



شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در کلزا با استفاده از شاخص‌های تحمل

مهدی کاکایی^۱، *علیرضا زبر جدی^{۲،۳}، علی مصطفایی^۴ و عباس رضایی‌زاد^۵

^۱ کارشناس ارشد اصلاح نباتات و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه رازی، گروه پژوهشی بیوتکنولوژی مقاومت به تنش‌های محیطی دانشگاه رازی، مرکز تحقیقات بیولوژی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

چکیده

خشکی از مهمترین خطرات جدی برای افزایش راندمان و تولید موفق محصولات زراعی در ایران و جهان است. در این مطالعه به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کلزا، غربال کردن شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، تعداد ۱۶ ژنوتیپ کلزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط، تنش خشکی و بدون تنش، در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه شاخص‌های مقاومت به خشکی شامل: شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش محاسبه گردید. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در دو شرایط محیطی و شاخص‌های مقاومت نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های GMP، STI، YI و MP و عملکردهای تحت شرایط در شرایط آبی و تنش خشکی وجود دارد. ترسیم بای پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی اول نشان داد که ژنوتیپ‌های Sahara, Geronimo, Dante و SLM-046 در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی یعنی MP، GMP، STI و HAM قرار دارند، و

* - مسئول مکاتبه: zebarjadiali@yahoo.com

نیز توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای پلات وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها را جهت انتخاب برای مقاومت به تنش نشان داد. بر اساس نتایج مطالعه شاخص‌های مقاومت می‌توان ژنوتیپ‌های Dante، SLM-046 و Sahara را که علاوه بر دارا بودن شاخص STI بالا، عملکرد دانه بالاتری نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در دو محیط را دارند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: کلزا، شاخص‌های مقاومت به خشکی، عملکرد دانه، بای پلات

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی است یک ساله از خانواده چلیپائیان (*Brassicaceae*) و از جنس براسیکا. کلزا مهم‌ترین دانه روغنی بوده که ارقام پاییزه آن در شرایط آب و هوایی معتدل، خنک و مرطوب بیشترین عملکرد تولید را دارد (عاشوری، ۲۰۰۱). کلزا یک گیاه روغنی نسبتاً جدید است که امروزه به‌طور گسترده در بسیاری از کشورها کشت می‌شود (وایس، ۱۹۸۳). کمبود آب می‌تواند اثر سویی بر عملکرد کلزا بگذرد، این اثر به ژنوتیپ، مرحله نمو و سازش گیاه به شرایط خشکی بستگی دارد. حساسترین زمان برای آبیاری، مرحله گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی است (ریچارد و تورلینگ، ۱۹۷۸). بخش اعظم تولید کلزا در دنیا تحت شرایط دیم صورت می‌گیرد، اما با این حال مطالعات بسیار اندکی در خصوص تأثیر تنش خشکی بر گیاه کلزا وجود دارد. (کلارک و سیمپسون، ۱۹۷۸) نشان دادند که آبیاری گونه *B. napus* تعداد غلاف را در اثر طولانی کردن مرحله گل‌دهی، افزایش می‌دهد، و نیز تعداد دانه در غلاف در اثر وجود سطح برگ بیشتر در زمان گل‌دهی افزایش پیدا می‌کند. این امر باعث شده است زراعت کلزا به مناطق مرطوب‌تر حاشیه مناطق تولید غلات محدود شود. با توجه به محدودیت آب آبیاری به‌خصوص بحران کمبود آب در آینده و با توجه به این امر که میانگین ریزش‌های جوی کشور ما کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال یعنی کمتر از یک سوم میانگین ریزش‌های جوی سالیانه دنیا (۸۶۰ میلی‌متر) می‌باشد، لزوم انجام تحقیقات در زمینه خشکی (آبیاری محدود) اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

مناطق خشک و نیمه خشک جهان تقریباً ۴۰ درصد اراضی جهان را شامل گردیده و بالغ بر ۷۰۰ میلیون نفر از جمعیت دنیا در این مناطق سکونت دارند که حدود ۶۰ درصد از این اراضی در کشورهای در حال توسعه واقع شده‌اند. بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد از مساحت ۲۰ کشور در خاور نزدیک،

آفریقا و آسیا را مناطق خشک و کم باران در بر گرفته است. خشکی و تنش ناشی از آن از جمله معمول ترین تنش های محیطی است که حدوداً تولیدات زراعی را در ۲۵ درصد از زمین های کشاورزی جهان محدود می کند (هاشمی دزفولی، ۱۹۹۵). خشکی عامل اصلی محدود کننده تولیدات کشاورزی می باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول باز می دارد. مقایسه عملکرد در شرایط محیطی مختلف (تنش و نرمال) و گزینش در چنین شرایطی می تواند ارزیابی ژنوتیپ ها را در برابر تنش بدنبال داشته باشد. گزارشات متعددی در خصوص گزینش توام تحت هر دو شرایط محیطی برای انتخاب ارقام متحمل به تنش وجود دارد (فیشر و مورر، ۱۹۷۸)، (روزیل و همبلین، ۱۹۸۱)، (فررز و همکاران، ۱۹۸۶)، (حسین و همکاران، ۱۹۹۰)، (فرناندز، ۱۹۹۲)، (کالهوم و همکاران، ۱۹۹۴)، (رامیرز و کلی، ۱۹۹۸)، (سی وسه مرده و همکاران، ۲۰۰۶)، (شفازاده و همکاران، ۲۰۰۴)، (سوری و همکاران ۲۰۰۵)، (زبرجدی، ۲۰۰۸) و (کاکایی، ۲۰۰۹).

بر اساس روش (فرناندز، ۱۹۹۲) ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر توان عملکرد و تحمل به تنش به چهار گروه، A (ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند)، B (ژنوتیپ هایی که فقط در شرایط محیطی بدون تنش عملکرد بالایی دارند)، C (ژنوتیپ هایی که فقط در شرایط تنش عملکرد نسبتاً بالایی دارند و گروه D (ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی دارند)، تفکیک می شوند. ایشان معتقد است شاخصی مناسب است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه ها باشد. برای شناسایی ارقام گروه A، توسط (فرناندز، ۱۹۹۲)، شاخص تحمل به تنش (STI) ارائه شد. مقدار بالای این شاخص برای ژنوتیپ نمایانگر تحمل به خشکی بیشتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ است. (زبرجدی، ۲۰۰۸) در کلزا STI را بهترین شاخص جهت گزینش ژنوتیپ های متحمل معرفی نمود. (پورداد و همکاران، ۲۰۰۸) همچنین STI را به عنوان مطلوب ترین شاخص مقاومت به خشکی در بررسی مقاومت به خشکی گلرنگ های بهاره در مناطق مختلف، معرفی کردند.

شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین بهره وری (MP) توسط (روزیل و همبلین، ۱۹۸۱) معرفی شد. ایشان معتقدند که انتخاب بر مبنای مقادیر کمتر TOL به گزینش ژنوتیپ هایی منجر می شود که عملکرد آنها در محیط تنش نسبت به محیط نرمال، کاهش کمتری داشته و دارای ثبات عملکرد خواهند بود. از طرف دیگر انتخاب بر مبنای شاخص میانگین محصول دهی (MP) به انتخاب ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی تحمل کم به تنش منجر می شود.

شاخص SSI توسط (فیشر و مورر، ۱۹۷۸) پیشنهاد شد، فیشر و مورر اظهار داشتند که ژنوتیپ‌هایی با SSI کمتر بیانگر تغییرات کم عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش و پایداری بیشتر ژنوتیپ است. بنابراین انتخاب بر اساس SSI به گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین منجر می‌شود. شاخص YSI توسط (بوسلاما و شاپاگ، ۱۹۸۴) معرفی شده و عملکرد را تحت شرایط تنش یک رقم وابسته به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می‌کند. بنابراین از ارقامی با YSI بالاتر انتظار می‌رود که تحت هر دو شرایط عملکرد بالاتری داشته باشند. شاخص دیگری که توسط (فرناندز، ۱۹۹۲) ارائه شد، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) بود. این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک ژنوتیپ‌ها قدرت بیشتری دارد. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی عملکرد و تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های کلزا به منظور دستیابی به ارقام متحمل به خشکی و تعیین بهترین شاخص(های) مقاومت در شرایط مختلف رطوبتی در مزرعه انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۱۶ ژنوتیپ کلزا (جدول ۱) در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ بررسی شدند. آبیاری در شرایط طبیعی در سه مرحله (اوایل گل‌دهی، اواسط گل‌دهی و اواخر غلاف‌دهی) انجام شد در حالی که در سایت تنش هیچگونه آبیاری صورت نپذیرفته است. هر کرت شامل ۵ ردیف ۳ متری به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله کرت‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت اقدام به آماده سازی زمین گردید. بر اساس نتیجه آزمون خاک محل آزمایش، کود مورد نیاز بر اساس فرمول N60P30 (کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره (نیتروژن) و سوپر فسفات (فسفر) استفاده شد. مبارزه با علف‌های هرز در دو مرحله و به صورت دستی انجام گرفت. در نهایت محصول کرت‌های آزمایشی پس از حذف اثرات حاشیه برداشت شد.

جدول ۱- مبدأ و تیپ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

شماره ژنوتیپ	ژنوتیپ	مبدأ	بهاره/ پاییزه	گونه
۱	Geronimo	Rostica-france	پاییزه	<i>B. napus</i>
۲	Celecious	Svalof	پاییزه	<i>B. napus</i>
۳	Milena	آلمان	پاییزه	<i>B. napus</i>
۴	Sahara	Danisco	پاییزه	<i>B. napus</i>
۵	Sunday	Danisco	پاییزه	<i>B. napus</i>
۶	Zarfam(Reg*Cob)	ایران	بینابین	<i>B. napus</i>
۷	Dante	آلمان	پاییزه	<i>B. napus</i>
۸	SLM-046	آلمان	پاییزه	<i>B. napus</i>
۹	Talaye	ایران	پاییزه	<i>B. napus</i>
۱۰	Talent	آلمان	پاییزه	<i>B. napus</i>
۱۱	ARC-2	آمریکا	پاییزه	<i>B. napus</i>
۱۲	Opera	سوئد	پاییزه	<i>B. napus</i>
۱۳	ARC-5	آمریکا	پاییزه	<i>B. napus</i>
۱۴	Licord	آلمان	پاییزه	<i>B. napus</i>
۱۵	Rainbow	استرالیا	بهاره	<i>B. napus</i>
۱۶	Shiralee	استرالیا	بهاره	<i>B. napus</i>

به منظور بررسی ژنوتیپ‌ها از نظر واکنش به تنش خشکی، پس از تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط اقدام به محاسبه شاخص‌های مقاومت به خشکی به شرح زیر گردید، (فیشر و مورر، ۱۹۷۸)، (روزیل و همبلین، ۱۹۸۱)، بوسلاما و شاپاگ، (۱۹۸۴)، (حسین و همکاران، ۱۹۹۰) و (فرناندز، ۱۹۹۲).

$$TOL = Yp - Ys \quad \text{۱- شاخص تحمل (TOL}^1\text{)}$$

$$SSI = \frac{1 - (Ys/Yp)}{SI} \quad \text{و} \quad SI = 1 - \left[\frac{Ys}{Yp} \right] \quad \text{۲- شاخص حساسیت به تنش (SSI}^2\text{)}$$

در این فرمول، SI^3 شدت تنش می‌باشد.

$$HAM = \frac{2(Yp \times Ys)}{(Yp + Ys)} \quad \text{۳- میانگین هارمونیک (HAM}^4\text{)}$$

1- TOL, Tolerance

2- SSI, Stress Susceptibility Index

3- SI, Stress Intensity

4- HAM, Harmonic Mean

$$4- \text{ شاخص عملکرد (YI}^1\text{): } YI = \frac{Y_s}{Y_p}$$

$$5- \text{ شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP}^2\text{): } GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

$$6- \text{ شاخص پایداری عملکرد (YSI}^3\text{): } YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$$

$$7- \text{ شاخص تحمل به تنش (STI}^4\text{): } STI = \left(\frac{Y_p}{Y_p} \right) \left(\frac{Y_s}{Y_s} \right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(Y_p)^2}$$

که در آنها متغیرها عبارتند از:

Y_p, Y_s, \bar{Y}_p و \bar{Y}_s بیانگر موارد زیر می‌باشند:

Y_p : عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش

Y_s : عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش

\bar{Y}_s : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش

\bar{Y}_p : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش

SI: شدت تنش

علاوه بر محاسبه شاخص‌ها، تجزیه واریانس ساده بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن بر روی آنها انجام شد. به منظور مطالعه روابط شاخص‌ها با همدیگر و با عملکرد دانه، همبستگی ساده آنها محاسبه گردید. همچنین از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، نمودار سه بعدی، نمودار گرافیکی بای پلات و تجزیه خوشه‌ای به روش $UPGMA^5$ نیز در این مطالعه استفاده شد. از نرم افزارهای Minitab15 (برای رسم بای پلات)، SPSS16 (جهت ترسیم نمودار سه بعدی، انجام تجزیه خوشه‌ای، تابع تشخیص، محاسبه همبستگی‌ها و رسم دندروگرام) و MATAT-C (برای انجام تجزیه واریانس، مقایسات میانگین و محاسبه شاخص‌ها) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌دار بین دو مکان از نظر این صفت وجود دارد (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه در هر دو شرایط و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکردها و

-
- 1- YI, Yield Index
 - 2- GMP, Geometric Mean Productivity
 - 3- YSI, Yield Stability Index
 - 4- STI, Stress Tolerance Index
 - 5- Unweighted Pair Group Mean Average

اکثر شاخص‌های مقاومت به خشکی (GMP, MP, YI and STI) با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۳). این اختلاف نشان دهنده عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش رطوبتی و وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های کلزا از این نظر می‌باشد. بیشترین عملکرد در شرایط تنش و نرمال رطوبتی مربوط به ژنوتیپ‌های SLM-046 ($Y_p=4272$ kg/ha و $Y_s=2901$ kg/ha) و Sahara ($Y_p=4021$ kg/ha و $Y_s=2916$ kg/ha) می‌باشد.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در سطح ۵ درصد به روش LSD نشان داد که در شرایط تنش بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره Sahara (۲۹۱۶ کیلوگرم در هکتار) و SLM-046 (۲۹۰۱ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد که با هم در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند (جدول ۴). این در حالی است که در شرایط نرمال نیز این دو ژنوتیپ وضعیت بهتری نسبت به سایرین داشته‌اند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌ها نشان داد که بیشترین مقدار شاخص‌های STI (۱/۱۶۳)، میانگین هارمونیک (۳۳۷۶)، میانگین هندسی بهره‌وری (۳۴۷۷) و میانگین بهره‌وری (۳۵۸۷) مربوط به ژنوتیپ SLM-046 می‌باشد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها نشان داد ژنوتیپ Shiralee از نظر شاخص‌های SSI و TOL دارای کمترین مقدار (به-ترتیب ۰/۷۰۳ و ۳۱۱/۲) در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۴). باید توجه داشت که پائین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL الزاماً به معنی بالاتر بودن عملکرد در هر دو شرایط تنش و نرمال نیست، زیرا همچنان که در مورد ژنوتیپ Shiralee مشاهده می‌شود ممکن است ژنوتیپی با وجود حساسیت کم به تنش خشکی، پتانسیل عملکرد پائینی داشته باشد (۱۰۱۹ کیلوگرم در هکتار)، لذا این ژنوتیپ فقط دارای حساسیت کم به تنش خشکی است و از لحاظ عملکرد بالقوه مطلوب نمی‌باشد (جدول ۴). چنین گزارشی توسط (رامیرز و کلی، ۱۹۹۸) و (سوری و همکاران، ۲۰۰۵) نیز ارائه شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های کلزا

عملکرد دانه		درجه آزادی	منبع تغییرات
میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)		
۳۰۱۹۲۱۲۵/۶۱۶**	۳۰۱۹۲۱۲۵/۶۱۶	۱	مکان
۶۸۱۱۶/۶۱۳	۲۷۵۲۶۶/۴۵۲	۴	اشتباه
۲۹۸۰۷۳۲/۶۹۱**	۴۴۷۱۰۹۹۰/۳۶۳	۱۵	ژنوتیپ
۲۷۹۴۱۴/۲۳۹**	۴۱۹۱۲۱۳/۵۹۰	۱۵	مکان * ژنوتیپ
۱۴۲۰۴۶/۸۷۰	۸۵۲۲۸۱۲/۲۰۹	۶۰	اشتباه
CV%			
۱۳/۴۷			

*، ** و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص های کمی مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در ژنوتیپ های کلزا

منبع تغییرات	میگس مربعات										CV%
	MP	HAM	YI	STI	SSI	YSI	GMP	TOL	YS	YP	
تکرار	۷۸۸/۱۷۷۸	۸۳۶/۳۱۶۷	۳۰۰/۰	۰/۰	۱۰/۰	۷۱۰/۰	۷۰۰/۰	۳۲۴/۳۴۸	۱۵۳۹۶۰/۳۱۷	۱۳۰۱۳۳/۴۷۳	۱۰/۷۴
تیمار	۸۴۳۶/۵۶۱	۱۱۶۸۸/۱۷۳۱	۰/۰	۰/۰	۱۰/۰	۷۱۰/۰	۷۰۰/۰	۳۲۴/۳۴۸	۱۵۳۹۶۰/۳۱۷	۱۳۰۱۳۳/۴۷۳	۱۰/۷۴
اشتباه	۶۰۸۱/۱۷۷۸	۸۳۶/۳۱۶۷	۳۰۰/۰	۰/۰	۱۰/۰	۷۱۰/۰	۷۰۰/۰	۳۲۴/۳۴۸	۱۵۳۹۶۰/۳۱۷	۱۳۰۱۳۳/۴۷۳	۱۰/۷۴
CV%	۱۱/۱۱	۱۱/۱۱	۵۰/۸۱	۶۷/۶۱	۴۲/۴۳	۴۷/۶۱	۴۸/۶	۳۰/۷۱	۱۷/۵۴	۱۰/۷۴	

ns، *، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیر معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش به روش LSD (۰/۵)

شماره	ژنوتیپ	Y_p	Y_s	GMP	STI	MP
۱	Geronimo	۳۷۹۹ ^{abcd}	۲۷۶۱ ^{ab}	۳۲۳۳ ^{ab}	۰/۹۹۶۷ ^{abc}	۳۲۸۰ ^{abcd}
۲	Celecious	۳۳۹۵ ^{cde}	۲۱۸۱ ^{bcd}	۲۶۹۸ ^{cde}	۰/۷۱۱۲ ^{def}	۲۷۸۸ ^{efg}
۳	Milena	۳۳۱۰ ^{de}	۲۳۰۳ ^{abcd}	۲۷۲۱ ^{cde}	۰/۷۰۸۵ ^{def}	۲۸۰۲ ^{efg}
۴	Sahara	۴۰۲۲ ^{ab}	۲۹۱۶ ^a	۳۴۱۸ ^a	۱/۱۱۵۰ ^{ab}	۳۴۶۹ ^{ab}
۵	Sunday	۳۳۹۲ ^{cde}	۲۰۸۲ ^{cd}	۲۶۵۷ ^{de}	۰/۶۸۰۳ ^{ef}	۲۷۳۷ ^{fg}
۶	Zarfam	۳۵۳۲ ^{bcde}	۲۷۳۱ ^{abc}	۳۱۰۴ ^{abc}	۰/۹۲۷۸ ^{abcd}	۳۱۳۱ ^{bcdef}
۷	Dante	۳۹۵۷ ^{abc}	۲۷۶۵ ^{ab}	۳۳۰۴ ^{ab}	۱/۰۴۱۰ ^{abc}	۳۳۶۱ ^{abc}
۸	SLM-046	۴۲۷۲ ^a	۲۹۰۱ ^a	۳۴۷۷ ^a	۱/۱۶۳۰ ^a	۳۵۸۷ ^a
۹	Talaye	۳۹۲۵ ^{abc}	۱۸۹۱ ^d	۲۷۱۷ ^{cde}	۰/۷۰۳۸ ^{def}	۲۹۰۸ ^{defg}
۱۰	Talent	۳۹۲۷ ^{abc}	۲۱۵۰ ^{bcd}	۲۸۹۷ ^{bcde}	۰/۸۰۳۱ ^{cdef}	۳۰۳۹ ^{cdefg}
۱۱	ARC-2	۳۲۳۱ ^{de}	۲۲۲۱ ^{bcd}	۲۶۷۵ ^{cde}	۰/۶۸۴۵ ^{def}	۲۷۲۶ ^{fg}
۱۲	Opera	۳۷۸۶ ^{abcde}	۲۵۱۶ ^{abcd}	۳۰۶۹ ^{abcd}	۰/۹۰۵۰ ^{bcde}	۳۱۵۱ ^{bcde}
۱۳	ARC-5	۳۳۸۸ ^{cde}	۲۳۳۴ ^{abcd}	۲۷۶۷ ^{cde}	۰/۷۳۳۴ ^{def}	۲۸۶۱ ^{efg}
۱۴	Licord	۳۱۸۸ ^e	۲۰۷۶ ^d	۲۵۵۵ ^e	۰/۶۲۴۴ ^f	۲۶۳۱ ^g
۱۵	Rainbow	۱۲۸۵ ^f	۹۳۶ ^e	۱۰۹۶ ^f	۰/۱۱۵۰ ^g	۱۱۱۰ ^h
۱۶	Shiralee	۱۳۳۰ ^f	۱۰۱۹ ^e	۱۱۹۴ ^f	۰/۱۲۹۵ ^g	۱۱۷۵ ^h

نتایج تحلیل همبستگی ساده بین عملکرد دانه در دو شرایط و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان می‌دهد که عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و آبی با شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP) همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارد (جدول ۵). بنابراین شاخص‌های فوق مناسب برای غربال کردن ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی که در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند مناسب هستند. این یافته‌ها با نتایج (زیرجدی، ۲۰۰۸) و (کاکایی، ۲۰۰۹) در کلزا، (سوری و همکاران، ۲۰۰۵) در نخود، (فرشادفر و همکاران، ۲۰۰۱) در گندم و (آقائی سربرزه و همکاران، ۲۰۰۹) در گندم نان مطابقت دارد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط محیطی

MP	HAM	YI	STI	SSI	YSI	GMP	TOL	YS	YP
									۱
								۱	۰/۸۹۱**
							۱	۰/۴۲۳	۰/۷۸۸**
						۱	۰/۶۱۳*	۰/۹۷۵**	۰/۹۶۹**
					۱	-۰/۱۳۰	-۰/۸۵۱**	۰/۰۹۲	-۰/۳۶۴
				۱	-۱**	۰/۱۳۰	۰/۸۵۱**	-۰/۰۹۲	۰/۳۶۴
			۱	۰/۰۴۷	-۰/۰۴۷	۰/۹۸۷**	۰/۵۴۴*	۰/۹۷۹**	۰/۹۳۶**
		۱	۰/۹۷۹**	-۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۹۷۵**	۰/۴۲۳	۱**	۰/۸۹۱**
	۱	۰/۹۸۵**	۰/۹۹۰**	۰/۰۷۷	-۰/۰۷۷	۰/۹۹۸**	۰/۵۶۸*	۰/۹۸۵**	۰/۹۵۴**
۱	۰/۹۹۳**	۰/۹۶۱**	۰/۹۸۱**	۰/۱۸۴	-۰/۱۸۴	۰/۹۹۸**	۰/۶۵۸**	۰/۹۶۱**	۰/۹۸۲**

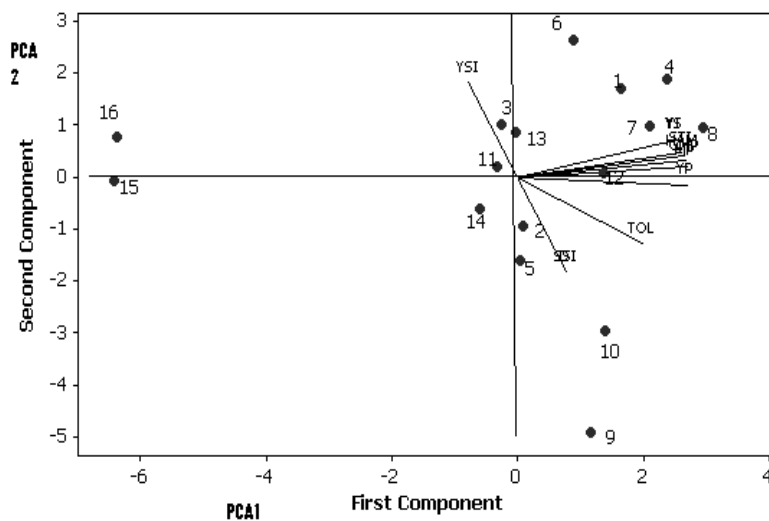
** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

به منظور درک بهتر ارتباط بین شاخص‌ها و عملکرد در هر دو شرایط محیطی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA^۱) استفاده شد. در این تجزیه سهم مؤلفه‌ها، سهم تجمعی آن‌ها و بردارهای مشخصه متناظر با هر ریشه مشخصه بدست آمد. همانطور که مشاهده می‌شود (جدول ۶) دو مؤلفه اصلی اول ۹۹/۷ درصد کل تغییرات داده‌ها را بیان نمودند. در این مطالعه اولین مؤلفه اصلی ۶۶/۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و با شاخص‌های GMP، MP، HAM، YI و STI همبستگی مثبت و بالایی داشت. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان به عنوان مؤلفه تحمل به خشکی نام‌گذاری کرد. به عبارت دیگر انتخاب بر اساس مقادیر بیشتر این مؤلفه، موجب گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش محیطی می‌شود که در هر دو محیط دارای عملکرد بالایی هستند. از آنجا که مؤلفه اول (PC1) تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شوند و بالعکس، از این جهت دو مؤلفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار فوق مشخص نمود. بر اساس بای پلات^۲ (شکل ۲) ژنوتیپ‌های شماره ۸ (SLM-046) و ۴ (Sahara) دارای بیشترین مقادیر مؤلفه اصلی اول و همچنین مقادیر بالای Y_s، Y_p و STI بودند (جدول ۳). ژنوتیپ‌های Shiralee و Rainbow دارای کمترین مقدار مؤلفه اول بوده و مقادیر پائین‌تر Y_s، Y_p و STI را نیز به خود اختصاص داده‌اند. دومین مؤلفه اصلی حدود ۳۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد (جدول ۶). در این

1- Principle Components Analysis

2- Biplot

مؤلفه شاخص‌های SSI و TOL دارای مقادیر بالایی بودند و بنابراین نقش بیشتری در این مؤلفه داشتند. بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (شکل ۱)، ژنوتیپ‌ها به گروه‌هایی تقسیم شدند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها بود. بر اساس این نمودار ژنوتیپ‌های Sahara, Geronimo, Opera, Dante و SLM-046 در ناحیه‌ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی MP, GMP و STI قرار دارند و ژنوتیپ‌های ۲ (Celecious)، ۵ (Sunday)، ۹ (Talaye) و ۱۰ (Talent) در ناحیه‌ای با عملکرد بالا در شرایط نرمال و عملکرد پایین در شرایط تنش و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی TOL و SSI قرار گرفته‌اند. شاید بتوان گفت که این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های آبی می‌باشند. به طور کلی می‌توان این توزیع را بیان کننده تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط تنش دانست. شاخص‌های MP, GMP و STI با عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت دارند و زوایای بسیار تند بین بردارهای این سه شاخص نسبت به هم نشان از همبستگی مثبت و بسیار بالای آنها با هم می‌باشد. (فرناندز، ۱۹۹۲) در لوبیا، (سوری و همکاران، ۲۰۰۵) در نخود، (ابوالحسنی و سعیدی، ۲۰۰۶) در گلرنگ و (زبرجدی، ۲۰۰۸) و (کاکایی، ۲۰۰۹) از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات به منظور انتخاب ارقام متحمل به تنش رطوبتی بهره گرفته‌اند.

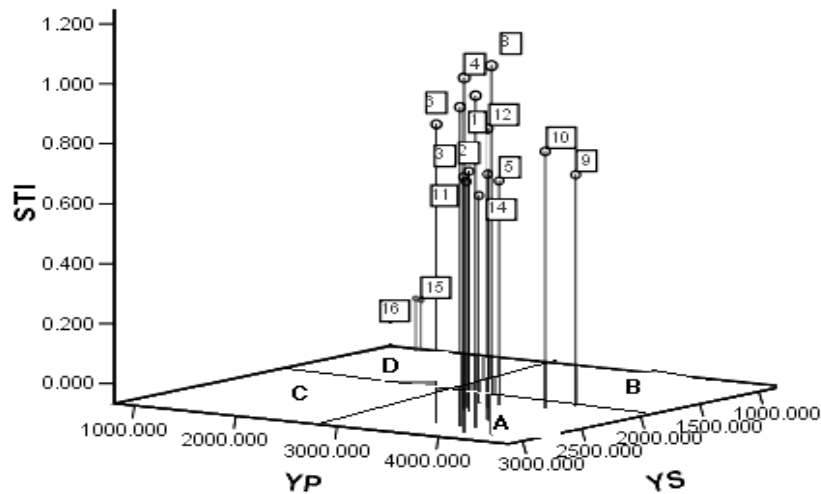


شکل ۱- نمایش بای پلات شاخص‌های مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (اسامی و شماره ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول شماره ۱ می‌باشد)

جدول ۶- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در دو شرایط محیطی مربوط به دو مولفه اصلی اول و دوم

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	YP	YS	TOL	GMP	YSI	SSI	STI	YI	HAM	MP
۱	۷/۳۳۱۷	۰/۶۶۷	۰/۳۶۸	۰/۳۴۲	۰/۲۷۰	۰/۳۶۴	-۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۳۵۶	۰/۳۴۲	۰/۳۶۱	۰/۳۶۷
۲	۳/۶۳۳۴	۰/۹۹۷	۰/۰۴۳	۰/۱۹۶	-۰/۳۵۳	۰/۰۸۴	۰/۵۰۲	-۰/۵۰۲	۰/۱۲۶	۰/۱۹۷	۰/۱۱۲	۰/۰۵۵

به‌منظور فهم دقیق‌تر از گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا در دو محیط از نمودار سه بعدی استفاده شد. در رسم این نمودار شاخص‌هایی که همبستگی معنی‌داری با عملکردها داشتند (جدول ۵) استفاده گردید. بدین‌منظور روی محور Xها عملکرد در شرایط تنش (Ys)، روی محور Yها عملکرد در شرایط نرمال (Yp) و روی محور Zها شاخص مورد نظر نشان داده شد (شکل ۳). بر اساس نظریه فرناندز (۱۹۹۲) نمودار سه بعدی قادر است ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه A، B، C و D تقسیم نماید که در این گروه بندی گروه A ژنوتیپ‌هایی را در بر می‌گیرد که در هر دو محیط عملکرد بالایی داشته باشند، گروه B ژنوتیپ‌هایی را نشان می‌دهد که دارای عملکرد بالا در محیط نرمال رطوبتی هستند، گروه C شامل ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد آنها در محیط تنش بالا است و نهایتاً گروه D ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط دارند را شامل می‌گردد. طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲) شاخصی که قادر باشد گروه A را از بقیه گروه‌ها متمایز نماید برای گزینش ارقام متحمل به خشکی مناسب‌تر است. در بررسی نمودار سه بعدی Yp، Ys و STI (شکل ۳) مشاهده می‌شود که ژنوتیپ Talaye در گروه B، ژنوتیپ‌های Shiralee و Rainbow در گروه D و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه A قرار گرفته‌اند. در این نمودار هیچ ژنوتیپی در گروه C قرار نگرفت. بالا بودن شاخص STI نیز توسط خطوط عمودی مربوط به هر ژنوتیپ مشخص شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ SLM-046 دارای STI بالاتری می‌باشد (شکل ۲). بررسی نمودارهای سه بعدی مربوط به شاخص‌های MP، GMP و HAM نیز نتایج مشابهی را بدنبال داشت. بنابراین می‌توان گفت شاخص‌های MP، GMP، HAM و STI در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل مفید هستند. استفاده از نمودارهای سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها توسط محققین دیگر از جمله (فرناندز، ۱۹۹۲) در لوبیا (امام جمعه، ۱۹۹۹) در نخود (سوری و همکاران، ۲۰۰۵) در نخود، (ابوالحسینی و سعیدی، ۲۰۰۶) در گلرنگ، (زبرجدی، ۲۰۰۸) در کلزا و (کاکایی، ۲۰۰۹) در کلزا گزارش شده است.



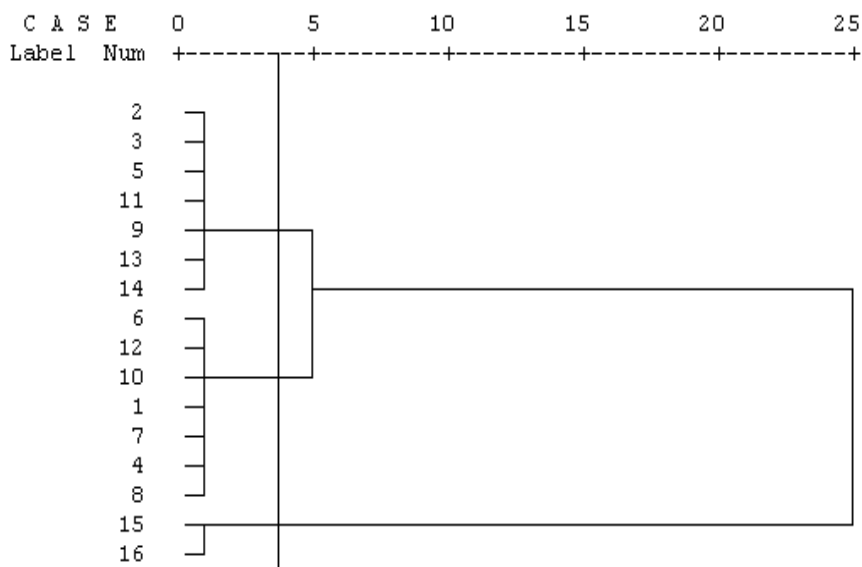
شکل ۳- گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص STI. در شکل STI، Yp و Ys به ترتیب معرف شاخص تحمل تنش، عملکرد دانه در شرایط نرمال و عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد (اسامی و شماره ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول ۱ می‌باشد).

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر مبنای شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP) از تجزیه خوشه‌ای^۱ به روش UPGMA استفاده شد و دندروگرام^۲ مربوطه در شکل ۴ ارائه شده است. برش دندروگرام بر اساس تجزیه تابع تشخیص انجام شد. همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس سه گروه را تایید نموده است. بطوریکه در گروه اول ژنوتیپ‌های Licord و Celecious, Sunday, Milena, Talaye, ARC-2, ARC-5، در گروه دوم ژنوتیپ‌های Opera و Geronimo, Sahara, Zarfam, Dante, SLM-046, Talent و در گروه سوم دو ژنوتیپ Shiralee و Rainbow (که دارای عملکرد پایینی در شرایط تنش و بدون تنش بودند) واقع شدند. تجزیه کلاستر به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع به‌طور گسترده‌ای توسط

1 - Cluster Analysis

2 - Dendrogram

محققین مورد استفاده قرار گرفته است (زبرجدی و همکاران، ۲۰۰۱)، (سوری و همکاران، ۲۰۰۵)، (زبرجدی، ۲۰۰۸)، (کاکایی، ۲۰۰۹) و (محمدی و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر بر اساس شاخص‌های **GMP, STI, YI, HAM, MP** به روش **UPGMA** (اسامی و شماره ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول شماره ۱ می‌باشد)

جدول ۷- نتایج تجزیه تابع تشخیص برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های مقاومت به خشکی

کل	گروه‌های پیش‌بینی شده بر اساس تجزیه تابع تشخیص						تعداد	تجزیه خوشه‌ای
	۳		۲		۱			
تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
۷	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۷	۱۰۰	۱
۷	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۷	۰	۰	۲
۲	۱۰۰	۱۰۰	۲	۰	۰	۰	۰	۳

نتیجه گیری کلی

با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است لذا توجه به موضوع خشکی و خسارات ناشی از آن، بیش از پیش حائز اهمیت می باشد. استفاده از ارقام متحمل یکی از مهمترین راهکارها جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی در محصولات زراعی می باشد. شناسایی ارقام متحمل به خشکی از اهداف اصلاحگران نبات بوده و این امر به سختی امکان پذیر می باشد. به منظور شناسایی ژنوتیپ های متحمل به خشکی محققین از پارامترهای مختلف مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فنولوژیک بهره می گیرند. ارزیابی ژنوتیپ ها در شرایط نرمال رطوبتی به تنهایی قادر به انتخاب ژنوتیپ های برتر نمی باشد لذا بررسی ارقام در هر دو شرایط (تنش رطوبتی و نرمال) مورد توجه محققین قرار گرفته است، (زبردی و همکاران، ۲۰۰۸)، (سی و سه مرده، ۲۰۰۶)، (کلارک و همکاران، ۱۹۹۲) و (نصیر و همکاران، ۱۹۹۲). اصلاحگران برای دستیابی به ژنوتیپ های مقاوم از روش های نوین (انتخاب در شرایط *In vitro* و مهندسی ژنتیک) و کلاسیک استفاده می کنند. در روش های کلاسیک معمولاً در نسل های آخر برنامه های به نژادی اقدام به ارزیابی ژنوتیپ ها می گردد. در این موارد عملکرد گیاه زراعی در شرایط مختلف می تواند ملاک سنجش تحمل آن به خشکی باشد. به همین منظور تحقیق حاضر بر اساس عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط محیطی و محاسبه شاخص های مقاومت به خشکی پایه ریزی شد. نتایج تجزیه واریانس ساده و مقایسات میانگین ها برای هر دو شرایط محیطی علاوه بر اینکه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بود، نشان داد که ژنوتیپ های SLM-046 و Dante دارای عملکرد بالایی در هر دو محیط بودند. از طرفی این دو ژنوتیپ شاخص STI بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ ها داشتند به همین دلیل در این تحقیق به عنوان ژنوتیپ های متحمل برگزیده شدند. این نتیجه گیری از طریق بررسی ضرایب همبستگی بین عملکرد در هر دو شرایط و شاخص های مقاومت به خشکی نیز تایید گردید، بطوری که شاخص STI همبستگی بالا و بسیار معنی داری با Yp و Ys نشان داد به همین دلیل به عنوان شاخص مناسب و کارآمد در شناسایی ژنوتیپ های متحمل به خشکی به کار گرفته شد. اطلاعات تکمیل کننده در این پژوهش از طریق تجزیه به مؤلفه های اصلی و تجزیه خوشه ای بدست آمد. نتایج تجزیه خوشه ای (شکل ۴) با نتایج PCA مطابقت داشت بطوری که مشاهده می شود در دندروگرام حاصل ژنوتیپ های SLM-046 و Dante با هم در یک کلاس واقع شدند. این نتایج توسط بای پلات حاصل از PCA1 و PCA2 نیز تایید گردید. نکته قابل توجه اینکه می توان گفت در تجزیه خوشه ای از تمام تنوع موجود بین

ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها جهت دسته‌بندی ارقام استفاده شده است. در پایان ژنوتیپ‌های SLM-046 و Dante به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها جهت کشت در شرایط استان کرمانشاه توصیه می‌شوند.

منابع

- Abolhassani, K.H., and Saeidi, G.H. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. *J. Sci. and Technol. Agric. and Natu.* 10:407-418 (in Persian).
- Aghaee Sarbarzeh, M., Rostaei, M., Mohammadi, R., Haghparast, R. and Rajabi, R. 2009. Determination of drought tolerant genotypes in bread wheat. *EJCP.* 2: 1-23 (in Persian)
- Ashori, M. 2001. Secondary culture rapeseed. Afraz Tehran Press (in Persian).
- Bousslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci.* 24: 933-937.
- Calhoun, D.S., Gebeyehu, C., Miranda, A., Rajaram. S. and Van Ginkel, M. 1994. Chosen evaluation environments to increase grain yield under drought conditions. *Crop Sci.* 34: 673-678.
- Clark, J.M., De Pauw, R.M. and Townley-Smith, T.M. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop. Sci.* 32: 728-732.
- Farshadfar, E., Zamani, M., Motallebi, M. and Imamjomeh, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines, *Iranian J. Agric. Sci.* 32:65-77 (in Persian).
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.C. (Ed.), *Procof an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress.* AVRDC, Shanhua, Taiwan.
- Fisher, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. *Aust J Agric. Res.* 29: 897-912.
- Hashemi-Dezfoli, A., Kocheiki, A. and Banayaneaval, M. 1995. Yield Increasing of Agronomy Plants (Translated). *Jahad -e- Daneshghahi Mashhad Press.*
- Hossain, A. B. S., Sears, A.G., Cox, T.S. and Paulsen, G.M. 1990. Dessication tolerance and it's relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop. Sci.* 30: 622- 627.
- Imamjomeh, A. 1999. Detection genetic diversity on based RAPD-PCR evaluation of drought tolerance indices and analysis adaptation in Iranian chickpea. M.Sc. Thesis. College of agriculture, Razi University.
- Kakaei, M. 2009. Effects of Genotype and drought stress on physiological, morphological, phenological and biochemical traits of winter rape (*Brassica napus* L.). M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Branch of Kermansha, Iran.

- Mohammadi, R., Haghparast, R., Aghaee-Sarbarzeh, M. and Abdollahi, A. 2006. Evaluation of drought tolerance of advanced durum wheat genotypes based on physiological criteria and related traits. *Iran. J. Agric. Sci.* 3: 563-575 (in Persian).
- Nasir Ud-Din., Carver, B.F. and Clutte, A.C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. *Euphytica* 62: 89-96.
- Pordad, S.S. Alizadeh, KH., Azizinejad, R., Abdollah, SH., Eskandari, M., Kheyavi, M., Nabati, E. 2008. Evaluation drought resistance in spring *carthamus tinctorius* in different area. *Sci. Technol. Agric. Natur.* 12: 403-415 (in Persian)
- Ramirez-Vallejo, P., and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99:127-136.
- Richards, R.A., and Thurling, N. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress. I. Sensitivity at different stages of development. *Aust. J. Agric. Res.* 29, 469- 477.
- Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop. Sci.* 21: 943-946.
- Shafazadeh, M.K., Yazdansepass, A., Amini, A. and Ghanadha, M. 2004. Evaluation of tolerance terminal drought stressing promising winter and facultative bread wheat lines using stress susceptibility and tolerance indices. *Seed Plant* 20: 57-71.
- Sio- Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohamadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Res.* 98: 222- 229.
- Sori, J., Dehghani, H. and Sabaghpor, S.H. 2005. Study of genotypes of chickpea in water stress condition. *Iranian. J. Agric Sci.* No.6: 1517-1527.
- Weiss, E.A., 1983. *Oilseed Crop*. Longman group Limited. P660.
- Zebarjadi, A.R. 2008. Study on effects of drought stress on yield and yield components in some of rapeseed (*Brassica napus*) winter genotypes. Final report of research No. 542. Razi University.
- Zebarjadi, A.R., Mirzaee Nadoshan, H. and Karimzadeh, GH. 2001. Investigation of genetic variation of *Bromus tomentellus*, using statistical multivariate methods. *Pajouhesh and Sazandeghi* 51: 2-7 (in Persian).



Determination of drought tolerant genotypes in *Brassica napus* L. based on drought tolerance indices

M. Kakaei¹, * A. Zebarjadi^{2,3}, A. Mostafaie⁴ and A. Rezaeizad⁵

¹Dept. of Plant Breeding and Member of young researchers club, Azad University, Branch of Kermanshah, ²Dept. of Plant Breeding and Agronomy, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran, ³Dept. of Biotechnology for Environmental Stress, Razi University, Kermanshah, Iran, ⁴Medical Biology Research Center, University of Medical Sciences, Kermanshah, ⁵Center of Research of Agriculture and Natural Resource, Kermanshah

Abstract

Drought stress is one of the most important dangers for increasing the yield and good production of crops in Iran and the world. To evaluate the genetic diversity of rapeseed genotypes, identifying the drought resistance indices and drought tolerant genotypes, 16 genotypes were tested in a randomized complete block design (RCBD) with three replications and two different water regimes (Irrigated and rainfed) in experimental field of college of Agriculture, Razi university in 2007-2008. In this research, most of drought tolerance indices such as stress susceptibility index (SSI), tolerance index (TOL), stress tolerance index (STI), yield index (YI), mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HAM) and yield stability index (YSI) based on grain yield were calculated in two different irrigation regimes. Analysis of variance for grain yield indicated that there were highly significant differences between the genotypes for Y_p , Y_s , and index GMP, STI, YI and MP. Bi-plot diagram based on two principal components indicated that genotypes number 8, 7, 4, and 1 are next to vectors of MP, GMP, STI and HAM and distribution of genotypes in biplot represented the genetic diversity among genotypes for selecting them based on drought tolerance. According to results of drought tolerance indices, Dante, SLM-O46 and Sahara cultivars have higher grain yield and STI index than other genotypes in two regimes and identified as suitable cultivars for production in drought stress condition.

Keywords: *Brassica napus*; Stress tolerance indices; Seed yield; Bi-plot.

* - Corresponding Author; Email: zebarjadiali@yahoo.com