دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

تعیین شاخص‌های انتخاب مناسب برای اصلاح عملکرد در نیشکر (*Saccharum officinarum*)

آذر مختاری[۱]، محمد مرادی[۲] و مهدی سلطانی‌حویزه[۳]

۱- دانشجوی ارشد گروه ژنتیک و بهنژادی گیاهی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، (نویسنده مسوول: moradim_17@yahoo.com)
۳- گروه ژنتیک و بهنژادی گیاهی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۳
صفحه: ۹۱ تا ۱۰۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: یکی از مؤثرترین روش‌ها در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب، برای اصلاح صفت پیچیده‌ای مانند عملکرد استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، به‌منظور ارزیابی کارآیی شاخص‌های مختلف انتخاب، ۲۵ ژنوتیپ نیشکر در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌های انتخاب اسمیت–هیزل ۱ و ۲ و پسک–بیکر براساس شش صفت شامل ارتفاع ساقه، قطر ساقه، طول میان‌گره، درصد خلوص شکر، درصد ساکارز و عملکرد نی محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج پاسخ مستقیم و همبسته صفات نشان داد که ژنوتیپ‌های با قطر ساقه، ارتفاع ساقه و درصد خلوص شکر بیشتر از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. کارایی انتخاب برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب برای صفات قطر ساقه و ارتفاع ساقه بیشترین مقدار بود، بنابراین صفات قطر ساقه و ارتفاع ساقه می‌تواند به‌عنوان یک معیار انتخاب مناسب جهت بهبود عملکرد نی درگیاه نیشکر مدنظر قرار گیرد. با توجه به مقادیر بالای همبستگی شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ محاسبه شده با عملکرد نی و همچنین بالا بودن تخمین‌های کارایی انتخاب غیر مستقیم از طریق این شاخص‌ها نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد نی، استفاده از این شاخص‌ها می‌تواند جهت بهبود عملکرد در تیشکر مؤثر باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که راندمان شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ برای بهبود همزمان صفات قطر ساقه، ارتفاع ساقه و درصد خلوص شکر از شاخص پسک – بیکر بیشتر بود.

نتیجه‌گیری: در مجموع، پیشنهاد می‌شود شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ برای بهبود همزمان صفات در گیاه نیشکر استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ به انتخاب، شاخص اسمیت–هیزل، شاخص پسک– بیکر، نیشکر

مقدمه

نیشکر (*Saccharum officinarum*) جزء گیاهان چهارکربنه و از خانواده گرامینه است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می‌گردد و از گیاهان مهم صنعتی و تولید کننده حدود ۷۵ درصد شکر جهان می‌باشد (۱۴). محققان امیدوارند بتوانند از این گیاه به‌عنوان منبع انرژی جایگزین تجدیدپذی برای کاهش انتشار گاز Co_2 استفاده کنند (۲۹). استان خوزستان یکی از مراکز مهم تولید نیشکر در جهان بوده و میزان تولید نی آن در واحد سطح بیش از میانگین جهانی است (۱۷). مرکز ذخایر ژنتیکی نیشکر ایران واقع در موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی اهواز، حدودا دارای ۳۶۰ واریته نیشکر میباشد که طی سالیان دراز از ۱۸ کشور مختلف جمع‌آوری شده‌اند. واریته‌های فوق ۱۱۰ تا ۱۲۰ کروموزوم دارند و به صورت اکتاپلوئید می‌باشند. (۲۷). در سال‌های اخیر به دلیل قابلیت تولید بالای این گیاه (بیش از ۶۳ میلیون تن تولید جهانی شکر) نه تنها به عنوان منبع شکر بلکه در تولید سوخت‌های زیستی، خوراک دام، تخته نیمه صنعتی و الکل‌سازی نیز مورد توجه قرار گرفته است (۳۵). ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش عملکرد و صفات مرتبط با آن بستگی دارد، از اینرو در اغلب برنامه‌های اصلاحی، به‌نژادگران برای حداکثر نمودن ارزش اقتصادی یک گیاه عملکرد و صفات مرتبط با آن را به‌طور همزمان مورد بررسی قرار می‌دهند که در این صورت بهبود یک صفت ممکن است باعث پیشرفت مثبت یا منفی صفات دیگر شود، بنابراین توجه به این تغییرات به خصوص در صفات مهم زراعی بسیار مهم است (۳). انتخاب یکی از مهمترین فعالیت‌ها در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی است و کارآیی آن به تنوع ژنتیکی موجود در جمعیت و وراثت‌پذیری صفت مورد مطالعه بستگی دارد (۳۷). انتخاب صفاتی که وراثت‌پذیری بالا دارند نسبت به صفاتی که وراثت‌پذیری پایینی دارند، مؤثرتر است. عملکرد صفتی کمی و پلی‌ژنیک می‌باشد و از روش انتخاب مستقیم پیشرفت چندانی در آن حاصل نمی‌شود لذا ناگزیر به انتخاب غیرمستقیم خواهیم بود. در اینگونه موارد با استفاده از برخی تکنیک‌های آماری می‌توان اطلاعات لازم را برای انتخاب غیرمستقیم صفات جهت اصلاح عملکرد به دست آورد (۳۸). یکی از روش‌های گزینش گیاهان برتر استفاده از شاخص گزینش بر مبنای چند صفت است (۴، ۱۰). یکی از ابزارهای کارآمد به‌نژادگران در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب مطالعه همزمان چندین صفت در شکل یک معادله ریاضی به نام شاخص انتخاب است(۱۲). شاخص‌های انتخاب اسمیت – هیزل (۳۲) و پسک – بیکر (۲۳) از جمله این شاخص‌ها می‌باشند. اسمیت (۳۲) در سال ۱۹۳۶ استفاده از شاخص‌های انتخاب را بنیانگذاری نمود و عنوان کرد با توجه به اینکه ارزش ژنتیکی را نمی‌توان به‌صورت مستقیم تعیین نمود، لذا بایستی با استفاده از تابع خطی از ارزش‌های فنوتیپی آن را تخمین زد. بنابراین از تابع تشخیص فیشر برای تعریف یک شاخص انتخاب برای لاین‌های خالص گیاهی استفاده نمود. در این تابع از صفات

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

مختلف به‌صورت همزمان به‌عنوان متغیرهایی با ضرایب وزنی متفاوت استفاده می‌گردد. هیزل (۱۳) این تابع را در سال ۱۹۴۳ بر مبنای ارزش‌های اقتصادی صفات، میزان بهبود مورد نیاز بر حسب انحراف معیارها، همبستگی‌ها و پارامترهای ژنتیکی نظیر وراثت‌پذیری و همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات گسترش داد. این تابع به برآورد واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی و همچنین دادن وزنه به هر صفت (ارزش اقتصادی) نیاز داشت. پسک و بیکر (۲۳) مسئله محدودیت نسبت دادن ارزش‌های اقتصادی را به صفات کمی مطرح کردند و شاخصی را پیشنهاد نمودند که در آن از بهره ژنتیکی به‌جای ارزش اقتصادی استفاده می‌شود. این شاخص یک شاخص انتخاب تعدیل شده است و در آن از واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی افراد استفاده می‌شود. بیواس و همکاران (۶) تعداد ۳۱ شاخص انتخاب را بر مبنای تابع هیزل در سورگوم بررسی و گزارش کردند که کارایی انتخاب بر مبنای شاخص انتخاب نسبت به انتخاب مستقیم بیشتر است. مختاسی‌بیدگلی و همکاران (۲۱) در مطالعه‌ای بر روی گلرنگ صفات بیوماس کل و تعداد روز شروع شاخه‌دهی را به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا گزارش کردند. دهقان‌کوهستانی و همکاران (۷) با ارزیابی کارایی روش‌های مختلف انتخاب بر روی گلرنگ نتیجه گرفتند که راندمان شاخص اسمیت – هیزل برای بهبود همزمان صفات از شاخص پسک–بیکر بیشتر است، بنابراین پیشنهاد کردند این شاخص برای بهبود همزمان صفات در این گیاه استفاده گردد. مارسلو و همکاران (۱۹) با ارزیابی انتخاب مستقیم عملکرد دانه و انتخاب بر مبنای شاخص‌های اسمیت–هیزل و پسک–بیکر در جمعیت‌های در حال تفرق سویا نشان دادند که بیشترین بهره‌ژنتیکی از شاخص‌های انتخاب به‌دست می‌آید و شاخص اسمیت- هیزل بهره بیشتری داشته است. جردات و همکاران (۱۶) برای بهبود عملکرد علوفه جو در شرایط تنش شوری و نرمال شاخص‌های انتخاب را مورد مطالعه قرار دادند و در مجموع سهم درصد جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و وزن خشک علوفه را در این شاخص‌ها با اهمیت دانستند. سوان‌تارادون و همکاران (۳۳) انواع شاخص‌های انتخاب را در لاین‌های ذرت مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که استفاده از شاخص پایه، در صورتی‌که ارزش‌های اقتصادی دقیقاً مشخص باشند به‌دلیل سهولت ترجیح داده می‌شود، اما زمانی که ارزش‌های اقتصادی نامشخص باشند استفاده از شاخص تغییر یافته پسک و بیکر پیشنهاد می‌شود. شانتی و همکاران (۲۸) گزارش نمودند که در اصلاح عملکرد گیاه نیشکر شاخص انتخاب نسبت به انتخاب مستقیم بهبود ژنتیکی و سودمندی نسبی بیشتری دارد. سینک و خان (۳۰) در نیشکر گزارش کردند که شاخص انتخابی که شامل صفات تعداد ساقه قابل آسیاب، ارتفاع ساقه، وزن ساقه، درصد شربت قابل استحصال و عملکرد نی باشد بیشترین بهره ژنتیکی را خواهد داشت. سینک و خان (۳۱) در نیشکر گزارش کردند که بیشترین کارایی انتخاب بر مبنای شاخص انتخاب شامل صفات درصد شربت قابل استحصال، عملکرد شکر و عملکرد نی نسبت به انتخاب مستقیم حاصل می‌گردد. طهیر و همکاران (۳۴) با مطالعه شاخص‌های انتخاب اسمیت در نیشکر گزارش کردند که بهره ژنتیکی در انتخاب انفرادی صفات در محدود ۰/۷۸ تا ۴۸/۴۸ حاصل گردید در صورتی که بر اساس شاخص انتخاب اسمیت پیشرفت ژنتیکی بیشتر از ۶۰ بدست آمد.

به‌طور کلی از یک سو با توجه به اهمیت گیاه نیشکر به عنوان یک محصول استراتژیک و صرف مقدار قابل توجهی ارز برای واردات سالانه آن و از دیگر سو با توجه به اینکه شاخص‌های گزینش مبحث بسیار گسترده‌ای در علم اصلاح نباتات است و تاکنون در گیاه نیشکر در ارتباط با شاخص‌های مذکور در داخل کشور مطالعه‌ای انجام نشده است، بنابراین تعیین شاخص‌های گزینشی برای تسهیل عمل انتخاب در گیاه نیشکر و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در این گیاه بسیار مهم و با اهمیت است. در همین راستا این تحقیق به منظور بررسی شاخص‌های مختلف گزینشی براساس صفات مرتبط با عملکرد و مقایسه کارایی آنها و همچنین معرفی ژنوتیپ‌های برتر از نظر پاسخ به شاخص‌ها اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی واقع در شهر اهواز، با ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. در این آزمایش ۲۵ ژنوتیپ نیشکر مشتمل بر ۲۴ کلون و یک رقم تجاری نیشکر تهیه شده از ذخایر ژنتیکی موسسه تحقیقات نیشکر که مشخصات آنها در جدول ۱ آمده استفاده گردید هر کرت شامل ۴ فارو به طول ۴ متر و عرض ۷/۳۲ متر بود. جهت آماده‌سازی زمین نسبت به انجام عملیات زیر شکن[1] و شخم اقدام گردید و جهت خرد کردن کلوخ‌ها دو مرحله دیسک زده شد. سپس به منظور تسطیح زمین از ماله لیزری استفاده گردید. شیوه کاشت بصورت جوی و پشته و کشت دو ردیف قلمه‌ها در کف هر جوی با فاصله پشته ۱۸۳ سانتی‌متر بود. قلمه‌ها از بهترین مزارع کشت جدید و خالص‌سازی شده و بصورت دستی تهیه گردیدند. جهت کشت از قلمه‌هایی بطول ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و دارای میانگین ۳ جوانه استفاده شد و چینش قلمه‌ها با همپوشانی ۳ انجام گردید. آبیاری مزرعه با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم انجام پذیرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی برحسب رطوبت خاک و نیاز گیاه زراعی انجام شد. دبی خروجی هر دریچه بر اساس دو لیتر در ثانیه و مصرف نهایی ۱۲۰۰ متر مکعب در هکتار تنظیم شد (۵). کود مصرفی از نوع فسفات دی‌آمونیوم و به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از چینش قلمه‌ها، روی ردیف‌های کاشت قرار داده شد، جدا از این میزان کود برای رفع نیاز گیاه به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به مزرعه در طول فصل رشد داده شد. به منظور کنترل علف‌های هرز از ترکیب علفکش‌های متریبوزین و آترازین به نسبت دو+دو کیلوگرم در هکتار و بصورت پس رویشی استفاده شد (۵). صفات مورد بررسی در این آزمایش عبارت است از: صفات کمی مشتمل بر صفات تعداد ساقه در

1- Sub-soiling

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

مترمربع، طول میان‌گره، ارتفاع ساقه، قطر ساقه و تعداد میان‌گره و عملکرد نهایی شکر از رابطه زیر استفاده شد.

درصد شکر سفید × عملکرد نی = عملکرد شکر

جهت محاسبه فاکتورهای کیفی، ساقه‌ها پس از حذف سرنی و خاشاک، آسیاب شده و عصاره استخراج گردید و سپس مقدار ساکاروز و ماده خشک بترتیب بوسیله دستگاه‌های ساکارومات و رفرکتومتر (مدل ATAGO/RX-5000α) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. برای بدست آوردن پولاریزاسیون[1] واقعی شربت براساس میزان بریکس شربت[2] از جدول ضریب اصلاحی، پل استخراج گردید. با ضرب کردن عدد ساکاریمتر در ضریب اصلاحی میزان پل واقعی شربت بدست آمد. با تقسیم میزان پل واقعی شربت بر بریکس شربت اولین درجه خلوص[3] شربت بدست می‌آید. برای بدست آوردن درجه خلوص شربت[4] باید

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نیشکر مورد بررسی

Tabe 1. Characteristics of sugarcane genotypes under study

ردیف	نام ژنوتیپ	منشاء	ردیف	نام ژنوتیپ	منشاء	ردیف	نام ژنوتیپ	منشاء
۱	CP57	USA	۸	CP62-14	USA	۱۸	C1283	Cuba
۲	CP75-30	USA	۱۰	B24-38	Barbados	۱۹	SP42-91	Brazil
۳	CP69-10	USA	۱۱	B98-06	Barbados	۲۰	SP70-13	Brazil
۴	CP17-5	USA	۱۲	B43-27	Barbados	۲۱	FG06-19	Taivan
۵	CP70-11	USA	۱۳	B14-27	Barbados	۲۲	FGO58	Taivan
۶	CP48-25	USA	۱۴	B17-15	Barbados	۲۳	NCO-10	South Africa
۷	CP52-64	USA	۱۵	CO-61	India	۲۴	NCO-31	South Africa
۸	CP62-14	USA	۱۶	CO-97	India	۲۵	N25-6	South Africa
۹	CP75-16	USA	۱۷	C89-12	Cuba			

از اولین درجه خلوص در فرمول مربوط یکی کم شود. کیفیت شربت (Q.R) از فرمول زیر بدست می‌آید (۱۷):

درصد شکر زرد و همچنین درصد ساکاروز با استفاده از فرمول‌های زیر بدست می‌آید (۱۷):

$$Q.R = P.F/POL$$

$$\text{شکر زرد} = 100/Q.R$$

شکر زرد×۰/۸۳ = شکر سفید

تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی انجام شد و مقایسات میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی دار (LSD) صورت گرفت. شاخص‌های انتخاب با توجه به رابطه پایه (۱) محاسبه شدند. برای شاخص اسمیت- هیزل بردار b رابطه (۲) محاسبه شد (۱۳،۲۱) که در آن P و G به ترتیب ماتریس‌های واریانس- کوواریانس فنوتیپی و ژنتیکی می‌باشند و a ارزش اقتصادی نسبی صفات است که به دو صورت محاسبه شد، در اسمیت- هیزل۱، این شاخص برابر یک منظور شد و در اسمیت- هیزل۲، این شاخص برابر وراثت‌پذیری صفات قرار گرفت. در شاخص شاخص پسک- بیکر به جای ارزش اقتصادی (a)، از بازده ژنتیکی مطلوب (g) یا بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت استفاده شد، بنابراین بردار b مطابق رابطه (۳) شد. در این رابطه bi وزنی است که به هر صفت بر اساس ارزش آن داده می‌شود. Pi در این رابطه ارزش فنوتیپی آن صفت می‌باشد (۸).

$$[1] \quad I = \sum b_i p_i$$
$$[2] \quad b = P^{-1}Ga$$
$$[3] \quad b = G^{-1}g$$

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 محاسبه شد. واکنش به انتخاب[5] برای هر صفت از رابطه (۴) محاسبه گردید در این رابطه σ_{g_i} انحراف معیار ژنتیکی هر صفت، h_i جذر وراثت‌پذیری و K شد انتخاب می‌باشد. پاسخ همبسته برای انتخاب یک صفت از طریق گزینش برای صفات دیگر از رابطه (۵) بدست آمد (۸). در این رابطه r_g ضریب همبستگی ژنتیکی بین صفت مورد نظر اصلاحی و صفتی است که انتخاب بر بنای آن انجام می‌شود. کارایی نسبی انتخاب[6] یا به عبارتی نسبت پاسخ غیرمستقیم انتخاب CR_y برای عملکرد به انتخاب مستقیم R_y نیز از رابطه (۶) محاسبه شد.

$$[4] \quad R_i = kh_i\sigma_{g_i}$$
$$[5] \quad CR_i = kh_i r_g \sigma_{g_i}$$
$$[6] \quad RSE = {}^{R_i}/_{CR_i}$$

در نهایت برای هر صفت موجود در شاخص، بازده مورد انتظار (ΔG) براساس انتخاب بر مبنای شاخص طبق رابطه (۷) محاسبه گردید (K با در نظر گرفتن شدت انتخاب ۱۰٪ برابر با ۱/۷۵۵ در نظر گرفته شد). در این رابطه σ_{Ii} کوواریانس شاخص با هر صفت می‌باشد که توسط رابطه (۸) بدست آمد و σ_i انحراف معیار شاخص است و برای هر شاخص از رابطه (۹) محاسبه گردید. $\sigma_{g_{ij}}$ در رابطه (۸) کوواریانس ژنتیکی صفات i و j می‌باشند. بهره مورد انتظار (ΔH) طبق رابطه (۱۰) برای هر شاخص محاسبه گردید.

$$[7] \quad \Delta G = k\sigma_{Ii}/\sigma_i$$
$$[8] \quad \sigma_{Ii} = \sum b_i \sigma_{g_{ij}}$$
$$[9] \quad \sigma_I = \sqrt{bpb}$$
$$[10] \quad \Delta H = \sum \Delta G_i$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS، SPSS، و Excel انجام شد.

1- POL 2-Ref.Sol 3- Purity 4- Juic Purity
5- Response to Selection 6-Relative Selection Efficiency (RSE)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

نتایج و بحث

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای

نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای که در آن عملکرد به عنوان متغیر وابسته در برابر صفات دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد، نشان داد که صفات قطر ساقه، ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، درصد خلوص شکر و درصد ساکارز به ترتیب وارد مدل شدند که مقدار ضریب رگرسیونی و میزان توجیه‌کنندگی هر کدام در جدول ۲ نمایان است. در این زمینه صفات قطر ساقه، ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، درصد خلوص شکر و درصد ساکارز به ترتیب با ضرایب تبیین ۲۹/۵، ۲۱/۴، ۱۸/۲، ۱۲/۶ و ۱۰/۹ درصد از بین صفات مورد بررسی به میزان ۹۲/۶ درصد از تغییرات مدل رگرسیون مربوط را توجیه کردند (جدول ۲). سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل رگرسیونی نداشتند به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد را می‌توان به تفاوت در صفات قطر ساقه، ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، درصد خلوص شکر و درصد ساکارز در ژنوتیپ‌های نیشکر مورد بررسی نسبت داد. بنابراین می‌توان استنباط نمود که این صفات در انتخاب برای افزایش عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند این نتایج در تطابق با نتایج دیگر پژوهشگران است که اظهار داشته‌اند صفات مذکور با عملکرد نی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته و توجیه کننده بخش عمده تغییرات عملکرد بوده‌اند (۲۸،۱۰). بنابراین می‌توان اظهار داشت که برای گزینش غیرمستقیم عملکرد نی نیشکر و گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌توان از طریق این صفات اقدام نمود. بنابراین توصیه می‌گردد در برنامه‌های اصلاحی آتی برای تعریف شاخص گزینش به منظور افزایش عملکرد نیشکر از این صفات استفاده گردد.

شاخص‌های انتخاب

یکی از ملزومات تشکیل یک شاخص انتخاب مناسب، برآورد دقیق واریانس و کوواریانس‌های جمعیت مورد نظر جهت پاسخ مورد انتظار به انتخاب است. اگر اندازه نمونه کوچک باشد، یا تعداد صفات موجود در شاخص زیاد باشد و یا اگر صفات در شاخص مورد نظر به شدت همبسته باشند شاخص دقت لازم را نخواهد داشت. لذا یکی از اولین مراحل توسعه یک شاخص انتخاب، ارزیابی صفات مورد نظر برای شاخص می‌باشد (۴). بر اساس رگرسیون مرحله‌ای به منظور بهبود عملکرد نیشکر تعداد شش صفت شامل ارتفاع ساقه، قطر ساقه، طول میان‌گره، درصد خلوص شکر، درصد ساکارز و عملکرد نی در تشکیل شاخص‌های انتخاب به کار برده شدند. انتخاب صفات برای تشکیل شاخص‌ها بر این اساس بود که با توجه به اینکه ورود صفات بشدت همبسته در شاخص باعث کاهش کارایی شاخص می‌شود لذا در این تحقیق صفاتی که بشدت همبسته بودند از جمله صفت عملکرد شکر برای احراز از وجود همراستایی در شاخص‌ها وارد نشدند. مقادیر پاسخ به انتخاب و پاسخ همبسته بر اساس مقادیر وراثت‌پذیری، واریانس ژنوتیپی صفات و شدت انتخاب ۱/۷۵۵ در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. برآورد مقادیر پاسخ به انتخاب مستقیم و پاسخ همبسته بر اساس درصد و نسبت به میانگین جامعه نشان داد که صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، درصد ساکارز و درصد خلوص شکر به ترتیب ۶۵/۳۵، ۵۴/۲۹، ۴۱/۶۲ و ۳۹/۰۶ درصد نسبت به میانگین جامعه بیشترین پاسخ مورد انتظار را به انتخاب مستقیم داشتند. بنابراین می‌توان گفت انتخاب مستقیم برای صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، درصد ساکارز و درصد خلوص شکر نسبت به سایر صفات می‌تواند مؤثرتر واقع شود. صفت طول میان‌گره با ۱۲/۳۸ درصد کمترین مقدار پاسخ مورد انتظار به انتخاب مستقیم را نسبت به میانگین جامعه نشان داد. (جدول ۳) این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب برای این صفت نسبت به سایر صفات مورد بررسی، تأثیر کمتری خواهد شد.

جدول ۲- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد نی به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

Tabe 2. Stepwise regression analysis for the cane yield as the dependent variable and other traits as independent variables

مرحله ورود متغیر به مدل	متغیر وارد شده به مدل	ضریب رگرسیون جزء	خطای استاندارد	F	۲R
۱	قطر ساقه	۰/۲۹۵	۳۲/۴۸	۲۵/۷۴**	۰/۲۹۵
۲	ارتفاع ساقه	۰/۲۱۴	۱۵/۴۲	۱۲/۵۳**	۰/۵۰۹
۳	طول میان‌گره	۰/۱۸۲	۹/۵۸	۱۰/۸۲*	۰/۶۹۱
۴	درصد خلوص شکر	۰/۱۲۶	۲۴/۸۶۲	۱۶/۹۵*	۰/۸۱۶
۵	درصد ساکارز	./۱۰۹	۱۹/۴۸	۲۰/۷۶**	۰/۹۲۶

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

۱۵۸/۲۷- = عرض از مبدأ

کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد

مقادیر پاسخ به انتخاب غیر مستقیم برای صفت عملکرد نی نشان داد که بیشترین مقدار پاسخ همبسته به انتخاب برای عملکرد نی از طریق قطر ساقه ۲۹/۲۷ درصد و بعد از آن صفت ارتفاع ساقه ۱۸/۶۳ درصد بود (جدول ۳). که می‌تواند به دلیل همبستگی ژنتیکی بیشتر این دو صفت با صفت عملکرد نی باشد، به عبارت دیگر این صفات می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسبی جهت افزایش عملکرد گیاه نیشکر مورد توجه قرار گیرند. پاسخ همبسته برای عملکرد نی از طریق صفات طول میان‌گره، درصد ساکارز و درصد خلوص شکر نیز مثبت بود (جدول ۴) که نشان می‌دهد با افزایش این صفات عملکرد دانه افزایش می‌یابد. آخرین معیار ارزیابی شاخص‌ها، محاسبه سودمندی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای صفت عملکرد بود. بالا بودن این نسبت نشان می‌دهد که در صورت استفاده از شاخص موردنظر، پیشرفت ژنتیکی بیشتری برای عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای عملکرد به دست خواهد آمد. نتایج ارزیابی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد نی نشان داد که کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد نی از طریق قطر ساقه، ارتفاع ساقه و درصد خلوص شکر به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۴۲ و ۰/۳۵ بیشترین بود. در گزارش سایر محققان همبستگی مثبت معنی‌داری بین این صفات و عملکرد نی مشاهده شده اشت (۲۲،۲۰،۱،۱۵) که نشان می‌دهد انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفات می‌تواند برای بهبود عملکرد نی در نیشکر موفقیت‌آمیز باشد.

جدول ۳- مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب برای صفات مختلف در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیشکر

Table 3. Direct response values to selection for different traits in the studied genotypes of sugarcane

صفت	پاسخ مورد انتظار به گزینش مستقیم	پاسخ مورد انتظار به گزینش نسبت به میانگین جامعه (٪)
عملکرد نی	۲۱/۶۲	۴۰/۷۵
ارتفاع ساقه	۳۹/۳۴	۶۵/۳۵
قطر ساقه	۳۱/۵۶	۵۴/۲۹
طول میان‌گره	۹/۸۲	۱۲/۳۸
درصد خلوص شکر	۱۹/۵۷	۳۹/۰۶
درصد ساکارز	۲۳/۲۴	۴۱/۶۲

جدول ۴- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد ژنوتیپ‌های نیشکر از طریق انتخاب برای صفات وابسته

Table 4. The values correlated response to selection for improved cane yield of sugarcane through selection for related traits

صفت (Y)	صفت وابسته (X)	پاسخ همبسته	پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به مستقیم
	ارتفاع ساقه	۶/۲۵	۱۸/۶۳	۰/۴۲
	قطر ساقه	۹/۶۹	۲۹/۲۷	۰/۶۷
عملکرد نی	طول میان‌گره	۴/۶۸	۱۱/۴۵	۰/۱۹
	درصد خلوص شکر	۱/۱۴	۵/۰۸	۰/۳۵
	درصد ساکارز	۴/۹۸	۹/۱۶	۰/۲۴

ضرایب b برای هر یک از صفات در شاخص‌های انتخاب

شاخص‌های انتخاب در این تحقیق براساس تعداد ۶ صفت شامل ارتفاع ساقه، قطر ساقه، طول میان‌گره، درصد خلوص شکر، درصد ساکارز و عملکرد نی مورد محاسبه قرار گرفتند (جدول ۵). ضرایب (b_i) هر یک از صفات در شاخص‌های اسمیت – هیزل و پسک – بیکر در (جدول ۵) آورده شده‌اند که در شاخص‌های مختلف صفات ضرایب متفاوتی داشتند. در شاخص اسمیت – هیزل ۱ و اسمیت – هیزل ۲ بیشترین مقدار ضریب شاخص متعلق به صفات قطر ساقه، ارتفاع ساقه و درصد خلوص شکر بود در شاخص پسک – بیکر بیشترین ضریب شاخص متعلق به صفات قطر ساقه و درصد خلوص شکر بود. بدین ترتیب صفت قطر ساقه و ارتفاع ساقه با بالاترین ضریب، به‌صورت مثبت در شاخص اسمیت – هیزل ۱ و اسمیت – هیزل ۲ در انتخاب براساس این شاخص‌ها اثرگذار خواهد بود. طبق گزارش برخی محققین بیشترین بهره ژنتیکی برای عملکرد نی در نیشکر وقتی بدست می‌آید که شاخص انتخاب بر اساس صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه و تعداد ساقه در پلات تشکیل شده باشد (۲۸،۱۰). مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات در هر یک از شاخص‌ها به‌دست آمد. سپس هر یک از شاخص‌ها به‌عنوان یک صفت مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و پارامترهای آماری مربوط به آنها، همبستگی ژنتیکی بین شاخص‌ها با عملکرد نی و کارایی انتخاب براساس شاخص‌ها نیز مورد محاسبه قرار گرفتند (جدول ۶).

جدول ۵- ضرایب b برای هر یک از صفات در شاخص‌های انتخاب در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیشکر

Table 5. Coefficients b for each of the traits in the selection indices in sugar cane genotypes

صفت	شاخص		
	*اسمیت-هیزل ۱	**اسمیت-هیزل ۲	پسک- بیکر
ارتفاع ساقه	۱۹/۵۳	۱۵/۶۹	۳/۴۶
قطر ساقه	۷۱/۸۶	۴۲/۵۷	۸/۲۵
طول میان‌گره	-۳/۲۹	-۱/۷۳	-۰/۳۶
درصد خلوص شکر	۱۰/۹۱	۶/۲۵	۴/۸۹
درصد ساکارز	۴/۴۸	۲/۶۷	۱/۲۴

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

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

مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته

نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های CP69-10، CP48-25 و CP57 که از نظر صفت عملکرد نی در رتبه اول تا سوم قرار داشتند، از نظر شاخص‌های اسمیت – هیزل نیز در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص پسک–بیکر دارای رتبه‌های پایین‌تری برخوردار بودند. ژنوتیپ FG06-19 از نظر شاخص‌های اسمیت – هیزل در رتبه چهار، برای شاخص پسک – بیکر در رتبه اول و از لحاظ عملکرد نیز در رتبه چهار قرار داشت. ژنوتیپ CP70-11 که از نظر عملکرد در رتبه پنج قرار گرفت از نظر شاخص اسمیت – هیزل ۱ در رتبه پنج و از نظر شاخص اسمیت – هیزل ۲ در رتبه شش قرار گرفت، اما از نظر شاخص پسک – بیکر دارای رتبه دو بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ نسبت به شاخص پسک–بیکراز واریانس

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

ژنتیکی، پاسخ همبسته و کارایی انتخاب بیشتری برخوردار بودند (جدول ۶). البته دو شاخص اسمیت–هیزل ۱ و ۲ تفاوتی از نظر پاسخ همبسته و کارایی انتخاب نشان ندادند. در نتیجه، شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ با بیشترین کارایی انتخاب به‌عنوان شاخص‌های مؤثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. این شاخص‌ها هر یک توانستند ژنوتیپ‌هایی را به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کنند که از نظر عملکرد نی نیز برتر بودند. در مجموع شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ همراه با عملکرد، با بیشترین کارایی انتخاب نسبت به سایر شاخص‌های مورد بررسی و همچنین نسبت به انتخاب مستقیم عملکرد به‌عنوان شاخص مؤثرتر برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. محاسبه مقدار واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری و همبستگی ژنتیکی (جدول ۶) نشان داد که کمترین مقدار واریانس ژنتیکی متعلق به شاخص پسک – بیکر و برابر ۱۸۶/۴۷ بود. شاخص اسمیت–هیزل۱ واریانس ژنتیکی بیشتری نسبت به شاخص اسمیت–هیزل۲ داشت. شاخص‌های اسمیت–هیزل۱ و اسمیت–هیزل۲ نسبت به شاخص پسک–بیکر وراثت‌پذیری بیشتری نشان دادند و وراثت‌پذیری آنها به ترتیب ۷۲ و ۵۹ درصد بود. شاخص پسک–بیکر دارای کمترین همبستگی ژنتیکی با عملکرد (۰/۳۵) بود. مقادیر پاسخ همبسته برای عملکرد دانه از طریق هریک از شاخص‌های اسمیت–هیزل۱، اسمیت–هیزل۲ و پسک–بیکر به‌ترتیب برابر ۲۳/۷۵، ۱۹/۸۱ و ۵/۱۸ نسبت به میانگین جامعه ۴۸/۵۴، ۳۶/۷۹ و ۱۱/۸۹ درصد بود. مقادیر کارایی انتخاب غیر مستقیم عملکرد براساس شاخص‌های اسمیت–هیزل۱، اسمیت–هیزل۲ نسبت به انتخاب مستقیم آنها نیز بالا بود. با توجه به این نتایج و از آنجاییکه همبستگی ژنتیکی این شاخص‌ها با عملکرد بالا برآورد شده است، به‌نظر می‌رسد که کاربرد شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد گیاه نیشکر می‌تواند مؤثر واقع شود. با توجه به بیشتر بودن مقدار کارایی نسبی انتخاب شاخص‌های اسمیت–هیزل۱، اسمیت–هیزل۲ نسبت به شاخص پسک–بیکر، به‌نظر می‌رسد بازدهی این شاخص‌ها برای بهبود عملکرد بیشتر از شاخص پسک–بیکر باشد. قاسمی و همکاران (۱۱) با بررسی شاخص‌های مختلف انتخاب گزارش کردند که برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی شاخص اسمیت–هیزل بالاترین کارایی انتخاب را برای اصلاح عملکرد دارد و می‌تواند توسط به‌نژادگران مورد استفاده قرار گیرد. اصغر و مهدی (۲) در مطالعه‌ای روی ذرت شیرین با مقایسه سه نوع شاخص انتخاب اسمیت – هیزل، شاخص با بازده مطلوب و شاخص پایه نشان دادند که شاخص اسمیت – هیزل نسبت به دو شاخص دیگر کارایی بیشتری دارد. چاندرا و همکاران (۷) در مطالعه‌ای از شاخص انتخاب برای بهبود عملکرد ژنوتیپ‌های بادام زمینی گزارش کردند که استفاده از شاخص انتخاب نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد برتری دارد. ربیعی و همکاران (۲۴) با ارزیابی شاخص‌های انتخاب برای بهبود شکل دانه برنج عنوان کردند که شاخص‌های انتخابی که در آنها از ضرایب علیت به‌عنوان وزنه‌های اقتصادی استفاده می‌شود و شاخص‌هایی که وزنه یک دارند کارایی بالایی دارند. مارسلو و همکاران (۱۹) با بررسی انتخاب مستقیم و انتخاب بر مبنای شاخص‌های اسمیت–هیزل و پسک – بیکر در جمعیت‌های در حال تفرق سویا نشان دادند که بیشترین بهره ژنتیکی از شاخص‌های انتخاب به‌دست می‌آیند و شاخص اسمیت – هیزل بهره بیشتری داشته است. طهیر و همکاران (۳۴) با مطالعه انتخاب مستقیم عملکرد و انتخاب بر مبنای شاخص‌های اسمیت در نیشکر گزارش دادند که بیشترین بهره ژنتیکی از شاخص‌های انتخاب اسمیت به دست آمد.

جدول ۶- عملکرد نیشکر، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیشکر

Table 6. Sugarcane yield, values of selection indices and dependent parameters in the studied genotypes of sugarcane

رتبه	۱۰ ژنوتیپ برتر	عملکرد نی (تن در هکتار)	شاخص اسمیت–هیزل ۱		شاخص اسمیت–هیزل ۲		شاخص پسک– بیکر	
۱	CP69-10	۱۰۸/۵۳[a]	CP69-10	۲۵۷/۱۵	CP57	۱۳۵/۱۲	FG06-19	۸۱/۶۸
۲	CP48-25	۱۰۷/۲۳[a]	CP48-25	۲۴۶/۳۱	CP69-10	۱۱۹/۸۶	SP70-13	۷۶/۵۷
۳	CP57	۱۰۱/۶۵[ab]	CP57	۲۳۶/۵۲	CP48-25	۱۱۲/۵۴	C89-12	۷۰/۷۱
۴	SP70-13	۹۶/۴۸[bc]	FG06-19	۲۲۳/۶۱	FG06-19	۹۴/۲۹	CP69-10	۶۸/۹۴
۵	FG06-19	۹۶/۱۴[bc]	SP70-13	۲۱۵/۹۲	CP70-11	۸۶/۳۴	NCO-10	۶۳/۵۲
۶	NCO-10	۹۵/۴۳[c]	NCO-10	۱۹۱/۵۸	SP70-13	۶۹/۸۱	CP52-64	۵۴/۹۲
۷	CP70-11	۹۳/۷۵[c]	CP70-11	۱۵۳/۲۷	NCO-10	۶۵/۸۳	CP48-25	۵۱/۵۸
۸	C89-12	۸۷/۳۹[ef]	CP52-64	۱۱۲/۶۲	C89-12	۵۹/۷۸	CP70-11	۴۰/۲۹
۹	CP75-16	۸۴/۳۳[e]	CP75-16	۱۰۵/۲۸	CP52-64	۴۷/۴۱	CP75-16	۳۹/۳۴
۱۰	CP52-64	۸۳/۳۸[de]	C89-12	۹۴/۲۹	CP75-16	۳۹/۵۷	CP57	۲۹/۸۴
واریانس ژنتیکی		--	--	۵۷۳/۸۹	--	۶۴۵/۳۲	--	۱۸۶/۴۷
وراثت‌پذیری		۰/۴۳	--	۰/۷۲	--	۰/۵۹	--	۰/۴۳
همبستگی ژنتیکی با عملکرد			--	۰/۸۱	--	۰/۶۸	--	۰/۳۵
کارایی			--	۰/۵۳	--	۰/۴۰	--	۰/۱۳

بازدهی مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص‌ها

مقادیر بازدهی مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص‌ها، برحسب درصد و نسبت به میانگین جامعه نشان داد (جداول ۷ و ۸) که در هر سه شاخص، بیشترین بازدهی مورد انتظار متعلق به صفت قطر ساقه می‌باشد. بعد از این صفت، صفات ارتفاع ساقه و درصد خلوص شکر بیشترین بازدهی مورد انتظار را نشان داند. در حالی که در مورد صفات طول میان‌گره و درصد ساکارز بازدهی مورد انتظار از طریق شاخص‌های اسمیت–هیزل مثبت و از طریق شاخص پسک–بیکر منفی بود که نشان می‌دهد انتخاب بر اساس

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

شاخص‌های اسمیت–هیزل باعث افزایش و بر اساس شاخص پسک–بیکر موجب کاهش درصد ساکارز خواهد شد. بهره مورد انتظار برای هر شاخص از طریق تمامی صفات برای شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱، اسمیت–هیزل ۲ و پسک–بیکر به‌ترتیب ۶۳/۴۵، ۵۶/۲۸ و ۷/۲۴ بود. بیسواز و همکاران (۶) در سورگوم، رانالی و همکاران (۲۵) در لوبیا، رابینسون و همکاران (۲۶) در ذرت، سینک و خان(۳۰) در نیشکر و طهیر و همکاران (۳۴) در نیشکر از شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد و سایر صفات مهم اقتصادی استفاده کرده‌اند.

به‌طور کلی استفاده از شاخص‌های انتخاب منجر به برقراری مصالحه بین صفات مهم مرتبط با عملکرد گیاه زراعی شده و همزمان یک معیار مناسب برای گزینش را فراهم می‌آورد. با توجه به اینکه عملکرد نیشکر صفتی است که به شدت تحت تأثیر محیط قرار گرفته و به‌طور معمول از وراثت‌پذیری پایینی نیز برخوردار است، انتخاب پایدارتر بایستی بر مبنای صفاتی صورت پذیرد که از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار می‌گیرند.

جدول ۷– مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد نی با استفاده از شاخص‌های انتخاب در ژنوتیپ‌های نیشکر
Table 7. Values of correlated response to selection to improve cane yield using selection indices in sugarcane genotypes

صفت	شاخص‌های انتخاب	پاسخ همبسته	پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (٪)	کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به مستقیم
عملکرد نی	اسمیت–هیزل ۱	۲۳/۷۵	۴۸/۵۴	۰/۷۱
	اسمیت–هیزل ۲	۱۹/۸۱	۳۶/۷۹	۰/۵۸
	پسک– بیکر	۵/۱۸	۱۱/۸۶	۰/۱۴

جدول ۸– بازدهی مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص (ΔH) و بهره مورد انتظار برای هر شاخص (ΔG)
Table 8. Expected gain for each trait through the index (ΔH) and expected genetic gain for each index (ΔG)

شاخص	بازدهی مورد انتظار برای هر صفت					بهره مورد انتظار
	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	طول میان‌گره	درصد خلوص شکر	درصد ساکارز	
اسمیت–هیزل ۱	۳۶/۵۲	۶۵/۲۳	۲/۵۸	۱۰/۶۱	۴/۳۵	۶۳/۴۵
اسمیت–هیزل ۲	۲۷/۳۴	۴۹/۵۱	۹/۲۵	۶/۲۴	۲/۱۸	۵۶/۲۸
پسک– بیکر	۶/۱۹	۱۱/۴۰	−۵/۳۴	۴/۳۷	−۷/۹۸	۷/۲۴

بر اساس نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های CP69-10، CP48-25 و CP57 دارای بیشترین عملکرد نی و شکر در این تحقیق بودند (جدول ارائه نشده)، شاید بتوان عملکرد بیشتر این ژنوتیپ‌ها را به ارتفاع و قطر ساقه نسبت داد. ارزیابی کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد نی نشان داد که کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد نی از طریق قطر ساقه، ارتفاع ساقه و درصد خلوص شکر بیشترین بود. نتایج سایر محققین بیانگر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات مذکور و عملکرد نی در نیشکر می‌باشد (۱،۱۵،۲۰،۲۲). محققین دیگری صفات مذکور را مهمترین صفات توجیه کننده عملکرد در نیشکر معرفی کرده‌اند (۱۰،۱۸،۲۸). بنابراین انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفات می‌تواند برای بهبود عملکرد نی در نیشکر موفقیت آمیز باشد. اما از آنجاییکه در انتخاب صفت برای انتخاب غیر مستقیم بایستی به سهولت اندازه‌گیری و هزینه نیز توجه داشت، بنابراین انتخاب غیر مستقیم از طریق صفات قطر ساقه و ارتفاع ساقه مقرون به صرفه‌تر است. در مجموع شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ همراه با عملکرد، با بیشترین کارایی انتخاب نسبت به سایر شاخص‌های مورد بررسی و همچنین نسبت به انتخاب مستقیم عملکرد، به‌عنوان شاخص مؤثرتر برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. بنابراین در این تحقیق در مجموع شاخص‌های اسمیت–هیزل ۱ و ۲ با بیشترین کارایی انتخاب نسبت به سایر شاخص‌های مورد بررسی و همچنین نسبت به انتخاب مستقیم عملکرد، به عنوان شاخص‌های مؤثرتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر نیشکر معرفی می‌شوند.

منابع

1. Anbanandan, V. 2019. Correlation studies in interspecific and intergenetic hybrids of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 4: 80-85.
2. Asghar, M.M. and S.S. Mehdi. 2010. Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. Pakistan Journal of Botany, 42: 775-789.
3. Asif, M., M.Y. Mujahid, I. Ahmad, N.S. Kisana, M. Asim and S.Z. Mustafa. 2003. Determining the direct selection criteria for indentification of high yielding lines in bread wheat (*Triticum aestivum*). Pakistan Jurnal of Biological Science, 6: 45-50.
4. Baker, R.J. 1986. Selection Indices in plant breeding. CRC Press Inc., 218 p.
5. BaniAbbasi, N., H. Azizi, M. Mehregan, M. Malzoumati, K. Kazemi, A. Darivandpour and M. Shomeyli. 2013. Sugarcane Production in Iran, Agronomic Guidelines for Sugarcane Production. Rosvaxheh Publication. 273 p (In Persian).
6. Biswas, B.K., M. Hasanuzzaman, F.E. Taj, M.S. Alam and M.R. Amin. 2001. Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. Journal of Biological Sciences, 1: 321-323.
7. Chandra, S., S.N. Nigam, A.W. Cruickshank, A. Bandyopadhya and S. Harikrishna. 2003. Selection index for identifying high-yielding groundnut genotypes in irrigated and rainfed environments. Annals of Applied Biology, 143: 303-310.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

8. Dehghan Kouhestani, R., M.M. Majidi and G.H. Saeidi. 2015. Direct and indirect selection responses for seed yield improvement in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Production and Processing, 7(1): 115-125 (In Persian).
9. Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd., London.
10. Farrag, F., B. Abu-Ellail, M. Eman, A. Hussein and A. El-Bakry. 2020. Integrated selection criteria in sugarcane breeding programs using discriminant function analysis. Bulletin of the National Research Centre, 44: 1-14.
11. Ghasemi, F., A. Baghizadeh, G.h. Mohammadinejad and H.R. Kavoosi. 2017. Evaluation of selection indices for improving grain yield in *Cuminum cyminum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(6): 1088-1095.
12. Hayes, H.K. 2007. Methods of plant breeding. Kosta Press, 448 p.
13. Hazel, L. 1943. The genetic basis for constructions selection indices. Genetics, 28: 476-490.
14. Henry, R.J. and C. Kole. 2010. Genetics, genomics and breeding of sugarcane. CRC Press, Taylor and Francis Group.
15. Hiremath, G. and T.E. Nagaraja. 2016. Selection indices for cane yield in mid-late maturing clones of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Res. Environ. Life Science, 9(8): 1022-1024.
16. Jaradat, A.A., M.A. Shahid and A. Al-Maskri. 2004. Genetic diversity in the Batini barley landrace from Oman: II. Response to salinity stress. Crop Science, 44: 997-1007.
17. Karmollachaab, A., A. Bakhshandeh, M. R. MoradiTlavat, F. Moradi and M. Shomeili. 2015. Effect of chemical ripeners application on yield, quality and technological ripening of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Iranian Journal Crop Science, 17(1): 63-73 (In Persian).
18. Kinkema, M., R.J. Geijskes, K. Shand, H.D. Coleman, P.C. De Lucca, A. Palupe, M.D. Harrison, I. Jepson, J.L. Dale and M.B. Sainz. 2014. An improved chemically inducible gene switches that functions in the monocotyledonous plant sugarcane. Plant molecular biology, 84: 443-454.
19. Marcelo, M.C., D.M.O. Antonio, U. Sandra, C.A. Nair, M.B. Ivana, D.S. Gustavo and S.M.F. Romero. 2008. Analysis of direct and indirect selection and indices in soyabean segregating populations. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 8: 447-455.
20. Mohammed, A.K., M.N. Ishaq, A.K. Gana and S. Agboire. 2019. Evaluation of sugarcane hybrid clones for cane and sugar yield in Nigeria. African Journal Agricultur Research, 14(1): 34-39.
21. Mokhtasi Bidgoli, A., G.A. Akbari, M.J. Mirhadi, E. Zand and S. Soufizadeh. 2006. Path analysis of relationships between seed yield and some morphological and phonological traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Euphytica, 148: 261-268.
22. Pandya, M.M. and P.B. Patel. 2017. Studies on correlation and path analysis for quality attributes in sugarcane (*Saccharum* Spp. Hybrid), 5(6): 1381-1388.
23. Pesek, J. and R.J. Baker. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal of Plant Science, 49: 803-804.
24. Rabiei, B., M. Valizadeh, B. Ghareyazie and M. Moghadam. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. Field Crops Research, 89: 359-367.
25. Ranalli, P., G. Ruaro and P. Delre. 1991. Response to selection for seed yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica, 57: 117-123.
26. Robinson, H.F., R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1950. Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implications in selection. Agronomy Journal, 10: 282-287.
27. Shadmehr, A., H. Ramshini, M. Zeinalabedini, M. ParviziAlmani, M.R. Ghaffari, A. IzadiDarbandi, M. Farsi and M. Fooladvand. 2017. Assessment of molecular diversity and genetic relationship and structure of Iranian sugarcane germplasm using microsatellite markers. Crop Biotechnology, 16: 45-59 (In Persian).
28. ShanthiPriya, M., K.H.P. Reddy, M. HemanthKumar, V. Rajarajeswari, G. MohanNaidu, R. Narasimhulu, B. RupeshKumarReddy and D. Mohan Reddy. 2013. Selection indices for cane yield in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Indian Journal of Plant Sciences, 2(3): 77-81.
29. Silva, L.A., P.E. Teodoro, L.A. Peixoto, C. Assis, K. Gasparini, M.H.P. Barbosa and L.L. Bhering. 2017. Selecting sugarcane genotypes by the selection index reveal high gain for technological quality traits. Genetics and Molecular Research, 16(2): 1-12.
30. Singh, S.P. and A.Q. Khan. 1998. Selection indices for cane yield in sugarcane. The Indian Journal Genetic and Plant Breed, 58(3): 353-357.
31. Singh, S.P. and A.Q. Khan. 2003. Selection indices for commercial cane sugar yield in sugarcane (Saccharum sp. Complex). Agricultural Science Digest, (4): 235-238.
32. Smith, H.F. 1936. A discrimination function for plant selection. Annals of Eugenics, 7: 240-250.
33. Suwantaradon, K., S.A. Eberhart, J.J. Mock, J.C. Owens and W.D. Guthrie. 1975. Index selection for several agronomic traits in the maize population. Crop Science, 15: 827-833.
34. Tahir, M., I.H. Khalil, P.H. McCord and B. Glaz. 2014. Character Association and Selection Indices in Sugarcane. American Journal of Experimental Agriculture, 4(3): 336-348.
35. Tew, T. and R. Cobill. 2008. Genetic improvement of sugarcane (*Saccharum* spp.) as an energy crop. In: Genetic improvement of bioenergy crops, 4: 273-294.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

36. Vitotihni, S. and C.R.A. Kumar. 2008. Selection indices for simultaneous improvement of yield and drought tolerance in rice cultures. The Madras Agricultural Journal, 95: 283-294.
37. Zali, H., T. Hasanloo, O. Sofalian, A. Asgharii and M. Enayati Shariatpanahi. 2019. Identifying drought tolerant canola genotypes using selection index of ideal genotype. Journal of Crop Breeding, 11: 117-126 (In Persian).
38. Zali, H. and A. Barati. 2020. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selction of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. Journal of Crop Breeding, 12: 93-104 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]

Evaluation of Selection Indices for Improving Gane yield in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)

Azar mokhtari[1], Mohammad Moradi[2] and Mahdi Soltani Hoveize[3]

1- Msc. Student, Department of Genetic and Plant Breeding, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran, (Corresponding author: Moradim_17@yahoo.com)
3- Department of Genetic and Plant Breeding, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Received: 21 Februrary, 2021 Accepted: 25 September, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: The selection indices are one of the most effective methods for improving complex traits such as yield.

Materials and Methods: In the current study, 25 genotypes of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) were evaluated to assess the efficiency of different selection indices. The experiment was conducted in a randomized complete block design whit three replications in the Research Farm of Research farm of Khuzestan sugarcane research and training institute, Ahvaz, Iran in 2017.

Results: The Smith-Hazel and Pesek-Baker indices were evaluated based on six traits including Stem height, stem diameter, internode length, sugar purity percentage, sucrose percentage and straw yield Sugarcane. The results of response to selection and relative selection efficiency indicated that the genotypes with higher stem diameter, Stem height and sugar purity percentage had the highest yield potential. The efficiency of selection for yield improvement through selection for stem diameter and stem height traits was highest, so stem diameter and stem height traits could be considered as a suitable selection criterion for improved straw yield in sugarcane. Due to the high correlation coefficients of Smith-Hazel indices 1 and 2 calculated with straw yield and estimation of high indirect selection efficiency through these indices compared to direct selection for straw yield, using these indices can improve yield.

Conclusion: Our results indicated that the Smith-Hazel index had the most selection efficiency and could be used in Sugarcane breeding programs.

Keywords: Pesek-Baker index, Response to selection, Smith-Hazel index, Sugarcane

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-16]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.91]