نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۴۶۷-۴۵۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 456-467

# ارزیابی تحمل به خشکی در برخی ارقام کلزای (*Brassica napus* L.) زمستانه

جواد رشیدی‌فر[۱] - حمید دهقانی[۲*] - بهرام علیزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲

## چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا براساس شاخص‌های تحمل به خشکی در تنش انتهای فصل رشد، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. نتایج بررسی با استفاده از شاخص‌های متفاوت تحمل به خشکی نشان داد که براساس شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و بهره‌وری متوسط (MP) ارقام Zarfam، Talaye و GKH 305 به‌عنوان ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و هم‌چنین متحمل به تنش‌خشکی انتهای فصل محسوب شدند. همچنین با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های MP، GMP و STI با عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش، در مجموع این شاخص‌ها به عنوان معیارهای مناسب جهت شناسایی ارقام متحمل به تنش شناخته شدند. نمودار بای‌پلات نیز نشان داد که شاخص‌هایMP، GMP و STI نسبت به یکدیگر دارای بالاترین ضریب همبستگی بودند و ارقام متحمل در مجاورت شاخص‌های تحمل قرار گرفتند. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده از نمودارهای پراکنش سه بعدی ارقام Zarfam، GKH 305 و Tassilo به‌عنوان ارقام متحمل به خشکی و ارقام ES Astrid، GK Helena، Modena و Okapi به‌عنوان ارقام حساس شناسایی شدند.

**واژه‌های کلیدی:** بای‌پلات، تنش‌خشکی، شاخص‌های تحمل، کلزای زمستانه، همبستگی

## مقدمه

در سال‌های اخیر رشد سالانه تولید کلزا، از سایر دانه‌های روغنی بیشتر بوده است و تولید جهانی آن از رتبه پنجم به چهارم ارتقاء پیدا کرده است. طبق گزارشات اخیر، کلزا بعد از سویا و پنبه سومین دانه‌ی روغنی با بیشترین سطح کشت شده در جهان می‌باشد (۳۰). دانه کلزا (*Brassica napus* L.) با داشتن بیش از ۴۰ درصد روغن در کنجاله، از دانه‌های روغنی عمده جهان در دهه‌های اخیر به شمار می‌رود (۴۰). در کشاورزی از تنش به‌عنوان دور شدن از شرایط معمول رشد نام برده می شود و شامل تغییر در تمام اعمال فیزیولوژیک در سطوح مختلف موجودات است که اثرات آن ابتدا می‌تواند برگشت‌پذیر باشد و اگر ادامه پیدا کند، امکان دارد دائمی و غیرقابل برگشت شود (۵۰). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است (۲۲). خشکی یا به عبارت دیگر محدودیت آب در دسترس اصلی‌ترین عامل محدود کننده‌ی تولید محصولات کشاورزی است (۴۶ و ۱۴). شدیدترین اثرات تنش‌خشکی موقعی مشاهده می‌شوند که کمبود آب در دوره گلدهی یا پر شدن دانه رخ دهد. در فاز زایشی تنش آب فرایند گلدهی و رسیدن میوه را تسریع می‌کند (۳۱ و ۴۸). یکی از اهداف اصلاح نباتات، افزایش عملکرد در شرایط تنش‌های مختلف محیطی از جمله کمبود آب است. عملکرد دانه به عنوان مهم ترین شاخص انتخاب ارقام مقاوم به خشکی، تحت تاثیر عوامل ژنتیکی و محیطی زیادی است و این امر تهیه ژنوتیپ‌های مطلوب را مشکل می‌سازد. ارقام متحمل به خشکی ارقامی هستند که به‌طور نسبی در مقابل خشکی مقاومت می‌کنند و کاهش عملکرد چشمگیری ندارند (۲۵).

از جمله راه‌های مقابله با تنش‌خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است و شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائز اهمیت می‌باشد (۳۴). از مسایل مهم در ارزیابی ارقام برای تحمل به خشکی، اندازه‌گیری کمی معیارهای تحمل به خشکی است. فرناندز (۲۸) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط (تنش و شرایط بدون تنش) واکنش گیاهان را به چهار گروه تقسیم کرد: ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط، عملکرد بالایی دارند (گروه A)، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط عادی عملکرد بالایی دارند (گروه B)، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش، عملکرد خوبی دارند (گروه C) و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: dehghanr@modares.ac.ir )
۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

عملکرد پایینی هستند (گروه D). فیشر و ماورر (۲۹) نیز شاخص حساسیت به تنش[1] SSI را برای ارزیابی ارقام متحمل پیشنهاد کردند. شاخص‌های تحمل[2] (TOL) و بهره‌وری متوسط[3] (MP) توسط روزیل و هامبلین (۴۴) به‌منظور انتخاب ارقام متحمل به تنش ارائه شدند. آن‌ها اظهار داشتند که انتخاب معیار گزینش، به هدف اصلاح‌گر بستگی دارد. اگر افزایش عملکرد در شرایط تنش مدنظر باشد، شاخص TOL می‌تواند مفید باشد، اما اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنش مورد نظر اصلاح‌گر باشد، بهتر است گزینش براساس MP انجام شود. بررسی‌های مختلف، برتری شاخص‌های میانگین هندسی[4] (GMP) (۴۵)، تحمل به تنش[5] (SSI) (۱۳ و ۴۵) و شاخص تحمل به تنش[6] (STI) (۱ و ۲۸) را در ارتباط با گزینش ارقام مقاوم به خشکی گزارش کرده‌اند. به‌مرام و همکاران (۱۹) در گزارش خود در زمینه ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا عنوان کردند که شاخص STI بهتر از شاخص‌های SSI و TOL می‌تواند در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام کاربرد داشته باشد. لازم به ذکر است که انتخاب براساس شاخص‌های SSI و TOL باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش، ولی عملکرد بالا درشرایط تنش می‌گردد. پس عیب عمده‌ای که این شاخص دارد قادر به شناسایی گروه A (ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و بدون تنش دارند) از گروه C (ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط تنش دارند) نیست (۴۳). اما شاخص STI ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه B (ژنوتیپ هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند) و C جدا می کند (۲۸). شاخص GMP در مقایسه با شاخص MP قدرت بالاتری در تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها دارد و بر همین اساس بود که فرناندز (۲۸) شاخص (STI) خود را بر اساس GMP بنا گذاشت. بنابراین صرفا پایین‌بودن مقادیر شاخص های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب‌بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد آن در شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به خشکی می‌باشند، اما پتانسیل عملکرد پایینی نیز دارند (۸). از مقایسه میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی و شاخص تحمل به تنش (STI) ژنوتیپ‌ها مشخص گردید که انتخاب براساس این معیارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌گردد. محقق دیگری این نتیجه را برای شاخص‌های مذکور گزارش کرده‌اند (۳۸).

مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی نسبتا بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی باشد. بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش، شناسایی مناسب‌ترین شاخص امکان‌پذیر می‌باشد (۶، ۲۷ و ۲۸).

در بررسی سی‌وسه مرده و همکاران (۴۹) که برای ارزیابی مقاومت به خشکی ۱۱ رقم گندم نان انجام شده بود، مشخص شد که انتخاب ارقام براساس شاخص تحمل TOL موجب کاهش عملکرد در شرایط بدون تنش می‌شود. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز توسط فرناندز (۲۸) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش عملکرد مطلوبی تولید می کنند، پیشنهاد شدند. محققین در بررسی این شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص‌های انتخاب، به شدت تنش محیط هدف بستگی دارد (۳۷ و ۲۰). شاخص SSI برای اصلاح تحت تنش‌هایی با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتی‌که شاخص‌های MP، GMP و STI برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می‌شوند (۴۹).

به‌طورکلی، با توجه به اهمیت روزافزون گیاهان روغنی در ایران و همچنین وجود خشکی به‌عنوان یکی از محدودیت‌های تولید بهینه عملکرد روغن برای این محصول، الزام تحقیق و پژوهش بیشتر در این زمینه بیش از پیش آشکارتر می‌گردد. لذا هدف از این تحقیق نیز ارزیابی تحمل به خشکی برخی از ارقام کلزا در شرایط تنش آخر فصل رشد با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل تنش بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور ارزیابی ارقام مختلف کلزا از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در کرج در بین طول جغرافیایی ۱۲ ° ۵۰ تا ۲۹ ° ۵۱ و عرض جغرافیایی ۳۲ ° ۳۵ تا ۱۴ ° ۳۶ انجام شد. در این آزمایش تعداد یازده رقم کلزای پاییزه در دو آزمایش جداگانه تحت شرایط آبیاری متعارف و تنش‌خشکی به صورت قطع آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گلدهی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. ارقام کلزای زمستانه ES Astrid، ES Saphir، GK Helena، GKH 1103، GKH 305، Modena، Okapi، Talaye، Tassilo، Triangle و Zarfam که همه از گونه napus بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. هر کرت شامل ۵ متر طول و ۱/۲ متر عرض و مساحت هر واحد آزمایشی معادل ۶ متر مربع بود. ضمنا یک خط حاشیه برای هر کرت آزمایشی در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

1- Stress Susceptibility Index
2- Stress Tolerance
3- Mean Productivity
4- Geometric Mean Productivity
5- Stress Susceptibility Index
6- Stress Tolerance Index

خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

کود پتاسه به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفات به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیوم و کود نیتروژن به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره (یک سوم آن قبل از کاشت، یک سوم در مرحله روزت و بقیه در مرحله پیش از گلدهی) به خاک اضافه شد. جهت کنترل علف‌های هرز نیز از علف‌کش پیش‌کاشت ترفلان استفاده گردید. کشت هر دو آزمایش در تاریخ مناسب مناطق سرد و معتدل سرد یعنی دهه اول مهر ماه انجام شد تا بوته‌ها زمستان را به حالت روزت کامل با حداکثر مقاومت در برابر سرما سپری کنند. در مرحله شش برگی وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. طی دوران رشد در دو مرحله برای مقابله با شته مومی کلزا از آفت‌کش‌های سیستمیک متاسیستوکس و اکاتین (یک لیتر در هکتار) استفاده گردید. جهت تعیین عملکرد دانه مساحت ۶ مترمربع از هر کرت برداشت شد و پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با میزان رطوبت ۱۲ درصد با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار در محیط دارای تنش و بدون تنش محاسبه گردید. سپس با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش ($Y_p$) و تنش ($Y_s$) شاخص‌های کمی مقاومت به تنش به شرح زیر محاسبه گردید: (۲۹، ۲۸، ۴۴، ۳۲، ۲۱ و ۲۴)

$$SSI = \frac{1-(\frac{Y_s}{Y_p})}{SI} \quad (۱) \quad \text{(شاخص حساسیت به تنش)}$$

$$SI = 1-(\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}) \quad (۲) \quad \text{(شدت تنش)}$$

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\overline{Y}_p)^2} \quad (۳) \quad \text{(شاخص تحمل به تنش)}$$

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (۴) \quad \text{(شاخص تحمل)}$$

$$MP = \frac{(Y_p + Y_s)}{2} \quad (۵) \quad \text{(شاخص بهره‌وری متوسط)}$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s} \quad (۶) \quad \text{(شاخص میانگین هندسی بهره‌وری)}$$

$$\text{Yield Index (YI)} = \frac{Y_s}{\overline{Y}_s} \quad (۷) \quad \text{(شاخص عملکرد)}$$

$$\text{Yield Stability Index (YSI)} = \frac{Y_s}{Y_p} \quad (۸) \quad \text{(شاخص پایداری عملکرد)}$$

$$\%\text{Reduction} = \frac{Y_p - Y_s}{\overline{Y}_s} \times 100 \quad (۹) \quad \text{(درصد کاهش)}$$

در روابط فوق؛ Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش؛ Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش؛ $\overline{Y}s$ : میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و $\overline{Y}p$ : میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط بدون تنش است.

تعیین مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص ارقام متحمل به تنش همچنین همبستگی بین عملکرد در محیط تنش و بدون تنش و همبستگی بین شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد ارزیابی قرار گرفت و شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد بودند به‌عنوان بهترین شاخص شناسایی شدند (۲۸). همچنین از نرم‌افزارهای Statgraph و Statistica جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارهای سه بعدی و بای‌پلات استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده برای شرایط نرمال و تنش نشان داد که اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال یک درصد بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد (جدول ۲). همچنین، نتایج مقایسه میانگین دانکن نشان داد که ارقام Talaye و Es Astirid به‌ترتیب با ۱/۲۳ و ۰/۵۴ تن در هکتار بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در شرایط تنش را داشتند، درحالی‌که در شرایط بدون تنش رقم Zarfam با مقدار ۳/۰۵ تن در هکتار و رقم Es Astirid با میزان ۱/۶۲ تن در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۳).

**جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق‌های مختلف**

| خصوصیات فیزیکی | | | | | | خصوصیات شیمیایی | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عمق نمونه‌برداری (cm) | بافت خاک | رس (٪) | سیلت (٪) | شن (٪) | pH اشباع | هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | نیتروژن کل (٪) | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
| ۰-۳۰ | لومی | ۲۱ | ۳۷ | ۴۲ | ۷/۸ | ۷ | ۱۹۰ | ۰/۵۰ | ۴/۶ |
| ۳۰-۶۰ | لومی | ۱۵ | ۴۳ | ۴۲ | ۸/۰ | ۶ | ۵۰ | ۰/۰۳ | ۰/۸ |
| ۶۰-۹۰ | لومی | ۲۳ | ۴۵ | ۳۲ | ۸/۱ | ۵ | ۳۰ | ۰/۰۳ | ۰/۳ |

**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ساده برای شرایط نرمال و تنش صفت عملکرد ارقام کلزا**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد دانه (نرمال) | عملکرد دانه (تنش‌خشکی) |
|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۰/۱۷* | ۰/۰۳ns |
| ژنوتیپ | ۱۰ | ۰/۴۹** | ۰/۱۴** |
| خطا | ۲۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | - | ۷/۵۲ | ۱/۳۹ |

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک در صد می‌باشند.

**جدول ۳- میانگین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط تنش و عدم تنش**

| رقم | Yp (تن در هکتار) | Ys (تن در هکتار) | SSI | TOL | STI | GMP | MP | YSI | YI | Reduction (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES Astrid | ۱/۶۲ f* | ۰/۵۴ e | ۱/۰۵ | ۱/۰۸ | ۰/۱۵ | ۰/۹۴ | ۱/۰۸ | ۰/۳۳ | ۰/۶۱ | ۶۶/۵۲ |
| ES Saphir | ۲/۷۳ abc | ۰/۹۱ bc | ۱/۰۵ | ۱/۸۲ | ۰/۴۲ | ۱/۵۷ | ۱/۸۲ | ۰/۳۳ | ۱/۰۱ | ۶۶/۷۸ |
| GK Helena | ۲/۰۹ e | ۰/۶۰ de | ۱/۱۲ | ۱/۴۹ | ۰/۲۱ | ۱/۱۲ | ۱/۳۵ | ۰/۲۹ | ۰/۶۷ | ۷۱/۲۴ |
| GKH 1103 | ۲/۸۷ ab | ۰/۸۷ bc | ۱/۱۰ | ۱/۹۹ | ۰/۴۲ | ۱/۵۸ | ۱/۸۷ | ۰/۳۰ | ۰/۹۷ | ۶۹/۵۸ |
| GKH 305 | ۲/۵۸ bcd | ۱/۰۴ ab | ۰/۹۴ | ۱/۵۴ | ۰/۴۵ | ۱/۶۴ | ۱/۸۱ | ۰/۴۰ | ۱/۱۶ | ۵۹/۷۲ |
| Modena | ۲/۲۱ e | ۰/۷۹ cd | ۱/۰۲ | ۱/۴۲ | ۰/۲۹ | ۱/۳۲ | ۱/۵۰ | ۰/۳۶ | ۰/۸۸ | ۶۴/۳۶ |
| Okapi | ۲/۲۴ e | ۰/۸۰ cd | ۱/۰۲ | ۱/۴۴ | ۰/۳۰ | ۱/۳۴ | ۱/۵۲ | ۰/۳۶ | ۰/۸۹ | ۶۴/۳۰ |
| Talaye | ۲/۳۰ ed | ۱/۲۳ a | ۰/۷۳ | ۱/۰۷ | ۰/۴۸ | ۱/۶۹ | ۱/۷۷ | ۰/۵۴ | ۱/۳۸ | ۴۶/۴۶ |
| Tassilo | ۲/۴۳ cde | ۱/۰۵ ab | ۰/۹۰ | ۱/۳۸ | ۰/۴۳ | ۱/۵۹ | ۱/۷۴ | ۰/۴۳ | ۱/۱۷ | ۵۶/۸۷ |
| Triangle | ۲/۷۰bc | ۰/۸۴ bc | ۱/۰۹ | ۱/۸۶ | ۰/۳۸ | ۱/۵۱ | ۱/۷۷ | ۰/۳۱ | ۰/۹۴ | ۶۸/۷۸ |
| Zarfam | ۳/۰۵ a | ۱/۱۶ a | ۰/۹۸ | ۱/۸۹ | ۰/۶۰ | ۱/۸۸ | ۲/۱۱ | ۰/۳۸ | ۱/۳۰ | ۶۱/۸۶ |
| میانگین | ۲/۴۴ | ۰/۸۹ | ۱ | ۱/۵۴ | ۰/۳۸ | ۱/۴۷ | ۱/۶۷ | ۰/۳۷ | ۱ | ۶۳/۳۲ |

* - در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

YP: عملکرد در شرایط بدون تنش، YS: عملکرد در شرایط تنش ؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛STI : شاخص تحمل به تنش؛ GMP: شاخص میانگین هندسی؛ MP: شاخص میانگین بهره‌وری؛ ؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ YI: شاخص عملکرد و Reduction%: درصد کاهش

شاخص شدت تنش (SI) که معیاری جهت ارزیابی میزان تنش واردشده به یک جامعه گیاهی به واسطه یک عامل نامطلوب محیطی و براساس میزان خسارت وارد شده به عملکرد می‌باشد (۲۸)، در این پژوهش برابر ۰/۶۳ برآورد شد. لازم به ذکر است که این شاخص تنها برای اندازه‌گیری شدت تنش‌خشکی در آزمایش‌ها قابل محاسبه است و برای اندازه‌گیری شدت تنش در ارقام کاربرد ندارد (۲۸). رامیرز- والجو و کلی (۳۹) بیان کردند که وقتی شدت تنش محیطی در آزمایشات بالاتر از ۰/۷ باشد، تنش شدیدی بر گیاهان اعمال شده است.

براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) که مقادیر پایین عددی آن (کمتر از واحد) نشان دهنده تحمل بالای رقم نسبت به تنش می‌باشد (۲۴)، ارقام Talaye، Tassilo، GKH 305 و Zarfam به ترتیب با SSI برابر با ۰/۷۳، ۰/۹۰، ۰/۹۴ و ۰/۹۸ به‌عنوان ارقام متحمل به تنش شناخته شدند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص SSI مواد آزمایشی را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به عملکرد آن‌ها مشخص کرد (۳۶). راضی و آساد (۴۱) و غفاری (۳۳) اعلام داشتند که استفاده از شاخص تحمل به خشکی (STI) منجر به انتخاب هیبریدهایی می‌شود که هم مقاومت بالایی به خشکی دارند و هم در شرایط آبیاری کامل از عملکرد مطلوبی برخوردارند. برخی دیگر از محققان (۲۶) معتقدند که علاوه بر این شاخص، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص مناسب دیگری برای گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب می‌باشد.

از نظر شاخص STI و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) که مقادیر بالای آن‌ها نشان‌دهنده تحمل ارقام می‌باشد، ارقام Zarfam، Talaye و GKH 305 به‌عنوان ارقام متحمل تعیین شدند. استفاده از شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که مقادیر بالای عددی آن نیز نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش می‌باشد، اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می‌گردد. (۳۳ و ۴۴). در این بررسی شاخص MP ارقام Zarfam،

GKH 1103، ES Saphir و GKH 305 را به عنوان ارقام متحمل به تنش شناسایی کرد. در شاخص TOL که مقادیر عددی پائین آن نشان دهنده تحمل نسبی ارقام می‌باشد، Talaye کمترین میزان را به‌خود اختصاص داد. رتبه‌بندی ارقام از نظر این شاخص مشخص کرد که ارقام Talaye، ES Astrid و Tassilo به‌عنوان ارقام متحمل شناسایی شدند. انتخاب براساس شاخص تحمل TOL، اغلب موجب گزینش ارقامی می‌شود که در شرایط بدون تنش عملکرد پایینی تولید می‌کنند (۴۴). با مقایسه میانگین عملکرد ارقام مورد آزمون در شرایط بدون تنش و تنش مشاهده گردید که رقم ES Astirid از نظر میزان عملکرد تولیدی در شرایط بدون تنش و تنش کمترین مقدار عملکرد دانه را دارا می‌باشد، ولی توسط شاخص TOL به‌عنوان رقم متحمل به تنش شناسایی گردید، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این شاخص در گزینش ارقامی که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش، عملکرد بالایی تولید کنند، موفق نبوده است. در حقیقت شاخص TOL به نوعی بیانگر تغییرحاصل از اعمال تنش می‌باشد، به عبارتی ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند، در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری از خود نشان می‌دهند. نکته قابل ذکر دیگر در مورد این شاخص این است که پایین بودن شاخص TOL الزاما به معنی بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نمی‌باشد، چرا که ممکن است عملکرد رقمی در شرایط بدون تنش پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد، که باعث کوچک‌شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به عنوان رقم متحمل معرفی شود (۳۵) که دلایل ذکر شده در انتخاب رقم ES Astirid به درستی صدق می‌کند.

در شاخص YSI مقادیر عددی بیشتر از واحد نشان دهنده حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد در شرایط تنش می‌باشد (۲۹). دو شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص درصد کاهش عملکرد در واقع ارقام را در جهت عکس همدیگر گزینش می‌کنند. به عبارت دیگر رقمی که توسط شاخص YSI به عنوان رقمی با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش معرفی می‌شود، از پایین‌ترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد برخوردار می‌باشد، به‌طوری‌که در این پژوهش Talaye، Tassilo، GKH 305 و Zarfam از نظر شاخص YSI در رتبه بالاتر نسبت به سایر ارقام قرار گرفته‌اند، در حالی که از نظر درصد کاهش در انتهایی‌ترین مراتب جای داشتند. این دو شاخص ارقام GK Helena، GKH 1103 و Triangle را به عنوان ارقامی که دارای پایین‌ترین میزان پایداری عملکرد یا به عبارتی بیشترین درصد کاهش عملکرد معرفی کردند که نشان‌دهنده حساسیت بالای این ارقام نسبت به تنش می‌باشد. در واقع شاخص YSI نشان‌دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش‌خشکی می‌باشد (۲۱) و در نتیجه رقمی با میزان YSI بالا باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش داشته باشد، در صورتی که در این بررسی ارقام Talaye، Tassilo و GKH 305 با مقادیر عددی بالای این شاخص دارای بالاترین میزان عملکرد در شرایط تنش و عملکرد متوسط در شرایط بدون تنش بودند. با توجه به این نکته که مبنای گزینش این دو شاخص نیز همانند شاخص TOL بر پایه میزان تغییر عملکرد در دو محیط بدون تنش و تنش می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که دو شاخص ذکر شده نیز فاقد توانایی لازم برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط (گروه A) می‌باشند. با توجه به اینکه شاخص عملکرد (YI) از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می‌گردد، بنابراین موجب رتبه‌بندی ارقام برحسب میزان عملکرد تولیدی آن‌ها در محیط تنش می‌گردد (۴۹)، بنابراین مطابق نظر گاوازی و همکاران (۳۲) شاخص YI برای گزینش ارقام گروه A بازده ندارد. این شاخص موجب شناسایی ارقام به Talaye، Zarfam، Tassilo و GKH 305 به عنوان ارقامی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش گردید. ارقام ذکر شده با مقادیر عددی بالای این شاخص دارای بالاترین میزان عملکرد در شرایط تنش و عملکرد متوسط در شرایط بدون تنش بودند.

نتایج حاصل از بررسی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش‌خشکی و بدون تنش در جدول ۴ آورده شده است. همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش برابر با r=۰/۶۳ بود که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با توجه به این که عملکرد دانه تنها معیار تحمل به خشکی نیست (۲۳)، شاخص های مختلفی برای ارزیابی تحمل به تنش‌خشکی ابداع شده است. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با شاخص های MP، GMP، TOL و STI با مقادیر ۰/۹۵، ۰/۸۷، ۰/۸۵ و ۰/۸۵ در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی داری را نشان داد، درحالی‌که، تحت شرایط تنش با شاخص‌های YI، GMP، STI و MP با مقادیر ۱، ۰/۹۳، ۰/۹۳ و ۰/۸۳ نیز در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴). به‌طورکلی، شاخص‌هایی که در هر دو محیط دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند می‌توانند به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شوند، چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می‌باشند (۲۸). ریچاردز (۴۲) بیان نمود که انتخاب براساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ های دارای عملکرد بالا در شرایط تنش می گردد، چرا که آلل های مطلوب در شرایط تنش خشکی انتخاب می‌شوند و در همین زمان پاسخ به انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل وراثت پذیری بالاتر عملکرد در این شرایط نسبت به شرایط تنش، حداکثر است. اگر چه شاخص YI دارای بالاترین میزان همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط تنش بود (r=۱)، ولی در شرایط بدون تنش، با عملکرد دانه همبستگی مثبت و

معنی‌دار (r=۰/۶۳) در سطح احتمال پنج درصد را داشت (جدول ۴).

با توجه به نتایج ضریب همبستگی بین شاخص‌های مختلف و عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش، ملاحظه شد که شاخص‌های MP، GMP و STI دارای ویژگی ذکر شده می‌باشند. این شاخص‌ها با عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۴). بنابراین ژنوتیپ‌هایی که میزان بالایی از این شاخص‌ها را دارا بودند به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در این مطالعه شناخته شدند. شاخص SSI همبستگی منفی و معنی داری را در سطح احتمال یک درصد با عملکرد دانه تحت شرایط تنش‌خشکی نشان داد، ولی با عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش همبستگی معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴).

پس از شناسایی بهترین شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی، برای تعیین ارقام مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سه بعدی استفاده گردید. جهت ترسیم نمودارهای سه بعدی از شاخص‌های MP، GMP و STI که دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ارقام در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بودند استفاده گردید.

در بررسی نمودار سه بعدی براساس شاخص MP مشاهده گردید (شکل ۱) که ارقام Zarfam، GKH 1103، ES Saphir، GKH 305، و Tassilo در گروه A (ارقامی که تحمل به خشکی و عملکرد بالا در دو محیط تنش و بدون تنش دارند)، رقم Triangle در گروه B (ارقامی بودند که در محیط بدون تنش عملکرد بسیار بالایی تولید نمودند) و رقم Talaye در گروه C قرار گرفت که بدین معنی است که این رقم سازگاری شدیدی فقط با محیط تنش داشته و در این شرایط عملکرد بالاتری نسبت به شرایط بدون تنش تولید کرده است. همچنین در نمودار سه بعدی براساس شاخص‌های GMP (شکل ۲) و STI (شکل ۳) مشاهده گردید که ارقام Zarfam، ES Saphir، GKH 305، و Tassilo در گروه A، ارقام Triangle و GKH 1103 در گروه B، رقم Talaye در گروه C و ارقام ES Astrid، K Helena، Modena و Okapi در گروه D قرار گرفته است که نشان‌دهنده آن است که این ارقام دارای عملکرد و سازگاری پایینی در محیط تنش و بدون تنش بوده‌اند. استفاده از نمودارهای سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها در توافق با نتایج سایر محققین بود (۲، ۵، ۸، ۱۸ و ۲۸).

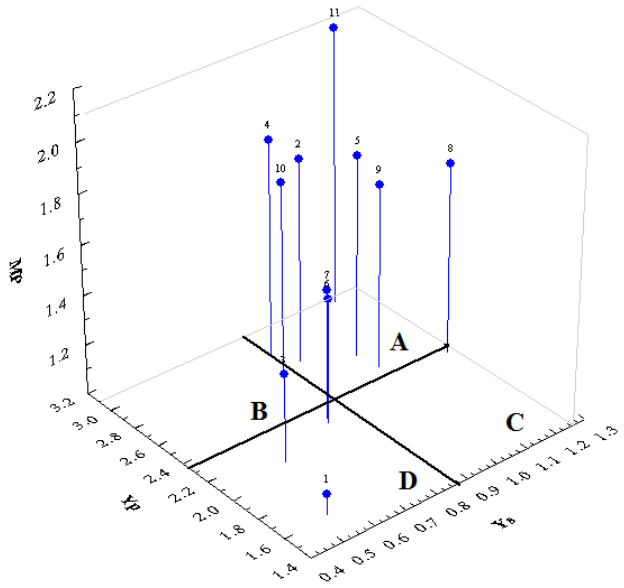
تجزیه به‌مولفه‌های اصلی براساس هشت شاخص تحمل به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش انجام شد. مولفه اصلی اول، ۶۶/۱۳ درصد و مولفه اصلی دوم ۳۳/۶۴ درصد از تنوع داده‌های اولیه را توجیه نموده و بدین ترتیب دو مولفه اصلی اول مجموعا ۹۹/۷۷ درصد از کل تنوع را توصیف نمودند (جدول ۵). استفاده از این دو مولفه و چشم پوشی از سایر مولفه‌ها تنها موجب از دست‌رفتن بخش ناچیزی از تغییرات داده‌ها شد (در حدود ۰/۲۳ درصد از تنوع داده‌های اولیه) و لذا تفسیر نتایج و ترسیم بای‌پلات براساس دو مولفه اصلی اول و دوم بسیار مفید بود و توانست ارقام مورد مطالعه را به خوبی در فضای دو بعدی گروه‌بندی نماید (شکل ۴)

**جدول ٤- ضرایب همبستگی میان عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط بدون تنش (Yp) و شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی**

| | Ys | Yp | MP | GMP | TOL | SSI | STI | YSI | YI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yp | ۰/۶۳ * | | | | | | | | |
| MP | ۰/۸۳ ** | ۰/۹۵ ** | | | | | | | |
| GMP | ۰/۹۳ ** | ۰/۸۷ ** | ۰/۹۸ ** | | | | | | |
| TOL | ۰/۱۳ | ۰/۸۵ ** | ۰/۶۵ * | ۰/۴۸ | | | | | |
| SSI | -۰/۷۶ ** | ۰/۰۲ | -۰/۲۸ | -۰/۴۸ | ۰/۵۴ | | | | |
| STI | ۰/۹۳ ** | ۰/۸۵ ** | ۰/۹۷ ** | ۰/۹۹ ** | ۰/۴۶ | -۰/۴۹ | | | |
| YSI | ۰/۷۶ ** | -۰/۰۲ | ۰/۲۸ | ۰/۴۷ | -۰/۵۴ | -۱ ** | ۰/۴۸ | | |
| YI | ۱ ** | ۰/۶۳ * | ۰/۸۳ ** | ۰/۹۳ ** | ۰/۱۲ | -۰/۷۷ ** | ۰/۹۳ ** | ۰/۷۶ ** | |
| %Reduction | -۰/۷۷ ** | ۰/۰۱ | -۰/۲۹ | -۰/۴۸ | ۰/۵۴ | ۱ ** | -۰/۴۹ | -۱ ** | -۰/۷۷ ** |

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

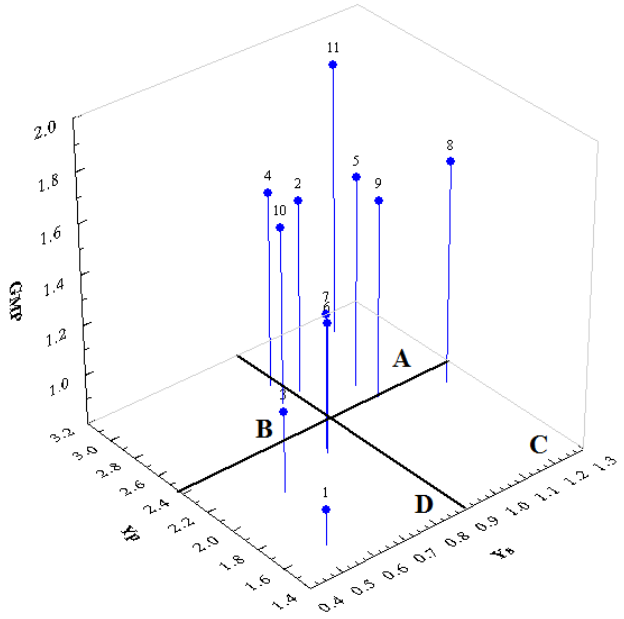
YS: عملکرد در شرایط تنش؛ YP: عملکرد در شرایط بدون تنش؛ MP : شاخص میانگین بهره‌وری؛ GMP: شاخص میانگین هندسی؛ TOL: شاخص تحمل؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ STI: شاخص تحمل به تنش؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ YI: شاخص عملکرد و Reduction%: درصد کاهش




**شکل ۱- نمودار سه بعدی تعیین ارقام متحمل به خشکی کلزا براساس شاخص MP**

شمارهٔ ارقام مورد مطالعه عبارتند از: ۱- ES Astrid ۲- ES Saphir ۳- GK Helena ۴- GKH 1103 ۵- GKH 305 ۶- Modena ۷- Okapi ۸- Talaye ۹- Zarfam ۱۰- Tassilo ۱۱- Triangle

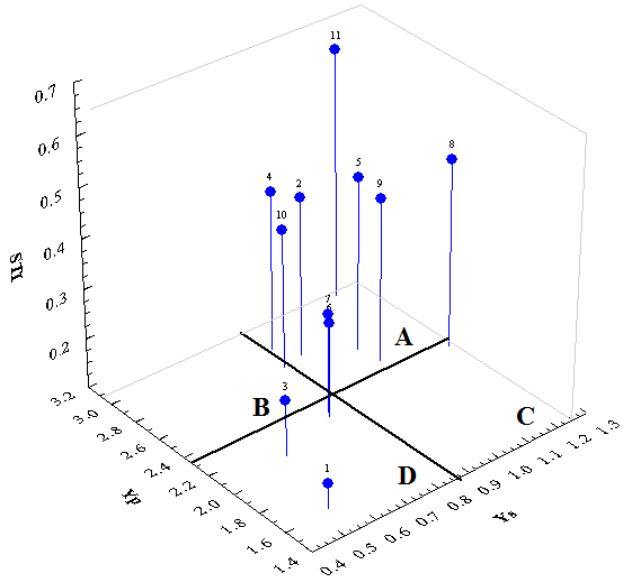
YS: عملکرد در شرایط تنش؛ YP: عملکرددر شرایط بدون تنش و MP: شاخص میانگین بهره‌وری




**شکل ۲ - نمودار سه بعدی تعیین ارقام متحمل به خشکی کلزا براساس شاخص GMP**

شمارهٔ ارقام مورد مطالعه عبارتند از: ۱- ES Astrid ۲- ES Saphir ۳- GK Helena ۴- GKH 1103 ۵- GKH 305 ۶- Modena ۷- Okapi ۸- Talaye ۹- Zarfam ۱۰- Tassilo ۱۱- Triangle

YS: عملکرد در شرایط تنش؛ YP: عملکرددر شرایط بدون تنش و GMP: شاخص میانگین هندسی




**شکل ۳ – نمودار سه بعدی تعیین ارقام متحمل به خشکی کلزا براساس شاخص STI**

شمارهٔ ارقام مورد مطالعه عبارتند از: ۱- ES Astrid ۲- ES Saphir ۳- GK Helena ۴- GKH 1103 ۵- GKH 305 ۶- Modena ۷- Okapi ۸- Talaye ۹- Zarfam ۱۰- Tassilo ۱۱- Triangle

YS: عملکرد در شرایط تنش؛ YP: عملکرددر شرایط بدون تنش و STI: شاخص تحمل به تنش

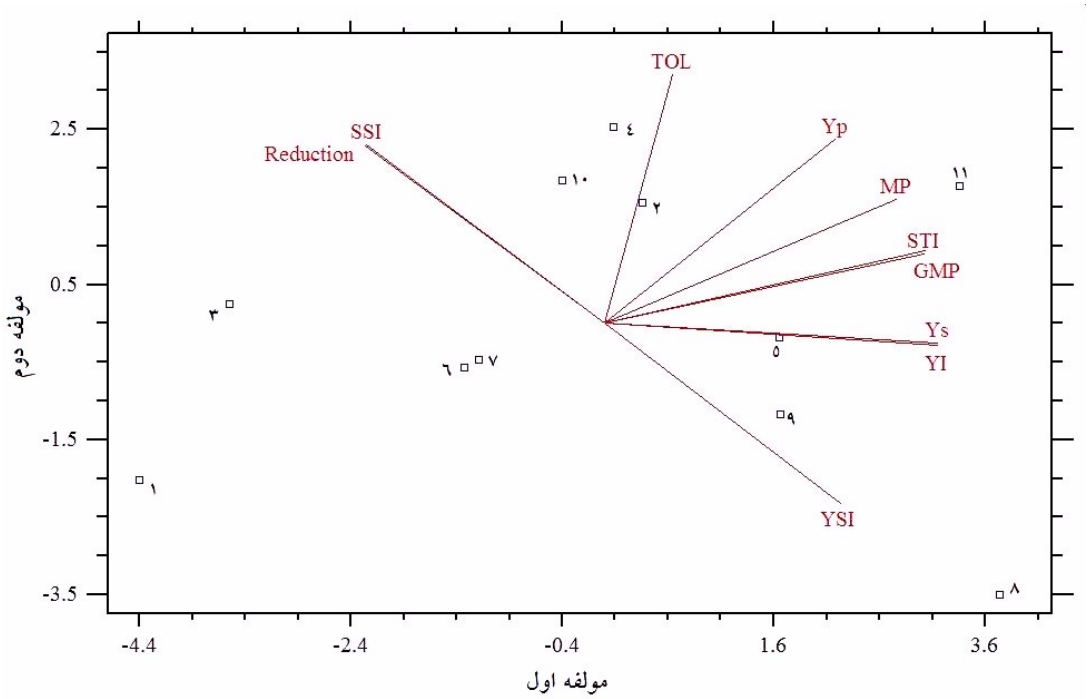
همان‌طورکه در جدول ۵ نشان داده شده است مولفه اصلی اول دارای همبستگی مثبت و نسبتاً بالایی را با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش و شاخص‌های MP، GMP، STI، YSI و YI می‌باشد از این بابت به نام مؤلفه پایداری عملکرد و تحمل به خشکی نام‌گذاری گردید. با توجه به این که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، بنابراین، روی بای‌پلات حاصله با توجه به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه می‌توان ارقام را که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های MP، GMP و STI بالا هستند، انتخاب کرد. همچنین مولفه اصلی دوم دارای همبستگی مثبت و نسبتا بالایی با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و شاخص‌های TOL، SSI و درصد کاهش داشت (جدول ۵)، لذا می‌توان آن را به عنوان مولفه حساسیت به تنش و تحمل نامید. با توجه به همبستگی مثبت و بالای مولفه اصلی دوم با این شاخص‌ها، اگر میزان این مولفه بالا در نظر گرفته شود، ارقام متحمل به تنش انتخاب خواهند شد. بنابراین برای شناسایی ارقام متحمل، قسمت مطلوب بای‌پلات، ناحیه بالا و پایین سمت راست بای‌پلات می‌باشد که ژنوتیپ‌های برتر نیز در این قسمت قرار گرفته‌اند، لذا با توجه به زوایای بین بردارهای شاخص‌ها، می‌توان استنباط کرد که شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام کلزا بوده و همبستگی مثبت، بالا و معنی‌داری با یکدیگر و نیز با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش داشتند (شکل ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های تحمل به خشکی و ترسیم بای‌پلات مشخص شد که رقم Zarfam متحمل‌ترین رقم در بین ارقام مورد مطالعه نسبت به تنش‌خشکی است.

استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با مطالعات احمدی و همکاران (۲)، سوری و همکاران (۸)، یوسفی و رضایی (۱۸) و ملک‌شاهی و همکاران (۱۶) در تطابق است.

نتایج پژوهش خلیل‌زاده و کربلایی خیاوی (۶) در خصوص تأثیرات تنش‌خشکی و گرما بر لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، مشخص کرد که شاخص‌های STI و GMP در مقایسه با شاخص‌های SSI، TOL و MP از قدرت تمایز بالاتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل برخوردار می‌باشند. سمیع‌زاده و همکاران (۷) در نخود گزارش نمودند که شاخص‌های MP و STI به‌عنوان بهترین شاخص‌ها می‌توانند جهت دستیابی به ارقام پر محصول در هر دو شرایط محیطی به کار روند.

همچنین انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در این تحقیق با نتایج امام جمعه (۴)، سوری و همکاران (۸) و فرشادفر و همکاران (۱۱) در مطالعه روی نخود و همچنین با نتایج عزیزی‌نیا و قنادها (۹)، عزیزی‌نیا و همکاران (۱۰)، معروفی و فرشادفر (۱۵) روی گندم، اشکانی (۳) روی گلرنگ و نعیمی

و همکاران (۱۷) و ملک‌شاهی و همکـاران (۱۶) روی کلـزا مطابقـت دارد.




**شکل ٤ – نمایش بای‌پلات برای هشت شاخص در ارقام کلزا براساس مولفه‌های اصلی اول و دوم**

شمارهٔ ارقام مورد مطالعه عبارتند از: ۱- ES Astrid ۲- ES Saphir ۳- GK Helena ۴- GKH 1103 ۵- GKH 305 ۶- Modena ۷- Okapi ۸- Talaye ۹- Zarfam ۱۰- Tassilo ۱۱- Triangle

YS: عملکرد در شرایط تنش؛YP: عملکرد بدون تنش؛ ؛MP : شاخص میانگین بهره‌وری؛GMP: شاخص میانگین هندسی؛TOL: شاخص تحمل؛SSI: شاخص حساسیت به تنش؛STI: شاخص تحمل به تنش؛YSI: شاخص پایداری عملکرد؛YI: شاخص عملکرد و Reduction%: درصد کاهش

**جدول ۵ – مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد کلزا در دو محیط**

| شاخص‌های تحمل به خشکی | مولفه | |
|---|---|---|
| | اول | دوم |
| مقادیر ویژه | ۶/۶۱ | ۳/۳۶ |
| سهم تجمعی | ۶۶/۱۳ | ۹۹/۷۷ |
| Ys | ۰/۹۹۷ | -۰/۰۷۷ |
| Yp | ۰/۶۹۰ | ۰/۷۲۳ |
| MP | ۰/۸۷۴ | ۰/۴۸۶ |
| GMP | ۰/۹۵۷ | ۰/۲۸۷ |
| TOL | ۰/۲۰۳ | ۰/۹۷۸ |
| SSI | -۰/۷۱۱ | ۰/۷۰۲ |
| STI | ۰/۹۵۶ | ۰/۲۷۳ |
| YSI | ۰/۷۰۷ | -۰/۷۰۶ |
| YI | ۰/۹۹۶ | -۰/۰۸۴ |
| Reduction | -۰/۷۱۵ | ۰/۶۹۸ |

YS: عملکرد در شرایط تنش؛YP: عملکرد بدون تنش؛ ؛MP : شاخص میانگین بهره‌وری؛ GMP: شاخص میانگین هندسی؛ TOL: شاخص تحمل؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ STI: شاخص تحمل به تنش؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ YI: شاخص عملکرد و Reduction%: درصد کاهش

## نتیجه گیری

در کل نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و یا متحمل به تنش‌خشکی در ارقام کلزا معرفی می‌شوند که با گزارشات شفازاده و همکاران (۴۷) و فلاحی و همکاران (۱۲) که شاخص‌های ذکر شده را به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بدون تنش و تنش‌خشکی پس از مرحله گلدهی، به‌عنوان معیارهای مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به خشکی برای هر دو شرایط معرفی کردند، کاملا هم‌خوانی دارد. در نتیجه با توجه به شاخص‌های مذکور، می‌توان ارقام Zarfam، Talaye و GKH 305 را به‌ترتیب به عنوان ارقام متحمل و ارقام ES Astrid، GK Helena و Modena را به‌ترتیب به عنوان ارقام حساس به تنش‌خشکی انتهای فصل معرفی نمود.

## منابع


۱- ابولحسنی، خ.، و ق. سعیدی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های گلرنگ براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی. ۱۰(۳): ۴۱۹-۴۰۷.

۲- احمدی، ج.، زینالی خانقاه ح.، م. ع. رستمی و ر. چوگان. ۱۳۷۹. بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات در هیبریدهای ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱(۳): ۵۲۳- ۵۱۳.

۳- اشکانی، ج. و ح. پاک نیت. ۱۳۸۱. بررسی ژنتیکی شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی در گلرنگ بهاره. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۷ (۱): ۳۷-۳۱.

۴- امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده‌کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه.

۵- جزائری، م. ر. و ع. رضایی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام یولاف در شرایط آب و هوایی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰(۳): ۴۰۴-۳۹۳.

۶- خلیل زاده، غ. ر. و ح. کربلایی خیاوی. ۱۳۸۱. بررسی اثرات خشکی و گرما بر روی لاین‌های پیشرفتهٔ گندم دوروم. چکیدهٔ مقالات هفتمین کنگرهٔ زراعت و اصلاح نباتات ایران. نشر آموزش کشاورزی. ص. ۵۶۴-۵۶۳.

۷- سمیع‌زاده، ح.، ع. ر. طالعی، ع. گرامی و ح. پوردوایی. ۱۳۷۷. بررسی تعیین مناسب‌ترین شاخص حساسیت به خشکی در ارقام نخود. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ص. ۲۴۸.

۸- سوری، ج.، ح. دهقانی و ح. صباغ پور. ۱۳۸۴. مطالعه ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶ (۶): ۱۵۲۷-۱۵۱۷.

۹- عزیزی‌نیا، ش. و م. ر. قنادها. ۱۳۸۳. تعیین بهترین شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام بومی گندم. هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. ص. ۷۶.

۱۰- عزیزی‌نیا، ش.، م. ر. قنادها، ب. یزدی صمدی، ع. زالی و ع. احمدی. ۱۳۸۳. تعیین بهترین شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام مصنوعی گندم دریافتی از سیمیت. هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. ص. ۷۷.

۱۱- فرشادفر، ع.، م. ر. زمانی، م. مطلبی، و ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۲ : ۷۶-۶۵.

۱۲- فلاحی، ح. ع.، ج. آلت جعفر بای، و ف. سیدی. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم براساس شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۲۷ (۱): ۲۲-۱۵.

۱۳- کافی، م. و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۶. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

۱۴- گل‌باشی، م.، س. خاوری، م. ابراهیمی، و ر. چوکان. ۱۳۸۹. مطالعه پاسخ هیبرید ذرت به محدودیت آبی. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۲۱۸ ص.

۱۵- معروفی، ه. و ع. فرشادفر. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت به خشکی لاین‌های جایگزینی بین واریته‌های گندم در شرایط عادی و تنش‌خشکی. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ص. ۶۱۰.

۱۶- ملک‌شاهی، ف.، ح. دهقانی، و ب. علیزاده. ۱۳۸۸. مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در برخی ارقام پاییزه کلزا. مجله علوم و فنون کشاورزی. سال. ۱۳ (۴۸): ۸۹-۷۷.

۱۷- نعیمی، م.، غ. اکبری، ا. ح. شیرانی راد، ع. م. مدرس ثانوی، ا. سادات نوری و ح. جباری. ۱۳۷۸. ارزیابی تحمل به تنش در ارقام مختلف کلزا براساس شاخص‌های ارزیابی تنش در انتهای فصل رشد. مجله تولیدات گیاهان زراعی. ۱ (۳): ۹۸-۸۳.

۱۸- یوسفی آذر، م. و ع. رضایی. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های گندم . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۴۲۹: ۱۲۱-۱۱۳.

19- Behmaram, R. A., A. F., Faraji, and H. Amiari-Oghan. 2006. Evaluation of drought tolerance in spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). The 9th Iranian crop science congress. Aboureyhan Campus- University of Tehran. pp: 496.

20- Blum, A., 1996. Crop responses of drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulation, 20, 135–148.

21- Bouslama, M., and W.T. Schapaugh. 1984. Stress Tolerance in Soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24: 933-937.

22- Bruce W. B., G. O. Edmeades, and T. C. Barker. 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. Journal of Experimental Botany, 53: 13–25.

23- Chang, T. T., G. C. Loresto, and O. Tagumpay. 1974. Screening rice germplasm for drought resistance SABRAO Journal, 6: 9-16.

24- Choukan, R., T. Taherkhani, M. R. Ghannadha, and M. Khodarahmi. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 8(1):79-89.

25- Clarke, J. M., R. M. DePauw, and T. F. Townley-Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, 32(3): 723-728.

26- Daneshian, J., and P. Jonoubi. 2008. Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water stress. In proc, of the 5th International Crop Science Congress. Jejo, Korea. pp:189.

27- Farshadfar, E. A., M. R. Zamani, M. Matlabi, and E. E. Emam-Jome. 2001. Selection for drought resistance chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 32 (1): 65-77.

28- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. In: C. G. Kuo. (Ed), Proceeding of the International Symposium on Adaptation of vegetables and other food crops to temperature and water stress, Publication, Tainan, Taiwan. 13-16 Aug. Chapter 25. pp:257-270.

29- Fischer, R. and R. Mourer. 1978. Drought resistant in spring wheat cultivar. I. Grain responses Australian Journal of Agriculture research, 29: 879-912.

30- Food and Agriculture Organization (F.A.O.). 2010. Available at http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx.

31- Gan, Y., S. V. Angadi, H. W. Cutforth, D. Potts, V. V. Angadi, and C. L. Mc Donald. 2004. Canola and mustard response to short period of high temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science, 84:697-704.

32- Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campaline, G. L. Ricciardi, and B.Brghi. 1997. Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science, 77:523-531.

33- Ghafari, M. 2008. Evaluation and selection of sunflower inbred lines under normal and drought stress conditions. Seed and Plant, 23: 633-649.

34- Koocheki, A.R., A. Yazdansepas, and H.R. Nikkhah. 2007. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Science, 8(1):14-29.

35- Moghaddam, A. and M. H. Hadizade. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed and Plant, 18: 255-272.

36- Naderi, A., E. Majidi-Hervan, A. Hashemi-Dezfoli, A. Rezaei, and G. Nourmohammadi. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. Seed and Plant, 15 (4): 390-402.

37- Panthuwan, G., S. Fokai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, and J.C. O'Toole. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed Part 1. Grain yield and yield components. Field Crop Reserch, 41: 45-54.

38- Quisenberry, J. E. 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: Christiansen, M. N and Lewis, C.P. (Ed), Breeding plants for less favorable environments. John Willey. New York, USA. pp. 193-212.

39- Ramirez-Vallejo, P. and J. D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, 99: 127-136.

40- Raymer, P.L. 2002. Canola: An emerging oilseed crop. p. 122–126. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), ASHS Press. Alexandria, VA.

41- Razi, H. and M. T. Assad. 1998. Evaluation variability of important agronomic traits and drought tolerant criteria in sunflower cultivars. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2: 30-43.

42- Richards, R.A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regulation, 20: 157-166.

43- Robin, S., R. Manimaran, R. Pushpa, P. Jeyaprakash, S. Mahendran, H. R. Lafitte, and G. N. Altin. 2004.

Development and characterization of RILs for molecular mapping of reproductive stage moisture stress tolerance in rice Edited by RA Fischer. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia, 26 Sep. – 1 Oct. pp 333.

44- Rosielle, A. A. and K. W. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 943-946.

45- Schneider. K.A., F. Rosales-Serena, B. Ibarra-Perez, J. A.Cacares-Enriguez, R. Acosta-Gallegos, N. Ramirec-Vallejo, N. Wassimi, and J. P. Kelly. 1997. Improvement common bean performance under drought stress. Crop Science, 37: 43-50.

46- Seghatoleslami M. J., M. Kafi, and E. Majidi. 2008. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five Proso millet (*Panicum Miliaceum* L.) genotypes. Pakistan Journal of Botany, 40(4): 1427-1432.

47- Shafazadeh, M. K., A. Yazdansepas, A. Amini, and M. R. Ghannadha. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant, 20 (1): 57-71.

48- Sinaki, J. M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G. Normohamadi, and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2 (4): 417- 422..

49- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Reserch, 98: 222-229.

50- Vitacker, S. P. 1992. Plant Ecophysiology. Acad. Press. New York. PP: 761.