دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جنس براسیکا (*Brassica* spp.) در شرایط تنش خشکی با استفاده از پارامترهای آماری و روش‌های گرافیکی GGE-biplot

داود رودی[۱]، غلامرضا قدرتی[۲]، نرجس کازرانی[۳] و بهرام مسعودی[۴]

۱- مرکز تحقیقات کشاورزی آموزش و منابع طبیعی، خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران،
(نویسنده مسوول: roodi_dave@yahoo.com)
۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد-دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، برازجان، ایران
۴- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۱
صفحه: ۱۳۸ تا ۱۴۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش آبی بخصوص تنش خشکی آخر فصل رشد، از مهمترین تنش‌های محیطی است که به تولید دانه روغنی کلزا (*Brassica napus* L.) در ایران خسارت وارد می کند. بسیاری از پژوهشگران بر استفاده از ژنوتیپ‌های پایدار و متحمل به خشکی به‌عنوان راهکاری برای کاهش عملکرد دانه ناشی از این تنش تاکید دارند.

مواد و روش‌ها: به‌منظور شناسایی ژنوتیپ های با عملکرد بالا و پایدار، این طرح با مقایسه عملکرد تعداد ۲۴ ژنوتیپ از سه گونه کلزا (*Brassica napus*)، شلغم روغنی (*B. rapa*) و خردل هندی (*B. juncea*) در دو سال زراعی، در یک مکان و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. هر ژنوتیپ در یک پلات ۶ متر مربعی کشت گردید و آبیاری در مراحل مختلف رشدی شامل زمان کاشت، استقرار بوته، ساقه روی، گلدهی و پرشدن دانه در شرایط نرمال انجام شد و در شرایط تنش خشکی از آبیاری در مرحله پرشدن دانه اجتناب گردید. در زمان رسیدگی کامل، عملکرد دانه دو ردیف وسط اندازه‌گیری شد. پس از تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌ها، از آماره‌های ضریب رگرسیون، واریانس انحراف از رگرسیون، واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک برای ارزیابی میزان پایداری عملکرد دانه استفاده شد و درنهایت به‌منظور تحلیل بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ با محیط از تجزیه مدل GGE-biplot استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عملکرد دانه تحت تاثیر فاکتورهای محیطی قرار گرفت. بر اساس کلیه پارامترهای پایداری مورد محاسبه، ژنوتیپ‌های کلزا شماره ۴ ، ۶، ۸ و ۱۰ به‌ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۲۷۲۵، ۲۸۲۰، ۳۰۷۹ و ۲۷۲۹ کیلوگرم در هکتار انتخاب شد که دارای عملکرد بیشتر از میانگین کل، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا پایین‌تر، ضریب رگرسیون معادل یک و واریانس انحراف از خط رگرسیون پائین بود. همچنین ژنوتیپ‌های کلزا شماره ۳ و ۱۷ با میانگین عملکرد دانه ۲۶۶۰ و ۲۷۵۱ کیلوگرم در هکتار و خردل هندی شماره ۲۳ (BP.18) با میانگین عملکرد ۲۹۵۸ دارای پایداری متوسط خوبی می باشند. از نظر رتبه کلی عملکرد دانه، لاین خردل هندی شماره ۲۳ با میانگین عملکرد ۲۹۵۸ کیلوگرم در هکتار پس از لاین‌های کلزا شماره ۸ و ۱۶ با میانگین عملکرد ۳۰۷۹ و ۳۰۷۱ در جایگاه سوم قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: هرچند که لاین کلزا شماره ۸ در این آزمایش از برتری عملکرد و پایداری بالایی برخوردار بود اما این نتایج نشان‌دهنده پایداری و برتری نسبی عملکرد لاین خردل هندی شماره ۲۳ نیز هست. گونه خردل هندی دارای شاخصه‌های مثبتی مانند مقاومت به آفات، زودرسی، تحمل به ریزش و مقاومت به خشکی می باشد می‌توانند در مناطقی از کشور که احتمال وقوع تنش خشکی وجود دارد به بهره برداران معرفی گردد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ- محیط، پارامترهای پایداری، تنش رطوبتی، خردل هندی، شلغم روغنی، کلزا

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی جنس براسیکا است که دانه آن دارای ۴۵-۴۰ درصد روغن و ۳۵-۳۰ درصد پروتئین می‌باشد (۶). سطح کشت و تولید دانه این گیاه روغنی در دهه‌های گذشته رو به افزایش بوده بطوریکه در سال ۲۰۱۷ میلادی سطح زیر کشت به ۳۵ میلیون هکتار و تولید دانه آن۷۶ به میلیون تن افزایش‌یافته است که نسبت به سال ۲۰۰۰ سطح کشت و میزان تولید آن به‌ترتیب ۶۰ و ۱۵۰ درصد افزایش‌یافته است (۱۰). برنامه توسعه کشت کلزا در طی سالیان اخیر در ایران نیز موردتوجه زیادی قرارگرفته است و به دلیل واقع‌شدن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک پروژه‌های اصلاح و معرفی ارقام به مقاوم به خشکی کلزا حائز اهمیت فراوانی است (۱۶،۲۹). دو گونه مهم دیگر خانواده براسیکا شلغم روغنی و خردل هندی می باشد که با وجود دارا بودن صفاتی مانند تحمل به تنش خشکی، مقاومت به ریزش دانه، مقاومت به آفات و همچنین صفت زودرسی که خود باعث فرار از تنش خشکی آخر فصل در مناطقی که با کمبود بارندگی بهاره همراه هستند (۶)، مورد توجه کمی قرار گرفته است و تحقیقات کمی در رابطه با تحمل آنها به تنش خشکی انجام شده است. دستیابی به ارقام روغنی جنس براسیکا متحمل به خشکی و پایدار که دارای عملکرد بیشتر در شرایط تنش خشکی باشند به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مقابله با تنش خشکی مطرح است. پایداری عملکرد یک گیاه زراعی درواقع عبارت از توانایی تولید موفقیت‌آمیز آن در محیطی خاص است. به‌طوری‌که یک گیاه بایستی بتواند سرما، گرما، کمبود یا اضافه بودن آب، تغییرات طول روز، شدت نور و دامنه وسیعی از شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را در جهت رشد و نمو موفقیت‌آمیز خود تحمل نماید. تغییرات در شرایط محیطی ازجمله اثر مکان، نوسانات فصلی و اثر متقابل آن‌ها باهم به‌شدت بر عملکرد ژنوتیپ‌ها در رابطه با پتانسیل عملکرد تأثیر دارد (۱). زمانی که ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی پاسخ‌های متفاوتی می‌دهند گفته می‌شود که پدیده اثر متقابل ژنوتیپ با محیط رخ داده است (۳۸). در این شرایط پیش‌بینی فنوتیپ دشوار می‌گردد و سودمندی فرآیند انتخاب که در اصلاح نباتات شدیداً به کیفیت پیش‌بینی‌های فنوتیپی بستگی دارد، کاهش می‌یابد. در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ در

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

محیط، تجزیه مرکب نمی‌تواند پایدارترین واریته را مشخص نماید (۱۳). به دلیل اثر متقابل ژنوتیپ با محیط، گزینش ژنوتیپ‌های پایدار که در محیط‌های مختلفی که در آن‌ها رشد می‌کنند دارای اثرات متقابل کمتری باشند، بسیار لازم است (۲۳). ابرهارت و راسل (۹) نشان دادند که اگر عملکرد تحت کنترل ژنتیکی باشد، برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف می‌تواند قابل برنامه‌ریزی باشد. یک رقم تجاری برای اینکه ازلحاظ تجاری بتواند موفق باشد بایستی عملکرد بسیار خوبی در طیف وسیعی از شرایط کشاورزی و اقلیمی داشته باشد (۲۴). همچنین می‌توان ژنوتیپ‌های که دارای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط پایینی هستند را از طریق تقسیم‌بندی محیط‌های ناهمگن به محیط‌های کوچک‌تر که همگن‌تر می‌باشند و همچنین به‌وسیله گزینش ژنوتیپ‌ها با پایداری بهتر در گستره‌ای از محیط‌ها توسعه داد (۱۲). در نتیجه اثر متقابل ژنوتیپ با محیط می‌تواند هم یک فرصت و هم یک چالش برای بهنژادگران باشد. بنابراین برای دانستن تأثیرات محیطی بر بیان فنوتیپی یک واریته راحت‌ترین روش کشت آن در محیط‌ها و مکان‌های مختلف هست (۲۱). برای تعیین ژنوتیپ برتر در صورت وجود اثر متقابل می‌توان پارامترهای پایداری را برآورد نمود. بسیاری از محققین بر اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط اشاره داشته و ابراز نموده‌اند که محاسبه میانگین عملکرد، به‌تنهایی مطلوب نیست و بنابراین باید بر ارزیابی ژنوتیپ‌ها که می‌توانند عملکرد بهتری حتی با وجود نوسان در محیط داشته باشند تأکید گردد (۱۷). یک واریته یا ژنوتیپ زمانی به‌عنوان سازگارترین یا پایدارترین ژنوتیپ در نظر گرفته می‌شود که میانگین عملکرد بالا داشته ولی دارای نوسان کم عملکرد در محیط‌های متنوع باشد (۵). بنابراین تجزیه‌های آماری اثر متقابل ژنوتیپ با محیط که موسوم به تجزیه پایداری هستند، گامی اساسی در جهت پیشرفت برنامه‌های اصلاحی محسوب می‌شوند.

بخش قابل‌توجهی از کارهای اصلاح نباتات محققان مختلف در سراسر جهان در مورد برآورد اثرمتقابل ژنوتیپ در محیط از طریق انجام آزمایشات چندمکانی تکراردار هست که ازجمله آن‌ها می‌توان در محصولات کتان (۲)، خردل (۲۲) آفتابگردان (۱۵) و کنجد (۷،۲۱،۱۹،۳۹) اشاره نمود. تفسیر اثرات متقابل، شناسایی محیط‌های هدف و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری خصوصی و عمومی برای محیط‌های موردمطالعه و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در سال‌های مختلف از اهداف مهم در بررسی ژنو تیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مختلف هست.

روش‌های بی‌شماری برای تجزیه‌وتحلیل آزمایشات چند منطقه‌ای به‌منظور بدست آوردن الگوی اثر متقابل ژنوتیپ با محیط و برآورد پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها به‌وسیله دانشمندان مختلف ایجاد شده است که هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هست. به‌عنوان مثال می‌توان به روش رگرسیون مشترک (۲۸،۱۳،۹)، تجزیه مدل امی (۱۴) و همچنین جدیدترین و محبوب‌ترین روش که روشGGE بای پلات (اثر اصلی ژنوتیپ به‌علاوه اثر متقابل ژنوتیپ با محیط) (۳۷) هست. شاخص پایداری اکووالانس ریک که یکی از پرکاربردترین روش‌های تعیین پایداری است توسط ریک (۳۲) ارائه شد که مستقیماً به اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر ژنوتیپ بستگی داشت. استفاده از ضریب شیب خط رگرسیون با پیشنهاد فینلی و ویلکینسون (۱۳) فراگیر گردید. واریانس پایداری شوکلا نیز مشابه اکوولانس ریک است که توسط شوکلا (۳۰) ارائه گردید و مجموع اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را به اجزای مرتبط به هر یک از ژنو تیپ‌ها تقسیم و سهم هر یک را در تشکیل این اثر متقابل تعیین می‌کند. روش بای پلات به دلیل استفاده آن در بررسی‌های محیط‌های زیاد، ارزیابی ژنوتیپ‌ها وارزیابی مناطق به‌طور فزاینده‌ای توسط اصلاح‌گران مورداستفاده قرار می‌گیرد (۳۳). این روش از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ با محیط به بهنژادگر کمک می‌نماید تا پایداری ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های مختلف ارزیابی نموده و روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به نژادی را بررسی نماید (۱۸). مطالعات مختلف، موفقیت این فن را دریافتن الگوی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها بین محیط‌ها، تائید کرده‌اند.

مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ با محیط می‌تواند به ارزیابی موفقیت‌آمیز ژنوتیپ‌های سه گونه مهم جنس براسیکا (کلزا، شلغم روغنی و خردل هندی) که دارای پایداری عملکرد در گستره‌ای از مناطق هستند بیانجامد. این آزمایش به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار و توصیه بهترین این ژنوتیپ‌ها برای مناطق مختلف کشت کلزا به‌منظور تقویت تولید دانه روغنی در این مناطق است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۴ ژنوتیپ از سه گونه *Brassica. napus*، *B. rapa* و *B. juncea* در منطقه کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به مدت دو سال در یک مکان و در شرایط نرمال و تنش خشکی کشت شدند (جدول ۱). منطقه کرج به دلیل داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشکی، جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است. بر اساس اطلاعات ۳۰ ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی منطقه ۲۴۳ میلی‌متر درسال است.

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. Characteristics of genotypes studied

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ/رقم	گونه	نام	تیپ رشد
۱	SG63	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۲	SG55	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۳	SG26	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۴	SG10	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۵	SG4	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۶	SG5	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۷	SG59	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۸	SG17	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۹	SG9	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۱۰	SG62	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۱۱	SG19	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۱۲	HYOLA401	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۱۳	RGS003	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۱۴	SARIGOL	*Brassica napus*	کلزا	بهاره
۱۵	OKAPI	*Brassica napus*	کلزا	زمستانه
۱۶	ZARFAM	*Brassica napus*	کلزا	نیمه زمستانه
۱۷	RINBOW	*B. rapa*	شلغم روغنی	بهاره
۱۸	SWC3162	*B. rapa*	شلغم روغنی	بهاره
۱۹	PARKLAND	*B. rapa*	شلغم روغنی	بهاره
۲۰	ECHO	*B. rapa*	شلغم روغنی	بهاره
۲۱	GOLDRUSH	*B. rapa*	شلغم روغنی	بهاره
۲۲	SWCHOTSHOT	*B. rapa*	شلغم روغنی	بهاره
۲۳	BP.18	*B. juncea*	خردل هندی	بهاره
۲۴	LANDRACE	*B. juncea*	خردل هندی	بهاره

زمین آزمایشی با انجام عملیات زراعی شامل شخم پاییزه، دو دیسک عمود برهم، تسطیح با لولر و کوددهی بر اساس نیاز غذایی خاک و ایجاد جوی و پشته به فواصل ۶۰ سانتی‌متر آماده شد. هر ژنوتیپ در ۴ خط ۵ متری (هر دو خط بر روی یک پشته با فاصله ۳۰ سانتی‌متر) با فاصله دو بوته روی هر خط ۵ سانتی‌متر کشت گردید. آبیاری به‌صورت آبیاری جوی و پشته‌ای در مرحله کاشت، استقرار بوته، مرحله ساقه‌دهی، مرحله گلدهی، مرحله پر شدن دانه که در محیط تنش آبیاری در مرحله پر شدن دانه انجام نگرفت. در طی فصل رشد سایر مراقبت‌های زراعی لازم ازجمله مبارزه با آفات و علف‌های هرز انجام پذیرفت. در پایان دوره رشد و پس از رسیدگی کامل، بوته‌های دو خط میانی کرت به طول چهار متر (نیم متر اول و آخر هر خط حذف گردید) برداشت گردید و عملکرد دانه هر ژنوتیپ در هکتار محاسبه شد. نتایج مربوط به عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برای هر شرایط به‌طور جداگانه مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و در ادامه عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برای کلیه شرایط و سال‌ها مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت. سپس از آماره‌های تک متغیره شامل ضریب رگرسیون، واریانس انحراف از رگرسیون، واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک برای ارزیابی میزان پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها استفاده شد و در نهایت به‌منظور تحلیل بهتر اثرات متقابل ژنوتیپ‌ها با محیط از تجزیه مدل GGE-biplot استفاده گردید (۳۶). از نرم‌افزارهای SAS، R و GenStat جهت تجزیه‌های آماری استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده برای هرکدام از محیط‌ها به‌طور جداگانه انجام شد که نتایج حاکی از اثر معنی‌دار ژنوتیپ بود که نشان می‌داد بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه در تمامی محیط‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده صفت عملکرد دانه در واحد سطح در محیط‌ها و سال‌های مختلف

Table 2. Simple analysis of variance of grain yield per unit area at different environments and years

منابع تغییرات		درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد در واحد سطح در مکان‌ها و سال‌های مختلف			
S.O.V		d.f	کرج نرمال (۱)	کرج تنش (۲)	کرج نرمال (۳)	کرج تنش (۴)
			سال اول	سال اول	سال دوم	سال دوم
تکرار	Rep	۲	۶۵۷۰/۸۸^{ns}	۱۳۸۸/۵^{ns}	۳۹۲۰۱۸*	۲۹۱۵۶۷/۱*
ژنوتیپ	Genotype	۲۳	۳۲۲۴۸۲/۵۴**	۵۸۵۹۰۶**	۴۵۸۷۸۳**	۳۵۲۳۵۶/۴۷**
خطای آزمایشی	Error	۴۶	۳۹۴۹۴/۵۷	۲۵۷۹۴	۹۳۷۶۰	۷۹۶۲۴/۲۷
ضریب تغییرات	C.V%		۶/۲۵	۶/۱۵	۱۱/۴۲	۱۳/۰۲

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و معنی‌دار در سطح ۱٪

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر محیط، سال و ژنوتیپ برای عملکرد دانه بود (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر ساده محیط و سال، نشان می‌دهد که عوامل محیطی سبب اختلاف در میزان عملکرد ژنوتیپ‌های موردمطالعه شده است. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ با محیط و سال نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در واکنش به

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

محیط‌ها و سال‌ها دارای نوساناتی بودند. تجزیه مرکب داده‌ها فقط اطلاعاتی در مورد وجود و یا عدم وجود اثر متقابل ژنوتیپ با محیط و سال ارائه می‌دهد و لذا تجزیه پایداری برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدارتر سودمند خواهد بود. در چنین شرایطی انتخاب بر اساس عملکرد برای این ژنوتیپ‌ها کافی نیست و برای حصول عملکرد مطلوب دانه نیاز به ژنوتیپ‌های است که سازگاری خوبی با شرایط محیطی مورد آزمایش داشته باشند. برای تشخیص ژنوتیپی که در تمام شرایط عملکرد قابل قبولی داشته و سازگاری وسیعی را با محیط‌های مختلف دارا باشد، بایستی اقدام به بررسی سازگاری ژنوتیپ ها و پایداری عملکرد آن‌ها در محیط‌های مختلف نمود. از این‌رو تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از آماره‌های موردنظر انجام پذیرفت. از طرف دیگر با توجه به وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ژنوتیپ ها با سال و محیط در هنگام انتخاب بهترین ژنوتیپ، باید سعی شود ژنوتیپی انتخاب شود که باوجود تولید محصول زیاد، نوسان عملکرد کمتری داشته باشد و به عبارت دیگر از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار باشد (۱۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد دانه در واحد سطح

Table 3. Combined analysis of variance of grain yield per unit area

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد در واحد سطح
محیط	۱	۲۱۰۶۳۸۳۶**
سال	۱	۱۶۰۳۸۰۸۸/۰۸**
محیط × سال	۱	۵۳۰۵۶/۵۳^{ns}
اشتباه ۱	۸	۱۷۲۸۸۶/۱۹
ژنوتیپ	۲۳	۵۴۵۲۷۷/۸۵**
ژنوتیپ × محیط	۲۳	۳۶۴۵۷۸/۰۶**
ژنوتیپ × سال	۲۳	۴۲۷۷۵۵/۶۱**
ژنوتیپ × محیط × سال	۲۳	۳۸۱۹۱۷/۳۲**
اشتباه ۲	۸۴	۵۹۶۶۸/۳۱

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪

معیارهای پایداری عملکرد با استفاده ازروش‌های مختلف تعیین شد (جدول ۴) و نتایج نشان داد که میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه معنی‌دار بود و همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده کردیم اثر متقابل بین ژنوتیپ با سال و محیط معنی‌دار بود و در اینجا نیز همان‌طور که مشاهده می‌شود شیب خط رگرسیون ژنوتیپ‌ها متفاوت است. بر اساس روش رگرسیون میانگین عملکرد دانه، به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۲۳، ۱، ۱۲ و ۱۳ باضریب رگرسیون بیشتر از یک دارای حساسیت بیشتری به تغییرات محیطی بوده و سازگاری خصوصی بیشتری به محیط‌های پربازده دارند درحالی‌که به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۱۸، ۱۹، ۱۱ و ۹ با ضریب رگرسیون کمتر از یک دارای تحمل بیشتری به تغییرات محیطی بوده و سازگاری بیشتری با محیط‌های کم بازده دارند. بر اساس روش پیشنهادی شوکلا، هرچه مقدار واریانس پایداری شوکلا کمتر باشد رقم یا ارقام پایدارتر هستند، بنابراین به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۴، ۷، ۹ و ۲۰ دارای کمترین میزان واریانس پایداری شوکلا در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بوده و درنتیجه به‌عنوان ژنوتیپ های پایدار شناسایی شدند. همچنین ژنوتیپ های شماره ۱۳، ۲۳، ۱، ۱۷ و ۱۲ به‌ترتیب دارای بیشترین میزان واریانس پایداری شوکلا در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند و بنابراین ژنوتیپ‌های با پایداری پائین شناسایی شدند. بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۴، ۷، ۹ و ۲۰ کمترین اکووالانس را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به خود اختصاص دادند و لذا این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۲۳، ۱، ۱۷ و ۱۲ به‌ترتیب دارای بیشترین میزان اکووالانس در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند و بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌ها با پایداری پایین شناسایی شدند. بررسی نتایج جدول ۴ حاکی از این است که نتایج حاصل از بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از دو پارامتر اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا باهم مشابه می‌باشند که این موضوع حاکی از تشابه این دو پارامتر در تعیین ژنوتیپ‌های پایدار است. دهقانپور (۸) نیز مشابه بودن نتایج دو آماره اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا را اعلام نمود.

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

جدول ۴- مقادیر برخی آماره‌های پایداری برای ژنوتیپ‌های جنس براسیکا در دو سال اجرای آزمایش
Table 4. Values of some stability statistics brassica genotypes in two years of experiment

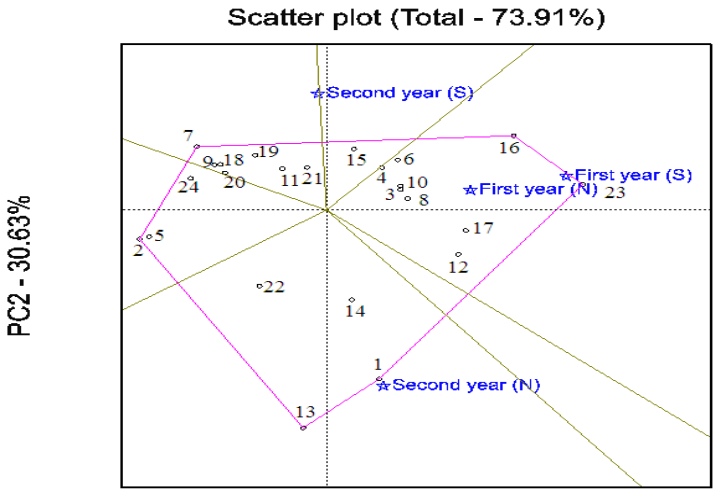
شماره ژنوتیپ	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	اکووالانس ریک (W_i^2)	واریانس پایداری شوکلا (σ_i^2)	ضریب رگرسیون (b_i)	واریانس انحراف از خط رگرسیون (S_{di}^2)
۱	۲۷۴۱/۰	۹۲۶۳۵۴/۵	۳۳۱۰۳۶/۴	۱/۵	۱۰۹۷۳۵/۳
۲	۲۳۰۷/۲	۱۸۹۲۰۳/۵	۶۲۹۸۱/۵	۰/۹	۲۶۴۵۷/۴
۳	۲۶۶۰/۲	۲۴۰۷۹۵/۲	۸۱۷۴۲/۱	۱/۳	۲۹۰۰۸/۰
۴	۲۷۲۵/۸	۱۰۴۰۰۷/۰	۳۲۰۰۰/۹	۱/۰	۱۴۷۱۵/۱
۵	۲۴۰۴/۲	۳۸۵۱۸۵/۳	۱۳۴۲۴۷/۶	۰/۹	۵۴۷۳۳/۱
۶	۲۸۲۰/۶	۲۰۶۰۴۰/۹	۶۹۱۰۴/۲	۱/۳	۲۳۰۰۴/۱
۷	۲۳۵۶/۳	۱۵۱۱۷۹/۵	۴۹۱۵۴/۶	۰/۸	۱۹۷۸۷/۴
۸	۳۰۷۹/۰	۲۸۰۷۰۸/۴	۹۶۲۵۶/۰	۰/۹	۳۹۸۵۰/۰
۹	۲۴۷۰/۴	۱۵۲۴۳۵.۰	۴۹۶۱۱/۱	۰/۶	۸۸۹۰/۷
۱۰	۲۷۲۹/۴	۱۶۸۰۴۶/۰	۵۵۲۸۷/۹	۰/۹	۲۳۵۳۲/۳
۱۱	۲۷۵۲/۱	۳۰۷۱۸۶/۳	۱۰۵۸۸۴/۳	۰/۵	۲۷۱۰۳/۳
۱۲	۲۷۵۵/۳	۴۹۱۷۳۷/۹	۱۷۲۹۹۴/۰	۱/۴	۵۸۸۸۵/۰
۱۳	۲۷۰۳/۳	۱۵۴۷۹۵۳/۰	۵۵۷۰۷۲/۲	۱/۴	۲۰۷۷۶۱/۱
۱۴	۲۶۶۵/۸	۲۸۰۸۳۷/۱	۹۶۳۰۲/۸	۱/۳	۳۲۸۹۴/۷
۱۵	۲۸۱۳/۷	۲۷۱۱۸۳/۴	۹۲۷۹۲/۴	۱/۱	۳۸۳۵۵/۳
۱۶	۳۰۷۱/۸	۲۹۱۱۹۸/۲	۱۰۰۰۷۰/۵	۰/۷	۳۶۸۴۷/۵
۱۷	۲۷۵۱/۸	۵۶۹۵۱۰/۳	۲۰۱۲۷۴/۹	۱/۹	۲۶۸۲۷/۷
۱۸	۲۴۱۲/۹	۲۰۶۲۶۹/۵	۶۹۱۸۷/۳	۰/۴	۳۱۰۱/۷
۱۹	۲۵۰۳/۹	۱۸۸۴۶۰/۸	۶۲۷۱۱/۴	۰/۵	۵۵۱۴/۴
۲۰	۲۴۶۴/۵	۱۵۵۹۵۸/۰	۵۰۸۹۲/۲	۱/۰	۲۲۱۳۸/۳
۲۱	۲۶۷۶/۷	۲۸۶۰۸۹/۸	۹۸۲۱۲/۹	۰/۳	۲۱۱۸/۰
۲۲	۲۶۳۶/۱	۳۷۱۸۸۹/۱	۱۲۹۴۱۲/۶	۰/۷	۴۶۰۸۹/۲
۲۳	۲۹۵۸/۸	۹۵۳۳۱۲/۳	۳۴۰۸۳۹/۲	۱/۷	۱۰۱۵۰۸/۳
۲۴	۲۳۸۵/۵	۱۰۸۸۶۷/۱	۳۳۷۶۸/۳	۰/۹	۱۴۷۷۶/۲
حداکثر	۳۰۷۹/۰	۱۵۴۷۹۵۳/۰	۵۵۷۰۷۲/۲	۱/۹	۲۰۷۷۶۱/۱
حداقل	۲۳۰۷/۲	۱۰۴۰۰۷/۰	۳۲۰۰۰/۹	۰/۳	۲۱۱۸/۰

متوسط مربعات انحرافات یا انحراف از رگرسیون میانگین ژنوتیپ‌ها بر روی شاخص محیطی، سهم هر ژنوتیپ و محیط را توضیح می‌دهد. بر اساس روش واریانس انحراف از خط رگرسیون، هرچه مقدار واریانس انحراف نزدیک به صفر یا حداقل باشد ژنوتیپ‌ها پایدارتر هستند، بنابراین به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۱۸، ۱۹، ۹ و ۴ دارای کمترین میزان واریانس انحراف از خط رگرسیون بوده و بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. همچنین به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱، ۲۳، ۱۲ و ۵ دارای بیشترین میزان واریانس انحراف از خط رگرسیون بوده و بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های با پایداری پایین شناسایی شدند. اگر بخواهیم بر اساس کلیه پارامترهای پایداری مورد محاسبه ژنوتیپی را انتخاب کنیم که دارای عملکرد بیشتر از میانگین کل، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا پایین‌تر، ضریب رگرسیون معادل یک و کمترین واریانس انحراف از خط رگرسیون باشد می‌توان ژنوتیپ‌های شماره ۴ ، ۶، ۸ و ۱۰ را انتخاب نمود.

نمایش چندضلعی حاصل از تجزیه GGE بای پلات ۲۴ ژنوتیپ در ۴ محیط در شکل ۱ نشان داده‌شده است. در این تجزیه دو مؤلفه اصلی اول مدل رگرسیون مکانی، حدود ۷۴ درصد از کل تغییرات مشاهده‌شده (مجموع اثرات ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) را توجیه نمودند. ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهنده رئوس چندضلعی (۱،۲۳،۱۶،۷،۲،۱۳) بهترین و یا ضعیف‌ترین عملکرد دانه را در برخی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها داشتند، چراکه آن‌ها بیشترین فاصله از مرکز بای پلات را دارند (۳۴).

با توجه به خطوط عمودی بر هر ضلع پلی‌گون، محیط‌ها به سه و ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تفکیک شدند. در اولین گروه محیطی، شرایط نرمال در سال دوم واقع شد و ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۱ بیشترین عملکرد را در این محیط داشتند. در دومین گروه محیطی (شامل محیط نرمال و تنش سال اول) ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۱۶ بیشترین عملکرد را داشتند. در سومین گروه محیطی که شامل محیط تنش در سال دوم بود ژنوتیپ شماره ۷ بیشترین عملکرد را داشت. ژنوتیپ‌های ۲، ۵ و ۲۴ در هیچ‌یک از محیط‌ها برتر نبودند و کمترین متوسط عملکرد را در تمامی محیط‌ها داشتند. همچنین ژنوتیپ های واقع در نزدیکی مرکز بای پلات (۱۱،۲۱) ضمن داشتن عملکردی متوسط، از کمترین برهمکنش ژنوتیپ × محیط برخوردار بودند و می‌توان ابراز نمود که از سازگاری عمومی خوبی برخوردار می‌باشند. ژنوتیپ ایده‌آل بایستی از بیشترین میانگین عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه و پایدار نسبت به شرایط محیطی برخوردار باشد (۳۵). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول بر روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در برهمکنش ژنوتیپ در محیط باشد، تعریف شده است (۲۵). اگرچه چنین ژنوتیپی در عمل وجود ندارد اما می‌تواند به‌صورت یک رفرنس برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد. ژنوتیپی ایده‌آل است که به این رفرنس نزدیک‌تر باشد. بنابراین برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای پلات به‌منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است (شکل ۲).

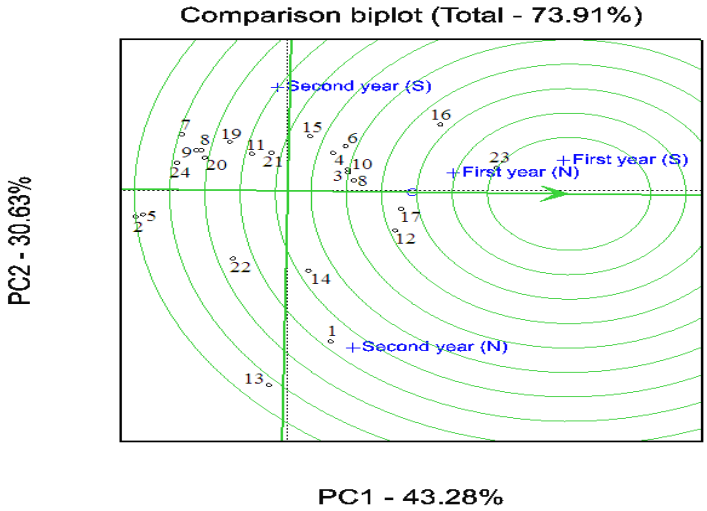
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]



شکل ۱- نمای چندضلعیGGE بای‌پلات برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف، PC1= اولین مؤلفه اصلی، PC2= دومین مؤلفه اصلی

Figure 1.GGE-biplot polygon view to identify superior genotypes in different environments. PC1 = first principal component, PC2 = second principal component

بنابراین ژنوتیپ‌های ۲۳، ۱۶، ۱۷، ۱۲ و ۸ را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب در نظر گرفت چراکه آن‌ها به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر بوده و از میانگین عملکرد و پایداری بالایی برخوردار هستند. از لحاظ میانگین کل عملکرد در چهار محیط، ژنوتیپ شماره ۲۳ (خردل هندی) با عملکرد ۲۹۵۹ کیلوگرم در هکتار پس از ژنوتیپ شماره ۸ (با عملکرد ۳۰۷۹ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ شماره ۱۶ (با عملکرد ۳۰۷۱ کیلوگرم در هکتار) در رتبه سوم قرار گرفت است اما از لحاظ میانگین عملکرد در محیط تنش در رتبه دوم بعد از ژنوتیپ ۱۶ قرار گرفته است و از لحاظ عملکرد در شرایط نرمال در رتبه چهارم بعد از ژنوتیپ‌های ۸، ۱۳ و ۱ قرار گرفته است که نمایانگر این مطلب می باشد که این ژنوتیپ در شرایط تنش بازدهی بهتر داشته است. در مقابل ژنوتیپ های ۲، ۵، ۲۴، ۷ و ۹ به‌عنوان ژنوتیپ‌های نامطلوب تعیین شدند زیرا دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل بودند. بایستی به این مطلب توجه داشت که پایداری به‌تنهایی بی‌معنی است یعنی اینکه ارقام کمتر پایدار که متوسط عملکرد خوبی دارند، بهتر از ارقام پایداری هستند که عملکرد خوبی ندارند (۳۱).



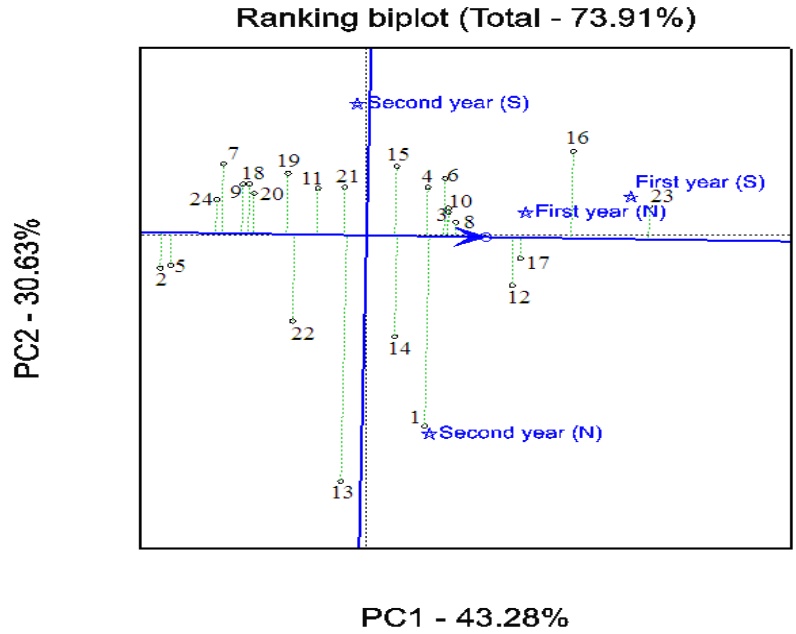
شکل ۲- نمودار GGE بای‌پلات بر اساس مقیاس‌بندی متمرکزشده روی ژنوتیپ‌ها برای مقایسه ژنوتیپ‌های ارزیابی‌شده با ژنوتیپ ایده‌آل در ۶ محیط

Figure 2. GGE-biplot based on genotype-focused scaling for comparison of evaluated genotypes with the ideal genotype in 6 environments

ارزیابی همزمان ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و پایداری یکی از جنبه‌های مهم مدل GGE بای‌پلات است. شکل ۳ رتبه‌بندی ۲۴ ژنوتیپ بر اساس عملکرد دانه و پایداری عملکرد در محیط‌های مختلف را نشان می‌دهد. خط دارای علامت فلش که از مرکز بای پلات و از نقطه ایده‌آل (که نماینده متوسط ضرایب دو مؤلفه اول برهمکنش در مدل GGE بای‌پلات

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

است) می‌گذرد، خط متوسط عملکرد محیطی (AEC) نامیده می‌شود (۳۴). ژنوتیپ‌هایی که به مرکز دایره که بر روی این خط قرار دارند نزدیک‌تر باشند دارای عملکرد بیشتری می‌باشند. خطی که بر خط AEC عمود و از مرکز بای پلات می‌گذرد معیار سنجش پایداری ژنو تیپ‌ها است. هر چه ژنوتیپ‌ها از این خط AEC فاصله بیشتری داشته باشند در برهمکنش نقش بیشتری داشته و پایداری کمتری خواهند داشت. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۸، ۳ و۱۰ جزو پایدارترین ژنوتیپ ها محسوب می‌شوند. همچنین ژنوتیپ های ۱۷ و ۲۳ جزو ژنوتیپ‌هایی با پایداری متوسط محسوب می‌شوند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱، ۱۴، ۲۲ و ۱۶ ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب شدند.



شکل ۳- نمای خط متوسط عملکرد محیطی بر اساس مقیاس‌بندی متمرکزشده روی محیط‌ها برای میانگین عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌ها در ۶ محیط

Figure 3. Average environment coordination (AEC) views of the GGE-biplot based on environment-focused scaling for the means performance and stability of genotypes in 6 environments

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد بر اساس مقادیر پارامترهای پایداری اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۶، ۸ و ۱۰ (ژنوتیپ‌های بهاره کلزا) انتخاب گردید که از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ شماره ۸ در تجزیه بای‌پلات نیز مورد تائید قرار گرفت که دارای پایداری و عملکردی بالاتر از متوسط است. ژنوتیپ‌های ۳، ۱۷ و ۲۳ نیز دارای پایداری متوسط خوبی می‌باشند. هرچند که نتایج پارامترهای آماری با نتایج بای‌پلات تطابق صددرصد نداشت و در بعضی موارد نتایج این دو قسمت عکس یکدیگر عمل می‌کنند و این مطلب توسط سایر محققین نیز اشاره شده است (۱،۳،۲۶،۲۷). ژنوتیپ شماره ۸ که یک ژنوتیپ حاصل از تلاقی و گزینش به روش شجره‌ای است، نوسانات کمتری را در محیط‌های مورد آزمون نشان داده است و از نظر میانگین عملکرد نیز در جایگاه مناسبی نسبت به سایر ژنو تیپ‌ها داشته است و می‌توان از پتانسیل آن در برنامه‌های اصلاحی آتی استفاده نمود.

ژنوتیپ شماره ۲۳ (با عملکرد دانه ۲۹۵۹ کیلوگرم در هکتار) یک لاین از گونه خردل هندی است از لحاظ میانگین کل عملکرد در چهار محیط پس از ژنوتیپ شماره ۸ (با عملکرد ۳۰۷۹ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ شماره ۱۶ (با عملکرد ۳۰۷۱ کیلوگرم در هکتار) در رتبه سوم، از لحاظ میانگین عملکرد در محیط تنش در رتبه دوم بعد از ژنوتیپ ۱۶ و از لحاظ عملکرد در شرایط نرمال، در رتبه چهارم بعد از ژنوتیپ‌های ۸، ۱۳ و ۱ قرار گرفته است که این مطلب نمایانگر این مطلب می‌باشد که این ژنوتیپ در شرایط تنش بازدهی بهتر داشته است و مطابق نمودارهای GGE بای‌پلات این ژنوتیپ جز ژنوتیپ‌های با پایداری متوسط محسوب می‌گردد. نظر به اینکه ژنوتیپ شماره ۲۳ متعلق به گونه خردل هندی است و این گونه دانه روغنی، دارای شاخصه‌های مثبتی مانند مقاومت به آفات، زودرسی، تحمل به ریزش و تحمل به تنش خشکی می‌باشد، می‌تواند در مناطقی از کشور که احتمال وقوع تنش خشکی وجود دارد به بهره‌برداران معرفی گردد.

تشکر و قدردانی

از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر که هزینه‌های این طرح پژوهشی (به شماره مصوب: ۸۷۱۸۲-۰۳-۷۱-۰۲۱) را تأمین نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

منابع

1. Abate, M. 2015. Genotype x Environment analysis for seed yield and its components in sesame (*Sesamum indicum* L.) evaluated across diverse agro-ecologies of the Awash valleys in Ethiopia. Journal of Advanced Studies in Agricultural, Biological and Environmental Science, 2(4): 1-14.
2. Adugna, W. and M.T. Labuschagne. 2002. Genotype-environment interactions and phenotypic stability analysis of linseed in Ethiopia. Plant Breeding, 121: 66-71.
3. Alberts, M. 2004. A Comparison of Statistical Methods to Describe Genotype X Environment Interaction and Yield Stability in multiplication maize trials. Ph.D. Thesis, Department of Plant Sciences (Plant Breeding), Faculty of Natural and Agricultural Sciences of the University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 7-35 pp.
4. Alwala, S., T. Kwolek, M. McPherson, J. Pellow and D. Meyer. 2010. A comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. Field Crops Research, 119: 225-230.
5. Arshad, M., A. Bakhsh, A.M. Haggani and M. Bashier. 2003. Genotype x Environment Interaction for grain yield in chick pea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany, 35(22):181-186.
6. Azizi, M., A. Soltani and S. Khavari. 2006. Oilseed rape; physiology, cultivation and breeding. Jahad Daneshgahi of Mashhad, 230 p. (Translated in Persian)
7. Boshim, K., K. Churl-Whan, K. Dong-Hee and P. Jang-Whan. 2003. Interpretation of genotype x environment interaction effects on yield in sesame (*Sesamum indicum*L.). In; J. Fernandez Martinez (ed.), *Sesame and Safflower Newsletter*. No. 18. Institute of Sustainable Agriculture (ISA), Spain. pp. 20-24.
8. Dehghanpour, Z. 2006. Study of yield and stability in early maturing hybrids of maize (*Zea mays* L.). Seed and Plant Improvement Journal, 22(1): 45-53.
9. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6: 36-40.
10. Food and Agriculture Organization. 2021. Available at: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.
11. Farshadfar, E. 1998. Application of biometrical genetics in plant breeding. Second edition. Razi University Publications. Kermanshah, Iran, 404 pp (In Persian).
12. Farshadfar, E., Z. Vaisi and A. Yaghotipoor. 2011. Non parametric estimation of phenotypic stability in wheat-barley disomic addition lines. Annals of Biological Research, 2: 586-598.
13. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.
14. Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. [Online] Amsterdam, Netherland, Elsevier Science Publishers. Available at Website, http://www.cabdirect.org/.
15. Ghafoor, A., I.A. Arshad and F. Muhammad. 2005. Stability and adaptability analysis in sunflower from eight locations in Pakistan. Journal of Applied Science, 5(1): 118-121.
16. Ghodrati, Gh., D. Roodi and N. Kazarani. 2011. Comparison of yield in canola spring lines under normal and water stress conditions. Final report, available at Library of Agricultural Research, Education and Extension Organization. Record no. 90/293. 45 p. (In Persian with English summary).
17. Golmirzaie, A.M., J.W. Schmidt and A.F. Dreier. 1990. Components of variance and stability parameters in studies of cultivator's x environment interactions in winter wheat. Cereal Research Communication, 18: 249-256.
18. Hassani, M., H. Hamzeh and H. Mansour. 2021. Evaluation of adaptability and stability of root yield and white sugar yield (*Beta vulgaris* L.) in sugar beet genotypes using multivariate AMMI and GGE biplot method. Journal of Crop Breeding, 13(37): 222-235 (In Persian).
19. Hendawey, M.H. and H.I.A. Farag. 2010. Comparative studies between some sesame cultivars grown under different edaphic and climatic conditions. El-Matarya, Cairo, Egypt.
20. Ilker, E., F.A. Tonk, O. Caylak, M. Tosun and I. Ozmen. 2009.Assessment of genotype x environment interactions for grain yield in maize hybrids using AMMI and GG-biplot analyses. Turkish Journal of Field Crops, 14: 123-135.
21. John, A., N. Subbaraman and S. Jebbaraj. 2001. Genotype by environment interaction in sesame (*Sesamumindicum*L.). In; J. Fernandez Martinez (ed.), *Sesame and Safflower Newsletter*. Institute of Sustainable Agriculture (ISA), Spain, 16: 13-15.
22. Kassa, T.G. 2002. Genetic diversity analysis and genotype x environment interaction in Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun). Ph.D. Thesis. Alemaya University, Alemaya, Ethiopia. 168 pp.
23. Kumaresan, D. and N. Nadarajan. 2010. Genotype x environment interactions for seed yield and its components in sesame (*Sesamum indicum* L.). Electronic Journal of Plant Breeding, 1(4): 1126-1132.
24. Mirza, M.Y., M.A. Khan, M. Amjad and M.S. Nawaz. 2013. Stability analysis for economic traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). Pakistan Journal of Agricultural Research, 26(3).
25. Moradi, S., J. Saba, A. Tavakoli and K. Afsahi. 2021. Screen of native lentil lines yield under dryland conditions using GGE biplot method. Journal of Crop Breeding, 13(37): 119-131 (In Persian).

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

26. Muluken, B. 2007. Genotype by environment interaction and stability analysis for yield and quality traits of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) in North Western Ethiopia. MSc Thesis Presented to the School of Graduate Studies of Haremaya University, 57 pp.
27. Nigussie, K. 2012. Genotype x environment interaction of released common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties, in Eastern Amhara region. M.Sc. Thesis Presented to the School of Graduate Studies of Haremaya University, 35-40 pp.
28. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. 3. Multiple lines and crosses. Heredity. [Online] 23(3): 339-356. Available from: doi:10.1038/hdy.1969.11.
29. Roodi, D. 2013. Yield comparison of promising canola lines under drought stress condition. Final report, available at Library of Agricultural Research, Education and Extension Organization, Record no. 44431. 35 pp (In Persian with English summary).
30. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
31. Weikai, Y. 1999. A study on the methodology of cultivar evaluation based on yield trial data. Available at Website http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape2/PQDD_0018 /NQ47416.pdf.
32. Wricke, G. 1962. Uber einemethodezurrefassung der okologischenstreubretite in feldversuchen. Flazenzuecht, 47: 92-96.
33. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. Crop Science, 47: 643-655.
34. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists CRC Press, Boca Raton, FL.
35. Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. Agronomy Journal, 94: 990-996.
36. Yan, W. 2001. GGE biplot, a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.
37. Yan, W., L.A. Hunt, O. Sheng and Z. Szlanics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science. [Online] 40(3): 597-605. Available from: doi:10.2135/cropsci2000.403597x.
38. Yang, R.C. and R.J. Baker. 1991. Genotype-environment interactions in two wheat crosses. Crop Science, 31: 83-87.
39. Zenebe, M. and M. Hussien. 2009. Study on genotype x environment interaction of oil content in sesame (*Sesamum indicum* L.). Middle East Journal of Scientific Research, 4(2):100-104.

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]

Investigation the Yield Stability of Brassica Genotypes (*Brassica* spp.) under Drought Stress by using Statistical Parameters and GGE Biplot Graphical Methods

Davood Roodi[1], Gholamreza Ghodrati[2], Narjes Kazerani[3] and Bahram Masoudi[4]

1- Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran, (Corresponding author: roodi_dave@yahoo.com)
2- Safi Abad Agricultural and Natural Resources Research Center Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran
3- Bosher Agricultural and Natural Resources Research Center Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Borazjan, Iran
4- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 17 August, 2021 Accepted: 2 November, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Water stress particularly during the end of crop growing season causes a great yield loss in the production of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in Iran. Researchers emphasize on the use of stable and water stress tolerant genotypes to alleviate the impact of water stress on the crop yield.

Material and Methods: In order to identify high yielding and stable oil brassica genotypes under drought stress a total of 24 genotypes from three brassica species of *Brassica napus*, *B. rapa* and *B. juncea*, were studied in two moisture conditions (normal and drought stress) in a randomized complete block design for two years in one location; seed and plant improvement institute. Each genotype was planted in a 6-square meter plot and irrigated at different plant growth stages including planting time, seedling establishment, stem elongation, flowering and seed filling. To apply water stress, irrigation was not implemented at seed filling stage. At full maturity, two middle rows of each plot were harvested and seed yield were measured. Following simple and combined data analyzing of variance, univariate statistics, regression coefficient, deviation from regression parameter, Shukla's stability variance, and Wricke's ecovalence were used to evaluate the grain yield stability of genotypes. Finally, GGE-biplot analysis was used to better interpret the interaction of genotype with environment.

Results: The results showed that seed yield is largely influenced by environmental factors. Based on all stability parameters and biplot analysis, genotypes no. 4, 6, 8 and 10 from *B. napus* with mean yield of 2725, 2820, 3079 and 2729 kg/ha had higher yield than total mean, lower Wricke's ecovalence and Shukla's stability variance, regression coefficient equivalent to one and low deviation from regression parameter, therefore, selected as the most stable genotypes. Furthermore, genotypes no. 3 and 17 form *B. napus* and no. 23 (BP.18) from *B. juncea* with mean yield of 2660 and 2751 kg/ha showed moderate yield stability. In terms of mean yield in whole environments, line no. 23 from *B. juncea* with 2958 kg/ha ranked third after line no. 8 and 16 from *B. napus* with mean yield of 3079 and 3071 kg/ha.

Conclusion: Although line no. 8 from *B. napus* has a high yield and stability, the results of this study also implies that line no. 23 from *B. juncea* relatively has a good stability and performance under water stress and normal condition. Species *B. juncea* generally has some good agronomic characteristics such as resistance to drought, seed shattering, and pests and have early maturity that could be introduced to regions with drought stress condition.

Keywords: *Brassica napus*, *Brassica rapa*, *Brassica juncea*, Genotype-Environment Interaction, Stability Parameters, Water stress

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.138]