Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۲، صفحه ۲۲۱-۲۰۹ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.122442.2350
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.209.94.2.1576.1610

بهبود عملکرد بذر ژنوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) با استفاده از شاخص‌های مختلف گزینش در شرایط تنش خشکی

فاطمه قاسمی[۱]، قاسم محمدی‌نژاد[۲]، امین باقی‌زاده[۳*] و حمیدرضا کاووسی[۴]

۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، پست الکترونیک: A.Baghizadeh@kgut.ac.ir

۴- استادیار، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۷

چکیده

برای بهبود صفات پیچیده‌ای مانند عملکرد، یکی از مؤثرترین روش‌ها در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب، استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. در این پژوهش، به‌منظور ارزیابی کارایی روش‌های مختلف انتخاب در شرایط تنش، ۴۹ ژنوتیپ برتر زیره سبز (*Cuminum cyminum* L) منتخب سال دوم یک طرح دوساله، در یک آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در شرایط تنش خشکی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌های انتخاب اسمیت- هیزل ۱ و ۲ و پسک-بیکر براساس هفت صفت ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در بوته، وزن بذر بوته و وزن اندام هوایی بوته محاسبه شدند. همچنین پاسخ‌های مستقیم و همبسته این صفات همراه عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بدست آمد. هر سه شاخص در دو شکل، همراه با عملکرد و بدون عملکرد نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج پاسخ مستقیم و همبسته صفات نشان داد که در شرایط تنش ژنوتیپ‌هایی با تعداد دانه در بوته و تعداد چترک بیشتر از توان عملکرد بالاتری برخوردار بودند. در شاخص‌های اسمیت-هیزل ۱ و ۲، صفت تعداد دانه در بوته و تعداد چترک بالاترین پاسخ به انتخاب را داشتند، در حالی که در شاخص پسک-بیکر صفت تعداد شاخه فرعی بالاترین پاسخ به انتخاب را به خود اختصاص داد. نتایج حکایت از این داشت که شاخص انتخاب اسمیت-هیزل بالاترین کارایی انتخاب را دارد و می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب در برنامه اصلاحی زیره سبز در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ به انتخاب، شاخص اسمیت-هیزل، شاخص پسک-بیکر، تنش خشکی.

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در سراسر دنیا می‌باشد، به‌طوری که کاهش رشد در اثر تنش خشکی به‌مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی دیگر است. خشکی به‌عنوان یک استرس اسمزی بر جنبه‌های مختلف مورفولوژی، بیوشیمیایی

www.SID.ir

Archive of SID

و فیزیولوژی گیاه تأثیرگذار است (Charles *et al.*, 1994). ایران با میانگین بارندگی ۲۵۲ میلی‌متر و میزان تبخیر و تعرق شدید که ۶٪ بیشتر از حد متعارف جهانی می‌باشد، جزء سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می شود (Jafari *et al.*, 2003). بنابراین ضرورت دارد در جهت اصلاح گیاهان مقاوم به خشکی در جهت ایجاد شرایط برای افزایش سطح زیر کشت در ایران اقدام نمود. گیاهان دارویی و معطر نقش مهمی در بهداشت و درمان مردم در سراسر دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه دارند. به‌طوری که تا زمان ظهور پزشکی مدرن، انسان برای درمان بیماری‌های بشر و دام به گیاهان وابسته بوده است. جوامع انسانی در سراسر جهان در طول قرن‌ها مجموعه گسترده‌ای از دانش در زمینه استفاده از گیاهان دارویی و کاربردهای مربوط به آنها را گرد آورده‌اند (Rao *et al.*, 2004). گرایش روزافزون به سمت طب گیاهی در درمان بیماری‌ها چه در سطح جهانی و چه در داخل کشور لزوم کشت انبوه انواع گیاهان دارویی را اجتناب‌ناپذیر می‌کند؛ به‌طوری که کاشت گیاهان دارویی از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های زراعی ایران داشته و از نظر ایجاد تنوع و پایداری در بوم‌نظام‌ها نقش مهمی را ایفاء کرده‌اند (Kafi, 2002). تاکنون برای اصلاح گیاهان دارویی پیشرفت قابل ملاحظه‌ای انجام نشده است و در حال حاضر تعداد ارقام مفید بدست‌آمده با روش‌های اصلاحی اندک است.

زیره سبز با نام علمی *Cuminum cyminum* L. گیاهی علفی از خانواده چتریان Apiaceae است که به‌دلیل رایحه خاص، خواص دارویی، درمانی و خوراکی دارای ارزش اقتصادی زیادی می‌باشد (Sowbhagya *et al.*, 2008). زیره سبز امروزه بعد از فلفل سیاه به‌عنوان دومین ادویه مشهور در جهان (Bettaieb *et al.*, 2012) و از نظر دارویی به‌عنوان مهمترین گیاه دارویی اهلی در ایران شناخته می‌شود (Kafi, 2002). عملکرد و صفات مرتبط با آن معمولاً در اغلب برنامه‌های اصلاحی به‌طور همزمان مورد بررسی قرار می گیرند؛ چون ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش صفات مرتبط با عملکرد آن بستگی دارد، اصلاح‌کنندگان انتخاب همزمان برای صفات مختلف را برای حداکثر کردن ارزش های اقتصادی یک گیاه بررسی می‌کنند (Sabouri *et al.*, 2008).

در روش انتخاب براساس شاخص، گزینش همزمان برای همه خصوصیات مهم همراه با در نظر گرفتن ارزش های فنوتیپی و اقتصادی و وراثت‌پذیری آنها و همبستگی بین صفات مختلف انجام می‌شود (Falconer, 1989). مطالعه همزمان چندین صفت در شکل یک معادله ریاضی به نام شاخص انتخاب، یکی از ابزارهای کارآمد به‌نژادگران در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب می‌باشد (Hayes, 2007). این گونه شاخص‌ها باید از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار گیرند (Asif *et al.*, 2003؛ Young, 1961). شاخص‌های انتخاب اسمیت–هیزل (Hazel, 1943؛ Smith, 1936) و پسک–بیکر (Pesek & Baker, 1969) ازجمله این شاخص‌ها می‌باشند. Sabouri و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که اثرهای مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی وزن دانه، تعداد خوشه و طول خوشه در برنج می‌توانند معیارهای کارایی در معرفی شاخص‌های گزینشی برای انتخاب غیرمستقیم باشند (Sabouri *et al.*, 2009). Monirifar (۲۰۱۰) کارایی انتخاب بر مبنای شاخص‌های گزینشی را در یونجه مورد بررسی قرار داد و مشخص شد که انتخاب بر مبنای شاخصی که در آن از ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه و تعداد ساقه‌های گیاه استفاده شده باشد نسبت به انتخاب براساس عملکرد، بیش از دو برابر برتری دارد (Monirifar, 2010). Smith (۱۹۳۶) استفاده از شاخص‌های انتخاب را بنیان‌گذاری نمود و عنوان کرد که چون ارزش ژنتیکی نمی‌تواند به‌صورت مستقیم تعیین شود، به‌وسیله تابع خطی از ارزش فنوتیپی تخمین زده شود. بدین منظور از تابع تشخیص فیشر برای تعریف یک شاخص انتخاب برای لاین‌های خالص گیاهی استفاده شد. در این تابع از صفات مختلف به‌صورت همزمان به‌عنوان متغیرهایی با ضرایب وزنی متفاوت استفاده می‌شود. Hazel (۱۹۴۳) این تابع را بر مبنای ارزش‌های اقتصادی صفات پیشرفت داد. این تابع به برآورد واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی

www.SID.ir

Archive of SID

و همچنین دادن وزن به هر صفت (ارزش اقتصادی) نیاز داشت. Pesek و Baker (۱۹۶۹) مسئله محدودیت نسبت دادن ارزش‌های اقتصادی را به صفات کمّی مطرح کردند و شاخصی را پیشنهاد نمودند که در آن از واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی افراد استفاده می‌شود. Elgin و همکاران (۱۹۷۰) در مطالعه‌ای روی یونجه، شاخص پسک-بیکر و شاخص پایه ویلیامز را به‌عنوان بهترین شاخص برای انتخاب غیرمستقیم معرفی کردند. Xie و همکاران (۱۹۹۷) در مطالعه شاخص‌های انتخاب چند مرحله‌ای به‌منظور بهبود بهره ژنتیکی نشان دادند که استفاده از شاخص انتخاب متشکل از صفات طول دمبرگ، قدرت بذردهی و وزن خشک علوفه برداشت اول و دوم کارایی بیشتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های شبدر قرمز با عملکرد علوفه بالا دارند. Imani و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از شاخص‌های گزینش همزمان در تولید واریته‌های ترکیبی به‌منظور اصلاح عملکرد علوفه در فستوکای بلند، نشان دادند که هرچه تعداد صفات در شاخص بیشتر باشد، کارایی انتخاب بر مبنای شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بیشتر می‌شود. باوجوداین برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که شاخص انتخاب با تعداد زیادی صفت منجر به وراثت‌پذیری پایین خواهد شد (Asghar & Mehdi, 2010؛ Bernardo & Yu, 2007). خارج کردن صفات دارای همبستگی جزئی با عملکرد می‌تواند باعث کاهش خطا و در نتیجه افزایش در بهبود ژنتیکی گردد. Marcelo و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه انتخاب مستقیم عملکرد دانه و انتخاب بر مبنای شاخص‌های اسمیت-هیزل و پسک-بیکر در جمعیت‌های در حال تفرق سویا نشان دادند که بیشترین بهره ژنتیکی از شاخص‌های انتخاب بدست می‌آید. در میان این دو شاخص نیز اسمیت-هیزل بهره بیشتری داشته است (Marcelo *et al.*, 2008). در ایران تاکنون در مورد انتخاب در گیاه زیره سبز در شرایط تنش خشکی مبتنی بر شاخص‌های انتخاب، تحقیقی انجام نشده است. از این‌رو در این تحقیق شاخص‌های مختلف انتخاب برای بررسی، مقایسه و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب از بین ۴۹ ژنوتیپ زیره سبز در شرایط تنش خشکی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه باهنر کرمان واقع در ۶ کیلومتری جنوب‌شرقی کرمان با طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی با میانگین بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا اجرا شد. آب و هوای کرمان براساس روش آمبرژه خشک نیمه‌بیابانی می‌باشد. بافت خاک شنی لوم و اسیدیته خاک ۷/۴ می‌باشد.

مواد ژنتیکی

مواد ژنتیکی مورد بررسی شامل ۴۹ ژنوتیپ زیره سبز برتر انتخابی یک پروژه دوساله بودند (جدول ۱) که در شرایط تنش خشکی کشت شدند. ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در نیمه اول اسفندماه سال ۱۳۹۱ کشت گردیدند. کشت بذرها در واحدهای آزمایشی متشکل از ۴ ردیف ۲ متری با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت انجام گردید. عملیات زراعی شامل آبیاری با دور هشت روز یک‌بار تا مرحله گلدهی و مبارزه با علف‌های هرز طی مرحله داشت انجام شد. اعمال تنش در مرحله گلدهی با قطع آبیاری انجام گردید. برداشت در اوایل تیرماه انجام شد. در طول دوره آزمایش، صفات مرفولوژیک و زراعی شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در بوته، وزن دانه بوته و وزن اندام هوایی ثبت گردید. اندازه‌گیری ارتفاع گیاه با متر و اندازه گیری صفات وزن دانه بوته و وزن اندام هوایی با ترازوی دقیق آزمایشگاهی مدل sartorius انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ژنوتیپ‌های زیره سبز مورد بررسی

ردیف	نام ژنوتیپ	ردیف	نام ژنوتیپ	ردیف	نام ژنوتیپ
۱	سروستان	۱۸	کوهبنان	۳۵	شهمیرزاد
۲	سپیدان	۱۹	ماهان	۳۶	سرخه
۳	سیوند	۲۰	راور	۳۷	ایوانکی
۴	استهبان	۲۱	رفسنجان	۳۸	کلاته
۵	اردکان	۲۲	سیرجان	۳۹	اسفراین
۶	بافق	۲۳	زرند	۴۰	شیروان
۷	صدوق	۲۴	قائن	۴۱	بجنورد
۸	خاتم	۲۵	نهبندان	۴۲	بانه
۹	سدرویی	۲۶	بیرجند	۴۳	گنبد
۱۰	مراوه-تپه	۲۷	سرایان	۴۴	فردوس
۱۱	آق قلا	۲۸	درمیان	۴۵	تربت حیدریه
۱۲	جت	۲۹	فریدن	۴۶	تربت جام
۱۳	گنبد	۳۰	سمیرم	۴۷	کاشمر
۱۴	بافت	۳۱	اردستان	۴۸	تایباد
۱۵	بردسیر	۳۲	نایین	۴۹	برداسکن
۱۶	چترود	۳۳	خوانسار		
۱۷	جوپار	۳۴	نطنز		

محاسبه پارامترها و تجزیه‌وتحلیل آماری

به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های برتر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن اندام هوایی بوته در تشکیل شاخص‌های انتخاب بکار برده شدند. شاخص‌های انتخاب با توجه به رابطه پایه [۱] برای شرایط تنش خشکی محاسبه گردیدند (Falconer, 1989). برای شاخص اسمیت-هیزل، بردار b از رابطه [۲] محاسبه شد (Hazel, 1943 ؛Smith, 1936). شاخص پسک-بیکر (Pesek & Baker, 1969) نیز محاسبه شد. در این شاخص به جای ارزش اقتصادی (a)، از بازده ژنتیکی مطلوب (g) یا بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت استفاده شد؛ بنابراین بردار b مطابق رابطه [۳] محاسبه گردید.

$$I=\Sigma biPi \quad [۱]$$

bi: وزن هر صفت

pi: ارزش فنوتیپی صفت

$$b=P^{-1}Ga \quad [۲]$$

P: ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی

G: ماتریس واریانس-کوواریانس ژنتیکی

a: ارزش اقتصادی نسبی صفات (در اسمیت-هیزل۱ برای همه صفات برابر ۱ در نظر گرفته شد و در اسمیت-هیزل ۲ برابر وراثت‌پذیری صفات قرار گرفت)

www.SID.ir

Archive of SID

$$b=G^{-1}g \quad [۳]$$

g: بازده ژنتیکی مطلوب (بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت)

با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی در شاخص‌ها، مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ بدست آمد و مانند یک صفت مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت و همبستگی آن با عملکرد محاسبه شد. واکنش به انتخاب (Response to Selection) برای هر صفت از رابطه [۴] محاسبه شد (Falconer, 1989). پاسخ همبسته (CR_y) برای انتخاب یک صفت از طریق گزینش برای صفات دیگر از رابطه [۵] بدست آمد (Falconer, 1989). کارایی نسبی انتخاب (Relative Selection Efficiency, RSE) یا به‌عبارتی نسبت پاسخ همبسته یا غیرمستقیم انتخاب (Cry) برای عملکرد به انتخاب مستقیم (Ry) نیز از رابطه [۶] محاسبه شد.

$$R_y=Kh_i\sigma_{gi} \quad [۴]$$

σ_{gi}: انحراف معیار ژنتیکی هر صفت

h_i: جذر وراثت‌پذیری

K: شدت انتخاب

$$CR_y=Kh_ir_{gij}\sigma_{gi} \quad [۵]$$

r_{gij}: ضریب همبستگی ژنتیکی بین صفت مورد نظر اصلاحی و صفتی که انتخاب بر مبنای آن انجام می‌شود.

$$RSE=CRy/Ry \quad [۶]$$

Ry: پاسخ به انتخاب مستقیم براساس عملکرد

در نهایت برای هر صفت موجود در شاخص، بازده مورد انتظار (ΔG) براساس انتخاب بر مبنای شاخص طبق رابطه [۷] محاسبه گردید (K با در نظر گرفتن شدت انتخاب ۱۰٪ برابر با ۱/۷۵۵در نظر گرفته شد). در این رابطه σ_{Ii} کوواریانس شاخص با هر صفت می‌باشد که توسط رابطه [۸] بدست می‌آمد. همچنین σ_I، انحراف معیار شاخص است و برای هر شاخص از رابطه [۹] محاسبه گردید. بهره مورد انتظار (ΔH) طبق رابطه [۱۰] برای هر شاخص محاسبه شد (Falconer, 1989). تجزیه‌وتحلیل‌های آماری به کمک نرم افزار SAS انجام شد.

$$\Delta G=K\sigma_{Ii}/\sigma_I \quad [۷]$$

σ_{Ii}: کوواریانس شاخص با هر صفت

σ_I: انحراف معیار شاخص

$$\sigma_{Ii}=\Sigma b_i\sigma_{gij} \quad [۸]$$

σ_{gij}: کوواریانس ژنتیکی صفات i و j

$$\sigma_I=\sqrt{b'Pb} \quad [۹]$$

$$\Delta H=\Sigma\Delta G_i \quad [۱۰]$$

نتایج

تجزیه واریانس برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده انجام گردید. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمامی صفات اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). از این‌رو صفات مذکور در تشکیل شاخص‌های انتخاب بکار برده شدند.

مقادیر پاسخ به انتخاب، پاسخ همبسته، همبستگی ژنتیکی صفات با عملکرد بذر و کارایی نسبی انتخاب برای بهبود عملکرد بذر زیره سبز در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

ضرایب هر یک از صفات در شاخص اسمیت–هیزل ۱ و اسمیت–هیزل ۲ و پسک–بیکر در دو حالت، همراه با عملکرد دانه و بدون عملکرد در جدول ۴ آورده شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ۴۹ ژنوتیپ زیره سبز کشت شده در کرمان در شرایط تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد چتر	تعداد چترک	تعداد دانه در بوته	وزن دانه تک بوته(g)	وزن اندام هوایی تک بوته (g)
بلوک	۱	۳۷/۱۲**	۱۲/۰۵ ^{ns}	۱۸۵/۰۱^{ns}	۴۴۷۰/۰۵*	۱۰۴۷۰۴^{ns}	۲/۷۴**	۰/۶۹**
تیمار	۴۸	۷/۲۲*	۲۶/۶۴**	۶۷۵/۲۴**	۷۵۱۴/۸۰**	۳۲۲۸۵۸/۹۹**	۰/۸۰**	۰/۳۴**
خطا	۴۸	۳/۹۱	۶/۱۵	۸۴/۶۵	۸۴۷/۸۹	۴۵۲۲۴/۹۴	۰/۱۸	۰/۰۹۴
پاسخ به انتخاب	$R = K\sqrt{h_b^2}\sigma_G^2$	۰/۷	۳/۷۷	۹/۸۴	۴۲/۲۳	۱۷۳/۱۸	۰/۶۶	۰/۷۷

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

جدول ۳- مقادیر پاسخ همبسته و کارایی نسبی انتخاب برای بهبود عملکرد بذر زیره سبز از طریق انتخاب برای اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی

صفت	اجزای عملکرد	پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی	کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به مستقیم
وزن بذر بوته	ارتفاع	۰/۲۶	۰/۶۸	۰/۳۷
	تعداد شاخه فرعی	۰/۴۱	۰/۶۲	۰/۱۱
	تعداد چتر	۰/۴۱	۰/۶۸	۰/۰۴
	تعداد چترک	۰/۵۳	۰/۸۱	۰/۰۱
	تعداد بذر بوته	۰/۴۸	۰/۸۸	۰/۰۰۲
	وزن اندام هوایی بوته	۰/۴۴	۰/۷۱	۰/۵۷

جدول ۴- ضرایب b برای هر یک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب در شرایط تنش خشکی

نام صفت	اسمیت-هیزل۱		اسمیت-هیزل۲		پسک-بیکر	
	شاخص ۱ (با عملکرد)	شاخص۲ (بدون عملکرد)	شاخص ۳ (با عملکرد)	شاخص۴ (بدون عملکرد)	شاخص۵ (با عملکرد)	شاخص ۶ (بدون عملکرد)
بذر/بوته عملکرد	۵/۳۹		۲/۵۹		۲۰/۳۸	
ارتفاع	۵/۰۳	۴/۲۳	۲/۵۱	۲/۰۴	۸/۷۷	۷/۴۷
تعداد شاخه فرعی	۵/۳۹	۴/۶۶	۲/۵۹	۲/۱۶	۳/۲۵	۲/۶۸
تعداد چتر	۵/۱۹	۴/۴۶	۲/۵۱	۲/۰۶	۱/۰۱	۰/۸۴
تعداد چترک	۵/۳۵	۴/۵۶	۲/۵۹	۲/۱۲	۰/۲۷	۰/۲۴
تعداد دانه بوته	۵/۲۳	۴/۴۴	۲/۵۴	۲/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳۹
وزن اندام هوایی	۵/۴۳	۴/۶۴	۲/۶۳	۲/۱۶	۲۷/۴۴	۲۲/۹۲

*: اسمیت-هیزل ۱: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر یک منظور شد.

*اسمیت-هیزل ۲: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر وراثت‌پذیری صفات قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- وزن بذر بوته، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته

رتبه	عملکرد (g/p)	اسمیت-هیزل۱*		اسمیت-هیزل۲*		پسک-بیکر	
ژنوتیپ‌های برتر		شاخص۱	شاخص۲	شاخص۳	شاخص۴	شاخص۵	شاخص۶
۱	۲/۴۹ (۱۷)	۷۱۵۳/۱ (۲۲)	۳۴۸۱/۵(۲۲)	۵۳۴/۴۴(۱۵)	۶۰۷۳/۴۶ (۲۲)	۲۸۳۶/۴۳ (۲۲)	۴۱۳/۳۶ (۱۵)
۲	۲/۴۲ (۲۰)	۷۱۱۷/۱ (۱۵)	۳۴۶۳/۸ (۱۵)	۵۰۲/۴۵ (۲۰)	۶۰۳۹/۱۳ (۱۵)	۲۸۱۸/۹۸ (۱۵)	۳۹۹/۷۴ (۲۲)
۳	۲/۲۶ (۱۵)	۶۹۰۱/۸ (۲۰)	۳۳۵۸/۸ (۲۰)	۴۸۷/۴۹ (۲۲)	۵۸۵۲/۶۵ (۲۰)	۲۷۳۳/۰۷ (۲۰)	۳۸۳/۷۵ (۲۰)
۴	۲/۱۳ (۲۱)	۵۹۷۴/۶ (۲۸)	۲۹۰۷/۷ (۲۸)	۴۸۳/۳۷ (۲۸)	۵۰۶۷/۱۴ (۲۸)	۲۳۶۶/۴۲ (۲۸)	۳۷۴/۷۴ (۲۸)
۵	۲/۰۶ (۲۷)	۵۷۱۴/۷ (۱۹)	۲۷۸۰/۵ (۱۹)	۴۵۱/۳۴ (۲۱)	۴۸۴۶/۷۸ (۱۹)	۲۲۶۲/۸۲ (۱۹)	۳۴۸/۴۹ (۲۵)
۶	۱/۹۹ (۲۸)	۵۵۲۷/۲ (۲۱)	۲۶۹۰/۷ (۲۱)	۴۴۹/۷۹ (۱۷)	۴۶۸۵/۱۶ (۲۱)	۲۱۸۸/۶۳ (۲۱)	۳۴۵/۷۰ (۲۱)
۷	۱/۹۷ (۹)	۵۳۳۱/۴ (۳۶)	۲۵۹۵ (۳۶)	۴۴۷/۶۲ (۲۵)	۴۵۲۱/۴۱ (۳۶)	۲۱۱۱/۷۶ (۳۶)	۳۴۰/۵۸ (۳۶)
۸	۱/۷۹(۲۵)	۵۲۶۵/۵ (۲۵)	۲۵۶۳/۲(۲۵)	۴۳۷/۰۶ (۳۶)	۴۴۶۴/۷۶ (۲۵)	۲۰۸۵/۵۶ (۲۵)	۳۳۸/۰۲(۱۷)
۹	۱/۷۲ (۳۹)	۵۲۱۷/۸ (۳۰)	۲۵۳۹/۲ (۳۰)	۴۳۴/۳۳ (۲۷)	۴۴۲۶/۳۴ (۳۰)	۲۰۶۷/۰۳ (۳۰)	۳۳۵/۶۹ (۳۰)
۱۰	۱/۷۲ (۳۷)	۵۱۵۲ (۱۷)	۲۵۰۷/۵ (۱۷)	۴۲۸/۲۵ (۳۰)	۴۳۶۵/۶۹ (۱۷)	۲۰۳۸/۹۸ (۱۷)	۳۳۴/۶۹ (۱۱)
۱۱	۱/۷۰ (۳۴)	۴۹۲۴/۵ (۳۵)	۲۳۹۵/۸ (۳۵)	۴۱۸/۰۷ (۱۳)	۴۱۷۸/۹۸ (۳۵)	۱۹۵۰/۹۵ (۳۵)	۳۳۲/۴۰ (۲۷)
۱۲	۱/۶۶ (۱۶)	۴۸۱۰/۳ (۳۴)	۲۳۴۱/۲ (۳۴)	۴۱۶/۳۱ (۱۱)	۴۰۷۹/۲۸ (۳۴)	۱۹۰۵/۱۶ (۳۴)	۳۲۶/۱۲ (۱۳)
۱۳	۱/۶۲ (۱۳)	۴۷۲۸/۷(۱۳)	۲۳۰۱/۳ (۱۳)	۴۱۱/۴۶ (۳۴)	۴۰۱۰/۵۷ (۱۳)	۱۸۷۲/۹۳ (۱۳)	۳۱۸/۹۹ (۳۴)
۱۴	۱/۵۵ (۳۰)	۴۶۸۵/۵ (۲۶)	۲۲۸۰/۸ (۲۶)	۳۹۳/۴۵ (۳۵)	۳۹۷۳/۲۱(۲۶)	۱۸۵۵/۹۰ (۲۶)	۳۰۹/۱۶ (۳۵)
۱۵	۱/۵۵ (۲۶)	۴۴۹۰/۷ (۱۶)	۲۱۵۸/۴(۱۶)	۳۸۹/۲۸ (۵)	۳۸۰۷/۶۴ (۱۶)	۱۸۸۷/۰۱ (۱۶)	۳۰۶/۰۳ (۵)
۱۶	۱/۵۱ (۹)	۴۴۲۷/۱(۵)	۲۱۵۴/۹ (۵)	۳۸۹/۰۳(۲۶)	۳۷۵۴/۹۶ (۵)	۱۷۵۳/۸۴ (۵)	۳۰۳/۰۱ (۲۶)
۱۷	۱/۴۲ (۳)	۴۳۷۷/۴ (۹)	۲۱۳۰/۹(۹)	۳۸۱/۷۶ (۳)	۳۷۱۱/۷۱ (۹)	۱۷۳۳/۸۱ (۹)	۲۹۸/۸۹ (۳)
۱۸	۱/۳۸ (۵)	۴۲۸۰/۴ (۴۶)	۲۰۸۳/۶(۴۶)	۳۷۵/۹۳ (۶)	۳۶۳۰/۵۴ (۴۶)	۱۶۹۵/۸۸ (۴۶)	۲۹۶/۴۱ (۶)
۱۹	۱/۳۸ (۳۵)	۴۸۰۹/۶ (۱۱)	۱۹۹۰/۳ (۱۱)	۳۷۱/۰۸ (۴۶)	۳۴۷۰/۶۷ (۱۱)	۱۶۲۰/۸۵ (۱۱)	۲۹۵/۳۵ (۴۴)
۲۰	۱/۳۰ (۶)	۳۸۸۳/۴ (۴۴)	۱۸۹۰/۷ (۴۴)	۳۶۸/۲۴ (۹)	۳۲۹۵/۳۹ (۴۴)	۱۵۳۹/۵۸ (۴۴)	۲۹۲/۸۷ (۴۶)

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۵-...

رتبه	عملکرد (g/p)	اسمیت-هیزل۱*		اسمیت-هیزل۲*		پسک-بیکر	
ژنوتیپ‌های برتر		شاخص۱	شاخص۲	شاخص۳	شاخص۴	شاخص۵	شاخص۶
۲۱	۱/۲۵ (۴۶)	۳۸۲۳/۲ (۲۷)	۱۸۶۰/۵ (۲۷)	۳۶۵/۹۳ (۳۳)	۳۲۳۹/۲۷ (۲۷)	۱۵۱۳/۰۳ (۲۷)	۲۹۲/۰۱(۳۳)
۲۲	۱/۲۴ (۱۸)	۳۷۸۱ (۶)	۱۸۴۰/۸ (۶)	۳۶۴/۶۳ (۱۹)	۳۲۰۵/۹۰ (۶)	۱۴۹۷/۷۹ (۶)	۲۸۶/۲۲ (۹)
۲۳	۱/۱۳ (۳۸)	۳۷۶۲/۵ (۳۳)	۱۸۳۱/۱ (۳۳)	۳۶۴/۱۹ (۴۴)	۳۱۹۲/۳۶ (۳۳)	۱۴۹۰/۹۱ (۳۳)	۲۷۴/۳۹ (۱۹)
۲۴	۱/۰۴ (۳۳)	۳۵۴۳/۵ (۳۸)	۱۷۲۵/۲ (۳۸)	۳۴۰/۵۲ (۴۷)	۳۰۰۴/۹۳ (۳۸)	۱۴۰۳/۹۰ (۳۸)	۲۷۲/۵۲ (۴۷)
۲۵	۱/۰۴ (۱۱)	۳۵۳۲/۳(۸)	۱۷۱۹/۳ (۸)	۳۳۹/۸۹ (۳۸)	۲۹۹۷/۵۶ (۸)	۱۴۰۰/۱۴ (۳۸)	۲۷۰/۱۵ (۲۳)
۲۶	۱/۰۳ (۱)	۳۳۴۷/۲ (۱۸)	۱۶۲۹/۱ (۱۸)	۳۳۷/۲۲ (۱)	۲۸۳۷/۸۶ (۱۸)	۱۳۲۵/۳۷ (۱۸)	۲۶۸/۷۲ (۳۸)
۲۷	۱/۰۳ (۱۰)	۳۱۴۱/۷(۳)	۱۵۲۹/۳ (۱۳۲)	۳۳۶/۷۲ (۲۳)	۲۶۶۳/۰۹ (۳)	۱۲۴۴/۰۸ (۳)	۲۶۸/۱۳ (۱)
۲۸	۱/۰۱ (۴۳)	۳۱۱۸/۶(۱)	۱۵۱۸/۳ (۱)	۳۲۸/۲۹ (۳۱)	۲۶۴۴/۸۳ (۱)	۱۲۳۵/۶۴ (۱)	۲۶۴/۶۶ (۸)
۲۹	۱/۰۱(۴۸)	۳۰۹۹/۳ (۱۰)	۱۵۰۸/۹ (۱۰)	۳۲۸/۱۹ (۸)	۲۶۲۸/۲۴ (۱۰)	۱۲۲۷/۹۱ (۱۰)	۲۶۳/۹۵ (۳۱)
۳۰	۰/۹۳(۴۷)	۲۹۸۴/۴(۴۷)	۱۴۵۲/۹ (۴۷)	۳۲۲/۳۴ (۱۰)	۲۵۳۱/۳۶ (۴۷)	۱۱۸۲/۶۵ (۴۷)	۲۵۶/۱۲(۲)
۳۱	۰/۸۹(۲۳)	۲۹۸۲/۶ (۲۳)	۱۴۵۲/۲ (۲۳)	۳۱۹/۹۰ (۲)	۲۵۲۹/۷۴ (۲۳)	۱۱۸۲/۰۰ (۲۳)	۲۵۵/۵۲ (۱۰)
۳۲	۰/۸۹(۲)	۲۹۲۱/۶ (۳۱)	۱۴۲۲/۶ (۳۱)	۳۱۴/۱۸ (۴۸)	۲۴۷۷/۸۹ (۳۱)	۱۱۵۷/۹۰ (۳۱)	۲۵۰/۳۲ (۴۹)
۳۳	۰/۸۶(۴)	۲۹۱۱/۵ (۴۱)	۱۴۱۷/۳ (۴۱)	۳۱۱/۶۸ (۴۹)	۲۴۶۹/۹۹ (۴۱)	۱۱۵۳/۷۹ (۴۱)	۲۴۹/۱۵ (۴۸)
۳۴	۰/۸۴(۳۱)	۲۸۰۰/۱(۴۸)	۱۳۶۳/۵ (۴۸)	۳۱۱/۴۷ (۴)	۲۳۷۳/۹۸(۴۸)	۱۱۰۹/۳۳ (۴۸)	۲۴۹/۱۳ (۴)
۳۵	۰/۸۳(۴۱)	۲۷۹۸/۵ (۳۲)	۱۳۶۲/۹ (۳۲)	۳۰۸/۱۶ (۴۳)	۲۳۷۳/۰۹ (۳۲)	۱۱۰۹/۰۵ (۳۲)	۲۴۳/۹۶ (۴۳)
۳۶	۰/۸۳(۴۲)	۲۷۹۵/۶ (۴)	۱۳۶۱/۱ (۴)	۳۰۲/۳۴ (۴۱)	۲۳۷۱/۱۶ (۴)	۱۱۰۷/۸۳ (۴)	۸/۶۳(۲۰۳)
۳۷	۰/۸۱(۳۲)	۲۶۴۴/۷ (۴۹)	۱۲۸۷/۸ (۴۹)	۳۰۱/۱۵ (۱۶)	۲۲۴۲/۹۴ (۴۹)	۱۰۴۷/۱۴ (۴۹)	۸/۴۶(۸۱)
۳۸	۰/۸۱(۴۵)	۲۶۳۳/۳ (۳۹)	۱۲۸۲/۳ (۳۹)	۲۹۸/۴۷ (۳۲)	۲۲۳۴/۸۸ (۳۹)	۱۰۴۴/۲۷ (۳۹)	۸/۴۵(۱۱۳)
۳۹	۰/۸۱(۴۹)	۲۵۸۹/۴ (۴۳)	۱۲۶۰/۸ (۴۳)	۲۹۶/۵۲ (۷)	۲۱۹۵/۲۷(۴۳)	۱۰۲۵/۷۴ (۴۳)	۲۳۴/۳۵ (۴۵)
۴۰	۰/۷۸(۸)	۲۵۳۳/۹(۱۴)	۱۲۳۲/۵ (۱۴)	۲۹۲/۶۴ (۴۵)	۲۱۵۱/۶۲ (۱۴)	۱۰۰۴/۲۹ (۱۴)	۲۲۶/۱۳ (۱۶)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵-...

رتبه	عملکرد (g/p)	اسمیت-هیزل۱*		اسمیت-هیزل۲*		پسک-بیکر	
ژنوتیپ‌های برتر		شاخص۱	شاخص۲	شاخص۳	شاخص۴	شاخص۵	شاخص۶
۴۱	۰/۷۷(۷)	۲۴۷۸/۵ (۴۲)	۱۲۰۶/۷ (۴۲)	۲۷۹/۶۳ (۲۹)	۲۱۰۱/۳۰ (۴۲)	۹۸۱/۷۲ (۴۲)	۲۲۵/۳۷ (۱۲)
۴۲	۰/۷۷(۴۴)	۲۴۵۸/۲ (۳۷)	۱۱۹۶/۶ (۳۷)	۲۷۷/۹۵ (۱۲)	۲۰۸۰/۱۲ (۳۷)	۹۷۱/۷۰ (۳۷)	۲۲۵/۳۳ (۲۹)
۴۳	۰/۷۵(۲۲)	۲۴۴۶/۴(۲)	۱۱۹۱/۵ (۲)	۲۴۸/۲۵ (۱۸)	۲۰۷۴/۰۱(۲)	۹۶۹/۳۶ (۲)	۱۹۳/۹۹ (۱۴)
۴۴	۰/۷۲(۴۰)	۲۳۵۷/۳(۷)	۱۱۴۷/۷ (۷)	۲۴۲/۶۴ (۱۴)	۱۹۹۹/۳۴ (۷)	۹۳۴/۱۹ (۷)	۱۸۸/۷۶ (۱۸)
۴۵	۰/۶۸(۲۹)	۲۳۰۴ (۴۵)	۱۱۲۲/۱ (۴۵)	۲۱۵/۴۲ (۳۹)	۱۹۵۳/۳۹ (۴۵)	۹۱۲/۹۷ (۴۵)	۱۷۶/۴۷ (۳۹)
۴۶	۰/۶۲(۱۴)	۲۱۰۶/۶(۱۲)	۱۰۲۵/۹ (۱۲)	۲۰۷/۰۷ (۴۲)	۱۷۸۷/۰۲ (۱۲)	۸۳۵/۱۵ (۱۲)	۱۶۱/۱۹ (۴۲)
۴۷	۰/۶۰(۱۲)	۲۰۵۴/۵(۲۹)	۱۰۰۰/۴ (۲۹)	۲۰۵/۱۹(۳۷)	۱۷۴۲/۳۳ (۲۹)	۸۱۴/۲۳ (۲۹)	۱۴۸/۲۹ (۲۴)
۴۸	۰/۳۴(۲۴)	۱۹۰۴/۴(۴۰)	۹۲۷/۲ (۴۰)	۱۸۲/۱۱ (۲۴)	۱۶۱۴/۳۴ (۴۰)	۷۵۴/۲۳ (۴۰)	۱۴۴/۲۰ (۳۷)
۴۹	۰/۳۳(۳۹)	۱۲۶۰/۴ (۲۴)	۶۱۳/۵ (۲۴)	۱۷۹/۴۸ (۴۰)	۱۰۶۹/۷۸ (۲۴)	۴۹۹/۷۵ (۲۴)	۱۳۹/۷۹ (۴۰)
واریانس ژنتیکی	۰/۳۱	۱۷۱۹۲۵۶	۱۲۳۶۶۱۰	۴۰۶۸۲۱	۲۶۹۳۹۹/۳	۴۳۶۲/۸۵	۲۲۹۷/۰۷۷
وراثت‌پذیری (٪)	۰/۷۷	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۷۳
همبستگی ژنتیکی		۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۷۷
پاسخ همبسته		۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۱
کارایی انتخاب		۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۲
تعداد ژنوتیپ‌برتر	۱۵	۱۱	۱۳	۱۱	۱۲	۱۲	۱۰

اعداد داخل پرانتز: شماره شناسایی ژنوتیپ‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

پس از محاسبه شاخص‌ها با استفاده از فرمول و با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات در هر یک از شاخص‌ها مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ بدست آمد (جدول ۵). سپس هر یک از شاخص‌ها به‌عنوان یک صفت مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و پارامترهای آماری مربوط به شاخص‌ها و کارایی انتخاب براساس شاخص‌ها نیز مورد محاسبه قرار گرفتند (جدول ۵).

کارایی انتخاب از طریق شاخص بهره مورد انتظار (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب براساس شاخص بازده مورد انتظار (ΔG) در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- کارایی انتخاب از طریق شاخص بهره مورد انتظار (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب براساس شاخص بازده مورد انتظار (ΔG) در شرایط تنش خشکی

شاخص	حالت شاخص	ΔG							ΔH
		عملکرد	ارتفاع	تعداد شاخه فرعی	تعداد چتر	تعداد چترک	تعداد دانه در بوته	وزن اندام هوایی بوته	
اسمیت-هیزل ۱	شاخص۱	۶۱/۷۱	۱۲۰/۴	۳۸۶/۳	۱۱۶۷/۸	۴۸۰۸/۵	۲۴۶۰۴/۴	۴۳/۹۸	۳۱۱۹۳/۱
	شاخص۲		۱۰۱/۲	۳۳۳/۷	۱۰۰۳/۳	۴۰۹۴/۴	۲۰۸۶۳/۳	۳۷/۵۵	۲۶۴۳۳/۵
اسمیت-هیزل ۲	شاخص۳	۱۷/۷۳	۳۵/۹۶	۱۱۱/۲	۳۳۵/۸	۱۳۹۳/۶	۷۱۶۵/۲	۱۲/۷۳	۹۰۷۲/۲
	شاخص۴		۲۹/۱۰	۹۲/۳۵	۲۷۶/۹	۱۱۳۸/۰	۵۸۲۶/۷	۱۰/۴۵	۷۳۷۳/۷
پسک-بیکر	شاخص۵	۱۳/۵۵	۱۳/۲۷	۱۳/۵۵	۱۳/۴	۱۳/۴۹	۱۳/۲۵	۱۳/۲۴	۹۳/۷۸
	شاخص۶		۱۱/۸۴	۱۲/۰۰	۱۱/۹	۱۲/۰۷	۱۱/۸۲	۱۱/۷۶	۷۱/۴۳

بحث

مقادیر پاسخ به انتخاب و پاسخ همبسته براساس مقادیر وراثت‌پذیری، واریانس ژنوتیپی صفات و شدت انتخاب k=۱/۷۵۵ در شرایط تنش خشکی در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. تعداد دانه در بوته با مقدار ۱۷۳/۱۸ بیشترین پاسخ مستقیم را به انتخاب نشان داد (جدول ۲) که این می‌تواند به علت بیشتر بودن واریانس ژنتیکی تعداد دانه در بوته نسبت به سایر صفات باشد. پاسخ همبسته برای صفت وزن بذر بوته از طریق تعداد چترک و تعداد دانه در بوته بیشترین مقدار را داشت (جدول ۳). همبستگی ژنتیکی مشاهده شده بین وزن بذر بوته و تعداد دانه در بوته در حد زیاد بود (۰/۸۸) که می‌تواند تأییدی بر بیشتر بودن واریانس ژنتیکی در تعداد دانه در بوته نسبت به سایر صفات باشد. پاسخ همبسته برای وزن بذر بوته در شرایط تنش خشکی از طریق صفات ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در بوته و وزن اندام هوایی بوته مثبت بود، یعنی با افزایش این صفات عملکرد افزایش می‌یابد؛ به عبارتی این ۷ صفت می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسبی برای افزایش عملکرد بذر زیره سبز مورد توجه قرار گیرند. بعد از تعداد چترک و تعداد دانه در بوته صفت وزن اندام هوایی بیشترین پاسخ همبسته برای صفت وزن بذر بوته را در شرایط تنش خشکی (۰/۴۴) دارا بود (جدول ۳). بنابراین می‌توان دو صفت تعداد چترک و تعداد دانه در بوته را به‌عنوان صفاتی مناسب برای انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی معرفی نمود. مطالعات روی سایر گیاهان نیز بیشترین پاسخ همبسته عملکرد را برای تعداد ساقه بارور و ارتفاع بوته گزارش کردند (Biswas *et al.*, 2001؛ Monirifar, 2010؛ Ranalli *et al.*, 1991). نتایج ارزیابی کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد بذر نشان داد که

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد بذر در شرایط تنش خشکی از طریق تعداد چترک و تعداد دانه در بوته بیشترین مقدار بود که نشان داد انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفات می‌تواند تا حد بالایی برای بهبود غیرمستقیم عملکرد بذر موفقیت‌آمیز باشد (جدول ۳). در این مطالعه شاخص انتخاب براساس صفات ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در بوته، وزن بذر بوته و وزن اندام هوایی بوته مورد محاسبه قرار گرفتند. ضرایب (b_i) هر یک از صفات در شاخص اسمیت-هیزل و پسک-بیکر در دو حالت، همراه با عملکرد دانه و بدون عملکرد دانه در جدول ۴ آورده شده‌اند که در شاخص‌های مختلف صفات ضرایب متفاوتی داشتند. صفت ارتفاع در شاخص ۱ و ۲، صفت تعداد چتر در بوته در شاخص ۳ و ۴ و صفت تعداد دانه در بوته در شاخص ۵ و ۶ کمترین مقدار ضریب شاخص را به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده تأثیرگذاری کم این صفات در شاخص‌ها بودند. در حالت همراه با عملکرد، صفت وزن اندام هوایی بیشترین ضریب را در شاخص اسمیت-هیزل و پسک-بیکر به خود اختصاص داد. بدین‌ترتیب صفت وزن اندام هوایی با بالاترین ضریب به صورت مثبت در انتخاب براساس این شاخص‌ها اثرگذار خواهد بود. در حالت بررسی شاخص بدون حضور عملکرد، صفت تعداد شاخه فرعی در شاخص اسمیت-هیزل و وزن اندام هوایی در شاخص پسک-بیکر بالاترین ضرایب را داشتند. در هر دو شاخص اسمیت-هیزل و پسک-بیکر همه صفات ضرایب مثبت به خود اختصاص دادند که حکایت از اثر افزاینده این صفات در این شاخص‌ها دارد (جدول ۴). با جایگذاری ارزش‌های فنوتیپی هریک از ژنوتیپ‌ها در معادله شاخص‌ها، مقدار شاخص برای هریک از آنها محاسبه شد و پارامترهای آماری مربوط به شاخص‌ها، همبستگی ژنتیکی بین شاخص‌ها با عملکرد و کارایی انتخاب براساس شاخص‌ها نیز مورد محاسبه قرار گرفتند (جدول ۵). نتایج نشان دادند که شاخص‌های اسمیت-هیزل (شاخص ۱، ۲، ۳ و ۴) نسبت به شاخص‌های پسک-بیکر (شاخص ۵ و ۶) از واریانس ژنتیکی، همبستگی ژنتیکی با عملکرد، کارایی انتخاب و پاسخ همبسته بیشتری برخوردار بودند (جدول ۵). وراثت‌پذیری در شاخص اسمیت-هیزل (شاخص ۱، ۲، ۳ و ۴) پایین‌تر از شاخص پسک-بیکر است. ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۲۰ و ۱۷ از نظر صفت وزن بذر بوته به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم بودند. از نظر شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ و پسک-بیکر ژنوتیپ‌های ۲۲، ۲۰ و ۱۵ برترین ژنوتیپ‌ها بودند. این شاخص‌ها هر یک توانستند ژنوتیپ‌هایی را به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کنند که از نظر وزن بذر بوته نیز برتر بودند که در شاخص ۱، شاخص ۲، شاخص ۳، شاخص ۴، شاخص ۵ و شاخص ۶ به‌ترتیب ۱۱، ۱۳، ۱۱، ۱۲، ۱۲ و ۱۰ ژنوتیپ جزء ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ عملکرد بودند (جدول ۵). کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب براساس شاخص (ΔG) در شرایط تنش خشکی در جدول ۶ نشان داده شده‌است. در شاخص اول و دوم، صفات تعداد دانه در بوته و تعداد چترک بیشترین پاسخ به انتخاب را در شرایط تنش خشکی داشتند و در شاخص سوم و چهارم نیز صفت تعداد دانه در بوته و تعداد چترک در بوته بالاترین پاسخ به انتخاب را در شرایط تنش رطوبتی داشتند (جدول ۶) و در شاخص ۵ و ۶ صفات تعداد شاخه فرعی و تعداد چترک بالاترین پاسخ به انتخاب را داشتند. بنابراین انتخاب براساس شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱ و ۲ بیشتر از سایر صفات منجر به افزایش تعداد دانه در بوته خواهد شد. با توجه به کارایی انتخاب شاخص‌های مورد بررسی (جدول ۶)، شاخص اسمیت-هیزل ۱ بازده انتخاب بالاتری نسبت به دو شاخص دیگر (اسمیت-هیزل۲ و پسک-بیکر) داشت. Biswas و همکاران (۲۰۰۱) در سورگوم، Ranalli و همکاران (۱۹۹۱) در لوبیا و Robinson و همکاران (۱۹۵۱) در ذرت از شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد و سایر صفات مهم اقتصادی در گیاهان مربوطه استفاده کرده‌اند. در مجموع نتایج این بررسی نشان داد در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در بوته و تعداد چترک بیشترین همبستگی ژنتیکی را با وزن بذر بوته داشتند. همچنین نتایج نشان داد که انتخاب غیرمستقیم از طریق

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ می‌توانـد کـارایی بیشـتری را برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی داشته باشد.

منابع مورد استفاده

- Asghar, M.J. and Mehdi, S.S., 2010. Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. Pakistan Journal of Botany, 42(2): 775-789.
- Asif, M., Mujahid, M.Y., Ahmad, I., Kisana, N.S., Asim, M. and Mustafa, S.Z., 2003. Determining the direct selection criteria for identification of high yielding lines in bread wheat (*Triticum aestivum*). Pakistan Journal of Biological Science, 6: 45-50.
- Bernardo, R. and Yu, J., 2007. Prospects for genome wide selection for quantitative traits in maize. Crop Science, 47: 1082-1090.
- Bettaieb, R.I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. and Marzouk, B., 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products, 36: 238-245.
- Biswas, B.K., Hasanuzzaman, M., E1-Taj, F., Alam, M.S. and Amin, M.R., 2001. Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. Journal of Biological Science, 1: 321-323.
- Charles, D.J., Joly, R.J. and Simon, J.E., 1994. Effect of osmotic stress on the essential oil content and comparison of peppermint. Phytochemistry, 2: 2837-2840.
- Elgin, J.H., Hill, R.R. and Zeiders, K.E., 1970.Comparison of four methods of multiple trait selection for five trait in alfalfa. Crop Science, 10: 190-193.
- Falconer, D.S., 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman, New York, 415p.
- Hayes, H.K., 2007. Methods of Plant Breeding. Kosta press, 551p.
- Hazel, L.N., 1943. The genetic basis for construction selection indexes. Genetics, 28: 476-490.
- Imani, A.A., Jafari, A.A., Chokan, R., Asgari, A. and Darvish, F., 2009. Selection indices application to improve tall fescue synthetic varieties for yield and quality traits in Ardebil province. Iranian Journal of Rangelands and Forests plant Breeding and Genetic Research, 16: 273-284.
- Jafari, A., Connolly, V. and Walsh, E.J., 2003. Genetic analysis of yield and quality in full sib families of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under two cutting managements. Irish Journal of Agricultural Food Research, 42: 275-292.
- Kafi, M., 2002. Cumin (*Cuminum cyminum*) production and processing. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, 168p.
- Marcelo, M.C., Antonio, D.M.O., Sandra, U., Nair, C.A., Ivana, M.B., Guustavo, D.S. and Romero, S.M.F., 2008. Analysis of direct and indirect selection and indices in soybean segregating population. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 8: 447-455.
- Monirifar, H., 2010. Evaluation of selection indices for alfalfa (*Medicago sativa* L.). Notulae Scientia Biologicae, 2: 84-87.
- Pesek, J. and Baker, R.J., 1969. Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal Plant Science, 49: 803-804.
- Ranalli, P., Ruaro, G. and Delre, P., 1991. Response to selection for seed yield in bean (*Phaseolus vulgaris*). Euphytica, 57: 117-123.
- Rao, M.R., Palada, M.C. and Becker, B.N., 2004. Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems. Agroforestry Systems, 61: 107-122.
- Robinson, H.F., Comstock, R.E. and Harvey, P.H., 1951. Genotypic and phenotypic correlation and their implications in selection. Agronomy Journal, 43: 282-287.
- Sabouri, H., Rabiei, B. and Fazlalipour, M., 2008. Use of selection indices based on multivariate analysis for improving grain yield in rice. Rice Science, 15: 303-310.
- Sabouri, H., Sabouri, A. and Dadras, A.R., 2009. Genetic dissection of biomass production and partitioning with grain yield and yield traits in indica-indica Crosses of Rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Australian Journal of Crop Science, 3: 155-166.
- Smith, H.F.A., 1936. discriminant function for plant selection. Annals of Eugenenics, 7: 240-250.
- Sowbhagya, H.B., Sathyendra Rao, B.V. and Krishnamurthy, N., 2008. Evaluation of size reduction and expansion on yield and quality of cumin (*Cuminum cyminum*) seed oil. Journal of Food Engineering, 84(4): 595-600.
- Xie, C., Xu, S. and Mosjidis, J.A., 1997. Multistage selection indices for maximum genetic gain and economic efficiency in red clover. Euphytica, 98: 75-82.
- Young, S.S.Y., 1961. A further examination of the relative efficiency of three methods of selection for genetic gains under less restricted conditions. Genetic Research, 2: 106-121.

www.SID.ir

Archive of SID

Improving the seed yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) genotypes using different selection indices under drought stress conditions

F. Ghasemi[1], Gh. Mohammadinejad[2], A. Baghizadeh[3*] and H.R Kavossi[4]

1- M.Sc. of Plant Breeding, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
2- Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3*- Corresponding author, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, E-mail: A.Baghizadeh@kgut.ac.ir
4- Department of Biotechnology, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: June 2018 Revised: September 2018 Accepted: December 2018

Abstract

In order to improve complex traits such as yield, one of the most effective approaches to select the desired genotypes is the use of selection indices. In this research, in order to evaluate the efficiency of different selection methods under stress conditions, 49 top cumin (*Cuminum cyminum* L.) genotypes, selected in the second year of a two-year plan were evaluated. This research was conducted as a field experiment in a randomized complete block design with two replications under drought stress conditions in 2012 at the research farm of Shahid Bahonar University of Kerman. The selection indices Smith-Hazel 1 and 2 and Pesek-Baker were computed based on seven traits including plant height, number of lateral branches, umbels, umbellules, seeds, seeds weight and aerial parts weight (traits/plant). Also, the direct and correlated responses of these traits with seed yield were obtained. All three indices were evaluated in two forms, along with yield and without yield. The results of direct and correlated response of traits showed that genotypes with higher number of seeds and umbelluleshad higher yield potential. In the Smith-Hazel 1 and 2 indices, two traits including the number of seeds and umbelluleshad the highest response to the selection, while in the Pesek-Baker index, the number of branches was the highest response to the selection. The results indicated that the Smith-Hazel index had the highest selection efficiency and could be used to select appropriate genotypes in the cumin breeding programs under drought stress conditions.

Keywords: Response to selection, Smith-Hazel index, Pesek-Baker index, drought stress.

www.SID.ir