"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های هیبرید و آزاد گرده‌افشان زمستانه کلزا (*Brassica napus* L.)

Interaction effect of genotype×environment for seed yield of winter hybrids and open pollinated oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes

علیرضا مطهری،[۱] اسلام مجیدی هروان،[۲] بهرام علیزاده[۳] و محمود خسروشاهلی[۴]

چکیده

مطهری، ع.ر.، ا. مجیدی هروان، ب. علیزاده و م.خسروشاهلی. ۱۳۹۷. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های هیبرید و آزاد گرده‌افشان زمستانه کلزا (*Brassica napus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۲۰(۳): ۲۵۱-۲۳۷.**

به‌منظور ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه در مناطق هدف و مقایسه بین انواع شاخص‌های پایداری، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ ژنوتیپ به‌همراه رقم اُکاپی (شاهد) (جمعا ۱۶ ژنوتیپ) در سه تکرار طی دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵) در چهار منطقه سرد و معتدل سرد کشور (کبوترآباد اصفهان، طرق مشهد، اسلام آباد غرب و کرج) اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار ژنوتیپ‌های کلزا در برخی از مکان‌ها بود. پس از تایید یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر مکان و سال انجام شد. نتایج نشان داد که محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و ژنوتیپ‌ها در شرایط مختلف محیطی تظاهر متفاوتی داشتند. بیشترین سهم تغییرات مربوط به اثر محیط (۳۲/۸۳ درصد) برآورد شد. برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول از روش‌های آماری ضریب تغییرات محیطی، واریانس پایداری، اکوالانس، واریانس محیطی، میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیون، ضریب تبیین، ضریب رگرسیون، رگرسیون تای (آلفا و لامبدا) و گزینش همزمان استفاده شد. اگرچه در پژوهش حاضر امکان گزینش برای عملکرد و پایداری توسط یک معیار کاربردی وجود داشت، اما با توجه به ضعیف و متغیر بودن همبستگی‌های رتبه‌ای اسپیرمن بین انواع شاخص‌ها، به‌جز شاخص گزینش همزمان و عملکرد دانه، از چند روش‌پایداری استفاده شد و در نهایت ژنوتیپ‌هایES Alonso، ES Kamilo و اُکاپی به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول شناخته شدند. نتایج آزمایش نشان داد که از ژنوتیپ‌های منتخب می‌توان برای کشت در مناطق سرد و معتدل سرد کشور استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، پارامترهای پایداری، کلزای زمستانه و همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۰ این مقاله مستخرج طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به شماره مصوب ۹۴۳۰۵-۰۳-۰۳-۰ و رساله دکتری نگارنده اول می باشد

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳- دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: alizadeh.bahram@gmail.com)
۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی جهان به‌شمار می‌آید و دانه آن حاوی بیش از ۴۰ درصد روغن و کنجاله آن نیز سرشار از پروتئین است و بعد از سویا مهم‌ترین منبع تولید کننده روغن خوراکی جهان محسوب می‌شود (Kimber and McGregor, 1995; Seymour *et al*., 2012).

ارزیابی میزان سازگاری و پایداری تولید ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی حائز اهمیت ویژه‌ای است. به‌خاطر واکنش مختلف ارقام نسبت به تغییرات محیطی، عملکرد آن‌ها از محیطی به محیط دیگر نوسان دارد. به‌طور معمول هر ژنوتیپ در یک محیط خاص حداکثر پتانسیل تولید محصول را دارد، اما با ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف می‌توان ژنوتیپ‌هایی را شناسایی کرد که در تمام محیط‌ها از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشند (Farshadfar, 1999). ژنوتیپ‌های پایدار دارای عکس‌العمل مشابهی در محیط‌های مختلف بوده (Scapim *et al*., 2000; Karadavut *et al.,* 2010) و شناسایی آن‌ها با استفاده از پارامترهای مختلف پایداری جزء اهداف مهم اصلاحی به‌شمار می‌رود. محققان روش‌های مختلفی را برای تجزیه پایداری در گیاهان زراعی به‌کار برده‌اند که می‌توان به روش‌هایی مانند ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ (Francis and Kannenberg, 1978)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، واریانس محیطی رومر (Roemer, 1917)، میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیون ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966)، ضریب تبیین بکر و لئون (Becker and Leon, 1988)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و گزینش همزمان پایداری گانگ (Kang, 1993) اشاره کرد. اکثر پارامترهای پایداری دارای همبستگی با یکدیگر هستند. نتایج تحقیقات پینتوس (Pinthus, 1973) حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین واریانس محیطی و ضریب رگرسیون است. بعلاوه اکووالانس ریک و ضریب تبیین همبستگی بالایی با میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیون نشان دادند.

در خصوص گیاه کلزا مطالعات پایداری زیادی توسط محققان انجام گرفته است که بسته به ژنوتیپ‌های مورد استفاده و نوع اقلیم، آنها را می‌توان در دو گروه بهاره و زمستانه تقسیم‌بندی کرد. گروه‌های بهاره مربوط به مطالعات پایداری در دو اقلیم گرم خشک و گرم مرطوب کشور و گروهای زمستانه مربوط به مطالعات پایداری در دو اقلیم سرد و معتدل سرد کشور است. امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan *et al.,* 2016) در آزمایشی روی ۳۶ ژنوتیپ بهاره کلزا در دو سال گزارش دادند که اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بطور معنی‌داری عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار داد. مطابق مفهوم تیپ I پایداری (واریانس محیطی، ضریب تغییرات و واریانس پایداری) ژنوتیپ‌های G7، G9 و G13 پایداری بیشتری داشتند، درحالی‌که براساس مفهوم تیپ II پایداری (ضریب مدل رگرسیونی سه‌گانه) ژنوتیپ‌های G33، G27 و G29 به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب انتخاب شدند. مطابق مفهوم تیپ III پایداری (انحراف از مدل رگرسیونی خطی) ژنوتیپ G7 ژنوتیپ مطلوبی تشخیص داده شد. براساس برآورد ضریب تبیین نیز دو ژنوتیپ G27 و G33 جزء ژنوتیپ‌هایی با پایداری بیشتر بودند.نتایج آزمایش پایداری جعفری و همکاران (Jafari *et al.,*2015) روی ۱۵ ژنوتیپ زمستانه کلزا طی دو سال زراعی در پنج منطقه (کرج، کرمانشاه، تبریز، همدان و اراک) نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در سال در مکان برای عملکرد دانه معنی‌دار بود و لاین‌های SW101, HW101، L-183، کرج ۱ و کرج ۲ و SW103 به‌ترتیب با تولید ۴۶۴۷، ۴۵۵۶، ۴۴۴۳ و ۴۳۰۶ کیلوگرم در هکتار

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

بیشترین عملکرد دانه را داشته و دارای کمترین واریانس رتبه بودند و براساس روش ابرهارت و راسل نیز جزء ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. این ارقام برای کشت در مناطق سرد و نیمه سرد قابل توصیه شناخته شدند. رضایی زاد و مرادقلی(Rezaizad and Moradgholi, 2017) در آزمایشی سه ساله روی ۲۲ ژنوتیپ کلزا در کرمانشاه گزارش کردند که تنوع ژنتیکی معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه وجود داشت. براساس گزینش همزمان برای پایداری و عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های شیرالی، هایولا ۳۰۸، زرفام، پراده و کریستینیا جزء ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار شناخته شدند. نواساد و لیرچ (Nowosad and Liersch, 2016) ۲۵ ژنوتیپ زمستانه کلزا؛ شامل ۱۵ هیبرید به‌همراه لاین‌های والدینی (۵ رستورر و ۳ نرعقیم سیتوپلاسمی اگورا) و دو رقم هیبرید تجاری را در پنج منطقه به‌مدت دو سال زراعی از لحاظ عملکرد دانه ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، محیط و نیز اثر متقابل ژنوتیپ در محیط وجود داشت و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا به‌شدت تحت تاثیر عوامل محیطی قرار گرفته و با استفاده از تجزیه امی، ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار (G25 و G09) شناسایی شدند. در سایر گیاهان زراعی نیز آزمایش‌های مشابهی انجام شده است. مصطفوی و همکاران (Mostafavi *et al.*, 2018) در ارزیابی اثرات متقابل و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول چغندرقند از روش گرافیکی GGE بای پلات استفاده و بیان کردند که میزان قند به‌شدت تحت تأثیر اثرات محیطی است و چند ژنوتیپ پایدار با میزان قند بالاتر را شناسایی کردند. در گلرنگ نیز پایداری ژنوتیپ‌های بدون خار با استفاده از روش‌های واریانس شوکلا، ضریب رگرسیون، میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون، پارامترهای آلفا و لامبدای رگرسیون تای و امی مورد مطالعه قرار گرفت و چهار ژنوتیپ پرمحصول و پایدار (G12، G9، G11 و G8) شناسایی شدند (Jamshid Moghaddam *et al.*, 2014).

با توجه به موارد یاد شده، پایداری به‌عنوان یک جنبه مهم آزمایش‌های مقایسه عملکرد مدنظر قرار دارد، زیرااثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌تواند پیشرفت حاصل از گزینش را کاهش دهد. به‌همین دلیل، محققان معمولا یکی از روش‌ها یا ترکیبی از آن‌ها را برای یافتن ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار مورد استفاده قرار می‌دهند. هدف از این آزمایش، شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول زمستانه کلزا و توصیه آنها برای کشت در مناطق هدف با استفاده از چند روش‌مختلف پایداری بوده است.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش نه هیبرید کلزای دو صفر تیپ زمستانه دریافت شده از مؤسسات خارجی همراه با رقم اُکاپی(شاهد) و لاین‌های آزاد گرده‌افشان داخلی کلزای زمستانه (جمعا ۱۶ ژنوتیپ) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار ایستگاه تحقیقات کشاورزی مناطق سرد و معتدل سردکشور (کبوترآباد اصفهان، طرق مشهد، اسلام آباد غرب و کرج) به‌مدت دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵)کشت شدند. مشخصات جغرافیایی و میزان بارندگی محل‌های اجرای آزمایش و اسامی ژنوتیپ‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. زمین در پاییز سال قبل شخم زده شد. براساس نتایج آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) در سه مرحله (۳۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله ۳ برگی، ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه‌دهی و ۴۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله غنچه‌دهی کامل)، ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم (از منبع سوپر فسفات تریپل) در زمان کاشت، ۷۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در زمان کاشت و ۷۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم در مرحله غنچه‌دهی کامل به

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

خاک داده شد. وجین علف‌های هرز بسته به نیاز سه تا چهار بار به‌صورت دستی و آبیاری نیز به صورت نشتی برحسب نیاز (۵ تا ۷ بار) انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف پنج متری به فواصل سی سانتی‌متر از یکدیگر و مساحت زمین آزمایشی هزار متر مربع بود. میزان بذر مصرفی برای ارقام آزاد گرده‌افشان، پنج کیلوگرم در هکتار و در ارقام هیبرید، چهار کیلوگرم در هکتار بود. کشت براساس دستورالعمل در تاریخ‌های مناسب مناطق سرد و معتدل سرد انجام شد تا بوته‌ها زمستان را به حالت روزت کامل با حداکثر تحملبه سرما سپری کنند. طی دوره رشد از سموم سیستمیک دیماکارون (نیم لیتر در هکتار)و اکاتین (یک لیتر در هکتار) برای کنترل شته مومی کلم استفاده شد. در زمان رسیدن فیزیولوژیک، برداشت محصول هر رقم از دو خط میانی با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط کاشت انجام شد. مقایسه میانگین صفات به‌روش LSD در سطح احتمال پنج و یک درصد درصد صورت گرفت. تجزیه مرکب مناطق نیز پس از انجام آزمون بارتلت و تایید همگن بودن اشتباهات آزمایشی انجام شد (χ^2=۱۰/۳۸^{ns}).

برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول از روش‌های آماری ضریب تغییرات محیطی، واریانس پایداری، اکوالانس، واریانس محیطی، میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیون، ضریب تبیین، ضریب

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و میزان بارندگی ایستگاه‌های تحقیقاتی محل اجرای آزمایش

Table 1. Geographical characteristic and rainfall of the experimentsites

Location	مناطق	ارتفاع از سطح دریا Elevation ASL (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	بارندگی Rainfall (mm)
Kabutarabad-Isfahan	کبوتر آباد اصفهان	1612	51° 26′	36°32′	125
Torogh-Mashhad	طرق مشهد	1050	59°15′	35°43′	212
Islamabad-e-Gharb	اسلام آباد غرب	1346	47°26′	34°08′	538
Karaj	کرج	1300	57°50′	35°48′	250

جدول ۲- مشخصات ژنوتیپ‌های کلزای مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Description of oilseed rape genotypes used in experiment

کد ژنوتیپ Genotypes code	نام ژنوتیپ Genotypes	Type	نوع	Origin	منشأ
G1	Zorica	Hybrid	هیبرید	Serbia	صربستان
G2	Zlatna	Hybrid	هیبرید	Serbia	صربستان
G3	ES Hydromel	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G4	ES Alonso	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G5	ES Darko	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G6	ES Lauren	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G7	ES Kamilo	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G8	ES Mercure	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G9	ES Artist	Hybrid	هیبرید	France	فرانسه
G10	HL3721	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	Iran	ایران
G11	Ahmadi	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	Iran	ایران
G12 (Check)	Okapi*	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	France	فرانسه
G13	Nafis	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	Iran	ایران
G14	HL2012	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	Iran	ایران
G15	Nima	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	Iran	ایران
G16	Okapi (Original)**	Open pollinate	آزاد گرده‌افشان	Iran	ایران

* اُکاپی (شاهد): واردات مستقیم از فرانسه، **اُکاپی (اصلی): معرفی شده در داخل کشور

*Okapi (Check): Directly introduced; France,**Okapi (Original): Locally released

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

رگرسیون و گزینش همزمان استفاده شد (Francis and Wricke, 1962; Shukla, 1972; Kannenberg, 1978 Becker Eberhart and Russell, 1966; Roemer, 1917; Kang, Finlay and Wilkinson, 1963; and Leon, 1988; 1993;).پاسخ به اثرات محیطی (آماره α Error! Bookmark not defined.) و انحراف از پاسخ خطی (آماره λ Error! Bookmark not defined.) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Tai, 1971):

$$\alpha_i = \left[\sum_{j=1}^{q} \varepsilon_j (GE)_{ij} / (q-1)\right] / [(MSE) - (MSe)/(pr)]$$ (رابطه ۱)

$$\lambda_i = \left[(\sum_{j=1}^{q} GE_{ij}^2/(q-1)) - \alpha_i(\sum_{i=1}^{q}\varepsilon_i GE_{ij}^2)/(q-1)\right] / [(p-1)(MSE)/(pr)]$$ (رابطه ۲)

در این روش ژنوتیپ‌هایی کاملاً پایدار محسوب می‌شوند که α در Error! Bookmark not defined.آنها ۱- و λ Error! Bookmark not defined.آن ۱ باشد، و ژنوتیپ‌های با α=0 و λ=1 با پایداری متوسط محسوب می‌شوند.تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای MSTAT-C، SPAR 2 و SAS9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده در چهار محیط نشان داد که در بیشتر مکان‌ها بین ژنوتیپ‌های کلزا تفاوت معنی‌داری وجود داشت. ضرایب تغییر نیز در حد قابل قبول و نشان دهنده دقت بالای اجرای آزمایشات بود. نتایج تجزیه واریانس مرکب (پس از تایید یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی در محیط‌های مختلف) نشان داد که محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ درمحیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند و ژنوتیپ‌ها در شرایط مختلف محیطی تظاهر متفاوتی داشتند. بیشترین سهم تغییرات مربوط به اثر محیط (۳۲/۸۳ درصد) برآورد شد. در آزمایش سهرابی و همکاران (Shohrabi *et al.,* 2014)، پایداری عملکرد و

جدول ۳-مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه در چهار منطقه (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵)

Table 3.Mean comparison of seed yield (kg.ha^{-1}) of winter oilseed rape genotypes in four locations (2015-2017)

ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotype	کبوتر آباد اصفهان Kabutarabad-Isfahan	طرق مشهد Torogh-Mashhad	اسلام آباد غرب Islamabad-e-Gharb	کرج Karaj	میانگین کل Total mean	رتبه Rank
G1 (Zorica)	3725	3170	4263	3783	3735 C	11
G2 (Zlatna)	3343	4073	4707	4575	4175 B	2
G3 (ES Hydromel)	3746	3153	4623	4179	3925 C	6
G4 (ES Alonso)	3523	4398	4365	4513	4200 B	1
G5 (ES Darko)	3396	3087	4363	4019	3716 C	12
G6 (ES Lauren)	3444	2620	4039	3606	3427 E	16
G7 (ES Kamilo)	3785	3665	4621	4357	4107 C	3
G8 (ES Mercure)	3797	3512	3882	4324	3879 C	7
G9 (ES Artist)	3530	2842	4316	3924	3653 C	13
G10 (HL3721)	3191	3517	4009	3287	3501 E	15
G11 (Ahmadi)	3635	3342	4393	3831	3800 C	10
G12 (Check)(Okapi)	3108	3534	4555	4083	3820 C	8
G13 (Nafis)	3568	3012	5032	4801	4103 C	4
G14 (HL2012)	3518	3292	4358	4046	3803 C	9
G15 (Nima)	3525	3881	4057	2999	3616 C	14
G16 (Okapi; Original)	3892	3664	4702	3668	3981 C	5

LSD1%=388.13 LSD 5%=295.32

C: عدم تفاوت معنی‌دار با رقم شاهد (اُکاپی) C: Not significant differencewith the check cultivar (Okapi)

B و A: به‌ترتیب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد در سطوح احتمال پنج و یک درصد

B and A: Significant yield increase at 5% and 1% probability levels, respectively (comparing to the check cultivar)

D و E: به‌ترتیب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد در سطوح احتمال پنج و یک درصد

D and E: Significant yield decrease at 5% and 1% probability levels, respectively (comparing to the check cultivar)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

سازگاری ژنوتیپ‌های کلزا، ۱۲ لاین امیدبخش زمستانه کلزا همراه با رقم اکاپی (شاهد) در پنج منطقه سرد ایران طی دو سال مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در تظاهر عملکرد ژنوتیپ‌ها تأثیرگذار بودند. نتایج مشابهی توسط سایر محققان برای عملکرد دانه گزارش شده است (Mortazavian Tahira *et al.*, 2013; and Azizinia, 2014).

مقایسه میانگین دو ساله عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا نشان داد که بیشتر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری با رقم اُکاپی (شاهد) نداشتند (جدول ۳). تنها دو ژنوتیپ G4 (ES Alonso) و G2 (Zlatna) (به‌ترتیب با عملکرد ۴۲۰۰ و ۴۱۷۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به رقم اُکاپی برتری داشته و دارای رتبه اول و دوم بودند. کمترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ G6 (ES Lauren) (۳۴۲۷ کیلوگرم در هکتار) بود.

معنی‌دار بودن اثر متقابل سه‌جانبه در تجزیه مرکب، ضرورت تجزیه پایداری برای شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب را نشان داد. عدم وجود روند ثابت یا مشخص تغییرات میانگین دو ساله عملکرد دانه هر یک از ژنوتیپ‌ها نیز نشان دهنده وجود اثر متقابل شدید ژنوتیپ در محیط بود (جدول ارائه نشده است)، بنابراین جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول از هشت روش مختلف ارزیابی پایداری استفاده شد.

۱- مدل ابرهارت و راسل

نتایج تجزیهٔ واریانس پایداری به روش ابرهارت و راسل نشان داد که بین ژنوتیپ‌های کلزا از نظر توان تولید محصول، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. معنی‌دار نشدن واریانس مربوط به محیط (خطی) نشان می‌دهد که بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط با شاخص محیطی رابطهٔ خطی وجود ندارد، به این ترتیب که افزایش شاخص محیطی (بهبود شرایط کشت)، لزوما افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها را به دنبال نخواهد داشت. معنی‌دار شدن میانگین مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر میزان سازگاری و پایداری عملکرد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. معنی‌دار نشدن میانگین مربعات انحرافات از خط رگرسیونی (انحراف مرکب) حاکی از این است که نقاط مربوط به عملکرد ژنوتیپ‌ها کاملاً در اطراف خط رگرسیون قرار داشته و واکنش یک ژنوتیپ در طول تغییرات خطی با محیط دارای نوسانات زیادی نیست. علت این موضوع عدم وجود واریانس چشمگیر انحراف ژنوتیپ‌ها (به‌جز ژنوتیپ نفیس؛ NAFIS) از خط رگرسیون است (جدول ارائه نشده است). نظیر چنین واکنش‌هایی در مورد بسیاری از گیاهان زراعی نیز گزارش شده است (Jafari *et al*., 2015; Ahmadi *et al.*, 2013; Javidfar *et al*., 2004).

۲- ضریب رگرسیون و میانگین مربعات انحراف از رگرسیون

در روش ابرهارت و راسل ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بیشتر از میانگین کل، ضریب رگرسیون معادل یک و کمترین انحراف از خط رگرسیون، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار تلقی می‌شوند. نتایج ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون (جدول ۴) و رتبه‌بندی آماره‌های پایداری (جدول ۵) نشان داد که دو ژنوتیپ G12 (اُکاپی؛ شاهد) و G13 (Nafis) و تا حدودی G5 (ES Darko) دارای بیشترین تفاوت در میزان ضریب رگرسیون از واحد و نیز بیشترین میزان انحراف از ضریب رگرسیون بودند. این ژنوتیپ‌ها در شرایط نامساعد محیطی عملکرد قابل قبولی داشتند. ژنوتیپ‌های G9 (ES Artist)، G2 (Zlatna)، G11 (Ahmadi)، G6 (ES Lauren) و G10 (HL3721) دارای ضریب رگرسیون نزدیک به واحد بودند. دو ژنوتیپ G2(Zlatna) و G11 (Ahmadi) به‌ترتیب دارای عملکرد ۴۱۷۵ و ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند. کمترین انحراف از خط رگرسیون نیز به ژنوتیپ‌های G7 (ES Kamilo)، G14 (HL2012)، G5 (ES Darko)، G11

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

(Ahmadi)، G1 (Zorika)، G16 (اُکاپی اصلی) و G3 (ES Hydromel) تعلق داشت. با در نظر گرفتن سه شاخص پایداری ابرهارت و راسل می‌توان اظهار داشت که ژنوتیپ G11 (Ahmadi) دارای پایداری عمومی در تمامی محیط‌های مورد آزمایش است. نتایج تجزیه واریانس ابرهارت و راسل نیز نشان داد که انحراف از رگرسیون تمام ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ G13 (Nafis) معنی‌دار نبود و این نشان می‌دهد که برخی از لاین‌های مورد ارزیابی علی‌رغم داشتن عملکرد کمتر از میانگین جامعه، از نوسان کمتری در محیط‌های مختلف برخوردار بودند. از طرفی ضریب رگرسیونی زمانی مفید است که در مرحله اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بیش از ۵۰ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داده باشد و دوم اینکه اثر غیریکنواختی که نشان‌دهنده متفاوت بودن خط‌های رگرسیونی هر یک از ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها است نیز معنی‌دار شود (Lin and Thompson, 1975). در پژوهش حاضر، این دو شرایط کمتر تحقق پیدا کرد، بنابراینبا این تفسیرها استفاده از روش رگرسیونی به‌تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی برای تعیین ژنوتیپ پایدار باشد، به‌ویژه آنکه با استفاده از روش رگرسیونی نمی‌توان سازگاری خصوصی یک ژنوتیپ را مورد ارزیابی قرار داد.

۳- ضریب تبیین بکر و لئون

بر اساس آماره ضریب تبیین بکر و لئون، لاین‌های G4 (ES Alonso)، G7 (ES Kamilo)، G14 (HL2012)، G11 (Ahmadi) و G3 (ES Hydromel) دارای بیشترین مقدار ضریب تبیین بودند و به‌عنوان لاین‌های پایدار شناخته شدند. از این میان تنها ژنوتیپ‌های G4 (ES Alonso) و G7 (ES Kamilo) از بیشترین عملکرد دانه (به‌ترتیب ۴۲۰۰ و ۴۱۰۷ کیلوگرم در هکتار) بودند و ژنوتیپ G11 (Ahmadi) نیز تفاوت معنی‌داری با میانگین جامعه نداشت (جدول‌های۴ و ۵)، البته ضریب تبیین به تنهایی نمی‌تواند نشان دهنده پایداری ژنوتیپ باشد، زیرا این روش فقط برازش مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد، بنابراین این آماره باید با توجه به مدل رگرسیونی توجیه شود. ضریب تبیین در روش رگرسیونی از مفهوم دینامیک برخوردار است. نتایج ارزیابی پایداری لاین‌های کلزا نیز در راستای این مطالعه بوده و نشان داده شد که ماهیت پایداری در ضریب تشخیص رگرسیونی از نوع زراعی است.

۴- واریانس محیطی رومر و ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کاننبرگ

نتایج دو روش واریانس محیطی (S_i^2) و ضریب تغییرات (CVi) به عنوان پارامترهای تیپ یک نشان داد که براساس هر دو روش، ژنوتیپ‌های G1 (Zorica)، G8 (ES Mercure)، G16 (اُکاپی اصلی)، G11 (Ahmadi) و G4 (ES Alonso) پایدارتربودند، زیرا کمترین میزان واریانس و ضریب تغییرات را داشتند، اما ژنوتیپ‌های G1 (Zorica) و G11 (Ahmadi) دارای میانگین عملکرد کمتری نسبت به میانگین کل (۳۸۴۰ کیلوگرم در هکتار) بودند، بنابراین براساس روش‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی و عملکرد دانه، تنها ژنوتیپ‌های G8 (ES Mercure)، G16 (اُکاپی شاهد) و G4 (ES Alonso) به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدارشناخته شدند. ژنوتیپ G7 (ES Kamilo) نیز در رتبه بعدی از لحاظ این پارامترها و عملکرد شناخته شد (جدول‌های ۵ و ۴). بیشترین میزان واریانس و ضریب تغییراتبه‌ترتیب مربوط به لاین‌های G13 (Nafis)، G3 (ES hydromel) و G12 (اُکاپی شاهد) بودکه نشان‌دهنده نوسان عملکرد این لاین‌ها و پایداری کم آن‌ها در محیط‌های مورد آزمایش بوده است.

با استفاده از میانگین عملکرد و مقدار ضریب تغییرات (CVi) هر رقم محل آن‌ها در محور مختصات مشخص و به چهار گروه تقسیم شدند (شکل ۱). در این تقسیم‌بندی گروه یک دارای عملکرد بالا و تغییرات کم، گروه دو دارای عملکرد بالا و تغییرات زیاد، گروه سه دارای عملکرد پایین و تغییرات کم و گروه چهار

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

جدول ۴- شاخص‌های ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه در چهار منطقه (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵)

Table 4.Stability parameters for seed yield of winter oilseed rape genotypes in four locations (2015-2017)

ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	ضریب تغییرات محیطی (CV_i)	واریانس محیطی (S_i^2)	اکوالانس (W_i^2)	واریانس پایداری (σ_i^2)	ضریب خط رگرسیون (b_i)	ضریب تبیین (R_i^2)	میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S_{di}^2)	رگرسیون تای (آلفا) α	رگرسیون تای (لامبدا) λ	گزینش همزمان (Y_i+S_i)
G1 (Zorica)	3735	11.87	207894.41	554084.30	45431.54	0.75	0.69	74457.51	-0.25	0.73	5
G2 (Zlatna)	4175	17.90	472267.47	1714597.63	234903.10	0.95	0.48	284982.94	-0.05	2.87*	16
G3 (ES Hydromel)	3925	20.49	619097.56	1155985.24	143701.08	1.40	0.80	146375.48	0.40*	1.42	12
G4 (ES Alonso)	4200	14.02	289754.57	1654511.80	225093.17	0.61	0.32	229705.81	-0.40*	2.26*	17
G5 (ES Darko)	3716	20.19	600886.08	748723.17	77209.31	1.47	0.92	58208.91	0.49*	0.50	4
G6 (ES Lauren)	3427	16.84	418046.68	925982.68	106149.64	1.06	0.69	153125.93	0.07	1.54	0
G7 (ES Kamilo)	4107	15.76	366233.22	281056.42	855.56	1.14	0.90	40764.79	0.15	0.40	15
G8 (ES Mercure)	3879	12.90	245212.50	1423352.04	187352.80	0.58	0.35	185722.75	-0.43*	1.81*	11
G9 (ES Artist)	3653	16.86	419341.25	1134328.41	140165.27	1.01	0.61	189037.40	0.01	1.90*	3
G10 (HL3721)	3501	15.82	368929.48	1087843.66	132575.92	0.92	0.58	179475.87	-0.08	1.80*	1
G11 (Ahmadi)	3800	13.67	275634.49	364380.70	14459.52	0.94	0.81	59705.75	-0.06	0.60	6
G12 (Check)(Okapi)	3820	20.25	604550.87	1168523.26	145748.10	1.36	0.78	155700.01	0.37	1.52	8
G13 (Nafis)	4103	28.22	1173955.10	4709768.35	723910.57	1.49	0.48	714334.17	0.50*	7.11**	10
G14 (HL2012)	3803	16.56	404220.54	344273.63	11176.74	1.20	0.90	45492.22	0.21	0.44	7
G15 (Nima)	3616	17.76	465139.22	4142666.24	631322.47	0.25	0.03	524173.77	-0.77**	5.07**	-2
G16 (Okapi; Original)	3981	13.67	275632.11	655212.25	61942.22	0.86	0.68	103337.35	-0.14	1.03	13
Mean	3840					1.00					7.88

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

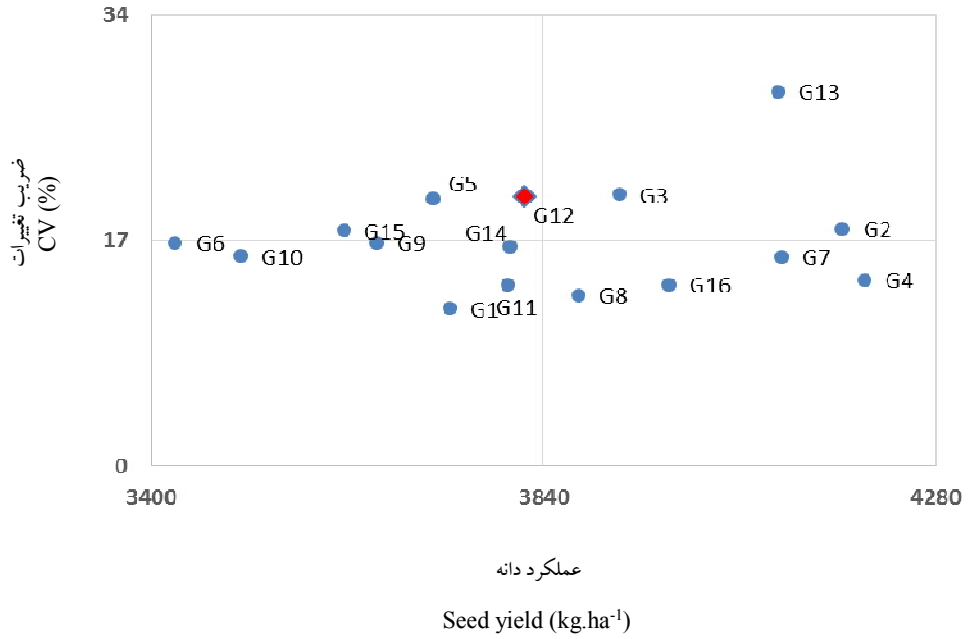
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵- رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه در چهار منطقه (۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵)

Table 5. Ranking of stability parameters for seed yield of winter oilseed rape genotypes in four locations (2015-2017)

ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	عملکرد دانه Seed yield	ضریب تغییرات محیطی (CV_i)	واریانس محیطی (S_i^2)	اکوالانس (W_i^2)	واریانس پایداری (σ_i^2)	ضریب خط رگرسیون (b_i)	ضریب تبیین (R_i^2)	میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S_{di}^2)	رگرسیون تای (آلفا) α	رگرسیون تای (لامبدا) λ	گزینش همزمان (Y_i+S_i)
G1 (Zorica)	11	1	1	4	4	9	7	4	4	2	11
G2 (Zlatna)	2	12	12	14	14	2	12	8	8	14	2
G3 (ES Hydromel)	6	15	15	10	10	12	5	14	14	4	5
G4 (ES Alonso)	1	5	5	13	13	11	15	3	3	13	1
G5 (ES Darko)	12	13	13	6	6	14	1	15	15	5	12
G6 (ES Lauren)	16	9	9	7	7	4	8	10	10	7	15
G7 (ES Kamilo)	3	6	6	1	1	7	2	11	11	9	3
G8 (ES Mercure)	7	2	2	12	12	13	14	2	2	11	6
G9 (ES Artist)	13	10	10	9	9	1	10	9	9	12	13
G10 (HL3721)	15	7	7	8	8	5	11	6	6	10	14
G11 (Ahmadi)	10	4	4	3	3	3	4	7	7	3	10
G12 (Check)(Okapi)	8	14	14	11	11	10	6	13	13	6	8
G13 (Nafis)	4	16	16	16	16	15	13	16	16	16	7
G14 (HL2012)	9	8	8	2	2	8	3	12	12	8	9
G15 (Nima)	14	11	11	15	15	16	16	1	1	15	16
G16 (Okapi; Original)	5	3	3	5	5	6	9	5	5	1	4

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]



شکل ۱- تغییرات توام ضریب تغییرات محیطی و عمکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه

Fig. 1.Simultaneous changes of environmental coefficients of variation and seed yield of winter oilseed rape genotypes

دارای عملکرد پایین وتغییرات زیادبودند، بنابراین بهترین و مناسب‌ترین ارقام در گروه یک قرار گرفتند (Francis and Kannenberg, 1978). بر اساس شکل، لاین‌های G8 (ES Mercure)، G16 (اُکاپی اصلی)، G7 (ES Kamilo)، G2 (Zlanta) و G4 (ES Alonso) در ناحیه یک قرارگرفتند و بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری تیپ یک بودند. به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که نتایج این تیپ از آماره‌های پایداری مبتنی بر پایداری بیولوژیکی بوده و لاین‌های برگزیده در این روش را می‌توان برای محیط‌های نامساعد توصیه کرد، اما برای اطمینان بیشتر باید نتایج سایر روش‌ها را نیز که در آنها ابعاد پایداری ژنوتیپ‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند، در نظر گرفت. امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan *et al.*, 2004) در آزمایشی به‌منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول و سازگار با شرایط متفاوت اقلیم گرم کشور، ۲۲ ژنوتیپ بهاره کلزا را به‌همراه رقم ساری‌گل (شاهد) به‌مدت دو سال در چهار مکان مورد ارزیابی قرار داده و ژنوتیپ‌های Hyola401، S-2 و Cyclone را براساس دو آمارهٔ ضریب تغییرات و واریانس محیطی به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کردند.

۵- واریانس پایداری شوکلا و اکوالانس ریک

آماره‌های واریانس پایداری شوکلاو اکووالانس ریک نشان دهنده پایداری نوع دوم هستند (Lin *et al.*, 1986). براساس نتایج به‌دست آمده از واریانس پایداری شوکلا، لاین‌های G7 (ES Kamilo)، G14 (HL2012)، G11 (Ahmadi)، G1 (Zorica) و G16 (اُکاپی اصلی) به‌ترتیب بر اساس کمترین مقدار واریانس پایداری، جزء لاین‌های پایدار شناخته شدند (جدول‌های۴ و ۵)، درحالی‌که لاین‌های G13 (Nafis)، G15 (Nima) و G2 (Zlanta) به‌ترتیب با داشتن بیشترین مقدار واریانس، به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. به‌منظور تعیین سهم هر لاین از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و محاسبه آن به‌عنوان یک آماره پایداری،آماره اکووالانس ریک محاسبه شد (جدول ۴). نتایج مشابهی نیز بر اساس آماره اکوالانس ریک به‌دست آمد، زیرا

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

واریانس پایداری یک ترکیب خطی از اکووالانس ریک است. بنابراین می‌توان از یکی از این دو پارامتر استفاده کرد. این موضوع با نتایج تحقیق امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan *et al.*, 2004) نیز مطابقت دارد. نتایج این دو آماره مبتنی بر تیپ دوم پایداری با نتایج آماره‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات اختلاف داشت که نشان‌دهنده این موضوع است که این تیپ به بُعد دینامیکی پایداری اشاره می‌کند، به‌عبارت دیگر در این روش‌ها تنها ثبات عملکرد در تمام محیط‌ها به‌عنوان معیار انتخاب نبوده، بلکه پاسخ لاین‌ها به بهبود یا نامساعد شدن عوامل محیطی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد، بنابراین این دو آماره از کاربرد بیشتری در تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در برنامه‌های اصلاحی برخوردار هستند.

۶- رگرسیون تای (آلفا و لامبدا)

در روش رگرسیونی تای، دو پارامتر α و λ برآورد شدندکه به‌ترتیب نشان‌دهنده پاسخ خطی به اثرات محیطی و انحراف از پاسخ خطی هستند (جدول ۴). از نظر پارامتر α، ژنوتیپ‌های G3 (ES Hydromel)، G4 (ES Alonso)، G5 (ES Darko)، G8 (ES Mercure)، G13 (Nafis) و G15 (Nima) اختلاف معنی‌داری با $\alpha=0$ داشته و از پایداری مناسبی برخوردار نبودند. از نظر پارامتر λ نیز ژنوتیپ‌های G2 (Zlatna)، G4 (ES Alonso)، G8 (ESMercure)، G9 (ES Artist)، G10 (HL3721)، G13 (Nafis) و G15 (Nima) به‌علت انحراف از پاسخ خطی معنی‌دار، ناپایدار تلقی شدند. براساس تلفیق دو پارامتر تای، ژنوتیپ‌های G1 (Zorica)، G6 (ES Lauren)، G7 (ES Kamilo)، G11 (Ahmadi)، G12 (اُکاپی شاهد)، G14 (HL2012) و G16 (اُکاپی اصلی) دارای پایداری متوسط بودند که تنها دو ژنوتیپ G7 (ES Lauren) و G16 (اُکاپی اصلی) دارای عملکرد بیشتر از میانگین جامعه بودند. در آزمایش‌های ارزیابی پایداری عملکرد دانه در کلزا (Shohrabi *et al.*, 2014) و جو (Akbarpour*et al.*, 2012) مشخص شد که روش رگرسیونی تای ، یک روش تکمیل‌کننده برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار به‌کمک سایر روش‌های رگرسیونی است.

۷- گزینش همزمان

در پژوهش‌های به‌نژادی گیاهان زراعی، افزایش عملکرد در واحد سطح مهم‌ترین هدف به‌نژادگر است، بنابراین در ارزیابی‌های پایداری، گزینش همزمان از لحاظ عملکرد و معیارهای مختلف پایداری انجام می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی پایداری عملکرد لاین‌ها با استفاده از روش گزینش همزمان برای عملکرد دانه و پایداری (YS) ارائه‌شده توسط کانگ (Kang, 1993) نشان داد که ژنوتیپ G4 (ES Alonso)، G2 (Zlanta)، G7 (ES Kamilo)، G16 (اُکاپی اصلی) و G3 (ES Hydromel) با داشتن مقدار پایداری بیشتر از میانگین اثر توأم عملکرد و پایداری (7.88)، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار شناسایی شدند (جدول ۴)، در حالی که ژنوتیپ‌های G15 (Nima) و G6 (ES Lauren) از لحاظ شاخص گزینش همزمان، ناپایدار و کم محصول شناخته شدند. به‌نظر می‌رسد که روش کانگ به‌دلیل تلفیق معیار پایداری با عملکرد دانه، روش مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های کلزا در مقایسه با سایر روش‌های پایداری باشد. محققان دیگری از این روش پایداری برای انتخاب ژنوتیپ پایدار و پر محصول استفاده کردند (Bakhshayeshi Ahmadi *et al.*, 2013; Geshlagh *et al.*, 2013; Amiri Oghan *et al.*, 2004; Moghaddam, 2003;).

۸- همبستگی بین پارامترها

از ویژگی‌های مهم یک شاخص برای گزینش در اصلاح نباتات این است که با عملکرد دانه رابطه مثبت معنی‌دار داشته و واثت‌پذیر نیز باشد. از میان شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق، تنها شاخص گزینش همزمان با عملکرد دانه رابطه مثبت معنی‌داری داشته ورابطه بقیه شاخص‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۶).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

جدول ۶- ضرایب همبستگی رتبه‌ای میان پارامترهای پایداری و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه

Table 6. Rank correlation coefficient between stability parameters and seed yield in winter oilseed rape genotypes

Parameters	عملکرد دانه Seed yield	ضریب تغییرات محیطی (CV_i)	واریانس محیطی (S_i^2)	اکوالانس (W_i^2)	واریانس پایداری (σ_i^2)	ضریب خط رگرسیون (b_i)	ضریب تبیین (R_i^2)	میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (S_{di}^2)	رگرسیون تای (آلفا) α	رگرسیون تای (لامبدا) λ
CV_i	-0.01									
S_i^2	-0.01	1.00**								
W_i^2	-0.20	+0.49	+0.49							
σ_i^2	-0.20	+0.49	+0.49	1.00**						
b_i	-0.12	0.27	0.27	0.41	0.41					
R_i^2	-0.10	-0.05	-0.05	0.80**	0.80**	0.19				
S_{di}^2	-0.10	0.33	0.33	0.94**	0.94**	0.19	0.91**			
α	-0.09	0.72	0.72**	-0.12	-0.12	0.06	-0.60**	-0.27		
λ	-0.17	0.34	0.34	0.71**	0.71**	0.19	0.69**	0.77**	-0.11	
(Y_i+S_i)	0.97**	0.09	0.09	-0.09	-0.09	-0.01	-0.03	0.01	-0.05	-0.04

**,*:Significant at 1% and 10 % probability levels, respectively

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و ۱۰ درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

بنابراین استفاده از شاخص گزینش همزمان منجر به گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار خواهد شد. استفاده از این شاخص برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها در کلزا و سایر گیاهان زراعی توصیه شده است (Amiri Oghan *et al.,* 2004; Moghaddam, 2003). همانطور که انتظار می‌رفت بین آماره‌های درون یک گروه مثلاً ضریب تغییرات و واریانس محیطی همبستگی مثبت معنی‌داری بدست آمد ($r=1^{**}$)، زیرا این آماره‌ها یا یکسان هستند یا ژنوتیپ‌ها را به‌طور معادل رتبه‌بندی می‌کنند.

نتیجه‌گیری

با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ، تنوع ژنتیکی معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های کلزای زمستانه از لحاظ عملکرد دانه داشت و وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ در محیط، امکان تجزیه پایداری در این پژوهش را فراهم کرد. ارزیابی انواع روش‌های پایداری نشان داد که امکان گزینش برای عملکرد و پایداری توسط یک معیار کاربردی وجود دارد، اما با توجه به وجود همبستگی‌های کم و متغیر بهتر است تلفیقی از روش‌های مختلف پایداری استفاده شود. براساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ‌های G4 (ES Alonso)، G7 (ES Kamilo) و G16 (اُکاپی اصلی) جزء ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول شناخته شدند و از ژنوتیپ‌های منتخب می‌توان برای توسعه کشت کلزای زمستانه در مناطق هدف استفاده کرد.

سپاسگزاری

از همکاران محترم بخش تحقیقات دانه‌های روغنی کرج و مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های کرمانشاه (جناب آقای دکتر عباس رضایی زاد)، اصفهان (جناب آقای مهندس غلامحسین شیر اسماعیلی)، خراسان رضوی (جناب آقای دکتر جواد وفابخش) و تکنسین‌های محترم در ثبت و ارسال مشاهدات مربوط به عملکرد دانه تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید. از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر نیز جهت تامین هزینه اجرا سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadi, J., B. Vaezim and H. Nazoki. 2013. Stability analysis of rapeseed under rainfed condition and comparison of selection methods of stable genotype with stability statistics. Plant Prod. J. 36: 13-22.

Akbarpour, A. E., H. Dehghani and B. Shorkhi. 2012. Stability evaluation of barley promising lines (*Hordeum vulgare* L.) in cold locations using regression methods. Iran. J. Crop Sci. 14: 155-170. (In Persian with English abstract).

Amiri Oghan, H., M. H. Alem Khomaram and F. Javifar. 2004. Stability of seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Iran. J. Field Crop Sci. 6: 203-213.(In Persian with English abstract).

Amiri Oghan, H., N. Sabaghnia, V. Rameeh, E. Hezarjaribi and H. R. Fanaee. 2016. Univariate stability analysis of genotype× environment interaction of oilseed rape seed yield. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 64:1-10.

Bakhshayeshi Geshlagh, M., F. Baghbani Mehmandar, H. Khoshvaghti and H. Bakhshayeshi Geshlagh. 2013. Simultaneous selection for yield and yield stability and its comparison with different stability statistics of grain yield in wheat cultivars in Kurdestan Province. Cereal Res. 2: 279-287.(In Persian with English abstract).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breed. 101: 1-23.

Eberhart, S. A. and W. A. Russell. **1966.** Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.

Farshadfar, E. 1999. Application of Quantitative Genetic in Plant Breeding. Razi and Taghe Bostan Press. (In Persian).

Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson.1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 14: 742-754.

Francis, T. R. and L. W.Kannenberg. **1978.** Yield stability studies in short-season maize: I. A descriptive method for grouping genotypes. Can. J. Plant Sci. 58: 1029 – 1034.

Jafari, M., Z. R. Asghari, B. Alizadeh, O. Sofalian and N. Zare. 2015. Study of seed yield stability in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes using Eberhart and Russell method. Iran. J.Field Crop Sci. 45: 485-592. (In Persian with English abstract).

Jamshid Moghaddam, M., M. Eskandari Torbaghan and A. Mirzaee. 2014. Analysis of genotype×environment interaction for seed yield in spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Crop Breed. J. 4: 47-56.

Javidfar, F., M. H. Alem Khomaram, H. Amiri Oghan and S. Azizi Nia. 2004. Yield stability analysis of winter canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Seed Plant Improv. J. 20: 315-328. (In Persian with English abstract).

Kang, M.S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agron. J. 85: 754-757.

Karadavut, U., C. Palta, Z. Kavurmaci and U. Bolek. 2010. Some grain yield parameters of multi environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. Int. J. Agric. Biol. 12: 217-220.

Kimber, D. S. and D. I. McGregor. 1995. Brassica oilseeds: Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK.

Lin, C. S. and B. Thompson. 1975. An empirical method of grouping genotypes based on a linear function of the genotype-environment interaction. Heredity, 34: 255-263.

Lin, C. S., M. R. Binns and L. P. Lefcovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Sci. 26: 894-900.

Moghaddam, A. 2003. Simultaneous selection for yield and yield stability and its comparison with different stability statistics. Seed Plant Improv. J. 19: 1-13.(In Persian with English abstract).

Mortazavian, S. M. M. and S. Azizinia. 2014. Nonparametric stability analysis in multi-environment trial of canola. Turk. J. Field Crops. 19: 108-117.

Mostafavi, K., M.R. Orazizadeh, A. Rajabi and M. Nabi Ilkaei. 2018. Stability and adaptability analysis in sugar beet varieties for sugar content using GGE-biplot and AMMI methods. Bulgarian J. Agric. Sci. 24: 40-45.

Nowosad, K. and A. Liersch. 2016. Genotype by environment interaction for seed yield in rapeseed (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. Euphytica, 208: 187-194.

Pinthus, M. J. 1973. Estimates of genotypic value: a proposed method. Euphytica, 22: 345-351.

Rezaizad, A. and F. Moradgholi. 2017. Evaluation of seed yield stability of oilseed rape genotypes in cold and temperate-cold environments. Iran. J. Crop Sci. 19: 13-25. (In Persian with English abstract).

Roemer, T. 1917. Sind die ertragsreichen Sorten ertragssicherer? Mitt. DLG, 32: 87-89.

Scapim, C. A., V. R. Oliveira, A. L. Braccini, C.D. Cruz, C. A. B. Andrade and C. G. M. Vidigal. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. Genet. Mol. Biol. 23: 387-393.

Seymour, M., J. A. Kirkegaard, M. P. Peoples, P. F. White and R. J. French. 2012. Break-crop benefits to wheat in Western Australia – insights from over three decades of research. Crop Pasture Sci. 63:1-16.

Shohrabi, S. S., H. Dehghani and B. Alizadeh. 2014. Grouping of promising winter rapeseed (*Brassica napus* L.) lines based on genotype × environment interaction. Seed Plant Improv. J. 4: 807-820. (In Persian with English abstract).

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237 – 245.

Tahira, A. R., A. K. Mubashir and A. Muhammad. 2013. Stability analysis of canola (*Brassica napus* L.) genotypes in Pakistan. Glob. Adv. Res. J. Agric. Sci. 2: 270-275.

Tai, G. C. C. 1971. Genotypic stability analysis and application to potato regional trials. Crop Sci. 11: 184–190.

Wricke, G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung derökologischen Streubreite in Feldversuchen. Z Pflanzenz, 47:92–96.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]

Interaction effect of genotype×environment forseed yield of winter hybrids and open pollinated oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes

Motthari, A. R. [1], E. Majidi Hervan[2], B. Alizadeh[3] and M. Khosroshali[4]

ABSTRACT

Motthari, A. R., E. Majidi Hervan, B. Alizadeh and M. Khosroshali. 2018. Interaction effect of genotype×environment forseed yield of winter hybrids and open pollinated oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes**. Iranian Journal of Crop Sciences. 20(3): 237-251. (In Persian).**

To study the stability of seed yield of winter oilseed rape genotypes in target areas and to compare the types of stability parameters, experiments were conducted in randomized complete block design with 15 genotypes and a control cultivar (total of 16 genotypes) with three replications during the two growing seasons of 2015-2017 in four cold and semi cold locations (Kabutarabad-Isfahan, Torogh-Mashhad, Islamabad-e-Gharb, Karaj), Iran. Results of analysis of variance showed a significant difference between the oilseed rape genotypes in some locations. After confirming the homogeneity of variance of experimental errors in different environments, combined analysis of variance was performed with the assumption of the fix effect of genotypes and random effect of location and year. Results showed that the environment, genotype and genotype×environment effects were significant at 1% probability level and genotypes had different performance in different environments. The greatest contribution of the variations was related to the environmental effect (32.83%). The statistical methods consisted of; environmental variation coefficient, stability variance, ecovalence, environmental variance, mean square deviations from regression line, coefficient of determination, regression coefficient Tai regression (Alpha and Lambda) and simultaneous selection index were used to determine the stable and high yielding genotypes. Although there was a possibility of selection for performance and stability by a functional criterion, but due to the existence of low and variable Spearman correlations between different types of indices, except for the simultaneous selection index and grain yield, a combination of different methods of stability was used and G4 (ES Alonso), G7 (Es Kamilo) and G16 (Okapi) genotypes were identified as stable and high yielding genotypes. It concluded that the selected genotypes could be used for cultivation in cold and mild cold regions of the country.

Key words: Genotype×environment, Stability parameters, Winter oilseed rape and Variable Spearman correlation.

Received: March, 2018 Accepted: August, 2018

1. PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: alizadeh.bahram@gmail.com)
4. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.3.5.2]