نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۶۷۳-۶۶۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 4, Winter 2013, p. 667-673

شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در کنجد (*Sesamum indicum* L.)

مینا صالحی[1*] - قدرت الله سعیدی[2]

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۱۰

چکیده

عملکرد دانه درگیاهان زراعی دارای توارث کمی است و شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و لذا انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد جهت بهبود ژنتیکی آن ممکن است به دلیل آثار محیطی دارای بازدهی کمی باشد. ولی انتخاب بر اساس شاخص مناسب می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر جهت انتخاب غیرمستقیم برای بهبود همزمان اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد باشد. به منظور بررسی شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در کنجد، ۱۵ لاین اصلاحی به همراه ۵ توده بومی این گیاه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی در این پژوهش شامل تعداد کپسول در بوته، وزن دانه، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه در بوته، عملکرد دانه در واحد سطح بودند. شاخص‌های انتخاب اسمیت- هیزل۱، اسمیت- هیزل۲ و پسک- بیکر بر اساس اجزای عملکرد دانه شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه محاسبه شدند و با توجه به مقادیر بالای همبستگی این سه شاخص با عملکرد دانه و همچنین بالا بودن تخمین کارایی آن‌ها برای بهبود عملکرد دانه، استفاده از این شاخص‌ها می‌تواند جهت بهبود ژنتیکی این صفت مؤثر باشد. ضمناً کارایی انتخاب از طریق شاخص پسک- بیکر نسبت به شاخص اسمیت- هیزل در رابطه با بهبود عملکرد دانه در واحد سطح کمی بیشتر بود، ولی راندمان شاخص اسمیت- هیزل برای بهبود همزمان صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه از شاخص پسک- بیکر کمی بیشتر بود.

واژه های کلیدی: کنجد، اجزای عملکرد، شاخص‌های انتخاب

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (۲). کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. از خانواده Pedaliaceae، یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشت شده توسط بشر و احتمالاً قدیمی‌ترین گیاه روغنی جهان بوده است که به خاطر طعم مطبوع، ثبات و پایداری زیاد و خاصیت اکسیده نشدن روغن به عنوان ملکه گیاهان روغنی شناخته می‌شود (۷). کنجد به عنوان یک منبع روغنی- پروتئینی مطرح است و دانه‌های کنجد دارای ۳۴ تا ۶۰ درصد روغن و ۱۹ تا ۳۰ درصد پروتئین است (۲۱).

کشت کنجد به دلیل عملکرد پایین آن محدود می‌باشد، ولی به دلیل تحمل به خشکی و همچنین بالا بودن کمیت وکیفیت روغن آن، لازم است که کوشش‌های به‌نژادی همه جانبه برای گسترش و تهیه ارقام اصلاح شده و پر محصول این گیاه انجام گیرد (۱). عملکرد، صفتی کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و شدیداً تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد، در نتیجه انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد ممکن است بازدهی زیادی نداشته باشد (۱۳) و لذا لازم است در برنامه‌های به‌نژادی بهبود عملکرد نسبت به انتخاب غیر مستقیم اقدام نمود (۱۶).

از آنجا که ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش صفات مختلف آن بستگی دارد، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی لازم است انتخاب همزمان چند صفت را برای بهبود ارزش اقتصادی گیاه مد نظر داشت (۱۳). در روش انتخاب بر اساس شاخص، گزینش همزمان برای همه خصوصیات مهم همراه با در نظر گرفتن ارزش‌های فنوتیپی و اقتصادی و وراثت‌پذیری آن‌ها و همبستگی بین صفات انجام می‌شود

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email:salehi_mina@yahoo.com)

(۹). در واقع شاخص انتخاب عبارت است از یک معادله خطی در قالب مدل رگرسیون چند متغیره برای برآورد بهترین ارزش اصلاحی یک گیاه، لاین یا رقم بر مبنای تمام اطلاعات و یا خصوصیاتی که قابل جمع‌آوری می‌باشند (۳).

اسمیت (۲۲) در سال ۱۹۳۶ استفاده از شاخص‌های انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی را پیشنهاد نمود و عنوان کرد که چون ارزش ژنتیکی نمی‌تواند به صورت مستقیم تعیین شود، باید به وسیله تابع خطی از ارزش‌های فنوتیپی تخمین زده شود. بدین منظور از تابع تشخیص فیشر (۱۰) برای تعریف یک شاخص انتخاب برای لاین‌های خالص گیاهی استفاده شد که در آن صفات مختلف به صورت هم‌زمان به عنوان متغیرهایی با ضرایب وزنی متفاوت استفاده می‌شود (۴). هیزل (۱۴) این تابع را در سال ۱۹۴۳ بر مبنای ارزش‌های اقتصادی صفات، میزان بهبود مورد نیاز بر حسب انحراف معیارها و پارامترهای ژنتیکی همچون وراثت‌پذیری و همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات گسترش داد. پسک و بیکر (۱۹) نیز مسئله محدودیت تعیین ارزش‌های اقتصادی را برای صفات کمی مطرح کردند و شاخصی را پیشنهاد نمودند که در آن از بهره ژنتیکی به جای ارزش اقتصادی استفاده می‌شود. هیزل (۱۴) بیان نمود که چنانچه در شاخص اسمیت- هیزل از تخمین واقعی پارامترهای ژنتیکی استفاده شود، دارای کارایی بیشتری نسبت به شاخص پسک- بیکر خواهد بود. گرانات و همکاران (۱۲) سه شاخص اسمیت- هیزل، پسک- بیکر و بریم- ویلیامز را در ذرت به کار بردند و نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص اسمیت- هیزل و پسک- بیکر در مقایسه با انتخاب مستقیم بیشترین کارایی را دارند. گبر و لاتر (۱۱) 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. در مطالعه‌ای از شاخص پسک- بیکر برای بهبود عملکرد دانه و کاهش روز تا گلدهی در سویا استفاده شد و نتایج نشان داد که در شرایط گلخانه، انتخاب بر مبنای شاخص پسک- بیکر نسبت به انتخاب مستقیم برتری دارد (۱۸).

در پژوهشی که توسط موتیلال و مانوهاران (۱۷) روی کنجد انجام شد، مشخص گردید که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه دارد و نتیجه گرفتند که انتخاب برای این صفات می‌تواند در افزایش عملکرد دانه این گیاه مؤثر باشد. ابراهیم و خیدر (۱۵) نیز مشاهده نمودند که تعداد کپسول در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه در بوته دارا بوده است و سپس به ترتیب وزن دانه و تعداد دانه در کپسول دارای اثر مثبت و مستقیم بودند. بنابراین می‌توان از این صفات به عنوان معیارهای انتخاب به منظور افزایش عملکرد دانه در این گیاه استفاده نمود.

هدف از این پژوهش مقایسه انتخاب مستقیم و غیرمستقیم و تعیین شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در کنجد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان انجام شد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا در حدود ۱۶۳۰ متر و طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک، بسیار گرم با تابستان گرم و خشک می‌باشد (۵). بر اساس آمار هواشناسی، میانگین دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به ترتیب حدود ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک محل آزمایش لومی- رسی با جرم مخصوص ۴/۰۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و اسیدیته خاک برابر ۷/۵ می‌باشد.

در این مطالعه ۱۵ لاین اصلاحی انتخاب شده از توده‌های بومی به همراه ۵ توده بومی اولیه به نام توده‌های اهواز، شیراز، مبارکه، اردستان و گلپایگان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار از لحاظ صفات مختلف ارزیابی شدند.

عملیات مربوط به تهیه و آماده‌سازی زمین به ترتیب شامل شخم، دیسک، تسطیح و جوی و پشته کردن زمین بود. به منظور تأمین ازت و فسفر مورد نیاز گیاه، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید. بذور هر ژنوتیپ در ۴ ردیف به طول ۳ متر و با فاصله ردیف۵۰ سانتی‌متر به طور دستی در تاریخ ۷ خرداد ۱۳۸۸ کاشته شد و پس از استقرار گیاهچه‌ها، فاصله بوته‌ها با تنک کردن ۷ سانتی‌متر تنظیم شد. عملیات داشت شامل آبیاری، کوددهی و کنترل آفات و علف‌های هرز به نحو مطلوبی در طی آزمایش انجام گرفت. جهت تکمیل نیتروژن مورد نیاز کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از شروع گلدهی، به طور سرک به زمین داده شد.

در این آزمایش صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دویست دانه، عملکرد دانه در بوته در هر واحد آزمایشی بر اساس میانگین آن‌ها در ۱۰ بوته تصادفی اندازه‌گیری و ثبت گردید، همچنین تمام بوته‌های دو ردیف وسط هر کرت برداشت و بعد از انجام بوجاری عملکرد دانه در واحد سطح برای هر ژنوتیپ تعیین شد.

در این تحقیق دو نوع شاخص انتخاب شامل اسمیت- هیزل (۱۴ و ۲۲) و پسک- بیکر (۱۹) بر اساس اجزای عملکرد شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه و با توجه به معادله(۱) محاسبه شدند:

$$I=\Sigma b_i p_i \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در این رابطه، b_iها وزنه‌هایی هستند که به هر صفت بر اساس ارزش آن‌ها داده می‌شود و p_i ارزش فنوتیپی هر صفت است. بردار b برای شاخص اسمیت- هیزل از معادله(۲) زیر محاسبه می‌شود (۱۴):

معادله (۲) $b = P^{-1}Ga$

که در این رابطه P^{-1} معکوس ماتریس واریانس- کوواریانس فنوتیپی و G ماتریس واریانس- کوواریانس ژنتیکی صفات موجود در شاخص و a بردار ستونی ارزش اقتصادی نسبی صفات می‌باشد که در این تحقیق در یک مرحله برابر وراثت‌پذیری و در مرحله دیگر برابر با یک در نظر گرفته شد.

شاخص اسمیت- هیزل از لحاظ نسبت دادن ارزش‌های نسبی اقتصادی به صفات کمی دارای محدودیت است، بنابراین شاخص پسک- بیکر نیز محاسبه شد (۱۹). در این شاخص به جای ارزش اقتصادی (a_i) از بهره یا بازده ژنتیکی مطلوب (g) که بردار جذر واریانس ژنتیکی صفات است، برای محاسبه بردار b استفاده می‌شود.

$$b = G_g^{-1}$$

پس از تعیین شاخص‌ها، با قرار دادن ارزش فنوتیپی صفات در شاخص‌ها مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ بدست آمد و در محاسبات بعدی هر شاخص همانند یک صفت منظور گردید.

پاسخ مورد انتظار به انتخاب مستقیم برای هر صفت توسط معادله(۳) محاسبه گردید (۹):

معادله (۳) $R_y = ih^2\sigma_p$

در این رابطه σ_p انحراف معیار فنوتیپی هر صفت، h^2 وراثت‌پذیری عمومی و i شدت انتخاب را نشان می‌دهد که مقدار i با گزینش ۱۰ درصد از ژنوتیپ‌ها برابر ۱/۷۵۵ در نظر گرفته می‌شود.

پاسخ همبسته نیز برای انتخاب یک صفت از طریق انتخاب برای صفت دیگر از طریق معادله(۴) محاسبه شد (۹):

معادله (۴) $CR_y = ih_x h_y r_g \sigma_{py}$

در این رابطه نیز r ضریب همبستگی ژنتیکی بین صفت مورد نظر (y) و صفتی است که انتخاب بر مبنای آن انجام می‌شود (x)، می‌باشد.

کارایی نسبی انتخاب غیر مستقیم نسبت به انتخاب مستقیم[1] از طریق معادله (۵) محاسبه گردید (۹):

معادله (۵) $RSE = CR_y / R_y$

از این رابطه جهت محاسبه کارایی انتخاب بر اساس شاخص‌ها نیز۱ استفاده شد.

برای به دست آوردن بازدهی انتخاب هر صفت موجود در شاخص (ΔG)، معادله (۶) مورد استفاده قرار گرفت (۹).

معادله (۶) $\Delta G = i\,(b'Vg) / (b'Vpb)1/2$

در این رابطه i شدت انتخاب است که با انتخاب ۱۰ درصد از ژنوتیپ‌ها برابر با ۱/۷۵۵ می‌باشد. همچنین V_g ماتریس واریانس کوواریانس ژنتیکی و V_p ماتریس واریانس کوواریانس فنوتیپی می‌باشد. سپس بهره مورد انتظار برای هر شاخص با استفاده از معادله(۷) محاسبه شد (۹):

معادله(۷) $\Delta H = \sum a_i \Delta G$

که دراین رابطه، a_i عبارت است از بردار ستونی ارزش اقتصادی صفات.

در نهایت ژنوتیپ‌ها بر اساس هر کدام از شاخص‌ها و عملکرد مرتب شدند و ۳۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه با بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌ها مقایسه شدند. واریانس ژنتیکی شاخص‌ها، وراثت‌پذیری آن‌ها، همبستگی ژنتیکی بین هر کدام از شاخص‌ها با عملکرد دانه و کارایی انتخاب برای هر شاخص نیز محاسبه گردید. محاسبات آماری فوق با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (version 8) و EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

ابتدا ضرایب شاخص (b_i) مربوط به صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه در شاخص‌های انتخاب اسمیت- هیزل۱، اسمیت- هیزل۲ وپسک- بیکر محاسبه شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که تفاوت بین شاخص‌های اسمیت هیزل ۱ و ۲ در نحوه تخصیص وزنه‌های اقتصادی نسبی به صفات می‌باشد که در شاخص اسمیت- هیزل۱، وزنه‌های اقتصادی نسبی را برابر وراثت‌پذیری صفات و در شاخص اسمیت- هیزل۲، وزنه‌های اقتصادی تمامی صفات یکسان و مساوی یک منظور شد. سپس با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات مربوط به هر یک از ژنوتیپ‌ها در معادله شاخص‌ها، مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ بدست آمد (جداول۲و ۳).

برای صفت عملکرد دانه، میزان واریانس ژنتیکی شاخص اسمیت- هیزل۲ بین ژنوتیپ‌ها بیشتر از واریانس ژنتیکی اسمیت- هیزل۱ بود و شاخص پسک- بیکر کمترین مقدار واریانس ژنتیکی را به خود اختصاص داد (جدول۴). برای عملکرد دانه نیز، بیشترین مقدار وراثت‌پذیری (۹۷ درصد) مربوط به شاخص‌های اسمیت- هیزل بود و شاخص پسک- بیکر وراثت‌پذیری کمتری را نسبت به شاخص‌های اسمیت- هیزل نشان داد که مقدار آن برابر ۹۵ درصد می‌باشد (جدول۴). میزان همبستگی ژنتیکی شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱، اسمیت- هیزل ۲ و پسک- بیکر با عملکرد دانه در بوته به ترتیب برابر ۰/۹۳، ۰/۹۳ و ۰/۹۴ بدست آمد (جدول۴). مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای صفت عملکرد دانه در بوته از طریق شاخص اسمیت- هیزل۱ برابر ۱۱/۱۲ گرم ، شاخص اسمیت- هیزل۲ برابر ۱۱/۱۱ گرم و از طریق شاخص پسک- بیکر برابر ۱۱/۱۳ گرم بود (جدول۵). بنابراین با توجه به همبستگی بالای این سه شاخص با عملکرد دانه در بوته (جدول۴) و مقادیر کارایی انتخاب غیرمستقیم آن‌ها در مقایسه

1- Relative Selection Efficiency (RSE)

با انتخاب مستقیم که برای شاخص اسمیت- هیزل۱، اسمیت-هیزل۲ و پسک- بیکر به ترتیب برابر ۰/۹۲۹، ۰/۹۲۸، ۰/۹۳۰ می‌باشد (جدول۵)، به نظر می‌رسد که استفاده از شاخص‌های انتخاب جهت بهبود صفت عملکرد دانه در بوته می‌تواند مفید واقع شود. در این مطالعه، لاین های شیراز ۱۰، اهواز ۱۰، شیراز۵، اهواز ۹ و اهواز ۶ از نظر عملکرد دانه در بوته به ترتیب دارای رتبه‌های ۱ تا ۶ می‌باشند از لحاظ شاخص‌های اسمیت- هیزل نیز به عنوان لاین‌های برتر معرفی شده و به ترتیب دارای رتبه‌های ۲، ۱، ۳، ۴ و ۶ می‌باشند. همچنین لاین‌های مذکور به همراه لاین اهواز۱۱ نیز در شاخص پسک- بیکر به عنوان لاین‌های برتر انتخاب شدند که از نظر عملکرد دانه در بوته نیز جزء لاین‌های برتر هستند و به ترتیب در رتبه‌های اول تا ششم قرار دارند (جدول۲).

جدول ۱- ضرایب هر یک از صفات در شاخص‌های انتخاب در مطالعه ژنوتیپ‌های کنجد

صفت	شاخص		
	اسمیت- هیزل۱*	اسمیت- هیزل۲**	پسک- بیکر
تعداد کپسول در بوته	۰/۹۶۸	۰/۹۹۸	۰/۰۲۱
تعداد دانه در کپسول	۰/۸۶۲	۰/۹۳۱	۰/۰۷۲
وزن دویست دانه	۱/۸۴۶	۱/۹۳۱	۱۸/۴۹۴

* اسمیت- هیزل۱: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر با وراثت‌پذیری صفات منظور شد.

** اسمیت- هیزل۲: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برای کلیه صفات برابر با یک در نظر گرفته شد.

جدول ۲- مقادیر عملکرد دانه در بوته، شاخص‌های انتخاب و رتبه هر ژنوتیپ (اعداد داخل پرانتز) در کنجد

ژنوتیپ	عملکرد دانه در بوته (گرم)	شاخص اسمیت- هیزل۱	شاخص اسمیت- هیزل ۲	شاخص پسک- بیکر
شیراز ۱۰	۳۵/۰۰(۱)	۱۹۶/۳۹(۲)	۲۰۶/۳۹(۲)	۲۰/۸۶(۱)
اهواز ۱۰	۳۳/۵۸(۲)	۲۲۰/۱۸(۱)	۲۳۱/۷۳(۱)	۱۹/۵۲(۶)
شیراز ۵	۳۳/۰۷(۳)	۱۹۵/۷۱(۳)	۲۰۵/۸۰(۳)	۲۰/۳۱(۴)
اهواز ۹	۳۲/۴۰(۴)	۱۹۴/۷۷(۴)	۲۰۵/۰۶(۴)	۲۰/۳۲(۳)
اهواز ۶	۳۱/۲۵(۵)	۱۸۹/۱۶(۶)	۱۹۹/۵۸(۶)	۲۰/۶۷(۲)
اهواز ۱۱	۳۰/۰۶(۶)	۱۸۵/۱۵(۹)	۱۹۵/۰۰(۹)	۲۰/۱۹(۵)
اهواز ۳	۲۶/۶۰(۷)	۱۹۱/۲۴(۵)	۲۰۰/۹۷(۵)	۱۸/۲۷(۸)
اهواز ۸	۲۵/۰۳(۸)	۱۸۵/۵۰(۸)	۱۹۵/۱۵(۸)	۱۸/۱۴(۹)
مبارکه ۳	۲۴/۰۷(۹)	۱۸۵/۵۷(۷)	۱۹۵/۸۰(۷)	۱۸/۳۳(۷)
توده اهواز	۲۱/۵۷(۱۰)	۱۷۲/۳۰(۱۱)	۱۸۱/۲۶(۱۱)	۱۷/۴۹(۱۴)
توده گلپایگان	۲۱/۴۰(۱۱)	۱۷۳/۲۴(۱۰)	۱۸۲/۴۹(۱۰)	۱۷/۵۱(۱۳)
مبارکه ۴	۱۹/۳۰(۱۲)	۱۶۸/۴۳(۱۲)	۱۷۸/۲۶(۱۲)	۱۷/۹۹(۱۰)
اردستان ۱	۱۸/۳۰(۱۳)	۱۴۵/۸۵(۱۸)	۱۵۳/۵۴(۱۸)	۱۷/۹۷(۱۱)
توده مبارکه	۱۷/۴۸(۱۴)	۱۴۵/۹۱(۱۷)	۱۵۳/۵۶(۱۷)	۱۷/۴۸(۱۵)
اردستان ۲	۱۷/۲۷(۱۵)	۱۶۰/۸۸ (۱۳)	۱۶۹/۵۱(۱۳)	۱۶/۳۹(۱۸)
گلپایگان ۳	۱۷/۰۱(۱۶)	۱۴۶/۶۰(۱۶)	۱۵۴/۱۲(۱۶)	۱۷/۰۹(۱۶)
مبارکه ۱	۱۶/۹۰(۱۷)	۱۴۱/۰۴ (۱۹)	۱۴۸/۴۴(۱۹)	۱۷/۶۵(۱۲)
بیرجند ۴	۱۶/۷۰(۱۸)	۱۵۶/۷۰(۱۴)	۱۶۴/۵۷(۱۴)	۱۶/۱۳(۲۰)
توده شیراز	۱۶/۴۶(۱۹)	۱۵۲/۶۵(۱۵)	۱۶۰/۴۷(۱۵)	۱۶/۱۷(۱۹)
توده اردستان	۱۳/۰۲(۲۰)	۱۳۴/۰۷(۲۰)	۱۴۱/۷۶(۲۰)	۱۶/۳۷(۱۷)
تعداد لاین برتر*	۶	۵	۵	۶

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

جدول ۳- مقادیر عملکرد دانه در واحد سطح، شاخص‌های انتخاب و رتبه هر ژنوتیپ (اعداد داخل پرانتز) در کنجد

ژنوتیپ	عملکرد در واحد سطح(kg/ha)	شاخص اسمیت- هیزل۱	شاخص اسمیت- هیزل ۲	شاخص پسک- بیکر
شیراز۱۰	۳۲۳۹(۱)	۱۹۶/۳۹(۲)	۲۰۶/۳۹(۲)	۲۰/۸۶(۱)
اهواز۱۰	۲۹۳۷(۲)	۲۲۰/۱۸(۱)	۲۳۱/۷۳(۱)	۱۹/۵۲(۶)
اهواز۹	۲۵۹۸(۳)	۱۹۴/۷۷(۴)	۲۰۵/۰۶(۴)	۲۰/۳۲(۳)
شیراز۵	۲۵۹۰(۴)	۱۹۵/۷۱(۳)	۲۰۵/۸۰(۳)	۲۰/۳۱(۴)
اهواز۱۱	۲۵۴۹(۵)	۱۸۵/۱۵(۹)	۱۹۵/۰۰(۹)	۲۰/۱۹(۵)
اهواز۶	۲۵۴۳(۶)	۱۸۹/۱۶(۶)	۱۹۹/۵۸(۶)	۲۰/۶۷(۲)
اهواز۸	۲۳۲۸(۷)	۱۸۵/۵۰(۸)	۱۹۵/۱۵(۸)	۱۸/۱۴(۹)
مبارکه۳	۲۲۵۱(۸)	۱۸۵/۵۷(۷)	۱۹۵/۸۰(۷)	۱۸/۳۳(۷)
مبارکه۴	۲۲۳۶(۹)	۱۶۸/۴۳(۱۲)	۱۷۸/۲۶(۱۲)	۱۷/۹۹(۱۰)
توده اهواز	۲۱۵۲(۱۰)	۱۷۲/۳۰(۱۱)	۱۸۱/۲۶(۱۱)	۱۷/۴۹(۱۴)
اهواز۳	۲۰۷۱(۱۱)	۱۹۱/۲۴(۵)	۲۰۰/۹۷(۵)	۱۸/۲۷(۸)
توده شیراز	۲۰۵۷(۱۲)	۱۵۲/۶۵(۱۵)	۱۶۰/۴۷(۱۵)	۱۶/۱۷(۱۹)
مبارکه۱	۲۰۴۲(۱۳)	۱۴۱/۰۴(۱۹)	۱۴۸/۴۴(۱۹)	۱۷/۶۵(۱۲)
گلپایگان۳	۱۹۴۴(۱۴)	۱۴۶/۶۰(۱۶)	۱۵۴/۱۲(۱۶)	۱۷/۰۹(۱۶)
اردستان۱	۱۹۳۱(۱۵)	۱۴۵/۸۵(۱۸)	۱۵۳/۵۴(۱۸)	۱۷/۹۷(۱۱)
توده مبارکه	۱۸۴۹(۱۶)	۱۴۵/۹۱(۱۷)	۱۵۳/۵۶(۱۷)	۱۷/۴۸(۱۵)
بیرجند۴	۱۷۴۲(۱۷)	۱۵۶/۷۰(۱۴)	۱۶۴/۵۷(۱۴)	۱۶/۱۳(۲۰)
اردستان۲	۱۶۹۰(۱۸)	۱۶۰/۸۸(۱۳)	۱۶۹/۵۱(۱۳)	۱۶/۳۹(۱۸)
توده اردستان	۱۵۵۳(۱۹)	۱۳۴/۰۷(۲۰)	۱۴۱/۷۶(۲۰)	۱۶/۳۷(۱۷)
توده گلپایگان	۱۲۹۷(۲۰)	۱۷۳/۲۴(۱۰)	۱۸۲/۴۹(۱۰)	۱۷/۵۱(۱۳)
تعداد لاین برتر*	۶	۵	۵	۶

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

با توجه به بالا بودن همبستگی شاخص‌های اسمیت- هیزل و شاخص پسک- بیکر با عملکرد دانه در واحد سطح (جدول۴) و همچنین بالا بودن کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم که برای شاخص‌های اسمیت- هیزل۱، اسمیت- هیزل۲ و پسک- بیکر به ترتیب برابر با ۰/۸۱۰، ۰/۸۰۹ و ۰/۸۸۷ بود (جدول۵)، می‌توان بیان نمود که با استفاده از هر کدام از این شاخص‌ها نیز می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را بهبود بخشید. همبستگی ژنتیکی شاخص پسک- بیکر با عملکرد دانه در واحد سطح (r=۰/۸۶) نسبت به شاخص‌های اسمیت- هیزل (r=۰/۷۷) بیشتر بود (جدول۴). در ضمن پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه برای شاخص پسک- بیکر ۲۹/۷۶ درصد و از شاخص‌های اسمیت- هیزل کمی بیشتر بود، در نتیجه کارایی انتخاب شاخص پسک- بیکر نسبت به شاخص‌های اسمیت- هیزل در رابطه با عملکرد دانه در واحد سطح بهتر است (جدول۵). لاین‌های شیراز۱۰، اهواز۱۰، اهواز۹، شیراز۵ و اهواز۶ که از نظر شاخص‌های اسمیت- هیزل جزء ۳۰ درصد ژنوتیپ‌های برتر قرار گرفتند، از لحاظ عملکرد دانه در واحد سطح به ترتیب دارای رتبه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۶ بودند. شاخص پسک- بیکر نیز توانست ۶ لاین را به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی نماید که این لاین‌ها عبارتند از لاین‌های شیراز۱۰، اهواز۱۰، اهواز۹، شیراز۵، اهواز۱۱ و اهواز۶ که به ترتیب از لحاظ عملکرد دانه در واحد سطح در رتبه‌های ۱ تا ۶ قرار گرفتند (جدول۳). پریچارد و همکاران (۲۰) بیان کردند که انتخاب بر مبنای شاخص انتخاب عملکرد سویا را بهبود بخشید و نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد کارایی بیشتری داشت. چاندرا و همکاران (۸) نیز در مطالعه‌ای برای بهبود عملکرد بادام‌زمینی نتیجه گرفتند که استفاده از شاخص انتخاب نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد برتری دارد. بنزیگر و لافیته (۶) در ذرت از شاخص اسمیت- هیزل و انتخاب مستقیم برای بهبود عملکرد دانه استفاده نمودند و مشاهده کردند که استفاده از شاخص اسمیت- هیزل نسبت به انتخاب مستقیم برتری دارد. در یک مطالعه دیگر برای بهبود عملکرد دانه و کاهش روز تا گلدهی در گیاه سویا نتیجه‌گیری شد که در شرایط گلخانه، انتخاب بر مبنای شاخص پسک- بیکر نسبت به انتخاب مستقیم برتری دارد (۱۸).

در این پژوهش وراثت‌پذیری، همبستگی ژنتیکی، پاسخ همبسته و کارایی انتخاب در رابطه با هر دو صفت عملکرد دانه در بوته و

عملکرد دانه در واحد سطح برای شاخص‌های اسمیت- هیزل۱ و اسمیت- هیزل۲ تقریباً یکسان بود (جداول۴ و ۵)، در نتیجه چنانچه ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات برابر وراثت‌پذیری صفات منظور شود و یا ارزش اقتصادی نسبی برای تمامی صفات یکسان و برابر با یک در نظر گرفته شود، تفاوت چندانی در نتایج حاصل نخواهد شد. ولی به نظر می‌رسد شاخصی که در آن از یکی از خصوصیات مهم اصلاحی یعنی وراثت‌پذیری صفات به عنوان وزنه‌های اقتصادی استفاده شود، از دیدگاه اصلاحی با ارزش‌تر باشد (۲۲). اسمیت و همکاران (۲۳) نیز از شاخص اسمیت- هیزل در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از شاخصی که در آن از وراثت‌پذیری‌ها به عنوان وزنه استفاده شود، کارایی نسبی بیشتری را در مقایسه با شاخص دارای وزنه‌های اقتصادی دارد.

بازدهی مورد انتظار نسبت به میانگین جامعه برای هر صفت و از طریق شاخص انتخاب (جدول۶) نشان داد که در هر سه شاخص مورد بررسی صفت تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین سود مورد انتظار نسبت به سایر صفات می‌باشد و بعد از آن صفت تعداد دانه در کپسول در بوته قرار داشت. بازدهی انتخاب مورد انتظار برای صفت وزن دانه کمترین مقدار بود. شاخص‌های اسمیت- هیزل۱ و ۲ با راندمان تقریباً یکسان توانستند موجب بهبود صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه گردند. در شاخص پسک- بیکر، بازدهی انتخاب مورد انتظار نسبت به میانگین جامعه برای وزن دانه بیشتر از شاخص‌های اسمیت- هیزل بود، بنابراین این شاخص می‌تواند نقش مؤثرتری را در بهبود وزن دانه داشته باشد. بازده مورد انتظار برای هر شاخص جهت بهبود همزمان تمامی صفات مورد بررسی (مقادیر ΔH) نشان می‌دهد (جدول۶) که شاخص اسمیت- هیزل۲ دارای بیشترین بازده ژنتیکی مورد انتظار بود و شاخص‌های اسمیت- هیزل۱ و پسک- بیکر در رتبه‌های بعدی قرار داشتند، بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان بیان نمود که راندمان شاخص‌های اسمیت- هیزل جهت بهبود همزمان همه صفات نسبت به شاخص پسک- بیکر بیشتر می‌باشد.

با توجه به مقادیر بالا همبستگی سه شاخص مورد مطالعه با عملکرد دانه و همچنین بالا بودن تخمین کارایی انتخاب غیرمستقیم آن‌ها برای بهبود عملکرد دانه، استفاده از این شاخص‌ها می‌تواند جهت بهبود عملکرد دانه مؤثر واقع گردد. همچنین مشخص شد که شاخص‌های اسمیت- هیزل۱ و ۲ با راندمان تقریباً یکسان می‌توانند موجب بهبود همزمان صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه شوند و در این رابطه راندمان آن‌ها از شاخص پسک- بیکر بیشتر خواهد بود.

جدول ٤- پارامترهای آماری مربوط به شاخص انتخاب در مطالعه ژنوتیپ‌های کنجد

شاخص انتخاب	واریانس ژنتیکی	وراثت‌پذیری (٪)	همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه در بوته	همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه در واحد سطح
اسمیت- هیزل۱	۵۲۸/۸۴	۹۷	۰/۹۳	۰/۷۷
اسمیت- هیزل۲	۵۸۳/۶۵	۹۷	۰/۹۳	۰/۷۷
پسک- بیکر	۲/۳۰	۹۵	۰/۹۴	۰/۸۶

جدول ۵- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود صفت عملکرد دانه با استفاده از شاخص انتخاب

صفت	شاخص انتخاب	پاسخ همبسته	پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	کارایی انتخاب (نسبت به انتخاب مستقیم)
عملکرد دانه در واحد سطح (kg/ha)	اسمیت- هیزل۱	۵۹۲/۶۲	۲۷/۱۸	۰/۸۱۰
	اسمیت- هیزل۲	۵۹۱/۸۶	۲۷/۱۵	۰/۸۰۹
	پسک- بیکر	۶۴۸/۸۴	۲۹/۷۶	۰/۸۸۷
عملکرد دانه در بوته (گرم)	اسمیت- هیزل۱	۱۱/۱۲	۴۷/۶۸	۰/۹۲۹
	اسمیت- هیزل۲	۱۱/۱۱	۴۷/۶۴	۰/۹۲۸
	پسک- بیکر	۱۱/۱۳	۴۷/۷۳	۰/۹۳۰

جدول ٦- بازدهی مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص‌ها(ΔG) و بهره مورد انتظار برای هرشاخص (ΔH)

شاخص	ΔG (درصد نسبت به میانگین جامعه)			ΔH
	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن دویست دانه	
اسمیت- هیزل۱	۱۴/۴۸	۱۱/۶۶	۱/۱۵	۲۳/۳۴
اسمیت- هیزل۲	۱۴/۳۸	۱۱/۷۸	۱/۱۰	۲۴/۵۳
پسک- بیکر	۱۰/۵۰	۹/۵۶	۶/۶۴	۱۸/۷۸

منابع

۱- احمدی، م. ر.، ا. فرخی، ب. آقا رخ، م. خیاوی، غ. عرب و ا. محمدی، ۱۳۷۹. معرفی کنجد، رقم یکتا، نهال و بذر، ۶: ۳۹۰-۳۹۲.

۲- شریعتی، ش. و پ. قاضی شهنی‌زاده، ۱۳۷۹. کلزا. اداره کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی، نشریه شماره ۷۹/۱۶. صفحه ۲۲-۱۱.

۳- صدرآبادی حقیقی، ر.، س. ح. مرعشی، و م. نصیری محلاتی، ۱۳۸۱. اصول اصلاح گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.صفحه ۱۴۴-۱۳۲.

۴- فرشادفر، ع.، ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح‌نباتات. جلد دوم، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه. صفحه۴۴۹-۴۲۹.

۵- کریمی، م. ۱۳۶۶. گزارش آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۵-۴۹.

6- Banziger, M and R. Laffite. 1997. Efficiency of secondary traits for imoroving maize for low nitrogen target environments. Crop Science. 37:110-1117.

7- Bedigian, D. and J. R. Harlan. 1986. Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. Economical. Botony. 10: 137-154.

8- Chandra, S., S. N. Nigam, A. W. Cruickshank, A. Bandyopadhya and S. Harikrishna. 2003. Selection index for indentifying high-yielding groundnut genotypes in irrigated and rainfed environments. Annals of Applied Biology. 143: 303-310.

9- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longman. Harlow, UK. P.187-246.

10- Fischer, R. A., G. N. Howe and Z. Ibrahim. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. I: Grain yield and protein content. Field Crops Resources. 33: 37-56.

11- Gebre, H. and E. N. Later. 1996. Genetic response to index selection for grain yield, kernal weight and percent protein in four wheat crosses. Plant Breeding 115: 459-464.

12- 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.

13- Gravois, K. A. and R. S. Helms. 1992. Plant analysis of rice yield and yield component as a affected by seeding rate. Agronomy Journal. 84:1-4.

14- Hazel, L. N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics. 28: 476-490.

15- Ibrahim, S. and M. O. Khidir. 2006. Character association and path coefficient analysis of yield and some yield components in sesame. Andreas Deininger (online). Available at www.tropentag. De/2006/proceedings/node 132.

16- 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: 407-413.

17- Mothilal, A. and V. Manoharan. 2006. Characters association and path analysis for yield and yield components in sesame (*Sesamum indicum* L.). Research on. Crops. 7: 238-240.

18- Oliviera, A. C. B., C. Sigueyuki and C. Damiao. 1999. Selection for later flowering in soybean (*Glycine max* L.) F2 population cultivated under short day conditions. Genetics and Molecular Biology. 22: 105-111.

19- Pesek, J. and R. J. Baker. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal of Plant Science. 49: 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. Ausralian Journal of Agricultural Research. 24: 81-89.

21- Ray Langham, D. 2007. Phenology of sesame. In: J. Janick and A. Whipkey (Eds.), Issue in new crops and new uses, ASHS Press, Alexandria,VA, USA. P. 144-182.

22- Smith, H. F. 1936. A discriminant function for plant selection. Annals of Eugenics. 7: 240-250.

23- Smith, O. S., A. R. Hallauer and W. A. Russle. 1981. Use of index selection in recurrent selection program in maize. Euphytica. 30: 611-618.