ISSN: 2676-7309

Plant Genetic Researches

Volume 10, Issue 1 (2023)

Lorestan University

Research Article

http://dx.doi.org/10.22034/pgr.10.1.1

Selection Indices for Improving Maize Grain Yield under Normal and Salt Stress Conditions

Maryam Ebrahimi[1], Reza Darvishzadeh[2,*] and Amir Fayaz Moghaddam[3]

1- Former M.Sc. Student, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran
2- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran

[*]***Corresponding author*** ✉ : *r.darvishzadeh@urmia.ac.ir*

Citation: Ebrahimi, M., Darvishzadeh, R. and Fayaz Moghaddam, A. (2023). Selection indices for improving maize grain yield under normal and salt stress conditions. *Plant Genetic Researches*, **10(1):** 1-28. http://dx.doi.org/10.22034/pgr.10.1.1

(Received: May 16, 2023; Final Revised: August 11, 2023; Accepted: August 20, 2023; Published online: September 21, 2023)

Extended abstract

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is the third most important cereal crops after rice and wheat and is cultivated in a wide range of soil and climatic conditions. Considering the wide range of usage ranged from human nurition to livestock and poultry feed as well as use in industrial products production, maize is considered one of the most important crop plants from agricultural and industrial point of view. Salinity stress limits plants' growth and development and reduces crops yield. The response of plants to salinity stress is complex and depends on the concentration of salt, plant growth stage and development, environmental factors and the type of ions. Maize is in the group of relatively sensitive plants to salinity stress and its most sensitive stage is in the seedling phase. Protection of food security is one of the basic priorities of any country, which is achieved through the development and introduction of new, high-yielding and stress-tolerance crop varieties. To improve a trait with complex behavior and low heritability, indirect selection by other traits or developing a suitable index based on several traits can be used. Considering the importance of abiotic stresses, especially salinity in reducing yield, designing an efficient breeding program to increase yield under normal and salinity stress conditions requires the estimation of genetic diversity, detemining the relationship between traits and introducing effective selection indices for seed yield. In this study, while introducing the optimal selection index, genotypes with high performance under normal and salt stress conditions have been introduced; which can be effective in developing promising maize hybrids.

Materials and methods

In this research, 86 maize genotypes were obtained from Razi University of Kermanshah, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, and Seed and Plant Improvement Institute (SPII), and cultivated in the form of randomized complete block design with three replications in an open area in Faculty of Agriculture, Urmia University under two normal and salt stress states in pot conditions. At the eight-leaf stage, salinity stress equal to 8 dS/m was applied to the pots. The amount of sodium chloride needed to adjust the salinity of pot soil in the range of 8 dS/m was estimated to be 17.2 grams based on the method of preparing soil extract using a Büchner funnel. For reaching the pots soil to field capacity, this amount of salt was dissolved in 1100 ml of water. To prevent sudden stress, salt solution was added to the soil of the pots in two stages (morning and afternoon). Soil salinity was measured in three stages during the experiment and adjusted with sodium chloride salt if needed. The measurement of the traits including grain yield (GY), fag leaf length (FLL), flag leaf width (FLW), leaf canopy temperature (LCT), leaf chlorophyll content (LCC), ear-up leaves (EUL), total leaves (TL), ear height (EH); plant height (PH), leaf angle (LA), stem diameter (SD), day to the tasseling (DTT), day to the silking (DTS), potassium to sodium ratio (KNA), relative water content (RWC), ear length (EL), grain width (GW), grain depth (GDE), grain diameter (GD), cob diameter (CD) and hundreds grain weight (HGW) was done from the tassel appearance to kernel physiological maturity. In order to speed up genotype selection and increase the acuracy of selecting

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

high yielding genotypes, four selection indices including Smith- Hazel, Pasek- Baker, Brim and Robinson were used and calculated. Furthermore, to select the best selection index, different criteria including genetic gain of traits (ΔG), expected gain (ΔH) and relative efficiency of selection index (RE) were calculated.

Results and discussion

The results of present study revealed that selection based on the Smith-Hazel index with the highest selection efficiency (ΔH) will increase the grain yield in normal and grain yield and plant height in salt stress conditions. This index, with its high correlation with the breeding value is introduced as a superior index. Based on this index, R59 and 6*/88 genotypes were introduced as the superior genotypes under normal and salt stress conditions, respectively. Nonetheless, these genotypes were recognized as the best genotypes considering the results of all other investigated indices.

Conclusions

Identifying and introducing genotypes tolerant to salinity stress is of particular importance due to the expansion of saline lands and the limitation of access to water suitable for irrigation. Based on the above results, 6*/88 genotype is recommended for the development of promising hybrids for cultivation in areas with water or saline soil.

Keywords: Indirect selection, Response to selection, NaCl stress, Maize

پژوهش‌های ژنتیک گیاهی
جلد ۱۰، شماره ۱، سال ۱۴۰۲
شاپا الکترونیکی: ۷۳۰۹-۲۶۷۶
دانشگاه لرستان
مقاله پژوهشی
http://dx.doi.org/10.22034/pgr.10.1.1

شاخص گزینش برای بهبود عملکرد دانه ذرت تحت شرایط نرمال و تنش شوری

مریم ابراهیمی[۱]، رضا درویش‌زاده[۲،*] و امیر فیاض مقدم[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۲- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۳- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶؛ تاریخ آخرین ویرایش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰)

چکیده

حفظ امنیت غذایی از اولویت‌های اساسی هر کشوری محسوب می‌گردد که در سایه توسعه و معرفی ارقام زراعی جدید، پر محصول و مقاوم به تنش‌ها حاصل می‌شود. ذرت با توجه به گستره مصرف؛ تغذیه انسان، تغذیه دام و طیور و استفاده‌های صنعتی، از اهمیت خاصی در برنامه‌های توسعه کشاورزی در راستای تأمین امنیت غذایی برخوردار است. برای بهبود صفت پیچیده که توارث‌پذیری پایینی دارد، از انتخاب غیرمستقیم توسط صفات دیگر و یا شاخص مناسب توسعه‌یافته بر اساس چند صفت می‌توان استفاده نمود. در این پژوهش ۸۶ ژنوتیپ ذرت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، تحت دو شرایط نرمال و تنش شوری کشت شدند. در مرحله‌ی ۸ برگی تنش شوری معادل ۸ dS/m به گیاهان گروه تیمار اعمال گردید. اندازه‌گیری صفات از مرحله‌ی تاسل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت. جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب چهار شاخص انتخاب اسمیت- هیزل، پسک- بیکر، بریم و رابینسون محاسبه شد. بر مبنای شاخص انتخاب اسمیت- هیزل که به‌عنوان شاخص برتر با بالاترین کارایی انتخاب (ΔH) در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بود، ژنوتیپ R59 در شرایط نرمال و ژنوتیپ 6*/88 در شرایط تنش شوری به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. با توجه به کاهش بارندگی و به‌تبع آن کاهش کیفیت و شور شدن آب و خاک، ژنوتیپ 6*/88 به‌عنوان یک ژنوتیپ مطلوب جهت توسعه ارقام هیبرید برای پشت سر گذاشتن چالش فوق قابل توصیه می‌باشد.

واژگان کلیدی: انتخاب غیرمستقیم، پاسخ به انتخاب، تنش NaCl، ذرت

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir

مقدمه

تنش شوری در محیط کشت گیاهان، با ایجاد محدودیت در رشد و نمو، باعث کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شود. تنش شوری با کاهش جذب آب، برهم زدن تعادل یونی، تجمع یون‌های سمی مخصوصاً سدیم که باعث بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها، کاهش کارایی فتوسنتز و کاهش تقسیم سلولی می‌شوند، سبب ایجاد محدودیت در رشد گیاه می‌شود (Noble and Rogers, 1992; Parvaiz and Satyawati, 2008; Kumar *et al.*, 2022). پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده بوده و این پاسخ به غلظت نمک، مرحله‌ی رشد و نمو گیاه، عوامل محیطی و نوع یون‌ها بستگی دارد (Subbarao and Johansen, 2001). شوری بیش از ٦ درصد از اراضی جهان و حدود یک‌پنجم از سطح زمین‌های کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Munns and Tester, 2008; FAO, 2020; Zhu *et al.*, 2022). شوری خاک به‌دلیل بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و استفاده بیش از حد از کودها، به یک مانع بزرگ برای تولید کشاورزی و عملکرد محصول تبدیل شده است. ذرت (*Zea mays* L.) سومین محصول مهم غلات بعد از برنج و گندم است و در طیف وسیعی از شرایط خاکی و اقلیمی کشت می‌شود (Shabala, 2013; Hassani *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2022). این گیاه C_4، دارای کارایی فتوسنتزی و ظرفیت عالی برای عملکرد خوب در طیف گسترده‌ای از محیط‌ها، از جمله مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و مناطق معتدل است (Erenstein *et al.*, 2022). با این وجود ذرت در گروه گیاهان نسبتاً حساس به شوری قرار می‌گیرد و بیشترین حساسیت آن در مرحله‌ی گیاهچه می‌باشد. با توجه به اهمیت تولید ذرت در کشور و افزایش میزان زمین‌های شور، شناسایی و توسعه ژنوتیپ‌های متحمل به شوری از ضرورت بسیار بالایی برخوردار است.

در به‌نژادی گیاهان معمولاً چندین صفت با ارزش‌های اقتصادی متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرند (Baker, 1986). یکی از کارآمدترین روش‌های انتخاب جهت بهبود هم‌زمان عملکرد و اجزای عملکرد انتخاب بر اساس شاخص است (Salehi and Saeidi, 2012). در این روش علاوه‌بر این‌که شاخص به‌عنوان یک صفت در نظر گرفته می‌شود، طوری تعیین می‌گردد که وراثت‌پذیری بالایی داشته و از تغییرات محیطی کمترین تأثیر را بپذیرد. به‌عبارتی شاخص انتخاب استانداردها و روش‌های فنی برای هم‌جهت کردن انتخاب صفات در یک روش کلی را فراهم می‌کند. این روش می‌تواند به‌منزله‌ی نوعی بیمه برای به‌نژادگر عمل کند و انتخاب برمبنای آن رسیدن به ژنوتیپ‌هایی با توازن بین صفات در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر را مطمئن‌تر می‌سازد (Fazlalipour *et al.*, 2007). این روش در به‌نژادی گیاهان نخستین بار توسط اسمیت (Smith, 1936) و بعدها در اصلاح نژاد دام توسط هیزل (Hazel, 1943) به‌کار برده شد (Fazlalipour *et al.*, 2007). هدف شاخص گزینش این است که با استفاده از یک ترکیب خطی بتواند ارزش ژنتیکی واقعی یا ارزش ارثی را از ارزش‌های فنوتیپی برآورد کند (Falconer and Mackay, 1996). شاخص اسمیت- هیزل (شاخص مطلوب) در محاسبه‌ی بردار وزن شاخص، کوواریانس‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات و وزن اقتصادی هر صفت را در نظر می‌گیرد (Smith, 1936; Hazel, 1943). گزارش‌های متعددی از کارایی استفاده از شاخص‌های انتخاب در ذرت سبز (Green maize) (Candido *et al.*, 2020) و ذرت (Amaral Júnior *et al.*, 2010; Freitas *et al.*, 2013; Vieira *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2018) ارائه شده است. همچنین کارایی استفاده از شاخص‌های انتخاب در مقایسه با انتخاب مستقیم در محصولاتی مانند ذرت بچه (Baby corn) و ذرت سبز (Dovale *et al.*, 2011)، سویا (Andrade *et al.*, 2016) و هویج (Carvalho *et al.*, 2017) گزارش و بحث شده است.

با توجه به اهمیت تنش‌های غیرزیستی خصوصاً شوری در کاهش عملکرد، طراحی یک برنامه به‌نژادی کارا برای افزایش عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش شوری مستلزم تخمین تنوع ژنتیکی، شناخت ارتباط صفات و معرفی شاخص‌های گزینش مؤثر برای عملکرد دانه می‌باشد. در این مطالعه ضمن معرفی شاخص انتخاب مطلوب، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط نرمال و تنش شوری معرفی شده است؛ که می‌تواند در زمینه برنامه توسعه هیبریدهای امیدبخش مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ٨٦ ژنوتیپ ذرت (جدول ١) که از مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، دانشگاه رازی کرمانشاه و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

خراسان رضوی تهیه شده بودند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تحت شرایط نرمال و تنش شوری در فضای باز دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه برای صفات مورفولوژیک در شرایط گلدانی کشت و ارزیابی شدند. در این بررسی با وجود این‌که شرایط رشدی گیاه از جمله خاک گلدان‌ها یکنواخت بود؛ با توجه به اینکه تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مورد بررسی زیاد و اندازه‌گیری آن‌ها زمان‌بر بود و در حین اندازه‌گیری ممکن بود خطاهایی رخ دهد، برای تقسیم‌کار و به حداقل رساندن خطاهای احتمالی و برآورد این خطاها از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. برای کشت از گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی که از خاک لومی شنی و ماسه به نسبت دو به یک پُر شده بودند، استفاده شد. در هر گلدان دو بذر کشت شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و هر ۵ روز یک‌بار تا مرحله‌ی جوانه‌زنی انجام گرفت و پس از استقرار گیاهچه‌ها، آبیاری به هر روز یک‌بار کاهش پیدا کرد. پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله‌ی ٦ برگی یکی از آن‌ها تُنُک شد. از مرحله‌ی ٤ برگی برای رشد بهتر، هر هفته یک‌بار از کود (NPK) ۲۰–۲۰–۲۰ (با غلظت ۰/۵ گرم در لیتر) و پس از رسیدن به مرحله‌ی گیاه بالغ، هر سه روز یک‌بار (با غلظت ۲ گرم در لیتر) استفاده شد. در مرحله‌ی ۸ برگی تنش شوری معادل ۸ dS/m به گلدان‌ها اعمال گردید. مقدار نمک سدیم کلرید لازم (تهیه شده از شرکت مِرک آلمان) برای تنظیم شوری خاک گلدان در محدوده ۸ dS/m بر اساس روش تهیه‌ی عصاره‌ی خاک به کمک قیف بوخنر، ۱۷/۲ گرم برآورد شد (Arzangh *et al.*, 2021). این مقدار نمک در ۱۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل شد تا خاک گلدان به حد ظرفیت‌زراعی برسد. برای جلوگیری از اعمال تنش ناگهانی، محلول نمک در دو مرحله (صبح و بعد از ظهر) به خاک گلدان‌ها اضافه شد. شوری خاک در طول آزمایش در سه مرحله اندازه‌گیری شد و در صورت نیاز، با نمک سدیم کلرید تصحیح گردید. گیاهان آزادانه گرده–افشانی نمودند. اندازه‌گیری صفات شامل عملکرد دانه (GY)، طول برگ‌پرچم (FLL)، عرض برگ‌پرچم (FLW)، دمای کانوپی (LCT)، کلروفیل برگ (LCC)، تعداد برگ بالای بلال (EUL)، تعداد کل برگ (TL)، ارتفاع بلال اصلی (EH)، ارتفاع بوته (PH)، زاویه‌ی برگ (LA)، قطر ساقه (SD)، روز تا ظهور تاسل (DTT)، روز تا ظهور کاکل (DTS)، نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)، محتوی نسبی آب برگ (RWC)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف بلال (RPE)، تعداد دانه در ردیف (GPR)، قطر بلال (ED)، عرض دانه (GW)، عمق دانه (GDE)، قطر دانه (GD)، قطر چوب بلال (CD) و وزن صددانه (HGW)، از مرحله‌ی تاسل‌دهی تا مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک بلال انجام گرفت. برای اندازه‌گیری نسبت پتاسیم به سدیم، برگ‌پرچم در هر تکرار در هر یک از شرایط نرمال و تنش شوری جدا شده و در پاکت‌های مجزا در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت قرار گرفت. سپس برگ‌پرچم خشک شده هر نمونه به‌وسیله‌ی آسیاب پودر شده و مقدار ۰/۵ گرم از پودر به‌مدت ۵ ساعت در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شد. از خاکستر حاصل برای اندازه‌گیری نسبت پتاسیم به سدیم به کمک دستگاه نورسنج شعله‌ای (Flame photometer) استفاده شد (Arzangh *et al.*, 2021). به‌طور خلاصه، بعد از سرد شدن خاکستر به هر نمونه ۱۰ سی‌سی اسید هیدروکلریک دو درصد اضافه گردید. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه در محیط آزمایشگاه جهت هضم قرار گرفتند و سپس محلول از کاغذ صافی عبور داده شد و پس از آن محلول‌های حاصل به فالکن ۵۰ میلی‌لیتر انتقال و با آب دو بار تقطیر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. غلظت عصاره حاصل با فلیم‌فتومتر قرائت شد. با استفاده از استانداردهای هر یک از عناصر نمودار خط رگرسیون رسم و با استفاده از نمودار و عدد قرائت شده مقدار عناصر در نمونه‌ها تعیین گردید. برای محاسبه‌ی عملکرد دانه در بوته پس از رسیدگی فیزیولوژیک، در هر تکرار بلال‌ها از بوته جدا و پس از جدا کردن دانه‌های روی بلال‌ها عملیات توزین انجام شد.

توسعه‌ی شاخص‌های انتخاب: برای انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های انتخاب، ابتدا برای هر ژنوتیپ ارزش شاخص (I) بر اساس معادله‌ی (۱) محاسبه شد.

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n = \sum b_ix_i \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این معادله برای هر صفت (X) ضریبی که وزن شاخص (b) نامیده می‌شود، در نظر گرفته می‌شود (Smith, 1936; Hazel, 1943). برآورد بردار وزن شاخص‌ها (b)، مطابق جدول ۲ انجام گرفت.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های ذرت مورد مطالعه و محل جمع‌آوری آن‌ها

Table 1. List of maize genotypes and their collection sites

کد لاین Line code	نام لاین Line name	مرکز تحقیقات Research center	کد لاین Line code	نام لاین Line name	مرکز تحقیقات Research center	کد لاین Line code	نام لاین Line name	مرکز تحقیقات Research center
Ma001	P3L2	کرمانشاه Kermanshah	Ma032	P1l5Kahriz	کرمانشاه Kermanshah	Ma079	9/K19/1	مشهد Mashhad
Ma002	P11L7	کرمانشاه Kermanshah	Ma035	P15L14	کرمانشاه Kermanshah	Ma080	3/K19/1 &(K19/1*/1392)	مشهد Mashhad
Ma003	36-N/88-K3653/2	مشهد Mashhad	Ma036	P16L6Kahriz	کرمانشاه Kermanshah	Ma083	25*/89	مشهد Mashhad
Ma004	1	-	Ma037	P15L4	کرمانشاه Kermanshah	Ma085	2/K19/1&(K19/1)	مشهد Mashhad
Ma005	2	-	Ma038	P11L9	کرمانشاه Kermanshah	Ma091	20*/1389	مشهد Mashhad
Ma006	3	-	Ma039	P9L6	کرمانشاه Kermanshah	Ma096	P19L7Kahriz	کرمانشاه Kermanshah
Ma007	4	-	Ma040	P13L1	کرمانشاه Kermanshah	Ma098	S2/QPM/SUKMA (Indonesia)	مشهد Mashhad
Ma008	5	-	Ma042	P10L7	کرمانشاه Kermanshah	Ma100	6*/88	مشهد Mashhad
Ma009	6	-	Ma043	P16L12Kahriz	کرمانشاه Kermanshah	Ma104	4/K19/1	مشهد Mashhad
Ma010	P14L2	کرمانشاه Kermanshah	Ma044	P10L9	کرمانشاه Kermanshah	Ma105	66*/1388	مشهد Mashhad
Ma011	7	-	Ma045	P15L16Kahriz	کرمانشاه Kermanshah	Ma106	48*/1390	مشهد Mashhad
Ma012	8	-	Ma046	Mo17	کرج Karaj	Ma107	P6L1	کرمانشاه Kermanshah
Ma013	9	-	Ma048	OH43/1-42	کرج Karaj	Ma108	K166B/89& (14*K166B/1390)	مشهد Mashhad
Ma014	10	-	Ma049	K=1264/5-1	کرج Karaj	Ma109	K18-B/1392 (Isolated)	مشهد Mashhad
Ma015	11	-	Ma051	K615/1	کرج Karaj	Ma110	7/K19/1	مشهد Mashhad
Ma016	12	-	Ma052	B73	کرج Karaj	Ma111	23*/89	مشهد Mashhad
Ma017	13	-	Ma054	R59 (Paternal)	کرج Karaj	Ma112	70*/1388	مشهد Mashhad
Ma018	14	-	Ma055	W37A	کرج Karaj	Ma113	10/K19/1	مشهد Mashhad
Ma019	15	-	Ma057	R319	کرج Karaj	Ma114	138*/89	مشهد Mashhad
Ma020	16	-	Ma060	P9L3Kahriz	کرمانشاه Kermanshah	Ma115	P19L3Kahriz	کرمانشاه Kermanshah
Ma021	P10L5	کرمانشاه Kermanshah	Ma062	R59	کرج Karaj	Ma116	K19*/1392 (Isolated)	مشهد Mashhad
Ma022	17	-	Ma064	W153R	کرج Karaj	Ma117	1*/89 (Red cob corn)	مشهد Mashhad
Ma023	18	-	Ma066	$R59_xR319$	کرج Karaj	Ma118	1390/Popcorn	مشهد Mashhad
Ma024	19	-	Ma072	B73(RFCORCMS)	کرج Karaj	Ma119	172*/89	مشهد Mashhad
Ma025	20	-	Ma073	1264/1	کرج Karaj	Ma120	P14L1Kahriz	کرمانشاه Kermanshah
Ma026	P1L4Kahrizi	کرمانشاه Kermanshah	Ma074	ZK472221	کرج Karaj	Ma121	8/K19/1	مشهد Mashhad
Ma027	P11L6	کرمانشاه Kermanshah	Ma075	K1263/1/1388	مشهد Mashhad	Ma122	67*/88	مشهد Mashhad
Ma028	P13L3	کرمانشاه Kermanshah	Ma076	P13L2	کرمانشاه Kermanshah	Ma123	1387/193/Chase*/S2	مشهد Mashhad
Ma031	P3L4Kahriz	کرمانشاه Kermanshah	Ma077	4*/89	مشهد Mashhad			

جدول ۲- روش محاسبه ضرایب صفات در شاخص‌های مختلف انتخاب

Table 2. Method of trait coefficients calculation in different selection indices

شاخص انتخاب Selection index	فرمول Formula	منابع References	توضیحات Explanations
شاخص اسمیت- هازل Smith and Hazel index	$b= P^{-1}Ga$	(Hazel, 1943; Smith, 1936)	که در آن b بردار ضرایب شاخص، P ماتریس واریانس کوواریانس فنوتیپی m × m، G ماتریس واریانس کوواریانس ژنوتیپی m × m و a بردار ارزش‌های نسبی (ضرایب مسیر، ضرایب رگرسیون، وراثت‌پذیری و یا وزنه‌های اقتصادی صفات بررسی شده در شاخص) است. وزن‌های اقتصادی توسط اصلاح‌گر تعیین می‌شوند. Where b is a vector of indices coefficients, P is a m × m phenotypic variance-covariance matrix, G is m × m genotypic variance-covariance matrix and a is a vector of relative values (path coefficients, regression coefficients, heritability or economic weights of traits considered in the index). Economic weights are determined by the plant breeder.
شاخص بریم Brim index	$b = a$	(Brim *et al*., 1959)	-
شاخص سود مطلوب (پسک- بیکر) Desired gain index (Pesek-Baker)	$b = G^{-1}h$	(Pesek and Baker, 1970)	که در آن h بردار سودهای بهینه؛ که داویک (Davik, 1989) آن را (h را) برابر با انحراف استاندارد فنوتیپی (δ_p) در نظر گرفته است. Where h is the vector of desired gain; which Davik (Davik, 1989) considered the h equal to phenotypic standard deviation (δ_p).
شاخص رابینسون Robinson index	$b = P^{-1}g$	(Robinson, 1951)	که در آن g بردار کوواریانس ژنوتیپی عملکرد با دیگر صفات است. Where g is the vector of genotypic covariance of yield with other traits.

ارزیابی شاخص‌های انتخاب: ارزیابی و انتخاب شاخص‌های انتخاب بر اساس معیارهای مختلف که در جدول ۳ ارائه شده است، انجام گرفت. کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم صفات برای بهبود عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم آن‌ها، برای هر یک از صفات؛ عملکرد دانه (GY)، طول برگ‌پرچم (FLL)، عرض برگ‌پرچم (FLW)، دمای کانوپی (LCT)، کلروفیل برگ (LCC)، تعداد برگ بالای بلال (EUL)، تعداد کل برگ (TL)، ارتفاع بلال اصلی (EH)، ارتفاع بوته (PH)، زاویه‌ی برگ (LA)، قطر ساقه (SD)، روز تا ظهور تاسل (DTT)، روز تا ظهور کاکل (DTS)، نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)، محتوی نسبی آب برگ (RWC)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف بلال (RPE)، تعداد دانه در ردیف (GPR)، قطر بلال (ED)، عرض دانه (GW)، عمق دانه (GDE)، قطر دانه (GD)، قطر چوب بلال (CD)، وزن صددانه (HGW)، در هر یک شرایط نرمال و تنش شوری از تقسیم مقدار عددی "پاسخ همبسته برای عملکرد از طریق هریک از صفات"، بر مقدار عددی "پاسخ مستقیم به انتخاب در صفت عملکرد (R_i)" محاسبه شد. پاسخ همبسته برای عملکرد بر اساس انتخاب از طریق شاخص‌های انتخاب با معادله‌ی ($CR_i = Kh_x r_{xy}^G \sqrt{V_{GY}}$) محاسبه شد. در این معادله، K: شدت انتخاب برای ده درصد (۱/۷۶)، h_x: جذر وراثت‌پذیری صفت x (شامل هر یک از صفات؛ طول برگ‌پرچم (FLL)، عرض برگ‌پرچم (FLW)، دمای کانوپی (LCT)، کلروفیل برگ (LCC)، تعداد برگ بالای بلال (EUL)، تعداد کل برگ (TL)، ارتفاع بلال اصلی (EH)، ارتفاع بوته (PH)، زاویه‌ی برگ (LA)، قطر ساقه (SD)، روز تا ظهور تاسل (DTT)، روز تا ظهور کاکل (DTS)، نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)، محتوی نسبی آب برگ (RWC)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف بلال (RPE)، تعداد دانه در ردیف (GPR)، قطر بلال (ED)، عرض دانه (GW)، عمق دانه (GDE)، قطر دانه (GD)، قطر چوب بلال (CD)، وزن صددانه (HGW))، r_{xy}^G: همبستگی ژنتیکی صفت x و y (عملکرد)، $\sqrt{V_{GY}}$: جذر واریانس ژنتیکی صفت y

(عملکرد) است. ژنوتیپ‌های ذرت پس از محاسبه‌ی همبستگی بین عملکرد و شاخص‌های مختلف، برمبنای این شاخص‌ها و عملکرد (وزن دانه) رتبه‌بندی شدند و ۲۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد با ۲۰ درصد از بهترین‌ها بر مبنای شاخص‌ها مقایسه شدند. برآورد اجزای واریانس و وراثت‌پذیری بر مبنای میانگین نژادگان (Entry mean based) صفات در هر یک از شرایط نرمال و تنش شوری با برنامه توسعه‌یافته در محیط SAS (Holland *et al*., 2003) انجام شد. برای محاسبه شاخص‌های انتخاب از برنامه SAS ارائه شده توسط شیری و ابراهیمی (Shiri and Ebrahimi, 2018) استفاده شد. این برنامه در محیط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ و با استفاده از PROC IML تحت سیستم‌عامل Microsoft Windows اجرا شد.

جدول ۳- برخی معیارهای ارزیابی و مقایسه شاخص‌های مختلف انتخاب

Table 3. Some criteria to evaluate and compare the selection indices

شماره No.	مورد Item	نشانه Symbol	فرمول‌ها Formulas	منابع References	توضیحات Explanations
1	ضریب همبستگی بین ارزش ژنوتیپی و شاخص Correlation coefficient between genotypic value and index	RHI	$R_{HI}=\sqrt{\frac{b'Pb}{a'Ga}}$	(Baker, 1986)	که در آن a´ و b´ به‌ترتیب برگردان بردارهای a و b هستند. توجه کنید که برای شاخص پسک- بیکر a با h (بردار سودهای ژنتیکی) در معادله جایگزین می‌شود و برای شاخص رابینسون a با g در معادله جایگزین می‌شود (بردار کوواریانس ژنوتیپی عملکرد با دیگر صفات). Where a´ and b´ are transpose of a and b vectors, respectively. Note that for Pesk-Baker index, a is replaced by h (vector of genetic gains) in the equation, and for Robinson index, a is replaced by g in the equation (vector of genotypic covariance of yield with other traits).
2	کارایی نسبی شاخص در مقایسه با انتخاب مستقیم برای عملکرد دانه Relative efficiency (RE) of index compared with that of direct selection for yield (Y)	RE	$RE=\frac{R_I}{R_Y}=\frac{r_{G(Y)I}}{h_Y}$ $r_{G(Y)I}=\frac{\sigma_{G(Y)I}}{\sqrt{\sigma^2_{G(Y)}\times\sigma^2_I}}=\frac{b'g}{\sqrt{\sigma^2_{G(Y)}\times b'Pb}}$	(Baker, 1986)	که در آن RI پاسخ مورد انتظار برای صفت Y بر اساس شاخص گزینش و RY پاسخ مورد انتظار بر اساس گزینش مستقیم برای صفت Y است، $r_{G(Y)I}$ ضریب همبستگی بین ارزش ژنوتیپی عملکرد (Y) و شاخص گزینش و h_Y جذر وراثت- پذیری صفت Y است. Where RI is the expected response for trait Y based on the selection index and RY is the expected response based on direct selection for trait Y, $r_{G(Y)I}$ is the correlation coefficient between the genotypic value of yield (Y) and the selection index and h_Y is the square root of heritability of trait Y.
3	پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای همه‌ی صفات مورد مطالعه Expected genetic advance for all studied traits	ΔH	$\Delta H=Kr_{HI}\sigma_H$	(Baker, 1986)	که در آن K دیفرانسیل گزینش استاندارد شده، r_{HI} همبستگی بین شاخص گزینش و ارزش اصلاحی و σ_H انحراف استاندارد ارزش اصلاحی است. Where K is the standardized selection differential, r_{HI} is the correlation between the selection index and the breeding value, and σ_H is the standard deviation of the breeding value.

ادامه جدول ۳

Table 3. Continued

شماره No.	مورد Item	نشانه Symbol	فرمول‌ها Formulas	منابع References	توضیحات Explanations
4	سود مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص انتخاب Expected gain for each trait from index selection	ΔG	$\Delta G = \frac{Kb}{\sqrt{b'Pb}}$	(Baker, 1986)	که در آن K دیفرانسیل گزینش استاندارد شده، G ماتریس واریانس کوواریانس ژنوتیپی، P ماتریس واریانس کوواریانس فنوتیپی، b بردار ضرایب شاخص و ´b برگردان بردار b می‌باشد. Where K is the standardized selection differential, G is the genotypic variance-covariance matrix, P is the phenotypic variance-covariance matrix, b is the vector of index coefficients, and b´ is the transpose of vector b.
5	ضریب تغییرات فنوتیپی برای شاخص‌ها Phenotypic coefficient of variation (CVi) for indices	CVi	$CVi = \frac{\sigma_I}{\bar{X}} \times 100$	Rahimi and) (Rabiei, 2011	که در آن σ_I انحراف استاندارد فنوتیپی شاخص و $\bar{x}$ میانگین ارزش‌های شاخص برای همه افراد است. Where σ_I is the phenotypic standard deviation of the index and $\bar{x}$ is mean of index values for all individuals.
6	پاسخ به گزینش Response to selection	Ri	$R_i = Kh_{xi}\delta_{gi}$	Falconer and) (Mackay, 1996	که در آن δ_{gi} انحراف معیار ژنتیکی صفت iام، h_i جذر وراثت‌پذیری صفت iام و K شدت انتخاب است که با گزینش ۱۰ درصد از ژنوتیپ‌ها برابر ۱/۷۶ می‌باشد Where δ_{gi} is the genotypic standard deviation of the i^{th} trait, h_i is the square root of heritability of i^{th} trait, and K is the selection intensity, which is equal to 1.76 with the selection of 10% of the genotypes.
7	پاسخ همبسته Correlated response	CR_i	$CR_i = Kr_{xy}^{G}h_x\sqrt{V_{GY}}$	Falconer and) (Mackay, 1996	در این فرمول r ضریب همبستگی بین صفت مورد نظر برای بهبود و صفتی است که انتخاب بر مبنای آن انجام می‌شود و $\sqrt{V_{GY}}$ جذر واریانس ژنتیکی صفت موردنظر است. In this formula, r is the correlation coefficient between the desired trait for improvement and the trait on which the selection is made, and $\sqrt{V_{GY}}$ is the square root of genetic variance of the desired trait.

نتایج و بحث

پاسخ مستقیم و همبسته به انتخاب: برای بهبود صفت پیچیده که توارث‌پذیری پایینی دارد، از انتخاب غیرمستقیم توسط صفات دیگر و یا شاخص مناسب توسعه‌یافته بر اساس چند صفت می‌توان استفاده نمود. هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش شوری، صفات عملکرد (GY) به‌ترتیب با R_i= ۱۰۳/۳۸ و ۸۶/۸۹ =R_i و ارتفاع بوته (PH) به‌ترتیب با R_i= ۳۵/۴۱ و R_i= ۴۲/۲۲ به‌ترتیب بیشترین پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i) را نشان دادند؛ بنابراین در هر یک از شرایط فوق؛ انتخاب مستقیم برای این صفات نسبت به سایر صفات می‌تواند مؤثرتر باشد (جدول ٤). در شرایط نرمال، قطر دانه (GD) با R_i= ۰/۶۱ و در شرایط تنش شوری قطر ساقه (SD) با R_i= ۰/۵۳، کمترین پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i) را نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب مستقیم برای این صفات نسبت به سایر صفات مورد بررسی، از تأثیر کمتری برخوردار است (جدول ٤). سیلوا و همکاران (Silva *et al.*, 2020) انتخاب مستقیم بر اساس ارتفاع بوته در

ذرت را ناکارآمد، ولی بر اساس عملکرد را مطلوب ارزیابی کردند. آن‌ها گزارش کردند که انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد دانه، سود ۱۱/٦٥درصد را برای این مشخصه و سود مثبت برای سایر ویژگی‌ها به‌همراه دارد.

بالاترین کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم برای صفت عملکرد دانه (انتخاب از طریق سایر صفات) در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، از طریق قطر ساقه و سپس عرض دانه دیده شد (جدول ٥) و این نشان می‌دهد که انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفات می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیز به بهبود عملکرد (وزن دانه) کمک نماید. در حالی‌که پاسخ مستقیم به انتخاب برای صفت ارتفاع بوته در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بسیار بالاتر از قطر ساقه بود؛ ولی کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد از طریق ارتفاع بوته پایین‌تر از قطر ساقه و عرض دانه بود که دلیل آن با توجه به فرمول کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم قابل توجیه است. کارایی انتخاب غیرمستقیم، تنها زمانی بالاترین میزان را خواهد داشت که همبستگی ژنتیکی بین دو صفت و وراثت‌پذیری صفت همبسته به انتخاب بالا باشد (Dabholkar, 1992).

جدول ٤- مقادیر انحراف معیار ژنتیکی (S_{gi})، وراثت‌پذیری (h^2) و پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i) برای صفات ذرت تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 4. Estimation of genotypic standard deviation, heritability and direct response to selection for maize under normal and salinity stress conditions

صفات (واحد) Trait (unit)	شرایط نرمال Normal (without salinity conditions)			شرایط تنش شوری Salinity stress conditions		
	انحراف معیار ژنتیکی S_{gi}	وراثت‌پذیری h^2	پاسخ مستقیم به انتخاب R_i	انحراف معیار ژنتیکی S_{gi}	وراثت‌پذیری h^2	پاسخ مستقیم به انتخاب Ri
GY (g)	74.12	0.63	103.38	60.63	0.66	86.89
FLL (cm)	4.47	0.33	4.51	5.77	0.46	6.87
FLW (cm)	0.87	0.46	1.04	0.93	0.57	1.24
LCT	1.84	0.77	2.84	1.73	0.73	2.60
LCC	20.28	0.77	31.35	19.61	0.78	30.55
EUL	0.60	0.69	0.87	0.54	0.59	0.73
TL	1.35	0.84	2.18	1.10	0.80	1.73
EH (cm)	17.03	0.81	26.95	17.94	0.80	28.23
PH (cm)	24.14	0.69	35.41	27.53	0.76	42.22
LA	11.19	0.88	18.45	12.68	0.94	21.64
SD (cm)	0.44	0.90	0.74	0.32	0.90	0.53
DTT (day)	5.04	0.87	8.29	5.34	0.90	8.91
DTS (day)	3.79	0.72	5.68	5.01	0.85	8.14
K/Na	7.94	0.31	7.75	9.45	0.40	10.56
RWC	4.20	0.16	2.95	0.00	0.00	0.00
EL (cm)	3.70	0.70	5.44	3.27	0.72	4.88
RPE	1.46	0.42	1.67	1.36	0.40	1.51
GPR	9.23	0.72	13.80	9.06	0.73	13.66
ED (cm)	5.60	0.66	8.00	5.33	0.63	7.43
GW (cm)	0.77	0.54	1.00	0.79	0.59	1.07
GDE (cm)	1.40	0.68	2.03	1.47	0.69	2.14
GD (cm)	0.52	0.43	0.61	0.61	0.55	0.79
CD (cm)	2.39	0.45	2.83	2.33	0.50	2.90
HGW (g)	6.28	0.69	9.16	6.44	0.64	9.08

عملکرد دانه (GY)؛ طول برگ‌پرچم (FLL)؛ عرض برگ‌پرچم (FLW)؛ دمای کانوپی (LCT)؛ کلروفیل برگ (LCC)؛ تعداد برگ بالای بلال (EUL)؛ تعداد کل برگ (TL)؛ ارتفاع بلال اصلی (EH)؛ ارتفاع بوته (PH)؛ زاویه‌ی برگ (LA)؛ قطر ساقه (SD)؛ روز تا ظهور تاسل (DTT)؛ روز تا ظهور کاکل (DTS)؛ نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)؛ محتوی نسبی آب برگ (RWC)؛ طول بلال (EL)؛ تعداد ردیف بلال (RPE)؛ تعداد دانه در ردیف (GPR)؛ قطر بلال (ED)؛ عرض دانه (GW)؛ عمق دانه (GDE)؛ قطر دانه (GD)؛ قطر چوب بلال (CD)؛ وزن صددانه (HGW).

Grain yield (GY); Flag leaf length (FLL); Flag leaf width (FLW); Leaf canopy temperature (LCT); Leaf chlorophyll content (LCC); Ear-up leaves (EUL); Total leaves (TL); Ear height (EH); Plant height (PH); Leaf angle (LA); Stem diameter (SD); Day to the tasseling (DTT); Day to the silking (DTS); Potassium to sodium ratio (K/Na); Relative water content (RWC); Ear length (EL); Grain width (GW); Grain depth (GDE); Grain diameter (GD); Cob diameter (CD); Hundreds grain weight (HGW).

جدول ۵- کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد (وزن دانه) از طریق صفات مورد بررسی در ذرت

Table 5. Efficiency of indirect selection compared to direct selection for grain yield through investigated traits in maize

صفات Traits	شرایط نرمال Normal conditions	شرایط تنش شوری Salinity stress conditions
FLL (cm)	9.50	2.73
FLW (cm)	63.59	45.68
LCT	-8.11	-17.21
LCC	2.22	2.14
EUL	0.93	-0.85
TL	31.38	31.63
EH (cm)	2.79	2.31
PH (cm)	1.61	1.60
LA	1.24	0.46
SD (cm)	120.89	107.55
DTT (day)	0.84	-3.08
DTS (day)	-12.37	-5.39
K/Na	2.09	-0.41
RWC	-10.91	-
EL (cm)	17.91	15.65
RPE	4.99	16.11
GPR	6.66	6.21
ED (cm)	9.63	10.48
GW (cm)	65.74	59.60
GDE (cm)	43.13	38.04
GD (cm)	-48.97	-60.61
CD (cm)	19.82	15.98
HGW (g)	8.38	7.40

عملکرد دانه (GY)؛ طول برگ‌پرچم (FLL)؛ عرض برگ‌پرچم (FLW)؛ دمای کانوپی (LCT)؛ کلروفیل برگ (LCC)؛ تعداد برگ بالای بلال (EUL)؛ تعداد کل برگ (TL)؛ ارتفاع بلال اصلی (EH)؛ ارتفاع بوته (PH)؛ زاویه‌ی برگ (LA)؛ قطر ساقه (SD)؛ روز تا ظهور تاسل (DTT)؛ روز تا ظهور کاکل (DTS)؛ نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)؛ محتوی نسبی آب برگ (RWC)؛ طول بلال (EL)؛ تعداد ردیف بلال (RPE)؛ تعداد دانه در ردیف (GPR)؛ قطر بلال (ED)؛ عرض دانه (GW)؛ عمق دانه (GDE)؛ قطر دانه (GD)؛ قطر چوب بلال (CD)؛ وزن صددانه (HGW).

Grain yield (GY); Flag leaf length (FLL); Flag leaf width (FLW); Leaf canopy temperature (LCT); Leaf chlorophyll content (LCC); Ear-up leaves (EUL); Total leaves (TL); Ear height (EH); Plant height (PH); Leaf angle (LA); Stem diameter (SD); Day to the tasseling (DTT); Day to the silking (DTS); Potassium to sodium ratio (K/Na); Relative water content (RWC); Ear length (EL); Grain width (GW); Grain depth (GDE); Grain diameter (GD); Cob diameter (CD); Hundreds grain weight (HGW).

در مقایسه‌ی پاسخ‌های همبسته برای عملکرد دانه از طریق صفات طول برگ‌پرچم، عرض برگ‌پرچم، دمای کانوپی، کلروفیل برگ، تعداد برگ بالای بلال، تعداد کل برگ، ارتفاع بلال اصلی و بوته، زاویه‌ی برگ، قطر ساقه، روز تا ظهور تاسل و کاکل، نسبت پتاسیم به سدیم، محتوی نسبی آب برگ، طول بلال، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، عرض، عمق و قطر دانه، قطر چوب بلال و وزن صددانه در شرایط نرمال و تنش شوری مشاهده می‌شود که میزان پاسخ‌های همبسته در شرایط نرمال، بیش از شرایط تنش شوری است (جدول ٦ و ٧). در شرایط نرمال پاسخ همبسته برای عملکرد دانه از طریق صفات طول برگ‌پرچم، عرض برگ‌پرچم، کلروفیل برگ، تعداد برگ بالای بلال، تعداد کل برگ، ارتفاع بلال اصلی و بوته، زاویه‌ی برگ، قطر ساقه، روز تا ظهور تاسل، نسبت پتاسیم به سدیم، طول بلال، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، قطر چوب بلال و وزن صددانه و در شرایط تنش شوری از طریق صفات طول برگ‌پرچم، عرض برگ‌پرچم، کلروفیل برگ، تعداد برگ بالای بلال، تعداد کل برگ، ارتفاع بلال اصلی و بوته، زاویه‌ی برگ، قطر ساقه، طول بلال، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، قطر چوب بلال و وزن صد دانه مثبت می‌باشد؛ بنابراین با افزایش این صفات، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. در مقابل در شرایط نرمال پاسخ همبسته برای عملکرد دانه از طریق صفات دمای کانوپی، روز تا ظهور کاکل، محتوی نسبی آب برگ، قطر دانه و در شرایط تنش شوری از طریق صفات دمای کانوپی، تعداد

برگ بالای بلال، روز تا ظهور تاسل و کاکل، نسبت پتاسیم به سدیم و قطر دانه منفی می‌باشد که نشان می‌دهد با افزایش این صفات عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

در شرایط نرمال، پاسخ همبسته بالایی برای عملکرد دانه از طریق طول بلال و تعداد دانه در ردیف مشاهده شد. در شرایط تنش شوری، پاسخ همبسته بالایی برای عملکرد دانه از طریق تعداد دانه در ردیف و عمق دانه مشاهده شد. پاسخ همبسته بالا حاکی از آن است با افزایش این صفات عملکرد دانه افزایش می‌یابد و این می‌تواند به‌دلیل همبستگی ژنتیکی بالای این صفات با عملکرد باشد. بررسی همبستگی‌های ژنتیکی نشان می‌دهد در بین صفات مورد بررسی، صفت تعداد دانه در ردیف هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش شوری همبستگی ژنتیکی بالایی با عملکرد دانه نشان می‌دهد و میزان این همبستگی در شرایط تنش شوری بیشتر از شرایط نرمال است (جدول ٦ و ٧)؛ بنابراین می‌توان تعداد دانه در ردیف را به‌عنوان صفتی مناسب برای انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد دانه معرفی نمود. با توجه به تأثیرپذیری شدید عملکرد دانه از شرایط محیطی، بر اساس توصیه محققان انتخاب بر مبنای اجزای عملکرد نتایج بهتری دارد (Boyles *et al.*, 2016; Dehghan Kouhestani *et al.*, 2017; Sah *et al.*, 2020; Yue *et al.*, 2022). با اینکه پاسخ همبسته بین عملکرد دانه و سایر صفات مهم است، توجه به واکنش‌های همبسته بین صفات نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، پاسخ همبسته برای صفت تعداد دانه در بوته از طریق طول بلال مثبت و بالا بود (جدول ٦ و ٧)؛ که نشان می‌دهد از طریق انتخاب برای طول بلال بیشتر می‌توان باعث بهبود عملکرد دانه شد. در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، پاسخ همبسته برای صفت تعداد دانه در ردیف از طریق طول بلال بیشتر از سایر صفات بود.

شاخص‌های گزینش: در شرایط نرمال در شاخص اسمیت–هیزل، صفت تعداد برگ بالای بلال، بالاترین ضریب مثبت و صفت تعداد کل برگ، بالاترین ضریب منفی را داشتند (جدول ٨). در این شرایط (شرایط نرمال)، صفت تعداد برگ بالای بلال وزن بالایی در هر سه شاخص اسمیت– هیزل، پسک–بیکر و رابینسون داشت (جدول ٨). در شرایط نرمال، از ١٨ ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه، ٦ ژنوتیپ بر اساس شاخص اسمیت–هیزل جزء ٢٠ درصد ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند (جدول ٩) به‌عنوان نمونه، در این شرایط (نرمال؛ بدون تنش شوری) از نظر شاخص مطلوب (اسمیت–هیزل)، ژنوتیپ‌های MA062 (R59)، MA054 (پدری R59) و Ma111 (23*/89) برتر بودند؛ این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در رتبه‌های یک، چهار و ١٢ قرار دارند (جدول ١ و ٩). جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد در شرایط نرمال، همگرایی خوبی در معرفی ژنوتیپ‌های برتر بر اساس شاخص اسمیت–هیزل و ژنوتیپ‌های برتر بر اساس عملکرد دانه وجود دارد (جدول ٩).

در شرایط تنش شوری در شاخص اسمیت–هیزل صفت قطر ساقه بالاترین ضریب مثبت و صفت قطر دانه بالاترین ضریب منفی را دارا بودند (جدول ٨). علامت منفی ضرایب هر یک از صفات در شاخص‌ها، نشان دهنده اثر کاهشی آن صفت در شاخص و علامت مثبت، حاکی از اثر افزاینده صفت مورد نظر در شاخص می‌باشد. در این شرایط (تنش شوری) مشاهده می‌شود که صفات روز تا ظهور تاسل و طول بلال با داشتن بیشترین ضریب منفی در سه شاخص اسمیت–هیزل، پسک–بیکر و رابینسون (جدول ٨)، بیشترین اثر کاهشی را در شاخص‌ها داشتند. در شرایط تنش شوری، از بین ١٨ ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه، ١٢ ژنوتیپ از نظر شاخص اسمیت–هیزل (شاخص مطلوب)، به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی شدند (جدول ١٠). به‌عنوان نمونه، در این شرایط (شوری) از نظر شاخص اسمیت–هیزل ژنوتیپ‌های MA100 (6*88)، MA072 (B73(RFCORCMS)) و MA006 (K3640/S/55-N) برتر هستند؛ این ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه به‌ترتیب در رتبه‌های شش، سی‌وشش و دوازده قرار دارند (جدول ١ و ١٠).

جدول ٦- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب و همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی برای بهبود صفت Y از طریق انتخاب برای صفت X در ژنوتیپ‌های ذرت تحت شرایط نرمال

Table 6: Correlated response to selection and genetic and phenotypic correlation for improvement of trait Y through selection for trait X in maize genotypes under normal conditions

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
-0.50	-0.63	-3.35	GY (g)		0.43	0.57	42.86	FLL (cm)	
-0.11	-0.19	-0.72	FLL (cm)		0.60	0.74	66.13	FLW (cm)	
-0.22	-0.27	-1.25	FLW (cm)		-0.19	-0.20	-23.02	LCT	
0.07	0.08	0.49	LCT		0.56	0.61	69.52	LCC	
-0.11	-0.11	-0.64	LCC		0.04	0.01	0.81	EUL	
0.34	0.39	2.15	EUL		0.54	0.57	68.40	TL	
0.25	0.29	1.75	TL		0.60	0.64	75.25	EH (cm)	
0.01	0.04	0.25	EH (cm)		0.54	0.52	56.91	PH (cm)	
-0.11	-0.07	-0.39	PH (cm)		0.17	0.19	22.90	LA	
0.33	0.36	2.23	LA		0.67	0.72	89.46	SD (cm)	
-0.01	0.00	-0.02	SD (cm)		-0.02	0.06	6.96	DTT (day)	
0.81	0.86	5.36	DTT (day)	DTS	-0.50	-0.63	-70.24	DTS (day)	GY (g)
0.05	0.01	0.04	K/Na		0.15	0.22	16.19	K/Na	
-0.11	-0.17	-0.46	RWC		-0.29	-0.62	-32.17	RWC	
-0.24	-0.21	-1.19	EL (cm)		0.85	0.90	97.44	EL (cm)	
-0.01	0.08	0.34	RPE		0.19	0.10	8.33	RPE	
-0.40	-0.40	-2.25	GPR		0.80	0.83	91.88	GPR	
-0.23	-0.21	-1.13	ED (cm)		0.71	0.73	77.03	ED (cm)	
0.06	0.20	0.99	GW (cm)		0.59	0.68	65.74	GW (cm)	
-0.16	-0.10	-0.54	GDE (cm)		0.76	0.81	87.56	GDE (cm)	
0.47	0.72	3.17	GD (cm)		-0.29	-0.35	-29.87	GD (cm)	
-0.01	0.04	0.17	CD (cm)		0.56	0.64	56.08	CD (cm)	
-0.16	-0.15	-0.85	HGW (g)		0.64	0.71	76.78	HGW (g)	
0.15	0.22	2.48	GY (g)		0.43	0.57	3.57	GY (g)	
0.21	0.26	2.09	FLL (cm)		0.63	0.58	3.11	FLW (cm)	
0.21	0.18	1.71	FLW (cm)		-0.15	-0.19	-1.31	LCT	
0.25	0.36	4.41	LCT		0.37	0.50	3.45	LCC	
0.22	0.31	3.81	LCC		-0.23	-0.18	-1.19	EUL	
-0.22	-0.33	-3.85	EUL		0.10	0.16	1.12	TL	
0.00	-0.01	-0.15	TL		0.32	0.41	2.89	EH (cm)	
0.15	0.19	2.36	EH (cm)		0.32	0.44	2.91	PH (cm)	
0.08	0.09	1.04	PH (cm)		0.14	0.17	1.24	LA	
0.03	0.04	0.47	LA		0.36	0.45	3.34	SD (cm)	
0.04	0.06	0.77	SD (cm)		-0.06	-0.10	-0.74	DTT (day)	
0.17	0.20	2.67	DTT (day)	K/Na	-0.11	-0.19	-1.25	DTS (day)	FLL (cm)
0.05	0.01	0.13	DTS (day)		0.21	0.26	1.14	K/Na	
-0.10	-0.17	-0.96	RWC		-0.15	-0.40	-1.25	RWC	
0.36	0.64	7.46	EL (cm)		0.65	0.92	6.01	EL (cm)	
0.75	1.68	15.24	RPE		0.28	0.50	2.57	RPE	
0.25	0.38	4.55	GPR		0.63	0.89	5.94	GPR	
0.33	0.61	6.88	ED (cm)		0.31	0.46	2.96	ED (cm)	
1.64	3.29	33.83	GW (cm)		0.85	1.45	8.42	GW (cm)	
0.98	1.81	20.84	GDE (cm)		0.63	0.89	5.78	GDE (cm)	
1.91	4.22	38.75	GD (cm)		0.24	0.53	2.76	GD (cm)	
0.54	1.15	10.83	CD (cm)		0.12	0.17	0.89	CD (cm)	
0.28	0.44	5.05	HGW (g)		0.32	0.47	3.09	HGW (g)	
-0.29	-0.62	-3.62	GY (g)		0.60	0.74	0.90	GY (g)	
-0.15	-0.40	-1.69	FLL (cm)		0.63	0.58	0.51	FLL (cm)	
0.17	0.28	1.43	FLW (cm)		-0.15	-0.17	-0.23	LCT	
-0.26	-0.43	-2.81	LCT		0.43	0.51	0.68	LCC	
-0.15	-0.32	-2.06	LCC		-0.19	-0.19	-0.24	EUL	
-0.01	0.08	0.51	EUL		0.19	0.23	0.32	TL	
-0.19	-0.30	-2.01	TL		0.38	0.44	0.60	EH (cm)	
-0.15	-0.23	-1.54	EH (cm)		0.33	0.40	0.51	PH (cm)	
-0.14	-0.18	-1.12	PH (cm)		0.02	0.02	0.02	LA	
-0.26	-0.44	-3.05	LA		0.46	0.53	0.77	SD (cm)	
-0.37	-0.62	-4.33	SD (cm)		-0.17	-0.21	-0.30	DTT (day)	
-0.05	-0.07	-0.45	DTT (day)	RWC	-0.22	-0.27	-0.36	DTS (day)	FLW (cm)
-0.11	-0.17	-1.08	DTS (day)		0.21	0.18	0.15	K/Na	
-0.10	-0.17	-0.71	K/Na		0.17	0.28	0.17	RWC	
-0.30	-0.82	-5.05	EL (cm)		0.56	0.67	0.86	EL (cm)	
0.25	-0.39	-1.86	RPE		0.24	0.32	0.32	RPE	
-0.30	-0.66	-4.15	GPR		0.59	0.72	0.93	GPR	
-0.19	-0.61	-3.66	ED (cm)		0.42	0.54	0.67	ED (cm)	
0.25	-0.86	-4.70	GW (cm)		0.38	0.49	0.55	GW (cm)	
0.13	-0.58	-3.53	GDE (cm)		0.46	0.51	0.64	GDE (cm)	
0.94	-0.13	-0.61	GD (cm)		-0.34	-0.44	-0.44	GD (cm)	
-0.04	-0.49	-2.45	CD (cm)		0.19	0.24	0.24	CD (cm)	
-0.20	-0.53	-3.27	HGW (g)		0.40	0.50	0.63	HGW (g)	

ادامه جدول ٦

Table 6. Continued

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
0.85	0.90	4.62	GY (g)		-0.19	-0.20	-0.52	GY (g)	
0.65	0.92	3.42	FLL (cm)		-0.15	-0.19	-0.35	FLL (cm)	
0.56	0.67	2.99	FLW (cm)		-0.15	-0.17	-0.37	FLW (cm)	
-0.18	-0.20	-1.17	LCT		-0.11	-0.11	-0.31	LCC	
0.61	0.69	3.97	LCC		-0.09	-0.08	-0.21	EUL	
-0.06	-0.09	-0.47	EUL		-0.26	-0.27	-0.81	TL	
0.48	0.52	3.07	TL		-0.21	-0.24	-0.69	EH (cm)	
0.63	0.67	3.90	EH (cm)		-0.24	-0.28	-0.75	PH (cm)	
0.34	0.23	1.26	PH (cm)		-0.05	-0.05	-0.16	LA	
0.40	0.49	3.01	LA		-0.14	-0.15	-0.48	SD (cm)	
0.71	0.76	4.68	SD (cm)		0.00	-0.01	-0.02	DTT (day)	
-0.15	-0.13	-0.80	DTT (day)	EL	0.07	0.08	0.23	DTS (day)	LCT
-0.24	-0.21	-1.18	DTS (day)		0.25	0.36	0.65	K/Na	
0.36	0.64	2.31	K/Na		-0.26	-0.43	-0.56	RWC	
-0.30	-0.82	-2.13	RWC		-0.18	-0.20	-0.56	EL (cm)	
0.23	0.28	1.19	RPE		-0.25	-0.31	-0.66	RPE	
0.89	0.90	5.01	GPR		-0.09	-0.10	-0.28	GPR	
0.72	0.75	3.96	ED (cm)		-0.23	-0.25	-0.66	ED (cm)	
0.62	0.67	3.23	GW (cm)		-0.28	-0.35	-0.84	GW (cm)	
0.72	0.75	4.04	GDE (cm)		-0.29	-0.32	-0.87	GDE (cm)	
-0.30	-0.34	-1.45	GD (cm)		-0.20	-0.27	-0.59	GD (cm)	
0.50	0.57	2.49	CD (cm)		-0.22	-0.28	-0.60	CD (cm)	
0.61	0.65	3.50	HGW (g)		-0.20	-0.23	-0.62	HGW (g)	
0.19	0.10	0.20	GY (g)		0.56	0.61	17.16	GY (g)	
0.28	0.50	0.74	FLL (cm)		0.37	0.50	10.20	FLL (cm)	
0.24	0.32	0.56	FLW (cm)		0.43	0.51	12.40	FLW (cm)	
-0.25	-0.31	-0.70	LCT		-0.11	-0.11	-3.37	LCT	
0.66	0.93	2.10	LCC		-0.02	-0.02	-0.53	EUL	
0.07	0.06	0.14	EUL		0.39	0.42	13.88	TL	
0.31	0.38	0.90	TL		0.35	0.38	12.10	EH (cm)	
0.43	0.51	1.19	EH (cm)		0.41	0.44	12.94	PH (cm)	
-0.27	-0.63	-1.35	PH (cm)		0.30	0.32	10.63	LA	
0.56	0.80	1.94	LA		0.54	0.57	19.22	SD (cm)	
0.10	0.11	0.27	SD (cm)		-0.01	-0.01	-0.18	DTT (day)	
0.28	0.39	0.95	DTT (day)	RPE	-0.11	-0.11	-3.31	DTS (day)	LCC
-0.01	0.08	0.17	DTS (day)		0.22	0.31	6.13	K/Na	
0.75	1.68	2.39	K/Na		-0.15	-0.32	-4.53	RWC	
0.25	-0.39	-0.40	RWC		0.61	0.69	20.67	EL (cm)	
0.23	0.28	0.60	EL (cm)		0.66	0.93	21.59	RPE	
0.28	0.35	0.76	GPR		0.50	0.57	17.24	GPR	
0.53	0.55	1.14	ED (cm)		0.60	0.68	19.74	ED (cm)	
-0.06	0.04	0.07	GW (cm)		0.93	1.23	32.32	GW (cm)	
0.34	0.39	0.84	GDE (cm)		0.87	1.02	30.10	GDE (cm)	
-0.19	-0.23	-0.40	GD (cm)		0.62	1.00	2.14	GD (cm)	
0.49	0.50	0.86	CD (cm)		0.56	0.68	1.49	CD (cm)	
0.01	0.07	0.15	HGW (g)		0.50	0.58	1.57	HGW (g)	
0.80	0.83	10.68	GY (g)		0.04	0.01	0.01	GY (g)	
0.63	0.89	8.27	FLL (cm)		-0.23	-0.18	-0.11	FLL (cm)	
0.59	0.72	7.97	FLW (cm)		-0.19	-0.19	-0.13	FLW (cm)	
-0.09	-0.10	-1.43	LCT		-0.09	-0.08	-0.07	LCT	
0.50	0.57	8.12	LCC		-0.02	-0.02	-0.02	LCC	
-0.14	-0.17	-2.31	EUL		0.54	0.56	0.53	TL	
0.38	0.39	5.84	TL		0.03	0.04	0.04	EH (cm)	
0.56	0.59	8.62	EH (cm)		0.24	0.23	0.20	PH (cm)	
0.38	0.34	4.65	PH (cm)		0.36	0.40	0.39	LA	
0.15	0.18	2.76	LA		0.21	0.22	0.22	SD (cm)	
0.59	0.64	9.83	SD (cm)		0.32	0.34	0.33	DTT (day)	
-0.19	-0.18	-2.75	DTT (day)	GPR	0.34	0.39	0.35	DTS (day)	EUL
-0.40	-0.40	-5.48	DTS (day)		-0.22	-0.33	-0.19	K/Na	
0.25	0.38	3.45	K/Na		-0.01	0.08	0.03	RWC	
-0.30	-0.66	-4.30	RWC		-0.06	-0.09	-0.08	EL (cm)	
0.89	0.90	12.27	EL (cm)		0.07	0.06	0.04	RPE	
0.28	0.35	3.69	RPE		-0.14	-0.17	-0.15	GPR	
0.72	0.75	9.90	ED (cm)		0.09	0.08	0.07	ED (cm)	
0.50	0.55	6.52	GW (cm)		0.05	0.08	0.06	GW (cm)	
0.73	0.76	10.15	GDE (cm)		0.08	0.09	0.08	GDE (cm)	
-0.53	-0.58	-6.15	GD (cm)		0.21	0.22	0.16	GD (cm)	
0.43	0.50	5.49	CD (cm)		0.22	0.22	0.15	CD (cm)	
0.47	0.49	6.64	HGW (g)		0.13	0.13	0.11	HGW (g)	

ادامه جدول ٦

Table 6. Continued

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
0.71	0.73	5.67	GY (g)		0.54	0.57	1.08	GY (g)	
0.31	0.46	2.61	FLL (cm)		0.10	0.16	0.21	FLL (cm)	
0.42	0.54	3.63	FLW (cm)		0.19	0.23	0.37	FLW (cm)	
-0.23	-0.25	-2.14	LCT		-0.26	-0.27	-0.57	LCT	
0.60	0.68	5.89	LCC		0.39	0.42	0.89	LCC	
0.09	0.08	0.63	EUL		0.54	0.56	1.10	EUL	
0.53	0.56	5.07	TL		0.73	0.75	1.60	EH (cm)	
0.57	0.62	5.47	EH (cm)		0.69	0.72	1.43	PH (cm)	
0.38	0.33	2.72	PH (cm)		0.50	0.51	1.14	LA	
0.41	0.48	4.46	LA		0.68	0.70	1.59	SD (cm)	
0.60	0.65	6.04	SD (cm)		0.37	0.37	0.83	DTT (day)	
-0.01	0.01	0.06	DTT (day)	ED	0.25	0.29	0.58	DTS (day)	TL
-0.23	-0.21	-1.74	DTS (day)		0.00	-0.01	-0.02	K/Na	
0.33	0.61	3.31	K/Na		-0.19	-0.30	-0.28	RWC	
-0.19	-0.61	-2.40	RWC		0.48	0.52	1.02	EL (cm)	
0.72	0.75	6.15	EL (cm)		0.31	0.38	0.59	RPE	
0.53	0.55	3.49	RPE		0.38	0.39	0.79	GPR	
0.72	0.75	6.27	GPR		0.53	0.56	1.09	ED (cm)	
0.69	0.78	5.63	GW (cm)		0.29	0.34	0.59	GW (cm)	
0.88	0.93	7.54	GDE (cm)		0.41	0.45	0.88	GDE (cm)	
-0.21	-0.23	-1.51	GD (cm)		-0.08	-0.08	-0.12	GD (cm)	
0.84	0.90	5.97	CD (cm)		0.54	0.63	1.01	CD (cm)	
0.72	0.80	6.53	HGW (g)		0.38	0.41	0.82	HGW (g)	
0.59	0.68	0.74	GY (g)		0.60	0.64	15.23	GY (g)	
0.85	1.45	1.13	FLL (cm)		0.32	0.41	7.02	FLL (cm)	
0.38	0.49	0.46	FLW (cm)		0.38	0.44	8.91	FLW (cm)	
-0.28	-0.35	-0.42	LCT		-0.21	-0.24	-6.20	LCT	
0.93	1.23	1.47	LCC		0.35	0.38	9.92	LCC	
0.05	0.08	0.09	EUL		0.03	0.04	1.02	EUL	
0.29	0.34	0.42	TL		0.73	0.75	20.54	TL	
0.49	0.52	0.64	EH (cm)		0.88	0.91	22.72	PH (cm)	
-0.56	-1.19	-1.35	PH (cm)		0.19	0.19	5.39	LA	
1.13	1.54	1.97	LA		0.64	0.68	19.21	SD (cm)	
0.56	0.63	0.82	SD (cm)		0.15	0.15	4.29	DTT (day)	
0.14	0.25	0.32	DTT (day)	GW	0.01	0.04	1.04	DTS (day)	EH (cm)
0.06	0.20	0.23	DTS (day)		0.15	0.19	3.12	K/Na	
1.64	3.29	2.48	K/Na		-0.15	-0.23	-2.77	RWC	
0.25	-0.86	-0.47	RWC		0.63	0.67	16.63	EL (cm)	
0.62	0.67	0.76	EL (cm)		0.43	0.51	10.00	RPE	
-0.06	0.04	0.03	RPE		0.56	0.59	15.01	GPR	
0.50	0.55	0.63	GPR		0.57	0.62	15.05	ED (cm)	
0.69	0.78	0.86	ED (cm)		0.49	0.52	11.46	GW (cm)	
0.70	0.77	0.86	GDE (cm)		0.59	0.63	15.55	GDE (cm)	
0.13	0.15	0.14	GD (cm)		0.07	0.07	1.36	GD (cm)	
0.55	0.69	0.63	CD (cm)		0.53	0.64	12.87	CD (cm)	
0.86	0.96	1.09	HGW (g)		0.38	0.42	10.36	HGW (g)	
0.76	0.81	1.59	GY (g)		0.54	0.52	17.63	GY (g)	
0.63	0.89	0.69	FLL (cm)		0.32	0.44	10.80	FLL (cm)	
0.46	0.51	0.47	FLW (cm)		0.33	0.40	11.49	FLW (cm)	
-0.29	-0.32	-0.39	LCT		-0.24	-0.28	-10.27	LCT	
0.87	1.02	1.22	LCC		0.41	0.44	16.24	LCC	
0.08	0.09	0.10	EUL		0.24	0.23	8.24	EUL	
0.41	0.45	0.56	TL		0.69	0.72	28.07	TL	
0.59	0.63	0.77	EH (cm)		0.88	0.91	34.76	EH (cm)	
-0.01	-0.29	-0.33	PH (cm)		0.28	0.30	11.92	LA	
0.75	0.95	1.21	LA		0.63	0.68	27.30	SD (cm)	
0.57	0.61	0.78	SD (cm)		0.15	0.17	6.68	DTT (day)	
0.05	0.11	0.13	DTT (day)	GDE (cm)	-0.11	-0.07	-2.51	DTS (day)	PH (cm)
-0.16	-0.10	-0.11	DTS (day)		0.08	0.09	2.10	K/Na	
0.98	1.81	1.36	K/Na		-0.14	-0.18	-3.09	RWC	
0.13	-0.58	-0.32	RWC		0.34	0.23	8.24	EL (cm)	
0.72	0.75	0.85	EL (cm)		-0.27	-0.63	-17.44	RPE	
0.34	0.39	0.35	RPE		0.38	0.34	12.38	GPR	
0.73	0.76	0.88	GPR		0.38	0.33	11.44	ED (cm)	
0.88	0.93	1.03	ED (cm)		-0.56	-1.19	-37.15	GW (cm)	
0.70	0.77	0.77	GW (cm)		-0.01	-0.29	-10.27	GDE (cm)	
-0.31	-0.31	-0.28	GD (cm)		-1.42	-2.47	-69.01	GD (cm)	
0.62	0.69	0.64	CD (cm)		0.18	0.04	1.26	CD (cm)	
0.77	0.82	0.93	HGW (g)		0.28	0.25	8.63	HGW (g)	

ادامه جدول ٦

Table 6. Continued

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
-0.29	-0.35	-0.25	GY (g)		0.17	0.19	2.92	GY (g)	
0.24	0.53	0.28	FLL (cm)		0.14	0.17	1.90	FLL (cm)	
-0.34	-0.44	-0.28	FLW (cm)		0.02	0.02	0.21	FLW (cm)	
-0.20	-0.27	-0.22	LCT		-0.05	-0.05	-0.92	LCT	
0.62	1.00	0.81	LCC		0.30	0.32	5.50	LCC	
0.21	0.22	0.17	EUL		0.36	0.40	6.48	EUL	
-0.08	-0.08	-0.07	TL		0.50	0.51	9.21	TL	
0.07	0.07	0.06	EH (cm)		0.19	0.19	3.40	EH (cm)	
-1.42	-2.47	-1.90	PH (cm)		0.28	0.30	4.91	PH (cm)	
1.29	1.93	1.67	LA		0.45	0.47	8.79	SD (cm)	
-0.15	-0.20	-0.17	SD (cm)		0.46	0.47	8.68	DTT (day)	
0.56	0.83	0.71	DTT (day)	GD (cm)	0.33	0.36	5.96	DTS (day)	LA
0.47	0.72	0.57	DTS (day)		0.03	0.04	0.40	K/Na	
1.91	4.22	2.16	K/Na		-0.26	-0.44	-3.47	RWC	
0.94	-0.13	-0.05	RWC		0.40	0.49	8.11	EL (cm)	
-0.30	-0.34	-0.26	EL (cm)		0.56	0.80	10.30	RPE	
-0.19	-0.23	-0.14	RPE		0.15	0.18	3.03	GPR	
-0.53	-0.58	-0.45	GPR		0.41	0.48	7.74	ED (cm)	
-0.21	-0.23	-0.18	ED (cm)		1.13	1.54	22.34	GW (cm)	
0.13	0.15	0.10	GW (cm)		0.75	0.95	15.41	GDE (cm)	
-0.31	-0.31	-0.24	GDE (cm)		1.29	1.93	25.03	GD (cm)	
-0.04	-0.03	-0.02	CD (cm)		0.56	0.75	9.95	CD (cm)	
0.05	0.06	0.05	HGW (g)		0.49	0.56	9.17	HGW (g)	
0.56	0.64	2.13	GY (g)		0.67	0.72	0.45	GY (g)	
0.12	0.17	0.41	FLL (cm)		0.36	0.45	0.20	FLL (cm)	
0.19	0.24	0.68	FLW (cm)		0.46	0.53	0.28	FLW (cm)	
-0.22	-0.28	-1.02	LCT		-0.14	-0.15	-0.11	LCT	
0.56	0.68	2.52	LCC		0.54	0.57	0.39	LCC	
0.22	0.22	0.76	EUL		0.21	0.22	0.14	EUL	
0.54	0.63	2.42	TL		0.68	0.70	0.50	TL	
0.53	0.64	2.42	EH (cm)		0.64	0.68	0.48	EH (cm)	
0.18	0.04	0.15	PH (cm)		0.63	0.68	0.44	PH (cm)	
0.56	0.75	2.96	LA		0.45	0.47	0.34	LA	
0.48	0.55	2.19	SD (cm)		0.03	0.03	0.02	DTT (day)	
0.13	0.19	0.76	DTT (day)	CD (cm)	-0.01	0.00	0.00	DTS (day)	SD
-0.01	0.04	0.14	DTS (day)		0.04	0.06	0.03	K/Na	
0.54	1.15	2.69	K/Na		-0.37	-0.62	-0.19	RWC	
-0.04	-0.49	-0.83	RWC		0.71	0.76	0.49	EL (cm)	
0.50	0.57	2.00	EL (cm)		0.10	0.11	0.06	RPE	
0.49	0.50	1.36	RPE		0.59	0.64	0.42	GPR	
0.43	0.50	1.80	GPR		0.60	0.65	0.41	ED (cm)	
0.84	0.90	3.09	ED (cm)		0.56	0.63	0.36	GW (cm)	
0.55	0.69	2.13	GW (cm)		0.57	0.61	0.39	GDE (cm)	
0.62	0.69	2.41	GDE (cm)		-0.15	-0.20	-0.10	GD (cm)	
-0.04	-0.03	-0.09	GD (cm)		0.48	0.55	0.29	CD (cm)	
0.57	0.71	2.47	HGW (g)		0.61	0.66	0.42	HGW (g)	
0.64	0.71	6.21	GY (g)		-0.02	0.06	0.40	GY (g)	
0.32	0.47	3.00	FLL (cm)		-0.06	-0.10	-0.51	FLL (cm)	
0.40	0.50	3.74	FLW (cm)		-0.17	-0.21	-1.27	FLW (cm)	
-0.20	-0.23	-2.24	LCT		0.00	-0.01	-0.06	LCT	
0.50	0.58	5.65	LCC		-0.01	-0.01	-0.04	LCC	
0.13	0.13	1.18	EUL		0.32	0.34	2.47	EUL	
0.38	0.41	4.18	TL		0.37	0.37	3.04	TL	
0.38	0.42	4.14	EH (cm)		0.15	0.15	1.22	EH (cm)	
0.28	0.25	2.26	PH (cm)		0.15	0.17	1.24	PH (cm)	
0.49	0.56	5.81	LA		0.46	0.47	3.92	LA	
0.61	0.66	6.87	SD (cm)		0.03	0.03	0.22	SD (cm)	
-0.07	-0.07	-0.68	DTT (day)	HGW (g)	0.81	0.86	6.48	DTS (day)	DTT
-0.16	-0.15	-1.45	DTS (day)		0.17	0.20	1.00	K/Na	
0.28	0.44	2.67	K/Na		-0.05	-0.07	-0.23	RWC	
-0.20	-0.53	-2.36	RWC		-0.15	-0.13	-0.97	EL (cm)	
0.61	0.65	5.97	EL (cm)		0.28	0.39	2.28	RPE	
0.01	0.07	0.51	RPE		-0.19	-0.18	-1.36	GPR	
0.47	0.49	4.62	GPR		-0.01	0.01	0.04	ED (cm)	
0.72	0.80	7.18	ED (cm)		0.14	0.25	1.63	GW (cm)	
0.86	0.96	7.83	GW (cm)		0.05	0.11	0.77	GDE (cm)	
0.77	0.82	7.51	GDE (cm)		0.56	0.83	4.83	GD (cm)	
0.05	0.06	0.47	GD (cm)		0.13	0.19	1.15	CD (cm)	
0.57	0.71	5.26	CD (cm)		-0.07	-0.07	-0.48	HGW (g)	

عملکرد دانه (GY)؛ طول برگ‌پرچم (FLL)؛ عرض برگ‌پرچم (FLW)؛ دمای کانوپی (LCT)؛ کلروفیل برگ (LCC)؛ تعداد برگ بالای بلال (EUL)؛ تعداد کل برگ (TL)؛ ارتفاع بلال اصلی (EH)؛ ارتفاع بوته (PH)؛ زاویه‌ی برگ (LA)؛ قطر ساقه (SD)؛ روز تا ظهور تاسل (DTT)؛ روز تا ظهور کاکل (DTS)؛ نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)؛ محتوی نسبی آب برگ (RWC)؛ طول بلال (EL)؛ تعداد ردیف بلال (RPE)؛ تعداد دانه در ردیف (GPR)؛ قطر بلال (ED)؛ عرض دانه (GW)؛ عمق دانه (GDE)؛ قطر دانه (GD)؛ قطر چوب بلال (CD)؛ وزن صددانه (HGW).

Grain yield (GY); Flag leaf length (FLL); Flag leaf width (FLW); Leaf canopy temperature (LCT); Leaf chlorophyll content (LCC); Ear-up leaves (EUL); Total leaves (TL); Ear height (EH); Plant height (PH); Leaf angle (LA); Stem diameter (SD); Day to the tasseling (DTT); Day to the silking (DTS); Potassium to sodium ratio (K/Na); Relative water content (RWC); Ear length (EL); Grain width (GW); Grain depth (GDE); Grain diameter (GD); Cob diameter (CD); Hundreds grain weight (HGW).

جدول ۷- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب و همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی برای بهبود صفت Y از طریق انتخاب برای صفت X در ژنوتیپ‌های ذرت تحت شرایط تنش شوری

Table 7. Correlated response to selection and genetic and phenotypic correlation for improvement of trait Y through selection for trait X in maize genotypes under salinity stress conditions

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
-0.48	-0.45	-3.19	GY (g)		0.23	0.26	18.76	FLL (cm)	
0.29	0.35	2.08	FLL (cm)		0.63	0.71	56.64	FLW (cm)	
-0.01	0.00	-0.02	FLW (cm)		-0.45	-0.49	-44.74	LCT	
0.02	0.01	0.08	LCT		0.63	0.69	65.44	LCC	
-0.18	-0.19	-1.49	LCC		0.00	-0.01	-0.62	EUL	
-0.02	-0.03	-0.19	EUL		0.53	0.57	54.72	TL	
0.14	0.15	1.22	TL		0.64	0.68	65.10	EH (cm)	
0.03	0.03	0.26	EH (cm)		0.68	0.73	67.73	PH (cm)	
-0.09	-0.06	-0.47	PH (cm)		0.09	0.10	9.92	LA	
0.22	0.23	1.96	LA		0.54	0.56	57.00	SD (cm)	
0.10	0.10	0.87	SD (cm)		-0.26	-0.27	-27.43	DTT (day)	
0.76	0.78	6.49	DTT (day)	DTS	-0.48	-0.45	-43.87	DTS (day)	GY (g)
0.22	0.25	1.41	K/Na		-0.03	-0.06	-4.31	K/Na	
0.11			RWC		-0.08			RWC	
-0.17	-0.18	-1.31	EL (cm)		0.81	0.84	76.37	EL (cm)	
-0.26	-0.29	-1.62	RPE		0.35	0.36	24.33	RPE	
-0.38	-0.38	-2.85	GPR		0.89	0.93	84.84	GPR	
-0.39	-0.40	-2.82	ED (cm)		0.87	0.92	77.87	ED (cm)	
-0.18	-0.23	-1.56	GW (cm)		0.67	0.78	63.77	GW (cm)	
-0.38	-0.41	-3.01	GDE (cm)		0.88	0.92	81.40	GDE (cm)	
0.37	0.41	2.68	GD (cm)		-0.55	-0.60	-47.88	GD (cm)	
-0.11	-0.11	-0.69	CD (cm)		0.56	0.61	46.34	CD (cm)	
-0.21	-0.24	-1.70	HGW (g)		0.72	0.78	67.17	HGW (g)	
-0.03	-0.06	-0.86	GY (g)		0.23	0.26	2.15	GY (g)	
0.39	0.41	4.56	FLL (cm)		0.67	0.65	4.96	FLW (cm)	
0.21	0.14	1.72	FLW (cm)		-0.30	-0.35	-3.06	LCT	
-0.12	-0.20	-2.88	LCT		0.18	0.18	1.65	LCC	
-0.06	-0.06	-0.84	LCC		-0.26	-0.28	-2.16	EUL	
-0.26	-0.34	-4.31	EUL		0.22	0.28	2.51	TL	
0.06	0.07	1.07	TL		0.52	0.62	5.62	EH (cm)	
0.26	0.31	4.62	EH (cm)		0.44	0.51	4.55	PH (cm)	
0.22	0.26	3.77	PH (cm)		0.20	0.23	2.26	LA	
-0.01	-0.03	-0.45	LA		0.56	0.65	6.29	SD (cm)	
0.11	0.11	1.75	SD (cm)		0.36	0.43	4.15	DTT (day)	
0.16	0.18	2.78	DTT (day)	K/Na	0.29	0.35	3.28	DTS (day)	FLL (cm)
0.22	0.25	3.88	DTS (day)		0.39	0.41	2.61	K/Na	
-0.02			RWC		-0.04			RWC	
0.13	0.13	1.90	EL (cm)		0.48	0.56	4.80	EL (cm)	
-0.20	-0.34	-3.58	RPE		-0.06	-0.13	-0.81	RPE	
0.08	0.08	1.19	GPR		0.33	0.41	3.58	GPR	
-0.07	-0.13	-1.72	ED (cm)		0.14	0.13	1.09	ED (cm)	
0.12	0.15	1.89	GW (cm)		0.14	0.17	1.31	GW (cm)	
-0.05	-0.09	-1.29	GDE (cm)		0.11	0.12	1.02	GDE (cm)	
0.11	0.09	1.15	GD (cm)		-0.15	-0.20	-1.54	GD (cm)	
0.02	-0.06	-0.69	CD (cm)		0.11	0.07	0.51	CD (cm)	
0.08	0.09	0.71	HGW (g)		0.24	0.28	2.24	HGW (g)	
-0.08	_	_	GY (g)		0.63	0.71	0.94	GY (g)	
-0.04	_	_	FLL (cm)		0.67	0.65	0.72	FLL (cm)	
-0.06	_	_	FLW (cm)		-0.37	-0.44	-0.62	LCT	
-0.17	_	_	LCT		0.41	0.47	0.68	LCC	
-0.01	_	_	LCC		-0.35	-0.38	-0.49	EUL	
0.07	_	_	EUL		0.31	0.37	0.55	TL	
0.04	_	_	TL		0.60	0.68	0.99	EH (cm)	
0.09	_	_	EH (cm)		0.55	0.63	0.90	PH (cm)	
0.00	_	_	PH (cm)		0.10	0.11	0.18	LA	
-0.15	_	_	LA		0.54	0.61	0.95	SD (cm)	
-0.01	_	_	SD (cm)		0.10	0.12	0.19	DTT (day)	
0.16	_	_	DTT (day)	RWC	-0.01	0.00	0.00	DTS (day)	FLW (cm)
0.11	_	_	DTS (day)		0.21	0.14	0.14	K/Na	
-0.02	_	_	K/Na		-0.06			RWC	
-0.16	_	_	EL (cm)		0.63	0.70	0.98	EL (cm)	
-0.01	_	_	RPE		0.06	0.03	0.03	RPE	
-0.10	_	_	GPR		0.62	0.72	1.02	GPR	
-0.05	_	_	ED (cm)		0.48	0.55	0.71	ED (cm)	
-0.01	_	_	GW (cm)		0.42	0.51	0.64	GW (cm)	
-0.03	_	_	GDE (cm)		0.46	0.54	0.73	GDE (cm)	
-0.02	_	_	GD (cm)		-0.28	-0.36	-0.44	GD (cm)	
-0.08	_	_	CD (cm)		0.33	0.35	0.41	CD (cm)	
-0.05	_	_	HGW (g)		0.47	0.56	0.74	HGW (g)	

ادامه جدول ۷

Table 7. Continued

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) (unit) Y	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
0.81	0.84	3.96	GY (g)		-0.45	-0.49	-1.22	GY (g)	
0.48	0.56	2.17	FLL (cm)		-0.30	-0.35	-0.73	FLL (cm)	
0.63	0.70	3.05	FLW (cm)		-0.37	-0.44	-1.01	FLW (cm)	
-0.43	-0.47	-2.30	LCT		-0.42	-0.44	-1.18	LCC	
0.54	0.59	2.98	LCC		0.05	0.06	0.14	EUL	
-0.13	-0.17	-0.73	EUL		-0.33	-0.35	-0.96	TL	
0.48	0.50	2.60	TL		-0.55	-0.60	-1.63	EH (cm)	
0.63	0.67	3.44	EH (cm)		-0.54	-0.59	-1.56	PH (cm)	
0.51	0.57	2.87	PH (cm)		-0.28	-0.31	-0.91	LA	
0.12	0.13	0.71	LA		-0.32	-0.34	-0.98	SD (cm)	
0.63	0.67	3.63	SD (cm)		-0.14	-0.16	-0.46	DTT (day)	
-0.08	-0.07	-0.40	DTT (day)	EL	0.02	0.01	0.03	DTS (day)	LCT
-0.17	-0.18	-0.94	DTS (day)		-0.12	-0.20	-0.39	K/Na	
0.13	0.13	0.49	K/Na		-0.17	_	_	RWC	
-0.16	_	_	RWC		-0.43	-0.47	-1.21	EL (cm)	
0.14	0.13	0.46	RPE		-0.14	-0.14	-0.26	RPE	
0.91	0.93	4.59	GPR		-0.43	-0.47	-1.23	GPR	
0.63	0.66	3.03	ED (cm)		-0.41	-0.43	-1.04	ED (cm)	
0.56	0.61	2.71	GW (cm)		-0.25	-0.28	-0.65	GW (cm)	
0.65	0.68	3.26	GDE (cm)		-0.35	-0.36	-0.92	GDE (cm)	
-0.42	-0.49	-2.09	GD (cm)		0.20	0.24	0.56	GD (cm)	
0.39	0.41	1.68	CD (cm)		-0.30	-0.34	-0.74	CD (cm)	
0.61	0.64	2.95	HGW (g)		-0.37	-0.40	-0.99	HGW (g)	
0.35	0.36	0.71	GY (g)		0.63	0.69	19.46	GY (g)	
-0.06	-0.13	-0.20	FLL (cm)		0.18	0.18	4.29	FLL (cm)	
0.06	0.03	0.05	FLW (cm)		0.41	0.47	12.11	FLW (cm)	
-0.14	-0.14	-0.28	LCT		-0.42	-0.44	-12.92	LCT	
0.10	0.13	0.28	LCC		-0.06	-0.08	-2.20	EUL	
0.09	0.14	0.26	EUL		0.33	0.34	10.58	TL	
0.25	0.30	0.64	TL		0.44	0.47	14.58	EH (cm)	
0.05	0.02	0.05	EH (cm)		0.55	0.60	18.10	PH (cm)	
-0.26	-0.26	-0.54	PH (cm)		0.20	0.21	7.10	LA	
0.19	0.25	0.58	LA		0.52	0.55	17.94	SD (cm)	
0.14	0.18	0.41	SD (cm)		-0.06	-0.06	-1.90	DTT (day)	
0.00	0.02	0.05	DTT (day)	RPE	-0.18	-0.19	-6.11	DTS (day)	LCC
-0.26	-0.29	-0.65	DTS (day)		-0.06	-0.06	-1.25	K/Na	
-0.20	-0.34	-0.52	K/Na		-0.01	_	_	RWC	
-0.01	_	_	RWC		0.54	0.59	17.12	EL (cm)	
0.14	0.13	0.26	EL (cm)		0.10	0.13	2.87	RPE	
0.24	0.23	0.47	GPR		0.56	0.61	18.17	GPR	
0.53	0.52	1.00	ED (cm)		0.60	0.66	17.97	ED (cm)	
-0.02	0.09	0.17	GW (cm)		0.36	0.36	9.64	GW (cm)	
0.32	0.30	0.60	GDE (cm)		0.51	0.53	15.23	GDE (cm)	
-0.26	-0.24	-0.42	GD (cm)		-0.54	-0.66	-16.86	GD (cm)	
0.50	0.51	0.86	CD (cm)		0.39	0.44	10.77	CD (cm)	
0.08	0.13	0.26	HGW (g)		0.55	0.59	16.44	HGW (g)	
0.89	0.93	12.04	GY (g)		0.00	-0.01	-0.01	GY (g)	
0.33	0.41	4.44	FLL (cm)		-0.26	-0.28	-0.18	FLL (cm)	
0.62	0.72	8.66	FLW (cm)		-0.35	-0.38	-0.27	FLW (cm)	
-0.43	-0.47	-6.39	LCT		0.05	0.06	0.05	LCT	
0.56	0.61	8.67	LCC		-0.06	-0.08	-0.07	LCC	
-0.15	-0.18	-2.17	EUL		0.30	0.32	0.27	TL	
0.44	0.47	6.74	TL		-0.25	-0.27	-0.23	EH (cm)	
0.64	0.69	9.85	EH (cm)		-0.01	-0.06	-0.05	PH (cm)	
0.60	0.67	9.27	PH (cm)		0.03	0.03	0.03	LA	
0.00	0.00	-0.03	LA		-0.01	-0.02	-0.02	SD (cm)	
0.55	0.58	8.80	SD (cm)		-0.03	-0.01	-0.01	DTT (day)	
-0.21	-0.21	-3.15	DTT (day)	GPR	-0.02	-0.03	-0.02	DTS (day)	EUL
-0.38	-0.38	-5.55	DTS (day)		-0.26	-0.34	-0.20	K/Na	
0.08	0.08	0.85	K/Na		0.07	_	_	RWC	
-0.10	_	_	RWC		-0.13	-0.17	-0.13	EL (cm)	
0.91	0.93	12.56	EL (cm)		0.09	0.14	0.08	RPE	
0.24	0.23	2.29	RPE		-0.15	-0.18	-0.14	GPR	
0.71	0.75	9.49	ED (cm)		0.10	0.11	0.08	ED (cm)	
0.54	0.62	7.56	GW (cm)		0.13	0.14	0.10	GW (cm)	
0.74	0.79	10.37	GDE (cm)		0.08	0.10	0.08	GDE (cm)	
-0.66	-0.71	-8.40	GD (cm)		0.08	0.06	0.05	GD (cm)	
0.38	0.42	4.73	CD (cm)		0.13	0.16	0.11	CD (cm)	
0.57	0.63	8.08	HGW (g)		0.09	0.07	0.06	HGW (g)	

ادامه جدول ۷

Table 7. Continued

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) (unit) Y	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
0.87	0.92	7.02	GY (g)		0.53	0.57	-0.01	GY (g)	
0.14	0.13	0.85	FLL (cm)		0.22	0.28	-0.36	FLL (cm)	
0.48	0.55	3.85	FLW (cm)		0.31	0.37	-0.56	FLW (cm)	
-0.41	-0.43	-3.46	LCT		-0.33	-0.35	0.10	LCT	
0.60	0.66	5.45	LCC		0.33	0.34	-0.14	LCC	
0.10	0.11	0.79	EUL		0.30	0.32	1.49	EUL	
0.47	0.52	4.38	TL		0.64	0.66	-0.46	EH (cm)	
0.47	0.52	4.33	EH (cm)		0.67	0.69	-0.10	PH (cm)	
0.48	0.55	4.46	PH (cm)		0.35	0.37	0.06	LA	
0.17	0.18	1.66	LA		0.58	0.61	-0.04	SD (cm)	
0.51	0.55	4.92	SD (cm)		0.31	0.34	-0.02	DTT (day)	
-0.13	-0.11	-1.01	DTT (day)	ED	0.14	0.15	-0.05	DTS (day)	TL
-0.39	-0.40	-3.49	DTS (day)		0.06	0.07	-0.41	K/Na	
-0.07	-0.13	-0.78	K/Na		0.04	_	_	RWC	
-0.05	_	_	RWC		0.48	0.50	-0.27	EL (cm)	
0.63	0.66	5.27	EL (cm)		0.25	0.30	0.17	RPE	
0.53	0.52	3.09	RPE		0.44	0.47	-0.29	GPR	
0.71	0.75	6.03	GPR		0.47	0.52	0.17	ED (cm)	
0.73	0.83	5.97	GW (cm)		0.32	0.37	0.21	GW (cm)	
0.91	0.94	7.27	GDE (cm)		0.44	0.49	0.16	GDE (cm)	
-0.43	-0.50	-3.50	GD (cm)		-0.18	-0.20	0.09	GD (cm)	
0.78	0.82	5.46	CD (cm)		0.43	0.50	0.21	CD (cm)	
0.80	0.85	6.41	HGW (g)		0.38	0.41	0.11	HGW (g)	
0.67	0.78	0.88	GY (g)		0.64	0.68	17.54	GY (g)	
0.14	0.17	0.16	FLL (cm)		0.52	0.62	13.21	FLL (cm)	
0.42	0.51	0.53	FLW (cm)		0.60	0.68	16.05	FLW (cm)	
-0.25	-0.28	-0.33	LCT		-0.55	-0.60	-16.11	LCT	
0.36	0.36	0.45	LCC		0.44	0.47	13.21	LCC	
0.13	0.14	0.15	EUL		-0.25	-0.27	-6.52	EUL	
0.32	0.37	0.46	TL		0.64	0.66	18.80	TL	
0.14	0.17	0.21	EH (cm)		0.87	0.90	24.67	PH (cm)	
-0.25	-0.12	-0.14	PH (cm)		0.25	0.25	7.64	LA	
0.03	0.05	0.07	LA		0.56	0.58	17.29	SD (cm)	
0.48	0.52	0.69	SD (cm)		0.21	0.22	6.68	DTT (day)	
-0.10	-0.10	-0.13	DTT (day)	GW	0.03	0.03	0.96	DTS (day)	EH (cm)
-0.18	-0.23	-0.30	DTS (day)		0.26	0.31	6.23	K/Na	
0.12	0.15	0.13	K/Na		0.09	_	_	RWC	
-0.01	_	_	RWC		0.63	0.67	17.90	EL (cm)	
0.56	0.61	0.72	EL (cm)		0.05	0.02	0.48	RPE	
-0.02	0.09	0.08	RPE		0.64	0.69	18.70	GPR	
0.54	0.62	0.73	GPR		0.47	0.52	12.94	ED (cm)	
0.73	0.83	0.91	ED (cm)		0.14	0.17	4.08	GW (cm)	
0.78	0.88	1.01	GDE (cm)		0.38	0.41	10.84	GDE (cm)	
-0.17	-0.28	-0.30	GD (cm)		-0.63	-0.70	-16.55	GD (cm)	
0.55	0.67	0.66	CD (cm)		0.27	0.29	6.49	CD (cm)	
0.89	0.93	1.04	HGW (g)		0.38	0.42	10.56	HGW (g)	
0.88	0.92	1.94	GY (g)		0.68	0.73	28.73	GY (g)	
0.11	0.12	0.21	FLL (cm)		0.44	0.51	16.85	FLL (cm)	
0.46	0.54	1.05	FLW (cm)		0.55	0.63	22.80	FLW (cm)	
-0.35	-0.36	-0.80	LCT		-0.54	-0.59	-24.21	LCT	
0.51	0.53	1.22	LCC		0.55	0.60	25.83	LCC	
0.08	0.10	0.20	EUL		-0.01	-0.06	-2.23	EUL	
0.44	0.49	1.13	TL		0.67	0.69	30.16	TL	
0.38	0.41	0.96	EH (cm)		0.87	0.90	38.85	EH (cm)	
0.21	0.31	0.70	PH (cm)		0.31	0.31	14.78	LA	
0.02	0.03	0.08	LA		0.62	0.64	29.38	SD (cm)	
0.46	0.49	1.19	SD (cm)		0.16	0.19	8.80	DTT (day)	
-0.16	-0.16	-0.38	DTT (day)	GDE (cm)	-0.09	-0.06	-2.75	DTS (day)	PH (cm)
-0.38	-0.41	-0.99	DTS (day)		0.22	0.26	7.99	K/Na	
-0.05	-0.09	-0.15	K/Na		0.00	_	_	RWC	
-0.03	_	_	RWC		0.51	0.57	23.45	EL (cm)	
0.65	0.68	1.50	EL (cm)		-0.26	-0.26	-7.87	RPE	
0.32	0.30	0.49	RPE		0.60	0.67	27.72	GPR	
0.74	0.79	1.74	GPR		0.48	0.55	20.98	ED (cm)	
0.91	0.94	1.92	ED (cm)		-0.25	-0.12	-4.37	GW (cm)	
0.78	0.88	1.75	GW (cm)		0.21	0.31	12.50	GDE (cm)	
-0.45	-0.50	-0.97	GD (cm)		-1.36	-1.34	-48.54	GD (cm)	
0.57	0.62	1.13	CD (cm)		0.19	0.25	8.58	CD (cm)	
0.85	0.90	1.88	HGW (g)		0.45	0.50	19.47	HGW (g)	

ادامه جدول ۷

Table 7. Continued

همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) (unit) Y	همبستگی فنوتیپی Phenotypic correlation	همبستگی ژنتیکی Genetic correlation	پاسخ همبسته Correlated response	صفت X (واحد) X (unit)	صفت Y (واحد) Y (unit)
-0.55	-0.60	-0.52	GY (g)		0.09	0.10	1.74	GY (g)	
-0.15	-0.20	-0.15	FLL (cm)		0.20	0.23	3.47	FLL (cm)	
-0.28	-0.36	-0.29	FLW (cm)		0.10	0.11	1.91	FLW (cm)	
0.20	0.24	0.22	LCT		-0.28	-0.31	-5.84	LCT	
-0.54	-0.66	-0.62	LCC		0.20	0.21	4.19	LCC	
0.08	0.06	0.05	EUL		0.03	0.03	0.58	EUL	
-0.18	-0.20	-0.19	TL		0.35	0.37	7.35	TL	
-0.63	-0.70	-0.67	EH (cm)		0.25	0.25	4.98	EH (cm)	
-1.36	-1.34	-1.25	PH (cm)		0.31	0.31	6.12	PH (cm)	
-0.02	0.00	0.00	LA		0.40	0.41	8.68	SD (cm)	
-0.27	-0.32	-0.32	SD (cm)		0.41	0.42	8.97	DTT (day)	
0.19	0.22	0.22	DTT (day)	GD (cm)	0.22	0.23	4.72	DTS (day)	LA
0.37	0.41	0.40	DTS (day)		-0.01	-0.03	-0.40	K/Na	
0.11	0.09	0.06	K/Na		-0.15			RWC	
-0.02			RWC		0.12	0.13	2.41	EL (cm)	
-0.42	-0.49	-0.44	EL (cm)		0.19	0.25	3.51	RPE	
-0.26	-0.24	-0.16	RPE		0.00	0.00	-0.04	GPR	
-0.66	-0.71	-0.65	GPR		0.17	0.18	3.23	ED (cm)	
-0.43	-0.50	-0.42	ED (cm)		0.03	0.05	0.87	GW (cm)	
-0.17	-0.28	-0.23	GW (cm)		0.02	0.03	0.58	GDE (cm)	
-0.45	-0.50	-0.44	GDE (cm)		-0.02	0.00	-0.02	GD (cm)	
-0.16	-0.25	-0.19	CD (cm)		0.28	0.33	5.26	CD (cm)	
-0.09	-0.18	-0.15	HGW (g)		0.15	0.17	3.05	HGW (g)	
0.56	0.61	2.04	GY (g)		0.54	0.56	0.26	GY (g)	
0.11	0.07	0.20	FLL (cm)		0.56	0.65	0.25	FLL (cm)	
0.33	0.35	1.08	FLW (cm)		0.54	0.61	0.26	FLW (cm)	
-0.30	-0.34	-1.20	LCT		-0.32	-0.34	-0.16	LCT	
0.39	0.44	1.60	LCC		0.52	0.55	0.27	LCC	
0.13	0.16	0.50	EUL		-0.01	-0.02	-0.01	EUL	
0.43	0.50	1.83	TL		0.58	0.61	0.30	TL	
0.27	0.29	1.06	EH (cm)		0.56	0.58	0.29	EH (cm)	
0.19	0.25	0.89	PH (cm)		0.62	0.64	0.31	PH (cm)	
0.28	0.33	1.32	LA		0.40	0.41	0.22	LA	
0.54	0.61	2.35	SD (cm)		0.29	0.30	0.16	DTT (day)	
0.11	0.15	0.58	DTT (day)	CD (cm)	0.10	0.10	0.05	DTS (day)	SD
-0.11	-0.11	-0.42	DTS (day)		0.11	0.11	0.04	K/Na	
0.02	-0.06	-0.15	K/Na		-0.01			RWC	
-0.08			RWC		0.63	0.67	0.31	EL (cm)	
0.39	0.41	1.43	EL (cm)		0.14	0.18	0.06	RPE	
0.50	0.51	1.31	RPE		0.55	0.58	0.28	GPR	
0.38	0.42	1.47	GPR		0.51	0.55	0.24	ED (cm)	
0.78	0.82	2.67	ED (cm)		0.48	0.52	0.22	GW (cm)	
0.55	0.67	2.11	GW (cm)		0.46	0.49	0.22	GDE (cm)	
0.57	0.62	2.09	GDE (cm)		-0.27	-0.32	-0.13	GD (cm)	
-0.16	-0.25	-0.75	GD (cm)		0.54	0.61	0.24	CD (cm)	
0.57	0.63	2.07	HGW (g)		0.48	0.51	0.23	HGW (g)	
0.72	0.78	7.24	GY (g)		-0.26	-0.27	-2.07	GY (g)	
0.24	0.28	2.11	FLL (cm)		0.36	0.43	2.74	FLL (cm)	
0.47	0.56	4.78	FLW (cm)		0.10	0.12	0.87	FLW (cm)	
-0.37	-0.40	-3.92	LCT		-0.14	-0.16	-1.27	LCT	
0.55	0.59	5.96	LCC		-0.06	-0.06	-0.48	LCC	
0.09	0.07	0.64	EUL		-0.03	-0.01	-0.09	EUL	
0.38	0.41	4.17	TL		0.31	0.34	2.83	TL	
0.38	0.42	4.22	EH (cm)		0.21	0.22	1.87	EH (cm)	
0.45	0.50	4.95	PH (cm)		0.16	0.19	1.57	PH (cm)	
0.15	0.17	1.87	LA		0.41	0.42	3.86	LA	
0.48	0.51	5.45	SD (cm)		0.29	0.30	2.64	SD (cm)	
-0.04	-0.04	-0.42	DTT (day)	HGW (g)	0.76	0.78	6.74	DTS (day)	DTT
-0.21	-0.24	-2.51	DTS (day)		0.16	0.18	1.05	K/Na	
0.08	0.09	0.68	K/Na		0.16			RWC	
-0.05			RWC		-0.08	-0.07	-0.58	EL (cm)	
0.61	0.64	6.13	EL (cm)		0.00	0.02	0.14	RPE	
0.08	0.13	0.96	RPE		-0.21	-0.21	-1.68	GPR	
0.57	0.63	6.14	GPR		-0.13	-0.11	-0.84	ED (cm)	
0.80	0.85	7.67	ED (cm)		-0.10	-0.10	-0.72	GW (cm)	
0.89	0.93	8.16	GW (cm)		-0.16	-0.16	-1.21	GDE (cm)	
0.85	0.90	8.49	GDE (cm)		0.19	0.22	1.51	GD (cm)	
-0.09	-0.18	-1.53	GD (cm)		0.11	0.15	1.00	CD (cm)	
0.57	0.63	5.06	CD (cm)		-0.04	-0.04	-0.30	HGW (g)	

عملکرد دانه (GY)؛ طول برگ‌پرچم (FLL)؛ عرض برگ‌پرچم (FLW)؛ دمای کانوپی (LCT)؛ کلروفیل برگ (LCC)؛ تعداد برگ بالای بلال (EUL)؛ تعداد کل برگ (TL)؛ ارتفاع بلال اصلی (EH)؛ ارتفاع بوته (PH)؛ زاویه‌ی برگ (LA)؛ قطر ساقه (SD)؛ روز تا ظهور تاسل (DTT)؛ روز تا ظهور کاکل (DTS)؛ نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)؛ محتوی نسبی آب برگ (RWC)؛ طول بلال (EL)؛ تعداد ردیف بلال (RPE)؛ تعداد دانه در ردیف (GPR)؛ قطر بلال (ED)؛ عرض دانه (GW)؛ عمق دانه (GDE)؛ قطر دانه (GD)؛ قطر چوب بلال (CD)؛ وزن صددانه (HGW).

Grain yield (GY); Flag leaf length (FLL); Flag leaf width (FLW); Leaf canopy temperature (LCT); Leaf chlorophyll content (LCC); Ear-up leaves (EUL); Total leaves (TL); Ear height (EH); Plant height (PH); Leaf angle (LA); Stem diameter (SD); Day to the tasseling (DTT); Day to the silking (DTS); Potassium to sodium ratio (K/Na); Relative water content (RWC); Ear length (EL); Grain width (GW); Grain depth (GDE); Grain diameter (GD); Cob diameter (CD); Hundreds grain weight (HGW).

جدول ۸- ضرایب هریک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب در ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط نرمال و تنش شوری

Table 8. Coefficients of each of the examined traits in the selection indices in maize genotypes under normal and salinity stress conditions.

صفات (واحد) Trait (unit)	شرایط نرمال Normal conditions				شرایط تنش شوری Salinity stress conditions			
	Smith-Hazel index	Pesek-Baker index	Robinson index	Brim index	Smith-Hazel index	Pesek-Baker index	Robinson index	Brim index
GY (g)	-0.90	0.00	-0.06	1	1.37	-0.79	0.09	1
FLL (cm)	2.42	-0.22	-0.10	1	-3.79	4.41	-1.19	1
FLW (cm)	42.43	4.33	46.98	1	30.90	-16.96	18.07	1
LCT	-14.90	0.42	-5.86	1	9.38	7.06	-4.91	1
LCC	3.22	0.16	1.27	1	1.92	0.65	0.17	1
EUL	200.84	7.14	90.50	1	-2.04	7.89	6.90	1
TL	-99.94	-3.84	-34.76	1	13.44	15.16	11.53	1
EH (cm)	19.27	0.31	6.61	1	0.50	1.26	0.82	1
PH (cm)	-9.10	0.02	-3.91	1	0.70	-0.65	-0.38	1
LA	1.28	0.14	-0.54	1	1.95	0.99	-0.47	1
SD (cm)	-40.15	-11.33	-23.26	1	66.56	-85.18	9.83	1
DTT (day)	43.87	-0.04	33.02	1	-8.35	-2.44	-2.01	1
DTS (day)	-63.12	0.37	-48.03	1	11.15	1.10	0.49	1
K/Na	1.20	-0.18	-0.09	1	2.99	-2.27	-0.71	1
RWC	-6.65	-0.26	-4.94	1	-5.42	0.70	-1.70	1
EL (cm)	29.81	-0.37	22.12	1	-1.09	-27.52	-4.36	1
RPE	-7.55	-2.39	-32.09	1	-39.44	-4.70	4.37	1
GPR	-1.99	0.34	-6.89	1	-11.13	17.02	2.74	1
ED (cm)	-28.65	0.77	-3.82	1	29.16	-4.95	-2.38	1
GW (cm)	83.58	0.71	-4.27	1	-238.85	13.22	21.89	1
GDE (cm)	105.84	-1.73	37.18	1	-140.19	-36.14	4.82	1
GD (cm)	117.84	3.40	30.22	1	-247.19	16.04	-0.58	1
CD (cm)	30.10	0.28	14.15	1	-16.34	13.07	0.10	1
HGW (g)	-15.05	-0.50	-8.41	1	41.61	7.67	0.35	1

عملکرد دانه (GY)؛ طول برگ‌پرچم (FLL)؛ عرض برگ‌پرچم (FLW)؛ دمای کانوپی (LCT)؛ کلروفیل برگ (LCC)؛ تعداد برگ بالای بلال (EUL)؛ تعداد کل برگ (TL)؛ ارتفاع بلال اصلی (EH)؛ ارتفاع بوته (PH)؛ زاویه‌ی برگ (LA)؛ قطر ساقه (SD)؛ روز تا ظهور تاسل (DTT)؛ روز تا ظهور کاکل (DTS)؛ نسبت پتاسیم به سدیم (KNA)؛ محتوی نسبی آب برگ (RWC)؛ طول بلال (EL)؛ تعداد ردیف بلال (RPE)؛ تعداد دانه در ردیف (GPR)؛ قطر بلال (ED)؛ عرض دانه (GW)؛ عمق دانه (GDE)؛ قطر دانه (GD)؛ قطر چوب بلال (CD)؛ وزن صددانه (HGW).

Grain yield (GY); Flag leaf length (FLL); Flag leaf width (FLW); Leaf canopy temperature (LCT); Leaf chlorophyll content (LCC); Ear-up leaves (EUL); Total leaves (TL); Ear height (EH); Plant height (PH); Leaf angle (LA); Stem diameter (SD); Day to the tasseling (DTT); Day to the silking (DTS); Potassium to sodium ratio (K/Na); Relative water content (RWC); Ear length (EL); Grain width (GW); Grain depth (GDE); Grain diameter (GD); Cob diameter (CD); Hundreds grain weight (HGW).

با توجه به مرور منابع (Khavari Khorasani and Mahdi Poor, 2018; Tahmasbali *et al.*, 2021; Tahmasebi *et al.*, 2022) شاخص برتر، شاخصی است که کارایی انتخاب بالایی نسبت به سایر شاخص‌ها داشته باشد؛ بر این اساس در این تحقیق در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری شاخص اسمیت–هازل و بریم دارای کارایی انتخاب بالایی نسبت به شاخص‌های رابینسون و پسک- بیکر هستند و شاخص اسمیت- هازل با داشتن بیشترین کارایی انتخاب به‌عنوان شاخص برتر معرفی می‌گردد. اگرچه با توجه به معیارهایی نظیر ضریب همبستگی و کارایی نسبی گزینش، شاخص رابینسون نیز بعد از اسمیت- هازل و بریم می‌تواند به‌عنوان شاخص برتر معرفی شود. در مطالعه‌ای کارایی سه شاخص انتخاب، یعنی شاخص اسمیت- هیزل (SHI)، شاخص افزایش مطلوب (DGI) و شاخص پایه (BI) برای بهبود جمعیت ذرت شیرین (*Zea mays* L. Saccharata) مقایسه شد. مشخص شد که شاخص اسمیت- هیزل در بهبود مجموع صفات ژنوتیپ‌ها مؤثرترین است (Asghar and Mehdi, 2010). در مطالعه‌ای دیگر به‌منظور تعیین شاخص انتخاب برای اصلاح ژنتیکی عملکرد هیبریدهای سینگل‌کراس ذرت دانه‌ای در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی، شاخص اسمیت- هیزل در هر دو محیط غیر تنش و تنش، نسبت به

سایر شاخص‌ها بیشترین سودمندی نسبی را نشان داد (Khavari Khorasani and Mahdi Poor, 2018).

دسانتیاگو و همکاران (De Santiago *et al*., 2019) با اندازه‌گیری سود ژنتیکی انتخاب اینبردهای ذرت از طریق شاخص‌های انتخاب و همچنین مقایسه کارایی شاخص‌ها نتیجه‌گیری کردند که شاخص‌های اسمیت- هیزل و ویلیامز عملکرد بالاتری دارند. کریسپیم-فیلو و همکاران (Crispim-Filho *et al*., 2020) در ذرت چهار استراتژی جهت گزینش هم‌زمان برای چند صفت در راستای بهبود عملکرد تعریف کردند. نتایج آنها نشان داد که کارایی انتخاب در شاخص اسمیت- هیزل حاوی همه صفات، بیشتر از بقیه بوده و نتیجه‌گیری کردند که شاخص اسمیت- هیزل یک رویکرد بسیار جذاب برای انتخاب نتاج در ذرت است.

جدول ۹- عملکرد (وزن دانه)، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در ژنوتیپ‌های ذرت تحت شرایط نرمال

Table 9. Yield (grain weight), the value of selection indices and other relted parameters in maize genotypes under normal conditions

نام ژنوتیپ‌ها Names of genotypes	عملکرد Yield	رتبه Rank	Smith–Hazel index	Rank	Brim index	Rank	Pesek-Baker index	Rank	Robinson index	رتبه Rank
P3L2	247.30	72	-338.88	61	1252.33	60	45.41	36	-1542.53	71
P11L2	201.40	60	-330.6	63	1231.64	58	41.13	18	-1548.59	70
P15L16Kahriz	261.85	73	-283.4	73	1347.77	75	50.54	68	-1558.69	65
P9L3Kahriz	216.85	62	-131.1	82	1273.14	65	57.43	83	-1507.44	78
P13L2	234.80	69	-308.1	65	1276.55	67	46.17	41	-1557.69	66
P19L7Kahriz	148.60	47	-419.7	51	1155.48	47	56.08	82	-1565.38	64
P6L1	222.10	65	-135.2	81	1296.68	69	45.46	37	-1476.64	82
P19L3Kahriz	171.20	53	-231.2	76	1189.99	51	46.47	43	-1511.94	77
P14L1Kahriz	244.55	71	-208.0	78	1321.9	71	53.71	77	-1462.16	84
P11L7	270.75	75	-542.5	29	1309.6	70	49.89	64	-1731.50	23
P14L2	298.85	80	-620.2	18	1387.83	79	45.17	34	-1755.03	17
P10L5	310.50	81	-284.5	72	1426.37	82	52.06	75	-1535.72	73
P1L4Kahrizi (Diallel Karaj)	156.60	51	-303.0	67	1195.04	53	45.51	38	-1650.32	39
P11L6	267.45	74	-293.0	69	1389.18	80	46.41	42	-1586.50	61
P13L3	310.50	82	-502.0	39	1362.3	76	41.29	19	-1600.22	59
P16L4Kahriz	176.60	56	-291.7	70	1157.7	48	44.52	31	-1613.67	56
P3L4Kahriz	131.40	43	-543.4	28	1060.08	26	40.99	16	-1656.74	37
p1L5kahriz	321.50	83	-504.9	38	1407.34	81	58.69	84	-1617.84	51
P19L5Kahriz	219.50	64	-456.4	45	1190.36	52	40.94	14	-1549.78	69
P15L14	173.70	55	-297.4	68	1272.89	64	50.46	66	-1644.98	41
P16L6Kahriz	230.70	67	-328.9	64	1255.89	61	51.02	72	-1577.08	62
P15L4	194.80	58	-288.7	71	1226.92	57	51.85	74	-1662.53	36
P11L9	230.13	66	-303.5	66	1330.49	74	53.67	76	-1539.55	72
P9L6	202.10	61	-509.1	37	1221.08	56	45.03	33	-1702.64	27
P13L1	408.85	84	-331.9	62	1486.22	84	49.50	60	-1515.46	76
P10L7	271.10	76	-200.7	79	1330.38	73	49.11	58	-1501.75	80
P16L12Kahriz	197.20	59	-360.7	58	1275.97	66	43.36	25	-1567.96	63
P10L9	281.20	78	-173.5	80	1428.8	83	54.87	79	-1532.89	74
OH43/1-42	80.70	23	-542.1	30	1007.65	18	44.50	30	-1663.81	35
K=1264/5-1	69.43	16	-231.4	75	1098.1	34	43.78	26	-1497.47	81
B73	29.05	3	-651.1	13	924.53	9	46.77	45	-1617.79	52
OH43/1-42 (Paternal)	80.80	24	-570.6	25	980.65	17	39.38	8	-1622.49	48
R59 (Paternal)	31.35	4	-984.2	2	881.31	5	36.83	6	-1818.60	9
W37A	113.17	36	-474.2	42	1020.79	20	45.59	39	-1687.00	31
R319	76.97	20	-525.0	34	1013.59	19	42.09	23	-1617.11	53
R59	20.95	1	-1125.9	1	818.18	1	41.05	17	-1918.76	3
W153R	122.70	39	-584.3	24	1084.07	31	45.32	35	-1677.49	32
K1533POPCORN	149.65	48	-551.5	27	1131.86	39	49.65	61	-1616.08	54
R59×R319 (Maternal line of DC370) (SC)	65.35	15	-259.3	74	1097.04	33	48.83	57	-1551.20	68
B73(RFCORCMS)	156.80	52	-535.1	32	1142.41	45	41.39	20	-1742.59	19
1264/1	98.90	29	-593.7	23	1116.01	36	51.78	73	-1784.71	11
ZK472221	43.00	7	-626.1	17	876	4	40.39	12	-1647.11	40
K1263/1/1388	22.50	2	-879.2	4	860.96	3	49.82	63	-1933.51	2
9/K19/1	125.00	41	-353.2	60	1216.2	55	49.71	62	-1732.59	22

ادامه جدول ۹

Table 9. Continued

نام ژنوتیپ‌ها Names of genotypes	عملکرد Yield	رتبه Rank	Smith–Hazel index	Rank	Brim index	Rank	Pesek-Baker index	Rank	Robinson index	رتبه Rank
3/K19/1&(K19/1*/1392)	105.65	34	-127.0	83	1117.97	37	43.25	24	-1474.91	83
2/K19/1&(K19/1)	74.50	18	-746.9	10	1027.23	21	47.84	52	-1810.77	10
K3640/S/55-N	101.95	32	-483.2	41	1072.22	27	35.05	3	-1675.44	33
20*/1389	298.05	79	-639.0	16	1329	72	40.56	13	-1715.66	25
S2/QPM/SUKMA (Indonesia)	81.67	25	-762.5	9	1115.36	35	40.96	15	-1898.70	4
6*/88	40.50	6	-850.9	7	881.91	6	50.81	71	-1889.35	6
4/K19/1	106.90	35	-644.7	14	959.08	14	39.61	10	-1693.73	28
48*/1390	218.10	63	-453.5	46	1290.8	68	44.37	28	-1625.98	46
K166B/89 &(14*K166B/1390)	56.70	11	-473.8	43	884.27	7	47.11	47	-1618.87	50
K18-B/1392 (Isolated)	39.80	5	-795.8	8	947.03	12	55.81	81	-1750.34	18
7/K19/1	97.70	28	-472.9	44	1034.28	23	40.31	11	-1631.70	44
23*/89	60.50	12	-886.9	3	946.21	11	47.49	50	-1896.99	5
70*/1388	62.80	13	-519.2	36	936.08	10	48.29	55	-1609.30	57
10/K19/1	140.90	45	-227.3	77	1209.59	54	39.42	9	-1615.20	55
138*/89	104.83	33	-616.9	20	1078.59	29	48.57	56	-1767.31	14
K19*/1392 (Isolated)	46.85	9	-862.4	5	897.71	8	50.52	67	-1819.77	8
1*/89 (Red cob corn)	65.20	14	-447.5	47	1082.75	30	55.37	80	-1741.25	20
Line 1390/Popcorn-53or54	148.00	46	-429.4	50	1094.86	32	47.41	49	-1608.16	58
8/K19/1	54.80	10	-658.8	12	829.81	2	32.84	1	-1763.70	15
67*/88	75.85	19	-851.9	6	1039.48	24	44.68	32	-1935.69	1
1387/193/Chase*/S2	240.90	70	-433.0	48	1269.08	63	33.16	2	-1620.01	49
36-N/88-K3653/2	126.23	42	-612.3	21	1164.97	49	41.53	22	-1782.70	13
1	82.55	26	-642.7	15	951.9	13	36.59	4	-1691.50	29
2	79.95	22	-432.8	49	1031.37	22	36.82	5	-1688.22	30
3	118.67	38	-617.0	19	1136.11	42	43.94	27	-1756.88	16
4	149.65	49	-362.5	57	1131.67	38	48.13	54	-1518.33	75
5	73.60	17	-415.9	52	975.68	16	47.11	46	-1554.16	67
6	124.00	40	-528.9	33	1132.3	40	41.41	21	-1709.64	26
7	98.90	30	-379.8	56	1154.62	46	44.44	29	-1724.72	24
8	78.30	21	-411.3	53	1135.81	41	50.56	69	-1627.90	45
9	99.00	31	-730.8	11	1138.42	43	50.76	70	-1831.26	7
10	189.85	57	-353.5	59	1264.38	62	47.25	48	-1592.93	60
11	275.25	77	-523.3	35	1384.9	78	48.07	53	-1623.82	47
12	96.40	27	-488.6	40	1050.5	25	47.77	51	-1736.67	21
13	118.15	37	-555.1	26	1076.19	28	46.72	44	-1636.26	42
14	138.10	44	-397.6	54	1178.63	50	50.10	65	-1635.81	43
15	45.75	8	-595.9	22	970.31	15	53.90	78	-1783.36	12
16	172.55	54	-537.5	31	1238.74	59	49.13	59	-1655.50	38
17	231.90	68	-392.3	55	1371.56	77	38.41	7	-1667.09	34
18	156.00	50	-71.8	84	1140.52	44	45.67	40	-1507.13	79
19	231.90	85	_	85	_	85	_	85	_	85
20	156.00	86	_	86	_	86	_	86	_	86
NSG	18		6		14		6		6	
rG(A)I			0.0088		0.0009		-0.076		0.0075	
RHi			1.4301		0.9170		0.0003		0.0003	
RE			1.7542		1.0683		0.2570		2.0139	

NSG: تعداد ژنوتیپ‌هایی که براساس شاخص انتخاب و عملکرد برتر هستند؛ rG(A)I: ضریب همبستگی بین شاخص انتخاب و عملکرد؛ RHi: همبستگی بین شاخص انتخاب و ارزش‌اصلاحی؛ RE: کارایی نسبی شاخص در مقایسه با انتخاب مستقیم برای عملکرد.

NSG: Number of superior genotypes based on both selection index and grain yield; rG(A)I: Correlation coefficient between genotypic value of yield (Y) and selection index; RHi: Correlation between selection index and breeding value; RE: Relative efficiency of index compared with direct selection for yield (Y).

جدول ۱۰– عملکرد (وزن دانه)، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در ژنوتیپ‌های ذرت تحت شرایط تنش شوری

Table 10. Yield (grain weight), the value of selection indices and other parameters in maize genotypes under salinity stress conditions

نام ژنوتیپ‌ها Names of genotypes	عملکرد Yield	رتبه Rank	Smith–Hazel index	Rank	Brim index	Rank	Pesek-Baker index	Rank	Robinson index	رتبه Rank
P3L2	91.83	38	-2319.48	32	1033.00	36	521.81	81	-10.14	56
P11L2	188.37	72	-1974.34	81	1228.07	71	433.84	36	51.81	75
P15L16Kahriz	181.43	70	-2107.97	69	1262.77	76	434.18	37	3.07	60
P9L3Kahriz	134.40	57	-1984.84	79	1217.05	69	499.31	78	14.29	65
P13L2	223.47	79	-2055.97	74	1269.55	77	462.83	60	51.02	74
P19L7Kahriz	144.90	60	-2214.57	50	1186.46	65	460.87	59	53.00	78
P6L1	220.47	78	-2115.34	67	1356.08	83	460.04	57	61.95	80
P19L3Kahriz	170.97	66	-2247.40	46	1242.60	73	440.73	41	22.31	66
P14L1Kahriz	242.17	82	-2135.68	65	1347.32	82	497.80	76	50.67	73
P11L7	270.17	84	-1962.83	82	1364.57	84	361.01	5	65.52	82
P14L2	205.80	76	-2170.03	56	1217.48	70	387.05	18	41.20	71
P10L5	177.00	68	-2146.13	62	1212.76	67	446.71	44	62.48	81
(P1L4Kahrizi (Diallel-Karaj)	154.63	62	-2058.91	72	1183.94	64	453.17	51	52.14	76
P11L6	171.95	67	-1989.64	78	1164.20	61	365.36	6	32.51	69
P13L3	182.63	71	-2039.38	75	1214.10	68	476.13	69	8.89	63
P16L4Kahriz	161.73	64	-2112.90	68	1122.02	52	536.26	83	22.48	67
P3L4Kahriz	101.27	42	-2292.67	37	1016.89	34	318.86	1	-3.78	58
p1L5Kahriz	139.73	59	-2206.97	52	1159.59	59	471.04	64	39.47	70
P19L5Kahriz	158.23	63	-2140.64	63	1162.62	60	452.05	50	6.98	61
P15L14	101.67	43	-2191.33	54	1155.73	57	428.97	31	-36.15	46
P16L6Kahriz	153.20	61	-2146.57	61	1152.18	55	388.41	19	-4.30	57
P15L4	192.60	74	-2226.16	48	1241.54	72	449.03	49	57.41	79
P11L9	210.17	77	-1980.82	80	1305.43	81	459.52	55	77.85	84
P9L6	169.00	65	-2261.89	42	1200.19	66	489.69	74	2.16	59
P13L1	230.93	80	-2023.58	77	1250.77	74	447.77	47	73.36	83
P10L7	246.33	83	-2126.17	66	1294.80	80	378.48	14	52.83	77
P16L12Kahriz	234.00	81	-2056.50	73	1291.94	79	366.39	8	46.39	72
P10L9	191.40	73	-1914.58	83	1275.31	78	423.92	28	28.45	68
OH43/1-42	77.70	32	-2222.60	49	1033.41	37	379.26	15	-86.43	24
K=1264/5-1	80.03	1	-2102.45	70	970.94	26	360.83	4	-130.62	3
B73	5.30	8	-2368.94	21	864.07	9	404.43	24	-138.03	2
OH43/1-42 (Paternal)	28.00	33	-2162.06	59	980.96	28	454.01	53	-87.16	22
R59 (Paternal)	80.77	9	-2453.70	12	903.08	12	446.98	45	-85.99	25
W37A	30.60	47	-2364.69	23	1005.73	33	384.94	17	-40.30	44
R319	112.20	29	-2153.54	60	1004.44	32	547.81	84	-69.18	31
R59	75.30	2	-2572.90	6	771.24	3	470.89	63	-117.41	7
W153R	6.20	30	-2287.63	39	1052.64	42	530.11	82	-29.15	51
K1533POPCORN	76.80	55	-2307.59	36	1093.40	48	447.42	46	8.77	62
R59×R319 (Maternal line of DC370) (SC)	125.47	7	-2325.45	31	953.04	24	478.19	70	-83.90	26
B73(RFCORCMS)	22.70	36	-2602.99	2	941.51	20	409.98	25	-31.16	49
1264/1	82.87	10	-2187.41	55	1003.08	31	457.94	54	-102.13	12
ZK472221	30.67	11	-2425.95	15	770.96	2	355.69	3	-126.50	5
K1263/1/1388	32.63	3	-2459.23	11	833.47	5	510.89	80	-139.52	1
9/K19/1	8.43	25	-2414.24	18	1096.20	50	432.17	32	-120.87	6
3/K19/1&(K19/1*/1392)	64.93	5	-2311.77	34	909.52	14	448.57	48	-104.11	11
2/K19/1&(K19/1)	9.90	24	-2577.08	5	886.61	10	466.15	62	-41.06	43
K3640/S/55-N	63.57	12	-2599.95	3	887.99	11	428.77	30	-105.99	10
20*/1389	37.40	69	-2064.18	71	1178.50	63	372.50	10	10.38	64
S2/QPM/SUKMA (Indonesia)	23.70	23	-2367.60	22	1043.64	41	453.80	52	-68.11	33
6*/88	177.80	6	-2668.42	1	733.69	1	475.05	68	-100.47	13
4/K19/1	63.23	41	-2332.95	29	986.65	29	499.16	77	-69.05	32
48*/1390	20.25	37	-2556.21	8	1088.85	47	420.84	27	-78.02	29
K166B/89&(14*k166B/1390)	95.80	19	-2388.75	20	848.85	6	494.42	75	-66.86	34
K18-B/1392 (Isolated)	91.05	13	-2563.32	7	861.18	8	445.80	42	-94.29	16
7/K19/1	49.87	27	-2348.56	27	960.56	25	401.29	22	-66.37	35
23*/89	39.75	21	-2316.85	33	949.72	21	479.06	71	-93.92	18
70*/1388	72.27	18	-2351.57	25	855.81	7	436.31	39	-110.17	8
10/K19/1	59.17	53	-2166.60	58	1159.57	58	394.37	21	-29.27	50
138*/89	49.63	20	-2310.05	35	951.38	23	472.74	66	-74.62	30
K19*/1392 (Isolated)	122.83	14	-1911.13	84	931.12	17	483.81	73	-97.95	14
1*/89 (Red cob corn)	57.27	22	-2406.20	19	1033.90	38	412.10	26	-92.00	19
Line 1390/Popcorn-53or54	40.07	48	-2422.51	17	940.81	19	365.46	7	-82.22	27
8/K19/1	61.90	17	-2589.66	4	801.59	4	373.99	11	-97.61	15
67*/88	112.30	28	-2431.14	14	991.19	30	432.56	34	-54.77	39
1387/193/Chase*/S2	46.60	58	-2136.01	64	1167.81	62	403.26	23	-10.24	55
36-N/88-K3653/2	74.83	52	-2027.56	76	1113.02	51	471.19	65	-57.69	37

ادامه جدول ۱۰

Table 10. Continued

نام ژنوتیپ‌ها Names of genotypes	عملکرد Yield	رتبه Rank	Smith–Hazel index	Rank	Brim index	Rank	Pesek-Baker index	Rank	Robinson index	رتبه Rank
1	138.27	34	-2288.03	38	950.47	22	459.64	56	-81.33	28
2	121.57	31	-2350.48	26	917.43	15	473.99	67	-63.90	36
3	81.43	50	-2196.59	53	1140.36	54	432.45	33	-31.62	48
4	78.93	51	-2264.48	41	1041.20	40	460.58	58	-27.46	52
5	117.87	26	-2502.98	9	924.94	16	384.88	16	-109.81	9
6	118.83	44	-2212.15	51	1039.46	39	464.58	61	-51.05	41
7	70.07	35	-2451.42	13	1076.57	45	367.71	9	-91.06	21
8	102.83	4	-2345.33	28	1019.26	35	376.25	12	-126.60	4
9	82.63	39	-2261.85	43	1096.07	49	482.45	72	-51.68	40
10	8.97	40	-2355.66	24	975.46	27	390.57	20	-86.93	23
11	93.17	75	-2228.05	47	1261.27	75	378.02	13	-27.29	53
12	94.73	16	-2283.88	40	932.16	18	446.07	43	-91.07	20
13	202.57	49	-2491.59	10	1123.31	53	433.07	35	-55.36	38
14	46.43	56	-2250.75	45	1082.93	46	355.54	2	-38.71	45
15	115.43	15	-2425.71	16	906.77	13	503.87	79	-93.93	17
16	130.37	45	-2257.03	44	1076.40	44	428.21	29	-22.13	54
17	41.60	54	-2329.31	30	1153.93	56	436.60	40	-50.47	42
18	103.27	46	-2167.46	57	1053.29	43	434.46	38	-35.16	47
19	124.07	85	_	85	_	85	_	85	_	85
20	111.90	86	_	86	_	86	_	86	_	86
NSG	18		12		14		2		14	
rG(A)I			-0.0002		0.001		-0.009		0.0031	
RHi			1.279		0.931		0.001		0.000	
RE			0.798		1.052		0.028		1.228	

NSG: تعداد ژنوتیپ‌هایی که براساس شاخص انتخاب و عملکرد برتر هستند؛ rG(A)I: ضریب همبستگی بین شاخص انتخاب و عملکرد؛ RHi: همبستگی بین شاخص انتخاب و ارزش‌اصلاحی؛ RE: کارایی نسبی شاخص در مقایسه با انتخاب مستقیم برای عملکرد.

NSG: Number of superior genotypes based on both selection index and grain yield; rG(A)I: Correlation coefficient between genotypic value of yield (Y) and selection index; RHi: Correlation between selection index and breeding value; RE: Relative efficiency of index compared with direct selection for yield (Y).

در مجموع، در شرایط نرمال، که شاخص اسمیت- هیزل به‌عنوان شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر تشخیص داده می‌شود، ژنوتیپ R59 از نظر این شاخص (اسمیت- هیزل) و حتی بریم در رتبه‌ی اول قرار دارد. این ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه نیز در رتبه‌ی اول قرار دارد. همچنین در شرایط تنش شوری که شاخص اسمیت- هازل به‌عنوان شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر تشخیص داده می‌شود؛ ژنوتیپ 88*6 از نظر این شاخص (اسمیت- هازل) برتر هست. بر اساس عملکرد دانه نیز این ژنوتیپ در رتبه‌ی ۱ قرار دارد. روی‌هم‌رفته در هر دو شرایط نرمال ژنوتیپ R59 و در شرایط تنش شوری، ژنوتیپ 88/*6 بر اساس عملکرد دانه و شاخص‌های برتر اسمیت- هیزل و بریم جزء ۲۰ درصد ژنوتیپ برتر هستند.

پاسخ صفات به انتخاب بر اساس شاخص (ΔG) و کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) در شرایط نرمال و تنش شوری در جدول ۱۱ ارائه شده‌است. در شرایط نرمال، صفت عملکرد دانه، از بالاترین بازدهی مورد انتظار در بین تمامی صفات و در کل شاخص‌های بررسی شده برخوردار بود؛ بنابراین در شرایط نرمال عملکرد دانه، بالاترین پاسخ به انتخاب را در همه شاخص‌ها نشان داد (جدول ۱۱). در شرایط تنش شوری در شاخص اسمیت- هیزل بالاترین بازدهی مورد انتظار به صفت ارتفاع بوته اختصاص یافت (جدول ۱۱).

در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، کمترین کارایی انتخاب (ΔH)، در شاخص‌های رابینسون و پسک- بیکر و بالاترین بهره مورد انتظار (ΔH)، در درجه‌ی اول در شاخص اسمیت- هیزل و سپس شاخص بریم مشاهده شد (جدول ۱۱). علت پایین بودن مقدار کارایی مورد انتظار در شاخص‌های رابینسون و پسک- بیکر با توجه به رابطه ($\Delta H = K\sigma_H r_{HI}$) می‌تواند به همبستگی پایین شاخص با ارزش اصلاحی (RHi) مرتبط باشد که رابطه مستقیم با ΔH دارد و با وجود سودمندی نسبی بالای این شاخص (RA-RE) طبق محاسبات انجام شده در هر دو شرایط برای این دو شاخص، مقداری حداقل و نزدیک به صفر برآورد شد. اگر وراثت‌پذیری ویژگی‌های ثانویه بیشتر از ویژگی اصلی باشد و این ویژگی‌ها (اصلی و ثانویه) همبستگی زیادی با هم داشته باشند، سود بیشتری توسط انتخاب غیرمستقیم ارائه می‌شود (Falconer and Mackay, 1996).

جدول ۱۱- کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به گزینش از طریق شاخص (ΔG) در ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط نرمال و تنش شوری

Table 11. Efficiency of selection through index (ΔH) and response of traits to selection through index (ΔG) in maize genotypes under normal and salinity stress conditions

صفات (واحد) Trait (Unit)	ΔG							
	شرایط نرمال Normal conditions				شرایط تنش شوری Salinity stress condition			
	Smith-Hazel index	Brim index	Pesek-Baker index	Robinson index	Smith-Hazel index	Brim index	Pesek-Baker index	Robinson index
GY (g)	180.83	110.12	26.49	207.60	69.35	91.44	2.44	106.67
FLL (cm)	10.71	4.76	1.82	3.87	5.72	4.68	0.25	2.40
FLW (cm)	0.43	0.99	0.32	0.38	1.05	1.15	0.04	1.17
LCT	-1.33	-0.67	0.60	-0.69	-1.55	-1.74	0.07	-1.40
LCC	48.20	24.61	6.59	18.87	42.28	24.08	0.76	19.85
EUL	-0.04	0.08	0.20	-0.09	-0.17	-0.08	0.02	0.03
TL	0.98	1.56	0.43	0.67	0.82	1.24	0.04	1.08
EH (cm)	22.56	22.08	5.49	11.83	38.37	25.19	0.69	17.45
PH (cm)	-48.00	25.99	8.06	2.86	120.82	39.90	1.07	21.81
LA	32.75	7.62	3.56	10.43	10.69	6.39	0.47	0.47
SD (cm)	0.36	0.58	0.14	0.28	0.30	0.38	0.01	0.30
DTT (day)	4.31	1.38	1.60	0.84	-0.09	0.55	0.20	-2.03
DTS (day)	3.00	-1.86	1.26	-0.42	-0.82	-1.39	0.19	-3.32
K/Na	52.73	5.50	3.32	16.84	2.08	2.42	0.44	-1.05
RWC	-1.96	-3.94	2.25	1.13	-0.30	-1.15	0.24	-212.00
EL (cm)	7.46	5.34	1.28	5.60	3.50	4.44	0.13	4.70
RPE	5.49	0.90	0.58	3.64	-0.02	0.39	0.07	0.82
GPR	14.82	12.04	3.14	12.78	10.56	12.86	0.36	14.31
ED (cm)	10.51	7.43	1.95	7.77	5.23	7.23	0.22	8.34
GW (cm)	4.08	1.07	0.29	2.64	0.44	0.71	0.03	1.10
GDE (cm	4.91	2.09	0.49	3.39	1.23	1.78	0.06	2.36
GD (cm)	3.52	-0.05	0.22	2.22	-0.74	-0.77	0.03	-0.49
CD (cm)	5.47	2.94	0.93	3.68	1.54	2.17	0.10	2.47
HGW (g)	9.37	7.45	2.19	7.18	5.43	7.98	0.26	8.59
ΔH	530.74	237.98	0.00	0.04	403.77	229.84	0.02	0.02

عملکرد دانه (GY)؛ طول برگ‌پرچم (FLL)؛ عرض برگ‌پرچم (FLW)؛ دمای کانوپی (LCT)؛ کلروفیل برگ (LCC)؛ تعداد برگ بالای بلال (EUL)؛ تعداد کل برگ (TL)؛ ارتفاع بلال اصلی (EH)؛ ارتفاع بوته (PH)؛ زاویه‌ی برگ (LA)؛ قطر ساقه (SD)؛ روز تا ظهور تاسل (DTT)؛ روز تا ظهور کاکل (DTS)؛ نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)؛ محتوی نسبی آب برگ (RWC)؛ طول بلال (EL)؛ تعداد ردیف بلال (RPE)؛ تعداد دانه در ردیف (GPR)؛ قطر بلال (ED)؛ عرض دانه (GW)؛ عمق دانه (GDE)؛ قطر دانه (GD)؛ قطر چوب بلال (CD)؛ وزن صددانه (HGW).

Grain yield (GY); Flag leaf length (FLL); Flag leaf width (FLW); Leaf canopy temperature (LCT); Leaf chlorophyll content (LCC); Ear-up leaves (EUL); Total leaves (TL); Ear height (EH); Plant height (PH); Leaf angle (LA); Stem diameter (SD); Day to the tasseling (DTT); Day to the silking (DTS); Potassium to sodium ratio (K/Na); Relative water content (RWC); Ear length (EL); Grain width (GW); Grain depth (GDE); Grain diameter (GD); Cob diameter (CD); Hundreds grain weight (HGW).

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که انتخاب بر مبنای شاخص اسمیت- هیزل با بالاترین کارایی انتخاب (ΔH) در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط نرمال و افزایش عملکرد دانه و ارتفاع بوته در شرایط تنش شوری خواهد شد؛ بنابراین این شاخص با داشتن بالاترین همبستگی با ارزش اصلاحی، به‌عنوان شاخص برتر معرفی می‌شود. بر اساس این شاخص، ژنوتیپ R59 به‌عنوان ژنوتیپ برتر در شرایط نرمال و ژنوتیپ 88/*6 در شرایط تنش شوری معرفی شدند. البته این ژنوتیپ‌ها با در نظر گرفتن نتایج مجموع شاخص‌ها نیز به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری با توجه به گسترش زمین‌های شور و کاهش دسترسی به آب مناسب آبیاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر اساس نتایج فوق ژنوتیپ 88/*6 برای توسعه هیبریدهای امیدبخش جهت کشت در مناطق با آب یا خاک شور قابل توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی و پژوهشکده زیست‌فناوری دانشگاه ارومیه به‌خاطر فراهم نمودن هزینه و امکانات لازم برای انجام این پژوهش و از خانم دکتر سرور ارژنگ دانش‌آموخته دکتری اصلاح نباتات-ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک به‌خاطر کمک در تهیه داده‌های فنوتیپی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Amaral Júnior, A.T., Freitas Júnior, S.P., Rangel, R.M., Pena, G.F., Ribeiro, R.M., Morais, R.C., and Schuelter, A.R. (2010). Improvement of a popcorn population using selection indexes from a fourth cycle of recurrent selection program carried out in two different environments. *Genetics and Molecular Research*, **9:** 340-347.

Andrade, A.C.B., Silva, A.J., Ferraudo, A.S., Unêda-Trevisoli, S.H. and Mauro, A.S. (2016). Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach. *African Journal of Agricutural Research*, **11:** 23-31.

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

Arzangh, S., Darvishzadeh, R. and Alipuor, H. (2021). Evaluation of genetic diversity of maize lines (*Zea mays* L.) under normal and salinity stress conditions. *Cereal Research*, **11(3):** 243-268 (In Persian).

Baker, R.J. (1986). *Selection Indices in Plant Breeding*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.

Boyles, R.E., Cooper, E.A., Myers, M.T., Brenton, Z., Rauh, B.L., Morris, G.P. and Kresovich, S. (2016). Genome-wide association studies of grain yield components in diverse sorghum germplasm. *The Plant Genome*, **9(2):** 2015-09.

Brim, C.A., Johnson H.W. and Cockerham, C.C. (1959). Multiple selection criteria in soybeans 1. *Agronomy Journal*, **51(1):** 42-46.

Carvalho, A.D.F., Nogueira, M.T.M., Silva, G.O., Luz, J.M.Q., Maciel, G.M. and Rabelo, P.G. (2017). Seleção de genótipos de cenoura para caracteres fenotípicos de raiz. *Horticultura Brasileira*, **35:** 97-102.

Candido, W.D.S., Silva, C.M., Costa, M.L., Silva, B.E.D.A., Miranda, B.L.D., Pinto, J.F.N. and Reis, E.F.D. (2020). Selection indexes in the simultaneous increment of yield components in topcross hybrids of green maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **17(55):** e01206.

Crispim-Filho, A.J., Dos Santos, F.P., Pinto, J.F.N., Melo, P.G.S., Dos Reis, E.F. and Mendes-Resende, M.P. (2020). Dealing with multiple traits in maize: A new approach for selecting progenies. *Crop Science*, **60(6):** 3151-3165.

Dabholkar, A. (1992). *Elements of Biometrical Genetics Concept*. Publishing Company, New Delhi, IND.

Davik, J. (1989). A selection index for population improvement in white cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata). *Hereditas*, **111:** 17-23.

Dehghan Kouhestani, R., Majidi, M.M. and Saeidi, G. (2017). Direct and indirect selection responses for seed yield improvement in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, **7(1):** 115-125 (In Persian).

De Santiago, S., de Souza Junior, C.L., Lemos, L.B. and Môro, G.V. (2019). Prediction of genetic gain using selection indices in maize lines. *African Journal of. Agricultural Research*, **14:** 787-793.

Dovale, J.C., Fritsche-Neto, R., Silva, P.S.L. (2011). Índice de seleção para cultivares de milho com dupla aptidão: minimilho e milho verde. *Bragantia*, **70:** 781-787.

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K. and Prasanna, B.M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, **14:** 1295-1319.

Falconer, D.S. and Mackay, T.F.C. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*. Pearson, Harlow, UK.

FAO. (2020) FAO extent of salt-affected soils. Available at: http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/ (Accessed Access April 30, 2020).

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh, H. and Rahimsouroush, H. (2007). Use of coefficient path analysis for base and optimum selection indices in rice. *Journal of Agricultural Science*, **17(4):** 97-112 (In Persian).

Freitas, I.L.D.J., Amaral Junior, A.T.D., Viana, A.P., Pena, G.F., Cabral, P.D.S., Vittorazzi, C. and Silva, T.R.D.C. (2013). Ganho genético avaliado com índices de seleção ecom REML/BLUP em milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **48:** 1464-1471.

Hassani, A., Azapagic, A. and Shokri, N. (2021). Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century. *Nature Communications*, **12:** 6663.

Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, **28(6):** 476-49.

Holland, J.B., Nyquist, W. and Cervantes, C. (2003). Estimating and interpreting heritability for plant breeding. *Plant Breeding Reviews*, **22:** 9-112.

Lima, V.J. De, Freitas Junior, S. De P., Souza, Y.P. De, Silva, C.S. Da, Farias, J.E.C., Souza, R.F. De, Chaves, M.M. and Feitosa, J.V. (2018). Genetic gain capitalization in the first cycle of recurrent selection in popcorn at Ceará's Cariri. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, **13:** e5556.

Khavari Khorasani, S. and Mahdi Poor, A. (2018). Genetic improvement of grain yield by determination of selection index in single cross hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Plant Genetic Researches*, ***5*(1):** 1-18 (In Persian).

Kumar, P., Choudhary, M., Halder, T., Prakash, N.R., Singh, V.V.V.T., Sheoran, S.T.R.K., Longmei, N., Rakshit, S. and Siddique, K.H.M. (2022). Salinity stress tolerance and omics approaches: revisiting the progress and achievements in major cereal crops. *Heredity*, **128(6):** 497-518.

Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, **59:** 651–681.

Noble, C.L. and Rogers, M.E. (1992). Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant Physiology*, **146:** 99-107.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. *Plant Soil Environment*, **54:** 89-99

Pesek, J. and Baker, R. (1970). An application of index selection to the improvement of self-pollinated species. *Canadian Journal of Plant Science*, **50(3):** 267-276.

Rahimi, M. and Rabiei, B. (2011). The application of selection indices on improvement of grain yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, **90:** 39-49 (In Persian).

Robinson, H.F., Comstock R.E. and Harvey, P.H. (1951). Genotypic and phenotypic correlation and their implications in selection. *Agronomy Journal*, **43:** 282-287.

Sah, R.P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V.K., Chakravarty, M.K. and Moharana, D. (2020). Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. *Scientific Reports*, **10(1):** 2944.

Salehi, M. and Saeidi, G.A. (2012). Selection indicators to improve sesame seed yield. *Iranian Journal of Field Crops Research*, **10(4):** 667-673 (In Persian).

Shabala, S. (2013). Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. *Annals of Botany* **112:** 1209-1221.

Shiri, M. and Ebrahimi, L. (2018). Comprehensive SAS code for computing several selection indices. *Journal of Crop Improvement*, **32(2):** 225-238.

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

Silva, M.F., Maciel, G.M., Finzi, R.R., Peixoto, J.V.M., Rezende, W.S. and Castoldi, R. (2020). Selection indexes for agronomic and chemical traits in segregating sweet corn populations. *Horticultura Brasileira*, **38:** 71-77.

Subbarao, G.V. and Johansen. C. (2002). Physiological mechanisms relevant to genetic improvement of salinity tolerance in crop plants. In: Pessarakli M (ed.) *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker Inc., New York, USA.

Tahmasbali, M., Darvishzadeh, R. and Fayaz Moghaddam, A. (2021). Evaluation of oriental tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) genotypes using selection indices under the presence and absence of broomrape. *Iranian Journal of Field Crop Science*, **52(3):** 189-20 (In Persian).

Tahmasebi, A., Darvishzadeh, R., Fayaz Moghadam, A., Gholinejhad, E. and Abdi, H. (2022). Using selection indices to improve seed yield in native sesame stands. *Plant Genetic Researches*, **8(2):** 117-130 (In Persian).

Vieira, R.A., Rocha, R.D., Scapim, C.A. and Amaral, A.T.D. (2017). Recurrent selection of popcorn composites UEM-CO1 and UEM-CO2 based on selection indices. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, **17:** 266-272.

Yue, H., Gauch, H.G., Wei, J., Xie, J., Chen, S., Peng, H., Bu, J. and Jiang, X. (2022). Genotype by environment interaction analysis for grain yield and yield components of summer maize hybrids across the huanghuaihai region in China. *Agriculture*, **12(5):** 602.

Zhu, M., Li, Q., Zhang, Y., Zhang, M. and Li, Z. (2022) Glycine betaine increases salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) by regulating Na + homeostasis. *Frontiers in Plant Science*, **13**: 978304.