ارزیابی شاخص‌های انتخاب برای بهبود ژنتیکی عملکرد دانه هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی

سعید خاوری خراسانی[۱،*] و عبدالناصر مهدی پور[۲]

۱- 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

۲- کارشناس، 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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۰۴ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵)

چکیده

انتخاب بر اساس شاخص مناسب می‌تواند یکی از روش‌های موثر جهت گزینش غیر مستقیم برای بهبود همزمان عملکرد و اجزای آن باشد. به منظور تعیین شاخص انتخاب برای اصلاح ژنتیکی عملکرد، ۶۰ هیبرید سینگل کراس ذرت دانه ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شرایط تنش خشکی و بدون تنش (شاهد) در قالب دو آزمایش مجزا در ایستگاه طرق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی کشت شدند. شاخص‌های انتخاب براساس صفات وارد شده در تجزیه رگرسیون گام به گام و با در نظر گرفتن ارزشهای فنوتیپی، ژنتیکی و اقتصادی محاسبه شدند. براساس نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش صفات رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، عمق دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و طول تاسل جمعا ۶۰/۶۸ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را تبیین نمودند، در حالیکه در شرایط تنش صفات تعداد دانه در ردیف بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وزن هزاردانه، طول بلال و تعداد برگ بالای بلال در مجموع ۶۳/۷۷ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه نمودند که در محاسبه شاخص انتخاب مورد استفاده قرار گرفتند. از ۵ شاخص انتخاب بهینه (اسمیت–هیزل) و یک شاخص انتخاب پایه (پسک- بیکر) برای گزینش ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش رطوبتی و غیر تنش استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار سودمندی نسبی گزینش بر مبنای عملکرد و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای کلیه صفات در شاخص دوم اسمیت هیزل در هر دو محیط غیر تنش و تنش، نسبت به سایر شاخص‌ها بیشترین میزان بود. براساس مقادیر عملکرد دانه و شاخص‌های انتخاب بهینه و پایه ۲۰ درصد از ژنوتیپ‌های برتر توسط هر شاخص انتخاب شدند. برمبنای نتایج حاصله در شرایط غیرتنش ژنوتیپ ۶۰ (رقم تجاری سینگل کراس ۷۰۴) توسط تمامی شاخص‌ها به عنوان برترین ژنوتیپ و در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های متفاوتی به عنوان برترین‌ها توسط شاخص‌های مختلف انتخاب گردیدند که می‌توان به ژنوتیپ‌های ۱۶ (ME77006/1×K1263/1)، ۲۲ (ME77006/1×K1263/1) و ۳۴ (ME78005/2× A679) اشاره کرد که لااقل توسط ۲ یا ۳ شاخص گزینشی مختلف برای شرایط تنش رطوبتی برگزیده شده‌اند.

واژگان کلیدی: ارزش اصلاحی، سودمندی نسبی، صفات زراعی، گزینش

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **s.khavari@arreo.ir**

مقدمه

تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و نمو و عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران شناخته شده است (Shaw, 1988). کاهش مقدار آب قابل دسترس گیاه منجر به تنش خشکی و بروز تغییرات نامناسب مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه می‌گردد. خسارت وارده به گیاهان زراعی در اثر تنش‌های حرارتی، خشکی و شوری در سطح جهان گسترده می‌باشد و تنش خشکی به منزله کمبود آب در گیاه بوده و این وضعیت هنگامی ایجاد می‌گردد که میزان تعرق از میزان جذب آب تجاوز نماید (Poor Mousavi *et al*., 2009). کاهش عملکرد دانه ذرت بر اثر تنش خشکی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بالغ بر ۵۰ درصد برآورد گردیده است (Kumar *et al*., 2016). در شرایط تنش کم آبی شناسایی صفات مهم که از همبستگی بالایی با عملکرد برخوردار باشند، اهمیت بسزایی در تحقیقات اصلاحی دارد، زیرا عملکرد تحت تاثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد (Rabiei *et al*., 2004). عملکرد، صفتی کمی است و بهبود ژنتیکی در آن از طریق گزینش مستقیم، وقت‌گیر است (Banaei *et al*., 2016). استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر انتخاب غیر مستقیم باشد (Modarresi *et al*.,2004). از موثرترین روش‌های انتخاب غیرمستقیم جهت بهبود عملکرد به همراه صفات مؤثر بر آن، استفاده از شاخص انتخاب است (Rabiei *et al*., 2004). در بیشتر برنامه‌های به‌نژادی، بهبود چندین صفت به صورت همزمان در نظر گرفته می‌شود. بهبود یک صفت ممکن است باعث پیشرفت مثبت یا منفی صفات دیگر شود (Asif *et al*., 2003). چون عملکرد تحت کنترل ژن‌های زیادی می‌باشد عملا گزینش‌های غیرمستقیم می‌تواند به بهبود ژنتیکی آن منجر گردد. یکی از مؤثرترین روش‌های غیرمستقیم گزینشی، بهره‌گیری از شاخص‌های انتخاب می‌باشد (Smith *et al*., 1981).

از نظر تئوری، برای این که صفتی بتواند معیاری مناسب بـرای گـزینش در برنامـه‌های اصلاح عملکرد باشد، باید همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشد و وراثت‌پـذیری آن در حـد قابل قبول و بیش از عملکـرد باشـد (Dorri *et al*, 2014 ; Hallauer *et al*., 2010). استفاده از شاخص‌های انتخاب در گیاهان برای اولین بار توسط اسمیت (Smith, 1936) با استفاده از مفهوم تابع تشخیص مطرح شد. سپس هیزل (Hazel, 1943) مدل انتخاب همزمان را با استفاده از روش تجزیه رگرسیون چند متغیره گسترش داد و متعاقباً روش‌های پیشرفته‌تری در شاخص‌های انتخاب بیان شد و مورد استفاده قرار گرفت. بیکر (Baker, 1986) عنوان کرد که در واقع شاخص انتخاب عبارت است از یک معادله خطی در قالب مدل رگرسیون چند متغیره برای برآورد ارزش اصلاحی یک گیاه، لاین یا رقم بر مبنای اطلاعات یا خصوصیاتی که قابل جمع‌آوری باشد. شاخص انتخاب امتیازی است که شایستگی و عدم شایستگی صفات مختلف را منعکس می‌کند به عبارتی یک ترکیب خطی از ارزش‌های فنوتیپی است که با ضرایبی وزین می‌شود و انتخاب در بین ژنوتیپ‌ها بر اساس ارزش نسبی امتیاز شاخص انجام می‌شود. اصلاح‌کنندگان به منظور آنکه انتخاب برای عملکرد از قابلیت اعتماد بیشتری برخوردار باشد، سعی دارند که آن دسته از معیارهای انتخاب را شناسایی کنند که بیشتر روی اثر همزمان چند صفت بر عملکرد متمرکز شوند تا حداکثر ارزش اقتصادی حاصل شود. شاخص‌های انتخاب گیاهی توسط اسمیت و بر مبنای مفهوم تابع تشخیص فیشر استنباط شده است (Fazlalipour, *et al*., 2007a).

در بیشتر برنامه‌های به نژادی، بهبود چندین صفت به صورت همزمان در نظر گرفته می‌شود. بهبود یک صفت ممکن است باعث پیشرفت مثبت یا منفی صفات دیگر شود. بنابراین توجه به این تغییرات به ویژه در صفات عمده زراعی اهمیت ویژه دارد (Asif *et al*., 2003). هیزل (Hazel., 1943) مدل انتخاب همزمان را با استفاده از روش تجزیه ضرایب مسیر گسترش داد. به طور کلی انتخاب همزمان برای همه خصوصیات مهم، همراه با در نظر گرفتن ارزش‌های اقتصادی و قابلیت‌های توارث آنها و همچنین

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات مختلف، مؤثرترین روش گزینش می‌باشد. هدف از ساختن یک شاخص، یافتن ترکیب خطی از ارزش‌های فنوتیپی است به طوری که بهره مورد انتظار از نظر ارزش واقعی به حداکثر برسد (Rezaee, 1994).

در پژوهش پاک‌نیت و همکاران (Pakniyat *et al.*, 2013) که با هدف ارزیابی مدل برای شناسایی ارتباط بین عملکرد و صفات وابسته در ذرت انجام شد، صفات طول تاسل، ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن هزار دانه به کمک رگرسیون گام به گام وارد مدل شدند. همچنین نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفات سطح برگ و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دارند. مصطفی و همکاران (Mustafa *et al.*, 2015) در آزمایشی صفات مرتبط با رشد را با هدف ارزیابی ارقام ذرت مقاوم به تنش خشکی و بیماری بررسی نمودند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که بیش از ۸٦ درصد واریانس تغییرات به وسیله ٤ مولفه اول توجیه شدند. همچنین نتایج جدول بردارهای ویژه نشان داد در مولفه اول بیشترین مقادیر مربوط به صفات طول ریشه‌های تازه و تراکم ریشه می‌باشند. خاوری خراسانی و همکاران (Khavari Khorasani *et al.*, 2011) نیز در ارزیابی ۳٤ رقم هیبرید سینگل‌کراس ذرت وجود ۷ مولفه اصلی را که توجیه کننده بیش از ۸۵/۱۲ تغییرات واریانس کل بود، معرفی نمودند. عشقی و همکاران (Eshghi *et al.*, 2011) با 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 می‌باشد پیشرفت ژنتیکی در عملکرد دانه و صفاتی مانند تعداد پنجه و ارتفاع بوته حداکثر خواهد بود. در پژوهشی فضلعلی پور و همکاران (Fazlalipour *et al.*, 2007b) از گزینش همزمان برای چند صفت به منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی جمعیت برنج استفاده و نتیجه گرفتند که استفاده از یک شاخص گزینش بر مبنای صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه‌پر در خوشه، وزن صد دانه و تعداد خوشه در بوته می‌تواند موجب افزایش ارزش اقتصادی جمعیت شود. ربیعی و همکاران (Rabiee *et al.*, 2004) 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 در نهایت استفاده از شاخص پایه را به دلیل سادگی ساختار و سهولت محاسباتی توصیه نمودند. در پژوهش دیگری فضلعلی پور و همکاران (Fazlalipour *et al.*, 2007a) با برآورد پنج شاخص گزینشی مختلف در برنج بر اساس دو شاخص بهینه و پایه نشان دادند که با استفاده از گزینش بر مبنای صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه پر در خوشه، با توجه به اثرات مستقیم ژنتیکی (ضرایب علیت ژنتیکی) و وراثت‌پذیری آنها به عنوان ارزش‌های اقتصادی، می‌توان به شاخص‌های برتر و مناسب جهت اصلاح جمعیت دست یافت. درانی و همکاران (Dorrani, *et al.*, 2017) در آزمایشی ۳۰۵ لاین خالص گندم حاصل از تلاقی ارقام روشن و فلات را تحت شرایط تنش خشکی مطالعه نمودند و نتیجه گرفتند کارآیی نسبی گزینش و بهره مورد انتظار از شاخص با استفاده از شاخص اسمیت –هیزل نسبت به شاخص پسک–بیکر بیشتر بود. بنابراین استفاده از شاخص بهینه می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی گندم مؤثر باشد. در پژوهش ناور و همکاران (Nawor *et al.*, 1991) روی دو گروه ذرت و پس از محاسبه همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی و پارامترهای گزینش معلوم گردید که در نوعی شاخص وزن‌های نسبت داده شده ۱–، ۱– و ۰/٦ به ترتیب برای صفات طول خوشه، ارتفاع گیاه و ۵۰ درصد گلدهی بهترین شاخص جهت رسیدن به حداکثر پیشرفت ژنتیکی است. در مطالعه‌ای (Asghar and Mehdi, 2010) که به منظور 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. مدرسی و همکاران Modarresi *et al.*,

(2004) در پژوهشی بر روی ۱۳ هیبرید ذرت دانه‌ای با استفاده از شاخص‌های انتخاب نتیجه گرفتند که در هر دو نوع شاخص انتخاب مورد بررسی صفات فیزیولوژیک شامل میزان جذب و تحلیل خالص، سرعت رشد و سرعت رشد نسبی گیاه زراعی از جمله صفات بسیار مهم تشکیل دهنده شاخص‌های انتخاب برتر بودند.

این پژوهش با هدف تعیین شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های سینگل‌کراس ذرت بمنظور افزایش عملکرد دانه تحت شرایط رطوبتی نرمال و تنش کم آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی میزان تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های ذرت دانه‌ای، آزمایشی در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اجرا گردید. در این پژوهش ۶۰ هیبرید سینگل‌کراس ذرت دانه‌ای شامل ۵۷ ترکیب سینگل‌کراس حاصل از تلاقی ۳۱ لاین اینبرد مادری مختلف با دو لاین پدری K1263/1 و A679 به همراه سه هیبرید تجاری KSC704، کارون و مبین به عنوان شاهد (جدول۱) در دو شرایط تنش خشکی (کم آبیاری) و آبیاری مطلوب در قالب دو طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جدول ۱- اسامی ترکیبات هیبرید سینگل‌کراس ذرت دانه ای مورد مطالعه

Table 1. List of experimental single cross maize hybrids

شماره هیبرید Hybrid number	مشخصه ترکیب Hybrid name	شماره هیبرید Hybrid number	مشخصه ترکیب Hybrid name
1	ME78002/4×K1263/1	31	ME78002/4×A679
2	ME78003/1×K1263/1	32	ME78003/1×A679
3	ME78004/4×K1263/1	33	ME78004/4× A679
4	ME78007/4×K1263/1	34	ME78005/2× A679
5	ME78008/1×K1263/1	35	ME78007/4× A679
6	ME78009/4×K1263/1	36	ME78009/4× A679
7	ME78010/1×K1263/1	37	ME78010/1× A679
8	ME78011/4×K1263/1	38	ME78011/4× A679
9	ME78012/3×K1263/1	39	ME78012/3× A679
10	ME78013/2×K1263/1	40	ME78013/2× A679
11	ME78016/4×K1263/1	41	ME78015/4× A679
12	ME77001/3×K1263/1	42	ME78016/4× A679
13	ME77002/4×K1263/1	43	ME77001/3× A679
14	ME77003/1×K1263/1	44	ME77002/4× A679
15	ME77004/5×K1263/1	45	ME77003/1× A679
16	ME77006/1×K1263/1	46	ME77004/5× A679
17	ME77007/3×K1263/1	47	ME77006/1× A679
18	ME77008/3×K1263/1	48	ME77007/3× A679
19	ME77010/2×K1263/1	49	ME77008/3× A679
20	ME77011/3×K1263/1	50	ME77010/2× A679
21	ME77012/1×K1263/1	51	ME77011/3× A679
22	ME77013/3×K1263/1	52	ME77012/1× A679
23	ME77014/5×K1263/1	53	ME77014/5× A679
24	ME77015/5×K1263/1	54	ME77015/5× A679
25	ME77017/1×K1263/1	55	ME77017/1× A679
26	ME77017/3×K1263/1	56	ME77017/3× A679
27	ME77019/1×K1263/1	57	ME77019/1× A679
28	ME77022/1×K1263/1	58	ME77022/1× A679
29	Karon hybrid variety رقم هیبرید کارون	59	K19×K3651
30	Mobin hybrid variety رقم هیبرید مبین	60	KSC704

شایان ذکر است که لاین‌های والدی مادری مورد بررسی از نسل دوم هیبریدهای تجاری خارجی ذرت زودرس و میان‌رس استخراج شده و در یک آزمایش مقدماتی قبلا تحت شرایط تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۸۸ غربال گردیده‌اند.

زمین آزمایشی به مساحت ۱۸۰۰ متر مربع انتخاب و پس از آماده سازی بستر بذر کاشت در ۲۰ خرداد ماه صورت پذیرفت. بذور هر هیبرید در دو خط ۵ متری با فاصله روی ردیف ۱۷/۵ سانتی متر و بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر (تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع) کشت و تنش رطوبتی از مرحله ٤ برگی (استقرار گیاهچه‌ها) تا انتهای رشد گیاه اعمال گردید. کلیه مراقبت‌های زراعی شامل تنک و وجین علف‌های هرز در زمان مقتضی و تغذیه گیاه براساس توصیه کودی موسسه تحقیقات آب و خاک کشور انجام گردید. تیمار تنش رطوبتی برمبنای ۸۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک اعمال گردید. تخلیه مجاز رطوبتی بر اساس نمونه‌گیری از خاک مزرعه در عمق فعال ریشه گیاه تعیین شد، بدین صورت که نمونه‌های خاک قبل و پس از قراردادن در آون توزین و با محاسبه رطوبت وزنی خاک، زمان آبیاری در تیمار تنش رطوبتی تعیین و آبیاری بصورت شیاری سطحی انجام شد.

صفات مورد بررسی شامل زمان ظهور دانه گرده و ظهور کاکل، فاصله بین ظهور دانه‌های گرده و کاکل‌ها(Anthesis ASI; Silking Interval) و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی بود که بر اساس حداقل ۵۰ درصد بروز صفت در هر کرت یادداشت شد. بعلاوه صفات ارتفاع بوته و بلال، تعداد کل برگ و تعداد برگ بالای بلال نیز بر روی ۸ بوته تصادفی رقابت کننده در هر کرت اندازه گیری و ثبت گردیدند. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها ابتدا بوته‌های هر کرت آزمایش شمارش و سپس کلیه بلال‌های هر هیبرید برداشت و توزین گردیدند. اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه، طول بلال، قطر بلال و قطر چوب بلال، عمق دانه و وزن هزار دانه بر روی ۱۰ بلال تصادفی در هر کرت اندازه گیری و عملکرد دانه براساس رطوبت ١٤ درصد تعیین شد.

به منظور شناخت شاخص انتخاب برای صفات مورد نظر بایستی اهمیت نسبی اقتصادی صفت، واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی، کواریانس ژنوتیپی و فنوتیپی صفات در دسترس باشد. همچنین برای بدست آوردن اطلاعات لازم برای محاسبه واریانس و کواریانس، آزمایش در سه تکرار و برای دو سال انجام و سپس تجزیه گردیدند. پس از بررسی هم‌راستایی متغیرهای اندازه گیری شده از طریق برآورد عامل تورم واریانس (VIF) صفات مزاحم حذف شدند. پس از آن تجزیه رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل انجام شد. شاخص‌های انتخاب براساس صفات وارد شده در تجزیه رگرسیون گام به گام و با در نظر گرفتن ارزشهای فنوتیپی، ژنتیکی و اقتصادی، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شدند

$$I = \sum bi\, pi$$ رابطه (۱)

در این رابطه bi ضرایب شاخصی و pi ارزش‌های فنوتیپی مربوط به هر صفت می‌باشد. در شاخص بهینه، بردارb از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد (Baker, 1986).

$$b= p^{-1} Ga$$ رابطه (۲)

در این فرمول b بردار ضرایب شاخصی، p ماتریس واریانس –کواریانس 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 براساس امید ریاضی میانگین مربعات تجزیه واریانس-کواریانس صفات در طرح مورد استفاده محاسبه گردید و با استفاده از میانگین صفات انتخابی از طریق تجزیه رگرسیون، شاخص انتخاب برای ارقام مذکور محاسبه شد (Farshadfar, 1998). شایان ذکر است که برای محاسبه وراثت پذیری عمومی (h^2_b) صفات از امید ریاضی میانگین مربعات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی (جدول ۲) به شرح ذیل استفاده گردید:

جدول۲-امید ریاضی میانگین مربعات برای محاسبه وراثت‌پذیری عمومی

Table 2- Expected mean value for calculation of general heritability

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	امیدریاضی میانگین مربعات EMS
تکرار Rep	r-1	SSR	MSE	$\sigma_e^2 + g\sigma_r^2$
ژنوتیپ (تیمار) Genotype	g-1	SSG	MSG	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$
خطا Error	(r-1)(g-1)	SSE	MSE	σ_e^2

واریانس خطا (MSE) همان واریانس محیطی (σ_e^2) می‌باشد واریانس ژنوتیپ (MSG) (تیمارها یا صفات) عبارت است از $\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$. درنتیجه سهم واریانس ژنتیکی به روش زیر قابل برآورد است:

رابطه (۳) $$\sigma_g^2 = \frac{MSG - \sigma_e^2}{r}$$

برای محاسبه وراثت پذیری عمومی صفات بایستی ابتدا واریانس فنوتیپی (رابطه ٤) از مجموع واریانس محیطی و ژنتیکی برآورد شود، سپس از تقسیم واریانس ژنوتیپی به واریانس فنوتیپی وراثت‌پذیری عمومی صفات برآورد می‌گردد.

رابطه (٤) $$\sigma_p^2 = \sigma_e^2 + \sigma_g^2$$

رابطه (٥) $$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

ارزش‌های اقتصادی استفاده شده در این پژوهش شامل وراثت‌پذیری عمومی، ضرایب رگرسیون گام به گام، همبستگی فنوتیپی صفات با عملکرد و جایگذاری عدد یک می‌باشد. شاخص دیگر انتخاب استفاده شـــده، شاخص پایه می‌باشد که درآن بجای ضرایب شـــاخصی، مســـتقیما از ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده گردید و مجموع حاصلضـــرب ارزش‌هـــای اقتصادی در ارزش‌های فنوتیپی صفات هر فرد به عنوان شـــاخص آن فرد محاســـبه شد. معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی این شاخص‌ها عبارت از: ضریب همبستگی شاخص وارزش اصلاحی(R_{HI})، پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات برای هر شاخص(ΔH)، پیشرفت مورد انتظار برای هر صفت در اثر استفاده از شاخص(Δ)و در نهایت سودمندی شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای صفت عملکرد (R_E) می‌باشد. همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی از رابطه (٦) محاسبه شد (Baker, 1986).

رابطه (٦) $$R_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sqrt{\sigma_I^2 \times \sigma_H^2}} = \frac{\sigma_I}{\sigma_H}$$

که در آن به ترتیب ,σ^2_I، σ^2_H و σ_{HI} به ترتیب واریانس ارزش اصلاحی، واریانس شاخص و کواریانس شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد. در فرم ماتریس R_{HI} از رابطه (۷) به دست می‌آید.

رابطه (۷) $$R_{HI} = \sqrt{\frac{a'Ga}{a'Pa}}$$

میزان بهره مورد انتظار از شاخص برای مجموع صفات نیز از رابطه (۸) 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 ۱/۷٦ قرار داده شد. σ_H انحراف معیار ارزش اصلاحی و R_{HI} ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد (Baker, 1986).

رابطه (۸) $$\Delta H = k\, r_{HI}\, \sigma_H$$

میزان پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت بر مبنای شاخص از رابطه (۹) محاسبه شد.

رابطه (۹) $$\Delta = \sqrt{\frac{kGb}{b'Pb}}$$

ضریب همبستگی ژنتیکی عملکرد با شاخص از رابطه (۱۰) محاسبه شد.

رابطه(۱۰) $$r_{G(A)I} = \frac{\sigma_{G(A)I}}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)} \times \sigma^2_I}} = \frac{b'g}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)} \times b'Pb}}$$

که در این رابطه g بردار ستونی کوواریانس ژنتیکی عملکرد با سایر صفات مورد مطالعه و $\sigma 2G(A)$ واریانس ژنتیکی صفت عملکرد می‌باشد. کارآیی نسبی گزینش بر اساس شاخص، نسبت به گزینش مستقیم برای عملکرد به کمک رابطه (۱۱) محاسبه شد (Baker, 1986).

رابطه (۱۱) $$RE = \frac{R_I}{R_A} = \frac{r_{G(A)I}}{h_A}$$

داده های برداشتی توسط نرم افزار Excel ثبت و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن توسط نرم افزار SAS نسخه ۸ انجام شد.

نتایج و بحث

به منظور شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه از رگرسیون چند متغیره خطی استفاده شد و برای حذف اثر صفات غیر مؤثر یا کم اثر در مدل رگرسیونی، مقادیر تورم واریانس (VIF) صفات برآورد گردید. صفات با مقادیر VIF بزرگتر از ۵ از مدل رگرسیونی حذف شدند زیرا امکان ضعف برآورد ضرایب رگرسیون در اثر هم خطی وجود دارد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد در شرایط بدون تنش صفات رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، عمق دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و طول تاسل جمعا ۶۰/۶۸ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را تبیین نمودند (جدول ۳). در شرایط تنش به ترتیب صفات تعداد دانه در ردیف بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وزن هزاردانه، طول بلال و تعداد برگ بالای بلال در مجموع ۶۳/۷۷ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه نمودند (جدول ٤). در شرایط نرمال صفت تعداد روز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک با ضریب تبیین ٤۳/۸ و در شرایط تنش رطوبتی صفت تعداد دانه در ردیف بلال با ضریب تبیین ٤۵/۰۳ توانستند بیش از ٤۰ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نماید (جداول ۳ و ٤). در نتیجه تعداد روز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک بعنوان شاخص مهمی در تعیین گروههای رسیدگی گیاه می‌تواند نقش بسزایی در تعیین عملکرد دانه داشته باشد، لیکن در شرایط تنش رطوبتی تعداد روز بیشتر کاشت تا رسیدگی احتمالا نمی‌تواند معیار مطلوبی باشد و جبران عملکرد دانه تا حدودی با افزایش تعداد دانه در ردیف مورد انتظار است. گلباشی و مصطفوی (Golbashy and Mostafavi, 2010) با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام اعلام نمودند که اولین صفت وارد شده به مدل قطر بلال می‌باشد که به تنهایی بیش از ٤٦ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند، در مرحله بعدی صفت تعداد بلال در بوته به مدل وارد و همراه با قطر بلال بیش از ۵۵ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. خدارحم پور و چوگان (Khodarahmpour and Choukan, 2011) در بررسی تجزیه رگرسیون عنوان کردند که تنها صفت دوره پرشدن دانه وارد مدل شد و این صفت تنها صفتی بود که با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد و ٦۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد.

شاخص‌های انتخاب: ابتدا ضرایب شاخص (b_i) مربوط به صفات بررسی شده (جداول ۵ و ٦) در شاخص اسمیت–هیزل و پسک –بیکر محاسبه شد، لازم به ذکر است که تفاوت بین شاخص‌ها در نحوه تخصیص وزنه‌های اقتصادی نسبی می‌باشد که در شاخص اول برابر یک، در شاخص دوم برابر ضرایب صفات وارد شده در رگرسیون گام به گام، در شاخص سوم برابر وراثت‌پذیری صفات، در شاخص چهارم ضرایب مربوط به همبستگی صفات با عملکرد (Hazel, 1943 ; Smith *et al.*, 1981) و در شاخص پنجم مانند شاخص دوم می‌باشد 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 ۷ و ۸).

سپس با قراردادن ارزش‌های فنوتیپی صفات مربوط به هر یک از ژنوتیپ‌ها در معادله شاخص، مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ مشخص گردید.

در شاخص اول یا اسمیت–هیزل ۱ (بهینه۱) بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی مجتمع از طریق وارد کردن اطلاعات حاصل از صفات انتخابی از رگرسیون گام به گام، مربوط به صفات ارتفاع بوته (۱۲) وطول تاسل (۱۱/۸۸) در شرایط بدون تنش و صفات وزن هزاردانه (۳۵/٤۸) و ارتفاع بوته (۹/۰۵) در شرایط تنش بود. در این شاخص در شرایط بدون تنش مقدار همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی (R_{HI}) در حد مطلوب (یک) و در شرایط تنش نسبتا مطلوب (کمتر از یک) بود، لیکن در هر دو شرایط بیشترین بهره مورد انتظار ملاحظه گردید، ولیکن سودمندی نسبی (RE) هر دو محیط منفی برآورد شد (جداول ۹ و ۱۰).

جدول ۳- رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن صفت عملکرد عنوان صفت وابسته و سایر صفات مورد بررسی بعنوان متغیر مستقل درژنوتیپ‌های ذرت در شرایط بدون تنش

Table 3. Stepwise regression with yield as independent variable and other traits as dependent variables in maize genotypes in non stress conditions

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	358	2	357	3	356	4	355	5	354
صفت وارد شده Enterd trait	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X1) Days to Physiological mathrity		ارتفاع بوته (X2) Plant height		عمق دانه (X3) Kernel depth		تعداد دانه در ردیف (X4) Kernel no		طول تاسل (X5) Tassel length	
میانگین مربعات (MS)	416.99	3.19	257.13	2.92	191.99	2.75	149.77	2.69	121.40	2.68
مقدار F	131.21**		88.23**		69.83**		55.64**		45.34**	
ضریب تبیین (R^2)	43.82		51.48		56.65		59.53		60.68	
تورم واریانس‌ها (VIF)	2.884		2.688		1.242		1.423		2.680	

معادله رگرسیون = 1.4863-0.04501(X1)+0.0210(X2)+0.4359(X3)+0.0716(X4)+0.0712(X5)

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

ns, * and ** : Non- significant, significant at 5 and 1 perent probability level, respectively

جدول ٤- رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن صفت وزن کل بعنوان صفت وابسته و سایر صفات مورد بررسی بعنوان متغیر مستقل درژنوتیپ های ذرت در شرایط تنش خشکی

Table 4. Stepwise regression with yield as independent variable and other traits as dependent variables in maize genotypes in drought stress conditions

درجه آزادی Df	گام اول Step 1		گام دوم Step 2		گام سوم Step 3		گام چهارم Step 4		گام پنجم Step 5		گام ششم Step 6	
	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror	رگرسیون Regression	خطا Eror
	1	358	2	357	3	356	4	355	5	354	6	353
صفت وارد شده Enterd trait	تعداد دانه در ردیف (X1) Kernel no		ارتفاع بوته (X2) Plant height		ارتفاع بلال (X3) Ear height		وزن هزار دانه (X4) Seed weight		طول بلال (X5) Ear lenght		تعداد برگ بالای بلال (X6) Leaves above ear	
میانگین مربعات(MS)	217.100	1.72	126.70	1.63	90.14	1.58	70.55	1.55	60.77	1.50	52.50	1.47
مقدار F	125.99**		77.91**		56.94**		45.39**		40.58**		35.70**	
ضریب تبیین (R^2)	45.03		53.90		59.11		61.84		62.90		63.77	
تورم واریانس‌ها (VIF)	2.550		3.106		2.500		1.314		2.543		2.843	

معادله رگرسیون = -4.1602+0.1799(X1)+0.0274(X2)-0.0226(X3)+0.009(X4)-0.1698(X5)-0.2888(X6)

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

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively

جدول ۵- ضرایب هر یک از صفات در شاخص انتخاب در شرایط بدون تنش در هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت

Tabe 5. Coefficient of traits in selection index in non stress condition in single cross hybrids of maize

شاخص Index						صفات Traits
شاخص بیکر Baker	اسمیت _ هیزل Smith- Hazel					
6	5	4	3	2	1	
-15.9033	-0.40694	-0.11637	-3.26574	0.12911	-3.45922	عملکرد دانه Grainyield
1.45892	-0.10292	-0.44707	0.02804	-0.09506	0.14183	رسیدگی فیزیولوژیک Phisiological maturity
4.48269	-0.04611	0.25828	0.06337	-0.02312	0.17195	ارتفاع بوته Plant height
138.385	3.15412	5.14268	27.069	2.41593	30.4593	عمق دانه Kernel Depth
-5.48982	-0.11773	-0.25846	-1.00636	-0.06804	-0.94343	تعداد دانه در ردیف Kernel no. /row
27.2836	0.52334	1.05914	5.05212	0.40971	5.70257	طول تاسل Tassel lenght

جدول ٦- ضرایب هر یک از صفات در شاخص انتخاب در شرایط تنش خشکی در هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت

Table 6. Coefficient of traits in selection index in drought stress condition in single cross hybrids of maize

شاخص Index						صفات Traits
شاخص بیکر Baker	اسمیت _ هیزل Smith- Hazel					
6	5	4	3	2	1	
-407.1612	0.01625	1.05938	-11.1158	1.6001	-17.63286	عملکرد دانه Grain yield
17.4597	0.03643	-0.3267	0.12401	-0.1618	0.214637	تعداد دانه در ردیف Kernel no. /row
-18.3728	-0.03501	0.01581	-0.3423	0.0035	-0.50287	ارتفاع بوته Plant height
32.7833	0.0108	0.06769	1.0563	-0.04334	1.81429	ارتفاع بلال Ear height
16.1248	-0.00363	-0.01813	0.4203	-0.02528	0.63463	وزن هزار دانه 1000 kernel weight
13.9213	-0.10464	0.23485	1.1353	-0.23911	2.08002	طول بلال Ear lenght
174.9118	-0.3424	-0.3514	7.9661	-1.5113	13.73082	تعداد برگ بالای بلال Leaves no. above ear

جدول ۷- ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات برای محاسبه شاخص‌های گزینش در شرایط بدون تنش در هیبریدهای ذرت

Table 7. Economical values of traits for calculating selection index in normal conditions in maize hybrids

ارزش های اقتصادی نسبی برای شاخص های گزینشی مختلف Economical values of traits for calculating selection index						صفات Traits
شاخص بیکر Baker	اسمیت _ هیزل Smith= Hazel					
6	5	4	3	2	1	
0.872	0	1	0.46	1	1	عملکرد دانه(Yield)
5.09	-0.05	-0.52	0.75	-0.05	1	رسیدگی فیزیولوژیک(Physiological maturity)
9.83	0.02	0.49	0.77	0.02	1	ارتفاع بوته(Plant height)
0.61	0.44	0.07	0.71	0.44	1	عمق دانه(Kernel Depth)
2.3	0.07	-0.05	0.66	0.07	1	تعداد دانه در ردیف(Kernel no./row)
4.88	0.07	0.3	0.91	0.07	1	طول تاسل(Tassel lenght)

ارزش‌های اقتصادی بالا به ترتیب زیر می باشند: ۱- عملکرد وزنه یکسان (عدد یک)، ۲- ضرایب صفات وارد شده در رگرسیون استاندارد گام به گام، ۳- وراثت پذیری صفات وارد شده در مدل رگرسیونی، ٤- همبستگی صفات وارد شده در مدل رگرسیونی با عملکرد ٥- مانند حالت دوم با این تفاوت که به عملکرد به جای یک، صفر می گذاریم ٦- شاخص بیکر(جذر واریانس ژنوتیپی صفات)

Economical values above are: 1- yield of unit weight (no: 1), 2- coefficicnt 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 ۸- ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات برای محاسبه شاخص‌های گزینشی در شرایط تنش خشکی در هیبریدهای ذرت

Table 8. Economical values of traits for calculating selection index in drought stress conditions in maize hybrids

ارزش های اقتصادی نسبی برای شاخص‌های گزینشی مختلف Economical values of traits for calculating selection index						صفات Traits
شاخص بیکر Baker	اسمیت _ هیزل (بهینه) Smith- Hazel					
6	5	4	3	2	1	
0.88	0	1	0.59	1	1	عملکرد دانه (yield)
2.51	0.18	0.51	0.47	0.18	1	تعداد دانه (kernel no.)
5.64	0.03	0.29	0.57	0.03	1	ارتفاع بوته (plant height)
9.08	-0.02	0.01	0.53	-0.02	1	ارتفاع بلال (Ear height)
23.99	0.01	0.06	0.66	0.01	1	وزن هزار دانه (1000 kernel weight)
0.82	-0.17	0.15	0.41	-0.17	1	طول بلال (ear lenght)
0.41	-0.3	0.2	0.84	-0.3	1	تعداد برگ بالای بلال(leaves no. above ear)

ارزش‌های اقتصادی بالا به ترتیب زیر می باشند: ۱- عملکرد وزنه یکسان (عدد یک)، ۲- ضرایب صفات وارد شده در رگرسیون استاندارد گام به گام، ۳- وراثت پذیری صفات وارد شده در مدل رگرسیونی، ٤- همبستگی صفات وارد شده در مدل رگرسیونی با عملکرد ٥- مانند حالت دوم با این تفاوت که به عملکرد به جای یک، صفر می گذاریم ٦- شاخص بیکر(جذر واریانس ژنوتیپی صفات)

Economical values above are: 1- yield of unit weight (no: 1), 2- coefficicnt 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)

بنابراین با توجه به شاخص انتخاب اول اسمیت هیزل یا شاخص بهینه ۱، در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ٦٠، ٥٣ ٤٩ و ٤٨ و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های ٣٤، ٢٢، ٥٦ و ٥٩ بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جداول ١١ و ١٢). در شاخص دوم که برای محاسبه آن از ضرایب صفات در رگرسیون گام به گام استفاده شده و ضریب اقتصادی یک هم برای عملکرد منظور گردیده است، بالاترین پیشرفت ژنتیکی در شرایط بدون تنش در این شاخص در صفت طول تاسل (١٠/٠٣) و در شرایط تنش صفت عملکرد دانه به میزان ١/٦٩ مشاهده شد. در شاخص دوم با اینکه بهره مورد انتظار در هر دو محیط آزمایشی در حد پایینی نسبت به سایر شاخص‌ها بود، لیکن مقدار سودمندی نسبی گزینش بر مبنای عملکرد و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای کلیه صفات در شاخص ٢، بیشترین میزان (٠/٥٥ و ١/٩ بترتیب در دو محیط غیر تنش و تنش) را نسبت به سایر شاخص‌ها به خود اختصاص داد. سودمندی نسبی گزینش در شاخص‌های انتخاب ٤، بیکر، ١، ٣ و ٥ رتبه‌های دوم تا ششم را پس از شاخص ٢ به خود اختصاص دادند (جداول ٩ و ١٠). در این شاخص ژنوتیپ‌های ٦٠ (هیبرید سینگل‌کراس ٧٠٤)، ١٦، ٤٨ و ٥٨ در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های ٤٨، ٤٤، ٥٣ و ١٦ بیشترین مقدار را دارا می‌باشند (جداول ١١ و ١٢).

برای شاخص سوم، از وراثت‌پذیری صفات مورد مطالعه که در مدل رگرسیون قرار گرفته‌اند، استفاده شد. بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفت طول تاسل (١٢/٣٦) و ارتفاع بوته (١١/٥٨) در شرایط بدون تنش و صفت وزن هزاردانه (٣٦/٦١) در شرایط تنش می‌باشد. در دو شرایط تیماری بررسی شده مقدار همبستگی شاخص و ارزش ارثی در حد مطلوب و نسبتا مطلوب می‌باشد. شایان ذکر است که با اینکه بهره مورد انتظار در هر دو محیط تنش و غیر تنش در این شاخص زیاد بود، لیکن سودمندی نسبی گزینش منفی برآورد گردید (جداول ٩ و ١٠). در این شاخص ژنوتیپ‌های ٦٠ (هیبرید تجاری ٧٠٤)، ٥٣، ٤٩ و ٤٨ در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های ٣٤، ٢٢، ٥٦ و ٥٩ در شرایط تنش رطوبتی رتبه‌های اول تا چهارم را در بین ٦٠ ژنوتیپ مورد مطالعه دارا بودند (جداول ١١ و ١٢).

ربیعی و همکاران (Rabiei *et al*., 2004) شاخص ٣ را که ضرایب اقتصادی در آن معادل وراثت‌پذیری تعیین شده بود، بعنوان بهترین شاخص معرفی نمودند، زیرا معتقدند شاخصی که در آن یکی از خصوصیات مهم اصلاحی یعنی وراثت پذیری صفات به عنوان وزنه اقتصادی استفاده شود از دیدگاه اصلاحی با ارزش‌تر است. یافته‌های بدست آمده در این تحقیق با نتایج ربیعی و همکاران متناقض است. این تناقض می‌تواند بدلیل تفاوت‌های ژنتیکی دو گیاه برنج و ذرت، شرایط متفاوت محیط اجرای آزمایشات و صفات مختلف مورد بررسی باشد.

در شاخص چهارم که از همبستگی صفات با صفت عملکرد دانه به عنوان وزنه اقتصادی استفاده شد و ارزش اقتصادی یک برای عملکرد در نظر گرفته شد، بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی در هر دو شرایط تیماری در صفت ارتفاع بوته می‌باشد. همبستگی این شاخص و ارزش ارثی در هر دو محیط آزمایشی کمترین میزان را نسبت به سایر شاخص‌ها داشت (جدول ٩ و ١٠). علی‌رغم بهره مورد انتظار پایین شاخص چهارم، سودمندی نسبی گزینش در شرایط غیر تنش (٠/٣٣) و تنش (٠/٩٥) بالا بوده و رتبه دوم سودمندی گزینش را پس از شاخص اسمیت–هیزل ٢ را به‌خود اختصاص داد (جداول ٩ و ١٠). ژنوتیپ‌های ٦٠، ٥٩ ، ٣٩ و ٤٨ در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های ٢٦، ٥٨ ، ٥٩ و ١٣ در شرایط تنش بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جداول ١١ و ١٢).

شاخص پنجم انتخاب مانند شاخص دوم می‌باشد با این تفاوت که عملکرد دانه وزنه اقتصادی صفر می‌گیرد، صفت طول تاسل (١٣/٤١) و تعداد دانه در ردیف (٣/١٠) به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش بیشترین پیشرفت ژنتیکی را به خود اختصاص دادند. گرچه همبستگی شاخص سوم و ارزش ارثی در هر دو شرایط غیر تنش و تنش بالاترین مقدار (بترتیب١/٨٢ و ١/٤٩) را در بین شاخص‌ها داشت، لیکن بهره مورد انتظار پایین و سودمندی نسبی کمی برای گزینش صفات توسط این شاخص برآورد گردید (جداول ٩ و ١٠).

با توجه به مقادیر ضرایب شاخص انتخاب در ارزش فنوتیپی هر فرد، بیشترین مقدار را در این شاخص

ژنوتیپ‌های ٦٠ (رقم شاهد ٧٠٤)، ١٦، ٤٨ و ١٧ در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های ١٦، ١٨ ، ١٤ و ١٠ در شرایط تنش دارا می‌باشند (جداول ١١ و ١٢).

آنچه حایز اهمیت است گزینش ژنوتیپ شماره ٦٠ یا هیبرید سینگل‌کراس تجاری ٧٠٤ بعنوان برترین ژنوتیپ در شرایط غیر تنش توسط تمامی شاخص‌های انتخاب مورد بررسی می‌باشد. بعلاوه ژنوتیپ‌های شماره ٤٨ ، ٤٩ و ٥٨ و ٥٩ نیز به عنوان هیبریدهای امیدبخش توسط بیشتر شاخص‌ها برای عملکرد دانه انتخاب شده‌اند. دلیل برتری هیبریدهای مذکور می‌تواند تلاقی لاین‌های مادری میان‌رس با لاین پدری دیررس A679 و تولید هیبریدهای سینگل‌کراس میان‌رس و دیررس باشد که می‌توانند در شرایط رطوبتی نرمال بخوبی با رقم تجاری دیررس ٧٠٤ رقابت نمایند. شایان ذکر است که هیبریدهای امیدبخش مذکور بعضا در شرایط تنش رطوبتی نیز برتری خود را نسبت به سایر هیبریدهای سینکل کراس و حتی رقم تجاری ٧٠٤ حفظ نموده‌اند و این در شرایطی است که رقم تجاری دیررس ٧٠٤ توسط هیچیک از شاخص‌های انتخاب مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی برگزیده نشده است (جداول ١١ و ١٢).

در شاخص ششم که شاخص پسک- بیکر یا شاخص پایه می‌باشد، از جذر واریانس ژنوتیپی در محاسبه شاخص استفاده شد. در این شاخص مقدار پیشرفت ژنتیکی در شرایط بدون تنش برای صفت ارتفاع بوته (١٣/٧٩) و در شرایط تنش برای صفت وزن هزاردانه (٣٩/٢١) بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. همبستگی شاخص و ارزش ارثی در هردو شرایط تیماری در حد مطلوب می‌باشد (جداول ٨ و ٩). در این شاخص ژنوتیپ‌های ٦٠، ٥٩ ، ٤٩ و ٤٨ در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های ٣٤، ٢٢، ٥٦ و ٣٣ در شرایط تنش بیشترین مقادیر را دارا می‌باشند (جداول ١١ و ١٢).

انتخاب ژنوتیپ‌های دارای والد پدری مشترک K1263/1 (که یک لاین والدینی زودرس می‌باشد، مانند ژنوتیپ‌های هیبرید شماره ١٤، ١٦، ١٧، ١٨ و ٢٢) توسط شاخص‌های انتخاب در این آزمایش می‌تواند حاکی از برتری هیبریدهای زودرس نسبت به دیررس در شرایط تنش رطوبتی و مکانیزم فرار از خشکی باشد.

جدول ٩- میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای هرصفت در اثر استفاده از شاخص بهینه، همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی، بهره مورد انتظار و مقدار کارایی نسبی گزینش شاخص بر مبنای شدت انتخاب ١٠ درصد (K=1.76) در شرایط بدون تنش

Table 9. 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

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 دانه Yield	رسیدگی فیزیولوژیک Phisiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	عمق دانه Kernel depth	تعداد دانه در ردیف بلال Kernel no. /row	طول تاسل Tassel lenght			
1	0.06	5.34	12	0.64	0.63	11.88	1.05	30.54	-0.02
2	0.52	0.33	6.13	1.13	1.00	10.03	0.93	1.89	0.55
3	0.02	5.31	11.58	0.71	0.50	12.36	1.08	24.99	-0.07
4	0.36	0.46	13.09	0.33	0.81	8.04	0.90	8.93	0.33
5	-0.15	1.23	3.99	1.62	0.29	13.41	1.82	1.69	-0.31
بیکر Baker	0.13	4.92	13.79	0.30	0.60	9.95	0.96	210.86	0.07

جدول ۱۰- میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای هرصفت در اثر از استفاده 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 خشکی

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 drought stress condition

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 دانه Yield	تعداد دانه در ردیف بلال Kkernel no./row	ارتفاع بوته Ear height	ارتفاع بلال Plant height	وزن هزاردانه 1000 kernel weight	طول بلال Ear lenght	تعداد برگ بالای بلال Leaves no. above ear				
1	-0.99	-2.11	1.84	9.05	35.48	0.17	-0.13		0.96	43.30	-1.6
2	1.69	1.40	0.96	-4.46	-25.35	-0.43	0.02		1.11	1.87	1.9
3	-1.02	-2.2	1.45	8.34	36.61	0.16	-0.16		0.96	27.71	-1.1
4	0.85	-0.32	7.04	8.34	-4.44	-0.08	0.12		0.87	2.57	0.95
5	0.34	3.10	-6.89	-5.11	-5.05	-0.08	-0.11		1.49	0.45	0.6
بیکر Baker	-1.13	-2.22	-0.36	5.79	39.21	0.17	-0.25		0.96	984.72	-1.18

فضلعلی پور و همکاران (Fazlalipour *et al*., 2007a) شاخص‌های اسمیت –هیزل (بهینه) و پسک–بیکر (پایه) را مقایسه نمودند و نشان دادند که گزینش بر مبنای شاخص‌های بهینه می‌تواند منجر به پاسخ بیشتری نسبت به شاخص‌های پایه بشود، اما این برتری معنی‌دار نبوده و در نهایت استفاده از شاخص پایه را به دلیل سادگی ساختار و سهولت محاسباتی توصیه نمودند. نتایج بدست آمده در این پژوهش نیز با یافته‌های فضلعلی پور و همکاران (Fazlalipour *et al*., 2007a) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

براساس نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش صفات رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، عمق دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و طول تاسل و در شرایط تنش صفات تعداد دانه در ردیف بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وزن هزاردانه، طول بلال و تعداد برگ بالای بلال انتخاب و در محاسبه شاخص انتخاب مورد استفاده قرار گرفتند. برای گزینش همزمان چند صفت در شاخص دوم اسمیت–هیزل با اینکه بهره مورد انتظار در هر دو محیط آزمایشی در حد پایینی نسبت به سایر شاخص‌ها بود، لیکن مقدار سودمندی نسبی گزینش بر مبنای عملکرد و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای کلیه صفات در شاخص ۲، بیشترین میزان (۰/۵۵ و ۱/۹ به‌ترتیب در دو محیط غیر تنش و تنش) را نسبت به سایر شاخص‌ها به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد که مقدار سودمندی نسبی گزینش بر مبنای عملکرد و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای کلیه صفات در شاخص دوم اسمیت–هیزل در هر دو محیط غیر تنش و تنش، نسبت به سایر شاخص‌ها بیشترین میزان بود. براساس مقادیر عملکرد دانه و شاخص های انتخاب بهینه و پایه ۲۰ درصد از ژنوتیپ‌های برتر توسط هر شاخص انتخاب شدند.

جدول ۱۱- مقادیر عملکرد، شاخص‌های انتخاب و رتبه هر ژنوتیپ (اعداد داخل پرانتز) در شرایط بدون تنش در ذرت

Table 11. Yield, selection indices and rank of each genotype (numbers in parantesis) in normal condition in maize

شاخص (Index)						عملکرد (تن بر هکتار) Yield (ton/ha)	ژنوتیپ Genotype
بیکر Baker	اسمیت _ هیزل Smith Hazel						
6	5	4	3	2	1		
3335.04	26.0118	85.0269	444.416	21.856	542.358	12.313(4)	1
3210.63	21.6457	79.2712	412.579	18.541	507.847	11.839(11)	2
3120.05	18.996	74.6903	391.779	16.343	484.111	10.345	3
3534.81	27.5015(8)	90.077	471.141	23.086(10)	574.694	12.979(1)	4
3540.21	26.4821	94.5463(11)	462.432	22.386	564.335	11.268	5
3290.93	23.7092	85.3415	427.372	20.247	524.063	9.950	6
3562.63	26.8424(12)	93.6799	468.777	22.744(12)	572.466	11.096	7
3416.58	22.2193	86.0343	434.006	19.207	535.011	12.773(3)	8
3226.13	23.0552	77.6025	423.55	19.429	519.093	11.033	9
3444.51	26.3563	85.4976	458.596	22.030	559.541	11.517	10
3458.05	26.1613	89.5977	456.589	22.142	557.807	10.383	11
3436.62	24.5812	90.3989	444.741	21.103	545.696	11.448	12
3464.29	24.7076	90.6834	448.722	21.074	549.553	11.601	13
3409.81	23.9946	87.9588	441.313	20.518	541.246	11.091	14
3337.53	23.3698	85.8123	431.083	19.956	528.777	11.820(12)	15
3563.9	29.3837(2)	92.7867	481.473(5)	24.448(2)	584.748(8)	10.804	16
3481.11	27.9335(4)	89.493	466.838	23.310(6)	568.227	9.842	17
3549.28	26.056	92.2294	464.063	22.104	567.511	9.945	18
3584.74	25.6031	96.0634(7)	463.14	21.902	566.849	10.827	19
3468.54	23.4091	90.3306	442.686	20.179	544.212	11.330	20
3416.81	25.9979	86.856	452.369	21.860	552.363	10.055	21
3504.22	24.3488	88.4675	452.676	20.684	555.092	11.039	22
3084.9	19.5773	70.1688	394.77	16.613	486.906	8.453	23
3222.92	19.0138	79.7405	401.839	16.601	496.861	9.638	24
3342.14	22.7215	86.0809	428.762	19.599	527.246	11.389	25
3603.86	27.0582(11)	95.8847(8)	471.706	22.942(11)	576.207	10.493	26
3470.66	26.6314	88.8759	459.574	22.270	560.163	9.383	27
3395.25	25.5598	85.4395	447.745	21.437	547.02	9.897	28
3603.68	24.4803	88.6585	466.095	20.750	571.492	9.689	29
3540.24	24.825	85.0997	462.977	20.768	566.213	10.358	30
3578.33	25.8224	94.9592(10)	464.532	22.022	568.252	11.644	31
3489.8	25.5126	86.2365	460.018	21.402	561.923	10.851	32
3550.06	23.346	86.348	456.079	19.769	559.528	10.378	33
3559.64	24.7836	90.0541	461.174	21.117	565.486	11.062	34
3543.71	25.4206	91.4843	461.47	21.543	564.249	9.995	35
3538.09	24.94	90.0798	459.699	21.123	562.409	10.975	36
3505.8	25.5392	89.3422	460.211	21.532	561.888	8.748	37
3501.64	22.1868	87.1755	444.088	19.186	547.353	10.336	38
3617.53(12)	27.1883(10)	97.9794(3)	474.298(12)	23.125(9)	578.66	10.507	39
3581.44	27.9283(6)	88.5829	480.72(7)	23.204(7)	585.096(7)	10.776	40
3560.83	25.0906	92.0873	461.901	21.463	566.102	11.991(9)	41
3598.1	26.0865	92.1912	471.324	22.063	575.839	9.977	42
3439.44	25.4289	84.2278	455.533	21.356	556.758	11.481	43
3620.33(11)	26.1121	93.2479	473.715	21.979	577.648	12.151(6)	44
3673.28(5)	26.3815	96.7995(5)	477.257(11)	22.486	583.777(10)	12.186(5)	45
3662.8(7)	26.4692	95.3451(9)	477.593(9)	22.469	583.871(9)	12.125(7)	46
3587.42	25.9996	93.7817	467.692	22.105	571.929	10.984	47
3677.11(4)	28.0701(3)	97.8749(4)	485.723(4)	23.713(3)	591.84(4)	8.744	48
3684.07(3)	27.4987(9)	93.9375	485.686(3)	23.145(8)	592.962(3)	12.085(8)	49
3603.59	25.5635	89.8435	471.423	21.635	576.889	10.233	50
3530.29	24.6916	88.4035	460.176	20.909	563.015	11.314	51
3555.95	25.085	85.5152	466.778	21.195	572.027	9.967	52
3672.52(6)	27.9144(7)	92.6374	487.451(2)	23.382(5)	594.488(2)	11.973(10)	53
3600.48	25.9298	92.8636	468.673	22.027	573.729	11.254	54
3660.47(9)	24.9577	91.9455	473.277	21.252	580.108	9.225	55
3659.21(10)	26.0558	96.6268(6)	474.284	22.296	580.724(12)	9.446	56
3665.8(8)	26.4318	90.9839	480.971(6)	22.236	587.979(5)	10.530	57
3599.7	27.9289(5)	94.2425(12)	477.483(10)	23.419(4)	581.427(11)	10.466	58
3713.56(2)	25.8653	98.1802(2)	478.794(8)	22.133	586.125(6)	11.367	59
3953.95(1)	30.2153(1)	104.897(1)	521.65(1)	25.643(1)	636.974(1)	12.890(2)	60

* تعداد ژنوتیپی که جزء۲۰ درصد برتر ژنوتیپ ها از نظر عملکرد دانه و هر شاخص می باشند. اعداد داخل پرانتز رتبه هر ژنوتیپ می باشند. (۱۲ ژنوتیپ). اعداد داخل پرانتز رتبه هر ژنوتیپ می باشند

* The selected genotypes for each index are 20 percent of the best ones (12 genotypes). The numbers inside paranthesis are the ranke of each genotypes

جدول ۱۲- مقادیر عملکرد، شاخص‌های انتخاب و رتبه هر ژنوتیپ (اعداد داخل پرانتز) در شرایط تنش خشکی در ذرت

Table 12. Yield, selection indices and rank of each genotype (numbers in parantesis) in drought stress condition in maize

شاخص (Index)						عملکرد (تن بر هکتار) Yield (ton/ha)	ژنوتیپ Genotype
بیکر Baker	اسمیت _ هیزل Smith Hazel						
6	5	4	3	2	1		
10408.9	-3.9278	0.84722	352.12259	-31.926	581.755	8.84608(1)	1
9775.04	-4.1329	2.08914	334.43	-30.347	553.163	6.8233	2
10515.5(12)	-4.4517	1.70699	357.75(11)	-32.435	590.626(10)	5.9909	3
10408.4	-3.808(6)	-0.0609	348.36	-31.959	574.439	7.86442(2)	4
10047.1	-3.8419(8)	3.6306(5)	345.22	-30.314	571.824	7.05588	5
10555.6(11)	-3.8637(12)	2.75554	360.21(8)	-31.923	596.250(8)	7.43573(8)	6
10637.4(8)	-4.1664	2.20179	360.15(9)	-31.6	594.050(9)	6.77305	7
10221.7	-4.2719	3.09418	352.91	-31.767	585.121	7.0319	8
9966.98	-3.8568(10)	1.13014	339.50	-31.591	562.462	7.5545(4)	9
9142.37	-3.7153(4)	1.74412	316.22	-30.078	525.947	7.51146(6)	10
10133.6	-4.032	1.4323	344.70	-31.676	569.994	6.43535	11
9925.66	-3.8672	0.76545	338.30	-31.734	560.597	7.39727(9)	12
9632.66	-4.2528	3.87704(4)	333.74	-29.39(8)	552.839	5.89697	13
9545.56	-3.6892(3)	2.65236	328.04	-29.498(10)	543.929	6.38894	14
9328.31	-4.3051	1.62131	322.93	-30.605	535.872	7.21219	15
9629.94	-3.4985(1)	1.75538	326.49	-28.846(4)	539.417	6.52987	16
10045.8	-3.7512(5)	0.83523	339.30	-30.757	560.382	6.23309	17
10165.2	-3.6584(2)	1.2653	342.03	-30.628	564.212	6.89344	18
10081.8	-4.208	2.26807	345.73	-31.396	572.388	6.13894	19
10359.8	-4.2973	3.27329(11)	353.76	-30.784	583.839	5.14553	20
9241.66	-4.1717	1.37769	320.15	-30.194	531.509	5.8658	21
10932.6(2)	-4.658	3.19233(12)	374.32(2)	-32.975	618.529(2)	7.77747(3)	22
9024.62	-4.041	0.30219	308.53	-29.21(6)	510.403	7.08295	23
9828.65	-4.2657	2.70975	338.81	-30.829	561.559	5.55503	24
9615.17	-3.8597(11)	2.82623	331.84	-30.31	550.755	6.21885	25
9944.75	-4.4748	4.89156(1)	347.64	-31.151	577.503	5.94636	26
9665.46	-3.809(7)	1.53905	328.74	-29.79	543.497	7.03573	27
9954.01	-4.3921	1.51099	343.24	-31.789	568.959	7.37407(10)	28
10621.3(9)	-4.1484	3.56122(6)	358.23(10)	-30.03	589.325(11)	5.05185	29
10573.4(10)	-4.4134	2.97399	356.39(12)	-30.341	585.828(12)	6.79143	30
10370.5	-4.2703	2.39333	350.43	-30.533	577.216	6.11907	31
10504.4	-4.3197	2.41729	352.18	-30.115	578.577	5.5663	32
10789.5(4)	-4.1721	2.63682	364.62(5)	-31.887	601.186(5)	6.06906	33
11324.3(1)	-4.3283	2.4205	379.01(1)	-32.401	622.982(1)	6.18815	34
10244.6	-4.0144	3.34751(9)	346.96	-29.804	571.968	5.19827	35
10506.8	-3.972	2.36644	352.00	-30.416	579.051	5.65416	36
10512.9	-4.3653	2.13868	352.78	-30.663	579.931	5.9783	37
10641.2(9)	-4.469	3.33495(10)	362.43(7)	-31.412	598.125(7)	6.26844	38
9692.71	-3.8498(9)	2.10086	328.79	-29.436(9)	543.144	5.18553	39
10458.4	-4.2167	1.48908	350.37	-31.041	576.400	6.81033	40
10374.1	-4.2509	2.33858	350.17	-30.463	576.756	5.66768	41
9637.94	-4.5025	2.14217	327.26	-29.247(7)	538.985	2.79778	42
10073.2	-3.9429	2.30026	341.18	-30.277	563.260	5.68696	43
9786.63	-4.2079	3.13776	331.71	-28.39(2)	545.983	4.85764	44
10114.7	-3.8909	2.24146	340.31	-29.586(11)	560.530	5.93678	45
9946.06	-4.166	2.93513	339.99	-30.117	562.066	5.57049	46
9842	-4.1382	1.24394	331.55	-29.844	546.107	6.05635	47
9473.69	-3.9395	1.91885	319.22	-27.996(1)	525.489	4.48698	48
10209.1	-3.8889	2.40146	344.99	-30.15	569.004	6.27986	49
10132.3	-4.0857	2.56819	342.12	-29.635(12)	563.447	6.03061	50
9989.52	-4.3606	1.99059	339.46	-30.271	560.040	4.90128	51
9218.36	-4.15	2.46926	316.98	-28.968(5)	524.852	5.84285	52
9212.58	-4.2535	2.52673	317.22	-28.838(3)	525.120	6.22141	53
10143.2	-4.6349	3.08367	348.91	-30.892	576.814	6.71416	54
10068.6	-4.198	2.98255	343.95	-30.349	568.409	5.85523	55
10902.9(3)	-4.1105	3.35944(8)	368.75(3)	-31.591	608.113(3)	7.29708(11)	56
10348.4	-4.6059	3.3953(7)	352.24	-30.453	580.315	7.45878(7)	57
10102.7	-4.6014	4.6717(2)	349.72	-30.074	578.418	6.30587	58
10707.4(5)	-4.5265	4.19005(3)	365.32(4)	-31.341	602.746(4)	7.53604(5)	59
10700.7(6)	-4.3232	3.11112	363.35(6)	-31.525	599.370(6)	7.25319(12)	60

* ژنوتیپ‌های برتر انتخابی برای هر شاخص ۲۰ درصد از بهترین‌ها (۱۲ ژنوتیپ) می‌باشند. 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 ranke of each genotypes

بر مبنای نتایج حاصله در شرایط غیرتنش ژنوتیپ ٦٠ (رقم تجاری سینگل کراس ٧٠٤) توسط تمامی شاخص‌ها به عنوان برترین ژنوتیپ و در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های متفاوتی به عنوان برترین‌ها توسط شاخص‌های مختلف انتخاب گردیدند که می‌توان به ژنوتیپ‌های ١٦ (ME77006/1×K1263/1)، ٢٢ (ME77006/1×K1263/1) و ٣٤ (ME78005/2× A679) اشاره کرد که لااقل توسط ٢ یا ٣ شاخص مختلف برای شرایط تنش رطوبتی برگزیده شده اند. انتخاب ژنوتیپ‌های دارای والد پدری مشترک K1263/1 (که یک لاین والدینی زودرس می‌باشد، مانند ژنوتیپ‌های هیبرید شماره ١٤، ١٦، ١٧، ١٨ و ٢٢) توسط شاخص‌های انتخاب در این آزمایش می‌تواند حاکی از برتری هیبریدهای زودرس نسبت به دیررس در شرایط تنش رطوبتی و استفاده از مکانیزم فرار از خشکی در شرایط تنش خشکی باشد.

References

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

Asif, M., Mujahid, M.Y., Ahmad, I., Kisana, N.S, Asim, M. and Mustafa, S.Z. (2003). Determining the direct criteria for identification of high yielding lines in bread wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **6**: 48-50.

Baker, R. J. (1986). Selection indices in plant breeding. CRC. Press. Inc. 218p.

Banaei, R., Baghizadeh, A. and Khavari Khorasani, S. (2016), Estimates of genetic variance parameters and general and specific combining ability of morphological traits, yield and yield components of maize hybrids in normal and salt stress conditions. *Plant Genetic Research*, **3**: 57-74 (In Persian).

Dorri, P., Khavari Khorasani, S., ValiZadeh, M. and Taheri, P. (2014). Investigation the heritability and gene effects on yield and some agronomic traits of maize (*Zea mays* L.). *Plant Genetic Research*, **1:** 33-42 (In Persian).

Dorrani, M., Mohammadi Nezhad, G. and Nakhoda, B. (2017). Selection of elite lines in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using selection indices under drought stress conditions. *Cereal Research* **7(2)**: 171-183 (In Persian).

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

Farshadfar, A. (1998). Application of Biometrical genetics in plant Breeding. Razi University, Kermanshah Press, Kermanshah, Iran (In Persian).

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh, H. and Rahimsouroush, H. (2007a). Use of coefficient path analysis for base and optimum selection indices in rice. *Journal of Agricultural Science*, **17**: 97-112 (In Persian).

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh, H. and Rahimsouroush, H. (2007b). Use of coefficient selection indices in F3 rice population. *Journal of Agricultural Science*, **38**: 385-397 (In Persian).

Golbashy, M., Ebrahimi, M., Khavari Khorasani, S. and Choukan, R. (2010). Evaluation of drought tolerance of some corn (Zea mays L.) hybrids in Iran. *African Journal of Agricultural Research*, **5(19)**: 2714-2719.

Golbashy, M. and Mostafavi, K. (2010) .Correlation and path analysis of grain yield and its components in maize under drought stress conditions. *Journal of Crop Production Research*, **2(4)**: 365-382 (In Persian).

Hallauer, A.R., Carena, M.J. and Miranda Filho, J.D. (2010). Quantitative genetics in maize breeding. New York. Iowa State University Press.

Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for construction selection indexes. *Genetics*, **28(6)**: 476-490.

Khavari Khorasani, S., Mostafavi, KH., Zandipour, E. and Heidarian, A. (2011). Multivariate analysis of agronomic traits of new corn hybrids (*Zea maize* L.). *International Journal of Agriculture Science*, **1**: 314- 322.

Khodarahmpour, Z. and Choukan, R. (2011). Study of morphological sources of grain yield in Corn hybrids (Zea mays L.) using multivariate analysis. *Quarterly Journal of Plant Production Science (Journal of Agricultural Researches)*, **2(5)**: 43-53.

Kumar, B., Guleria, S.K., Khanorkar, S.M., Dubey, R.B., Patel, J., Kumar, V., Parihar, C.M., Jat, S.L., Singh, V., Yatish, K.R., Das, A., Sekhar, J.C., Bhati, P., Kaur, H., Kumar, M., Singh, A.K., Varghese, E. and Yadav, O.P. (2016). Selection indices to identify maize (*Zea mays* L.) hybrids adapted under drought-stress and drought-free conditions in a tropical climate. *Crop and Pasture Science*, **67(10)**: 1087-1095.

Modarresi, M., Kheradnam, M. and Asad, M.T. (2004).Selection Indices as Indirect Selection in Corn Hybrids (*Zea mays* L.) for Increasing Grain Yield. *Iranian Journal of Agriculture Science*, **35(1)**: 115-127 (In Persian).

Mustafa, H.S.B., Farooq, J., Bibi, T. and Mahmood, T. (2015). Cluster and principle component analyses of maize accessions under normal and water stress conditions. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, **60**: 33-48.

Nawor, A.A., Ibrahim, M.E. and Khalili, A.N.M. (1991). The efficiency of three conventional selection indices in corn. *Annals of Agricultural Scienc*, **29**: 63-75.

Pakniyat, H., Saed-Moucheshi, A. and Haddadi, M.H. (2013). Modeling and determination of relationship between kernel yield and its related traits in maize inbred lines and their hybrids using multiple regression and path coefficient analysis. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, **5**: 522-530.

Poormousavi, S.M. Galavi, M., Daneshiyan, J., Ghanbari, N., Basirani, N. and Jonoobi, P. (2009). Effect of Animal Manure Application on Quantitative and Qualitative Yield of Soybean in Drought Stress Conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, **40(1)**: 133-145 (In Persian).

Rabiee, B., Valizadeh, M., Ghareyazie, B. and Moghaddam, M. (2004). Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research*, **89(2)**: 359-367.

Rezaee, A.M. (1994). Selection indices in Plant Breeding. Proceeding of the third international agronomy plant breeding congress, Tabriz, Iran. p105-134.

Shaw. R.H. (1988). Climate requirement. Corn and corn improvement, Agronomy Monograph. *Alliance of Crop, Soil, and Environmental Science Societies*, **18**: 609-638.

Smith, O.S., Hallauer, A.R. and Russell, WA. (1981).Use of index selection in recurrent selection programs in maize. *Euphytica*, **30**(3): 611-618.

Smith, HF. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, **7(3)**: 240-250.

Genetic improvement of Grain Yield by Determination of Selection Index in Single Cross Hybrids of Maize (*Zea mays* L.)

Saeed Khavari Khorasani[1,*] and Abdonaser Mahdi Poor[2]

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, ARREO, Mashhad, Iran.

2- M.Sc., Seed and Plant Improvement Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, ARREO, Mashhad, Iran.

(Received: September 26, 2017 – Accepted: February 14, 2018)

Abstract

Selection based on proper selection indices can be one of the most effective methods for indirect selection of yield and yield components, simultaneously. In order to determination of selection index for improvement of maize yield, 60 single cross maize hybrids were planted in two separate experiments (drought stress and normal conditions) based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in Torogh agricultural station of Khorasan Razavi agricultural and natural resources research and education center, Mashad, Iran in 2013-2014. Morphological and phenological traits, yield and yield components were recorded. Selection indices were calculated based on results of stepwise regression considering to phenotypc, genotypic and economic values. Based on stepwise regression results in normal condition, physiological maturity, plant height, kernel depth, kernel no./row and tassel length totally could explain 60.68 percent of gain yield variation, then these traits were used to calculate selection index. In drought stress condition, kernel no./row, plant height, ear height, 1000 kernel weight, ear length and leaves no. above ear could explain 63.77 percent of grain yield variation that these traits were used to calculate of selection index. We used 5 optimum selection indices (smith-hazel) and one basic selection index as Pesk-Baker to screen the maize genotypes. The results showed that the relative efficiency of selection index based on yield and expected genetic gain for all of measured traits in selection index 2 was higher than others in both normal and drought stress conditions. Based on grain yield and selection indices, 20 percent of the best genotypes were selected by each selection indices. Based on derived results in normal condition, genotype no. 60 (ksc704 commercial hybrid) were selected by all of selection indices as the best genotype, but in drought stress condition, different genotypes were selected by different selection indices like genotypes 16 (ME77006/1×K1263/1), 22 (ME77006/1×K1263/1) and 34 (ME78005/2× A679), that these genotypes at least were selected by 2 or 3 selection indices.

Keywords: Additive value, Relative efficiency, Agronomical traits, Selection

* **Corresponding Author, E-mail: s.khavari@arreo.ir**