دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
سال هشتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷

بررسی تاثیر تنش شوری بر محتوی یونی و رشد گیاهچه ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

روزبه فرهودی[1*]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: rfarhoudi@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱ مرداد ماه ۱۳۹۷؛ تاریخ پذیرش: ۵ آبان ماه ۱۳۹۷)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی واکنش پنج رقم کلزا (اپرا، فورنکس، اکامر، کنسول و اورینت) در چهار سطح شوری (۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مول NaCl) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد در بالاترین سطح تنش شوری بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در ارقام فورنکس (۳/۳ گرم) و اکامر (۱/۲ گرم) دیده شد. در مرحله دوم مکانیسم پاسخ به تنش شوری در ارقام فورنکس (متحمل به شوری) و اکامر (حساس به تحمل شوری) در چهار سطح شوری (۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مول NaCl) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد دلیل تحمل شوری رقم فورنکس به ویژه در سطوح بالای شوری، غلظت سدیم و مالون دی آلدهید کمتر و غلظت بیشتر پتاسیم و فعالیت آنزیم پراکسیداز در مقایسه با رقم اکامر بود. نتایج نشان داد کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم بیشتر در کنار فعالیت آنزیم پراکسیداز در تحمل شوری ارقام کلزا نقش به سزایی داشت.

واژه‌های کلیدی: آنزیم پراکسیداز، مالون دی آلدهید، نسبت سدیم به پتاسیم

مقدمه

درک پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی جهت تولید و اصلاح ارقام متحمل به تنش کاملاً ضروری است. تنش شوری یکی از این تنش‌های محیطی مهم است که با تاثیرگذاری بر فرآیندهای حیاتی گیاه نظیر فتوسنتز، فعالیت‌های آنزیمی و پایداری غشای سلولی سبب اختلال در رشد و نمو گیاهان می‌گردد (۱۸، ۱۹، ۲۰). محققین تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر سدیم، سولفات و کلر در محیط ریشه بیان نمودند به نحوی که رشد و نمو طبیعی گیاه را مختل سازد. ایشان اختلال در فرایند جذب آب توسط گیاهان، تجمع املاحی نظیر سدیم در بافت گیاهی و عدم توازن یون‌ها در خاک و گیاه را از اثرات نا مطلوب تنش شوری بیان نمودند (۸). امروزه علاوه بر روش‌های مرسوم در زمینه کاهش اثرات تنش شوری بر رشد گیاهان (نظیر تغییر در الگوی کاشت و استفاده از منابع آب با شوری کم جهت آبیاری در مراحل حساس رشد گیاهان) شناسایی مکانیسم‌های تحمل شوری در گیاهان و انتقال این صفات به ارقام جدید جهت تولید ارقام متحمل به شوری از اهمیت بسیاری برخوردار است (۷، ۱۹، ۲۱).

در زمینه تحمل تنش‌های محیطی از جمله شوری باید گفت فرایند تحمل ناشی از تنوع ژنتیکی است و انتخاب بر اساس یک عامل معیار مناسبی در ارزیابی تحمل به شوری نیست (۱، ۱۰) اما بررسی صفاتی نظیر جوانه زنی، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، کاهش جذب عناصر مضر نظیر سدیم و کلر و افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش شوری، تولید اسمولیت‌های سازگار و حفظ پایداری غشا سلولی در شرایط تنش شوری از جمله صفات کلیدی جهت بررسی واکنش گیاهان به تنش شوری و انتخاب معیارهای تحمل به شوری می باشند (۱،۲،۳،۶).

کاهش وزن خشک گیاهچه ارقام کلزا تحت تاثیر تنش شوری در تحقیقات بسیاری از محققین گزارش شده است (۴، ۱۰، ۱۳) اما باید توجه نمود در واکنش ارقام کلزا به تنش شوری طیف گسترده ای از ارقام حساس به تنش شوری تا ارقام متحمل به شوری وجود دارد (۴، ۲۳). تنش شوری سبب کاهش وزن خشک ارقام کلزا شد. در همین حال همبستگی مثبتی میان کاهش وزن خشک کلزا و تجمع یون سدیم در برگ کلزا مشاهده شد (۲۱). محقیین مشاهده نمودند تنش شوری با کاهش فتوسنتز در برگ سبب کاهش وزن خشک ارقام کلزا شد. ایشان تجمع یون سدیم در برگ کلزا و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ را از عوامل اصلی کاهش فتوسنتز کلزا تحت تاثیر تنش شوری بیان نمودند (۱۰،۲۴).

تجمع یون‌های مضر نظیر سدیم و کلر در برگ کلزا با کاهش میزان فتوسنتز و رشد سلولی در نهایت موجب کاهش شدید سطح برگ و وزن خشک برگ کلزا می‌شود (۱۶). تحقیقات بسیاری از محققین حاکی از این است که توان گزینشی برای پتاسیم یکی از مولفه‌های اصلی تحمل تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری در گیاهان مختلف از جمله کلزا است (۵، ۱۹). یون پتاسیم قادر است با حذف اثرات منفی یون‌های کلر، سدیم و سولفات تحمل به تنش شوری را در گیاه کلزا افزایش دهد (۲۶). تحقیقات نشان داد که تمایز میان جذب سدیم و پتاسیم یکی از راهکارهای اصلی تحمل شوری در گیاه جو است. شوری موجب تجمع سدیم در برگ ارقام حساس و مقاوم به شوری جو شد در حالیکه تجمع یون سدیم در برگ ارقام مقاوم به شوری جو کمتر بود (۱۱).

یکی از عوامل اصلی خسارت‌زای تنش‌های محیط نظیر شوری بر گیاهان، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. کلروپلاست و میتوکندری که دو محل عمده حضور چرخه‌های انتقال الکترون در سلول‌های گیاهی می‌باشند همواره در معرض خطر تولید گونه‌های فعال اکسیژن قرار دارند. حضور گونه‌های فعال اکسیژن در محیط سلولی، سبب تخریب ماکروملکول‌های عمده سلولی نظیر ماده وراثتی سلول و آنزیم‌های حیاتی می‌شود که این خسارت را خسارت اکسیداتیو گویند (۷). همچنین یکی از اثرات بارز رادیکال‌های آزاد اکسیژن بر سلامت سلول ها تخریب غشاهای سلولی است. بررسی غلظت مالون دی آلدهید بافت گیاهی می تواند بیانگر میزان تخریب غشا سلولی باشد

زیرا این ترکیب تحت تاثیر تخریب و پراکسیده شدن غشا سلولی آزاد می شود. در گیاه کلزا بین فعالیت آنـزیم هـای آنتی اکسیدان و تعدیل اثرات تنش شوری همبستگی مثبتی مشاهده شده است (۱۷)

گیاه کلزا (*Brassica napus*) در میان دانه‌های روغنی مرسوم در ایران از نظر سطح زیر کشت و تولیـد محصـول مقام اول را دارد و شناخت مکانیسم‌های تحمل به شوری می تواند کمک شایانی به شناسایی و تولید ارقام متحمل بـه شوری این گیاه و گسترش کشت این گیاه در اراضی زراعی مناطق دارای مشکل شوری بنماید. این تحقیق به منظـور بررسی واکنش چند رقم کلزا تجاری به تنش شوری و شناسایی مکانیسم‌های تحمل و حساسـیت بـه شـوری در ایـن ارقام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر تنش شوری بـر خصوصـیات فیزیولـوژیکی و رشـد رویشـی پـنج رقـم کلـزا و همچنین شناسایی مکانیسم‌های تحمل شوری در این ارقام انجام شد. این تحقیق در قالب دو آزمایش جداگانـه انجـام شد. در آزمایش اول واکنش پنج رقم کلزا به تنش شوری به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلـوک‌هـای کامـل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تهران انجام شد. فاکتورهای این آزمـایش عبـارت بودنـد از: سـطوح شوری و ارقام کلزا . ارقام کلزای پاییزه شامل اکامر، فورنکس، اورینت، کنسول و اپرا بود و سـطوح شـوری نیـز شـامل تیمارهای ۰ (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک NaCl (تولید شرکت سیگما) بود.

در زمان کاشت در هر گلدان پنج عدد بذر از رقم مورد نظر کشت شد و بعد از استقرار گیاهچه‌ها بوته‌هـای اضـافی تنک شده و در هر گلدان دو گیاهچه باقی گذاشته شد. محیط کشت گلدان‌هایی به حجـم سـه لیتـر بـود کـه توسـط مخلوط پرلیت دانه ریز و درشت به نسبت سه به یک پر شده بود. گلدان ها روزانه با ۱۰۰ میلی لیتـر محلـول هوگلنـد آبیاری می‌شد. ۱۰ روز پس از سبز شدن بذرها، آبیاری گلدان‌ها با آب شور آغاز شد. در مدت آزمایش دمـای گلخانـه در طی روز حدود ۲۳ الی۲۵ درجه سانتی گراد و در شب حدود ۱۴ الی۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. رطوبت گلخانه حـدود ۷۵ درصد و میزان نور گلخانه ۱۰۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه بود. ۴۰ روز پس از آغـاز تـنش شـوری برداشـت گیاهان جهت بررسی صفات انجام شد. در آزمایش اول وزن خشک اندام هوایی و ریشه، فتوسـنتز و ارتفـاع بوتـه بررسـی شد.

در آزمایش دوم ارقام فورنکس به عنوان رقم متحمل به شوری و رقم اکامر به عنوان رقم حساس بـه شـوری انتخـاب شدند (بر اساس نتایج آزمایش اول). در آزمایش دوم مکانیسم‌های تحمل بـه شـوری بـا دقـت بیشـتری در ایـن دو رقـم بررسی شد. آزمایش دوم در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامـل تصـادفی بـا سـه تکـرار انجـام شـد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از: سطوح شوری و ارقام کلـزا . ارقـام کلـزای پـاییزه شـامل اکـامر و فـورنکس و سطوح شوری شامل تیمارهای ۰ (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک NaCl (تولید شرکت سیگما) بود.

شرایط رشد و نمونه برداری مشابه آزمایش اول بود. صفات مورد بررسی در آزمایش دوم عبارت بود از: فعالیـت آنـزیم آنتی اکسیدانت پراکسیداز، غلظت مالون دی آلدهید برگ (جهت بررسی میزان تخریـب غشـا سـلولی)، غلظـت سـدیم و پتاسیم در برگ و ریشه.

اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم

به منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در بافت‌های گیاهی بعد از شستشو بافت مـورد نظـر بـا آب مقطر، آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد جهت خشک شدن قرار داده شدند. سپس ماده خشک مورد نظر آسیاب شد. سپس یک گرم از ماده خشک بافت مورد نظر جدا شده و در کـوره الکتریکـی بـا دمـای

۵۸۰ درجه سانتیگراد به مدت چهار ساعت در کروزه چینی حرارت داده شدند. خاکستر به دست آمده با ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو نرمال شستشو داده شد تا کاتیون‌ها آزاد شوند. سپس عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلایم فتومتر مدل Carl Ziess و منحنی استاندارد استفاده شد (۲۲).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

جهت بررسی فعالیت این آنزیم ابتدا پروتئین برگ استخراج شد (۶). برای بررسی فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز (EC :۱,۱۱,۱,۱۳) مخلوط واکنش شامل بافرفسفات ۱۰میلی مولار، هشت میلی مولار گویاکول، ۲/۷۵میلی مولار پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرولیتر محلول پروتینی استخراج شده در بالا بود. پس از اضافه کردن پراکسید هیدروژن بلافاصله افزایش جذب در طول موج ۴۷۰نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه قرائت شد. فعالیت ویژه آنزیم به صورت مایکرومول تتراگویاکول تشکیل شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین بیان شد (۱۲).

غلظت مالون‌دی‌آلدهید برگ

به منظور تعیین غلظت مالون‌دی آلدهید در برگ، ابتدا نیم گرم برگ تازه را در محلول ۲۰ درصد تیوکلرواستیک اسید که حاوی ۰/۵ درصد تیو باربیتوریک اسید بود کاملاً پودر کرده و سپس این مخلوط به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد در حمام بن ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط را در حمام یخ سرد کرده و غلظت مالون‌دآلدئید در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت شد اندازه‌گیری شد (۲۵).

فتوسنتز

جهت اندازه گیری این صفت از دستگاه تحلیل گر گاز مادون قرمز استفاده شد. نمونه‌گیری‌ها بین ساعت ۱۱ صبح تا ۱بعد ازظهر روز آفتابی انجام شد بطوریکه میزان نور معادل ۹۰۰ الی۱۰۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه بود. برای ثبت میزان فتوسنتز (میکرو مول دی اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) قسمتی از یک برگ بالغ در اتاقک شیشه‌ای انبرک دستگاه قرار گرفت و پس از ۶۰ ثانیه داده مربوطه ثبت شد (۱۱).

محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح یک درصد) استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول

ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه ارقام کلزا تحت تاثیر معنی‌دار شوری، رقم و برهمکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه‌های میانگین نشان داد که در سطح شاهد تفاوت معنی‌داری میان ارقام مورد بررسی از نظر وزن خشک اندام هوایی مشاهده نشد (جدول۲).-در سطح شوری ۸۰ میلی مول NaCl وزن خشک اندام هوایی ارقام اپرا، اورینت و کنسول تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر نشان نمی‌دهد اما ارقام اکامر و فورنکس به ترتیب کمترین و بیشترین وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با سایر ارقام نشان دادند. در سطح شوری ۱۲۰ میلی مول NaCl نیز رقم فورنکس بیشترین وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با سایر ارقام داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و رقم (جدول ۲) نشان

داد که در شرایط عدم تنش شوری رقم اکامر بیشترین وزن خشک ریشه را داشت. در سطح شوری ۴۰ میلی مول NaCl بیشترین وزن خشک ریشه از رقم اورینت به دست آمد در حالیکه کمترین وزن خشک ریشه از رقم اکامر به دست آمد (جدول ۲). در سطح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی مول NaCl نیز رقم اکامر کمترین وزن خشک ریشه را نشان داد (جدول ۲).

نتایج جدول مقایسه میانگین برهمکنش شوری و رقم (جدول ۲) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری بیشترین ارتفاع بوته در رقم اکامر دیده شد هرچند که ارتفاع بوته این رقم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با رقم فورنکس نداشت. در سطح شوری ۴۰ میلی مول NaCl بیشترین ارتفاع بوته از رقم فورنکس و کمترین ارتفاع بوته ازاکامر به دست آمد (جدول ۲). در سطح شوری ۱۲۰ میلی مول NaCl نیز بیشترین ارتفاع بوته در رقم فورنکس مشاهده شد در حالیکه کمترین ارتفاع بوته در رقم اکامر مشاهده شد. محققین بیان نمودند ارتفاع بوته ارقام و لاین‌های کلزا به طور نامطلوبی تحت تأثیر شوری خاک قرار گرفت و کاهش یافت. ایشان کاهش آب قابل دسترس گیاه، تجمع یون سدیم در برگ‌ها و کاهش فتوسنتز گیاه را عامل اصلی کاهش ارتفاع بوته کلزا بیان نمودند (۲۴، ۲۶). تحت تاثیر تنش شوری، فرآیند فتوسنتز در گیاه کلزا مختل شده و در نتیجه ارتفاع بوته و سطح برگ و همچنین وزن خشک گیاه به شدت کاهش می‌یابد (۲۷) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

فتوسنتز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فتوسنتز ارقام کلزا تحت تاثیر رقم، شوری و برهمکنش رقم و شوری قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بر همکنش شوری و رقم نشان داد که واکنش فتوسنتز ارقام مورد بررسی به سطوح تنش شوری متفاوت بود (جدول۲). نتایج این جدول نشان داد که در سطح شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد میان ارقام مورد بررسی از لحاظ میزان فتوسنتز نبود. در سطح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی مول NaCl بیشترین میزان فتوسنتز در رقم فورنکس و کمترین میزان فتوسنتز در این سطح شوری در رقم اکامر مشاهده شد. بررسی میزان فتوسنتز در گونه‌های گیاهی خانواده براسیکا یکی از راهکارهای معرفی ارقام متحمل به شوری در این گیاهان است زیرا ارقام متحمل به شوری معمولاً از فتوسنتز بالاتری برخوردارند (۹، ۲۶).

کاهش فتوسنتز در عموم گیاهان ناشی از تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کارتنویید و کلروپلاست و تخریب پروتین‌های ساختار فتوسیستم ها است (۱۶). تحقیقات اشرف و همکاران (۹) نشان داد که تنش شوری سبب کاهش فتوسنتز ارقام کلزای مورد مطالعه شد. وی بیان نمود که عوامل یونی و اسمزی ناشی از تنش شوری می‌توانند در این کاهش فتوسنتز دخیل باشند. در شرایط تنش شوری، تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش کارآیی آنزیم‌های فتوسنتزی تحت تاثیر تنش اکسیداتیو و تخریب ساختارهای سلولی به دلیل تجمع یون‌هایی نظیر سدیم و کلر در نهایت موجب کاهش شدید فتوسنتز گیاهان از جمله کلزا می‌گردد (۱۹، ۲۷) که با نتایج آزمایش حاضر نیز همخوانی دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات تاثیر تنش شوری بر رشد و فتوسنتز ارقام کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	ارتفاع بوته	فتوسنتز
بلوک	۲	۴۹/۲ ns	۱۳۲۹/۰ ns	۳۱/۹ ns	۱۲۳/۵ ns
رقم	۴	۶۷۴۵/۰ **	۴۸۴۹۸/۱ **	۶۱۱۰/۹ **	۳۲۲۱۶/۴ **
شوری	۳	۳۱۸۸/۹ **	۴۹۶۰/۱ **	۴۵۹۴/۵ **	۵۰۸۴/۳ **
رقم* شوری	۱۲	۱۱۵۲/۱ **	۱۰۸۱۱/۲ **	۱۳۲۰/۱ **	۳۳۷۳/۸ **
خطای آزمایش	۳۸	۱۶/۷	۸۲۸/۸	۳۶/۱	۵۲/۴
درصد ضریب تغییرات	----	۸/۹	۱۲/۷	۱۰/۴	۳/۷

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر تنش شوری بر رشد و فتوسنتز ارقام کلزا

سطح شوری (میلی مول نمک)	رقم	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	فتوسنتز (میکرو مول دی اکسید کربن بر متر مربع بر ثانیه)
شاهد	فورنکس	۶/۵ ab	۱/۵۷ b	۲۵/۰ ab	۴۹/۸ ab
	اورینت	۶/۱ abc	۱/۶۵ ab	۲۳/۰ bc	۵۱/۰ a
	کنسول	۶/۰ abc	۱/۵۷ b	۲۱/۰ cd	۴۸/۴ a-c
	اکامر	۶/۴ abc	۱/۶۸ a	۲۶/۰ a	۴۸/۹ a-c
	اپرا	۵/۹ abc	۱/۶۲ ab	۲۳/۰ bc	۵۰/۲ ab
۴۰	فورنکس	۶/۳ abc	۱/۳۶ cd	۲۲/۶ b-d	۴۸/۶ a-c
	اورینت	۵/۷ c	۱/۵۸ ab	۲۰/۳ de	۴۶/۲ c
	کنسول	۵/۸ bc	۱/۳۶ cd	۱۸/۳ bf	۴۷/۸ bc
	اکامر	۴/۱ de	۱/۲۷ de	۱۷/۳ fg	۲۹/۴ e
	اپرا	۵/۲ c	۱/۳۶ cd	۱۸/۴ b-f	۳۳/۵ d
۸۰	فورنکس	۴/۳ d	۱/۴۲ c	۲۱/۳ cd	۳۳/۸ d
	اورینت	۳/۵ ef	۱/۳۸ ef	۱۶/۰ fg	28/۰ e
	کنسول	۳/5 ef	۱/۱۹ e-g	۱۷/۶ fg	۲۵/۸ f
	اکامر	۲/۸ gh	۱/۱ g	۶/۶ j	۱۲/۷ jk
	اپرا	3/۶ ef	۱/۱۹ e-g	16/۳ fg	۲۳/۹ g
۱۲۰	فورنکس	۳/۳ fg	۱/۱۶ fg	۱۵/۶ g	۲۳/۱ g
	اورینت	۲/۳ hi	۱/۱۳ fg	۱۰/۰ hi	۱۸/۱ h
	کنسول	۲/۵ hi	۱/۱ g	۱۰/۰ hi	۱۶/۴ hi
	اکامر	۱/۲ J	۰/۰۹ h	۴/۳ k	۱۰/۴ k
	اپرا	۲/۱ hi	۱/۱ g	۱۰/۷ hi	۱۶/۹ hi

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری ندارند.

وزن خشک اندام هوایی و توانایی فتوسنتز می‌تواند یک معیار مناسب جهت بررسی واکنش به تنش شوری در گیاه کلزا باشد (۸، ۲۳، ۲۴). به طور کلی نتایج این آزمایش در مرحله اول نشان داد تنش شوری سبب کاهش رشد، فتوسنتز و وزن خشک اندام هوایی ارقام کلزا شد اما از میان ارقام کلزا، در بالاترین سطح تنش شوری رقم فورنکس با بیشترین وزن خشک اندام هوایی متحمل‌ترین و رقم اکامر با کمترین وزن خشک اندام هوایی حساس ترین رقم به تنش شوری بود. همچنین نتایج نشان داد در میان ارقام مورد بررسی کمترین کاهش وزن خشک اندام هوایی در بالاترین سطح شوری در مقایسه با شاهد در رقم فورنکس دیده شد که می تواند دلیلی بر تحمل بیشتر تنش شوری در این رقم باشد.

آزمایش دوم

غلظت مالون دی آلدهید برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که غلظت مالون دی آلدهید برگ ارقام کلزا در سطح آماری یک درصد تحت تاثیر شوری، رقم و بر همکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۳). نتایج جدول مقایسه‌ی میانگین تاثیر شوری و رقم بر غلظت مالون دی آلدهید برگ (جدول ۴) ارقام کلزا نشان داد تنش شوری سبب افزایش غلظت مالون دی آلدهید برگ ارقام کلزا شد و در کلیه سطوح شوری رقم اکامر در مقایسه با رقم فورنکس غلظت بیشتری از این ترکیب را نشان داد. در شرایط تنش شوری، تخریب غشاهای سلولی و آزاد شدن اسید چرب غشاها می‌تواند به عنوان معیاری

برای بررسی میزان صدمه ناشی از تنش بررسی شود (۱۴) . محققین افزایش غلظت مالون دی آلدهید برگ تحت تاثیر تنش شوری را در گیاه کلزا گزارش نمودند (۷، ۱۷). نتایج این پژوهش نشان داد در بالاترین سطح تنش شوری، رقم فورنکس که حداقل غلظت مالون دی آلدهید برگ را داشت بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشت (جداول ۲ و ۴). این موضوع می‌تواند بیانگر رابطه منفی میان افزایش غلظت مالون دی آلدهید برگ با رشد گیاه کلزا باشد. تحقیقات علی و اشرف (۷) نیز نشان داد تنش شوری سبب تخریب غشای سلولی ارقام کلزا شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات تاثیر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	فعالیت آنزیم پراکسیداز	غلظت سدیم اندام هوایی	غلظت سدیم ریشه	غلظت پتاسیم اندام هوایی	غلظت پتاسیم ریشه	غلظت مالون دی آلدهید
بلوک	۲	۵۶/۳۴ *	۱/۰۲ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۳۸۷/۴ ns	۱۶/۰ ns	۳۶/۰ ns	۰/۰۰۰ ns
رقم	۱	۲۵۴/۱**	۱۷۲/۰۶ **	۰/۰۰۱ **	۸۳۷۳۳/۵ **	۲۰۶۹/۲ **	۲۱۱۹/۱ **	۰/۰۰۱ **
شوری	۳	۳۹۶/۰ **	۳۷/۷ **	۰/۰۰۳ **	۳۸۱۳۵/۳ **	۱۴۸/۹ **	۱۷۵/۸ **	۰/۰۰۰۱ **
رقم* شوری	۳	۲۱۰/۹ **	۵۳/۰ **	۰/۰۰۲۱ **	۲۶۰۶۱/۴ **	۶۵۷/۵ **	۴۳۹/۴ **	۰/۰۰۰۱ **
خطا آزمایش	۱۴	۲۱/۱	۱/۵۴	۰/۰۰۰۰۱	۲۱۷۶/۴	۵/۱	۹/۶	۰/۰۰۰۱
درصد ضریب تغییرات	----	۶/۰	۱۰/۲	۱۱/۰	۹/۰	۳/۵	۵/۹	۱۳/۸

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تاثیر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم کلزا

سطوح شوری (میلی مولار نمک)	رقم	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	غلظت مالون دی آلدهید برگ	غلظت پتاسیم ریشه (میلی گرم بر گرم ماده خشک ریشه)	غلظت پتاسیم اندام هوایی (میلی گرم بر گرم ماده خشک اندام هوایی)	غلظت سدیم ریشه (میلی گرم بر گرم ماده خشک)	غلظت سدیم اندام هوایی (میلی گرم بر گرم ماده خشک)	فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز (جذب به ازای هر گرم پروتین در دقیقه)
۰	فورنکس	۷/۱ a	۰/۰۰۲۳ f	۱۲۱/۱ a	۲۳۳/۰ a	۲۰/۶ d	۲۹/۱ e	۱۶/۸ e
	اکامر	۶/۹ a	۰/۰۰۲۸ f	۱۲۱/۱ a	۲۲۸/۵ a	۱۹/۹ d	۳۹/۲ e	۱۵/۰ e
۴۰	فورنکس	۶/۷ a	۰/۰۰۳۶۹ e	۱۰۳/۴ b	۲۰۸/۲ b	۱۹/۱ d	۳۱/۶ e	۲۵/۲ d
	اکامر	۴/۵ b	۰/۰۰۳۰ e	۱۰۷/۰ b	۱۹۸/۰ bc	۲۴/۹ c	۴۸/۳ cd	۱۸/۲ ed
۸۰	فورنکس	۴/۴ b	۰/۰۰۴۱ b	۱۰۱/۳ b	۱۷۶/۵ c	۲۵/۸ c	۳۷/۵ d	۴۵/۸ c
	اکامر	۲/۷ d	۰/۰۳۱ c	۸۷/۳ c	۱۳۱/۰ e	۲۹/۵ b	۶۵/۰ b	۴۸/۸ b
۱۲۰	فورنکس	۳/۶ c	۰/۰۱۱ d	۶۷/۳ d	۱۶۶/۲ d	۲۶/۵ c	۴۳/۲ c	۴۷/۸ b
	اکامر	۱/۳ e	۰/۰۴۴ a	۵۴/۶ e	۱۰۹/۲ f	۳۱/۰ a	۹۵/۹ a	۵۰/۰ a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ ارقام کلزا در سطح آماری یک درصد تحت تاثیر معنی‌دار شوری، رقم و بر همکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۳). نتایج جدول مقایسه ی میانگین تاثیر شوری و رقم بر فعالیت آنزیم پراکسیداز ارقام کلزا (جدول ۴) نشان داد که تنش شوری سبب افزایش فعالیت این آنزیم در هر دو رقم کلزا شد اما در تمام سطوح شوری فعالیت این آنزیم در رقم فورنکس بیش از رقم اکامر بود. آنزیم پراکسیداز نقش به سزایی در کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش شوری و تجمع یون سدیم در برگ

گیاهان زراعی دارد (۶). تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در کلزا تحت تاثیر تنش شوری شد و ارقام متحمل به شوری از سطح بالاتری از فعالیت این آنزیم برخوردار بودند (۷). آنزیم پراکسیداز در کاهش اثرات تنش اکسیداتیو و حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه کلزا نقش به سزایی داشت (۱۵) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

غلظت یون سدیم و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که غلظت یون سدیم و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه ارقام کلزا تحت تاثیر شوری، رقم و بر همکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۳). نتایج جدول مقایسه‌ی میانگین تاثیر شوری و رقم بر غلظت یون سدیم در اندام هوایی ارقام کلزا (جدول ۴) نشان داد که تنش شوری سبب افزایش غلظت این یون در اندام هوایی هر دو رقم کلزا شد اما در سطوح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی مول NaCl غلظت یون سدیم در اندام هوایی رقم فورنکس به طور معنی‌داری کمتر از رقم اکامر بود. نتایج جدول مقایسه‌ی میانگین تاثیر شوری و رقم بر غلظت یون سدیم در ریشه ارقام کلزا (جدول ۴) نیز نشان داد که در شرایط تنش شوری غلظت یون سدیم در ریشه هر دو رقم کلزا افزایش یافت اما غلظت این یون در ریشه رقم فورنکس به طور معنی‌داری کمتر از رقم اکامر بود. در گیاهان متحمل به شوری عناصر مضر برای گیاه (نظیر کلر و سدیم) اکثراً در بافت‌های مسیر و قبل از رسیدن به برگ‌ها کده‌بندی می‌شوند. در واقع گیاهان گلیکوفیت متحمل به شوری در مقایسه با گیاهان گلیکوفیت حساس به شوری قسمت اعظم یون‌های سدیم جذب شده را ریشه نگهداری می‌کنند (۱۹). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد که رقم فورنکس علی رغم جذب مقادیر کمتری از یون سدیم (۲۶ میلی‌گرم در ریشه و ۴۳ میلی‌گرم در اندام هوایی) قسمت اعظم این یون را در بافت ریشه نگهداری نموده و از انتقال آن به اندام هوایی جلوگیری نمود که می تواند یک مکانیسم تحمل شوری باشد در حالیکه از ۱۳۸ میلی‌گرم سدیم تجمع یافته در اندام هوایی و ریشه رقم اکامر حدود ۹۵ میلی‌گرم آن به اندام هوایی منتقل شد که منجر به کاهش وزن خشک و فتوسنتز این رقم در مقایسه با فورنکس شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین تاثیر شوری و رقم بر غلظت یون پتاسیم اندام هوایی ارقام کلزا (جدول ۴) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد میان غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه ارقام کلزا مشاهده نشد در حالیکه تنش شوری سبب کاهش غلظت این یون در اندام هوایی و ریشه هر دو رقم کلزا شد اما این کاهش در رقم اکامر شدیدتر بود (جدول ۴). فرهودی و همکاران (۱۳) نیز گزارش نمودند بین غلظت یون پتاسیم و وزن خشک گیاهچه کلزا تحت تاثیر تنش شوری همبستگی مثبتی وجود دارد. بررسی واکنش ارقام کلزا در مقابل شوری نشان داد توانایی گیاهان در جذب پتاسیم در مقابل افزایش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی، یکی از مکانیسم‌های مقاومت این گیاهان در مقابل شوری است (۲۶). به عبارت دیگر گیاهانی که قادرند با کاهش جذب سدیم یا افزایش جذب پتاسیم، نسبت بالایی از پتاسیم به سدیم را در شرایط تنش حفظ کنند قادرند تا حد زیادی اثرات نامطلوب تنش شوری را تحمل کنند که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

تحمل شوری ناشی از یک عامل نیست و مجموعه‌ای از عوامل مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، کاهش جذب سدیم و افزایش سنتز اسمولیت‌های سازگار مانند کربوهیدرات‌های محلول می‌باشد. با توجه به نتایج آزمایش حاضر می‌توان گفت تحمل شوری در رقم فورنکس در مقایسه با رقم حساس به شوری اکامر ناشی از غلظت کمتر سدیم و غلظت بیشتر پتاسیم در اندام هوایی، فعالیت بیشتر آنزیم پراکسیداز و غلظت بیشتر کربوهیدرات‌های محلول

برگ است که منجر به کاهش تخریب غشا سلولی گردید. البته رقم فورنکس علی‌رغم تحمل شوری غلظت پرولین کمتری داشت. مجموع این عوامل منجر به بیشتر بودن وزن خشک اندام هوایی رقم فورنکس در مقایسه با رقم اکامر در تمام سطوح شوری گردید. رقم اکامر در سطوح بالای شوری غلظت سدیم بیشتری در اندام هوایی داشت که منجر به تخریب غشای سلولی (افزایش غلظت مالون دی آلدهید برگ) و در نهایت کاهش فتوسنتز و وزن خشک اندام هوایی شد.

منابع

۱- **اطلسی پاک، و.، نبی پور، م. و مسگرباشی، م. ۱۳۹۵.** رابطه بین تجمع ترکیبات نیتروژن‌دار و قندها با تحمل به شوری ارقام کلزا. تولیدات گیاهی. ۳۹: ۱۶-۱.

۲- **حق جو، م و بحرانی، ع. ۱۳۹۷.** تاثیر پیش تیمارهای سالسیلیک اسید و جیبریک اسید بر تجمع برخی از یون‌ها و شاخص‌های جوانه‌زنی در کلزا تحت تنش شوری. مجله علوم به زراعی. ۸ (۱): ۳۵-۲۳.

۳- **سلطانی، ز.، شکاری، ف و جمشیدی، خ. ۱۳۹۵.** اثر تنش شوری و سیلیکون تکمیلی بر خصوصیات مورفولوژیک و روابط یونی گیاه کلزا. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۷: ۲۱۳-۲۰۱.-

۴- **کابوسی،ک و شامیاتی، م. ۱۳۹۶.** اثر تنش شوری بر خصوصیات رویشی و عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا. تنش های محیطی در علوم زراعی. ۱۰: ۳۴۳-۳۳۱.

۵- **یارنیا، م و پیروزخواه، س. ۱۳۹۲.** اثر سطوح پتاسیم بر تحمل به تنش خشکی در کلزا. مجله علوم به زراعی. ۳(۲): ۳۵-۳۰.

6- **Agrawal, S., Sairam, R.K., Srivasta, G.C., Tyagi, A. and Meena, R.C. 2005.** Role of ABA, Salicylic Acid, Calcium and Hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science. 169: 559-570.

7- **Ali, Q. and Ashraf, M. 2008**. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany. 63:266–273.

8- **Ashraf, M. and McNeilly, T. 2004**. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Review of Plant Science. 23(2): 157-174.

9- **Ashraf, M., Nazir, N. and McNeilly, T. 2001**. Comparative salt tolerance of amphidiploids and diploid Brassica species. Plant Science. 160: 683-689.

10- **Bybordi, A. 2010.** Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Notulae Scientia Biologicae. 2(1): 81 -83.

11- **Carden, D. E., Wakker D. J., Flowers, T. J. and Miller, J**. **2003**. Single cell measurement of the concentration of cytosolic Na^+ and K^+ to salt tolerance. Plant Physiology. 131: 676-685.

12- **Chance, C.M**. **1995**. Assay of Catalase and Peroxidases, Methods Enzymology. 11:764-775.

13- **Farhoudi, R., Sharifzadeh, F., Poustini, K., Makkizadeh, M.T., and Kochak pour, M**. **2007.** The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus*) seedlings grown under saline conditions. Seed Science and Technology. 35: 754-759

14- **Gunes, A., Inal, A., Alpuslan, M., Fraslan, F. and Cicek, N. 2007**. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize grown under salinity. Journal of Plant Physiology. 164: 728-736.

15- **He, T. and Cramer, G. R**. **2013**. Cellular and antioxidant response of tow rapid cycling Brassica Species to seawater salinity. Physiologia Plantarum. 87: 54-60.

16- **He, T., Alpo, S. and Cramer, G. R. 2015**. Growth and ion accumulation of tow rapid-cycling Brassica species differing in salt tolerance. Plant and Soil. 183: 19-31.

17- **Hernandez, J. A., Ferrer, M. A., Jiménez, A., Barcelo, A. R. and Sevilla, F. 2016**. Antioxidant systems of canola leaves under salinity stress. Plant Physiology. 147: 817–831.

18- **Munns, R. and James, R.A. 2003**. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil. 253: 201-218.

19- **Munns, R. and Tester, M. 2017**. Mechanism of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 68: 651-681.

20- **Munns, R. 2002**. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25:239-250

21- **Oprica, L., Olteanu, Z., Truta, E., and Voichita, G. 2011**. Early biochemical responses of *Brassica napus* seed germination at salt treatment. Biology and Molecule. 4: 95-102.

22- **Owen, C.P**.**1992**. Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia. PP: 33-45.

23- **Rameeh, S., Rezai, A. and Saeidi,G. 2014**. Study of salinity tolerance in rapeseed. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 35(19): 2849-2866.

24- **Rameeh, V., Cherati, A., Abbaszadeh, F., 2012**. Salinity effects on yield, yield components and nutrient ions in Rapeseed genotypes. Journal of Agricultural Science. 57(1): 19- 29.

25- **Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L. and Gasparikora, O. 2006**. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize. Plant Soil Environment: 52 (4):186-191.

26- **Yang, Y., Zheng, Q., Liu, M., Long, X., Liu, Z., Shen, Q. and Guo, S. 2016.** Difference in sodium spatial distribution in shoot two canola cultivars under saline stress. Plant, Cell, physiology. 58:1010-1019.

27- **Zhang, H. X., Hodson, J. N., Williams, J. P. and Blumwald, E. 2016**. Engineering salt tolerant Brassica plants: Characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Proceeding of the National Academy of Science. 98: 12832-12836.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 8, No. 2, Autumn & Winter 2018

Evolution effect of salt stress on ion concentration and seedling growth of canola varieties (*Brassica napus* L.)

Rozbeh Farhoudi

Department of Agronomy & Plant Breeding, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
Email: rfarhoudi@gmail.com

(Received: 23 July 2018; Accepted: 27 October 2018)

Abstract

This research carried to evolution response of rapeseed varieties to salt stress. In first experiment growth response of five rapeseed varieties (Fornex, Consoul, Orient, Opera and Okamer) to four salinity levels (0, 40, 80 and 120 mmol NaCl) was investigated using a factorial experiment with randomized complete blocks design in three replications. Results indicated under highest salinity, highest and lowest seedling dry matter obtained from Fornex (3.3 gr) and Okamer (1.2 gr). In twice experiment, salt tolerance mechanism in Fornex (salt tolerance) and Okamer (salt sensitive) was evaluated. Results showed Fornex salt tolerance due to lowest Na^+ and Malondealdehaid leaf concentration and highest K^+ and Peroxidase activity in compared Okamer varity. Results indicated decrease in Na^+, increase in K^+ and K/Na and Peroxidase activity have reasonable role in salt tolerance in canola cultivars.

Key word: Peroxidase activity, Malondealdehaid, K/Na,