فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۵۹، فروردین و اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۱۹۳-۲۱۰
https://doi.org/10.22034/13.59.193

مقاله پژوهشی

تأثیر محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر صفات رشدی و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) در سطوح مختلف تنش شوری

اسماعیل قلی‌نژاد*[1]، شهریار کاظمی[2] و بختیار لله گانی[1]

[1] گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

[2] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۵/۳۱)

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاملینا در سطوح مختلف تنش شوری، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱ در دانشگاه پیام‌نور مرکز ارومیه به صورت گلدانی در فضای باز اجرا شد. فاکتور اول تنش شوری با آب دریاچه ارومیه در سه سطح (صفر، ۱۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتور دوم محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها در چهار سطح (اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین و شاهد) بود. نتایج نشان داد تنش شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب صفات قطر ریشه (۱۶ و ۴ درصد)، وزن خشک ریشه (۳۹ و ۱۷)، حجم ریشه (۴۳ و ۳۱ درصد)، محتوای نسبی آب برگ (۶۰ و ۲۳ درصد)، غلظت کلروفیل a (۵۷ و ۱۳ درصد)، غلظت کلروفیل b (۶۱ و ۲۱ درصد)، تعداد کپسول در هر بوته (۵۲ و ۲۵ درصد)، وزن ۱۰۰ دانه (۳۰ و ۵ درصد)، عملکرد دانه (۵۲ و ۱۰ درصد) و عملکرد زیستی (۳۸ و ۱۰ درصد) را کاهش داد ولی باعث افزایش دمای برگ (۱۲ و ۶ درصد)، غلظت کاروتنوئید (۵۶ و ۴۶ درصد) و غلظت پرولین برگ (۴۴ و ۴۰ درصد) شد. محلول‌پاشی برگی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین در مقایسه با عدم محلول‌پاشی، به‌ترتیب تعداد کپسول در هر بوته (۲۶، ۲۳ و ۲۴ درصد)، وزن ۱۰۰ دانه (۲۸، ۱۷ و ۱۲ درصد)، عملکرد دانه (۳۸، ۸ و ۲۱ درصد) را افزایش داد و باعث کاهش اثرهای تنش شوری گردید. بنابراین به نظر می‌رسد گیاه کاملینا تحمل به تنش شوری تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر را دارد. محلول‌پاشی برگی با پلی‌آمین‌ها می‌تواند رویکرد خوبی برای بهبود تنش، رشد و عملکرد گیاه کاملینا در شرایط تنش شوری باشد.

کلمات کلیدی: اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین، حجم ریشه، دمای برگ

مقدمه

کاملینا (*Camelina sativa* L.) به دلیل کاربرد آن برای سوخت‌های زیستی، محصولات زیستی و مصارف غذایی سالم به عنوان دانه روغنی مهم شناخته شده است. این گیاه، دانه کوچکی دارد که می‌تواند برای استقرار گیاه در برخی از محیط‌ها مشکل جدی باشد، اطلاعات کافی در مورد این گیاه در پاسخ به تنش‌های محیطی غیرزنده مانند شوری وجود ندارد (Hosseini Sanehkoori *et al.*, 2022). کاملینا گیاهی یک ساله

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: e_gholinejad@pnu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

با چرخه زندگی کوتاه (۸۵–۱۰۰ روز) که گونه‌های بهاری و زمستانی آن شناخته شده است، و گونه بهاره آن سطح جهانی رایج‌تر است (Kurasiak-Popowska *et al.*, 2020). اعتقاد بر این است که کاملینا به عنوان یک علف هرز در محصولات کتان و احتمالاً غلات در اروپای جنوب شرقی و آسیای جنوب غربی منشأ گرفته است، قبل از اینکه به عنوان یک گیاه دانه روغنی کشت شود (Sydor *et al.*, 2022).

تنش شوری یکی از مخرب‌ترین تنش‌های محیطی است که به طور قابل توجهی بهره‌وری محصولات زراعی را در سراسر جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند (Moghaddam *et al.*, 2023). شور شدن خاک‌ها (۱ تا ۳ درصد در سال) یک فرآیند پیوسته است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ باعث از دست دادن ۵۰ درصد خاک‌های زراعی شود (Akbari *et al.*, 2020). شوری واکنش‌های زیادی را مانند تغییرات مولکولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاهان ایجاد می‌کند که منجر به کاهش عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود (Younessi-Hamzekhanlu *et al.*, 2021). بیش از نیمی از زمین‌های کشاورزی جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و گرمایش جهانی شدت و فراوانی خشکسالی و شرایط شور را افزایش می‌دهد (Bencherif *et al.*, 2015). بنابراین، یافتن یک رویکرد جدید برای افزایش تحمل گیاه به شوری بسیار مهم است.

پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین فراوان‌ترین پلی‌آمین‌ها در گیاهان عالی هستند. پلی‌آمین‌ها پلی‌کاتیون‌های آلی هستند که در همه گونه‌های گیاهان وجود دارند. پوترسین، ترکیب آلی نیتروژن‌دار با وزن ملکولی کم است که در طیف وسیعی از فرایندهای رشدونمو شامل تقسیم سلولی، تأخیر پیری، پایداری غشاء، جمع‌آوری رادیکال آزاد و تحمل به تنش‌های مختلف به‌ویژه تنش شوری و در پاسخ به تنش شوری به منزله تعدیل‌کننده اثر تنش عمل می‌کند (Kusano *et al.*, 2008). در گیاهان، پوترسین را می‌توان از طریق مسیر دو دکربوکسیلاز سنتز کرد: اورنیتین دکربوکسیلاز و آرژنین دکربوکسیلاز. از سایر پلی‌آمین‌ها می‌توان به اسپرمیدین و اسپرمین اشاره کرد که توسط اسپرمیدین و اسپرمین سنتاز و با افزودن متوالی گروه‌های آمینوپروپیل به پوترسین سنتز می‌شوند. این گروه آمینوپروپیل توسط اس- آندونوسیل- ال میتیونین دکربوکسیله شده که محصولی از اس-آندونوسیل- ال میتیونین دکربوکسیلاز است، تهیه می‌شود (Guo *et al.*, 2018). در شاهی گوش موشی یا گیاه مین‌یاب *Arabidopsis thaliana*، عدم وجود اسپرمین (به دلیل جهش ژنتیکی) باعث حساسیت بیش از حد به کلرید سدیم می‌شود که احتمالاً به دلیل اختلال در تعادل کلسیم است. در آزمایشی حساسیت این گیاه به شوری، از طریق محلول‌پاشی با اسپرمین کاهش یافت (Russo and Reggiani, 2015). نشان داده شده است که اسپرمیدین اثرهای نامطلوب شوری را با کاهش آسیب‌های اکسیداتیو از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها مانند بیان ژن مربوطه آنها، تثبیت یکپارچگی ساختاری کلروپلاست‌ها و بهبود رشد گیاهان در شرایط غیربهینه کاهش می‌دهد (Wu *et al.*, 2018). در گیاهان، پلی‌آمین‌ها به عنوان مولکول‌های سیگنال‌دهنده سلولی و به‌عنوان ترکیبات محافظ مستقیم نقش کلیدی در بسیاری از فرآیندهای رشد و نمو، به‌ویژه در تنظیم تحمل تنش دارند (Saravi *et al.*, 2021). محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها به عنوان محرک زیستی برای افزایش تحمل گیاه چای (*Camellia sinensis*) در برابر تنش‌های محیطی مختلف از جمله شوری استفاده می‌شوند (Xiong *et al.*, 2018). اسپرمین یک تراآمین است که به مقاومت گیاه در برابر تنش غیرزیستی کمک می‌کند (Talaat, 2020). اسپرمین هنگامی که به صورت محلول‌پاشی اعمال می‌شود، می‌تواند به عنوان یک فعال‌کننده قوی دفاعی گیاه عمل کند (Talaat *et al.*, 2022a). اسپرمین با از بین بردن گونه‌های اکسیژن فعال، دفاع از ساختار و عملکرد دستگاه فتوسنتزی، حفظ ثبات کاتیونی- آنیونی، کاهش تولید اتیلن، افزایش محتوای پروتئین، اصلاح سطوح فیتوهورمون درون‌زا و القای تجمع املاح آلی، به صورت برون‌زا اثرهای مضر شوری بر توسعه گیاه را کاهش می‌دهد (Geng *et al.*, 2021). پتانسیل عملکرد گیاه کاملینا در شرایط شور به طور کامل شناخته نشده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

است. لذا این مطالعه با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی برگی با پلی‌آمین‌ها بر صفات رشدی، خصوصیات ریشه، صفات فیزیولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه کاملینا در سطوح مختلف تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اسفند سال ۱۴۰۰ در دانشگاه پیام‌نور ارومیه به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی به صورت کشت گلدانی با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمار تنش شوری با آب دریاچه ارومیه شامل سه سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) بود. تیمار محلول‌پاشی برگی با پلی‌آمین‌ها در چهار سطح محلول‌پاشی با اسپرمین (۲ میلی‌مولار)، محلول‌پاشی با اسپرمیدین (۲ میلی‌مولار)، محلول‌پاشی با پوترسین (۲ میلی‌مولار) و شاهد (عدم محلول‌پاشی) بود که زمان اعمال محلول‌پاشی برگی بعد از استقرار سه گیاهچه در گلدان و رسیدن به مرحله چهار برگی هر سه روز یکبار (در مجموع در شش مرحله) بود.

در ابتدا برای آماده‌سازی خاک گلدان‌ها به ترتیب با نسبت‌های ۳، ۱، ۱ خاک و کود دامی و ماسه بادی را مخلوط کرده و به گلدان‌هایی که برای زهکشی مناسب از قبل ته آن‌ها سوراخ شده بود، اضافه شدند و در هوای آزاد قرار گرفتند. وزن هر گلدان بعد از پر کردن با خاک برابر با ۱۳ کیلوگرم و دارای قطر ۳۰ و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متری بود. سپس ظرفیت زراعی هر گلدان را به دست آورده و به هر گلدان به مقدار ۱۰ گرم کود اوره و اسید هیومیک اضافه گردید. همچنین بر اساس آزمون تجزیه خاک و توصیه کودی، گوگرد و سولفات روی و کود سه بیست (حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم) هم در زمان آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. شروع کشت بذر کاملینا رقم سهیل (دارای تیپ رشد بهاره) در تاریخ ۲۳ اسفندماه سال ۱۴۰۰ بود که در هر گلدان شش بذر کشت شد، هر کدام از بذرها در عمق یک سانتی‌متری از خاک گلدان‌ها قرار گرفته و در بعد از استقرار کامل بوته، سه بوته تنک و سه بوته حفظ شد. برای تعیین زمان و حجم آبیاری از رابطه زیر (Alizadeh, 2000) استفاده شد:

$$V = \frac{(FC - \theta m) \times \rho_b \times D_{Root} \times A}{E_i}$$

در فرمول بالا V حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب، FC درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θM یا MAD یا f درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری (۵۰ درصد در نظر گرفته شد)، ρb وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، A مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع و D_{Root} عمق توسعه ریشه بر حسب متر است.

بر این اساس در هر نوبت آبیاری ۲ لیتر آب به هر گلدان داده شد و دور آبیاری بر اساس میزان تبخیر و تعرق تنظیم شد که حدوداً پنج روز بود. تیمار شوری به صورت پلکانی اعمال شد. برای این منظور در ابتدا و برای سازگار شدن، گیاهان با آب دارای شوری کمتر آبیاری شدند و سپس تیمارهای شوری اعمال شدند در پایان آزمایش میزان شوری تجمعی در خاک گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. عملیات برداشت برای تیمار آبیاری مطلوب، تنش شوری ۱۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲۶، ۲۲ و ۱۷ خردادماه سال ۱۴۰۱ انجام گرفت. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آمده است.

صفات بررسی‌شده و اندازه‌گیری‌شده، محتوای نسبی آب برگ: بعد از مرحله گلدهی و اعمال کامل تیمارهای تنش شوری، سه برگ از هر بوته (سه برگ آخر توسعه یافته هر بوته و برگ‌ها نباید دچار شکستگی و پارگی باشند) جدا کرده و قطعات برگی پس از قطع شدن در پاکت پلاستیکی بسته‌بندی و به سرعت به آزمایشگاه منتقل گردیدند. سپس تعدادی قطعات کوچک از قسمت‌های سالم برگ جدا و با ترازوی دیجیتالی با دقت بالا توزین شدند. پس از آن قطعات برگی به مدت ۲۴ ساعت درون ظروف حاوی آب مقطر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال قرار داده شدند تا به حالت اشباع برسند. در پایان این مرحله قطعات برگی توسط حوله‌های کاغذی خشک و مجدد وزن شدند. این وزن به عنوان وزن اشباع (SW) ثبت گردید. نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک (DW) به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ با استفاده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

پتاسیم (ppm)	فسفر قابل جذب	نیتروژن (٪)	بافت خاک	کربن آلی	رس	سیلت	شن (٪)	درصد مواد خنثی شونده	درصد اشباع	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	pH
۸۰۷	۲۸/۳	۰/۱	لوم-رسی شنی	۰/۹۸	۲۳	۱۵	۶۲	۱۶	۲۹	۳/۶۲	۷/۲۸

از رابطه زیر محاسبه شد (سیدشریفی و قلی‌نژاد، ۱۴۰۰؛ Wikenz and Norfolk, 2010):

$$RWC = \frac{Wf-Wd}{Ws-Wd} \times ۱۰۰$$

در رابطه بالا RWC محتوای نسبی آب برگ، WF وزن تر برگ، WD وزن خشک برگ و WS وزن اشباع برگ است.

دمای داخلی برگ: در مزرعه در ساعات ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل ۸۸۸۹ ساخت کارخانه AZ تایوان اندازه‌گیری شد. حدود پنج برگ مختلف از هر بوته به طور تصادفی انتخاب کرده و با ترمومتر با زاویه ۴۵ درجه و از فاصله ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متری نشانه‌گیری و لیزر دستگاه را روی پهن برگ تابانده و از آنها میانگین گرفته شد (سیدشریفی و قلی‌نژاد، ۱۴۰۰).

غلظت کاروتنوئید برگ: برای سنجش غلظت کاروتنوئید از روش (Lichtenthaler, 1987) استفاده شد. برای این کار بعد از مرحله گلدهی و اعمال کامل تیمارهای تنش شوری، ۰/۲ گرم از قسمت میانی برگ کامل هر بوته با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در هاون چینی ساییده شد و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر جذب آن‌ها در مقابل نمونه شاهد (استون) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Universal ساخت Hettich آلمان) خوانده شد و پس از تعیین درصد جذب نوری با استفاده از رابطه ۳ غلظت کاروتنوئیدها با واحد $mg\ g^{-1}$ FW محاسبه شد.

$$C(x+c) = \left[\frac{100A_{470} - 1.82Ch_a - 85.02Ch_b}{198}\right]$$

غلظت کلروفیل: جهت اندازه‌گیری غلظت کلروفیل‌های a و b در مرحله گلدهی از هر گلدان پنج برگ کامل و توسعه یافته از قسمت‌های بالای هر بوته به طور تصادفی برداشت و از قسمت میانی برگ‌ها یک گرم نمونه تازه تهیه و از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. غلظت‌های کلروفیل طبق روابط زیر بر حسب میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ محاسبه گردید (سیدشریفی و قلی‌نژاد، ۱۴۰۰).

$$Chl\ a = [12.7\ (D_{663}) - 2.59\ (D_{645})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$Chl\ b = [22.9\ (D_{645}) - 4.69\ (D_{663})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

غلظت پرولین برگ: بعد از مرحله گلدهی و اعمال کامل تیمارهای شوری، با استفاده از نمونه تهیه‌شده از برگ کامل و بالغ بالای ساقه گیاه که تا زمان انجام آزمایش در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد، غلظت پرولین برگ اندازه‌گیری گردید. نیم گرم از قسمت میانی برگ از هر نمونه را با ترازوی دقیق وزن کرده و در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالسیلیک پودر کرده تا مخلوط همگنی بدست آید. مخلوط حاصل را با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف کرده و از هر کدام به مقدار ۲ میلی‌لیتر به لوله آزمایش انتقال داده شدند. سپس به هر کدام از عصاره گیاهی ۲ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه گردید. در مرحله بعدی کلیه لوله‌های آزمایش در بن‌ماری و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از یک ساعت لوله‌ها را بیرون آورده و جهت قطع واکنش در لوله‌ها در حمام آب یخ قرار داده و به هر یک ۴ میلی‌لیتر تولوئن افزوده شد. لایه سرخ رنگ تشکیل می‌شود که حاوی تولوئن و پرولین است و جهت اندازه‌گیری پرولین استفاده می‌گردد. مقدار معینی از لایه بالایی برداشته و در دستگاه اسپکتوفتومتر قرار داده و در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر جذب خوانده شد. در این مرحله اسپکتوفتومتر توسط تولوئن کالیبره و سپس استانداردهای پرولین در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شده و غلظت پرولین با استفاده از منحنی استاندارد پرولین و به صورت میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک برگ تعیین گردید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

(Bates *et al.*, 1973). برای تهیه معرف ناین‌هیدرین، ابتدا ۱/۲۵ گرم اسید ناین‌هیدرین را به ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال افزوده مخلوط حاصل را گرم کرده تا ناین‌هیدرین به خوبی در اسید حل شود. سپس ۳۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار به آن افزوده و محلول حاصل را به مدت ۲۴ ساعت جهت تثبیت در یخچال نگهداری می‌گردد.

مساحت برگ: بعد از مرحله گلدهی، عرض برگ از قسمت وسط هر برگ و مساحت برگ براساس رابطه ۶ اندازه‌گیری شد (Quarrie and Jones, 1979):

۰/۷۵ × عرض × طول = مساحت برگ

ارتفاع بوته: در انتهای فصل رشد گیاه کاملینا برای اندازه‌گیری ارتفاع، با استفاده از متر از محل یقه تا انتهای ساقه اصلی، با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری به عمل آمد.

تعداد برگ در بوته: بعد از برداشت کاملینا که سه بوته در هر گلدان بود تمامی برگ‌ها و گل آذین‌های موجود در گیاه شمارش گردید. گل آذین کاملینا در هوای آزاد و بدون دستگاه خشک‌کن، به طور طبیعی خشک و سپس توسط ترازوی دقیق توزین شد.

عملکرد و اجزاء عملکرد، وزن صد دانه: به منظور اندازه‌گیری وزن صد دانه، بعد از برداشت گیاه کاملینا و بوجاری کردن بذور، چهار تکرار ۱۰۰تایی بذر شمارش گردید سپس وزن آن‌ها با ترازوی دقیق با دقت یک هزارم محاسبه و میانگین گرفته شد و وزن ۱۰۰ دانه به‌دست آمد.

عملکرد دانه: بذرهای موجود در کپسول‌های سه بوته هر گلدان جدا و وزن گردید.

تعداد دانه در هر کپسول: تعداد ۱۰ کپسول به‌طور تصادفی از هر گلدان (سه بوته) انتخاب و تعداد دانه در هر کپسول شمارش و سپس از آنها میانگین گرفته شد.

تعداد کپسول در هر بوته: تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر گلدان (سه بوته) انتخاب و تعداد کپسول در هر بوته شمارش و سپس از آنها میانگین گرفته شد.

طول کپسول: تعداد ۱۰ کپسول به‌طور تصادفی از هر گلدان (سه بوته) انتخاب و طول کپسول با خط‌کش اندازه‌گیری و سپس از آنها میانگین گرفته و بر حسب میلی‌متر گزارش شد.

عملکرد زیستی: تمامی اجزای گیاه کاملینا شامل برگ، ساقه، کپسول و دانه را خشک کرده سپس توسط ترازو اندازه‌گیری شدند.

شاخص برداشت: عملکرد دانه بر عملکرد زیستی تقسیم و به‌صورت درصد محاسبه گردید.

خصوصیات ریشه، حجم ریشه: بعد از اتمام فصل رشد و خارج کردن ریشه از گلدان، برای اندازه‌گیری حجم، ریشه داخل استوانه مدرج پر از آب‌مقطر قرار گرفت و بر اساس میزان آب جابجا شده در استوانه، حجم ریشه بر حسب سانتی‌متر مکعب در بوته گزارش گردید (Kesahvarznia *et al.*, 2014).

طول ریشه اصلی: بعد از اتمام فصل رشد و خارج کردن ریشه از گلدان، ریشه‌ها بعد از استخراج از خاک و تمیز شدن از ابتدا تا انتهای ریشه با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری به عمل آمد.

قطر ریشه: بعد از اتمام فصل رشد و خارج کردن ریشه از گلدان از قسمت وسط هر ریشه توسط کولیس با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد.

وزن خشک ریشه: ریشه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه در آون قرار داده، سپس توسط ترازوی دقیق توزین شدند.

با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و MATATC انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی (Tukey) در سطح پنج درصد انجام شد. برای داده‌هایی که از طریق شمارش به‌دست آمده بودند با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) تبدیل جذری به عمل آمد و سپس مقایسه میانگین انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات ریشه و صفات رشدی: بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها تأثیر معنی‌داری بر قطر ریشه کاملینا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرهای تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر صفات رشدی و ریشه در کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قطر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	قطر ساقه	مساحت برگ	طول ریشه
تنش شوری	۲	۰/۰۰۷۱**	۰/۱۳**	۰/۳۱**	۳۱۶/۰۲**	۳/۵۴**	۰/۰۰۰۸۳^{ns}	۵۴/۲۹**	۱۴/۷۶**
محلول‌پاشی	۳	۰/۰۰۳۰**	۰/۰۹**	۰/۰۶**	۱۰/۷۴^{ns}	۰/۲۸**	۰/۰۰۱۴^{ns}	۱۲/۸۷**	۱۱/۹۴**
شوری × محلول‌پاشی	۶	۰/۰۰۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۹۴^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱۳/۱۰^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۱۹^{ns}	۸/۰۳**	۲/۳۸*
خطای آزمایشی	۲۴	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۹۰	۱۸/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۰۱۷	۰/۶۳	۰/۹۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۲۳	۱۶/۲۰	۱۷/۲۸	۱۰/۵۶	۸/۲۶	۲۱/۳۱	۱۵/۷۱	۱۰/۴۴

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر صفات رشدی و خصوصیات ریشه در کاملینا

تیمار	قطر ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد برگ در بوته
تنش شوری					
۰	۰/۲۵ ^{a}	۰/۵۴ ^{a}	۰/۷۲ ^{b}	۴۶/۱۶ ^{a}	۱۳/۸۹ ^{a}
۱۵	۰/۲۴ ^{a}	۰/۴۵ ^{b}	۰/۵۰ ^{a}	۳۸/۹۱ ^{b}	۹/۲۳ ^{b}
۳۰	۰/۲۱ ^{b}	۰/۳۳ ^{c}	۰/۴۱ ^{b}	۳۶/۲۵ ^{b}	۷/۰۱ ^{c}
محلول‌پاشی					
آب	۰/۲۱ ^{b}	۰/۳۰ ^{c}	۰/۴۲ ^{b}	–	۸/۴۷ ^{b}
اسپرمین	۰/۲۶ ^{a}	۰/۴۷ ^{ab}	۰/۶۰ ^{a}	–	۱۰/۲۱ ^{ab}
اسپرمیدین	۰/۲۳ ^{b}	۰/۴۴ ^{b}	۰/۵۹ ^{a}	–	۱۰/۹۷ ^{a}
پوترسین	۰/۲۴ ^{ab}	۰/۵۵ ^{a}	۰/۵۷ ^{a}	–	۱۰/۵۲ ^{ab}

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون حداقل فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد هستند.

داشت (جدول ۲). سطح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، قطر ریشه را به‌ترتیب ۱۶ و ۴ درصد کاهش دادند (جدول ۳). بین تیمار بدون شوری و شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری برای قطر ریشه مشاهده نشد که نشان می‌دهد دامنه تحمل کاملینا تا شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر است، اما با افزایش سطح شوری (۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) قطر ریشه کاهش معنی‌داری پیدا کرد. در شرایط تنش شوری، روزنه‌های گیاه بسته شده و به دلیل کاهش تبادلات گازی، میزان فتوسنتز کاهش یافته و رشد ریشه نیز متوقف شده و از این طریق ظرفیت جذب و انتقال آب و عناصر غذایی از خاک به طرف اندام هوایی را کاهش می‌یابد (Boorboori, 2023). در بررسی حاضر محلول‌پاشی برگی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، قطر ریشه گیاه کاملینا را به‌ترتیب ۱۹، ۹ و ۱۲ درصد افزایش داد. در تحقیقات دیگر روی ریشه گوجه‌فرنگی با سطوح شوری (۱/۵، ۲/۵، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر) نیز گزارش شده است که با افزایش شدت تنش شوری، قطر ریشه کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Abdoli *et al.*, 2021).

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تأثیر اثرهای ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر وزن خشک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

ریشه کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار بدون تنش (۰/۵۴ گرم) و کمترین آن مربوط به شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۳۳ گرم) بود (جدول ۳). همچنین در شرایط محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، بیشترین و کمترین حجم ریشه به‌ترتیب از محلول‌پاشی با پوترسین (۰/۵۵ گرم) و عدم محلول‌پاشی (۰/۳۰ گرم) حاصل شد (جدول ۳). در آزمایشی روی گندم سطوح مختلف تنش شوری (۰/۱، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) باعث کاهش وزن خشک ریشه و محلول‌پاشی برگی با پلی‌آمین اسپرمین باعث افزایش آن شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Talaat *et al.*, 2022b). در تحقیق دیگری روی گندم گزارش شده است که سطوح مختلف تنش شوری (۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) باعث کاهش وزن خشک ریشه شد ولی محلول‌پاشی با اسپرمیدین اثر شوری را تعدیل و نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش وزن خشک ریشه گردید (Bouabdallah *et al.*, 2022).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر حجم ریشه کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین حجم ریشه مربوط به تیمار بدون تنش (۰/۷۲ سانتی‌متر مکعب) و کمترین آن مربوط به شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۴۱ سانتی‌متر مکعب) به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد به دلیل اینکه در شرایط تنش شوری، حجم آب قابل دسترس کاهش پیدا کرده و افزایش فشار اسمزی خاک سبب کمبود آب برای گیاه می‌شود، لذا حجم ریشه در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافته است (Liu *et al.*, 2022). همچنین در شرایط محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، بیشترین و کمترین حجم ریشه به‌ترتیب از محلول‌پاشی با اسپرمین و عدم محلول‌پاشی حاصل شد (جدول ۳). بین سطوح مختلف محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها از نظر حجم ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در مطالعه‌ای روی ریشه گوجه‌فرنگی با سطوح شوری (۱/۵، ۲/۵، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر) نیز گزارش شده است که با افزایش شدت تنش شوری، حجم ریشه کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Abdoli *et al.*, 2021).

در پژوهش حاضر تأثیر سطوح مختلف تیمار تنش شوری بر ارتفاع بوته کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۲). سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، ارتفاع بوته را به‌ترتیب ۲۱ و ۱۶ درصد کاهش دادند (جدول ۳). محققان دیگر نیز نشان دادند که در گیاه گوجه‌فرنگی تنش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته و محلول‌پاشی با اسپرمیدین در شرایط تنش شوری باعث افزایش ارتفاع گیاه شد (Raziq *et al.*, 2022). در بررسی دیگری اعمال تنش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته و محلول‌پاشی اسپرمیدین در شرایط تنش شوری باعث افزایش ارتفاع گیاه لوبیا شد (Al-Mushhin, 2022).

سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد، تعداد برگ در بوته را به‌ترتیب ۴۹ و ۳۳ درصد کاهش دادند (جدول ۳). محلول‌پاشی برگی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، تعداد برگ در بوته را به‌ترتیب ۱۷، ۲۳ و ۱۹ درصد افزایش داد (جدول ۳). بین سطوح مختلف محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها از نظر تعداد برگ در بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. پلی‌آمین‌ها نقش مهمی در تقسیم DNA، تقسیم سلولی و در نهایت رشد، توسعه گیاه و افزایش تعداد برگ در بوته دارند (Nandy *et al.*, 2022). در تحقیقی روی مرکبات، تنش شوری (صفر و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم) تعداد برگ را کاهش داد و با محلول‌پاشی با اسپرمیدین و پوترسین هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش شوری تعداد برگ در بوته افزایش معنی‌داری یافت (Khoshbakht *et al.*, 2018) که با یافته‌های ما در این تحقیق در یک راستا است. در تحقیق دیگری روی فلفل قرمز گزارش شده است که محلول‌پاشی با اسپرمین تعداد برگ در بوته را در گیاه فلفل افزایش داد (Ramadan *et al.*, 2022).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرهای ساده و برهمکنش تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها تأثیر معنی‌داری بر مساحت برگ کاملینا داشت (جدول ۲). در سطوح تیماری بدون تنش و محلول‌پاشی با اسپرمین، بیشترین مساحت برگ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

(۱۱/۵۴ سانتی‌متر مربع) و در تنش شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و بدون محلول‌پاشی کمترین مساحت برگ (۲/۱۳ سانتی‌متر مربع) به‌دست آمد. با افزایش سطح تنش شوری از مساحت برگ کاسته شد، به طوریکه سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، مساحت برگ را به‌ترتیب ۵۳ و ۴۴ درصد کاهش دادند (جدول ۸).

در بررسی حاضر، در سطوح شوری با محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، مساحت برگ افزایش یافت و باعث تعدیل اثر تنش شوری گردید. بررسی دیگری نیز نشان داد که محلول‌پاشی با اسپرمیدین در مرحله ۴-۶ برگی و قبل از شکوفه‌دهی باعث افزایش مساحت برگ در گیاه همیشه‌بهار شد (Sadeghzadeh *et al.*, 2023). الگوی کلی پاسخ گیاه به تنش شوری کاهش سرعت توسعه مساحت برگ و به دنبال آن توقف توسعه با تشدید تنش است (Parida and Das, 2005). کاهش توسعه سلولی به دلیل تنش شوری ممکن است ناشی از کاهش انبساط‌پذیری دیواره سلولی باشد (Munns *et al.*, 2000). در شرایط شور، رشد گیاه معمولاً با کاهش سرعت افزایش طول برگ، بزرگ شدن و تقسیم سلول‌های این برگ‌ها کاهش می‌یابد (Ouda *et al.*, 2006). از طرفی، گیاه در شرایط تنش شوری سعی می‌کند با کاهش مساحت برگ، خود را سازگار کرده و انرژی برای ادامه حیات خود ذخیره کند (Jaleel *et al.*, 2008). Amiri و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که محلول‌پاشی با اسپرمین تحت تنش شوری می‌تواند اثرات نامطلوب شوری را با بهبود رشد در گیاه شنبلیله کاهش دهد.

طبق جدول تجزیه واریانس، اثرهای ساده و برهمکنش تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه کاملینا داشتند (جدول ۲). در سطوح تیماری بدون تنش و محلول‌پاشی با اسپرمین، بیشترین طول ریشه (۱۱/۱۶ سانتی‌متر) و در تنش شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و محلول‌پاشی با پوترسین کمترین طول ریشه (۶/۲۷ سانتی‌متر) به دست آمد. با افزایش سطح تنش شوری از طول ریشه کاسته شد، به طوریکه سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، طول ریشه را به‌ترتیب ۲۱ و ۹ درصد کاهش دادند (جدول ۸). در بررسی حاضر در تمام سطوح شوری با محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، طول ریشه افزایش یافت. افزایش غلظت نمک و تنش شوری سبب کاهش طول ریشه و اندام‌های هوایی می‌شود که دلیل آن را به اثرات اسمزی، کاهش پتانسیل آبی خاک و عدم تعادل یونی نسبت داده‌اند (Sharma *et al.*, 2022). ترکیبات پلی‌آمینی سبب طویل شدن ریشه در محیط شور می‌گردند و اثرات بازدارندگی شوری بر طویل شدن ریشه را کاهش داده و محرک پیدایش کلئوپتیل (غلافی محافظتی که نوک شاخه جوان گندمیان را هنگام خروج از خاک می‌پوشاند) هستند (Noor *et al.*, 2023). در تحقیقی روی گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است که بیشترین طول ریشه در شرایط بدون تنش شوری و کمترین آن در شرایط تنش شوری حاصل شد و محلول‌پاشی با اسپرمیدین در شرایط تنش شوری باعث افزایش طول ریشه شد (Raziq *et al.*, 2022).

صفات فیزیولولوژیک: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر اثرهای ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۴). سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، محتوای نسبی آب برگ را به‌ترتیب ۶۰ و ۲۳ درصد کاهش دادند (جدول ۵). همچنین محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، محتوای نسبی آب برگ را به‌ترتیب ۱۶، ۷ و ۶ درصد افزایش داد (جدول ۵). بین سطوح مختلف محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها از نظر محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تحقیقی مشاهده شد که با افزایش شدت شوری، محتوای نسبی آب برگ در گیاه گندم کاهش یافت و با محلول‌پاشی اسپرمین در مقایسه با شاهد مقدار آن افزایش معنی‌داری پیدا کرد که یافته‌های ما در این تحقیق را تأیید می‌کند (Talaat *et al.*, 2022b). بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر اثرهای ساده و برهمکنش تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش سطح تنش شوری غلظت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرهای سطوح مختلف تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر برخی صفات فیزیولوژیک در کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	نسبت کلروفیل a به b	دمای برگ	پرولین	کاروتنوئید
تنش شوری	۲	۳۸۵۲/۰۳**	۲/۵۷**	۰/۴۴**	۵/۱۶**	۰/۱۸۸*	۸۰/۸۶**	۲۶۷۱۳۶۳/۳۱**	۰/۸۵**
محلول‌پاشی	۳	۸۶/۷۶**	۰/۲۰**	۰/۰۳**	۰/۴۰**	۰/۰۱۵**	۴۴/۸۶**	۱۰۲۷۶۳۰/۳**	۰/۴۷**
شوری×محلول‌پاشی	۶	۸/۶۷^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۲۴^{ns}	۰/۰۲۶^{ns}	۵/۶۳^{ns}	۱۸۱۶۷۸/۵۲**	۰/۰۸۹**
خطای آزمایشی	۲۴	۱۵/۴۸	۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۶	۰/۰۵۳	۴/۲۸	۴۹۳۶۶/۲۶	۰/۰۰۶۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۹/۱۹	۷/۲۵	۱۴/۳۸	۷/۸۶	۸/۶۱	۵/۱۵	۱۳/۴۹	۱۱/۶۶

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرهای ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر برخی صفات فیزیولوژیک کاملینا

تیمار	محتوای نسبی آب برگ (٪)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	نسبت کلروفیل a به b	دمای برگ (درجه سانتی‌گراد)
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)				
تنش شوری						
۰	۵۹/۲۶ ^{a}	۱/۵۵ ^{a}	۰/۶۲ ^{a}	۲/۱۸ ^{a}	۲/۵۴ ^{b}	۳۷/۵۴ ^{c}
۱۵	۴۵/۳۸ ^{b}	۱/۳۵ ^{b}	۰/۴۹ ^{b}	۱/۸۴ ^{b}	۲/۷۳ ^{ab}	۴۰/۱۳ ^{b}
۳۰	۲۳/۷۱ ^{c}	۰/۶۷ ^{c}	۰/۲۴ ^{c}	۰/۹۱ ^{c}	۲/۷۸ ^{a}	۴۲/۷۳ ^{a}
محلول‌پاشی						
آب	۳۹/۵۷ ^{b}	۰/۹۸ ^{c}	۰/۳۶ ^{b}	۱/۳۵ ^{c}	–	۴۳/۲۸ ^{a}
اسپرمین	۴۷/۰۲ ^{a}	۱/۳۳ ^{a}	۰/۵۱ ^{a}	۱/۸۴ ^{a}	–	۳۸/۱۷ ^{b}
اسپرمیدین	۴۲/۵۰ ^{ab}	۱/۲۵ ^{ab}	۰/۴۸ a	۱/۷۳ ^{ab}	–	۴۰/۰۲ ^{b}
پوترسین	۴۲/۰۳ ^{ab}	۱/۲۱ ^{b}	۰/۴۴ ab	۱/۶۶ ^{b}	–	۳۹/۰۵ ^{b}

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون حداقل فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد هستند.

کلروفیل برگ کاهش یافت به طوری که سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، به‌ترتیب غلظت کلروفیل a (۵۷ و ۱۳ درصد)، کلروفیل b (۶۱ و ۲۱ درصد) و کلروفیل کل برگ (۵۸ و ۱۵ درصد) را کاهش دادند (جدول ۵). محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، در مقایسه با بدون محلول‌پاشی، به‌ترتیب غلظت کلروفیل a (۲۶، ۲۲ و ۱۹ درصد)، کلروفیل b (۲۹، ۲۵ و ۱۸ درصد) و کلروفیل کل (۲۷، ۲۲ و ۱۹ درصد) برگ را افزایش داد (جدول ۵). گزارش شده است که محلول‌پاشی با اسپرمین باعث افزایش غلظت کلرفیل a، کلروفیل b و کل رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه گندم شد (Aldesuquy *et al.*, 2014a).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سطوح شوری به شدت غلظت کلروفیل‌های a و b برگ را کاهش دادند. این تغییر در غلظت کلروفیل ممکن است ناشی از تولید بیش از حد H_2O_2 (پراکسید هیدروژن) باشد (Azeem *et al.*, 2023). تحقیق دیگری نشان داد که کاهش در غلظت رنگدانه برگ در دو گونه جو تحت تنش آب دریا (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) مشاهده شد (Khosravinejad *et al.*, 2008). اثر نامطلوب آبیاری آب دریا بر غلظت رنگدانه برگ را می‌توان به کاهش فعالیت اسید دهیدراتاز ۵- آمینو لوولینیک (ALA-D) نیز نسبت داد که تشکیل حلقه پورفیرین مورد استفاده در ساخت کلروفیل را کاتالیز می‌کند. بنابراین، شرایطی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

که سنتز ALA-D را سرکوب می‌کند، با سنتز کلروفیل تداخل خواهد داشت (Aldesuquy *et al.*, 2014a). مطابق با این فرض، گزارش شد که تنش آبی غلظت کلروفیل‌های a و b برگ را با مهار همزمان فعالیت ALA-D در ذرت کاهش داد (Jamei *et al.*, 2008). پلی‌آمین‌ها در سنتز کلروفیل، آنزیم دی‌آمین آمینوترانسفراز گروه آمینه را از پلی‌آمین‌ها به اسید اگزگلوتاریک که پیش‌ساز کلروفیل است، منتقل می‌کند (Askar and Treptow, 2006). محققان دریافتند که اسپرمیدین در حفاظت از غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های خیار تحت تنش شوری نقش دارد (Shu *et al.*, 2012). تحقیقات دیگر نشان داده است که محلول‌پاشی تیمارهای پلی‌آمین (۱۰۰ میکرومولار اسپرمین)، غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها را در شرایط بدون تنش افزایش داد و باعث بهبود گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شوری شد (Ahanger *et al.*, 2019). بررسی‌ها نشان می‌دهد که پلی‌آمین ممکن است عملکرد آنزیم‌های شرکت‌کننده در ساخت کلروفیل را افزایش و اختلال در سیستم فتوسنتزی را کاهش داده، در نتیجه تجزیه کلروفیل را کاهش دهد (Ahanger *et al.*, 2019). سلول‌های گیاهی اسمولیت‌های مناسبی مانند اسیدهای آلی (اگزالات و مالات)، ترکیب‌های نیتروژنی (پروتئین‌ها، بتائین، گلوتامین، آسپارات، گلایسین و پوترسین) و کربوهیدرات‌های (ساکاروز، سوربیتول، مانیتول، گلیسرول، آرابینیتول، پینیتول و دیگر پلی‌اول‌ها) را برای مبارزه با اثرهای مضر شوری در سلول‌های خود تجمع می‌کنند (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پلی‌آمین‌ها در ایجاد محافظ اسمزی مانند پرولین نقش دارند و القای تجمع مانند املاح آلی از طریق پلی-آمین می‌تواند راهکاری برای مقابله با تنش شوری باشد.

تنش شوری به طور مستقیم بر رشد گیاه از طریق برخی از جنبه‌های مورفوفیزیولوژیک مانند تخریب کلروفیل، از دست دادن آب برگ و کاهش زیست‌توده تأثیر می‌گذارد (Ahanger and Agarwal, 2017). با این حال، محلول‌پاشی پلی‌آمین می‌تواند از طریق برگ، خاک یا محیط ریشه به داخل گیاه نفوذ کرده، رشد را بهبود بخشد و اثرهای نامطلوب تنش را به طور معنی‌داری کاهش دهد (Alcazar and Tiburcio, 2014). در پژوهش حاضر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها، زیست‌توده و محتوای نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئید را در شرایط بدون تنش و تنش شوری افزایش داد (جدول ۵)، که نشان‌دهنده اثرهای مثبت کاربرد پلی‌آمین‌ها بر رشد کاملینا است. محلول‌پاشی برگی با پلی‌آمین‌ها می‌تواند با مکانیسم‌های فیزیولوژی مختلف برای بهبود رشد مانند تجمع اسمولیت‌های سازگار، به‌ویژه در محیط تنش، تعامل داشته باشد (Zhiwei *et al.*, 2020). در مجموع، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها سبب بهبود تنظیم اسمزی شده و از رشد و فتوسنتز کاملینا تحت تنش شوری با افزایش بیوسنتز و تجمع پرولین محافظت می‌کند (Qian *et al.*, 2021).

تأثیر اثرهای ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر دمای برگ معنی‌دار بود (جدول ۴). سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، دمای برگ را به‌ترتیب ۱۲ و ۶ درصد افزایش دادند (جدول ۵). محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، دمای برگ را به‌ترتیب ۱۲، ۷ و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۵). در بررسی حاضر، بین سطوح مختلف محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها از نظر دمای برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از آنجا که دمای برگ تابعی از هدایت روزنه‌ای است، اندازه‌گیری آن می‌تواند در سنجش تحمل به تنش اسمزی مورد استفاده قرار گیرد (James and Sirault, 2012). در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است با افزایش سطح شوری از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، دمای برگ در گیاه چغندرقند افزایش یافته است (اسدی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۱). به نظر می‌رسد تجمع آبسیزیک اسید طی تنش شوری در ریشه و انتقال آن به اندام هوایی منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن کاهش تعرق شده، از سوی دیگر کاهش در میزان تعرق گیاه و عدم تعادل دمایی موجب افزایش دمای برگ می‌گردد (اسدی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۱). کاهش دمای برگ در اثر محلول‌پاشی با پوترسین با حفظ محتوای نسبی آب برگ، جلوگیری از بسته‌شدن روزنه‌ها و حفظ تعرق گیاهی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

ارتباط است (Khodabakhshi *et al.*, 2023). پژوهش دیگری روی گلرنگ نشان داد که در شرایط تنش خشکی، دمای برگ به دلیل کاهش پتانسیل آب و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش می‌یابد. بسته شدن روزنه‌ها با محدود کردن دی‌اکسید کربن قابل دسترس در برگ، فتوسنتز را نیز کاهش می‌دهد (Farzi-Aminabad *et al.*, 2022). گیاهان با محتوای نسبی آب برگ بالاتر، توان بالاتری در حفظ آب دارند و می‌توانند به فتوسنتز ادامه دهند، اما با افزایش دمای برگ و در نتیجه آن بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز، با افت عملکرد مواجه خواهند شد (Hussain and Al-Dakheel, 2018) که در همین راستا در پژوهش حاضر مشاهده شد که گیاهانی که دمای برگ در آنها افزایش یافته بود، افت عملکرد دانه را داشتند.

با افزایش سطح تنش شوری، غلظت پرولین برگ افزایش یافت، به طوریکه سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، غلظت پرولین برگ را به‌ترتیب ۴۴ و ۴۰ درصد افزایش دادند (جدول ۸). در تمام سطوح شوری با محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، غلظت پرولین برگ افزایش یافت و باعث تعدیل اثر تنش شوری گردید. در شرایط بدون تنش شوری، محلول‌پاشی با پوترسین، در شرایط تنش شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، محلول‌پاشی با پوترسین و در شرایط تنش شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، محلول‌پاشی با اسپرمیدین موجب افزایش غلظت پرولین شده است (جدول ۸). پرولین برای مقابله با تنش مؤثر بوده و یکی از اسمولیت‌های مهم است که سبب سازگاری اسمزی شده و تجمع آن در پاسخ به تنش اسمزی به طور عمده گزارش شده است (Anwar-ul-Hag *et al.*, 2023). سایر محققان نیز نشان دادند که بیشترین غلظت پرولین برگ در شرایط تنش شوری و کمترین آن در شرایط بدون تنش شوری بدست آمد و محلول‌پاشی با اسپرمیدین در شرایط تنش شوری باعث افزایش غلظت پرولین برگ گیاه گوجه‌فرنگی شد (Raziq *et al.*, 2022).

با افزایش سطح شوری، غلظت کاروتنوئید برگ افزایش یافت، به طوریکه سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، غلظت کاروتنوئید برگ را به‌ترتیب ۵۶ و ۴۶ درصد افزایش دادند (جدول ۸). در تمام سطوح شوری با محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، غلظت کاروتنوئید برگ افزایش یافت. در شرایط بدون تنش شوری، محلول‌پاشی با اسپرمیدین، در شرایط تنش شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، محلول‌پاشی با اسپرمین و در شرایط تنش شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، محلول‌پاشی با اسپرمین در افزایش غلظت کاروتنوئید مؤثر بوده است (جدول ۸). همسو با یافته‌های ما در این تحقیق، گزارش شده است که محلول‌پاشی با اسپرمیدین غلظت کاروتنوئید را در شرایط بدون تنش و تنش شوری در گیاه گوجه‌فرنگی افزایش داد (Raziq *et al.*, 2022). در مطالعه‌ای روی گیاه فلفل، محلول‌پاشی با اسپرمین، سبب افزایش غلظت کاروتنوئید تحت شرایط تنش شوری شد (Ramadan *et al.*, 2022). محلول‌پاشی با اسپرمین در شرایط شوری ممکن است از طریق حذف گونه‌های اکسیژن فعال، محافظت از غلظت کلروفیل، بهبود پارامترهای فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم، اثرهای مخرب شوری بر غلظت کلروفیل و کاروتنوئید را کاهش دهد (Khoshbakht *et al.*, 2018). نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجه غلظت کاروتنوئید در گیاهان کاملینا تیمار شده با پلی‌آمین‌ها بود (جدول ۸). کاهش اثرهای نامطلوب تنش شوری با استفاده از پلی‌آمین‌ها ممکن است به دلیل افزایش تعداد گرانا (کلروپلاست از واحدهایی به نام گرانا ساخته شده‌است که انرژی خورشید را به‌دام می‌اندازد و خود این گرانا‌ها نیز از واحدهایی به نام تیلاکوئید تشکیل شده‌اند) و در نتیجه افزایش تیلاکوئیدها باشد و افزایش تیلاکوئیدها منجر به افزایش غلظت کلروفیل می‌شود. علاوه بر این، یکی از مزیت‌های انباشته شدن بیشتر گرانا این است که با ایجاد یک محیط مناسب باعث انتقال انرژی فتوسیستم ۱ و ۲ و بهبود کنترل برداشت نور و عملیات فتوشیمیایی می‌شود (Aldesuquy *et al.*, 2014a). انباشته شدن بیشتر گرانا ناشی از محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها ممکن است دلیل تجمع کاروتنوئیدها در برگ کاملینا باشد. همچنین کاروتنوئیدها ممکن است به عنوان رنگدانه گیرنده نور عمل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۶- تجزیه واریانس اثرهای تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد دانه در هر کپسول	تعداد کپسول در هر بوته	وزن ۱۰۰ دانه	طول کپسول	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت
تنش شوری	۲	۰/۷۴ **	۸/۵۴ **	۰/۰۰۰۱۲ **	۰/۰۴۲ **	۰/۴۰۸ **	۴/۳۶ **	۱۰۸/۰۶ **
محلول‌پاشی	۳	۰/۴۳ **	۰/۹۵ **	۰/۰۰۰۰۵۷**	۰/۰۲۰ **	۰/۰۸۱ **	۱/۲۰ **	۷۹/۸۱ **
شوری × محلول‌پاشی	۶	۰/۰۲ ns	۰/۱۰ ns	۰/۰۰۰۰۰۳۶ns	۰/۰۰۰۸۰ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۲۳ **	۶/۴۰ ns
خطای آزمایشی	۲۴	۰/۰۲۵	۰/۰۶	۰/۰۰۰۰۰۳۵	۰/۰۰۰۹۱	۰/۰۰۶۷	۰/۰۶۶	۵/۳۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۶۸	۵/۵۶	۱۰/۴۳	۵/۰۷	۱۵/۲۳	۱۰/۱۴	۱۱/۱۱

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

کنند (Aldesuquy *et al.*, 2014b). این نتایج با نتایج بدست آمده توسط (Weier and Benson, 1967) مطابقت دارد که پیشنهاد کردند تجمع رنگدانه کاروتنوئید ممکن است از رنگدانه کلروفیل در برابر تنش‌ها محافظت کند.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر اثرهای ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر تعداد دانه در هر کپسول، تعداد کپسول در هر بوته، وزن صد دانه، طول کپسول، عملکرد دانه و شاخص برداشت کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۶). اثر برهمکنش تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها فقط بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود (جدول ۶). با افزایش سطح تنش شوری عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت، به طوریکه سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، به‌ترتیب تعداد دانه در هر کپسول (۳۰ و صفر درصد)، تعداد کپسول در هر بوته (۵۲ و ۲۵ درصد)، وزن صد دانه (۳۰ و ۵ درصد)، طول کپسول (۱۸ و ۹ درصد)، عملکرد دانه (۵۲ و ۱۰ درصد)، عملکرد زیستی (۳۸ و ۱۰ درصد) و شاخص برداشت (۲۲ و صفر درصد) را کاهش دادند (جدول ۷). همچنین محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، در مقایسه با شاهد، به‌ترتیب تعداد دانه در هر کپسول (۳۶، ۲۵ و ۱۸ درصد)، تعداد کپسول در هر بوته (۲۶، ۲۳ و ۲۴ درصد)، وزن صد دانه (۲۸، ۱۷ و ۱۲ درصد)، طول کپسول (۱۳، ۱۵ و ۱۷ درصد) و عملکرد دانه (۳۲، ۸ و ۲۱ درصد) را افزایش داد (جدول ۷).

شوری خاک اثرهای مخربی بر توسعه گیاهان دارد و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (Kaya *et al.*, 2020). نتایج بررسی برخی محققان (Talaat *et al.*, 2022b) نشان داده است که تنش شوری به‌طور قابل‌توجهی ($P < 0.05$) با کاهش غلظت کلروفیل‌های a و b، رشد گیاه را متوقف می‌کند و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها، اثر شوری را مهار کرده و باعث بهبود رشد و عملکرد کاملینا شده است. در آزمایشی، محلول‌پاشی با پلی‌آمین اسپرمین رشد و عملکرد گیاه پروانش (*Catharanthus roseus* L.) را در شرایط تنش شوری بهبود بخشید و بر صفات وزن تر و وزن خشک بوته، ارتفاع، تعداد گل، محتوای نسبی آب، غلظت پرولین، غلظت کلروفیل‌ها، غلظت کاروتنوئید و آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد و بر صفت تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (اعلائی و همکاران، ۱۴۰۰). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها می‌تواند با افزایش غلظت کلروفیل، افزایش محتوای نسبی آب برگ، افزایش تجمع پرولین، بهبود وضعیت ریشه در شرایط تنش شوری (جذب بهتر مواد مغذی) و افزایش رنگیزه‌های گیاهی (بهبود فتوسنتز) به طور معنی‌داری به تحمل تنش شوری توسط گیاه کاملینا کمک کند.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها ممکن است باعث رشدونمو کاملینا شده و از طریق

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرهای ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر برخی صفات فیزیولوژیک کاملینا

تیمار	تعداد دانه در هر کپسول	تعداد کپسول در هر بوته	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	طول کپسول (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (گرم بر گلدان)	شاخص برداشت (٪)
تنش شوری						
۰	۶/۴۳ a	۳۰/۰۲ a	۰/۰۲۰ a	۰/۶۵ a	۰/۶۷ a	۲۲/۴۱ a
۱۵	۶/۵۹ a	۲۲/۳۵ b	۰/۰۱۹ a	۰/۵۹ b	۰/۶۰ a	۲۲/۷۰ a
۳۰	۴/۴۹ b	۱۴/۴۱ c	۰/۰۱۴ b	۰/۵۳ c	۰/۳۲ b	۱۷/۳۷ b
محلول‌پاشی						
آب	۴/۴۶ c	۱۷/۸۵ b	۰/۰۱۵ c	۰/۵۲ b	۰/۴۴ c	۲۰/۹۶ b
اسپرمین	۷/۱۰ a	۲۴/۲۶ a	۰/۰۲۱ a	۰/۶۰ a	۰/۶۵ a	۲۴/۹۹ a
اسپرمیدین	۶/۱۰ ab	۲۳/۲۹ a	۰/۰۱۸ b	۰/۶۱ a	۰/۴۸ bc	۱۸/۶۴ b
پوترسین	۵/۵۸ bc	۲۳/۶۶ a	۰/۰۱۷ bc	۰/۶۳ a	۰/۵۶ ab	۱۸/۷۲ b

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون حداقل فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد هستند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرهای برهمکنش سطوح مختلف تنش شوری و محلول‌پاشی بر صفات مورد مطالعه در کاملینا

تیمار		مساحت برگ (سانتی‌مترمربع)	طول ریشه (سانتی‌مترمربع)	پرولین (میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک برگ)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	عملکرد زیستی (گرم بر گلدان)
تنش شوری	محلول‌پاشی					
۰	آب	۶/۲۳ bc	۸/۹۹ a	۳۴۳/۳۷ e	۰/۲۸۷ f	۲/۴۹ bcd
	اسپرمین	۱۱/۴۵ a	۱۱/۱۶ ab	۱۲۳۲/۵۱ d	۰/۴۵۵ ef	۳/۰۲ ab
	اسپرمیدین	۴/۸۱ cd	۱۰/۷۱ ab	۱۲۵۱/۵۳ d	۰/۴۹۲ ef	۳/۱۱ ab
	پوترسین	۷/۳۹ b	۱۰/۷۷ ab	۱۵۹۲/۵۸ bcd	۰/۳۸۰ ef	۳/۴۷ a
۱۵	آب	۳/۷۵ de	۸/۲۲ bcd	۱۴۹۱/۸۰ cd	۰/۴۰۰ ef	۲/۰۹ cde
	اسپرمین	۳/۹۰ cde	۱۰/۹۹ ab	۱۶۶۸/۱۸ abcd	۱/۰۲۰ b	۲/۶۹ bc
	اسپرمیدین	۴/۲۲ cde	۹/۲۲ abc	۲۰۷۱/۸۷ abc	۰/۶۰۴ de	۲/۵۶ bcd
	پوترسین	۴/۹۳ cd	۹/۴۷ abc	۲۲۰۵/۰۸ ab	۰/۹۸۶ bc	۳/۵۱ a
۳۰	آب	۲/۱۳ e	۷/۴۳ cd	۱۶۹۲/۷۹ abcd	۰/۵۳۹ de	۱/۵۹ e
	اسپرمین	۴/۲۸ cde	۱۰/۵۵ ab	۱۹۷۰/۴۰ abc	۱/۳۵۲ a	۲/۱۰ cde
	اسپرمیدین	۳/۵۲ de	۸/۵۵ abcd	۲۳۱۵/۲۸ a	۰/۷۶۳ cd	۱/۹۰ de
	پوترسین	۴/۱۴ cde	۶/۲۷ d	۱۹۱۴/۴۵ abc	۱/۰۸۶ b	۱/۸۵ de

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون حداقل فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد هستند.

افزایش اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه را بهبود و باعث کاهش اثرهای تنش شوری شود. پلی‌آمین‌ها اثر تنظیم‌کنندگی رشد و همچنین مقابله با اثر هورمون اسید آبسزیک دارند و در تحمل گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی، نقش دفاعی دارند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

(Jangra *et al.*, 2022). سایر محققان نیز نشان دادند که بیشترین عملکرد زیستی در شرایط بدون تنش شوری و کمترین آن در شرایط تنش شوری حاصل شد و محلول‌پاشی با اسپرمیدین در شرایط تنش شوری باعث افزایش عملکرد زیستی گیاه گوجه‌فرنگی شد (Raziq *et al.*, 2022). وقتی گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، بر اثر کاهش پتانسیل اسمزی دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک شده و ریشه‌ها تحت این شرایط مقدار اسید آبسزیک را افزایش داده که این هورمون از طریق جریان تعرق به اندام‌های هوایی منتقل شده و در اندام‌های هوایی سبب کاهش هدایت روزنه‌ها و به دنبال آن کاهش تعرق می‌شود (Zlatev and Yordanov, 2004). در نهایت، به دلیل کاهش انتشار دی‌اکسید کربن فتوسنتز، رشد و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Ashraf, 2001). نتایج دیگر نیز نشان دادند که با افزایش سطح تنش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاملینا کاهش معنی‌داری یافت که یافته‌های ما در این پژوهش را تأیید می‌کنند (Gholamian *et al.*, 2017). در نتایج محققان دیگر نیز به تأثیر مثبت معنی‌دار اسپرمین (صفر و ۱۰ میکرومول و ۱ میلی‌مول) بر روی اندام هوایی گیاه کرچک در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد، در افزایش وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه اشاره شده است (Izadi and Tadayon, 2016).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری باعث کاهش صفات ریشه مانند قطر ریشه، طول ریشه، وزن خشک ریشه و حجم ریشه شد، همچنین صفات فیزیولوژیک مانند غلظت کلروفیل و محتوای نسبی برگ را کاهش داد ولی باعث افزایش غلظت پرولین، دمای برگ و غلظت کاروتنوئید گردید. علاوه بر این تنش شوری عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه کاملینا را کاهش داد. محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش شوری باعث بهبود صفات رشد، خصوصیات ریشه، صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه شد و توانست اثرهای نامطلوب شوری را کاهش دهد. به نظر می‌رسد کاملینا بتواند شوری تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کرده و عملکرد دانه مطلوب تولید کند. همچنین محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها به عنوان یک راهکار جهت کاهش اثرهای نامطلوب تنش شوری پیشنهاد می‌گردد.

منابع

اسدی‌نسب، نفیسه، حسیبی، پیمان و مسکرباشی، موسی (۱۳۹۱). مطالعه تغییرات فتوسنتز و تنفس در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) تحت تنش شوری. *تولیدات گیاهی*، ۳۵(۱)، ۵۵-۶۹. URL: https://plantproduction.scu.ac.ir/article_12155.html?lang

اعلائی، میترا، کرمی، زهرا، ارغوانی، مسعود و صالحی، فهیمه (۱۴۰۰). مطالعه اثر اسپرمین در شرایط تنش شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه پروانش (*Chatarantus roseus* L.). *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۲(۳)، ۵۵۳-۵۶۴. DOI: 10.22059/IJHS.2021.291658.1734

سیدشریفی، رضا و قلی‌نژاد، اسماعیل (۱۴۰۰). ارزیابی صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.

قلی‌نژاد، اسماعیل، درویش‌زاده، رضا و ابهری، عباس (۱۴۰۱). تنش خشکی و راهکارهای مقابله با آن در گیاهان زراعی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۷(۶۷)، ۱۵۲-۱۸۴. DOI: 10.30495/iper.2022.1966339.1818

Abdoli, A., Ramezani moghadam, J., Hosseini, Y., Nikpour, M. R., & Dehghan, H. (2021). The effect of salinity stress on tomato root characteristics saint pierre and its yield under irrigation time management. *Journal of Horticultural Science*, *35*(2), 223-234. DOI: 10.22067/JHS.2021.61809.0

Ahanger, M. A, & Agarwal, R. M. (2017). Salinity stress induced alterations in antioxidant metabolism and nitrogen assimilation in wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by potassium supplementation. *Plant Physiology and Biochemistry*, *115*, 449-460. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.04.017

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

Ahanger, M. A., Qin, C., Maodong, Q., Dong, X. X., Ahmad, P., Abd Allah, E. F., & Zhang, L. (2019). Spermine application alleviates salinity induced growth and photosynthetic inhibition in *Solanum lycopersicum* by modulating osmolyte and secondary metabolite accumulation and differentially regulating antioxidant metabolism. *Plant Physiology Biochemistry, 144*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.021

Akbari, M., Katam, R., Husain, R., Farajpour, M., Mazzuca, S., & Mahna, N. (2020). Sodium chloride induced stress responses of antioxidative activities in leaves and roots of pistachio rootstock. *Biomolecules Preprints, 10*(189), 1-18. https://doi.org/10.3390/biom10020189

Al-Mushhin, A. A. M. (2022). Interactive effect of potassium and spermidine protects growth, photosynthesis and chlorophyll biosynthesis in Vigna angularis from salinity induced damage by up-regulating the tolerance mechanisms. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 50*(1), 12607. DOI:10.15835/nbha50112607

Alcazar, R, & Tiburcio, A. F. (2014). Plant polyamines in stress and development: An emerging area of research in plant sciences. *Frontiers in Plant Science, 5*, 319. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00319

Aldesuquy, H., Baka, Z., & Mickky, B. (2014a). Kinetin and spermine mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Leaf area, photosynthesis and chloroplast ultrastructure of flag leaf at ear emergence. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2014.03.002

Aldesuquy, H., Baka, Z., & Mickky, B. (2014b). Role of kinetin and spermine in the reversal of seawater stress-induced alteration in growth vigor, water relations and nucleic acids of wheat plants. *Phyton-Annales Rei Botanicae, 54*(2), 251-274. WOS:000346682700009

Alizadeh, A. (2000). The Relationship Between Water, Soil and Plants. Astan Quds Publications, Mashhad.

Amiri, H., Banakar, M. H., Ranjbar, G. H., Sarafraz Ardakani, M. R., & Omidvari, M. (2023). Exogenous application of spermidine and methyl jasmonate can mitigate salt stress in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Industrial Crops and Products, 199*(1), 116826. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116826

Anwar-ul-Haq, M., Iftikhar, I., Akhtar, J., & et al. (2023). Role of exogenous osmolyte supplementation in ameliorating osmotic and oxidative stress and promoting growth in salinity-stressed soybean genotypes. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 23*, 3682-3694. https://doi.org/10.1007/s42729-023-01289-1

Ashraf, M. (2001). Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt-tolerant amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. *Environmental and Experimental Botany, 45*, 155-163. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(00)00090-3

Askar, A, & Treptow, H. (2006). Biogene amine in lebensmittlen a Veleg Eugen ulmer, Stuttgart grown in the dark and at different light quanta fluence rates. *Photochemistry Photobiology, 35*, 217e221.

Azeem, M., Pirjan, K., Qasim, M., Mahmood, A., Javed, T., Muhammad, H., Yang, S., Dong, R., Ali, B., & Rahimi, M. (2023). Salinity stress improves antioxidant potential by modulating physio-biochemical responses in *Moringa oleifera* Lam. *Scientific Reports, 13*, 2895. https://doi.org/10.1038/s41598-023-29954-6

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil, 39*(1), 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Bencherif, K., Boutekrabt, A., Fontaine, J., Laruelle, F., Dalpe, Y., & Sahraoui, A. L. (2015). Impact of soil salinity on arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity and microflora biomass associated with *Tamarix articulata* Vahll rhizosphere in arid and semi-arid Algerian areas. *Science Total Environment, 533*, 488-494. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.007

Boorboori, M. R. (2023). Investigating the role of silicon in reducing the risk of arsenic, cadmium, drought and salinity stresses in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnol*ogy, *26*, 387-404. https://doi.org/10.1007/s12892-022-00191-z

Bouabdallah, M., Mahmoudi, H., Ghnaya, T., Hannachi, H., Taheri, A., Ouerghi, Z., & Chaffei-Haouari, C. (2022). Spermidine as an elevator of salinity induced stress on two varieties of *Triticum durum* Desf. (Karim and Razzek). *Pakistan Journal of Botany, 54*(3), 771-779. DOI: http://dx.doi.org/10.30848/PJB2022-3(3)

Farzi-Aminabad, R., Nasrullahzade, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2022). Response of safflower in water deficit and foliar application of putrescine and 24-epibrassinolide. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31*(2), 289-302. DOI: 10.22034/SAPS.2021.13110

Geng, W., Qiu, Y., Peng, Y., Zhang, Y., & Li, Z. (2021). Water and oxidative homeostasis, Na^+/K^+ transport, and stress-defensive proteins associated with spermine-induced salt tolerance in creeping bentgrass. *Environmental and Experimental Botany, 192*, 104659. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104659

Gholamian, S. M., Ghamarnia, H., & Kahrizy, D. (2017). Effects of saline water on Camelina (*Camelina sativa*) yield in Greenhouse condition. *Water and Irrigation Management, 7*(2), 333-348. DOI: 10.22059/jwim.2018.248556.582

Guo, J., Wang, S., Yu, X., Dong, R., Li, Y., Mei, X., & Shen, Y. (2018). Polyamines regulate strawberry fruit ripening by abscisic acid, auxin, and ethylene. *Plant Physiology, 177*(1), 339-351. DOI: 10.1104/pp.18.00245

Hosseini Sanehkoori, F., Pirdashti, H., & Bakhshandeh, E. (2022). Effect of environmental factors on *Camelina sativa* seed germination and emergence. *Acta Physiologiae Plantarum, 45*(1), 4. https://doi.org/10.1007/s11738-022-03487-3

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

Hussain, M. I, & Al-Dakheel, A. J. (2018). Effect of salinity stress on phenotypic plasticity, yield stability, and signature of stable isotopes of carbon and nitrogen in safflower. *Environmental Science and Pollution Research, 25*(24), 23685-23694. https://doi.org/10.1007/s11356-018-2442-z

Iqbal, M, & Basra, S. (2006). Wheat seed priming in relation to salt tolerance: Growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. *Annales Botanici Fennici, 43*, 250-259. https://www.jstor.org/stable/23727218

Izadi, Z, & Tadayon, M. R. (2016). Effect of salicylic acid and spermine on yield and yield components of castor bean (*Ricinus communis* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 8*(2), 159-167. https://doi.org/10.22077/escs.2016.212

Jaleel, C. A., Sankar, B., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2008). Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in *Catharanthus roseus*. *Turkish Journal of Biology, 32*, 79-83. https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol32/iss2/2

Jamei, R., Heidari, R., Khara, J., & Zare, S. (2008). The interaction effects of flooding and kinetin on growth criteria, chlorophyll content, and 5-aminolevulinic acid dehydratase activity in corn seedlings. *Turkish Journal of Biology, 32*(4), 253-257. https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol32/iss4/4

James, R. A, & Sirault, X. R. (2012). Infrared thermography in plant phenotyping for salinity tolerance. *Methods Molocular Biology, 913*, 173-189. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-986-0_11

Jangra, A., Chaturvedi, S., Kumar, N., Singh, H., Sharma, V., Thakur, M., Tiwari, S., & Chhokar, V. (2022). Polyamines: The gleam of next-generation plant growth regulators for growth, development, stress mitigation, and hormonal crosstalk in plants—a systematic review. *Journal of Plant Growth Regulation, 42*(2), 1-25. DOI: 10.1007/s00344-022-10846-4

Kaya, C., Ashraf, M., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2020). The role of endogenous nitric oxide in salicylic acid-induced up-regulation of ascorbate-glutathione cycle involved in salinity tolerance of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry, 147*, 10-20. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.11.040

Kesahvarznia, R., Shahbazi, M., Mohammadi, V., Hosseini Salekdeh, G., Ahmadi, A., & Mohseni-Fard, E. (2014). The impact of barley root structure and physiological traits on drought response. *Iranian Journal of Field Crop Science, 45*(4), 553-563. DOI: 10.22059/IJFCS.2014.53565

Khodabakhshi, L., Seyedi, A., Mazaheri-Tirani, M., & Parsa Motlagh, B. (2023). Morphological and physiological responses of *Indigofera tinctoria* L. to putrescine under drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology, 70*, 43. https://doi.org/10.1134/S102144372260252X

Khoshbakht, D., Asghari, M. R., & Haghighi, M. (2018). Influence of foliar application of polyamines on growth, gas-exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence in Bakraii citrus under saline conditions. *Photosynthetica, 56*(2), 731-742. https://doi.org/10.1007/s11099-017-0723-2

Khosravinejad, F., Heydari, R., & Farboodnia, T. (2008). Effects of salinity on photosynthetic pigments, respiration, and water content in two barley varieties. *Pakistan Journal of Biology Science, 11*(20), 2438-2442. DOI: 10.3923/pjbs.2008.2438.2442.

Kurasiak-Popowska, D., Graczyk, M., & Stuper-Szablewska, K. (2020). Winter camelina seeds as a raw material for the production of erucic acid-free oil. *Food Chemistry, 330*, 127265. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127265

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., & Takahashi, Y. (2008). Polyamines: Essential factors for growth and survival. *Planta, 228*, 367-381. https://doi.org/10.1007/s00425-008-0772-7

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *In Methods in Enzymology, 148*, 350-382. Academic Press. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Liu, X., Chai, J., Zhang, Y., Zhang, C., Lei, Y., Li, Q., & Yao, T. (2022). Halotolerant rhizobacteria mitigate the effects of salinity stress on maize growth by secreting exopolysaccharides. *Environmental and Experimental Botany, 204*, 105098. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105098

Moghaddam, A., Larijani, H., Oveysi, M., & et al. (2023). Alleviating the adverse effects of salinity stress on *Salicornia persica* using sodium nitroprusside and potassium nitrate. *BMC Plant Bioliology, 23*, 166. https://doi.org/10.1186/s12870-023-04179-x

Munns, R., Guo, J., Passioura, J. B., & Cramer, G. (2000). Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley. *Functional Plant Biology, 27*, 949-957. https://doi.org/10.1071/PP99193

Nandy, S., Das, T., Tudu, C. K., Mishra, T., Ghorai, M., Gadekar, V. Sh., Anand, U., Kumar, M., Behl, T., Shaikh, U. K., Jha, N. K., Shekhawat, M. S., Pandey, D. K., Dwivedi, P. R., & Dey, A. (2022). Unravelling the multi-faceted regulatory role of polyamines in plant biotechnology, transgenics and secondary metabolomics. *Applied Microbiology and Biotechnology, 106*, 905-929. https://doi.org/10.1007/s00253-021-11748-3

Noor, M., Fan, J., Zhang, J., Zhang, C., Sun, S., Gan, L., & Yan, X. B. (2023). Bermudagrass responses and tolerance to salt stress by the physiological, molecular mechanisms and proteomic perspectives of salinity adaptation. *Agronomy, 13*(1), 174. https://doi.org/10.3390/agronomy13010174

Ouda, S., Khalil, F., & Tantawy, M. (2006). Predicting the impact of water stress on the yield of different maize hybrids. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2*(6), 369-374.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

http://www.aensiweb.com/RJABS/

Parida, A. K, & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 60*(3), 324-349. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010

Qian, R., Ma, X., Zhang, X., Hu, Q., Liu, H., & Zheng, J. (2021). Effect of exogenous spermidine on osmotic adjustment, antioxidant enzymes activity, and gene expression of gladiolus gandavensis seedlings under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation, 40*(4), 1353-1367. https://doi.org/10.1007/s00344-020-10198-x

Quarrie, S. A, & Jones, H. G. (1979). Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. *Annals of Botany, 44*(3), 323-332. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085736

Ramadan, M. E., El-Saber, M. M., Adelhamid, A. E., & El-Sayed, A. A. (2022). Effect of nano-chitosan encapsulated spermine on growth, productivity and bioactive compounds of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) under salinity stress. *Egyptian Journal of Chemistry, 65*(8), 197-207. DOI: 10.21608/EJCHEM.2021.105793.4870

Raziq, A., Mohi Ud Din, A., Anwar, S., Wang, Y., Jahan, M. S., He, M., & Guo, S. (2022). Exogenous spermidine modulates polyamine metabolism and improves stress responsive mechanisms to protect tomato seedlings against salt stress. *Plant Physiology Biochemistry, 187*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.07.005

Russo, R, & Reggiani, R. (2015). Salt sensitivity in camelina sativa seedlings and polyamine content. *International Journal of Plant and Soil Science*, *8*, 1-7. DOI: 10.9734/IJPSS/2015/20270

Sadeghzadeh, A., Shakiba, M. R., Hassannejad, S., & Zehtab Salmasi, S. (2023). Improvement of grain and oil yield-related traits of marigold (*Calendula officinalis* L.) in response to exogenous application of spermidine under water-deficit and weed infestation conditions. *Journal of Plant Physiology and Breeding, 13*(1), 17-33. DOI: 10.22034/JPPB.2023.16400

Saravi, H. B., Gholami, A., Pirdashti, H., Firouzabadi, M. B., & Asghari, H. (2021). The response of stevia (*Stevia rebaudiana* bertoni) photosystem ii photochemistry to fungi symbiosis and spermidine application under saline water irrigation. *Russian Agricultural Sciences, 47*(1), 32-36. https://doi.org/10.3103/S106836742101016X

Shu, S., Yuan, L., Guo, S. R., Sun, J., & Liu, C. J. (2012). Effects of exogenous spermidine on photosynthesis, xanthophyll cycle and endogenous polyamines in cucumber seedlings exposed to salinity. *African Journal of Biotechnology, 11*, 6064-6074. DOI: 10.5897/AJB11.1354

Sydor, M., Kurasiak-Popowska, D., Stuper-Szablewska, K., & Rogozinski, T. (2022). *Camelina sativa*. Status quo and future perspectives. *Industrial Crops and Products, 187*, 115531. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115531

Talaat, N. B. (2020). 24-Epibrassinolide and spermine combined treatment sustains maize (*Zea mays* L.) drought tolerance by improving photosynthetic efficiency and altering phytohormones profile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20*(2), 516-529. https://doi.org/10.1007/s42729-019-00138-4

Talaat, N. B., Ibrahim, A. S., & Shawky, B. T. (2022a). Enhancement of the expression of zmbzr1 and zmbes1 regulatory genes and antioxidant defense genes triggers water stress mitigation in maize (*Zea mays* L.) plants treated with 24-Epibrassinolide in combination with spermine. *Agronomy, 12*(10), 2517. https://doi.org/10.3390/agronomy12102517

Talaat, N. B., Mahmoud, A. W. M., & Hanafy, A. M. A. (2022b). Co-application of salicylic acid and spermine alleviates salt stress toxicity in wheat: Growth, nutrient acquisition, osmolytes accumulation, and antioxidant response. *Acta Physiologiae Plantarum, 45*(1), 1. https://doi.org/10.1007/s11738-022-03485-5

Weier, T. E, & Benson, A. A. (1967). The molecular organization of chloroplast membranes. *American Journal of Botany, 54*, 389-402. https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1967.tb10656.x

Wikenz, J. E, & Norfolk, I. (2010). Eco-Physiology of Economic Plants in Arid and Semi-arid Regions, Adaptations for Desert Living Creatures. Tehran University.

Wu, J., Shu, S., Li, C., Sun, J., & Guo, S. (2018). Spermidine-mediated hydrogen peroxide signaling enhances the antioxidant capacity of salt-stressed cucumber roots. *Plant Physiology and Biochemistry, 128*, 152-162. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.002

Xiong, F., Liao, J., Ma, Y., Wang, Y., Fang, W., & Zhu, X. (2018). The protective effect of exogenous putrescine in the response of tea plants (*Camellia sinensis*) to salt stress. *HortScience Horts, 53*(11), 1640-1646. DOI: 10.21273/HORTSCI13283-18

Younessi-Hamzekhanlu, M., Dibazarnia, Z., Oustan, S., Vinson, T., Katam, R., & Mahna, N. (2021). Salinity stimulates biochemical activities and metabolites associated with anticancer activities in *Black horehound* (*Ballota nigra* L.). *Agronomy, 11*, 2538. https://doi.org/10.3390/agronomy11122538

Zhiwei, W., Wang, J., Yan, D., Yuan, H., Wang, Y., He, Y., & Zheng, B. (2020). Exogenous spermidine improves salt tolerance of pecan-grafted seedlings via activating antioxidant system and inhibiting the enhancement of Na^+/K^+ ratio. *Acta Physiologiae Plantarum, 42*, 83. https://doi.org/10.1007/s11738-020-03066-4

Zlatev, Z, & Yordanov, I. (2004). Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Journal of Plant Physiology, 30*(3), 3-4.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

The Effect of Foliar Spraying of Polyamines on Growth Traits, Seed Yield and Yield Components of Camelina (*Camelina sativa* L.) at Different Levels of Salinity Stress

Esmaeil Gholinezhad[1], Shahryar Kazemi[2], Bakhtiar Lalehgani[1]

[1] Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2] Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran
(Received: 2023/05/10, Accepted: 2023/08/22)

Abstract

This experiment aims to investigate the effect of foliar spraying of polyamines on growth traits, root characteristics, physiological traits and seed yield and yield components of the Camelina plant at different levels of salinity stress, a pot factorial experiment based on a completely randomized design was done in 2021 at Payam Noor University. The first factor was the salinity stress with Urmia lake water at three levels (0, 15 and 30 dS/m) and the second factor was foliar spraying polyamines at four levels (spermine, spermidine, putrescine and control (spraying with water)). The results showed that the salinity stress of 30 and 15 ds/m in comparison with the control decreased root diameter (16 and 4 percent), root dry weight (39 and 17 percent), root volume (43 and 31 percent), relative leaf water content (60 and 23 percent), chlorophyll a concentration (57 and 13 percent), chlorophyll b concentration (61 and 21 percent), the number of capsules per plant (52 and 25 percent), the weight of 100 seeds (30 and 5 percent), seed yield (52 and 10 percent), and biological yield (38 and 10 percent), respectively. But salinity stress at 30 and 15 ds/m increased leaf temperature (12 and 6%), carotenoid concentration (56 and 46%), and leaf proline concentration (44 and 40%), respectively. Foliar spraying with spermine, spermidine and putrescine in comparison with no foliar spraying, enhanced the number of capsules per plant (26, 23 and 24%), weight of 100 seeds (28, 17 and 12%) and seed yield (38, 8 and 21 percent), respectively. On the other hand, it reduced the effects of salinity stress. Therefore, it seems that the Camelina plant can tolerate salinity up to 15 dS/m. Foliar spraying with polyamines can be a good approach to improving the tolerance, growth and yield of Camelina under salinity stress conditions.

Keywords: Leaf temperature, Putrescine, Root volume, Spermidine, Spermine

Corresponding author, Email: e_gholinejad@pnu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-16]