تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص ۱۳-۱

برآورد ترکیب‌پذیری و اثر ژن در لاین‌های کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از تجزیه لاین در تستر در شرایط تنش شوری

علی اکبر صابری[۱]، سیدذبیح الله راوری[۲*]، احمد مهربان[۳]، حمید رضا گنجعلی[۳]، حسن امیری اوغان[۴]

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران
۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۳- گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران
۴- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* مسئول مکاتبه: z.ravari@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۷ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.272185.1087**

چکیده

به منظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نوع اثر ژن، تعداد ۱۵ دورگ حاصل از تلاقی پنج لاین و سه تستر به همراه والدین‌شان در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن، طول خورجین، تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه بودند. میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای اکثر صفات معنی‌دار بود که به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت ارقام از نظر ترکیب‌پذیری عمومی و تلاقی‌ها از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی بود. برآورد درجه غالبیت برای صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد خورجین در گیاه و وزن هزار دانه در شرایط آبیاری معمولی و صفت عملکرد دانه در شرایط تنش شوری کم‌تر از یک و برای بقیه صفات در هر دو شرایط آزمایش بزرگ‌تر از یک بود که به‌ترتیب دلالت بر وجود غالبیت ناقص و فوق غالبیت دارد. در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش برای صفات طول خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در گیاه والدین SPN193 و Dalgon در بین مواد آزمایشی بیش‌ترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند. دورگ‌های Dalgon × SPN192 و SPN179 × RGS003 به‌ترتیب در شرایط آبیاری معمولی و تنش با برخورداری از بالاترین مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی از نظر صفت عملکرد دانه بهترین دورگ‌ها بوده و قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: خورجین، دورگ، غالبیت ناقص، فوق غالبیت

مقدمه

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز انسان هستند (Nemati and Asghari., 2012). کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی بوده و نقش مهمی در تأمین روغن خوراکی دارد. به دلیل سازگاری کلزا با شرایط آب و هوایی مختلف با توسعه واریته‌های برتر می‌توان تولید فعلی آن را افزایش داد (Rameeh, 2012). دانه کلزا به‌طور متوسط دارای ۴۰ تا ۴۵ درصد روغن بوده که در تهیه روغن خوراکی و نیز مصارف صنعتی کاربرد دارد (Nemati *et al*., 2012). با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان تأمین امنیت غذایی مهم‌ترین چالش پیش‌روی دولت‌ها خواهد بود (Azimi *et al*., 2012).

امنیت غذایی جوامع بشری توسط عوامل مختلفی مانند تنش‌های زنده و غیر زنده به خطر می‌افتد (Bybordi, 2010). تنش شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که میزان بهره‌وری در بخش کشاورزی را محدود می‌کند (Monirifar, 2016). شوری آب و خاک یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاهان به ویژه کلزا می‌باشد (Vafadar *et al*., 2018; Bybordi and Tabatabaei, 2009). به‌طوری‌که این معضل، روز به روز در خاک‌های کشاورزی بیش‌تر می‌شود (Moghimi *et al*., 2018). لذا یکی از راه‌های افزایش عملکرد کلزا در واحد سطح همگام با روش‌های به‌زراعی و تصحیح روش‌های مدیریت مزرعه، اصلاح و معرفی ارقام متحمل به شوری از طریق روش‌های

خاص اصلاحی از جمله دورگ‌گیری و تولید دورگ‌های متحمل به شوری با عملکرد نسبتاً بالا می‌باشد (Amiri-Oghan, 2009). از اولین تصمیمات در امر دورگ‌گیری انتخاب والدین مناسب جهت دورگ‌گیری می‌باشد. از نظر ژنتیکی، ترکیب ژن‌های بعضی از ارقام و ژنوتیپ‌های به ظاهر ضعیف از نظر خصوصیات کمّی، می‌تواند منجر به ایجاد نتاج برتر شود (Farshadfar *et al.*, 2013).

بهبود عملکرد هر گیاه مستلزم آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی، روابط بین صفات، میزان اثر و عمل ژن‌ها بر روی تظاهر صفات و هم‌چنین میزان توارث‌پذیری صفات است (Basal and Torgot, 2005). برای اصلاح واریته‌ها نیاز به اطلاعات جامعی در مورد ساختار ژنتیکی والدین مورد تلاقی و هم‌چنین ترکیب‌پذیری آن‌ها از نظر صفات مربوطه دارد (Rameeh, 2012). اغلب صفات مهم زراعی کلزا از جمله عملکرد دانه در گروه صفات کمّی قرار می‌گیرند که به‌وسیله تعداد زیادی ژن کنترل شده و به شدت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند، از این‌رو درک ماهیت ژنتیکی آن‌ها دشوار است (Rameeh, 2010). برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی به اصلاح‌گران کمک می‌کند تا در مورد برنامه‌های اصلاحی و استراتژی‌های گزینش ژنوتیپ‌ها تصمیم‌گیری نمایند (De La Vega and Chapman, 2006). از مهم‌ترین عوامل موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی شناخت شاخص‌های ژنتیکی می‌باشد و برای برآورد صحیح شاخص‌های ژنتیکی و شناخت کافی از ساختار ژنتیکی جمعیت تحت بررسی باید از روش‌هایی استفاده گردد که اطلاعات قابل اتکایی از نحوه عمل ژن‌ها به ما بدهد (Sofi *et al.*, 2006; Ravari *et al.*, 2015).

به‌طور کلی اثرهای ژنی به دو گروه قابل تثبیت و غیرقابل تثبیت تفکیک می‌شوند. اثرهای قابل تثبیت از والدین به نتاج انتقال می‌یابند که شامل، اثر افزایشی و اثر اپیستازی مبتنی بر اثر افزایشی (افزایشی × افزایشی، افزایشی × افزایشی × افزایشی و....) می‌باشند (Sharma *et al.*, 2003). این دو اثر (اثر افزایشی و اثر اپیستازی مبتنی بر اثر افزایشی) جزء خطی، جهت‌دار و قابل تثبیت تنوع ژنتیکی می‌باشند (Khattak *et al.*, 2001). زمانی‌که این دو جزء و یا یکی از آن‌ها معنی‌دار باشند باید انتخاب را به نسل‌های پیشرفته‌تر موکول کرد و جمعیت‌های بزرگتر برای وقوع حداکثر ترکیبات ژنی ممکن را مورد ارزیابی قرار داد (Ravari *et al.*, 2016).

اثرهای غیر قابل تثبیت از والدین به نتاج انتقال نمی‌یابند و از طریق انتخاب قابل تثبیت نیستند. این اثرها عبارت از اثر غالبیت و اثر اپیستازی مبتنی بر غالبیت (افزایشی × غالبیت و غالبیت × غالبیت و....) می‌باشند (Ketata *et al.*, 1976). در صورت معنی‌دار شدن این اثرات می‌توان روش اصلاحی انتخاب دوره‌ای متقابل را به‌کار برد. در صورتی‌که اثرهای غیرافزایشی و یا فوق‌غالبیت مهم باشند این روش مفیدتر از انتخاب دوره‌ای برای ترکیب‌پذیری عمومی می‌باشد (Adetimirin *et al.*, 2001).

از آن‌جائی‌که در مطالعات مختلف مواد آزمایشی و شرایط محیطی آزمایش متفاوت است، نتایج حاصل از یک مطالعه به دیگر موارد قابل تعمیم نیست. در نتیجه مطالعه ویژگی‌های ژنتیکی لاین‌های حاصل از هر برنامه اصلاحی امری اجتناب‌ناپذیر است. لذا این پژوهش به منظور بررسی برآورد ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و قابلیت توارث صفات مختلف در پنج لاین کلزا و مشخص نمودن برترین دورگ‌ها از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مهم زراعی در شرایط تنش شوری از طریق تلاقی با سه تستر و با استفاده از روش لاین × تستر انجام شد. طرح تلاقی لاین × تستر یک رویکرد مناسب برای برآورد پارامترهای ژنتیکی است که در مقایسه با روش دای‌آلل، توان ارزیابی تعداد زیادی ژنوتیپ را دارد و در عین حال دارای سادگی و قابلیت اطمینان خوبی است (Amiri-Oghan, 2009).

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نوع اثر ژن، تعداد ۲۳ ژنوتیپ شامل ۱۵ دورگ حاصل از تلاقی پنج لاین و سه تستر به همراه والدین‌شان در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان با ۱۷۵۶ متر ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب برابر با ۳۰ درجه و یک دقیقه شرقی و ۵۷ درجه و شش دقیقه شمالی طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفتند. این ۲۳ ژنوتیپ در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری (آبیاری معمولی با شوری ۰/۶۳ دسی‌زیمنس و آبیاری با آب شور با غلظت ۸/۷ دسی‌زیمنس بر متر نمک) در قالب دو طرح بلوک کامل تصادفی کشت شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کشت به‌طول دو متر و فاصله خطوط ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی

خط ۱۰ سانتی‌متر بود (هر کرت جمعاً دارای ۸۰ بوته بود). پس از تهیه زمین بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه همکاران خاک‌شناسی به ترتیب مقادیر ۱۰۰، ۵۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاس از منابع کودی اوره، فسفات تریپل و سولفات پتاسیم استفاده شد (جدول ۲). به منظور بررسی صفات مورد نظر نمونه‌برداری از ۲۰ بوته دو ردیف میانی هر کرت انجام شد. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن کامل فیزیولوژیکی، تعداد خورجین در گیاه، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در گیاه بودند. تجزیه واریانس به منظور ارزیابی تفاوت معنی‌دار بین دورگ‌های F1 و والدین‌شان انجام شد. برای وارد کردن داده‌ها و اطلاعات برداشت شده از نرم‌افزار Excel و تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و R Studio انجام گرفت. تجزیه لاین × تستر جهت برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بر اساس روش کمپتهورن (Kempthorne, 1957) انجام گردید.

جدول ۱- اسامی لاین‌ها و تسترهای کلزا مورد استفاده در آزمایش
Table 1- The names of rapeseed lines and testers used in the experiment

شماره	لاین‌ها	تسترها
Number	Lines	Testers
1	SPN178	RGS003
2	SPN179	Dalgon
3	SPN180	SAN178
4	SPN192	
5	SPN193	

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی کرمان
Table 2- Physical and chemical properties of Kerman research farm soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	بافت
pH	EC (dS/m)	OC (%)	P (p.p.m)	K (p.p.m)	Text
7.4	1.7	0.6	12	120	لوم سیلتی Silt Loam

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری حاکی از تفاوت معنی‌دار و بسیار معنی‌دار بین تکرارها، تیمارها، والدین، لاین‌ها و تسترها برای بیشتر صفات مورد مطالعه بود که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی کافی برای ژنوتیپ‌ها و ترکیبات متقابل آن‌ها برای صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط آبیاری می‌باشد (جدول ۳). تنوع ژنتیکی همواره یکی از چالش‌های برنامه‌های اصلاحی کلزا بوده است. نتایج بررسی‌ها حاکی از وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دار برای صفات زراعی و مورفولوژیک در کلزا می‌باشد (Sana *et al.*, 2003). وجود تفاوت معنی‌دار بین لاین‌ها و تسترها از لحاظ بعضی صفات مورد مطالعه نشان‌دهنده اثرات افزایشی برای کنترل آن صفات بوده و تفاوت غیر معنی‌دار بین لاین‌ها و تسترها در صفات مورد بررسی نشان‌دهنده اثرات غیر افزایشی است. انتقال صفات دارای واریانس افزایشی به نسل‌های بعدی آسان‌تر می‌باشد.

کم‌ترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی در شرایط تنش شوری (۰/۰۵۸) و بیش‌ترین وراثت‌پذیری خصوصی مربوط به صفت طول خورجین (۰/۵۹) در شرایط آبیاری معمولی بود (جدول ۴). این نتایج نشان داد اثرات غیر افزایشی به ویژه فوق غالبیت نقش مهمی در کنترل این صفات دارند. نقش اثرات غیر افزایشی ژن‌ها در تعیین صفات مهم کلزا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Kang *et al.*, 2013; Rameeh, 2016). نتایج بررسی (Pal *et al.*, 1981) نیز حاکی از وجود وراثت‌پذیری خصوصی بالا برای تعداد شاخه‌های فرعی و وراثت‌پذیری خصوصی پایین برای صفات هزاردانه و تعداد دانه در خورجین بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس لاین × تستر برای صفات مختلف کلزا در شرایط آبیاری نرمال و تنش شوری

Table 3- Line × tester analysis of variance for different traits in rapeseed genotypes in normal irrigation and salinity stress conditions

شرایط آبیاری Irrigation Conditions	منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares							
			ارتفاع بوته Plant height	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تارسیدن Days taken to maturity	طول خورجین Pod length	تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield
آبیاری معمولی Normal Irrigation	تکرار Replication	2	297.1*	104.15^{ns}	60.09^{ns}	0.33^{ns}	8.8*	13.98^{ns}	0.011^{ns}	5.77^{ns}
	تیمار Treatment	22	530.8**	150.85**	121.9**	1.23**	21.9**	1833.5**	0.18**	60.8**
	والد Parent	7	977.9**	227.11**	184.2**	1.6**	31.7**	2618.6**	0.21**	107.11**
	والد در برابر تلاقی Parent vs Cross	1	804.8**	295.28**	409.5**	2.6**	68.2**	618.6**	0.26**	10.64^{ns}
	تلاقی Cross	14	287.6**	102.4**	70.22*	0.96**	13.3**	1527.7**	0.15**	41.2**
	لاین lines	4	637.9**	203.52*	138.73^{ns}	1.33**	24.59*	2767.39^{ns}	0.14^{ns}	93.61*
	تستر Tester	2	314.2^{ns}	114.42^{ns}	36.35^{ns}	29.7**	19.29^{ns}	850.69^{ns}	0.16*	37.2^{ns}
	لاین × تستر line × tester	8	105.9^{ns}	48.84^{ns}	44.44^{ns}	0.11^{ns}	6.21^{ns}	1077.1**	0.15**	16.2**
	خطا Error	44	84.03	39.88	35.9	0.24	2.19	45.37	0.03	3.1
	ضریب تصحیح CV		7.8	8.1	9.2	7.8	7.5	6.9	5.9	10.6

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns,*,**: Non- significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۳

Continuation of Table 3

شرایط آبیاری Irrigation Conditions	منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares							
			ارتفاع بوته Plant height	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تارسیدن Days taken to maturity	طول خورجین Pod length	تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield
تنش شوری Salinity Stress	تکرار Replication	2	16.01^{ns}	8.23^{ns}	0.116*	0.91^{ns}	5.23^{ns}	0.003^{ns}	151.47	207.26**
	تیمار Treatment	22	160.69**	67.23**	0.54**	10.17**	3289.36**	0.21**	11.18**	845.79**
	والد Parent	7	161.14**	93.52**	0.82**	13.89**	3714.57**	0.33**	15.61**	1097.1**
	والد در برابر تلاقی Parent vs cross	1	288.1**	98.96**	0.03**	1.31**	1140.93**	0.78**	2.78**	4334.9**
	تلاقی Cross	14	298.52^{ns}	51.82**	0.44**	8.94**	3230.21**	0.15**	9.57**	470.88**
	لاین Lines	4	15.11^{ns}	101.22^{ns}	0.48^{ns}	14.41^{ns}	5902.41^{ns}	0.14^{ns}	15.92**	581.18^{ns}
	تستر Tester	2	314.29^{ns}	0.06^{ns}	0.95^{ns}	12.61^{ns}	4041.64^{ns}	0.33^{ns}	20..60*	1099.2^{ns}
	لاین × تستر Line × tester	8	111.7**	40.07^{ns}	0.28^{ns}	5.28**	1691.27**	0.11**	3.63^{ns}	258.62**
	خطا Error	44	4.85	16.99	0.34	0.54	66.34	0.006	2.31	37.64
	ضریب تصحیح CV		8.3	14.3	11.5	13.5	14.3	9.3	8.4	12.8

ns،* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns,*,**: Non- significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴- برآورد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، نحوه عمل ژن و میانگین درجه غالبیت در شرایط آبیاری نرمال و تنش شوری
Table 4- Estimation of broad and narrow sense heritability, gene action and average degree of dominance in normal irrigation and salinity stress conditions

	وراثت پذیری عمومی Broad heritability (%)		وراثت پذیری خصوصی Narrow sense heritability (%)		میانگین درجه غالبیت Average degree of dominance		نحوه عمل ژن Gene action	
	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress	نرمال Normal	تنش Stress
ارتفاع بوته Plant height	95.96	41.79	26.72	6.96	0.29	2.9	1.18	0.052
روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	60.08	33.78	19.79	5.86	0.65	4.3	0.84	0.072
روز تارسیدن Days to maturity	89.11	28.08	10.94	10.06	1.31	4.07	0.42	0.085
طول خورجین Pod length	91.13	19.19	59.59	12.78	1.16	3.84	0.71	0.11
تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	96.71	71.5	19.57	16.17	3.26	3.15	0.25	0.13
تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	94.73	96.13	8.15	7.69	0.82	4.77	0.06	0.06
وزن هزار دانه 1000 seed weight	52.66	81.21	-	25.67	0.28	1.46	0.049	0.64
عملکرد دانه Seed yield	87.6	85.51	25.03	14.84	1.65	0.81	0.27	0.13

معنی‌دار شدن منبع لاین در تستر برای صفات مورد بررسی در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی در بین ترکیبات بود.

برآورد درجه غالبیت کم‌تر از یک برای صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد خورجین در گیاه و وزن هزار دانه در شرایط آبیاری معمولی و صفت عملکرد دانه در شرایط تنش شوری حاکی از وجود غالبیت ناقص بین ژن‌های کنترل‌کننده این صفات بود. درجه غالبیت برای بقیه صفات در هر دو شرایط آزمایش بزرگ‌تر از یک بود که دلالت بر وجود عمل فوق غالبیت دارد. گزارش مشابهی در مورد عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین در کلزا ارائه شده است (Banga, 1996). هم‌چنین دو نوع اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن در عملکرد دانه کلزا گزارش شده است (Brandle and Mc Vetty, 1989). مقادیر بالا و دامنه تغییرات کم وراثت‌پذیری عمومی نشان داد که اهمیت واریانس ژنتیکی بیشتر از واریانس محیطی است.

نتایج بررسی مقادیر اثرات ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها از نظر صفات مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها برای هر صفت وجود دارد (جدول ۵). با توجه به این‌که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثرات افزایشی ژن‌ها می‌باشد، وجود تفاوت بین اثرات ترکیب‌پذیری عمومی نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی در منشاء لاین‌ها برای صفات مورد نظر می‌باشد.

در شرایط آبیاری معمولی در بین لاین‌ها، لاین SPN180 و در بین تسترها RGS003 با مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار در جهت کاهش ارتفاع گیاه، هم‌چنین در شرایط تنش شوری نیز لاین Dalgan و تستر SPN192 به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب محسوب می‌شوند. در خصوص صفت روز تا رسیدن با توجه به این‌که زودرسی یکی از اهداف مهم اصلاحی کلزا محسوب می‌شود، در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری لاین SPN180 و تستر RGS003 با ترکیب‌پذیری عمومی منفی برای این صفت در زمره ژنوتیپ‌های برتر محسوب می‌شوند.

نظر به این‌که صفات طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در گیاه و وزن هزار دانه تأثیر به‌سزایی بر افزایش عملکرد دارند، لذا در شرایط آبیاری معمولی برای صفات طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه و عملکرد در گیاه، والدین SPN193 و Dalgon، در بین مواد آزمایشی بیش‌ترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش شوری نیز برای صفات طول خورجین، تعداد خورجین در گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در گیاه لاین‌های SPN193 و Dalgon و

برای صفت تعداد دانه در خورجین لاین SPN193 و تستر SAN56 بالاترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی را داشتند. در نهایت این‌که در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری برای صفت مهم عملکرد دانه لاین SPN193 و تستر Dalgon ترکیب‌پذیری عمومی بالایی داشتند.

نتایج مربوط به صفت رسیدگی در کلزا حاکی از وجود وراثت‌پذیری خصوصی متوسط برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی بود. اما تعداد روز تا رسیدن دارای وراثت‌پذیری خصوصی پایینی بوده است. نتایج بررسی (Kumar *et al.*,1995) بر روی عملکرد و اجزای عملکرد در خردل هندی (*Brassica juncea*) نشان داد که اثر غالبیت ناقص برای صفات تعداد روز تا رسیدن و وزن هزار دانه و برای ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه اثر فوق غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است.

صفت عملکرد دارای وراثت پیچیده‌ای بوده و عوامل محیطی زیادی بر آن تأثیر می‌گذارند. بیش‌ترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی بین مواد آزمایشی در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری مربوط به لاین SPN193 و تستر Dalgon بود. از آن‌جایی‌که یکی از اهداف اصلاحی عملکرد بالاست لذا انتخاب والدین SPN193 و Dalgon به عنوان والد انتقال‌دهنده در شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی مفید باشند. دورگ‌های SPN192 × Dalgon و SPN179 × RGS003 به‌ترتیب در شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری در ارتباط با صفات طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه و عملکرد در گیاه از بالاترین مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی برخوردار بودند.

والدین SPN193 و Dalgon در بین مواد آزمایشی بیش‌ترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش شوری نیز برای صفات طول خورجین، تعداد خورجین در گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در گیاه لاین SPN193 و تستر Dalgon و برای صفت تعداد دانه در خورجین لاین SPN193 و تستر SAN56 بالاترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی را داشتند. در نهایت این‌که در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری برای صفت مهم عملکرد دانه لاین SPN193 و تستر Dalgon ترکیب‌پذیری عمومی بالایی داشتند.

اثرات توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های کلزا برای صفات مختلف در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری در جدول ۶ آورده شده است. در بیش از ۱۵ تلاقی انجام شده بهترین تلاقی‌ها برای صفات مختلف به‌شرح ذیل بودند. برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی تلاقی SPN192 × RGS003 در شرایط آبیاری معمولی و برای تنش شوری نیز تلاقی SPN179 × SAN56 تلاقی‌های مطلوبی بودند. تلاقی SPN192 × RGS003 برای شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری ترکیب‌شونده‌های خوبی براساس تظاهر صفت تعداد روز تا رسیدن بودند. برای صفت طول خورجین ترکیب تلاقی شامل SPN192 × Dalgon در هر دو شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری ترکیب‌شونده‌های خصوصی خوبی بودند

بر اساس تظاهر صفت تعداد دانه در خورجین ترکیب تلاقی شامل SPN180 × Dalgon در شرایط آبیاری معمولی و تلاقی SPN192 × Dalgon در شرایط تنش شوری ترکیب‌شونده‌های خصوصی خوبی بودند. برای صفت تعداد خورجین در گیاه تلاقی SPN180 × RGS003 در شرایط آبیاری معمولی و تلاقی SPN180 × SAN56 در شرایط تنش ترکیب‌شونده‌های خصوصی خوبی بودند.

نتیجه‌گیری کلی

معنی‌دار بودن میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات مورد مطالعه در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش شوری، تنوع ژنتیکی کافی بین تلاقی‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه را نشان و ضرورت تجزیه ژنتیکی را مشخص کرد و تجزیه لاین × تستر را موجه ساخت. واریانس معنی‌دار لاین × تستر برای صفات تعداد خورجین در گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری نشان داد که اثرات ژنتیکی غیر افزایشی نقش مهمی در کنترل این صفات دارند. در بین لاین‌ها و تسترها در هر دو شرایط آبیاری، لاین SPN 193 و تستر Dalgon ترکیب‌پذیری عمومی بهتری برای عملکرد و برخی صفات دیگر داشتند. تلاقی‌های SPN192 × Dalgon و SPN179 × RGS003 به ترتیب در شرایط آبیاری معمولی و تنش شوری با بالاترین مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی از نظر صفت عملکرد دانه بهترین دورگ‌ها بوده و قابل توصیه می‌باشند.

جدول۵ - مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری نرمال و تنش شوری

Table 5- General combining ability values of lines and testers for measured traits under normal irrigation and salinity stress conditions

شرایط آبیاری Irrigation Conditions	صفات Traits	تستر Tester			لاین Line				
		1	2	3	1	2	3	4	5
آبیاری معمولی Normal Irrigation	ارتفاع بوته Plant height	3.89	5.04**	-1.16	-4.6	6.18*	-7.6*	-5.6	11.62**
	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	-1.82	3.18	-1.36	-1.47	4.53*	-4.58*	-4.02	5.53**
	روز تا رسیدگی Days taken to maturity	-1.38	1.69	-0.31	-0.67	2.11	-4.33*	-2.67	5.56**
	طول خورجین Pod length	-0.50**	0.47**	0.04	-0.22	0.07	-.32	-0.18	0.64**
	تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	-1.11**	1.16*	-0.04	-1.38**	0.62	-0.82	-0.05	2.62**
	تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	-4.64**	-4.04*	8.69**	-17.67	19.33**	-18.67**	3.44	13.56**
	وزن هزار دانه 1000 seed weight	-0.06	0.12**	-0.06	0.08	0.13*	-0.17**	-0.08	0.04
	عملکرد دانه Seed yield	-1.76**	1.28**	0.48	-2.47**	2.95**	-3.26**	-1.08	3.87**
تنش شوری Salinity Stress	ارتفاع بوته Plant height	1.009	-0.88	-0.19	-4.15**	2.74**	-1.97*	-5.48**	8.63*
	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	-0.015	0.10	-0.82	-3.79**	1.54**	0.68-	-2.02	4.87**
	روز تا رسیدگی Days taken to maturity	-0.27**	0.23**	0.06	-0.14*	-0.08	-0.15*	-0.05	0.41**
	طول خورجین Pod length	-1.6**	0.64**	0.47*	-1.64**	0.03	-0.61*	0.36	1.80**
	تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	-18.96*	7.78**	11.71*	-3.45	18.55**	-14.85**	-33.2*	31.22**
	تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	-0.015	0.17**	-0.14**	-0.047	0.18**	-0.18**	-0.002	0.026
	وزن هزار دانه 1000 seed weight	-1.3**	1.08**	0.29	-0.92	0.81	-0.86	-1.07	1.94*
	عملکرد دانه Seed yield	-6.68**	10.9**	-3.02	-1.97	-1.64	-6.5**	-4.53*	13.92**

*,**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*, **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶- ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های کلزا برای صفات مختلف در شرایط آبیاری نرمال و تنش شوری

Table 6- Specific combinability of rapeseed crosses for different traits under normal irrigation and salinity stress conditions

شرایط آبیاری Irrigation Conditions	لاین × تستر L × T	ارتفاع بوته Plant height	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days taken to maturity	طول خورجین Pod length	تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield
آبیاری معمولی Normal Irrigation	1× 6	1.33	5.93	3.9	0.03	0.89	19.3**	0.091	1.12
	1×7	-2.27	-2.73	-3.8	-0.20	-1.16	6.07	-0.094	-1.9
	1× 8	0.93	-3.2	-0.13	0.16	2.04	-13.4**	0.002	0.87
	2 × 6	2.89	1.27	2.16	0.15	0.11	4.2	-0.031	0.25
	2 × 7	-2.71	-2.4	-1.2	-0. 2	0.18	-2.4	-0.59**	-0.1
	2 × 8	0.18	1.13	-0.91	-0.12	-0.29	-1.8	0.090	-0.1
	3 × 6	5	-0.29	0.27	0.07	0.89	20.5**	-0.27**	1.51
	3 × 7	-4.6	-0.96	2.2	-0.14	-1.04	-18.7**	0.007	-2.5*
	3 × 8	-0.4	1.24	2.47	0.06	0.16	-2.47	0.28**	1.05
	4 × 6	-11	-5.84	-6.4	-0.07	-0.89	-22.9**	0.24**	-1.59
	4 × 7	7.4	5.49	4.53	0.29	2.18	14.6**	0.15	3.9*
	4 × 8	3.6	0.36	1.87	-0.21	-1.29	8.76	-0.39**	-2.9*
	5 × 6	1.78	-1.07	0.04	-0.18	0.78	-21.6**	-0.3	-1.29
	5 × 7	2.18	0.6	-1.69	0.08	-0.16	12.8**	0.009	0.71
	5 × 8	-3.96	0.47	1.64	0.11	-0.62	8.98**	0.021	0.58
	SE (sca)	5.29	3.65	3.46	0.28	0.85	3.89	0.09	1.02

*,**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively; L: Line; T: Tester

* , **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۶

Continuation of Table 6

شرایط آبیاری Irrigation Conditions	لاین × تستر L × T	ارتفاع بوته Plant height	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days taken to maturity	طول خورجین Pod length	تعداد دانه در خورجین Number of seed / pod	تعداد خورجین در گیاه Number of pod / plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield
آبیاری معمولی Normal Irrigation	1× 6	1.29	3.38	0.3**	0.13	6.58	0.01	0.04	-9.4*
	1×7	0.22	3.16	0.39**	-0.73	-24.8**	-0.08	-1.43	1.51
	1× 8	-1.51	0.22	0.16	0.6	30.76**	0.07	1.39	7.91*
	2 × 6	-3.9*	1.29	0.14	0.8	-9.91**	0.025	0.05	12.4*
	2 × 7	10	5.84	0.19	0.6	-5.51	-0.15**	-0.67-	-3.16
	2 × 8	-6.7**	4.56	0.33**	-1.4*	15.42**	0.13**	0.61	-9.9*
	3 × 6	6.18**	1.6	0.08	0.9*	7.31	-0.14**	0.41	1.02
	3 × 7	-7.22	2.6	0.22**	-1.6*	27.71**	-0.08	-0.049	-3.71
	3 × 8	1.04	1	0.14	0.71	-35.2**	0.22**	-0.36	2.69
	4 × 6	-2.38	2.07	0.39	-1.8*	10.42**	0.08	-0.27	-7.7*
	4 × 7	1.89	1.4	0.3**8	1.9*	10.49**	0.21**	1.54	11.7*
	4 × 8	0.49	0.67	0.006	-0.07	-20.9**	-0.29**	-1.27	-3.87
	5 × 6	1.16	1.62	0.05	0.02	-1.24	0.02	-0.23	4.02
	5 × 7	-4.9**	1.49	0.03	-0.18	-8.51	0.09**	0.59	-6.38
	5 × 8	6.04**	3.11	0.02	0.16	9.76*	-0.12**	-0.36	2.36
	SE (sca)	1.27	2.38	0.11	0.42	4.7	0.04	0.88	3.54

*,**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively; L: Line; T: Tester

* , **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

References

Adetimirin, V.O., Aken-Ova, M.E. and Kim, S.K. 2001**.** Detection of epistasis for horizontal resistance to Striga bermothia in maize. *Maydica*, 46: 27-34.

Amiri-Oghan, H., Fotokianb, M.H., Javidfar, F. and Alizadeh, B. 2009. Genetic analysis of grain yield, days to flowering and maturity in oilseed rape (*Brassica napus* L.) using diallel crosses. *International Journal of Plant Production*, 2: 19-26.

Azimi, M., Khodarahmi, M. and Jalalkamali, M.R. 2012. Evaluation of some important agronomic characteristics in spring breed wheat genotypes under terminal drought stress and non-stress conditions. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(1): 175-193 (In Persian).

Banga, S.S. 1996. Genetics and breeding. pp. 50-76. In: Chopra,VL, and Prakash , S. (Eds.) Oilseed and vegetable brassica. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi, Calcutta.

Basal, H. and Turgut, I. 2005. Genetic analysis of yield components and fiber strength in upland cotton (*Gosipum. hirsutum* L). *Asian Journal Plant Science*, 4(3): 293-298.

Brandle, J.E. and McVetty, P.B.E. 1989. Heterosis and combining ability in hybrids derived from oilseed rape cultivars and inbreed line. *Crop Science*, 29: 1191-1194.

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

Bybordi, A. and Tabatabaei, S.J. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanic Cluj-Napoca*, 37(1): 71-76.

De La Vega, A.J. and Chapman, S.C. 2006. Multivariance analysis to display interaction between environment and general or specific combining ability in hybrid crop. *Crop Science*, 46: 957-967.

Farshadfar, E., Kazemi, Z. and Yaghotipoor, A. 2013. Estimation of combining ability and gene action for agro-morphological characters of rapeseed (*Brassica napus* L.) using line × tester mating design. *International Journal of Advanced Biology Biomedical Research*, 1: 711-717.

Kang, S.A., Saeed, F. and Riaz, M. 2013. Breeding for improving the seed yield and yield contributing traits in *Brassica napus* L. by using line × tester analysis. *Journal of Plant Breeding and Genetic*, 1(3): 111-116.

Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. John Willey and Sons, Inc. New York, USA.

Ketata, H., Smith, E.L., Edwards, L.H. and McNew, R.W. 1976. Detection of epistasis, additive and dominance variation in winter wheat. *Crop Science*, 16: 1-4.

Khattak, G.S.S., Haq, M.A., Ashraf, M., Tahir, G.R. and Marwat, E.U.K. 2001. Detection of epistasis, and estimation of additive and dominance components of genetic variation for synchrony in pod maturity in mungbean (*Vigna radiata* L.Wilczek*). Field Crops Research*, 72: 211-219.

Kumar, A.D., Sigh, D.S., Kamboj, M.C. and Chandra, N. 1995. Genetics of yield and its components in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) *Crop Research Hisar*, 7: 243- 246.

Moghimi, A., **Yang, C., Miller, M.E.M., Kianian, S.F. and Marchetto, P.M.** 2018. A novel approach to assess salt stress tolerance in wheat using hyperspectral imaging. *Frontiers in Plant Science*, 9. 1-17.

Monirifar, H. 2016. Development and evaluation of a synthetic alfalfa variety for tolerance to salinity. *Journal of Crop Breeding*, 18(8): 176-182 (In Persian).

Nemati, M. and Asghari, A. 2012. Evaluation of osmotic stress tolerance in hydroponics. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3(11): 19-30 (In Persian).

Nemati, M., Asghari, A., Sofalian, O.A., Rasoulzadeh, A. and Mohamaddoust Chamanabad, H.R. 2012. Effect of water stress on rapeseed cultivars using morpho-physiological traits and their relations with ISSR markers. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 2(1): 55-66.

Pal, R., Singh, H., Jatasra, D.S. and Rishi, P. 1981. Genetics of yield and yield components in Indian rapeseed. *Indian Journal of Agricultural Science*, 51: 550–553.

Rameeh, V. 2012. Combining ability analysis of plant height and yield components in spring type of rapeseed varieties (*Brassica napus* L.) Using Line × Tester analysis. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2(1): 58-62.

Rameeh, V. 2010. Combining ability and factor analysis in F2 diallel crosses of rapeseed varieties. *Plant Breeding and Seed Science*, 62: 73-83.

Rameeh, V. 2016. Line × tester analysis in rapeseed: identification of superior parents and combinations for seed yield and its components. *Open Agriculture*, 1: 74-78.

Ravari, S.Z., Dehghani, H. and Naghavi, H. 2016. Assessing salinity tolerance of bread wheat varieties using tolerance indices based on K+/Na+ ratio of flag leaf. *Cereal Research*, 6(2): 133- 144. (In Persian).

Ravari, S.Z., Dehghani, H. and Naghavi, H. 2015. Study of genetic control of salinity tolerance in bread wheat cv. Kavir-using generation mean analysis. *Crop Breeding Journal*, 7 (1 & 2): 57-66.

Sana, M., Ali, A., Malik, M.A., Saleem, M.F. and Rafiq, M. 2003. Comparative yield potential and oil contents of different canola. *Journal of Agronomy*, 2(1): 1-7.

Sharma, S.N., Sain, R.S. and Sharma, R.K. 2003. Genetics of spike length in durum wheat. *Euphytica*, 130: 155-161.

Sofi, P., Rather, G. and Ven Katesh, S. 2006. Triple test cross analysis in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, 1: 191-193.

Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M.R. and Nikbakht, A. 2018. Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtile (*Myrthus communis*). *Journal of Plant Process and Function*, 7(23): 33-44. (In Persian).

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 1, Spring and Summer 2021, P. 1-13

Estimation of combining ability and gene effect in rapeseed lines (*Brassica napus* L.) using line × tester analysis under salinity stress

Ali Akbar Saberi[1], Seid Zabihallah Ravari[2*], Ahmad Mehrban[3], Hamid Reza Ganjali[3], Hassan Amiri-Oghan[4]

[1]Ph.D. student in Plant Breeding, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran
[2]Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran
[3]Department of Agriculture, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran
[4]Seed and Plant Breeding Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Karaj, Iran

[*]Corresponding Author: z.ravari@areeo.ac.ir

Received: 7 February 2021 Accepted: 17 June 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.272185.1087**

Abstract

In order to estimate the general and specific combining ability and type of gene effect, 15 hybrids from the intersection of 5 lines and 3 testers with their parents were examined in two conditions of normal irrigation and salinity stress in the randomized complete block design with 3 replications in Kerman Agricultural Research Station in 2018-2020. The studied traits included plant height, number of days taken to 50% of flowering, number of days to maturity, pod length, number of pod per plant, number of seed per pod, 1000-seed weight and seed yield. The mean squares of general and specific combining ability were significant for most traits showed that the differences between cultivars in terms of general combining ability, and crosses in terms of specific combining ability, respectively. Estimation degree of dominance for plant height, number of days taken to 50% flowering, number of pod per plant and 1000-seed weight under normal irrigation conditions and seed yield under salinity stress were less than one and for other traits in both experimental conditions greater than one, which indicates the existence of incomplete and over-dominant action, respectively. Under normal and stress conditions for pod length, 1000-seed weight and grain yield per plant, SPN193 and Dalgon parents had the highest general combining ability among the experimental materials. Under normal irrigation conditions, hybrid SPN192 × Dalgon and under salinity stress conditions SPN179 × RGS003 with the highest values of specific combining ability were the best hybrids in terms of seed yield and are recommended**.**

Keywords: Co-dominance, Hybrid, Incomplete-dominance, Pod