گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۳)، ۹(۲): ۲۹۹-۳۱۴
مقاله پژوهشی

اثر عصاره جلبک دریایی بر رشد و ویژگی‌های بیوشیمیایی شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* cv. Bourbon) در شرایط تنش شوری

سیده شقایق نبوی[1]، مرضیه قنبری جهرمی[1*]، نجم‌الدین مرتضوی[2]

۱- گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

۲- دانشکده کشاورزی، گروه باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان

ghanbari@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۸/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۵

چکیده

استفاده از کودهای زیستی برای کاهش اثرهای تنش‌های محیطی در گیاهان اهمیت ویژه ای دارد. پژوهش حاضر برای بررسی اثر عصاره جلبک دریایی بر رشد، خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* cv. Bourbon) زیر تنش شوری انجام شد. تنش شوری در سه سطح (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) با عصاره جلبک (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ گرم در لیتر)؛ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تنش شوری ۱۲۰ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک گیاه (وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه) و میزان رنگدانه‌های نورساختی (سبزینه a، b و کل) گیاه شد. استفاده از عصاره جلبک سبب کاهش اثر تنش شوری در شمعدانی عطری شد. در تنش شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد عصاره جلبک بیشترین مقدار ساخت کربوهیدرات محلول (۳۶/۶۹٪) و پرولین (۳۷/۶۳٪) نسبت به شاهد مشاهده شد. نتایج کلی پژوهش نشان داد که شمعدانی عطری نسبت به تنش شوری ملایم تا حدودی نسبت به تنش شوری شدید، متحمل‌تر عمل نمود و عصاره جلبک نقش مهمی در تعدیل اثر منفی تنش شوری با افزایش رشد و تولید ترکیبات متابولیک گیاه شمعدانی عطری دارد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش محیطی، محرک زیستی، وزن تر.

مقدمه

گونه‌های شمعدانی از نظر صنعت گلکاری و تولید اسانس ژرانیوم دارای اهمیت هستند (Juliani *et al*., 2006)، شمعدانی عطری[1] گیاهی مفید و پرکاربرد است که در تزئین فضای سبز شهری و معابر و نیز گلجای‌های شهری، مواد آرایشی و صابون‌ها، داروسازی، عطرسازی، صنایع غذایی و به عنوان ضدعفونی کننده‌های هوا و آب (Ali *et al*., 2018) و برای ضدعفونی و تحریک سیستم لنفاوی و نیز درمان زخم‌ها، آبسه و تب استفاده می‌شود (Lalli *et al*., 2008).

شوری از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای نازیوا است. بنابراین کاهش اثرات تنش شوری، می‌تواند اثر مثبتی بر افزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی و دارویی داشته باشد (Singh *et al*., 2015).

۱- *Pelargonium graveolens*

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

بررسی اثر عصاره جلبک بر تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند موضوع مهمی در زمینه فیزیولوژی گیاهان و کشاورزی باشد. این موضوع شامل اثراتی مانند تغییرات در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، تغییرات در تولید فیتوهورمون‌ها، اثر بر جذب یون‌های نمکی، تغییرات در محتوای آب و سایر پارامترهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان می‌شود (Asadi *et al.*, 2022).

در پژوهشی که برای بررسی اثر محرک‌های زیستی بر رشد و تحمل به تنش سرما در گیاه حنا[1] انجام شد، نتایج نشان داد که با افزایش شدت سرما برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی به صورت معنی‌داری کاهش یافتند. اما استفاده از عصاره جلبک یک گرم بر لیتر با افزایش پارامترهای حفاظتی گیاه باعث افزایش مقاومت به سرما در گیاه حنا گردید (Ghanbari *et al.*, 2023).

در مطالعه‌ای مروری به بررسی اثر عصاره جلبک آبی بر عملکرد گیاهان زینتی پرداخته شد. عصاره جلبک دریایی در کشاورزی ارگانیک برای تشویق توسعه و تقویت عملکرد کیفی محصولات گل و گیاه استفاده می‌شود. اثربخشی عصاره جلبک دریایی کاملاً بر سطوح هورمونی گیاهان یا در غیر این صورت ریزمغذی‌های موجود در عصاره خام (عمدتاً سیتوکنین‌ها) به اثبات رسیده است. جلبک‌های دریایی نه تنها هورمون‌های رشد و همچنین مواد مغذی کم مصرف و پرمصرف را برای افزایش رشد و کیفیت گسترده طیف وسیعی از محصولات زینتی فراهم می‌کنند بلکه اثرات زیست محیطی بسیار کمتری نیز نسبت به کودهای شیمیایی دارند (Kularathne *et al.*, 2021). در پژوهشی، اثر عصاره جلبک بر بهبود عملکرد و ویژگی‌های رشدی گیاه همیشه بهار[2] تحت تنش شوری ارزیابی شد، عصاره جلبک موجب بهبود خصوصیات رشدی گیاه و کاهش اثر منفی تنش گردید (Kalhor *et al.*, 2018).

بنابراین با توجه به وسعت اراضی تحت تنش شوری، انجام آزمایش‌های مربوطه برای کاهش اثرات سوء و شناسایی اثرات احتمالی مثبت به‌کارگیری عصاره جلبکی برای تعدیل تنش‌های شوری ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر برای بررسی اثر غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی بر خصوصیات کمی و کیفی شمعدانی عطری[3] به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با دو مشاهده در گلخانه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در بهار و تابستان ۱۴۰۲ انجام شد. فاکتور اول شامل تنش شوری در سه سطح صفر (شاهد)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl و فاکتور دوم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی به مقادیر نیم ، یک و دو گرم در لیتر و بدون محلول پاشی بود. برای این منظور، نشاء چهار برگی شمعدانی عطری تهیه و درون گلدان‌هایی به قطر ۱۹ سانتی‌متر با بستر کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۲:۱ کاشته شد. عصاره جلبک دریایی سارگاسوم مورد استفاده به صورت خشک و پودر شده از شرکت افراگستر یگانه خریداری شد. نمک کلرید سدیم از شرکت (Merck) ساخت کشور آلمان تهیه گردید. پودر عصاره جلبک دریایی سارگاسوم ۴۵٪ ماده مؤثره، به رنگ قهوه‌ای سیاه و حلالیت ۹۹٪ در آب، دارای ۲۰ گرم در لیتر اسید آلژینیک، ۱۰۰ گرم ماده آلی، چگالی ۱/۱۰-۱، ۵ گرم در لیتر نیتروژن، ۰/۵ گرم در لیتر فسفر و ۲۰ گرم در لیتر پتاسیم بود (Esmaielpour *et al.*, 2020).

۱- *Impatiens walleriana* ۲- *Calendula officinalis* ۳- *Pelargonium graveolens* cv. Bourbon

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

آبیاری تمامی گلدان‌ها تا مرحله استقرار نشا (یک هفته پس از انتقال نشا به گلدان) توسط آب مقطر بود. تیمارهای شوری با استفاده از کلرید سدیم به صورت آب آبیاری و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی به تعداد چهار مرتبه و به فواصل ۱۰ روز یک‌بار و آبشویی هر ۷ روز یک‌بار اعمال شد. دمای روزانه گلخانه ۲±۲۵ درجه سلسیوس و دمای شبانه ۲±۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۰-۵۰٪ بود. کنترل دما به وسیله دماسنج و دمانگار انجام شد. منبع نور، نور خورشید بود که به صورت طبیعی تأمین شد. شدت نور ۱۰۰۰۰ لوکس بود. برای گیاهان از منبع نور مصنوعی استفاده نشد. نوع پوشش گلخانه پلاستیکی بود.

طول دوره تنش ۴۰ روز بود. EC آب خروجی زهکش هر هفته اندازه‌گیری شد. یک هفته پس از اتمام دوره تیماردهی، نمونه‌برداری از گیاهان انجام شد و صفات رشدی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی آن‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه: برای اندازه‌گیری وزن تر، یک گیاه از هر گلدان را از سطح خاک (محل طوقه) قطع نموده و پس از انتقال به آزمایشگاه وزن تر اندام هوایی و ریشه آن‌ها اندازه‌گیری شد. بوته‌هایی که از محل طوقه جدا شدند، پس از شستشوی مختصر و جدا کردن خاک در آون با دمای ۴۸ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفته و سپس وزن خشک (اندام هوایی و ریشه به طور جداگانه) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱٪ اندازه گیری شد (Inbar *et al.*, 1994).

سنجش میزان رنگدانه‌های گیاهی: برای مقایسه میزان رنگدانه‌های گیاهی، مقدار نیم گرم از ماده گیاهی در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد و به خوبی له شد. ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ به نمونه اضافه شد، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن، در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای سبزینه a و ۶۴۵ نانومتر برای سبزینه b و ۴۷۰ برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda مقدار جذب قرائت شد. در نهایت با استفاده از روابط ۱ تا ۳ میزان سبزینه a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد (Arnon, 1967).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3\times A663 - 0.86\times A645)\ V/100W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3\times A645 - 3.6\times A663)\ V/100W \quad (۲)$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227 \quad (۳)$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

محتوای نسبی آب برگ (RWC): نمونه‌برداری با استفاده از قیچی از برگ رفرنس (آخرین برگ نمو یافته) تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و نمونه‌ها بی درنگ درون یخ قرار گرفته و در آزمایشگاه وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد (برگ‌ها نباید دچار شکستگی و پارگی باشند)، سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در سردخانه در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفتند (در صورت در اختیار نداشتن سردخانه می‌توان از یخچال استفاده نمود). بعد از ۲۴ ساعت

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در رابطه ۴، RWC بدست آمد (Ritchie *et al.*, 1990).

$$RWC = \frac{F_W - D_W}{S_W - D_W} \times 100 \quad (۴)$$

F_W: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

D_W: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

S_W: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول: ابتدا به عصاره‌های برگی، محلول سولفات مس اضافه شد و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت، سپس به نمونه‌ها محلول اسید فسفومولیبدیک اضافه شد و پس از پخش یکسان، رنگ آبی در لوله‌ها پدید آمد. جذب نور در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda خوانش و غلظت قندهای احیاکننده با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Somogyi, 1952).

اندازه‌گیری میزان پرولین: میزان پرولین با روش واکنش نین‌هیدرین (Bates *et al.*, 1973) تعیین گردید. ۳۰۰ میلی‌گرم از ساقه ـ برگ با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳٪ هموژنیزه شد و سپس با کاغذ صافی واتمن شماره دو صاف گردید. دو میلی‌لیتر از محلول صاف شده برداشته و به آن دو میلی‌لیتر محلول نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال افزوده شد و محلول حاصل پس از یک ساعت قرارگیری در بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای توقف واکنش بر روی یخ قرارداده شد. سپس چهار میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه شده و پس از چند دقیقه همزدن شدید، محلول صورتی رنگ فوقانی برای قرائت جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda قرار گرفت و میزان پرولین در عصاره با استفاده از منحنی استاندارد پرولین خالص محاسبه شد.

درصد اسانس: تقطیر با آب و به کمک دستگاه اسانس‌گیری کلونجر صورت گرفت. مقدار ۱۰۰ گرم نمونه برگی خشک شده از هر تیمار با آسیاب شدن مختصر، درون بالن شیشه‌ای دستگاه تقطیر ریخته شد. سپس به محتویات داخل بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده به مقداری که سطح گیاه را کاملاً بپوشاند. مدت زمان اسانس‌گیری ۳ ساعت بود. بازده اسانس به صورت درصد تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: پس از انجام توزیع داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس در قالب طرح کاملا تصادفی به‌صورت فاکتوریل انجام شد. در مرحله نخست تجزیه واریانس ساده برای صفات اندازه‌گیری شده و پس از آن میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ مورد مقایسه قرار گرفت. رسم نمودارها و جداول آماری نیز توسط نرم‌افزارهای Excel و Word 2007 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

صفات وزنی: اثر اصلی و برهمکنش تنش شوری و جلبک بر صفات وزنی (وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه) شمعدانی عطری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی (۳۵۱/۰۰ گرم) و وزن خشک اندام هوایی (۸۵/۰۰ گرم) مربوط به تیمار عدم تنش شوری (شاهد) با کاربرد جلبک ۲ گرم بر لیتر و کمترین میزان وزن تر (۱۷۵/۶۷ گرم) و وزن خشک (۴۷/۶۷ گرم) مربوط به تنش شدید (۱۲۰ میلی‌مولار نمک) و عدم محلول‌پاشی بود (شکل ۱).

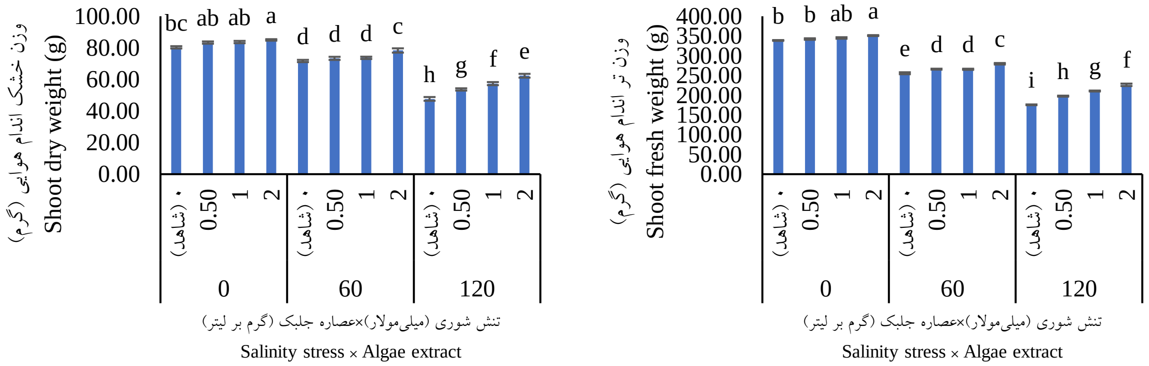
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات وزنی گیاه شمعدانی عطری.

Table 1- Analysis of variance effect of the effect of different treatments on the weight traits of the geranium.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of shoot	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of Shoot	وزن تر ریشه Fresh weight of the root	وزن خشک ریشه Dry weight of the root
تنش شوری Salt stress	2	60386.11**	2427.44**	3971.44**	457.33**
جلبک Algae	3	1300.69**	115.81**	87.88**	10.00**
تنش شوری × جلبک Salt stress ×Algae	6	224.89**	17.44**	12.41**	1.44**
خطا Error	24	13.58	3.72	1.00	0.28
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	1.36	2.72	1.45	2.33

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

**Iindicates significance at the probability level of 1%.



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر وزن تر (الف) و وزن خشک (ب) اندام هوایی شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 1- Comparison results of the average interaction effect of salinity stress × algae on fresh weight (a) and dry weight (b) of geranium aerial parts. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan's 1% probability level.

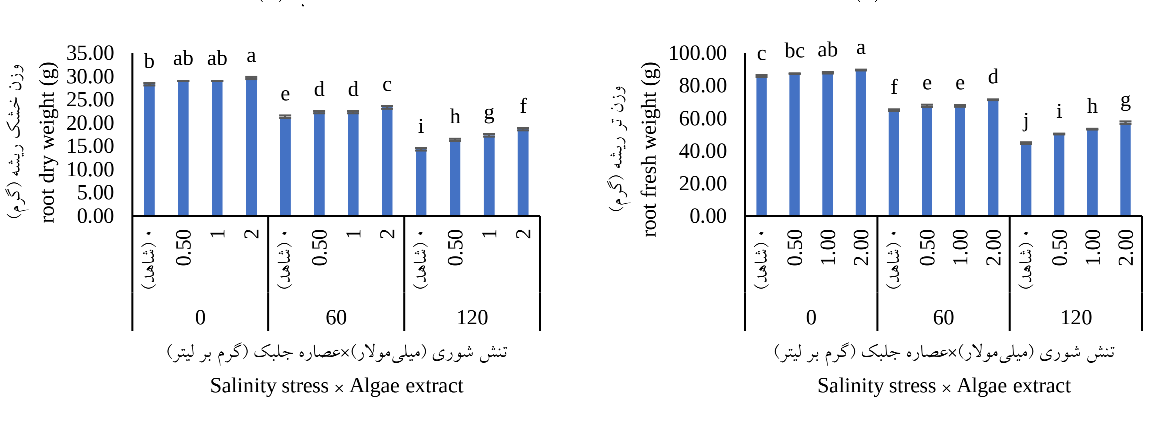
[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

بستر رشدی که شور و حاوی مقادیر فراوانی یون باشد، باعث اختلال در متابولیسم سایر عناصر غذایی شده و رقابت ناشی از یون‌های Na^+ با K^+ و Cl^- با NO^{3-} موجب اختلال در جذب این عناصر شده و در نتیجه رشد و بیومس گیاه کاهش پیدا می‌کند. یکی از مشخصه‌های اثرگذار در تحمل شوری، حفظ آماس یاخته بوده و تنظیم اسمزی در اثر جذب نمک (یون‌های نمکی) و ساخت مواد آلی است. گیاهان برای ساخت مواد آلی (مثل گلایسین، بتائین، پرولین، مانیتول و سوربیتول) انرژی زیادی را صرف کرده که با مصرف این مقدار انرژی برای تنظیم اسمزی، رشد اندام هوایی و در نتیجه وزن گیاه کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (Yasir *et al.*, 2021).

جلبک دریایی منجر به افزایش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد و سطح برگ و اغلب صفات مورفولوژیکی در شرایط تنش می‌گردد (Mohamadpoor *et al.*, 2022 ؛Ahmadpour *et al.*, 2021). اثر مثبت جلبک بر شاخص‌های رشد ممکن است به حضور اکسین (Vinoth *et al.*, 2019)، سیتوکنین (Shukla *et al.*, 2018) و سایر عوامل تقویت کننده رشد (Zhang *et al.*, 2010) و همچنین عناصر ریزمغذی (Khan *et al.*, 2009) مربوط باشد.

شوری آثار مخربی بر بافت پارانشیم نردبانی و فضای بین یاخته ای برگ دارد که این خود سبب کاهش سطح برگ، ارتفاع بوته و اندام هوایی می‌گردد. با کاهش سطح برگ، نورساخت و در نهایت وزن ساقه و برگ کاهش یافته که منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود. از طرف دیگر، در غلظت‌های بالاتر نمک، یون‌های سدیم و کلر باعث مسمومیت گیاه شده و فعالیت گیاه را مختل می‌کنند به این ترتیب مواد غذایی لازم برای رشد و نمو یاخته‌های تامین نشده و توسعه اندام هوایی به کندی رخ می‌دهد (Wu *et al.*, 2018).

بیشترین میزان وزن تر ریشه (۸۹/۶۷ گرم) و وزن خشک ریشه (۲۹/۶۷ گرم) مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) با کاربرد جلبک ۲ گرم بر لیتر و کمترین میزان وزن تر ریشه (۴۴/۶۷ گرم) و وزن خشک ریشه (۱۴/۳۳ گرم) مربوط به تنش شدید (۱۲۰ میلی‌مولار) و عدم محلول‌پاشی بود (شکل ۲).



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر وزن تر (الف) و وزن خشک (ب) ریشه شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 2- Comparison results of the average interaction effect of salinity stress × algae on fresh weight (a) and dry weight (b) of geranium root. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at the Duncan's 1% probability level.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

ریشه گیاهان به خاطر ارتباط مستقیم با شوری بیشتر از دیگر اعضا در معرض تنش شوری قرار داشته و به عنوان فیلتری عمل می‌کند که کنترل عبور یون‌ها را در دست داشته و نسبت مطلوبی بین یون‌های سدیم و پتاسیم برای فعالیت‌های یاخته ای فراهم می‌سازد (Wu *et al*., 2018).

افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تاخیر در پیری و بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و درجه حرارت تحت اثر کاربرد عصاره جلبک گزارش گردیده است (Jacomassi *et al*., 2022). اثرات مفید کاربرد عصاره جلبک روی گیاهان به دلیل وجود هورمون‌های رشد و عناصری مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها است که موجب افزایش در جذب آب و بیوماس گیاه، تأخیر در پیری، تحریک ریشه‌زایی و رشد ریشه می‌شود (Hamouda *et al*., 2022).

در شرایط تنش شوری، با افزایش غلظت نمک میزان وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت. دلایل مختلفی برای کاهش رشد ریشه در شرایط تنش وجود دارد که شامل محدودیت رشد یاخته به دلیل پتانسیل پایین آب در محیط کشت، وجود یون‌های حاصل از شوری و خاصیت سمیت آن‌ها و بالاخره اختلال در روند عادی رشد گیاه می‌باشد (Kumari *et al*., 2021).

همچنین نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های پیشین مبنی بر اثر مثبت عصاره جلبک دریایی در افزایش وزن تر و خشک کاهو[۱] (Yusuf *et al*., 2019) و گوجه فرنگی[۲] (Guo *et al*., 2022) همسو است.

رنگدانه‌های نورساختی: اثر اصلی و برهمکنش تنش شوری و جلبک بر رنگدانه‌های نورساختی (سبزینه a، b و کل و کاروتنوئید) شمعدانی عطری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر رنگدانه‌های نورساختی گیاه شمعدانی عطری.

Table 2- Results of variance analysis of the effect of different treatments on photosynthetic pigments of geranium plant

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	سبزینه a Chlorophyll a	سبزینه b Chlorophyll b	سبزینه کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid
تنش شوری Salt stress	2	0.86**	0.41**	2.46**	0.28**
جلبک Algae	3	0.01**	0.04**	0.10**	0.01**
تنش شوری × جلبک Salt stress ×Algae	6	0.001**	0.002**	0.005**	0.001**
خطا Error	24	0.0002	0.0005	0.0009	0.0003
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.39	4.11	2.53	3.35

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

** Indicate significance at the probability level of 1%.

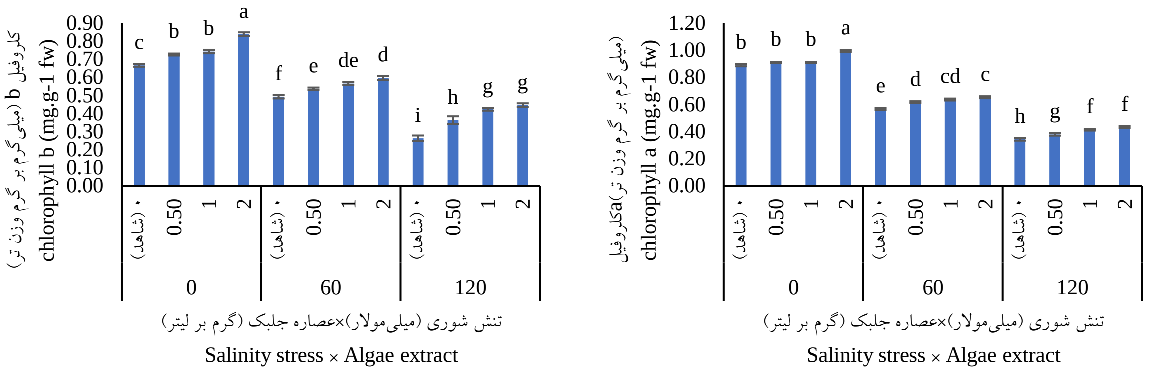
۱- *Lactuca sativa* L.

۲- *Solanum lycopersicon*

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

بیشترین میزان سبزینه a (۱/۰۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و سبزینه b (۰/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) با کاربرد جلبک ۲ گرم بر لیتر و کمترین میزان سبزینه a (۰/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و سبزینه b (۰/۲۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تنش شوری شدید (۱۲۰ میلی‌مولار) و عدم محلول‌پاشی بود (شکل ۳).

الف (a)　　　　ب (b)

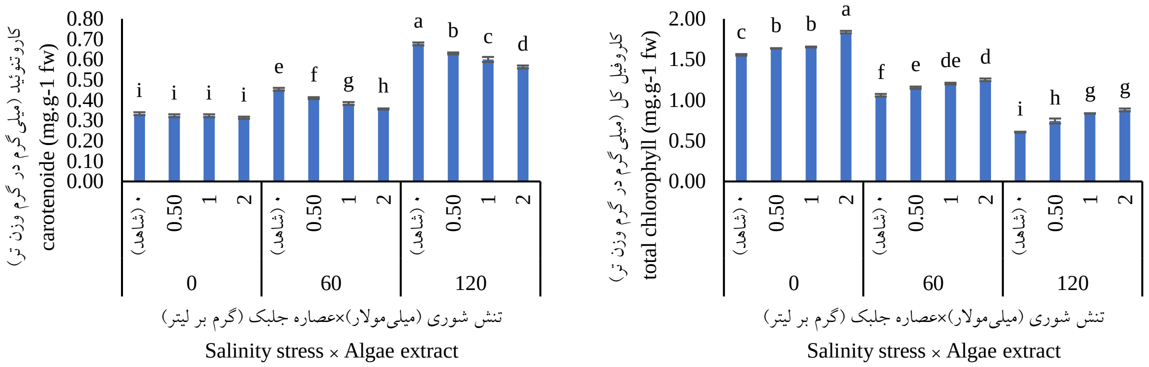


شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر میزان سبزینه a (الف) و سبزینه b (ب) شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 3- Comparison results of the average interaction effect of salinity stress × algae on the amount of chlorophyll a (a) and chlorophyll b (b) of geranium. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan's 1% probability level.

بیشترین میزان سبزینه کل (۱/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) با کاربرد جلبک ۲ گرم بر لیتر و کمترین آن (۰/۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تنش شوری شدید (۱۲۰ میلی‌مولار) و عدم محلول‌پاشی بود، بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به همین تیمار بود (شکل ۴).

الف　　　　ب



شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر میزان سبزینه کل (الف) و کاروتنوئید (ب) برگ شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 4- Results of the comparison of the average interaction effect of salinity stress × algae on the amount of total chlorophyll (a) and carotenoid (b) of geranium leaves. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan's 1% probability level.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

عصاره به‌دست آمده از جلبک دریایی غیرسمی بوده و آلودگی زیست محیطی ایجاد نمی‌نماید. کاربرد عصاره جلبک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه سبزینه و کاهش نشت غشاء، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Rahghoshahi *et al.*, 2022 ؛Esmaielpour *et al.*, 2020).

تنش شوری از رشد گیاهان می‌کاهد و تولید محصول در نتیجه بر هم خوردن تعادل در جذب عناصر ضروری، آب و تنش اکسیداتیو کاهش می‌یابد. اگرچه رشد گیاه، نتیجه فرایندهای فیزیولوژیک منظم و کامل است و مهار رشد گیاه توسط عوامل محیطی را نمی‌توان تنها به یک فرایند فیزیولوژیک خاص نسبت داد؛ اما پدیده فیزیولوژیک غالب، نورساخت است (Yakhin *et al.*, 2017). رشد گیاه و تولید زیست توده به میزان نورساخت خالص بستگی دارد و تنش شوری، بسته به شدت آن بر نورساخت اثر می‌گذارد (Farhadi *et al.*, 2020). تنش شوری تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و از بین رفتن آن‌ها را برهم می‌زند. تنش شوری با القای تنش آبی، موجب بسته شدن روزنه، کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن در یاخته‌های مزوفیل برگ گیاهان تحت تنش و تجمع NADPH در کلروپلاست می‌شود. در این شرایط مقدار $NADP^+$ در دسترس برای انجام واکنش‌های نوری نورساخت کاهش یافته، بنابراین اکسیژن به عنوان پذیرنده الکترون عمل کرده و منجر به تولید رادیکال سوپراکسید و به دنبال آن سایر گونه‌های فعال اکسیژن و در نهایت تنش اکسیداتیو می‌شود (Rahikainen *et al.*, 2016).

کاهش مقدار رنگیزه‌های نورساختی در شرایط تنش شوری می‌تواند عمدتاً به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه نورساختی، فتواکسیداسیون سبزینه‌ها، واکنش آن‌ها با رادیکال اکسیژن، تخریب پیش‌ماده‌های ساخت کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد. محتوای سبزینه برگ به عنوان یک عامل مهم در تعیین ظرفیت نورساختی برگ محسوب می‌شود و کاهش محتوای سبزینه به عنوان یک عامل غیرروزنه‌ای می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت نورساختی برگ شود (Banerjee & Roychoudhury, 2019).

با افزایش غلظت نمک‌ها در گیاه، یاخته برای حفظ تعادل اسمزی خود محلول‌های سازگار همچون پرولین را در سیتوپلاسم خود انباشته می‌کند. با توجه به مشابه بودن مسیر بیوسنتزی پرولین و سبزینه، با افزایش میزان کلرید سدیم، غلظت نمک در یاخته بالا رفته و متابولیسم گیاهی بیشتر در برای ساخت پرولین پیش می‌رود و میزان ساخت سبزینه کاهش پیدا می‌کند. انباشت پرولین و کاروتنوئید و نیز کاهش میزان سبزینه واکنش سریعی نسبت به شرایط تنش است (Lungoci *et al.*, 2023).

جلبک دریایی منجر به افزایش محتوی نسبی آب برگ، میزان سبزینه، نورساخت خالص، پایداری غشاء یاخته و محتوای کاروتنوئید در شرایط تنش می‌گردد (Mohamadpoor *et al.*, 2022). اثر مثبت کاربرد عصاره جلبک بر رنگدانه‌های نورساختی، ناشی از کاهش تخریب سبزینه در هنگام تنش است (Martynenko *et al.*, 2016).

خصوصیات بیوشیمیایی: اثر اصلی تنش شوری و جلبک بر خصوصیات بیوشیمیایی (محتوای نسبی آب برگ، قندهای محلول و پرولین) و درصد اسانس شمعدانی عطری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، برهمکنش تیمارهای بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱٪ و بر قندهای محلول، پرولین و درصد اسانس در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات بیوشیمیایی گیاه شمعدانی عطری.

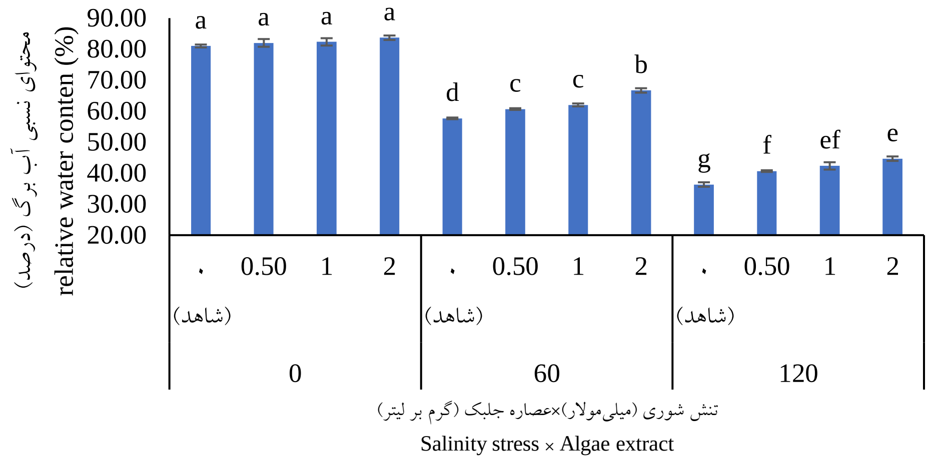
Table 3- Analysis of the variance effect of different treatments on the biochemical traits of the geranium plant.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	محتوای نسبی آب برگ Relative leaf water content	قندهای محلول Soluble sugars	پرولین Proline	درصد اسانس Essential oil percentage
تنش شوری Salt stress	2	5104.75**	11.95**	2.87**	4.67**
جلبک Algae	3	68.52**	0.18**	0.06**	0.17**
تنش شوری × جلبک Salt stress ×Algae	6	7.16*	0.09**	0.008**	0.08**
خطا Error	24	2.67	0.009	0.002	0.009
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.65	1.30	1.29	3.87

** و * بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و ۵٪ می‌باشد.

** and * respectively indicate significance at the probability level of 1 and 5 percent.

بیشترین مقدار عددی محتوی نسبی آب مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) و کاربرد عصاره جلبک ۲ گرم بر لیتر بود (شکل ۵).



شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر محتوی نسبی آب برگ شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 5- Comparison results of the average interaction effect of salinity stress × algae on the relative water content of geranium leaves. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan’s 1% probability level.

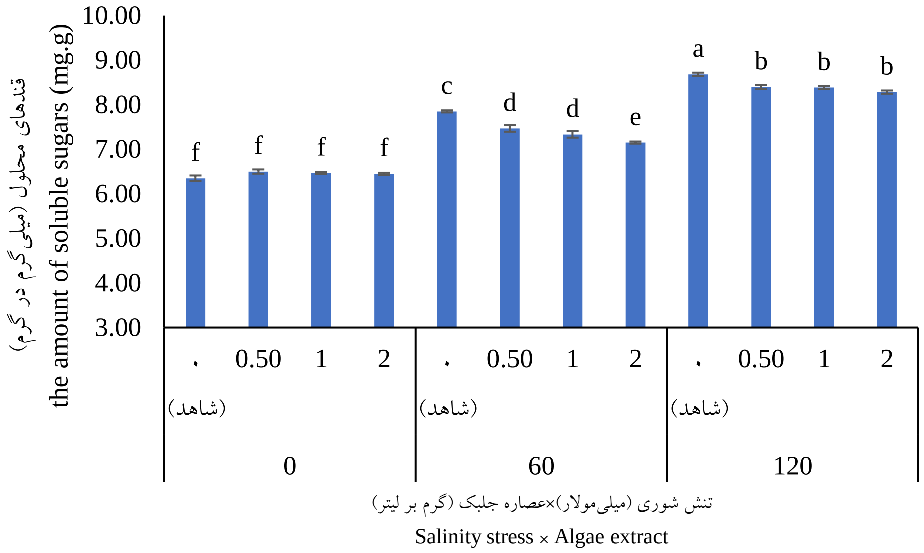
[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

محتوای نسبی آب برگ شمعدانی عطری با افزایش شدت تنش کاهش یافت. در گیاه ریحان سبز[۱]، تنش شوری میزان محتوای نسبی آب برگ را کاهش داد (Bernstein *et al.*, 2017).

بیشترین میزان قندهای محلول (۸/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تنش شوری شدید (۱۲۰ میلی‌مولار) و عدم محلول‌پاشی و کمترین آن مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) بود (شکل ۶).

اصولاً گیاهان برای حفظ آماس یاخته ای در شرایط تنش شوری موادی به نام اسمولیت ساخته که این مواد باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آب درون یاخته ای شده و حفظ آماس یاخته ای می‌شوند. اسمولیت‌ها قابلیت انحلال زیادی داشته و معمولا در غلظت‌های بالا سمیتی برای یاخته ایجاد نمی‌کنند. یکی از این اسمولیت‌ها قندها بوده که باعث منفی‌تر کردن پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم شده و به جداسازی Na^+ در واکوئل کمک نموده که در نهایت موجب تنظیم اسمزی می‌شوند (Vives-Peris *et al.*, 2018).

از جمله مزایای استفاده از عصاره جلبک دریایی افزایش جذب عناصر از خاک به دلیل افزایش قندها و ترشحات در ریشه است. در نتیجه جمعیت میکروبی مفید در محیط ریشه با افزایش این ترشحات تحریک می‌شوند و موجب افزایش دسترسی بیشتر به عناصر، مواد سرکوب‌کننده بیماری‌ها، ویتامین‌ها و سایر مواد مفید برای گیاه می‌گردند (Singh *et al.*, 2018؛ Shukla *et al.*, 2018).



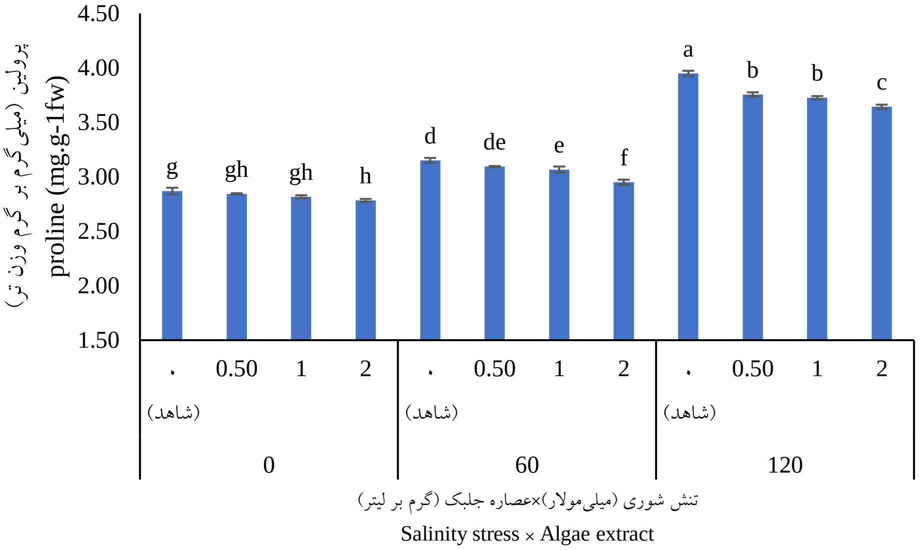
شکل ۶- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر میزان قندهای محلول شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 6- The results of the comparison of the average interaction effect of salinity stress × algae on the amount of soluble sugars of geranium. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan's 1% probability level.

۱- *Ocimum basilicum*

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

بیشترین میزان پرولین (۳/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تنش شدید (۱۲۰ میلی‌مولار) بدون محلول‌پاشی و کمترین آن (۲/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) و با کاربرد تیمار جلبک ۲ گرم بر لیتر بود که از لحاظ آماری با کاربرد تیمارهای جلبک ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر مربوط به عدم تنش شوری در یک رده آماری قرار دارد (شکل ۷).



شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر میزان پرولین شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 7- Comparison results of the average interaction effect of salinity stress × algae on the amount of proline of geranium. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan’s 1% probability level.

پرولین که نقش مهمی در تنظیم اسمزی گیاهان دارد در شوری بالا افزایش می‌یابد. افزایش پرولین در گیاهان به هنگام تنش یک نوع مکانیسم دفاعی است. پرولین با چندین مکانیسم مانند جاروب کردن هیدروکسیل، تنظیم اسمزی، جلوگیری از دناتوره شدن آنزیم‌ها و حفظ ساخت پروتئین، بردباری و مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها را بالا می‌برد (Meena *et al.*, 2019). در پژوهش حاضر شمعدانی عطری مانند سایر گیاهان برای دفاع در برابر تنش حاصل از نمک NaCl میزان پرولین آزاد را افزایش داد که طبق نظر محققان نشان دهنده دفاع گیاه در برابر تنش است (El Moukhtari *et al.*, 2020). افزایش پرولین تحت تنش شوری در سنجد تلخ[۱] (Qin *et al.*, 2009) و مرکبات (Vives-Peris *et al.*, 2018) گزارش شد که با یافته‌های ما مطابقت دارد. پرولین کمترین اثر بازدارندگی را بر رشد یاخته‌ها دارد و پایدارترین اسید آمینه‌ای است که در برابر هیدرولیز اکسیداتیو مقاومت کرده و نقش مهمی در حفاظت گیاه از طریق پایداری غشا سلولی و حذف رادیکال‌های آزاد دارد (Ghafarizadeh *et al.*, 2018).

۱- *Hippophae rhamnoides* ۲- *Mentha piperita* ۳- *Coriandrum sativum*

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

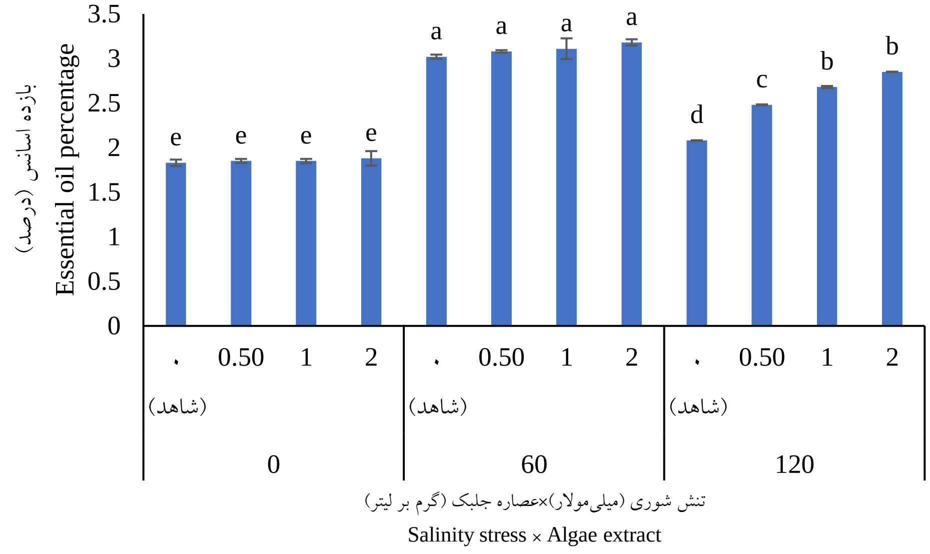
همچنین تنش شوری باعث می‌شود که گلوتامین که پیش ماده مشترک ساخت سبزینه و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز سبزینه شرکت داشته باشد و بیشتر در ساخت پرولین مصرف می‌شود، به همین دلیل مقدار سبزینه کاهش و مقدار پرولین افزایش می‌یابد (Bybordi, 2012).

پرولین به عنوان یک محافظ شیمیایی باعث پایداری فرم پروتئین‌ها شده و از به هم خوردن شکل طبیعی ترکیبات آنزیمی ممانعت می‌نماید. با توجه به این که پرولین در گیاه شمعدانی عطری تحت تیمار جلبک، بیشتر از گیاهان فاقد جلبک بود؛ کاربرد جلبک‌های دریایی همانند کاربرد سیتوکینین برای گیاه است (Erulan, 2009).

بسیاری از عملکردهای اصلی گیاهان مانند رشد، نورساخت، ساخت پروتئین، تنفس و تولید انرژی تحت اثر تنش شوری قرار می‌گیرند. اختلال در جذب مواد معدنی، مهار ریشه و به دنبال آن کاهش جذب آب همچنین تغییر در نفوذپذیری غشا از دیگر اثرات مخرب تنش شوری گیاهان است. پرولین در تنظیم اسمزی، یک واکنش تطابقی به تنش شوری بوده که مستلزم افزایش مواد محلول در یاخته است که به حفظ آماس یاخته و باز بودن روزنه‌ها، عمل نورساخت و ادامه فرآیندهای رشدی گیاه در طی تنش کمک می‌کند (Dichala *et al.*, 2021).

بیشترین درصد اسانس مربوط به تنش ملایم شوری (۶۰ میلی‌مولار) و همه تیمارهای کاربرد جلبک بود و کمترین آن نیز مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) و همه تیمارهای کاربرد جلبک بود (شکل ۸).

در پژوهشی که به منظور بررسی اثر تنش شوری بر بهره‌وری آب و بعضی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی[2] در حضور سلنیوم، انجام شد،استفاده از آب شور، موجب تشدید کاهش وزن خشک و تر، تعداد گره و درصد اسانس گردید (Shamsabadi *et al.*, 2023). با افزایش شدت تنش، محتوای اسانس گشنیز[3] به طور معنی‌داری افزایش یافت (Gholizadeh *et al.*, 2020).



شکل ۸- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری×جلبک بر درصد اسانس شمعدانی عطری. میانگین‌های دارای دستکم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 8- Comparison results of the average interaction effect of salinity stress × algae on the Essential oil percentage. In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at Duncan's 1% probability level.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج برهمکنش تیمارها، اگرچه تنش شوری در گیاه شمعدانی عطری موجب کاهش صفات وزنی شد اما عصاره جلبک (خصوصا غلظت دو گرم در لیتر) صفات وزنی را بهبود بخشید. میزان رنگدانه‌های نورساختی گیاه شمعدانی عطری تحت اثر تنش شوری کاهش و با کاربرد عصاره جلبک افزایش یافت. بیشترین میزان سبزینه در شرایط عدم تنش شوری و کاربرد دو گرم در لیتر عصاره جلبک ارزیابی شد، در حالی که کمترین مقدار عددی مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌مول نمک و عدم محلول‌پاشی عصاره جلبک بود. در شرایط تنش میزان قند محلول، پرولین و درصد اسانس افزایش پیدا کرد که استفاده از عصاره جلبک موجب انباشت بیشتر این ترکیبات در بافت گیاه شمعدانی عطری شد تا تحمل گیاه نسبت به تنش افزایش یابد.

منابع

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeydi, H., Armand, N. (2021). Use of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in mitigating the negative effects of water deficit stress in chickpea by evaluating morphophysiological indicators. *Iranian Journal Pulses Research, 12*(2), 199-213. (In Persian).

Ali, E.F., Hassan, F.A.S., Elgimabi, M. (2018). Improving the growth, yield and volatile oil content of Pelargonium graveolens L. Herit by foliar application with moringa leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters. *South African Journal of Botany, 119*, 383–389.

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

Asadi, M., Rasouli, F., Amini, T., Hassanpouraghdam, M.B., Souri, S., Skrovankova, S., Mlcek, J., Ercisli, S. (2022). Improvement of photosynthetic pigment characteristics, mineral content, and antioxidant activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by arbuscular mycorrhizal fungus and seaweed extract foliar application. *Agronomy, 12*(8), 1943.

Banerjee, A., and Roychoudhury, A. (2019) Cold stress and photosynthesis. In: P. Ahmad, M. Abass Ahanger, M. Nasser Alyemeni & P. Alam (Eds.) *Photosynthesis, productivity and environmental stress*. Hoboken: Wiley, 2, 27–37.

Bates, L.S. (1973). Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. *Plant and Soil, 39*, 205-207.

Bernstein, N., Sela, (Saldinger) S., Dudai, N., Gorbatsevich, E. (2017). Salinity stress does not affect root uptake, dissemination and persistence of Salmonella in sweet-basil (*Ocimum basilicum*). *Frontiers in Plant Science, 8*, 675.

Bybordi, A. (2012). Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. *Life Science Journal, 9*(4), 1092-1101.

Dichala, O., Therios, I., Papadopoulos, A., Chatzistathis, T., Chatzisavvidis, C., Antonopoulou, C. (2021). Effects of varying concentrations of different salts on mineral composition of leaves and roots of three pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae, 275*, 109718.

El Moukhtari, A., Cabassa-Hourton, C., Farissi, M., Savouré, A. (2020). How Does Proline Treatment Promote Salt Stress Tolerance During Crop Plant Development? *Frontiers in Plant Science, 11*, 1127.

Erulan, V. (2009). Studies on the effect of sargassum polysystem extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 6*, 392-399.

Esmaielpour, B., Fatemi, H., Moradi, M. (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*, *11*(1), 59-69. (In Persian)

Farhadi, S., Sabet, M.S., Malboobi M.A., Moieni A. (2020). The critical role of AtPAP17 and AtPAP26 genes in Arabidopsis phosphate compensation network. *Frontiers in Plant Science, 11*, 565865.

Ghafarizadeh, A., Seyyed nejad, S.M., Gilani, A. (2018). Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer (*Nizamuddinia zanardinii*) in different levels of urea on some growth parameters and antioxidant activity of seedlings *Triticum aestivum* cv. 'Chamran2'. *Applied Biology*, *31*(1), 207-227. (In Persian).

Ghanbari, M., Farahmand, H., Nasibi, F. (2023). A study on the effect of seaweed extract carrageenan and salicylic acid (as bio stimulants) on growth and tolerance to chilling stress in bedding plant *Impatiens walleriana*. *Plant Process and Function*, *11*(47): 11. (In Persian).

Gholizadeh, A., Dehghani, H., Khodadadi, M. (2020). Analysis of compatibility for essential oil yield in coriander under different irrigation regimes using GGE biplot method. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *50*(4), 189-199. (In Persian).

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

Guo, M., Wang, X-S., Guo, H-D., Bai, S-Y., Khan, A., Wang, X-M., Gao, Y-M., Li, J-S. (2022). Tomato salt tolerance mechanisms and their potential applications for fighting salinity: A review. *Frontiers in Plant Science, 13*, 949541.

Hamouda, R.A., Shehawy, M.A., El Din, S.M.M., Albalwe, F.M., Albalawi, H.M.R., Hussein, M.H. (2022). Protective role of *Spirulina platensis* liquid extract against salinity stress effects on *Triticum aestivum* L. *Green Processing and Synthesis*, *11*(1), 648-658.

Inbar, O., Oren, A., Scheinowitz, M., Rotstein, A., Dlin, R., Casaburi, R. (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 26*, 538–546.

Jacomassi, L.M., Viveiros, J.O., Oliveira, M.P., Momesso, L., de Siqueira, G.F., Crusciol, C.A.C. (2022). A Seaweed Extract-Based Biostimulant Mitigates Drought Stress in Sugarcane. *Frontiers in Plant Science, 13*, 865291.

Juliani, H.R., Koroch, A., Simon, J.E., Hitimana, N., Daka, A., Ranarivelo, L., Langenhoven, P. (2006). Quality of geranium oils (*Pelargonium* species): Case studies in Southern and Eastern Africa. *Journal of Essential Oil Research*, *18*, 116-121.

Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., 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. (In Persian).

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation, 28*(4), 386–399.

Kularathne, M.N., Srikrishnah, S., Sutharsan, S. (2021). Effect of seaweed extracts on ornamental plants. *Current Agriculture Research Journal*, *9*(3), 149-160.

Kumari, S., Chhillar, H., Chopra, P., Khanna, R.R., Khan, M.I.R. (2021). Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *167*, 1011–1023.

Lalli, J.Y.Y., Van Zyl, R.L., Van Vuuren, S.F., Viljoen, A.M. (2008). In vitro biological activities of South African Pelargonium (Geraniaceae) species. *South African Journal of Botany, 74*, 153-157.

Lungoci, C., Motrescu, I., Filipov, F., Rimbu, C.M., Jitareanu, C.D., Ghitau, C.S., Puiu, I., Robu, T. (2023). Salinity stress influences the main biochemical parameters of *Nepeta racemosa* Lam. *Plants, 12*, 583.

Martynenko, A., Shotton, K., Astatkie, T., Petrash, G., Fowler, C., Neily, W., Critchley, A.T. (2016). Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. *Springer Plus*, *5*(1), 1393. https://doi.org/10.1186/s40064-016-3019-2

Meena, M., Divyanshu, K., Kumar, S., Swapnil, P., Zehra, A., Shukla, V., *et al*. (2019). Regulation of L-proline biosynthesis, signal transduction, transport, accumulation and its vital role in plants during variable environmental conditions. *Heliyon*, *5*, e02952.

Mohamadpoor, Gh., Farzaneh, S., Khomari, S., Seyed Sharifi, R., Esmaielpour, B. (2022). Effect of humic acid and seaweed extract on growth and yield of quinoa under drought stress. *Journal of Crop Improvement (Journal of Agriculture)*, *24*(3), 869-885. (In Persian).

Qin, J., Dong, Wy., He, Kn. *et al*. (2009). Short-term responses to salinity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seedlings in the extremely cold and saline Qinghai region of China. *Forestry Studies in China, 11*, 231–237.

Rahghoshahi, M., Panahi Kord Laghari, Kh., Rahimi, M.M. (2022). Study on humic acid and algae effects on grain yield and agronomical characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 38*(2), 286-300. (In Persian).

Rahikainen, M., Pascual, J., Alegre, S., Durian, G., Kangasjärvi, S. (2016). PP2A phosphatase as a regulator of ROS signaling in plants. *Antioxidants, 5*(1), 8.

Ritchie, S.W., Nguyan, H.T., Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science, 30*, 105-111.

Shamsabadi, V., Banejad, H., Ansari, H., and Nemati, S.H. (2023). Investigating water productivity and some characteristics of *Mentha piperita* L. under salinity and drought stress in the presence of Selenium. *Water Management in Agriculture, 9*(2), 115-130. (In Persian).

Shukla, P.S., Borza, T., Critchley, A.T., Hiltz, D., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2018). *Ascophyllum nodosum* extract mitigates salinity stress in *Arabidopsis thaliana* by modulating the expression of miRNA involved in stress tolerance and nutrient acquisition. *PloS One*, *13*(10), e0206221.

Shukla, P.S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W., Critchley, A.T., Prithiviraj, B. (2018). Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *AoB Plants, 10*(1), plx051.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

Singh, I., Anand, K.G.V., Solomon, S., Shukla, S.K., Rai, R., Zodape, S.T., Ghosh, A. (2018). Can we not mitigate climate change using seaweed-based biostimulant: a case study with sugarcane cultivation in India. *Journal of Cleaner Production*, *204*, 992–1003.

Singh, M., Kumar, J., Singh, S., Singh, V.P., Prasad, S.M. (2015). Roles of Osmo protectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *14*(3), 407-426.

Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry, 195*, 19-23.

Sridhar, S., Rengasamy, R. (2011). Effect of seaweed liquid fertilizer on growth, pigment concentration and yield of *Amaranthus rosburghinus* and *Amaranthus tricolor* under field trial. *Journal of Current Research, 3*, 131-134.

Vinoth, S., Gurusaravanan, P., Sivakumar, S., Jayabalan, N. (2019). Influence of seaweed extracts and plant growth regulators on in vitro regeneration of *Lycopersicon esculentum* from leaf explant. *Journal of Applied Phycology, 31*(3), 2039–2052.

Vives-Peris, V., Gómez-Cadenas, A., Pérez-Clemente, R.M. (2018). Salt stress alleviation in citrus plants by plant growth-promoting rhizobacteria *Pseudomonas putida* and *Novosphingobium* sp. *Plant Cell Reports*, *37*(11): 1557-1569.

Wu, H., Zhang, X., Giraldo, J.P., Shabala, S. (2018). It is not all about sodium: Revealing tissue specificity and signaling roles of potassium in plant responses to salt stress. *Plant and Soil, 431*, 1–17.

Yakhin, O.I., Lubyanov, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science,* 7, 2049.

Yasir, T.A., Khan, A., Skalicky, M., Wasaya, A., Rehmani, M.I.A., Sarwar, N., Mubeen, K., Aziz, M., Hassan, M.M., Hassan, F.A.S., *et al*. (2021). Exogenous sodium nitroprusside mitigates salt stress in Lentils (*Lens culinaris* Medik.) by affecting the growth, yield, and biochemical properties. *Molecules*, *26*, 2576.

Yusuf, R., Kristianse, P., Warwick, N. (2019). Effect of two seaweed products and equivalent mineral treatments on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growth. *Journal of Agronomy*, *18*(3), 100-106.

Zhang, X., Wang, K., Ervin, E.H. (2010). Optimizing dosages of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside for improving creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Science, 50*(1), 316–320.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]

Flower and Ornamental Plants (2024), 9(2): 299-314
Research article

Effects of seaweed extract on the growth and biochemical characteristics of scented-leaved geranium (*Pelargonium graveolens*) under salinity stress conditions

Seyedeh Shaghayegh Nabavi[1], Marzieh Ghanbari Jahromi[1, *], Seyed Najmmaddin Mortazavi[2]

1. Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran
2. Associate professor, College of Agriculture, Department of Horticulture, University of Zanjan, Zanjan

ghanbari@iau.ac.ir

Received: 2024/02/03, Revised: 2024/11/15, Accepted: 2024/11/15

Abstract

The use of biofertilizers is of particular importance in mitigating the effects of environmental stresses on plants. The present study was conducted to investigate the effect of seaweed extract on the growth, physiological, and biochemical characteristics of scented geranium (*Pelargonium graveolens* L.) under salt stress. Salt stress was applied at three levels (0, 60, and 120 mM) in combination with seaweed extract (0, 0.5, 1, and 2 g/L) in a factorial arrangement based on a completely randomized design with three replications. The results showed that salt stress at 120 mM significantly reduced the morphological traits of the plant (fresh and dry weight of aerial parts and roots) and the levels of photosynthetic pigments (chlorophyll a, b, and total). The application of seaweed extract alleviated the effects of salt stress on scented geranium. Under 120 mM salt stress and without seaweed extract, the highest levels of soluble carbohydrates (36.69%) and proline (37.63%) were observed compared to the control. Overall, the results indicated that scented geranium exhibited greater tolerance to mild salt stress compared to severe salt stress, and seaweed extract played a significant role in mitigating the negative effects of salt stress by enhancing growth and the production of metabolic compounds in scented geranium.

Keywords: Biostimulant, Dry weight, Environmental stress, Proline.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-12-07]