تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.2891.1898

مقاله پژوهشی

مقایسه شاخص‌های انتخاب در هیبریدهای ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) تحت شرایط تنش و بدون تنش شوری

حمیدرضا عثمانی[1*]، براتعلی فاخری[2]، محمود سلوکی[2]، سعید خاوری خراسانی[3]، نفیسه مهدی نژاد[4]

۱. دانشجوی دکترا اصلاح نباتات، دانشگاه زابل
۲. استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل
۳. استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مشهد ایران
۴. استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
ارزش اصلاحی
ذرت
سودمندی نسبی
شاخص انتخاب

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۲/۲۴

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۱

۱۵(۲): ۴۷۱-۴۸۴

چکیده

عملکرد صفت پیچیده‌ای است که وراثت‌پذیری پایینی دارد به همین دلیل گزینش بر اساس شاخص انتخاب یکی از روش‌های مؤثر جهت گزینش غیرمستقیم برای بهبود عملکرد است. به‌منظور بررسی شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد ذرت، آزمایشی با ۱۴ هیبرید سینگل‌کراس ذرت علوفه‌ای (شامل ۱۲ هیبرید امیدبخش و ۲ رقم هیبرید سینگل‌کراس تجاری ۷۰۴ و ۷۱۵ به‌عنوان شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در دو شرایط شور و غیر شور و در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی طرق مشهد و عباس‌آباد تنگلشور در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس آماری مرکب حاکی از وجود تفاوت بسیار معنی‌دار بین دو محیط شور و غیر شور به لحاظ اغلب صفات موردبررسی بود ($p\leq0.01$). از رگرسیون گام‌به‌گام برای کاهش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شاخص‌های انتخاب استفاده شد. صفات عملکرد علوفه‌تر، عملکرد علوفه خشک، تعداد کل برگ، تعداد بلال، ارتفاع بوته و تعداد روز تا گرده‌افشانی از مدل رگرسیونی انتخاب شدند. بر اساس این نتایج، در شرایط بدون تنش جمعاً ۷۷/۸۴ درصد و در شرایط تنش شوری ۷۶/۹۰ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه و در محاسبه شاخص‌های گزینش مورداستفاده قرار گرفتند. کارایی نسبی گزینش و بهره مورد انتظار در شاخص‌های بهینه نسبت به پسک-بیکر بیشتر بود. بیشترین مقدار کارایی نسبی گزینش در شرایط بدون تنش در شاخص شماره ۵ (هیبریدهای شماره ۳، ۵، ۲، ۸ و ۶) و در شرایط تنش شوری در شاخص شماره ۴ (هیبریدهای شماره ۱۳، ۳، ۴، ۱۰ و ۸) برآورد شد. به‌علاوه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری ژنوتیپ شماره ۲ توسط بیشتر شاخص‌های گزینشی موردمطالعه به‌عنوان برترین ژنوتیپ گزینش شد.

مقدمه

تنش شرایط نامطلوبی است که به‌احتمال‌زیاد عملکرد فیزیکی طبیعی یک موجود زنده را با اختلال مواجه می‌کند (Munns and Tester, 2008). تنش هنگامی روی می‌دهد که عوامل محیطی در سطحی فراتر یا زیر سطح مفید و یا خارج از دامنه قابل‌تحمل گیاه واقع شوند که این مسئله به‌ویژه در مورد مواد غذایی آشکارتر است (Younesi et al., 2009). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک طبقه‌بندی می‌شود، بنابراین تنش‌های محیطی از جدی‌ترین تهدیدها برای رشد بذور تلقی می‌شوند. یکی از عوامل مهم کاهش تولید در گیاهان در مناطقی که با محدودیت آب روبرو هستند، تنش‌های غیرزنده خشکی و شوری است. زمان ظهور تنش در طول دوره رشد گیاه بسیار مهم است، به‌طوری‌که اثر زمان ظهور تنش آب بر عملکرد دانه ممکن است به‌اندازه شدت تنش اهمیت داشته باشد. تنش آب در زمان

* نگارنده پاسخگو: حمیدرضا عثمانی. پست الکترونیک: Hamidosmani2012@gmail.com

گرده‌افشانی ذرت، باعث اختلال در لقاح شده و درنتیجه بلال ذرت دچار کچلی می‌شود (Golbashi et al., 2009). در تحقیقی سه‌ساله در ترکیه، Caker تأثیر تنش آبی (۱۶ تیمار آبیاری) در مراحل چهارگانه رشد روی عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و وزن هزار دانه بررسی نمود. نتایج نشان داد تأثیر حذف آبیاری در مراحل کاکل‌دهی و تشکیل چوب ذرت روی عملکرد و پارامترهای رویشی معنی‌دار است که باعث کاهش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ می‌شود. همچنین کمبود آب در دوره‌های کوتاه‌مدت در زمان رشد سبزینه‌ای ۲۸ تا ۳۲ درصد وزن ماده خشک را کاهش می‌دهد. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل به دست آمد (Caker, 2004). ذرت به هنگام جوانه زدن مقاوم به شوری است و با افزایش درجه شوری، جوانه زدن آن ممکن است به تأخیر بیافتد، ولی بر درصد جوانه‌زنی اثر سوء نخواهد گذاشت. بااین‌حال ذرت متعلق به گروهی از گیاهان است که نیمه حساس است و بدین ترتیب کشت آن در خاک‌های شور و یا آبیاری آن‌ها با آب‌شور مناسب نیست (Farooq et al. 2015) تحقیقات نشان می‌دهد شوری ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد ذرت نشد، اما به ازای هر واحد افزایش بیشتر شوری عملکرد دانه ۱۴ درصد کاهش یافت. آن‌ها علت کاهش عملکرد را کاهش در تراکم بوته و جرم دانه گزارش نمودند (Hoffman et al., 1983). در تحقیقی با هدف تأثیر سطوح مختلف شوری بر مراحل رشد ذرت مشخص شد که مقاومت ذرت با رشد گیاه افزایش می‌یابد، به‌علاوه کاهش محصول دانه ذرت در اثر شوری، بیشتر از کاهش محصول علوفه آن است (Kaddah and Malek, 1961). نتایج آزمایشی بر روی ذرت نشان داد که شوری بر ارتفاع بوته اثر معنی‌داری دارد و باعث کاهش آن می‌شود (Dorraji et al. 2010). نتایج پژوهشی نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری ارتفاع کل بوته ذرت کاهش‌یافته است (Yu et al., 2014). در تحقیقی دیگر در شرایط شور ارتفاع بوته و بلال کاهش می‌یابد. برای بهبود دو یا چند صفت به‌طور هم‌زمان، سه روش انتخاب، شامل شاخص انتخاب، انتخاب مستقل و انتخاب نوبتی، در برنامه‌های به نژادی مناسب تشخیص داده شده است(Khavari Khorasani , 2009). شاخص انتخاب امتیازی است که شایستگی صفات مختلف را منعکس می‌کند و ترکیبی خطی از ارزش‌های فنوتیپی است که با ضرایبی وزین می‌شود. انتخاب در بین ژنوتیپ‌ها بر اساس ارزش نسبی امتیاز شاخص انجام می‌شود. در انتخاب پی‌درپی یا نوبتی، هر صفت به‌طور منفرد در نسل‌های متوالی گزینش می‌شود و تا حصول سطح مطلوب، انتخاب انجام می‌شود. در انتخاب مستقل برای هر صفت، سطح معینی در نظر گرفته می‌شود و افرادی که ارزش فنوتیپی کمتر از سطح موردنظر را دارند از جمعیت حذف می‌شوند (Rezaei et al,. 1994: Baker, 1986). اصولاً بهترین روش انتخاب روشی است که بر مبنای تمام داده‌های قابل‌دسترس در خصوص ارزش اصلاحی یک فرد (گیاه) پایه‌ریزی شده باشد. در این روش، برای هر صفت بسته به اهمیت اقتصادی، وراثت‌پذیری آن و همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات مختلف، امتیاز یا وزن مناسبی داده می‌شود (Falconer, 1989).

بررسی کارایی انتخاب بر مبنای شاخص‌های گزینشی در یونجه نشان داد که انتخاب بر مبنای شاخصی که در آن از ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه و تعداد ساقه‌های گیاه استفاده شده باشد نسبت به انتخاب بر اساس عملکرد، بیش از دو برابر برتری دارد (Monirifar, 2010). در پژوهشی ۶۰ ژنوتیپ ذرت دانه‌ای در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی بررسی و نتیجه‌گیری شد در شرایط غیر تنش ژنوتیپ تجاری سینگل‌کراس ۷۰۴ توسط تمامی شاخص‌ها به‌عنوان برترین ژنوتیپ و در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های ۱۶، ۲۲ و ۳۴ به‌عنوان برترین‌ها گزینش شدند (Khavari Khorasani and Mehdipour, 2009). نتایج پژوهشی که با هدف بررسی هفت شاخص انتخاب بر مبنای شاخص Smith-Hazel انجام گرفت (Smith-Hazel, 1936)، نشان داد که در شاخصی که ضریب اقتصادی آن معادل ضرب وراثت‌پذیری در اثرات مستقیم تجزیه مسیر است، پیشرفت ژنتیکی در عملکرد دانه و صفاتی مانند تعداد پنجه و ارتفاع بوته در برنج حداکثر خواهد بود (Eshghi et al., 2011). در پژوهشی که با هدف بررسی روابط بین شکل دانه در برنج و اجزای عملکرد دانه صورت گرفت، نتایج نشان داد که شاخص‌های انتخاب یک راهکار مناسب برای بهبود هم‌زمان شکل و عملکرد دانه می‌باشند (Rabiei et al., 2004). نتایج تحقیقی با هدف بررسی دو شاخص پایه و بهینه روی صفات برنج نشان داد که انتخاب با استفاده از اثرات مستقیم (تجزیه مسیر) به‌عنوان ضریب اقتصادی می‌تواند معیار انتخاب مؤثر با استفاده از هر دو شاخص پایه و بهینه باشد (Saburi at al., 2008). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی کارایی شاخص انتخاب اسمیت هیزل و انتخاب مستقیم در ذرت شیرین انجام گردید، مشخص شد که شاخص اسمیت هیزل بیشترین

کارایی را در بهبود مجموع صفات ژنوتیپ‌ها برای بسیاری از استراتژی‌های انتخاب دارد (Asghar and Mehdi, 2010)

کومار و همکاران (Kumar et al., 2008)، صفات تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبلچه، تعداد دانه در خوشه، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بیولوژیکی در گندم را صفات مؤثر در شاخص انتخاب برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با حداکثر عملکرد معرفی کردند. جانینک و همکاران (Jannink et al., 2000) در مطالعات خود بیان کردند که انتخاب غیرمستقیم به میزان ۷۰ درصد نسبت به انتخاب مستقیم راندمان بالاتری برای انتخاب سویا با وزن خشک بالا دارد.

در بررسی هفت شاخص انتخاب بر مبنای شاخص‌های اسمیت–هیزل و بریم- ویلیامز نشان دادند که در شاخصی که ضریب اقتصادی آن معادل ضرب وراثت‌پذیری در اثرات مستقیم تجزیه مسیر است (Eshghi et al., 2011) پیشرفت ژنتیکی در عملکرد دانه و صفاتی مانند تعداد پنجه و ارتفاع بوته حداکثر خواهد بود(Rabiee et al., 2004: Fazlalipour et al., 2007). شاخص‌های بهینه و پایه را مورد مقایسه قرار دادند و نشان دادند که گزینش بر مبنای شاخص‌های بهینه می‌تواند پاسخ بیشتری را نسبت به شاخص‌های پایه منجر شود، اما این برتری معنی‌دار نبوده و درنهایت استفاده از شاخص پایه را به دلیل سادگی ساختار و سهولت محاسباتی توصیه نمودند (Gravois and McNew, 1993). با محاسبه شاخص‌های انتخاب نشان دادند که انتخاب برای افزایش عملکرد دانه از طریق انتخاب هرکدام از دو صفت وزن خوشه و تعداد خوشه به‌تنهایی ممکن است مؤثر نباشد؛ اما شاخصی بر مبنای هر دو صفت وزن خوشه و تعداد خوشه برای افزایش عملکرد دانه کارایی در حدود ۹۱ درصد داشته و می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

این تحقیق با هدف، بررسی نحوه‌ی تأثیر متغیرهای مستقل مؤثر بر عملکرد در ذرت علوفه‌ای از طریق رگرسیون گام‌به‌گام بین عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به‌عنوان متغیر مستقل است و همچنین شاخص‌های گزینشی مختلف با استفاده از این صفات محاسبه و ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۶ در دو مزرعه تحقیقاتی ایستگاه طرق مشهد (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی) و ایستگاه تحقیقات امور دام شمال شرق کشور (عباس‌آباد) در دو شرایط بدون تنش شوری و تنش شور انجام شد. ۱۴ هیبرید ذرت علوفه‌ای (شامل ۱۲ هیبرید امیدبخش و ۲ رقم شاهد ۷۰۴ و ۷۱۵)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار ارزیابی شدند. برای تجزیه خاک مکان‌های اجرای آزمایش نمونه‌برداری از خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری ریشه به‌صورت تصادفی از ۵ نقطه زمین انجام و سپس با اختلاط نمونه‌ها یک نمونه مرکب تهیه و به همراه نمونه آب چاه به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تحویل گردید. جدول ۱ نتایج آزمون خاک و آب در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی طرق مشهد (شرایط غیر شور) و ایستگاه تحقیقات عباس‌آباد (شرایط شور) را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج تجزیه عصاره اشباع خاک و آب ایستگاه‌های تحقیقاتی مشهد و عباس‌آباد،۱۳۹۶

Table 1. Analysis of soil saturated paste and water of research stations of Mashhad and Abbas-Abad stations, 2017

مشخصات نمونه Samples characters		$CO3^{2+}$	HCO_3^-	CL^-	SO_4^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	K^+	pH	S.A.R	EC
		---------- m.eq / Lit ----------										ds/m	
نمونه خاک Soil	مشهد Mashad	0.0	2.5	23	-	12	14.4	9.1	16.4	2.88	7.9	6.2	1.54
	عباس‌آباد Abbas abad	16.12	3.75	170	–	32	37	155	69	1.77	8.03	26.3	21.9
نمونه آب Water	مشهد Mashad	0.0	3.7	3.2	2.9	2.8	3.8	3.2	6.6	0.04	7.2	1.7	1.05
	عباس‌آباد Abbas abad	0.0	5.8	35	12.21	3.6	9.6	39.6	13.2	0.21	7.39	15.4	4.95

صفات عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، شاخص کیفیت، تعداد کل برگ، قطر بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، طول بلال، قطر ساقه، تعداد بلال، ارتفاع کل، طول تاسل، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا ظهور کاکل روی ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی موردانداز‌ه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه واریانس آماری ساده و مرکب برای دو محیط آزمایشی و مقایسات میانگین آماری به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

به‌منظور شناختن شاخص انتخاب برای صفت موردنظر بایستی اهمیت نسبی اقتصادی صفت، واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی، کوواریانس ژنوتیپی و فنوتیپی میان صفات در دسترس باشد. شاخص‌های انتخاب بر اساس صفات واردشده در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام و با در نظر گرفتن ارزش‌های فنوتیپی، ژنتیکی و اقتصادی، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شدند.

$$I=\sum bi\ pi \qquad [۱]$$

در این رابطه bi ضرایب شاخصی و pi ارزش‌های فنوتیپی مربوط به هر صفت است. در شاخص بهینه، بردار b از رابطه (۲) محاسبه گردید (Baker, 1986)

$$b = p\text{-}1\ Ga \qquad [۲]$$

در این فرمول b بردار ضرایب شاخصی، p ماتریس واریانس – کوواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس-کواریانس ژنوتیپی صفات و a بردار ارزش‌های اقتصادی صفات است. بر این اساس و با توجه به ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی که بر اساس امید ریاضی تجزیه واریانس-کواریانس صفات در طرح مورداستفاده محاسبه گردید و میانگین صفات انتخابی از طریق تجزیه رگرسیونی، شاخص انتخاب برای ارقام مذکور محاسبه شد. ارزش‌های اقتصادی استفاده‌شده در این پژوهش شامل وراثت‌پذیری عمومی، ضرایب رگرسیون گام‌به‌گام، همبستگی فنوتیپی صفات با عملکرد و جایگذاری عدد یک است. دیگر شاخص انتخاب استفاده‌شده، شاخص پایه است. در این شـــاخص به‌جای ضرایب شـــاخصی، مستقیماً از ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده می‌گردد و مجموع حاصل‌ضرب ارزش‌هـــای اقتصادی در ارزش‌های فنوتیپی صفات هر فرد به‌عنوان شـــاخص آن فرد محاســـبه می‌شود. معیارهایی که برای ارزیابی این شاخص‌ها مورداستفاده قرار گرفتند عبارت‌اند از: ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی (RHI)، پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات برای هر شاخص (ΔH)، پیشرفت مورد انتظار برای هر صفت در اثر استفاده از شاخص (Δ) و درنهایت سودمندی شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای صفت عملکرد (RE).

همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی از رابطه (۳) محاسبه شد (Baker, 1986).

$$R_{HI}=\frac{\sigma_{HI}}{\sqrt{\sigma_I^2\times\sigma_H^2}}=\frac{\sigma_I}{\sigma_H} \qquad [۳]$$

که در آن به ترتیب σ_{HI}، σ^2_I و σ^2_H به ترتیب واریانس شاخص، واریانس ارزش اصلاحی و کوواریانس شاخص و ارزش اصلاحی است. در فرم ماتریس RHI از رابطه (۴) به دست می‌آید.

$$R_{HI}=\sqrt{\frac{a'Ga}{a'Pa}} \qquad [۴]$$

میزان بهره مورد انتظار از شاخص برای مجموع صفات نیز از رابطه (۵) به دست آمد؛ که در آن k دیفرانسیل گزینش در واحد استاندارد بوده و در این تحقیق چون شدت انتخاب ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است مقدار K معادل ۱/۷۶ قرار داده شد. σH انحراف معیار ارزش اصلاحی و RHI ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی است (Baker, 1986).

$$\Delta H=k\,r_{HI}\,\sigma_H \qquad [۵]$$

میزان پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت بر مبنای شاخص از رابطه (۶) محاسبه شد (Baker, 1986).

$$\Delta=\sqrt{\frac{k\,G\,b}{b'\,p\,b}} \qquad [۶]$$

ضریب همبستگی ژنتیکی عملکرد با شاخص از رابطه (۷) محاسبه شد (Baker, 1986).

$$r_{G(A)I}=\frac{\sigma_{G(A)I}}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)}\times\sigma_I^2}}=\frac{b'g}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)}\times b'Pb}} \qquad [۷]$$

که در این رابطه g بردار ستونی کوواریانس ژنتیکی عملکرد با سایر صفات موردمطالعه و $\sigma 2G(A)$ واریانس ژنتیکی صفت عملکرد است. کارایی نسبی گزینش بر اساس شاخص، نسبت به گزینش مستقیم برای عملکرد به کمک رابطه (۸) محاسبه شد (Baker, 1986).

$$RE=\frac{R_I}{R_A}=\frac{r_{G(A)I}}{h_A} \qquad [۸]$$

ابتدا ضرایب شاخص (b_i) مربوط به صفات بررسی‌شده (جداول ۲ و ۳) در شاخص اسمیت- هیزل و پسک -بیکر محاسبه شد، لازم به ذکر است که تفاوت بین شاخص‌ها در نحوه تخصیص وزنه‌های اقتصادی نسبی است که در شاخص اول برابر یک، در شاخص دوم برابر ضرایب صفات واردشده در

رگرسیون گام‌به‌گام، در شاخص سوم برابر وراثت‌پذیری صفات، در شاخص چهارم ضرایب مربوط به همبستگی صفات با عملکرد (Hazel, 1943; Smith et al., 1981) و شاخص پنجم مانند شاخص دوم است با این تفاوت که وزنه مربوط به عملکرد صفر می‌گیرد. در شاخص آخر (پسک-بیکر) از جذر واریانس ژنوتیپی در محاسبه شاخص استفاده شد (Baker, 1986) (جداول ۴ و ۵). سپس با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات مربوط به هر یک از ژنوتیپ‌ها در معادله شاخص، مقدار هر شاخص برای هر صفات مشخص گردید.

جدول ۲. ضرایب هریک از صفات در شاخص انتخاب در شرایط بدون تنش شوری در هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت (ایستگاه طرق مشهد)، ۱۳۹۶

Table 2. Coefficient of traits in selection index in non-stress condition in single cross hybrids of maize (Torogh Mashhad station), 2017

صفات	شاخص اسمیت – هیزل Smith- Hazel Index					شاخص بیکر Baker
Traits	1	2	3	4	5	6
عملکرد علوفه تر Wet Forage yield	1.426	0.013	0.76	1.01	-0.87	15.65
عملکرد علوفه خشک Dry Forage yield	-0.766	3.20	-0.36	-0.62	3.50	-7.59
تعداد برگ Number of leaves	-15.17	-8.17	-7.55	-1.37	-6.58	-218.59
تعداد بلال Number of ears	0.34	0.36	0.09	-0.19	0.61	3.35
ارتفاع بوته Plant height	0.69	0.75	0.33	-0.03	0.77	8.35
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	0.92	1.90	0.42	-0.58	2.36	6.26

جدول ۳. ضرایب هریک از صفات در شاخص انتخاب در شرایط تنش شوری در هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت (ایستگاه عباس‌آباد)،۱۳۹۶

Table 3. Coefficient of traits in selection index in salt stress condition in single cross hybrids of maize (Abbas- abad station), 2017

صفات	اسمیت – هیزل Smith- Hazel					شاخص بیکر Baker
Traits	1	2	3	4	5	6
عملکرد علوفه تر Wet Forage yield	27.81	10.30	44.96	-0.55	20.42	-56.35
طول بلال Ear length	14.55	4.90	22.88	-0.35	10.52	-26.37
تعداد برگ Number of leaves	14.59	4.81	22.49	0.21	10.11	-24.42
تعداد بلال Number of ear	-53.36	-18.22	-84.85	1.25	-38.92	99.34
ارتفاع بوته Plant height	2.19	0.64	3.34	-0.04	1.56	-3.25
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	-71.15	-24.03	-112.85	1.61	-51.87	130.53

جدول ۴. ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات برای محاسبه شاخص‌های گزینش در شرایط بدون تنش شوری در هیبریدهای ذرت (ایستگاه طرق مشهد)،۱۳۹۶

Table 4. Economical values of traits for calculating selection index in normal conditions in maize hybrids (Torogh Mashhad station), 2017

		ارزش‌های اقتصادی نسبی برای شاخص‌های گزینشی مختلف Economical values of traits for calculating selection index					
			اسمیت _ هیزل Smith= Hazel				شاخص بیکر Baker
Traits	صفات	1	2	3	4	5	6
Wet Forage yield	عملکرد علوفه تر	1	1	0.6	1	0	8.89
Dry Forage yield	عملکرد علوفه خشک	1	6.88	0.45	-0.27	6.88	3.89
Number of leaves	تعداد برگ	1	2.71	0.12	-0.25	2.71	0.25
Number of ear	تعداد بلال	1	0.57	0.24	0.44	0.57	4.44
Plant height	ارتفاع بوته	1	0.16	0.49	-0.02	0.16	15.82
Days to anthesis	تعداد روز تا گرده‌افشانی	1	-1.04	0.48	0.18	-1.04	1.84

ارزش‌های اقتصادی بالا به ترتیب زیر می‌باشند: ۱- عملکرد عدد یک، ۲- ضرایب صفات واردشده در رگرسیون استاندارد گام‌به‌گام، ۳- وراثت‌پذیری صفات واردشده در مدل رگرسیونی، ۴- همبستگی صفات واردشده در مدل رگرسیونی با عملکرد ۵- مانند حالت دوم با این تفاوت که به عملکرد به‌جای یک، صفر می‌گذاریم ۶- شاخص بیکر (جذر واریانس ژنوتیپی صفات).

Economical values above are: 1- yield of unit weight (no, 1), 2- coefficient of entered traits in standard stepwise regression, 3- heritability of traits enterd in regression model, 4- correlation coefficient between entered traits in regression model with yield, 5- like the state 2, but zero instead 1 for yield, 6-Baker index (root of genotypic variance of traits)

جدول ۵. ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات برای محاسبه شاخص‌های گزینش در شرایط تنش شوری در هیبریدهای ذرت (ایستگاه عباس‌آباد)،۱۳۹۶

Table 5. Economical values of traits for calculating selection index in salin conditions in maize hybrids (Abbas- abad station), 2017

		ارزش‌های اقتصادی نسبی برای شاخص‌های گزینشی مختلف Economical values of traits for calculating selection index					
			اسمیت _ هیزل Smith= Hazel				شاخص بیکر Baker
Traits	صفات	1	2	3	4	5	6
Wet Forage yield	عملکرد علوفه تر	1	1	0.66	1	0	2.24
Dry Forage yield	عملکرد علوفه خشک	1	0.33	0.13	0.023	-0.33	0.7
Number of leaves	تعداد برگ	1	-0.62	0.46	0.074	-0.62	0.52
Number of ear	تعداد بلال	1	0.44	0.68	0.743	0.442	3.25
Plant height	ارتفاع بوته	1	0.04	0.19	0.543	0.04	5.18
Days to anthesis	تعداد روز تا گرده‌افشانی	1	-0.172	0.5	-0.2	-0.172	1.86

ارزش‌های اقتصادی بالا به ترتیب زیر می‌باشند: ۱- عملکرد عدد یک، ۲- ضرایب صفات واردشده در رگرسیون استاندارد گام‌به‌گام، ۳- وراثت‌پذیری صفات واردشده در مدل رگرسیونی، ۴- همبستگی صفات واردشده در مدل رگرسیونی با عملکرد ۵- مانند حالت دوم با این تفاوت که به عملکرد به‌جای یک، صفر می‌گذاریم ۶- شاخص بیکر (جذر واریانس ژنوتیپی صفات).

Economical values above are: 1- yield of unit weight (no, 1), 2- coefficient of entered traits in standard stepwise regression, 3- heritability of traits entered in regression model, 4- correlation coefficient between entered traits in regression model with yield, 5- like the state 2, but zero instead 1 for yield, 6-Baker index (root of genotypic variance of traits)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس آماری مرکب شرایط شور و غیر شور حاکی از وجود تفاوت بسیار معنی‌دار ($p\leq0.01$) بین محیط‌های آزمایشی (شرایط نرمال و شور) به لحاظ کلیه صفات موردمطالعه بود (جدول۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین آماری صفات موردبررسی در شرایط شور و غیر شور نشان داد که میانگین کلیه صفات موردمطالعه به‌جز تعداد برگ و قطر ساقه در شرایط غیر شور برتری معنی‌داری نسبت به شرایط شور داشت به‌طوری‌که میانگین عملکرد علوفه تر و خشک در شرایط نرمال به ترتیب ۷۱/۶۹۵ و ۱۷/۰۷۱ و در شرایط شور به ترتیب ۲۵/۱۴۸ و ۵/۰۸۴ تن بر هکتار برآورد گردید (جدول ۷)؛ بنابراین ملاحظه می‌گردد اثرات زیان‌بار شوری به‌طور متوسط باعث افت ۶۰ تا ۶۵ درصدی عملکرد علوفه تر و خشک در هیبریدهای ذرت علوفه‌ای گردیده است. به‌منظور حذف اثر صفات بی‌اثر یا کم اثر در مدل رگرسیون بر روی صفت عملکرد علوفه تر، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد.

جدول ۶. تجزیه واریانس آماری مرکب عملکرد علوفه و صفات وابسته در هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت علوفه‌ای در شرایط شور و غیر شور،۱۳۹۶

Table 6. Combined analysis of variance for forage yield and related traits of maize single cross hybrids in saline and normal conditions, 2017

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد علوفه تر Wet forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	شاخص کیفی علوفه Forage quality index	تعداد دانه در ردیف Kernel number/row	تعداد ردیف دانه Rows number	طول بلال Ear lenght	تعداد برگ number of Leaves
محیط Environment(E)	1	83543.8**	11271.73**	0.052**	11418.017**	51.689**	1706**	32.86**
محیط/تکرار rep/envirnment	6	113.86	53.15	0.0044	18.64	0.963	4.35	0.733
ژنوتیپ Genotype(G)	13	180.78**	31.42**	0.0027^{ns}	61.58**	2.283^{ns}	6.15**	0.959**
محیط ×ژنوتیپ G × E	13	126.04**	32.136**	0.0038*	37.82**	2.388^{ns}	2.18^{ns}	0.440^{ns}
خطا Error	78	27.42	9.184	0.0016	12.48	1.809	2.443	0.382
Cv (%)		*11.80*	*20.05*	*13.37*	*10. 40*	*8.68*	*8.60*	*4.45*

Table 6. Continued

جدول ۶. ادامه

منبع تغییر S.O.V	درجه ازادی df	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بلال Ear height	ارتفاع بوته Plant height	طول تاسل Tassel length	روز تا ظهور گرده Days to anthesis	روز تا ظهور سیلک Days to silking
محیط Environment(E)	1	67.504**	101066.86**	56532.71**	638.74**	440.036**	252.00**
محیط/تکرار (rep/envirnment)	6	13.03	253.57	290.93	11.420	1.750	1.637
ژنوتیپ Genotype(G)	13	8.76**	63.58*	543.45**	15.133^{ns}	27.783**	25.981**
محیط ×ژنوتیپ G × E	13	5.41*	92.50**	565.94**	23.24^{ns}	0.0357^{ns}	0.000^{ns}
خطا Eerror	78	2.698	33.44	189.08	15.069	3.609	4.650
Cv (%)		*6.83*	*11.03*	*6.51*	*9.37*	*3.24*	*3.47*

* و **: اختلاف آماری معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns : اختلاف آماری غیر معنی‌دار

* significant differences ** and ,respectively at 0.05 and 0.01 probability levels

جدول ۷. مقایسه میانگین عملکرد علوفه و برخی صفات وابسته هیبریدهای ذرت علوفه‌ای در شرایط شور و غیر شور- ۱۳۹۶

Table 7. Means comparison test for forage yield and related traits of maize single cross hybrids in saline and normal conditions-2017

محیط Envirnment	عملکرد علوفه تر Wet forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	شاخص کیفی علوفه Forage quality index	تعداد دانه در ردیف Kernel number/row	تعداد ردیف دانه Rows number	طول بلال Ear lenght
غیر شور Normal	71.695 a	25.148 a	0.326 a	44.086 a	16.171 a	22.088 a
شور Salt stress	17.071 b	5.084 b	0.282 b	23.892 b	14.813 b	14.280 b

Table 7. Continued **جدول ۷. ادامه**

محیط Envirnment	تعداد برگ Number of leaves	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بلال Ear height	ارتفاع بوته Plant height	طول تاسل Tassel lenght	روز تا ظهور گرده Days to anthesis	روز تا ظهور سیلک Days to silking
غیر شور Normal	13.364 b	23.29 b	82.464 a	233.646 a	43.82 a	60.54 a	63.625 a
شور Salt stress	14.448 a	24.842 a	22.485 b	188.713 b	39.042 b	56.57 b	60.625 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف الفبای مشترک اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند

The means with at least one common alphabet letter had no significant differences

پس از بررسی هم‌راستایی متغیرهای اندازه‌گیری شده و حذف صفات مزاحم تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با در نظر گرفتن عملکرد علوفه تر به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل موردبررسی قرار گرفت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در شرایط بدون تنش و در گام اول صفت ارتفاع بوته با ضریب تبیین ۳۵/۷۱ درصد، در گام دوم صفت تعداد بلال با ضریب تبیین تجمعی ۶۳/۰۲ درصد، در گام سوم عملکرد علوفه خشک با ضریب تبیین تجمعی ۷۲/۳۸ درصد، در گام چهارم صفت تعداد روز تا گرده‌افشانی با ضریب تبیین تجمعی ۷۵/۶۷ درصد و در گام پنجم صفت تعداد کل برگ وارد مدل شدند که جمعاً ۷۷/۸۴ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد علوفه تر را توجیه نمودند (جدول ۸).

جدول ۸. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام با در نظر گرفتن عملکرد به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفات موردبررسی به‌عنوان متغیر مستقل در ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط بدون تنش شوری (ایستگاه طرق مشهد)، ۱۳۹۶

Table 8. Stepwise regression with yield as dependent variable and other traits as independent variables in maize genotypes under non-stress conditions (Torogh Mashhad station), 2017

	گام اول Step 1		گام دوم Step 2		گام سوم Step 3		گام چهارم Step 4		گام پنجم Step 5	
درجه آزادی Df	رگرسیون Regression 1	خطا Eror 54	رگرسیون Regression 2	خطا Eror 53	رگرسیون Regression 3	خطا Eror 52	رگرسیون Regression 4	خطا Eror 51	رگرسیون Regression 5	خطا Eror 50
صفت واردشده Enterd trait	ارتفاع بوته (X1) Plant height		تعداد بلال (X2) number of ear		عملکرد علوفه خشک (X3) Dry Forage yield		تعداد روز تا گرده‌افشانی (X4) Days to anthesis		تعداد برگ (X2) number of leaves	
MS	2307.59	76.9	2036.25	45.1	1559.01	34.3	1222.47	30.8	1006.05	28.4
مقدار F	29.99**		45.16**		45.41**		39.65**		35.13**	
(R^2)	35.71		63.02		72.38		75.67		77.84	

معادله رگرسیون Y = 70.30+6.88(X1)-2.712(X2)+0.571(X3)+0.155(X4)-1.041(X5)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns. *,**: non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively

در شرایط تنش صفت تعداد بلال با ضریب تبیین ۵۵/۲۶ و صفات طول بلال، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد کل برگ و ارتفاع بوته به ترتیب با ضرایب تبیین تجمعی ۶۴/۷۰، ۷۰/۱۲، ۷۲/۶۶ و ۷۶/۹۰ درصد وارد مدل رگرسیونی شدند (جدول ۹).

جدول ۹. رگرسیون گام‌به‌گام با در نظر گرفتن صفت عملکرد به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفات موردبررسی به‌عنوان متغیر مستقل در ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش شوری (ایستگاه عباس‌آباد)، ۱۳۹۶

Table 9. Stepwise regression with yield as dependent variable and other traits as independent variables in maize genotypes under salt stress conditions (Abbas- abad station), 2017

درجه آزادی Df	گام اول Step 1		گام دوم Step 2		گام سوم Step 3		گام چهارم Step 4		گام پنجم Step 5	
	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror
	1	54	2	53	3	52	4	51	5	50
صفت واردشده Enterd trait	تعداد بلال (X1) number of ear		طول بلال (X2) Ear lenght		تعداد روز تا گرده‌افشانی (X3) Days to anthesis		تعداد برگ (X4) number of leaves		ارتفاع بوته (X5) Plant height	
MS	160.03	3.48	88.11	3.24	61.95	3.12	48.58	3.02	40.65	2.90
مقدار F	45.93**		27.16--		19.85**		16.10**		14.02**	
R^2	55.26		64.70		70.12		72.66		76.90	
معادله رگرسیون Y = 14.16+0.330(X1)-0.620(X2)+0.442(X3)+0.04(X4)-0.172(X5)										

ns، *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns. *,**: non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively

در شرایط بدون تنش در شاخص اول بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی تجمعی از طریق واردکردن اطلاعات حاصل از صفات، مربوط به صفات ارتفاع بوته است، در این شاخص مقدار همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی (RHI) مطلوب و سودمندی نسبی (RE) مثبت برآورد شد (جدول ۱۰). با توجه به این شاخص، هیبریدهای شماره ۲، ۶، ۵، ۱۲ و ۴ به ترتیب بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). در شرایط تنش نیز، بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفت عملکرد علوفه خشک است، مقدار همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی (RHI) مطلوب و سودمندی نسبی (RE) مثبت مشاهده شد (جدول ۱۱). هیبریدهای شماره ۲، ۱۴، ۷، ۱ و ۵ به ترتیب بیشترین مقادیر را به خود دارا می‌باشند (جدول ۱۳).

در شاخص دوم که از ضرایب صفات در رگرسیون گام‌به‌گام استفاده‌شده و ضریب اقتصادی یک هم برای عملکرد منظور گردید در شرایط بدون تنش بالاترین پیشرفت ژنتیکی در این شاخص در صفت ارتفاع بوته مشاهده شد. همبستگی شاخص با ارزش ارثی در شاخص دوم خوب و دارای بیشترین بهره مورد انتظار بوده و کارایی نسبی گزینش نیز مطلوب و مثبت است (جدول ۱۰) در این شاخص بیشترین مقادیر را به ترتیب هیبریدهای ۳، ۲، ۵، ۸ و ۶ به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). در شرایط تنش، بالاترین پیشرفت ژنتیکی را صفت عملکرد علوفه خشک به خود اختصاص داد. همبستگی شاخص با ارزش ارثی در این شاخص خوب، کارایی نسبی گزینش نیز مطلوب و مثبت است (جدول ۱۱) هیبریدهای ۲، ۱۴، ۷، ۱ و ۵ به ترتیب بیشترین مقدار را در این شاخص دارا می‌باشند. (جدول ۱۳). خاوری خراسانی و مهدی پور (Khavari Khorasani and Mehdipour 2009) نتیجه گرفتند که مقدار سودمندی نسبی گزینش بر مبنای عملکرد دانه و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای کلیه صفات در شاخص دوم اسمیت هیزل در هر دو محیط بدون تنش و تنش رطوبتی نسبت به سایر شاخص‌ها بیشترین میزان بود. نتایج حاصله در این پژوهش با نتایج این پژوهشگران مطابقت دارد، با این تفاوت که مقادیر پیشرفت ژنتیکی در این پژوهش در هر دو شاخص دوم و پنجم نسبت به بقیه شاخص‌ها بالاتر بود و این تفاوت می‌تواند به خاطر شباهت زیاد این شاخص‌ها در نحوه محاسبه وزنه اقتصادی نسبی باشد.

برای شاخص سوم، از وراثت‌پذیری صفات بررسی‌شده که در مدل رگرسیون قرارگرفته‌اند استفاده شد. در شرایط بدون تنش بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفت ارتفاع بوته است. مقدار همبستگی شاخص با ارزش ارثی در حد مطلوب و کارایی نسبی گزینش مثبت است (جدول ۱۰). در این شاخص هیبریدهای شماره ۲، ۶، ۵، ۴ و ۱۲ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). در شرایط تنش صفات عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی را دارا می‌باشند. مقدار همبستگی شاخص با ارزش ارثی بیشترین مقدار در مقایسه با دیگر شاخص‌ها و کارایی نسبی گزینش مثبت است (جدول ۱۰). هیبریدهای شماره ۲، ۱۴، ۷، ۱ و ۵ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). علی‌نیا و همکاران (Alinia et al, 2016) اعلام کردند که در شاخص بهینه ۳ که ضرایب رگرسیون گام‌به‌گام به‌عنوان ضرایب اقتصادی در فرمول قرار داده شده است، بررسی معیارهای ارزیابی نشان می‌دهد مقادیر همبستگی ژنتیکی عملکرد و شاخص و سودمندی نسبی انتخاب در این شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها کمترین است. بنابراین شاخص بهینه ۳ نمی‌تواند معیار و یا مدل مناسبی برای انتخاب غیرمستقیم عملکرد باشد که با نتایج حاصله از این تحقیق تطابق ندارد و عدم تطابق ممکن است به دلیل متفاوت بودن مواد آزمایشی و شرایط آزمایش باشد.

در شاخص چهارم از همبستگی صفات با صفت عملکرد علوفه خشک به‌عنوان وزنه اقتصادی استفاده و ارزش اقتصادی یک برای عملکرد در نظر گرفته شد. در شرایط بدون تنش بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفت ارتفاع بوته است. همبستگی شاخص با ارزش ارثی در این شاخص از بقیه شاخص‌ها کمتر و کارایی نسبی گزینش مطلوب است (جدول ۱۰). هیبریدهای ۱۴، ۱۳، ۴، ۱۲ و ۱۰ به ترتیب بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). در شرایط تنش نیز، صفت تعداد بلال بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی را به خود اختصاص داده است. همبستگی شاخص با ارزش ارثی در این شاخص از بقیه شاخص‌ها کمتر و کارایی نسبی گزینش مطلوب است (جدول ۱۱). در این شاخص هیبریدهای ۱۳، ۳، ۴، ۱۰ و ۸ به ترتیب بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۳).

شاخص پنجم مانند شاخص دوم است با این تفاوت که عملکرد وزنه اقتصادی صفر می‌گیرد. در شرایط بدون تنش صفت ارتفاع بوته بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی را به خود اختصاص داد. همبستگی شاخص با ارزش ارثی و سودمندی در این شاخص بیشتر از دیگر شاخص‌ها است (جدول ۱۰). با توجه به مقادیر ضرایب شاخص انتخاب در ارزش فنوتیپی هر فرد، هیبریدهای ۳، ۵، ۲، ۸ و ۶ بیشترین مقدار را دارا می‌باشند (جدول ۱۲). در شرایط تنش نیز، بیشترین پیشرفت ژنتیکی را صفت عملکرد علوفه خشک دارا است. همبستگی شاخص با ارزش ارثی و سودمندی در این شاخص مطلوب است (جدول ۱۱). هیبریدهای ۲، ۱۴، ۷، ۱ و ۵ بیشترین مقدار را دارا می‌باشند (جدول ۱۳).

در شاخص ششم یا شاخص پسک_ بیکر، از جذر واریانس ژنوتیپی در محاسبه شاخص استفاده شد. در این شاخص صفت ارتفاع بوته بالاترین مقدار پیشرفت ژنتیکی را به خود اختصاص داد. همبستگی شاخص با ارزش ارثی و سودمندی نسبی گزینش مطلوب است (جدول ۱۰). در این شاخص هیبریدهای ۲، ۶، ۵، ۳ و ۱۲ بیشترین مقدار را دارا می‌باشند (جدول ۱۲). در شرایط تنش، صفت تعداد بلال بالاترین مقدار پیشرفت ژنتیکی را به خود اختصاص دادند. همبستگی شاخص با ارزش ارثی و سودمندی نسبی گزینش مطلوب است (جدول ۱۱). هیبریدهای ۱۳، ۳، ۴، ۱۰ و ۸ بیشترین مقدار را دارا می‌باشند (جدول ۱۳).

بهره مورد انتظار برای هر شاخص جهت بهبود هم‌زمان تمامی صفات موردبررسی نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش شاخص بهینه ۲ و در شرایط تنش شاخص بهینه ۴ دارای بیشترین بازده ژنتیکی بوده است و دیگر شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند و شاخص پسک بیکر رتبه آخر را به خود اختصاص داد؛ 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 است. نتایج به‌دست‌آمده با مطالعات ربیعی (Rabiee, 2004) مطابقت دارد. نتایج پژوهش‌های وی نشان داد شاخص‌های بهینه می‌توانند به پاسخ بیشتری نسبت به شاخص‌های پایه منجر شوند. چاندار و همکاران (Chandra et al., 2004) نیز در مطالعه‌ای برای بهبود عملکرد بادام‌زمینی نتیجه گرفتند که استفاده از شاخص انتخاب نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد برتری دارد. در پژوهشی که روی دو گروه ذرت انجام شد، صفات عملکرد، طول سنبله، ارتفاع گیاه و ۵۰ درصد گلدهی، واریانس و کوواریانس ژنوتیپی برآورد گردید و پس‌ازآن شاخص‌های

انتخابی با وزن‌های متفاوت برای پیشبرد عملکرد محاسبه شد. پس از محاسبه همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی و پارامترهای دیگر، نشان داده شد که نوعی شاخص با وزن‌های نسبت داده شده ۱-، ۱-، ۰/۶ به ترتیب برای صفات طول خوشه، ارتفاع گیاه و ۵۰ درصد گلدهی بهترین شاخص جهت رسیدن به حداکثر پیشرفت ژنتیکی است (Nawor,et al., 1991)

جدول ۱۰. میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای هر صفت در اثر استفاده از شاخص بهینه، همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی، بهره مورد انتظار و مقدار کارایی نسبی گزینش شاخص بر مبنای شدت انتخاب ۱۰ درصد (K=1.76) در شرایط بدون تنش شوری (ایستگاه طرق مشهد)،۱۳۹۶.

Table 10. Expected genetic gain for each traits by improved index, correlation between index with additive value, expected gain and relative efficiency of selection index based on 10 percent of selection intensity (k=1.76) in normal condition (Torogh Mashhad station), 2017

شاخص index	میزان پیشرفت ژنتیکی صفات (ΔG) Genetic gain of traits						همبستگی شاخص با ارزش ارثی (R_{HI}) Correlation between index with additive value	بهره مورد انتظار (ΔH) Expected gain	سودمندی نسبی گزینش (RE) Relative efficiency of selection index
	عملکرد علوفه تر Dry Forage yield	عملکرد علوفه خشک Wet Forage yield	تعداد برگ Number of leaves	تعداد بلال Number of Ear	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis			
1	13.07	4.24	-0.24	2.84	25.99	1.39	0.9	47.30	0.49
2	14.45	4.45	-0.25	2.55	22.84	-1.38	0.74	50.92	1.20
3	13.02	4.35	-0.23	2.68	26.04	1.40	0.9	23.82	0.45
4	12.08	6.95	-0.01	2.31	28.57	4.07	0.71	11.36	0.77
5	16.45	4.08	-0.34	3.01	23.33	-2.93	3.93	35.66	2.05
بیکر Baker	0.04	0.01	0.001	0.01	0.1	0.003	0.92	1.76	0.49

جدول ۱۱. میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای هر صفت در اثر استفاده از شاخص بهینه، همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی، بهره مورد انتظار و مقدار کارایی نسبی گزینش شاخص بر مبنای شدت انتخاب ۱۰ درصد (K=1.76) در شرایط تنش شوری (ایستگاه عباس‌آباد)،۱۳۹۶

Table 11. Expected genetic gain for each traits by improved index, correlation between index with additive value, expected gain and relative efficiency of selection index based on 10 percent of selection intensity (k=1.76) in saline condition (Abbas- abad station), 2017

شاخص index	میزان پیشرفت ژنتیکی صفات (ΔG) Genetic gain of traits						همبستگی شاخص با ارزش ارثی (R_{HI}) Correlation between index with additive value	بهره مورد انتظار (ΔH) Expected gain	سودمندی نسبی گزینش (RE) Relative efficiency of selection index
	عملکرد علوفه تر Dry Forage yield	عملکرد علوفه خشک Wet Forage yield	تعداد برگ Number of leaves	تعداد بلال Number of Ear	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis			
1	13.16	15.31	13.44	-15.82	13.28	-15.81	6.15	-33.98	0.94
2	4.76	5.13	4.78	-6.28	4.76	-5.25	2.26	-10.93	1.14
3	0.92	0.92	0.90	-0.41	0.89	-0.91	12.37	-53.99	0.97
4	82.12	-86.55	-82.08	112.03	-82.01	88.45	0.19	0.57	1.26
5	73.12	74.69	72.58	-101.18	72.75	-75.95	3.93	-24.80	0.95
شاخص بیکر Baker index	-43.82	-45.95	-43.74	58.63	-43.73	46.89	1.86	-58.30	1.19

جدول ۱۲. مقادیر عملکرد، شاخص‌های انتخاب و رتبه هر ژنوتیپ (اعداد داخل پرانتز) در شرایط بدون تنش شوری در ذرت (ایستگاه طرق مشهد)، ۱۳۹۶

Table 12. Yield, selection indices and rank of each genotype (numbers in parenthesis) in normal condition in maize (Torogh Mashhad station), 2017

ژنوتیپ Genotype	عملکرد Yield (ton/ha)	شاخص (Index)					
		اسمیت _ هیزل Smith Hazel					شاخص بیکر Baker
		1	2	3	4	5	6
1	83.51(2)	17.53	301.43	-2.90	-95.28	383.50	-566.56
2	79.15(4)	38.71(1)	316.68(2)	7.35(1)	-94.54	397.96(3)	-297.59(1)
3	80.49(3)	27.73	323.48(1)	2.85	-94.44	402.71(1)	-395.53(4)
4	66.15	29.78(5)	284.95	3.89(4)	-88.90(3)	361.88	-413.93
5	85.62(1)	32.31(3)	316.21(3)	4.04(3)	-95.27	398.24(2)	-375.52(3)
6	72.25	33.99(2)	307.19(5)	5.78(2)	-91.91	385.61(5)	339.10(2)
7	74.80(5)	14.91	290.74	-3.73	-91.97	369.93	-580.19
8	74.74	19.30	310.14(4)	-2.37	-97.43	394.05(4)	-553.33
9	86.47	11.34	271.03	-5.99	-91.66	351.73	-655.21
10	64.34	15.28	266.07	-4.03	-91.79(5)	346.45	-624.02
11	70.91	28.02	302.22	2.05	-94.63	384.18	-436.88
12	64.87	30.19(4)	283.94	3.52(5)	-90.60(4)	363.07	-412.84(5)
13	59.49	12.18	264.56	-5	-89.62(2)	343.13	-642.98
14	58.94	-1.41	258.60	-11.17	88.35(1)	335.46	-794.75

* تعداد ژنوتیپی که جزء ۲۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و هر شاخص می‌باشند (۵ ژنوتیپ). اعداد داخل پرانتز رتبه هر ژنوتیپ می‌باشند

*The selected genotypes for each index are 20 percent of the best ones (5 genotypes). The no inside parenthesis are the rank of each genotypes

جدول ۱۳. مقادیر عملکرد، شاخص‌های انتخاب و رتبه هر ژنوتیپ (اعداد داخل پرانتز) در شرایط تنش شوری در ذرت (ایستگاه عباس‌آباد)، ۱۳۹۶

Table 13. Yield, selection indices and rank of each genotype (numbers in parenthesis) in saline condition in maize (Abbas- abad station), 2017

ژنوتیپ Genotype	عملکرد Yield (ton/ha)	شاخص (Index)					
		اسمیت _ هیزل Smith Hazel					شاخص بیکر Baker
		1	2	3	4	5	6
1	18.23(4)	-4275.38(4)	-1469.38(4)	-6823.71(4)	105.91	-3134.36(4)	8058.14
2	14.98	-4111.85(1)	-1412.78(1)	-6562.59(1)	102.02	-3014.72(1)	7747.84
3	21.67(1)	-4532	-1557.54	-7231.52	111.56(2)	-3320.98	8537.87(2)
4	19.41(2)	-4474.91	-1537.75	-7140.41	110.12(3)	-3279.45	8429.43(3)
5	19.32(3)	-4339.06(5)	1492.45(5)	-6926.54(5)	107.88	-3181.3(5)	8186.80
6	16.44	4403.21	-1512.38	-7025.41	108.92	-3227.04	8290.28
7	17.34	-4241.22(3)	-1458.38(3)	-6769.51(3)	104.87	-3109.08(3)	7997.94
8	16.88	-4446.27	-1526.78	-7093.68	109.59(5)	-3258.33	8368.03(5)
9	13.75	-4380.59	-1505.38	-6991.03	108.62	-3211.27	8254.81
10	15.08	-4451.38	-1527.86	-7101.06	109.66(4)	-3261.99	8372.84(4)
11	15.49	-4445.54	-1526.43	-7092.22	109.56	-3257.73	8365.71
12	16.19	-4439.73	-1525.49	-7084.33	109.21	-3253.84	8362.30
13	17.88(5)	-4771.29	-1637.55	-7640.44	117.39(1)	-3495.66	8972.14(1)
14	16.34	-4112.98(2)	-1414.47(2)	-6566.06(2)	102.55	-3016.17(2)	7760.21

* تعداد ژنوتیپی که جزء ۲۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و هر شاخص می‌باشند (۱۲ ژنوتیپ). اعداد داخل پرانتز رتبه هر ژنوتیپ می‌باشند

*The selected genotypes for each index are 20 percent of the best ones (12 genotypes). The no inside parenthesis are the rank of each genotypes

نتیجه‌گیری نهایی

در میان شاخص‌های محاسبه‌شده شاخص اسمیت – هیزل نسبت به شاخص پسک – بیکر در هر دو شرایط تیماری موردمطالعه بهتر بود. در بین شاخص‌های اسمیت – هیزل در شرایط بدون تنش بیشترین کارایی نسبی گزینش وقتی به دست آمد که از ضرایب صفات واردشده در رگرسیون گام‌به‌گام به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی شاخص استفاده شد و در شرایط تنش نیز بیشترین کارایی نسبی گزینش زمانی بود که از همبستگی صفات واردشده در مدل رگرسیونی با عملکرد به‌عنوان ارزش اقتصادی استفاده گردید.

بیشترین مقدار کارایی نسبی گزینش در شرایط بدون تنش در شاخص شماره ۵ (هیبریدهای شماره ۳، ۵، ۲، ۸ و ۶) و در شرایط تنش شوری در شاخص شماره ۴ (هیبریدهای شماره ۱۳، ۳، ۴، ۱۰ و ۸) برآورد شد. بعلاوه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری ژنوتیپ شماره ۲ توسط بیشتر شاخص‌های گزینشی موردمطالعه به‌عنوان برترین ژنوتیپ گزینش شد. درنهایت بر اساس مقادیر عملکرد دانه و شاخص‌های انتخاب بهینه و پایه ۲۰ درصد از ژنوتیپ‌های برتر توسط هر شاخص انتخاب شدند.

بهره مورد انتظار برای هر شاخص جهت بهبود هم‌زمان تمامی صفات موردبررسی نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش شاخص بهینه ۲ و در شرایط تنش شاخص بهینه ۴ دارای بیشترین بازده ژنتیکی بوده است و دیگر شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند و شاخص پسک بیکر رتبه آخر را به خود اختصاص می‌دهد؛ 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 است.

منابع

Alinia, N., Bagheri, A., Moshtaghi, N., Khavari Khorasani, S., 2016. Evaluation of yield and related traits in new forage maize hybrids (Zea mays L.) by principal component analysis. The Second National Congress on the Development of Agricultural Sciences and Natural Resources. May 11, 2016, Gorgan, Iran. [In Persian].

Asghar, M.J., Mehdi, S.S., 2010. Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. Pakistan Journal of Botani. 42(2), 775-789.

Baker, R.J., 1986. Selection Indices in Plant Breeding. CRC Press. Inc. 218p.

Caker, R., 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005

Chandra, S., Nigma, S.N., Cruickshank, A.W., Bandyopadhyaya, A., Harikrishna, S., 2003. Selection index for identifying high-yielding groundnut genotypes in irrigated and rainfed environments. Annals of Applied Biology. 143, 303-310. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00298.x

Dorraji, S.S., Golchin, A., Ahmadi, S. 2010. The effects of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. CLEAN–Soil, Air, Water, 38(7), 584-591. https://doi.org/10.1002/clen.201000017.

Eshghi, R., Ojaghi, J., Salayeva, S., 2011. Genetic gain through selection indices in hulless barley. International Journal of Agriculture and Biology. 13, 191-197.

Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., Siddique, K.H., 2015. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms and management. A review. Agronomy for Sustainable Development. 35(2), 461-481. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0287.

Falconer, D.S., 1989. Introduction to Quantitative Genetics. 3rd ed. Longman, Newyork.

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh, H., Rahimsouroush, H., 2007. Use of coefficient path analysis for base and optimum selection indices in rice. Journal of Agricultural Science, 17, 97-112. [In Persian with English Summary].

Golbashy, M., Shoa Hosseini, M., Khavari Khorasani, S., Farsi, M., Zarabi, M., 2009. Effect of drought stress on yield, yield components, morphological traits of single cross and three way cross of corn. Abstract book of the National Conference on Consumption Pattern Reforms in Agriculture and Natural Resources. P: 225. DOR:

20.1001.1.22286128.1393.6.14.4.5 [In Persian with English Summary].

Gravois, K.A., McNew, R.W., 1993. Genetic relationship among and selection for rice yield and yield component. Crop Science. 33, 249-252. https://doi.org/10.2135/cropsci1993.0011183X003300020006x

Hoffman, G.J., Mass, E.V., Prichard, T.L., Meyer, J.L., Roberts, R., 1983. Salt tolerance of Corn in the Delta. California Agriculture. 37, 10-11. https://doi.org/10.1007/BF00285555

Jannink, J.L., Orf, J.H., Jordan, N.R., Shaw, R.G., 2000. Index selection for weed suppressive ability in soybean. Crop Science, 40,1087-1094 https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4041087x

Kaddah, F., Malek, T., 1961. Salinity effects on the groth of corn at different stages of development. Agronomy Journal. 56, 214-217. https://doi.org/10.26855/ijfsa.2020.06.008

Khavari Khorasani, S., Musayabadi, J., Mahdi Nejad, N., Ismaili, A., Siah Sar, B., 2009. Grouping of new maize hybrids (*Zea mays*. L.) based on morphological traits, yield and its components. Journal of Agricultural Ecology. 4(2), 616-609. [In Persian with English Summary].

Kumar, S., Malik, S.S., Jeena, A.S., Malik, S.K., 2008. Interrelationships among the yield attributes and intergeneration correlation as a mean of testing effectiveness of early generation testing in wheat (*T. aestivum* L.). Progressive Research, 3, 25-30. https://doi.org/30.9877/jpr 2008.31.771.

Molazem, D., 2013. Growth and accumulation of sodium in some genotypes of maize (*Zea mays* L) under salt stress and evaluate the correlation between them. Life Science Journal. 10, 21-25. https://doi.org/10.1525.013.sj.053.013.

Monirifar, H., 2010. Evaluation of selection indices for Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Notulae Scientia Biologicae. 2, 84-87. https://doi.org/10.15835/nsb213563.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Reviews in Plant Biology, 59, 651-81. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.

Nawor, A.A., Ibrahim, M.E., Khalili, A.N.M., 1991. The efficiency of three conventional selection indices in corn. Annals of Agricultural Scienc, 29, 63-75. https://doi.org/10.1991/s11032-991-0681-1

Rabiei, B., Valizadeh, M., Ghareyazie, B., Moghaddam, M., 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. Field Crops Research, 89, 359-367. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.016.

Rezaei, A., 1994. Selection indicators in plant breeding. Proceedings of the 3rd Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding, University of Tabriz, p.13. [In Persian].

Saburi, H., Rabiei, B., Fazlalipour, M., 2008. Use of selection indices based on multivariate analysis for improving grain yield in rice. Rice Science, 15, 303-310. [In Persian with English Summary]

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

Yu, X., Liao, Y., Oladipo, I.O., 2014. Effect of salinity water irrigation on maize growth in northwest region. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 6, 300-305.

Younesi, O., Sharifzadeh F., Fattahi Nisyani. F., 2009. A study of root allelopathic effects of cool season crops on seedling emergence and early growth of sorghum (*Sorghum bicolor*), corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). Iranian Journal of Field Crop Science. 40(3), 56-63. [In Persian with English Summary].