مقاله پژوهشی

بررسی اثر محرک‌های زیستی بر میزان آب و عناصر کم‌مصرف و پرمصرف گیاه شورزی *Puccinellia distans* در شرایط تنش شوری

سعید حسینی[۱]، لیلا شبانی[۱*] و محمدرضا سبزعلیان[۲]

[۱] گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد

[۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶)

چکیده

محرک‌های زیستی ترکیبات متنوعی با منشاء گیاهی و جانوری هستند که برای کاهش اثرات ناشی از تنش روی گیاهان استفاده می‌شوند. در این مطالعه که در سال ۱۳۹۹ انجام شد، اثر آلگابن [محرک زیستی عصاره جلبک دریایی (SWE)] و بنامید (محرک زیستی آمینواسیدی) بر گیاه شورزی *Puccinellia distans* به‌منظور کاهش اثرات تنش شوری با بهبود شرایط رشد و جذب عناصر کم‌مصرف و پرمصرف بررسی شد. آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی با اسپری آلگابن (۰/۵ g/l) و بنامید (۲ g/l) و آبیاری با نمک [EC=27.18 dS/m), 300 mM] بر روی نشاءهای ۴۵ روزه کشت‌شده در گلدان، انجام گرفت. نتایج نشان داد که اعمال این غلظت از شوری بطور معنی‌داری سبب کاهش وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه، افزایش نشت غشاء، کاهش مقدار عناصر کم‌مصرف و پرمصرف و فاکتور انتقال این عناصر، کاهش فاکتور تجمع مس، آهن، پتاسیم، سدیم، فسفر و روی می‌شود. پیش‌تیمار با محرک‌های زیستی در شرایط کنترل (NSC) و شوری (SC) در همه شاخص‌ها سبب کاهش اثرات تنش شوری شد و مصرف محرک زیستی بنامید در مقایسه با آلگابن، اثرات فیزیولوژیکی بهتری بر گیاه داشت. در مجموع به‌نظر می‌رسد که محرک‌های زیستی در کاهش تنش شوری در یک گیاه شورزی سازگار به شوری نیز مؤثر بوده ولی روش و میزان مصرف محرک‌های زیستی نیاز به مطالعه بیشتری دارد.

واژگان کلیدی: آلگابن، بنامید، فاکتور انتقال، فاکتور تجمع

مقدمه

گیاهان، از جمله شورزی‌ها، چندین راهکار بیوشیمیایی را برای سازگاری با اثرات نامطلوب ناشی از شوری اتخاذ می‌کنند. به‌عنوان مثال، همئوستازی یونی، تنظیم اسمزی و سم‌زدایی ROSها (Reactive Oxygen Species) از جمله مکانیسم‌های بیوشیمیایی مهمی هستند که توسط گیاهان برای محافظت از ترکیبات سلولی خود در برابر اثرات مخرب نمک بیش از حد، استفاده می‌شود (Himabindu *et al.*, 2016). کانال‌ها و انتقال‌دهنده‌های مختلف بطور فعال در تطبیق Na^+، Cl^- و K^+ در بافت‌های گیاهان شورزی نقش دارند. به خوبی شناخته شده است که جذب Na^+ از خاک به ریشه عمدتاً از طریق مسیرهای آپوپلاستی و سیمپلاستی صورت می‌گیرد (Arif *et al.*, 2020). گیاهان می‌توانند با استفاده از دو راهکار به تنظیم اسمزی دست یابند: (۱) افزایش جذب یون‌های معدنی و (۲) سنتز جدید

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: lshabani@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

اسمولیت‌های آلی برای حفظ فشار تورژسانس و حجم اندامک در سلول‌های گیاهی در حال رشد (Zhao *et al.*, 2020). اساساً، برای اطمینان از تنظیم اسمزی در سلول‌ها وجود Na^+ و Cl^- در واکوئل‌ها و همچنین K^+ و املاح آلی سازگار مانند پرولین و قندها در سیتوپلاسم، در یک محیط اسمزی ناشی از نمک بسیار مهم هستند (Munns *et al.*, 2020).

تحمل تنش شوری در گیاهان را می‌توان با رویکردهای مختلف از جمله دستکاری‌های ژنتیکی (Van *et al.*, 2020)، تلقیح با قارچ میکوریز (Evelin *et al.*, 2019)، استفاده از مواد آلی و کودهای زیستی و پیش‌تیمار بذر (Masondo *et al.*, 2018; Abdelhamid *et al.*, 2019)، محلول‌پاشی مواد آلی و معدنی و کاربرد محرک‌های زیستی (Latef *et al.*, 2017; Zahedi *et al.*, 2020) بهبود بخشید. طبق تعریفی که توسط du Jardin (۲۰۱۲) ارائه شده است، محرک‌های زیستی تنظیم‌کننده فرآیندهای زیستی گیاه هستند که رشد و استفاده از منابع را در شرایط تنش یا بدون تنش افزایش می‌دهند. آن‌ها محرک‌های زیستی را به هفت گروه طبقه‌بندی کردند، از جمله: عصاره‌های جلبک دریایی و گیاهان، پروتئین‌های هیدرولیزشده و ترکیبات حاوی نیتروژن، اسیدهای هیومیک و فولویک، کیتوزان و سایر پلیمرهای زیستی، ترکیبات معدنی و قارچ‌ها و باکتری‌های مفید. محرک‌های زیستی حاوی ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند و با افزایش متابولیسم‌های اولیه و ثانویه (Bulgari *et al.*, 2015; Yakhin *et al.*, 2017) می‌توانند با افزایش کارایی آب، فتوسنتز و افزایش جذب مواد مغذی از خاک و خنثی‌سازی تنش‌های غیرزیستی، تحریک رشد گیاه را بهبود بخشند (Van Oosten *et al.*, 2017; Yakhin *et al.*, 2017). در تحقیقی استفاده از نوعی هوموس (بعنوان محرک زیستی) به خاک و عصاره برگی *Moringa oleifera* بصورت محلول‌پاشی بر روی گیاه سورگوم در تنش شوری سبب افزایش شاخص‌های رشد، محتوای DNA و RNA، فیتوهورمون‌ها، حفاظت اسمزی و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی شد (Desoky *et al.*, 2018). اثر محرک زیستی عصاره جلبکی (SWE) گرفته‌شده از جلبک *Ascophyllum nodosum* بر روی گیاه گوجه‌فرنگی ریز در شرایط تنش شوری سبب افزایش رشد گیاه و افزایش تجمع عناصر، آنتی‌اکسیدان‌ها و اسیدآمینه‌های ضروری در میوه‌ها شد (Di Stasio *et al.*, 2018). محلول‌پاشی گیاه کاهو با محرک زیستی پروتئین هیدرولیزشده گیاهی سبب افزایش وزن تر و خشک، بهبود محصول و افزایش عناصر P، K و Fe شد (Rouphael *et al.*, 2017). اگرچه تحقیقات قبلی نقش مهم محرک‌های زیستی را در بهبود مقاومت به تنش در گیاهان گزارش کرده‌اند (Rouphael *et al.*, 2017; Desoky *et al.*, 2018; Di Stasio *et al.*, 2018)، اما دقیقاً مشخص نیست که این ترکیبات چگونه در شرایط تنشی عمل می‌کنند. عصاره جلبک‌ها (SWE) تعدادی مسیر را برای افزایش تحمل در برابر تنش هدف قرار می‌دهند؛ بطورکلی در گیاه سبب پاکروبی ROSها، پایداری غشاء و حفاظت اسمزی می‌شوند و در بخش هوایی سبب تنظیم روزنه‌ها و هدایت آبی آوند چوبی و در بخش ریشه‌ای سبب در دسترس‌بودن آب در ناحیه ریشه و تنظیم سطوح اکسین و اتیلن ریشه می‌گردند (Van Oosten *et al.*, 2017).

با توجه به این واقعیت که بسیاری از محصولات عمده تجاری، گلیکوفیت‌های تک‌لپه‌ای هستند، درک مکانیسم‌های تحمل نمک در شورزی‌های تک‌لپه‌ای می‌تواند به برنامه‌های اصلاحی برای بهبود تحمل به نمک در غلات کمک کند. در این تحقیق گیاه سیاه ناو (*Puccinellia distans*) از خانواده Poaceae، که یک شورزی تک‌لپه‌ای است و در شمال، شمال غرب و مرکز ایران پراکنده است مورد آزمایش قرار گرفت که به‌عنوان یکی از مطلوب‌ترین گونه‌های چمن برای تثبیت مراتع شور و جلوگیری از فرسایش محسوب می‌شود. بطور معمول این گیاه می‌تواند در خاک‌های شور و قلیایی با سطح آب زیرزمینی بالا یا خاک‌های سنگین با زهکشی متوسط رشد کند (Akhani, 2006) و زمین‌های شور با هدایت الکتریکی حداکثر ۳۳ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کند (Akhzari *et al.*, 2012).

کارآیی محرک‌های زیستی برای خنثی‌سازی شرایط تنش در گیاهان به پارامترهای مختلفی از جمله نحوه استفاده از محرک‌های زیستی، زمان کاربرد و غلظت آن‌ها و تنوع، شدت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

و مدت تنش‌ها بستگی دارد. از این‌رو، در این آزمایش از محلول‌پاشی دو محرک زیستی (آلگابن® و بنامید®) قبل از تنش (پیش‌تیمار) با غلظت‌های پیشنهادی شرکت سازنده برای بررسی اثرات متقابل محرک‌های زیستی و تنش شوری در علف شورزی *P.distans* استفاده شد.

مواد و روش‌ها

بذرهای *Puccinellia distans* از منطقه ساحلی چارقلی در استان گلستان ('E 54°00', N 36°58') جمع‌آوری شد. برای استریل سطحی، بذرها در سدیم هیپوکلریت ۵ درصد به‌مدت ۵ دقیقه قرار داده شدند و سپس بذرها با آب‌مقطر به‌مدت ۲ دقیقه شسته شدند. بذرهای ضدعفونی‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت در پتری‌دیش‌های دارای کاغذ صافی خیس‌شده با ۲ میلی‌لیتر آب‌مقطر در مکان تاریک نگهداری شدند و بعد از آن به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت جوانه‌زنی پتری‌دیش‌ها به‌مدت یک هفته درون اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند (Zhang *et al.*, 2013). برای هر تکرار چهار گیاهچه هفت روزه با ظاهر یکسان انتخاب و در یک گلدان پلاستیکی (قطر فوقانی ۱۵ سانتی‌متر، قطر پایین ۱۲ سانتی‌متر و عمق ۱۵ سانتی‌متر) که با ۲ کیلوگرم مخلوط خاک (خاک و کود حیوانی به نسبت ۴ به ۱) پر شده بودند، قرار گرفتند. بافت خاک از نوع سیلتی‌رسی بود که کود پوسیده گوسفندی به آن اضافه شد و قبل از کشت دارای EC = ۶/۸۴ dS/m و pH = ۷/۳۸ بود. تمام گلدان‌ها با ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول نیم‌قدرت هوگلند به صورت یک روز در میان آبیاری شدند. گیاهچه‌ها در شرایط گلخانه در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۷۰ درصد و با دوره نوری ۱۰/۱۴ ساعت (روشنایی/تاریکی) به‌مدت ۴۵ روز رشد کردند.

ترکیب شیمیایی محرک‌های زیستی: در این مطالعه، از دو محرک زیستی آلگابن و بنامید (Algabon® و Bonamid®) موجود در بازار هر کدام با فرمولاسیون بسیار متمایز استفاده شد. آلگابن، محرک زیستی مشتق‌شده از عصاره جلبک دریایی، حاوی ترکیباتی شامل: اسید آلژینیک (۱۸ درصد)، NO_3 (۱ درصد)، K_2O (۱۶ درصد)، H_2PO_4 (۱ درصد) و بنامید به عنوان محرک زیستی اسیدآمینه‌ای، حاوی اسیدآمینه (۸۵ درصد) و نیتروژن (۴ درصد) بودند.

اعمال تیمارهای آزمایش: اثرات محلول‌پاشی دو محرک زیستی آلگابن و بنامید قبل از تنش (پیش‌تیمار) به‌ترتیب با غلظت‌های ۰/۵ گرم در لیتر و ۲ گرم در لیتر در شرایط کنترل و تنش شوری بررسی شد. برای این منظور، گیاهچه‌های ۴۵ روزه با محلول‌پاشی ۰/۵ گرم در لیتر آلگابن و ۲ گرم در لیتر بنامید سه بار (هر گلدان ۳۰ میلی‌لیتر) به‌مدت دو هفته پیش‌تیمار شدند. گیاهچه‌های شاهد با ۳۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر اسپری شدند. برای بهبود کارایی جذب برگی، Tween 80 (یک سورفاکتانت غیریونی) به محلول‌های اسپری (آب، آلگابن و بنامید) اضافه شد. سپس، نیمی از گیاهچه‌های پیش‌تیمار شده با تغذیه محلول نیم قدرت هوگلند حاوی ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl به‌مدت ۱۵ روز آبیاری شدند. نیمی دیگر از گیاهچه‌ها با تغذیه محلول نیم قدرت هوگلند (بدون نمک) به‌عنوان شاهد آبیاری شدند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل از سه تیمار محرک زیستی (آب، آلگابن و بنامید) و دو محلول شوری [کنترل (صفر میلی‌مولار نمک طعام) و شوری (۳۰۰ میلی‌مولار نمک طعام)] در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در هر تیمار، سازمان‌دهی شدند. مبنای استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl، آزمایش اولیه‌ای بود که با انجام آن، آستانه تحمل شوری گیاه بدست آمد.

سنجش‌ها: با توجه به اینکه، رشد رویشی گیاه در طبیعت بعد از گذشت حدود سه ماه کامل شده و به فاز زایشی می‌رود، زمانی که گیاهچه‌ها ۷۵ روزه شدند (بعد از گذشت ۱۵ روز از اثر تیمار)، مبنای پایان آزمایش شد و گیاهچه‌ها برداشت شدند. نمونه‌های گیاه با آب لوله‌کشی شسته و سپس به اندام هوایی و ریشه جدا شدند و برای تعیین وزن توزین شدند. بخش‌های گیاه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌های خشک اندام هوایی و ریشه توزین شدند و برای تعیین محتوای آب اندام هوایی و ریشه از رابطه:

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

محتوای آب اندام هوایی یا ریشه (درصد) = (وزن خشک – وزن تر / وزن تر) × ۱۰۰

و برای تعیین رطوبت از رابطه:

رطوبت (گرم) = وزن خشک/وزن تر

استفاده شد.

برای تعیین نشت الکترولیت (EL) ده قطعه برگ تازه (طول ۰/۵ سانتی‌متر) از هر نمونه جدا شد و سه بار با آب دیونیزه شسته شدند تا الکترولیت‌های چسبیده به سطح حذف شوند. قطعات برگی در لوله‌های دربسته حاوی ۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه قرار داده شدند و در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. پس از آن، هدایت الکتریکی اولیه محلول (EC1) با استفاده از یک EC متر (CONSORT C933) تعیین شد. سپس نمونه‌ها در حمام آب در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه انکوبه شدند تا تمام الکترولیت‌ها آزاد شوند، سپس تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خنک شدند و هدایت الکتریکی نهایی آنها (EC2) اندازه‌گیری شد. نشت الکترولیت (EL) از رابطه زیر محاسبه گردید:

نشت الکترولیت (EL) از رابطه:

$$EL\ (\%) = (EC1/EC2) \times 100$$

محاسبه گردید (Hnilickova *et al.*, 2019).

غلظت عناصر در ۰/۵ گرم پودر خشک آسیاب‌شده نمونه برگ و ریشه توسط دستگاه ICP-OES (Genesis، Spectro Company، آلمان) تعیین شد. برای تعیین فاکتور انتقال هر عنصر از رابطه:

فاکتور انتقال = مقدار عنصر در ریشه/ مقدار عنصر در اندام هوایی

استفاده شد. برای تعیین فاکتور تجمع زیستی هر عنصر از رابطه:

فاکتور تجمع زیستی = مقدار عنصر در خاک/ مقدار عنصر در ریشه استفاده شد (Pachura *et al.*, 2016).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. داده‌ها بر اساس روش GLM نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۸؛ SAS Institute Inc., Cary, NC, United States) تجزیه و تحلیل شدند. برای تعیین تفاوت معنی‌دار بین تیمارها از پس آزمون LSD استفاده شد. سطح معنی‌داری با $P \leq 0.05$ تعیین شد.

نتایج و بحث

تأثیر پیش‌تیمار محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی بر محتوای آب گیاهچه‌ها در شرایط کنترل و شوری: نتایج میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار شوری (غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl) قادر است میزان آب موجود در گیاهچه‌ها را کاهش دهد، این را می‌توان در کاهش معنی‌دار ۴۳/۸۱ درصدی شاخص وزن تر اندام هوایی و ۱۱/۸۶ درصدی وزن تر ریشه و افزایش معنی‌دار ۵۶/۸۷ درصدی نسبت وزن تر ریشه به اندام هوایی نسبت به شاهد مشاهده کرد (جدول ۱). با این وجود، شوری نتوانست تغییر معنی‌داری را در محتوای نسبی آب و رطوبت اندام هوایی و ریشه ایجاد کند که این را می‌توان به شورزی‌بودن گیاه نسبت داد. شورزی‌ها دارای ویژگی منحصر به فردی در داشتن رطوبت هستند، ویژگی که جذب یونی را با مقدار زیاد آب، حفظ می‌کند (Flowers *et al.*, 2015). شورزی‌ها فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی خود را از طریق تقسیم‌بندی یونی، تولید اسمولیت‌ها و املاح سازگار، تغییرات آنزیمی و جذب یون‌های انتخابی تنظیم می‌کنند (Shahid *et al.*, 2020). با این حال، Stępien و Klbus (۲۰۰۶) کاهش محتوای نسبی آب خیار (*Cucumis sativus*) را پس از قرارگرفتن در معرض محلول‌های شور گزارش کردند. آنها نتایج خود را به محتوای نمک بالاتر و کاهش محتوای پتاسیم نسبت دادند، وضعیتی که به‌دلیل رقابت متقابل سدیم برای جذب، فتوسنتز را کاهش می‌دهد. شوری خاک از برداشتن آب از خاک توسط گیاه جلوگیری می‌کند، در نتیجه آب سلولی کاهش می‌یابد و بر تورژسانس سلولی اثر می‌گذارد. شوری خاک همچنین بر فعالیت فتوسنتز در گیاه تأثیر منفی می‌گذارد و تولید گونه‌های فعال اکسیژن را تحریک می‌کند، بنابراین رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Shahid *et al.*, 2020). تنش اسمزی اولین تنشی است که یک گیاه در معرض خاک شور با آن مواجه شده و بلافاصله بر رشد گیاه اثر می‌گذارد (Liang *et al.*, 2018). یکی از اثرات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

جدول ۱- وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن تر ریشه به اندام هوایی، محتوای آب اندام هوایی، محتوای آب ریشه، رطوبت اندام هوایی و رطوبت ریشه گیاهچه‌های *Puccinellia distans* در شرایط شوری (SC) و شرایط کنترل (NSC) در معرض محلول‌پاشی برگی محرک‌های زیستی

تیمارها	وزن تر اندام هوایی (گرم)		وزن تر ریشه (گرم)		نسبت وزن تر ریشه به اندام هوایی	
	NSC	SC	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۱۴/۶۰±۰/۴ c	۸/۲۰±۰/۰۵ e	۵/۲۲± ۰/۰۱ e	۴/۶۰±۰/۰۴ f	۰/۳۵±۰/۰۰۱ e	۰/۵۶±۰/۰۰۸ a
آلگابن	۱۵/۸±۰/۱۰ b	۱۳/۴۲±۰/۰۸ d	۶/۶۰±۰/۰۷ b	۵/۳۴±۰/۰۷ d	۰/۴۱±۰/۰۰۳ c	۰/۳۹±۰/۰۰۷ d
بنامید	۱۷/۷±۰/۰۹ a	۱۵/۸۶±۰/۵۱ b	۹/۴۷±۰/۰۶ a	۶/۳۲±۰/۰۲ c	۰/۵۳±۰/۰۰۴ b	۰/۳۹±۰/۰۱۱ d
	محتوای آب اندام هوایی (درصد)		محتوای آب ریشه (درصد)		رطوبت اندام هوایی (گرم)	
	NSC	SC	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۸۱/۱۶±۰/۲۷ c	۸۳/۱۳±۰/۹۴ b	۸۳/۷۳±۰/۹۸ ab	۸۵/۱۷±۱/۵۹ a	۵/۳۱±۰/۰۷ c	۵/۹۴±۰/۳۴ b
آلگابن	۸۱/۳۲±۰/۲۷ c	۸۳/۹۸±۰/۳۴ ab	۸۲/۵۸±۰/۵۶ b	۸۵/۳۴±۱/۴۴a	۵/۳۵±۰/۰۷ c	۶/۲۴±۰/۱۳ b
بنامید	۸۱/۴۴±۰/۵۳ c	۸۴/۸۶±۰/۶۵ a	۷۷/۸۲±۱/۰۷ c	۸۴/۹۷±۰/۸۰ a	۵/۳۹±۰/۱۵ c	۶/۶۱±۰/۲۸ a
	رطوبت ریشه (گرم)		وزن خشک اندام هوایی (گرم)		وزن خشک ریشه (گرم)	
	NSC	SC	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۶/۱۶±۰/۳۷ ab	۶/۷۹±۰/۷۵ a	۲/۷۵±۰/۰۴ c	۱/۳۸±۰/۰۷ f	۰/۸۵±۰/۰۵ cd	۰/۶۸±۰/۰۷ e
آلگابن	۵/۷۴±۰/۱۸ b	۶/۸۷±۰/۷۱ a	۲/۹۵±۰/۰۵ b	۲/۱۵±۰/۰۵ e	۱/۱۵±۰/۰۴ b	۰/۷۸±۰/۰۷ de
بنامید	۴/۵۱±۰/۲۲ c	۶/۶۶±۰/۳۵ a	۳/۲۸±۰/۰۷ a	۲/۴±۰/۰۵ d	۲/۱±۰/۱۰ a	۰/۹۵±۰/۰۵ c

حروف مختلف براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P \leq 0.05$).

اولیه شوری بر روی گیاهان، ممانعت از رشد اندام هوایی و ریشه گیاهان است. اثرات شوری بر تغییر رشد ممکن است به تغییرات در جذب آب و یون توسط ریشه، تولید پیام‌های هورمونی که پیام‌ها را به بخش هوایی ارسال می‌کنند و تغییر در الگوهای بیان ژن نسبت داده شود. بطور معمول، زمانی که گلیکوفیت‌ها در معرض تنش شوری قرار می‌گیرند، رشد اندام هوایی بیشتر از ریشه‌ها تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد که منجر به افزایش نسبت ریشه به ساقه می‌شود (Kravchik and Bernstein, 2013). با این حال، پاسخ رشد ریشه ناشی از شوری در گیاهان شورزی ممکن است متفاوت باشد (Flowers and Colmer, 2008).

نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش در محتوای آب گیاهان کنترل پیش‌تیمار شده با بنامید وجود داشت. وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاهان اسپری‌شده با محرک زیستی بنامید در مقایسه با تیمار محرک زیستی آلگابن و گیاهان شاهد در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl بیشتر بود و در کل پیش‌تیمار با محرک زیستی بنامید سبب حفظ رطوبت در اندام هوایی و ریشه و به‌دنبال آن مانع کاهش رشد ناشی از NaCl شد (جدول ۱).

مطالعات پیشین اثر مثبت محرک‌های زیستی بر رشد گیاه را در طیف وسیعی از ترکیبات مانند عصاره جلبک دریایی، پروتئین‌های هیدرولیزشده و اسیدهای هیومیک تحت شرایط تنش گزارش کرده‌اند (Lucini *et al.*, 2015; Latef *et al.*, 2017; Saidimoradi *et al.*, 2019). استفاده از محرک زیستی مشتق‌شده از عصاره جلبک دریایی و پروتئین هیدرولیزشده ممکن است پاسخ‌های دفاعی را در مقابل تنش شوری در گیاهان تأمین کند. Latef و همکاران (۲۰۱۷) پیشنهاد کردند که محلول‌پاشی دو عصاره جلبک دریایی *Sargassum muticum* (Sar) و *Jania rubens* (Jan) رشد گیاه و رنگدانه‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

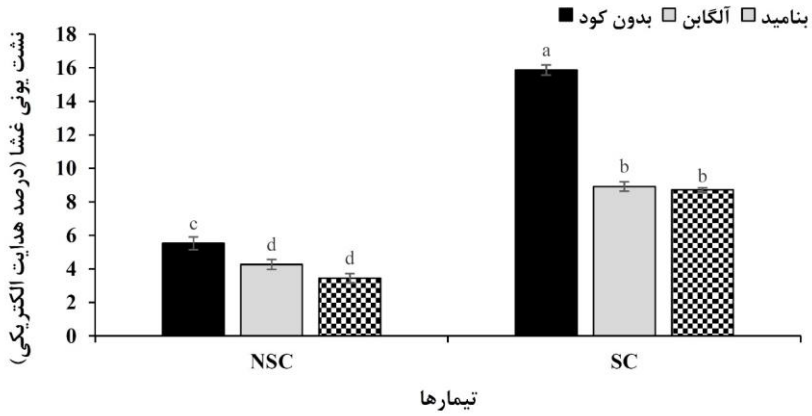
فتوسنتزی *Cicer arietinum* را در شرایط خاک شور بهبود بخشید. همچنین، عصاره‌های اگزوپلی ساکارید از *Dunaliella salina* تنش شوری را کاهش داد و کاهش وزن خشک اندام هوایی و سیستم ریشه گیاه را در *Solanum lycopersicum* کاهش داد (Arroussi *et al.*, 2018; Lucini *et al.*, 2015). همچنین Colla و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که محلول پاشی با LISIVEG® (پروتئین هیدرولیزشده از گیاه) باعث افزایش عملکرد محصول تازه، زیست‌توده خشک و وزن خشک ریشه *Lactuca sativa* می‌شود که در شرایط شوری رشد کرده است. این محرک زیستی مشتق از پروتئین هیدرولیز شده، از طریق تعدیل فرآیندهای مولکولی و فیزیولوژیکی گیاه، نقش مهمی در تحریک رشد، افزایش عملکرد و کاهش تأثیر تنش شوری بر محصولات دارد. محرک‌های زیستی مشتق از پروتئین های هیدرولیزشده با القای متابولیسم کربن و نیتروژن و همچنین تنظیم جذب نیتروژن و با تداخل در فعالیت‌های هورمونی، مستقیماً بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند که منجر به تحریک رشد ریشه و اندام هوایی و درنتیجه بهره‌وری محصول می‌شوند.

اصلاح تراکم ریشه در گیاهان تیمارشده با پروتئین هیدرولیزشده ممکن است برای بهبود کارایی جذب آب و مواد مغذی، درنتیجه ارتقای تولید محصول نقش داشته باشد (Colla *et al.*, 2015). همچنین Subbarao و همکاران (۲۰۱۵) اثر مثبت پروتئین هیدرولیزشده را بر افزایش رشد ریشه و اندام هوایی نشان داد و دریافت که استفاده آن‌ها در خاک مؤثرتر از محلول‌پاشی است. نتایج مشابهی توسط Popko و همکاران (۲۰۱۸) بدست آمد که کاربرد محلول‌پاشی محرک‌های زیستی مبتنی بر اسیدهای آمینه را برای تولید کشاورزی کارآمد گندم زمستانی توصیه کردند. در این مطالعه، اثر ارتقاء رشد بواسطه پیش‌تیمار بنامید بر گیاهچه‌های *P.distans* تحت تنش شوری به سادگی با زیست‌توده و تراکم بیشتر ریشه‌ها توضیح داده شد که منجر به افزایش راندمان جذب آب و مواد مغذی شد.

اثر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی بر نشت یونی غشاء در شرایط تنش شوری: براساس نتایج، شوری نشت یونی غشاء را در اندام هوایی گیاهچه‌های *P.distans* به میزان ۲/۸۱ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. در شرایط شاهد، نشت یونی غشاء تحت تأثیر محرک زیستی آلگابن و محرک زیستی بنامید به‌ترتیب ۲۲/۱۴ و ۳۶/۵۴ درصد کاهش یافت. پیش‌تیمار با محرک‌های زیستی آلگابن و بنامید نشت یونی غشاء را در اندام هوایی به‌ترتیب، به میزان ۴۳ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد شوری کاهش دادند. تفاوت داده‌ها در تمام تیمارها معنی‌دار بود (شکل ۱).

با توجه به داده‌های بدست آمده از نشت یونی غشاء (شکل ۱)، به وضوح می‌توان دید که تنش شوری با نمک ۳۰۰ میلی‌مولار، غشاء را تحت‌تأثیر قرار داده است. غشاء پلاسمایی محل اولیه آسیب یون‌های نمک هستند (Mansour and Salama, 2004). بنابراین، نشت الکترولیت از غشاهای پلاسمایی به‌عنوان یکی از مهمترین معیارهای انتخاب برای شناسایی گیاهان مقاوم به نمک گزارش شده است (Ashraf and Ali, 2008). با توجه به بهبود جذب یون‌ها توسط محرک‌های زیستی (جدول ۱)، کاهش معنی‌دار در نشت یونی غشاء با تأثیر پیش‌تیمار محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی آلگابن و بنامید در ارتباط است. محرک‌های زیستی قادرند برخی از فرآیندهای مولکولی را تغییر دهند که با حمایت از وضعیت بهتر آب و افزایش زیست‌توده خشک، محتوای کلروفیل و غلظت نیترات، افزایش آنزیم‌های مهارکننده ROS، افزایش عوامل اسمزی درون‌زا، کاهش نشت غشاء و تأثیرگذاری بر هورمون‌های گیاهی، تحمل گیاه به شوری را بهبود می‌بخشند (Bulgari *et al.*, 2019a). Taha و همکاران (۲۰۲۰) با محلول‌پاشی نوعی محرک زیستی (Palm pollen Grains Extract) روی گیاه *Ocimum basilicum* در شرایط تنش خشکی، توانستند محتوای نسبی آب و راندمان مصرف آب را بالا برده و نشت غشاء را کمتر کنند. محرک زیستی حاوی متابولیت‌های تخمیر، آسیب ناشی از نشت الکترولیت بافت برگ *Arabidopsis thaliana* را که در معرض شرایط خشکسالی قرار گرفته بود را کاهش داد (Blaszczak *et al.*, 2015). استفاده از محرک زیستی نوعی عصاره برگی بصورت محلول‌پاشی روی گندم، با تثبیت یکپارچگی غشاء و کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]



شکل ۱- نشت یونی غشاء در شرایط شوری (SC) و شرایط کنترل (NSC) در *Puccinellia distans* در معرض محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی. حروف مختلف براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P \leq 0.05$).

نشت الکترولیت، تحمل تنش اسمزی را بهبود بخشید (Rehman *et al.*, 2021 ur).

اثر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی بر عناصر کم‌مصرف و پرمصرف اندام هوایی و ریشه و فاکتور انتقال آن‌ها در شرایط تنش شوری، کم‌مصرف‌ها: براساس نتایج بدست آمده، تنش شوری سبب کاهش عناصر کم‌مصرف آهن، مس، روی، منگنز و مولیبدن اندام هوایی و ریشه گیاهچه‌های پوکسینلیا شد که در این میان تنها کاهش آهن، منگنز و مولیبدن ریشه نسبت به شاهد کنترل معنی‌دار بود. تأثیر محرک زیستی آلگابن و محرک زیستی بنامید بر همه عناصر کم‌مصرف در مقایسه با شاهد کنترل و شوری، سبب افزایش عنصر شده و بیشترین تأثیر مربوط به محرک زیستی بنامید بود. افزایش معنی‌دار فاکتور انتقال آهن، منگنز و مولیبدن نسبت به شاهد کنترل، مربوط به کاهش میزان این عناصر در ریشه در شریط تنش شوری است و پیش‌تیمار با محرک‌های زیستی فاکتور انتقال آنها را بطور معنی‌داری کاهش داد که با توجه به نتایج، مربوط به افزایش جذب این عناصر توسط ریشه تحت‌تأثیر محرک‌های زیستی است (جداول ۲ و ۳).

پرمصرف‌ها: با توجه به داده‌های جدول ۲، تیمار شوری سبب کاهش فسفر، کلسیم و منیزیم اندام هوایی و کاهش فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه شد که در این میان تنها کاهش منیزیم اندام هوایی و پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه نسبت به شاهد کنترل معنی‌دار بود. سدیم اندام هوایی و ریشه با تیمار شوری افزایش معنی‌داری را نشان داد. اثر محرک زیستی آلگابن و محرک زیستی بنامید بر همه عناصر پرمصرف فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با شاهد کنترل و شوری، سبب افزایش عنصر شده و بیشترین تأثیر مربوط به محرک زیستی بنامید بود. پیش‌تیمار محرک‌های زیستی توانستند میزان سدیم اندام هوایی و ریشه را بطور معنی‌داری کاهش دهند که دلیل محکمی بر کاهش تنش شوری ناشی از حضور سدیم در بافت گیاه است. افزایش معنی‌دار فاکتور انتقال پتاسیم، کلسیم و سدیم نسبت به شاهد کنترل، مربوط به کاهش این عناصر در ریشه در شریط تنش شوری است و پیش‌تیمار با محرک‌های زیستی فاکتور انتقال آنها را بطور معنی‌داری کاهش داد که با توجه به نتایج، مربوط به افزایش جذب این عناصر توسط ریشه یا انتقال عناصر به اندام هوایی تحت‌تأثیر محرک‌های زیستی است (جدول ۳).

تنش غیرزیستی در دسترس‌بودن و انتقال مواد مغذی را تغییر می‌دهد، بنابراین تغییرات عظیمی در رشد گیاه ایجاد می‌کند. گیاهان تحت تنش شوری دچار کمبود مواد پرمصرف و کم‌مصرف می‌شوند. با این حال، میزان تأثیر شوری براساس نوع گیاه، شرایط رشد و غلظت مواد مغذی تعیین می‌شود (Shrivastava and Kumar, 2015). به خطر افتادن دسترسی به مواد مغذی در تنش شوری باعث اختلالات متعددی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

جدول ۲- عناصر کم‌مصرف و پرمصرف اندام هوایی و ریشه در شرایط کنترل (NSC) و شرایط شوری (SC) در *Puccinellia distans* در معرض محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی

تیمارها	کلسیم اندام هوایی (mg/g)		کلسیم ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۱۱/۱۹±۰/۹۸ bc	۱۰/۵۵±۰/۶۸ c	۷/۱۰±۰/۰۷ e	۵/۷۲±۰/۰۸ f
آلگابن	۱۲/۳۹±۱/۱۷ ab	۱۳/۴۷±۰/۹۱ a	۹/۰۶±۰/۱۲ c	۷/۷۸±۰/۰۸ d
بنامید	۱۳/۳۶±۰/۹۸ a	۱۳/۵۲±۰/۷۰ a	۹/۹۱±۰/۱۴ a	۹/۵۴±۰/۱۹ b
	مس اندام هوایی (mg/g)		مس ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۰۱۰± ۰/۰۰۰ ab	۰/۰۰۵±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۷± ۰/۰۰۰ bcd	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰ d
آلگابن	۰/۰۱۱±۰/۰۰۱ a	۰/۰۱۱±۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰ abc	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰ cd
بنامید	۰/۰۱۲±۰/۰۰۰ a	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۹±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۹±۰/۰۰۰ ab
	آهن اندام هوایی (mg/g)		آهن ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۱۸۳±۰/۰۱۷ ab	۰/۱۶۳±۰/۰۱۹ b	۱/۵۴۴±۰/۰۵ b	۰/۹۰۳±۰/۱۱ c
آلگابن	۰/۱۹۱±۰/۰۱۸ ab	۰/۱۷۴±۰/۰۱۱ b	۱/۷۴۴±۰/۱۰ a	۱/۵۱۳±۰/۰۶ b
بنامید	۰/۲۱۰±۰/۰۱۵ a	۰/۱۷۶±۰/۰۱۰ b	۱/۷۸۶±۰/۰۲ a	۱/۷۸۶±۰/۰۲ a
	پتاسیم اندام هوایی (mg/g)		پتاسیم ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۳۳/۴۶±۱/۹۱ d	۴۲/۳۰±۰/۹۱ b	۲۰/۰۴±۰/۹۹ d	۱۶/۶۰±۱/۱۷ e
آلگابن	۳۶/۲۲±۱/۰۱ c	۴۲/۷۱±۱/۱۲ b	۳۰/۳۷±۰/۷۵ b	۲۴/۱۲±۰/۹۵ c
بنامید	۴۳/۵۰±۰/۹۶ b	۴۶/۱۳±۰/۹۵ a	۳۵/۶۰±۰/۸۵ a	۲۴/۵۸±۱/۱۸ c
	منیزیم اندام هوایی (mg/g)		منیزیم ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۴/۶۶± ۰/۰۶ ab	۴/۱۵±۰/۰۴ c	۴/۴۵±۰/۰۸ b	۴/۱۰±۰/۰۹ c
آلگابن	۴/۷۸±۰/۲۳ a	۴/۵۲±۰/۱۸ b	۴/۵۷±۰/۰۷ ab	۴/۴۷±۰/۰۳ b
بنامید	۴/۸۳±۰/۱۰ a	۴/۷۶±۰/۱۳ ab	۴/۶۵±۰/۰۴ a	۴/۶۴±۰/۱۱ a
	منگنز اندام هوایی (mg/g)		منگنز ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۳۰۶±۰/۰۳۵ b	۰/۲۹۲±۰/۰۰۹ b	۰/۲۲۲±۰/۰۰۹ bc	۰/۱۳۳±۰/۰۰۸ e
آلگابن	۰/۳۴۸±۰/۰۴۶ ab	۰/۳۱۱±۰/۰۳۹ b	۰/۲۳۹±۰/۰۰۶ b	۰/۱۶۵±۰/۰۳۱ de
بنامید	۰/۳۹۷±۰/۰۴۶ a	۰/۳۹۶±۰/۰۳۶ a	۰/۲۹۵±۰/۰۳۵ a	۰/۱۸۳±۰/۰۳۰ cd

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار بر اساس تست‌های LSD هستند ($P \leq 0.05$).

جمله جذب رقابتی با یون‌های دیگر مانند کلسیم، فسفر و پتاسیم، مشکلات جابجایی عناصر در گیاه و کاهش پتانسیل آب می‌شود (Yarsi *et al.*, 2017). همچنین حلالیت عناصر کم‌مصرف مانند مس، آهن، منگنز، مولیبدن و روی تحت‌تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

ادامه جدول ۲-

تیمار¬ها	مولیبدن اندام هوایی (mg/g)		مولیبدن ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۰۵۷±۰/۰۰۴ ab	۰/۰۵۱±۰/۰۰۴ b	۰/۰۴۵±۰/۰۰۰ a	۰/۰۳۱±۰/۰۰۳ b
آلگابن	۰/۰۵۹±۰/۰۰۳ a	۰/۰۵۲±۰/۰۰۳ b	۰/۰۴۷±۰/۰۰۳ a	۰/۰۴۴±۰/۰۰۴ a
بنامید	۰/۰۶۰±۰/۰۰۵ a	۰/۰۵۴±۰/۰۰۳ ab	۰/۰۴۹±۰/۰۰۴ a	۰/۰۴۷±۰/۰۰۳ a
	فسفر اندام هوایی (mg/g)		فسفر ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۶/۳۵± ۰/۲۰۴ c	۶/۰۳±۰/۲۲۵ c	۷/۹۴±۰/۱۸۵ c	۷/۶۰±۰/۳۰۵ c
آلگابن	۷/۱۹±۰/۱۷۰ b	۷/۴۶±۰/۱۴۷ b	۱۰/۶۷±۰/۸۹۹ b	۸/۳۸±۱/۰۱۲ c
بنامید	۸/۷۳±۰/۲۱۹ a	۸/۳۶±۰/۳۳۰ a	۱۴/۲۵±۰/۲۰۵۴ a	۱۲/۲۸±۱/۰۳۵ b
	سدیم بخش هوایی (mg/g)		سدیم ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۵/۳۴±۰/۱۰۰ e	۱۰/۶۲±۰/۱۰۶ a	۷/۲۲±۰/۱۰۲ c	۱۰/۲۳±۰/۰۹۹ a
آلگابن	۵/۳۴±۰/۱۰۱ e	۹/۴۳±۰/۱۱۳ b	۶/۵۲±۰/۱۰۳ d	۹/۲۵±۰/۱۰۰ b
بنامید	۶/۳۸±۰/۱۰۰ d	۹/۲۳±۰/۱۰۰ c	۵/۱۴±۰/۰۹۱ e	۹/۲۴±۰/۰۹۸ b
	روی اندام هوایی (mg/g)		روی ریشه (mg/g)	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۰۵۳±۰/۰۰۸ c	۰/۰۳۴±۰/۰۰۵ d	۰/۰۸۸±۰/۰۰۸ b	۰/۰۶۶±۰/۰۰۶ b
آلگابن	۰/۰۹۱±۰/۰۰۶ ab	۰/۰۸۰±۰/۰۰۵ b	۰/۱۲۳±۰/۰۲۲ a	۰/۰۶۷±۰/۰۱۲ b
بنامید	۰/۰۹۳±۰/۰۱۰ a	۰/۰۸۳±۰/۰۰۸ b	۰/۱۳۵±۰/۰۱۰ a	۰/۰۷۰±۰/۰۱۵ b

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار براساس تست‌های LSD هستند ($P \leq 0.05$).

pH محلول خاک است و در شرایط شور دسترسی به آنها بسیار کم است (Bulgari *et al.*, 2019b). گیاهان شورزی برای تحمل و ادامه رشد در محیط شور، از راهکارهای مورفوفیزیولوژیکی مختلفی استفاده می‌کنند مانند؛ دوری از نمک، دفع نمک از طریق اندام‌های تخصصی مانند غدد نمکی و/یا کیسه‌های نمکی (salt bladders) و رقیق‌کردن یون‌های نمک با گوشتی‌شدن (succulence) (Rahman *et al.*, 2021). گیاه شورزی *Portulaca oleracea* L. قادر به رشد در خاکی با شوری بالا است و قادر به حذف یون‌ها است. تنش شوری بر جذب عناصر غذایی در برگ و خاک تأثیر می‌گذارد (Bekmirzaev *et al.*, 2021). کاربردهای محلول‌پاشی و افزودن به ریشه محرک‌های زیستی مشتق از پروتئین‌های هیدرولیز شده نشان داده است که، جذب و بهره‌وری استفاده از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را افزایش می‌دهد (Colla *et al.*, 2015). هنگامی که در توت‌فرنگی عصاره *A.nodosum* همراه با کودهای معمولی استفاده شد، سطح بیومس کل گیاه افزایش یافت (Spinelli *et al.*, 2010). در میوه گوجه‌فرنگی این عصاره باعث افزایش غلظت نیتروژن فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، مس، آهن و روی شد (Ali *et al.*, 2016). انواع دیگر محرک‌های زیستی نیز بر سطح مواد مغذی محصول تأثیر می‌گذارند. پروتئین هیدرولیزشده جذب مواد مغذی را در چندین محصول از جمله: محتوای نیتروژن برگ در گوجه‌فرنگی (Colla *et al.*, 2014)، نیتروژن برگ و فسفر در کاهو (Lucini *et al.*, 2015) و نیتروژن برگ در ذرت و کاهو

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

جدول ۳- فاکتور انتقال عناصر کم‌مصرف و پرمصرف و در شرایط کنترل (NSC) و شرایط شوری (SC) در *Puccinellia distans* در معرض محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی

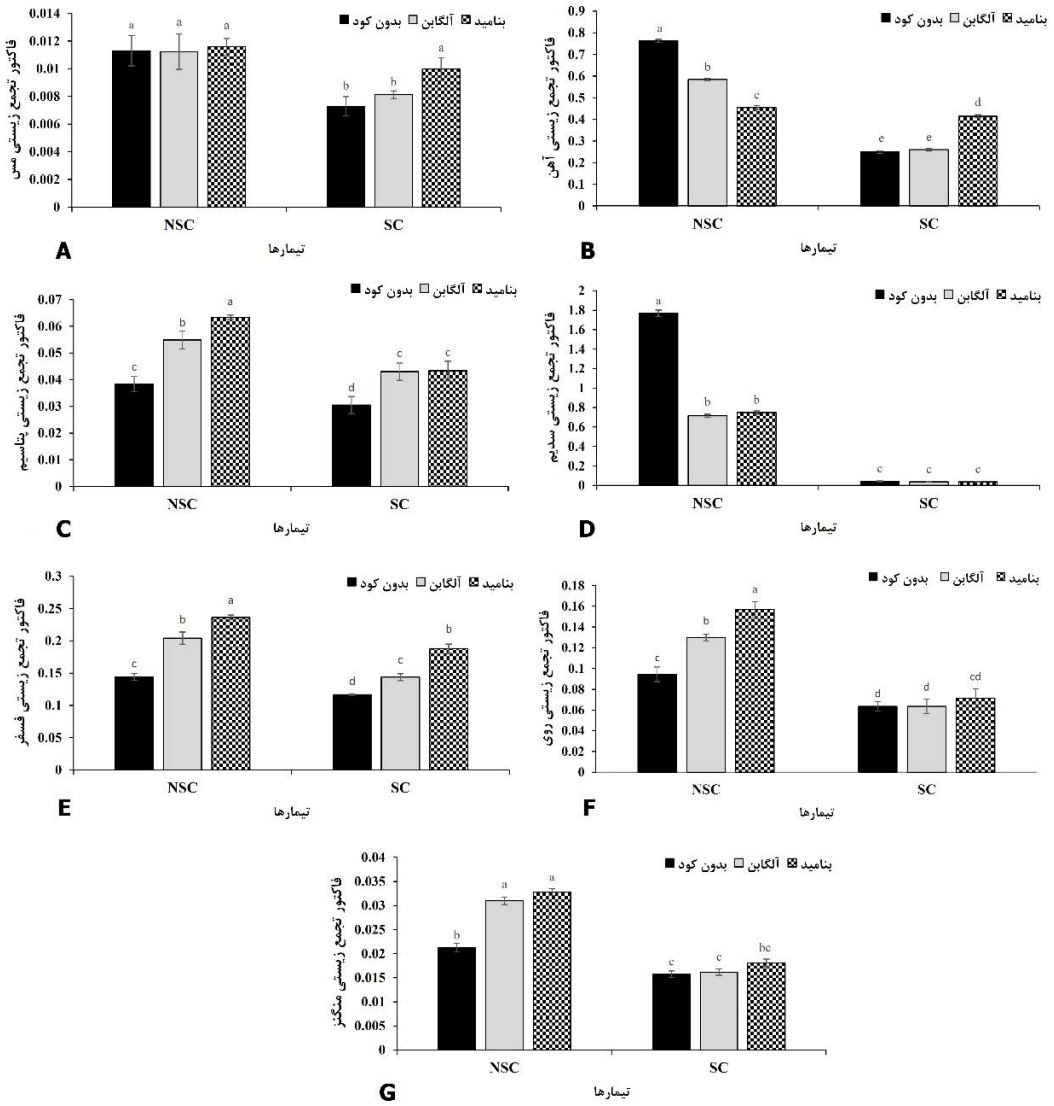
تیمارها	فاکتور انتقال کلسیم		فاکتور انتقال مس	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۱/۵۴±۰/۱۰ bc	۱/۸۴±۰/۱۰ a	۱/۳۹±۰/۰۲۳ bc	۰/۸۵±۰/۰۴۷ d
آلگابن	۱/۳۶±۰/۰۹ c	۱/۷۲±۰/۱۳ ab	۱/۴۳±۰/۰۳۰ ab	۱/۳۵±۰/۰۳۱ c
بنامید	۱/۳۶±۰/۱۱ c	۱/۴۱±۰/۰۹ c	۱/۴۵±۰/۰۲۹ a	۱/۳۵±۰/۰۳۶ c
	فاکتور انتقال آهن		فاکتور انتقال پتاسیم	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۱۱۹± ۰/۰۰۵b	۰/۱۸۱±۰/۰۰۶ a	۱/۶۳± ۰/۰۵۴ d	۲/۴۸±۰/۰۲۸ a
آلگابن	۰/۱۰۹±۰/۰۰۴ bc	۰/۱۱۲±۰/۰۰۷ bc	۱/۱۹±۰/۰۰۶ e	۱/۷۴±۰/۰۷۴ c
بنامید	۰/۱۱۷±۰/۰۰۹ b	۰/۱۰۳±۰/۰۰۶ b	۱/۲۲±۰/۰۰۲ e	۱/۸۷±۰/۰۵۳ b
	فاکتور انتقال منیزیم		فاکتور انتقال منگنز	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۱/۰۴۶± ۰/۰۰۸a	۱/۴۲±۰/۰۰۵ a	۱/۴۴۱±۰/۰۳۴ e	۲/۴۵۵±۰/۰۲۸ a
آلگابن	۱/۰۴۷±۰/۰۱۰ a	۱/۰۳۶±۰/۰۰۷ a	۱/۴۵۲±۰/۰۴۴ e	۱/۶۱۸±۰/۰۲۱ c
بنامید	۱/۰۴۴±۰/۰۱۰ a	۱/۰۴۰±۰/۰۰۷ a	۱/۵۴۲±۰/۰۱۹ d	۲/۳۴۵±۰/۰۱۴ b
	فاکتور انتقال مولیبدن		فاکتور انتقال فسفر	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۱/۳۵۲±۰/۰۱۳b	۱/۶۵۲±۰/۰۳ a	۰/۷۹۹±۰/۰۰۷ ab	۰/۷۹۳±۰/۰۰۳ ab
آلگابن	۱/۲۶۷±۰/۰۰۸ c	۱/۱۶۴±۰/۰۱۲ d	۰/۶۷۶±۰/۰۵۶ bc	۰/۸۳۵±۰/۰۰۶ a
بنامید	۱/۳۴۴±۰/۰۰۸ b	۱/۲۳۱±۰/۰۲۰ cd	۰/۵۸۷±۰/۰۳۴ c	۰/۶۸۴±۰/۰۷۱ bc
	فاکتور انتقال سدیم		فاکتور انتقال روی	
	NSC	SC	NSC	SC
شاهد	۰/۷۳۹± ۰/۰۰۳e	۱/۰۳۷±۰/۰۰۰ b	۰/۴۵۴±۰/۰۱۳ d	۰/۵۴۰±۰/۰۱۶ c
آلگابن	۰/۸۱۸±۰/۰۰۲ d	۱/۰۲۰±۰/۰۰۱ b	۰/۶۷۶±۰/۰۰۵ b	۱/۰۵۴±۰/۰۰۹ a
بنامید	۱/۲۴۱±۰/۰۰۲ a	۰/۹۹۸±۰/۰۰۰ c	۰/۶۶۵±۰/۰۰۴ b	۱/۰۳۳±۰/۰۱۱ a

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار براساس تست‌های LSD هستند ($P \leq 0.05$).

(Planques *et al.*, 2012) افزایش داد. جذب پرمصرف‌ها توسط عصاره جلبک دریایی *K.alvarezii* در سویا، ارتباط مستقیمی بین میزان مصرف محرک زیستی و افزایش غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد را در دانه نشان داد (Rathore *et al.*, 2009). عصاره *A.nodosum* همراه با روی، غلظت کم-مصرف‌ها را در بافت آوندی آفتابگردان افزایش داد (Tian *et al.*, 2015). تیمار گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L. cv. Demre) با اسید هیومیک و فسفر، منجر به کاهش سدیم و افزایش عناصر N، P، K، Ca، Fe، Mg، S، Mn و Cu در ریشه و شاخه‌های گیاهانی می‌شود که تحت تنش شوری خفیف بودند (Cimrin *et al.*, 2010). استفاده از برخی اسیدهای آمینه (مانند پرولین) با اتصال به فلزات، ممکن است از گیاهان در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]



شکل ۲- میزان تجمع زیستی عنصر مس (A)، آهن (B)، پتاسیم (C)، سدیم (D)، فسفر (E)، روی (F) و منگنز (G) در شرایط کنترل (NSC) و شرایط شوری (SC) در *Puccinellia distans* در معرض محلول‌پاشی محرک‌های زیستی. حروف مختلف براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P \leq 0.05$).

برابر فلزات سنگین محافظت کنند و در تحرک و جذب عناصر کم‌مصرف نیز مؤثر باشند (du Jardin, 2012). همچنین تأثیر نوعی محرک زیستی جلبکی در شرایط تنش شوی بر گیاه گوجه‌فرنگی سبب افزایش رشد رویشی اندام هوایی و ریشه، همئوستازی یونی، جذب بیشتر پتاسیم، فسفر و نیتروژن و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی برگ گردید (Mutale-joan *et al.*, 2021).

اثر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی بر فاکتور تجمع برخی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در شرایط تنش شوری: برای بررسی بیشتر اثر شوری بر جذب یون، شاخص فاکتور تجمع چند عنصر که نسبتی از میزان عنصر در ریشه گیاه به میزان آن عنصر در خاک اطراف ریشه است، بررسی شد (شکل ۲). داده‌ها نشان داد که تحت تیمار شوری، کاهش معنی‌دار فاکتور تجمع نسبت به شاهد در شرایط کنترل عناصر مورد مطالعه بصورت زیر است:

فسفر < پتاسیم < منگنز < روی < مس < آهن < سدیم

که از میان اینها، بیشترین تأثیر شوری بر جذب عنصر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

جدول ۴- تجزیه واریانس (مقادیر میانگین مربعات) تأثیر محرک زیستی و شوری بر شاخص‌های مختلف در گیاه پوکسینلیا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر		وزن خشک		نسبت وزن تر ریشه به اندام هوایی
		اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	
محرک زیستی	۲	۴۳/۹۸*	۱۳/۶۹*	۰/۹۱*	۰/۹۲*	۰/۰۰۶۱*
شوری	۱	۵۶/۲۱*	۱۲/۶۱*	۴/۶۵*	۱/۴۱*	۰/۰۰۱۱*
محرک زیستی × شوری	۲	۹/۳۲*	۲/۵۹*	۰/۱۴*	۰/۴۰*	۰/۰۴۴۷*
خطا	۱۲	۰/۰۴۹	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۰۰۵۱

* **بیانگر معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.**

ادامه جدول ۴-

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای آب اندام هوایی	محتوای آب ریشه	رطوبت اندام هوایی	رطوبت ریشه	درصد هدایت الکتریکی (EC)
محرک زیستی	۲	۱/۵۱۲*	۱۶/۱۵۴*	۰/۲۱۳*	۱/۳۳۱*	۳۸/۳۹*
شوری	۱	۳۲/۳۳۸*	۶۴/۳۵۰*	۳/۷۶۳*	۷/۶۴۳*	۲۰۵/۳۳*
محرک زیستی × شوری	۲	۰/۷۸۰ns	۱۳/۴۳۶*	۰/۱۳۰ns	۰/۹۰۰ns	۱۴/۵۹*
خطا	۱۲	۰/۳۱۳	۱/۲۹۰	۰/۰۴۲	۰/۲۳۸	۰/۹۸۱

* **بیانگر معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.**

ادامه جدول ۴-

منابع تغییر	درجه آزادی	کلسیم			مس		
		اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال	اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال
محرک زیستی	۲	۱۱/۱۱*	۱۶/۲۶*	۰/۱۳۷*	۰/۰۰۰۰۲۷*	۰/۰۰۰۰۰۸*	۰/۱۴۶*
شوری	۱	۰/۱۸ns	۴/۲۴*	۰/۲۵۵*	۰/۰۰۰۰۱۳*	۰/۰۰۰۰۰۳ns	۰/۲۶۵*
محرک زیستی× شوری	۲	۱/۰۹ns	۰/۵۶*	۰/۰۳۹ns	۰/۰۰۰۰۱۲*	۰/۰۰۰۰۰۰۶ns	۰/۰۹۹*
خطا	۱۲	۰/۸۵۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۵	۰/۰۱۴
		آهن			پتاسیم		
		اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال	اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال
محرک زیستی	۲	۰/۰۰۰۵ns	۰/۴۴۹*	۰/۰۰۳۱*	۷۹/۲۳*	۲۲۶/۲۲*	۰/۶۲*
شوری	۱	۰/۰۰۲۵*	۰/۴۷۵*	۰/۰۰۱۲*	۱۶۱/۳۴*	۲۱۴/۴۴*	۲/۱۰*
محرک زیستی× شوری	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۱۲۵*	۰/۰۰۲۴*	۱۴/۷۴*	۲۱/۹۷*	۰/۰۳*
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۵۸	۱/۰۲۲	۰/۹۹۶	۰/۰۲۵

* **بیانگر معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.**

سدیم و کمترین تأثیر شوری مربوط به عنصر فسفر بود. نتایج فاکتور تجمع تأیید کرد که، تنش شوری باعث کاهش جذب عناصر سدیم، آهن، مس، روی، منگنز، پتاسیم و فسفر شده است. تأثیر پیش‌تیمار محرک‌های زیستی بر فاکتور تجمع که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

ادامه جدول ۴-

منابع تغییر	درجه آزادی	منیزیم			منگنز		
		اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال	اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال
محرک زیستی	۲	۰/۲۳*	۰/۲۱*	۰/۰۰۰۱۷ ns	۰/۰۱۴۸*	۰/۰۰۵۷*	۰/۳۳۷*
شوری	۱	۰/۳۵*	۰/۱۰*	۰/۰۰۰۳۴ ns	۰/۰۰۱۳ ns	۰/۰۳۸۰*	۱/۹۶*
محرک زیستی× شوری	۲	۰/۰۷ ns	۰/۰۴*	۰/۰۰۰۲۷ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۲۹*
خطا	۱۲	۰/۰۲۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۹
		مولیبدن			سدیم		
		اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال	اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال
محرک زیستی	۲	۰/۰۰۰۰۱۶ ns	۰/۰۰۰۱۵*	۰/۱۱۳*	۰/۵۵*	۶/۲۳ ns	۰/۰۹۵*
شوری	۱	۰/۰۰۰۱۸۹*	۰/۰۰۰۱۹*	۰/۰۰۳*	۷۴/۶۵*	۷۲/۰۸*	۰/۰۳۳*
محرک زیستی× شوری	۲	۰/۰۰۰۰۰۱۵ns	۰/۰۰۰۰۷۰*	۰/۰۸۳*	۲/۲۰*	۱/۳۶ ns	۰/۱۲۵*
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰۷	۲/۳۷	۰/۰۰۰۰۰۴۵
		روی			فسفر		
		اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال	اندام هوایی	ریشه	فاکتور انتقال
محرک زیستی	۲	۰/۰۰۳۸*	۰/۰۰۱۰*	۰/۲۵۸*	۸/۲۹*	۴۶/۳۲*	۰/۰۴۲*
شوری	۱	۰/۰۰۰۹۲*	۰/۰۱۰۳*	۰/۳۴۵*	۰/۰۸ ns	۱۰/۶۰*	۰/۰۳۱*
محرک زیستی× شوری	۲	۰/۰۰۰۰۳۰ ns	۰/۰۰۰۷۴*	۰/۰۴۱*	۰/۱۹*	۱/۶۴ ns	۰/۰۱۰*
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۱۶	۰/۰۵۶	۱/۲۰	۰/۰۱۹

* **بیانگر معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.**

ادامه جدول ۴-

منابع تغییر	درجه آزادی	فاکتور تجمع مس	فاکتور تجمع آهن	فاکتور تجمع پتاسیم	فاکتور تجمع منگنز	فاکتور تجمع سدیم	فاکتور تجمع فسفر	فاکتور تجمع روی
محرک زیستی	۲	۰/۰۰۰۰۰۳*	۰/۰۲۴*	۰/۰۰۰۵۸*	۰/۰۰۰۰۷۷*	۰/۵۴۳*	۰/۰۰۹۹*	۰/۰۰۱۸*
شوری	۱	۰/۰۰۰۰۳۸*	۰/۳۱۳*	۰/۰۰۰۷۹*	۰/۰۰۰۶۱۲*	۴/۸۴۵*	۰/۰۰۹۲*	۰/۰۱۶۷*
محرک زیستی×شوری	۲	۰/۰۰۰۰۰۲ns	۰/۰۶۲*	۰/۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۰۴۲*	۰/۵۳۲*	۰/۰۰۰۴۲*	۰/۰۰۱۱*
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۵۴

* **بیانگر معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.**

شاخص جذب عنصر از خاک است، همانند نتایج سایر شاخص‌ها با محرک زیستی بنامید هماهنگ بوده و اثر شوری را با جذب معنی‌دار چند عنصر تا حدودی بهبود بخشید (آهن، فسفر و روی). محرک‌های زیستی در شرایط شوری و کنترل فاکتور تجمع عنصر سدیم را بطور معنی‌داری کاهش دادند، که این می‌تواند دلیل محکمی بر مؤثربودن نقش محرک‌های زیستی در کاهش اثرات تنش شوری ناشی از ورود یون سدیم باشد که با میزان کاهش یون سدیم ریشه تحت پیش‌تیمار محرک‌های زیستی مرتبط است. Lucini و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که پروتئین هیدرولیزشده مشتق‌شده از گیاه، تحمل به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

شوری را در گیاهان کاهو بهبود بخشید و عملکرد و وزن خشک را افزایش داد. نتایج مشابهی نیز در گیاهان کاهو در پاسخ به استفاده از یک محرک زیستی آلی تجاری به نام Retrosal® مشاهده شده است (Bulgari *et al.*, 2019a). ترکیبات فعال زیستی موجود در عصاره جلبک دریایی می‌توانند تحمل گیاه را در برابر تنش‌های غیرزیستی بهبود بخشند. دو محرک زیستی مبتنی بر جلبک دریایی حاوی *Ascophyllum nodosum* به نام‌های Super Fifty® و Acadian به‌ترتیب روی کاهو و توت‌فرنگی استفاده شدند و علیرغم شرایط نامطلوب شوری، با افزایش قابل‌توجهی در عملکرد و وزن خشک ریشه همراه بودند (Bulgari *et al.*, 2019b). در مجموع می‌توان گفت که محرک‌های زیستی فرآیندهای کلی جذب و استفاده از مواد مغذی را افزایش داده و عملکرد گیاه را در شرایط تنش بهبود می‌بخشند (Wozniak *et al.*, 2020).

با بررسی تجزیه واریانس نتایج بدست آمده از تأثیر محرک زیستی، شوری و اثر متقابل محرک زیستی × شوری بر شاخص‌های مختلف می‌توان گفت که؛ شوری و محرک زیستی برهمه شاخص‌های رشد، درصد هدایت الکتریکی، فاکتور انتقال و فاکتور تجمع عناصر کم‌مصرف و پرمصرف (بجز منیزیم) اثر معنی‌دار داشته است و اثر متقابل محرک زیستی × شوری بر محتوای آب اندام هوایی، رطوبت اندام هوایی، رطوبت ریشه، فاکتور انتقال کلسیم و منیزیم معنی‌دار نبود ولی بر سایر شاخص‌های ذکرشده در جدول ۴ اثر معنی‌داری داشت.

نتیجه‌گیری

یکی از رویکردهای مهم برای بهبود تحمل به تنش شوری در گیاهان، استفاده از محرک‌های زیستی است. با این حال، اثربخشی محرک زیستی به نفوذ آنها به بافت گیاه بستگی دارد. از این‌رو، انتخاب یک محرک زیستی مناسب بسیار مهم است زیرا کارایی می‌تواند بطور قابل‌توجهی بین گونه‌ها متفاوت باشد. در این تحقیق اثرات پیش‌تیمار دو محرک زیستی (محرک زیستی مشتق از عصاره جلبک دریایی و محرک زیستی مشتق از اسیدآمینه) بر روی گیاهچه *P.distans* در شرایط تحمل به شوری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست‌آمده در مطالعه حاضر نشان‌دهنده اثرات سودمند پیش‌تیمار دو محرک زیستی بر روی گیاهچه‌های *P.distans* در شرایط کنترل به‌دلیل افزایش ماده خشک و جذب یون است. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی بنامید می‌تواند بطور قابل‌توجهی تنش ناشی از NaCl را بر روی گیاهچه‌های *P.distans* کاهش دهد، این اثر به‌دلیل تجمع بیشتر زیست‌توده اندام هوایی، جذب و انتقال املاح و بهبود شرایط غشاء است. با توجه به انجام پیش‌تیمار گیاهچه *P.distans* به‌صورت محلول‌پاشی با محرک زیستی آلگابن در غلبه بر تنش شوری، به نظر می‌رسد روش کاربرد یا غلظت پیشنهادی برای این محرک زیستی مناسب نبوده و احتمالاً باید در خاک استفاده شود. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از محرک زیستی بنامید می‌تواند اثرات مضر ناشی از NaCl در گیاهچه‌های *P.distans* را کاهش دهد.

منابع

Abdelhamid, M. T., El-Masry, R. R., Darwish, D. S., Abdalla, M. M., Oba, S., Ragab, R. and Omer, E. (2019) Mechanisms of seed priming involved in salt stress amelioration. In: Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings (eds. Hasanuzzaman, M. and Fotopoulos, V.) Pp. 219-244. Springer. Singapore: Springer Nature.

Akhani, H. (2006) Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. In: Sabkha Ecosystems. Tasks for Vegetation Science (eds. Khan, M. A., Boer, B., Kust, G. S., Barth, H. J.) Pp. 71-88. Netherlands: Dordrecht, Springer.

Akhzari, D., Adel, S., Mohammad, P. and Hossein, B. (2012) Studying the effects of salinity stress on the growth of various halophytic plant species (*Agropyron elongatum, Kochia prostrata* and *Puccinellia distans*). World Applied Sciences Journal 16: 998-1003.

Ali, N., Aidan, F., Adesh, R. and Jayaraj, J. (2016) The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. Journal of Applied Phycology 28: 1353-62.

Arif, Y., Priyanka, S., Husna, S., Andrzej, B. and Shamsul, H. (2020) Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. Plant Physiology and Biochemistry 156: 64-77.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

Arroussi, H. E. L., Benhima, R., Elbaouchi, A., Sijilmassi, B., Mernissi, N. E. L., Aafsar, A., Meftah-Kadmiri, I., Bendaou, N. and Smouni, A. (2018) *Dunaliella salina* exopolysaccharides: A promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (*Solanum lycopersicum*). Journal of Applied Phycology 30: 2929-41.

Ashraf, M. and Ali, Q. (2008) Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany 63: 266-73.

Bekmirzaev, G., Baghdad, O., Jose, B., Mukhamadkhon, K., Yoshiharu, F. and Akifumi, S. (2021) Effects of salinity on the macro-and micronutrient contents of a halophytic plant species (*Portulaca oleracea* L.). Land 10: 481.

Blaszczak, A. G., Smith, R., Gutierrez, A., Galbraith, D. W., Janda, J., Vanier, C. and Wozniak, E. M. (2015) Molecular mechanism of action for the novel biostimulant CYT31 in plants exposed to drought stress. In: II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1148: 85-92.

Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P. and Ferrante, A. (2015) Biostimulants and crop responses: A review. Biological Agriculture and Horticulture 31: 1-17.

Bulgari, R., Franzoni, G. and Ferrante, A. (2019b) Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. Agronomy 9: 306.

Bulgari, R., Trivellini, A. and Ferrante, A. (2019a) Effects of two doses of organic extract-based biostimulant on greenhouse lettuce grown under increasing NaCl concentrations. Frontiers in Plant Science 9: 1870.

Cimrin, K. M., Turkmen, O., Turan, M. and Tuncer, B. (2010) Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. African Journal of Biotechnology 9: 5845-5851.

Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R. and Rouphael, Y. (2017) Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. Frontiers in Plant Science 8: 2202.

Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E. and Cardarelli, M. (2014) Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. Frontiers in Plant Science 5: 448.

Colla, G., Rouphael, Y., Mattia, E. D., Nakhel, Ch. E. and Cardarelli, M. (2015) Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. Journal of the Science of Food and Agriculture 95: 1706-15.

Desoky, M., Abdel-Rahman, M. M. and Mostafa, M. R. (2018) Natural biostimulants improve saline soil characteristics and salt stressed-sorghum performance. Communications in Soil Science and Plant Analysis 49: 967-83.

Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., dell'Aversana, E., Carillo, P. and Maggio, A. (2018) *Ascophyllum nodosum* based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. Journal of Applied Phycology 30: 2675-86.

du Jardin, P. (2012) The Science of Plant Biostimulants–A Bibliographic Analysis, Ad hoc Study Report. European Commission.

Evelin, H., Devi, T. S., Gupta, S. and Kapoor, R. (2019) Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: Current understanding and new challenges. Frontiers in Plant Science 10: 470.

Flowers, T. J. and Colmer, T. D. (2008) Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist 179: 945-63.

Flowers, T. J., Munns, R. and Colmer, T. D. (2015) Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. Annals of Botany 115: 419-31.

Himabindu, Y., Chakradhar, T., Reddy, M. C., Kanygin, A., Redding, K. E. and Chandrasekhar, T. (2016) Salt-tolerant genes from halophytes are potential key players of salt tolerance in glycophytes. Environmental and Experimental Botany 124: 39-63.

Hnilickova, H., Hnilicka, F., Orsak, M. and Hejnak, V. (2019) Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na^+ and K^+ content in selected plant species. Plant, Soil and Environment 65: 90-96.

Kravchik, M. and Bernstein, N. (2013) Effects of salinity on the transcriptome of growing maize leaf cells point at cell-age specificity in the involvement of the antioxidative response in cell growth restriction. BMC Genomics 14: 1-13.

Latef, A. A. H. A., Srivastava, A. K., Saber, H., Alwaleed, E. A. and Tran, L. S. Ph. (2017) *Sargassum muticum* and *Jania rubens* regulate amino acid metabolism to improve growth and alleviate salinity in chickpea. Scientific Reports 7: 1-12.

Liang, W., Ma, X., Wan, P. and Liu, L. (2018) Plant salt-tolerance mechanism: A review. Biochemical and Biophysical Research Communications 495: 286-91.

Lucini, L., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Canaguier, R., Kumar, P. and Colla, G. (2015) The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. Scientia Horticulturae 182: 124-33.

Mansour, M. M. F. and Salama, K. H. (2004) Cellular basis of salinity tolerance in plants. Environmental and Experimental Botany 52: 113-22.

Masondo, N. A., Kulkarni, M. G., Finnie, J. F. and Staden, J. V. (2018) Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotheca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. Ecotoxicology and Environmental Safety 147: 43-48.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

Munns, R., Passioura, J. B., Colmer, T. D. and Byrt, C. S. (2020) Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. New Phytologist 225: 1091-96.

Mutale-joan, Ch., Rachidi, F., Mohamed, H. A., El Mernissi, N., Aasfar, A., Barakate, M., Mohammed, D., Sbabou, L. and El Arroussi, H. (2021) Microalgae-cyanobacteria–based biostimulant effect on salinity tolerance mechanisms, nutrient uptake, and tomato plant growth under salt stress, Journal of Applied Phycology 33: 3779-95.

Pachura, P., Kubicka, A. O. and Grabowska, B. S. (2016) Assessment of the availability of heavy metals to plants based on the translocation index and the bioaccumulation factor. Desalination and Water Treatment 57: 1469-77.

Planques, B., Colla, G., Svecova, E., Cardarelli, M., Rouphael, Y., Reynaud, H. and Canaguier, R. (2012) Effectiveness of a plant-derived protein hydrolysate to improve crop performances under different growing conditions. In I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1009: 175-79.

Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K. and Gorecki, H. (2018) Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Molecules 23: 470.

Rahman, M., Mostofa, M. G., Keya, S. S., Siddiqui, M., Ansary, M., Uddin, M., Das, A. K. and Tran, L. S. P. (2021) Adaptive mechanisms of halophytes and their potential in improving salinity tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences 22: 10733.

Rathore, S. S., Chaudhary, D. R., Boricha, G. N., Ghosh, A., Bhatt, B. P., Zodape, S. T. and Patolia, J. S. (2009) Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. South African Journal of Botany 75: 351-55.

Rouphael, Y., Cardarelli, M., Bonini, P. and Colla, G. (2017) Synergistic action of a microbial-based biostimulant and a plant derived-protein hydrolysate enhances lettuce tolerance to alkalinity and salinity. Frontiers in Plant Science 8: 131.

Saidimoradi, D., Ghaderi, N. and Javadi, T. (2019) Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae 256: 108594.

Shahid, M. A., Sarkhosh, A., Khan, N., Balal, R. M., Ali, S., Rossi, L., Gomez, C., Mattson, N., Nasim, W. and Garcia-Sanchez, F. (2020) Insights into the physiological and biochemical impacts of salt stress on plant growth and development. Agronomy 10: 938.

Shrivastava, P. and Kumar, R. (2015) Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal of Biological Sciences 22: 123-131.

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M. and Costa, G. (2010) A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. Scientia Horticulturae 125: 263-269.

Subbarao, G. V., Yoshihashi, T., Worthington, M., Nakahara, K., Ando, Y., Sahrawat, K. L., Rao, I. M., Lata, J. C., Kishii, M. and Braun, H. J. (2015) Suppression of soil nitrification by plants. Plant Science 233: 155-164.

Stepien, P. and Klbus, G. (2006) Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biologia Plantarum 50: 610-616.

Taha, R. S., Alharby, H. F., Bamagoos, A. A., Medani, R. A. and Rady, M. M. (2020) Elevating tolerance of drought stress in *Ocimum basilicum* using pollen grains extract; A natural biostimulant by regulation of plant performance and antioxidant defense system. South African Journal of Botany 128: 42-53.

Tian, Sh., Lu, L., Xie, R., Zhang, M., Jernstedt, J., Hou, D., Ramsier, C. and Brown, P. (2015) Supplemental macronutrients and microbial fermentation products improve the uptake and transport of foliar applied zinc in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. Studies utilizing micro X-ray florescence. Frontiers in Plant Science 5: 808.

ur Rehman, H., Alharby, H. F., Bamagoos, A. A., Abdelhamid, M. T. and Rady, M. M. (2021) Sequenced application of glutathione as an antioxidant with an organic biostimulant improves physiological and metabolic adaptation to salinity in wheat. Plant Physiology and Biochemistry 158: 43-52.

Van Oosten., James, M., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S. and Maggio, A. (2017) The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 4: 1-12.

Van, E. Z., Zhang, Y. and Testerink, Ch. (2020) Salt tolerance mechanisms of plants. Annual Review of Plant Biology 71: 403-433.

Wozniak, E., Blaszczak, A., Wiatrak, P. and Canady, M. (2020) Biostimulant mode of action: Impact of biostimulant on whole-plant level. In: The Chemical Biology of Plant Biostimulants (eds. Geelan, D. and Xu, L.) Pp. 205-227. Wiley Online Library. Hoboken, NJ, USA.

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

Yarsi, G., Sivaci, A., Dasgan, H. Y., Altuntas, O., Binzet, R. and Akhoundnejad, Y. (2017) Effects of salinity stress on chlorophyll and carotenoid contents and stomata size of grafted and ungrafted galia C8 melon cultivar. Pakistan Journal of Botany 49: 421-426.

Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Abadia, J. and Marjani, M. (2020) Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

and enhance fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.). Plant Physiology and Biochemistry 149: 313-323.

Zhang, X., Wei, L., Wang, Z. and Wang, T. (2013) Physiological and molecular features of *Puccinellia tenuiflora* tolerating salt and alkaline-salt stress. Journal of Integrative Plant Biology 55: 262-276.

Zhao, Ch., Zhang, H., Song, Ch., Zhu, J. K. and Shabala, S. (2020) Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. The Innovation 1: 100017.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]

Effect of biostimulants on water content and micronutrients and macronutrients of *Puccinellia distans* under salinity stress

Saeed Hosseini [1], Leila Shabani [1*], Mohammad Reza Sabzalian[2]

[1] Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahrekord University, Iran
[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
(Received: 05/11/2021, Accepted: 22/01/2022)

Abstract

Biostimulants are a variety of compounds of plant and animal origin that are used to improve the quality of plant growth. In this study, which was conducted in 2021, the effect of commercial biostimulant Algabon®, algal biostimulant [seaweed extract (SWE)], and namid (amino acid biostimulant) on the plant *Puccinellia distans* to reduce the effects of salinity stress by improving growth conditions and absorption of elements micronutrients and macronutrients was assessed. In a factorial design with Algabon® spray (0.5 g/l) and Bonamid® (2 g/l) and salt irrigation [300 mM/l (EC = 27.18 dS/m)] on 45-day-old seedlings grown in pots, experiment was performed. The results showed that the application of this concentration of salinity alone reduced the fresh and dry weight of shoots and roots, increased of electrolyte leakage, content of macro- and micronutrients of shoots and roots and their transfer factor, decreased bioaccumulation factor of Cu, Fe, K, Na, P, Mn and Zn (significant at $P<0.05$). Pre-treatment with biostimulants in salinity condition (SC) and non-salinity condition (NSC) reduced the effects of salinity stress in all indicators and Bonamid® in contrast to Algabon®, has better physiological effects on the plant. In general, it seems that biostimulants are also effective in reducing salinity stress in a salinity-compatible halophyte plant, but the method of use and amount of biostimulants need further study.

Keywords: Algaben, Bonamid, Bioaccumulation factor, Transfer factor

.

Corresponding author, Email: lshabani@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.12.3]