نشریه علمی فناوری و گیاهان دارویی ایران
دوره۷- شماره ۲- پیاپند ۱۳-پائیز و زمستان ۱۴۰۳

بهبود ویژگی‌های گل گیاه سرخارگل (*Echinacea angustifolia* L.) با کاربرد عصاره جلبک (*Sargassum johnstonii*) تحت تنش شوری

Improving the characteristics of *Echinacea angustifolia* L. flower with the use of seaweed (*Sargassum johnstonii*) extract under salt stress

سحر سرافراز[۱]، مرضیه قنبری جهرمی[۲]، مرجان دیانت[۳*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ، (نگارنده مسئول)
۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۳ - شناسانهٔ برنمودرقمی: 10.22092/mpt.2026.371699.1208

چکیده

سرافراز، س.، قنبری جهرمی، م.، دیانت، م.، . **بهبود ویژگی‌های گل گیاه سرخارگل (*Echinacea angustifolia* L.) با کاربرد عصاره جلبک (*Sargassum johnstonii*) تحت تنش شوری**
نشریه علمی فناوری وگیاهان دارویی ایران، دوره ۷- شماره ۲- پیاپند ۱۳-پائیز و زمستان ۱۴۰۳ صفحه: ۵۶-۴۴

با هدف مطالعه اثر عصاره جلبک دریایی سارگاسوم (*Sargassum johnstonii*) بر تولید گل، رنگریزه‌های فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی گیاه سرخارگل (*Echinacea angustifolia* L.) تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۴۰۳ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی غلظت شوری در چهار سطح (صفر (شاهد)، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و عصاره جلبک سارگاسوم در سه سطح (شاهد (عدم استفاده)، کاربرد ۱ و ۲ گرم در لیتر) بودند. بیشترین تعداد گل در بوته سرخارگل (۳/۶۷) در تیمار عدم تنش شوری با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد. تنش شوری باعث کاهش میزان پتاسیم برگ شد به گونهای که کمترین میزان پتاسیم برگ (۱/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) بدون کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم بود. بیشترین میزان کاتالاز (۰/۴۵ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) و سوپراکسید دیسموتاز برگ سرخارگل (۶/۰۷ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) نیز در تیمار تنش شدید شوری با کاربرد جلبک مشاهده شد. نتایج تحقیق نشان داد که گیاه سرخارگل نسبت به تنش شوری خیلی مقاوم نبوده و کاهش عملکرد کاملا مشهود بود. عصاره جلبک دریایی اگرچه منجر به تعدیل اثرات تنش شوری در گیاه سرخارگل شد ($P<0.05$) اما غلظت ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک نقش بیشتری در تعدیل شدت تنش شوری داشت.

واژه های کلیدی: آنتوسیانین، پتاسیم، تعداد گل، تنش شوری، جلبک، سرخارگل.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: ma_dyanat@yahoo.com

مقدمه

در سراسر جهان، شوری خاک به عنوان یکی از عوامل محیطی محدودکننده اولیه در نظر گرفته می‌شود (Delang, 2018; Parihar *et al*., 2015). تنش شوری یکی از استرس‌هایی است که به دنبال تنش آبی به گیاه وارد می‌گردد و بر رشد نهال تاثیر گذاشته و سبب کاهش جذب آب و کاهش سطح هورمون جیبرلین در گیاه می‌گردد که وجود برخی از محتویات زیست فعال در جلبک مانند اسید اسکوربیک، اکسین‌ها و جیبرلین‌ها، اثر نامطلوب شوری بر روی گیاه را کاهش می‌دهد (El-Sadek and Hamouda *et al*., 2022).

گیاه سرخارگل *Echinacea purpurea* L. متعلق به خانواده آستراسه (Asteraceae) بوده و یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی با ویژگی‌های خوب فارماکولوژیکی است. از ریشه‌ها و ساقه‌های زیرزمینی این گیاه برای درمان تروما و برای کاستن از علایم عفونت و التهاب در آمریکا استفاده‌های فراوانی شده است. سرخارگل گیاهی است که باعث تقویت سیستم ایمنی شده و ویژگی‌های ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانتی دارد (Lee *et al*., 2009) و در کارآزمایی‌های بالینی هیچ‌گونه اثرات جانبی منفی یا فوق‌حساسیت نشان نداده است. اجزاء مهم گیاه مشتقات اسید کافئیک، آلکامیدها، فلاونوئیدها، اسانس و پلی‌استیلن‌ها می‌باشند. در بین آنها، مشتقات اسید کافئیک و آلکامیدها ثابت شده است که اثرات تقویت کننده و تنظیم سیستم ایمنی دارند (Dobrange *et al*., 2019).

در پژوهشی پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سه گونه سرخارگل (*Echinacea purpurea*، *Echinacea pallida* و *Echinacea angustifolia*) تحت تنش شوری (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) در شرایط هیدورپونیک بررسی شدند و نتایج نشان داد که زیست توده اندام هوایی و ریشه تحت تاثیر شوری قرار نگرفتند اما نرخ زنده‌مانی از ۹۹ درصد برای *E. purpurea* تا ۷۰ درصد برای *E. angustifolia* متغیر بود. در گونه *E. angustifolia* کاهش هدایت روزنه‌ای، نرخ تنفس و فتوسنتز در تمام سطوح شوری مشاهده شد، اما در دو گونه دیگر فقط در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl این کاهش معنی‌دار بود (Sabra *et al*., 2012).

استفاده از جلبک دریایی و عصاره آن به منظور کاهش اثرات تنش غیرزنده در تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی به اثبات رسیده است (Pohl *et al*., 2019). کاربرد عصاره جلبک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشاء، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش می‌گردد (Esmaielpour *et al*., 2020). بهبود رشد گیاه تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی ممکن است به دلیل وجود هورمون‌های رشد درون آن باشد که در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. همچنین افزایش رشد می‌تواند به حضور مواد غذایی در عصاره جلبک دریایی مربوط باشد (Kularathne *et al*., 2021). 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

جدول ۱- مشخصات جلبک سارگاسوم (*Sargassum johnstonii*) استفاده شده در آزمایش

پارامتر	میزان (درصد)	پارامتر	میزان (درصد)
کربوهیدرات	۳۵/۰۲	پتاسیم	۴/۴۷
اسید آمینه کل	۶/۱۱	منیزیوم	۰/۶۵
آلژینیک اسید	۸/۵۰	گوگرد	۳/۰
مانیتول	۴/۲۳	کلسیم	۰/۲۸
بتائین	۰/۰۳۷	آهن	۰/۰۱۶۲
اکسین	۰/۰۲۴	منگنز	۰/۰۰۱۲
سیتوکینین	۰/۰۱۸		
نیتروژن	۲/۸۳		
فسفر	۲/۶۰		

بلکه اثرات زیست محیطی بسیار کمتری نیز نسبت به کودهای شیمیایی دارند (Kularathne *et al*., 2021). در یک مطالعه با هدف بررسی اثر عصاره جلبک دریایی (*Pterocladia capillacea*) روی پارامترهای رشد و ترکیبات بیوشیمیایی گل ختمی (*Corchorus olitorius*) نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین وزن تر و تعداد برگ‌ها در تیمار مربوط به کاربرد ۱۰ درصد عصاره جلبک دریایی در مقایسه با سایر تیمارها بوده و همچنین گیاهان این تیمار نسبت به گیاهان شاهد افزایش بهره‌وری در آب را تا ۴۱/۲ درصد نشان دادند و این تیمار رشد، عملکرد، مواد معدنی و آنتی‌اکسیدان‌های گل ختمی را افزایش داده است (Ashour *et al*., 2020).

تحقیق حاضر، با هدف مطالعه اثر عصاره جلبک دریایی سارگاسوم بر تولید گل، رنگریزههای فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی گیاه سرخارگل تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان اجرای آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با دو مشاهده در بهار و تابستان ۱۴۰۳ در گلخانه شخصی (تهران) با دمای روزانه گلخانه ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد و دمای شبانه ۲±۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی غلظت‌های شوری در چهار سطح (صفر (شاهد)، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم در سه سطح (شاهد (عدم استفاده)، ۱ و ۲ گرم در لیتر) بود. منبع نور در گلخانه نور خورشید بود که با دوره ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تامین شد. نوع پوشش گلخانه پلاستیکی بود؛ برای سایه‌اندازی از سایبان پارچه‌ای روی سقف و پوشش گلخانه استفاده شد.

روش اجرای کار

بذرهای گیاه سرخارگل از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری و در بهمن ۱۴۰۲ در گلخانه در سینی نشا کاشته شدند. بعد از جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه و رسیدن به مرحله چهار برگی (فروردین ۱۴۰۳)، گیاهچه‌ها به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر حاوی بستر کشت ترکیب کوکوپیت و پرلیت با نسبت ۲ به ۱ منتقل شدند و در گلخانه با کنترل شرایط

محیطی رشد کردند. تنش شوری با NaCl برای هر گلدان از طریق آب آبیاری ۵۰ میلی‌لیتر به فاصله چهار روز اعمال شد. جهت آبشویی بستر کاشت پس از هر سه مرتبه آبیاری با آب شور (در راستای تنش شوری)، آبشویی با آب معمولی جهت جلوگیری از تجمع نمک در گلدان صورت گرفت و اعمال تنش به مدت ۴۰ روز ادامه یافت. محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی سارگاسوم (تهیه شده توسط شرکت Algae Bank جدول ۱) به مدت ۴۰ روز با فاصله هر ۱۰ روز یک‌بار در چهار نوبت انجام شد. در مرداد ۱۴۰۳، از بافت‌های گیاهی در مرحله گلدهی نمونه‌برداری شد و ویژگی‌های فیتوشیمیایی و بیوشیمیایی آن‌ها در آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور اندازه‌گیری گردید.

صفات مورد بررسی

تعداد گل در هر بوته مورد شمارش قرار گرفته و ثبت شد. قطر طبق ۵ گل و دمگل به وسیله کولیس اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها ثبت شده است. طول عمر ۵ گل روی بوته به واحد روز شمارش و میانگین آن ثبت شد.

برای اندازه‌گیری کلر ۱۰۰ میلی‌گرم از بافت گیاهی پودر شده برگ درون لوله فالکن ریخته و پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر نیتریک اسید ۰/۵ مولار و قرار دهی آن به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک‌کن، عصاره‌گیری انجام شده است. مقدار یک میلی‌لیتر از عصاره برای قرائت کلر طبق روش رنگ سنجی در طول موج ۴۸۰ نانومتر توسط دستگاه اپوچ استفاده گردید (Munns and Tester, 2008). نمونه‌های پیکره هوایی گیاه در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده است و پس از ساییده شدن در هاون در سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد حل گردیده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق انکوبه شده است. عصاره حاصله با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف شده و سپس با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل M420) میزان سدیم و پتاسیم عصاره اندازه‌گیری شده است.

کلروفیل برگ طبق روش (Arnon 1949) اندازهگیری شد. از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل VIS 7205) برای اندازه‌گیری میزان جذب نمونهها استفاده گردید. ابتدا دستگاه با استون ۸۰ درصد صفر شده و سپس میزان جذب عصاره استخراج شده در طول‌موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شده است. سپس با استفاده از رابطه‌های زیر کلروفیل کل و کاروتنوئید محاسبه گردیده است.

میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تر

= [(22.9× A645)-(4.96 ×A663)× V/1000× W]

میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تر برگ تر

=[(12.7× A663)-(2.69× A645) V/1000× W)]

میلیگرم کلروفیل کل در هر گرم برگ تر

=[(20.2 ×A645)+(8.02 ×A663)]×V/1000

میلیگرم کاروتنوئید در هر گرم برگ تر

=100(A470)-3.27(mg chl. A)-04(mg chl. B)/227

که در آن V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W= وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

برای استخراج آنزیم‌ها آنتیاکسیدانی

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی های گل و عناصر غذایی برگ گیاه سرخارگل (*Echinacea angustifolia* L.)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد گل در بوته	قطر طبق گل	طول دمگل	طول عمر گل	پتاسیم برگ	سدیم برگ	کلر برگ
تنش شوری	۳	۱۸/۰۷**	۹۰/۸۹**	۴۸۰/۱۸**	۱۹۹/۷۳**	۱۰/۲۸**	۶/۶۴**	۳۴۹/۶۱**
عصاره جلبک سارگاسوم	۲	۲/۱۱**	۱۷/۵۸**	۱۰۵/۰۳**	۴۰/۳۶**	۰/۷۶**	۰/۳۵**	۲۴/۴۴**
تنش شوری × عصاره جلبک سارگاسوم	۶	۰/۴۱**	۴/۴۷**	۲۶/۲۹**	۹/۶۲**	۰/۰۲**	۰/۰۳**	۱/۵۵**
خطاء	۲۴	۰/۱۹	۰/۴۷	۱/۵۸	۱/۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۱۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۹/۶۹	۲۲/۹۱	۱۸/۳۴	۲۲/۹۷	۲/۴۹	۲/۵۶	۳/۱۷

**، * و ^{ns} به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی دار است.

نمونه‌های گیاهی در هاون چینی با ازت مایع خرد و به‌صورت پودر در آمدند. میزان فعالیت کاتالاز بر حسب واحد آنزیمی در میلیگرم پروتئین بیان گردید (Chance and Maehly, 1955). برای سنجش آنزیم سوپراکسید دسموتاز از روش منصوری (Mansore *et al*., 2015) استفاده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

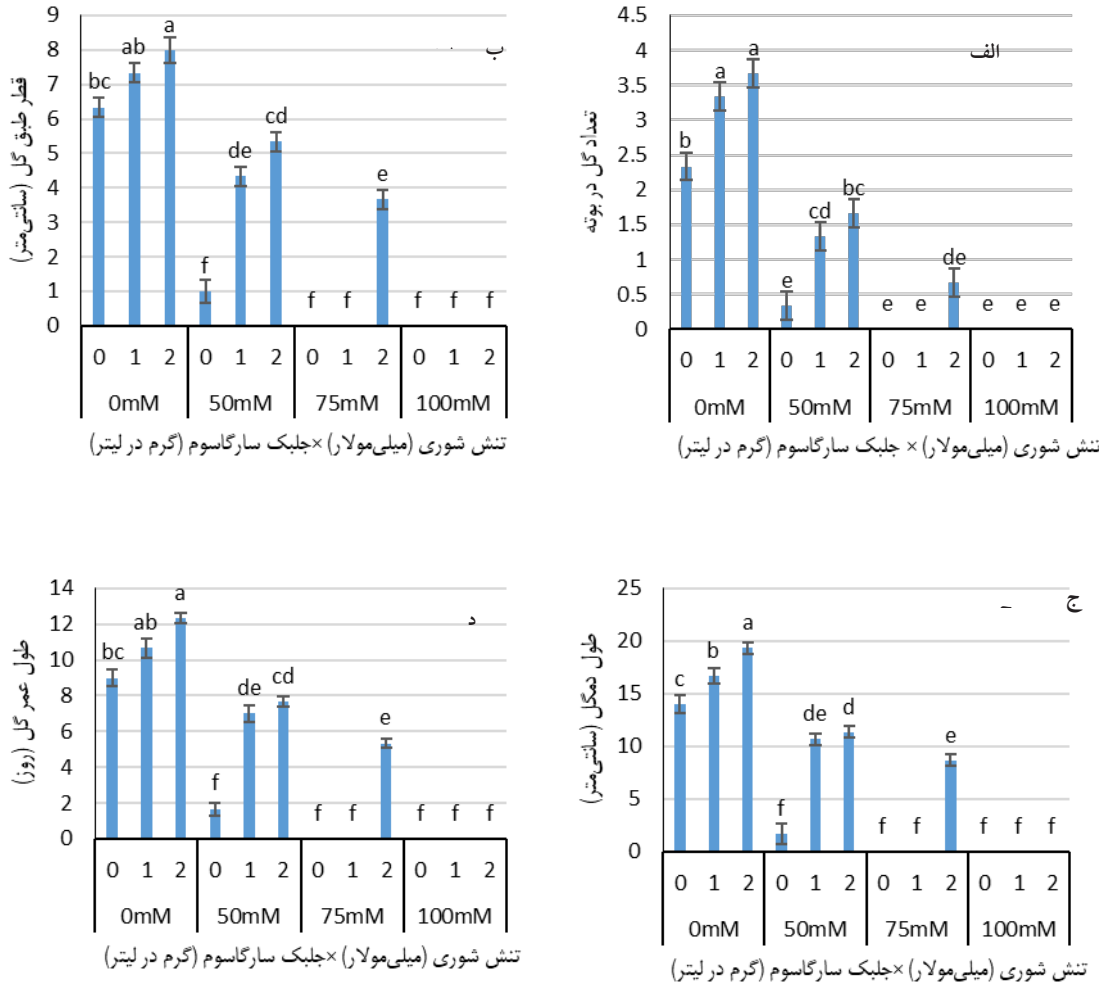
برای آنالیز آماری داده‌ها، پس از ارزیابی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد گل در بوته، قطر طبق گل، طول دمگل و طول عمر گل در گیاه سرخارگل تحت اثر اصلی و متقابل تنش شوری و عصاره جلبک سارگاسوم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲).

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین تعداد گل در بوته سرخارگل (۳/۶۷) در تیمار شاهد (عدم شوری) با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد (شکل ۱ الف). دلیل این امر به کاهش سطح برگ و فعالیت‌های فتوسنتزی نسبت داده شده است (Naseri *et al*., 2016). بیشترین قطر طبق گل سرخارگل (۸/۰۰ سانتی‌متر) در تیمار شاهد با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد که از لحاظ آماری با کاربرد تیمار ۱ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم در یک گروه قرار گرفت (شکل ۱ ب). طول دمگل سرخارگل در حضور شوری کاهش یافت به گونه‌ای که بیشترین طول دمگل (۱۹/۳۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد (شکل ۱ ج). کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم باعث آفزایش طول عمر گل گردید. بیشترین طول عمر گل سرخارگل (۱۲/۳۳ روز) در تیمار شاهد با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد که از لحاظ آماری با شرایط شاهد و کاربرد تیمار ۱ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم در یک گروه قرار گرفت (شکل ۱ د). اثرات مفید کاربرد عصاره

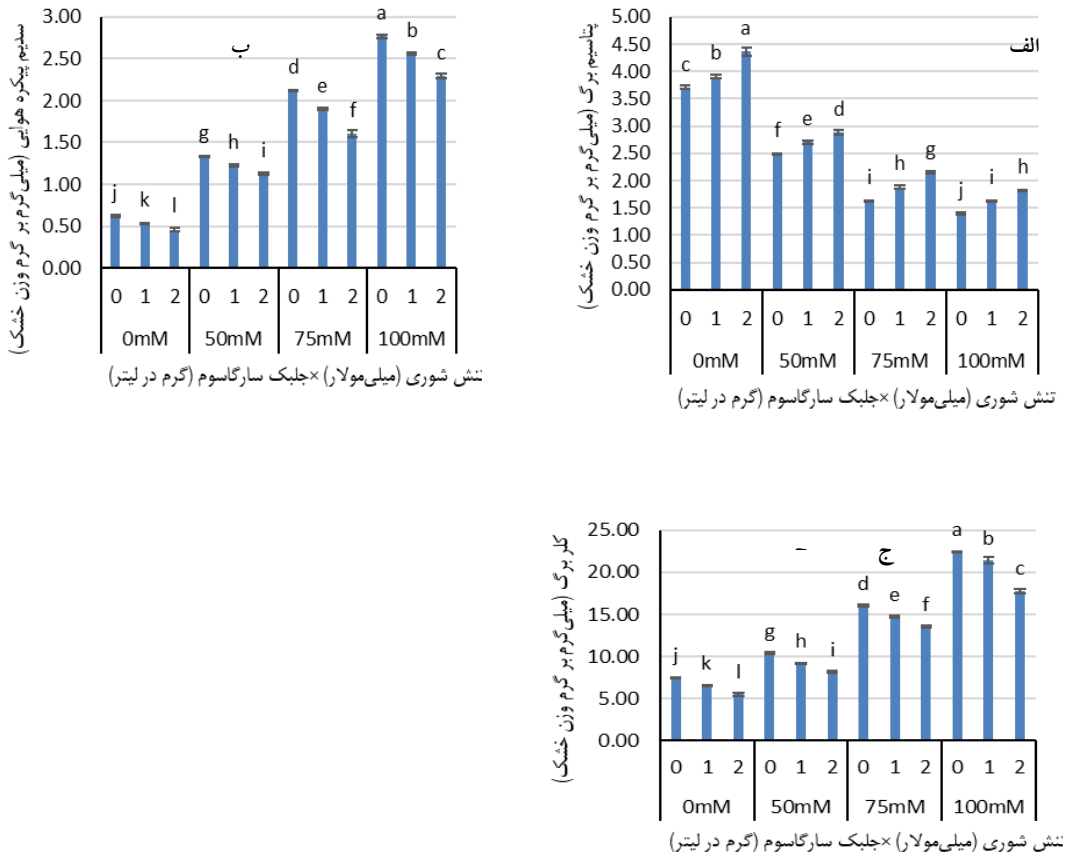


شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد گل در بوته (الف)، قطر طبق گل (ب)، طول دمگل گل (ج) و طول عمر گل در بوته (د) تحت تاثیر متقابل تنش شوری و کاربرد جلبک (*Sargassum johnstonii*). (داده ها به صورت میانگین انحراف معیار (n=۳) آورده شده است و میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون طبق آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

جلبک روی گیاهان به دلیل وجود هورمون‌های رشد سیتوکنین، اکسین و عناصری مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها است (Witzel *et al.*, 2021).

عناصر غذایی برگ

در تیمار عدم وجود تنش شوری با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم بیشترین میزان پتاسیم برگ سرخارگل (۴/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد و کمترین آن (۱/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) بدون کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم بود (شکل ۲ الف). شوری شدید باعث به هم خوردن تنظیم اسمزی، کاهش آب قابل دسترس، عدم تعادل عناصر غذایی، سمیّت یون‌های کلر و سدیم سبب کاهش تعداد و سطح برگ گیاهان می‌شود (Chun *et al.*, 2021). استفاده از عصاره سارگاسوم به کاهش اثرات منفی تنش شوری کمک کرده و در نتیجه شرایط بهتری



شکل ۲- مقایسه میانگین پتاسیم (الف)، سدیم (ب) و کلر (ج) برگ تحت تاثیر متقابل تنش شوری و کاربرد جلبک (*Sargassum johnstonii*). (داده ها به صورت میانگین انحراف معیار (n=۳) آورده شده است و میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون طبق آزمونLSD با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

برای جذب پتاسیم فراهم آورد. با احیای توازن اسمزی در گیاه و خاک، عصاره سارگاسوم شرایط را برای جذب پتاسیم مطلوب‌تر می‌کند (Yildiz *et al.*, 2020). بیشترین میزان سدیم پیکره هوایی (۲/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) بدون کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم به دست آمد (شکل ۲ ب). کمترین میزان کلر برگ سرخارگل (۵/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم و بیشترین آن (۲۲/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) به تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) بدون کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم متعلق بود (شکل ۲ ج). برخی از ترکیبات موجود در جلبک‌ها اثرات سمی یون‌های Na^+ و Cl^- را کاهش داده و به این ترتیب موجب کاهش تجمع این یون‌ها در گیاهان می‌شوند. عصاره‌های جلبکی ممکن است برخی از آنزیم‌های خاص را فعال کنند که به دفع یون‌های اضافی (مانند Na^+ و Cl^-) از سلول‌ها (Aggawal *et al.*, 2011) و تحریک تولید متابولیت‌های ثانویه یا آنتی‌اکسیدان‌ها کمک کنند (Acosta-Motos *et al.*, 2017).

جدول ۳- تجزیه واریانس رنگریزه های فتوسنتزی و آنزیم های آنتی اکسیدانی گیاه سرخارگل (***Echinacea angustifolia* L.**)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین گلبرگ	کاتالاز برگ	سوپراکسید دیسموتاز برگ
تنش شوری	۳	۱۳/۲۹**	۴/۰۳**	۰/۲۴**	۰/۰۶**	۸/۳۹**
عصاره جلبک سارگاسوم	۲	۴/۳۲**	۰/۸۱**	۰/۰۵**	۰/۰۲**	۱/۶۵**
تنش شوری× عصاره جلبک سارگاسوم	۶	۰/۳۳*	۰/۰۶**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۲*	۰/۰۴*
خطاء	۲۴	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۶۱	۳/۱۸	۲۴/۷۸	۴/۳۳	۳/۲۱

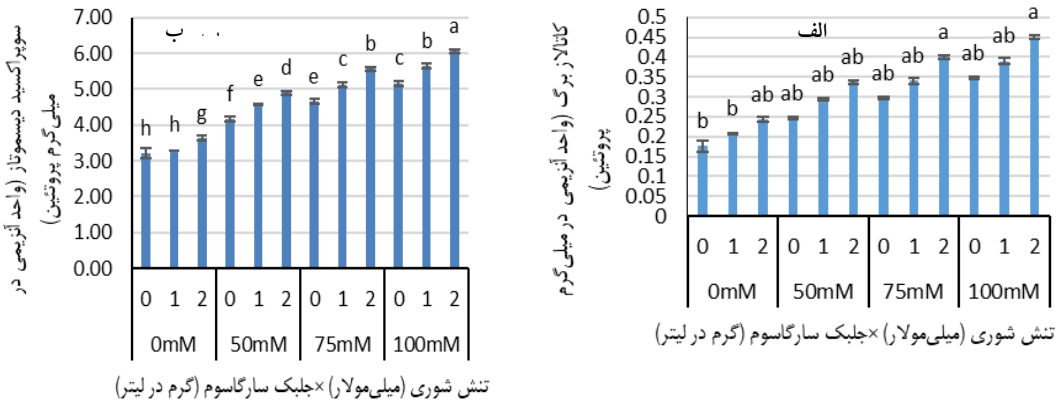
**، * و ^{ns} به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی دار است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنتوسیانین گلبرگ

رنگریزه‌های فتوسنتز، آنتوسیانین گلبرگ و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز تحت تاثیر برهمکنش تنش و کاربرد عصاره جلبک قرار گرفتند (جدول ۳). تنش شوری باعث کاهش مقدار کلروفیل کل بوته سرخارگل شد به گونه‌ای که کمترین آن (۴/۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) بدون کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم مشاهده شد (شکل ۳ الف). کاهش محتوای

کلروفیل در نتیجه تنش احتمالاً ناشی از فعال شدن مسیر کاتابولیسمی کلروفیل میباشد. تنش‌های محیطی سبب افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال ROS (Reactive Oxygen Species) می‌شود که این گونه‌های فعال اکسیژن سبب تخریب ساختمان کلروپلاست، کلروفیل و کاهش فتوسنتز در گیاه می‌گردد (Shi *et al*., 2022). تغییر در غلظت کلروفیل a و b در طول تنش به گونه گیاهی، نوع نمک و سن گیاه بستگی دارد (El Haddad *et al*., 2022). مقدار کلروفیل نشان دهنده مقاومت گیاه در برابر تنش میباشد تحقیقات نشان داده است که در تنش‌های محیطی فعالیت آنزیم کلروفیلاز افزایش مییابد (El Haddad *et al*., 2022). در این پژوهش در تیمارهای کودی (کاربرد جلبک) میزان کلروفیل‌ها در گیاه افزایش پیدا کرد که با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر محققان مطابقت دارد

بیشترین میزان کاروتنوئید بوته سرخارگل (۳/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار بدون تنش شوری با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم و کمترین آن (۱/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) بدون کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد (شکل ۳ ب). تخریب کلروفیل و سنتز کاروتنوئید در شرایط تنش شوری می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، تغییر ساختار، عملکرد و کاهش محتوای پروتئین‌ها به ویژه پروتئین‌های غشاء گیاهان و آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل مانند ۵- آمینو لوولونیک اسید دهیدراتاز، پورفوبیلینوژن دآمیناز، پروتوکلروفیلید اکسیدور ردوکتاز باشد (Turan & Tripathy, 2014). جلبک دریایی منجر به افزایش محتوی نسبی آب برگ، میزان کلروفیل، فتوسنتز خالص، پایداری غشاء سلول و محتوای کاروتنوئید در



شکل ۴- مقایسه میانگین کاتالاز (الف) و سوپراکسیداز دسموتاز (ب) برگ تحت تاثیر متقابل تنش شوری و کاربرد جلبک (*Sargassum johnstonii*). (داده ها به صورت میانگین انحراف معیار (n=۳) آورده شده است و میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون طبق آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

شرایط تنش می‌گردد (Arab *et al.*, 2023). آنتوسیانین گلبرگ سرخارگل نیز تحت تاثیر تنش شوری کاهش یافت اما کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم میزان آن را (۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم) افزایش داد (شکل ۳ ج).

آنزیم‌های آنتیاکسیدانی

تنش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیمی در سرخارگل شده و بیشترین میزان کاتالاز برگ بوته سرخارگل (۰/۴۵ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار تنش شوری شدید (۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) و با کاربرد ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک سارگاسوم حاصل شد (شکل ۴ الف). 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 (ROS) است که تعادل ردوکس سلولی را مختل کرده و باعث تنش اکسیداتیو میشود (Acosta-Motos *et al.*, 2017). بیشترین میزان سوپراکسید دیسموتاز برگ بوته سرخارگل (۶/۰۷ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین) نیز به همین تیمار متعلق بود (شکل ۴ ب). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز در گیاه بنفشه زینتی 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 فنول‌ها صورت می‌گیرد (Azhar *et al.*, 2011). طبق مطالعات انجام شده در گیاه ترشک نیز همراستا با این نتایج، میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت تنش شوری و کاربرد سلنات افزایش یافت (Atta *et al.*, 2023).

میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه سرخارگل تحت اثر تنش شوری کاهش یافت، البته میزان

کاروتنوئید در شرایط تنشی بعلت تخریب کلروفیل‌ها افزایش یافت. عصاره جلبک موجب بهبود سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی گردید. در تحقیق حاضر عصاره جلبک در افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاه سرخارگل نقش مثبت داشته است. با کاربرد عصاره جلبک سارگاسوم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بهبود یافت که جهت مقاومت گیاه نسبت به شرایط نامساعد تنشی موثر بود. استفاده از عصاره جلبک با غلظت ۲ گرم در لیتر منجر به تعدیل شدت تنش در گیاه سرخارگل گردید.

References

Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M.J. and Hernandez, J.A. 2017. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. Agronomy, 7: 1-38. https://doi.org/10.3390/agronomy7010018

Ashour, M., El-Shafei, A.A., Khairy, H.M., Abd-Elkader, D.Y., Mattar, M.A., Alataway, A. and Hassan, S.M. 2020. Effect of Pterocladia capillacea seaweed extracts on growth parameters and biochemical constituents of Jew's Mallow. Agronomy, 10(3): 420-438. https://doi.org/10.3390/agronomy10030420

Arab, S., Baradaran firouzabadi, M., Gholami, A. and Haydari, M. 2023. The effect of pretreatment and foliar spraying of seaweed fertilizer (Ascophyllum nodosum) on the improvement of pigments, qualitative traits and grain yield of soybeans obtained from aged seeds. Plant Process and Function, 12 (56): 3: 29-42. URL: http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1827-fa.html

Atta, K., Mondal, S., Gorai, S., Singh, A.P., Kumari, A., Ghosh, T., Roy, A., Hembram, S., Gaikwad, D.J., Mondal, S., Bhattacharya, S., Jha, U.C. and Jespersen, D. 2023. Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. Frontier Plant Science, 14: 1-21. doi: 10.3389/fpls.2023.1241736.

Azhar, N., Hussain, B., Ashraf, M. Y. and Abbasi, K. Y. 2011. Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of desi ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Pakistan Journal of Botany, 43: 15-19.

Chance, B. and Maehly, A.C. 1955. Assay of Catalase and Peroxidase. Methods in Enzymology, 2: 764-775.

Chun, H.J., Baek, D., Jin B.J., Cho, H.M., Park, M.S., Lee, S.H., Lim, L.H., Cha, Y.J., Bae, D.-W., Kim, S.T. 2021. Microtubule dynamics plays a vital role in plant adaptation and tolerance to salt stress. International Journal of Molecular Science, 22: 1-17. https://doi.org/10.3390/ijms22115957

Delang, C.O., 2018. The consequences of soil degradation in China: A Review. GeoScape, 12(2): 92-103.

Dobrange, E., Peshev, D., Loedolff, B. and Van den Ende, W. 2019. Fructans as Immunomodulatory and Antiviral Agents: The Case of Echinacea. Biomolecules, 9: 1-12. https://doi.org/10.3390/biom9100615

El-Sadek, A. and 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. https://doi.org/10.21608/ajps.2022.268248

Esmaielpour, B., Fatemi, H. and Moradi, M. 2020. Effects of Seaweed Extract on Physiological and Biochemical Characteristics of Basil (Ocimum basilicum L.) under Water-Deficit Stress Conditions. Journal of Science & Technology of Greenhouse Culture, 1(11): 59-69. 10.47176/jspi.11.1.10288

Kularathne, M.N., Srikrishnah, S. and Sutharsan, S. 2021. Effect of Seaweed Extracts on Ornamental Plants: Article Review. Current Agriculture Research Journal, 9(3): 149-160. https://doi.org/10.12944/CARJ.9.3.02

Lee, T.T., Chen, C.L., Shieh, Z.H., Lin, J.C. and Yu, B. 2009. Study on antioxidant activity of Echinacea purpurea L. extracts and its impact on cell viability. African Journal of Biotechnology, 8(19): 5097-5105. https://doi.org/10.4314/ajb.v8i19.65230

Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D.and 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. https://doi.org/10.1007/s10811-014-0455-7

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P. and Prasad, S.M., 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environmental science and Pollution research, 22(6): 4056-4075.

Pohl, A., Kalisz, A. and Sekara, A. 2019. Seaweed extracts' multifactorial action: influence on physiological and biochemical status of Solanaceae plants. Acta Agrobotanica, 72(1):1-11. https://doi.org/10.5586/aa.1758

Sabra, A., Daayf, F. and Renault, S. 2012. Differential physiological and biochemical responses of three Echinacea species to salinity stress. Scientia Horticulturae, 135: 23-31.

Shi, M. Q., Xi-Liang, L., Qian, Y., Zhang, W., Ya-Kai, L., Bhat, A. J., et al. (2022). Linkage and association mapping of wild soybean (Glycine soja) seeds germinating under salt stress. Journal of Integrative Agriculture, 21 (10): 2833–2847. https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.07.031

Turan, S. and Tripathy, B. 2014. Salt-stress induced modulation of chlorophyll biosynthesis during de-etiolation of rice seedlings. Physiologia Plantarum, 153: 477-491. https://doi.org/10.1111/ppl.12250

Witzel K., Matros A., Bertsch U., Aftab T., Rutten T., Ramireddy E., Melzer M., Kunze G., Mock H.-P. 2021.The jacalin-related lectin HvHorcH is involved in the physiological response of barley roots to salt stress. International Journal of Molecular Science, 22: 10248. https://doi.org/10.3390/ijms221910248

Yildiz, M., Poyraz, İ., Çavdar, A., Özgen, Y., Beyaz, R. 2020. Plant responses to salt stress. Plant Breed. Current Future Views, 3-20. https://doi.org/10.5772/intechopen.93920

Improving the characteristics of *Echinacea angustifolia* L. flower with the use of seaweed (*Sargassum johnstonii*) extract under salt stress

Sahar Sarafraz [1], Marzieh Ghanbarijahromi [2], Marjan Diyanat [3]

1. Ms. Student, Department of Agricultural Science and Engineering, SR. C., Islamic Azad University, Tehran, Iran . (Corresponding author)
2. Assistant Professor, Department of Agricultural Science and Engineering, SR. C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Agricultural Science and Engineering, SR. C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: December 2025 Accepted: April 2026 - DOI: 10.22092/mpt.2026.371699.1208

Abstract

Sarafraz, S. Ghanbanijahromi, M., Diyanat, M., Improving the characteristics of *Echinacea angustifolia* L. flower with the use of seaweed (*Sargassum johnstonii*) extract under salt stress.
Iranian Medicinal Plants and Technology, Vol 7, No. 2, 2025 7-8: 44-56 (in Persian)

Abstract

A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in ۲۰۲۴ to investigate the effect of Sargassum seaweed extract on flower production, photosynthetic pigments, nutrient uptake and enzymatic activity of *Echinacea angustifolia* L. under salt stress. The factors studied were salinity concentration at four levels (zero (control), ۵۰, ۷۵ and ۱۰۰ mM) and Sargassum seaweed extract at three levels (control (۰), application of ۱ and ۲ g $L^{-۱}$). The highest number of flowers per plant (۳,۶۷) was obtained in the non-salt stress treatment with the application of ۲ g/L of Sargassum seaweed extract. Salt stress reduced the amount of leaf potassium, such that the lowest amount of leaf potassium (۱,۴۰ mg/g dry weight) was observed under the severe salt stress treatment (۱۰۰ mM NaCl) without the application of Sargassum seaweed extract. Anthocyanin in Echinacea petals also decreased under the influence of salt stress, but the use of Sargassum

Email address of the corresponding author: ma_dyanat@yahoo.com

algae extract increased its amount (۰,۴۱ mg $g^{-۱}$). The highest levels of catalase (۰,۴۵ enzyme units mg $protein^{-۱}$) and superoxide dismutase in Echinacea leaves (۶,۰۷ enzyme units mg $protein^{-۱}$) were also observed in the severe salt stress treatment using *Sargassum johnstonii*. The overall results of the study showed that Echinacea was not very resistant to salt stress and the reduction in yield was quite evident. Although seaweed extract led to the moderation of the effects of salt stress in Echinacea, the concentration of 2 g L^{-1} of algae extract played a greater role in moderating the severity of salt stress.

Keywords: Anthocyanin, *Echinacea angustifolia,* flower number, potassium, salinity stress, *Sargassum johnstonii*