SID

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیه پایداری عملکرد دانه در اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) با استفاده از رگرسیون ابرهارت- راسل و سایر روش‌های تک‌متغیره

مریم درانی نژاد[۱] و قاسم محمدی‌نژاد[۲]

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، عضو انجمن پژوهشگران جوان دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- دانشیار ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی و بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان،
(نویسنده مسوول: mohammadinejad@uk.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۴

چکیده

با توجه به اهمیت بالای گیاه شنبلیله از لحاظ ارزش غذایی و دارویی، دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا، ضروری به نظر می‌رسد. عملکرد دانه یک صفت کمی است که تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد. با هدف ارزیابی پایداری و سازگاری شش اکوتیپ شنبلیله از لحاظ عملکرد دانه، آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی پژوهشکده فنآوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان در جیرفت در سه سال زراعی (۱۳۹۲- ۱۳۹۰) انجام شد. اکوتیپ‌های کرمان، کردستان، مازندران، ایلام، کهگیلویه و اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در محیط‌های مختلف شامل سه سطح سولفات آهن، سه سطح سولفات روی و سه دور آبیاری بررسی شدند. نتایج تجزیه وایانس مرکب برای عملکرد دانه نشان‌دهنده معنی‌داری اثر متقابل اکوتیپ در محیط بود. به منظور بررسی پایداری عملکرد از روش رگرسیون ابرهارت و راسل و پارامترهای تک‌متغیره شامل اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی (S^2_i) و ضریب تنوع ژنوتیپی (CV_i) استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه پایداری بر مبنای ضریب رگرسیون خطی و میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون، اکوتیپ کردستان با عملکرد بالاتر از میانگین، ضریب رگرسیون خطی نزدیک به یک و کمترین انحراف، پایدارترین اکوتیپ پرمحصول شناسایی شد و اکوتیپ کرمان با ضریب رگرسیون خطی بالاتر از واحد، بالاترین عملکرد و بیشترین انحراف، به‌عنوان ناپایدارترین اکوتیپ تشخیص داده شد. بر مبنای سایر پارامترهای پایداری محاسبه شده نیز کرمان به‌عنوان ناپایدارترین و اکوتیپ‌های کردستان و مازندران، به‌عنوان پایدارترین اکوتیپ‌ها شناسایی شدند. اکوتیپ ایلام سازگاری عمومی ضعیف و اکوتیپ اصفهان سازگاری خصوصی به محیط‌های ضعیف نشان داد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، تجزیه پایداری، رگرسیون ابرهارت- راسل، سازگاری، شنبلیله

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از گیاهان دارویی با توجه به عوارض و هزینهٔ کمتر و سازگاری بیماران به این داروها و به دلیل بروز اثرات زیان‌آور داروهای شیمیایی بر سلامت انسان، افزایش یافته است. شنبلیله[۱] با نام علمی (*Trigonella foenum-graecum* L.) متعلق به خانواده leguminosae یکی از گیاهان دارویی ارزشمند می‌باشد. تاکنون مطالعات اندکی در زمینه شناسایی و ارزیابی توده‌های متنوع موجود در کشور صورت گرفته است. با توجه به اثرات درمانی وسیع این گیاه از جمله اثرات ضددرد، ضدآترواسکلروز، ضدالتهاب، ضدنفخ، ضدسرطان، کاهش‌دهنده قندخون، کلسترول و پرفشاری خون، صفراآور، مقوی قلب، ملین و ....، در زمره بهترین گیاهان داروئی جهان قرار گرفته است (۱). همچنین برگ و دانه این گیاه به عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام محسوب می‌شود، لذا مطالعات بیشتر در زمینه افزایش تولید این گیاه را ضروری می‌نماید. بنابراین با توجه به جایگاه گیاه شنبلیله در طب سنتی ایران و جهان و خواص درمانی فراوان این گیاه و همچنین با توجه به پراکنش این گیاه در کشور، شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا ضروری می‌باشد.

ثبات عملکرد دانه، در شرایط محیطی مختلف تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد (۱۳). بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط اطلاعات مفیدی در زمینه ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد ارقام در مکان‌های مختلف در اختیار به‌نژادگر قرار می‌دهد (۹). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیانگر این است که عملکرد ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر متفاوت خواهد بود. در این حالت ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌هایی پایدار تلقی می‌شوند که کمترین واریانس را در پاسخ به تغییرات محیطی نشان دهند و در صورت غیرمعنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا گزینش می‌شوند (۱۲،۲۱).

به منظور ارزیابی اثرات متقابل، روش‌های آماری مختلفی شامل روش‌های آماری تک و چندمتغیره وجود دارد. از جمله روش‌های تک‌متغیره، می‌توان به واریانس محیطی رومئر (S^2_i)، ضریب تنوع ژنوتیپی (CV_i)، اکووالانس ریک (W_i)، واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i) و روش رگرسیون ابرهارت و راسل اشاره کرد. در یک تحقیق اسماعیل‌زاده مقدم و همکاران (۵) با استفاده از روش‌های رگرسیونی ابرهارت و راسل، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا، پایداری عملکرد دانه و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ۲۰ رقم گندم نان را بررسی کردند. تاری‌نژاد و عابدی (۱۹) با استفاده از پارامترهای مختلف از جمله واریانس محیطی رومئر و ضریب تغییرات فنوتیپی، پایداری عملکرد دانه در گندم نان را مورد بررسی قرار دادند. سوقی و همکاران (۱۸) نیز با استفاده از

1- Fenugreek

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌های مختلف تجزیه پایداری از جمله واریانس محیطی رومئر، ضریب تغییرات، اکووالانس ریک و رگرسیون ابرهارت راسل ژنوتیپ‌های پایدار در گندم نان را شناسایی کردند.

واریانس محیطی رومئر با استفاده از واریانس یک ژنوتیپ در محیط‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود. این واریانس سهم ژنوتیپ iام در آزمایش را به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط اندازه‌گیری می‌کند. بر مبنای واریانس محیطی، ژنوتیپی پایدار است که واریانس محیطی آن کمتر باشد. در این روش معمولا بین پایداری و عملکرد پایین همبستگی وجود دارد، برای رفع این نقیصه، فرانسیس و کاننبرگ (۶) ضریب تنوع ژنوتیپی را مطرح کردند. بر اساس این پارامتر ژنوتیپ‌های پایداری انتخاب می‌شوند که عملکرد بالایی داشته باشند. ریک روش پایداری اکی‌والانس را پیشـــنهاد کرد. بر مبنای این روش سهم هر ژنوتیپ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به عنوان یک معیار پایداری مناسب در نظر گرفته می‌شود. این معیار مستقیماً بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای آن ژنوتیپ می‌باشد. براساس این شاخص، ژنوتیپی پایدار است که کمترین مقدار این پارامتر را داشته باشد. اکووالانس توزیع آماری نداشته و در نتیجه امکان آزمون آماری برای آن وجود ندارد. شوکلا (۱۷) روش دیگری را برای بررسی پایداری پیشنهاد کرد و آن را واریانس پایداری نامید. واریانس پایداری یک ترکیب خطی از اکووالانس ریک است. بنابراین اکووالانس و واریانس پایداری از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسانی هستند. با توجه به اینکه واریانس پایداری تفاوت بین دو مجموع مربعات است، لذا می‌تواند منفی باشد، ولی برآوردهای منفی (σ^2_i) را می‌توان برابر با صفر در نظر گرفت. بر اساس واریانس پایداری شوکلا ژنوتیپی پایدارتر است که کمترین مقدار (σ^2_i) را داشته باشد. در روش‌های تک‌متغیره رگرسیونی، ییتز و کوکران اولین افرادی بودند که از روش رگرسیون خطی برای تجزیه پایداری استفاده کردند. در این روش اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به دو جزء ضریب رگرســیون و انحراف از رگرسیون خطی تجزیه می‌شود. این روش توسط فینلی و ویلکینسون و ابرهارت و راسل اصلاح شد. فینلی و ویلکینسون شیب خط رگرسیون را به عنوان معیاری برای تشخیص ارقام پایدار و سازگار پیشنهاد کردند. بر اساس این روش ارقامی را پایدار گویند که شیب خط نزدیک به یک داشته باشند. ابرهارت و راسل علاوه بر ضریب رگرسیون، میانگین عملکرد بالا و انحراف از رگرسیون خطی را جهت تشخیص ارقام پایدار معرفی کردند. بر مبنای این روش ژنوتیپی پایدار است که دارای میانگین عملکرد بالا، ضـریب رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از خط رگرسیون نزدیـک به صفر باشد. آزمایش‌های متعددی با هدف بررسی پایداری در شنبلیله با استفاده از این روش‌ها انجام شده است. گانگوپادیای و همکاران (۷) در یک بررسی که به منظور تجزیه پایداری عملکرد و اجزای آن در شنبلیله روش رگرسیونی ابرهارت و راسل را استفاده کردند نشان دادند یک ژنوتیپ ایده‌ال بایستی عملکرد بالا، ضریب رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از رگرسیون نزدیک به صفر داشته باشد، بر این اساس و با توجه به نتایج حاصل از آزمایش از بین ۵۵ ژنوتیپ مورد مطالعه ۱۸ ژنوتیپ پایدار را معرفی کردند. آناندراج و همکاران (۲) نیز با استفاده از این روش پایداری ارقام زردچوبه را مورد ارزیابی قرار دادند.

در مطالعه دیگر به منظور ارزیابی سازگاری و پایداری لاین‌های جهش‌یافته نخودفرنگی از روش رگرسیونی ابرهارت و راسل استفاده شد و این روش را روشی مؤثر و مفید در تشخیص لاین‌های مناسب برای برنامه‌های به‌نژادی گزارش کردند (۲۰). محمدی نژاد و رضائی (۱۴) نیز در آزمایش خود از روش رگرسیون ابرهارت و راسل به منظور بررسی پایداری و سازگاری ۹ ژنوتیپ یولاف و یک رقم جو استفاده کردند.

این پژوهش با هدف بررسی پاسخ اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله در محیط‌های مختلف، شناسایی و انتخاب اکوتیپ‌های پایدار و سازگار به مکان‌های مورد نظر جهت ایجاد ارقام پرمحصول با سازگاری وسیع انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۶ اکوتیپ مختلف شنبلیله شامل اکوتیپ‌های کرمان، کردستان، مازندران، ایلام، کهکیلویه و اصفهان طی آزمایش‌های چندمکانی در ایستگاه تحقیقاتی پژوهشکده فن‌آوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان در جیرفت بررسی شدند. منطقه جیرفت با طول جغرافیایی ۴۸ دقیقه و ۵۷ درجه و عرض جغرافیایی ۳۵ دقیقه و ۲۸ درجه و با ارتفاع ۶۲۵/۶ متر از سطح دریا در ۲۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمان واقع شده است. اکوتیپ‌های مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و در ۳ سال زراعی متوالی (۱۳۹۲– ۱۳۹۰) ارزیابی شدند. محیط‌های مورد مطالعه سال اول ارزیابی شامل ۳ سطح سولفات آهن: شاهد، (w/v) ۲×۱۰۰۰ و (w/v) ۴×۱۰۰۰، سال دوم ارزیابی شامل ۳ سطح سولفات روی: شاهد، (w/v) ۲×۱۰۰۰ و (w/v) ۴×۱۰۰۰ و سال سوم ارزیابی شامل ۳ دور آبیاری (۷روز، ۱۰ روز و ۱۴ روز) بودند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک عمود برهم و مبارزه با علف‌های هرز صورت گرفت. کشت به صورت دستی انجام گرفت. هر اکوتیپ در یک پلات شامل چهار خط به طول سه متر و فاصله بین خطوط ۴۰ سانتی‌متر کشت شدند. فاصله دو بوته روی ردیف پنج سانتی متر بود. در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم زراعی از جمله آبیاری، کوددهی و مبارزه با علف‌های هرز انجام و عملکرد دانه با حذف اثر حاشیه برای هر کرت بر اساس تن در هکتار محاسبه شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات همه محیط‌ها در ۳ سال آزمایشی، محاسبات آماری انجام شد. ابتدا، یکنواختی واریانس خطاها با استفاده از آزمون بارتلت تست شد. سپس تجزیه واریانس مرکب عملکرد با فرض ثابت بودن اکوتیپ‌ها و تصادفی بودن اثر محیط‌ها با نرم‌افزار (9.1) SAS انجام شد (۱۶). به منظور بررسی پایداری عملکرد از روش رگرسیون ابرهارت و راسل و پارامترهای تک‌متغیره شامل اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی (S^2i) و ضریب تنوع ژنوتیپی (CV_i) استفاده شد و پارامترهای پایداری با استفاده از نرم افزارهای S116 و

www.SID.ir

Archive of SID

Excel محاسبه شدند. آزمون معنی‌داری ضریب رگرسیون خطی و انحراف از رگرسیون خطی به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های t و F انجام شد. مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها نیز با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در نهایت ضریب همبستگی رتبه اسپیرمن با هدف محاسبه همبستگی رتبه بین پارامترهای پایداری موردنظر و میانگین عملکرد دانه با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18.0 محاسبه گردید.

نتایج و بحث

غیرمعنی‌دارشدن کای اسکوئر در آزمون بارتلت، حاکی از یکنواختی واریانس خطاها برای عملکرد دانه بود. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر اکوتیپ در سطح احتمال یک درصد و اثر محیط و اثر متقابل اکوتیپ در محیط در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). معنی‌دار بودن اثر اکوتیپ بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی موجود بین اکوتیپ‌ها و معنی‌دار بودن اثر محیط نیز نشان‌دهنده تفاوت محیط‌ها از لحاظ عملکرد دانه می‌باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط پاسخ متفاوت اکوتیپ‌های مختلف به شرایط محیطی متفاوت را نشان می‌دهد. اکوتیپ، محیط و اثر متقابل به ترتیب ۱۷/۲۳، ۲۲/۵ و ۱۹/۷۲ درصد از مجموع مربعات کل را توجیه کردند. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه اکوتیپ‌های شنبلیله در محیط‌های مختلف در جدول ۲ نمایش داده شده است. اکوتیپ کرمان و اکوتیپ اصفهان به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه را در بین اکوتیپ‌ها نشان دادند.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل اکوتیپ و محیط، از پارامترهای پایداری مختلفی به منظور شناسایی اکوتیپ‌های پایدار استفاده شد. یکی از متداول‌ترین روش‌های آماری جهت تعیین پایداری و سازگاری ارقام، روش رگرسیونی ابرهارت و راسل می‌باشد (۸،۹). نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد دانه در اکوتیپ‌های شنبلیله با استفاده از این روش در جدول ۱ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که اثرات محیط، اکوتیپ، اکوتیپ در محیط، محیط (خطی)، اکوتیپ در محیط (خطی) معنی‌دار و اثر انحراف مرکب غیرمعنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل اکوتیپ در محیط (خطی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار اکوتیپ‌ها از نظر شیب خط رگرسیونی می‌باشد. به بیان دیگر اکوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی می‌دهند که بیانگر نامتجانس‌بودن خطاهای رگرسیونی است. غیرمعنی‌دار شدن انحراف اکوتیپ‌های کردستان، مازندران، ایلام، کهگیلویه و اصفهان از رگرسیون خطی نشان‌دهنده این است که عملکرد این اکوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف از رابطه خطی تبعیت می‌کند و فقط این انحراف برای عملکرد اکوتیپ کرمان در محیط‌های مختلف ار می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در اکوتیپ‌های شنبلیله مطالعه شده براساس روش ابرهارت و راسل

Table 1. Combined analysis of variance for seed yield of studied fenugreek ecotypes based on Eberhart Russ method

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
محیط	۸	۰/۸۶	۰/۱۱	۳/۶۷*
تکرار در محیط	۱۸	۰/۵۴	۰/۰۳	–
اکوتیپ	۵	۰/۶۵	۰/۱۳	۶/۵**
اکوتیپ در محیط	۴۰	۰/۷۶	۰/۰۲	۲*
محیط (خطی)	۱	۰/۸۶	۰/۸۶	-
اکوتیپ در محیط (خطی)	۵	۰/۲۳	۰/۰۵	۵**
انحراف مرکب	۴۲	۰/۵۳	۰/۰۱	۱ns
اشتباه مرکب	۹۰	۱/۰۰۹	۰/۰۱	-

**: بسیار معنی‌دار (P < ۰/۰۱)، *: معنی‌دار (P < ۰/۰۵)، ns: غیرمعنی دار

پارامترهای پایداری بر مبنای روش ابرهارت و راسل در اکوتیپ‌های شنبلیله در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ضریب رگرسیون اکوتیپ‌های کردستان، مازندران، ایلام و کهگیلویه اختلاف معنی‌داری با یک ندارد، بنابراین نتیجه گرفته می‌شود از پایداری پویا برخوردار می‌باشند. از بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه، اکوتیپ کردستان با دارابودن ضریب رگرسیون b=1، میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی نزدیک به صفر، عملکرد بالاتر از میانگین و همچنین بالاترین ضریب تبیین (۷۹ درصد) به عنوان پایدارترین اکوتیپ پرمحصول شناخته شد. این اکوتیپ دارای سازگاری عمومی می‌باشد. اکوتیپ کرمان با ضریب رگرسیون بالاتر از یک (P <۰/۰۵)، دارا بودن بیشترین انحراف از خط رگرسیون و عملکرد بالاتر از میانگین به عنوان یک اکوتیپ ناپایدار و سازگار به محیط‌های مساعد شناسایی شد. این اکوتیپ از بین اکوتیپ‌های مطالعه شده بالاترین میانگین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. این نتیجه با نتایج آزمایش‌های دیگران مطابقت داشت (۸،۱۱). کاله (۱۱) در آزمایش خود که به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه در شنبلیله انجام داد به این نتیجه دست یافت که معمولاً ژنوتیپ‌های ناپایدار نسبت به ژنوتیپ‌های پایدار عملکرد دانه بالاتری دارند به این دلیل که این ژنوتیپ‌های ناپایدار به محیط‌های مساعد سازگاری خصوصی دارند. در مطالعه حاضر اکوتیپ اصفهان با ضریب رگرسیون خطی کمتر از یک سازگار به محیط‌های نامساعد تشخیص داده شد. گانگوپادیای و همکاران (۷) در مطالعه خود بر روی ۵۵ ژنوتیپ شنبلیله، ژنوتیپ IC144243 را با دارابودن ضریب رگرسیون خطی کمتر از یک و انحراف از خط رگرسیون غیر معنی‌دار به‌عنوان یک ژنوتیپ پایدار و سازگار به محیط‌های نامطلوب گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

کردند. کاکانی و همکاران (۸) ۱۳ ژنوتیپ شنبلیله را با هدف بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده از رگرسیون ابرهارت و راسل بررسی کردند و نتیجه گرفتند میانگین عملکرد دانه به صورت خطی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد و در محیط‌های نامساعد کمترین مقدار را دارد.

جدول ۲- پارامترهای پایداری بر مبنای روش رگرسیون ابرهارت و راسل در اکوتیپ‌های شنبلیله

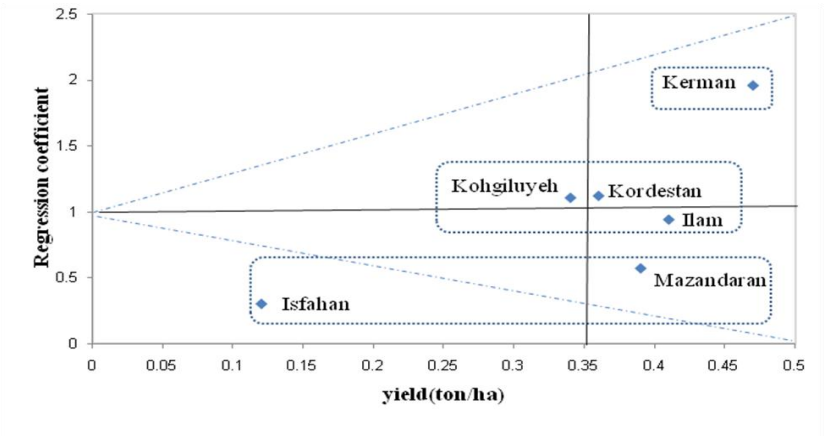
Table 2. Stability parameters based on Eberhart Russell method in fenugreek ecotypes.

اکوتیپ	میانگین عملکرد	ضریب رگرسیون	عرض از مبدا	میانگین مربعات رگرسیون خطی	میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی	ضریب تبیین
کرمان	۰/۴۷^{a}	۱/۹۶*	۱۶/۵۴	۰/۵۴	۰/۰۳**	۷۰/۳
کردستان	۰/۳۶^{b}	۱/۱۲^{ns}	۲۶/۵۳	۰/۱۸	۰/۰۰۷^{ns}	۷۹/۱
مازندران	۰/۳۹^{ab}	۰/۵۷^{ns}	۶/۶۹	۰/۰۵	۰/۰۰۷^{ns}	۴۸/۹
ایلام	۰/۴۱^{ab}	۰/۹۴^{ns}	۸/۰۸	۰/۱۳	۰/۰۲^{ns}	۵۳/۶
کهگیلویه	۰/۳۴^{b}	۱/۱۱^{ns}	۱۹/۳۶	۰/۱۸	۰/۰۰۹^{ns}	۷۳/۴
اصفهان	۰/۱۲^{c}	۰/۳**	۲/۹۷	۰/۱۳	۰/۰۰۴^{ns}	۲۹/۸

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

**: بسیار معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$)، *: معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$)، ns: غیرمعنی‌دار

به منظور بررسی پراکنش اکوتیپ‌ها، نمودار سازگاری با استفاده از میانگین عملکرد دانه و پارامتر اول پایداری ابرهارت و راسل (ضریب رگرسیون خطی) رسم شد و تجزیه خوشه‌ای جهت گروه‌بندی بهتر اکوتیپ‌ها بر اساس ضریب رگرسیون خطی انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱- پراکنش اکوتیپ‌ها براساس میانگین عملکرد دانه و ضریب رگرسیون خطی ابرهارت و راسل. (خط عمودی از نقطه میانگین عملکرد دانه می‌گذرد)

Figure1. Scatter plot of ecotypes based on mean seed yield and linear regression coefficient. (Vertical line shows the mean seed yield)

اکوتیپ‌هایی که روی خط b=1 قرار می‌گیرند دارای پایداری عمومی هستند. این اکوتیپ‌ها اگر عملکرد بالا داشته باشند دارای پایداری عمومی مطلوب و اگر عملکرد پایین داشته باشند از پایداری عمومی ضعیف برخوردارند. اکوتیپ‌های با ضریب رگرسیون بیشتر از یک دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های مساعد و اکوتیپ‌های با ضریب رگرسیون کمتر از یک دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های نامساعد هستند. با توجه به شکل (۱) اکوتیپ‌های کردستان، کهگیلویه و ایلام در یک گروه قرار گرفتند. این اکوتیپ‌ها شیب خط نزدیک به یک دارند. اکوتیپ‌های کردستان و ایلام با عملکرد بالاتر از میانگین دارای سازگاری عمومی مطلوب و اکوتیپ کهگیلویه با عملکرد نزدیک به میانگین دارای سازگاری عمومی متوسط می‌باشد. اکوتیپ‌های مازندران و اصفهان نیز در یک گروه قرار گرفتند. اکوتیپ اصفهان با ضریب رگرسیون دارای اختلاف معنی‌دار با یک و عملکرد پایین‌تر از میانگین، سازگاری خصوصی به محیط‌های نامساعد نشان داد.

سایر پارامترهای پایداری شامل اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی رومئر و ضریب تنوع ژنوتیپی در جدول ۳ ارائه شده است. بالاترین مقدار اکووالانس ریک مربوط به اکوتیپ کرمان و کمترین مقدار آن مربوط به اکوتیپ کردستان می‌باشد. براساس واریانس پایداری شوکلا، اکوتیپ کرمان بیشترین واریانس و اکوتیپ کردستان کمترین واریانس را داشت. بنابراین بر مبنای این دو پارامتر اکوتیپ کرمان به عنوان ناپایدارترین و اکوتیپ کردستان پایدارترین اکوتیپ شناسایی شد. اکوتیپ کرمان همچنین بر مبنای واریانس محیطی رومئر و ضریب تنوع ژنوتیپی بیشترین ناپایداری را دارا بود.

www.SID.ir

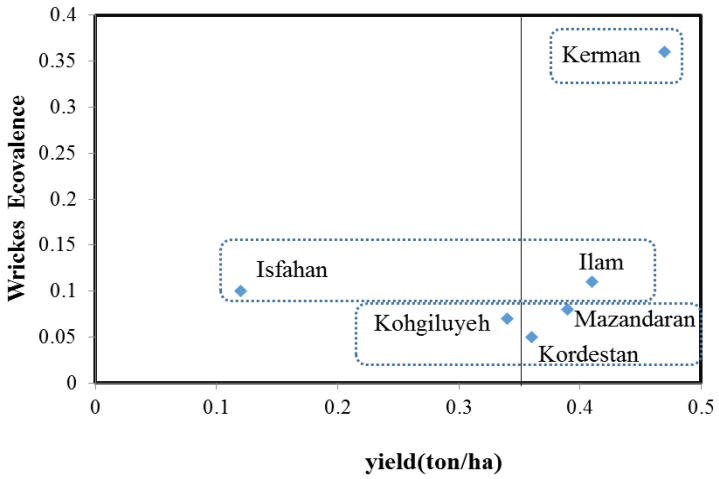
Archive of SID

جدول ۳- پارامترهای تک متغیره محاسبه‌شده به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه در اکوتیپ‌های شنبلیله

Table 3. Univariate Stability parameters to evaluate stability for seed yield in fenugreek ecotypes

اکوتیپ	ضریب تنوع ژنوتیپی	واریانس محیطی رومئر	واریانس پایداری شوکلا (σ_i^2)	اکووالانس ریک (W_i)
کرمان	۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۳۶
کردستان	۰/۴۷	۰/۰۳	۰	۰/۰۵
مازندران	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۸
ایلام	۰/۴۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۱
کهگیلویه	۰/۵۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۷
اصفهان	۰/۶۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۱

شکل (۲) پراکنش اکوتیپ‌های مطالعه شده را بر اساس اکووالانس ریک نسبت به میانگین عملکرد دانه نشان می‌دهد. بر مبنای این نمودار و تجزیه خوشه‌ای، اکوتیپ‌های کردستان، کهگیلویه و مازندران کمترین مقدار این پارامتر را دارند و در یک گروه قرار می‌گیرند. بر این اساس اکوتیپ‌های کردستان و مازندران با عملکرد دانه بالاتر از میانگین به عنوان اکوتیپ‌های پایدار و مطلوب در نظر گرفته شدند و اکوتیپ کرمان با دارابودن بیشترین مقدار این پارامتر به عنوان ناپایدارترین اکوتیپ شناسایی شد.



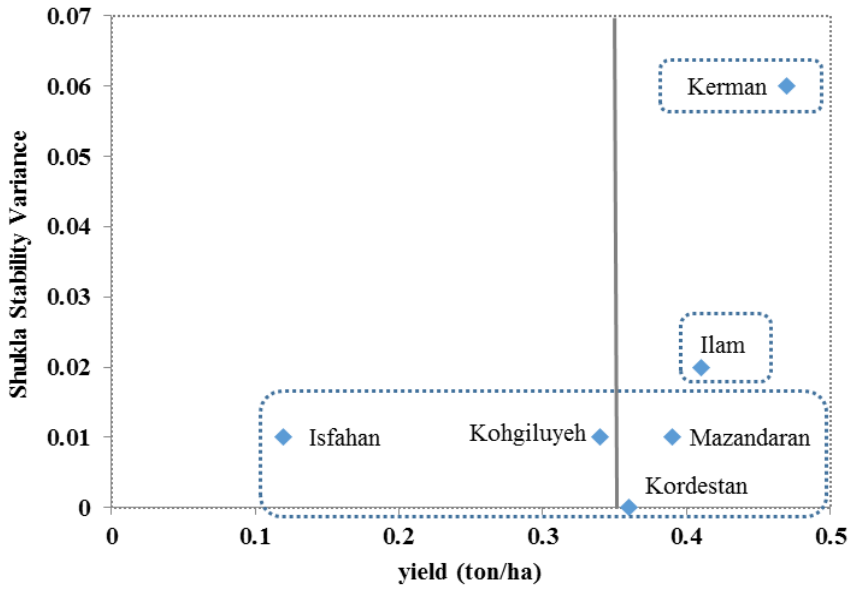
شکل ۲- پراکنش اکوتیپ‌ها براساس میانگین عملکرد دانه و اکووالانس ریک. (خط عمودی از نقطه میانگین عملکرد دانه می‌گذرد)

Figure 2. Scatter plot of ecotypes based on mean seed yield and Wricke's ecovalence. (Vertical line shows the mean seed yield)

شکل (۳) پراکنش اکوتیپ‌های مطالعه شده را بر اساس میانگین عملکرد دانه و واریانس پایداری شوکلا نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی بر مبنای این پارامتر شباهت بسیاری به نتایج حاصل از اکووالانس ریک دارد. بر مبنای این نمودار اکوتیپ‌های کردستان، کهگیلویه و مازندران و اصفهان کمترین مقدار این پارامتر را داشتند و در یک گروه قرار گرفتند و همانند نتایج اکووالانس ریک اکوتیپ‌های کردستان و مازندران با عملکرد دانه بالاتر از میانگین به عنوان اکوتیپ‌های پایدار و مطلوب در نظر گرفته شدند و اکوتیپ کرمان بیشترین مقدار این پارامتر را به خود اختصاص داد و ناپایدارترین اکوتیپ تشخیص داده شد. اسماعیل‌زاده مقدم و همکاران (۵) در بررسی پایداری ارقام مختلف گندم ژنوتیپ‌هایی را که کمترین واریانس پایداری شوکلا و همچنین کمترین مقدار اکووالانس ریک را به خود اختصاص دادند را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. در مطالعه تاری نژاد و عابدی (۱۹) نیز ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ پارامترهای واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، ضریب تغییرات محیطی و واریانس محیطی رومئر کمترین مقدار را نشان دادند به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- پراکنش اکوتیپ‌ها براساس میانگین عملکرد دانه و واریانس پایداری شوکلا. (خط عمودی از نقطه میانگین عملکرد دانه می‌گذرد)
Figure 3. Scatter plot of ecotypes based on mean seed yield and shukla stability variance. (Vertical line shows the mean seed yield)

ضریب همبستگی رتبه اسپیرمن بین پارامترهای مختلف پایداری و عملکرد دانه در جدول ۴ آورده شده است. ضریب همبستگی رتبه‌ای اکووالانس ریک با واریانس پایداری شوکلا بسیار معنی‌دار و بالا (۰/۹۴**) بود. این نشان می‌دهد که بررسی پایداری اکوتیپ‌های مورد مطالعه بر مبنای پارامترهای اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا نتایج مشابهی را ارایه می‌دهد. از آنجایی‌که ضریب همبستگی رتبه میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی با واریانس پایداری شوکلا و واریانس محیطی رومئر به ترتیب معنی‌دار (۰/۸۲*) و بسیار معنی‌دار (۰/۸۹**) بود، در نتیجه میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی نتایجی مشابه با واریانس پایداری شوکلا و واریانس محیطی رومئر را از بررسی پایداری نشان می‌دهد. عملکرد دانه تنها با میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی همبستگی معنی‌دار و منفی (-۰/۸۲*) نشان داد، این مطلب بیانگر آن است که عملکرد بالا با پایداری ارتباطی ندارد و اکوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی دارند عموماً پایدار نیستند. عدم ارتباط شاخص‌ها با یکدیگر به دلیل ماهیت متفاوت شاخص‌ها می‌باشد، چون شاخص‌های رگرسیونی صرفاً بر مبنای میزان توجیه رابطه خطی به بیان پایداری می‌پردازند در حالیکه در سایر شاخص‌های تک‌متغیره بررسی پایداری بر مبنای واریانس اثرات متقابل صورت می‌گیرد. کریمی‌زاده و همکاران (۱۰) همبستگی آماره‌های پارامتری با عملکرد دانه در جو دیم را بررسی و گزارش کردند که آماره‌های اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با هم دارند ولی هر دو پارامتر با میانگین عملکرد دانه همبستگی نشان ندادند. بکر و لئون (۳) نشان دادند بین میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی و واریانس محیطی در یولاف همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در یک بررسی در ژنوتیپ‌های گندم زمستانه، همبستگی معنی‌دار و مثبت میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی با واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک گزارش شد (۱۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- ضرایب همبستگی رتبه اسپیرمن بین پارامترهای پایداری محاسبه‌شده و عملکرد دانه در اکوتیپ‌های شنبلیله

Table 4. Spearman's rank correlation coefficients between different stability parameters and seed yield in fenugreek ecotypes

پارامتر	اکووالانس ریک (W_i)	واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i)	واریانس محیطی رومئر	ضریب تنوع ژنوتیپی	عملکرد دانه	ضریب رگرسیون	میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی
اکووالانس ریک (W_i)	۱						
واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i)	۰/۹۴**	۱					
واریانس محیطی رومئر	۰/۳۱	۰/۵۸	۱				
ضریب تنوع ژنوتیپی	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۷	۱			
عملکرد دانه	-۰/۶	-۰/۷	-۰/۶	۰/۰۹	۱		
ضریب رگرسیون	۰/۴۹	۰/۲۱	-۰/۶	۰/۰۹	۰/۰۳	۱	
میانگین مربعات انحراف از رگرسیون خطی	۰/۶	۰/۸۲*	۰/۸۹**	۰/۱۴	-۰/۸۳*	-۰/۳۱	۱

**: بسیار معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$)، *: معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$)،

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان گفت از بین اکوتیپ‌های بررسی شده، اکوتیپ کردستان با توجه به این‌که در اکثر روش‌های تجزیه پایداری با عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد، بیشترین پایداری را داشت به عنوان پایدارترین اکوتیپ با سازگاری عمومی مطلوب معرفی می‌شود، اکوتیپ ایلام نیز با عملکرد پایین‌تر از میانگین، سازگاری عمومی ضعیفی را نشان داد و اکوتیپ کرمان با دارا بودن بالاترین عملکرد، در همه روش‌های استفاده شده تجزیه پایداری، کمترین پایداری را نشان داد لذا به عنوان ناپایدارترین اکوتیپ با سازگاری خصوصی برای محیط‌های مساعد معرفی می‌شود. امید است بتوان از نتایج این پژوهش در مطالعات بعدی جهت تولید ارقام شنبلیله با پتانسیل عملکرد بالا و سازگار با شرایط اقلیمی متنوع استفاده کرد.

منابع

1. Acharya, S., A. Srichamroen, S. Basu, B. Ooraikul and T. Basu. 2006. Improvement in the nutraceutical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Songk. Journal of Science and Technology, 28(1): 1-9.
2. Anandaraj, M., D. Prasath, K. Kandiannan, T. John Zachariah, V. Srinivasan, A.K. Jha, B.K. Singh, A.K. Singh, V.P. Pandey, S.P. Singh, N. Shoba, J.C. Jana, K. Ravindra Kumar and K. Uma Maheswari. 2014. Genotype by environment interaction effects on yield and curcumin in turmeric (*Curcuma longa* L.). Industrial Crops and Products, 53: 358-364.
3. Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding, 101: 1-23.
4. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6(1): 36-40.
5. Esmaeilzadeh Moghaddam, M., M. Zakizadeh, H. Akbari Moghaddam, M. Abedini Esfahlani, M. Sayahfar, A.R. Nikzad, S.M. Tabib Ghaffari and A.L. Aeineh. 2010. Study of grain yield stability and genotype- environment interaction in 20 bread wheat lines in warm and dry areas of south of Iran. Electronic Journal of Crop Production, 3(3): 179-200 (In Persian).
6. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. A descriptive method for genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58(4): 1029-1034.
7. Gangopadhyay, K.K., S.K. Tehlan, R.P. Saxena, A.K. Mishra, H.L. Raiger, S.K. Yadav, Gunjeet Kumar, M. Arivalagan and M. Dutta. 2012. Stability analysis of yield and its component traits in fenugreek germplasm. Indian Journal of Horticulture, 69(1): 79-85.
8. Kakani, R.K., S.N. Saxena, S.S. Meena and P. Chandra. 2014. Stability analysis for yield and yield attributes in fenugreek under water limiting conditions (*Trigonella foenum-graecum* L.) International Journal of Seed Spices, 4(2): 47-52.
9. Karadavut, U., C. Palta, Z. Kavurmaci and Y. Ü. K. S. E. L. Bölek. 2010. Some grain yield parameters of multi environmental trials in faba bean (Vicia faba) genotypes. International Journal of Agriculture and Biology, 12(2): 217-220.
10. Karimizade, R., B. Vaezi, T. Hoseyn por, A. Mehraban and H. Ghojagh. 2009. Study on Correlation and Repeatability of Parametric and Multivariate Statistics of Grain Yield Stability in Rainfed Barley. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 13(48): 53-63 (In Persian).
11. Kole, P.C. 2005. Stability analysis for seed yield and its component characters in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Spices and Aromatic Crops, 14(1): 47- 50.
12. Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefcovitch. 1986. Stability Analysis: Where Do We Stand? Crop Science, 26(5): 894-900.
13. Loffler, C.M., J. Wei, T. Fast, J. Gogerty, S. Langton, M. Bergman, B. Merrill and M. Cooper. 2005. Classification of maize environments using crop simulation and geographic information systems. Crop Science, 45(5): 1708-1716.
14. Mohammadi Nejad, G. and A.M. Rezai. 2007. Analysis of Genotype × Environment (Agronomic Practices) Interaction in Oat Genotypes Based on Path Coefficient Analysis and Regression. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 11(1): 187-199 (In Persian).
15. Roostaei, M., R. Mohammadi and A. Amri. 2014. Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. The Crop Journal, 2: 154-163.
16. SAS Institute. 2004. Base SAS 9.1 procedures guide. Cary (NC): SAS Institute Inc.
17. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity, 29(2): 237-245.
18. Soughi, H.A., M. Vahabzadeh, M. kalateh Arabi, J. Jafarbye, S. Khavari Nezhad and M. Ghasemi. 2009. Study on Grain Yield Stability of some Promising Bread Wheat Lines in Northern Warm and Humid Climate of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 25(1): 211-222 (In Persian).
19. Tarinejad, A. and M.S. Abedi. 2015. Investigation on the Grain Yield Stability of Promising Cold Region Bread Wheat Cultivars and Lines by Using Different Stability Statistics. Journal of Crop. Ecophysiology, 34(2): 275-292 (In Persian).
20. Vassilevska-Ivanova, R. and N. Naidenova. 2006. Assessment of the stability and adaptability of waxbloom and waxless pea (*Pisum sativum* L.) mutant lines. Scientia Horticulturae, 109(1): 15-20.
21. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.

www.SID.ir

Archive of SID

Stability Analysis for Seed Yield in Different Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Ecotypes using Eberhart–Russel Regression and Different Univariate Statistics Methods

Maryam Dorrani-Nejad[1] and Ghasem Mohammadi-Nejad[2]

1- PhD Student of Plant Breeding, Member of young researcher association, Shahid-Bahonar University of Kerman
2- Associate Professor, Genpetic and Plant Breeding, Research and Technology Institute of Plant Production (RTIPP), Dep. of Agronomy and Plant Breeding, faculty of Agriculture, Shahid-Bahonar University of Kerman, (Corresponding Author: Mohammadinejad@uk.ac.ir)
Received: January 17, 2016 Accepted: September 25, 2016

Abstract

Due to the high importance of fenugreek in terms of nutritional and medicine, improvement of genotypes with high yield seems to be essential. Yield is a quantitative trait that is affected by the genotype-environment interaction. In order to evaluate stability and adaptation for seed yield in fenugreek ecotypes, the experiment was carried out during growing season for three consecutive years 2011-2013 in Jiroft Station of Research and Technology Institute of Plant Production (RTIPP) of Shahid Bahonar University of Kerman. Fenugreek ecotypes including Kerman, Kordestan, Mazandaran, Ilam, Kohgiluyeh and Esfahan were studied in different environments which a number of variables iron, zinc and three different irrigation intervals in randomized complete block design with three replications were considered. Combined Analysis of Variance (ANOVA) revealed genotype × environment interaction was significant for seed yield. Stability parameters including environmental variance (S^2_i), genotypic variation coefficient (CVi), Wricke's ecovalence, Shukla's stability variance and Eberhart-Russel Regression parameters were applied to study stability for yield. According to the results of Eberhart-Russel based on linear regression coefficients and deviation from linear regression, Kordestan ecotype with higher seed yield than the average, linear regression coefficient equal one (b_i=1), as well as lowest deviation from the regression was identified as the most stable high performance genotype, while Kerman ecotype with higher regression coefficient than one (b_i>1) and the highest yield was categorized as the most unstable genotype. Moreover, based on the other parameters, Kordestan and Mazandaran ecotypes were introduced as the most stable genotypes and Kerman ecotype as the most unstable genotype. Ilam ecotype was identified with general adaptation and low performance while Esfahan ecotype showed specific adaptation for the unfavorable environments.

Keywords: Adaptation, Eberhart-Russel regression, Fenugreek, Interaction effect, Stability analysis

www.SID.ir