مقایسه انتخاب مستقیم و غیر مستقیم براساس شاخص‌های مختلف انتخاب در لاین‌های گندم در شرایط معمول و تنش رطوبتی

عبدالمجید رضائی* و معصومه یوسفی‌آذر[1]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۴/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۲۶)

چکیده

برای بهبود صفت پیچیده‌ای مانند عملکرد که توارث‌پذیری پایینی دارد، از انتخاب غیرمستقیم توسط صفات دیگر و نیز شاخص مناسبی براساس چند صفت مؤثر بر عملکرد استفاده می‌شود. این مطالعه با هدف ارزیابی کارآیی روش‌های مختلف انتخاب در ۲۳ لاین $F_{۲:۴}$ گندم حاصل از تلاقی دو رقم ویرمارین (حساس به خشکی) و سرداری (متحمل به خشکی) انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو تیمار آبیاری پس از ۳±۷۰ و ۳±۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به‌ترتیب برای شرایط غیرتنش و تنش در سال ۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. برای هر یک از این شرایط شاخص‌های انتخاب با استفاده از چهار صفت تعداد سنبله در متر مربع، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه و هم‌چنین پاسخ‌های مستقیم و همبسته این صفات به‌همراه عملکرد، محاسبه شدند. نتایج پاسخ‌های مستقیم و همبسته صفات به انتخاب نشان داد که برای شرایط مشابه با این بررسی ژنوتیپ‌های زودرس با تعداد سنبله زیاد، تعداد دانه کم و وزن دانه بالا از پتانسیل عملکرد بالاتری برخوردار هستند. تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزاردانه پاسخ مثبتی به انتخاب در اکثر شاخص‌ها و در هر دو شرایط داشتند، ولی پاسخ روز تا سنبله‌دهی و تعداد دانه در سنبله در شاخص‌ها منفی بود. بنابراین انتخاب براساس این شاخص‌ها نیز باعث گزینش ارقام زودرس با تعداد سنبله بالا و تعداد دانه کم و وزن دانه بالا می‌شود که از پتانسیل عملکرد بیشتری برخوردار هستند. در این بررسی شاخص‌های اسمیت – هیزل و پایه بریم – ویلیامز کارآیی انتخاب بالاتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: انتخاب مستقیم و غیر مستقیم، تنش رطوبتی، شاخص‌های انتخاب، گندم، واکنش همبسته

مقدمه

به‌منظور اجتناب از کاهش اطمینان در انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس صفتی مانند عملکرد که دارای وراثت‌پذیری پایین است و تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد، می‌توان شاخص مناسبی را شامل چند صفت تعریف کرد و انتخاب را براساس آن انجام داد. این شاخص همانند یک صفت در نظر گرفته می‌شود و طوری تعریف می‌گردد که اولاً کمتر تحت تأثیر تنوعات محیطی قرار گرفته و ثانیا وراثت‌پذیری بالایی نیز داشته باشد (۱ و ۵). شاخص‌های انتخاب اسمیت – هیزل (۲۲)، پایه بریم– ویلیامز (۸ و ۲۵)، تخمینی (۱۶)، محدود شده

۱. به ترتیب استاد و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: am.rezai@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

(۱۵)، تناوبی بریم و همکاران (۸) و شاخص با بازده مطلوب پسک- بیکر (۱۹) از جمله این شاخص‌ها می‌باشند.

ایگلز و فرای (۱۰) در یک جمعیت F_9 یولاف، از پنج روش انتخاب برای افزایش ارزش اقتصادی براساس انتخاب مستقیم برای هر یک از دو صفت عملکرد کاه و دانه و هم‌چنین شاخص‌هایی برای بهبود آنها استفاده نمودند. آنها مشاهده کردندکه انتخاب برای هر صفت مؤثرتر از انتخاب برای بهبود آن صفت از طریق شاخص است، ولی استفاده از شاخص انتخاب و تعیین یک حد آستانه برای هر صفت، باعث بهبود ارزش اقتصادی می‌شود. در این مطالعه شاخص پایه بریم به‌عنوان شاخص برتر از لحاظ سادگی محاسبه معرفی شد. مدرسی و همکاران (۳) در مطالعه‌ای روی ذرت بالا بودن هم‌بستگی شاخص اسمیت ـ هیزل با ارزش اقتصادی را بیانگر اهمیت وارد کردن وراثت پذیزی صفات در تعیین شاخص‌ها و ضرایب آنها دانستند. اتا و اپن‌شاو (۱۲) در مطالعه‌ای روی ذرت، از شاخص‌های اسمیت ـ هیزل، پسک ـ بیکر و پایه بریم ـ 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 ـ بیکر و شاخص پایه به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شدند. ربیعی و همکاران (۲۰) از شاخص‌های اسمیت ـ هیزل، پسک ـ بیکر و شاخص پایه بریم ـ ویلیامز برای بهبود شکل دانه برنج استفاده کردند و در مجموع سهم طول و عرض دانه و ارتفاع گیاه را در این شاخص‌ها با اهمیت دانستند.

چاندرا و همکاران (۹) با استفاده از ۱۹۲ ژنوتیپ بادام زمینی در نسل‌های $F_{2:3}$ ، $F_{2:4}$ و $F_{2:5}$ نه شاخص انتخاب بدون وزن (۱۱) را با استفاده از سه صفت شاخص برداشت، کارآیی تعرق و تعرق کلی به‌عنوان اجزای مدل بیولوژیک عملکرد دانه در تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا محاسبه نمودند. آنها در دو شاخص جدید از دامنه‌های چارکی و میانه استفاده نمودند و بیان کردند که در این‌گونه شاخص‌ها انتخاب تحت تأثیر ارزش نهایی صفات نیست و آنها را شاخص‌های مناسبی معرفی کردند. سینگ و بالیان (۲۱) در یک جمعیت F_2 گندم، کارآیی نسبی معیارهای مختلف انتخاب را بررسی کردند. طبق این نتایج مطالعه انتخاب تک بوته بر اساس صفت عملکرد بیولوژیک به‌همراه عملکرد دانه برای گزینش گیاهان برتر در نسل F_2 مناسب بود. یانگ (۲۶) کارآیی نسبی انتخاب را برای صفات همبسته تعیین کرد و نتیجه گرفت که انتخاب بر مبنای شاخص به‌اندازه روش انتخاب بر اساس یک حد آستانه کارآیی دارد. وی هم‌چنین بیان کرد که این کارآیی به تعداد صفات موجود در معادله شاخص، ارزش اقتصادی آنها، وراثت‌پذیری آنها و هم‌بستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات بستگی دارد.

این مطالعه به‌منظور ارزیابی کارآیی انتخاب مستقیم و غیرمستقیم صفات برای بهبود عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی و غیرتنش، تعریف شاخص‌های مختلف برای انتخاب هم‌زمان چند صفت و مقایسه کارآیی آنها و معرفی بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر پاسخ به شاخص‌ها و مقایسه آنها با بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد، طرح‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان با اقلیم خشک، بسیار گرم و تابستان‌های گرم و خشک انجام شد. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی، جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و اسیدیته ۶/۷ می‌باشد.

ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل ۲۳ لاین $F_{2:4}$ گندم حاصل از تلاقی دو رقم ویرمارین (*Virmarin*) (حساس به خشکی) و سرداری (متحمل) بودند. این لاین‌ها در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ در شرایط معمول آبی و تنش خشکی کشت شدند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در هر یک از شرایط آبیاری متداول و آبیاری محدود (به‌ترتیب آبیاری پس از ۳±۷۰ و ۳±۱۲۰میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A*) انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۲ متر با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. قبل از کاشت معادل

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم به خاک اضافه شد. کشت در تاریخ ۱۵ آبان ۱۳۸۲ انجام شد. در مراحل پنجه‌دهی و ساقه‌دهی نیز معادل ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت.

شاخص‌های انتخاب بر اساس چهار صفت تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و تعداد روز تا سنبله‌دهی، با در نظر گرفتن ارزش های فنوتیپی، ژنتیکی و اقتصادی آنها با توجه به رابطه پایه $I = \sum b_i P_i$ به طور جداگانه برای شرایط معمول و تنش رطوبتی محاسبه شدند. bi وزنی است که به هر صفت بر اساس ارزش آن داده می شود و Pi ارزش فنوتیپی آن صفت می‌باشد (۱۳). برای شاخص اسمیت – هیزل بردار b از رابطه $b = P^{-1}Ga$ محاسبه شد. در اینجا a ارزش اقتصادی نسبی صفت می باشد که برای همه صفات برابر با ۱ در نظر گرفته شد و P و G به ترتیب ماتریس‌های واریانس- کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی می‌باشند. شاخص اسمیت – هیزل با فرض مستقل بودن صفات نیز محاسبه شد. در این حالت ارزش‌های b از رابطه $b = P^{-1}Ga = \sum h_i^2 a$ محاسبه شدند. در این رابطه h^2 وراثت پذیری صفت می باشد. به دلیل محدودیت شاخص اسمیت _ هیزل از لحاظ نسبت دادن ارزش‌های نسبی اقتصادی به صفات کمی شاخص پسک _ بیکر (۱۹) نیز محاسبه شد. در این شاخص به‌جای ارزش‌های اقتصادی (a)، از بازده ژنتیکی مطلوب (g) یا بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت استفاده می شود و $b = G^{-1}g$ می‌باشد.

چون شاخص اسمیت – هیزل به دقت زیادی برای برآورد واریانس‌ها و کوواریانس‌ها نیاز دارد، بنابر پیشنهاد بریم و همکاران (۸) و ویلیامز (۲۵)، برای اجتناب از برآورد نادرست برای بهره مورد انتظار ژنتیکی، شاخص پایه که ارزش اقتصادی صفات را در نظر می‌گیرد و در آن a=b در نظر گرفته می‌شود، طبق رابطه $I = \sum b_i P_i = \sum a_i P_i$ محاسبه شد.

دو شاخص معرفی شده توسط چاندرا و همکاران (۹) طبق رابطه‌های زیر برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر براساس میانه و چارک‌ها مورد محاسبه قرار گرفتند. در محاسبه این دو شاخص نیز از صفات تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و تعداد روز تا سنبله‌دهی استفاده شد.

$$S_1 = \sum_i \frac{X_i - med_i}{SIQR_i} \qquad (1)$$

$$SIQR_i = \frac{Q_{3(i)} - Q_{1(i)}}{2} \qquad (2)$$

$$S_2 = \sum_i \frac{X_i - med_i}{R_i} \qquad (3)$$

$$R_i = max_i - min_i \qquad (4)$$

$Q_{1(i)}$ و $Q_{3(i)}$ به‌ترتیب دامنه‌های چارکی اول و سوم و med_i میانه می باشد.

با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی در شاخص‌ها، مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ به دست آمد و مانند یک صفت مورد تجزیه واریانس قرارگرفت و هم‌بستگی آن با عملکرد محاسبه شد. برای هر صفت موجود در شاخص بازده مورد انتظار (ΔG_i)، بر اساس انتخاب بر مبنای شاخص طبق رابطه $\Delta G_i = k\frac{\sigma_{Ii}}{\sigma_I}$ محاسبه گردید. در این فرمول k شدت انتخاب است که با گزینش ۲۰ درصد از ژنوتیپ ها برابر با ۱/۷۵۵ است (۱۳). در این رابطه σ_{I_i} کوواریانس شاخص با هر صفت می‌باشد که توسط رابطه $\sigma_{I_i} = \sum b_i \sigma_{gij}$ به دست آمد. در این فرمول σ_I ، انحراف معیار شاخص است و برای هر شاخص از رابطه $\sigma_I = \sqrt{b'Pb}$ محاسبه گردید. σ_{gis} کوواریانس ژنتیکی صفات i و j می‌باشد. بهره مورد انتظار (ΔH) طبق رابطه $\Delta H = \sum a_i \Delta G_i$ برای هر شاخص محاسبه شد. در نهایت ژنوتیپ‌ها بر مبنای هر کدام از شاخص‌ها و عملکرد مرتب شدند و ۱۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ شاخص‌ها با بهترین ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد مقایسه شدند.

واکنش مستقیم به انتخاب (Response to Selection) برای هر صفت از رابطه $R_i = kh_i^2\sigma_g$ محاسبه شد(۱۳). پاسخ همبسته(Correlated Response) برای انتخاب یک صفت از طریق صفت دیگر نیز از رابطه $CR_i = kh_i h_j r_{gij}\sigma_g$ به دست آمد(۱۳ و ۱). هم‌چنین پاسخ همبسته برای عملکرد بر اساس

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

انتخاب از طریق شاخص‌ها محاسبه شد. در این فرمول‌ها h جذر وراثت‌پذیری صفت، σ_{g_i} انحراف معیار ژنوتیپی صفت i و r_{gij} هم‌بستگی ژنتیکی صفات i و j می باشد. کارآیی انتخاب نسبی یا به‌عبارتی پاسخ غیرمستقیم انتخاب برای عملکرد در محیط تنش از طریق انتخاب در محیط غیرتنش نیز محاسبه شد. از رابطه $RSE_s = \frac{CR_y}{R_y}$ برای محاسبه کارآیی انتخاب براساس شاخص‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

واکنش به انتخاب

مقادیر پاسخ به گزینش و پاسخ همبسته بر اساس مقادیر وراثت‌پذیری، واریانس‌های ژنوتیپی و هم‌بستگی‌های ژنتیکی صفات و انتخاب ۲۰ درصد از لاین‌ها (شدت انتخاب k=۱/۷۵۵)، در جدول ۱ آورده شده‌اند. به‌طور کلی پاسخ مستقیم صفات به انتخاب نسبت به پاسخ همبسته آنها از طریق صفات دیگر بیشتر بود (جدول ۱). در هر دو شرایط رطوبتی پاسخ همبسته برای عملکرد از طریق تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه مثبت و بالا بود، یعنی با افزایش تعداد سنبله و وزن دانه، عملکرد افزایش می‌یابد. این افزایش در شرایط بدون تنش رطوبتی بسیار بیشتر بود. با مقایسه پاسخ‌های همبسته عملکرد از طریق این صفات با انتخاب مستقیم برای عملکرد، مشاهده شد که پاسخ همبسته عملکرد از طریق تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا سنبله‌دهی در شرایط تنش رطوبتی مثبت، ولی در شرایط معمول رطوبتی منفی بود. یعنی در شرایط معمول رطوبتی گزینش لاین‌های دیررس باعث کاهش در عملکرد می‌شود. قابل ذکر است که دیررسی لزوماً باعث افزایش زیست توده نمی‌گردد و افزایش زیست توده نیز در صورتی که شاخص برداشت کم باشد، افزایش عملکرد را به‌دنبال نخواهد داشت (۶).

بیسواس و همکاران (۷) در سورگوم انتخاب همبسته از طریق تعداد خوشه در گیاه و تعداد دانه در خوشه را برای بهبود عملکرد مؤثر دانستند. مک نیل و همکاران (۱۷) انتخاب غیر مستقیم از طریق وزن دانه و تعداد دانه در سنبله را برای بهبود عملکرد گندم معرفی کردند. در مطالعه الکساندر و همکاران (۴) روی گندم انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد و انتخاب همبسته از طریق وزن هزاردانه مؤثرتر از بقیه اجزای عملکرد بود. آنها پیشنهاد کردند که چون وزن هزار دانه معمولاً با دقت بیشتری اندازه‌گیری می‌شود، انتخاب بر اساس آن می‌تواند برای بهبود عملکرد مؤثر باشد.

اگرچه پاسخ همبسته بین عملکرد و اجزای آن حایز اهمیت است، ولی توجه به واکنش‌های همبسته بین اجزای عملکرد نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. تقریباً در هر دو شرایط مورد بررسی پاسخ همبسته تعداد سنبله در متر مربع از طریق تعداد دانه در سنبله و تعداد روزتا سنبله‌دهی منفی بود (جدول ۱). این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب برای این دو صفت باعث کاهش تعداد سنبله در متر مربع می‌شود. میزان این کاهش در شرایط غیر تنش برای تعداد دانه در سنبله شدیدتر بود. پاسخ همبسته این صفت از طریق وزن دانه و عملکرد مثبت گردید. پاسخ مستقیم صفت تعداد سنبله در متر مربع به گزینش در شرایط غیر تنش نسبت به شرایط تنش بیشتر بود.

انتخاب مستقیم برای تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش پاسخ بیشتری نسبت به شرایط غیر تنش نشان داد. در هر دو شرایط آزمایشی پاسخ همبسته تعداد دانه در سنبله از طریق انتخاب برای وزن دانه و تعداد سنبله در متر مربع منفی بود. این پاسخ برای انتخاب از طریق عملکرد دانه در شرایط معمول رطوبتی منفی و برای شرایط تنش مثبت شد. به عبارت دیگر در شرایط تنش، انتخاب لاین‌های پرمحصول همراه با افزایش تعداد دانه در سنبله است. در هر دو شرایط بیشترین کاهش و پاسخ منفی در تعداد دانه در سنبله مربوط به وزن دانه بود و در شرایط تنش کاهش بیشتری مشاهد شد. هم‌چنین پاسخ منفی انتخاب برای تعداد دانه در سنبله از طریق تعداد سنبله در متر مربع در شرایط غیر تنش نسبت به شرایط تنش بیشتر گردید. در

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

جدول ۱. مقایسه مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود صفت Y از طریق انتخاب برای صفت X در شرایط معمول و تنش رطوبتی

صفتY	صفتX	شرایط معمول		شرایط تنش	
		پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی	پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی
	عملکرد	۳۱/۱		۲۳/۲	
	تعداد سنبله در متر مربع	۲۵/۹۲	۰/۵۸	۹/۸۴	۰/۳۱
عملکرد (گرم در متر مربع)	تعداد دانه در سنبله	-۳/۷۸	-۰/۱۰	۳/۰۲	۰/۱۰
	وزن هزاردانه	۲۰/۶۵	۰/۵۷	۹/۶۲	۰/۳۱
	روز تا سنبله دهی	-۲۰/۰۴	-۰/۵۱	۲/۰۷	۰/۱۰
	تعداد سنبله در متر مربع	۱۵۹/۸		۹۷/۲	
	تعداد دانه در سنبله	-۴۷/۵۶	-۰/۳۳	-۹/۳۷	-۰/۱۰
تعداد سنبله در متر مربع	وزن هزاردانه	۴۶/۱۰	۰/۳۵	۷/۵۵	۰/۱۰
	روز تا سنبله دهی	-۲۲/۵۱	-۰/۱۶	-۲۷/۵۷	-۰/۳۳
	عملکرد	۶۵/۳۶	۰/۵۸	۲۲/۵۲	۰/۳۱
	تعداد دانه در سنبله	۳/۹		۵/۰	
	تعداد سنبله در متر مربع	-۱/۴۴	-۰/۳۳	-۰/۵۲	-۰/۱۰
تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	-۲/۱۷	-۰/۶۱	-۳/۵۳	-۰/۶۸
	روز تا سنبله دهی	۲/۰۴	۰/۵۴	۱/۹۷	۰/۴۳
	عملکرد	-۰/۲۹	-۰/۱۰	۰/۳۸	۰/۱۰
	وزن هزاردانه	۲/۴		۴/۱	
	تعداد سنبله در متر مربع	۱/۰۳	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۱۰
وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	-۱/۶۱	-۰/۶۱	-۲/۷۰	-۰/۶۸
	روز تا سنبله دهی	-۱/۵۲	-۰/۶۰	-۰/۵۹	-۰/۱۶
	عملکرد	۱/۱۷	۰/۵۷	۰/۹۴	۰/۳۱
	روز تا سنبله دهی	۱/۶		۱/۹	
	تعداد سنبله در متر مربع	-۰/۲۸	-۰/۱۶	-۰/۷۳	-۰/۳۳
روز تا سنبله دهی	تعداد دانه در سنبله	۰/۸۵	۰/۵۴	۰/۹۴	۰/۴۳
	وزن هزاردانه	-۰/۸۶	-۰/۶۰	-۰/۳۶	-۰/۱۶
	عملکرد	-۰/۶۴	-۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۱۰

هر دو شرایط تنش و غیرتنش پاسخ انتخاب برای تعداد دانه در سنبله از طریق تعداد روز تا سنبله‌دهی مثبت بود. پاسخ همبسته وزن دانه از طریق انتخاب برای صفات تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا سنبله‌دهی نیز منفی و بالا بود. بنابراین به نظر می‌رسد که با گزینش ژنوتیپ‌های دیررس، وزن دانه کاهش ولی تعداد سنبله افزایش می‌یابد. صفت وزن دانه نیز در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

شرایط تنش پاسخ مستقیم بیشتری به انتخاب نشان داد. بنابراین به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش انتخاب مستقیم برای دو صفت تعداد دانه در سنبله و وزن دانه به‌تنهایی تأثیر بیشتری نسبت به انتخاب غیرمستقیم برای این دو صفت از طریق یکدیگر دارد.

در هر دو شرایط تنش و غیرتنش صفت تعداد روز تا سنبله‌دهی پاسخ همبسته منفی و نسبتاً بالایی را از طریق صفات وزن هزاردانه و تعداد سنبله در متر مربع داشت. در شرایط تنش کاهش تعداد روز تا سنبله‌دهی از طریق انتخاب برای تعداد سنبله در متر مربع بیشتر بود. در شرایط معمول رطوبتی انتخاب براساس وزن دانه بیشتر باعث کاهش بیشتری در تعداد روز تا سنبله‌دهی شد. این پاسخ از طریق صفت تعداد دانه در سنبله مثبت بود. پاسخ مستقیم صفت روز تا سنبله‌دهی در شرایط تنش کمی بیشتر بود. بنابراین در انتخاب ژنوتیپ‌های زودرس، توجه به پاسخ همبسته این صفت با تعداد سنبله در متر مربع اهمیت دارد (جدول ۱).

به‌طور کلی طبق نتایج این مطالعه و نوع رابطه‌ها می‌توان برای شرایطی مشابه با شرایط این بررسی انتخاب ژنوتیپ‌های زودرس با تعداد دانه در سنبله کم، تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه بالا را پیشنهاد نمود. آستین (۶) اعتقاد دارد اگر تعداد دانه توسط تنش رطوبتی کاهش پیدا کند، تنها راه برای جبران آن افزایش وزن دانه است

نورمند مؤید و همکاران (۲) در بررسی صفات مؤثر بر عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی بیان کردند که از بین اجزای عملکرد، ابتدا لازم است تعداد سنبله در متر مربع و سپس تعداد دانه در سنبله را افزایش داد تا کمبود عملکرد ناشی از کاهش وزن هزار دانه به‌دلیل بروز تنش خشکی در دوره دانه‌بندی جبران شود. در شرایط غیرتنش نیز ابتدا افزایش تعداد دانه در سنبله و سپس افزایش تعداد سنبله در متر مربع (با اثر منفی بر تعداد دانه در سنبله) و در مرحله آخر افزایش وزن هزاردانه برای بهبود عملکرد پیشنهاد شد. این محققین برای شرایط غیرتنش گزینش ارقام دیررس را پیشنهاد کردند تا عملکرد دانه بیشتری به دست آید. مغایرت برخی از نتایج نورمند نوید و همکاران (۲) با نتایج این پژوهش به دلیل استفاده از ارقام متفاوت و هم‌چنین شرایط آزمایشی و تنش رطوبتی مختلف است.

پاسخ همبسته عملکرد در شرایط تنش از طریق انتخاب برای عملکرد در محیط غیرتنش و بر عکس نیز مورد بررسی قرار گرفت. عملکردهای دانه در محیط‌های تنش و غیرتنش هم‌بستگی ناچیزی (۰/۱۳-) داشتند. پاسخ مستقیم به گزینش در شرایط غیر تنش و تنش به ترتیب ۴۶/۱ و ۳۳/۴ بود. کارائی گزینش و پاسخ همبسته برای عملکرد در شرایط غیرتنش از طریق انتخاب برای عملکرد در شرایط تنش (به ترتیب ۰/۱۳۵- و ۶/۲-) شدیدتر از کارآیی گزینش و پاسخ همبسته برای حالت عکس (به ترتیب ۰/۱۲۶- و ۴/۲-) بود. بنابراین در این بررسی بازدهی کمی از انتخاب بر اساس عملکرد در شرایط غیر تنش برای محیط‌تنش به دست آمد و به‌نظر می رسد انتخاب برای عملکرد در شرایط بدون تنش منجر به گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول در شرایط تنش نمی‌شود و عکس این موضوع نیز صادق است. این نتایج با توجه به وقوع تصادفی تنش رطوبتی در برخی از سال‌ها می‌تواند در اتخاذ روش مناسب انتخاب برای عملکرد مفید باشد. در مطالعه اودین و همکاران (۲۴) روی گندم نیز مشخص شد که هم‌بستگی عملکرد در دو محیط تنش و غیرتنش معنی‌دار نیست و بازدهی انتخاب از طریق شرایط غیرتنش برای محیط تنش ناچیز است.

شاخص‌های انتخاب

ضرایب (bi) برای هر یک از صفات تعداد دانه درسنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه برای شاخص‌های اسمیت ـ هیزل و پسک ـ بیکر در جدول ۲ آمده است. با جای‌گذاری ارزش‌های فنوتیپی هر کدام از لاین‌ها در معادله شاخص‌ها، مقدار شاخص برای هر ژنوتیپ محاسبه شد (جدول‌های۳ و ۴). واریانس ژنوتیپی شاخص‌ها، وراثت‌پذیری آنها، هم‌بستگی ژنتیکی بین شاخص‌ها و عملکرد، پاسخ همبسته عملکرد پس از انتخاب لاین‌ها بر اساس

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

جدول ۲. ضرایب (b_i) هر یک از صفات تعداد دانه درسنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزاردانه در شاخص‌های مختلف انتخاب

شرایط رطوبتی	تعداد دانه در سنبله	تعداد روز تا سنبله‌دهی	تعداد سنبله در متر مربع	وزن هزاردانه
شاخص انتخاب اسمیت – هیزل				
معمول	۰/۴۹	-۰/۹۹	۰/۹۳	-۰/۲۲
تنش	۰/۱۴	۱/۰۴	۰/۸۹	۰/۲۶
شاخص انتخاب اسمیت – هیزل با فرض مستقل بودن صفات				
معمول	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۹۳	۰/۶۳
تنش	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۸۹	۰/۸۹
شاخص انتخاب پسک – بیکر				
معمول	۰/۸۹	۱/۷۷	۰/۰۱	۱/۷۵
تنش	۰/۸۶	۰/۵۴	۰/۰۲	۱/۱۸

شاخص‌ها و کارآیی انتخاب برای هر شاخص نیز در جداول ۳ و ۴ آورده شده‌اند. علاوه بر این تعداد ۳۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر انتخاب بر اساس عملکرد و شاخص‌ها در جدول‌های ذکر شده آمده است.

در شاخص‌ها و شرایط رطوبتی مختلف، صفات ضرایب متفاوتی داشتند (جدول ۲). به طور کلی در هر دو شرایط رطوبتی به جز دو مورد ضرایب همه صفات در شاخص‌ها مثبت بود. ضرایب تعداد روز تا سنبله‌دهی و وزن دانه در شاخص اسمیت_ هیزل برای شرایط رطوبتی معمول منفی بودند. علامت منفی حاکی از اثر کاهنده این صفات در این شاخص می‌باشد، به‌طوری‌که با افزایش تعداد روز تا سنبله‌دهی و وزن دانه مقدار شاخص اسمیت – هیزل کاهش می‌یابد. به‌این ترتیب انتخاب بر اساس این شاخص در محیط بدون تنش منجر به گزینش ژنوتیپ‌های زودرس ولی با وزن دانه کم می‌شود. در شرایط تنش تعداد روز تا سنبله‌دهی بالاترین ضریب را در شاخص اسمیت– هیزل داشت.

تعداد سنبله در متر مربع در شاخص‌های اسمیت _ هیزل وزن بیشتری را نسبت به شاخص پسک – بیکر داشت، در حالی که وزن دانه در شاخص اخیر دارای ضرایب بالاتری بود. شاخص پسک–بیکر در محیط بدون تنش وزن بیشتری را به تعداد روز تا سنبله‌دهی و وزن دانه اختصاص داد که کاملا برعکس نتایج حاصل برای شاخص اسمیت – هیزل است. به عبارت دیگر انتخاب براساس این شاخص منجر به گزینش لاین‌های دیررس با وزن دانه بالا می‌شود. ارزش ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های اسمیت – هیزل و پایه در شرایط معمول رطوبتی هم‌بستگی بالائی با عملکرد داشت. شاخص‌های S_1 و S_2 در شرایط تنش هم‌بستگی بالایی با عملکرد داشتند.

در شرایط معمول رطوبتی شاخص‌های انتخاب اسمیت – هیزل و پایه بریم– ویلیامز بیشترین پاسخ همبسته با عملکرد و کارآیی انتخاب غیرمستقیم در مقایسه با انتخاب مستقیم برای عملکرد را داشتند (جدول ۳). شاخص پایه از تنوع ژنتیکی بالاتری نسبت به سایر شاخص‌ها برخوردار بود. شاخص S_1 واریانس ژنتیکی، پاسخ همبسته به انتخاب و کارآیی انتخاب غیرمستقیم بیشتری نسبت به شاخص S_2 داشت. برترین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های S_1، S_2 و پسک – بیکر (لاین‌های ۵ و ۱۵) از نظر عملکرد به‌ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم قرار داشتند (جدول ۳). در مجموع در شرایط معمول رطوبتی لاین‌های شماره ۲ یا ۵ یا هر دو از نظر عملکرد و تمام شاخص‌ها از جمله ژنوتیپ‌های برتر بودند. شاخص‌های انتخاب لاین‌های شماره ۱۴ و ۱۸ را نیز برتر معرفی کردند،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

جدول۳. عملکرد دانه، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط معمول رطوبتی

شاخص S_2	شاخص S_1	شاخص پایه بریم ـ ویلیامز	شاخص پسک ـ بیکر	شاخص اسمیت – هیزل		عملکرد	رتبه ژنوتیپ‌ها
				صفات مستقل	صفات وابسته	(kg/ha)	
۱/۰۲ (۵)	۶/۵۳ (۵)	۹۹۸/۱ (۲)	۴۱۵/۳ (۱۵)	۸۷۲/۶ (۲)	۵۳۱/۶ (۲)	۶۰۷۰ (۲)	۱
۰/۷۴ (۱۴)	۵/۰۱ (۱۴)	۹۶۶/۰ (۵)	۴۱۴/۷ (۳)	۸۴۲/۴ (۵)	۴۹۷/۱ (۵)	۵۴۱۳ (۳)	۲
۰/۶۱ (۳)	۳/۹۰ (۳)	۹۵۳/۵ (۱۸)	۴۱۴/۱ (۵)	۸۳۲/۷ (۱۸)	۴۹۴/۵ (۱۸)	۴۹۶۱ (۵)	۳
۰/۵۰ (۱۵)	۳/۳۷ (۲)	۸۵۱/۲ (۱۴)	۴۱۱/۵ (۲)	۷۳۵/۴ (۱۴)	۳۸۹/۷ (۱۴)	۴۹۲۱ (۱۵)	۴
۰/۴۴ (۱۸)	۲/۸۰ (۱۸)	۸۲۰/۲ (۱۲)	۴۱۱/۴ (۱۴)	۷۰۸/۲ (۱۲)	۳۶۹/۲ (۱۲)	۴۸۲۰ (۱۰)	۵
۰/۲۵ (۲)	۲/۶۷ (۱۵)	۸۱۸/۰ (۲۲)	۴۱۰/۰ (۱۳)	۷۰۵/۹ (۲۲)	۳۶۴/۵ (۲۲)	۴۸۱۶ (۸)	۶
۰/۲۳ (۱)	۱/۲۷ (۶)	۷۸۹/۲ (۳)	۴۰۸/۷ (۱)	۶۷۸/۴ (۱۶)	۳۳۹/۰ (۱۶)	۴۸۰۵ (۱۷)	۷
۰/۲۰ (۶)	۱/۰۰ (۲۲)	۷۸۷/۴ (۱۶)	۴۰۸/۵ (۶)	۶۷۷/۷ (۳)	۳۳۲/۴ (۳)	۴۷۱۲ (۹)	۸
۰/۱۱ (۱۳)	۰/۶۴(۱۳)	۷۷۴/۶ (۶)	۴۰۸/۳ (۲۳)	۶۶۵/۳ (۶)	۳۲۲/۷ (۶)	۴۷۰۷ (۴)	۹
۰/۱۱ (۲۲)	۰/۴۰ (۴)	۷۶۳/۱ (۸)	۴۰۷/۷ (۴)	۶۵۵/۴ (۸)	۳۱۶/۵ (۸)	۴۶۴۰ (۱۴)	۱۰
۰/۰۶ (۲۳)	۰/۳۴ (۲۳)	۷۵۸/۸ (۱۰)	۴۰۷/۲ (۱۹)	۶۵۰/۷ (۱۰)	۳۱۱/۲ (۱۰)	۴۴۴۶ (۱۱)	۱۱
−۰/۰۱(۱۹)	۰/۲۸ (۱)	۷۵۱/۱ (۱۷)	۴۰۶/۹ (۲۲)	۶۴۳/۶ (۱۷)	۳۰۴/۵ (۱۷)	۴۴۰۰ (۲۲)	۱۲
−۰/۰۲(۱۰)	−۰/۱۹(۱۰)	۷۴۶/۰ (۴)	۴۰۶/۳ (۱۰)	۶۳۸/۷ (۴)	۲۹۷/۱ (۴)	۴۳۹۴ (۲۰)	۱۳
−۰/۰۳(۱۷)	−۰/۲۷(۱۹)	۷۴۳/۳ (۱۵)	۴۰۶/۳ (۲۱)	۶۳۵/۳ (۱۵)	۲۹۲/۵ (۱۵)	۴۳۷۷ (۱۶)	۱۴
−۰/۰۵(۱۱)	−۰/۳۸(۱۷)	۷۲۴/۴ (۷)	۴۰۶/۲ (۱۱)	۶۱۹/۵ (۷)	۲۸۱/۳ (۷)	۴۱۹۶ (۶)	۱۵
−۰/۰۶ (۹)	−۰/۷۳(۱۲)	۷۰۸/۴ (۲۳)	۴۰۵/۶ (۱۷)	۶۰۳/۵ (۲۳)	۲۶۱/۸ (۲۳)	۴۱۵۱ (۲۳)	۱۶
−۰/۰۶ (۴)	−۰/۹۱(۱۶)	۶۹۸/۸ (۲۰)	۴۰۴/۸ (۱۲)	۵۹۷/۲ (۲۰)	۲۶۱/۶ (۲۰)	۴۱۴۵ (۱۹)	۱۷
−۰/۱۱(۱۶)	−۰/۹۴ (۸)	۶۸۶/۱ (۹)	۴۰۴/۷ (۹)	۵۸۳/۴ (۹)	۲۴۳/۱ (۹)	۴۰۶۵ (۷)	۱۸
−۰/۱۵ (۸)	−۱/۰۶ (۹)	۶۷۲/۹ (۱۱)	۴۰۲/۸ (۸)	۵۷۰/۶ (۱۱)	۲۳۱/۴ (۱۱)	۳۹۵۲ (۱)	۱۹
−۰/۲۲ (۷)	−۱/۲۷(۲۱)	۶۷۰/۹ (۱۹)	۴۰۲/۵ (۱۸)	۵۶۸/۸ (۱۹)	۲۲۷/۶ (۱۹)	۳۸۱۱ (۱۳)	۲۰
−۰/۲۳(۲۱)	−۱/۲۸(۱۱)	۶۶۷/۴ (۱۳)	۴۰۱/۷ (۷)	۵۶۵/۴ (۱۳)	۲۲۰/۴ (۱۳)	۳۷۷۴ (۱۲)	۲۱
−۰/۲۳(۱۲)	−۱/۹۷ (۷)	۶۵۱/۰ (۲۱)	۴۰۱/۵ (۱۶)	۵۵۰/۵ (۲۱)	۲۰۹/۴ (۲۱)	۳۷۰۵ (۱۸)	۲۲
−۰/۷۶(۲۰)	−۵/۰۱(۲۰)	۶۰۶/۳ (۱)	۳۹۴/۱ (۲۰)	۵۰۸/۷ (۱)	۱۶۱/۳ (۱)	۳۶۵۶ (۲۱)	۲۳
۱/۱۰	۴/۲۴	۹۵۳۸/۸	۱۱/۴	۸۲۲۸/۱	۸۲۳۰/۷	۱۵۱۱/۲	واریانس ژنتیکی
۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۵۹	۰/۴۰	۰/۵۹	۰/۵۹		هم‌بستگی با عملکرد
۱۲/۵	۱۵/۸	۲۶/۱۴	۱۲/۷۷	۲۶/۰۶	۲۶/۱۶	۳۱/۱	پاسخ همبسته
۰/۴۰۰	۰/۵۱۰	۰/۸۴۰	۰/۴۱۰	۰/۸۳۸	۰/۸۴۱	۱	کارآیی انتخاب
۴	۴	۳	۴	۲	۲	۷	تعداد ژنوتیپ برتر†

†: تعداد ژنوتیپی که جزو ۳۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و شاخص می‌باشد.

اعداد داخل پرانتز شماره رقم می‌باشند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

جدول ۴. عملکرد دانه، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط تنش رطوبتی

شاخص S_2	شاخص S_1	شاخص پایه بریم – ویلیامز	شاخص پسک – بیکر	شاخص اسمیت – هیزل صفات مستقل	شاخص اسمیت – هیزل صفات وابسته	عملکرد (kg/ha)	رتبه ژنوتیپ‌ها
۰/۵۲ (۱۴)	۳/۴۳ (۱۴)	۷۸۵/۶ (۲)	۱۷۱/۰ (۱۴)	۶۶۱/۶ (۲)	۶۹۰/۱ (۲)	۳۱۲۷ (۴)	۱
۰/۴۷ (۲۲)	۲/۴۸ (۲۲)	۷۵۵/۵ (۲۲)	۱۶۹/۷ (۱۱)	۶۳۳/۶ (۲۲)	۶۶۰/۲ (۲۲)	۲۷۵۲ (۱۷)	۲
۰/۳۷ (۷)	۲/۱۶ (۷)	۷۴۱/۶ (۱۷)	۱۶۸/۷ (۲۲)	۶۲۲/۵ (۱۷)	۶۴۵/۲ (۱۷)	۲۶۹۲ (۱۱)	۳
۰/۳۳ (۱۸)	۱/۷۱ (۱۱)	۷۱۶/۲ (۱۶)	۱۶۸/۵ (۴)	۶۹۹/۴ (۱۶)	۶۲۷/۵ (۱۶)	۲۶۵۵ (۱۴)	۴
۰/۳۱ (۱۱)	۱/۷۰ (۱۸)	۷۱۱/۲ (۱۸)	۱۶۸/۴ (۱۷)	۵۹۳/۶ (۱۸)	۶۱۹/۷ (۱۸)	۲۶۲۴ (۲۲)	۵
۰/۱۸ (۲)	۱/۷۰ (۲)	۶۹۴/۰ (۷)	۱۶۸/۳ (۷)	۵۷۸/۶ (۷)	۶۰۵/۴ (۶)	۲۴۹۲ (۱۳)	۶
۰/۱۶ (۴)	۱/۶۲ (۴)	۶۹۲/۱ (۶)	۱۶۷/۹ (۱۸)	۵۷۷/۷ (۶)	۶۰۵/۲ (۷)	۲۴۳۸ (۶)	۷
۰/۱۱ (۲۰)	۰/۵۱ (۱۳)	۶۸۳/۲ (۱)	۱۶۷/۵ (۱۲)	۵۶۹/۱ (۱)	۵۹۶/۹ (۱)	۲۳۴۶ (۲۰)	۸
۰/۰۶ (۱۳)	۰/۴۳ (۱۲)	۶۷۸/۴ (۱۳)	۱۶۶/۴ (۲۰)	۵۶۴/۸ (۱۳)	۵۹۴/۵ (۱۳)	۲۳۲۶ (۲)	۹
۰/۰۳ (۱۷)	۰/۳۲ (۲۰)	۶۷۵/۳ (۱۰)	۱۶۶/۳ (۲)	۵۶۲/۸ (۱۰)	۵۸۸/۱ (۱۰)	۲۳۲۴ (۱۸)	۱۰
-۰/۰۱(۱۵)	۰/۲۸ (۱۷)	۶۷۰/۲ (۱۴)	۱۶۵/۵ (۳)	۵۵۷/۲ (۱۴)	۵۸۵/۲ (۲۳)	۲۳۱۷ (۱۰)	۱۱
-۰/۰۴ (۳)	۰/۰۹ (۱۶)	۶۶۵/۶ (۲۳)	۱۶۵/۲ (۵)	۵۵۴/۳ (۲۳)	۵۸۲/۸ (۱۴)	۲۲۶۰ (۲۱)	۱۲
-۰/۰۴ (۵)	۰/۰۸ (۱۵)	۶۵۶/۷ (۱۵)	۱۶۵/۱ (۱۵)	۵۴۵/۴ (۱۵)	۵۷۲/۵ (۱۵)	۲۲۲۷ (۱۶)	۱۳
-۰/۰۵(۱۶)	-۰/۱۴ (۳)	۶۲۸/۹ (۴)	۱۶۵/۰ (۱۰)	۵۲۰/۷ (۴)	۵۴۷/۵ (۸)	۲۲۱۹ (۱۹)	۱۴
-۰/۰۸ (۶)	-۰/۳۵ (۶)	۶۲۷/۵ (۸)	۱۶۴/۸ (۶)	۵۱۹/۵ (۸)	۵۴۵/۵ (۴)	۲۲۱۱ (۷)	۱۵
-۰/۰۸(۱۲)	-۰/۷۱ (۵)	۶۱۹/۴ (۲۰)	۱۶۴/۵ (۱۳)	۵۱۲/۰ (۲۰)	۵۳۸/۹ (۲۰)	۲۱۹۵ (۳)	۱۶
-۰/۱۳ (۸)	-۰/۹۶ (۸)	۶۰۷/۵ (۳)	۱۶۴/۴ (۱۶)	۵۰۱/۵ (۳)	۵۲۸/۱ (۳)	۲۱۶۰ (۱)	۱۷
-۰/۱۷(۱۰)	-۱/۰۷(۱۰)	۵۹۶/۸ (۱۱)	۱۶۳/۷ (۸)	۴۹۱/۵ (۱۱)	۵۱۸/۶ (۹)	۲۱۲۰ (۸)	۱۸
-۰/۲۵ (۱)	-۲/۱۶ (۱)	۵۹۳/۷ (۹)	۱۶۱/۵ (۱)	۴۹۰/۲ (۹)	۵۱۵/۶ (۱۱)	۱۷۵۵ (۲۳)	۱۹
-۰/۴۵(۱۹)	-۲/۶۶(۱۹)	۵۸۴/۴ (۱۹)	۱۶۰/۷ (۱۹)	۴۸۱/۳ (۱۹)	۵۱۱/۳ (۱۹)	۱۷۲۳ (۱۵)	۲۰
-۰/۴۸(۲۳)	-۳/۰۳(۲۳)	۵۸۱/۸ (۵)	۱۵۹/۶ (۲۳)	۴۷۸/۴ (۵)	۵۰۵/۹ (۵)	۱۶۹۶ (۵)	۲۱
-۰/۸۴(۲۱)	-۴/۶۴(۲۱)	۵۷۱/۵ (۱۲)	۱۵۸/۶ (۲۱)	۴۶۹/۸ (۱۲)	۴۹۴/۶ (۱۲)	۱۶۵۵ (۹)	۲۲
-۰/۸۷ (۹)	-۵/۶۸ (۹)	۵۲۲/۰ (۲۱)	۱۵۷/۵ (۹)	۴۲۶/۳ (۲۱)	۴۵۶/۳ (۲۱)	۱۵۶۸ (۱۲)	۲۳
۰/۱	۳/۹	۳۷۸۴	۹/۱	۳۰۲۲	۳۰۰۲	۷۳۶/۰	واریانس ژنتیکی
۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۳۴	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۳۲	۱	هم‌بستگی با عملکرد
۱۶/۴۰	۱۸/۳۰	۱۰/۶۰	۱۶/۳۰	۱۰/۵۲	۱۰/۱۵	۲۳/۲	پاسخ همبسته
۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۴۵	۰/۴۴	۱	کارآیی انتخاب
۴	۴	۳	۵	۳	۳	۷	تعداد ژنوتیپ برتر†

†: تعداد ژنوتیپی که جزو ۳۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و شاخص می‌باشد.

اعداد داخل پرانتز شماره رقم می‌باشند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

ولی این لاین‌ها از نظر عملکرد به‌ترتیب در رتبه‌های ۱۰ و ۲۲ قرار داشتند. ژنوتیپ شماره ۱۰ نیز تنها از نظر عملکرد و نه از نظر شاخص‌ها به‌عنوان ژنوتیپ برتر شناسائی شد (جدول ۳).

در شرایط تنش، شاخص‌های $S1$، $S2$ و پسک - بیکر بیشترین پاسخ همبسته را با عملکرد داشتند (جدول ۴). هم‌چنین کارآیی انتخاب غیرمستقیم از طریق این شاخص‌ها نسبت به سایر شاخص‌ها بیشتر بود. شاخص پایه بریم ـ ویلیامز بیشترین تنوع ژنتیکی را نسبت به سایر شاخص‌ها داشت، ولی با وجود هم‌بستگی پایین با عملکرد، از نظر پاسخ غیرمستقیم و کارآیی انتخاب در رتبه پائین‌تری نسبت به شاخص پسک - بیکر قرار گرفت. در شرایط تنش رطوبتی شاخص S_1 نسبت به شاخص S_2، از پاسخ همبسته بالاتری با عملکرد برخوردار بود. شاخص‌های S_1 ، S_2 و پسک - بیکر به‌طور مشترک لاین‌های شماره ۴ و ۱۴ و سایر شاخص‌ها لاین شماره ۱۷ را به‌عنوان برترین ژنوتیپ معرفی کردند (جدول ۴). این لاین‌ها از نظر عملکرد نیز برتری داشتند. در این شرایط شاخص‌های انتخاب به‌طور مشترک لاین‌های شماره ۲، ۱۸ و ۷ را جزو ژنوتیپ‌های برتر معرفی کردند که از نظر عملکرد به‌ترتیب رتبه‌های ۹، ۱۰ و ۱۵ را داشتند. در این شرایط ژنوتیپ شماره ۱۳ تنها از نظر عملکرد برتری داشت. لاین شماره ۲۲ از نظر شاخص‌ها و عملکرد برتر بود، ولی این لاین در شرایط معمول رطوبتی از نظر شاخص‌های اسمیت - هیزل، پایه، S_1 و S_2 جزو ژنوتیپ‌های برتر قرار گرفت (جدول ۴).

اودین و همکاران (۲۴) در مطالعه‌ای روی گندم در شرایط تنش خشکی و غیر تنش، با استفاده از شاخص اسمیت - هیزل که در آن عملکرد هر دو محیط با وزن‌های متفاوت منظور شده بودند، توانستند حالتی که بازده مورد انتظار برای محیط حداکثر است را تعیین نمایند. آنها نشان دادند که انتخاب جداگانه در هر محیط ممکن است در افزایش عملکرد در شرایط تنش مؤثر نباشد.

در هر دو شرایط تنش و غیرتنش، پاسخ (ΔG) صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد دانه در سنبله در شاخص‌های اسمیت - هیزل و پایه بریم - ویلیامز منفی بود (جدول ۵). بنابراین انتخاب بر اساس این دو شاخص باعث کاهش در این صفات می شود. براساس این شاخص‌ها کاهش تعداد روز تا سنبله‌دهی در شرایط تنش و کاهش تعداد دانه در سنبله در شرایط بدون تنش بیشتر بود. با توجه به مثبت بودن پاسخ صفات تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه در این شاخص‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط مشابه با این بررسی انتخاب بر اساس این شاخص‌ها باعث گزینش ژنوتیپ‌های زودرس با تعداد دانه کم، ولی وزن دانه و تعداد سنبله بالا می‌شود. پاسخ به انتخاب برای تمام صفات براساس شاخص پسک - بیکر مثبت بود. این پاسخ در مورد تعداد سنبله در متر مربع به مقدار قابل ملاحظه‌ای کمتر از شاخص‌های دیگر بود. درشرایط تنش صفت وزن دانه پاسخ بیشتری در شاخص پسک - بیکر نسبت به سایر شاخص‌ها نشان داد، ولی پاسخ این صفت شرایط غیرتنش کمتر از شاخص‌های دیگر بود (جداول ۳ و۴).

بیسواس و همکاران (۷) با بررسی ۳۱ شاخص انتخاب بر مبنای تابع هیزل (۱۴) برای پنج صفت سورگوم مشاهده کردند که عملکردهای دانه و علوفه بهبود یافت. در آزمایش این محققین معلوم شد که بازده انتخاب برای گزینش لاین‌ها بر اساس یک صفت کم می‌باشد. سوان تارادون و همکاران (۲۳) با مقایسه سه شاخص انتخاب در ذرت، شاخص پایه بریم - ویلیامز را کارآتر معرفی کردند. در مطالعه‌ای توسط مول و همکاران (۱۸) در ذرت، پاسخ صفات به شاخص انتخاب دارای تنوع بیشتری نسبت به پاسخ مستقیم تک‌تک صفات بود. آنها نتیجه گرفتند که آزمون پاسخ‌های صفات توسط شاخص انتخاب (ΔG)، تکرارپذیری کمتری نسبت به آزمون پاسخ مستقیم (Ri) هر کدام از این صفات به‌تنهایی لازم دارد.

با توجه به پاسخ شاخص‌های انتخاب یا بازدهی آنها (ΔH) در هر دو شرایط (جدول ۵) مشخص شد که شاخص‌های اسمیت - هیزل و شاخص پایه بریم - ویلیامز بازده بالاتری

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

جدول ۵. کارآیی انتخاب از طریق شاخص‌ها (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب براساس شاخص‌ها (ΔG)

	ΔG			ΔH
	روز تا سنبله‌دهی	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه(gr)	
شرایط معمول رطوبتی					
شاخص اسمیت – هیزل	-۰/۳۴	۱۶۵/۸۴	-۱/۶۱	۱/۲۹	۱۶۵/۱۷
شاخص اسمیت – هیزل (صفات مستقل)	-۰/۳۱	۱۶۵/۶۹	-۱/۵۷	۱/۲۹	۱۶۵/۱۰
شاخص پسک – بیکر	۰/۵۳	۳۶/۹۶	۱/۲۵	۱/۰۱	۳۹/۷۶
شاخص پایه بریم – ویلیامز	-۰/۹۶	۱۲۳/۷۵	-۴/۹۱	۴/۱۰	۱۲۱/۹۷
شرایط معمول رطوبتی					
شاخص اسمیت – هیزل	-۰/۸۱	۱۰۲/۸۱	-۰/۵۰	۰/۳۵	۱۰۱/۸۶
شاخص اسمیت – هیزل (صفات مستقل)	-۰/۷۹	۱۰۲/۶۳	-۰/۳۹	۰/۳۶	۱۰۱/۸۰
شاخص پسک – بیکر	۰/۹۷	۳۲/۰۵	۱/۸۵	۱/۳۷	۳۶/۲۵
شاخص پایه بریم – ویلیامز	-۰/۷۷	۱۰۲/۵۷	-۰/۳۶	۰/۳۵	۱۰۱/۷۹

نسبت به شاخص پسک – بیکر داشتند. این بازده در شرایط بدون تنش بیشتر بود. نتایج نظری نشان می‌دهد که اگر صفات موجود در شاخص هم‌بستگی مثبتی داشته باشند، شاخص‌های اسمیت – هیزل و پایه پاسخ‌های مشابهی خواهند داشت و اگر هم‌بستگی بین صفات موجود در شاخص منفی باشد، شاخص اسمیت _ هیزل به‌طور معنی‌داری برتر است (۲۵ و ۲۶). بنابراین می‌توان علت برتر شدن این شاخص را در این مطالعه وجود هم‌بستگی منفی بین برخی صفات موجود در شاخص دانست (جدول ۱). لین (۱۶) بیان کرد بهتر است صفتی را که باعث کاهش کارآیی انتخاب می‌شود از معادله شاخص حذف نمود.

در مجموع نتایج این بررسی نشان داد که انتخاب براساس شاخص‌های مورد بررسی باعث گزینش ارقام زودرس با تعداد سنبله زیاد و تعداد دانه کم و وزن دانه بالا و در نهایت عملکرد بیشتر می‌گردد. هم‌چنین شاخص‌های اسمیت – هیزل و پایه بریم – ویلیامز بازده بالاتری نسبت به شاخص پسک – بیکر در هر دو شرایط تنش و غیرتنش دارند.

منابع مورد استفاده

۱. رضائی، ع. ۱۳۷۳. شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات. مجموعه مقالات کلیدی دومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تبریز.

۲. نورمند مؤید، ف.، م.ع. رستمی و م. ر. قنادها. ۱۳۸۰. بررسی صفات مورفو فیزیولوژیک گندم نان و رابطه آنها با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۲(۴): ۷۸۵-۷۹۴.

۳. مدرسی، م.، م. ت. آساد و م. خردنام. ۱۳۸۲. تعیین شاخص‌های انتخاب در ارقام ذرت (*Zea mays* L.) به‌منظور افزایش عملکرد دانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷(۴): ۷۱-۸۲.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]

4. Alexander, W. L., E. L., Smith and C. Dhanasobhan. 1984. A comparison of yield and yield component selection in winter wheat. Euphytica 33: 953-961.
5. Asif, M., M. Y. Mujahid, I. Ahmad, N. S. Kisana, M. Asim and S. Z. Mustafa. 2003. Determining the direct selection criteria for identification of high yielding lines in bread wheat (*Triticum aestivum*). Pakistan J. Biol. Sci. 6: 48-50.
6. Austin, R. B. 1982. Crop characteristics and the potential yield of wheat. J. Agric. Sci. 98: 447-453.
7. Biswas, B. K., M. Hasanuzzaman, F. El Taj, M. S. Alam and M. R. Amin. 2001. Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. J. Biol. Sci. 1: 321-323.
8. Brim, C. A., H. W. Johnson and C. C. Cockerham. 1959. Multiple selection criteria in soybeans. Agron. J. 51: 42-46.
9. Chandra, S., S. N. Nigam, A. W. Cruickshank, A. Bandyopadhyaya and S. Harikrishna. 2003. Selection index for identifying high-yielding groundnut genotypes in irrigated and rainfed environments. Ann Appl. Biol. 143: 303-310.
10. Eagles, H. A. and K. J. Frey. 1974. Expected and actual gains in economic value of oat lines from five selection methods. Crop Sci. 14: 861-864.
11. Elston, R. C. 1963. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. Biometrics 19: 85-97.
12. Eta-Ndu, J. T. and S. J. Openshaw. 1992. Selection criteria for grain yield and moisture in maize yield trials. Crop Sci. 32: 332-335.
13. Falconer, D. S. 1989 . Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd., London.
14. Hazel, L. 1943. The genetic basis for constructions selection indices. Genetics 28: 476-490.
15. Kampthorne, O. and A. W. Nordskog. 1959. Restricted selection indices. Biometrics 15: 10-19.
16. Lin, C. Y. 1978. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. Theor. Appl. Genet. 52: 49-56.
17. Mcneal, F. H., C. O. Qualset, D. E. Baldrigge and V. R. Stewart. 1978. Selection for yield and yield components in wheat. Crop Sci. 18: 795-799.
18. Moll, R. H., C. W. Stuber and W. D. Hanson. 1975. Correlated responses and responses to index selection involving yield and ear height of maize. Crop Sci. 15: 243-248.
19. Pesek, J. and R. J. Baker. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. Can. J. Plant Sci. 49: 803-804.
20. Rabiei, B., M. Valizadeh, B. Ghareyazie and M. Moghaddam. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. Field Crop Res. 89: 359-367.
21. 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 J. Genet. 63: 24-29.
22. Smith, H. F. 1936. A discriminant function for plant selection. Ann. Eugenics 7: 240-250.
23. Suwantaradon, K., S. A. Eberhart, J. J. Mock, J. C. Owens and W. D Guthrie. 1975. Index selection for several agronomic traits in the BSSS2 maize population. Crop Sci. 15: 827-833.
24. 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.
25. Williams, J. S. 1962. The evaluation of a selection index. Biometrics 18: 375-393.
26. Young, S. S. Y. 1961. A further examination of the relative efficiency of three methods of selection for genetic gains under less restricted conditions. Genet. Res. 2: 106-121.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.3.0]