نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۳۳ تا ۴۸

بررسی ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع روغن کاملینا در واکنش به تنش شوری و پلی‌آمین‌ها

اسماعیل قلی نژاد[1]*، شهریار کاظمی[2] و بختیار لله گانی[3]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴)

چکیده

به‌منظور بررسی ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع روغن کاملینا در واکنش به تنش شوری و پلی‌آمین‌ها، آزمایشی در اسفندماه سال ۱۴۰۰ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی به‌صورت کشت گلدانی (هوای آزاد) با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمار تنش شوری با آب دریاچه ارومیه در سه سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) بود. تیمار محلول‌پاشی در چهار سطح ۱- محلول‌پاشی با اسپرمین، ۲- محلول‌پاشی با اسپرمیدین، ۳- محلول‌پاشی با پوترسین و ۴- شاهد (عدم محلول‌پاشی) بود. نتایج نشان داد با افزایش سطح تنش شوری درصد اسیدهای چرب اشباع افزایش و اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه کاهش یافت. همچنین تنش شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به‌ترتیب اسیدهای چرب اشباع (۶ و ۴ درصد) و نسبت اسیدهای چرب اشباع به غیراشباع (۹ و ۶ درصد) را افزایش اما درصد روغن (۱۷ و ۹ درصد)، اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دوگانه (۴ و ۲ درصد)، اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دوگانه (۳ و ۱ درصد)، عملکرد روغن (۶۲ و ۲۱ درصد) و عملکرد دانه (۵۲ و ۱۰ درصد) را کاهش دادند. محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها سبب کاهش درصد اسیدهای چرب اشباع و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع، شاخص غیراشباع، درصد پایداری روغن، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد دانه شد. بنابراین جهت تعدیل اثرات تنش شوری و بهبود ترکیب روغن و افزایش کمیت و کیفیت عملکرد دانه کاملینا، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین، شاخص غیر اشباع، درصد پایداری روغن

۱ و ۳. به‌ترتیب دانشیار و استادیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: e_gholinejad@pnu.ac.ir

مقدمه

کاملینا محصول روغنی به‌دلیل طول دوره رشد نسبتاً کوتاه، تقاضای کم مواد مغذی و مقاومت زیاد در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی پتانسیل زراعی زیادی دارد (۴۶ و ۵۳). علاوه بر این، کاملینا می‌تواند به‌عنوان یک محصول در تناوب استفاده شود و کیفیت خاک را بهبود بخشد (۶). برخی مطالعات نشان داد که دانه کاملینا حداقل ۳۰ درصد روغن دارد. روغن آن حاوی ۹۰ درصد اسید چرب غیراشباع است (۵۲). میزان زیاد اسید چرب غیراشباع ارزش تجاری کاملینا را در صنایع مختلف مانند مواد اولیه، تولید سوخت زیستی، پزشکی و اولئوشیمیایی برجسته کرده است (۳۵ و ۵۴). محتوای روغن در دانه‌های کاملینا از ۳۰ تا ۴۸ درصد متغیر است (۳۰) و سرشار از اسیدهای چرب امگا ۳ و ۶ است. میزان لینولنیک و لینولئیک اسید در روغن کاملینا (به‌ترتیب ۳۱ تا ۴۵ درصد و ۱۵ تا ۲۳ درصد) است که باعث بهبود کیفیت غذایی آن می‌شود (۴۳). نسبت اسید چرب در یک روغن، اطلاعات مهمی را در مورد مناسب بودن یک گیاه دانه روغنی ارائه می‌دهد. همه این ویژگی‌های منحصربه‌فرد گیاه کاملینا را در مناطقی که دارای تنش شوری، دمای بالا و زمین‌های حاشیه‌ای هستند، به یک محصول جایگزین با ارزش تبدیل می‌کند (۲۶).

شوری معمولاً منجر به اثرات مخرب وسیعی بر رشد و نمو گیاهان می‌شود و باعث عدم تعادل یونی و تنش اسمزی می‌شود و استرس اکسیداتیو را از طریق تغییرات در مسیرهای مولکولی و بیوشیمیایی ایجاد می‌کند (۹). یک راه ممکن برای کاهش اثرات مضر شوری، طراحی و استفاده از استراتژی‌های مدیریتی است که می‌تواند پتانسیل گیاه را برای حفظ تحمل و بهره‌وری تحت این تنش را افزایش دهد. در آزمایشی عملکرد دانه، لیپیدهای کل و خنثی و پروفایل اسیدهای چرب در گونه *Brassica juncea* با شوری کاهش یافت (۷). جذب بیش از حد یون‌های سمی ممکن است دلیل مهمی برای تغییرات در مسیرهای متابولیکی و فیزیولوژیکی، مانند تولید روغن در ارقام براسیکا در شرایط شوری باشد (۴). بهبود بهره‌وری محصول در خاک‌های شور یکی از مهم‌ترین اهداف پژوهشگران در سال‌های آینده خواهد بود. برخی از روش‌ها مانند، محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها، را می‌توان برای ارتقای عملکرد گیاه در شرایط شور به‌کار برد (۲۳).

پلی‌آمین‌ها فیتوهورمون‌هایی هستند که می‌توانند برای کاهش اثرات مضر تنش‌های غیرزیستی در گیاهان استفاده شوند (۳۳). پوترسین دی آمین (Put)، اسپرمیدین تریامین (Spd) و اسپرمین ترامین (Spm) پلی کاتیون‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم مشتق از آرژنین/اورنیتین هستند که تقریباً در همه موجودات زنده یافت می‌شوند (۳۱). پلی آمین‌ها در بسیاری از فرآیندهای رشد گیاهان مانند تقسیم سلولی، جنین زایی، رشد اندام‌های گل و زایشی، رسیدن میوه، رشد ریشه، پیری برگ و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارند (۴۲). پلی‌آمین‌ها با برهم‌کنش با ماکرومولکول‌هایی مانند RNA، DNA، کمپلکس‌های ترجمه و رونویسی و غشاهای سلولی به عنوان مولکول‌های سیگنال در مسیر پاسخ تنش تنظیم شده توسط آبسیزیک اسید (ABA) و با تولید H2O2، از بین بردن رادیکال‌های هیدروکسیل و افزایش تولید آنزیم‌ها و متابولیت‌های آنتی اکسیدان، به تحمل و بهبود پاسخ تنش در گیاهان کمک می‌کنند (۳۶). مطالعات قبلی بر اساس تنش شوری و پلی آمین‌های برگی در گیاهان زینتی مانند گلایلولوس (*Gladiolus gandavensis*) و فرانکنیا (*Frankenia pulverulenta*) گزارش کردند که شوری یک عامل محدود کننده برای رشد گیاه است. محلول پاشی Spm با افزایش نرخ فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی اثر مضر تنش شوری را کاهش داد (۱۵ و ۴۰).

پوترسین به‌عنوان یک پلی‌آمین مهم می‌تواند رشد گیاه را تنظیم کند و به‌عنوان یک پیام رسان ثانویه در مسیرهای سیگنال‌دهی عمل می‌کند (۲۹). پلی‌آمین‌ها بر بیان ژن‌ها تأثیر می‌گذارند و پروتئین‌های مرتبط با استرس را در گیاهان القا می‌کنند (۱۸). سطح چنین پلی‌آمین‌هایی در بافت‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های نمک و آب افزایش می‌یابد (۲۸). پلی‌آمین‌ها همچنین با از بین بردن رادیکال‌های آزاد، شامل فعال سازی بیان

ژن‌هایی که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را کد می‌کنند و مستقیماً به‌عنوان ترکیبات محافظ استرس عمل می‌کنند، نقش مهمی در تحمل استرس ایفا می‌کنند (۴۷). افزایش تولید اسیدهای لینولئیک و لینولنیک از اسید اولئیک به‌دلیل کاربرد پوترسین ممکن است با تنظیم بالا یا پایین برخی از پروتئین‌ها و آنزیم فسفولیپازها در متابولیسم کربوهیدرات گیاهی حاصل شود (۵۵). تجمع پوترسین در اکثر گیاهان در واکنش به تنش‌های مختلف فقدان آب و اسموزیته شدید، اتفاق می‌افتد که افزایش فعالیت آنزیم آرژنین دکربوکسیلاز مسئول تجمع این پلی‌آمین‌ها است. بدین لحاظ این آنزیم به‌عنوان آنزیم عمومی تنش و تجمع پوترسین به‌عنوان عمده‌ترین نشانه فعالیت آنزیم آرژنین دکربوکسیلاز ناشی از تنش در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (۳۲).

اثرات کاربرد پلی‌آمین‌ها بر رشد و فیزیولوژی کاملینا هنوز مشخص نشده است و مطالعه دقیقی در مورد سازگاری این گیاه با تنش شوری انجام نشده است. فرضیه این کار این است که کاربرد پلی‌آمین‌ها باعث کاهش اثرات مضر تنش شوری در کاملینا می‌شود. بنابراین، هدف از این کار بررسی اثر کاربرد پلی‌آمین‌ها و تنش شوری بر ترکیب روغن و محتوای اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع کاملینا بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اسفندماه سال ۱۴۰۰ در دانشگاه پیام نور ارومیه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی به‌صورت کشت گلدانی با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمار تنش شوری با آب دریاچه ارومیه در سه سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) بود. تیمار محلول‌پاشی در چهار سطح ۱- محلول‌پاشی با اسپرمین (۲ میلی‌مولار)، ۲- محلول‌پاشی با اسپرمیدین (۲ میلی‌مولار)، ۳- محلول‌پاشی با پوترسین (۲ میلی‌مولار) و ۴- شاهد (عدم محلول‌پاشی) بود که زمان اعمال محلول‌پاشی بعد از استقرار سه گیاهچه در گلدان و رسیدن به مرحله چهار برگی هر ۳ روز یکبار (در مجموع در ۶ مرحله) انجام گرفت.

در ابتدا برای آماده‌سازی خاک گلدان‌ها به‌ترتیب 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 مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور (هوای آزاد) قرار گرفتند. به‌دلیل یکسان بودن شرایط آزمایش برای پر کردن خاک در گلدان‌ها هر کدام را وزن کرده و به مقدار مساوی با خاک پر شدند. وزن هر گلدان برابر با ۱۳ کیلوگرم و دارای قطر ۳۰ و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متری بودند. سپس ظرفیت زراعی هر گلدان را به‌دست آورده و به هر گلدان به مقدار ۱۰ گرم کود اوره و ۱۰ گرم اسید هیومیک اضافه شد. همچنین بر اساس آزمون تجزیه خاک و توصیه کودی گوگرد پاشی و سولفات روی و کود سه بیست هم در زمان‌های آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. شروع کشت بذر کاملینا رقم سهیل در تاریخ ۲۳ اسفندماه سال ۱۴۰۰ به‌صورت دستی صورت گرفت و هر کدام از بذرها در عمق ۱ سانتی‌متری از خاک گلدان‌ها قرار گرفتند. برای تعیین زمان و حجم آبیاری از رابطه زیر استفاده شد (۵):

$$V = \frac{(FC - \theta m) \times \rho_b \times D_{Root} \times A}{E_i} \qquad (۱)$$

در فرمول بالا V حجم آب آبیاری بر حسب 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.

بنابراین در هر نوبت حدوداً ۲ لیتر آب به هر گلدان داده شد و دور آبیاری بر اساس میزان تبخیر و تعرق تنظیم شد که حدودا ۵ روز بود. تیمار شوری به‌صورت پلکانی اعمال شد، برای این منظور در ابتدا و برای سازگار شدن، گیاهان با شوری کمتر آبیاری شدند و سپس شوری‌های ذکر شده بر اساس تیمارها اعمال شدند البته 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

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

پتاسیم	فسفر قابل جذب	بافت خاک	نیتروژن	کربن آلی	رس	سیلت	شن	درصد مواد خنثی شونده	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	pH
(پی‌پی‌ام)			(درصد)							(دسی‌زیمنس بر متر)	
۸۰۷	۲۸/۳	لوم-لوم رسی	۰/۱	۰/۹۸	۲۳	۱۵	۶۲	۱۶	۲۹	۳/۶۲	۷/۲۸

به‌ترتیب ۱۷، ۲۲ و ۲۶ خرداد ماه سال ۱۴۰۱ انجام گرفت. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است.

در انتهای فصل رشد گیاه کاملینا برای اندازه گیری ارتفاع، با استفاده از متر از محل یقه تا انتهای ساقه اصلی، با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری به عمل آمد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه، بعد از برداشت گیاه کاملینا و بوجاری کردن بذور، چهار تکرار ۱۰۰تایی بذر شمارش و وزن آن‌ها با ترازوی دقیق با دقت یک هزارم محاسبه شد سپس میانگین آن‌ها را ضرب در ۱۰ و وزن ۱۰۰۰ دانه گزارش شد. بعد از برداشت کاملینا که سه بوته در هر گلدان بود تمامی برگ‌ها، تعداد شاخه فرعی و گل آذین‌های موجود در گیاه در آزمایشگاه شمارش و یادداشت برداری شد. گل آذین کاملینا در هوای آزاد و بدون دستگاه خشک‌کن به‌طور طبیعی خشک و سپس توسط ترازوی دقیق توزین شدند.

برای محاسبه عملکرد دانه، بذرهای موجود در کپسول‌های سه بوته هر گلدان جدا و وزن شدند. برای محاسبه وزن خشک کل، تمامی اجزای کاملینا را خشک کرده سپس توسط ترازوی دقیق اندازه‌گیری شدند.

درصد روغن، با دستگاه سوکسله (۱۶ و ۴۱) اندازه‌گیری شد. همچنین برای تجزیه اسیدهای چرب، روغن استخراج شده به روش آزمون نمونه استری شده با دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل A ۷۸۹۰ مجهز به ستون پلی‌اتیلن گلیکول DB-WAX (PEG) (۶۰ متر در ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) آنالیز شدند. دمای آون به‌صورت زیر برنامه ریزی شد: دمای اولیه به مدت ۵ دقیقه روی ۱۷۰ درجه سلسیوس نگه‌داشته شد، سپس با سرعت ۱ درجه سلسیوس در دقیقه به ۲۲۰ درجه سلسیوس افزایش یافت. دمای آشکارساز (FID) و دمای تزریق کننده ۲۲۰ درجه سلسیوس بود. نیتروژن به‌عنوان گاز حامل با سرعت خطی ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. داده‌های کمی حاصل از GC-FID بدون استفاده از فاکتورهای تصحیح به‌دست آمد. نسبت اسیدهای چرب اشباع به غیراشباع از تقسیم اسیدهای چرب اشباع شده بر اسیدهای چرب غیراشباع محاسبه شد.

شاخص غیراشباع از رابطه زیر محاسبه شد (۳۴):

$$UI = \Sigma Cn:1 + 2\Sigma Cn:2 + 3\Sigma Cn:3/100$$

که در آن Cn:1، Cn:2 و Cn:3 به‌ترتیب اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه، دو پیوند دو گانه و سه پیوند دوگانه هستند. درصد پایداری روغن بر اساس نسبت اسیدهای چرب اسید اولئیک (۱۸:۱) به اسید لینولئیک (۱۸:۲) محاسبه شد و سپس حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب شد (۳۹).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و MATATC انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب اسیدهای چرب اشباع روغن دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تاثیر اثرات ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای اسیدهای چرب

اشباع لیگنوسریک، مریستیک، پالمیتیک، بهنیک، استئاریک، آراشیدیک و کل اسیدهای چرب اشباع روغن دانه کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثرات برهم‌کنش تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای اسیدهای چرب اشباع بهنیک، استئاریک، آراشیدیک و کل اسیدهای چرب اشباع روغن دانه کاملینا معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش سطح تنش شوری، محتوای اسیدهای چرب اشباع افزایش معنی‌داری پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین (۱۱/۶۹ درصد) مقدار اسیدهای چرب اشباع روغن دانه از سطح شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و بدون محلول‌پاشی و کمترین (۹/۸۶ درصد) مقدار اسیدهای چرب اشباع روغن دانه از تیمار بدون تنش شوری و محلول‌پاشی با اسپرمیدین حاصل شد (جداول ۳ و ۴). سطوح شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر محتوای اسیدهای چرب اشباع را به‌ترتیب ۶ و ۴ درصد افزایش داد (جدول ۴). در سطوح مختلف تنش شوری، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها در مقایسه با عدم محلول‌پاشی، محتوای اسیدهای چرب اشباع را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی از نظر تاثیر بر محتوای اسیدهای چرب اشباع روغن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جداول ۳ و ۴). محتوای اسیدهای چرب و کیفیت آنها صفات کمی هستند که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرند (۱۲). تغییرات در مقدار و ترکیب اسیدهای چرب بذر به‌دلیل تنش شوری در مطالعات متعددی گزارش شده است. به‌عنوان مثال، محتوای اسیدهای پالمیتیک و اولئیک در گلرنگ در شرایط شوری کاهش یافت، درحالی‌که میزان اسیدهای استئاریک، لینولئیک و لینولنیک افزایش یافت (۴۴). شوری در سویا باعث کاهش میزان اسید لینولئیک و اولئیک و افزایش مقدار اسیدهای پالمتیک و استئاریک (۲۱) شد که با نتایج مطالعه ما همخوانی داشت. تغییر قابل‌توجه درصد اسیدهای چرب تحت تنش شوری نشان می‌دهد که اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع دانه کاملینا تحت تأثیر تغییرات شرایط محیطی قرار گرفتند. کمبود آب تحت تنش شوری می‌تواند مرحله تجمع لیپید را کوتاه کند و به تمام آنزیم‌های دساتوراز آسیب برساند (۲۰).

در آزمایشی محلول‌پاشی با پوترسین باعث بهبود محتوای اسید اولئیک و افزایش محتوای اسیدهای لینولئیک و لینولنیک و شاخص غیراشباع، تحت تنش شدید آبی شد (۳۴). بسته به شرایط محیطی، روغن در دانه‌های در حال رشد ۱-۲ هفته پس از گلدهی شروع به تجمع می‌کند (۱۱). در آزمایشی کاربرد خارجی تیوره باعث بهبود غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع (افزایش ۸ درصدی لینولئیک اسید و ۹ درصدی لینولنیک اسید) و کاهش ۸ درصدی غلظت اسید پالمتیک و ۱۱ درصدی اسید استئاریک شد (۳).

ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع روغن دانه

بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد تاثیر اثرات ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، سیس-۱۱-ایکوسنونیک، سیس-۱۱-۱۴-ایکوسادینوئیک، اروسیک، سیس ۱۱-۱۴-۱۷-ساترینوئیک، نروونیک، لینولئیک، لینولنیک، پالمیتولئیک، کل اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه، اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه و نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثرات برهم‌کنش تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای اسیدهای چرب غیراشباع لینولئیک، لینولنیک، پالمیتولئیک، کل اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه و نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه کاملینا معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش سطح تنش شوری، محتوای اسیدهای چرب غیراشباع کاهش معنی‌داری پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه به‌ترتیب از تیمار بدون تنش شوری و شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جداول ۳ و ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای اسیدهای چرب و ترکیب روغن کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		لیگنوسریک (C24:0)	مریستیک (C14:0)	پالمیتیک (C16:0)	بهنیک (C22:0)	استاریک (C18:0)	آراشیدیک (C20:0)	SFA	اولئیک (C18:1)	سیس-۱۱-ایکوسمنوئیک (C20:1)	سیس-۱۱-۱۴-ایکوسادینوئیک (C20:2)	اروسیک (C22:1)	سیس-۱۱-۱۴-۱۷-ایکوساترینوئیک (C20:3)	نروونیک (C24:1)
تنش شوری	۲	۰/۰۱**	۰/۰۰۴**	۰/۲۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۸**	۰/۰۳**	۱/۲۳**	۰/۶۳**	۰/۹۲**	۰/۳۱**	۰/۰۵**	۰/۰۹**	۰/۰۴**
محلول‌پاشی	۳	۰/۰۱**	۰/۰۰۳**	۰/۶۲**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۳**	۰/۰۷**	۱/۹۴**	۰/۷۶**	۰/۲۳**	۰/۰۰۶**	۰/۰۲**	۰/۰۱**	۰/۰۱**
شوری × محلول‌پاشی	۶	۰/۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۵۴**	۰/۰۱**	۰/۱۰*	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
خطای آزمایشی	۲۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۸۳	۱۵/۰۹	۲/۸۲۶	۱/۹۹	۱/۰۷۲	۲/۹۳	۱/۸۱	۱/۳۵	۱/۴۳	۲/۷۳	۲/۸۱	۵/۷۷	۴/۷۲

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد. SFA: اسیدهای چرب اشباع.

ادامه جدول ۲.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		لینولئیک (C18:2)	لینولنیک (C18:3)	پالمیتولئیک (C16:1)	USFA	MUFA	PUFA	SFA/USFA	درصد روغن	عملکرد روغن	شاخص غیر اشباع	پایداری روغن	عملکرد دانه
تنش شوری	۲	۰/۸۷**	۱/۶۸**	۰/۰۰۲**	۲۱/۶**	۴/۸۵**	۶/۳۹**	۰/۰۰۰۳**	۱۷۲/۹**	۰/۰۹**	۰/۰۰۷**	۰/۲۳^{ns}	۰/۴۰**
محلول‌پاشی	۳	۱/۶۲**	۵/۱۵**	۰/۰۰۴**	۲۷/۱**	۲/۶۹**	۱۴/۰۰**	۰/۰۰۰۵**	۱۵/۴**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۱۸/۵**	۰/۰۸**
شوری × محلول‌پاشی	۶	۰/۲۶**	۰/۹۲**	۰/۰۰۰۳**	۱/۱۲**	۰/۰۹^{ns}	۱/۱۸**	۰/۰۰۰۰۳**	۱/۲۸^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۰۹**	۵/۷۵**	۰/۰۰۶^{ns}
خطای آزمایشی	۲۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۳۴	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱/۷۱	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۰/۹۱	۰/۷۰	۱۰/۱۶	۲/۶۶	۲/۸۹	۲/۷۱	۲/۱۶	۲/۱۵	۱۴/۶	۳/۶۶	۱/۴۲	۱۵/۲

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد. USFA: اسیدهای چرب غیراشباع، MUFA: اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دو گانه، PUFA: اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دو گانه، SFA/USFA: نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیر اشباع

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر محتوای اسیدهای چرب و ترکیب روغن در کاملینا

تیمار	لیگنوسریک ($C_{24}:0$)	مریستیک ($C_{14}:0$)	پالمیتیک ($C_{16}:0$)	اولئیک ($C_{18}:1$)	سیس-۱۱-ایکوسنونیک ($C_{20}:1$)	سیس-۱۱-۱۴ ایکوسادینوئیک ($C_{20}:2$)	اروسیک ($C_{22}:1$)	سیس-۱۱-۱۴-۱۷ ایکو ساترینوئیک ($C_{20}:3$)	نروونیک ($C_{24}:1$)	MUFA	درصد روغن	عملکرد روغن	عملکرد دانه
	(درصد)											(گرم درگلدان)	
تنش شوری													
۰	۰/۴۱^{c}	۰/۰۵^{c}	۵/۲۷^{b}	۱۷/۷^{a}	۱۵/۳^{a}	۱/۶۱^{a}	۲/۸۸^{a}	۱/۰۸^{a}	۰/۶۳^{a}	۳۶/۷^{a}	۴۳/۳^{a}	۰/۲۹^{a}	۰/۶۷^{a}
۱۵	۰/۴۴^{b}	۰/۰۶^{b}	۵/۴۴^{a}	۱۷/۵^{ab}	۱۴/۹^{b}	۱/۵۵^{b}	۲/۸۲^{ab}	۰/۹۵^{b}	۰/۵۶^{b}	۳۶/۰^{b}	۳۹/۳^{b}	۰/۲۳^{b}	۰/۶۰^{a}
۳۰	۰/۴۷^{a}	۰/۰۹^{a}	۵/۵۵^{a}	۱۷/۳^{b}	۱۴/۸^{b}	۱/۵۱^{b}	۲/۷۵^{b}	۰/۹۱^{b}	۰/۵۰^{c}	۳۵/۴^{c}	۳۵/۷^{c}	۰/۱۱^{c}	۰/۳۲^{b}
محلول‌پاشی													
آب	۰/۴۹^{a}	۰/۰۹^{a}	۵/۸۲^{a}	۱۷/۲^{b}	۱۴/۸^{b}	۱/۵۲^{b}	۲/۷۴^{b}	۰/۹۲^{b}	۰/۵۰^{b}	۳۵/۳^{c}	۳۷/۷^{c}	۰/۱۷^{c}	۰/۴۴^{c}
اسپرمین	۰/۴۲^{b}	۰/۰۶^{b}	۵/۲۷^{b}	۱۷/۳^{b}	۱۵/۰^{ab}	۱/۵۶^{ab}	۲/۸۴^{ab}	۱/۰۱^{a}	۰/۵۸^{a}	۳۵/۹^{b}	۳۹/۴^{b}	۰/۲۶^{a}	۰/۶۵^{a}
اسپرمیدین	۰/۴۱^{b}	۰/۰۶^{b}	۵/۳۰^{b}	۱۷/۷^{a}	۱۵/۱^{a}	۱/۵۷^{a}	۲/۸۲^{ab}	۱/۰۱^{a}	۰/۵۷^{a}	۳۶/۴^{a}	۳۹/۹^{ab}	۰/۱۹^{bc}	۰/۴۸^{bc}
پوترسین	۰/۴۳^{b}	۰/۰۶^{b}	۵/۲۹^{b}	۱۷/۸^{a}	۱۵/۱^{a}	۱/۵۷^{ab}	۲/۸۷^{a}	۰/۹۸^{ab}	۰/۶۰^{a}	۳۶/۵^{a}	۴۰/۸^{a}	۰/۲۳^{ab}	۰/۵۶^{ab}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشند. MUFA: اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دو گانه

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات برهمکنش سطوح مختلف تنش شوری و محلول‌پاشی بر صفات مورد مطالعه در کاملینا

تیمار		بهنیک ($C_{22:0}$)	استئاریک ($C_{18:0}$)	آراشیدیک ($C_{20:0}$)	لینولئیک ($C_{18:2}$)	لینولنیک ($C_{18:3}$)	پالمیتولئیک ($C_{16:1}$)	SFA	USFA	PUFA	SFA/USFA	شاخص غیر اشباع	پایداری روغن
		(درصد)											
تنش شوری	محلول‌پاشی												
۰	آب	۰/۳۲۱^{ef}	۲/۴۱^{def}	۱/۶۷$^{b-e}$	۱۹/۱^{ab}	۲۹/۶^{bc}	۰/۰۶^{def}	۱۰/۵^{bc}	۸۷/۵^{c}	۵۱/۴^{e}	۰/۱۲^{c}	۱/۶۹^{cd}	۹۲/۵^{abc}
	اسپرمین	۰/۳۰۸^{h}	۲/۴۰^{ef}	۱/۶۱^{cde}	۱۹/۳^{ab}	۳۱/۱^{a}	۰/۰۸^{cde}	۹/۹۳^{d}	۸۹/۸^{a}	۵۳/۲^{a}	۰/۱۱^{de}	۱/۷۵^{a}	۹۰/۶^{bc}
	اسپرمیدین	۰/۳۰۹^{h}	۲/۴۰^{ef}	۱/۵۵^{de}	۱۹/۴^{ab}	۳۱/۰^{a}	۰/۱۱^{ab}	۹/۸۶^{d}	۹۰/۰^{a}	۵۳/۲^{a}	۰/۱۰^{e}	۱/۷۵^{a}	۹۱/۶^{bc}
	پوترسین	۰/۳۱۰^{gh}	۲/۳۸^{f}	۱/۶۰^{cde}	۱۹/۶^{a}	۲۹/۸^{b}	۰/۰۹^{bcd}	۹/۹۰^{d}	۸۹/۴^{ab}	۵۲/۰$^{b-e}$	۰/۱۱^{de}	۱/۷۲$^{a-d}$	۹۵/۶^{a}
۱۵	آب	۰/۳۴^{b}	۲/۵۸^{b}	۱/۷۹^{ab}	۱۹/۵^{c}	۲۹/۱^{cd}	۰/۰۶^{ef}	۱۱/۱^{b}	۸۵/۳^{cd}	۵۰/۰^{f}	۰/۱۳^{b}	۱/۶۵^{c}	۹۱/۵^{bc}
	اسپرمین	۰/۳۳^{cde}	۲/۵۴^{bc}	۱/۶۹^{bcd}	۱۹/۳^{ab}	۳۰/۷^{a}	۰/۱۱^{ab}	۱۰/۳^{cd}	۸۸/۴^{abc}	۵۲/۵$^{a-d}$	۰/۱۱^{cd}	۱/۷۲^{abc}	۹۰/۰^{bc}
	اسپرمیدین	۰/۳۱^{fg}	۲/۴۷^{cde}	۱/۶۸^{bcd}	۱۹/۳^{ab}	۳۱/۰^{a}	۰/۱۱^{a}	۱۰/۳^{cd}	۸۹/۴^{ab}	۵۳/۰^{ab}	۰/۱۱^{cde}	۱/۷۴^{ab}	۹۱/۵^{bc}
	پوترسین	۰/۳۲^{ef}	۲/۴۲^{def}	۱/۷۰^{bc}	۱۹/۲^{ab}	۳۱/۰^{a}	۰/۱۰^{abc}	۱۰/۲^{cd}	۸۹/۳^{ab}	۵۲/۸^{abc}	۰/۱۱^{cde}	۱/۷۴^{ab}	۹۲/۹^{ab}
۳۰	آب	۰/۳۵^{a}	۲/۶۸^{a}	۱/۹۳^{a}	۱۷/۷^{d}	۲۸/۵^{d}	۰/۰۵^{f}	۱۱/۶^{a}	۸۳/۴^{e}	۴۸/۶^{g}	۰/۱۴^{a}	۱/۶۱^{f}	۹۱/۵^{bc}
	اسپرمین	۰/۳۳^{bc}	۲/۵۹^{b}	۱/۶۰^{cde}	۱۹/۲^{ab}	۲۹/۸^{b}	۰/۰۶^{ef}	۱۰/۴^{cd}	۸۶/۸^{cd}	۵۱/۵^{de}	۰/۱۲^{c}	۱/۶۹^{d}	۸۹/۰^{c}
	اسپرمیدین	۰/۳۲^{def}	۲/۵۰^{c}	۱/۵۳^{e}	۱۹/۲^{ab}	۳۰/۱^{b}	۰/۱۰^{abc}	۱۰/۲^{cd}	۸۷/۸^{bc}	۵۱/۸^{cde}	۰/۱۱^{c}	۱/۷۰^{cd}	۹۱/۵^{bc}
	پوترسین	۰/۳۳^{bcd}	۲/۴۸^{cd}	۱/۵۹^{cde}	۱۹/۰^{bc}	۳۰/۷^{a}	۰/۰۷^{def}	۱۰/۳^{cd}	۸۸/۱^{bc}	۵۲/۲$^{a-e}$	۰/۱۱^{c}	۱/۷۲^{bcd}	۹۲/۸^{abc}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشند، SFA: اسیدهای چرب اشباع، USFA: اسیدهای چرب غیراشباع، PUFA: اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دو گانه، SFA/USFA: نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیر اشباع.

شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون تنش شوری، محتوای کل اسیدهای چرب غیراشباع به‌ترتیب (۳ و ۱ درصد)، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه به‌ترتیب (۴ و ۲ درصد) و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه به‌ترتیب (۳ و ۱ درصد) را کاهش داد ولی نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه کاملینا را به‌ترتیب به میزان ۹ و ۶ درصد افزایش داد (جداول ۳ و ۴). دلیل این امر احتمالاً مربوط به مشارکت برخی اسیدهای چرب نظیر اسید لینولئیک در تنظیم درجه سفتی دیواره‌های سلولی است. این اسیدهای چرب در شرایط شور، تولید برخی آنزیم‌ها، نظیر لیپواکسیژناز را جهت افزایش تحمل به شوری، افزایش می‌دهند. اختلاف در ترکیب اسیدهای چرب، نقش زیادی در انتقال ترکیبات محافظ اسمزی نظیر گلاسین بتائین ایفاء می‌نماید (۱۰).

همچنین بررسی مقایسه میانگین محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها باعث افزایش درصد اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه شد. بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی از نظر تاثیر بر محتوای اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل نیز نشان داد که در هر سطح شوری، محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین باعث افزایش درصد اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه شد (جدول ۴). همچنین در هر سطح تنش شوری، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه کاملینا را کاهش داد (جدول ۴).

مطالعات قبلی نشان داده است که محتوای اسیدهای چرب غیراشباع با تنش در برخی از گیاهان روغنی از جمله کاملینا (۱۳) کاهش می‌یابد. در کلزا، تنش شوری در مرحله رشد بذر باعث کاهش فتوسنتز و تقسیم کربن به دانه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در اکسیداسیون اسیدهای چرب شده است (۳۷). در تحقیقی گزارش شده است که تنش شوری در کلزا باعث کاهش اسیدهای چرب غیراشباع شد (۴۵) که با یافته‌های ما در این تحقیق مطابقت دارد.

روغن کاملینا یک منبع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع است که پایداری اکسیداسیون آن را می‌توان با تعادل بین اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دوگانه و اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دوگانه حفظ کرد. به‌طور کلی نسبت پایین اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دوگانه به اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دوگانه برای روغن‌های گیاهی ارجحیت بیشتری دارد، بنابراین سعی شده است این نسبت کاهش یابد (۱). در مطالعه‌ای، تنظیم کننده‌های رشد محتوای اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دوگانه را کاهش داد درحالی‌که افزایش اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دوگانه باعث کاهش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع چند پیوند دوگانه به اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دوگانه می‌شود که می‌تواند به افزایش تجمع اسید چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه با استفاده از تنظیم کننده‌های رشد نسبت داده شود (۱۴).

همسو با یافته‌های ما در این تحقیق، در مطالعه‌ای گزارش شد که تنش شوری باعث افزایش محتوای اسیدهای چرب اشباع شد ولی مقدار اسیدهای چرب غیراشباع یک پیوند دوگانه و همچنین اسیدهای چرب چند پیوند دو گانه را کاهش داد درحالی‌که محلول‌پاشی با ملاتونین هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش شوری محتوای اسیدهای چرب اشباع را کاهش ولی محتوای اسیدهای چرب غیراشباع را در گیاه کاملینا افزایش داد (۱۰).

نتایج حاصل از یک بررسی نشان داد که محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد نظیر اسید سالسیلیک و پوتریسین در زمان اعمال کم آبیاری در مرحله گلدهی کلزا، موجب افزایش میزان اسید اولئیک شد (۵۰). برخی از پژوهشگران گزارش کردند که پلی‌آمین‌ها از طریق فعال‌سازی سنتز برخی از آنزیم‌هایی که در متابولیسم اسیدهای چرب مشارکت می‌کنند، نقش دارند (۲۵). همچنین مشخص شده است که فعالیت برخی آنزیم‌های سنتز کننده اسیدهای چرب در گیاهان روغنی، به ترکیبات پلی‌آمین‌ها بستگی دارند (۴۸). با توجه به اینکه ترکیبات پلی‌آمین در

بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاهان و همچنین در رشد و نمو دانه‌ها نقش دارند، به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها از طریق به تاخیر انداختن پیری گیاه، موجب افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها شده و از سوی دیگر، با تأثیر بر فعالیت برخی آنزیم‌هایی که در سنتز اسیدهای چرب دانه مشارکت می‌کنند، موجب بهبود نسبی کیفیت روغن کاملینا از نظر ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع شده است. کاربرد خارجی اسپرمین تحت شرایط تنش رطوبتی، از طریق کاهش میزان اسید پالمیتیک و افزایش مجموع اسیدهای چرب غیراشباع، موجب بهبود کیفیت تغذیه‌ای روغن گلرنگ شده است (۱۹).

نتایج برش‌دهی اثرمتقابل نشان داد که محلولپاشی اسپرمین با بیشترین غلظت (۰/۲ میلی‌مولار) تحت تنش کم آبی، مقدار مجموع اسیدهای چرب غیراشباع دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش و درصد اسید پالمیتیک را کاهش داد. محلول‌پاشی اسپرمیدین موجب افزایش معنی‌دار میزان اسید لینولئیک روغن گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی شد (۱۹).

هدف تولیدکنندگان کاملینا بهبود نه تنها عملکرد دانه، بلکه همچنین بهبود کیفیت روغن استخراج شده از بذر است. در مورد کاملینا، کیفیت روغن دانه عمدتاً به ترکیب اسیدهای چرب بستگی دارد، به‌ویژه در مورد اسیدهای چرب غیر اشباع (اسیدهای اولئیک، ایکوزنوئیک، اروسیک، لینولئیک، لینولنیک، ایکوزادینوئیک و ایکوزاترینوئیک اسید) و این می‌تواند به شدت تحت تأثیر محیط قرار گیرد (۱۳). کیفیت روغن زمانی افزایش می‌یابد که محتوای نسبی اسیدهای چرب یک پیوند مضاعف و اسیدهای چرب چند پیوند مضاعف بیشتر و محتوای نسبی کمتری از اسیدهای چرب اشباع وجود داشته باشد (۵۲).

درصد و عملکرد روغن

اثرات ساده تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر درصد و عملکرد روغن دانه کاملینا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش سطح تنش شوری، درصد و عملکرد روغن دانه کاملینا کاهش معنی‌داری پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد و عملکرد روغن دانه کاملینا به‌ترتیب از تیمار بدون تنش شوری و شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳). شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون تنش شوری، به‌ترتیب درصد روغن (۱۷ و ۹ درصد) و عملکرد روغن (۶۲ و ۲۱ درصد) دانه کاملینا را کاهش داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد مصرف انرژی زیاد برای ایجاد مکانیزم‌های مقابله با شوری می‌تواند باعث کاهش درصد روغن دانه شود. بنابراین هزینه‌های اضافی گیاه در زمان مواجه شدن با تنش شوری، مانند هزینه تعدیل اسمزی و افزایش تخصیص مواد به ریشه از یک سو و تاثیر پذیری منفی فتوسنتز از سوی دیگر، موجب کاهش ساخت مواد، به‌ویژه موادی مانند روغن که تولید آنها انرژی بیشتری می‌طلبد، می‌شود (۵۱). از آنجا که عملکرد روغن تابع عملکرد دانه و درصد روغن است و در این تحقیق تنش شوری باعث کاهش این دو صفت شده است، کاهش عملکرد روغن تحت تأثیر شوری نیز طبیعی به‌نظر می‌رسد.

محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها باعث افزایش درصد و عملکرد روغن دانه کاملینا شد (جدول ۳). بیشترین درصد روغن دانه (۴۰/۸۱ درصد) از محلول‌پاشی با پوترسین و بیشترین عملکرد روغن دانه (۰/۲۶ گرم در گلدان) از محلول‌پاشی با اسپرمین به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین در مقایسه با محلول‌پاشی با آب (تیمار شاهد) درصد روغن دانه کاملینا را به‌ترتیب به‌میزان ۴، ۶ و ۸ درصد افزایش داد همچنین محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین در مقایسه با محلول‌پاشی با آب (تیمار شاهد) باعث بهبود عملکرد روغن دانه کاملینا به‌ترتیب به‌میزان ۳۵، ۱۰ و ۲۶ درصد شد (جدول ۳).

گزارش شده است که محلول‌پاشی پوتریسین با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام، میزان روغن سویا را در مقایسه با تیمار شاهد، به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۱۷) که نتایج ما در این تحقیق را تایید می‌کند. گزارش شده است که افزایش درصد روغن با محلول-

پاشی اسپرمین نیز ممکن است به‌دلیل بهبود روابط منبع و مخزن و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن‌های در حال توسعه باشد که این امر در نهایت ممکن است موجب افزایش درصد روغن شده باشد (۱۹). به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی ترکیبات پلی‌آمین جهت تولید بیشتر عملکرد روغن و بهبود کیفیت روغن کاملینا در شرایط تنش شوری مناسب باشد.

شاخص غیراشباع و پایداری روغن

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تاثیر اثرات ساده تنش شوری، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها و همچنین اثرات برهم‌کنش آنها بر شاخص غیراشباع روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین تاثیر اثرات ساده محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها و همچنین اثرات برهم‌کنش تنش شوری و محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها بر پایداری روغن معنی‌دار شد (جدول ۲).

با افزایش سطح تنش شوری، شاخص غیراشباع روغن دانه کاهش معنی‌داری پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار شاخص غیراشباع روغن دانه به‌ترتیب از تیمار بدون تنش شوری و شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۴). در هر سطح شوری، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها سبب افزایش شاخص غیراشباع روغن دانه شد البته در هر سطح شوری بین تیمارهای محلول‌پاشی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است که تنش شوری درصد اسیدهای پالمیتیک و استئاریک را افزایش می‌دهد، درحالی‌که درصد سایر اسیدهای چرب و شاخص غیراشباع روغن را کاهش داد. تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک و EBL-۲۴ به طور مشابه درصد اسیدهای پالمیتیک و استئاریک را کاهش داد، درحالی‌که درصد اسیدهای چرب اشباع (اروسیک اسید) و سه اسید چرب غیراشباع (اولئیک، لینولئیک، لینولنیک) را افزایش داد که منجر به شاخص غیراشباع بالا شد. بنابراین، کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و ۲۴-اپی براسینولید را می‌توان به‌عنوان روش‌های مؤثر برای افزایش کیفیت روغن خردل سیاه از طریق افزایش شاخص غیراشباع در شرایط شور و غیر شور پیشنهاد کرد (۲۲).

با افزایش سطح تنش شوری، پایداری روغن دانه کاهش معنی‌داری پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب از تیمار بدون تنش شوری و شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۴). در هر سطح شوری، محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها سبب افزایش پایداری روغن دانه کاملینا شد. در شرایط بدون تنش شوری، شوری ۱۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، محلول‌پاشی با پوترسین باعث بهبود پایداری روغن دانه شد و در مقایسه با اسپرمین و اسپرمیدین در افزایش پایداری روغن دانه موثرتر بوده است. پایداری روغن در واقع نسبت اسید اولئیک به اسید لینولئیک است که در ارقام گلرنگ از ۲۴ تا ۳۷ درصد متغیر است و در ارقام وحشی گلرنگ این مقادیر بیشتر هم می‌شود. روغن‌هایی که پایداری اکسیداتیو بالایی دارند برای درجه حرارت بالا مانند سرخ کردن و سوخت بیودیزل مناسب هستند (۸). در سایر مطالعات نیز پایداری روغن در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش ۱۵ درصد کاهش یافت (۳۸) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، تاثیر اثرات ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطح تنش شوری عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت به‌طوری‌که تنش شوری ۳۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون شوری، به‌ترتیب عملکرد دانه را به میزان ۵۲ و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۳). همچنین محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین، در مقایسه با بدون محلول‌پاشی، به‌ترتیب عملکرد دانه را به‌ترتیب به میزان ۳۲، ۸ و ۲۱ درصد افزایش داد (جدول ۳). در آزمایشی گزارش شده است که تنش شوری ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس

برمتر به‌ترتیب سبب کاهش عملکرد دانه به مقدار ۱۲، ۴۸، ۷۱ و ۸۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد در گیاه کاملینا شده است (۲۴). شوری خاک تأثیرات مخربی بر توسعه گیاهان دارد و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (۲۷). نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است که تنش شوری به‌طور قابل‌توجهی ($p<0.05$) رشد گیاه را متوقف می‌کند و تیمارهای خارجی پلی‌آمین‌ها با مهار ناشی از تیمارهای شوری بر رشد و تولید کاملینا مقابله کرده است یافته‌های ما در این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (۴۹). نتایج اعلایی و همکاران (۲) نیز نشان داد کاربرد پلی آمین اسپرمین رشد و عملکرد گیاه پروانش را در شرایط تنش بهبود بخشید. 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 تبعیت از آن، کاهش تعرق می‌شود (۵۶). یافته‌های این مطالعه ما را به این نتیجه می‌رساند که کاربرد خارجی پلی آمین‌ها ممکن است به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های بالقوه برای افزایش رشد و نمو کاملینا در شرایط شور از طریق افزایش جذب مواد معدنی، باعث تعدیل اثرات تنش شوری شده و عملکرد دانه را بهبود بخشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری ترکیب اسیدهای چرب اشباع (لیگنوسریک، مریستیک، پالمیتیک، بهنیک، استئاریک، آراشیدیک، کل اسیدهای چرب اشباع و نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع) را افزایش ولی اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک، سیس-۱۱-ایکوسنونیک، سیس-۱۱-۱۴-ایکوسادینوئیک، اروسیک، سیس ۱۷-۱۴-۱۱-ساترینوئیک، نروونیک، لینولئیک، لینولنیک، پالمیتولئیک، کل اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دو گانه) روغن دانه کاملینا را کاهش داد. همچنین محلول‌پاشی با اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین باعث کاهش اسیدهای چرب اشباع و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه، درصد پایداری روغن و شاخص غیراشباع کاملینا شده و ترکیب روغن کاملینا را بهبود بخشید. نتایج این پژوهش این فرضیه را تایید می‌کنند که محلول‌پاشی با پلی‌آمین‌ها تحمل به شوری را در کاملینا بهبود می‌بخشد، نتایج همچنین این فرضیه را تأیید می‌کند که کاربرد پلی آمین‌ها می‌تواند عملکرد دانه را بهبود بخشد و پروفایل اسیدهای چرب را در گیاهان تحت تنش شوری تغییر داده و نسبت اسیدهای چرب غیراشباع را افزایش و کیفیت روغن بهتری را به‌همراه داشته باشد. بنابراین محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها را می‌توان به‌عنوان یک استراتژی مرتبط برای بهبود تحمل به شوری و همچنین عملکرد و کیفیت روغن دانه در گیاهان کاملینا آبیاری شده با آب شور در نظر گرفت.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مساعدت آزمایشگاه جهاد کشاورزی کولق ارومیه در اندازه‌گیری اسیدهای چرب روغن کاملینا در این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abdullah, H. M., P. Akbari, B. Paulose, D. Schnell, W. Qi, Y. Park, A. Pareek and O. P. Dhankher. 2016. Transcriptome profiling of Camelina sativa to identify genes involved in triacylglycerol biosynthesis and accumulation in the developing seeds. *Biotechnology for biofuels* 9(1): 1-19.
2. Aelaei, M., Z. Karami, M. Arghavani and F. Salehi. 2021. The Study of effects of spermine under salinity stress on morphophysiological characteristics of *Catharanthus roseus* L. *Iranian Journal of Horticultural Science* 52(3): 553-

564. (In Farsi).
3. Ahmad, M., E. A. Waraich, S. Hussain, U. Zulfiqar, F. T. Teshome, M. Gastelbondo, M. Imran and M. Farooq. 2023. Exogenous application of thiourea improves the growth, seed yield, and seed fatty acid profile in late sown camelina. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 23: 1306-1325.
4. Ali, A., I. A. Mahmood, M. Salim, M. Arshadullah and A. R. Naseem. 2013. Growth and yield of different brassica genotypes under saline sodic conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 26(1): 9-15.
5. Alizadeh, A. 2000. The Relationship Between Water, Soil and Plants. Astan Quds Publication, Mashhad.
6. Anderson, J. V., A. Wittenberg, H. Li and M. T. Berti. 2019. High throughput phenotyping of *Camelina sativa* seeds for crude protein, total oil, and fatty acids profile by near infrared spectroscopy. *Industrial Crops and Products* 137: 501-507.
7. Anjum Arshi, A. A., I. M. Aref and M. Iqbal. 2010. Effect of calcium against salinity-induced inhibition in growth, ion accumulation and proline contents in *Cichorium intybus* L. *Journal of Environmental Biology*. 31(6): 939-944
8. Arslan, B. 2007. The determination of oil content and fatty acid compositions of domestic and exotic safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes and their interactions. *Journal of Agronomy* 6(3): 415-420.
9. Ashraf, M., S. M. Shahzad, M. Imtiaz and M. S. Rizwan. 2018. Salinity effects on nitrogen metabolism in plants–focusing on the activities of nitrogen metabolizing enzymes: A review. *Journal of Plant Nutrition* 41(8): 1065-1081.
10. Bakyani, M. R. F., M. Alinia, S. A. Kazemeini, J. Abadía and A. Dadkhodaie. 2022. Foliar application of melatonin improves the salt tolerance, ion and redox homeostasis and seed oil fatty acid profile in *Camelina sativa*. *Plants* 11(22): 3113.
11. Bhardwaj, H. L. and A. A. Hamama. 2003. Accumulation of glucosinolate, oil, and erucic acid in developing Brassica seeds. *Industrial crops and products* 17(1): 47-51.
12. Biareh, V., F. Shekari, S. Sayfzadeh, H. Zakerin, E. Hadidi, J. G. T. Beltrão and A. Mastinu. 2022. Physiological and qualitative response of Cucurbita pepo L. to salicylic acid under controlled water stress conditions. *Horticulturae* 8(1): 79.
13. Borzoo, S., S. Mohsenzadeh and D. Kahrizi. 2021. Water-deficit stress and genotype variation induced alteration in seed characteristics of *Camelina sativa*. *Rhizosphere* 20: 100427.
14. Borzoo, S., S. Mohsenzadeh, A. Moradshahi, D. Kahrizi, H. Zamani and M. Zarei. 2021. Characterization of physiological responses and fatty acid compositions of Camelina sativa genotypes under water deficit stress and symbiosis with *Micrococcus yunnanensis*. *Symbiosis* 83: 79-90.
15. Bueno, M. and M. D. P. Cordovilla. 2021. Spermidine pretreatments mitigate the effects of saline stress by improving growth and saline excretion in *Frankenia pulverulenta*. *Agronomy* 11(8): 1515.
16. Chemists, A .O. A. 1990. Official Method of Analysis. Oxford University Press. Washington, DC.
17. Deotale, R., Y. Wagh, S. Patil and V. Kalamkar. 2016. Influence of putrescine and indole-3-butyric acid on chemical and biochemical parameters and yield of soybean. *Journal of Current Research Science* 8(3): 27248-27255.
18. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185-212.
19. Fathi Amirkhiz, K., M. Amini Dehaghi, S. A. M. Modarres Sanavy and A. Rezazadeh. 2021. Effect of deficit irrigation and foliar application of polyamines on seed and oil yields, water use efficiency and fatty acids production in spring safflower seed oil (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science* 52(3): 79-96. (In Farsi).
20. Flagella, Z., M. M. Giuliani, T. Rotunno, R. Di Caterina and A. De Caro. 2004. Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. *European Journal of Agronomy* 21(2): 267-272.
21. Ghassemi-Golezani, K. and S. Farhangi-Abriz. 2018. Changes in oil accumulation and fatty acid composition of soybean seeds under salt stress in response to salicylic acid and jasmonic acid. *Russian Journal of Plant Physiology* 65: 229-236.
22. Ghassemi-Golezani, K., N. Hassanzadeh, M .R. Shakiba and B. Dalil. 2022. How can salicylic acid and 24-epibrassinolide improve productivity and oil quantity and quality of black mustard under salt stress? *Gesunde Pflanzen* 75(4): 1-8.
23. Ghassemi-Golezani, K. and S. Samea-Andabjadid. 2022. Exogenous cytokinin and salicylic acid improve amino acid content and composition of faba bean seeds under salt stress. *Gesunde Pflanzen* 74(4): 935-945.
24. Gholamian, S. M., H. Ghamarnia and D. Kahrizy. 2017. Effects of saline water on Camelina (*Camelina sativa*) yield in Greenhouse condition. *Water and Irrigation Management* 7(2): 333-348.
25. Grabau, L. 1995. Handbook of Plant and Crop Physiology. Madison Avenue. New York.
26. Jiang, Y., C. D. Caldwell and K. C. Falk. 2014. Camelina seed quality in response to applied nitrogen, genotype and environment. *Canadian Journal of Plant Science* 94(5): 971-980.

27. Kaya, C., M. Ashraf, M. N. Alyemeni and P. Ahmad. 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.
28. Kubiś, J., J. Floryszak-Wieczorek and M. Arasimowicz-Jelonek. 2014. Polyamines induce adaptive responses in water deficit stressed cucumber roots. *Journal of Plant Research* 127: 151-158.
29. Kusano, T., T. Berberich, C. Tateda and Y. Takahashi. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. *Planta* 228: 367-381.
30. Leclère, M., A. R. Lorent, M. H. Jeuffroy, A. Butier, C. Chatain and C. Loyce. 2021. Diagnosis of camelina seed yield and quality across an on-farm experimental network. *European Journal of Agronomy* 122: 126190.
31. Lin, K.-H., J.-M. Li, C.-W. Wu and Y.-S. Chang. 2021. Effects of plant growth regulators and polyamines on bract longevity in *Bougainvillea buttiana*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 62: 149-157.
32. Liu, J. H., K. Nada, C. Honda, H. Kitashiba, X. P. Wen, X. M. Pang and T. Moriguchi. 2006. Polyamine biosynthesis of apple callus under salt stress: importance of the arginine decarboxylase pathway in stress response. *Journal of Experimental Botany* 57(11): 2589-2599.
33. Liu, J. H., W. Wang, H. Wu, X. Gong and T. Moriguchi. 2015. Polyamines function in stress tolerance: from synthesis to regulation. *Frontiers in plant science* 6: 827.
34. Mabudi Bilasvar, H., K. Ghassemi-Golezani and A. D. Mohammadi Nassab. 2022. Seed development, oil accumulation and fatty acid composition of drought stressed rapeseed plants affected by salicylic acid and putrescine. *Gesunde Pflanzen* 74(2): 333-345.
35. Malik, M. R., J. Tang, N. Sharma, C. Burkitt, Y. Ji, M. Mykytyshyn, K. Bohmert-Tatarev, O. Peoples and K. D. Snell. 2018. *Camelina sativa*, an oilseed at the nexus between model system and commercial crop. *Plant cell reports* 37(10): 1367-1381.
36. Minocha, R., R. Majumdar and S. C. Minocha. 2014. Polyamines and abiotic stress in plants: a complex relationship. *Frontiers in plant science* 5: 175.
37. Mohamed, I. A., N. Shalby, A. MA El-Badri, M. H. Saleem, M. N. Khan, M. A. Nawaz, M. Qin, R. A. Agami, J. Kuai and B. Wang. 2020. Stomata and xylem vessels traits improved by melatonin application contribute to enhancing salt tolerance and fatty acid composition of *Brassica napus* L. plants. *Agronomy* 10(8): 1186.
38. Parsa Motlagh, B., S .M. Mirmiran, F. Fateminick and M. Mahmoudi. 2021. Evaluation of drought stress on unsaturated fatty acids and some physiological traits of four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in Jiroft. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 14(3): 619-627.
39. Purdy, R. H. 1985. Oxidative stability of high oleic sunflower and safflower oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* 62(3): 523-525.
40. Qian, R., X. Ma, X. Zhang, Q. Hu, H. Liu and J. Zheng. 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.
41. Safari, H. 2006. Evaluation of effect of methodand and optimal range of micronutrient fertilizer containing iron and zinc on qualitative and quantitative of rapeseed oil. In: Proceeding of [1]th scientific, practical and industrial seminar of vegetable oils in Iran**:** Tehran, Iran. 17 July 2006. pp. 183-186. (In Farsi)
42. Sarwat, M., A. R. Naqvi, P. Ahmad, M. Ashraf and N. A. Akram. 2013 .Phytohormones and microRNAs as sensors and regulators of leaf senescence: assigning macro roles to small molecules. *Biotechnology advances* 31(8): 1153-1171.
43. Schillinger, W. F. 2019. Camelina: Long-term cropping systems research in a dry Mediterranean climate. *Field Crops Research* 235: 87-94.
44. Shaki, F., H. E. Maboud and V. Niknam. 2019. Effects of salicylic acid on hormonal cross talk, fatty acids profile, and ions homeostasis from salt-stressed safflower. *Journal of plant Interactions* 14(1): 340-346.
45. Sharif, P., M. Seyedsalehi, O. Paladino, P. Van Damme, M. Sillanpää and A. Sharifi. 2018. Effect of drought and salinity stresses on morphological and physiological characteristics of canola. *International Journal of Environmental Science and Technology* 15: 1859-1866.
46. Soorni, J., S. K. Kazemitabar, D. Kahrizi, A. Dehestani and N. Bagheri. 2017. Screening of camelina (*Camelina sativa* L.) doubled haploid lines for freezing tolerance in the seedling stage. *Genetika* 49(1): 173-181.
47. Takahashi, T. and J. I. Kakehi. 2010. Polyamines: ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses. *Annals of botany* 105(1): 1-6.
48. Talaat, I. and K. El-Din. 2007. Physiological effect of putrescine and heat hardening on *Nigella sativa* L. plants. *International Journal of Agriculture and Biology* 7: 358-362.
49. Talaat, N. B., A. W. M. Mahmoud and A. M. Hanafy. 2023. 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.

50. Ullah, F., A. Bano and A. Nosheen. 2012. Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Botany* 44(6): 1873-1880.
51. Verma, S., N. P. Negi, S. Pareek, G. Mudgal and D. Kumar. 2022. Auxin response factors in plant adaptation to drought and salinity stress. *Physiologia Plantarum* 174(3): e13714.
52. Yuan, L. and R. Li. 2020. Metabolic engineering a model oilseed *Camelina sativa* for the sustainable production of high-value designed oils. *Frontiers in Plant Science* 11: 11.
53. Yuan, L., X. Mao, K. Zhao, X. Ji, C. Ji, J. Xue and R. Li. 2017. Characterisation of phospholipid: diacylglycerol acyltransferases (PDATs) from *Camelina sativa* and their roles in stress responses. *Biology open* 6(7): 1024-1034.
54. Załuski, D., J. Tworkowski, M. Krzyżaniak, M. J. Stolarski and J. Kwiatkowski. 2020. The characterization of 10 spring camelina genotypes grown in environmental conditions in North-Eastern Poland. *Agronomy* 10(1): 64.
55. Zarza Cubero, J. 2017. Polyamine metabolism and activation of lipid signalling pathways in *Arabidopsis thaliana*. *Methods in Molecular Biology* 1009: 3-15.
56. Zlatev, Z. S. and I. T. Yordanov. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 30(3-4): 3-18.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 4, Winter 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Investigating the Profile of Saturated and Unsaturated Fatty Acids of Camelina Oil in Response to Salinity Stress and Polyamines

E. Gholinezhad[1*], Sh. Kazemi[2] and B. Lalehgani[3]

(Received: June 20-2023; Accepted: October 16-2023)

Abstract

In order to investigate the profile of saturated and unsaturated fatty acids of camellia oil in response to salinity stress and polyamines, an experiment was conducted in March 2022 in a factorial layout based on a completely randomized design as pot culture (open air) with 12 treatments and 3 replications. The salinity stress treatment applied using Urmia Lake water at three levels (0, 15, 30 dS/m). Foliar treatment carried out in 4 levels, including 1- Foliar spraying with Spermine, 2- Foliar spraying with Spermidine, 3- Foliar spraying with Putrescine and control (no foliar spraying). The results showed that with the increase of salinity stress level, the percentage of saturated fatty acids increased but the unsaturated fatty acids of grain oil decreased. Also, the salinity stress of 30 and 15 dS/m increased the saturated fatty acids (6 and 4%, respectively) and the ratio of saturated to unsaturated fatty acids (9 and 6%, respectively), but decreased the percentage of oil (17 and 9%, respectively), monounsaturated fatty acids (4 and 2%, respectively), polyunsaturated fatty acids (3 and 1%, respectively), reduced oil yield (62 and 21%, respectively) and grain yield (52 and 10%, respectively) compared to the control. Foliar spraying with polyamines decreased the percentage of saturated fatty acids and increased the percentage of unsaturated fatty acids, unsaturated index, oil stability percentage, oil percentage, oil yield and grain yield. Therefore, foliar-applied polyamines are proven suitable to mitigate the salinity stress and improve oil composition and increase the quantity and quality of camellia grain yield.

Keywords: Oil stability percentage, Putrescine, Spermidine, Spermine, Unsaturation index.

1 and 3. Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research ,Education and Extension Organization , Sari, Iran.
*: Corresponding Author, Email: e_gholinejad@pnu.ac.ir