علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ (ص ۵۹۲-۵۸۵)

بررسی پایداری عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا به‌روش ابرهارت و راسل

معصومه جعفری[۱]، رسول اصغری زکریا[۲]، بهرام علیزاده[۳*]، امید سفالیان[۴] و ناصر زارع[۴]
۱، ۲ و ۴. کارشناس ارشد، دانشیار و استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۳. استادیار، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۱۱)

چکیده

برای مطالعهٔ پایداری عملکرد لاین‌های کلزا، آزمایش‌هایی در ایستگاه‌های کرج، تبریز، کرمانشاه، اراک و همدان با استفاده از ده لاین زمستانهٔ کلزا به‌همراه دو رقم شاهد و سه لاین امیدبخش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۸۸-۹۰ اجرا شد. تجزیهٔ واریانس در محیط‌های مختلف نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود دارد. تجزیهٔ واریانس مرکب حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل سه‌جانبهٔ ژنوتیپ×سال×مکان بود. لاین‌های L183، HW101، SW101، Karaj1، Karaj2 و SW103 به‌ترتیب با عملکرد دانهٔ ۴/۶۴۷، ۴/۵۹۵، ۴/۵۵۶، ۴/۴۴۳، ۴/۴۴۱ و ۴/۳۰۶ تن در هکتار نسبت به میانگین کل برتر بوده و دارای متوسط رتبه و واریانس رتبهٔ کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند. تجزیهٔ پایداری به‌روش ابرهارت و راسل بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه تفاوت‌های معنی‌داری نشان داد. واریانس مربوط به محیط (خطی) معنی‌دار و بیانگر وجود رابطهٔ خطی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط با شاخص محیطی بود. ژنوتیپ‌های L183، SW101، SW103، HW101، Karaj1 و Karaj2 با داشتن میانگین عملکرد بیشتر، ضریب رگرسیون معادل یک و واریانس انحراف از خط رگرسیون غیرمعنی‌دار، جزو لاین‌های پرمحصول و پایدار بودند و می‌توان از آنها برای مطالعات تکمیلی به‌منظور کشت در مناطق سرد و معتدل سرد استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم‌های سرد و معتدل سرد، پایداری، عملکرد دانه، کلزا.

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از مهم‌ترین گیاهان خانوادهٔ کروسیفر است که دانهٔ آن بیش از ۴۰ درصد روغن دارد و کنجالهٔ باقی‌ماندهٔ آن نیز سرشار از پروتئین است. ویژگی‌های گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط آب‌وهوایی اکثر نقاط کشور سبب شده است که کشت این گیاه به‌شدت توسعه یابد (Khoshnazar *et al.*, 1998)، بنابراین انتخاب ژنوتیپ برای موفقیت تولید محصول حائز اهمیت است. به این منظور آزمایش‌های مقایسهٔ عملکرد به‌عنوان یکی از روش‌های گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول به‌کار گرفته می‌شود. ولی در این آزمایش‌ها، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط نه‌تنها با تغییر عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، گزینش ژنوتیپ‌های برتر را پیچیده و با اشکال مواجه می‌کند (Eagles & Frey, 1977)، بلکه سبب کاهش همبستگی بین ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی (Comstock & Moll, 1963; Kang & Martin, 1987) و کندی گزینش می‌شود (Comstock & Moll, 1963). Romagosa & Fox (1993) مطالعات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را که در آنها پایداری عملکرد به‌صورت نسبتی از

* تلفن: ۰۲۶-۳۶۷۰۳۲۴۸
E-mail: alizadeh.bahram@gmail.com

میانگین عملکرد ارزیابی شده است، به‌منظور کمک به انتخاب ژنوتیپ مرور و بررسی کردند.

روش‌های متعددی برای برآورد پایداری فنوتیپی نسبی ژنوتیپ‌ها در مجموعه‌ای از آزمایش‌های مقایسهٔ عملکرد وجود دارد (Lin *et al.*, 1986; Becker & Leon, 1988; Delacy *et al.*, 1996). از این میان، روش رگرسیون خطی بیشترین کاربرد را برای مطالعهٔ واکنش ژنوتیپ‌ها دارد (Lin & Binns, 1991). Eberhart & Russell (1966) از کمیت‌های آماری شیب خط رگرسیون و واریانس انحراف از خط رگرسیون برای سازگاری و ثبات عملکرد ارقام استفاده کردند. از دیگر آماره‌های پایداری، ضریب تبیین Becker & Leon (1988) است.

در خصوص پایداری ژنوتیپ‌های کلزا نیز همانند سایر گیاهان زراعی تحقیقاتی انجام گرفته است. Khoshnazar *et al.* (1998) در بررسی چهارده ژنوتیپ کلزای زمستانهٔ اصلاح‌شده در پنج منطقه به‌مدت سه سال زراعی اظهار داشتند که از نظر عملکرد دانه، کلیهٔ روش‌های پارامتری لاین کرج-۱۶ را به‌عنوان ژنوتیپی پایدار و پرمحصول با سازگاری عمومی متوسط معرفی می‌کنند. Porter (1991) عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های کلزای بهاره و پاییزه را طی سه سال بررسی کرد. وی نتیجه گرفت که بعضی از ژنوتیپ‌های بهاره عملکرد بهتری از ژنوتیپ‌های پاییزه در شرایط اقلیمی مورد آزمایش داشتند. Svensk (1978) خصوصیات مطلوب کلزای بهاره را داشتن برگ‌های بلند و پهن هنگام روزت برای پوشش سریع زمین، کم بودن تعداد شاخه‌هایی که از قاعدهٔ ساقهٔ اصلی همزمان با آن رشد می‌کنند، گلدهی سریع، زیاد بودن غلاف‌ها و عمودی بودن آنها و بالاخره طولانی بودن دورهٔ پر شدن دانه می‌داند. Raymer (1991) در مطالعات مقایسهٔ عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کلزا اظهار کرد که: ۱. ژنوتیپ‌های با ارتفاع بیشتر لزوماً عملکرد دانهٔ بیشتری ندارند؛ ۲. ژنوتیپ‌هایی که در بهار زودتر می‌رسند به‌دلیل مواجه نشدن مرحلهٔ پرشدن دانه با گرما، عملکرد و وزن هزاردانهٔ بالایی دارند.

بر اساس بررسی‌هایی در زمینهٔ واکنش ژنوتیپ‌های کلزا در ایستگاه‌های تحقیقاتی و مزارع کلزای زارعان در مناطق مختلف کشور و نیز با توجه به تنش‌های زنده و غیرزنده و حداقل درجهٔ حرارت مناطق در زمستان و جایگاه کلزا در تناوب، مناطق مناسب کشت این محصول در کشور به چهار اقلیم گرم و مرطوب، گرم و خشک، معتدل سرد و سرد تقسیم شده است. شناسایی و تعیین ارقام سازگار و پایدار با عملکرد زیاد برای اقلیم‌های مختلف از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

مواد و روش‌ها

ده لاین زمستانهٔ کلزای (جدول ۱) منتخب از آزمایش‌های مقدماتی عملکرد سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ در مناطق سرد و معتدل سرد کشور، به‌همراه سه لاین امیدبخش و دو رقم شاهد اکاپی و مودنا (درمجموع پانزده ژنوتیپ) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج، تبریز، کرمانشاه، اراک و همدان با مشخصات جغرافیایی مندرج در جدول ۲، طی دو سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ کشت و مقایسه شدند (درمجموع ده محیط). مشخصات فنی و زراعی اجرای طرح در کلیهٔ مناطق یکسان بود و مکان‌ها و سال‌ها، فاکتور تصادفی در نظر گرفته شدند. هر کرت شامل چهار ردیف ۵ متری به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. کشت به‌صورت جوی و پشته و آبیاری نشتی انجام گرفت. عملیات تهیهٔ زمین شامل شخم، دیسک (برای خرد کردن کلوخه‌ها) و ماله (برای تسطیح) بود و براساس نتایج آزمایش‌های تجزیهٔ خاک اقدام به کودپاشی و علف‌کش شد و به‌وسیلهٔ دیسک سبک کود و علف‌کش با خاک مخلوط شد. کود مورد نیاز ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص، ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O بود. یک‌سوم کود ازتهٔ مورد نیاز در زمان کاشت، یک‌سوم در زمان شروع ساقه رفتن و یک‌سوم دیگر در زمان ظهور اولین غنچه‌های گل مصرف می‌شود. همچنین کل فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه در زمان کاشت مصرف شد. کشت براساس دستورالعمل در تاریخ‌های مناسب مناطق سرد و معتدل سرد انجام گرفت تا بوته‌ها زمستان را به‌حالت روزت کامل با حداکثر مقاومت در برابر سرما سپری کنند. در مرحلهٔ شش‌برگی وجین دستی انجام گرفت. طی دوران رشد از آفت‌کش سیستماتیک دی متوآت به مقدار ۱ لیتر در هکتار استفاده شد. مقدار بذر مصرفی ۸ کیلوگرم در هکتار بود. بعد از برداشت دستی، محصول هر کرت با کمباین خرمنکوبی و سپس عملکرد هر رقم با ترازوی دیجیتال برحسب تن در هکتار اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. نام لاین‌ها و ارقام کلزای مورد تحقیق

شماره	اسامی ژنوتیپ‌ها	شجره	شماره	اسامی ژنوتیپ‌ها	شجره
۱	L183	GA096×Zarfam	۹	HW101	Geronimo×Sunday
۲	L170	Modena×GAo96	۱۰	HW104	Geronimo×Sunday
۳	L139	Sunday×Geronimo	۱۱	Okapi (check1)	رقم تجارتی
۴	L200	Modena×Okapi	۱۲	Modena (check2)	رقم تجارتی
۵	L147	Sunday×Geronimo	۱۳	Karaj1	لاین امیدبخش دست معرفی
۶	SW101	Geronimo×Sunday	۱۴	Karaj2	لاین امیدبخش دست معرفی
۷	HW118	Sunday×Modena	۱۵	Karaj3	لاین امیدبخش دست معرفی
۸	SW103	Okapi×Modena			

جدول ۲. نام و مشخصات ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی محل پژوهش

نام ایستگاه	متوسط بارندگی (میلی‌متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
اراک	۳۰۰	۱۷۱۸	۴۹/۴۱E	۳۴/۰۶ N
کرمانشاه	۴۴۷	۱۳۲۰	۴۷/۰۳ E	۳۴/۲۳ N
کرج	۲۵۰	۱۳۱۲	۵۰/۵۷ E	۳۵/۴۸ N
همدان	۳۳۱	۱۸۲۰	۴۸/۳۴ E	۳۶/۴۶ N
تبریز	۳۰۵	۱۳۶۴	۴۶/۲۶ E	۳۸/۰۶ N

داده‌های مربوط به عملکرد دانه در ایستگاه‌های مختلف برای بررسی وجود یا نبود داده‌های پرت با شکل جعبه‌ای، بررسی شدند و سپس نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون Anderson & Darling (1952) بررسی شد. ابتدا تجزیهٔ واریانس ساده برای کلیهٔ محیط‌های آزمایشی و سپس آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس‌ها انجام گرفت. تجزیهٔ واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر سال و مکان، و آزمون F با توجه به امید ریاضی منابع تغییرات انجام گرفت. ضریب تغییرات (C.V%) برای تجزیهٔ واریانس ساده محاسبه شد. تجزیهٔ پایداری به‌روش Eberhart & Russell (1966) و معنی‌دار بودن پارامترهای پایداری b_i=۱ و S^2d_i =۰ به‌ترتیب از طریق آزمون‌های t و F (با استفاده از خطای آزمایشی مرکب) اجرا شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس ساده برای هر کدام از محیط‌ها به‌طور جداگانه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها در هر پنج مکان و در هر دو سال اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). این امر نشان‌دهندهٔ تنوع ژنتیکی معنی‌دار در لاین‌های مورد بررسی است و می‌توان از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد. بین تکرارها نیز فقط در آزمایش سال دوم کرج در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت و در بقیهٔ محیط‌ها تفاوتی مشاهده نشد. ضریب تغییرات آزمایش‌ها نیز از ۸/۰۱ درصد (سال دوم اراک) تا ۱۶/۱۱ درصد (سال دوم کرج) متغیر بود که با توجه به مقادیر کم آن می‌توان گفت آزمایش‌ها با دقت کافی اجرا شده‌اند.

نتایج حاصل از میانگین رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه به‌همراه واریانس رتبه‌ها در ده محیط (پنج منطقه و دو سال) در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۶، ۹، ۱۳ و ۱۴ به‌ترتیب با متوسط عملکرد ۴/۶۴۷، ۴/۵۵۶، ۴/۵۹۵، ۴/۴۴۳ و ۴/۴۴۱ تن در هکتار بیشتر از میانگین جامعه (۴/۲۰۹ تن در هکتار) و میانگین شاهد برتر (رقم مودنا با عملکرد ۴/۲۱ تن در هکتار) بودند و متوسط رتبهٔ کمتری از سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. به‌علاوه واریانس رتبهٔ این ژنوتیپ‌ها نیز حداقل است. شکل ۱ ژنوتیپ‌های برتر را با توجه به رتبه‌بندی آنها نشان می‌دهد.

آزمون یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت انجام گرفت. نتیجهٔ این آزمون نشان داد که واریانس یکنواخت است و می‌توان برای کل داده‌ها تجزیهٔ مرکب انجام داد (جدول ۵).

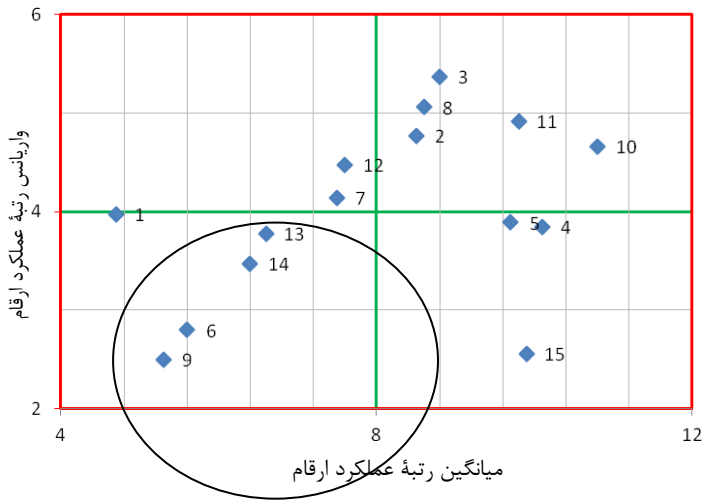
جدول ۳. میانگین مربعات عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا در مناطق مختلف طی سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۸

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	کرج		تبریز		کرمانشاه		اراک		همدان	
		۸۹-۸۸	۹۰-۸۹	۸۹-۸۸	۹۰-۸۹	۸۹-۸۸	۹۰-۸۹	۸۹-۸۸	۹۰-۸۹	۸۹-۸۸	۹۰-۸۹
تکرار	۲	۲/۶۷۶**	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۹۲۰^{ns}	۰/۰۵۶^{ns}	۰/۶۰۸^{ns}	۰/۳۵۱^{ns}	۰/۱۴۶^{ns}	۰/۰۸۶^{ns}	۰/۸۸۵^{ns}	۰/۴۶۹^{ns}
تیمار	۱۴	۰/۹۸۶**	۴/۷۵۶**	۲/۰۷۲**	۰/۸۴۶**	۰/۸۸۵**	۰/۴۵۹**	۰/۷۱۶**	۰/۴۰۴**	۱/۳۳۳**	۰/۷۱۸**
خطای آزمایشی	۲۸	۰/۳۳۹	۰/۳۹۴	۰/۳۴۰	۰/۱۸۳	۰/۲۳۷	۰/۱۴۲	۰/۱۱۹	۰/۰۹۶	۰/۴۱۶	۰/۱۵۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۲۳	۱۶/۱۱	۱۵/۱۵	۱۰/۵۳	۱۰/۸۸	۹/۹۳	۹/۴۳	۸/۰۱	۱۲/۵۲	۸/۶۰

**، ns: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

جدول ۴. میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار)، رتبه و واریانس رتبهٔ عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا در پنج منطقه طی دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۸

شماره	ژنوتیپ	عملکرد دانه	میانگین رتبهٔ عملکرد دانهٔ ده محیط	واریانس رتبهٔ عملکرد دانهٔ ده محیط
۱	L183	۴/۶۴۷	۴/۷	۳/۹۷۴
۲	L170	۴/۱۲۱	۸/۵	۴/۷۶۷
۳	L139	۴/۱۰۸	۸/۸	۵/۳۷۱
۴	L200	۳/۸۰۰	۱۰/۱	۳/۸۴۳
۵	L147	۳/۸۵۱	۹/۷	۳/۸۸۹
۶	SW101	۴/۵۵۶	۵/۶	۲/۷۹۷
۷	HW118	۴/۱۵۴	۷/۵	۴/۱۴۳
۸	SW103	۴/۳۰۶	۸/۶	۵/۰۶۰
۹	HW101	۴/۵۹۵	۵/۳	۲/۴۹۷
۱۰	HW104	۳/۸۲۶	۱۰/۸	۴/۶۶۲
۱۱	Okapi(check1)	۴/۰۳۶	۹/۸	۴/۹۱۷
۱۲	Modena(check2)	۴/۲۱۰	۷/۶	۴/۴۷۷
۱۳	Karaj1	۴/۴۴۳	۶/۶	۳/۷۷۷
۱۴	Karaj2	۴/۴۴۱	۶/۴	۳/۴۷۱
۱۵	Karaj3	۴/۰۳۸	۹/۹	۲/۵۵۸
	میانگین کل	۴/۲۰۹	۷/۹۹	۴/۰۱



شکل ۱. ترسیم ارقام کلزای زمستانهٔ مورد بررسی براساس میانگین رتبه و واریانس رتبهٔ عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف. ژنوتیپ‌های منتخب دارای میانگین رتبهٔ عملکرد کمتر و واریانس رتبهٔ اندک با دایره مشخص شده‌اند. برای شمارهٔ ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ رجوع شود.

جدول ۵. تجزیهٔ واریانس مرکب عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا در پنج منطقه طی دو سال زراعی ۱۳۸۸-۹۰

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
مکان	۴	۶۳/۹۰۴	۱۵/۹۷۶ ns
سال	۱	۱۲/۹۷۲	۱۲/۹۷۲ ns
سال × مکان	۴	۲۳/۴۱۷	۵/۸۵۴**
خطای اول	۲۰	۱۲/۴۱۱	۰/۶۲۱
ژنوتیپ	۱۴	۳۳/۰۲۱	۱/۱۵۱ ns
ژنوتیپ×مکان	۵۶	۶۱/۴۶۱	۱/۰۹۷۵ ns
ژنوتیپ×سال	۱۴	۱۶/۲۵۷	۱/۱۶۱ ns
ژنوتیپ×سال×مکان	۵۶	۷۳/۹۷۲	۱/۳۲۱**
خطای دوم	۲۸۰	۶۷/۷۷۵	۰/۲۴۲
کای اسکور آزمون بارتلت:			۱۳/۴۵ ns

ns، **: غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

+: معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ درصد.

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب برای عملکرد دانه نشان داد که اثر سادهٔ سال اختلاف معنی‌داری ندارد. معنی‌دار نبودن اثر سال نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنی‌دار بین میانگین سال‌ها است. بنابراین می‌توان اظهار داشت که سال‌های مختلف مورد ارزیابی تأثیر متفاوتی بر عملکرد دانهٔ کلزا نداشته‌اند و به‌عبارتی عوامل جوی مانند نزولات آسمانی، طول روز، حداقل و حداکثر دمای هوا و خاک در سال‌های مختلف نوسان چندانی نداشته است. همچنین اثر مکان برای صفت عملکرد دانه معنی‌دار نبوده است. بنابراین عملکرد دانهٔ کلزا در مکان‌های مختلف از سالی با سال دیگر تفاوت نداشت. اما اثر متقابل سال در مکان اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. به‌علت ثابت گرفتن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی فرض کردن اثر سال‌ها و مکان‌های اجرای آزمایش، اثر ژنوتیپ با استفاده از فرمول Satterthwaite (1946) برآورد و آزمون شد. مشخص شد که بین میانگین عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌ها اختلافات معنی‌داری وجود ندارد و به‌عبارت دیگر همهٔ لاین‌های مورد بررسی واجد عملکرد دانهٔ زیاد و همتراز شاهد بوده‌اند. معنی‌دار نبودن اثر متقابل ژنوتیپ×سال نشان می‌دهد که عملکرد ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف به‌طور تقریبی یکسان بوده است. معنی‌دار نشدن اثر متقابل ژنوتیپ×مکان نیز نشان می‌دهد که واکنش ژنوتیپ‌های آزمایشی در مناطق مختلف یکسان بوده است. به‌عبارت دیگر پاسخ ژنوتیپ‌ها از مکانی به مکان دیگر تفاوت چندانی نداشته است.

اگرچه در این آزمایش، اثر متقابل دوگانهٔ ژنوتیپ×سال و ژنوتیپ×مکان از نظر آماری معنی‌دار نشدند، معنی‌دار شدن اثر متقابل سه‌گانهٔ ژنوتیپ×سال×مکان در سطح احتمال ۱ درصد حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است (جدول ۵). Mahler & Auld (1991) نیز در بررسی‌های خود اثر متقابل معنی‌داری بین محیط و ژنوتیپ‌های کلزا به‌دست آوردند. آنها اظهار داشتند که برای حصول عملکرد دانه و روغن زیاد، به ژنوتیپ‌هایی نیاز است که سازگاری خوبی با شرایط محیطی مورد آزمایش داشته باشند. Javidfar *et al.* (2004) در مورد اثر متقابل ژنوتیپ×سال برای ژنوتیپ‌های کلزا اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند. در آزمایش‌های Fallahi *et al.* (2007) نیز اثر متقابل معنی‌داری بین ژنوتیپ×سال×مکان به‌دست آمد. با توجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و مکان و سال، تجزیهٔ واریانس ساده قادر به توجیه پایداری ژنوتیپ‌ها است، بنابراین باید با روش‌های ضربی یا با استفاده از پارامترهای تجزیهٔ پایداری به بررسی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها و همچنین اثرات متقابل معنی‌دار پرداخت.

نتایج تجزیهٔ پایداری به‌روش Eberhart & Russell (1966) در جدول ۶ منعکس شده است. تفاوت‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بین ژنوتیپ‌ها از نظر توان تولید محصول مشهود است. معنی‌دار شدن واریانس مربوط به محیط (خطی) حاکی از این واقعیت است که بین عملکرد ژنوتیپ‌ها درهر محیط با شاخص محیطی رابطهٔ خطی وجود دارد، به‌ترتیبی که افزایش شاخص محیطی (بهبود شرایط کشت)، افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها را به دنبال خواهد داشت. معنی‌دار نشدن میانگین مربعات اثر متقابل ژنوتیپ×محیط نشان می‌دهد که بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر میزان سازگاری و پایداری عملکرد تفاوت چندانی وجود ندارد.

معنی‌دار شدن میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیونی (انحراف مرکب) حاکی از این است که نقاط مربوط به عملکرد ژنوتیپ‌ها کاملاً در اطراف خط رگرسیون قرار ندارند و واکنش یک ژنوتیپ در طول تغییرات خطی با محیط ممکن است دارای نوسان‌های

زیادی باشد (جدول ۶). علت آن، وجود واریانس چشمگیر انحراف ژنوتیپ‌ها (به‌جز ژنوتیپ ۱۵) از خط رگرسیون است که در سطوح احتمال ۵ تا ۱ درصد معنی‌دار است. نظیر چنین واکنش‌هایی در مورد بسیاری از گیاهان زراعی نیز گزارش شده است (Shahbazpour Shahbazi, 1997; Honarnajad *et al.* 1997).

جدول ۶. تجزیهٔ واریانس پایداری عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا به‌روش ابرهارت و راسل

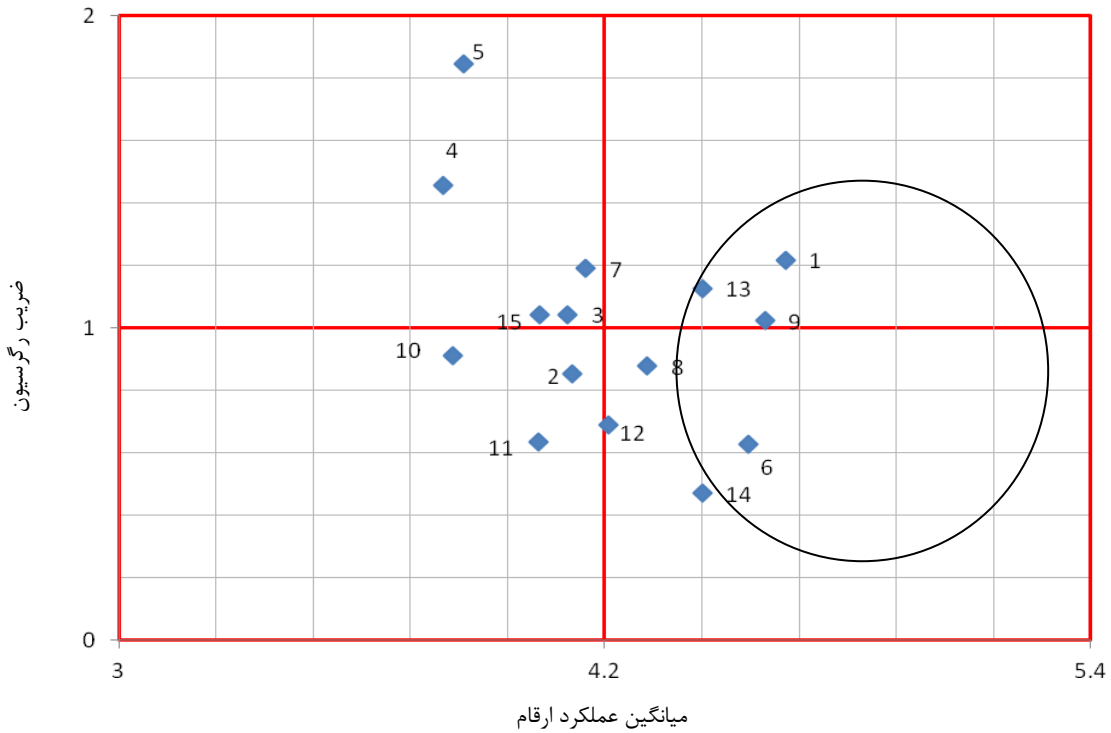
منابع تغییرات S.O.V.	درجهٔ آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS
کل	۱۴۹	۹۵/۰۰۲	
ژنوتیپ	۱۴	۱۱/۰۰۷	۰/۷۸۶ *
محیط+(ژنوتیپ×محیط)	۱۳۵	۸۳/۹۹۵	
محیط (خطی)	۱	۳۳/۴۳۲	۳۳/۴۳۲ **
ژنوتیپ×محیط (خطی)	۱۴	۳/۸۲۹	۰/۲۷۴ ns
انحراف مرکب	۱۲۰	۴۶/۷۳۴	۰/۳۸۹ **
ژنوتیپ ۱	۸	۳/۴۴۷	۰/۴۳۱ **
ژنوتیپ ۲	۸	۳/۰۵۶	۰/۳۸۲ **
ژنوتیپ ۳	۸	۴/۹۲۸	۰/۶۱۶ **
ژنوتیپ ۴	۸	۵/۸۶۸	۰/۷۳۳ **
ژنوتیپ ۵	۸	۱/۷۹۹	۰/۲۲۵ **
ژنوتیپ ۶	۸	۱/۹۵۳	۰/۲۴۴ **
ژنوتیپ ۷	۸	۳/۱۶	۰/۳۹۵ **
ژنوتیپ ۸	۸	۶/۲۷۸	۰/۷۸۵ **
ژنوتیپ ۹	۸	۳/۲۹۱	۰/۴۱۱ **
ژنوتیپ ۱۰	۸	۴/۰۱۷	۰/۵۰۲ **
ژنوتیپ ۱۱	۸	۲/۳۰۳	۰/۲۸۸ **
ژنوتیپ ۱۲	۸	۲/۳۴۱	۰/۱۶۸ *
ژنوتیپ ۱۳	۸	۱/۴۷۳	۰/۱۸۴ **
ژنوتیپ ۱۴	۸	۳/۱۷۴	۰/۳۹۷ **
ژنوتیپ ۱۵	۸	۰/۶۴۶	۰/۰۸۱ ns
خطای مرکب	۲۸۰		۰/۰۸۱

ns، * و **: غیرمعنی‌دار؛ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

میانگین عملکرد، انحراف از خط رگرسیون (Sd_i^2)، شیب خط رگرسیون و ضریب تبیین برای ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به معیارهایی که Eberhart & Russell (1966) برای پایداری ژنوتیپ‌ها قائل‌اند (دارا بودن عملکرد بیشتر از میانگین کل، ضریب رگرسیون معادل یک و کمترین انحراف از خط رگرسیون) و نیز با توجه به اطلاعات شکل ۲ که با استفاده از میانگین عملکرد دانه و ضریب رگرسیون ژنوتیپ‌ها تهیه شده است، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۱ (L183)، ۶ (SW101)، ۸ (SW103)، ۹ (HW101)، ۱۳ (Karaj1) و ۱۴ (Karaj2) با داشتن میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل آزمایش‌ها (۴/۲۰۹ تن در هکتار) یا نزدیک به آن و همچنین دارا بودن ضریب رگرسیون تقریباً معادل یک و بالاخره انحراف غیرمعنی‌دار از خط رگرسیون، جزو ژنوتیپ‌های پرمحصول و در عین حال پایدارترین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش‌اند؛ به‌ویژه آنکه مطابق جدول ۷ ضریب تبیین برخی از این ژنوتیپ‌ها مانند ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۹ (HW101) و ۱۳ (Karaj1) نیز بزرگ و معنی‌دار بود (به‌ترتیب ۰/۷۱** و ۰/۶۵**). Becker & Leon (1988) نیز به مفید بودن این معیار برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار اشاره کردند. بنابراین از ژنوتیپ‌های منتخب این آزمایش می‌توان در مطالعات تکمیلی و در نهایت برای کشت در مناطق هدف در اقلیم سرد و معتدل سرد استفاده کرد.

جدول ۷. برآورد معیارهای پایداری به‌روش ابرهارت و راسل برای ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا

شماره	ژنوتیپ	میانگین عملکرد (t/ha)	انحراف از خط رگرسیون (Sd_i^2)	ضریب رگرسیون (b_i)	ضریب تبیین (R_i^2)
۱	L183	۴/۶۴۷	۰/۳۵۰ ns	۱/۲۲ ns	۰/۴۹۲ ns
۲	L170	۴/۱۲۱	۰/۳۰۱ ns	۰/۸۵ ns	۰/۳۵ ns
۳	L139	۴/۱۰۸	۰/۵۳۵ ns	۱/۰۴ ns	۰/۳۳ ns
۴	L200	۳/۸۰۰	۰/۶۵۳ ns	۱/۴۶ ns	۰/۴۵ ns
۵	L147	۳/۸۵۱	۰/۱۴۴ ns	۱/۸۵ *	۰/۸۱ **
۶	SW101	۴/۵۵۶	۰/۱۶۳ ns	۰/۶۳ ns	۰/۳۱ ns
۷	HW118	۴/۱۵۴	۰/۳۱۴ ns	۱/۱۹ ns	۰/۵۰ ns
۸	SW103	۴/۳۰۶	۰/۷۰۴ ns	۰/۸۸ ns	۰/۲۱ ns
۹	HW101	۴/۵۹۵	۰/۳۳۱ ns	۱/۰۲ ns	۰/۷۱ **
۱۰	HW104	۳/۸۲۶	۰/۴۲۱ ns	۰/۹۱ ns	۰/۳۲ ns
۱۱	Okapi(check1)	۴/۰۳۶	۰/۲۰۷ ns	۰/۶۳ ns	۰/۲۸ ns
۱۲	Modena(check2)	۴/۲۱۰	۰/۰۸۷ ns	۰/۶۹ ns	۰/۴۴ ns
۱۳	Karaj1	۴/۴۴۳	۰/۱۰۳ ns	۱/۱۳ ns	۰/۶۶ **
۱۴	Karaj2	۴/۴۴۱	۰/۳۱۶ ns	۰/۴۷ ns	۰/۱۳ ns
۱۵	Karaj3	۴/۰۳۸	۰/۰۱۱ ns	۱/۰۴ ns	۰/۷۹ **
میانگین		۴/۲۰۹			



شکل ۲. ترسیم ارقام کلزای زمستانهٔ مورد بررسی براساس میانگین عملکرد و ضریب رگرسیون. ژنوتیپ‌های منتخب دارای میانگین عملکرد بیشتر و ضریب رگرسیون نزدیک به واحد با دایره مشخص شده‌اند. برای شمارهٔ ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ رجوع شود.

سپاسگزاری

از کلیهٔ همکاران در مراکز تحقیقاتی آقایان بهمن پاسبان اسلام (تبریز)، محمد یزدان‌دوست همدانی (همدان)، عباس رضایی‌زاد (کرمانشاه) و معرفت مصطفوی راد (اراک) و نیز تکنیسین‌های ارجمند که در اجرا و ثبت داده‌های خام و ارسال آنها به کرج نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Anderson, T.W. & Darling, D.A. (1952). Asymptotic theory of certain goodness-of-fit criteria based on stochastic processes. *Annals of Mathematical Statistics*, 23, 193-212.
2. Becker, H.C. & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101, 1-23.
3. Comstock, R.E. & Moll, R.H. (1963). Genotype-environment interactions. In: W.D. Hanson and H.F. Robinson (Eds.). *Statistical Genetics and Plant Breeding.* (pp. 146-196). National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D. C. 982pp.
4. Delacy, I.H., Basford, K.E., Cooper, M., Bull, J.K. & McLaren, C.B. (1996). Analysis of multi-environment trials. An historical perspective. In: M. Cooper and G.L. Hammer (Eds.). *Plant Adaptation and Crop Improvement.* (pp. 39-124) CAB International. USA.
5. Eagles, H.A. & Frey, K. J. (1977). Repeatability of the stability-variance parameter in oats. *Crop Science*, 17, 253-256.
6. Eberhart, S.A. & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-40.
7. Fallahi, H.A., Yusefi, A., Nikkhah, H.R. & Nori Rad Davaji, A.M. (2007). Yield stability analysis of promising genotypes of barley in warm climate of the Northern region. *Pajouhesh & Sazandegi*, 76, 103-111. (In Farsi)
8. Honarnajad, R., Dorosti, H., Mohammad Salehi, M.S. & Tarang, A. (1997). Assessment of stability and adaptability in rice varieties in different environmental conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 4(13), 32-42. (In Farsi)
9. Javidfar, F., Alemkhomaram, M.H., Amiri Oghan, H. & Azizinia, S. (2004). Yield stability analysis of winter canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *Seed and Plant Improvement Journal*, 20(3), 315-328. (In Farsi)
10. Kang, M.S. & Martin, F.A. (1987). A review of important aspects of genotype- environmental interaction and practical suggestion for sugarcane breeders. *Journal of American Society of Sugarcane Technology*, 7, 36-38.
11. Khoshnazar, R., Ahmadi, M.R., & Ghannadha, M. R. (1998). Assessment of yield adaptability of rapeseed genotypes and lines. Proceedings of *5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding.* 31 Aug- 4 Sept. 1998, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
12. Lin, C.S. & Binns, M.R. (1991). Genetic properties of four type of stability parameter. *Theoretical Applied Genetics*, 82, 505-509.
13. Lin, C.S., Binns, M.R. & Lefkovitch, L.P. (1986). Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26, 894-900.
14. Mahler, K.A. & Auld, D.L. (1991). Effect of production environment on yield and quality of winter rapeseed in the U.S.A. In: D.I. McGregor (ed.) *Proc Proceedings of 8th International Rapeseed Congress*, 9-11 July 1991. Saskatoon, Canada.
15. Porter, P.M. (1991). Agronomic practice for canola growth in South Carolina, U.S.A. In: D.I. McGregor (ed.). Proceedings of *8th International Rapeseed Congress*, 9-11 July 1991. Saskatoon, Canada.
16. Raymer, P.L. (1991). Selection of suitable canola cultivars for winter production in the Southeastern United States. In: D.I. McGregor (Ed.). Proceedings of *8th International Rapeseed Congress*, 9-11 July 1991. Saskatoon, Canada.
17. Romagosa, I. & Fox, P.N. (1993). Genotype x environment interaction and adaptation. In: M.D. Hayward, N. Bosamark, and I. Romagosa (Eds.). *Plant Breeding: Principles and Prospects.* (pp. 373-390). Chapman and Hall, London.
18. Satterthwaite, F.E. (1946). An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics Bulletin*, 2, 110-114.
19. Shahbazpour Shahbazi, A. (1997). Assessment of seed yield stability in different genotypes of soybean. *Seed and Plant Improvement Journal*, 3(4), 12-21. (In Farsi).
20. Svensk, H. (1978). Breeding for increased yield in double-low spring rape. In: Proceedings of *5th International Rapeseed Congress*, 12-16 June 1978. Malmo, Sweden.