Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 16, No 49, Spring 2024 p: 116-128

"Research Paper"

Development of Selection Index to Improve Grain Yield in Maize under Normal and Phosphorus Deficit Conditions

Fatemeh Firouzkouhi[1], Reza Darvishzadeh[2], Iraj Bernousi[3], Raheleh Ghasemzadeh[4]

1- Ph. D. Student in Genetics and Plant Breeding, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Proffesor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)
3- Proffesor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
4- Assistant Proffesor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 10 August, 2023 Accepted: January 28, 2024

Extended abstract

Introduction and Objective: Maize (*Zea mays* L.) is the third most important cereal after wheat and rice, which accounts for 26% of total cereal cultivated area and 37% of their production. Maize is a valuable raw material for extracting oil, starch, alcohol, glucose, plastic, lactic acid, acetic acid, acetone and paint, and it is possible to made paper, cardboard, and nitrocellulose from its stalks. As an important nutrient, phosphorus plays important role in energy transfer, photosynthetic oxidation-reduction reactions, as well as in biochemical compounds including nucleic acids, structural proteins, enzymes, and signal transmission. Due to the predominance of calcareous soils with high pH in arid and semi-arid agricultural climates, the amount of available phosphorus is limited. In order to increase available phosphorus for plants, large amounts of phosphorus chemical fertilizers are needed regularly. However, a large amount of phosphorus in fertilizers may be converted to insoluble phosphate, immediately by reaction with calcium in the soil after its application. On the other hand, indiscriminate use of phosphorus chemical fertilizers leads to many environmental problems such as surface runoff of phosphorus, eutrophication of aquatic ecosystems, reduction of biodiversity and abnormal changes in soil salt concentration and pH. Breeding cultivars that absorb phosphate or phosphorus more efficiently is one of the solutions to deal with the stress of phosphorus deficiency as a trait with low heredity. The use of selection indices can be an effective method for the indirect selection of traits with complex genetics.

Material and Methods: 93 maize genotypes prepared from different research centers were evaluated in terms of agro-morphological traits under normal and phosphorus deficit conditions using completely randomized design with three replications in the crop year 2016-2017 in an open area conditions. For this purpose, after analyzing the soil of different regions, soil with low phosphorus content (7.240 mg/kg) was selected and the pots (15 kg) were filled with soil and sand in a ratio of two to one. Usable soil phosphorus was determined by the Olsen method in the soil science laboratory of Urmia University. In both optimal and phosphorus deficit conditions, soil was strengthened with nitrogen fertilizers (in the amount of 9 g/pot (during three stages during the growth period)), potassium sulfate (in the amount of 13.5 g/pot), Sequestrin (1.5 g /pot), manganese sulfate (0.225 g/pot), zinc sulfate (0.99 g/pot), copper sulfate (0.3 g/pot) and boric acid (0.21 g/pot). In optimal conditions, phosphorus fertilizer in the form of triple superphosphate was added to each pot in the amount of 6 g/pot. Phosphorous fertilizer was not added to the soil in the phosphorus deficit conditions. With the beginning of the tasseling stage, various agro-morphological and chemical traits were measured. In the physiological maturity stage, the ears relating to each replication were separated from the plants. Seed yield per plant was determined by separating the seeds on the ears of each plant and weighing it. In order to select the desired genotypes, four selection indexes including Smith-Hazel, Pesek-Baker, Brim and Robinson indices were calculated. In this study, the same weight was considered for the attributes, which is done in this way in most studies. To select the best selection index, different criteria, including the genetic gain of traits (ΔG), expected gain (ΔH) and relative efficiency of selection index (RE) were calculated.

Results: According to analysis of variance results, the effect of genotype and stress was significant on all studied traits at the probability level of 1%. Also, the interaction effect of genotype × stress was significant on all studied traits except for flag leaf length (FLL), flag leaf width (FLW), number of leaves (NL), plant height (PH), stem diameter (SD), ear length (EL), number of rows per ear (RpE), number of grain per row (GpR), ear diameter (ED) and 100 seeds weight (HGW). In the normal conditions (without stress) in the Smith-Hazel index (optimal index), the highest coefficient (7.21 and 3.98,) was observed in FLW and ear length (EL) traits, respectively, and the lowest ones (-3.03) was observed in RpE trait. In the phosphorus deficit conditions, the highest coefficient (3.91) was observed in EL and the lowest ones (-5.35) was observed in RpE trait. In the Pesak-Baker index, under normal conditions, the highest coefficient (5.64) was observed in GpR trait and the lowest ones (-9.28) was observed in EL. In phosphorus deficit conditions, the highest coefficient (8.49) was seen in FLW trait, followed by EL (4.53) and the lowest ones (-2.17) was observed in RpE. The highest coefficient in Robinson's index under normal conditions was 2.21 for LW, which was -5.91 for that under phosphorus deficit conditions. In this index, the lowest coefficient was seen in RpE (-0.92). In Robinson's index, under phosphorus deficit conditions, the highest coefficient (1.46) was seen in EL, and the lowest ones (-5.92) was seen in FLW, followed by RpE with a value of -2.13. The Smith-Hazel index with expected gain (ΔH) value of 296.306 and 229.374, and relative efficiency of (RE) of 1.0011 and 1.0839 and the Brim with expected gain (ΔH) value of 296.217 and 233.083, and relative efficiency of selection index (RE) of 0.9995 and 1.0836, in normal and phosphorus deficit conditions, respectively, were the best indices. Under both normal and phosphorus deficit conditions, biomass yield, seed yield, and plant height had the highest coefficients for these indices. Based on both indices, genotype with cod number 7 and the genotype with cod number 10 are introduced as superior genotypes under normal and phosphorus deficient conditions, respectively.

Conclusion: In general, the results of present investigation showed that in both normal and phosphorus deficit conditions, selection based on the Smith-Hazel and Brim indices will increase the biomass yield, seed yield and plant height due to their highest relative efficiency and expected gain. The selected genotypes after validation at the molecular level with different technologies, such as studying the expression of genes involved in tolerance to phosphorus deficit conditions using Real time PCR, can be used in the production of hybrid varieties as a way to reduce the use of phosphorus fertilizers.

Keywords: Maize, Morphological traits, Phosphorus deficit stress, Selection index, Yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

توسعه شاخص گزینش برای بهبود عملکرد دانه در ذرت تحت شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر

فاطمه فیروزکوهی[۱]، رضا درویش زاده[۲]، ایرج برنوسی[۳] و راحله قاسم زاده[۴]

۱- دانشجوی دکتری ژنتیک و بهنژادی گیاهی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۸
صفحه: ۱۱۶ تا ۱۲۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: ذرت (*Zea mays* L.) سومین غله مهم بعد از گندم و برنج است که ۲۶ درصد از کل سطح زیر کشت و ۳۷ درصد از تولید غلات را به‌خود اختصاص داده است. ذرت یک ماده خام با ارزش برای استخراج روغن، نشاسته، الکل، گلوکز، پلاستیک، اسید لاکتیک، اسید استیک، استون و رنگ بوده، همچنین کاغذ، مقوا و نیتروسلولز را می‌توان از ساقه‌های آن تهیه کرد. فسفر به‌عنوان ماده مغذی مهم در انتقال انرژی، واکنش‌های اکسیداسیون-احیا فتوسنتزی و همچنین در ترکیبات بیوشیمیایی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ساختاری، آنزیم‌ها و انتقال سیگنال نقش دارد. به‌دلیل غالب‌بودن خاک‌های آهکی با pH بالا در اقلیم کشاورزی خشک و نیمه‌خشک، میزان فسفر قابل دسترس محدود است. به‌منظور افزایش فسفر در دسترس برای گیاهان، مقادیر زیادی کود شیمیایی فسفره به‌طور منظم مورد نیاز است. با این حال، مقدار زیادی از فسفر کودها ممکن است بلافاصله پس از استفاده در اثر واکنش با کلسیم در خاک، به فسفات نامحلول تبدیل شود. این در حالیست که استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی فسفره منجر به مشکلات زیست‌محیطی متعدد از جمله رواناب سطحی فسفر، اتروفیکیشن اکوسیستم‌های آبی، کاهش تنوع زیستی و تغییرات غیرعادی در غلظت نمک و pH خاک می‌شود. یکی از راهکارهای مقابله با تنش کمبود فسفر به عنوان صفتی با وراثت کمّی، افزایش کارایی جذب فسفر یا فسفات در ارقام زراعی از طریق به‌نژادی است. استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌تواند به‌عنوان روش مؤثر برای انتخاب غیر مستقیم صفات با وراثت پیچیده باشد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۹۳ ژنوتیپ ذرت از مراکز تحقیقاتی مختلف تهیه شد. ژنوتیپ‌ها در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر از لحاظ صفات آگرومورفولوژیک در شرایط گلدانی و در محوطه باز مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این منظور، بعد از انجام آنالیز خاک مناطق مختلف، خاک با میزان فسفر پایین (۷/۲۴۰mg/kg) انتخاب و گلدان‌ها (۱۵ کیلویی) با نسبت دو به یک خاک و ماسه پُر شدند. در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر، خاک با کودهای نیتروژن (به مقدار ۹g/pot (طی سه مرحله در طول دوره‌ی رشد))، سولفات پتاسیم (به‌مقدار ۱۳/۵ g/pot)، سکوسترین آهن (۱/۵g/pot)، سولفات منگنز (۰/۲۲۵g/pot)، سولفات روی (۰/۹۹g/pot)، سولفات مس (۰/۳g/pot) و اسید بوریک (۰/۲۱g/pot) تقویت شد. در شرایط بهینه، کود فسفر به‌صورت سوپر فسفات تریپل به‌مقدار ۶g/pot به هر گلدان اضافه شد. در شرایط کمبود فسفر کود فسفری به خاک اضافه نشد. با شروع مرحله تاسل‌دهی، یادداشت‌برداری از صفات مختلف آگرومورفولوژیکی و شیمیایی انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بلال‌های مربوط به هر تکرار از بوته‌ها جدا شدند. عملکرد دانه در بوته از طریق جدا کردن دانه‌های روی بلال‌های هر بوته و توزین آن تعیین شد. فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن در آزمایشگاه علوم خاک دانشگاه ارومیه انجام گرفت. جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب چهار شاخص انتخاب اسمیت-هیزل، پسک بیکر، بریم و رابینسون محاسبه شد. در این مطالعه برای صفات وزن یکسان در نظر گرفته شد که در اکثر مطالعات اینگونه عمل می‌شود. جهت ارزیابی و مقایسه شاخص‌ها و انتخاب برترین شاخص، معیار بازدهیِ مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص (ΔG)، سود ژنتیکی مورد انتظار (ΔH) و سودمندی نسبی شاخص انتخاب (RE) محاسبه شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ و تنش بر روی تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش بر روی تمامی صفات به غیر از صفات طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال و وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود. در شرایط نرمال (فراهمی فسفر) در شاخص اسمیت-هیزل (شاخص بهینه) بیشترین ضریب مربوط به صفات عرض برگ (FLW) و طول بلال (EL) به‌ترتیب با مقادیر ۷/۲۱ و ۳/۹۸ و کمترین ضریب مربوط به صفت تعداد ردیف دانه بلال (RpE) با مقدار ۳/۰۳- بود. در شرایط تنش کمبود فسفر در شاخص اسمیت-هیزل بالاترین ضریب مربوط به صفت طول بلال (EL) با مقدار ۳/۹۱ و پایین‌ترین ضریب مربوط به صفت تعداد ردیف دانه بلال (RpE) با مقدار ۵/۳۵- بود. در شاخص پسک-بیکر در شرایط نرمال بالاترین ضریب در صفت تعداد دانه در ردیف (GpR) با مقدار ۵/۶۴ و پایین‌ترین ضریب در صفت طول بلال (EL) با مقدار ۹/۲۸- برآورد شد. در شرایط تنش کمبود فسفر بالاترین ضریب در صفت عرض برگ پرچم (FLW) با مقدار ۸/۴۹ و پس از آن در صفت طول بلال (EL) با مقدار ۴/۵۳ و پایین‌ترین ضریب در صفت تعداد ردیف دانه بلال (RpE) با مقدار ۲/۱۷- برآورد شد. بالاترین ضریب در شاخص رابینسون در شرایط نرمال در صفت عرض برگ پرچم (FLW) با مقدار ۲/۲۱ برآورد شد که این ضریب در شرایط تنشِ کمبود فسفر برابر ۵/۹۱- بود. در این شاخص پایین‌ترین ضریب، در صفت تعداد ردیف دانه بلال (RpE) با مقدار ۰/۹۲- برآورد شد. در شاخص رابینسون در شرایط تنشِ کمبود فسفر بالاترین ضریب در صفت طول بلال (EL) با مقدار ۱/۴۶ و پایین ترین ضریب در صفت عرض برگ پرچم (FLW) با مقدار ۵/۹۲- و در مرتبه دوم در صفت تعداد ردیف دانه بلال (RpE) با مقدار ۲/۱۳- برآورد شد. شاخص اسمیت-هیزل با مقادیر سود مورد انتظار (ΔH) به‌ترتیب ۲۹۶/۳۰۶ و ۲۲۹/۳۷۴ و سودمندی نسبی انتخاب (RE) به ترتیب ۱/۰۰۱۱ و ۱/۰۸۳۹ و شاخص بریم با مقادیر سود مورد انتظار (ΔH) به‌ترتیب ۲۹۶/۲۱۷ و ۲۳۳/۰۸۳ و سودمندی نسبی انتخاب (RE) به‌ترتیب ۰/۹۹۹۵ و ۱/۰۸۳۶ در شرایط فراهمی و تنش کمبود فسفر، به عنوان بهترین شاخص بودند. در هر دو شرایط فراهمی و تنش کمبود فسفر عملکرد بیوماس، عملکرد دانه و ارتفاع بوته بالاترین ضریب را در این شاخص‌ها داشتند. بر اساس هر دو شاخص ژنوتیپ شماره ۷ به‌عنوان ژنوتیپ برتر در شرایط نرمال و ژنوتیپ شماره ۱۰ در شرایط تنش کمبود فسفر معرفی شد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج بررسی نشان می‌دهد که در هر دو شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر، انتخاب بر مبنای شاخص اسمیت-هیزل و بریم با توجه به بالاترین سودمندی نسبی (RE) و همچنین سود مورد انتظار (ΔH)، باعث افزایش عملکرد بیوماس، عملکرد دانه و ارتفاع بوته خواهد شد. از ژنوتیپ‌های منتخب بعد از تایید نهایی در سطح مولکولی با تکنولوژی‌های مختلف از قبیل بررسی بیان ژن‌های دخیل در تحمل به تنش کمبود فسفر با تکنیک PCR در زمان واقعی می‌توان در تولید بذر هیبرید به‌عنوان راهکاری برای کاهش استفاده از کودهای فسفره استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش کمبود فسفر، ذرت، شاخص گزینش، صفات مورفولوژیک، عملکرد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) سومین غله مهم بعد از گندم و برنج است (Tesfaye et al., 2015)، که ۲۶ درصد از کل سطح زیر کشت و ۳۷ درصد از تولید غلات را به‌خود اختصاص داده است (FAOSTAT, 2020). تولید جهانی ذرت در سال ۲۰۱۸ حدود ۱۱۴۷ میلیون تن بود و کشورهای عمده تولید کننده آن آمریکا، چین و برزیل بودند (FAOSTAT, 2020). ذرت یک ماده خام با ارزش برای استخراج روغن، نشاسته، الکل، گلوکز، پلاستیک، اسید لاکتیک، اسید استیک، استون و رنگ بوده، همچنین کاغذ، مقوا و نیتروسلولز را می‌توان از ساقه‌های آن تهیه کرد (Tajbakhsh, 1996). فسفر و نیتروژن به‌عنوان ماده مغذی مهم برای ساختار، فرآیندها و عملکرد اکوسیستم‌ها می‌باشند، زیرا بر میزان تولید زیست‌توده و رشد گیاه تأثیر زیادی دارند (Hu and Schmidhalter, 2005). فسفر در انتقال انرژی، واکنش‌های اکسیداسیون-احیا فتوسنتزی[1] (Singh et al., 2017) و همچنین در ترکیبات بیوشیمیایی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ساختاری، آنزیم‌ها و انتقال سیگنال نقش دارد (Pandey et al., 2015). به‌دلیل غالب‌بودن خاک‌های آهکی با pH بالا در اقلیم کشاورزی خشک و نیمه‌خشک، میزان فسفر قابل دسترس محدود است. به‌منظور افزایش فسفر در دسترس برای گیاهان، مقادیر زیادی کود شیمیایی فسفره به‌طور منظم مورد نیاز است. با این‌حال، مقدار زیادی از فسفر کودها ممکن است بلافاصله پس از استفاده در اثر واکنش با کلسیم در خاک، به فسفات نامحلول تبدیل شود. این در حالیست که استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی فسفره منجر به مشکلات زیست‌محیطی متعدد از جمله رواناب سطحی فسفر، اتروفیکیشن[2] اکوسیستم‌های آبی، کاهش تنوع زیستی و تغییرات غیرعادی در غلظت نمک و pH خاک می‌شود (Adesemoye and Kloepper, 2009). همچنین استفاده از کود با دوزهای زیاد باعث ایجاد محلول غلیظ در خاک شده و موجب کاهش جذب فسفر توسط گیاه می‌شود. اگر سطح فسفر بیش از حد باشد، جذب سایر عناصر در خاک مختل می‌شود به‌طوری که رشد گیاه را مهار می‌کند (Naomi et al., 2021). یکی از راه‌کارهای مقابله با تنش کمبود فسفر افزایش کارایی جذب فسفر یا فسفات در ارقام زراعی از طریق به‌نژادی است (Veneklaas et al., 2012; White et al., 2012). اغلب صفات اقتصادی از جمله عملکرد و تحمل به تنش‌ها صفات کمّی بوده (Banaei et al., 2016)؛ توسط تعداد زیادی ژن کوچک‌اثر کنترل می‌شوند و معمولاً تأثیر محیط بر این صفات زیاد است (Crouch and Bodmer, 2020). بنابراین بهبود ژنتیکی آنها با گزینش مبتنی بر نتاج (غالباً برشی؛ گزینش بر مبنای سطوح مستقل) مشکل و وقت‌گیر می‌باشد (Banaei et al., 2016). استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌تواند به‌عنوان روش مؤثر برای انتخاب غیر مستقیم باشد (Modarresi et al., 2004). استفاده از شاخص انتخاب در گیاهان اولین بار در ۱۹۳۶ توسط اسمیت با استفاده از مفهوم تابع تشخیص ارائه شد (Smith, 1936). در ادامه مدل انتخاب همزمان با استفاده از روش تجزیه رگرسیون چند متغیره توسط هیزل مطرح شد (Hazel, 1943). هدف از بدست‌آوردن یک شاخص، یافتن ترکیب خطی از ارزش‌های فنوتیپی بوده که بهره مورد انتظار از نظر ارزش واقعی به حداکثر برسد (Rezaee, 1994). طی مطالعاتی در گیاه ذرت شیرین کارایی شاخص انتخاب اسمیت-هیزل و انتخاب مستقیم بررسی شد. نتایج نشان داد شاخص اسمیت-هیزل حداکثر کارایی را در بهبود مجموعه صفات دارد (Asghar and Mehdi, 2010). به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط نرمال و تنش رطوبتی، پنج شاخص انتخاب بهینه (اسمیت-هیزل) و یک شاخص انتخاب پایه (پسک- بیکر) محاسبه شد. مقدار سودمندی نسبی گزینش بر مبنای عملکرد و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای کلیه صفات در شاخص دوم اسمیت- هیزل در هر دو شرایط نرمال و تنش نسبت به سایر شاخص‌ها بیشترین میزان بود (Khavari Khorasani and Mehdipour, 2017). با توجه به اهمیت تنش‌های غیرزیستی خصوصاً تنش کمبود فسفر در کاهش عملکرد، طراحی یک برنامه اصلاحی کارا برای افزایش عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش مستلزم ارزیابی تنوع ژنتیکی و بررسی ارتباط صفات و معرفی شاخص‌های گزینش مؤثر برای بهبود عملکرد دانه می‌باشد که به این مهم در این مطالعه پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۹۳ ژنوتیپ ذرت از مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، دانشگاه رازی کرمانشاه و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (جدول ۱) تهیه شدند. ژنوتیپ‌ها در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر در شرایط گلدانی و در محوطه باز در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این منظور بعد از انجام آنالیز خاک مناطق مختلف، خاک با میزان فسفر پایین (۷/۲۴۰mg/kg) انتخاب و گلدان‌ها (۱۵ کیلویی) با نسبت دو به یک خاک و ماسه پُر شدند. فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن (Olsen, 1954) در آزمایشگاه علوم خاک دانشگاه ارومیه انجام گرفت. در هر دو شرایط بهینه و کمبود فسفر، خاک با کودهای نیتروژن (به مقدار ۹g/pot (طی سه مرحله در طول دوره‌ی رشد))، سولفات پتاسیم (به‌مقدار ۱۳/۵ g/pot)، سکوسترین آهن (۱/۵g/pot)، سولفات منگنز (۰/۲۲۵g/pot)، سولفات روی (۰/۹۹g/pot)، سولفات مس (۰/۳g/pot) و اسیدبوریک (۰/۲۱g/pot) تقویت شد. در شرایط بهینه، کود فسفر به‌صورت سوپرفسفات تریپل به‌مقدار ۶g/pot به هر گلدان اضافه شد. در شرایط کمبود فسفر کود فسفری به خاک اضافه نشد. ابتدا در هر گلدان تعداد چهار عدد بذر کشت شد و پس از اطمینان از جوانه‌زنی و رشد نرمال گیاهچه‌ها، دو تا از آنها در مرحله شش برگی حذف شد و دو گیاهچه در هر گلدان باقی ماند. آبیاری با استفاده از سامانه قطره‌ای انجام گرفت. هیچگونه کنترلی بر گرده‌افشانی بین ژنوتیپ‌ها انجام نشد. با شروع مرحله تاسل‌دهی، یادداشت‌برداری از صفات مختلف آگرومورفولوژیکی و شیمیایی انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بلال‌های مربوط به هر تکرار از بوته‌ها جدا شدند. عملکرد دانه در بوته از طریق جدا کردن دانه‌های روی بلال‌های هر بوته و توزین آن تعیین شد.

1- Photosynthetic oxidation-reduction
2- Eutrophication

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

جدول ۱- شماره، نام و منشا ژنوتیپ‌های ذرت

Table 1. Cod, name and origin of maize genotypes

کد Cod	منشأ Origin	نام لاین Line name	کد Cod	منشأ Origin	نام لاین Line name
1	کرمانشاه Kermanshah	P3L2	51	مشهد Mashhad	9/K19/1
2	کرمانشاه Kermanshah	P11L2	52	مشهد Mashhad	3/K19/1 & (K19/1*/1392)
3	کرمانشاه Kermanshah	P15L16Kahriz	53	مشهد Mashhad	25* /89
4	کرمانشاه Kermanshah	P9L3Kahriz	54	مشهد Mashhad	2/ K19/1 & (K19/1)
5	کرمانشاه Kermanshah	P13L2	55	مشهد Mashhad	K3640/S /55-N
6	کرمانشاه Kermanshah	P19L7Kahriz	57	مشهد Mashhad	20* /1389
7	کرمانشاه Kermanshah	P6L1	60	مشهد Mashhad	S2/ QPM/ SUKMA اندونزی
8	کرمانشاه Kermanshah	P19 L3Kahriz	62	مشهد Mashhad	6* /88
9	کرمانشاه Kermanshah	P14L1Kahriz	64	مشهد Mashhad	4/ K19/1
10	کرمانشاه Kermanshah	P11L7	65	مشهد Mashhad	66* /1388
11	کرمانشاه Kermanshah	P14L2	66	مشهد Mashhad	48* /1390
12	کرمانشاه Kermanshah	P10L5	72	مشهد Mashhad	K166 B/89 & (14* K166 B/1390)
13	کرمانشاه Kermanshah	P1L4 دی آلل کرج	73	مشهد Mashhad	K18-B /1392 ایزوله
14	کرمانشاه Kermanshah	P11L6	74	مشهد Mashhad	7/K19/1
15	کرمانشاه Kermanshah	P13L3	75	مشهد Mashhad	23* /89
16	کرمانشاه Kermanshah	P16L4Kahriz	76	مشهد Mashhad	70*/ 1388
17	کرمانشاه Kermanshah	P3 L4Kahriz	77	مشهد Mashhad	10/K 19/1
18	کرمانشاه Kermanshah	P1 L5Kahriz	79	مشهد Mashhad	138* /89
19	کرمانشاه Kermanshah	P19L5Kahriz	80	مشهد Mashhad	K19 */ 1392 ایزوله
20	کرمانشاه Kermanshah	P15L14	83	مشهد Mashhad	1* /89 چوب قرمز
21	کرمانشاه Kermanshah	P16L6Kahriz	85	مشهد Mashhad	1390/Popcorn- 53 or 54 خط
22	کرمانشاه Kermanshah	P15L4	89	مشهد Mashhad	172* /89
23	کرمانشاه Kermanshah	P11 L9	91	مشهد Mashhad	8/K19/1
24	کرمانشاه Kermanshah	P9L6	96	مشهد Mashhad	67*/88
25	کرمانشاه Kermanshah	P13L1	98	مشهد Mashhad	1387/193/ chase*/S2
26	کرمانشاه Kermanshah	P10L7	100	مشهد Mashhad	36-N/88-K3653/2
27	کرمانشاه Kermanshah	P16L12Kahriz	104	–	Line1
28	کرمانشاه Kermanshah	P10L9	105	–	Line2
30	کرج Karaj	Mo17	106	–	Line3
31	کرج Karaj	OH43/1- 42	107	–	Line4
32	کرج Karaj	K1264/ 5-1	108	–	Line5
33	کرج Karaj	مادری R59	109	–	Line6
34	کرج Karaj	K615/1	110	–	Line7
35	کرج Karaj	B73	111	–	Line8
36	کرج Karaj	پدری OH 43/1-42	112	–	Line9
37	کرج Karaj	پدریR59	113	–	Line10
38	کرج Karaj	W37A	114	–	Line11
39	کرج Karaj	R319	115	–	Line12
40	کرج Karaj	R59	116	–	Line13
42	کرج Karaj	W153R	117	–	Line14
43	کرج Karaj	K1533 Popcorn	118	–	Line15
44	کرج Karaj	مادری دابل کراس ۳۷۰ (سینگل کراس R59,R319)	119	–	Line16
45	کرج Karaj	B73(RFC OR CMS)	120	–	Line17
46	کرج Karaj	1264/ 1	121	–	Line18
48	کرج Karaj	ZK472221	122	–	Line19
49	مشهد Mashhad	K1263/1/1388	123	–	Line20
50	مشهد Mashhad	4*/89			

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

تجزیه‌های آماری

آمارهای توصیفی در هر یک از شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر و همبستگی فنوتیپی با نرم‌افزار SAS محاسبه شد. شاخص‌های انتخاب اسمیت– هیزل (Smith, 1936; Hazel, 1943)، بریم (Brim et al., 1959)، پسک– بیکر (Pesek and Baker, 1970) و رابینسون (Robinson et al., 1951) بر اساس صفات مورد مطالعه شامل دمای کانوپی (Ctem, °C)، محتوای نسبی آب برگ (RWC, %)، کلروفیل (SPAD)، طول برگ پرچم (FLL, cm)، عرض برگ پرچم (FLW, cm)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM, day)، روز تا تاسل‌دهی (DF, day)، روز تا ظهور بلال (DE, day)، تعداد کل برگ (NL)، زاویه برگ (LA)، ارتفاع بوته (PH, cm)، قطر ساقه (SD, cm)، طول بلال (EL, cm)، تعداد ردیف دانه بلال (RpE)، تعداد دانه در ردیف (GpR)، قطر بلال (ED, cm)، وزن صد دانه (HGW, gr)، عملکرد دانه (GY, gr) و عملکرد بیوماس (BY, gr) با توجه به معادلات زیر محاسبه شدند (Tahmasabi et al., 2021). برای محاسبه شاخص‌های انتخاب از برنامه SAS ارایه شده توسط Shiri and Ebrahimi (2018) استفاده شد. این برنامه در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و با استفاده از PROCIML تحت سیستم عامل Microsoft Windows اجرا شد.

شاخص اسمیت–هیزل

$$b = P^{-1}Ga$$

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 (وزنه‌های اقتصادی صفات بررسی‌شده) است. وزنه‌های اقتصادی توسط اصلاح‌گر تعیین می‌شوند.

شاخص بریم

$$b = a$$

در این رابطه a همان بردار ضرایب اقتصادی استفاده شده در شاخص اسمیت–هیزل هست (I_Br=Xa;).

شاخص پسک–بیکر

$$b = G^{-1}h$$

که در آن h بردار سودهای بهینه؛ که داویک (Davik, 1989) آن را (h را) برابر با انحراف استاندارد فنوتیپی در نظر گرفته است.

شاخص رابینسون

$$b = P^{-} g_i$$

که در آن g بردار کوواریانس ژنوتیپی عملکرد با دیگر صفات است.

پس از تعیین شاخص‌ها؛ با قرار دادن ارزش فنوتیپی صفات در شاخص‌ها مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ به‌دست آمد و در محاسبات بعدی هر شاخص مانند یک صفت منظور گردید. جهت ارزیابی و مقایسه شاخص‌ها، معیار بازدهیِ مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص محاسبه شد.

در این مطالعه برای صفات وزن یکسان در نظر گرفته شد که در اکثر مطالعات اینگونه عمل می‌شود (Ahmadpour et al., 2018). در بعضی مطالعات از وراثت‌پذیری صفات، در بعضی از اثرات مستقیم حاصل از تجزیه مسیر (Khavari Khorasani and Mehdipour, 2017) و در تعدادی از ارزش صفات (Bernardo, 2010) استفاده شده است.

معیار بازدهیِ مورد انتظار برای هر صفت از طریق شاخص (ΔG)

برای محاسبه معیار از رابطه زیر استفاده شد:

$$\Delta G = \frac{KGb}{\sqrt{b'Pb}}$$

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 (Baker, 1986). ضریب K برای انتخاب با شدت ۱۰ درصد برابر ۱/۷۶ در نظر گرفته شد (Falconer and Mackay, 1996).

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ و تنش بر روی تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش بر روی تمامی صفات به غیر از صفات طول برگ، عرض برگ، تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال و وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین صفات در شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر در جدول ۳ و ۴ ارایه شده است. در شرایط نرمال (بدون تنش) در شاخص اسمیت–هیزل (شاخص بهینه) بیشترین ضریب مربوط به صفات FLW و EL به‌ترتیب با مقادیر ۷/۲۱ و ۳/۹۸ و کمترین ضریب مربوط به صفت RpE با مقدار ۳/۰۳– بود. در شرایط تنش کمبود فسفر در شاخص اسمیت–هیزل بالاترین ضریب مربوط به صفت EL با مقدار ۳/۹۱ و پایین‌ترین ضریب مربوط به صفت RpE با مقدار ۵/۳۵– بود (جدول ۵). در این شاخص بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی (ΔG) در شرایط نرمال و همچنین در صفات BY (۱۴۵/۷۴)، GY (۷۲/۱۴) و PH (۳۶/۹۲) و در شرایط تنش کمبود فسفر باز در صفات BY (۱۱۱/۳۴)، GY (۴۹/۵۴) و PH (۳۹/۱۲) مشاهده شد (جدول ۶). در این شاخص در شرایط نرمال (بدون تنش) و همچنین شرایط تنشِ کمبود فسفر مقدار همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی (RHI) در حد مطلوب (به‌ترتیب ۰/۹۸۰۶ و ۰/۹۷۹۸) بود (جدول ۶). در هر دو شرایط نرمال (بدون تنش) و تنشِ کمبود فسفر هم بهره مورد انتظار بالا (به‌ترتیب ۲۹۱/۳۰۶ و ۲۲۹/۳۷۴) و هم سودمندی نسبی مناسبی (به‌ترتیب ۱/۰۰۱۱ و ۱/۰۸۳۹) برآورد شد (جدول ۶). با توجه به شاخص اسمیت–هیزل در شرایط نرمال ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۰ و ۲۸ برترین ژنوتیپ‌ها بودند که از نظر عملکرد دانه به‌ترتیب در رتبه ۱، ۱۲ و ۳ قرار دارند (جدول ۷).

با توجه به شاخص اسمیت–هیزل در شرایط تنش کمبود فسفر ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۲۲ و ۱۱ ژنوتیپ‌های برتر بودند. از نظر عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب در رتبه ۱، ۲ و ۸ قرار دارند (جدول ۷).

در شاخص پسک–بیکر در شرایط نرمال بالاترین ضریب در صفت GpR با مقدار ۵/۶۴ و پایین‌ترین ضریب در صفت EL با مقدار ۹/۲۸– برآورد شد (جدول ۵). در شرایط تنش کمبود

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

فسفر بالاترین ضریب در صفت FLW با مقدار ۸/۴۹ و پس از آن در صفت EL با مقدار ۴/۵۳ و پایین‌ترین ضریب در صفت RpE با مقدار ۲/۱۷- برآورد شد (جدول ۵). در این شاخص در شرایط نرمال و همچنین در شرایط تنش کمبود فسفر بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی (ΔG) در صفت BY و پس از آن در GY و PH به‌ترتیب با مقادیر ۱۴۵/۷۳، ۷۲/۱۴ و ۳۶/۹۲ و ۱۱۱/۳۴، ۴۹/۵۳ و ۳۹/۱۱ برآورد شد (جدول ۶). پایین‌ترین مقدار پیشرفت ژنتیکی (ΔG) در شرایط نرمال در صفت RpE با مقدار ۰/۸- و در شرایط کمبود فسفر در صفت DE با مقدار ۲/۴- برآورد شد (جدول ۶). مقدار همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی (RHI) در شرایط نرمال ۰/۰۰۰۳ و در شرایط کمبود فسفر ۰/۰۰۰۵ بود (جدول ۶). در هر دو شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کمبود فسفر بهره مورد انتظار پایین و برابر با ۰/۰۰۳ بود (جدول ۶). سودمندی نسبی نیز در هر دو شرایط؛ شرایط نرمال ۰/۰۶۱۰ و تنش کمبود فسفر ۰/۱۳۰۷، کم برآورد شد (جدول ۶). در شاخص پسک-بیکر در شرایط نرمال ژنوتیپ‌های ۴۵ ، ۳۰ و ۷۳ ژنوتیپ‌هایی بودند که از باقی ژنوتیپ‌ها برتر بودند. این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد به‌ترتیب در رتبه ۶۹، ۵۷ و ۳۰ بودند (جدول ۷). در شرایط تنشِ کمبود فسفر ژنوتیپ‌های ۲۹، ۷ و ۸۳ ژنوتیپ‌هایی بودند که از باقی ژنوتیپ‌ها برتر بودند. این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد به‌ترتیب در رتبه ۳۳، ۱۶ و ۵۲ بودند (جدول ۷).

بالاترین ضریب در شاخص رابینسون در شرایط نرمال در صفت LW با مقدار ۲/۲۱ برآورد شد که این ضریب در شرایط تنشِ کمبود فسفر برابر ۵/۹۱- بود (جدول ۵). در این شاخص پایین‌ترین ضریب، در صفت RpE با مقدار ۰/۹۲- برآورد شد (جدول ۵). در شاخص رابینسون در شرایط تنشِ کمبود فسفر بالاترین ضریب در صفت EL با مقدار ۱/۴۶ و پایین‌ترین ضریب در صفت FLW با مقدار ۵/۹۲- و در مرتبه دوم در صفت RpE با مقدار ۲/۱۳- برآورد شد (جدول ۵). در این شاخص در شرایط نرمال و همچنین در شرایط تنشِ کمبود فسفر بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی (ΔG) در صفت BY و پس از آن در صفات GY و PH به‌ترتیب با مقادیر ۱۲۸/۷۵، ۷۷/۵۱ و ۳۳/۲۸ و ۱۰۳/۹۷، ۵۲/۵۹ و ۳۵/۲۸ برآورد شد (جدول ۶). بر اساس این شاخص هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنشِ کمبود فسفر پایین‌ترین مقدار پیشرفت ژنتیکی (ΔG) در صفت DE و بعد از آن در صفات LA و df به ترتیب با مقادیر ۲/۰۲-، ۱/۷۷- ، ۰/۸۳- و ۳/۸۹- و ۳/۱۷- و ۳/۱۲- برآورد شد (جدول ۶). مقدار همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی (RHI) در شرایط نرمال ۰/۰۰۰۱ و در شرایط کمبود فسفر ۰/۰۰۰۲ برآورد شد (جدول ۶). در هر دو شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کمبود فسفر بهره مورد انتظار پایین و به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۹ برآورد شد (جدول ۶). لیکن بالاترین سودمندی نسبی در بین شاخص‌ها هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنشِ کمبود فسفر در این شاخص (شاخص رابینسون) به‌ترتیب با مقادیر ۱/۰۷۵۷ و ۱/۱۵۰۹ برآورد شد (جدول ۶). بر اساس شاخص رابینسون در شرایط نرمال ژنوتیپ ۷ برتر از باقی ژنوتیپ‌ها و پس از آن ژنوتیپ‌های ۲۶ و ۲۸ بودند. این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه به‌ترتیب در رتبه ۱، ۲ و ۳ بودند (جدول ۷). بر اساس این شاخص (رابینسون) در شرایط کمبود فسفر ژنوتیپ ۲۲ نخستین ژنوتیپ برتر و پس از آن ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱ برتر بودند. این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه به‌ترتیب در رتبه ۲، ۸ و ۱۰ بودند (جدول ۷).

در شاخص بریم بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی (ΔG) در شرایط نرمال در صفات BY (۱۴۵/۶۶)، GY (۷۲/۰۲) و PH (۳۶/۳۷) و در شرایط تنش کمبود فسفر در صفات BY (۱۱۰/۷۱)، GY (۴۹/۵۲) و PH (۳۸/۷۷) برآورد شد (جدول ۶). مقدار همبستگی شاخص با ارزش اصلاحی (RHI) در شرایط نرمال و تنشِ کمبود فسفر در حد مطلوب و به‌ترتیب ۰/۹۷۷۸ و ۰/۹۷۵۶ برآورد شد (جدول ۶). در هر دو شرایط نرمال (بدون تنش) و تنش کمبود فسفر بهره مورد انتظار بالا و به‌ترتیب برابر ۲۹۶/۲۱۷ و ۲۳۳/۰۸۳ برآورد شد (جدول ۶). در هر دو شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر سودمندی نسبی در حد مطلوب و به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹۹۵ و ۱/۰۸۳۶ برآورد شد (جدول ۶). در شاخص بریم در شرایط نرمال مانند شاخص اسمیت-هیزل ژنوتیپ شماره ۷، ۱۰ و ۲۸ جزو برترین ژنوتیپ‌ها بودند. در شرایط تنش کمبود فسفر بر اساس این شاخص (بریم) ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۲۲ و ۲۵ جزو برترین‌ها بودند. از نظر عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب در رتبه ۱، ۲ و ۶ بودند (جدول ۷).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در دو محیط نرمال و تنش کمبود فسفر

Table 2. Analysis of variance of agro-morphological traits of studied maize genotypes under normal and phosphorous deficit conditions

میانگین مربعات Mean square									df	منابع تغییرات Source of variation
NL	DE	DF	DM	FLW	FLL	SPAD	RWC	Ctem		
192.80**	4738.13**	3261.29**	5690.90**	115.98**	5387.21**	21705.72**	1979.12**	646.65**	1	تنش Stress
1.42ns	6.34ns	2.42ns	0.94ns	1.67**	96.45**	21.27ns	449.19**	0.90ns	4	تکرار داخل تنش Replication (Stress)
8.37**	150.21**	104.91**	186.57**	3.09**	177.97**	279.14**	88.36**	14.85**	92	ژنوتیپ Genotype
0.84ns	26.87**	20.23**	26.46**	0.38ns	20.07ns	118.73**	47.55**	2.67**	92	ژنوتیپ در تنش Genotype × Stress
0.82	8.50	5.33	1.63	0.46	24.11	31.80	28.27	1.78	368	اشتباه آزمایشی Experimental error
8.31	3.79	3.35	0.91	16.02	14.87	13.84	6.71	4.22		ضریب تغییرات Coefficient of variation

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

ادامه جدول ۲ – تجزیه واریانس صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در دو محیط نرمال و تنش کمبود فسفر
Continue Table 2. Analysis of variance of agro-morphological traits of studied maize genotypes under normal and phosphorous deficit conditions

میانگین مربعات Mean square										df	منابع تغییرات Source of variation
BY	GY	HGW	ED	GpR	RpE	EL	SD	PH	LA		
686342.35**	194293.89**	6057.10**	4105.98**	12910.14**	727.18**	1430.08**	1661.30**	57229.03**	5488.35**	1	تنش Stress
1047.24ns	3007.85**	6.07ns	45.90**	128.56**	10.32*	22.00**	18.08**	447.71ns	2.56ns	4	تکرار داخل تنش Replication (Stress)
36449.40**	9079.63**	150.97**	87.06**	379.96**	14.67**	60.83**	46.33**	4393.40**	548.44**	92	ژنوتیپ Genotype
2635.57**	784.23**	14.49ns	9.69ns	36.96ns	2.46ns	2.76ns	3.88ns	231.82ns	29.60**	92	ژنوتیپ در تنش Genotype × Stress
1223.65	424.57	16.19	11.63	28.55	3.29	3.35	4.45	189.97	15.14	368	اشتباه آزمایشی Experimental error
17.20	21.70	14.99	8.68	19.53	13.44	12.17	10.67	8.50	2.80		ضریب تغییرات Coefficient of variation

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪. دمای کانوپی (Ctem)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، محتوای کلروفیل (SPAD)، طول برگ پرچم (FLL)، عرض برگ پرچم (FLW)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM)، روز تا تاسل‌دهی (DF)، روز تا ظهور بلال (DE)، تعداد کل برگ (NL)، زاویه برگ (LA)، ارتفاع بوته (PH) ، قطر ساقه (SD)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف دانه بلال (RpE)، تعداد دانه در ردیف (GpR)، قطر بلال (ED)، وزن صد دانه (HGW)، عملکرد دانه (GY) و عملکرد بیوماس (BY)

Ns: non-significant. Asterisk * and ** represent significance level at 5 and 1%, respectively. Canopy temperature (Ctem), Relative water content (RWC), Chlorophyll content (SPAD), Fag leaf length (FLL), Flag leaf width (FLW), Day to physiological maturity (DM), Day to tasseling (DT), Day to earing (DE), Number of leaves (NL), Leaf angle (LA), Plant height (PH), Stem diameter (SD), Ear length (EL), Number of row per ear (RpE), Grain per each ear's row (GpR), Ear diameter (ED), Hundreds grain weight (HGW), Grain yield (GY), Biomass yield (BY)

جدول ۳– میانگین صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط نرمال
Table 3. Mean of agro-morphological traits of studied maize genotypes under normal conditions

BY	GY	HGW	ED	GpR	RpE	EL	SD	PH	LA	NL	DE	DF	DM	FLW	FLL	SPAD	RWC	Ctem	شماره لاین Line code
415.33	149.00	32.63	43.16	39.67	12.67	18.10	24.55	168.00	141.00	12.00	74.67	68.33	137.00	5.37	40.33	35.13	83.26	37.24	1
436.00	169.63	32.30	44.15	40.00	14.00	20.33	20.78	176.67	143.00	12.00	75.33	67.00	137.00	4.60	36.00	52.43	83.46	33.67	2
297.33	179.23	33.90	45.89	43.00	13.33	18.83	21.40	185.67	147.33	12.00	78.67	70.00	139.67	5.17	37.00	44.90	83.99	37.25	3
345.67	171.47	36.97	43.83	41.33	12.67	21.00	23.38	183.00	150.33	11.67	79.00	70.33	140.67	4.63	41.00	44.70	76.20	35.62	4
272.00	185.23	46.10	49.22	39.67	11.67	19.37	20.37	208.33	140.67	12.00	76.33	67.00	138.33	4.87	39.67	52.57	80.02	33.89	5
328.67	166.70	38.37	45.17	43.67	12.00	18.43	22.45	202.33	148.00	10.67	73.33	66.00	140.00	6.17	37.00	57.80	79.24	32.00	6
390.33	239.03	40.00	48.07	46.00	13.33	21.90	23.28	224.33	146.67	13.00	77.00	71.00	137.67	4.57	40.33	41.27	77.72	34.29	7
270.33	149.97	28.17	42.73	44.67	14.67	18.97	22.17	207.33	141.67	11.33	74.33	66.00	141.67	4.57	43.00	52.20	78.24	35.59	8
323.67	189.07	35.77	50.19	38.00	14.00	17.80	23.73	200.33	134.00	12.00	71.67	65.33	135.00	6.00	41.33	47.37	81.98	33.72	9
489.33	171.07	32.47	43.52	41.00	13.33	19.73	23.66	181.33	140.00	12.33	75.67	69.67	139.67	5.87	40.67	54.47	72.81	32.92	10
469.33	157.33	35.93	46.53	36.33	13.00	20.03	22.94	197.67	142.00	11.33	71.33	68.33	137.33	5.60	43.67	46.20	86.12	33.83	11
352.67	128.90	36.60	45.81	33.00	12.67	18.17	23.10	185.33	138.33	11.67	74.00	68.00	138.67	6.23	39.00	49.37	83.55	35.32	12
448.00	126.27	29.20	41.29	37.67	14.67	18.27	23.81	200.33	143.33	11.33	72.67	65.67	139.33	5.27	38.33	40.20	82.55	34.83	13
265.33	130.63	32.47	47.28	35.00	14.67	16.50	22.84	189.00	136.33	12.33	72.00	64.67	136.67	3.73	29.00	37.10	80.90	35.00	14
321.00	134.77	31.90	43.70	31.33	13.33	17.47	23.98	190.67	146.00	12.00	71.33	65.33	139.67	4.77	29.67	40.73	68.53	32.82	15
183.33	99.90	23.77	38.97	35.33	13.33	16.40	20.72	157.00	146.67	10.00	70.33	64.00	140.67	4.57	31.67	37.83	73.09	36.43	16
226.00	120.90	35.73	39.17	35.00	12.00	19.43	23.89	162.67	138.33	10.67	77.67	66.67	137.33	5.40	40.33	40.97	76.23	42.09	17
241.33	142.43	33.97	42.62	40.67	12.67	19.80	20.27	187.00	127.00	9.67	71.33	63.67	137.33	5.93	41.33	41.33	80.15	37.64	18
313.33	127.37	33.43	41.06	36.00	12.67	18.00	20.87	167.00	136.00	11.00	68.00	64.33	139.33	4.93	44.33	63.03	81.41	31.43	19
253.67	148.17	29.97	43.00	43.33	14.00	20.50	23.25	192.67	133.33	11.67	78.33	66.67	138.67	6.63	40.67	49.00	77.72	38.66	20
450.00	139.57	30.77	39.92	45.00	12.00	22.00	22.18	210.33	128.67	11.67	75.33	64.00	139.33	5.53	48.50	51.57	73.76	35.29	21
359.67	156.10	30.00	44.28	45.67	13.00	21.43	22.01	195.67	135.33	11.00	69.00	64.33	137.00	5.90	38.67	51.23	81.24	31.52	22
294.33	140.57	32.77	43.21	36.33	14.00	18.13	23.70	201.33	145.00	12.33	72.00	63.33	137.67	5.40	34.00	43.47	78.28	31.87	23
382.67	174.53	34.53	43.75	51.33	14.00	24.13	28.49	218.00	141.00	12.00	72.00	67.00	139.33	5.03	37.27	44.73	83.06	32.15	24
356.33	216.13	43.07	50.53	40.67	13.33	21.03	23.01	207.00	147.67	12.00	69.00	64.67	139.00	5.87	41.03	50.70	83.43	31.94	25
341.33	234.50	35.27	48.13	48.33	15.33	22.00	21.21	197.67	135.67	11.00	70.33	65.00	139.67	5.63	38.57	49.47	82.91	32.51	26

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

ادامه جدول ۳ – میانگین صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط نرمال
Continue Table 3. Mean of agro-morphological traits of studied maize genotypes under normal conditions

374.33	212.00	36.33	45.46	48.00	12.67	20.57	23.47	200.33	129.67	12.00	69.00	63.00	140.00	5.83	4 4.40	50.33	78.39	30.87	27
392.00	220.77	37.27	50.50	49.33	15.33	21.63	23.70	217.67	126.00	11.67	71.00	64.67	125.67	5.27	34.83	74.20	83.27	32.70	28
214.67	95.43	37.43	37.81	23.67	11.67	19.37	24.00	181.00	139.00	10.33	79.33	63.00	138.00	5.00	39.83	42.77	86.49	32.71	30
155.00	84.83	25.53	45.50	26.33	17.67	12.63	22.05	155.00	122.67	12.00	83.33	72.00	140.67	3.80	34.17	38.17	80.57	32.19	31
172.67	51.23	26.20	42.15	18.00	16.33	9.63	17.64	152.33	140.00	12.33	80.33	73.33	139.00	3.30	28.17	36.17	80.87	33.20	32
182.33	71.70	27.93	39.26	26.00	13.33	12.00	18.23	147.67	150.33	10.67	69.33	62.67	135.67	4.27	34.33	46.77	81.46	33.07	33
126.00	60.23	26.17	36.53	27.00	14.67	15.23	19.64	119.67	132.00	9.00	76.33	66.00	127.67	3.53	24.67	41.93	77.78	31.79	34
197.00	91.30	27.23	47.28	22.00	18.67	13.53	22.36	181.00	152.00	13.67	79.33	72.67	135.67	4.23	29.33	44.77	76.07	32.06	35
248.33	86.95	23.33	43.18	25.00	16.67	12.83	25.29	167.00	122.33	13.00	78.00	66.67	138.00	3.37	31.50	38.50	82.45	32.14	36
194.67	124.73	28.57	44.63	31.00	15.33	14.43	21.65	169.33	148.33	11.67	62.67	59.00	142.00	4.60	34.50	43.77	76.49	31.81	37
113.67	51.33	23.73	38.75	19.33	14.00	11.13	15.98	169.00	129.00	10.00	68.67	62.33	111.33	2.97	25.17	47.27	82.94	31.52	38
180.67	80.87	28.20	34.99	24.33	14.67	14.23	20.32	183.33	137.00	11.00	61.00	58.00	111.67	4.83	32.50	56.40	78.87	30.06	39
178.33	98.77	29.07	41.87	27.67	13.33	13.60	20.33	173.67	150.67	10.33	66.33	61.00	142.67	3.73	30.00	49.80	81.23	31.93	40
146.67	68.93	27.63	38.70	23.67	14.00	11.60	16.60	161.67	149.33	11.00	71.00	66.00	139.33	4.87	27.50	49.47	82.94	31.03	42
182.67	54.83	16.60	32.55	33.67	15.33	16.33	16.05	195.00	150.67	11.33	78.00	62.67	126.67	5.23	44.33	47.63	81.23	31.18	43
203.00	108.03	27.77	40.51	36.33	12.67	17.47	19.64	199.67	136.33	12.00	61.00	58.00	134.33	5.17	38.00	50.73	82.57	29.50	44
158.00	77.43	24.57	43.13	20.67	16.67	11.67	19.05	202.00	154.67	12.67	79.33	72.67	128.33	4.30	32.83	58.00	76.69	32.12	45
191.00	95.63	23.93	44.84	28.67	18.00	12.90	20.81	176.33	122.33	13.00	73.00	61.00	130.00	4.17	29.67	47.80	73.28	31.86	46
167.67	66.33	17.43	35.24	36.67	15.00	17.50	22.46	178.67	148.33	11.67	84.00	67.00	136.33	5.67	54.33	40.17	80.80	32.38	48
182.00	77.27	19.70	39.27	35.67	14.00	13.57	21.90	122.00	122.33	11.00	80.67	69.67	124.33	4.30	33.67	39.80	81.46	31.92	49
130.33	34.73	23.54	37.53	12.67	12.00	9.03	12.64	137.33	151.33	8.00	78.67	69.67	128.67	3.37	26.00	57.57	81.70	30.91	50
145.33	54.73	27.73	42.32	16.67	15.67	12.13	20.21	131.67	148.33	9.33	82.33	72.00	130.67	3.93	31.50	51.33	74.92	32.28	51
175.67	63.80	31.71	35.10	21.33	13.00	15.60	23.57	152.67	146.67	10.67	81.00	69.00	141.67	3.27	34.33	56.77	75.81	31.93	52
297.10	155.57	34.33	49.02	41.00	20.67	18.67	26.85	199.67	146.33	14.00	69.00	65.00	146.00	5.13	35.00	32.90	78.94	33.14	53
158.33	67.63	28.73	36.82	24.67	12.00	16.30	21.48	138.33	146.00	12.00	73.67	64.67	139.33	4.27	36.33	36.23	83.41	35.34	54
167.33	72.03	22.87	43.94	20.33	17.33	11.00	18.58	146.33	130.00	12.00	75.33	67.67	123.67	3.63	26.00	39.37	85.18	31.91	55
167.33	80.15	35.33	39.08	25.00	13.33	13.97	14.29	154.33	134.33	10.00	67.33	62.00	133.33	4.50	29.33	56.37	76.43	31.50	57
273.33	45.71	25.22	36.89	22.67	13.33	15.93	21.56	217.00	149.00	15.33	87.00	82.33	134.00	5.33	49.00	45.73	82.88	32.49	60
168.33	106.50	28.87	39.21	36.33	14.00	16.43	17.96	160.67	139.33	10.00	68.00	65.33	146.00	4.50	27.67	49.00	88.13	31.39	62
376.87	200.67	38.10	50.24	43.33	16.67	21.57	26.29	192.33	147.00	12.00	65.33	62.00	146.00	5.10	41.00	48.97	86.38	33.61	64
122.67	96.00	31.53	42.23	22.33	16.67	14.47	20.14	186.67	136.00	10.33	74.67	68.67	125.00	4.27	33.33	44.53	81.68	31.06	65
240.33	170.87	32.47	45.13	45.33	17.33	22.57	20.27	186.67	122.00	11.33	66.00	61.00	127.00	4.70	35.33	52.47	90.83	31.49	66
178.33	120.70	32.80	42.38	29.00	16.67	16.10	19.49	146.33	128.00	10.00	75.67	69.00	146.00	5.63	41.83	60.43	87.70	31.08	72
275.00	130.30	26.87	39.66	42.67	13.33	19.97	20.36	166.67	147.67	11.67	76.67	67.33	146.00	4.80	42.17	48.53	80.29	33.73	73
203.80	65.13	31.50	42.94	36.00	17.67	18.37	17.59	136.33	131.67	10.67	73.33	66.00	146.00	5.23	39.00	60.57	86.27	31.82	74
139.00	91.13	28.27	42.00	36.33	17.33	18.40	16.84	144.00	146.67	9.67	76.00	68.33	134.67	3.43	31.00	56.13	87.48	30.71	75
233.00	100.17	32.07	43.09	24.33	16.00	14.83	24.07	154.33	156.67	11.33	78.00	74.00	146.00	6.07	33.17	38.77	84.19	31.56	76
191.33	108.17	27.73	42.37	31.67	15.00	15.90	27.66	161.00	156.00	13.00	73.33	65.00	136.33	3.53	29.83	79.07	86.25	33.74	77
104.33	52.53	21.67	33.81	18.33	13.67	13.40	15.95	137.67	144.67	9.67	66.67	62.67	131.67	4.37	38.00	73.60	83.48	31.64	79
265.67	81.07	31.54	40.15	23.33	13.33	15.33	25.75	183.33	147.67	11.33	77.33	70.00	133.67	3.97	43.17	42.67	85.05	32.01	80
181.00	67.40	23.33	36.33	27.00	15.33	13.90	17.42	125.33	145.00	9.67	60.67	58.00	139.33	3.93	31.83	48.40	79.13	30.81	83
141.00	60.40	14.80	30.29	31.67	12.67	15.77	23.02	143.33	145.67	10.33	77.33	68.33	135.33	4.27	34.00	40.13	81.50	31.11	85
179.33	77.80	25.00	38.33	25.33	14.00	12.23	21.25	151.67	139.67	12.67	78.00	69.00	137.67	4.27	32.33	49.83	86.78	31.32	89
176.67	76.23	27.50	47.25	29.00	17.33	16.37	23.94	159.33	151.67	12.67	75.67	63.33	146.00	3.70	27.67	41.80	75.37	30.71	91
158.33	81.83	26.77	40.96	26.33	16.00	13.73	18.38	144.33	123.67	12.00	69.33	61.33	123.33	3.73	25.33	42.20	81.11	31.84	96
137.00	46.00	16.80	37.85	25.00	16.67	13.43	19.28	107.33	153.33	10.00	67.67	61.33	139.00	4.07	31.67	54.47	84.51	31.69	98

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

ادامه جدول ۳– میانگین صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط نرمال
Continue Table 3. Mean of agro-morphological traits of studied maize genotypes under normal conditions

146.67	99.50	34.40	42.07	25.33	19.33	11.70	16.74	146.33	150.67	11.67	73.67	68.00	139.00	5.53	39.33	72.00	83.14	33.10	100
263.00	128.00	33.58	39.84	31.33	15.00	19.80	23.91	158.00	156.67	12.33	74.00	66.33	137.67	5.10	44.00	47.93	77.18	31.74	104
227.33	121.07	35.90	45.43	32.00	15.33	16.20	23.21	194.00	143.33	11.33	70.33	65.00	138.00	5.20	43.00	41.23	86.06	33.95	105
126.00	57.03	26.87	39.13	18.00	14.67	12.67	19.57	113.00	138.33	10.00	73.67	68.00	138.00	3.67	26.33	36.93	77.80	30.73	106
164.67	58.33	29.70	37.77	20.67	14.00	13.00	17.48	112.67	144.33	9.67	73.67	63.33	137.33	4.43	32.33	37.97	82.37	31.58	107
173.67	114.27	27.90	38.89	40.33	13.33	19.10	21.46	153.67	140.00	12.67	71.00	62.67	137.67	3.83	37.67	39.80	81.50	33.78	108
210.33	119.17	27.80	41.32	29.33	14.33	16.43	18.79	182.33	153.67	12.67	76.00	65.00	141.67	4.20	37.67	40.73	86.05	31.63	109
187.67	86.37	22.00	37.18	31.33	15.33	15.43	22.61	136.00	146.00	11.33	76.00	68.33	140.33	4.27	33.00	39.03	85.08	31.90	110
227.67	120.67	29.03	42.50	39.00	14.67	20.07	21.28	166.67	128.67	12.33	74.00	66.00	135.33	4.97	38.00	45.73	79.36	32.56	111
235.00	107.80	29.20	43.20	30.67	16.67	16.27	22.54	192.00	150.67	13.00	81.33	71.33	139.33	4.13	30.00	47.20	78.57	32.61	112
214.90	73.37	31.44	40.15	14.00	14.67	13.07	25.93	185.00	145.00	12.00	83.33	78.33	133.00	4.53	34.00	39.40	78.46	33.88	113
250.67	118.27	32.03	42.35	33.33	14.67	16.27	27.66	176.00	162.00	13.33	81.00	69.67	137.00	5.43	40.00	42.43	81.54	32.76	114
173.67	99.70	29.30	40.83	33.33	14.00	18.03	20.03	170.00	143.00	11.00	74.33	66.67	134.67	4.87	43.67	43.67	84.48	30.68	115
279.23	149.18	38.37	42.28	35.00	14.67	17.63	27.23	213.00	150.00	13.00	77.00	68.00	140.67	4.67	37.00	34.77	83.45	33.19	116
161.33	67.90	31.37	41.82	22.33	14.67	14.53	20.51	138.67	132.67	10.00	75.00	67.00	139.67	4.13	33.67	40.83	85.50	31.98	117
178.67	103.30	32.07	39.09	33.67	13.00	19.33	18.75	195.67	148.00	11.33	73.67	69.00	137.33	4.67	42.33	38.67	82.33	31.45	118
254.67	117.50	40.26	39.99	31.00	14.67	19.50	24.79	186.33	146.33	10.67	78.67	69.67	136.67	5.10	41.67	44.13	75.74	30.41	119
155.67	78.07	28.91	39.64	20.00	16.00	13.07	20.70	139.00	150.00	10.33	79.00	66.67	139.00	4.57	34.67	34.57	83.34	31.32	120
250.33	112.40	30.27	48.19	29.00	17.33	15.20	22.45	207.00	153.00	13.33	78.33	72.33	138.33	5.43	32.67	47.27	81.89	29.53	121
311.67	155.63	29.20	45.96	38.67	16.00	18.37	23.98	181.67	146.33	12.67	74.33	66.00	140.33	5.07	39.67	39.03	79.69	31.32	122
205.23	145.73	35.13	46.80	34.33	16.00	17.07	21.62	164.33	144.00	11.67	73.00	67.00	141.33	4.70	37.00	44.57	84.02	31.60	123
56.16	33.08	6.46	5.48	8.58	2.91	2.94	3.39	22.13	6.25	1.45	4.68	3.71	2.05	1.09	7.88	9.05	8.54	2.14	LDS (0.05)

دمای کانوپی (Ctem)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، محتوای کلروفیل (SPAD)، طول برگ پرچم (FLL)، عرض برگ پرچم (FLW)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM)، روز تا تاسل‌دهی (DF)، روز تا ظهور بلال (DE)، تعداد کل برگ (NL)، زاویه برگ (LA)، ارتفاع بوته (PH) ، قطر ساقه (SD)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف دانه بلال (RpE)، تعداد دانه در ردیف (GpR)، قطر بلال (ED)، وزن صد دانه (HGW)، عملکرد دانه (GY) و عملکرد بیوماس (BY)

Canopy temperature (Ctem), Relative water content (RWC), Chlorophyll content (SPAD), Fag leaf length (FLL), Flag leaf width (FLW), Day to physiological maturity (DM), Day to tasseling (DT), Day to earing (DE), Number of leaves (NL), Leaf angle (LA), Plant height (PH), Stem diameter (SD), Ear length (EL), Number of row per ear (RpE), Grain per each ear's row (GpR), Ear diameter (ED), Hundreds grain weight (HGW), Grain yield (GY), Biomass yield (BY)

جدول ۴– میانگین صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط تنش کمبود فسفر
Table 4. Mean of agro-morphological traits of studied maize genotypes under phosphorous deficit conditions

BY	GY	HGW	ED	GpR	RpE	EL	SD	PH	LA	NL	DE	DF	DM	FLW	FLL	SPAD	RWC	Ctem	شماره لاین Line code
324.00	122.15	27.90	39.99	30.67	12.00	16.37	19.89	148.33	131.00	11.33	80.33	72.00	145.00	4.50	37.67	30.93	77.85	34.39	1
212.33	102.80	24.43	37.88	32.67	11.33	17.00	19.01	159.33	141.67	11.33	81.00	70.33	146.00	3.67	27.67	25.40	77.18	32.69	2
198.33	86.53	24.52	36.23	31.33	12.33	14.23	19.43	165.67	144.00	11.00	82.00	72.33	145.00	4.33	34.67	28.70	81.52	33.30	3
220.67	121.77	30.83	39.70	32.67	11.33	17.90	19.45	166.67	135.00	10.67	83.33	72.33	146.00	4.13	35.67	23.83	75.60	32.32	4
245.23	113.63	34.10	43.12	28.00	10.67	15.27	18.18	170.00	130.33	11.00	77.00	67.67	146.00	4.33	38.67	34.67	73.65	31.64	5
275.23	129.33	31.80	39.71	32.67	10.67	15.20	19.25	186.00	140.00	10.33	73.67	67.00	145.00	5.23	33.67	28.50	76.17	29.47	6
241.13	113.57	26.14	37.72	23.67	11.67	17.23	18.97	199.67	138.33	12.33	71.33	68.00	145.33	3.87	33.33	29.87	86.32	31.70	7
241.00	105.83	24.67	35.95	34.67	10.67	15.57	19.63	191.00	138.00	10.00	73.33	68.00	146.00	4.63	35.00	35.93	74.68	33.29	8
305.33	132.18	30.87	43.91	31.67	13.00	16.10	21.58	183.67	123.67	11.33	72.00	68.00	146.00	5.17	36.33	38.30	79.13	31.13	9
354.67	144.92	25.17	39.32	33.33	12.67	17.57	21.10	175.67	135.00	10.67	80.00	71.33	145.00	4.93	34.67	38.27	71.60	31.73	10
308.67	124.28	28.07	40.65	28.67	12.00	17.27	18.29	190.67	132.67	10.33	74.33	68.00	143.00	4.13	29.67	34.03	83.56	30.89	11
275.00	99.13	24.70	38.87	27.33	12.00	15.30	20.03	171.67	125.00	10.00	75.67	69.00	143.67	5.73	35.67	29.70	79.08	31.20	12
304.00	103.77	23.52	38.38	34.67	12.67	16.10	20.96	172.33	131.00	9.67	77.00	69.00	146.00	4.67	31.00	29.70	78.35	30.99	13
201.67	87.00	19.40	38.48	25.33	12.67	13.53	19.45	177.67	133.33	10.00	75.00	69.00	145.00	3.17	27.00	27.53	80.97	30.43	14
170.00	102.88	24.67	41.13	24.00	11.67	15.30	17.18	184.00	140.00	10.00	77.67	72.00	146.00	4.37	29.00	26.67	75.76	28.96	15
145.00	67.47	18.47	33.37	23.33	10.00	13.90	17.61	136.00	135.33	8.67	76.00	67.67	146.00	3.80	26.67	36.43	74.88	30.25	16
159.00	89.80	24.60	35.36	30.67	10.67	16.40	19.22	157.00	133.33	9.33	85.67	74.67	146.00	4.33	38.33	35.93	79.93	32.73	17
164.00	86.37	23.13	36.34	29.33	10.00	15.63	17.54	169.67	121.33	9.33	83.00	70.33	145.00	4.83	37.67	28.83	70.54	31.93	18
205.67	92.73	24.13	36.09	22.67	10.67	15.63	18.67	160.33	134.67	10.00	80.33	66.33	146.00	4.30	38.67	37.23	73.00	30.41	19
227.43	100.30	23.30	37.00	32.67	12.00	16.73	18.89	186.33	130.33	10.00	85.33	72.67	143.00	4.13	28.67	39.57	77.03	33.62	20
269.67	107.37	23.93	35.61	29.67	12.00	19.60	20.46	185.00	123.00	11.00	81.33	69.67	145.00	5.10	44.00	24.17	84.87	32.63	21
319.00	141.07	25.63	40.33	38.67	12.00	18.83	19.93	183.33	131.33	11.00	72.00	67.00	143.00	4.67	33.33	42.03	74.06	30.64	22
235.33	89.37	24.93	40.90	23.00	12.00	12.60	19.73	192.00	143.67	11.00	80.00	70.00	146.00	4.60	28.67	34.37	76.64	29.70	23
213.33	140.02	28.50	41.22	42.33	11.33	20.53	21.09	206.33	133.00	11.00	77.67	69.00	146.33	4.43	35.00	42.70	82.97	29.78	24
281.80	127.07	32.17	42.86	35.67	12.67	17.40	20.27	190.00	143.67	10.67	82.67	72.33	146.00	5.33	36.67	34.80	83.19	29.77	25
258.57	122.75	25.07	35.52	28.00	11.67	15.83	16.23	188.33	116.33	10.00	86.00	76.00	146.00	4.03	30.00	39.13	82.47	29.50	26
265.00	114.17	27.97	38.72	28.00	11.33	17.87	22.15	185.00	122.33	10.33	74.33	69.00	146.00	4.20	28.17	39.30	79.45	28.81	27
206.80	124.33	29.83	44.02	30.33	12.67	17.80	20.29	204.67	111.00	11.33	77.00	68.00	142.67	3.53	25.33	39.03	80.89	30.26	28
137.67	60.27	28.22	33.87	18.67	10.00	16.47	18.98	166.33	136.00	9.67	87.67	69.67	140.67	4.17	30.33	33.13	83.56	31.59	30
106.33	55.30	15.14	36.17	10.67	14.00	9.17	17.47	146.67	117.67	10.00	87.67	76.00	142.00	2.60	25.83	19.30	70.78	30.42	31
98.67	30.87	16.93	32.48	10.67	12.33	7.93	12.93	116.33	133.67	9.67	87.33	81.67	142.67	3.13	24.67	24.50	77.36	31.20	32
119.67	40.95	22.73	29.13	14.00	9.33	8.73	15.72	132.00	153.00	8.67	77.67	66.33	136.67	3.87	29.33	29.13	80.14	30.79	33
101.33	35.80	18.75	29.01	14.00	9.00	10.80	18.10	107.67	123.00	8.33	85.00	71.33	146.00	3.60	27.33	33.53	76.70	30.29	34
125.67	51.34	24.55	40.01	14.67	16.33	9.50	17.53	157.33	148.33	11.67	90.67	75.33	146.00	3.33	25.00	31.23	74.20	30.17	35
148.67	58.33	17.33	40.97	20.67	15.33	10.17	20.91	143.33	116.67	11.00	84.00	69.67	146.00	3.03	28.00	24.63	77.19	30.14	36
126.33	61.78	22.90	36.85	21.67	11.33	11.30	16.69	155.00	143.00	10.33	78.00	65.67	146.00	3.53	28.00	27.67	75.90	30.31	37
72.67	35.07	17.57	29.27	16.00	10.00	8.87	12.37	142.67	123.67	9.67	75.33	65.33	114.33	2.37	21.00	40.70	73.98	29.36	38

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

ادامه جدول ۴- میانگین صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی در شرایط تنش کمبود فسفر
Continue Table 4. Mean of agro-morphological traits of studied maize genotypes under phosphorous deficit conditions

139.33	44.27	20.03	32.44	20.00	12.67	12.53	16.14	159.67	125.00	10.67	67.00	61.00	120.00	3.23	27.00	47.33	72.41	27.71	39
131.33	65.47	25.87	36.72	16.67	11.33	10.23	17.02	161.00	147.33	9.67	78.00	65.00	146.00	3.50	29.17	46.53	80.40	31.18	40
88.67	41.76	25.02	33.76	13.33	11.33	8.37	13.51	124.00	145.33	10.00	77.00	67.67	146.00	3.07	18.33	41.50	83.31	30.08	42
147.33	44.98	13.07	30.66	26.67	14.33	14.23	13.10	171.67	146.00	11.33	84.00	72.67	129.00	4.03	35.00	21.47	70.80	30.15	43
189.33	94.27	23.23	38.76	25.67	12.00	15.23	18.66	176.00	135.00	11.00	71.00	62.00	146.00	4.73	34.67	45.43	77.91	27.94	44
131.67	26.13	19.13	34.75	11.00	14.67	8.87	17.61	143.33	149.67	11.00	84.33	78.67	146.00	3.77	31.33	46.87	73.35	29.12	45
118.00	50.83	17.25	36.20	14.33	13.00	9.07	18.15	146.33	114.67	12.00	73.67	65.00	146.00	3.90	25.67	44.43	78.81	30.57	46
127.00	43.63	13.87	31.43	17.00	11.00	15.30	18.05	136.00	146.00	10.67	89.33	79.00	146.00	4.57	42.33	36.33	74.62	30.07	48
67.00	37.87	15.20	31.82	16.00	12.00	9.20	13.05	84.67	114.33	7.33	88.00	79.33	132.00	3.20	27.00	21.67	80.30	29.90	49
71.33	23.97	17.51	30.79	6.67	9.67	5.47	10.02	101.00	145.33	7.33	87.67	79.00	134.00	2.17	19.67	54.30	79.27	29.58	50
83.00	29.57	24.27	35.22	13.33	12.00	7.37	16.78	113.00	133.33	8.33	89.00	77.67	146.00	3.67	29.33	40.97	72.88	31.08	51
140.67	40.43	25.87	29.08	11.67	10.00	10.87	18.00	149.33	132.67	9.00	89.33	80.67	146.00	2.70	30.33	33.03	73.03	30.61	52
217.33	107.77	28.93	39.06	25.00	16.00	15.70	22.47	171.67	127.33	13.00	77.33	71.33	146.00	4.07	31.33	27.70	77.00	31.05	53
123.00	52.52	21.23	27.82	12.67	10.67	13.77	18.30	131.00	138.33	10.33	84.33	73.00	146.00	3.67	31.67	26.60	80.57	32.00	54
79.67	38.17	16.10	39.85	15.00	15.33	9.27	12.34	134.33	123.67	9.33	84.67	76.00	133.33	3.17	23.67	34.60	63.07	30.22	55
117.67	60.43	30.77	35.98	14.33	12.00	10.17	12.14	137.00	127.00	9.00	71.33	63.67	136.00	3.73	27.67	44.47	77.71	28.83	57
195.33	33.43	20.43	32.50	14.33	12.00	13.10	19.47	189.00	143.67	14.33	93.00	86.00	146.00	4.50	44.00	28.63	53.07	31.46	60
133.67	57.37	24.90	35.85	22.33	12.00	11.10	14.31	148.00	136.00	9.33	75.00	68.33	146.00	3.73	23.00	43.00	86.24	30.25	62
255.33	117.66	31.67	42.38	21.33	15.33	13.33	22.16	177.67	142.00	11.67	69.00	67.00	146.00	3.37	32.00	46.93	87.20	31.61	64
87.87	49.00	28.03	39.05	12.00	14.33	11.87	17.74	142.33	130.00	10.33	76.67	72.67	146.00	2.77	25.00	41.97	80.94	30.08	65
173.00	120.07	29.65	38.81	30.00	12.67	17.20	18.90	174.33	117.00	10.33	70.33	65.33	135.00	3.13	23.67	43.47	84.35	30.42	66
81.55	67.50	21.07	36.70	28.00	11.67	13.57	16.79	121.67	114.67	9.33	74.67	70.67	146.00	3.57	28.50	37.07	80.55	30.01	72
195.00	111.50	24.23	38.18	35.00	13.33	18.00	20.14	161.00	142.00	11.33	82.00	73.00	146.00	3.90	34.17	32.10	72.88	32.39	73
119.57	48.27	21.07	37.61	17.00	14.00	10.90	14.87	127.67	125.00	11.00	78.00	69.00	146.00	3.30	25.17	29.70	83.15	30.51	74
97.67	52.27	17.77	39.77	19.33	15.33	11.33	14.43	139.67	145.67	8.00	78.00	71.00	141.67	3.47	26.50	37.90	76.81	30.16	75
189.00	80.53	19.57	33.28	21.67	13.67	12.47	18.38	147.67	155.67	9.00	81.00	78.00	146.00	4.63	29.50	23.87	82.13	29.50	76
125.67	63.37	23.53	34.47	23.67	12.00	12.90	22.48	151.33	143.00	11.00	83.00	70.33	140.33	3.13	24.00	29.70	83.38	30.72	77
60.00	36.62	15.33	31.18	18.00	14.00	12.27	13.51	121.33	130.67	8.00	79.67	72.33	138.00	2.77	28.67	32.73	72.04	30.81	79
181.00	49.10	21.20	32.80	16.33	10.67	13.33	20.27	149.00	146.00	10.33	81.67	74.00	137.33	3.40	39.67	39.27	83.92	30.78	80
152.33	61.80	20.53	33.59	21.00	13.33	12.63	15.09	111.67	140.33	8.67	70.67	62.00	141.33	3.00	21.67	42.27	70.10	29.54	83
117.00	38.63	12.70	28.08	16.33	12.00	11.40	18.73	134.00	143.00	10.00	80.67	69.00	138.00	3.87	27.67	34.73	78.37	28.69	85
126.00	43.23	19.83	33.36	10.67	13.67	9.83	18.86	147.00	134.67	11.67	79.67	71.00	146.00	3.30	25.00	32.60	84.11	30.21	89
163.67	60.53	23.93	36.92	13.33	15.67	14.30	19.79	142.33	147.33	12.00	83.33	74.67	146.00	2.47	20.67	38.20	78.57	29.06	91
109.00	55.63	20.80	33.13	18.00	14.00	10.70	14.62	107.67	122.33	9.33	79.00	68.67	136.33	3.03	18.00	38.93	83.68	29.97	96
61.67	33.77	14.13	31.33	19.00	13.33	11.07	14.39	92.00	148.33	8.00	93.00	85.00	146.00	2.53	23.67	48.40	82.26	29.51	98
116.00	61.23	21.37	40.08	17.67	14.33	8.97	14.22	107.00	147.00	11.00	76.67	68.33	143.33	4.77	33.67	49.00	75.18	31.02	100
207.33	97.63	30.27	37.96	26.00	12.67	18.10	20.47	110.00	154.67	11.33	76.00	68.67	146.00	4.40	36.67	45.93	71.71	30.81	104
203.33	99.23	30.47	41.70	24.00	11.33	13.97	21.93	185.00	136.33	10.67	71.33	67.00	141.00	4.13	37.33	37.90	80.25	32.56	105
110.67	45.03	25.20	33.87	14.67	12.67	8.73	15.81	96.67	136.00	8.67	72.33	67.00	146.00	2.93	21.33	36.33	71.84	29.48	106
111.67	53.57	27.47	34.69	19.33	12.67	11.30	16.45	96.00	142.67	8.33	76.00	70.67	139.33	3.57	30.67	36.57	78.57	30.44	107
117.33	90.52	23.57	34.71	24.00	12.00	13.10	19.78	140.67	134.00	12.67	76.67	65.00	146.00	3.03	24.33	30.87	78.11	32.61	108
165.33	98.35	24.80	39.02	24.67	13.33	14.57	15.64	165.67	132.67	9.67	82.00	70.67	146.00	3.00	28.00	31.13	71.36	30.72	109
147.00	59.87	18.93	34.05	26.33	12.67	14.40	17.53	123.00	141.00	9.67	78.00	71.00	146.00	3.67	26.33	30.40	79.71	30.84	110
168.00	87.23	24.43	36.68	31.00	11.33	16.73	20.08	160.67	123.67	11.67	79.33	69.00	139.67	3.33	29.00	35.50	80.96	31.05	111
198.00	62.07	19.50	39.69	22.00	13.33	12.57	18.37	162.33	144.67	11.33	88.33	83.00	146.00	3.40	26.33	25.67	65.37	31.84	112
121.00	30.54	23.54	33.55	7.67	10.67	9.10	20.72	154.33	143.33	11.67	89.67	83.00	134.33	4.23	30.67	25.43	72.16	32.99	113
148.33	77.72	23.23	37.25	25.67	12.00	12.80	25.21	166.67	155.33	11.67	84.67	75.67	146.00	4.53	22.00	30.43	80.98	29.39	114
142.33	81.47	26.70	36.47	26.00	10.67	14.57	18.03	143.00	142.00	10.67	78.00	69.00	137.33	4.03	35.00	38.13	85.80	28.50	115
220.33	92.93	29.13	40.82	23.67	13.33	15.30	21.03	188.67	143.33	11.00	81.33	74.00	146.00	3.93	25.00	25.77	68.56	29.07	116
82.67	43.30	25.90	35.53	13.67	12.67	9.47	18.61	134.67	126.00	9.67	83.33	71.33	146.00	3.83	31.00	33.90	79.29	29.16	117
126.00	87.23	25.53	36.71	30.00	12.00	15.67	17.81	151.00	146.33	10.33	80.67	74.33	146.00	2.90	33.00	30.17	76.72	29.04	118
179.67	78.43	24.83	36.51	20.33	13.33	17.37	19.36	138.67	142.67	8.00	79.67	73.00	146.00	3.83	35.33	35.37	72.69	28.69	119
100.67	48.37	20.83	33.59	15.00	12.67	10.37	14.72	104.33	147.33	9.33	84.67	78.67	146.00	3.00	26.67	25.30	71.73	28.95	120
154.00	76.00	27.80	44.49	21.00	14.00	13.83	20.29	158.33	146.67	11.67	79.67	74.00	146.00	4.40	29.00	32.17	78.58	27.59	121
189.67	105.40	24.26	41.90	31.00	13.33	15.67	17.50	151.67	143.00	12.33	81.00	75.00	146.00	3.57	31.67	23.60	75.55	29.31	122
178.33	116.10	27.60	43.41	29.67	13.33	14.87	19.32	124.00	139.67	10.00	77.67	69.00	146.00	4.03	33.67	36.20	82.88	29.59	123
56.16	33.08	6.46	5.48	8.58	2.91	2.94	3.39	22.13	6.25	1.45	4.68	3.71	2.05	1.09	7.88	9.05	8.54	2.14	LDS (0.05)

دمای کانوپی (Ctem)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، محتوای کلروفیل (SPAD)، طول برگ پرچم (FLL)، عرض برگ پرچم (FLW)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM)، روز تا تاسل‌دهی (DF)، روز تا ظهور بلال (DE)، تعداد کل برگ (NL)، زاویه برگ (LA)، ارتفاع بوته (PH) ، قطر ساقه (SD)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف دانه بلال (RpE)، تعداد دانه در ردیف (GpR)، قطر بلال (ED)، وزن صد دانه (HGW)، عملکرد دانه (GY) و عملکرد بیوماس (BY)

Canopy temperature (Ctem), Relative water content (RWC), Chlorophyll content (SPAD), Fag leaf length (FLL), Flag leaf width (FLW), Day to physiological maturity (DM), Day to tasseling (DT), Day to earing (DE), Number of leaves (NL), Leaf angle (LA), Plant height (PH), Stem diameter (SD), Ear length (EL), Number of row per ear (RpE), Grain per each ear's row (GpR), Ear diameter (ED), Hundreds grain weight (HGW), Grain yield (GY), Biomass yield (BY)

جدول ۵- ضرایب صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب ذرت در شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر
Table 5. Coefficients of investigated traits in maize selection indices under normal and phosphorus deficit conditions

تنش کمبود فسفر Phosphorus deficit conditions			شرایط نرمال Normal conditions			صفت
Robinson	Pesek_Baker	Smith_Hazel	Robinson	Pesek_Baker	Smith_Hazel	Trait
0.28	4.15	3.11	0.73	-1.17	3.29	CTEM
0.62	0.74	1.33	0.07	-0.99	0.45	RWC
-0.25	0.30	0.53	0.02	-0.17	1.08	SPAD
0.17	-1.07	0.67	-0.39	2.43	0.03	FLL
-5.92	8.49	-1.01	2.22	-3.82	7.22	FLW
0.58	-0.38	1.96	0.37	-1.27	2.22	DM
-0.49	0.21	0.38	-0.37	1.86	1.48	DT
-0.07	0.33	0.57	-0.04	-0.86	0.34	DE
0.47	2.38	2.80	1.04	-7.84	2.94	NL
-0.11	0.22	0.84	-0.13	0.69	0.40	LA
0.04	-0.13	0.93	0.13	-0.10	1.27	PH
-1.16	-1.55	-0.09	-0.33	2.05	1.00	SD
1.47	4.54	3.91	0.02	-9.28	3.99	EL
-2.13	-2.17	-5.36	-0.93	2.87	-3.03	NRPE
0.69	-2.11	0.14	0.01	5.65	-1.13	GPEER
1.23	2.15	1.77	-0.01	2.64	0.01	ED
0.20	-1.24	0.02	0.01	3.46	-1.22	HGW
0.10	0.18	0.46	0.78	-0.77	1.26	GY
0.21	-0.03	1.12	0.03	0.00	0.84	BY

دمای کانوپی (Ctem)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، محتوای کلروفیل (SPAD)، طول برگ پرچم (FLL)، عرض برگ پرچم (FLW)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM)، روز تا تاسل‌دهی (DF)، روز تا ظهور بلال (DE)، تعداد کل برگ (NL)، زاویه برگ (LA)، ارتفاع بوته (PH) ، قطر ساقه (SD)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف دانه بلال (RpE)، تعداد دانه در ردیف (GpR)، قطر بلال (ED)، وزن صد دانه (HGW)، عملکرد دانه (GY) و عملکرد بیوماس (BY)

Canopy temperature (Ctem), Relative water content (RWC), Chlorophyll content (SPAD), Fag leaf length (FLL), Flag leaf width (FLW), Day to physiological maturity (DM), Day to tasseling (DT), Day to earing (DE), Number of leaves (NL), Leaf angle (LA), Plant height (PH), Stem diameter (SD), Ear length (EL), Number of row per ear (RpE), Grain per each ear's row (GpR), Ear diameter (ED), Hundreds grain weight (HGW), Grain yield (GY), Biomass yield (BY)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

جدول ۶- سود ژنتیکی برای هر یک از صفات (ΔG) ذرت در شرایط نرمال و تنش کمبود فسفر
Table 6. Genetic gain for each trait (ΔG) of maize under normal and phosphorus deficit conditions

سود ژنتیکی برای هر یک از صفات Genetic gain of traits (ΔG)								صفت Trait
تنش کمبود فسفر Phosphorus deficit conditions				شرایط نرمال Normal conditions				
Robinson	Pesek_Baker	Brim	Smith_Hazel	Robinson	Pesek_Baker	Brim	Smith_Hazel	
0.73	0.24	0.76	0.80	1.28	0.19	1.30	1.38	CTEM
1.95	1.00	1.19	1.15	-0.36	0.37	-0.50	-0.62	RWC
-0.94	1.34	-1.08	-1.26	0.99	0.83	0.96	0.81	SPAD
4.69	1.02	5.26	5.46	4.31	0.55	5.52	5.61	FLL
0.76	0.13	0.84	0.87	0.82	0.07	0.87	0.89	FLW
3.53	1.01	3.75	3.90	3.34	0.59	3.63	3.76	DM
-3.13	0.92	-1.68	-1.69	-0.83	0.38	0.50	0.52	DT
-3.89	1.04	-2.47	-2.42	-2.02	0.48	-0.44	-0.42	DE
0.78	0.23	1.01	1.01	0.69	0.11	0.89	0.89	NL
-3.18	1.91	-0.02	-0.12	-1.78	0.85	0.18	0.19	LA
35.28	5.17	38.78	39.12	33.29	2.54	36.37	36.92	PH
2.82	0.50	3.18	3.24	2.46	0.28	2.99	3.01	SD
4.61	0.59	4.46	4.50	4.45	0.31	4.47	4.50	EL
-0.36	0.28	-0.27	-0.32	-0.69	0.17	-0.79	-0.86	NRPE
10.97	1.42	10.11	10.15	12.62	0.83	11.81	11.90	GPEER
4.06	0.71	4.04	3.90	4.85	0.38	4.37	4.30	ED
5.20	0.87	4.98	4.95	6.79	0.53	6.38	6.40	HGW
52.60	5.97	49.52	49.54	77.51	4.39	72.02	72.14	GY
103.98	12.49	110.71	111.34	128.76	8.53	145.6	145.74	BY
								RHI
0.0002	0.0005	0.9756	0.9798	0.0001	0.0003	0.9778	0.9806	همبستگی بین شاخص و ارزش اصلاحی Correlation between index with additive value
0.009	0.003	233.083	229.374	0.008	0.003	296.217	291.306	ΔH سود مورد انتظار Expected gain
1.1509	0.1307	1.0836	1.0839	1.0757	0.0610	0.9995	1.0011	RE سودمندی نسبی شاخص انتخاب Relative efficiency of selection index
19.837	4.107	12.209	11.601	30.641	39.308	13.334	13.262	CVi ضریب تغییرات فنوتیپی شاخص Phenotypic coefficient of variation for indices

دمای کانوپی (Ctem)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، محتوای کلروفیل (SPAD)، طول برگ پرچم (FLL)، عرض برگ پرچم (FLW)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DM)، روز تا تاسل‌دهی (DF)، روز تا ظهور بلال (DE)، تعداد کل برگ (NL)، زاویه برگ (LA)، ارتفاع بوته (PH) ، قطر ساقه (SD)، طول بلال (EL)، تعداد ردیف دانه بلال (RpE)، تعداد دانه در ردیف (GpR)، قطر بلال (ED)، وزن صد دانه (HGW)، عملکرد دانه (GY) و عملکرد بیوماس (BY)

Canopy temperature (Ctem), Relative water content (RWC), Chlorophyll content (SPAD), Fag leaf length (FLL), Flag leaf width (FLW), Day to physiological maturity (DM), Day to tasseling (DT), Day to earing (DE), Number of leaves (NL), Leaf angle (LA), Plant height (PH), Stem diameter (SD), Ear length (EL), Number of row per ear (RpE), Grain per each ear's row (GpR), Ear diameter (ED), Hundreds grain weight (HGW), Grain yield (GY), Biomass yield (BY)

بر اساس نتایج هم در شرایط نرمال و هم تنشِ کمبود فسفر بر اساس معیارهای سود مورد انتظار (ΔH) و سودمندی نسبی انتخاب (RE)، دو شاخص اسمیت-هیزل و بریم به‌عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند (جدول ۶). از طرفی انتخاب بر اساس این شاخص‌ها با انتخاب بر اساس عملکرد دانه هم‌گرایی بیشتری داشت. با توجه به گزارشی (Hashemzehi et al., 2013)، شاخصی که هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد گیاه داشته باشد به عنوان برترین شاخص انتخاب و معرفی می‌شود در نتیجه دو شاخص اسمیت-هیزل و بریم بهترین شاخص انتخاب هم در شرایط نرمال و هم در شرایط کمبود فسفر است. هم راستا با این نتایج این تحقیق، سودمندی توسعه شاخص‌های انتخاب در چندین برنامه تحقیقاتی در ذرت و سورگوم نشان داده شده است (Biswas et al., 2001; Khavari Khorasani and Mehdipour, 2017; Modarresi et al., 2004; Moll et al., 1975; Suwantaradon et al., 1975). از ۲۳ ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه (GY) در شرایط نرمال از نظر شاخص اسمیت-هیزل ۱۵ ژنوتیپ، از نظر شاخص پسک-بیکر ۲ ژنوتیپ، با شاخص بریم ۱۴ ژنوتیپ و از نظر شاخص رابینسون ۱۴ ژنوتیپ جزو ۲۵ درصد ژنوتیپ‌های برتر بودند. در شرایط تنشِ کمبود فسفر از نظر شاخص اسمیت-هیزل ۱۷ ژنوتیپ، از نظر شاخص پسک-بیکر ۶ ژنوتیپ، شاخص بریم ۱۷ ژنوتیپ و از نظر شاخص رابینسون ۱۷ ژنوتیپ جزو ۲۵ درصد ژنوتیپ‌های برتر یا همان ۲۳ ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه (GY) بودند. با توجه به اطلاعات ارایه شده پنج لاین ۲۴، ۹، ۲۵، ۲۸ و ۲۶ جزو ۱۰ لاین اول هم در شرایط نرمال و هم در شرایط کمبود فسفر از نظر عملکرد بودند. از بین ژنوتیپ‌های مذکور ژنوتیپ‌های ۲۶، ۲۸، ۲۵ و ۲۴ در شرایط نرمال بر اساس سه شاخص اسمیت-هیزل، بریم و رابینسون و ژنوتیپ ۹ بر اساس شاخص رابینسون جزو ۱۰ ژنوتیپ اول بودند. در شرایط تنش کمبود فسفر سه ژنوتیپ ۲۵، ۹ و ۲۴ بر اساس سه شاخص اسمیت-هیزل، بریم و رابینسون جزو ۱۰ ژنوتیپ اول بودند.

جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد بهترین ژنوتیپ در شرایط نرمال از نظر چهار شاخص اسمیت-هیزل، پسک-بیکر، بریم و رابینسون به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۷، ۴۵، ۷ و ۷ و در شرایط تنش کمبود فسفر ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۲۹، ۱۰ و ۲۲ هستند. بنابراین بر اساس جمیع شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های۷ و ۱۰ بهترین ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب در شرایط نرمال و شرایط تنش کمبود فسفر هستند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

جدول ۷- پاسخ لاین‌ها به انتخاب بر اساس شاخص‌های اسمیت-هیزل، بریم، پسک-بیکر و رابینسون

Table 7. Lines' response to selection based on Smith-Hazel, Brim, Pesek-Baker and Robinson indices

Robinson		Pesek_Baker		Brim		Smith_Hazel		شماره لاین
Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	
203.27034	181.8234	247.71988	74.762345	1366.3	1537.743	1376.1075	1488.2988	1
183.17303	197.32208	243.91739	29.324144	1233.72	1598.423	1251.1589	1542.6142	2
166.49323	203.68792	230.11618	60.873587	1225.45	1494.399	1228.4876	1460.0291	3
188.75144	194.43816	235.85465	69.467139	1279.87	1533.504	1278.2934	1490.1027	4
192.56955	211.17749	232.00329	79.416497	1293.16	1497.764	1298.2838	1457.1849	5
193.30247	197.51348	219.15886	99.478742	1348.9	1528.166	1339.2562	1482.6747	6
191.87118	254.61558	254.59171	46.025711	1310.18	1690.214	1330.5579	1648.9701	7
181.48616	179.00908	221.92657	83.831709	1297.85	1447.698	1304.6759	1420.6474	8
201.02666	213.05918	233.47193	-9.654506	1389.37	1500.326	1376.676	1513.3071	9
202.62162	200.47792	238.27398	68.587743	1447.62	1662.605	1432.2068	1604.5691	10
207.62932	190.44109	247.25262	50.410928	1379.18	1641.455	1386.9652	1591.3393	11
178.93993	167.51919	239.45035	59.086771	1288.75	1479.478	1299.1215	1447.0211	12
193.93633	166.4374	219.58942	90.223238	1333.78	1580.15	1339.607	1511.4701	13
171.02468	164.80878	226.42449	49.47535	1196.63	1358.444	1210.7267	1333.9525	14
164.85539	170.00817	245.6775	36.161272	1201.26	1419.803	1204.0359	1406.1863	15
146.2439	135.37783	234.80319	87.39961	1070.85	1212.573	1101.4964	1197.0888	16
160.75576	155.17637	236.02605	17.187724	1182.97	1298.456	1187.4993	1320.098	17
159.92306	176.51425	229.39737	72.737366	1154.8	1357.976	1170.5917	1344.223	18
165.47957	157.66551	234.38017	78.863607	1207.53	1414.139	1222.4307	1369.7284	19
175.74023	182.78994	244.86835	61.549052	1279	1413.407	1280.371	1404.1216	20
193.70628	181.37474	244.97582	58.730792	1324.08	1604.918	1343.3774	1572.2379	21
208.20451	188.53183	231.90596	63.370106	1407.85	1513.923	1397.8744	1477.6113	22
167.55747	173.34033	236.3917	40.565614	1274.51	1424.556	1278.6207	1399.9645	23
200.38834	202.71171	231.06294	70.081865	1356.56	1603.282	1336.0175	1557.8914	24
198.38343	236.49815	233.45791	25.190548	1405.01	1608.645	1381.8095	1581.4474	25
187.24054	249.32403	234.18886	64.464009	1321.43	1602.797	1313.4468	1549.465	26
189.28048	233.77341	232.04166	61.101249	1312.13	1595.678	1317.7166	1558.3257	27
191.27655	239.49718	243.28725	63.822118	1279.78	1656.776	1271.176	1597.8316	28
147.30341	132.74768	257.37652	7.700603	1116.94	1281.841	1145.0361	1270.5739	30
120.10136	113.45291	229.05263	114.18418	993.19	1176.37	1003.4205	1123.5004	31
113.03111	88.572088	242.66983	61.756567	955.01	1132.421	981.88468	1105.7435	32
121.72452	107.2184	226.93603	79.537662	1007.86	1165.35	1035.7116	1134.0104	33
119.85528	87.388159	229.89	69.266388	949.57	1037.415	992.9442	1002.1435	34
123.54173	121.49791	233.1817	49.98518	1092.86	1259.526	1077.9942	1234.1577	35
143.88293	122.40674	216.09957	47.483129	1066.04	1258.91	1072.2141	1226.8679	36
146.34724	153.67575	224.73512	47.016652	1072.26	1254.18	1094.0909	1244.9365	37
106.41753	84.575565	225.44959	72.236543	900.23	1033.156	910.26506	995.45298	38
123.87429	112.43892	214.80089	41.927871	1018.43	1158.804	1018.6001	1137.9766	39
141.24029	133.50244	236.13641	54.993037	1112.42	1223.397	1122.8462	1207.6231	40
126.07137	108.90093	241.30207	56.146613	982.04	1143.683	1007.9146	1127.8172	42
128.85267	93.32886	222.86694	101.02008	1080.49	1213.109	1082.351	1158.9379	43
164.74832	146.66174	231.2989	12.327845	1208.83	1261.713	1212.0624	1274.416	44
106.23503	108.36092	227.97492	77.780386	1061.27	1227.858	1061.0991	1197.2769	45
127.18235	129.6104	239.3243	53.80501	1017.88	1199.008	1041.3007	1174.0576	46
123.05687	97.667162	252.17423	116.09398	1072.2	1224.153	1101.3966	1181.5616	48
108.77267	102.2893	232.68842	93.694285	869.87	1122.29	882.31553	1083.2294	49
98.483125	69.099987	248.27436	38.398322	914.75	1041.804	931.60853	1027.8631	50
105.35599	79.897588	222.71707	72.963875	966.8	1099.157	972.18847	1069.6809	51
126.58371	95.929155	213.48189	31.451169	1063.29	1179.317	1087.3505	1168.9585	52
165.65333	183.05732	227.88011	81.134399	1250.07	1465.89	1229.9685	1417.6922	53
129.19181	105.51123	248.02258	44.639985	1037.48	1141.215	1075.2734	1124.5521	54
104.96591	101.39784	238.7722	66.103044	941.79	1120.394	934.85986	1071.0617	55
133.28041	117.67855	228.26517	17.602607	1019.9	1135.64	1021.9625	1139.533	57
120.56817	90.907861	222.79921	86.906391	1174.25	1364.849	1195.5614	1327.6556	60
147.56546	141.64373	234.72301	34.285276	1080.41	1214.153	1096.6942	1209.5321	62
181.73654	221.29544	235.83768	33.297117	1333.64	1604.13	1311.0635	1565.1951	64
128.18514	119.84422	240.62728	88.337695	1018.65	1168.877	1025.486	1126.4792	65
175.77945	190.07178	238.60247	38.469186	1197.66	1382.15	1180.936	1336.4684	66
143.06616	144.47261	225.62925	53.126723	993.56	1257.008	1007.3303	1231.5794	72
172.14783	160.56855	233.78357	77.468183	1246.15	1399.971	1234.1888	1359.9581	73
141.24677	102.53715	241.22113	84.99714	1011.79	1215.348	1037.5811	1171.032	74
125.29398	112.90564	240.5007	98.906427	1026.75	1180.857	1021.5867	1115.3281	75
141.14491	130.01944	232.1497	49.427911	1175.54	1297.937	1168.301	1276.2607	76
139.36288	135.99496	227.34306	65.013769	1088.01	1301.551	1094.3795	1260.6438	77
110.04082	85.804791	225.34887	40.07467	917.93	1064.145	927.52873	1053.1673	79
143.09473	112.11104	235.93016	48.754178	1140.07	1316.699	1163.9452	1292.3708	80
138.41233	100.85708	224.12386	86.51351	1031.55	1122.253	1043.781	1076.1223	83
111.64629	91.858111	228.68068	65.924208	1002.87	1109.546	1021.2684	1092.0497	85
125.4301	112.20322	238.29106	40.089591	1040.68	1186.543	1062.6475	1166.6054	89
139.02272	110.70094	248.2479	63.766649	1122.77	1202.168	1126.7304	1167.4446	91
126.24453	113.90272	239.19103	38.452668	972.82	1100.818	975.98729	1072.2516	96
106.43427	76.94626	241.13194	54.040853	957.39	1057.021	957.72725	1028.1148	98
121.27719	124.23028	252.03893	102.42565	1040.84	1218.311	1033.1538	1164.9426	100
161.2074	148.97979	248.01393	54.599108	1206.62	1365.339	1204.0668	1321.7331	104
171.33635	152.36726	235.39811	99.218597	1249.46	1348.382	1250.2312	1307.1525	105
122.54643	86.454039	213.07171	42.74669	955.23	1030.397	970.74874	1014.8745	106
126.73851	90.610677	224.10494	59.178689	999.97	1085.194	1000.1413	1047.5128	107
149.48426	142.75749	238.4046	55.400916	1078.97	1223.377	1091.4518	1200.4022	108
163.32684	150.36815	230.26667	14.576969	1166.6	1309.596	1162.045	1290.5251	109
147.03409	114.51866	234.63185	48.85341	1070.4	1189.265	1092.4412	1163.779	110
168.7532	150.96311	233.58583	49.321885	1159.33	1298.879	1170.7597	1276.69	111
146.76475	140.109	238.44804	48.918914	1173.8	1341.729	1185.5158	1312.1188	112
101.91542	106.67114	252.18511	44.523327	1038.6	1254.618	1057.6356	1245.6494	113
136.53145	144.16127	235.50689	93.499234	1169.55	1376.307	1161.6795	1324.8545	114
154.0913	126.31932	233.16419	78.670169	1127.7	1236.057	1127.7552	1200.7736	115
163.71327	177.93163	226.73395	67.600295	1253.2	1458.322	1246.7291	1417.8948	116
117.44965	101.20577	218.17818	60.066994	990	1133.774	995.07865	1106.2406	117
157.81181	134.16028	214.17918	64.99321	1131.44	1272.321	1126.1724	1251.1337	118
149.73392	142.65265	231.28219	90.991045	1153.75	1367.998	1154.4083	1318.8998	119
119.33495	105.10916	226.14886	53.758411	982.2	1144.605	992.9952	1110.48	120
148.47248	144.93422	242.60903	69.393782	1159.49	1384.523	1151.6294	1345.4751	121
175.41075	179.37044	233.19635	63.244542	1211.43	1455.853	1205.8751	1410.8822	122
172.7672	165.86191	238.0198	76.352219	1195.34	1325.103	1176.3338	1280.0657	123

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]

به‌طور کلی نتایج بررسی نشان می‌دهد که در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، انتخاب بر مبنای شاخص اسمیت–هیزل و بریم با توجه به بالاترین سودمندی نسبی و همچنین کارایی انتخاب (ΔH)، باعث افزایش عملکرد بیوماس، عملکرد دانه و ارتفاع بوته خواهد شد؛ بنابراین این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص برتر معرفی می‌شوند. بر این اساس، ژنوتیپ شماره ۷ به‌عنوان ژنوتیپ برتر در شرایط نرمال و ژنوتیپ شماره ۱۰ در شرایط تنشِ کمبود فسفر معرفی می‌شوند.

منابع

Adesemoye, A.O. and J.W. Kloepper. 2009. Plant–microbe interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. Applied Microbiology and Biotechnology, 85(1): 1-12. doi: 10.1007/s00253-009-2196-0.

Ahmadpour, S., R. Darvishzadeh, and O. Sofalian. 2018. Selection Indices for Yield Improvement of Sunflower under Normal and Salt Stress Conditions. Journal of Crop Breeding, 10(25): 91-100. (In Persian).

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

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

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

Bernardo, R. 2010. Breeding for Quantitative Traits in Plants, 2nd ed.; Stemma Press: Woodbury, MN, USA.

Biswas, B. K., M. Hasanuzzaman, F. El Taj, M.S. Alam and M.R. Amin. 2001. Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. Journal of Biological Sciences, 1: 321-323.

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

Crouch, D. J. and W.F. Bodmer. 2020. Polygenic inheritance, GWAS, polygenic risk scores, and the search for functional variants. Proceedings of the National Academy of Sciences, 117(32): 18924-18933.

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

Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. Essex. UK: Longman Group

FAOSTAT. Available online: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC (accessed on 12 June 2020).

Hashemzehi, M., A. Moradgholi and A. Ghasemi. 2013. Evaluation of responses of mung bean (Vigna radiata) genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. Journal of Crop Breeding, 5(12): 112-122. (In Persian)

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

Hu, Y. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 541-549.

Khavari Khorasani, S. and A. Mehdipour. 2017. Evaluation of selection indices for genetic improvement of grain yield of singlecross corn hybrids (Zea mays L.) under favorable irrigation conditions and water stress. Plant Genetic Research, 5(1): 1-18.

Modarresi, M., M. Kheradnam and M. Asad. 2004. Selection indices as indirect selection in corn hybrids (Zea mays L.) for increasing grain yield. Iranian Journal of Agriculture Science, 35(1): 115-127. (In Persian)

Moll, R. H., C.W. Stuber and W.D. Hanson. 1975. Correlated responses and responses to index selection involving yield and ear height of maize. Crop Science, 15: 243-248.

Naomi, M., Supriyono, I. A. Nurmalasari and Pardono. 2021. Role of phosphate fertilizer on growth and yield of hybrid maize (Zea mays L.). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 637: 012070. 10.1088/1755-1315/637/1/012070.

Olsen S.R.1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction whit Sodium Bicarbonate. Washington, DC.

Pandey, R., G. Zinta, H. AbdElgawad, A. Ahmad, V. Jain and I.A. Janssens. 2015. Physiological and molecular alterations in plants exposed to high [CO2] under phosphorus stress. Biotechnology Advances, 33(3-4): 303-316.

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

Rezaee, A.M. 1994. Selection indices in Plant Breeding. Proceeding of the third international agronomy plant breeding congress, Tabriz, Iran. p:105-134.

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

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

Singh, S. K., V.R. Reddy, D.H. Fleisher and D.J. Timlin. 2017. Relationship between photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in soybean under varying phosphorus nutrition at ambient and elevated CO_2. Photosynthetica, 55: 421-433.

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

Suwantaradon, K., S.A. Eberhart, J.J. Mock, J.C. Owens and W.D. Guthrie. 1975. Index selection for several agronomic traits in the BSSS2 maize population. Crop Science, 15: 827-833.

Tahmasabi, A., R. Darvishzadeh, A. Fayaz Moghadam, E. Gholinejad and H. Abdi. 2021. Use of selection indices to improve seed yield in native sesame stands. Plant Genetic Research, 8(2): 117-130. Doi: 10.52547/pgr.8.2.9.

Tajbakhsh, M.1996. Maize. Publication ahrar Tabriz. 131pp. (In Persian).

Tesfaye, K., S. Gbegbelegbe, J.E. Cairns, B. Shiferaw, B.M. Prasanna, K. Sonder, K. Boote, D. Makumbi and R. Robertson. 2015. Maize systems under climate change in sub-Saharan Africa: Potential impacts on production and food security. International Journal of Climate Change Strategies and Management, 7(3): 272-289.

Veneklaas, E.J., H. Lambers, J. Bragg, P.M. Finnegan, C.E. Lovelock, W.C. Plaxton, C.A. Price, W.R. Scheible, M.W. Shane, P.J. White and J.A. Raven. 2012. Opportunities for improving phosphorus use efficiency in crop plants. New Phytologist, 195: 306-320.

White, P.J., M.R. Broadley and P.J. Gregory. 2012. Managing the nutrition of plants and people. Applied and Environmental Soil Science, 2012: 104826.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1403.16.49.9.0]
[DOI: 10.61186/jcb.16.49.116]