دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

کارایی انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد و تحمل به خشکی در جوامع حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ

سهیلا اسپنانی[۱]، محمد مهدی مجیدی[۲] و قدرت اله سعیدی[۳]

۱ و ۳- دانشجوی دکتری و استاد اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استاد اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، (نویسنده مسوول: majidi@cc.iut.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۷
صفحه: ۲۰۲ تا ۲۱۳

چکیده

گزینش مناسب، مهم‌ترین عامل برای افزایش عملکرد در برنامه‌های اصلاحی است. یکی از موثرترین روش‌ها در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب به‌منظور بهبود صفات پیچیده‌ای نظیر عملکرد، بهره‌گیری از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. به‌منظور ارزیابی کارایی روش‌های مختلف انتخاب، تعداد ٦٣ فامیل از ٢ جمعیت F_3 حاصل از تلاقی‌های بین گونه‌ای *Carthamus oxyacanthus* × *Carthamus tinctorius* به اختصار IO و *Carthamus palaestinus*× *Carthamus tinctorius* به اختصار IP در دو محیط رطوبتی عدم تنش و دارای تنش خشکی در سال ١٣٩٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌های انتخاب اسمیت-هیزل و پسک-بیکر بر اساس صفاتی که در رگرسیون مرحله‌ای وارد شدند، محاسبه شدند. نتایج نشان داد در جمعیت IP و در شرایط عدم تنش رطوبتی، تعداد انشعاب در بوته بیش‌ترین مقدار ضریب را در شاخص پسک- بیکر داشت و این شاخص نسبت به شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ از کارایی انتخاب بالاتری را نشان داد و در نتیجه می‌تواند به عنوان شاخص موثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در این شرایط معرفی شود. در شرایط تنش رطوبتی و در همین جمعیت (IP)، بیشترین مقدار ضریب در شاخص اسمیت هیزل ۱ و ۲ متعلق به صفت وزن صد دانه بود و این دو شاخص دارای کارایی انتخاب بیشتری نسبت به شاخص پسک -بیکر بودند. در جمعیت IO و در هر دو شرایط رطوبتی، شاخص اسمیت- هیزل ۱ و ۲ نسبت به شاخص پسک-بیکر از کارایی انتخاب بیشتری برخوردار بودند و به‌عنوان شاخص موثرتر انتخاب شدند که در این دو شاخص وزن صد دانه در هر دو شرایط رطوبتی بیشترین مقدار ضریب را دارا بود. کارایی انتخاب درجمعیت IP بیشتر از جمعیت IO بود و در نتیجه می‌توان از این جمعیت برای تولید ژنوتیپ‌های پرعملکرد برای برنامه‌های اصلاحی بهره برد. از آنجا که والد وحشی *C. palaestinus* واجد صفات نامطلوب کمتری است، می‌توان در برنامه‌های اصلاحی نسبت به انتقال ژن‌های مطلوب آن به گونه زراعی گلرنگ اقدام کرد.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، تلاقی بین گونه‌ای، انتخاب مستقیم، شاخص‌های انتخاب

مقدمه

کمبود آب در جهان ناشی از افزایش جمعیت و تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم پیش‌روی بخش کشاورزی امروز می‌باشد (۲۳). خشکی مخرب‌ترین تنش غیرزنده موثر در بهره‌وری محصول است که در اثر بارش کم و یا تغییر الگوهای بارش ایجاد می‌شود (۳۱). اهمیت تنش خشکی در تولید محصولات زراعی بستگی به زمان، مدت و شدت آن دارد (۲۶) و درک مکانیزم‌های مقاومت به خشکی در اصلاح گیاهان زراعی برای مناطق مستعد خشکسالی ضرورت دارد. در این زمینه نه تنها آگاهی از اثر متقابل این مکانیزم‌ها در گیاه و نقش آن‌ها در کارکرد کلی گیاه قابل توجه است، بلکه شناسایی ژرم‌پلاسم متنوع و منابع ژنی تحمل در راستای ایجاد ارقام متحمل مهم‌ترین نقش را در حفظ امنیت غذایی برای مقابله با تهدیدهای ناشی از خشکسالی دارد (۲۴). گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius*) یکی از گیاهان دانه روغنی، دیپلوئید (n=۱۲)، خودگشن و یکساله می‌باشد. این گیاه به دلیل کاربردهای متنوع نظیر استفاده‌های طبی، صنعتی و غذایی و همچنین ویژگی خاص از جمله کیفیت بالای روغن دانه به‌عنوان گیاه روغنی با ارزش مطرح بوده و سطح زیر کشت آن در حال افزایش می‌باشد (۱۸). مقاومت نسبتاً بالا به شوری و خشکی، سازگاری وسیع به درجه حرارت‌های پایین زمستان و بالای تابستان و فصل رشد کوتاه در کشت تابستانه از ویژگی‌های شاخصی است که این گیاه را متمایز ساخته است (۱۸).

گونه‌های وحشی به‌عنوان منبعی از ژن‌های مطلوب برای بهبود بسیاری از صفات مهم نظیر مقاومت به آفات و بیماری‌ها، افزایش تحمل به خشکی و شوری، بهبود کیفیت روغن و حتی افزایش عملکرد محسوب می‌شوند (۱۰). تنوع ژنتیکی درون گونه اهلی گلرنگ برای بعضی صفات مهم نظیر مقاومت به بیماری (۲۵) و مقاومت به خشکی (۱۵)، کافی نیست و یکی از اهداف محققان، بهبود ارقام زراعی از طریق استفاده از ژن‌های موجود در گونه‌های وحشی است. شیراوند و مجیدی (۲۷) در بررسی تحمل به خشکی پنج گونه اهلی و وحشی گلرنگ دریافتند که تفاوت بسیار زیادی بین گونه‌های گلرنگ از نظر صفت تحمل به خشکی وجود دارد و دو گونه خویشاوند و تلاقی‌پذیر با گونه زراعی یعنی *C. palaestinus* (به دلیل عملکرد بالا در هر دو شرایط رطوبتی و شاخص STI بالا) و *C. oxyacanthus* (به دلیل عدم کاهش عملکرد در شرایط تنش) را می‌توان برای انتقال ژن‌های مرتبط با تحمل به خشکی به گونه زراعی به کار برد. مصطفایی و همکاران (۱۷) در مطالعه نسل F_3 حاصل از تلاقی بین‌گونه‌ای گلرنگ اهلی و وحشی در شرایط تنش و عدم تنش خشکی با مشاهده تنوع ژنتیکی مناسب بین

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

فامیل‌های F_3 نتیجه گرفتند که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از گونه وحشی *C. oxyacanthus* در افزایش تحمل به تنش خشکی گلرنگ اهلی بهره برد. مجیدی و زادهوش (۱۶) با بررسی ۱۰۲ ژنوتیپ از ۴۶ کشور و از هفت گونه گلرنگ با استفاده از نشانگر ISSR به این نتیجه رسیدند که گونه *C. palaestinus* نزدیک‌ترین گونه به گلرنگ اهلی است و احتمالا بتوان از آن در بهبود گونه زراعی استفاده کرد. طبق نتایج بدست آمده در مطالعه شیراوند و همکاران (۲۷) ژنوتیپ‌های *C. palaestinus* به علت دارا بودن مقادیر بالای اجزای عملکرد در دو شرایط رطوبتی تنش و عدم تنش خشکی نسبت به گونه زراعی در بعضی از صفات برتری داشت که ممکن است ناشی از اقدامات صورت گرفته برای اهلی‌سازی ژنوتیپ‌های این گونه باشد. همچنین نتایج مطالعه آن‌ها نشان داده است که بیشترین درصد روغن در هر دو شرایط رطوبتی تنش و عدم تنش به این گونه اختصاص داشته است که این موضوع باعث اهمیت بیشتر این گونه در جنس *Carthamus* می‌شود.

عملکرد صفتی پیچیده با وراثت‌پذیری پایین است و تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد. گرافیوس (۸) بیان نمود جهت بهبود صفات پیچیده‌ای همانند عملکرد دانه، انتخاب غیرمستقیم برای اجزای آن می‌تواند موفقیت‌آمیزتر باشد. یکی از روش‌های گزینش استفاده از شاخص گزینش بر مبنای چند صفت است (۲). شاخص انتخاب عبارت است از بهترین رابطه یا معادله خطی در قالب رگرسیون چندمتغیره، برای برآورد ارزش اصلاحی یک فرد، لاین یا رقم بر مبنای تمامی خصوصیات یا اطلاعاتی که قابل جمع‌آوری باشد. از جمله شاخص‌های انتخاب می‌توان به شاخص اسمیت- هیزل (۲۹،۱۱) و پسک- بیکر (۱۹) اشاره کرد. رابینسون و همکاران (۲۱) نشان دادند شاخص‌هایی که شامل صفات عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع گیاه باشد، پاسخ به انتخاب بهتری نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد دانه در ذرت خواهند داشت. پریچارد (۲۰) نشان داد که انتخاب بر اساس شاخص‌ها، عملکرد دانه را در سویا افزایش داد، اگرچه انتخاب بر اساس عملکرد به تنهایی نیز تقریبا سودمندی مشابهی با انتخاب بر اساس شاخص داشته است.

استفاده از شاخص‌های انتخاب در گیاهان برای اولین بار توسط اسمیت (۲۹) در سال ۱۹۳۶ با استفاده از مفهوم تابع تشخیص مطرح شد. در این تابع از صفات مختلف به‌صورت همزمان به‌عنوان متغیرهایی با ضرایب وزنی متفاوت استفاده می‌شود. هیزل (۱۱) در سال ۱۹۴۳ مدل انتخاب همزمان را با استفاده از روش تجزیه رگرسیون چند متغیره گسترش داد و متعاقبا روش‌های پیشرفته‌تری در شاخص‌های انتخاب بیان شد و مورد استفاده قرار گرفت (۲). شاخص اسمیت – هیزل احتمال انتخاب ژنوتیپ دارای بیشترین ارزش اصلاحی را بیشتر می‌کند. قابل ذکر است که تخمین ارزش‌های اصلاحی بر اساس روش رگرسیون اغلب بهترین برآوردکننده خطی است. لذا شاخص اسمیت- هیزل، بهترین برآوردکننده ارزش‌های اصلاحی صفات است و زمانی که ارزش اقتصادی صفات با یکدیگر متفاوت است، اهمیت زیادی دارد. پسک و بیکر (۱۹) مشکل مشخص نمودن ارزش‌های اقتصادی مناسب را برای صفات کمی مطرح کردند و شاخصی را پیشنهاد نمودند که در آن از بهره ژنتیکی به جای ارزش اقتصادی استفاده می‌شود. این شاخص یک شاخص انتخاب تعدیل شده است و در آن از واریانس‌ها و کوواریانس‌های ژنتیکی افراد استفاده می‌شود. گرانات و همکاران (۹) سه شاخص اسمیت-هیزل، پسک-بیکر و بریم- ویلیامز را در ذرت به کار بردند و بیان کردند که شاخص اسمیت- هیزل و پسک-بیکر در مقایسه با انتخاب مستقیم بیشترین کارایی را دارند. گبر و لاتر (۷) از شاخص اسمیت-هیزل برای بهبود عملکرد دانه گندم استفاده کردند و بیان نمودند که انتخاب بر اساس این شاخص نسبت به انتخاب مستقیم برتری دارد. سینگ و بالیان (۲۸) در یک جمعیت F2 گندم، کارایی نسبی معیارهای مختلف انتخاب را بررسی کردند. طبق نتایج این مطالعه انتخاب تک‌بوته بر اساس صفت عملکرد بیولوژیک به همراه عملکرد دانه برای گزینش گیاهان برتر در نسل F2 مناسب بود.

گونه‌های وحشی گلرنگ منبع غنی از ژن‌های مقاومت به خشکی هستند که می‌توان با استفاده از آن‌ها ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را ایجاد کرد. از طرفی بیش‌تر مطالعات در گلرنگ بر روی جوامع حاصل از تلاقی‌های درون گونه‌ای است و گزارشات در مورد تلاقی‌های بین گونه‌ای اندک است. از این رو این پژوهش به منظور ارزیابی کارایی انواع گزینش (مستقیم و با شاخص) برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی و عدم تنش، مقایسه کارایی آن‌ها برای انتخاب همزمان صفات و معرفی بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در تلاقی‌های بین گونه‌ای در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد انجام شد. این منطقه طبق تقسیم‌بندی کوپن، دارای اقلیم نیمه‌خشک خنک با تابستان‌های خشک، دارای متوسط بارندگی ۱۴۰ میلی‌متر و میانگین دمایی ۱۴ درجه سانتی‌گراد بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۳۰ متر است.

مواد ژنتیکی مورد استفاده در این مطالعه شامل ۱۲۶ فامیل حاصل از سه جمعیت F3 حاصل از تلاقی سه ژنوتیپ اهلی و وحشی گلرنگ شامل (IL)*C. tinctorius*، *C. palestinus*، *C. oxyacanthus* به همراه سه والد و چهار ژنوتیپ شاهد بود.

در سال ۱۳۹۰ سه ژنوتیپ اهلی و وحشی توسط شیراوند (۲۷) کشت شد و تلاقی‌های *C. oxyacanthus* ×*C. tinctorius* (IO) و *C. palaestinus* ×*C. tinctorius* (IP) انجام گردید. پس از رسیدگی کامل بوته‌ها، بذرهای حاصل از تلاقی‌ها جمع‌آوری و کشت شد تا بذور نسل F_1 به‌دست آید. سپس با خودگشنی گیاهان نسل F_1 بذور نسل F_2 به دست آمد. بذور حاصل از خودگشنی هر ۶۳ بوته F_2 یک فامیل F_3 را تشکیل داد که از بذور آن‌ها در انجام پژوهش حاضر استفاده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

گردید. بنابراین ۶۳ فامیل از هر یک از دو جمعیت F_3 (IO و IP) که در مجموع ۱۲۶ تیمار به همراه سه والد و چهار شاهد را تشکیل می‌دادند، مواد ژنتیکی مورد بررسی در این مطالعه بود. فامیل‌های حاصله در دو محیط رطوبتی تنش و عدم تنش خشکی در قالب طرح لاتیس در دو تکرار در سال ۱۳۹۴ کشت و ارزیابی شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک ردیف به طول دو متر بود. فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۱۲ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود و پس از حذف بوته‌های حاشیه، یادداشت‌برداری روی بوته‌های میانی هر ردیف انجام شد.

محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنش رطوبتی (تخلیه رطوبتی ۵۰ درصد) و محیط تنش رطوبتی (تخلیه رطوبتی ۸۵ درصد) بود. برای پیش‌بینی زمان آبیاری مقدار تبخیر- تعرق گلرنگ طی دوره رشد با استفاده از داده‌های هواشناسی، رابطه فائو- پنمن- مانتیث و ضریب گیاهی گلرنگ طی دوره رشد (۱) محاسبه شد. با این وجود زمان دقیق آبیاری و مقدار آب مورد نیاز از طریق اندازه‌گیری رطوبت خاک در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متر تعیین گردید. برای انجام آبیاری از سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری (T-Tape) استفاده شد. حجم آب کاربردی با استفاده از کنتور حجمی که بر روی سیستم آبیاری قطره‌ای نصب شده، کنترل می‌شد.

صفات مورد بررسی در این مطالعه شامل روز تا ۵۰ درصد تکمه‌دهی، روز تا شروع گلدهی، روز تا پایان گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن صد دانه و قطر غوزه بود. رگرسیون مرحله‌ای به روش گام‌به‌گام به‌منظور تعیین صفاتی که بیشترین رابطه با عملکرد دانه در واحد سطح را داشتند انجام پذیرفت. شاخص‌های انتخاب با توجه به رابطه ۱ به طور جداگانه برای شرایط عدم‌تنش و تنش رطوبتی محاسبه شدند. در این رابطه bi وزنی است که به هر صفت بر اساس ارزش آن داده می‌شود و pi ارزش فنوتیپی آن صفت می‌باشد (۶). برای شاخص اسمیت- هیزل بردار b از رابطه ۲ محاسبه شد (۱۱) که در آن p و g به ترتیب ماتریس‌های واریانس- کواریانس فنوتیپی و ژنتیکی می‌باشند و a ارزش اقتصادی نسبی است که یکبار برابر یک و بار دیگر برابر وراثت‌پذیری در نظر گرفته شد. به دلیل محدودیت در شاخص اسمیت- هیزل از لحاظ نسبت دادن ارزش‌های نسبی اقتصادی به صفات کمی شاخص پسک-بیکر (۱۹) نیز محاسبه شد. در این شاخص به جای ارزش‌های اقتصادی (a) از بازده ژنتیکی مطلوب (g) یا بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت استفاده می‌شود، بنابراین ضریب b مطابق رابطه ۳ محاسبه شد.

$$I=\sum biPi \qquad [۱]$$

$$b=P^{-1}Ga \qquad [۲]$$

$$b=G^{-1}g \qquad [۳]$$

پس از محاسبه شاخص‌ها، با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی در شاخص‌ها، مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ بدست آمد و مانند یک صفت مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و همبستگی آن با عملکرد دانه محاسبه شد.

واکنش به انتخاب برای هر صفت از رابطه ۴ محاسبه شد. در این رابطه σ_{pi} انحراف معیار فنوتیپی هر صفت، h^2 وراثت‌پذیری عمومی هر صفت و K شدت انتخاب (بر اساس شدت انتخاب ۳۰ درصد برابر ۱/۱۵) می‌باشد (۶). پاسخ همبسته برای انتخاب یک صفت از طریق گزینش برای صفات دیگر از رابطه ۵ بدست آمد (۶). در این رابطه r ضریب همبستگی ژنتیکی بین صفت موردنظر برای بهبود و صفتی است که انتخاب بر مبنای آن انجام می‌شود. کارایی نسبی انتخاب یا به عبارتی پاسخ غیرمستقیم انتخاب (CR_y) برای عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم (R_y) نیز از رابطه ۶ محاسبه شد. ژنوتیپ‌ها بر مبنای هر کدام از شاخص‌ها و عملکرد مرتب شدند و ۳۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ شاخص‌ها با بهترین ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد مقایسه شدند.

$$Ry=Kh^2\sigma_{pi} \qquad [۴]$$

$$CR_y=Kh_xh_yr_g\sigma_{p(y)} \qquad [۵]$$

$$RSE=CR_y/R_y \qquad [۶]$$

در نهایت برای هر صفت موجود در شاخص بازده مورد انتظار (ΔG)، بر اساس انتخاب بر مبنای شاخص طبق رابطه ۷ محاسبه گردید (K با در نظر گرفتن شدت انتخاب ۳۰ درصد برابر ۱/۱۵ در نظر گرفته شد). در این رابطه σ_{Ii} کوواریانس شاخص با هر صفت می‌باشد که توسط رابطه ۸ به دست آمد و σ_{gij} کواریانس ژنتیکی صفات i و j می‌باشد. همچنین σ_I، انحراف معیار شاخص است و برای هر شاخص از رابطه ۹ محاسبه شد. بهره مورد انتظار (ΔH) طبق رابطه ۱۰ برای هر شاخص محاسبه شد. تجزیه تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS و داده‌پردازی به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

$$\Delta G=k\sigma_{Ii}/\sigma_I \qquad [۷]$$

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

$$\sigma_I=b'Pb \qquad [۹]$$

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

نتایج و بحث

بر اساس نتایج رگرسیون مرحله‌ای در جمعیت IP در شرایط عدم تنش صفات تعداد انشعاب در بوته، تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه وارد مدل شدند. در همین جمعیت در شرایط تنش صفات تعداد دانه در غوزه، تعداد انشعاب در بوته، قطر غوزه و وزن صد دانه وارد مدل شدند. در جمعیت IO هم در شرایط تنش و هم در شرایط عدم تنش صفات تعداد دانه در غوزه، تعداد غوزه در بوته، وزن صد دانه و تعداد انشعاب در بوته وارد مدل شدند. این صفات برای ساخت شاخص‌ها استفاده شدند.

در هر دو جمعیت IP و IO و در هر دو شرایط تنش و عدم تنش عملکرد دانه در واحد سطح بیشترین پاسخ را به انتخاب مستقیم نشان داد (جداول ۱ و ۲). بیشتر بودن مقدار پاسخ به انتخاب برای این صفت نشان‌دهنده بالا بودن واریانس فنوتیپی این صفت می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

مقادیر پاسخ غیر مستقیم همبسته به انتخاب (جدول ۳ و۴) در هر جمعیت و شرایط رطوبتی متفاوت بود. در جمعیت IP (جدول ۳) در محیط عدم تنش بیشترین پاسخ غیرمستقیم همبسته به انتخاب برای عملکرد دانه در واحد سطح از طریق تعداد غوزه در بوته (۴۳/۵۳ گرم در متر مربع) بود. در محیط تنش در همین جمعیت بیشترین پاسخ همبسته به انتخاب از طریق تعداد دانه در غوزه (۹/۹۶ گرم در متر مربع) حاصل شد. در جمعیت IO (جدول ۴) بر خلاف جمعیت IP بیشترین مقدار پاسخ همبسته از طریق تعداد دانه در غوزه در محیط عدم تنش (۴۰/۶۷ گرم در متر مربع) و تعداد غوزه در بوته در محیط تنش (۱۳/۹۲ گرم در متر مربع) حاصل شد.

جدول ۱- مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i) برای صفات مختلف جمعیت IP در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

Table 1. Direct response to selection for different traits in IP population in non-stress and stress conditions

پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i)			
صفت	عدم تنش	صفت	تنش خشکی
عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	۴۹/۴۱	عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	۱۶/۸۸
تعداد انشعاب در بوته	۰/۸۲	تعداد انشعاب در بوته	۰/۶۵
تعداد غوزه در بوته	۳/۳۲	قطر غوزه (mm)	۰/۵۹
تعداد دانه در غوزه	۵/۸۶	وزن صد دانه (g)	۰/۶۶
		تعداد دانه در غوزه	۳/۷۳

جدول ۲- مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب برای صفات مختلف جمعیت IO در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

Table 2. Direct response to selection for different traits in IO population in non-stress and stress conditions

	پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i)	
صفت	شرایط عدم تنش	شرایط تنش
عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	۴۸/۲	۱۷/۷۶
تعداد انشعاب در بوته	۰/۲۵	۰/۵۳
تعداد غوزه دربوته	۲	۲/۱۳
وزن صد دانه (g)	۰/۳۲	۰/۵۸
تعداد دانه در غوزه	۵/۶۸	۲/۸۷

جدول ۳- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در واحد سطح از طریق انتخاب برای اجزای عملکرد در جمعیت IP در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

Table 3. Correlated response to selection for improving seed yield through selection for yield components in IP population in non-stress and drought stress conditions

صفت	از طریق اجزای عملکرد	پاسخ همبسته	ضریب همبستگی ژنتیکی	پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	کارایی نسبی انتخاب غیر مستقیم نسبت به انتخاب مستقیم
شرایط عدم تنش					
عملکرد دانه در واحد سطح (g/m^2)	تعداد انشعاب در بوته	۲۵/۸۰	۰/۶۳	۲۰/۹۲	۰/۵۲
	تعداد غوزه در بوته	۴۳/۵۳	۰/۸۹	۳۵/۳	۰/۸۸
	تعداد دانه در غوزه	۱۴/۰۵	۰/۲۷	۱۱/۳۹	۰/۲۸
شرایط تنش					
عملکرد دانه در واحد سطح (g/m^2)	تعداد انشعاب در بوته	۳/۹۷	۰/۲۴	۶/۴	۰/۲۳
	قطر غوزه	۷/۳۹	۰/۵۱	۱۲/۰۸	۰/۴۳
	وزن صد دانه (g)	۴/۴۹	۰/۲۲	۷/۳	۰/۲۶
	تعداد دانه در غوزه	۹/۹۶	۰/۵۶	۱۶/۲۷	۰/۵۹

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

جدول ۴- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در واحد سطح از طریق انتخاب برای اجزای عملکرد در جمعیت IO در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

Table 4.Correlated response to selection for improving seed yield through selection for yield components in IO population in non-stress and drought stress conditions

صفت	اجزای عملکرد	پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی	پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	کارایی نسبی انتخاب غیر مستقیم نسبت به انتخاب مستقیم
شرایط عدم تنش					
عملکرد در واحد سطح(g/m^2)	تعداد انشعاب در بوته	۱۱/۶۶	۰/۴	۹/۲۳	۰/۲۴
	تعداد غوزه در بوته	۴/۴۷	۰/۱۱	۳/۵۳	۰/۰۹
	وزن صد دانه (g)	۱۳	۰/۲۸	۱۰/۳۵	۰/۲۷
	تعداد دانه در غوزه	۴۰/۶۷	۰/۸۷	۳۲/۱۹	۰/۸۴
شرایط تنش					
عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	تعداد انشعاب در بوته	۷/۳۸	۰/۳۸	۱۰/۷۲	۰/۴۱
	تعداد غوزه در بوته	۱۳/۹۲	۰/۶۷	۲۰/۲۱	۰/۷۸
	وزن صد دانه(g)	۳/۴۶	۰/۱۵	۵/۰۳	۰/۱۹
	تعداد دانه در غوزه	۱۰/۳۱	۰/۵۸	۱۴/۹۷	۰/۵۸

جدول ۵- ضرایب هر یک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب جمعیت IP در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

Table 5. Coefficients of the traits in selection index in IP population in non-stress and drought stress conditions

صفت	شرایط عدم تنش		
	اسمیت-هیزل ۱	اسمیت-هیزل ۲	پسک-بیکر
تعداد انشعاب در بوته	۰/۰۷۸	-۰/۰۳۶	۱/۰۲۸
تعداد غوزه در بوته	۰/۷۰۷	۰/۴۳۹	۰/۱۶۳
تعداد دانه در غوزه	۰/۶۷۱	۰/۴۶۴	۰/۱۹۳
	شرایط تنش		
تعداد انشعاب در بوته	۰/۱۰۴	۰/۰۲۵	۱/۶۸۱
قطر غوزه	۰/۸۱۹	۰/۴۸۳	۰/۳
وزن صد دانه (g)	۳/۱۱۲	۱/۸۷۵	-۰/۱۳۱
تعداد دانه در غوزه	۰/۴۹۳	۰/۲۸	۰/۲۵۱

بیشترین مقدار کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم (جدول ۳) برای عملکرد دانه در جمعیت IP در شرایط عدم‌تنش و تنش به‌ترتیب از طریق تعداد غوزه در بوته (۰/۸۸) و تعداد دانه در غوزه (۰/۵۹) بود. کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد دانه در جمعیت IO (جدول ۴) در شرایط عدم‌تنش از طریق تعداد دانه در غوزه (۰/۸۴) و در شرایط تنش از طریق تعداد غوزه در بوته (۰/۷۸) بود. این امر نشان‌دهنده‌ی این است که انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفات نمی‌تواند نسبت به انتخاب مستقیم برای بهبود عملکرد دانه موثرتر باشد. بیشترین مقدار کارایی انتخاب غیرمستقیم در جمعیت IP برای صفت تعداد غوزه در بوته بود. در مطالعه شیراوند و همکاران (۲۷) گزارش شد که گونه‌های وحشی میانگین تعداد غوزه بیشتری نسبت به گونه‌های اهلی دارا بودند. در بین گونه‌های وحشی، گونه *C. palaestinus* پتانسیل بالایی جهت انتقال صفات مطلوب به گونه زراعی دارد. از آنجایی که جمعیت IP از کارایی انتخاب غیرمستقیم بیشتری نسبت به جمعیت IO برخوردار بود، شاید بتوان گفت انتخاب برای عملکرد در این جمعیت بهبود بیشتری نسبت به جمعیت IO را دارا خواهد بود. جانسون و همکاران (۲۱) بیان کردند انتخاب بر اساس اجزای عملکرد، پیشرفت ژنتیکی بیشتری نسبت به انتخاب بر اساس خود عملکرد خواهد داشت. رانالی و همکاران (۲۲) نیز بیان کردند که انتخاب بر اساس اجزای عملکرد می‌تواند تاثیر مثبتی بر عملکرد داشته باشد. در مطالعه‌ای بر روی نسل‌های F3 و F4 جو (۱۳) از انتخاب غیرمستقیم بر اساس اجزای عملکرد جهت بهبود عملکرد دانه استفاده شد و مشخص شد که تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را بر بهبود عملکرد داشتند و همچنین مشخص شد که انتخاب از طریق تعداد سنبله در مترمربع موثرتر بوده است. شاخص‌های انتخاب بر اساس صفاتی که قبلا ذکر شد برای هر جمعیت و محیط مورد محاسبه قرار گرفتند. ضرایب هر یک از صفات در شاخص‌های اسمیت- هیزل و پسک- بیکر برای جمعیت IP و IO به ترتیب در جدول ۵ و ۶ آورده شده است. در جمعیت IP (جدول ۵) در شرایط عدم تنش در شاخص اسمیت- هیزل ۱ بیشترین مقدار ضریب متعلق به صفت تعداد غوزه در بوته بود. در همین جمعیت بیشترین مقدار ضریب در شاخص اسمیت- هیزل ۲ متعلق به صفت تعداد دانه در غوزه بود. تعداد انشعاب در بوته بیشترین مقدار ضریب را در شاخص پسک-بیکر و در این جمعیت در شرایط عدم تنش را داشت. در جمعیت IP (جدول ۵) در شرایط تنش بیشترین مقدار ضریب در شاخص اسمیت- هیزل ۱ و ۲ متعلق به صفت وزن صد دانه بود. در شاخص پسک- بیکر بیشترین مقدار ضریب متعلق به تعداد انشعاب در بوته در همین جمعیت و در شرایط تنش بود. در جمعیت IO (جدول ۶) و در شرایط عدم تنش در شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱ و ۲ وزن صد دانه و در شاخص پسک- بیکر تعداد انشعاب در بوته بیشترین مقدار ضریب را داشتند. در همین جمعیت (جدول ۶) در شرایط تنش وزن صد دانه در هر سه شاخص بیشترین مقدار ضریب را به خود اختصاص داد. پس از محاسبه شاخص‌ها با استفاده از فرمول و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات در هر یک از شاخص‌ها مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ به دست آمد. سپس هر یک از شاخص‌ها به‌عنوان یک صفت مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و پارامترهای آماری مربوط به شاخص‌ها، همبستگی ژنتیکی بین شاخص‌ها با عملکرد و کارایی انتخاب براساس شاخص‌ها نیز مورد محاسبه قرار گرفتند. طبق نتایج بدست آمده در جمعیت IP در شرایط عدم تنش رطوبتی (جدول ۷) ژنوتیپ‌های شماره ۴۹، ۳۳ و ۵۴ از نظر صفت عملکرد در واحد سطح به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. از نظر شاخص اسمیت- هیزل ۱ و ۲ لاین‌های ۱۳، ۳۳ و ۱۴ برترین لاین‌ها بودند. در شاخص پسک-بیکر نیز لاین‌های ۳، ۴۹ و ۱۳ برتر بودند. بر اساس این نتایج در شرایط عدم تنش هر کدام از این شاخص‌ها توانستند لاین‌هایی را به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کنند که برخی از آن‌ها از نظر عملکرد در واحد سطح نیز برتر بودند. در شرایط عدم تنش رطوبتی شاخص پسک-بیکر نسبت به شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ از کارایی انتخاب بالاتری برخوردار بود. بنابراین این شاخص با بیشترین کارایی انتخاب به عنوان شاخص موثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط عدم تنش معرفی می‌شود. در جمعیت IP در شرایط تنش رطوبتی (جدول ۸) ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۴۸ و ۶۲ از نظر صفت عملکرد در واحد سطح به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. از نظر شاخص اسمیت- هیزل ۱ و ۲ لاین‌های ۱۴، ۳۴ و ۶ برترین لاین‌ها بودند. در شاخص پسک- بیکر نیز لاین‌های ۳۳، ۴۹ و ۱۴ برتر بودند. در شرایط تنش رطوبتی شاخص‌های اسمیت هیزل ۱ و ۲ نسبت به شاخص پسک-بیکر واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری، پاسخ همبسته و کارایی انتخاب بالاتری برخوردار بودند. بنابراین شاخص اسمیت هیزل ۱و ۲ با کارایی انتخاب بالاتر شاخص موثرتری نسبت به پسک -بیکر به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج بدست آمده در جمعیت IO در شرایط عدم تنش رطوبتی (جدول ۹) ژنوتیپ‌های شماره ۱۵۸، ۱۳۶ و ۱۳۵ از نظر صفت عملکرد در واحد سطح به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. از نظر شاخص اسمیت- هیزل ۱ لاین‌های ۱۵۰، ۱۳۵ و ۱۵۸ برترین لاین‌ها بودند. از نظر شاخص اسمیت- هیزل ۲ نیز لاین‌های ۱۵۰، ۱۳۵ و ۱۳۷ برترین لاین‌ها بودند. در شاخص پسک-بیکر نیز لاین‌های ۱۴۸، ۱۸۷ و ۱۸۹ برتر بودند. بر اساس این نتایج در شرایط عدم تنش هر کدام از این شاخص‌ها توانستند لاین‌هایی را به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کنند که برخی از آنها از نظر عملکرد در واحد سطح نیز برتر بودند. در شرایط عدم تنش رطوبتی، شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ نسبت به شاخص پسک-بیکر از کارایی انتخاب بالاتری برخوردار بودند. بنابراین این دو شاخص با بیشترین کارایی انتخاب به‌عنوان شاخص موثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط عدم تنش معرفی می‌شود. در همین جمعیت (IO) در شرایط تنش خشکی (جدول۱۰) نیز مانند شرایط عدم تنش شاخص اسمیت- هیزل ۱ و ۲ نسبت به شاخص پسک-بیکر از کارایی انتخاب بالاتری برخوردار بودند و به‌عنوان شاخص موثرتر انتخاب شدند. گرانات و همکاران (۹) سه شاخص اسمیت-هیزل، پسک- بیکر و بریم- ویلیامز را در ذرت به کار بردند و مشخص شد که شاخص اسمیت-هیزل و پسک- بیکر در مقایسه با انتخاب مستقیم بیشترین کارایی را دارند. گبر و لاتر (۷) از شاخص اسمیت-هیزل برای بهبود عملکرد دانه گندم استفاده کردند و بیان نمودند که انتخاب بر اساس این شاخص نسبت به انتخاب مستقیم برتری دارد. دلان و همکاران (۴) سودمندی شاخص‌های اسمیت- هیزل، پایه تعدیل‌شده، شاخص محدود شده، شاخص چندگانه برای بهبود عملکرد دانه یولاف را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهره واقعی برای شاخص محدود شده، ۱۵ درصد و برای شاخص اسمیت-هیزل ۱۴ درصد بیشتر از انتخاب مستقیم برای عملکرد بود.

کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب بر اساس شاخص (ΔG) در شرایط عدم تنش خشکی و تنش خشکی در جمعیت IP در جدول ۱۱ نشان داده شده است. در شاخص‌های اسمیت هیزل ۱ و ۲ در شرایط عدم تنش خشکی تعداد دانه در غوزه بیشترین پاسخ انتخاب را داشتند. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص‌های اسمیت-هیزل ۱ و ۲ منجر به افزایش تعداد دانه در غوزه نسبت به سایر صفات خواهد شد. اما شاخص اسمیت- هیزل ۲ به دلیل پاسخ منفی تعداد انشعاب در بوته به انتخاب، منجر به کاهش تعداد انشعاب در بوته خواهد شد. در شاخص پسک- بیکر، تعداد انشعاب در بوته بیشترین پاسخ به انتخاب را نشان داد. بنابراین انتخاب بر اساس این شاخص منجر به افزایش تعداد انشعاب در بوته خواهد شد. در شرایط تنش خشکی در همین جمعیت (IP) تعداد دانه در غوزه و وزن صد دانه بیشترین پاسخ به انتخاب را داشتند و انتخاب بر اساس این شاخص‌ها منجر به افزایش این دو صفت خواهد شد. ولی با این حال انتخاب بر اساس این دو شاخص باعث کاهش تعداد انشعاب در بوته نیز می‌شود. در جمعیت IO (جدول ۱۲) در شاخص اسمیت-هیزل ۱و ۲، تعداد دانه در غوزه بیشترین پاسخ به انتخاب را داشت و این نشان می‌دهد انتخاب بر اساس این دو شاخص باعث افزایش تعداد دانه در غوزه نسبت به سایر صفات خواهد شد. انتخاب بر اساس این دو شاخص همچنین باعث کاهش در صفات تعداد انشعاب در بوته و تعداد غوزه در بوته خواهد شد. در شرایط تنش خشکی در این جمعیت (IO) انتخاب با استفاده از شاخص اسمیت هیزل ۱ باعث افزایش وزن صد دانه نسبت به سایر صفات خواهد شد. انتخاب بر اساس این شاخص همچنین باعث کاهش در صفات تعداد انشعاب در بوته و تعداد دانه در غوزه خواهد شد. انتخاب بر اساس شاخص اسمیت هیزل ۲ باعث افزایش صفت تعداد غوزه در بوته و همچنین باعث کاهش تعداد دانه در غوزه نسبت به سایر صفات خواهد شد. انتخاب بر اساس شاخص پسک-بیکر باعث افزایش تعداد غوزه در بوته و کاهش تعداد انشعاب در بوته و تعداد دانه در غوزه نسبت به سایر صفات خواهد شد. لین (۱۴) بیان کرد بهتر است صفتی را که باعث کاهش کارایی انتخاب می‌شود از معادله شاخص حذف نمود. با توجه به کارایی انتخاب شاخص‌های مورد بررسی (جدول ۷ و ۸)، در هر دو شرایط رطوبتی در جمعیت IP، مشخص شد که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

شاخص اسمیت- هیزل ۱ بازده انتخاب بالاتری نسبت به دو شاخص دیگر نشان داد که این بازده در شرایط عدم تنش خشکی نسبت به تنش خشکی بیشتر بود. در جمعیت IO (جدول ۹) در شرایط عدم تنش خشکی شاخص اسمیت- هیزل ۱ بازده انتخاب بالاتری را نشان داد ولی در شرایط تنش خشکی (جدول ۱۰) شاخص پسک-بیکر از بازده انتخاب بالاتری برخوردار بود. با توجه به نتایج کارایی انتخاب در دو جمعیت (IP و IO) مشخص شد که شاخص‌های مورد بررسی در جمعیت IP کارایی انتخاب بالاتری نسبت به جمعیت IO نشان دادند. شیراوند و مجیدی (۲۷) در مطالعه خود بر روی تنوع ژنتیکی بین و درون گونه‌های گلرنگ مربوط به ایران و جهان از نظر مقایسه عملکرد دانه در بوته گزارش کردند که گونه *C. palaestinus* به علت دارا بودن مقادیر بالای اجزای عملکرد و درصد روغن در هر دو شرایط رطوبتی عدم تنش و تنش خشکی نسبت به گونه زراعی و سایر گونه‌های وحشی از جمله *C. oxyacanthus* برتری نشان داد. اتا و اپن شاو (۵) در مطالعه‌ای روی ذرت، از شاخص‌های اسمیت- هیزل، پسک-بیکر و پایه بریم-ویلیامز استفاده نمودند و ۱۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها را از نظر متوسط شاخص‌ها تعیین کردند. در مقایسه با انتخاب مستقیم برای عملکرد، شاخص پسک- بیکر و شاخص پایه به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شدند. یانگ (۳۲) کارایی نسبی انتخاب به تعداد صفات موجود در معادله شاخص، ارزش اقتصادی آن‌ها، وراثت‌پذیری آن‌ها و همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات بستگی دارد. اسمیت و همکاران (۳۰) در برنامه‌های انتخاب دوره‌ای برای هفت جمعیت ذرت دو شاخص که در یکی از آن‌ها از وراثت‌پذیری صفات به‌عنوان وزنه استفاده شده بود و در دیگری وزنه‌های اقتصادی صفات منظور شده بودند، با شاخص اسمیت- هیزل استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از شاخصی که در آن از وراثت‌پذیری‌ها به‌عنوان وزنه استفاده شده بود، کارایی نسبی بیشتری نسبت به دو شاخص دیگر داشت.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که انتخاب غیرمستقیم از طریق شاخص می‌تواند کارایی بیشتری برای بهبود عملکرد دانه گلرنگ در محیط عدم تنش خشکی داشته باشد. انتخاب بر اساس برخی از شاخص‌های مورد بررسی باعث گزینش فامیل‌هایی با تعداد دانه در غوزه بیشتر در جمعیت IP و وزن صد دانه بیشتر در جمعیت IO می‌شود. همچنین مشخص شد که برتری شاخص‌های انتخاب به نوع جمعیت مورد بررسی بستگی دارد و شاخص ثابتی را نمی‌توان در جمعیت‌های متفاوت بکار برد. از آنجایی که *C. oxyacanthus* دارای خصوصیات نامطلوب وحشی بسیاری از جمله کوچک بودن قطر غوزه، تعداد دانه در غوزه کمتر و ... است و از طرفی *C. palaestinus* دارای خصوصیات مطلوب شبیه والد زراعی است، کارایی انتخاب درجمعیت IP بیشتر از جمعیت IO بود. از این‌رو انتخاب برای ژنوتیپ‌های پر عملکرد در جمعیت IP موثرتر از جمعیت IO خواهد بود. با توجه به کلیه‌ی نتایج والد وحشی *C. palaestinus* می‌تواند در بهبود ویژگی‌های گلرنگ زراعی بویژه برای عملکرد و تنش‌های غیر زیستی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۶- ضرایب هر یک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب جمعیت IO در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

Table 6. Coefficients of the traits in selection index in IO population in non-stress and drought stress conditions

صفت	شرایط عدم تنش		
	اسمیت- هیزل ۱	اسمیت- هیزل ۲	پسک- بیکر
تعداد انشعاب در بوته	-۱/۰۵۳	-۰/۷۲۱	۷/۸۲۴
تعداد غوزه در بوته	۰/۴۴۸	۰/۲۰۸	۰/۷۲۳
وزن صد دانه (g)	۵/۶۴۳	۳/۱۳۷	-۸/۳۷
تعداد دانه در غوزه	۰/۵۸۶	۰/۳۸۷	۰/۳۳۹
	شرایط تنش		
تعداد انشعاب در بوته	-۰/۰۵۴	۰/۱۷۶	-۲/۶۵۶
تعداد غوزه در بوته	۰/۸	۰/۴۶۲	۱/۱۰۴
وزن صد دانه (g)	۳/۵۳	۱/۸۹۴	۲/۴۷۶
تعداد دانه در غوزه	۰/۳۴۱	۰/۱۶۸	۰/۰۶۵

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

جدول ۷- عملکرد دانه در واحد سطح، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در جمعیت IP درشرایط عدم تنش خشکی
Table 7. Yield (g/m^2), selection indices and depended parameters in IP population in non-stress condition

رتبه ژنوتیپ (عدم تنش)	عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	شاخص اسمیت-هیزل ۱	شاخص اسمیت- هیزل ۲	شاخص پسک-بیکر
۱	(۴۹)۴۵۵/۸۳	(۱۳)۴۳/۴۳	(۱۳)۲۹/۲۲	(۳)۲۰/۳۸
۲	(۳۳)۲۴۷/۷۷	(۳۳)۳۷/۶۵	(۳۳)۲۴/۲۶	(۴۹)۱۸/۴۴
۳	(۵۴)۲۳۵/۳	(۱۴)۳۴/۶۳	(۱۴)۲۲/۹۸	(۱۳)۱۷/۴۱
۴	(۳۷)۲۲۱/۳۵	(۴۹)۳۴/۳۱	(۴۹)۲۱/۳۳	(۱)۱۵/۷۹
۵	(۵۰)۲۱۶/۱۷	(۱)۳۱/۵	(۱)۲۰/۳۵	(۵۴)۱۵/۱۴
۶	(۱)۲۱۶/۱۵	(۵۴)۳۰/۹۶	(۳۷)۱۹/۸۴	(۵۰)۱۵/۰۷
۷	(۷)۲۰۴/۹۲	(۳۷)۳۰/۵۱	(۵۴)۱۹/۸۲	(۳۷)۱۵/۰۶
۸	(۱۲)۱۹۴/۳	(۲۹)۲۹/۳۴	(۲۹)۱۸/۸۵	(۳۳)۱۴/۸۶
۹	(۱۴)۱۸۶/۱۶	(۱۲)۲۷/۳۱	(۱۲)۱۷/۷۴	(۶۲)۱۴/۶۲
۱۰	(۳)۱۸۴/۸۷	(۳)۲۷/۲۶	(۲۳)۱۷/۷۳	(۲۹)۱۴/۵
۱۱	(۱۵)۱۶۹/۰۵	(۲۳)۲۷/۰۳	(۶۲)۱۷/۳۵	(۱۴)۱۴/۰۳
۱۲	(۸)۱۶۵/۶۶	(۵۰)۲۶/۹۹	(۵۰)۱۷/۰۱	(۲۸)۱۳/۷۲
۱۳	(۲۹)۱۶۵/۵۷	(۶۲)۲۶/۸۲	(۸)۱۶/۹۷	(۲۶)۱۳/۵۸
۱۴	(۲۶)۱۶۴/۱۴	(۲۶)۲۶/۲۲	(۲۶)۱۶/۸۸	(۵۶)۱۳/۴۹
۱۵	(۵۱)۱۵۳/۳۵	(۸)۲۵/۹۹	(۳)۱۶/۷۵	(۵۲)۱۳/۴۷
۱۶	(۲۸)۱۴۸/۲۴	(۵۲)۲۵/۱۶	(۵۲)۱۶/۲۲	(۱۵)۱۳/۴۳
۱۷	(۵۲)۱۴۵/۳۴	(۱۵)۲۴/۸۹	(۱۵)۱۵/۹۷	(۳۵)۱۳/۴۲
۱۸	(۶۲)۱۳۹/۲۹	(۷)۲۴/۶۸	(۳۶)۱۵/۷۶	(۱۶)۱۳/۲۶
۱۹	(۴۸)۱۳۹/۱۵	(۵۶)۲۴/۶۱	(۷)۱۵/۷۵	(۱۷)۱۳/۲۲
۲۰	(۱۶)۱۳۰/۳۱	(۳۶)۲۴/۲۷	(۵۶)۱۵/۶۸	(۳۶)۱۳/۱۸
واریانس ژنتیکی	۲۸۴۵/۶۵	۲۴/۱۲	۱۰/۷۶	۳/۴۹
وراثت‌پذیری	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۵۱
همبستگی ژنتیکی با عملکرد	–	۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۸۳
پاسخ همبسته	–	۳۵/۵۷	۳۳/۶۴	۳۶/۴۸
پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه		۲۸/۸۵	۲۷/۲۸	۲۹/۵۹
کارایی انتخاب	–	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۷۳

جدول ۸- عملکرد در واحد سطح، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در جمعیت IP درشرایط تنش خشکی
Table 8. Yield (g/m^2), selection indices and depended parameters in IP population in drought stress condition

رتبه ژنوتیپ (تنش)	عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	شاخص اسمیت- هیزل ۱	شاخص اسمیت-هیزل ۲	شاخص پسک-بیکر
۱	(۱۳)۱۶۲/۳۴	(۱۴)۴۴/۹۵	(۱۴)۲۶/۱۲	(۳۳)۲۲/۳۱
۲	(۴۸)۱۵۴/۶۲	(۳۴)۴۳/۰۶	(۳۴)۲۵/۰۶	(۴۹)۲۱/۸۸
۳	(۶۲)۱۱۲/۹۲	(۶)۴۲/۹۶	(۶)۲۴/۹۷	(۱۴)۲۱/۶۶
۴	(۱۵)۹۷/۷۰	(۱۲)۴۱/۶۲	(۱۲)۲۴/۲۵	(۶۲)۲۱/۴۲
۵	(۳۴)۹۶/۰۴	(۵۵)۴۰/۵۷	(۱۷)۲۴/۰۲	(۶)۲۱/۰۳
۶	(۵۵) ۹۵/۲۵	(۴۸)۴۰/۵۶	(۴۸)۲۳/۶۴	(۴۸)۲۰/۶۶
۷	(۱۴)۹۱/۰۴	(۲۱)۴۰/۴۷	(۵۵)۲۳/۶۴	(۵۶)۲۰/۶۰
۸	(۱۲)۸۸/۷۵	(۱۷)۴۰/۴۶	(۲۱)۲۳/۵۹	(۵)۲۰/۵۹
۹	(۵۱)۸۵/۸۸	(۵۷)۴۰/۱۶	(۵۷)۲۳/۴	(۳۴)۲۰/۵۴
۱۰	(۲۹)۸۵/۶۳	(۲۳)۴۰/۰۶	(۲۳)۲۳/۳۶	(۱۵)۲۰/۴۴
۱۱	(۶۳)۸۴/۱۸	(۵۱)۴۰/۰۴	(۵۱)۲۳/۳۲	(۱۳)۱۹/۹۱
۱۲	(۴۶)۸۰/۲۴	(۵۴)۳۹/۸۷	(۴۲)۲۳/۲۵	(۵۱)۱۹/۸۳
۱۳	(۲۱)۷۵/۹۸	(۸)۳۹/۸۳	(۵۴)۲۳/۲۴	(۲۶)۱۹/۳۶
۱۴	(۳۱)۷۳/۱۵	(۴۲)۳۹/۸۱	(۸)۲۳/۲۲	(۵۰)۱۹/۲۷
۱۵	(۴۷)۷۱/۸۵	(۴۷)۳۹/۷۱	(۴۷)۲۳/۱۶	(۴۷)۱۹/۲۵
۱۶	(۵۰)۶۹/۴۲	(۶۳)۳۹/۶۸	(۶۳)۲۳/۱۲	(۵۵)۱۹/۱۹
۱۷	(۲۵)۶۸/۵۴	(۵۳)۳۹/۲۰	(۵۳)۲۲/۸۷	(۵۳)۱۹/۰۸
۱۸	(۸)۶۸/۱۳	(۵۲)۳۸/۹۹	(۵۲)۲۲/۷۶	(۲۹)۱۹/۰۵
۱۹	(۶۰)۶۸/۰۱	(۳۳)۳۸/۹۵	(۳۵)۲۲/۷۴	(۱۲)۱۸/۸۶۴
۲۰	(۵)۶۷/۹۲	(۳۵)۳۸/۹۳	(۲۰)۲۲/۷۲	(۳۰)۱۸/۸۶
واریانس ژنتیکی	۳۹۴/۳	۴/۴۱	۱/۴۹	۲/۱۱
وراثت‌پذیری	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۳۷
همبستگی ژنتیکی با عملکرد	–	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۷۲
پاسخ همبسته	–	۵/۱۱	۴/۹۹	۴/۶۴
پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)		۸/۳۵	۸/۱۵	۷/۵
کارایی انتخاب	–	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۷

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

جدول ۹- عملکرد در واحد سطح، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در جمعیت IO درشرایط عدم تنش خشکی
Table 9. Yield (g/m^2), selection indices and depended parameters in IO population in non-stress condition

رتبه ژنوتیپ (عدم تنش)	عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	شاخص اسمیت-هیزل ۱	شاخص اسمیت-هیزل ۲	شاخص پسک-بیکر
۱	(۱۵۸)۲۷۰/۵۱	(۱۵۰)۴۰/۰۱	(۱۵۰)۲۳/۹	(۱۴۸)۷۶/۹۵
۲	(۱۳۶)۲۶۹/۱۲	(۱۳۵)۳۵/۴۱	(۱۳۵)۲۰	(۱۸۷)۶۳/۶۱
۳	(۱۳۵)۲۶۶/۸۱	(۱۵۸)۳۵/۳۴	(۱۳۷)۲۴/۱۹	(۱۸۹)۵۸/۲۲
۴	(۱۵۲)۲۶۰/۶۵	(۱۳۶)۳۳/۱۶	(۱۵۸)۱۹/۱	(۱۳۵)۵۵/۱۹
۵	(۱۳۷)۲۳۶/۲۵	(۱۳۷)۳۳/۰۲	(۱۳۸)۱۸/۷	(۱۸۱)۵۴/۸۷
۶	(۱۳۸)۲۲۹/۸۱	(۱۳۳)۳۲/۹۸	(۱۵۳)۱۸/۶۹	(۱۳۴)۵۴/۶۱
۷	(۱۵۱)۲۲۲/۶۰	(۱۵۳)۳۲/۶۴	(۱۳۳)۱۸/۴۱	(۱۳۲)۵۳/۱۵
۸	(۱۳۴)۲۲۲/۳۹	(۱۳۸)۳۲/۵۳	(۱۳۶)۱۸/۳۹	(۱۶۷)۵۳/۰۱
۹	(۱۸۹)۲۱۵/۷۳	(۱۵۴)۳۱/۵۶	(۱۸۹)۱۷/۵۷	(۱۶۳)۵۲/۶۹
۱۰	(۱۸۷)۱۹۴/۸۵	(۱۳۴)۳۱/۲۰	(۱۵۴)۱۷/۵۴	(۱۳۷)۵۰/۴۷
۱۱	(۱۳۳)۱۸۷/۸۸	(۱۵۹)۳۱/۱۵	(۱۵۹)۱۷/۵	(۱۸۳)۵۰/۰۹
۱۲	(۱۸۱)۱۸۱/۶۳	(۱۸۹)۳۱/۱	(۱۵۲)۱۷/۴۶	(۱۷۹)۴۹/۰۶
۱۳	(۱۸۴)۱۷۹/۴۳	(۱۴۱)۳۰/۹۹	(۱۳۴)۱۷/۲	(۱۶۲)۴۸/۲۴
۱۴	(۱۶۹)۱۴۳/۵۴	(۱۵۲)۳۰/۹۱	(۱۵۱)۱۶/۸۶	(۱۶۶)۴۷/۹۴
۱۵	(۱۷۹)۱۴۳/۱۹	(۱۸۴)۳۰/۳۷	(۱۸۴)۱۶/۷	(۱۶۴)۴۷/۹۱
۱۶	(۱۵۰)۱۴۱/۱۸	(۱۵۷)۳۰/۰۲	(۱۸۷)۱۶/۷	(۱۵۸)۴۷/۲۸
۱۷	(۱۷۰)۱۳۳/۲۴	(۱۸۷)۲۹/۷۲	(۱۷۸)۱۶/۶۸	(۱۳۶)۴۶/۶۷
۱۸	(۱۴۶)۱۳۳/۱	(۱۷۸)۲۹/۶۸	(۱۴۱)۱۶/۳۶	(۱۳۸)۴۶/۲۵
۱۹	(۱۵۹)۱۳۱/۴۶	(۱۵۱)۲۹/۶۶	(۱۶۵)۱۶/۳۳	(۱۴۷)۴۶/۰۶
۲۰	(۱۸۶)۱۳۱/۳۶	(۱۷۳)۲۹/۱۴	(۱۵۷)۱۶/۲۲	(۱۸۶)۴۵/۷۸
واریانس ژنتیکی	۲۵۲۳/۷۷	۱۰/۸۸	۴/۷۳	۵۵/۸۸
وراثت‌پذیری	۰/۶۹	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۵۰
همبستگی ژنتیکی با عملکرد	–	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۵۷
پاسخ همبسته	–	۳۲/۳۹	۳۳/۹۲	۲۳/۴۷
پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	–	۲۵/۶۴	۲۶/۸۵	۱۸/۵۸
کارایی انتخاب	–	۰/۶۷	۰/۷	۰/۴۸

جدول ۱۰- عملکرد در واحد سطح، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در جمعیت IO درشرایط تنش خشکی
Table 10. Yield (g/m^2), selection indices and depended parameter in IO population in drought stress condition

رتبه ژنوتیپ (تنش)	عملکرد در واحد سطح (g/m^2)	شاخص اسمیت-هیزل ۱	شاخص اسمیت-هیزل ۲	شاخص پسک-بیکر
۱	(۱۳۶)۱۴۸/۲	(۱۴۵)۳۱/۵۶	(۱۴۵)۱۸/۶۱	(۱۳۹)۱۲/۱۵
۲	(۱۵۲)۱۴۷/۶۳	(۱۳۰)۲۷/۷۳	(۱۳۹)۱۶/۲۷	(۱۴۵)۱۰/۸۷
۳	(۱۵۴)۱۳۵/۵۹	(۱۳۹)۲۷/۶۱	(۱۳۰)۱۶/۲۵	(۱۴۲)۱۰/۳۹
۴	(۱۶۷)۱۳۴/۶۱	(۱۵۲)۲۷/۱۴	(۱۵۳)۱۵/۸۱	(۱۳۰)۹/۲۴
۵	(۱۴۵)۱۳۰/۴۷	(۱۵۴)۲۷/۰۵	(۱۳۴)۱۵/۸	(۱۵۹)۸/۵۸
۶	(۱۳۷)۱۲۲/۱۸	(۱۷۳)۲۶/۹۷	(۱۶۷)۱۵/۷۸	(۱۳۳)۸/۳۸
۷	(۱۳۴)۱۱۲/۳	(۱۳۳)۲۶/۹	(۱۵۲)۱۵/۶۸	(۱۲۷)۷/۶۳
۸	(۱۴۶)۱۱۱/۷۷	(۱۳۴)۲۶/۷۴	(۱۷۳)۱۵/۶۸	(۱۲۹)۷/۴۶
۹	(۱۵۱)۱۱۰/۸۵	(۱۶۷)۲۶/۶۹	(۱۲۷)۱۵/۵۹	(۱۵۴)۷/۴۴
۱۰	(۱۸۶)۱۱۰/۱۶	(۱۳۷)۲۶/۵۸	(۱۳۷)۱۵/۵۶	(۱۷۳)۷/۲۲
۱۱	(۱۷۳)۱۰۸/۸۶	(۱۵۳)۲۶/۳۸	(۱۵۴)۱۵/۴۶	(۱۳۱)۵/۴۶
۱۲	(۱۳۳)۱۰۳/۳۳	(۱۲۷)۲۶/۳۷	(۱۳۳)۱۵/۴۳	(۱۶۷)۵/۳۸
۱۳	(۱۶۴)۹۱/۳۹	(۱۴۲)۲۶/۱۲	(۱۴۳)۱۵/۳	(۱۳۴)۵/۱۵
۱۴	(۱۸۰)۸۹/۶۵	(۱۴۳)۲۵/۷۸	(۱۴۶)۱۵/۲۱	(۱۵۲)۵/۱۱
۱۵	(۱۳۹)۸۵/۶۶	(۱۳۶)۲۵/۷۳	(۱۳۶)۱۵/۰۵	(۱۵۳)۵/۰۹
۱۶	(۱۳۰)۸۵/۱۹	(۱۴۶)۲۵/۶۵	(۱۲۹)۱۴/۸۸	(۱۴۶)۵/۰۶
۱۷	(۱۵۸)۸۴/۴۵	(۱۵۱)۲۵/۴۸	(۱۸۷)۱۴/۸۷	(۱۵۵)۴/۹۹
۱۸	(۱۴۴)۸۱/۶۱	(۱۷۶)۲۵/۴۲	(۱۴۲)۱۴/۸۷	(۱۳۷)۴/۸۱
۱۹	(۱۶۵)۷۹/۴۳	(۱۴۱)۲۵/۴	(۱۵۱)۱۴/۷۶	(۱۶۰)۴/۷۴
۲۰	(۱۷۵)۷۵/۶	(۱۲۹)۲۵/۳۱	(۱۷۶)۱۴/۷۵	(۱۵۷)۴/۶۶
واریانس ژنتیکی	۴۹۵/۲۵	۲/۸۹	۱/۱۱	۲/۸۶
وراثت‌پذیری	۰/۴۸	۰/۳۵	۰/۴	۰/۳۷
همبستگی ژنتیکی با عملکرد	–	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۳۶
پاسخ همبسته	–	۹/۷۵	۱۰/۰۶	۵/۷۱
پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	–	۱۴/۱۶	۱۴/۶۱	۸/۲
کارایی انتخاب	–	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۳۲

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

جدول ۱۱- کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب بر اساس (ΔG) در جمعیت IP در شرایط عدم تنش و تنش خشکی
Table11. Selection efficiencies through index (ΔH) and response to selection based on ΔG in IP population in non-stress and drought stress conditions

صفت شرایط و شاخص	ΔG				ΔH
عدم تنش	تعداد انشعاب	تعداد غوزه در بوته	تعداد دانه در غوزه		
اسمیت-هیزل ۱	۰/۰۱۸۴	۱/۳۲۱	۳/۲۵۱		۴/۵۹
اسمیت-هیزل ۲	-۰/۰۰۷	۰/۷۴۵	۲/۳۵۴		۳/۰۹
پسک-بیکر	۰/۶۳۱	۰/۳۲۷	۰/۵۴۴		۱/۵
تنش	تعداد انشعاب	قطر غوزه	وزن صد دانه (g)	تعداد دانه در غوزه	
اسمیت-هیزل ۱	-۰/۰۴۲	۰/۱۵۹	۰/۱۷۲	۱/۴۱۵	۱/۷۰۵
اسمیت-هیزل ۲	-۰/۰۱	۰/۰۸۱	۰/۱۴۶	۰/۷۸	۰/۹۹۸
پسک-بیکر	۰/۴۸۷	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴۵۸	۱/۰۲۶

جدول ۱۲- کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب بر اساس ΔG در جمعیت IO در شرایط عدم تنش و تنش خشکی
Table 12. Selection efficiencies through index (ΔH) and response to selection based on ΔG in IO population in non-stress and drought stress conditions

صفت شرایط و شاخص	ΔG				ΔH
عدم تنش	تعداد انشعاب در بوته	تعداد غوزه در بوته	وزن صد دانه (g)	تعداد دانه در غوزه	
اسمیت-هیزل ۱	-۰/۱۲۳	-۰/۰۶۵	۰/۳۲۳	۱/۴۷	۱/۶۱
اسمیت-هیزل ۲	-۰/۰۹	-۰/۰۶	۰/۱۲۹	۱/۱۹	۱/۱۵
پسک-بیکر	۳/۶۵	۰/۱۱۷	-۴/۹۴	۰/۲۸۲	-۰/۳۴
تنش	تعداد انشعاب در بوته	تعداد غوزه در بوته	وزن صد دانه (g)	تعداد دانه در غوزه	
اسمیت-هیزل ۱	-۰/۰۰۶	۰/۶۶	۰/۲۱۶	-۰/۱۰۵	۰/۷۶
اسمیت-هیزل ۲	۰/۰۳۳	۰/۴۵۸	۰/۱	-۰/۰۶۵	۰/۵۲
پسک-بیکر	-۰/۰۸۸	۰/۷۱	۰/۶۲۱	-۰/۰۶	۱/۱۸

منابع

1. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, (FAO: Rome, Italy).
2. Baker, R.J. 1986. Selection indices in plant breeding. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 218p.
3. Clegg, M.T. 1997. Plant genetic diversity and the struggle to measure selection. Journal of Heredity, 88 (1): 1-7.
4. Dolan, D.J., D.D. Stuthman, F.L. Kalb and A.D. Hewings. 1996. Multiple trait selection in a recurrent selection population in oat (*Avena sativa* L.). Crop Science, 36(5): 1207-1211.
5. Eta-Ndu, J.T. and S.J. Openshaw. 1992. Selection criteria for grain yield and moisture in maize yield trials. Crop Science, 32(2): 332-335.
6. Falconer, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Longman Group Ltd., London.
7. Gebre, H. and E. N. Later. 1996. Genetic response to index selection for grain yield, kernel weight and percent protein in four wheat crosses. Plant Breeding, 115(6): 459-464.
8. Grafius, J.E. 1964. A geometry of plant breeding. Crop Science, 4(3): 241-246.
9. Granate, M.J., C. Cosmedomia and A. Pattopacheco. 2002. Prediction of genetic gain with different selection indices in popcorn CMC-43. Revista Publication, 37(7): 1001-1008.
10. Hajjar, R. and T. Hodgkin. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. Euphytica, 156 (1): 1-13.
11. Hazel, L. 1943. The genetic basis for constructions selection indices. Genetics, 28(6): 476-490.
12. Johnson, S.K., D.B. Helsel and K.J. Frey. 1983. Direct and indirect selection for grain yield in oat (*Avena sativa* L.). Euphytica, 32(2): 407-413.
13. Kendell, B., D.C. Rasmusson and M. Galla-Meagher. 2000. Enhancing yield of semi dwarf barley. Crop Science, 40(2): 352-358.
14. Lin, C.Y. 1978. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. *Theoretical* and *Applied Genetics*, 52(2): 49-56.
15. Majidi, M.M., V. Tavakoli, A.F. Mirlohi and M.R. Sabzalian. 2011. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. Australian Journal of Crop Science, 5(8): 1055-1063.
16. Majidi, M.M. and S. Zadhoush. 2014. Molecular and morphological variation in a world-wide collection of safflower. Crop Science, 54(5): 2109-2119.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

17. Mostafaie, F., A.F. Mirlohi, Gh. Saiedi, M.R. Sabzalian, P. Asgarinia and M. Gheisari. 2014. Evaluation of variation and drought tolerance in F3 generation of a cross between domesticated (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacanthus* L.) safflower species. Iranian Journal of Crop Sciences, 16(3): 165-180 (In Persian).
18. Omidi Tabrizi, A.H. 2006. Stability and adaptability estimates of some safflower cultivars and lines in different environmental conditions. Journal of Agriculture Science and Technology, 8(2):141-151.
19. Pesek, J. and R.J. Baker.1969. Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal Plant Science, 49(6): 803-804.
20. Pritchard, A.J., D.E. Byth and R.A. Bray. 1973. Genetic variability and the application of selection indices for yield improvement in two soybean populations. Australian Journal of Agricultural Research, 24(1): 81-89.
21. Rabinson, H.F., R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1950. Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implication in selection. Agronomy Journal, 10(1): 282-287.
22. Ranalli, P., G. Ruaro and P.D. Re. 1991. Response to selection for seed yield in bean (*phaseolus vulgaris* L.). Euphytica, 57(2): 117-123
23. Reyazul Rouf Mir, R.R., M. Zaman-Allah, N. Sreenivasulu, R. Trethowan and R.K. Varshney. 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Review. Theoretical and Applied Genetics, 125(4): 625-645
24. Reynolds, M.P. and R. Ortiz. 2010. Adapting crops to climate change: a summary. In: M.P. Reynolds (ed.) Climate change and crop production, CAB international, 1-8 pp.
25. Sabzalian, M.R., G. Saeidi, A. Mirlohi and B. Hatami. 2010. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus*): a possible source of resistance to the safflower fly (*Acanthiophilus helianthi*). Crop Protection, 29(6): 550-555.
26. Serraj, R., C.T. Hash and S.M.H. Rivzi. 2005. Recent advances in marker assisted selection for drought tolerance in pearl millet. Plant Production Science, 8(3): 334-337
27. Shiravand, R. and M.M. Majidi. 2013. Traits relationships in five species of carthamus under normal and dificit irrigation. Journals of Crop Production and Processing, 3(8): 149-163 (In Persian).
28. Singh, T. and H.S. Balyan. 2003. Relative efficiency of various single plant selection criteria and F3 generation yield testing in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal Genetics, 63(1): 24-29.
29. Smith, H.F. 1936. A discrimination function for plant selection. Annals of Eugenics, 7(3): 240-250
30. Smith, O.S., A.R. Hallauer and W.A. Russel. 1981. Use of index selection in recurrent selection program in maize. Euphytica, 30(3): 611-618.
31. Toker, C., H. Canci and T. Yildirim. 2007. Evaluation of perennial wild cicer species for drought resistance. Genetic Resources and Crop Evolution, 54(8): 1781-1786.
32. Young, S.S.Y. 1961. A further examination of the relative efficiency of three methods of selection for genetic gains under less restricted conditions. Genetics Research, 2(1): 106-121.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]

Efficiency of Indirect Selection to Improve Yield and Drought Tolerance in Populations Derived from Inter-Specific Hybridization of Soft Flower

Soheila Spanani[1], Mohammad Mahdi Majidi[2] and Ghodratollah Saeidi[3]

1 and 3- PhD Student and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, (Corresponding author: majidi@cc.iut.ac.ir)
Received: November 9, 2016 Accepted: January 27, 2018

Abstract

The use of appropriate selection methods are important to increase yield in breeding programs. Utilization of selection indices is one of the most effective method for selection of superior genotypes to improve the complex traits such as seed yield. In order to evaluate the efficiency of different selection methods, 63 families of two F3 populations derived from inter-specific hybridization of *Carthamus tinctorius*× *Carthamus oxyacanthus* (IO) and *Carthamus palaestinus* × *Carthamus tinctorius* (IP) were evaluated under two moisture environments (normal and drought-stress) at the research farm of Isfahan University of Technology during 2016. The Smith-Hazel 1, Smith-Hazel 2 and Pesek-Baker indices were measured based on the traits entered in step-wise regression model. The results indicated that under normal conditions, Pesek-Baker index was more effective than the Smith-Hazel 1 and Smith-Hazel 2 and was also more efficient for the selection of superior genotypes in IP population. Also, the Smith-Hazel 1 and Smith-Hazel 2 indices were more effective than Pesek-Baker index under drought-stress conditions in this population. Smith-Hazel 1 and Smith-Hazel 2 indices were more effective than Pesek-Baker index in IO population at two moisture environments. Efficiency of selection in IP population was more than IO population, thereby it can be used to develop superior genotypes in breeding programs. Since the *C. palaestinus* have less undesirable characters compared to other wild parents, it may be suitable source for transferring desirable genes to the cultivated species.

Keywords: Direct selection, Inter-specific hybridization, Safflower, Selection indices

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.29252/jcb.11.29.202]