دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

کاربرد شاخص‌های گزینشی در بهبود عملکرد دانه گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی

سمیه امینی‌زاده بزنجانی[۱]، قاسم محمدی‌نژاد[۲] و روح‌اله عبدالشاهی[۳]

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات، بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- دانشیار قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات، بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسوول: mohammadinejad@uk.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۳۱

چکیده

برای بهبود صفت پیچیده‌ای مانند عملکرد که وراثت‌پذیری پایینی دارد، از انتخاب غیرمستقیم توسط صفات دیگر و نیز شاخص‌های مناسب براساس چند صفت مؤثر بر عملکرد استفاده می‌شود. بدین منظور۹۶ خانواده F_3 حاصل از تلاقی ارقام گندم روشن با کویر به همراه والدین و نسل‌های F_1 و F_2 در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در شرایط تنش خشکی کشت شدند. در این مطالعه، شاخص انتخاب اسمیت- هیزل و پسک- بیکر براساس پنج صفت وزن سنبله اصلی، طول ریشک، عرض برگ پرچم، وزن هزار دانه و عملکرد و همچنین پاسخ‌های مستقیم و همبسته این صفات محاسبه شدند. در شاخص‌های اسمیت- هیزل طول ریشک و در شاخص پسک- بیکر وزن سنبله بیشترین پاسخ به انتخاب را داشتند. کارایی نسبی انتخاب برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب برای صفات وزن سنبله اصلی و طول ریشک بیشترین مقدار بود. طول ریشک، وزن هزار دانه و وزن سنبله اصلی پاسخ به انتخاب مثبت و عرض برگ پرچم پاسخ منفی در همه شاخص‌ها نشان دادند. بنابراین، انتخاب براساس این شاخص‌ها باعث گزینش خانواده‌هایی با طول ریشک و وزن دانه بالاتر و عرض برگ پرچم کمتر می‌شود. نتایج نشان داد که شاخص پسک- بیکر بالاترین کارایی انتخاب را دارا بوده و می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب در تلاقی مذکور و برنامه‌های اصلاحی گندم نان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب غیرمستقیم، شاخص اسمیت- هیزل، شاخص پسک- بیکر، گندم نان

مقدمه

گندم به‌عنوان استراتژیک‌ترین محصول کشاورزی به لحاظ اقتصادی، سیاسی و امنیت غذایی در دنیا اهمیت خاصی دارد. زراعت غلات به‌ویژه گندم، قسمت اصلی کار کشاورزان مناطق نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. صفاتی که منجر به افزایش تحمل به خشکی در گیاهان می‌شوند دارای اهمیت زیادی هستند، زیرا تحمل به خشکی تأثیر مستقیم بر امنیت غذایی میلیون‌ها انسان دارد (۲۸). به‌نژادگران علاقه‌مند به دستیابی ژنوتیپ‌هایی هستند که از لحاظ صفت عملکرد و سایر صفات زراعی مطلوب باشند (۱). تکامل گیاهان از زمان اهلی شدن آنها، به وسیله گزینش فنوتیپی صفات سازگارتر انجام شده است. با وجود این، گزینش مستقیم در مورد عملکرد در شرایط تنش خشکی با توجه به وراثت‌پذیری کم، کنترل چند ژنی، اپیستازی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مختل می‌شود (۱). پیشرفت کم در گزینش برای عملکرد، باعث شد که توجه به‌نژادگران به گزینش صفات ثانویه جلب شود (۱۸). با استفاده از برخی روش‌های آماری می‌توان اطلاعات لازم برای انتخاب غیرمستقیم صفات، جهت اصلاح عملکرد را به‌دست آورد. از جمله این روش‌ها می‌توان به تعریف شاخص‌های انتخاب اشاره کرد (۲۵). استفاده از شاخص انتخاب ابتدا به وسیله اسمیت پیشنهاد شد (۲۷). در روش انتخاب براساس شاخص، گزینش همزمان برای همه خصوصیات مهم، همراه با در نظر گرفتن ارزش‌های فنوتیپی، اقتصادی، وراثت‌پذیری آنها و همبستگی بین صفات مختلف انجام می‌شود (۱۰). شاخص‌های انتخاب اسمیت- هیزل (۲۷) و پسک- بیکر (۲۲) از جمله این شاخص‌ها هستند. اصولا بهترین روش انتخاب، روشی است که بر مبنای تمام اطلاعات قابل دسترس در خصوص ارزش اصلاحی یک فرد (گیاه) پایه‌ریزی شده باشد (۱۵). معمولاً این اطلاعات در یک شاخص مناسب تلفیق می‌شوند. بنابراین، ترکیب کلیه اطلاعات در یک شاخص و سپس انجام گزینش بر مبنای آن مورد نظر می‌باشد. بدین ترتیب که برای هر ژنوتیپ عددی به نام شاخص تخمین زده می‌شود که به‌عنوان معیاری منحصر به فرد برای انتخاب افراد قلمداد می‌شود و با توجه به شاخص، هر لاین یا ژنوتیپی که بیشترین مقدار را داشته باشد، در اولویت اول انتخاب قرار می‌گیرد (۲۳). مهدی (۱۹) در مطالعه‌ای روی گندم کارایی شاخص‌های اسمیت- هیزل و بهره مطلوب، انتخاب براساس سطوح مستقل و انتخاب مستقیم برای عملکرد را مقایسه کرد. طبق نتایج حاصل، استفاده از شاخص اسمیت- هیزل متشکل از ۷ صفت مرتبط با عملکرد دانه بیشترین بهره مورد انتظار را نشان داد و پس از آن شاخص‌های بهره مطلوب و انتخاب براساس سطوح مستقل قرار داشتند. گبره و لاتر (۱۳) در گندم مشاهده کردند که انتخاب گیاهان در نسل F_3، بر پایه شاخص اسمیت- هیزل کارایی بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها داشت، اما استفاده از این شاخص، میزان پروتئین دانه را کاهش داد. در این مطالعه شاخص‌های بدون وزن و بهره مطلوب برای بهبود همزمان عملکرد دانه و پروتئین دانه در نسل F_3 مطلوب‌تر بودند. در آزمایش‌های انجام گرفته بر روی ارقام برنج پانتووان و همکاران (۲۱)، میشل و همکاران (۲۰) و گریتی و تول (۱۲) استفاده از شاخص انتخاب به منظور گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی را مفید دانستند. داواری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

و لوترا (۸) در مطالعات خود بر روی ارقام گندم نان در شرایط تنش خشکی، نشان دادند که صفات شاخص برداشت، تعداد سنبله در هر گیاه و طول سنبله اجزاء مهم عملکرد بوده و انتخاب براساس آنها می‌تواند برای بهبود عملکرد مؤثر باشد. در آزمایش ژو و همکاران (۳۰) بر روی گندم مشخص شد که بازده انتخاب همزمان چند صفت بیشتر از بازده انتخاب برای تک تک صفات می‌باشد. در پژوهش آنها انتخاب برای زمان ظهور سنبله، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، ۷۶٪ بازده بیشتری نسبت به انتخاب برای تعداد دانه در سنبله به تنهایی داشت. ابراهیمیان و همکاران (۹) گزارش کردند در شاخص اسمیت- هیزل صفات عملکرد و تعداد شاخه بارور بالاترین پاسخ به انتخاب را در هر دو شرایط رطوبتی داشتند. در حالی که، در شاخص پسک- بیکر صفت عملکرد دارای پاسخ به انتخاب منفی بود. به‌طورکلی، این شاخص‌ها باید دارای وراثت پذیری بالایی باشند و کمتر تحت تأثیر محیط قرار بگیرند (۴). ایمانی و همکاران (۱۷) با استفاده از شاخص های گزینش همزمان در تولید واریته‌های ترکیبی نشان دادند که هر چه تعداد صفات در شاخص بیشتر باشد، کارایی انتخاب بر مبنای شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بیشتر می‌شود. با این وجود، برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که شاخص انتخاب با تعداد زیادی صفت، منجر به وراثت‌پذیری پایین خواهد شد (۵،۳) و افزایش تعداد صفات دلیلی بر افزایش کارایی نسبی نخواهد بود (۲۵). سینگ و بالیان (۲۶) در یک جمعیت F_2 گندم، کارایی نسبی معیارهای مختلف انتخاب را بررسی کردند. طبق نتایج این مطالعه انتخاب تک بوته براساس صفت عملکرد زیستی به همراه عملکرد دانه، برای گزینش گیاهان برتر در نسل F_2 مناسب بود. این مطالعه به‌منظور ارزیابی کارایی انتخاب مستقیم و غیرمستقیم برای بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش، تعریف شاخص‌های مختلف برای انتخاب همزمان چند صفت و مقایسه کارایی آنها و معرفی بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر پاسخ به شاخص‌ها و مقایسه آنها با بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد، طرح ریزی شد

مواد و روش‌ها

نسل‌های F_1، F_2 و F_3 حاصل از تلاقی روشن (رقم غالب منطقه) و کویر (رقم اصلاح شده برای مقاومت به تنش‌های غیرزیستی) در قالب طرح لاتیس ساده با ۲ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با طول جغرافیایی ۵۷ درجه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه، ارتفاع ۱۷۵۶متر از سطح دریا با بافت خاک لوم شنی و pH ۷/۹ و هدایت الکتریکی ۲/۱۱ dS/m کاشته شدند. بدین ترتیب که، در هر تکرار یک ردیف به هر یک از والدین، یک ردیف به هر یک از نسل‌های F_1 و F_2 و ۹۶ ردیف به خانواده‌های F_3 تعلق یافت. برای تمام نسل‌ها طول هر ردیف ۳ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود که در هر ردیف ۳۰ عدد بذر با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و عمق کاشت چهار سانتی‌متر در دو سمت پشته کشت شدند. وجین علف‌های هرز در طول دوره رشد گیاه به صورت دستی صورت گرفت و آبیاری به موقع به‌منظور رسیدن به سطح سبز یکنواخت تا قبل از مرحله گلدهی انجام شد و در مرحله ۵۰٪سنبله‌دهی به‌منظور اعمال تنش، قطع آبیاری صورت گرفت. صفات تعداد پنجه کل، تعداد پنجه بارور، ارتفاع، طول ریشک، طول سنبله، طول دمگل، طول و عرض برگ پرچم، وزن سنبله اصلی، وزن خشک بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد زیستی و عملکرد اقتصادی ارزیابی گردیدند. برای اندازه‌گیری صفات با مقیاس طولی از خط‌کش و برای صفات با مقیاس وزنی از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، کل مساحت هر کرت پس از حذف اثر حاشیه برداشت شد و پس از خرمن‌کوبی بر حسب تن در هکتار بیان گردید. برای اندازه‌گیری سایر صفات، از میانگین ارزش ۷ بوته تصادفی در هر کرت استفاده شد. رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به گام به‌منظور تعیین صفاتی که بالاترین رابطه را با عملکرد دانه، داشتند، انجام پذیرفت. براساس اطلاعات به دست آمده از رگرسیون مرحله‌ای و بررسی منابع صفات عرض برگ پرچم، تعداد دانه در بوته، طول ریشک و وزن هزار دانه در تشکیل شاخص انتخاب به کار برده شدند. شاخص‌های انتخاب با توجه به رابطه پایه (۱) محاسبه شدند. در این رابطه b_i وزنی است که به هر صفت بر اساس ارزش آن داده می‌شود و p_i ارزش فنوتیپی آن صفت می‌باشد (۱۰). برای شاخص اسمیت- هیزل، b از رابطه (۲) محاسبه شد (۲۵) که در آن P و G به ترتیب ماتریس‌های واریانس- کوواریانس فنوتیپی و ژنتیکی هستند و a ارزش اقتصادی نسبی صفات است که یک بار برابر یک و یک بار برابر وراثت‌پذیری در نظر گرفته شد. به دلیل محدودیت شاخص اسمیت- هیزل از لحاظ نسبت دادن ارزش‌های نسبی اقتصادی به صفات کمی، شاخص پسک- بیکر نیز محاسبه شد. در این شاخص به جای ارزش اقتصادی (a)، از بازده ژنتیکی مطلوب (g) یا بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت استفاده می‌شود. بنابراین، ضریب b مطابق رابطه (۳) محاسبه شد.

$$I = \sum b_i p_i \qquad [۱]$$

$$b = P^{-1} G a \qquad [۲]$$

$$b = G^{-1} g \qquad [۳]$$

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 گرفته و همبستگی آن با عملکرد دانه محاسبه شد. واکنش نسبت به انتخاب برای هر صفت از رابطه (۴) محاسبه شد. در این رابطه σ_{pi} انحراف معیار فنوتیپی هر صفت، h^2 وراثت‌پذیری عمومی هرصفت و k شدت انتخاب است که با گزینش ۱۰٪ از ژنوتیپ‌ها برابر ۱/۷۵۵ می‌باشد (۱۰). پاسخ همبسته برای انتخاب یک صفت از طریق گزینش برای صفات دیگر از رابطه (۵) به دست آمد (۱۰). در این رابطه r_g ضریب همبستگی ژنتیکی بین صفت مورد نظر با صفتی است که انتخاب بر مبنای آن انجام می‌شود. کارایی نسبی انتخاب (RE)[1] یا به عبارتی نسبت پاسخ غیروابسته (CR_Y)[2] به انتخاب مستقیم (R_Y) برای عملکرد نیز از رابطه (۶) محاسبه شد. ژنوتیپ‌ها برمبنای هرکدام از شاخص‌ها و عملکرد مرتب شدند

1- Relative selection efficiency

2- Correlated response

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

و ۳۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد مقایسه شدند.

$$R_Y = Kh^2\sigma_{pi} \quad [۴]$$

$$CR_Y = Kh_x h_y r_g \sigma_{p(y)} \quad [۵]$$

$$RE = CR_Y/R_Y \quad [۶]$$

در نهایت برای هر صفت موجود در شاخص، بازده مورد انتظار (ΔG) براساس انتخاب بر مبنای شاخص، طبق رابطه (۷) محاسبه گردید (K=۱/۷۵۵). دراین رابطه σ_{Ii} کوواریانس هر شاخص با صفت می‌باشد که توسط رابطه (۸) بدست آمد. σ_{gij}، کوواریانس ژنتیکی صفت i و j می‌باشد. 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 گردید. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS 9.1 و فرمول نویسی با نرم‌افزار2007 Excel انجام پذیرفت.

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

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

$$\sigma_I = \sqrt{bpb} \quad [۹]$$

$$\Delta H = \sum \Delta G_i$$

نتایج بحث

مقادیر پاسخ به انتخاب و پاسخ همبسته بر اساس مقادیر وراثت‌پذیری، واریانس‌فنوتیپی و همبستگی ژنتیکی صفات و شدت انتخاب ۱۰٪ از ژنوتیپ‌ها (K=۱/۷۵۵) و هم‌چنین مقادیر پاسخ همبسته نیز بر اساس درصد و برای مقایسه صفات با یکدیگر مورد محاسبه قرار گرفتند. مقادیر پاسخ به انتخاب مستقیم و غیرمستقیم در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. صفت وزن هزار دانه، پاسخ بیشتری به انتخاب مستقیم نشان داد که می‌تواند به دلیل بیشتر بودن واریانس فنوتیپی این صفت نسبت به سایر صفات باشد. انتخاب مستقیم برای عملکرد ممکن است منجر به افزایش تحمل به خشکی و افزایش عملکرد قابل قبول در شرایط تنش خشکی نشود، زیرا پایداری عملکرد در شرایط تنش خشکی به میزان تحمل وابسته است (۲). بیشترین مقدار پاسخ همبسته به انتخاب برای عملکرد از طریق وزن سنبله اصلی بود که می‌تواند به دلیل همبستگی ژنتیکی (۰/۷۵) بیشتر این دو صفت با یکدیگر باشد (جدول ۲). دابلکار (۷) بیان کرد که کارایی انتخاب غیرمستقیم زمانی افزایش می‌یابد که همبستگی ژنتیکی بین دو صفت بالا باشد و وراثت‌پذیری صفت همبسته مورد نظر در جهت بهبود آن، بالا باشد. پاسخ همبسته برای عملکرد از طریق صفات وزن سنبله اصلی، وزن هزاردانه، عرض برگ پرچم و طول ریشک مثبت بود که نشان می‌دهد با افزایش این صفات عملکرد نیز می‌تواند افزایش یابد و به عبارت دیگر این چهار صفت می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسبی جهت افزایش عملکرد مورد توجه قرار گیرند. فروزانفر و همکاران (۱۱) در تحقیقی عنوان کردند که صفت وزن هزار دانه و تعداد سنبله بارور دارای اهمیت زیادی در تحمل به خشکی هستند. ریشک آخرین منبع فتوسنتزی و صفت بسیار مهمی برای شرایط دیم به شمار می‌رود. نتایج ارزیابی کارایی انتخاب غیر مستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد نشان داد که کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد از طریق وزن سنبله اصلی (۰/۹۶) بیشترین مقدار بود که نشان می‌دهد انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفت می‌تواند تا حد بالایی جهت بهبود غیرمستقیم عملکرد موفقیت آمیز باشد (جدول ۲). در این مطالعه شاخص‌های انتخاب براساس صفات وزن سنبله، عرض برگ پرچم، طول ریشک و وزن هزار دانه مورد محاسبه قرار گرفتند. ضرایب b_i هریک از صفات در شاخص‌های اسمیت- هیزل و پسک- بیکر در جدول (۳) آورده شده است که در شاخص‌های مختلف، صفات ضرایب متفاوتی دارند. در شاخص اسمیت- هیزل ۱ (وزنه‌های اقتصادی برابر یک) و اسمیت- هیزل ۲ (وزنه‌های اقتصادی برابر وراثت‌پذیری) بیشترین مقدار ضریب شاخص متعلق به صفت وزن سنبله اصلی بود. بنابراین انتخاب بر مبنای این دو شاخص منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با وزن سنبله بیشتری می‌شود. در شاخص پسک- بیکر صفات عرض برگ پرچم (به‌طور منفی) و وزن سنبله اصلی (به‌طور مثبت) بیشترین ضرایب را داشتند. بدین‌ترتیب، صفت وزن سنبله اصلی با ضریب بالا و به صورت مثبت در انتخاب براساس این شاخص اثرگذار خواهد بود. هم‌چنین در شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱و ۲ و پسک- بیکر صفت عرض برگ پرچم ضریب منفی به خود اختصاص داد که علامت منفی حاکی از اثر کاهنده این صفت در این شاخص‌ها دارد (جدول ۳) و انتخاب براساس این شاخص‌ها در شرایط تنش باعث گزینش ژنوتیپ‌ها با عرض برگ کمتر می‌شود

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

جدول ۱- مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب و وراثت‌پذیری برای صفات مختلف

Table 1. Direct response to selection and heritability for different traits

صفت	پاسخ به انتخاب R_i	وراثت‌پذیری عمومی
عملکرد (تن در هکتار)	۰/۲۴	۰/۳۷
وزن سنبله اصلی (گرم)	۰/۵۶	۰/۶۰
طول ریشک (سانتی‌متر)	۲/۶۵	۰/۹۵
وزن هزار دانه (گرم)	۳/۹۷	۰/۵۰
عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۱۶	۰/۴۷

جدول ۲- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب برای اجزا عملکرد

Table 2. Correlated response to selection for improve of yield via selection for yield components

صفت	اجزا مرتبط با عملکرد	پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی	کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم
عملکرد	وزن سنبله اصلی	۰/۲۳	۰/۷۵	۰/۹۶
	طول ریشک	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۶۴
	وزن هزار دانه	۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۳۰
	عرض برگ پرچم	۰/۱۲	۰/۴۵	۰/۵۱

جدول ۳- ضرایب هریک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب

Table 3. Coefficient of different under studied traits based on selection indices

صفت	اسمیت- هیزل ۱*	اسمیت- هیزل ۲*	پسک- بیکر
وزن سنبله اصلی	۲/۴۴	۱/۳۲	۸/۷۱
طول ریشک	۱/۰۱	۰/۹۳	۱/۵۹
وزن هزار دانه	۰/۴۸	۰/۲۴	۲/۰۸
عرض برگ پرچم	-۱/۸۳	-۰/۹۶	-۱۰/۲۳

*اسمیت- هیزل۱: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر یک منظور شد

*اسمیت- هیزل۲: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر وراثت پذیری صفات قرار گرفت

پس از محاسبه شاخص‌ها، با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات در هر یک از شاخص‌ها مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ بدست آمد. سپس هر یک از شاخص‌ها به عنوان یک صفت مورد تجزیه واریانس قرارگرفته و پارامترهای آماری مربوط به هر یک از شاخص‌ها، همبستگی ژنتیکی بین شاخص‌ها با عملکرد و کارایی انتخاب بر اساس شاخص‌ها نیز مورد محاسبه قرار گرفتند. به دلیل زیاد بودن تعداد ژنوتیپ‌ها، تنها ۳۰٪ ژنوتیپ برتر در جدول (۴) آورده شده است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۸۲، ۴۵ و ۳۹ از نظر صفت عملکرد به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند(جدول ۴). از نظر شاخص اسمیت- هیزل ۱ ژنوتیپ های ۴۵، ۱۶ و ۴۸ به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. از نظر شاخص اسمیت- هیزل ۲، ژنوتیپ‌های ۴۵، ۴۸ و ۲۱ و از نظر شاخص پسک- بیکر ژنوتیپ‌های ۱۶، ۴۵ و ۳۹ به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. در شاخص اسمیت- هیزل ۱، اسمیت- هیزل ۲ و پسک- بیکر به ترتیب ۱۵، ۱۴ و ۱۴ ژنوتیپ جز ۳۰ درصد ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ عملکرد بودند. ژنوتیپ‌های ۴۵ یا ۱۶ یا هر دو از نظر عملکرد و تمام شاخص‌ها، از جمله ژنوتیپ‌های برتر بودند. ژنوتیپ ۸۲ نیز تنها از نظر عملکرد و نه از نظر شاخص‌ها به‌عنوان ژنوتیپ برتر شناسایی شد (جدول ۴). شاخص‌های اسمیت- هیزل ۲ و شاخص پسک- بیکر نسبت به شاخص اسمیت- هیزل ۱ از وراثت پذیری، همبستگی ژنتیکی با عملکرد و کارایی انتخاب بالاتری برخوردار بودند (جدول ۴). شاخص اسمیت- هیزل ۱ از تنوع ژنتیکی بالاتری نسبت به دیگر شاخص‌ها برخوردار بود. بنابراین، شاخص‌های انتخاب اسمیت- هیزل ۲ و پسک- بیکر به ترتیب با بیشترین کارایی انتخاب (۰/۷۷ و ۰/۷۹) به عنوان شاخص‌های مؤثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش معرفی می‌شوند. پاسخ صفات به انتخاب بر اساس شاخص (ΔG) و کارایی انتخاب از طریق (ΔH) در جدول (۵) آورده شده است. در شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱ و ۲ صفات طول ریشک و وزن هزار دانه بیشترین پاسخ به انتخاب را داشتند. بنابراین انتخاب براساس شاخص اسمیت- هیزل بیشتر از سایر صفات باعث افزایش طول ریشک و وزن هزار دانه می‌شود. در شاخص پسک- بیکر صفات وزن هزار دانه و وزن سنبله اصلی بیشترین پاسخ به انتخاب را داشتند که در مورد وزن هزار دانه با نتایج رضایی و یوسفی آذر (۲۴) در شرایط تنش مطابقت داشت. صفت عرض برگ پرچم در هر سه شاخص دارای پاسخ به انتخاب منفی و پایینی بود که نشان می‌دهد انتخاب بر اساس هر سه شاخص در شرایط تنش باعث کاهش عرض برگ پرچم می‌شود که می‌تواند در شرایط تنش به واسطه کاهش سطح تبخیر حائز اهمیت باشد. با توجه به پاسخ شاخص‌های انتخاب یا بازدهی آنها (ΔH) مشخص شد شاخص پسک- بیکر بازدهی بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌ها در این مطالعه دارد. گرانات و همکاران (۱۴) سه شاخص انتخاب اسمیت- هیزل، پسک- بیکر و ویلیامز را در ذرت بررسی کرده و از بین شاخص‌ها، شاخص اسمیت- هیزل

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

بیشترین بهره مورد انتظار را داشت و پس از آن شاخص پسک- بیکر قرار داشت. شاخص اسمیت- هیزل ۲ دارای سودمندی نسبی نسبتاً بالایی است. یودین و همکاران (۲۹) در مطالعه‌ای روی گندم در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی توانستند حالتی که بازده مورد انتظار برای محیط حداکثر است را از طریق شاخص اسمیت- هیزل تعیین نمایند. انتخاب با شاخص تعیین شده در نهایت منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر در هر دو شرایط رطوبتی شد. به‌طورکلی تفاوت در نتایج شاخص‌های مختلف به دلیل وزنه‌های متفاوتی است که در هر شاخص استفاده می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده انتخاب غیرمستقیم از طریق شاخص پسک- بیکر می‌تواند کارایی بیشتری برای بهبود عملکرد در شرایط تنش رطوبتی داشته باشد. برای مقایسه شاخص‌ها نیاز به کاربرد عملی هر یک از آنها در جمعیت مورد ارزیابی دارد و معیارهای به‌دست آمده تنها مقادیر قابل انتظار را به دست می‌دهد (۲۵). در این شاخص صفات وزن هزار دانه و وزن سنبله بیشترین مقدار پاسخ به انتخاب را داشتند. همچنین صفات وزن سنبله و طول ریشک دارای پاسخ همبسته، همبستگی ژنتیکی و کارایی انتخاب غیرمستقیم بالایی بودند. ریشک نقش مهمی را در اعطای تحمل به خشکی در گندم از طریق بازتاب نور و کاهش تعرق بازی می‌نماید (۶). بنابراین انتخاب بر اساس صفات مزبور می‌تواند در بهبود عملکرد دانه در گندم نان و به‌ویژه تلاقی روشن در کویر در شرایط تنش تا حد زیادی مؤثر باشد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله از قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات به خاطر حمایت مالی این پروژه سپاس‌گزاری می‌نمایند.

جدول ۴- عملکرد، ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط تنش

Table 4. Yield, Genotypes, selection indices and dependents parameters under stress conditions

رتبه ژنوتیپ‌ها	عملکرد دانه (تن در هکتار)	شماره ژنوتیپ‌ها	شاخص اسمیت -هیزل ۱	شماره ژنوتیپ‌ها	شاخص اسمیت - هیزل ۲	شماره ژنوتیپ‌ها	شاخص پسک- بیکر	شماره ژنوتیپ‌ها
۱	۲/۲۵	۸۲	۳۷/۸۸	۴۵	۲۱/۹۹	۴۵	۱۳۷/۷۷	۱۶
۲	۱/۹۲	۴۵	۳۶/۸۵	۱۶	۲۰/۹۷	۴۸	۱۳۵/۸۲	۴۵
۳	۱/۸۵	۳۹	۳۵/۶۶	۴۸	۲۰/۶	کویر	۱۲۹/۷۵	۳۹
۴	۱/۶۷	۶۲	۳۵/۳۹	۳۹	۲۰/۵۳	۲۷	۱۲۶/۶۳	۴۸
۵	۱/۶۱	۲۶	۳۴/۵۸	۹۶	۲۰/۴۷	۱۶	۱۲۵/۴۸	۲۳
۶	۱/۵۶	۵	۳۴/۵۱	۲۷	۲۰/۴۶	۲	۱۲۳/۴۸	۷
۷	۱/۵۵	۱۵	۳۴/۳۷	۲	۲۰/۳۷	۳۹	۱۲۳/۱۳	۹۶
۸	۱/۵۴	۵۶	۳۴/۲۳	کویر	۲۰/۳۲	۹۶	۱۲۱/۴۹	F_1
۹	۱/۵۲	۷۲	۳۳/۹۲	۲۳	۱۹/۹۲	۵	۱۱۹/۶۸	۲۷
۱۰	۱/۴۵	۹۶	۳۳/۸۴	۱۵	۱۹/۹۲	۵۸	۱۱۹/۵۲	۱۵
۱۱	۱/۴۴	۹۲	۳۳/۷۵	F_1	۱۹/۸۰	۱۵	۱۱۹/۳۳	۲
۱۲	۱/۴۳	۶۷	۳۳/۶۳	۵۸	۱۹/۴۱	۷۶	۱۱۸/۳۴	۵۸
۱۳	۱/۴۲	۲	۳۳/۳۹	۵	۱۹/۲۶	۳	۱۱۷/۳۴	کویر
۱۴	۱/۳۸	۴۲	۳۳/۰۶	۷	۱۹/۲۵	۲۳	۱۱۷/۰۰	۳۰
۱۵	۱/۳۸	۳۸	۳۲/۸۰	۳	۱۹/۲۵	F_1	۱۱۶/۸۸	۵۹
۱۶	۱/۳۶	۶۵	۳۲/۶۴	۵۹	۱۸/۹۸	۵۹	۱۱۶/۷۴	۳
۱۷	۱/۳۶	۷۹	۳۲/۴۱	۷۳	۱۸/۹۱	۷۳	۱۱۶/۴۸	۷۳
۱۸	۱/۳۴	۲۷	۳۲/۳۹	۷۶	۱۸/۸۹	۶۳	۱۱۵/۹۸	۵۶
۱۹	۱/۳۳	۴	۳۱/۹۷	۱۱	۱۸/۸۶	۱۱	۱۱۵/۵۹	۵
۲۰	۱/۲۷	۶۷	۳۱/۷۹	۵۶	۱۸/۵۵	۷	۱۱۵/۵۵	۶۵
۲۱	۱/۲۷	۸۰	۳۱/۶۶	۳۰	۱۸/۳۷	۲۵	۱۱۳/۸۷	۲۲
۲۲	۱/۲۶	۷۰	۳۱/۵۸	۶۵	۱۸/۲۱	۹۳	۱۱۲/۴۱	F_2
۲۳	۱/۲۴	۹۴	۳۱/۵۴	۶۳	۱۸/۲۰	۹۹	۱۱۲/۳۸	۹۳
۲۴	۱/۲۳	۷	۳۱/۲۴	۴۰	۱۸/۰۸	۳۰	۱۱۲/۲۷	۷۴
۲۵	۱/۲۱	۲۲	۳۱/۱۸	۹۳	۱۸/۰۲	۴۰	۱۱۲/۲۵	۴
۲۶	۱/۲۱	۸۹	۳۱/۱۳	۱۷	۱۷/۹۸	۵۶	۱۱۲/۱۰	۶۳
۲۷	۱/۱۸	۸۴	۳۱/۰۰	۲۵	۱۷/۹۷	۱۷	۱۱۲/۰۷	۱۷
۲۸	۱/۱۵	۳	۳۰/۸۸	۴	۱۷/۹۳	۶۵	۱۱۲/۰۴	۱۱
۲۹	۱/۱۵	۶۴	۳۰/۶۵	۲۲	۱۷/۷۹	۷۵	۱۱۱/۸۵	۴۰
۳۰	۱/۱۵	کویر	۳۰/۹۳	۲۹	۱۷/۷۶	۲۹	۱۱۱/۶۰	۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

ادامه جدول ۴

	عملکرد	اسمیت- هیزل ۱	اسمیت- هیزل ۲	پسک- بیکر
واریانس ژنتیکی	۰/۰۵	۹۸/۴۸	۹/۹۹	۴/۷۴
وراثت پذیری	۰/۳۷	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۸۶
همبستگی ژنتیکی با عملکرد		۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۵۱
پاسخ همبسته		۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۹
کارایی انتخاب	۱	۰/۶۶	۰/۷۷	۰/۷۹
تعداد ژنوتیپ برتر*	۳۰	۱۵	۱۴	۱۴

*تعداد ژنوتیپی که جزء ۳۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و هر شاخص می‌باشند.

جدول ۵- کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH)، پاسخ صفات به انتخاب براساس (ΔG) و سودمندی نسبی شاخص‌ها در شرایط تنش

Table 5. Selection efficiency via index(ΔH), traits respanse to selection base on (ΔG) and relative efficiency of indexes under stress

شاخص	ΔG				ΔH	RE
	وزن سنبله اصلی	طول ریشک	وزن هزار دانه	عرض برگ پرچم		
اسمیت – هیزل۱	۱/۲۶	۱/۹۳	۱/۸۱	-۰/۰۸	۴/۹۲	۰/۷۷
اسمیت – هیزل۲	۰/۶۸	۲/۰۹	۰/۸۱	-۰/۰۴	۳/۵۴	۰/۷۹
پسک – بیکر	۴/۰۵	۲/۱۶	۸/۶۵	-۰/۳۹	۱۴/۴۷	۰/۶۶

منابع

1. Abdolshahi, R., A.R. Taleei, M. Omidi and B. Yazdi-Samadi. 2010. Study of traits physiological and morphological depended on drought tolerant in bread wheat (*Triticum aestivum*). Iranian Journal of Field Crop Sciences, 41(2): 247-258 (In Persian).
2. Abdolshahi, R., A. Safarian, M. Nazari, Sh. Pourseyedi and G. Mohamadi-Nejad. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) using different multivariate methods. Archivesof Agronomyand Soil Sciense, 59: 685-704.
3. Asghar, M.J. and S.S. Mehdi. 2010. Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. Pakistan Journal of Botany, 42(2): 775-789.
4. Asif, M., M.Y.I. Mujahid, N.S. Ahmad, M. KisanaAsim and S.Z. Mustafa. 2003. Determining the direct selection criteria for identification of high yielding lines in bread wheat (*Triticum aestivum*).Pakistan Journal of Biological Science, 6: 48-50.
5. Bernardo R. and J. Yu. 2007. Prospects for genome wide selection for quantitative traits in maize. Crop Science, 47: 1082-1090.
6. Bibi, R., S.B. Hussani, A.S. Khan and I. Raza. 2013. Assessment of combining ability in bread wheat by using line × tester analysis under moisture stress conditions. Pakistan Journal Agricultural Science, 50: 111-115.
7. Dabholkar, A.R. 1992. Elements of biometrical genetics. Concept Publishing Company, New Dehli.
8. Dawari N.H. and O.P. Luthra. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 25: 68-72.
9. Ebrahimiyan, M., M.M. Majidi, A. Mirlohi and M. Ahmadi Shad. 2012. Direct and indirect selection response for forage yield and its components in tall fescue under normal and water stress environments. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 43: 359-370 (In Persian).
10. Falconer, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Longman Group Ltd., London,434 pp.
11. Foroozanfar, M., M. Bihamta, A. Peyghambary and H. Zeynali. 2011. Evaluation of bread wheat genotypes under normal and water stress conditions for agronomic traits. Journal of Agricultural Science and Stable production, 21: 33-46 (In Persian).
12. Garrity D.P. and J.C. Toole. 1994. Screening rice for drought resistance at the reproductive phase .Field Crops Research, 39: 99-110.
13. 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: 459-464.
14. Granate, M.J., C. Cosmedomia and A. Pattopacheco. 2002. Prediction of genetic gain with different selection indices in popcorn CMC-43. Revista Publishen, 37(7): 101-108.
15. Haluver, A.R. and M. iranda. 1958. Quantitative genetics in maize breeding .Iowa State Press. Ames Iowa, 468 pp.
16. Hazel, L. 1943. The genetic basis for constructions selection indices. Genetics, 28: 476-490.
17. Imani, A.A., A.A. Jafari, R. Chokan, A. Asgari and F. Darvish. 2009. Selection indices application to improve tall fescue synthetic varieties for yield and quality traits in Ardebil province. Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16: 273-284 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

18. Landjeva, S., K. Neumann, U. Lohwasser and A. Börner. 2008. Molecular mapping of genomic regions associated with wheat seedling growth under osmotic stress. Biologia Plantarum, 52: 259-266.
19. Mahdy, E.E. 1988. Single and multiple traits selection in a segregating population of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Breeding, 101: 245-249.
20. Mitchell, J.H., D. Siamhan and M.H. Wamala. 1998. The use of seedling leaf death score for evaluation of drought resistance of rice. Field Crops Research, 55: 129-139.
21. Pantuvan, G., S. Fukai and M. Cooper. 2004. Yeild response of rice genotypes to drought under rained lowlands. Field Crops Research, 89: 281-297.
22. Pesek, J. and R.J. Baker. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal Plant Science, 49: 803-804.
23. Rahimi, M. and B. Rabiei. 2011. The application of selection indices improvement of grain yield hn rica(*Oriza sativa*). Agronomy Journal (pajouhash and sazandegi), 90: 39-46 (In Persian).
24. Rezaei, A.A. and M. Yousefi Azar. 2008. Comparison of direction and in direction selection methods based on selection indices in wheat lines in drought and non-drought condition. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Researchs, 45: 21-32 (In Persian).
25. Sabouri, H., G. Mohammadi-Nejad and M. Fazlalipour. 2012. Selection for yield improvement using of multivariation statistical methods in rice. Iranian Journal of Crops Research, 10: 150-162 (In Persian).
26. Singh, T. and H.S. Balyan. 2003. Relative efficiency of various single plant selection criteria and F_3 generation yield testing in wheat (*Triticum aestivum L.*). Indian Journal of Genetics, 63: 24-29.
27. Smith, H.F. 1936. A discrimination function for plant selection. Annals of Eugenics, 7: 240-250.
28. Tardieu, F. 2012. Any trait or trait-related allele can confer drought tolerance:just design the right drought scenario. Journal of Experimental Botany, 63: 25-31.
29. Ud-Din, N., B.F. Carver and A.C. Clutter. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought stressed and irrigated environments. Euphytica, 62: 89-96.
30. Zhu, X.P., Z. Zhang and G.X. Wang. 1991. A study of genetic variation and selection index in the progenies of laser- treated wheat. Journal of Southwest Agricultural University, 13: 421-423.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]

Application of Selection Indices for Grain Yield Improvement in Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under Drought Stress Condition

Somayeh Amini-Zadeh Bazjanji[1], Ghasem Mohammadinejad[2] and Rouhollah Abdolshahi[3]

1 and 3- Graduated M.Sc. Student and Assistant Professor, Center of Excellence for Abiotic Stress In Cereal Crops, Shahid Bahonar University of Kerman
2- Associate Professor, Center of Excellence For Abiotic Stress in Cereal Crops, Shahid Bahonar University of Kerman, (Corresponding author: mohammadinejad@uk.ac.ir)
Received: January 24, 2015 Accepted: April 20, 2015

Abstract

To improve a complex characters such as grain yield with low heritability, indirect selection through other characters and selection index based on different effective traits were used. For this purpose, 96 F_3 families derived from Roshan and Kavir crossing, together with parents, F_1 and F_2 progenies were cultivated. In lattice design with 2 replications under drought stress conditions in research field of Shahid Bahonar University of Kerman at growing season of 2012-2013. In present study, the Smith-Hazel and Pesek-Baker selection indices were computed based on five traits including main spike weight, awn length, flag leaf width, 1000-grain weight and yield. In addition, direct and correlated responses were calculated for the mentioned traits. In Smith-Hazel index awn length and in Pesek-Baker index main spike weight had the highest selection response. The highest estimated relative selection efficiency for improvement of grain yield was obtained via selection for main spike weight and awn length. Main spike weight, awn length and 1000-grain weight showed positive response in all indices, while, flag leaf width revealed negative responses. Thus, selection based on these indices will resulting selection of families with high awn length, grain weight and low flag leaf width. Results showed that Pesek-Baker index had the highest selection efficiency and can be used to select appropriate genotypes in the present cross and bread wheat breeding programs.

Keyword: Bread Wheat**,** Pesek-Baker indice, Indirect selection, Smith-Hazel indice

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.152]