a perennial plant belonging to the family Borage is a valuable plant in terms of its medicinal properties is considered. In general environmental factors have a significant effect on flower production in these plants. Therefore, for the successful cultivation of medicinal plants, including in general environmental factors have a significant effect on flower production in these plants. Therefore, for the successful cultivation of medicinal plants, including *Echium amoenum*, providing optimal environmental conditions is a priority, providing optimal environmental conditions is a priority. Ascophyllum nodosum seaweed extract contains significant amounts of high-use mineral elements such as nitrogen, potassium, calcium, magnesium, and low-use mineral elements such as iron, copper, and manganese. Therefore, according to the current results, in this study, the effect of foliar spraying of algae extract was investigated. The morphological characteristics of *Echium amoenum* seedling under salt stress were investigated

Materials and Methods

In order to investigate the effects of foliar spraying of seaweed extract on borage flower seedlings under salinity stress conditions, a factorial experiment was conducted with two factors of seaweed and salinity stress with sodium chloride salt, in the form of a completely randomized design in the greenhouse. The seeds were purchased from Pakan Seed Company of Isfahan and soaked in normal water for 24 hours, and then they were transferred into small pots containing three parts of peat moss and one part of perlite. One week after transferring the seedlings to the main pots, foliar spraying with seaweed extract was done. Foliar-spraying was repeated once every two weeks and in total the seedlings were sprayed three times with seaweed extract. In this experiment, a concentration of 1500 ppm of seaweed extract and three levels of salinity (EC=1.6, 4, 8) were used.

The seaweed extract used in this experiment belonged to Akadin Company. The type of seaweed from which the extract was prepared was *Ascophyllum nodosum* and it is a type of brown algae. One week after the first foliar application of seaweed extracts, the application of salinity stress began. In order to prevent shock in plants, salinity treatment was done gradually and in three stages. In order to prevent salt accumulation, washing with ordinary water was done once every two weeks.

Results and Discussion

The results showed that the use of seaweed extract can significantly protect plant growth under salinity stress. Seaweed extract increased the amount of proline and potassium in the leaves of the plant and thereby reduced the harmful effects of salinity stress on the borage plant. In addition, foliar spraying of borage plant with the use of seaweed extract increased the amount of chlorophyll in the plant, and in this way, by increasing the amount of photosynthesis in the plant; it helped the plant to grow better under salt stress conditions. The results of this research showed that the use of seaweed extract helps the plant to maintain its conditions against salt stress by increasing the amount of proline and absorbing potassium in the tissue. In addition, foliar spraying with seaweed extract preserves the structure of chlorophyll in the plant under salinity stress, and in this way, by increasing the photosynthetic efficiency; it helps the

plant grow better under salt stress. According to the obtained results, it can be concluded that the use of seaweed can reduce the negative effects of salinity stress in the seedlings of Iranian borage. In addition, due to its low price and availability, it can be used as a suitable bio-fertilizer to protect plant growth under salinity stress conditions.

Keywords: carotenoids, electrolyte leakage, salt stress, sodium,

مجله علمی پژوهشی
فصلنامه علمی پژوهشی
پژوهش‌های علمی

اثر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات مورفو فیزیولوژیک نشاء گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & Mey) در شرایط تنش شوری

بهروز رحیم خانی^۱، محبوبه ناصری^{۲*}، احمد احمدیان^۲، مسعود علی پناه^۳

۱- کارشناسی ارشد علوم باغبانی- تولید محصولات گلخانه ای، دانشگاه تربت حیدریه

۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه

۳- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه

نویسنده مسئول: محبوبه ناصری

M.naseri@torbath.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثرات محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر روی نشاهای گل گاوزبان در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور جلبک دریایی و تنش شوری با نمک کلرید سدیم، در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه انجام شد. در این آزمایش تیمارها شامل غلظت ۱۵۰۰ ppm از عصاره جلبک دریایی و سه سطح شوری (8، 4، 1.6=EC) بود. یک هفته بعد از اولین محلول پاشی عصاره های جلبک دریایی، اعمال تنش شوری آغاز گردید. به منظور جلوگیری از ایجاد شوک در گیاهان، تیمار شوری به تدریج و در سه مرحله انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده تیمارهای شوری و جلبک دریایی و همچنین اثرات متقابل شوری در جلبک دریایی بر وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشه و وزن خشک کل بوته گل گاوزبان معنی دار بود. عصاره جلبک دریایی سبب افزایش میزان پرولین و پتاسیم در برگ گیاه گردید و از این طریق سبب کاهش اثرات مخرب تنش شوری برای گیاه گل گاوزبان شد. علاوه بر این محلول پاشی گیاه گل گاوزبان با استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گردید و از این طریق با افزایش میزان فتوسنتز در گیاه به رشد بهتر گیاه در شرایط تنش شوری کمک کرد. استفاده از عصاره جلبک سبب افزایش میزان قند محلول تحت شرایط تنش شوری گردید. به طوری که در غلظت های ۱/۶، ۴ و ۸ از تنش شوری میزان قند محلول به ترتیب ۰.۸۰٪، ۰.۳۳٪ و ۰.۳۳٪ درصد افزایش یافت. استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب کاهش ۱۱ و ۱۵ درصدی میزان سدیم در غلظت های ۴ و ۸ شوری شد. همچنین جلبک دریایی جذب پتاسیم را ۳۳ و ۲۴ درصد در غلظت ها شوری افزایش داد. باتوجه به نتایج به دست آمده می توان نتیجه گرفت کاربرد جلبک دریایی می تواند اثرات منفی تنش شوری را در نشاء گل گاوزبان ایرانی کاهش دهد همچنین به دلیل قیمت پایین و در دسترس بودن به عنوان یک کود زیستی مناسب برای حفظ رشد گیاه در شرایط تنش شوری استفاده گردد.

واژه های کلیدی: تنش شوری، سدیم، کارتنوئید، نشت الکترولیت

از گذشته گیاهان دارویی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع برای مصارف دارویی مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. اکنون نیز در بسیاری از کشورهای پیشرفته مصرف گیاهان دارویی رو به گسترش است (Ramandi et al., 2022). کشور ایران به طور طبیعی رویشگاه بسیاری از گونه‌های گیاهان دارویی است. به همین دلیل این کشور از نظر طبیعی و جغرافیایی دارای استعدادهای زیادی جهت تولید، مصرف و صادرات گیاهان دارویی است (Nikbakht & Kafi, 2024). خانواده گل‌گاوزبان^۱ یکی از تیره‌های گیاهی با ۱۳۱ سرده و ۲۰۰ گونه است. برخی از گیاهان این خانواده یک‌ساله و برخی چندساله هستند. یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی در این خانواده گل‌گاوزبان ایرانی با نام علمی *Echium amoenum* Fisch. & Mey است. این گیاه علفی و دارای اندام پوشیده از تارهای نرم است. گل‌های آن به رنگ آبی مایل به بنفش آن در یک طرف گل آذین گرزس ساده و بلند ظاهر می‌گردد. در طب سنتی ایران گل‌های گل‌گاوزبان توسط مردم جهت رفع عوارض سرماخوردگی، آرام بخش مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Nikbakht & Kafi, 2024; Jabbar et al., 2022).

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش رشد گیاه است. تنش شوری با کم‌کردن فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی در گیاه باعث محدودشدن رشد گیاه می‌گردد (Zhao et al., 2020). یکی از پیامدهای تنش شوری در گیاه تولید اسید آبسزیک در گیاه است، اسید آبسزیک باعث بسته‌شدن روزنه‌های تنفسی در گیاه شده و در نتیجه فتوسنتز کاهش خواهد یافت. مطالعات نشان می‌دهد تنش شوری باعث زیادشدن انواع اکسیژن فعال در اندام‌های گیاه می‌گردد، اکسیژن‌های فعال مولکول‌های ناپایداری هستند که با پروتئین‌ها و چربی‌های موجود در غشای سلولی واکنش می‌دهند و باعث آسیب رسیدن به ساختار غشای سلولی می‌گردند (Zhao et al., 2014; Shabala et al., 2020). کودهای زیستی به مجموعه مواد نگهدارنده با تعداد زیادی از ریزجانداران مفید گفته شده که به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک استفاده می‌شوند. یکی از این کودها جلبک دریایی است. عصاره جلبک قهوه‌ای دریایی حاوی مقادیر مختلفی از متابولیت‌های ثانویه فعال زیستی، ویتامین‌ها، پیش‌سازهای ویتامین‌ها و آمینواسیدها هستند. همچنین عصاره جلبک دریایی شامل تعدادی از فیتوهورمون‌ها مانند اکسین، سیتوکنین، جیبرلین، آبسزیک اسید و براسینواستروئید است (Mutale-Joan et al., 2021). جلبک دریایی منجر به رشد و گسترش ریشه‌ها، افزایش عمر پس از برداشت محصولات و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود. بر طبق

¹ -Boraginaceae

تحقیقات انجام شده در برخی از گیاهان، عصاره جلبک دریایی می‌تواند باعث رشد و گسترش ریشه شده و به افزایش جذب آب و مواد معدنی از طریق ریشه کمک می‌کند. در بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر رشد ریشه‌های گیاهچه‌های سویا مشخص شد که عصاره جلبک دریایی در سطوح مختلف تأثیر مثبتی روی طول ریشه‌های گیاهچه سویا داشت. بالاترین اثر تحریکی عصاره جلبک دریایی در غلظت ۱۰-۵ گرم در میلی‌لیتر مشاهده شد که طول ریشه حدود ۱۸ درصد بلندتر از ریشه‌های شاهد بود (Anisimov & Chaikina, 2014). همچنین بر اساس تحقیقات انجام شده بر روی برخی از گیاهان کاربرد جلبک دریایی باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه شده و زمان گلدهی و تشکیل میوه در گیاه را تسریع می‌نماید (Punitha et al., 2024; Latigue et al., 2013). بر اساس برخی از آزمایش‌ها کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شد (Alharbi et al., 2022; Mutale-Joan et al., 2021). بر پایه نتایج به تحقیقات انجام شده عصاره جلبک دریایی بر صفات تعداد دانه پر، تعداد دانه در طبق، کلروفیل، درصد روغن، عملکرد دانه آفتابگردان معنی‌دار بود (Seyyed Razavi et al., 2018).

در واقع جلبک قهوه‌ای به عنوان یک ترکیب محافظ مهم در پاسخ به تنش‌های غیر زیستی است. زیرا عصاره جلبک دریایی دارای مقادیر زیادی ترکیبات فعال زیستی از جمله بتائین، پرولین و اسیدهای آمینه معطر است. نتایج بررسی کاربرد عصاره جلبک دریایی بر گیاه اسفناج در شرایط تنش خشکی نشان داد که این ماده با بهبود روابط آبی و کاهش محدودیت باز شدن روزنه‌ای گیاه سبب بهبود رشد اسفناج در شرایط تنش خشکی شد. عصاره جلبک دریایی به دلیل داشتن هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکنین، عناصری مانند آهن، روی، مس، کبالت، منگنز و ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه اثر مفیدی بر رشد گیاهان و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های غیر زیستی مانند شوری، خشکی و دما دارد (Esmailpour, & Fatemi, 2020). در پژوهشی در مورد اثر عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان در شرایط تنش کم آبی انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، صفات مورفولوژیک کاهش یافت و کاربرد عصاره جلبک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشاء، سبب بهبود رشد ریحان در شرایط تنش خشکی شد (Esmailpour, & Fatemi, 2020).

Sayyari Zahan و همکاران (۲۰۲۲) تاثیر دو نوع جلبک بر خصوصیات رشدی گندم و ریحان در شرایط تنش شوری را بررسی کردند. در بررسی نوع جلبک بر صفات مورد ارزیابی شامل وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه دو گیاه در شرایط آزمایشگاه و همچنین ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و نشت الکترولیت دو گیاه در بخش گلخانه‌ای، گزارش دادند که در بخش آزمایشگاهی کاربرد جلبک کلرولا، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم را به ترتیب

۳۶/۶۷ درصد و ۱۸/۳۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و کاربرد جلبک کلرولا ۴۲/۸۶ درصد و ۵۹/۲۶ درصد وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان و جلبک اسپرولینا به ترتیب ۶۴/۲۹ درصد و ۲۸/۱۵ درصد وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان را نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد جلبک) کاهش دادند.

استفاده از کودهای زیستی مانند عصاره جلبک دریایی که باعث افزایش مقاومت گیاه و جلوگیری از کاهش رشد گیاهان دارویی در شرایط تنش شوری می‌شود، می‌تواند بعنوان راهکار مناسب برای بهبود عملکرد گیاهان دارویی در شرایط تنش شوری باشد. هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی گل گاوزبان ایرانی در شرایط تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر روی نشاهای گل گاوزبان در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل $3 \times 2 \times 2$ با دو فاکتور جلبک دریایی و تنش شوری با نمک کلرید سدیم، در قالب طرح کامل تصادفی در گلخانه انجام شد.

فاکتور اول: تیمار عصاره جلبک دریایی (آکادین) در دو سطح (۰ و ۱۵۰۰ ppm)

فاکتور دوم: تنش شوری در سه سطح (۱/۶، ۴ و ۸ EC)

کشت بذر و تهیه نشاء

بذرها از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شده و به مدت ۲۴ ساعت در آب معمولی خیسانده شدند (Ramandi [et al.](#), 2019)، سپس به درون گلدان‌های کوچک حاوی سه قسمت پیت‌ماس و یک قسمت پرلیت منتقل گردیدند. بعد از ظاهر شدن سومین برگ حقیقی نشاءها به گلدان‌های بزرگ‌تر حاوی ماسه، خاک باغچه، پرلیت و ورمی کمپوست (۲:۲:۲:۱) منتقل شدند.

محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی

یک هفته بعد از انتقال نشاءها به گلدان‌های اصلی محلول پاشی با عصاره‌ی جلبک دریایی انجام شد. محلول پاشی هر دو هفته یکبار تکرار شد و در مجموع نشاءها سه مرتبه با عصاره جلبک دریایی محلول پاشی شدند. عصاره

جلبک دریایی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت متعلق به شرکت آکادین بود. نوع جلبک دریایی که عصاره از آن تهیه شده بود. آسکوفیلوم نودوزوم *Ascophyllum nodosum* L. از انواع جلبک‌های قهوه‌ای بود.

اعمال تنش شوری

یک هفته بعد از اولین محلول‌پاشی عصاره‌های جلبک دریایی اعمال تنش شوری آغاز گردید. به‌منظور جلوگیری از ایجاد شوک در گیاهان، تیمار شوری به‌تدریج و در سه مرحله انجام شد. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک هر دو هفته یک‌بار آبشویی با آب معمولی انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی گیاه گل گاوزبان

برای اندازه‌گیری سطح برگ، کلیه برگ‌های نشاء چیده شدند و سپس سطح هر یک از برگ‌ها به‌وسیله دستگاه سنجش سطح برگ محاسبه شد. در نهایت میانگین سطح برگ‌ها بر اساس واحد سانتی‌متر مربع به عنوان سطح برگ بوته ثبت گردید. طول ریشه‌ها با استفاده از خط کش با دقت ۱ میلی‌متر و همچنین وزن تر خشک گیاه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم ثبت گردید.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، یکی از برگ‌های میانی هر بوته پس از جدا شدن از ساقه وزن شد (وزن تازه) و همان برگ به‌منظور اندازه‌گیری وزن آماس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن شد (وزن آماس)، سپس برگ‌های مزبور به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آن قرار گرفته و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت با کاربرد فرمول‌های زیر محتوای نسبی آب برگ بر اساس درصد محاسبه گردید ([Nourashrafeddin et al., 2023](#)).

$RWC = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} * 100$

میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ

مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی (از برگ‌های کامل و بالایی بوته) در هاون چینی ریخته و سپس با استفاده از نیتروژن مایع تخریب شد. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به نمونه اضافه شد، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره فوقانی جدا و به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن به داخل کوت ریخته شد و سپس مقدار جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئیدها قرائت و ثبت گردید. با استفاده از روابط زیر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در نمونه‌ها محاسبه گردید:

(Pan et al., 2024)

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/ml}) = (15/65 \times A_{666}) - (7/34 \times A_{653})$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/ml}) = (27/05 \times A_{653}) - (11/21 \times A_{666})$$

$$\text{Carotenoid } (\mu\text{g/ml}) = (1000 \times A_{470}) - (2/860 \times \text{Chl a}) - (129/2 \times \text{Chl b}) / 245$$

سنجش میزان پرولین

میزان پرولین با روش بیتس و همکاران اندازه‌گیری شد (Bates et al., 1973). ۰/۵ گرم بافت خشک برگ به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ کوبیده شده و از کاغذ صافی عبور داده شدند. به ۲ میلی‌لیتر از این محلول، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین اضافه و به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شدند. ۴ میلی‌لیتر تولوئن به نمونه اضافه گشت. در نهایت میزان نور جذبی در ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. میزان پرولین استخراجی بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر مشخص گردید.

سنجش میزان قند محلول در میوه

برای سنجش قند محول در برگ گل گاوزبان ابتدا ۰/۱ گرم نمونه گیاهی را در داخل ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵٪ له کرده، سپس به آن ۱۵ میلی لیتر اتانول ۷۰٪ اضافه گردید. محلول را به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده تا فیلتراسیون گردد. سپس از محلول بالایی صاف شده مقدار ۰/۱ میلی لیتر به ۳ میلی لیتر محلول آنترون اضافه گردید. محلول فوق را در حمام آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده، سپس عدد جذب آن در دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. برای منحنی استاندارد از گلوکز خالص با سه غلظت ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پی پی ام استفاده گردید. سپس با کمک منحنی استاندارد میزان قند بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک بدست آمد (Gurrieri et al., 2020; Courbier et al., 2020).

غلظت سدیم و پتاسیم

میزان ۰/۲۵ گرم ماده خشک برگ در ۲ میلی لیتر اسید نیتریک ۱ درصد (سیگما آلدریج، آلمان) به مدت ۲ روز در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد هضم و اجازه داده شد. غلظت یونهای Na^+ و K^+ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر ۴۲۵ شعله (X) اندازه‌گیری شد (Asch et al., 2022).

اندازه‌گیری نشت الکتروولیت در گیاه

به منظور تعیین درصد نشت الکتروولیت ابتدا جوانترین برگ‌های کاملاً توسعه یافته از هر بوته جدا شد و در ویال های حاوی ۵۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده قرار گرفت. ارلن‌ها به مدت ۶ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت و سپس هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (Jenvay) اندازه‌گیری گردید (Savage et al., 2024).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها در نهایت توسط نرم‌افزار SAS بر پایه آنالیز واریانس و مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد آنالیز گردید. سپس نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

تأثیر محلول پاشی جلبک دریایی بر پارامترهای رشدی گیاه گل گاوزبان در شرایط تنش شوری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده تیمارهای شوری و جلبک دریایی و همچنین اثرات متقابل شوری در جلبک دریایی بر وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشه و وزن خشک کل بوته گل گاوزبان معنی دار بود (جدول ۱). بررسی اثر متقابل شوری و جلبک دریایی تمامی صفات رشدی نشان داد که در هر سه تیمار آبیاری، کاربرد جلبک دریایی باعث افزایش وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشه و وزن خشک کل بوته گردید (شکل ۱). به طوری که این افزایش در سطح $\lambda=EC$ تنش شوری به ترتیب ۰.۱۰٪، ۰.۵٪، ۲.۵٪ و ۳۳٪ درصد نسبت به تیمار عدم محلول پاشی با جلبک بود (شکل ۱).

شوری با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاه موجب کاهش عملکرد می شود. محققان علت کاهش رشد گیاه را کاهش فتوسنتز جاری در اثر کاهش بخش فتوسنتز کننده دانستند. با توجه به اینکه گیاهان بخش عمده ای از دوره رشد خود را در معرض شوری گذرانند، احتمالاً میزان یون های سمی سدیم و کلر در برگ ها با افزایش شوری افزایش یافته و سبب کاهش رشد در گیاه شده است. در شرایط شوری، استفاده از جلبک دریایی از طریق جلوگیری از ورود نمک به گیاه و افزایش میزان پتاسیم آثار منفی تنش شوری را کاهش داده (شکل ۴) و همچنین با افزایش میزان کلروفیل (شکل ۲) و به تبع آن افزایش فتوسنتز در شرایط شوری به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق افزایش مقاومت گیاه به شوری باعث شرایط مطلوب تری برای رشد و نمو گیاه شدند که این امر افزایش رشد رویشی گیاه را به دنبال داشت.

محققین نشان دادند که هنگام تنش شوری گیاهان با تجمع پتاسیم در خود در مقابل این تنش از خود واکنش نشان می دهند (Ramandi & Seifi, 2023; Shabala & Kein, 2008) علاوه بر این استفاده از عصاره جلبک دریایی یک روش کارآمد برای رشد بهتر گیاهان بوده است (Punitha et al., 2024; Latigue et al., 2013). عصاره جلبک دریایی حاوی میزان زیادی پروتئین و اسید آمینه می باشد و گزارش شده است که اسیدهای آمینه به

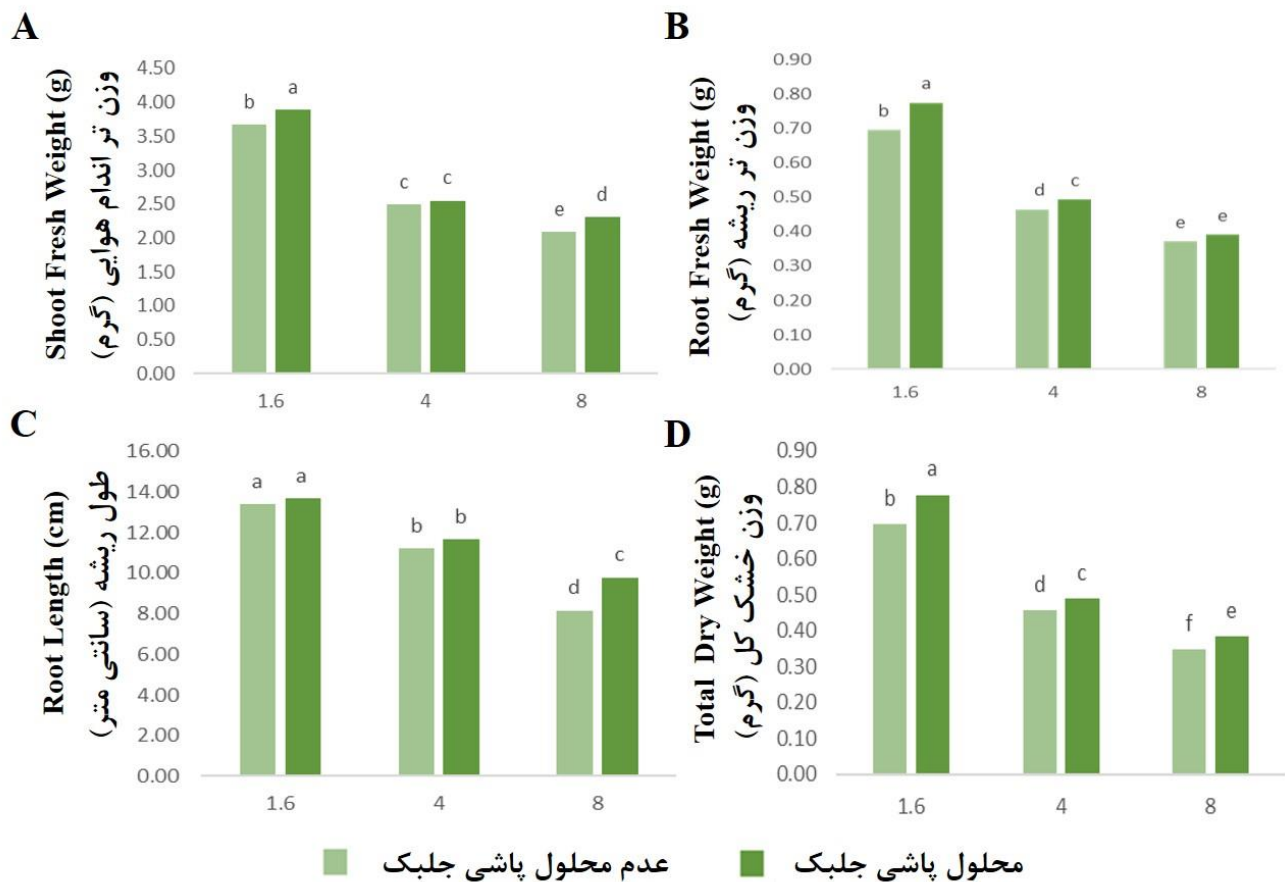
صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten et al., 2010). براساس نتایج می‌توان بیان نمود به‌دلیل وجود اسیدهای آمینه در عصاره جلبک دریایی، با کاربرد آن به خاطر اثرات تغذیه‌ای مثبت بر رشد و نمو، عملکرد رشدی گیاه افزایش خواهد یافت. اسیدهای آمینه به عنوان منبعی از نیتروژن یک ترکیب اساسی در تولید پروتئین گیاهی و کلروفیل است (Al-Said & Kamal, 2008).

استفاده از عصاره جلبک دریایی باعث بهبود رشد نشاء گل گاوزبان در شرایط تنش شوری شد که این موضوع را می‌توان به افزایش توان گیاه برای مقابله با تنش شوری از طریق افزایش رشد ریشه، افزایش میزان فتوسنتز جذب بیشتر عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم و همچنین هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، سیتوکینین و اسیدآبسیزیک نسبت داد.

جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش شوری و جلبک دریایی بر صفات مورفولوژیک گل گاوزبان

Table 1: Analysis of variance (mean square) of the effects of salinity stress and Seaweed Extract on the morphological traits of *E. amoenum*

Source of changes	Df	Fresh weight of shoot	Dry weight of shoot	Fresh weight of roots	Root length	Plant dry weight
Salinity	2	16.74**	0.79**	0.81**	125.74**	0.87**
Seaweed	1	0.52**	0.03**	0.031**	10.76*	0.045**
Seaweed salinity×	2	0.058*	0.006*	0.006*	3.29*	0.004*
error	30	0.017	0.001	0.001	1.01	0.001
Coefficient of variation		4.8	8.7	6.84	8.86	7.2



شکل ۱: تاثیر محلول پاشی با عصاره جلبک بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه گل گاوزبان تحت تنش شوری.

Figure 1: The effect of foliar spraying with Seaweed Extract on the physiological parameters of *E. amoenum* under salt stress.

تاثیر محلول پاشی جلبک دریایی بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه گل گاوزبان در شرایط تنش شوری نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که، اثرات ساده تیمارهای شوری و جلبک دریایی و همچنین اثرات متقابل شوری در جلبک دریایی بر پرولین، قند محلول و نشت الکترولیت در گل گاوزبان معنی دار بود (جدول ۲). میزان پرولین در گیاه به عنوان یکی از شاخصه‌های اصلی در حفظ شرایط گیاه در تنش شوری به حساب می‌آید. با اعمال تنش شوری، میزان پرولین نسبت به شاهد یا عدم تنش شوری افزایش یافت، بیشترین مقدار پرولین در تیمار شوری ۸ به دست آمد. استفاده از عصاره جلبک سبب افزایش میزان پرولین در گیاه گردید (شکل ۲) و

از این طریق در تحقیق ما بر بهبود رشد گیاه در شرایط تنش کمک کرد (شکل ۱). پرولین اسیدآمینهای آزاد است که در شرایط تنش‌های مختلف محیطی به منظور تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاهان تولید و تجمع می‌یابد. نتایج پژوهشگران نشان داد محلولپاشی عصاره جلبک دریایی موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز و افزایش تجمع پرولین در شرایط آبیاری کامل و همچنین قطع آبیاری شد (تقدسی و همکاران، ۱۳۹۱).

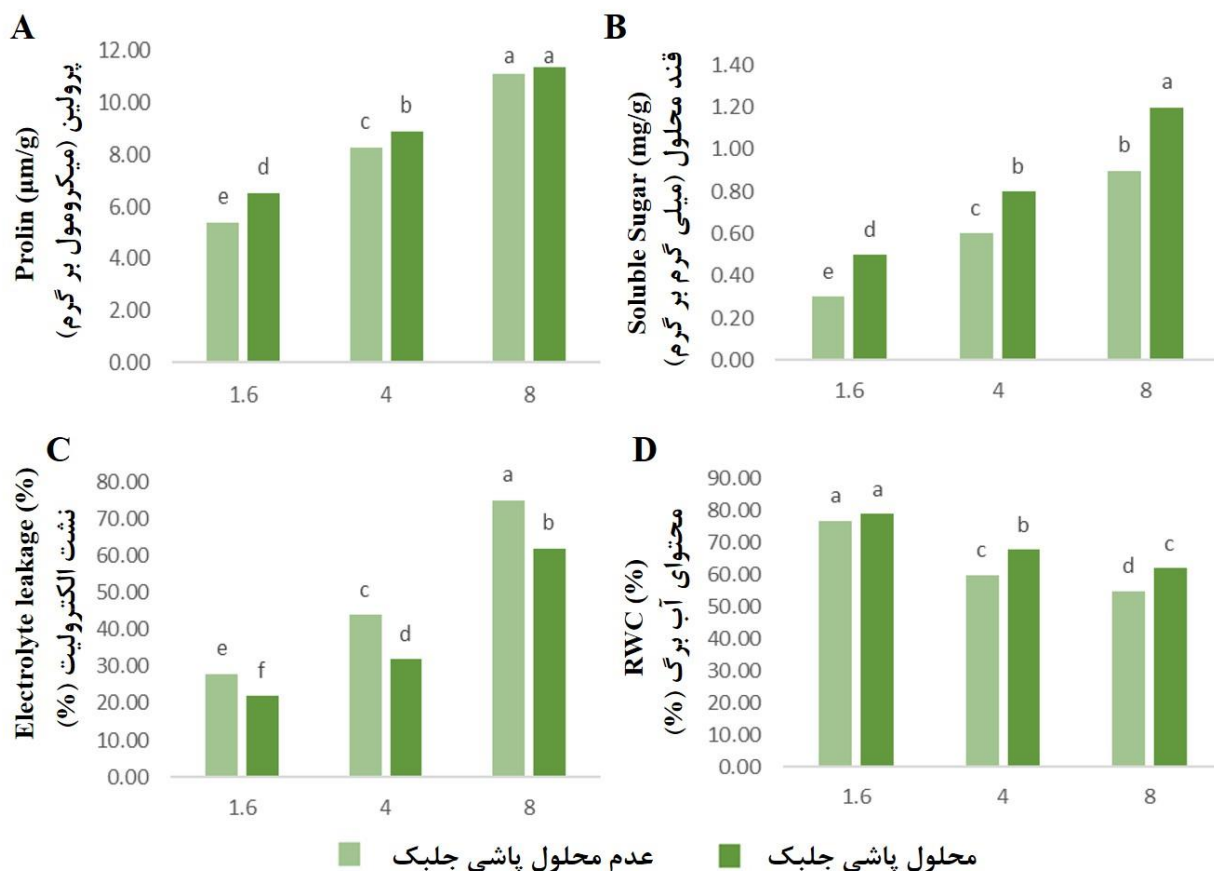
استفاده از عصاره جلبک سبب افزایش میزان قند محلول تحت شرایط تنش شوری گردید. به طوری که در غلظت‌های ۱/۶، ۴ و ۸ از تنش شوری میزان قند محلول به ترتیب ۰.۸۰٪، ۰.۳۳٪ و ۰.۳۳٪ درصد افزایش یافت (شکل ۲). قندهای محلول در شرایط تنش افزایش می‌یابند که این کربوهیدرات‌ها به عنوان حفاظت‌کننده اسمزی و همچنین در تعدیل اسمزی و ذخایر کربنی نقش دارد (Afzal et al., 2021; Rosa et al., 2009). بنابراین به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی در شرایط تنش شوری، باعث افزایش فعالیت آنزیم ATP ase غشاء‌یاخته‌ای، سهولت ورود ساکاروز به آوند آبکش و افزایش بارگیری ساکاروز در آوند آبکشی شده و در نتیجه میزان قند ساخته شده در برگ گیاه را در جهت رویارویی باتنش شوری، افزایش می‌دهد (Zarbakhsh et al., 2023). علاوه بر این، در این آزمایش میزان کلروفیل تحت تیمار جلبک دریایی افزایش یافته است، احتمالاً افزایش ظرفیت فتوسنتزی باعث افزایش مقدار قندهای محلول شده است. تنش شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ به میزان ۷۶ درصد مربوط به تیمار شاهد و کاربرد عصاره جلبک دریایی بود و کمترین محتوای نسبی آب برگ به میزان ۵۲ درصد در تیمار شوری ۸ به دست آمد (شکل ۲). محتوای نسبی آب برگ در همه تیمارهای شوری با کاربرد عصاره جلبک دریایی افزایش یافت. کاهش در محتوای نسبی آب برگ سبب کاهش آب مورد نیاز برای فرآیندهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک از قبیل طویل شدن سلولی، باز شدن روزنه‌ها و فرآیندهای وابسته به فتوسنتز می‌شود. سایر محققان نیز بیان کردند کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه و جذب آب بیشتر و افزایش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود (Seyeed Razavi et al., 2018 i) با

افزایش تنش شوری، میزان نشت الکترولیت از غشاءهای سلولی گل گاوزبان افزایش یافت و بیشترین مقدار آن ۷۵/۲ درصد در گیاهان در سطح تنش شوری ۸ و کمترین میزان نشت ۲۱ درصد در گیاهان محلولپاشی شده عصاره جلبک در سطح شوری ۱/۶ به دست آمد (شکل ۲). پایداری غشای سلولی تحت تنش شوری به منزله یک شاخص مهم تحمل به تنش شوری است. در واقع، نشت الکترولیت نیز به منزله یک شاخص مناسب دیگر از چگونگی آسیب‌های وارده به غشای سلولی یاخته‌های برگ‌ی طی دوره تنش شوری مطرح باشد. محلول‌پاشی با عصاره جلبک با کاهش نشت الکترولیت در گیاه و افزایش محتوای آب برگ به رشد بهتر گیاه در شرایط تنش کمک کرده است (شکل ۲). عصاره جلبک دریایی با حفظ محتوای نسبی آب در گیاه از تغییرات آب سلول‌های گیاهی جلوگیری کرده و بر این اساس غشاءهای سلولی کمتر در معرض آسیب‌های تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری قرار گرفته و تمامیت غشای سلولی محافظت می‌کند (Xu & Leskovar, 2015).

جدول ۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش شوری، جلبک دریایی و پوترسین بر پتاسیم، سدیم، پرولین، قند محلول و نشت یونی برگ‌ها

Table 2: Analysis of variance (mean square) of the effects of salinity stress, Seaweed Extract and putrescine on potassium, sodium, proline, soluble sugar and ionic leakage of leaves.

Source of changes	df	Na+	K+	Proline	soluble sugar	Relative leaf water content	Electrolyte Leakage
Salinity	2	377.21**	341.42**	167.21**	1.8**	1716.72**	13714.05**
Seaweed	1	2.61*	23.1**	7.34**	0.228**	501.38**	48.34**
× Salinity Seaweed	2	0.042 ^{ns}	0.78 ^{ns}	1.2**	0.002 ^{ns}	5.38 ^{ns}	5.72 ^{ns}
Error	30	0.36	0.72	0.15	0.004	22.6	26.3
Coefficient of variation		6.9	4.1	4.61	8.93	3.75	3.34



شکل ۲: تاثیر محلول پاشی با عصاره جلبک بر پارامترهای بیوشیمیایی گیاه گل گاوزبان تحت تنش شوری.

Figure 2: Effect of foliar spraying with Seaweed extract on biochemical parameters of *E.amoenum* under salt stress.

تاثیر محلول پاشی جلبک دریایی بر تغییرات کلروفیل گیاه گل گاوزبان تحت تنش شوری

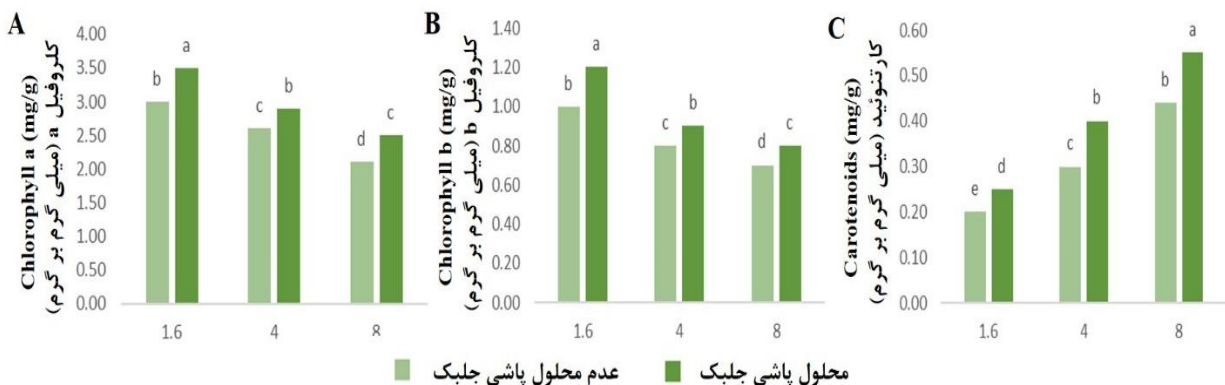
بررسی اثرات متقابل جلبک دریایی در شوری بر میزان کلروفیل‌های برگ نشان داد کاربرد جلبک دریایی و پوترسین باعث افزایش میزان کلروفیل‌های a و b برگ نسبت به شاهد گردید (جدول ۳، شکل ۳). استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب شد که میزان کلروفیل a و b تحت تنش شوری کاهش کمتری نسبت به شاهد داشته باشد (شکل ۳) و از این رو به رشد بهتر گیاه تحت تنش شوری کمک کرده است (شکل ۱). افزایش غلظت کلروفیل در اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی در گیاهان مختلف گزارش شده است. این افزایش به دلیل کاهش تخریب کلروفیل و تأخیر

در پیری آن بوده و مربوط به افزایش تولید کلروفیل نمی‌شود (Guinan et al., 2012). تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند اسیدآبسیزیک و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و به این ترتیب کلروفیل تجزیه می‌شود. همچنین تنش شوری باعث ایجاد تغییرات در رنگدانه های فتوسنتزی، تخریب سیستم فتوسنتزی و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کلورین می‌شود که عوامل مهمی در کاهش رشد گیاه می باشد (Fu & uang, 2001). در پژوهشی استفاده از عصاره جلبک دریایی *A. nodosum* در گوجه فرنگی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش کلروفیل کل شد (Goñi et al., 2016).

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش شوری، جلبک دریایی بر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید برگ‌ها

Table 3: Analysis of variance (mean square) of the effects of salinity stress, Seaweed extract and putrescine on chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids of leaves

Source of changes	df	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Carotenoid
Salinity	2	0.228**	1.36**	0.046**
Seaweed	1	0.017*	1.03**	0.073**
Salinity × Seaweed	2	0.001 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Error	30	0.003	0.012	0.001
Coefficient of variation		6.64	3.97	9.5

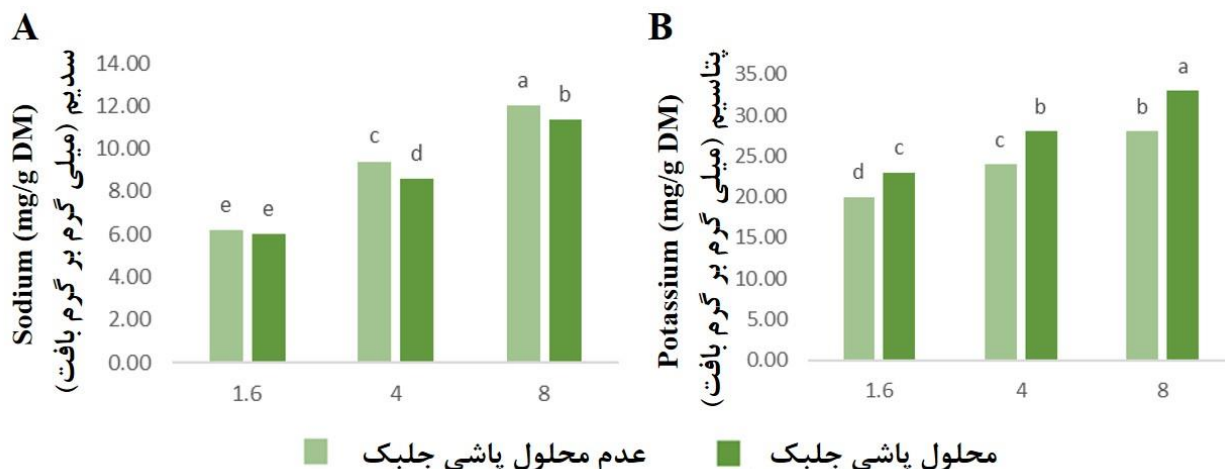


شکل ۳: تاثیر محلول پاشی با عصاره جلبک بر کلروفیل گیاه گل گاوزبان تحت تنش شوری.

Figure 3: The effect of foliar spraying Seaweed extract on the chlorophyll of *E. amoenum* under salt stress.

تاثیر محلول پاشی جلبک دریایی بر تغییرات سدیم و پتاسیم برگ گل گاوزبان تحت تنش شوری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان سدیم و پتاسیم تحت تأثیر اثرات ساده شوری و جلبک دریایی قرار گرفته است (جدول ۲). استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب کاهش ۱۱ و ۱۵ درصدی میزان سدیم در غلظت‌های ۴ و ۸ شوری شده است (شکل ۴) همچنین استفاده از جلبک دریایی جذب پتاسیم را ۳۳ و ۲۴ درصد را در این غلظت‌ها شوری افزایش داد (شکل ۴). نتایج ما با مطالعات صورت گرفته بر روی مکانیزم عمل گیاه برای مقاومت در برابر تنش شوری همخوانی دارد. هنگام تنش شوری گیاه با افزایش جذب پتاسیم باعث افزایش فعالیت کانال‌های یونی گردیده و شدت تنش را تعدیل میکند (Shabala & Kein, 2008; Ramandi & Seifi, 2023). در تحقیقات دیگر پژوهشگران نشان داده شد که شوری باعث کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه و کاهش پتاسیم در برگ‌های زیتون شد (۰). کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی است (Chartzoulakis, 2005).



شکل ۴: تاثیر محلول پاشی با عصاره جلبک بر غلظت سدیم و پتاسیم برگ گل گاوزبان تحت تنش شوری.

Figure 2: Effect of foliar spraying Seaweed extract on sodium and potassium concentration of *E.amoenum* leaves under salt stress.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می توان بیان کرد که گیاه گل گاوزبان در شرایط تنش شوری با ایجاد تغییر در برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی مانند کاهش صفات رشدی خود را با شرایط تنش سازگار می کند. همچنین نتایج این تحقیق نشان از آن داشت که استفاده از عصاره جلبک دریایی با تاثیر بر افزایش میزان پرولین و جذب پتاسیم در بافت، به گیاه در برابر حفظ شرایط خود در برابر تنش شوری کمک میکند. علاوه بر این محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی سبب حفظ ساختار کلروفیل در گیاه تحت تنش شوری شده و از این طریق با افزایش کارایی فتوسنتزی به رشد بهتر گیاه تحت تنش شوری کمک می کند. در نتیجه استفاده از عصاره جلبک دریایی می تواند یک روش کارآمد و کم هزینه جهت ایجاد تحمل به شوری در گیاهان به ویژه در گیاهان دارویی باشد.

- 1- [Al-Said, M.A. and A.M. Kamal. \(2008\). Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids on flowering, yield and quality of sweet pepper. Journal of Agricultural Science, Mansoura University, 33 \(10\), 7403-7412.](#)
- 2- [Alharbi, K., Amin, M. A., Ismail, M. A., Ibrahim, M. T., Hassan, S. E. D., Fouda, A., ... & Said, H. A. \(2022\). Alleviate the drought stress on *Triticum aestivum* L. Using the algal extracts of *sargassum latifolium* and *corallina elongate* versus the commercial algal products. Life, 12\(11\), 1757.](#)
- 3- [Anisimov, M. M., & Chaikina, E. L. \(2014\). Effect of seaweed extracts on the growth of seedling roots of soybean \(*Glycine max* \(L.\) Merr.\) seasonal changes in the activity. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 2\(3\), 19-23](#)
- 4- [Asch, J., Johnson, K., Mondal, S., & Asch, F. \(2022\). Comprehensive assessment of extraction methods for plant tissue samples for determining sodium and potassium via flame photometer and chloride via automated flow analysis#. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185\(2\), 308-316.](#)
- 5- [Afzal, S., Chaudhary, N., & Singh, N. K. \(2021\). Role of soluble sugars in metabolism and sensing under abiotic stress. *Plant growth regulators: signalling under stress conditions*, 305-334.](#)
- 6- [Bates, L. S., Waldren, R. P. A., & Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39, 205-207.](#)
- 7- [Chartzoulakis, K., 2005. Salinity and olive: growth salt tolerance photosynthesis and yield. *Agriculture Water Managemet*. 78, 108–121](#)
- 8- [Courbier, S., Grevink, S., Sluijs, E., Bonhomme, P. O., Kajala, K., Van Wees, S. C., & Pierik, R. \(2020\). Far-red light promotes *Botrytis cinerea* disease development in tomato leaves via jasmonate-dependent modulation of soluble sugars. *Plant, Cell & Environment*, 43\(11\), 2769-2781.](#)
- 9- [Esmailpour, B., & Fatemi, H. \(2020\). Effects of seaweed extract on physiological and biochemical characteristics of basil \(*Ocimum basilicum* L.\) under water-deficit stress conditions. *Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology*, 11\(1\), 59-69.](#)
- 10- [Faten, S., Abd El-Aal., A.M. Shaheen, A.A. Ahmed and Asmaa, R. Mahmoud.\(2010\). Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on the growth and yield and characteristics of squash. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 6\(5\), 583-588.](#)

- 11- Fu, J. and B. Huang. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Journal Environmental and Experimental Botany*, 45, 105–114.
- 12- Goñi, O., A. Fort, P. Quille, P.C. McKeown, C. Spillane and S. O'Connell. (2016). Comparative transcriptome analysis of two *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants: Same seaweed but different. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 2980–2989.
- 13- Gurrieri, L., Merico, M., Trost, P., Forlani, G., & Sparla, F.(2020). Impact of drought on soluble sugars and free proline content in selected *Arabidopsis* mutants. *Biology*, 9(11):367.
- 14- Guinan, K. J., Sujeeth, N., Copeland, R. B., Jones, P. W., O'brien, N. M., Sharma, H. S. S., ... & O'sullivan, J. T. (2012). November. Discrete roles for extracts of *Ascophyllum nodosum* in enhancing plant growth and tolerance to abiotic and biotic stresses. In I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1009 (pp. 127-135).
- 15- Jabbar, A. A., Abdullah, F. O., Hassan, A. O., Galali, Y., Hassan, R. R., Rashid, E. O., ... & Aziz, K. F.(2022). Ethnobotanical, phytochemistry, and pharmacological activity of *Onosma* (Boraginaceae): An updated review. *Molecules*, 27(24), 8687.
- 16- Mutale-Joan, C., Rachidi, F., Mohamed, H. A., Mernissi, N. E., Aasfar, A., Barakate, M., ... & Arroussi, H. E. (2021). Microalgae-cyanobacteria-based biostimulant effect on salinity tolerance mechanisms, nutrient uptake, and tomato plant growth under salt stress. *Journal of Applied Phycology*, 33, 3779-3795.
- 17- Nikbakht, A., & Kafi, M. (2004). The history of traditional medicine and herbal plants in Iran. In VIII International People-Plant Symposium on Exploring Therapeutic Powers of Flowers, Greenery and Nature 790 (pp. 255-258).
- 18- Nourashrafeddin, S. M., Ramandi, A., & Seifi, A.(2023). Rhizobacteria isolated from xerophyte *Haloxylon ammodendron* manipulate root system architecture and enhance drought and salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *International Microbiology*, 1-11.
- 19- Latigue, S. D. Candidate. 2013. Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of bean plant (*Phaesolus vulgaris* variety Paulista) under hydroponic system. *European Scientific Journal*, 9(30), 174-191.
- 20 - Punitha, P., Priyadarshini, P., Nanthini Devi, K., Dinesh Kumar, S., Roopavathy, J., Begum, A., ... & Perumal, P. 2024. Effect of seaweed liquid extract as an organic biostimulant on the growth, fatty acids and high-value pigment production of *Vigna radiata*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(6): 7345-7357.

- 21- Pan, W., Cheng, X., Du, R., Zhu, X., & Guo, W. 2024. Detection of chlorophyll content based on optical properties of maize leaves. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 309,123-843.
- 22- Ramandi, A., NASERI, M., & Yousefjavan, I. (2022). The Effect of aqueous extract of crocus sativus style on blood coagulation indices in Rats. *Journal of Saffron Research*, 10(1),168-160.
- 23- Ramandi, A., Javan, I. Y., Tazehabadi, F. M., Asl, G. I., Khosravanian, R., & Ebrahimzadeh, M. H. (2019). Improvement in seed surface sterilization and in vitro seed germination of ornamental and medicinal plant-*Catharanthus roseus* (L.). *Chiang Mai Journal of Science*, 46(6), 1107-1112.
- 24- Ramandi, A., & Seifi, A. (2023). *Cupriavidus metallidurans* bacteria enhance sodium uptake by plants. *Rhizosphere*, 27, 100767.
- 25- Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J. A., Hilal, M., & Prado, F. E. (2009). Soluble sugars: Metabolism, sensing and abiotic stress: A complex network in the life of plants. *Plant signaling & behavior*, 4(5), 388-393.
- 26- Savage, J. A., Hudzinski, S. J., & Olson, M. R. (2024). Use of electrolyte leakage to assess floral damage after freezing. *Applications in Plant Sciences*, e11569.
- 27- Shabala, S., & Pottosin, I. (2014). Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: implications for abiotic and biotic stress tolerance. *Physiologia plantarum*, 151(3), 257-279.
- 28-Shabala, S., & Cuin, T. A.(2008). Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiologia plantarum*, 133(4), 651-669.
- 29- Sayyari Zahan, M. H., Sayyadi Anari, M. H., Zamani, G., Mahmoodi, S., & Golestanifar, F. (2022). The effect of two types of algae on the growth characteristics of bread wheat and basil under salinity stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 731-740.
- 30- Seyeed Razavi, A., Ovissi, M., & Kasraei, P. (2018). Investigation of Daljin Growth Regulator (*Ascophyllum nodosum* Extract) under Salt Stress Conditions on Agronomic and Physiological Traits of Barley (*Hurdeum vulgare* L.), 2(15),109-119.
- 31- Vagharast, M., S. Maleki-Farahani, J.M. Sinaki and G. Zarei. (2012). Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. *Crop Production in Stress Environment*, 4, 59–71.
- 32- Xu, C. and D. Leskovar. (2015). Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition valued under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 183, 39–47.

[33- Zorbakhsh, S., & Shabsavar, A. R. \(2023\). Exogenous \$\gamma\$ -aminobutyric acid improves the photosynthesis efficiency, soluble sugar contents, and mineral nutrients in pomegranate plants exposed to drought, salinity, and drought-salinity stresses. *BMC Plant Biology*, 23\(1\), 543.](#)

[34- Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J. K., & Shabala, S. \(2020\). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The innovation*, 1\(1\).](#)

مجله علمی
پژوهش
انتشار