گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۴)، ۱۰(۲): ۲۴۷-۲۶۸
مقاله پژوهشی

اثر عصاره جلبک های دریایی اسپیرولینا و سارگاسوم بر ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی بنفشه دورگه (*Viola* × *wittrockiana* Gams) زیر تنش شوری در شرایط گلخانه

مجید ملکی[۱]، سپیده کلاته‌جاری[۱*]، علی محمدی‌ترکاشوند[۲]

۱- گروه علوم و مهندسی کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
۲- گروه علوم و مهندسی خاک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
kalatehjari@srbiau.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۱۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۸/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۸/۱۲

چکیده

استفاده از عصاره جلبک برای کاهش اثرهای تنش‌های محیطی در گیاهان اهمیت خاصی دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر جلبک دریایی (سارگاسوم *Sargassum vulgare* و اسپیرولینا *Spirulina platensis*) بر رشد، ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه بنفشه دورگه (*Viola* × *wittrockiana*) زیر تنش شوری انجام شد. تیمارها شامل تنش شوری در سه سطح (صفر (شاهد)، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر NaCl) و جلبک با پنج سطح (شاهد، ۱ و ۲٪ مایع جلبک اسپیرولینا، ۱ و ۲٪ مایع جلبک سارگاسوم) بود. نتایج نشان داد که تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد و طول عمر گل و میزان رنگدانه‌های نورساختی گیاه گردید. تنش شوری موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و مالون دی‌آلدهید، کربوهیدرات محلول و پرولین شد، که جلبک با غلظت ۲٪ مایع جلبک سارگاسوم نیز اثر افزایشی بر ترکیبات مزبور داشتند. از میان جلبک‌ها، سارگاسوم اثر مثبت بیشتری بر تمامی صفات مورد مطالعه داشت و غلظت ۲٪ مایع جلبک مذکور موثرتر بود. نتایج کلی پژوهش نشان داد که گیاه بنفشه دورگه نسبت به تنش شوری حساس عمل نمود و جلبک با افزایش رشد و تولید ترکیبات متابولیک گیاه بنفشه دورگه موجب تعدیل اثرات منفی تنش شوری شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، جلبک، سمیت، عمر گل، کاتالاز.

مقدمه

بنفشه دورگه[۱] از تیره بنفشه‌سانان[۲] گیاهی دورگه، دارای گلبرگ‌هایی با رنگ‌های گوناگون مانند زرد، طلایی، نارنجی، ارغوانی، بنفش، قرمز، سفید و ارغوانی تیره که بسیار نزدیک به سیاه دیده می‌شود (Ikeura *et al*., 2023) و یکی از پرکاربردترین گیاهان زینتی مورد استفاده در فضای سبز شهری می‌باشد (Javadi *et al*., 2021).

۱- *Viola*× *wittrickiana* Gams ۲- Violaceae ۳- Sodium Chloride

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

شوری خاک یک مشکل در حال افزایش برای کشاورزی جهان است. تجمع نمک در خاک زمین‌های قابل کشت، عمدتاً ناشی از آبیاری با آب حاوی مقادیر جزئی کلرید سدیم (NaCl)[۳] و آب شور می‌باشد. افزایش غلظت نمک در خاک از طرفی موجب کاهش توانایی گیاه در جذب آب می‌شود و از طرف دیگر هنگامی که سدیم و کلر به مقدار زیاد توسط ریشه‌ها جذب می‌شوند، هر دو با مختل کردن فرایندهای متابولیکی و کاهش کارایی فتوسنتز، تأثیرات منفی بر رشد گیاه می‌گذارند (Sultana *et al*., 2025).

عصاره جلبک از جمله مواد آلی پرطرفدار است که امروزه سعی می‌شود جهت تعدیل سطوح مختلف تنش محیطی در کشت و کار محصولات کشاورزی استفاده گردد (Shedeed *et al*., 2022). استفاده از جلبک دریایی به عنوان منبع ماده آلی و کود در کشاورزی از زمان‌های قدیم شناخته شده است، اما اخیراً محرک رشد بودن آن ثابت شده است (Craigie, 2011). این عصاره‌ها به عنوان کلات کننده، موجب افزایش رشد ریشه و بهبود کارایی جذب عناصر معدنی و آب شده و می‌توانند سبب افزایش رشد و مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده شوند (Ghaffari Nejad *et al*., 2020).

جلبک دریایی سارگاسوم[۱] به منظور تأمین عناصر معدنی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک برای رشد و نمو آن استفاده می‌شود. این جلبک باعث افزایش مقاومت گیاه در شرایط تنش‌های محیطی و جلوگیری از کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری می‌گردد (Esmaielpour *et al*., 2020). اسپیرولینا[۲] یک میکروجلبک سبزآبی (سیانوباکتریوم) است که حاوی مقادیر زیادی پروتئین و همچنین ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب و رنگدانه‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاروتنوئیدها، سبزینه و فیکوسیانین می‌باشد و سبب بهبود ساختار و خواص فیزیکوشیمیایی خاک می‌گردد (El-Sadek & Ahmed, 2022; Hamouda *et al*., 2022).

در پژوهشی، اثر عصاره جلبک بر بهبود عملکرد و ویژگی‌های رشدی گیاه همیشه بهار[۳] تحت تنش شوری ارزیابی شد. عصاره جلبک موجب بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی گیاه و کاهش اثر منفی تنش شد (Kalhor *et al*., 2018). در تحقیقی دیگر، اثر عصاره جلبک دریایی پتروکلادیا کاپیلاسیا[۴] در سه غلظت (پنج، ۱۰ و ۱۵٪) در مقایسه با گروه شاهد (کود NPK) روی پارامترهای رشد و ترکیبات بیوشیمیایی گل ختمی[۵] انجام شد. نتایج نشان داد بالاترین سطوح ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، میزان کل فنل‌ها و فلاونوئیدهای کل نیز مربوط به تیمار کاربرد ۱۰٪ عصاره جلبک دریایی بوده و این تیمار رشد، عملکرد، جذب مواد معدنی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گل ختمی را افزایش داد (Ashour *et al*., 2020). همچنین در مطالعه‌ای مروری اثر عصاره جلبک آبی بر عملکرد گیاهان زینتی بررسی شد. 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).

از عوامل مهم تهدید کننده کیفیت و بقای بنفشه دورگه در فضای سبز، تنش‌های مختلف محیطی از جمله شوری می‌باشد که همواره گیاه سعی در تطابق خود با این شرایط در جهت سازش و تحمل این شرایط تنش‌زا دارد که از آن جمله می‌توان به مکانیسم‌های سازگاری مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اشاره کرد. لذا بهبود شرایط رشد و نمو از طریق بهبود شرایط فیزیولوژیک

۱- *Sargassum vulgare* ۲- *Spirulina platensis* ۳- *Calendula officinalis* ۴- *Pterocladia capillacea* ۵- *Althaea officinalis*

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

و بیوشیمیایی این گیاه که به لحاظ زیبایی بصری اهمیت بالایی در فضای سبز شهری دارد، یکی از راه‌های حفظ و ارتقای کیفیت این گیاه می‌باشد (Hernández-Herrera *et al*., 2022)، از این رو تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثرات تنش شوری و کاربرد جلبک دریایی بر گیاه بنفشه دورگه انجام شده است.

مواد و روش‌ها

برای مقایسه اثر تنش شوری و کاربرد جلبک دریایی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی بنفشه دورگه[۱] در بهار و تابستان ۱۴۰۲ آزمایشی به‌صورت گلخانه‌ای در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. گلخانه در شهر دماوند واقع بود. دمای روزانه گلخانه ۲±۲۷ درجه سلسیوس و دمای شبانه ۲±۲۴ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۰-۵۰٪ بود. منبع نور، نور طبیعی روز بود و از هیچگونه نور مصنوعی و تکمیلی استفاده نشد. شدت نور ۸۰۰۰-۷۰۰۰ لوکس بود.

بذرهای دورگه نسل اول بنفشه دورگه[۲] استاندارد از شرکت سینجنتا[۳] (نمایندگی در ایران) خریداری و در گلخانه در سینی نشا کاشته شدند. بعد از رشد گیاه و رسیدن به مرحله چهار برگی، گیاهچه به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر حاوی بستر کشت ترکیب کوکوپیت و پرلیت (دانه متوسط با قطر سه میلی‌متر) تهیه شده از شرکت گیلدا با نسبت ۷۰ به ۳۰ منتقل شد که در گلخانه با کنترل شرایط محیطی رشد کردند (Maleki *et al*., 2025). گلدان‌ها هر چهار روز یکبار با آب تا رسیدن به ظرفیت زراعی آبیاری شدند و تغذیه گیاه هفته‌ای یک بار به صورت کوددهی با محلول غذایی هوگلند بود (جدول ۱). بعد از بیست روز نگهداری در شرایط کنترل شده، تیمارها روی آن‌ها انجام شد.

جدول ۱- اجزا و میزان اجزاء محلول هوگلند مورد استفاده.

Table 1- Components and amounts of Hoagland's solution used.

مقدار (میلی‌گرم در لیتر) Amount (mgL^{-1})	اجزاء فرمول هوگلند Hoagland's Formula Components
6	**نیترات پتاسیم** Potassium Nitrate (KNO_3)
4	کلسیم نیترات ترا هیدرات Calcium Nitrate Tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2+4H_2O$)
2	آمونیوم دی هیدروژن فسفات Ammonium Dihydrogen Phosphate ($NH_4H_2PO_4$)
1	سولفات منیزیم هپتا هیدرات Magnesium Sulfate Heptahydrate ($MgSO_4+7H_2O$)
2	کلرید پتاسیم Potassium Chloride (KCl)
2	بوریک اسید Boric Acid (H_3BO_3)
2	سولفات منگنز مونو هیدرات Manganese Sulfate Monohydrate ($MnSO_4+H_2O$)
2	سولفات روی هپتا هیدرات Zinc Sulfate Heptahydrate ($ZnSO_4+7H_2O$)
2	سولفات مس پنتا هیدرات

۱- *Viola* × *wittrockiana*
۲- *Viola* × *wittrockiana* var. Maxim Marina
۳- Syngenta

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

	Copper Sulfate Pentahydrate ($CuSO_4+5H_2O$)	
2	مولیبدیک اسید Molybdic Acid ($H_2MoO_4(85\%MoO_3)$)	
1.5	کلات آهن (FeEDTA) Iron Chelate (Fe-EDTA)	

آزمایشگاه گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

Food Industry Laboratory, Islamic Azad University, Nour Branch

فاکتور تیماری اول شامل تنش شوری در سه سطح شامل صفر دسی‌زیمنس بر متر (شاهد)، سه دسی‌زیمنس بر متر (تنش ملایم) و شش دسی‌زیمنس بر متر (تنش شدید) و فاکتور دوم شامل غلظت و نوع جلبک شامل شاهد، یک درصد مایع جلبک سارگاسوم و دو درصد مایع جلبک سارگاسوم، یک درصد مایع جلبک اسپیرولینا و در نهایت دو درصد مایع جلبک اسپیرولینا بود (جدول ۲). پودر جلبک‌های مورد استفاده از شرکت افراگستر یگانه تهیه شد. برای تیمار جلبک دریایی سارگاسوم و به دست آوردن محلول یک درصد مایع جلبک، یک گرم پودر و برای محلول دو درصد مایع جلبک، دو گرم پودر آسیاب شده خشک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل شد. در مورد اسپیرولینا، برای محلول یک درصد مایع جلبک، تقریباً یک گرم و برای تهیه محلول دو درصد مایع جلبک، دو گرم پودر ریز اسپیرولینا به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و در ۵۰ درجه سلسیوس و سپس به مدت ۶۰ دقیقه هم زده شده و در نهایت فیلتر گردید و تا زمان استفاده در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری و بصورت آبیاری به گیاه داده شد.

جدول ۲- مشخصات جلبک‌های مورد استفاده در پژوهش.

Table 2- Specifications of Seaweeds used in the research.

Spirulina Seaweed

مقدار (میلی‌گرم) Amount (mg)	ترکیب Compound	مقدار (میلی‌گرم) Amount (mg)	ترکیب Compound
2000	پتاسیم Potassium	375	ویتامین A Vitamin A
500	منیزیم Magnesium	117	ویتامین B1 Vitamin B1
333	کلسیم Calcium	66.4	ویتامین B2 Vitamin B2
217	آهن Iron	33.13	ویتامین B3 Vitamin B3
13	منگنز Manganese	1000	ویتامین B6 Vitamin B6
3	روی Zinc	300	ویتامین B12 Vitamin B12
30	سلنیوم Selenium	7	ویتامین E Vitamin E
1.33	کروم Chromium	2000	ویتامین K1 Vitamin K1

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

Sargassum Seaweed

ترکیب Compound	مقدار (درصد) Amount (%)	ترکیب Compound	مقدار (درصد) Amount (%)
کربوهیدرات Carbohydrate	35.02	پتاسیم Potassium	4.47
آمینو اسید کل Total Amino Acids	6.11	منیزیم Magnesium	0.65
آلژینیک اسید Alginic Acid	8.50	گوگرد Sulfur	3.00
مانیتول Mannitol	4.23	کلسیم Calcium	0.28
بتائین Betaine	0.04	آهن Iron	0.02
اکسین Auxin	0.02	منگنز Manganese	0.0012
سیتوکنین Cytokinin	0.02	روی Zinc	0.01
نیتروژن Nitrogen	2.83	بور Boron	0.0046
فسفر Phosphorus	2.60		

آزمایشگاه گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

Food Industry Laboratory, Islamic Azad University, Nour Branch

کود NPK ۲۰-۲۰-۲۰ در تمام تیمارهای جلبک با مقادیر یکسان جهت تغذیه معدنی گیاهان به دلیل عدم وجود مواد غذایی در بستر، استفاده گردید.

تیمارهای تنش شوری به مدت ۶۰ روز و جلبک (اسپیرولینا و سارگاسوم تهیه شده از شرکت افراگستر یگانه) در غلظت‌های تعیین شده هر چهار روز یکبار (۱۵ مرتبه) به‌صورت آبیاری اعمال و تا ۱۰ روز پس از گلدهی ادامه یافت و سپس ارزیابی صفات انجام شد.

در پایان دوره آزمایش ارتفاع بوته با خط‌کش اندازه‌گیری و تعداد گل در هر بوته شمارش شد.

وزن تر و خشک اندام هوایی: جهت اندازه‌گیری وزن تر، یک گیاه از هر گلدان را از سطح خاک (محل طوقه) قطع نموده و پس از انتقال به آزمایشگاه وزن تر 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 بوته (اندام هوایی) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱٪ ارزیابی شد (Inbar *et al*., 1994).

زمان شروع گلدهی (رشد زایشی): بر مبنای تعداد هفته بعد از کاشت بذر یعنی Weeks After Seeding (WAS) تعیین و ثبت شد.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

طول عمر گل: طول دوره گلدهی بر حسب روز از زمان پیدایش گل تا زمان پژمردگی همان گل تعیین و ثبت شد.

میزان رنگدانه‌های نورساختی: 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 نانومتر برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda ، مقدار جذب قرائت شد. در نهایت با استفاده از روابط یک تا سه 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

آنزیم کاتالاز: ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی گیاه تازه با ۹۸۰ میکرولیتر از بافر فسفات حاوی پراکسید هیدروژن دو میلی‌مولار مخلوط و تغییرات جذب آن‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر از راه اندازه‌گیری تجزیه پراکسید هیدروژن توسط اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda به صورت تغییرات جذب بر زمان (OD/ min) ثبت شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی کاتالاز $۳۹/۴\ mM^{-1}\ cm^{-1}$ محاسبه و در نهایت بر حسب میکرومول بر گرم بافت تازه در دقیقه بیان گردید (Obinger *et al*., 1997).

آنزیم پراکسیداز (POX): مخلوط واکنش حاوی عصاره، پنج میلی‌مولار گوئایاکول و بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار (pH=۷) در حجم نهایی ۲ میلی‌لیتر تهیه و برای صفر کردن دستگاه مورد استفاده قرار گرفت. سپس پنج میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۳۰٪ به عنوان سوبسترا اضافه و تغییرات جذب نور بی درنگ و به فواصل ۱۰ ثانیه به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد. در پایان، فعالیت ویژه آنزیم بر اساس میزان تغییر جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین (ΔOD/min/mg protein) در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda محاسبه و گزارش گردید (Zangooei et al., 2018).

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD): ۰/۱ میلی‌گرم عصاره آنزیمی با تامپون استات ۰/۲ مولار، ۰/۴ میلی‌لیتر آب اکسیژنه سه درصد و ۰/۲ میلی‌لیتر بنزیدین محلول در الکل ۵۰ درجه سلسیوس ۰/۰۱ مولار اضافه و تغییرات جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل دستگاه شاهد قرائت شد. نتایج براساس واحد آنزیمی در گرم وزن تر گزارش گردید (Haji Amini *et al*., 2014).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

اندازه‌گیری میزان مالون دی‌آلدهید: جهت تعیین میزان پراکسید شدن چربی‌های غشایی با آزمون تیوباربیتوریک اسید (TBA) از طریق تعیین غلظت مالون دی‌آلدهید استفاده شد و غلظت مالون دی‌آلدهید در طول موج ۵۳۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-160- کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد (Valentovic *et al*., 2006).

محتوای نسبی آب برگ (RWC)[۱]: نمونه‌برداری با استفاده از قیچی از برگ رفرنس (آخرین برگ نمو یافته) تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و نمونه‌ها بی‌درنگ 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 چهار درجه سلسیوس قرار گرفتند (در صورت در اختیار نداشتن سردخانه می‌توان از یخچال استفاده نمود). بعد از ۲۴ ساعت 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 چهار، RWC به‌دست آمد (Ritchie *et al*., 1990).

$$RWC = \frac{Fw - Dw}{Sw - Dw} \times 100 \qquad (۴)$$

FW: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

DW: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

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

اندازه‌گیری کربوهیدرات 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 سه درصد 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 سلسیوس 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.

تجزیه و تحلیل آماری: کلیه داده‌های به‌دست آمده حاصل از اندازه‌گیری متغیرها در تحقیق، ابتدا در Excel ثبت و سپس با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۳) آنالیز شد. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح معنی‌داری یک درصد با آزمون LSD بررسی و نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel رسم شدند.

۱- Leaf Relative Water Content (RWC)

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیک: اثر اصلی تیمارهای تنش شوری و کود بر ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه بنفشه دورگه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما برهمکنش تیمارها بر صفات مذکور در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات فیزیولوژیک بوته بنفشه دورگه.

Table 3- Analysis of variance of the effect of different treatments on the physiological traits of pansy plants.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته Plant height	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of shoot	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of shoot
تنش شوری Salt stress	2	1250.8**	480.5**	52.3**
جلبک Seaweed	4	680.3**	320.6**	28.9**
تنش شوری × جلبک Salt stress ×Seaweed	8	215.6*	95.4*	8.7*
خطا Error	30	45.2	18.6	1.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	8.5	7.2	6.8

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * indicate significance at the probability levels of 1 and 5%.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش شوری و کود بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۸۳ سانتی‌متر) در شرایط عدم تنش شوری (شاهد) و کاربرد دو درصد مایع جلبک سارگاسوم مشاهده شد (شکل ۱).

پژوهشگران مختلف بررسی کردند که محرک‌های زیستی گیاهان را از تخریب القا شده توسط تنش‌های محیطی حفظ می‌کند و از طریق تاثیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش اثر سمی و مخرب تنش می‌شوند (Jacomassi *et al*., 2022).

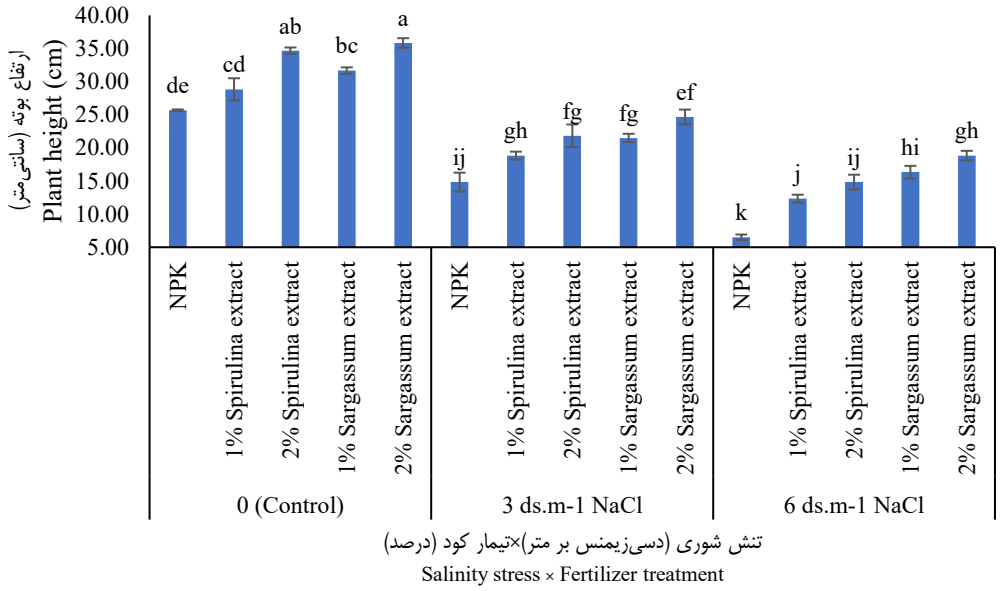
همچنین نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های پیشین مبنی بر تأثیر مثبت عصاره جلبک دریایی در افزایش ارتفاع گیاه کاهو[۱] (Nezamdoost *et al*., 2023) و گوجه‌فرنگی[۲] (Sultana *et al*., 2025) همسو است. استفاده از عصاره جلبک قهوه‌ای[۳] به‌عنوان کود زیستی در غلظت بالای ۱۷٪ سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه، ریشه و قطر ساقه انگور[۴] شد (Popescu & Popescu, 2014).

نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش شوری و تیمار کودی نشان داد بیشترین وزن تر (۴۵/۶۷ گرم) و خشک اندام هوایی (۱۵/۶۷ گرم) مربوط به تیمار کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم با غلظت دو درصد در شرایط عدم تنش شوری و کمترین آن‌ها مربوط به تنش شوری شدید (شش دسی‌زیمنس بر متر NaCl) و کاربرد NPK بود (جدول ۴).

۱- *Lactuca sativa* ۲- *Solanum lycopersicon* ۳- *Ascophyllum nodosum* ۴- *Vitis vinifera*

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و جلبک بر ارتفاع بوته بنفشه دورگه. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 1- Comparison of the average interaction effect of salinity stress and fertilizer on the height of pansy plants. Means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای مختلف بر صفات فیزیولوژیکی بوته بنفشه دورگه.

Table 4- Comparison of the average interaction effect of different treatments on physiological traits of pansy plant.

وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تیمار جلبک (درصد)	تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
Dry weight of shoot (g)	Fresh weight of shoot (g)	Seaweed treatment (%)	Salinity stress (dSm^{-1}) NaCl
9.30^{c}	29.83^{cd}	0	
11.33^{b}	32.67^{bc}	1% *Spirulina* extract	
11.50^{b}	33.83^{b}	2% *Spirulina* extract	0
12.17^{b}	35.33^{b}	1% *Sargassum* extract	
15.67^{a}	45.67^{a}	2% *Sargassum* extract	
6.10^{f}	18.67^{i}	0	
7.50^{de}	23.50^{efg}	1% *Spirulina* extract	
8.10^{cd}	26.67^{de}	2% *Spirulina* extract	3
8.93^{c}	27.17^{de}	1% *Sargassum* extract	
10.93^{b}	33.67^{bc}	2% *Sargassum* extract	
3.87^{g}	12.67^{j}	0	
6.17^{f}	19.00^{hi}	1% *Spirulina* extract	
6.67^{ef}	20.33^{ghi}	2% *Spirulina* extract	6
7.50^{de}	22.67^{fgh}	1% *Sargassum* extract	
8.83^{c}	24.83^{ef}	2% *Sargassum* extract	

در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی از برهمکنش اثرات تنش اسمزی ناشی از برهم خوردن تعادل عناصر در گیاه و تغییر غلظت عناصر معدنی در محلول خاک و سمیت یون‌هاست (Wu *et al*., 2018). پژوهشگران با مطالعه بر روی گیاه فلفل[1] به این نتیجه رسیدند که تیمارهای شوری باعث کاهش وزن تر و خشک، رشد و فتوسنتز بر روی این گیاه می‌گردد (Sultana *et al*., 2025). همچنین نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های پیشین مبنی بر اثر مثبت عصاره جلبک دریایی در افزایش وزن تر و خشک کاهو (Yusuf *et al*., 2019) و گوجه فرنگی (Guo *et al*., 2022) همسو است. از آنجا که محتوای آبی گیاه در شرایط تنش متفاوت است، تولید ماده خشک به عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی اثرات شوری در گیاه به‌کار می‌رود (Banakar *et al*., 2021). کاهش عملکرد بیولوژیک یا ماده خشک در اثر تنش شوری ناشی از کاهش جذب آب، کاهش تعرق، کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و فرآورده‌های فتوسنتزی است که هر یک از آن‌ها معلول عوامل دیگری است. همچنین بنا به اعتقاد محققان، ساخت پروتئین و آنزیم مستلزم وجود غلظت‌های زیادی از پتاسیم است، لیکن، در تنش شوری حضور مقادیر زیاد یون‌های سدیم به جای پتاسیم موجب اختلال در الگوی پروتئین‌سازی و رشد شده که یکی از آسیب‌های مهم تنش شوری در گیاهان است (Kumari *et al.*, 2021). نتایج این پژوهش نشان داد که شوری در مجموع موجب کاهش رشد گیاه شد. کاهش رشد به صورت کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در بوته منعکس شد.

صفات زایشی: اثر اصلی تیمارهای تنش شوری و کود بر زمان گلدهی، تعداد و قطر گل و طول عمر گل گیاه بنفشه دورگه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما برهمکنش تیمارها بر صفات مذکور در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات زایشی بوته بنفشه دورگه.

Table 5- Analysis of variance effect of the effect of different treatments on reproductive traits of pansy plant.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	میانگین مربعات			
		زمان گلدهی Flowering time	تعداد گل Number of flowers	قطر گل Flower diameter	طول عمر گل flower lifespan
تنش شوری Salt stress	2	85.6**	12.8**	0.45**	6.5**
جلبک Seaweed	4	42.3**	8.5**	0.32**	4.2**
تنش شوری × جلبک Salt stress ×Seaweed	8	15.2*	3.1*	0.10*	1.8*
خطا Error	30	6.8	1.5	0.04	0.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.2	11.5	8.9	12.1

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * indicate significance at the probability levels of 1 and 5%.

۱- *Capsicum annuum*

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تیمارها نشان داد بیشترین زمان (میانگین ۹۰/۳۳ روز) که جهت رسیدن به مرحله گلدهی گیاه بنفشه صرف شد مربوط به تیمار کاربرد NPK در تنش شوری شدید (شش دسی‌زیمنس بر متر) و پس از آن کاربرد یک درصد عصاره جلبک اسپیرولینا در تنش شوری شدید بود که در یک گروه آماری قرار گرفتند، کمترین زمان (میانگین ۵۷/۳۳ روز) مربوط به کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم با غلظت دو درصد در شرایط نبود تنش شوری بود (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای مختلف بر صفات زایشی بوته بنفشه دورگه.

Table 6- Comparison of the average interaction effect of different treatments on reproductive traits of pansy plants.

طول عمر گل (روز) Flower lifespan (days)	قطر گل (سانتی‌متر) Flower diameter (cm)	تعداد گل Number of flowers	زمان گلدهی (روز) Flowering time (days)	تیمار جلبک (درصد) Seaweed treatment (%)	تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity stress (dSm^{-1}) NaCl
9.73^{cde}	2.22^{def}	9.67^{de}	70.33^{fg}	0	
11.17^{bc}	2.40^{cd}	11.50^{cd}	68.33^{gh}	1% *Spirulina* extract	
11.50^{bc}	2.90^{b}	12.50^{bc}	65.00^{h}	2% *Spirulina* extract	0
12.83^{ab}	3.37^{a}	13.83^{ab}	61.00^{i}	1% *Sargassum* extract	
14.17^{a}	3.47^{a}	15.50^{a}	57.33^{i}	2% *Sargassum* extract	
5.60^{h}	1.95^{fg}	4.47^{hi}	82.67^{b}	0	
7.50^{e-h}	1.98^{fg}	5.77^{gh}	79.00^{bc}	1% *Spirulina* extract	
8.17^{efg}	2.17^{def}	6.70^{fg}	76.33^{cde}	2% *Spirulina* extract	3
8.60^{def}	2.37^{cde}	7.93^{ef}	73.33^{ef}	1% *Sargassum* extract	
10.83^{bcd}	2.73^{bc}	9.60^{de}	67.67^{gh}	2% *Sargassum* extract	
3.00^{i}	0.78^{i}	0.60^{k}	90.33^{a}	0	
5.83^{gh}	1.32^{h}	1.80^{jk}	87.33^{a}	1% *Spirulina* extract	
6.50^{fgh}	1.75^{g}	2.13^{jk}	82.33^{b}	2% *Spirulina* extract	6
6.50^{fgh}	2.02^{efg}	3.47^{ij}	77.67^{cd}	1% *Sargassum* extract	
7.83^{e-h}	2.13^{def}	5.13^{ghi}	74.33^{de}	2% *Sargassum* extract	

در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

بیشترین تعداد گل (میانگین ۱۵/۵۰ عدد) در شرایط عدم تنش شوری و کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم با غلظت دو درصد و بیشترین قطر گل در تیمار عدم تنش شوری و دو درصد عصاره جلبک سارگاسوم و عدم تنش شوری و یک درصد عصاره جلبک سارگاسوم مشاهده شد (جدول ۶).

بیشترین طول عمر گل (میانگین ۱۴/۱۷ روز) مربوط به تیمار عدم تنش شوری و کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم با غلظت دو درصد بود (جدول ۶).

کاهش تعداد گل و ابعاد آن به دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط تنشی، متأثر از فرایندهای اسمزی و کاهش جذب آب و عناصر معدنی است. از علل کاهش رشد گیاه در اثر تنش، بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌هایی مانند سدیم

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

مهاجم که در محیط به وفور وجود دارند و در نتیجه مصرف مقدار زیادی از انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش است (Arvin, 2015).

اگر چه تنش شدید، به دلیل کاهش رشد موجب دیرگلدهی در گیاهان می‌شود (Asadpour *et al*., 2020)، اما عصاره جلبک دریایی سبب گلدهی و تشکیل میوه زود هنگام در برخی گیاهان می‌شود. حضور هورمون‌های رشد نظیر سیتوکینین در عصاره جلبک در مرحله رشد رویشی سبب توزیع بهتر عناصر غذایی و در مرحله رشد زایشی سبب تحرک عناصر غذایی می‌شود (Khan *et al*., 2009). در پژوهش انجام شده روی گوجه‌فرنگی، مشاهده شد که تیمار عصاره جلبک دریایی به شکل معنی‌داری باعث افزایش تعداد گل و میوه در بوته شد و بهترین تیمار غلظت یک گرم بر لیتر عصاره جلبک اسپیرولینا بود (Mohkami *et al*., 2020).

رنگدانه‌های نورساختی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی تیمارهای تنش شوری و کود بر میزان رنگدانه‌های نورساختی (سبزینه a و b) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش تیمارها بر صفت مذکور در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمارهای تنش شوری و کود بر میزان رنگدانه‌های نورساختی برگ بنفشه دورگه.

Table 7- analysis of variance of the effect of salinity stress and fertilizer treatments on the amount of photosynthetic pigments in pansy leaves.

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
سبزینه b Chlorophyll b	سبزینه a Chlorophyll a	DF	S.O.V.
0.32**	0.85**	2	تنش شوری Salt stress
0.15**	0.42**	4	جلبک Seaweed
0.06*	0.15*	8	تنش شوری × جلبک Salt stress ×Seaweed
0.03	0.08	30	خطا Error
10.5	9.1	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * indicate significance at the probability levels of 1 and 5%.

نتایج مقایسه میانگین‌ها گویای این است که در شرایط عدم تنش شوری (شاهد) و استفاده از دو درصد عصاره جلبک سارگاسوم میزان سبزینه a (۱/۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و سبزینه b (۰/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشتری در برگ بنفشه دورگه سنتز شد؛ این در حالی است که کمترین مقدار عددی صفات مذکور در تنش شوری شدید (شش دسی‌زیمنس بر متر) و کاربرد NPK گزارش شد (جدول ۸).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای مختلف بر میزان رنگدانه‌های نورساختی برگ بنفشه دورگه.

Table 8- Comparison of the average interaction effect of different treatments on the amount of photosynthetic pigments in pansy leaves.

سبزینه b Chlorophyll b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) (mgg^{-1} F.W.)	سبزینه a Chlorophyll a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) (mgg^{-1} F.W.)	تیمار جلبک (درصد) Seaweed treatment (%)	تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity stress (dSm^{-1}) NaCl
0.46^{de}	1.18^{cd}	0	0
0.51^{cd}	1.12^{d}	1% *Spirulina* extract	
0.56^{bc}	1.22^{bc}	2% *Spirulina* extract	
0.60^{b}	1.27^{ab}	1% *Sargassum* extract	
0.68^{a}	1.30^{a}	2% *Sargassum* extract	
0.24^{gh}	0.57^{f}	0	3
0.28^{g}	0.60^{f}	1% *Spirulina* extract	
0.35^{f}	0.74^{e}	2% *Spirulina* extract	
0.35^{f}	0.74^{e}	1% *Sargassum* extract	
0.43^{e}	0.79^{e}	2% *Sargassum* extract	
0.10^{j}	0.21^{i}	0	6
0.13^{ij}	0.31^{h}	1% *Spirulina* extract	
0.19^{hi}	0.34^{gh}	2% *Spirulina* extract	
0.20^{h}	0.36^{gh}	1% *Sargassum* extract	
0.29^{fg}	0.41^{g}	2% *Sargassum* extract	

در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

کاهش محتوای سبزینه در نتیجه تنش احتمالاً ناشی از فعال شدن مسیر کاتابولیسمی سبزینه می‌باشد (Nourzad *et al*., 2014). تغییر در غلظت سبزینه a و b در طول تنش به گونه گیاهی، نوع نمک و سن گیاه بستگی دارد. مقدار سبزینه نشان دهنده مقاومت گیاه در برابر تنش می‌باشد (El Haddad *et al*., 2022). تحقیقات نشان داده است که در تنش‌های محیطی فعالیت آنزیم کلروفیلاز افزایش می‌یابد. اثر شوری بر جذب بعضی یون‌ها مثل Fe و Mg که در سنتز سبزینه نقش دارند، ثابت شده است، بنابراین به دنبال کاهش این یون‌ها، سبزینه برگ کاهش یافته و در نتیجه فتوسنتز کاهش می‌یابد (Khan *et al*., 2025).

حسنی و امیدبیگی (۱۳۸۰) نیز در تحقیق خود ابراز داشتند که تنش شوری میزان سبزینه‌های a و b را در گیاه زعفران[۱] کاهش می‌دهد. تنش‌های محیطی سبب افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال ROS می‌شود که این گونه‌های فعال اکسیژن سبب تخریب ساختمان کلروپلاست، سبزینه و کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شوند (Munns & Tester, 2008).

در این پژوهش در تیمارهای کودی میزان سبزینه‌ها در گیاه افزایش پیدا کرد که با نتایج حاصل از پژوهش‌های محققین مطابقت دارد (Aggawal *et al*., 2011). نتیجه‌های به دست آمده از این پژوهش اثر مثبت جلبک دریایی بر رنگدانه‌های نورساختی را نشان می‌دهد. بهبود عملکرد دستگاه فتوسنتز ممکن است افزایش وزن و رشد گیاه در اثر کاربرد جلبک را توجیه کند. نتایج

۱- *Crocus sativus*

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

نشان می‌دهد که اثر مثبت کاربرد مایع جلبک بر رنگدانه‌های نورساختی، ناشی از کاهش تخریب سبزینه در هنگام کمبود آب است (Martynenko *et al*., 2016).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی تنش شوری و کود بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و مقدار ماده مالون دی‌آلدهید در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ایجاد کرد، اما برهمکنش تیمارها بر این صفات در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۹).

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر تیمارهای تنش شوری و کود بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بنفشه دورگه.

Table 9- Analysis of variance of the effect of salinity stress and fertilizer treatments on the activity of antioxidant enzymes in pansy plants.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	میانگین مربعات			
		کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide Dismutase	مالون دی آلدئید Malondialdehyde
تنش شوری Salt stress	2	45.3**	12.5**	12.5**	3.2**
جلبک Seaweed	4	32.1**	8.7**	8.7**	1.8**
تنش شوری × جلبک Salt stress ×Seaweed	8	12.4*	3.2*	3.2*	0.65*
خطا Error	30	5.8	1.5	1.5	0.22
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	12.3	9.8	11.2	9.8

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * indicate significance at the probability levels of 1 and 5%.

با افزایش شدت تنش، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش یافت، به طوری که نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از این است که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در تنش شوری شدید (۶ دسی‌زیمنس بر متر) و استفاده از دو درصد عصاره جلبک سارگاسوم بیش از سایر تیمارها بود (جدول ۱۰).

حضور نمک حتی در غلظت‌های پایین هم در ریشه و برگ سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود. بازدارندگی آنزیم کاتالاز در اندام‌های مختلف، متنوع است زیرا که غلظت سدیم در اندام‌ها متفاوت می‌باشد. از بارزترین اتفاقات و تغییرات بیوشیمیایی مهم که ضمن تنش‌های محیطی در گیاه رخ می‌دهد، تجمع گونه‌های فعال اکسیژن است که تعادل ردوکس سلولی را مختل کرده و باعث تنش اکسیداتیو می‌شود (Zangooei *et al*., 2018; Pamungkas *et al*., 2022).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای مختلف بر صفات مورفوفیزیولوژیکی بوته بنفشه دورگه.

Table 10- Comparison of the average interaction effect of different treatments on morphophysiological traits of pansy plant.

سوپراکسید دیسموتاز Superoxide Dismutase (واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) Enzyme units per mg of protein	پراکسیداز Peroxidase (واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) Enzyme units per mg of protein	کاتالاز Catalase (واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) Enzyme units per mg of protein	تیمار کود (درصد) Seaweed treatment (%)	تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity stress (dSm^{-1}) NaCl
2.08^{h}	38.00^{j}	0.27^{h}	0	0
2.05^{h}	36.00^{jk}	0.20^{i}	1% *Spirulina* extract	
2.02^{h}	33.33^{kl}	0.17^{ji}	2% *Spirulina* extract	
1.88^{hi}	31.33^{l}	0.14^{j}	1% *Sargassum* extract	
1.68^{i}	30.50^{l}	0.12^{j}	2% *Sargassum* extract	
4.87^{g}	42.33^{i}	0.42^{g}	0	3
4.97^{fg}	46.33^{hi}	0.44^{fg}	1% *Spirulina* extract	
5.13^{efg}	48.33^{gh}	0.49^{ef}	2% *Spirulina* extract	
5.20^{ef}	51.33^{fg}	0.53^{e}	1% *Sargassum* extract	
5.30^{e}	53.67^{ef}	0.60^{d}	2% *Sargassum* extract	
7.67^{d}	55.67^{de}	0.84^{c}	0	6
7.83^{cd}	59.33^{cd}	0.90^{bc}	1% *Spirulina* extract	
8.03^{bc}	62.00^{bc}	0.92^{b}	2% *Spirulina* extract	
8.20^{b}	63.67^{ab}	0.96^{ab}	1% *Sargassum* extract	
8.63^{a}	66.67^{a}	1.02^{a}	2% *Sargassum* extract	

در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

آنیون‌های سوپر اکسید به وسیله تنش‌های محیطی در سلول تولید می‌شود زیرا مهم‌ترین تأثیر تنش، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت دی اکسید کربن است که در نتیجه آن رشد کاهش می‌یابد. همچنین افزایش تنفس در این شرایط سبب تولید این یون‌های مخرب در میتوکندری سلول می‌شود. در چنین شرایطی فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز به عنوان آنزیم‌های از بین بَرَنده یون سوپر اکسید، مشابه نتایج به دست آمده افزایش می‌یابد. با افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز، سمیت‌زدایی یون سوپر اکسید افزایش و آسیب‌های حاصل از آن در گیاه کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در هنگام تنش سوپر اکسید دیسموتاز با بازده بسیار بالا با رادیکال‌های آنیون سوپر اکسید واکنش داده، آب و اکسیژن تولید می‌کند (Zhou *et al*., 2019). بنابراین افزایش سوپر اکسید دیسموتاز تحت تنش‌های محیطی می‌تواند یک پاسخ رایج برای مقابله با اثرات مخرب تنش باشد. نتایج این تحقیق با نتایج محققان در سویا[۱] (Dong *et al*., 2019)، لوپن[۲] (Shedeed *et al*., 2022) و سبزیجات برگی (Razi & Muneer, 2021) مطابقت داشت.

۱- *Glycine max*

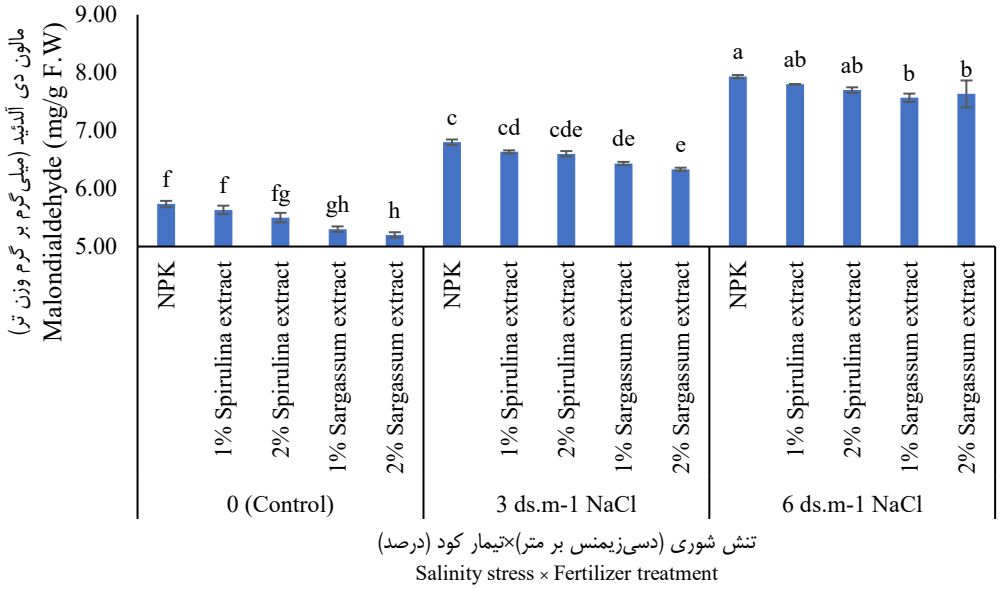
۲- *Lupinus luteus*

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز در گیاه بنفشه دورگه تحت تنش‌های محیطی و استفاده از کودهای زیستی می‌تواند به دلیل نقش حفاظتی کودهای زیستی باشد که بر اثر عواملی نظیر تنظیم فشار اسمزی، کاهش رادیکال‌های اکسیژن و افزایش بیوسنتز آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مثل فنل‌ها صورت می‌گیرد (Hernández-Herrera *et al*., 2022).

استفاده از جلبک موجب کاهش سنتز مالون دی‌آلدئید در گیاه بنفشه دورگه شد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش شوری و تیمار کود، بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید (۷/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تنش شدید شوری (شش دسی‌زیمنس بر متر) و کاربرد NPK و کمترین آن (۵/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به شرایط عدم تنش شوری و استفاده از دو درصد مایع جلبک سارگاسوم بود (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و جلبک بر میزان مالون دی‌آلدئید بنفشه دورگه. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 2- Comparison of the average interaction effect of salinity stress and fertilizer on malondialdehyde levels in ornamental pansy. Means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

مالون دی‌آلدئید محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غیراشباع سلول است. از این رو به عنوان یک نشانگر زیستی مناسب، جهت تعیین میزان آسیب وارده به سلول گیاهی در نتیجه انواع تنش‌ها به کار برده می‌شود (Zeynali Yadegari *et al*., 2009). مهم‌ترین علت استفاده از جلبک‌ها به عنوان کود، توانایی بالای آن‌ها در جذب آب و نگهداری آن است. این ویژگی به واسطه داشتن درصد بالای ترکیبات پلیمری است که قادرند مولکول‌های آب را جذب نموده و به حالت ژله‌ای درآیند. همچنین درصد بالای املاح و ترکیبات معدنی موجود در جلبک‌ها که نیاز گیاهان به املاح را تأمین می‌کنند ویژگی مهم دیگری است که در رشد گیاهان نقش بسزایی دارد (Papoui & Koukounaras, 2025). جلبک‌های دریایی محتوای مغذی ماکرو و میکرو، آمینواسیدها، ویتامین، سیتوکنین‌ها، اکسین و آبسزیک اسید هستند و به واسطه این مواد سبب تحریک رشد و محصول گیاه،

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های محیطی، افزایش جذب مواد مغذی از خاک و نیز افزایش صفات آنتی‌اکسیدانی می‌شوند (Hernández-Herrera *et al*., 2022).

عصاره جلبک، قدرت بالایی در حذف رادیکال آزاد اکسیژن دارند (Shukla *et al*., 2017). نتایج تحقیق حاضر با یافته سایر محققان در پی افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه همخوانی دارد (Erulan *et al*., 2009; Mansori *et al*., 2015).

صفات بیوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تفاوت معنی‌دار اثر اصلی تنش شوری و کود بر محتوای نسبی آب برگ، میزان کربوهیدرات محلول و پرولین بنفشه دورگه در سطح احتمال یک درصد بود. برهمکنش این دو تیمار بر صفات مذکور در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای تنش شوری و کود بر صفات بیوشیمیایی بنفشه دورگه.

Table 11 - Analysis of variance of the effect of salinity stress and fertilizer treatments on biochemical traits of pansy plant.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	میانگین مربعات		
		محتوای نسبی آب برگ Leaf Relative Water Content	کربوهیدرات محلول Soluble Carbohydrates	پرولین Proline
تنش شوری Salt stress	2	45.3**	85.6**	45.2**
جلبک Seaweed	4	32.1**	42.3**	32.1**
تنش شوری × جلبک Salt stress × Seaweed	8	12.4*	15.2*	12.4*
خطا Error	30	5.8	6.8	3.8
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.2	7.2	10.5

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * indicate significance at the probability levels of 1 and 5%.

با افزایش شدت تنش شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش و کربوهیدرات محلول افزایش یافت، به طوری که نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش شوری و کود حاکی از این بود که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۸/۳۳٪) و کمترین کربوهیدرات محلول (۵/۶۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در شرایط عدم تنش و استفاده از جلبک سارگاسوم با غلظت دو درصد ارزیابی شد. کمترین محتوای نسبی آب برگ (۴۵/۳۳٪) و بیشترین کربوهیدرات محلول (۱۸/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تنش شوری شش دسی‌زیمنس بر متر NaCl و کاربرد NPK بود (جدول ۱۲).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

جدول ۱۲- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای مختلف بر صفات بیوشیمیایی بوته بنفشه دورگه.

Table 12- Comparison of the average interaction effect of different treatments on biochemical traits of pansy plant.

تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity stress (dSm^{-1}) NaCl	تیمار کود (درصد) Seaweed treatment (%)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) Leaf Relative Water Content (%)	کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) Soluble Carbohydrates (mg/g DW)
0	0	75.50^{c}	11.43^{de}
	1% *Spirulina* extract	76.00^{c}	10.10^{e}
	2% *Spirulina* extract	83.33^{b}	8.43^{f}
	1% *Sargassum* extract	84.67^{ab}	7.60^{f}
	2% *Sargassum* extract	88.33^{a}	5.60^{g}
3	0	52.33^{g}	15.43^{bc}
	1% *Spirulina* extract	54.67^{fg}	14.10^{c}
	2% *Spirulina* extract	62.00^{e}	11.00^{de}
	1% *Sargassum* extract	64.00^{de}	10.10^{e}
	2% *Sargassum* extract	67.33^{d}	7.60^{f}
6	0	45.33^{h}	18.33^{a}
	1% *Spirulina* extract	47.67^{h}	16.67^{b}
	2% *Spirulina* extract	54.67^{fg}	14.17^{c}
	1% *Sargassum* extract	55.33^{fg}	12.33^{d}
	2% *Sargassum* extract	58.00^{f}	10.27^{e}

در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

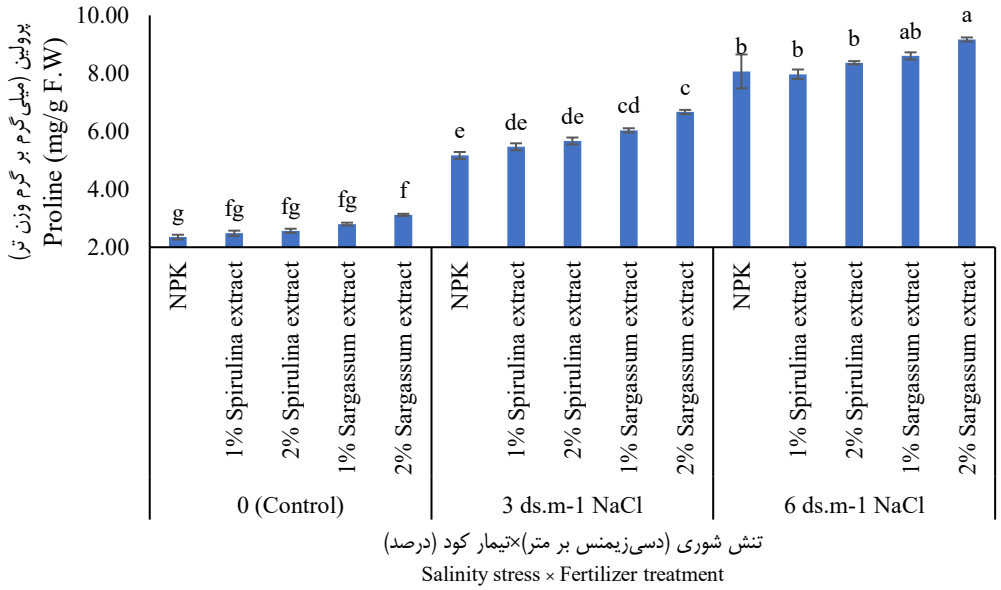
اثرهای منفی شوری بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری) و عدم تعادل عناصر معدنی یا مجموعه این عوامل ایجاد می‌شود. با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می‌شود، در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش می‌یابد که این عمل باعث کاهش جذب آب، افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود (Papoui & Koukounaras, 2025).

در این تحقیق افزایش سطح شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ در بنفشه دورگه شد. در واقع کاهش محتوای نسبی آب برگ، پاسخ عمومی گیاهان در معرض تنش اسمزی و ویژگی بسیار مناسبی از وضعیت آب در گیاه است (Boussora *et al*., 2024). کاهش در محتوای نسبی آب برگ می‌تواند به علت کاهش دسترسی به آب در شرایط تنش باشد، یا این که سیستم‌های ریشه‌ای به دلیل کاهش سطح جذب و کاهش جذب آب از ریشه‌ها قادر به جبران آب از دست رفته توسط تعرق نباشند (Zahedi *et al*., 2019).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تیمارهای تنش شوری در کود، بیشترین میزان پرولین (۹/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تنش شدید (شش دسی‌زیمنس بر متر) با کاربرد عصاره دو درصد جلبک سارگاسوم و کمترین آن (۲/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به عدم تنش شوری (شاهد) و کاربرد کود NPK بود (شکل ۳).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و جلبک بر میزان پرولین بنفشه دورگه. میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 3- Comparing the average interaction effect of salinity stress and seaweed on the proline content of pansy plants. Means with at least one letter in common are not significantly different at LSD's 1% probability level.

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 بنفشه دورگه تحت تیمار جلبک، بیشتر از گیاهان فاقد جلبک بود؛ کاربرد جلبک‌های دریایی همانند کاربرد سیتوکینین برای گیاه است (Erulan *et al*., 2009). پرولین کمترین اثر بازدارندگی را بر رشد سلول‌ها 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 (Ghaffari Nejad *et al*., 2020). 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 سنتز پرولین مصرف می‌شود، به همین دلیل مقدار سبزینه کاهش و مقدار پرولین افزایش می‌یابد (Bybordi, 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار اثر تنش شوری و جلبک دریایی بر تمامی صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد و قطر گل، زمان گلدهی و طول عمر گل در گیاه بنفشه دورگه بود. همچنین میزان فعالیت آنزیم‌های اکسیدان و ترکیباتی چون کربوهیدرات محلول و پرولین تحت اثر اصلی و متقابل تیمارها، تفاوت معنی‌دار نشان دادند. با افزایش شدت تنش شوری، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک، تعداد و قطر گل کاهش یافت. اگرچه جلبک دریایی شدت اثر منفی تنش شوری را بهبود داد اما جلبک دریایی سارگاسوم با غلظت دو درصد نسبت به اسپیرولینا و شرایط شاهد موثرتر بود. افزایش شدت تنش موجب افزایش انباشت پرولین و کربوهیدرات محلول و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و مقدار ماده مالون دی‌آلدئید شد. در اثر افزایش شدت تنش شوری میزان رنگدانه‌های

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

نورساختی کاهش یافت. در تیمار تنش شوری شدید (شش دسی‌زیمنس بر متر) بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه بنفشه دورگه مشاهده شد. با توجه به این که از بین رفتن رنگدانه‌های نورساختی یکی از عوامل کاهش رشد در هنگام تنش شوری است، و از طرفی مایع جلبک بر سبزینه و سایر ترکیبات بیوشیمیایی اثر محافظتی دارد، پیشنهاد می‌شود از عصاره انواع جلبک‌های دریایی به‌عنوان کود و محرک رشد استفاده شود. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت با توجه به این که شوری امروزه به عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محسوب می‌شود؛ استفاده از جلبک دریایی که سبب کاهش اثر منفی تنش در گیاه و حفظ نسبی عملکرد گیاه خواهد شد، قابل توصیه می‌باشد.

منابع

Aggarwal, M., Sharma, S., Kaur, N., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Kaur, R., Singh, K., Srivastava, A., Nayyar, H. (2011). Exogenous proline application reduces phytotoxic effects of selenium by minimizing oxidative stress and improves growth in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Biological Trace Element Research*, *140*, 354-367.

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

Asadpour, S., Madani, H., Nour Mohammadi, Gh., Majidi Heravan, I., Heidari Sharif Abad, H. (2020). Improving maize yield with advancing planting time and nano-silicon foliar spray alone or combined with zinc. *Silicon*, *14*(5), 1-9.

Ashour, M., El-Shafei, A.A., Khairy, H.M., Abd-Elkader, D.Y., Mattar, M.A., Alataway, A., Hassan, S.M. (2020). Effect of *Pterocladia capillacea* seaweed extracts on growth parameters and biochemical constituents of Jew's Mallow. *Agronomy*, *10*(3), 420.

Banakar, M.H., Amiri, H., Ranjbar, G.H., Sarafraz Ardakani, M.R. (2021). Effect of salt stress on some morphological traits of fenugreek and determination of the salt tolerance threshold at vegetative stage using some experimental models. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *14*(4), 1081-1103.

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

Boussora, F., Triki, T., Bennani, L., *et al*. (2024). Mineral accumulation, relative water content and gas exchange are the main physiological regulating mechanisms to cope with salt stress in barley. *Scientific Reports*, *14*, 14931.

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

Craigie, J.S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, *23*, 371–393.

Dong, S., Jiang, Y., Dong, Y., Wang, L., Wang, W., Ma, Z., Yan, C., Ma, C., Liu, L. (2019). A study on soybean responses to drought stress and rehydration. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *26*, 2006–2017.

El Haddad, N., Choukri, H., Ghanem, M.E., Smouni, A., Mentag, R., Rajendran, K., Hejjaoui, K., Maalouf, F., Kumar, S. (2022). High-Temperature and drought stress effects on growth, yield and nutritional quality with transpiration response to vapor pressure deficit in Lentil. *Plants*, *11*, 95.

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.

El-Sadek, A., Ahmed, E. (2022). Novel application of *Spirulina platensis* extract as an alternative to the expensive plant growth regulators on *Capparis cartilaginea* (DECNE.). *Al-Azhar Journal of Pharmaceutical Sciences*, *66*(2), 29-41.

Erulan, V., Soundarapandian, P., Thirumaran, G., Ananthan, G. (2009). Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C, Agardh 1824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, *6*(4), 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)

Ghaffari Nejad, S.A., Nourgholipour, F., Gheybi, M.N. (2020). Biostimulants and their roles in plant physiology, nutrient absorption, and tolerance to abiotic stresses. *Journal of Land Management*, *8*(1), 47-67. (In Persian).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

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.

Haji Amini, Z., Moallemi, N., Saadati, S. (2014). Effects of water deficit on proline content and activity of antioxidant enzymes among three olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *27*(2), 156-167. (In Persian).

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.

Hernández-Herrera, R.M., Sánchez-Hernández, C.V., Palmeros-Suárez, P.A., Ocampo-Alvarez, H., Santacruz-Ruvalcaba, F., Meza-Canales, I.D., Becerril-Espinosa, A. (2022). Seaweed Extract Improves Growth and Productivity of Tomato Plants under Salinity Stress. *Agronomy*, *12*(10), 2495.

Ikeura, H., Kobayashi, F., Kai, T., Tsuchiya, Y., Tamaki, M. (2023). Flower colour and antioxidant activity of violas (*Viola* × *wittrockiana*) as edible flowers. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *98*, 1-7.

Inbar, J., Abramsky, M., Cohen, D., Chet, I. (1994). Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. *European Journal of Plant Pathology*, *100*(5), 337-346.

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.

Javadi, F., Kalatejari, S., Diyanat, M., Asgari, F. (2021). The effect of sodium selenate application method on ornamental violet (*Viola wittrickiana* cv. Queen Yellow Bee) under salinity stress. *Journal of Plant Process and Function*, *10*(42), 211-228. (In Persian).

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, I., Rehman, A., Akram, W., Anjum, T., Yasin, N.A., Aftab, Z.-e.-H., Munir, B., Khan, W.U., Li, G. (2025). Unlocking salinity stress resilience in Turnip (*Brassica rapa* subsp. rapa) plants using *Bacillus subtilis* Z-12 and *Bacillus aryabhattai* Z-48. *Microorganisms*, *13*(2), 359.

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., 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.

Maleki, M., Kalateh Jari, S., Mohammadi Torkashvand, A. (2025). Effect of seaweed on the morphophysiological and phytochemical properties of ornamental violet (*Viola*× *wittrockiana*) under water deficit. *Journal of Crops Improvement*, *27*(1), 145-168. (In Persian).

Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D., El Kaoua, M. (2015). Seaweed extract effect on water deficit and antioxidative mechanisms in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Applied Phycology*, *27*(4), 1689–1698.

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.

Mohkami, A., Habibi-Pirkoohi, M., Shahriari, A.Gh., Ghodoum Parizipour, M.H. (2020). The effect of seaweed extract (*Sargassum angustifolium* L.) on growth and physiological indices of tomato under drought stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *21*(3), 247–258. (In Persian).

Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, *59*, 651.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

Nezamdoost, D., Ghahremani, Z., Baba Akbari, M., Barzegar, T., Ranjbar, M.E. (2023). Irrigation with water enriched with seaweed extract to overcome effects of salt stress in 'New red fire' leafy lettuce cultivation. *International Journal of Vegetable Science*, *29*(2), 128–144.

Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M., Daneshfar, E. (2014). Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander treated with organic and inorganic fertilizers. *Journal of Crops Improvement*, *16*(2), 289–302. (In Persian).

Obinger, C., Maj, M., Nicholls, P., Loewen, P. (1997). Activity, peroxide compound formation, and heme d synthesis in *Escherichia coli* HPII catalase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *342*, 58-67.

Pamungkas, S.S.T., Suwarto, S., Farid, N. (2022). Drought stress: responses and mechanisms in plants. *Reviews in Agricultural Science*, *10*, 168–185.

Papoui, E., Koukounaras, A. (2025). Evaluation of *Ascophyllum nodosum* and *Sargassum* spp. seaweed extracts on germination of tomato under salinity stress. *Horticulturae*, *11*(3), 290.

Popescu, G.C., Popescu, M. (2014). Effect of the brown alga *Ascophyllum nodosum* as biofertilizer on vegetative growth in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Current Trends in Natural Science*, *3*, 61-67.

Ranjbar, G.H., Anaqoli, A. (2018). Concepts of Salt Stress and Plant Response. AREEO Press. Iran. (In Persian).

Razi, K., Muneer, S. (2021). Drought stress-induced physiological mechanisms, signaling pathways and molecular response of chloroplasts in common vegetable crops. *Critical Reviews in Biotechnology*, *41*, 669–691.

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.

Shedeed, Z.A., Gheda, S., Elsanadily, S., Alharbi, K., Osman, M.E. (2022). *Spirulina platensis* biofertilization for enhancing growth, photosynthetic capacity and yield of *Lupinus luteus*. *Agriculture*, *12*(6), 781.

Shukla, P.S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W., Critchley, A.T., Prithiviraj, B. (2017). Seaweed extract improves drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *Annals of Botany*, *10*(1), plx051.

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

Sultana, S., Altaf-Un-Nahar, M., Islam, M.R., *et al*. (2025). Foliar and root applications of salicylic acid alleviate salinity stress by modulating morpho-physiological and biochemical aspects in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Discover Plants*, *2*, 36.

Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L., Gasparikova, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*, *52*(4), 184.

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.

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.

Zahedi, S.M., Hosseini, M.S., Meybodi, N.D.H., Teixeira da Silva, J.A. (2019). Foliar application of selenium and nano-selenium affects pomegranate (*Punica granatum* cv. Malase Saveh) fruit yield and quality. *South African Journal of Botany*, *124*, 350–358.

Zangooei, E., Bazgir, E., Gholamnejad, J., Darvishnia, M. (2018). Investigation of the peroxidase and catalase enzymes activity and expression level of it's encoding genes in pathogen stress (*Penicillium expansum*) and Walnut green skin extract condition in apple fruits. *Journal of Cell and Tissue*, *9*(2), 159-175.

Zeynali Yadegari, L., Heydari, R., Carapetian, Zh. (2009). Changes in membrane permeability and antioxidative enzymes activity in response to low temperature in soybean seedlings. *Iranian Journal of Biology*, *22*(2), 229-236.

Zhou, Y., Diao, M., Chen, X., Cu, J., Pang, S., Li, Y., Hou, C., Liu, H.Y. (2019). Application of exogenous glutathione confers salinity stress tolerance in tomato seedlings by modulating ions homeostasis and polyamine metabolism. *Scientia Horticulturae*, *250*, 45–58.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]

Flower and Ornamental Plants (2025), 10(2): 247-268
Research article

The impact of Spirulina and Sargassum seaweed extracts on pansy (*Viola ×wittrockiana*) growth and biochemical characteristics under salinity stress in greenhouse conditions

Majid Maleki[1], Sepideh Kalateh Jari[1*], Ali Mohammadi Torkashvand[2]

1. Department of Agricultural Science and Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran
2. Department of Soil Science, SR.C., Islamic Azad University, Tehran
kalatehjari@srbiau.ac.ir
Received: 2025/04/04, Revised: 2025/11/01, Accepted: 2025/11/03

Abstract
The use of seaweed extracts to mitigate the effects of environmental stresses in plants is of particular importance. This study aimed to investigate the impact of seaweed extracts (*Sargassum vulgare* and *Spirulina platensis*) on the growth, physiological, and biochemical characteristics of pansy (*Viola ×wittrockiana*) under salinity stress. Treatments included salinity stress at three levels (0 (control), 3, and 6 dSm^{-1} NaCl) and seaweeds at five levels (control, 1% and 2% *Spirulina* liquid extract, and 1% and 2% *Sargassum* liquid extract). The results showed that salinity stress at 6 dSm^{-1} significantly reduced fresh and dry shoot weight, flower number and longevity, and photosynthetic pigments. Salinity stress increased the activity of catalase, peroxidase, superoxide dismutase, malondialdehyde, soluble carbohydrates, and proline, with the 2% *Sargassum* extract further enhancing these compounds. Among the seaweed extracts, *Sargassum* had a more pronounced positive effect on all studied traits, with the 2% concentration being the most effective. Overall, the findings indicated that pansy is sensitive to salinity stress, and seaweed extracts - particularly *Sargassum* - improved growth and metabolic compound production, thereby alleviating the negative effects of salinity stress.
Keywords: Catalase, Flower longevity, Proline, Seaweed, Toxicity.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOI: 10.61186/fop.10.2.247]