

بررسی صفات کمی و کیفی عملکرد کلزا تحت شرایط تنش شوری و شناسایی بهترین شاخص مقاومت

محدثه شمس الدین سعید و حسن فرح بخش^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۰/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۵/۹)

چکیده

به منظور مطالعه آثار تنش شوری بر صفات کمی و کیفی ارقام کلزای پاییزه، تعیین مکانیزم‌های احتمالی تحمل به شوری و شناسایی بهترین شاخص مقاومت، آزمایشی در سال ۱۳۸۳ در دانشگاه شهید باهنر کرمان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش ترکیبی از ۳ واریته (زرغام، سرز و اکاپی)، دو نوع نمک (کلرید سدیم و کلرید کلسیم) و چهار میزان شوری (۱۲، ۸، ۴ و صفر دسی زیمنس بر متر) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که افزایش شوری اثر منفی معنی‌داری بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد خورجین خوشه اصلی و فرعی، تعداد دانه در خورجین خوشه اصلی و فرعی، طول خورجین در خوشه اصلی و فرعی، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین داشته ($P < 0/001$) و صفات مذکور به ترتیب ۹۲/۴٪، ۶۷٪، ۸۵/۵٪، ۸۶/۳٪، ۷۲/۹۶٪، ۷۲/۸۰٪، ۷۷/۰۳٪، ۷۶/۹٪، ۶۸/۴۲٪ و ۴۰/۱۵٪ کاهش را نشان دادند. ارقام نیز از لحاظ کلیه صفات مذکور رفتار مشابهی را نشان دادند. رقم زرغام در کلیه صفات بالاترین مقادیر را به استثنای عملکرد روغن دارا بود. تجزیه واریانس داده‌ها هم‌چنین نشان داد که شوری میزان پرولین، پروتئین و قند ارقام را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($P < 0/001$). بیشترین غلظت قند و پروتئین در تیمار شاهد و کمترین آنها در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر مشاهده گردید. در مقابل با افزایش شوری غلظت پرولین نیز افزایش یافت. بر اساس شاخص‌های مقاومت MP، GMP و STI رقم زرغام در بالاترین سطح قرار داشت و به عنوان رقم مقاوم شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: صفات کمی و کیفی، شوری، شاخص‌های مقاومت، کلزا

مقدمه

و سدیمی در ایران حدود ۲۷ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت می‌باشد (۴).

در شرایط شور، گیاهان نیاز به مکانیزم‌های ویژه‌ای برای تنظیم شرایط اسمزی داخلی و تغییر فشار در محیط ریشه دارند. گیاهان تحت تنش از طریق تجمع اسیدهای آمینه آزاد، قندهای

شوری یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. بر اساس برآوردهای انجام شده ۵۰ درصد اراضی دنیا با مشکل شوری مواجه می‌باشند که سه برابر مساحت اراضی زیر کشت است و مجموع خاک‌های شور

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hfarahbakhsh@Mail.uk.ac.ir

شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و مطلوب پیشنهاد نمود. مقدار بالای شاخص تحمل به تنش برای یک ژنوتیپ، بیانگر تحمل به تنش بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ می‌باشد. بدینگر و همکاران (۱۱) نیز شاخص پاسخ به تنش را پیشنهاد نمودند که ارزش مثبت آن نشانگر تحمل به تنش بوده و مستقل از آثار عملکرد بالقوه و تاریخ گل‌دهی است. برخی محققان تلاش‌هایی در جهت تعیین بهترین معیار به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب تحت شرایط تنش انجام دادند. برای مثال احمدی و سی و سه مرده (۱) گزارش کردند که از شاخص‌های مورد مطالعه دو شاخص تحمل به تنش و متوسط محصول‌دهی (Mean Productivity) Mp در جداسازی ارقام گروه A مؤثرتر بودند. امیری اوغان و همکاران (۵) گزارش کردند که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص تحمل به تنش و متوسط بهره‌وری وجود دارد و شاخص متوسط بهره‌وری را بهترین شاخص جهت‌گزینش ارقام متحمل به تنش معرفی کردند. افسر و همکاران (۳) STI را یکی از بهترین شاخص‌ها برای‌گزینش ارقام متحمل در هر دو محیط بدون تنش و دارای تنش معرفی کردند.

کلزا گیاهی از خانواده چلیپائیان می‌باشد و با داشتن بیش از ۴۴ درصد روغن در دانه مقام سوم را در بین دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده است. مقدار اولئین کلزا نزدیک به ۶۰ درصد می‌باشد و کنگاله آن نیز با دارا بودن ۴۶/۵٪ پروتئین، ۳/۵٪ چربی و ۱/۲٪ فسفر قابل جذب دارای ارزش غذایی قابل ملاحظه‌ای است (۸ و ۹). بر اساس آزمایش‌هایی که به منظور بررسی آثار تنش شوری بر عملکرد کلزا انجام شده با افزایش شوری، اجزای عملکرد از جمله وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین کاهش می‌یابند (۲). فرانکوئیس (۱۵) نشان داد که عملکرد دانه کلزا در اثر شوری به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. اما درصد روغن و پروتئین کنگاله تحت تأثیر شوری قرار نگرفت. وی حد آستانه تحمل به شوری برای رشد زایشی کلزا را ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر تعیین نموده است.

محلول و پروتئین‌ها پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند و بدین طریق تنظیم اسمزی حاصل می‌شود (۲۳). با افزایش شوری افزایش غلظت قندهای محللول در گندم (۷)، گیاهچه‌های سورگوم علوفه‌ای (۱۸) و افزایش پرولین در Brassica rapa (۱۷)، Brassica juncea (۲۲) و افزایش غلظت پروتئین در برنج (۲۱) گزارش شده است.

یکی از روش‌های مؤثر مقابله با مشکل شوری کشت واریته گیاهان متحمل به شوری می‌باشد. این واریته‌ها شاخص‌های متفاوتی جهت‌گزینش بر اساس تظاهرشان در محیط‌های با شرایط دشوار و عادی ارائه می‌دهند. یکی از این شاخص‌ها، شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index) SSI می‌باشد که توسط فیشر و مورو (۱۴) ارائه شده است. هر چه مقدار این شاخص کوچک‌تر باشد، میزان مقاومت به تنش بیشتر است. انتخاب براساس این شاخص سبب‌گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط مطلوب ولی عملکرد بالا در شرایط تنش می‌شود. روزیل و هامبلین (۲۵) شاخص تحمل (Tolerance index) TOL را به صورت اختلاف عملکرد در شرایط تنش و شرایط مطلوب و هم‌چنین شاخص بهره‌وری متوسط را به صورت میانگین عملکرد هر دو محیط پیشنهاد نمودند. مقادیر بالای این شاخص تحمل نمایانگر حساسیت بیشتر به تنش بوده و هر چه مقدار آن پایین‌تر باشد، مطلوب‌تر خواهد بود. فرناندز (۱۲) ارقام را از نظر عکس‌العمل آنها در شرایط وجود و عدم وجود تنش به چهار گروه ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط شاهد و تنش دارند (A)، ژنوتیپ‌هایی که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند (B)، ژنوتیپ‌هایی که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط تنش دارند (C) و ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط دارند (D) تقسیم و گزارش کرد که مناسب‌ترین معیار شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص بدهد. هم‌چنین فرناندز (۱۳) شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric Mean Productivity) GMP و شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index) STI را جهت

الکتربیکی (EC) آب زه کش برای سنجش میزان شوری تجمع یافته درون خاک گلدان در طی زمان استفاده گردید. گلدان‌ها به نحوی پر شدند که سطح خاک هر گلدان تا دهانه آن ۵ سانتی متر فاصله داشت. در طول دوره رشد، گلدان‌ها در هوای آزاد و در زیر یک محافظ باران که هوای آزاد از اطراف به راحتی در آن جریان داشته و فقط قسمت سقف آن برای جلوگیری از ریزش باران با نایلون شفاف پوشانده شده بود، نگهداری شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها سه بوته در هر گلدان حفظ و بقیه حذف شدند. اعمال تیمار شوری از طریق آبیاری و با استفاده از محلول‌های دارای هدایت الکتریکی معین و در مرحله چهار برگی صورت گرفت. در طول دوره رشد آبیاری‌ها به صورت هفتگی انجام شد.

به دلیل تفاوت در رسیدگی ارقام و تیمارهای شوری، برداشت در طی یک دوره ۱۵ روزه انجام گرفت. خورجین‌ها برداشت و وزن گردیدند. بذرها سپس کوبیده شده و پس از تمیز شدن مجدداً وزن گردیدند. طول خورجین‌ها با استفاده از خط کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد خورجین‌ها در هر بوته و تعداد دانه در هر خورجین نیز شمارش گردید. جهت تعیین عملکرد بیولوژیک، کلیه اندام‌های هوایی گیاه در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توزین گردیدند. در نمونه‌های برگی خشک شده مقدار فندهای احیا کننده با استفاده از روش سوموگی-نلسون (۲۶)، پرولین آزاد با استفاده از روش بیتز و همکاران (۱۰) و پروتئین کل با روش لوری و همکاران (۲۰) اندازه‌گیری گردید. این اندازه‌گیری‌ها در نمونه‌هایی انجام گرفت که از تمام گیاهان هر گلدان برداشت شده بود.

شاخص‌های مقاومت به تنش شوری با مورد استفاده قرار دادن عملکرد و براساس فرمول‌ها و روابط زیر محاسبه شدند (۱ و ۵):

$$SSI = (1 - Y_s / Y_p) / SI \quad \text{شاخص حساسیت به تنش}$$

$$TOL = Y_p - Y_s \quad \text{شاخص تحمل}$$

$$MP = (Y_s + Y_p) / 2 \quad \text{شاخص میانگین حسابی بهره‌وری}$$

در ایران در سال‌های اخیر کشت و پرورش این گیاه روغنی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به مشکل شوری آب و خاک در بیشتر مزارع و با توجه به تعداد زیاد ژنوتیپ‌های کلزا که احتمالاً از لحاظ میزان مقاومت یا تحمل به شوری متفاوت می‌باشند، این آزمایش با هدف بررسی آثار تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید کلسیم روی عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزای پاییزه، تعیین مکانیزم‌های احتمالی مقاومت به تنش شوری، شناسایی بهترین شاخص مقاومت به شوری و معرفی ژنوتیپ مقاوم به شوری را در بین ارقام حاضر در این آزمایش از طریق شاخص‌های مقاومت به شوری به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه آثار تنش شوری بر صفات کمی و کیفی ارقام کلزای پاییزه، تعیین مکانیزم‌های احتمالی تحمل به شوری و شناسایی بهترین شاخص مقاومت، آزمایشی در سال ۱۳۸۳ در دانشگاه شهید باهنر کرمان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش ترکیبی از ۳ واریته (زرغام، سرز و اکاپی)، دو نوع نمک (کلرید سدیم و کلرید کلسیم) و چهار میزان شوری (صفر (شاهد)، ۴، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) بودند.

بذرهای مورد استفاده در این آزمایش از موسسه اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج تهیه و پس از انتخاب بذرهای یکسان از نظر اندازه، این بذرها با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی و سپس ۳ تا ۵ بار با آب مقطر شسته شدند. بذرها درون گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۵ سانتی متر در دهه دوم مهر ماه سال ۱۳۸۳ کشت گردیدند. عمق کاشت بذرها ۱-۱/۵ سانتی متر و هر کدام از گلدان‌ها حاوی ۱۴ کیلوگرم خاک بودند. خاک مورد استفاده لوم شنی با pH معادل ۷/۴ بود. به منظور جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها دو سوراخ به قطر یک سانتی متر در ته گلدان‌ها، به عنوان زه‌کش تعبیه و ته هر گلدان به ارتفاع ۵ سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد و از اندازه‌گیری هدایت

$$GMP = \sqrt{(Y_p)(Y_s)} \quad \text{شاخص میانگین هندسی بهره‌وری}$$

$$STI = (Y_p \times Y_s) / (\hat{Y}_p)^2 \quad \text{شاخص تحمل به تنش}$$

در روابط فوق

Y_s : عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی

Y_p : عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب،

$$SI = 1 - (\hat{Y}_s / \hat{Y}_p) \quad \text{شدت تنش}$$

که در آن: \hat{Y}_p و \hat{Y}_s به ترتیب میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط خشکی و مطلوب است.

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه واریانس، رگرسیون و هم‌بستگی قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از نرم افزار MSTATC و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش شوری به‌طور معنی‌داری عملکرد و اجزای آن را تحت تأثیر قرار داد ($P < 0/001$ و جدول ۱). به طوری که با افزایش میزان شوری مقادیر این صفات کاهش یافت (جدول ۲). هم‌بستگی بالای عملکرد دانه با اجزای عملکرد (جدول ۴) از یک طرف و کاهش مقدار این اجزا در اثر شوری از طرف دیگر (جدول ۲)، نشان داد که کاهش عملکرد امری کاملاً منطقی می‌باشد. با توجه به این‌که گیاهان بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را در معرض شوری گذرانده‌اند و میزان یون‌های سمی کلر و سدیم به‌طور طبیعی در برگ‌ها با افزایش شوری افزایش می‌یابد، بنابراین احتمالاً می‌توان کاهش عملکرد را به تجمع زیاد یون‌ها در داخل گیاه نسبت داد. هم‌چنین با توجه به کاهش وزن هزار دانه و تعداد خورجین در خوشه اصلی و فرعی در سطح اول شوری احتمالاً می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این اجزا حساسیت بیشتری به شوری داشته‌اند و لذا نقش بیشتری در کاهش عملکرد داشته‌اند (جدول ۲). این یافته تاییدی بر یافته‌های پژوهشگرانی است که نشان دادند تنش شوری باعث کاهش تعداد خورجین و وزن دانه می‌شود (۲، ۱۶ و ۲۳).

مقایسه تیمار بدون نمک با تیمار ۱۲ dS/m نشان دهنده کاهش وزن هزار دانه معادل ۶۷٪ است که این کاهش ممکن است به یکی از دو دلیل کاهش در میزان مواد فتوسنتزی وارد شده به نیام‌ها به دلیل اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی تولید شده برای تعدیل فشار اسمزی مورد نیاز گیاه، کاهش شدت فتوسنتز، کاهش شدت رشد در اثر افزایش پتانسیل اسمزی و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد.

مقایسه میانگین تعداد خورجین در خوشه اصلی در بین تیمارهای شوری نشان داد که تیمار ۱۲ dS/m با ۴/۸۷ خورجین کمترین و تیمار شاهد با ۳۳/۶ خورجین بیشترین تعداد را دارا بودند (جدول ۲). بر اساس گزارش‌های سایر محققین (۱۶ و ۱۹) احتمالاً کاهش تعداد خورجین از افزایش هورمون اسید آبسسیک ناشی شده باشد که زیادی این هورمون می‌تواند سبب مرگ دانه‌های گرده شده و لذا تعداد گل‌های تلقیح شده و تعداد خورجین را کاهش می‌دهد. البته در گیاهان رشد نامحدودی از قبیل کلزا زمان تولید گل نیز سرنوشت آن را تعیین می‌کند و از آنجا که تنش اعمال شده از یک طرف باعث تسریع در گل‌دهی و کاهش طول دوره گل‌دهی گردیده و از طرف دیگر باعث رشد رویشی کمتر و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی کمتر گشته، تحت این شرایط گیاه بقای خود را به هزینه کاهش تعداد غلاف تضمین می‌نماید. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود از نظر تعداد دانه در خورجین و طول خورجین نیز تحت تأثیر شوری اختلاف معنی‌داری به وجود آمد ولی میزان این تأثیر نسبت به سایر اجزای عملکرد کمتر بود و تنها با افزایش شوری، از ۸ dS/m اختلاف معنی‌داری نشان دادند. شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی می‌گردد (۴). لذا طول خورجین‌ها با افزایش شوری کاهش می‌یابد. با توجه به ضریب هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین طول خورجین و تعداد دانه در خورجین (جدول ۴) به نظر می‌رسد یکی از علل کاهش تعداد دانه در خورجین در اثر شوری کاهش طول خورجین‌ها باشد. از طرف دیگر اختلال در متابولیسم

جدول ۱. تجزیه واریانس عملکرد دانه (گرم در بوته)، وزن هزار دانه (گرم)، تعداد خورجین خوشه اصلی و فرعی، طول خورجین خوشه اصلی و فرعی (سانتی متر)، عملکرد روغن (میلی گرم در گرم بذری)، عملکرد پروتئین (میلی گرم در گرم بذری)، غلظت قند (میلی گرم بر لیتر)، پروتئین (میلی گرم در لیتر)، و پروتئین (میکرومول بر لیتر)

عوامل تغییر	درجه	میانگین مربعات																	
		پروتئین	پروتئین	قند	عملکرد	طول	طول	خورجین	طول	تعداد دانه در	تعداد	تعداد	تعداد	وزن هزار	عملکرد	آزادی			
		پروتئین	پروتئین	پروتئین	روغن	خورجین	خورجین	خورجین	خورجین	خورجین	خورجین	خورجین	خورجین	دانه	دانه				
۸۵/۱۱۴**	۱/۸۳۸	NS	۲۱۱/۸۷	NS	۲۳/۵۴	NS	۰/۰۶	NS	۰/۱۶	NS	۰/۴۵	NS	۴/۲۲	NS	۰/۶۷	NS	۰/۰۶۶	NS	۳
۱۶/۶۳۹***	۲/۳۳۱**	NS	۳۴۷/۰۳۵***	NS	۷۳۳/۸۶***	NS	۱/۴۱***	NS	۱/۲۸**	NS	۸/۴۷***	NS	۲۳/۱۱***	NS	۳۰/۸۸***	NS	۴/۵۶***	NS	۲
۰/۶۲۵	۰/۶۸۶	NS	۰/۴۹۷	NS	۱۸۵/۵۰	NS	۰/۰۵	NS	۰/۰۰۳	NS	۰/۴۷	NS	۰/۱۶	NS	۱/۸۴	NS	۰/۰۲۰	NS	۱
۵۰/۰۹۰**	۳/۱۲**	NS	۴۷۳۳/۴۲***	NS	۲۷۸۴/۳۱**	NS	۶/۶۴***	NS	۷/۶۲***	NS	۲۶/۰۴***	NS	۹۲/۳۵***	NS	۲۴/۲۷***	NS	۲۳/۸۱**	NS	۳
۱/۳۳۷	۰/۳۱۱	NS	۲۰۵۸۹	NS	۸۶/۸۶	NS	۰/۰۵	NS	۰/۰۶	NS	۰/۱۳	NS	۰/۰۵	NS	۰/۱۵	NS	۰/۰۶	NS	۲
۲۷/۱۹۸**	۹/۳۴	NS	۱۶۲۷/۱۴***	NS	۴۸۷/۳۲***	NS	۰/۵۲**	NS	۰/۵۷**	NS	۴/۴۷***	NS	۷/۸۲**	NS	۵/۰۶**	NS	۲/۱۷**	NS	۶
۰/۰۸۴	۰/۸۲۸	NS	۵۷۷/۰۶	NS	۳۳۹/۰۵	NS	۰/۲۱	NS	۰/۱۸	NS	۰/۶۵	NS	۰/۸۰	NS	۱/۳۶	NS	۲/۵۲**	NS	۳
۱/۳۸۹	۰/۱۰۱	NS	۲۸۰/۴۸	NS	۹۳/۲۷	NS	۰/۱۳	NS	۰/۱۱	NS	۰/۹۳	NS	۰/۹۹	NS	۱/۵۳	NS	۰/۲۳	NS	۶
۰/۶۳۱	۰/۴۰	NS	۳۷۱/۵۲۸	NS	۹۳۷/۴۵	NS	۰/۱۹۶	NS	۰/۱۸۵	NS	۱/۱۷۳	NS	۲/۳۱۴	NS	۰/۵۲۸	NS	۰/۱۹۸	NS	۶۹

NS، *، ** و ***: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪، بسیار معنی دار توجه: به علت وجود سه تکرار آزادی خطای قند، پروتئین و پروتئین ۴۶ می باشد.

جدول ۲. مقایسه میانگین عملکرد دانه (گرم در بوته)، وزن هزار دانه (گرم)، تعداد خورجین خوشه اصلی و فرعی، تعداد دانه در خورجین خوشه اصلی و فرعی، طول خورجین خوشه اصلی و فرعی (سانتی متر)، عملکرد روغن (میلی گرم در گرم بذر)، عملکرد پروتئین (میلی گرم در گرم بذر)، غلظت قند (میلی گرم بر لیتر)، غلظت پروتئین (میلی گرم در لیتر)، و پرولین (میکرومول بر لیتر)

ارقام	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد خورجین خوشه اصلی	تعداد خورجین خوشه فرعی	تعداد دانه در خورجین اصلی	تعداد دانه در خورجین فرعی	طول خورجین اصلی	طول خورجین فرعی	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	قند پروتئین	غلظت پروتئین
سرز	۳/۸ ^b	۱/۹۶ ^b	۱۹/۰۷ ^b	۱۳/۳۴ ^b	۱۴/۰۶ ^b	۱۲/۰۰ ^b	۳/۳۶ ^b	۳/۰۴ ^b	۳۵/۵۹ ^a	۶۴/۲۷ ^b	۳/۵۰ ^c	۳/۴۵ ^a
زرغام	۶/۵ ^a	۳/۵۴ ^a	۲۱/۸۶ ^a	۲۵/۴۲ ^a	۱۹/۴۴ ^a	۱۴/۹۴ ^a	۴/۰۶ ^a	۳/۷۴ ^a	۲۴/۰۰ ^b	۸۳/۱۹ ^a	۳/۷۶ ^b	۲/۸۷ ^c
اکایی	۳/۹۷ ^b	۱/۸۷ ^b	۱۵/۷۹ ^b	۱۹/۸۸ ^b	۱۲/۲۰ ^b	۱۰/۶۲ ^b	۲/۹۹ ^b	۲/۶۲ ^b	۳۹/۶۴ ^a	۶۴/۳۱ ^b	۴/۱۷ ^a	۳/۳۶ ^b
غلظت نمک (دسی زیمنس بر متر)	۱۰/۳۳ ^a	۳/۴۴ ^a	۳۳/۶۰ ^a	۳۸/۰۳ ^a	۲۱/۵۳ ^a	۱۸/۴۲ ^a	۴/۹۲ ^a	۴/۴۶ ^a	۴۸/۹۳ ^a	۸۶/۶۹ ^a	۴/۲۸ ^a	۳/۶۸ ^a
۰	۵۵/۷ ^b	۲/۸۷ ^b	۲۴/۳۰ ^b	۳۳/۴۰ ^b	۲۰/۹۱ ^a	۱۶/۹۳ ^a	۴/۶۶ ^a	۴/۲۲ ^a	۳۴/۹۲ ^b	۸۰/۹۸ ^a	۳/۸۲ ^b	۳/۳۷ ^b
۴	۲/۲۶ ^c	۲/۳۰ ^c	۱۲/۸۶ ^c	۱۱/۵۵ ^c	۱۲/۶۸ ^b	۱۰/۱۰ ^b	۳/۱۶ ^b	۲/۷۷ ^b	۲۱/۵۹ ^c	۵۶/۸۴ ^b	۳/۶۲ ^c	۳/۱۰ ^c
۸	۰/۸۹ ^d	۱/۱۰ ^d	۴/۸۷ ^d	۵/۲۱ ^d	۵/۸۲ ^b	۴/۶۴ ^c	۱/۱۳ ^c	۱/۰۳ ^c	۱۵/۴۵ ^c	۵۱/۸۸ ^b	۳/۵۱ ^d	۲/۷۷ ^d
۱۲												

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

($P < 0/001$) و جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شوری عملکرد روغن و پروتئین کاهش یافت (جدول ۲). البته کاهش عملکرد روغن از سطح اول شوری (4 dS/m) و عملکرد پروتئین از سطح دوم شوری (8 dS/m) شروع شد. به عبارت دیگر عملکرد روغن نسبت به عملکرد پروتئین، بیشتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت. این امر بدین علت است که با افزایش میزان شوری درصد روغن کاهش ولی درصد پروتئین دانه افزایش یافت (۶). البته افزایش در درصد پروتئین دانه منفی شوری بر عملکرد دانه را تنها تا سطح 4 dS/m جبران نموده و با افزایش شوری به 8 dS/m کاهش معنی‌داری در عملکرد پروتئین نیز مشاهده شد. گزارش‌های دیگری مبنی بر کاهش درصد روغن و افزایش درصد پروتئین در کلزا (۱۶، ۲۷ و ۲۸) و کنجد (۲۳) وجود دارد.

رقم زرفام علی‌رغم داشتن بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد، پایین‌ترین عملکرد روغن را دارا بود. پایین بودن عملکرد روغن در این رقم به علت پایین بودن درصد روغن دانه این رقم حتی در شرایط بدون تنش می‌باشد که چنانچه از طریقی از جمله مهندسی ژنتیک توان ژن‌های کنترل‌کننده میزان روغن را به رقم زرفام که از نظر سایر خصوصیات نیز برتری قابل ملاحظه‌ای با دیگر ارقام دارد منتقل نماییم شاید بتوان به رقم اصلاح شده‌ای دست یافت.

بنابر نتایج به دست آمده اثر متقابل رقم \times غلظت نمک بر روی عملکرد روغن و پروتئین نیز معنی‌دار بود و در هر سه رقم با افزایش غلظت نمک عملکرد روغن و پروتئین کاهش یافتند اما درصد کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود. رقم زرفام اگر چه در شرایط بدون تنش پایین‌ترین عملکرد روغن را دارا بود، در شرایط تنش متوسط و شدید (8 و 12 dS/m) بالاترین عملکرد روغن و پروتئین را به خود اختصاص داده است (جدول ۳).

تنظیم اسمزی به وسیله ترکیبات آلی همچون قند، پروتئین و پرولین یکی از مکانیسم‌های تحمل شوری می‌باشد و نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این ترکیبات نشان

کربوهیدرات‌ها به واسطه افزایش شوری که از کاهش غلظت قند برگ‌ها نتیجه می‌شود (جدول ۲) می‌تواند به کاهش مقدار کربوهیدرات‌های قابل دسترس برای ارسال به اعضای ذخیره‌کننده منجر شده که در نتیجه مقدار سقط جنین افزایش و تعداد دانه تشکیل شده کاهش یافته است (۱۵). کاهش عملکرد و اجزای عملکرد با افزایش شوری توسط سایر محققین در کلزا (۲، ۲۷ و ۲۸)، کنجد (۲۳) و گندم (۷)، نیز گزارش شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه و اجزای آن وجود داشت ($P < 0/001$ و جدول ۱). به طوری که رقم زرفام از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در خوشه اصلی، تعداد خورجین در خوشه فرعی، طول خورجین خوشه اصلی و طول خورجین خوشه فرعی نسبت به دو رقم دیگر برتری نشان داد (جدول ۲).

بنا بر نتایج به دست آمده اثر متقابل رقم \times غلظت نمک بر اجزای عملکرد نیز معنی‌دار بود (جدول ۱) و در هر سه رقم با افزایش غلظت نمک کلیه اجزای عملکرد کاهش یافتند اما درصد کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود (جدول ۳). اگر چه رقم زرفام در شرایط بدون تنش در برخی اجزای عملکرد پایین‌ترین مقادیر را نسبت به دو رقم دیگر نشان داد اما در شرایط تنش متوسط و شدید (8 و 12 dS/m) در کلیه صفات مورد بررسی بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داده است (جدول ۳) که علت آن وارد نشدن دو رقم سرز و به خصوص اکاپی به فاز زایشی در غلظت‌های بالای نمک می‌باشد. در این رابطه مونز (۲۴) اظهار داشت که اگر برگ‌های مسن‌تر زودتر از برگ‌های جوان‌تری که پس از آنها تولید می‌شوند بمیرند به تدریج بخش بیشتری از برگ‌ها از بین می‌روند و تمایز گل و تولید دانه به تاخیر و بعضاً از وارد شدن به این مراحل جلوگیری به عمل می‌آید و این در حالی است که هنوز سطح برگ کافی برای تولید مواد فتوسنتزی وجود دارد.

عملکرد روغن و پروتئین به عنوان دو صفت کیفی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش شوری و رقم قرار گرفتند

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در غلظت نمک روی تعداد خورجین خوشه اصلی و فرعی، تعداد دانه در خورجین خوشه اصلی و فرعی، طول خورجین خوشه اصلی و فرعی (سانتی متر)، عملکرد روغن (میلی گرم در گرم بذر)، عملکرد پروتئین (میلی گرم در گرم بذر)، پروتئین (میلی گرم بر لیتر)، پروتئین (میلی گرم بر لیتر)، و پروتئین (میکرومول بر لیتر)

غلظت نمک (dS/m)	رقم	تعداد خورجین اصلی	تعداد خورجین فرعی	تعداد دانه در خورجین های اصلی	تعداد دانه در خورجین های فرعی	طول خورجین اصلی	طول خورجین فرعی	عملکرد پروتئین	عملکرد روغن	پروتئین	عملکرد پروتئین	عملکرد روغن	طول خورجین اصلی	طول خورجین فرعی	روی خوشه اصلی	روی خوشه فرعی	تعداد دانه در خورجین های اصلی	تعداد دانه در خورجین های فرعی	تعداد خورجین اصلی	تعداد خورجین فرعی	تعداد خورجین های اصلی	تعداد خورجین های فرعی	غلظت نمک (dS/m)
۰	سرز	۳۴/۸۸ ^a	۲۸/۴۱۷ ^d	۳۳/۲۰۰ ^a	۱۹/۳۰۰ ^a	۵/۲۵۰ ^a	۴/۶۶ ^a	۴۵/۶۷ ^{bc}	۶۷/۸۶ ^{bc}	۴/۸۵ ^b	۴/۸۳ ^a	۴/۸۳ ^a	۴/۸۵ ^b	۴/۶۶ ^a	۵/۲۵۰ ^a	۱۹/۳۰۰ ^a	۳۳/۲۰۰ ^a	۲۸/۴۱۷ ^d	۳۴/۸۸ ^a	۰			
	زرغام	۳۰/۵۸۱ ^b	۴۱/۶۶۷ ^b	۲۰/۸۵۰ ^b	۱۶/۶۵۰ ^b	۴/۸۷۰ ^{bc}	۴/۲۳ ^{abc}	۳۵/۸۳ ^b	۹۸/۷۲ ^a	۳/۸۷ ^g	۲/۸۱ ^h	۳/۸۷ ^g	۴/۲۳ ^{abc}	۴/۲۳ ^{abc}	۴/۸۷۰ ^{bc}	۱۶/۶۵۰ ^b	۲۰/۸۵۰ ^b	۴۱/۶۶۷ ^b	۳۰/۵۸۱ ^b				
	اکاپی	۳۵/۳۳۲ ^a	۴۴/۰۰۰ ^a	۲۰/۵۵۰ ^b	۱۹/۳۰۰ ^a	۴/۸۳۵ ^{bc}	۴/۴۹ ^{ab}	۶۵/۳۹ ^a	۹۳/۴۹ ^a	۷/۸۸ ^a	۳/۸۹ ^b	۷/۸۸ ^a	۴/۴۹ ^{ab}	۴/۴۹ ^{ab}	۴/۸۳۵ ^{bc}	۱۹/۳۰۰ ^a	۲۰/۵۵۰ ^b	۴۴/۰۰۰ ^a	۳۵/۳۳۲ ^a				
۴	سرز	۲۵/۹۱۸ ^c	۱۳/۲۰۸ ^f	۲۱/۳۷۵ ^b	۱۸/۳۵۸ ^a	۴/۹۷۳ ^{ab}	۴/۳۴ ^{ab}	۳۳/۵۱ ^b	۹۲/۶۱ ^a	۳/۹ ^d	۳/۶۵ ^d	۳/۹ ^d	۴/۳۴ ^{ab}	۴/۳۴ ^{ab}	۴/۹۷۳ ^{ab}	۱۸/۳۵۸ ^a	۲۱/۳۷۵ ^b	۱۳/۲۰۸ ^f	۲۵/۹۱۸ ^c				
	زرغام	۲۴/۷۵۰ ^d	۲۴/۲۵۰ ^e	۲۰/۸۰۰ ^b	۱۵/۷۲۵ ^{bc}	۴/۵۹۷ ^{bc}	۴/۲۳ ^{abc}	۲۵/۵۲ ^{cd}	۸۶/۰۲ ^{ab}	۴/۱۸ ^b	۲/۸۱ ^h	۴/۱۸ ^b	۴/۲۳ ^{abc}	۴/۲۳ ^{abc}	۴/۵۹۷ ^{bc}	۱۵/۷۲۵ ^{bc}	۲۰/۸۰۰ ^b	۲۴/۲۵۰ ^e	۲۴/۷۵۰ ^d				
	اکاپی	۲۲/۲۴۹ ^e	۳۲/۷۵۰ ^c	۲۰/۵۵۰ ^b	۱۶/۷۰۰ ^b	۴/۴۱۰ ^{cd}	۴/۰۸ ^b	۳۵/۷۳ ^{bc}	۶۶/۳۱ ^c	۳/۸۸ ^c	۳/۸۸ ^c	۳/۸۸ ^c	۴/۰۸ ^b	۴/۰۸ ^b	۴/۴۱۰ ^{cd}	۱۶/۷۰۰ ^b	۲۰/۵۵۰ ^b	۳۲/۷۵۰ ^c	۲۲/۲۴۹ ^e				
۸	سرز	۱۳/۴۱۵ ^g	۸/۴۵۸ ^g	۹/۶۲۵ ^d	۸/۷۵۶ ^e	۲/۶۰۰ ^e	۲/۶۲ ^d	۲۸/۹۴ ^c	۴۷/۰۶ ^{cd}	۳/۴۶ ^f	۳/۰۶ ^g	۳/۴۶ ^f	۲/۶۲ ^d	۲/۶۲ ^d	۲/۶۰۰ ^e	۸/۷۵۶ ^e	۹/۶۲۵ ^d	۸/۴۵۸ ^g	۱۳/۴۱۵ ^g				
	زرغام	۱۹/۹۵۷ ^f	۲۳/۴۱۷ ^e	۲۰/۸۲۵ ^b	۱۵/۰۶۶ ^c	۴/۰۸۳ ^d	۳/۸۷ ^c	۱۸/۰۳ ^{de}	۸۸/۳۴ ^a	۳/۶۴ ^e	۲/۸۱ ^h	۳/۶۴ ^e	۳/۸۷ ^c	۳/۸۷ ^c	۴/۰۸۳ ^d	۱۵/۰۶۶ ^c	۲۰/۸۲۵ ^b	۲۳/۴۱۷ ^e	۱۹/۹۵۷ ^f				
	اکاپی	۵۲/۰۷ ⁱ	۲/۸۹۲ ^h	۷/۷۰۰ ^e	۶/۴۷۵ ^f	۲/۸۰۷ ^e	۱/۹۲ ^e	۱۷/۸۱ ^{de}	۳۵/۱۴ ^d	۳/۰۱ ^h	۲/۸۳ ^e	۳/۰۱ ^h	۱/۹۲ ^e	۱/۹۲ ^e	۲/۸۰۷ ^e	۷/۷۰۰ ^e	۲/۸۹۲ ^h	۵۲/۰۷ ⁱ					
۱۲	سرز	۲/۰۸۴ ^j	۳/۲۹۲ ^h	۲/۰۵۰ ^f	۱/۶۰۰ ^g	۰/۶۱۵ ^f	۰/۵۴ ^f	۱۲/۸۹ ^e	۳۶/۲۵ ^d	۲/۵۰ ^j	۲/۸۵ ^h	۲/۵۰ ^j	۰/۵۴ ^f	۰/۵۴ ^f	۰/۶۱۵ ^f	۱/۶۰۰ ^g	۳/۲۹۲ ^h	۲/۰۸۴ ^j					
	زرغام	۱۲/۱۶۶ ^h	۱۲/۳۳۳ ^f	۱۵/۴۰۰ ^c	۱۲/۳۱۳ ^d	۲/۸۷۵ ^e	۲/۵۶ ^d	۱۶/۸۴ ^{de}	۵۹/۷۰ ^c	۴/۰۶ ^c	۳/۱۹ ^f	۴/۰۶ ^c	۲/۵۶ ^d	۲/۵۶ ^d	۲/۸۷۵ ^e	۱۲/۳۱۳ ^d	۱۵/۴۰۰ ^c	۱۲/۳۳۳ ^f					
	اکاپی	۰/۳۷۵ ^k	۰/۰۰۰ ⁱ	۰/۰۰۰ ^g	۰/۰۰۰ ^h	۰/۰۰۰ ^g	۰/۰۰۰ ^g	۰/۰۰۰ ^f	۰/۰۰۰ ^e	۲/۶۴ ⁱ	۲/۳۶ ^j	۲/۶۴ ⁱ	۰/۰۰۰ ^g	۰/۰۰۰ ^g	۰/۰۰۰ ^g	۰/۰۰۰ ^h	۰/۰۰۰ ⁱ	۰/۳۷۵ ^k					

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار ندارند.

تأثیر کلیه تیمارها کاهش معنی‌دار، و رقم زرفام افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند. سایر محققین نیز نتایج مشابهی را در ارتباط با افزایش غلظت پروتئین (۲۱) و قند (۷)، ۱۶ و ۱۸) در ارقام مقاوم‌تر تحت تأثیر تنش شوری گزارش نموده‌اند. به علاوه غلظت پرولین در برگ‌ها تحت تأثیر شوری قرار گرفته و با افزایش غلظت نمک بالا رفته است. افزایش غلظت پرولین با افزایش شوری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۷، ۱۶، ۱۷ و ۲۲). غلظت پرولین در رقم سرز ۳/۰۸ برابر، در رقم زرفام ۱/۷ برابر و در رقم اکاپی ۱/۳ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش غلظت پرولین به عنوان اثر تنش شوری می‌باشد و نه علتی برای تحمل تنش شوری، که نتایج این آزمایش با نتایج لسردا و همکاران (۱۸) مطابقت دارد. افزایش پرولین احتمالاً به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز پرولین یعنی اورنیتین آمینوترانسفراز (OAT) و پرولین کربوکسیلاز ردوکتاز و به علاوه به علت جلوگیری از فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز و آنزیم پرولین کاتابولاز می‌باشد (۲۲) که در این آزمایش مورد بررسی قرار نگرفتند. هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین غلظت قند و پروتئین با عملکرد (جدول ۵) نشان دهنده تأثیر مثبت این مواد در تنظیم اسمزی و تحمل شوری می‌باشد و هم‌چنین هم‌بستگی منفی و معنی‌دار بین غلظت پرولین و عملکرد این نظریه را که تجمع پرولین به عنوان اثر تنش شوری می‌باشد و نه علتی برای تحمل تنش (۱۸)، تأیید می‌کند.

همان‌گونه که ذکر شد (۴) یکی از روش‌های مفید مقابله با مشکل شوری کشت گیاهان و وارینه‌های متحمل به شوری می‌باشد که در این آزمایش جهت گزینش این ژنوتیپ‌ها از شاخص‌های مقاومت استفاده گردید. نتایج حاصل از بررسی میزان مقاومت ژنوتیپ‌ها در جدول ۶ و نتایج حاصل از میزان هم‌بستگی بین شاخص‌های مقاومت و عملکرد در هر دو شرایط تنش و مطلوب در جدول ۷ آمده است. همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود با توجه به این‌که شاخص SSI بین هیچ‌کدام از ارقام در هیچ‌یک از شرایط تنش کم، متوسط و شدید اختلاف

داد که غلظت نمک و رقم میزان پرولین، پروتئین و قند را به‌طور بسیار معنی‌داری ($P < 0.001$) تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های مربوطه نشان داد غلظت قند، پرولین و پروتئین در غلظت‌های مختلف نمک در چهار سطح قابل تفکیک می‌باشد (جدول ۲). بیشترین غلظت قند و پروتئین در تیمار شاهد و کمترین آنها در تیمار ۱۲ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. پرولین روند معکوسی را نشان داد و با افزایش شوری غلظت پرولین افزایش یافت. هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد پروتئین و پرولین به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل رقم \times غلظت نمک قرار گرفتند (جدول ۱ و ۳). به عبارت دیگر ارقام در واکنش به تنش واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند، به گونه‌ای که در مقایسه با تیمار شاهد، در دو رقم سرز و اکاپی با افزایش غلظت نمک غلظت پروتئین کل کاهش یافت. چون سنتز پروتئین نیاز به انرژی دارد، کاهش انرژی ناشی از کمبود آب و جذب فعال عناصر سدیم و کلر سبب کند شدن سنتز پروتئین و در نتیجه کاهش میزان پروتئین گردیده است. هم‌چنین کاهش در میزان پروتئین به دلیل تجزیه آن از طریق افزایش پروتئولیز و مواد شیمیایی مثل اسید آبسیسیک، کاهش سنتز پروتئین به وسیله جلوگیری از تبدیل اسید آمینه به پروتئین و کاهش میزان پلی‌ریبوزوم‌ها می‌تواند باشد (۲۲)، که در این آزمایش اندازه‌گیری نشدند. رقم زرفام تا تیمار ۸ دسی زیمنس بر متر تغییر معنی‌داری در میزان پروتئین نسبت به شاهد نشان نداد و تنها با افزایش غلظت نمک به ۱۲ دسی زیمنس بر متر میزان پروتئین آن افزایش یافت. این افزایش سریع پروتئین را می‌توان به عنوان عاملی جهت تنظیم اسمزی تلقی کرده که با کاهش زیاد پتانسیل آب ناشی از افزایش شوری، شروع به افزایش کرده است. علت افزایش پروتئین ممکن است بدین دلیل باشد که تنش باعث تحریک افزایش پروتئین‌های موجود گردیده و یا پروتئین‌های جدیدی سنتز شده باشند (۷) که برای پاسخگویی به این پرسش لازم است، پروتئین‌ها به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند. در ارتباط با غلظت قند مشاهده شد که ارقام سرز و اکاپی تحت

جدول ۴. ضرایب هم‌بستگی ساده بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد در تنش شوری

تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
	وزن هزار دانه	۰/۹۱۱*	
	تعداد خورجین	۰/۹۵۱*	۰/۹۹۱**
	تعداد دانه در خورجین	۰/۹۷۳*	۰/۸۹۳*
۰/۹۹۴**	طول خورجین	۰/۹۸۴**	۰/۸۶۷

* و **: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۵. ضرایب هم‌بستگی ساده بین عملکرد دانه و ترکیبات آلی برگ

پروئین برگ	قند برگ	پروتئین برگ
	قند برگ	۱/۸۶۰
	پروئین برگ	-۰/۸۹۹
	عملکرد دانه	۰/۹۲۵*
-۰/۹۹۰**		۰/۹۸۹**

* و **: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

هم‌آهنگی نشان دادند. در اینجا رقم اکاپی دارای کمترین STI و GMP و رقم زرفام بیشترین مقدار این شاخص‌ها را نشان دادند و از این نظر اختلاف معنی‌داری بین دو رقم اکاپی و سرز وجود نداشت. احمدی و سی سه مرده (۱) نیز گزارش کرده‌اند که شاخص STI و MP در جداسازی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار مؤثرتر از سایر شاخص‌ها بودند. در کل می‌توان اظهار داشت بالاترین مقادیر MP، GMP و STI نشان دهنده ژنوتیپ گروه A و پایین‌ترین مقادیر MP، GMP و STI نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه D هستند.

علاوه بر این شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای هم‌بستگی بالایی با عملکرد باشند، را می‌توان به عنوان بهترین شاخص معرفی کرد. زیرا این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. در همین راستا و با توجه به نتایج ضرایب هم‌بستگی (جدول ۷) شاخص‌های مختلف و عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و تنش کم، متوسط و شدید ملاحظه می‌شود که شاخص‌های میانگین حسابی بهره‌وری (MP)،

معنی‌داری را نشان نداد به نظر می‌رسد که این شاخص نمی‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را تعیین کند و از این لحاظ شاخص مطلوبی نیست. رقم زرفام بیشترین عملکرد را در شرایط تنش و عدم وجود تنش دارا بود (جدول ۳). شاخص مطلوب باید رقم زرفام را که در هر دو شرایط شاهد و تنش عملکرد بالایی داشته است (گروه A) به خوبی از دیگر ارقام تفکیک کند. مشاهده می‌شود که اگرچه بیشترین مقدار TOL مربوط به رقم اکاپی است که کاهش عملکرد این رقم تحت تنش بیشتر از سایر ارقام بود ولی باز هم اختلاف معنی‌داری بین ارقام در هیچ‌یک از شرایط تنش شوری وجود نداشت. لذا این شاخص نیز شاخص مطلوبی نمی‌باشد. اما به نظر می‌رسد که شاخص MP در تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A بسیار مطلوب باشد. بر اساس این شاخص رقم زرفام دارای بیشترین MP و رقم اکاپی که در هر دو شرایط تنش و شاهد عملکرد پایینی داشت، دارای کمترین MP بود. لذا بیشترین MP نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه A و کمترین MP نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه D است. شاخص‌های STI و GMP نیز با شاخص MP

جدول ۶. شاخص‌های مقاومت به تنش در ارقام مختلف در غلظت‌های مختلف نمک

STI	GMP	MP	TOI	SSI	غلظت نمک (dS/m)	واریته
۰/۶۶۲ ^{bc}	۲/۶۵۶ ^{bc}	۲/۶۸۱ ^{bc}	۰/۹۷۸ ^{cd}	۴/۳۵۱ ^{ab}	۴	سرز
۰/۸۶۶ ^a	۳/۰۴۷ ^a	۳/۱۰۸ ^a	۱/۰۷۴ ^{cd}	۴/۷۷۰ ^a	۴	زرغام
۰/۶۸۴ ^b	۲/۶۶۱ ^{bc}	۲/۷۵۱ ^{bc}	۰/۸۴۹ ^d	۳/۳۳۴ ^{abc}	۴	اکاپی
۰/۳۶۴ ^d	۱/۹۳۷ ^d	۲/۱۵۱ ^d	۱/۷۱۹ ^{abc}	۲/۰۰۸ ^{abc}	۸	سرز
۰/۷۵۷ ^{ab}	۲/۸۳۶ ^{ab}	۲/۹۴۱ ^{ab}	۱/۴۰۸ ^{bcd}	۱/۳۷۲ ^{bc}	۸	زرغام
۰/۳۰۷ ^d	۱/۷۷۸ ^{de}	۲/۱۰۰ ^d	۲/۱۵۰ ^{ab}	۲/۳۵۸ ^{abc}	۸	اکاپی
۰/۲۲۲ ^d	۱/۵۶۲ ^{de}	۱/۹۲۵ ^d	۲/۱۷۰ ^a	۱/۵۱۵ ^{bc}	۱۲	سرز
۰/۵۱۸ ^c	۲/۳۱۵ ^c	۲/۵۸۰ ^c	۲/۱۳۰ ^{ab}	۱/۲۲۶ ^c	۱۲	زرغام
۰/۲۱۰ ^d	۱/۴۹۸ ^e	۱/۹۴۲ ^d	۲/۴۶۵ ^a	۱/۶۹۲ ^{bc}	۱۲	اکاپی

جدول ۷. ضرایب هم‌بستگی بین شاخص‌های مقاومت به تنش و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش

	yp	ys	yp	SSI	TOL	MP	GMP
yp	Ec=۴	-۰/۰۷۴					
	Ec=۸	۰/۴۹۷*					
	Ec=۱۲	۰/۴۲۳*					
SSI	Ec=۴	-۰/۲۲۲	۰/۵۲۰**				
	Ec=۸	-۰/۸۷۴**	-۰/۱۱۷				
	Ec=۱۲	-۰/۴۲۳*	-۰/۱۳۴				
TOL	Ec=۴	-۰/۶۱۹**	۰/۵۰۴*	۰/۳۶۷			
	Ec=۸	-۰/۸۶۸**	۰/۱۱۳	۰/۷۴۸**			
	Ec=۱۲	-۰/۶۱۲**	۰/۴۵۸*	۰/۲۹۸			
MP	Ec=۴	۰/۸۱۴**	۰/۶۴۶**	۰/۱۹۷	-۰/۱۱۸		
	Ec=۸	۰/۹۲۰**	۰/۷۹۷**	-۰/۶۱۸**	-۰/۴۵۶*		
	Ec=۱۲	۰/۸۶۱**	۰/۸۲۵**	-۰/۳۴۰	-۰/۱۲۵		
GMP	Ec=۴	۰/۸۳۳**	۰/۶۶۶*	۰/۱۱۱	-۰/۳۷۵	۰/۹۷۳**	
	Ec=۸	۰/۹۷۳**	۰/۶۷۶**	-۰/۶۸۸**	-۰/۶۰۶**	۰/۹۸۱**	
	Ec=۱۲	۰/۹۷۱**	۰/۶۲۴**	-۰/۴۰۱	-۰/۴۰۸*	۰/۹۵۶**	
STI	Ec=۴	۰/۸۱۸**	۰/۴۸۰*	۰/۱۳۹	-۰/۲۴۰	۰/۹۶۴**	۰/۹۸۱**
	Ec=۸	۰/۹۶۸**	۰/۶۷۹**	-۰/۶۹۹**	-۰/۵۹۸**	۰/۹۸۰**	۰/۹۹۲**
	Ec=۱۲	۰/۹۶۸**	۰/۶۰۱**	-۰/۳۸۳	-۰/۴۲۴*	۰/۹۴۱**	۰/۹۹۳**

* : معنی دار در سطح ۵ درصد آماری (P<۰/۰۵)

** : معنی دار در سطح آماری ۱ درصد (P<۰/۰۱)

دو رقم دیگر دارا بود و این رقم از مکانیسم تنظیم اسمزی به وسیله ترکیبات آلی از جمله قند و پروتئین برای مقاومت در برابر شوری برخوردار می‌باشد. این رقم را می‌توان برای پژوهش‌های بعدی جهت اصلاح کلاسیک و جداسازی ژن‌های موثر در تحمل شوری به کار برد. از بین شاخص‌های مقاومت به تنش MP، GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش می‌باشند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کمک‌های بی دریغ حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان بواسطه تامین بودجه و هزینه‌های طرح صمیمانه قدردانی می‌گردد.

میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) دارای ویژگی ذکر شده می‌باشند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که میزان بالایی از این شاخص‌ها را دارا باشند، به عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. ژنوتیپ زرفام مقادیر بالایی از این شاخص‌ها را دارد و دارای عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش (۱۲/۹۶ گرم)، تنش کم (۶/۲۱۰ گرم)، تنش متوسط (۴/۷۱۴ گرم) و تنش شدید (۲/۰۴۵ گرم) می‌باشد. عملکرد بالای رقم زرفام در شرایط تنش شوری کم، متوسط و شدید اطمینان از بقای عملکرد این ژنوتیپ را بر اساس شاخص‌های مقاومت به تنش به دست داد.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری سبب آثار منفی بر صفات کمی و کیفی کلزا می‌شود، ولی نوع نمک اختلاف معنی‌داری را در مورد هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه باعث نشد و رقم زرفام تحمل بیشتری نسبت به

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ع. و ع. سی و سه مرده. ۱۳۸۲. روابط بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیم‌های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۴(۳):۶۶۷-۶۷۹.
۲. احمدی، س. م. و ج. نیازی اردکانی. ۱۳۸۳. ارزیابی و تعیین تحمل به شوری واریته‌های مختلف کلزا با استفاده از مدل رایانه‌ای SALT. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۳. افسر، ع. س. ی. صادقیان و د. حبیبی. ۱۳۸۳. بررسی دیدگاه‌های اصلاح ارقام متحمل به خشکی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی در ماش. هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت.
۴. افیونی، م. ر. مجتبی پور و ف. نوربخش. ۱۳۷۶. خاک‌های شور و سدیمی و اصلاح آنها. انتشارات ارکان، اصفهان.
۵. امیری اوغان، ح. م. مقدم، م. ر. احمدی و س. ج. داوری. ۱۳۸۳. نحوه عمل ژن و وراثت پذیری شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی در کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۱):۷۳-۸۳.
۶. شمس‌الدین سعید، م. آثار تنش شوری بر جوانه زنی، رشد رویشی و عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزای پاییزه. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۷. شهبازی، م. و ز. محقق دوست. ۱۳۷۵. بررسی آثار کلرور سدیم بر رشد و انباشت ترکیبات آلی و معدنی در گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۷(۴):۷۰-۸۷.
۸. شهیدی، ا. و ک. فروزان. ۱۳۷۶. کلزا. چاپ اول، شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، کرج.
۹. مرادیان فر، ح. ۱۳۷۸. کلزا یک گیاه با ارزش و سود آور. مزرعه. شماره ۲۹: ۳۲-۳۳.
10. Bates, L. S., R. P. Waldern and I. D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil: 205-207.

11. Bedinger, F. R., V. Mahalakshmi and G. D. P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet. I. Estimation of genotype response to stress. *Aust. J. Agric. Res.* 38:49-59.
12. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance in proceeding of the symp. Taiwan, 13 -16, AGU, 1992. By C. O. Kuo. AVRDC.
13. Fernandez, G. C. 1996. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proc. of on the Symp. Taiwan*, 25: 257-270.
14. Fisher. R. A and R. Muarer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29:897-912.
15. Francois. E. L. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Argon. J.* 86:233-237.
16. Keshta, M. M., K. M. Hammad and W. A. I. Sorour. 1999. Evaluation of rape seed genotypes in saline soil. *Proceedings of the 10th international Rape seed Congress, Canberra, Australia.*
17. Kwon, T. R., P. J. C. Harris, W. F. Boune and W. S. Leo. Salt – induced reduction growth in Brassica Rapa. *ISHS Act a Horticulture: xxv international horticultural congress part 1: culture techniques with special emphasis on environmental implications- nutrient management.*
18. Lacerda, C. F. D., J. Cambraia, M. A. Oliva, H. A. Ruiz and J. T. prisco. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environ. and Experim. Bot.* 49:107-120.
19. Lin, F., C. R. Jensen and M. N. Andersen. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Res.* 86:1-13.
20. Lowery, H., N. J. Rosebrougs, A. L. Farr and R. G. Rand. 1951. Protein measurement with the folin phnole reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275.
21. Lutts, S., J. M. Kinet and J. Bouharmont. 1996. NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.* 78:389-398.
22. Madan, S., H. S. Nainwatee, R. K. Jain and J. B. Chowdhury. 1995. proline and proline metabolizing enzymes in in-vitro selected NaCl tolerant Brassica Juncea under salt stress. *Ann. Bot.* 76:51-57.
23. Mahmood, S., S. Iram and H. R. Athar. 2003. Intra- specific variability in sesame (*Sesamum indicum*) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. *J. Res. (Sci.)*, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan. 14(2):177-186.
24. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environ.* 25:239-250
25. Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments. *Crop Sci.* 21:943-946.
26. Somgyi-nelson, M. 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195:19-23.
27. Steppuhn, H., K. M. Volkmar and P. R. Miller. 2001. Comparing canola, field pea, dry bean and durum wheat crops grown is saline media. *Crop Sci.* 41:1827-1833.
28. Zhang, H. X., J. N. HudSon, J. P. Williams and E. Blumwald. 2001. Engineering salt tolerance Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacular sodium accumulation. *PNAS.* 98(22):12832-12836.