

Selection of hull-less barley lines using the selection index of ideal genotype (SIIG) in Ahvaz and Darab regions

Ali Barati^{1*}, Hassan Zali², Akbar Marzoqian³, Fariba Naghipour⁴,
Alireza Pour-Aboughadareh⁵, Alireza Askari Kelestani⁶

¹ Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: barati32@yahoo.com

² Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran, Email: hzali90@yahoo.com

³ Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran, Email: a.marzooghian@areeo.ac.ir

⁴ Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: faribanaghypour@yahoo.com

⁵ Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: a.poraboghadareh@gmail.com

⁶ Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran, Email: ar_askary67@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/11/16
Revised: 2022/02/02
Accepted: 2022/03/05

Keywords:
Heat map
Heritability
Hull-less barley
REML analysis
Warm zone

ABSTRACT

Background and objectives: Among cereals, barley (*Hordeum vulgare* L.) has the widest geographical range of distribution. In recent years, this crop has been received more attention due to its potential use as feed. The purpose of this study was to evaluate and select the best hull-less barley lines with high yield and desirable agronomic traits using the selection index of ideal genotype.

Materials and methods: In order to selection of the superior hull-less barley lines in warm regions of Iran, a set of 72 pure lines was investigated in an augment design with three checks (including Loot cultivar and two promising lines EHB-87-4 and EHB-85-9). This research was conducted in Fars (Darab Station) and Khuzestan (Ahvaz) Centers of Agricultural Research and Education and Natural Resources during the 2020-2021 cropping year. To select the best hull-less barley lines for each of regions and also to select the best lines for both regions in terms of grain yield and other studied traits, the selection index of ideal genotype (SIIG) was used. This index was calculated based on grain yield, number of days to heading, number of days to physiological maturity, plant height and 1000-grains weight.

Results: The results of analysis of variance showed that there were no significant differences among the blocks in both Ahvaz and Darab regions (except for 1000-grains weight in Darab). The values of heritability for all measured were low, so that the highest and lowest values were estimated for the number of days to maturity (0.37) and grain yield (0.01), respectively. Moreover, the maximum values for number of days to heading and to physiological maturity, plant height, and grain yield were recorded in the Darab region. The results of SIIG index identified 19 and 24 hull-less barley lines with $SIIG \geq 0.600$ and $SIIG \geq 0.500$ for Ahvaz and Darab, respectively.

Conclusion: According to our results, line numbers 52, 22, 33, 66, 5, 53, 24, 48, 18, 27, 51, 25, 81, 21, 46 and 19 were selected and recommended to further investigation.

Cite this article: Barati, A., Zali, H., Marzoqian, A., Naghipour, F., Pour-Aboughadareh, A.R., Askari Kelestani, A.R. 2022. Selection of hull-less barley lines using the selection index of ideal genotype (SIIG) in Ahvaz and Darab regions. *Crop Production Journal*, 15 (2), 161-182.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19690.2468

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۲۳۹۴
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



گزینش لاین‌های جو لخت با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) در مناطق اهواز و داراب

علی براتی^{۱*}، حسن زالی^۲، اکبر مرزوقیان^۳، فریبا نقی پور^۴، علیرضا پورابوقداره^۵، علیرضا عسکری کلسستانی^۶

۱. استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: barati32@yahoo.com

۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران، رایانامه: hzali90@yahoo.com

۳. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران، رایانامه: a.marzooghian@areeo.ac.ir

۴. استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: faribanaghypour@yahoo.com

۵. استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: a.poraboghadareh@gmail.com

۶. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران، رایانامه: ar_askary67@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

سابقه و هدف: جو (*Hordeum vulgare L.*) دارای وسیع‌ترین گستره پراکندگی جغرافیایی در بین همه غلات است. با توجه به قابلیت استفاده از جو بدون پوشینه در تغذیه دام، این محصول در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق، ارزیابی و انتخاب لاین‌های برتر جو بدون پوشینه با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بود.

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی - پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

مواد و روش‌ها: به منظور گزینش لاین‌های برتر جو بدون پوشینه در مناطق گرم کشور، مجموعه‌ای متشکل از ۷۲ لاین خالص در قالب طرح بدون تکرار حجیم شده (آگمنت) به همراه سه شاهد (رقم لوت و دو لاین امیدبخش EHB-87-4 و EHB-85-9) ارزیابی شد. این تحقیق در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام گردید. به منظور انتخاب بهترین لاین‌های جو بدون پوشینه برای اهواز و داراب به طور جداگانه و انتخاب برترین لاین‌ها برای هر دو منطقه از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی به طور هم‌زمان، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده شد. شاخص SIIG بر اساس صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی:

اقلیم گرم

تجزیه REML

جو بدون پوشینه

نمودار حرارتی

وراثت پذیری

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی نشان داد که بین بلوک‌ها تفاوت معنی‌داری در هر دو منطقه اهواز و داراب وجود نداشت (به جز وزن هزاردانه در داراب). مقادیر وراثت‌پذیری صفات مورد بررسی در مواد ژنتیکی ارزیابی شده پایین بود. با این حال، بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر به ترتیب مربوط به صفات تعداد روز تا رسیدگی (۰/۳۷) و عملکرد دانه (۰/۰۱) بود. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد بیش‌ترین مقادیر طول دوره رسیدگی، تعداد روز تا ظهور سنبله، ارتفاع بوته و عملکرد دانه مربوط به ایستگاه داراب بود. نتایج شاخص SIIG در اهواز نشان داد که تعداد ۱۹ لاین با مقادیر $SIIG \geq 0.600$ و در داراب تعداد ۲۴ لاین با مقادیر $SIIG \geq 0.500$ جزو لاین‌های برتر در این مناطق بودند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصله، لاین‌های شماره ۵۲، ۲۲، ۳۳، ۶۶، ۵، ۵۳، ۲۴، ۴۸، ۱۸، ۲۷، ۵۱، ۲۵، ۸۱، ۲۱، ۴۶ و ۱۹ برای بررسی‌های بیشتر انتخاب و توصیه شدند.

استناد: براتی، ع، زالی، ح، مرزوقیان، ا، نقی‌پور، ف، پورابوقداره، ع، عسکری کلستانی، ع. (۱۴۰۱). گزینش لاین‌های جو لخت با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIG) در مناطق اهواز و داراب. تولید گیاهان زراعی، ۱۵ (۲)، ۱۸۲-۱۶۱.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19690.2468



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

جو یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده غلات است و پس از ذرت، گندم و برنج در رتبه چهارم جهان قرار گرفته است (۱). جو لخت (بدون پوشینه) نیز سابقه کشت طولانی دارد. جو لخت به‌منظور استفاده در تغذیه انسان، دام و طیور تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرد. جو لخت در مقایسه با جو معمولی از نظر انرژی برتری دارد و ارزش غذایی آن برابر با ذرت و گندم می‌باشد. علاوه بر این، محتوای پروتئین و میزان لایسین جو لخت بیش‌تر از جو معمولی (پوشینه‌دار) می‌باشد (۲). جو لخت عوامل محدودکننده جو معمولی را در تغذیه ندارد و درصد فیبر پایین و پروتئین بالا از محاسن آن می‌باشد. محتوای بتاگلوکان جو لخت بالا می‌باشد و به‌عنوان مانعی در مسیر سنتز کلاسترول عمل می‌کند (۳). درصد اسیدهای آمینه به‌ویژه لیزین در جو لخت نسبت به ذرت بالاتر است. وجود مواد بازدارنده در جو معمولی مصرف آن را در تغذیه طیور محدود می‌کند، به‌طوری‌که در صورت استفاده زیاد از جو معمولی در ترکیب تغذیه طیور سبب کاهش قابلیت هضم خوراک، کندی رشد، کندی عبور مواد غذایی در مجرای گوارشی طیور و کاهش هضم چربی می‌شود. در مقابل، با توجه به این‌که درصد فیبر موجود در جو لخت پایین‌تر از ذرت است و مواد بازدارنده کم‌تری دارد، لذا می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای ذرت در تغذیه طیور مورد استفاده قرار گیرد (۴).

برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول در برنامه‌های اصلاحی، ژنوتیپ‌های برتر باید با دقت بالایی انتخاب شوند. عملکرد تحت تأثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قرار می‌گیرد و از نظر بسیاری از محققین برای چنین صفاتی، انتخاب غیرمستقیم از طریق سایر صفات که همبستگی بالایی با عملکرد دارند از کارایی مطلوبی برخوردار است (۵). محققان

شاخص‌های مختلفی را برای افزایش کارایی انتخاب معرفی نموده‌اند (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰). در سال‌های اخیر شاخص‌های انتخاب جدیدی معرفی شده است، که بر پایه انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با استفاده از عملکرد و صفات مختلف به‌طور هم‌زمان می‌باشند، که از آن جمله می‌توان به شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)^۱ (۱۰)، شاخص گزینش مبتنی بر چند صفت (MTSI)^۲ (۷)، شاخص فاصله ژنوتیپ - ایدئوتیپ چند صفتی (MGIDI)^۳ (۸) و شاخص FAI-BLUP^۴ (۹) اشاره کرد.

شاخص SIIG، برای اولین بار توسط زالی و همکاران (۲۰۱۵) برای ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری معرفی شد (۱۰). از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده نمود. از دیگر ویژگی‌های شاخص SIIG می‌توان به قابلیت استفاده از آن برای سایر صفات مورفولوژیکی، صفات فیزیولوژیکی و ... اشاره نمود و کارایی انتخاب را افزایش داد. در شاخص SIIG، تمام صفات به‌صورت یک شاخص واحد درآمده و رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر آسان‌تر می‌شود. اگر تعداد صفات، کم اما تعداد ژنوتیپ‌ها زیاد باشد شاخص SIIG انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را آسان‌تر می‌کند. از جمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به‌کار رفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند (۱۱، ۱۲). میرزایی و حمایتی (۲۰۲۱) از شاخص SIIG به‌منظور انتخاب بهترین تلاقی‌های چغندر قند استفاده نمودند (۱۳). در تحقیق

1. Selection index of ideal genotype
2. Multi-trait stability index
3. The multi-trait genotype-ideotype distance index
4. Factor analysis and ideotype design via best linear unbiased prediction

پیش‌بینی نارایب بهترین خط (BLUP)^۲ قادر است هم داده‌های نامتعادل را ارزیابی کند و هم علت تفاوت در مقدار داده‌های موجود را برای هر ژنوتیپ ارزیابی کند. در روش برآورد نارایب بهترین خط (BLUE)^۳ اثرات ثابت فرض می‌شوند اما در روش BLUP اثرات تصادفی فرض می‌شوند (۱۸). در تحقیقی کارایی BLUP نسبت به BLUE بررسی شد و مشخص شد BLUP دقیق‌تر از BLUE است (۱۹). مدل‌های مخلوط مانند REML برای به‌دست آوردن اجزای واریانس و BLUP برای پیش‌بینی مقادیر ژنتیکی و اجزای واریانس استفاده می‌شوند (۱۸). روش REML/BLUP به‌واسطه در نظر گرفتن مقادیر ژنوتیپی (نه مقادیر فنوتیپی) دقت بهتری در روند برنامه‌های اصلاحی ایجاد می‌کند و اجازه انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها را می‌دهد (۲۰).

هدف از این تحقیق، ارزیابی و انتخاب لاین‌های برتر جو لخت با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب در آزمایش مقدماتی مقایسه عملکرد در مناطق گرم داراب و اهواز با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بود.

مواد و روش‌ها

تنوع ژنتیکی تعداد ۷۲ لاین جو لخت دریافتی از ایکاردا (جدول ۱) در قالب طرح بدون تکرار حجیم شده (آگمنت) به همراه سه شاهد (رقم لوت و دو لاین امیدبخش EHB-87-4 و EHB-85-9) در مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس (ایستگاه داراب) و خوزستان (اهواز) طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ ارزیابی شدند. جدول ۲ میانگین برخی داده‌های هواشناسی مناطق اجرای آزمایش را نشان می‌دهد. ارقام و لاین‌های مورد بررسی در نیمه اول

دیگری، به‌منظور ارزیابی ۲۲ ژنوتیپ کلزا با استفاده صفات مختلف مورفولوژیک، از شاخص SIIG استفاده شد. در این تحقیق ۱۳ صفت مورفولوژیک با استفاده از شاخص SIIG ادغام و تبدیل به یک شاخص واحد شد و در نهایت برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها از یک نمودار دو بعدی عملکرد و شاخص SIIG استفاده شد (۱۴). حقیقت‌نیا و الهانی (۲۰۲۰) با ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به شوری با استفاده از شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به شوری را در گلرنگ شناسایی نمودند (۱۵). در تحقیق دیگری کاربرد شاخص SIIG به‌منظور رتبه‌بندی و شناسایی لاین‌های برتر جو با استفاده از تعدادی صفات مورفولوژیک، بررسی شد و این شاخص به‌عنوان یک روش مناسب برای انتخاب مبتنی بر چند صفت معرفی شد (۱۲).

یکی از روش‌های مهمی که برای تجزیه داده‌ها معرفی شده، روش تجزیه با استفاده از حداکثر درست‌نمایی محدود شده (REML)^۱ است. در این روش محدودیت تجزیه واریانس به روش کم‌ترین مربعات برای داده‌های نامتعادل برطرف می‌شود (۱۶). روش REML بخش غیرثابت تابع درست‌نمایی را حداکثر می‌کند. دو مزیت عمده روش REML این است که به بخش ثابت مدل، درجه آزادی اختصاص می‌دهد. مزیت دوم روش REML این است که روش‌های ANOVA را رد نمی‌کند و با روش ANOVA در حالت‌هایی که داده‌ها متعادل هستند و واریانس منفی برآورد نمی‌شود، یکسان است و در مواردی که داده‌ها نامتعادل هستند و داده گم‌شده در آزمایش وجود دارد و همچنین واریانس منفی برآورد می‌شود، روش REML یک روش مناسب‌تر از ANOVA است (۱۷).

2. Best linear unbiased prediction
3. Best linear unbiased estimation

1. Restricted maximum likelihood

در این روابط μ میانگین صفت مربوطه، B_i اثر بلوک نام، E_j اثر ایتتری زام است (رابطه ۲). در رابطه ۳ تفاوت در اثر ایتتری زام به $IDCh$ ، G ، Ch که به ترتیب مربوط به اثر شناسه‌ها، ژنوتیپ‌های بدون تکرار و شاهدهایی که در هر بلوک تکرار می‌شوند تقسیم می‌شود. اثر بلوک ثابت فرض شده است. برای محاسبه $BLUE$ ها، اثرات E ، $IDCh$ ، Gen و Ch به عنوان اثرات ثابت در نظر گرفته شدند و هنگام محاسبه $BLUP$ ها و وراثت‌پذیری عمومی، این اثرات تصادفی در نظر گرفته شدند (۲۱).

برای تجزیه مرکب در همه مکان‌ها، اثرات جدیدی به روابط ۲ و ۳ اضافه می‌شوند و مدل آن به صورت روابط ۴ و ۵ است:

$$Y_{ijk} = \mu + E_j + L_i + L_i \times E_j + B_k(L_i) + \varepsilon_{ijkl} \quad \text{رابطه ۵}$$

$Y_{ijk} = \mu + IDCh + G + Ch + L_i + L_i \times IDCh + L_i \times G + L_i \times Ch + B_k(L_i) + \varepsilon_{ijkl}$
 $L_i \times E_j$ و $L_i \times Ch$ به ترتیب اثرات مکان نام و اثر متقابل مکان \times ژنوتیپ هستند. در این حالت، اثر بلوک در اثر مکان قرار می‌گیرد و به عنوان اثر تصادفی در نظر گرفته می‌شود. مانند روابط ۲ و ۳، تمام اثرات از جمله E_j ، $IDCh$ ، G و Ch هنگام محاسبه $BLUE$ به صورت ثابت و هنگام محاسبه $BLUP$ به صورت تصادفی استفاده شدند (۲۱).

برای انجام تجزیه واریانس بر مبنای تجزیه $REML$ و ترسیم گراف‌های تنوع ژنتیکی از نرم‌افزار $ACBD-R$ (۲۱) و برای بررسی معنی‌داری اثر بلوک از نرم‌افزار $ADEL-R$ (۲۲) استفاده شد. محاسبه شاخص $SIIG$ با استفاده از نرم‌افزار R صورت گرفت که برنامه آن در انتهای مقاله ضمیمه می‌باشد.

آذر ماه در شش خط به طول سه متر و تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع کشت شدند. برای آبیاری از سیستم قطره‌ای نواری (تیپ) استفاده شد.

کودهای دی آمونیوم فسفات و سولفات پتاسیم به ترتیب با مقادیر ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه و پیش از کاشت به خاک اضافه شد. کود اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و در دو نوبت اوایل پنجه‌زنی و انتهای مرحله ساقه‌رفتن به خاک اضافه شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ با استفاده از علف‌کش‌های انتخابی انجام شد. در طول دوره رشد یادداشت‌برداری از کرت‌های آزمایشی شامل صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک کامل، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه به عمل آمد.

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین‌های برتر از شاخص $SIIG$ (رابطه ۱) استفاده شد:

رابطه ۱:

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq SIIG_i \leq 1$$

در رابطه ۱، d_i^+ فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل و d_i^- فاصله از ژنوتیپ‌های ضعیف است. مقدار $SIIG_i$ بین صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار $SIIG_i$ آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است (۱۰، ۱۱).

اجزای واریانس ژنتیکی با روش $REML$ برای هر یک از صفات اندازه‌گیری شد. به منظور تجزیه منفرد، محاسبه مدل‌های خطی و اجزای واریانس از روابط ۲ و ۳ استفاده شد.

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$Y_{ij} = \mu + B_i + IDCh + G + Ch + \varepsilon_{ij} \quad \text{رابطه ۳}$$

جدول ۱- شجره لاین‌های جو لخت مورد بررسی در فصل زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹.

Table 1- Pedigree of hull-less barley lines at cropping season 2020-2021.

کد لاین‌ها Lines code	شجره Pedigree	کد لاین‌ها Lines code	شجره Pedigree
L2	CONGONA/BORR	L44	G09135 F3 10/030629
L3	Aths/Lignee686/5/Alanda- 01/4/WI2291/3/Api/CM67//L2966- 69/6/Atahualpa/7/CANELA/GOB//ALELI	L45	CHAMICO/TOCTE//CONGONA/3/LEG ACY//PENCO/CHEVRON-BAR
L4	BREA/DL70//TOCTE/3/BREA/DL70//CABU YA/4/CHAMICO/TOCTE//CONGONA	L46	ZIGZIG/3/ZVA/PETUNIA 1//CABUYA
L5	VMorales/6/LEGACY//PENCO/CHEVRON- BAR	L47	CHAMICO/TOCTE//CONGONA/3/LEG ACY//PENCO/CHEVRON-BAR
L6	Rika/Demhay	L48	ALISO/CI3909-2//FALCON- BAR/3/HIGO/4/Petunia1
L7	PETUNIA 1/PEREGRINE	L49	ICNB93-369/4/Moroc9- 75//WI2291/CI01387/3/H.spont .41-1
L8	Atahualpa/Iraqi Black/6/Viringa'S//WI2291/WI2269/5/ Atahu alpa/4/ 300Union/ Sv73608//Perugia/3/W28G15-1- N/Weihenstephan173	L51	WI3257/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/SHYRI// ARUPO *2/JET/5/Atahualpa/IraqiBlack
L9	J09046 F3 10/030549	L52	WI3257/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/ SHYRI// ARUPO*2/JET/5/DD-21/WI3257
L10	LINAZA- BAR/HIGO/4/CEDRO//MATNAN/EH165/3/ MATI CO/5/RABANO /CHINIA//HIGO/6/PETUNIA 2 (EH-87-4)	L53	PETUNIA 1/8/POST/COPAL/5/GLORIA- BAR/4/ SOTOL//2762/ BC- B/3/11012.2/TERN-B/H272/6/ SIND89A- 148/7/CARDO (EH-85-9)
L12	CPOLO 9109/PETUNIA 2	L54	ICNB93- 369/5/Roho/4/Zanbaka/3/ER/Apm//Lignee 131
L13	PETUNIA 1/RITA PELADA	L55	Atahualpa/IraqiBlack/7/WI3159/6/ANCA/ 2469//TOJI/3/SHYRI/4/ATACO/5/ALELI
L14	CABUYA/MJA//PETUNIA 1/5/PENCO/CHEVRONBAR/3 / ATACO/ BERMEJO//HIGO/4/PETUNIA 1	L56	Assiya
L15	PENCO/CHEVRON- BAR/3/LEGACY//PENCO/CHEVRON-BAR	L57	WI3167/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/SHYRI //ARUPO *2/JET/5/DD-21/WI3257
L16	BF891M-617/4/Hma-02//11012- 2/CM67/3/Arar/5/BlackTarida N	L58	Atahualpa/5/WI3257/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/ SHYRI//ARUPO*2/JET
L17	CABUYA/MJA//PETUNIA 1/5/PENCO/CHEVRONBAR/3 /ATACO/ BERMEJO//HIGO/4/PETUNIA 1	L59	WI3257/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/SHYRI// ARUPO* 2/JET/5/DD-21/WI3257
L18	CPOLO 9109/PETUNIA 2	L61	WI3167/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/SHYRI //ARUPO* 2/JET/5/DD-21/WI3257
L19	PETUNIA 1/RITA PELADA	L62	WI3257/4/ALISO/CI3909- 2//HB602/3/MOLA/SHYRI// ARUPO* 2/JET/5/Saesea/Atahualpa
L20	PETUNIA 1/8/POST/COPAL/5/GLORIA- BAR/4/SOTOL// 2762/BC-B/3/11012.2/TERN- B/H272/6/SIND89A-148/7/ CARDO (EH-85- 9)	L63	Alanda/Zafraa//Atahualpa/5/Lignee527/Ch n-01//Gustoe /4/Rhn- 08/3/DeirAlla106//DL7
L22	CABUYA/MJA//PETUNIA 1/5/PENCO/CHEVRONBAR/3/ ATACO/ BERMEJO//HIGO/4/PETUNIA 1	L64	CONGONA/BORR
L23	PENCO/CHEVRON- BAR/3/LEGACY//PENCO/CHEVRON-BAR	L65	NB1054/Aleli//Gairdnaer/3/DD- 21/WI3257
L24	CHAMICO/TOCTE//CONGONA/3/LEGACY/ /PENCO/CHEVRON-BAR	L66	NACKTA/HJA A33//FNC1/3/Sebastian
L25	PENCO/CHEVRON- BAR/3/LEGACY//PENCO/CHEVRON-BAR	L67	NACKTA/HJA A33//FNC1/3/Sebastian
L26	PENCO/CHEVRON-BAR//BICHY2000	L68	C1-12//UC1134/Lacey
L27	Alanda-0112/Petunia1	L69	C1-12//UC1134/Lacey

گزینش لاین‌های جو لخت با استفاده از شاخص... / علی براتی و همکاران

L28	PETUNIA 1/RITA PELADA	L71	WOCUS71/UNKNOWN
L29	TRADITION//PENCO/CHEVRON-BAR CABUYA/MJA//PETUNIA	L72	C1-12//UC1134/Lacey
L30	1/5/PENCO/CHEVRON-BAR/3/ ATACO/BERMEJO//HIGO/4/PETUNIA 1	L73	WOCUS71/UNKNOWN
L32	CONGONA/BORR	L74	LINAZA- BAR/HIGO/4/CEDRO//MATNAN/EH165 /3/ MATICO /5/RABANO/CHINIA//HIGO/6/PETUNI A 2 (EH-87-4)
L33	CABUYA/MJA//PETUNIA 1/5/PENCO/CHEVRON-BAR/3/ ATACO/BERMEJO//HIGO/4/PETUNIA 1	L75	11HB13//UC1134/UC1047
L34	FRANKLIN-BAR//LIMON/BICHY2000	L76	N12050 F3 13/030025
L35	TRADITION//PENCO/CHEVRON-BAR	L77	G12064 F3 13/030039
L36	CHAMICO/TOCTE//CONGONA/3/LEGACY/ /PENCO/CHEVRON-BAR PENCO/CHEVRON-	L78	UC1134/UC969//Madera/UC937
L37	BAR/6/P.STO/3/LBIRAN/UNA80// LIGNEE640/4/BLLU/5/PETUNIA 1	L79	UC1135//UC1134/Lacey
L38	DD-21/5/SLB15-05/4/H.spont.96- 3/3/Roho//Alger/Ceres362-1-1	L81	PETUNIA 1/8/POST/COPAL/5/GLORIA- BAR/4/ SOTOL//2762/ BC- B/3/11012.2/TERN-B//H272/6/ SIND89A- 148/7/CARDO (EH-85-9)
L39	ICNB93-369/IRAN(Kordistan)	Loot	CONGONA/BORR
L40	MSEL//PENCO/CHEVRON-BAR	EH-85-9	PETUNIA 1/8/POST/COPAL/5/GLORIA- BAR/4/ SOTOL//2762/ BC- B/3/11012.2/TERN-B//H272/6/ SIND89A- 148/7/CARDO (EH-85-9)
L42	LINAZA- BAR/HIGO/4/CEDRO//MATNAN/EH165/3 /MATI CO /5/RABANO/CHINIA//HIGO/6/PETUNIA 2 (EH-87-4)	EH-87-4	LINAZA- BAR/HIGO/4/CEDRO//MATNAN/EH165 /3/ MATICO /5/RABANO/CHINIA//HIGO/6/PETUNI A 2 (EH-87-4)
L43	IPA7/4/AwBlack/Aths//Arar/3/9Cr279- 07/Roho/5/Alanda-01//Gerbel/Hma/3/Saida		

جدول ۲- داده‌های هواشناسی ماهیانه در فصل زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مناطق اهواز و داراب.

Table 2- Monthly meteorological data in cropping season 2020-2021 at Ahvaz and Darab regions.

ماه	Month	داراب			اهواز				
		Darab			Ahvaz				
		بارندگی (میلی متر)	دما (درجه سانتی‌گراد)			بارندگی (میلی متر)	دما (درجه سانتی‌گراد)		
			Temperature (°C)				Temperature (°C)		
Rainfall (mm)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	Rainfall (mm)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean		
مهر	Oct.	0	16.0	33.4	24.7	0	20.4	39.5	30.0
آبان	Nov.	7	16.2	27.3	18.7	21.5	14.8	31.3	23.0
آذر	Dec.	40.6	7.6	20.9	14.2	30.9	13.1	21.4	17.2
دی	Jan.	2	2.2	19.4	10.8	0.9	7.2	21.2	14.2
بهمن	Feb.	4.1	4.5	22.8	13.7	17.6	9.7	23.7	16.7
اسفند	Mar.	17.2	9.9	24.6	17.2	5.6	12.4	25.4	18.9
فروردین	Apr.	0.9	13.6	31.5	22.6	0	17.9	33.8	25.8
اردیبهشت	May	1.9	18.4	34.8	22.6	0	24.5	41.8	32.9
خرداد	June	0	23.3	42	32.7	0	28.8	46.2	37.5
مجموع	Sum	73.7				76.5			

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی جو لخت نشان داد که بین بلوک‌ها تفاوت معنی‌داری در هر دو منطقه اهواز و داراب وجود نداشت (به‌جز وزن هزاردانه در داراب)؛ بنابراین، وزن هزاردانه تصحیح و تجزیه‌های بعدی با استفاده از داده‌های تصحیح شده انجام شد (جدول ۳).

واریانس ژنتیکی، واریانس باقی‌مانده و وراثت‌پذیری عمومی صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه جو لخت در مناطق داراب و اهواز با استفاده از تجزیه REML محاسبه شدند (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار وراثت‌پذیری به‌ترتیب مربوط به صفات وزن هزاردانه (۰/۹۶)، ارتفاع بوته (۰/۹۲) و تعداد روز تا رسیدگی (۰/۹۲) در داراب بود. کم‌ترین مقدار وراثت‌پذیری در صفات تعداد روز تا رسیدگی (۰/۰۹) در اهواز و عملکرد دانه (۰/۱۹) در داراب مشاهده شد. در مجموع نتایج نشان داد وراثت‌پذیری عمومی بیش‌تر صفات در داراب از اهواز بالاتر بود. برآورد وراثت‌پذیری صفات نقش مهمی در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی در جهت شناسایی و توصیه ژنوتیپ‌ها دارد (۷). بنابراین، کارایی انتخاب ژنوتیپ‌های برتر براساس صفات مورد بررسی در داراب بیش‌تر از اهواز بود.

نتایج تجزیه REML با استفاده از آماره‌های BLUP و BLUE برای لاین‌های جو لخت مورد بررسی و ژنوتیپ‌های شاهد به‌طور جداگانه در جدول ۵ برای همه صفات نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در مجموع مقادیر وراثت‌پذیری عمومی صفات در ترکیب هر دو منطقه داراب و اهواز هم برای لاین‌های مورد بررسی و هم ژنوتیپ‌های شاهد پایین بود. بیش‌ترین میزان وراثت‌پذیری لاین‌های خالص

مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی (۳۷/۰) و کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری مربوط به عملکرد دانه (۰/۰۱) بود. بیش‌ترین میزان وراثت‌پذیری در ژنوتیپ‌های شاهد مربوط به وزن هزاردانه (۰/۴۴) و ارتفاع بوته (۰/۴۱) بود و کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری ژنوتیپ شاهد مربوط به تعداد روز تا ظهور سنبله (۰/۰۰) و عملکرد دانه (۰/۰۱) بود. براتی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی ۱۰۸ لاین خالص جو در چهار منطقه نشان دادند که در ترکیب چهار منطقه، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب مربوط به صفات وزن هزاردانه و عملکرد دانه می‌باشد (۲۳). بازدهی بالا برای طرح‌های آگمنت و همچنین، کاهش تعداد برآوردهای منفی پارامترهای ژنتیکی که به‌دلیل مشکلاتی مانند مناسب نبودن طرح آزمایشی که در روش‌های کلاسیک ایجاد می‌شود، از جمله مزایای روش REML نسبت به روش‌های کلاسیک می‌باشد (۱۳). در ضمن مقدار $LSD_{0.05}$ بر مبنای آماره‌های BLUE و BLUP برای مقایسه میانگین صفات در جدول ۵ نشان داده شده است.

مقادیر عددی صفات مورد بررسی نشان داده نشده است، ولی تنوع صفات مورد بررسی به‌صورت نمودار گرمایی در اهواز و داراب نشان داده شده است (شکل ۱). نتایج نشان داد بیش‌ترین طول دوره رسیدگی، ظهور سنبله، ارتفاع بوته و عملکرد دانه مربوط به داراب است، در مجموع پتانسیل عملکرد دانه جو لخت در داراب بالاتر از اهواز بود. با توجه به جدول ۲ که داده‌های هواشناسی هر دو منطقه داراب و اهواز را نشان داده است احتمالاً علت اصلی کاهش صفت تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و در نهایت عملکرد دانه در اهواز نسبت به داراب تنش گرمایی انتهای فصل در اهواز بوده است. میانگین دما در اهواز در اسفند، فروردین و اردیبهشت به‌ترتیب ۱/۷، ۳/۲ و ۱۰/۳ درجه

گزینش لاین‌های جو لخت با استفاده از شاخص... / علی براتی و همکاران

سانتی‌گراد بیش‌تر از میانگین دما در داراب بود و اهواز و در نهایت کاهش عملکرد دانه در اهواز نسبت به داراب شده است. رسیدگی زودتر لاین‌های جو لخت مورد بررسی در

جدول ۳- تجزیه واریانس شاهدهای آزمایش مربوط به صفات مختلف زراعی در لاین‌های جو لخت.

Table 3- Variance analysis of checks for different agronomic traits of hull-less barley lines.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزاردانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield
اهواز Ahvaz							
Block	بلوک	2	0.44 ^{ns}	0.78 ^{ns}	36.1 ^{ns}	12.44 ^{ns}	23333 ^{ns}
Checks	شاهدها	3	1.44 ^{ns}	11.44 ^{ns}	36.1 ^{ns}	38.8*	40833 ^{ns}
Error	خطا	6	3.61	2.28	52.8	4.94	31667
داراب Darab							
Block	بلوک	2	25.5 ^{ns}	12.44 ^{ns}	8.8 ^{ns}	42.9*	858796 ^{ns}
Checks	شاهدها	3	0.17 ^{ns}	5.78 ^{ns}	25.4 ^{ns}	60.04**	2134503 ^{ns}
Error	خطا	6	15.56	1.94	47.1	2.59	1128216

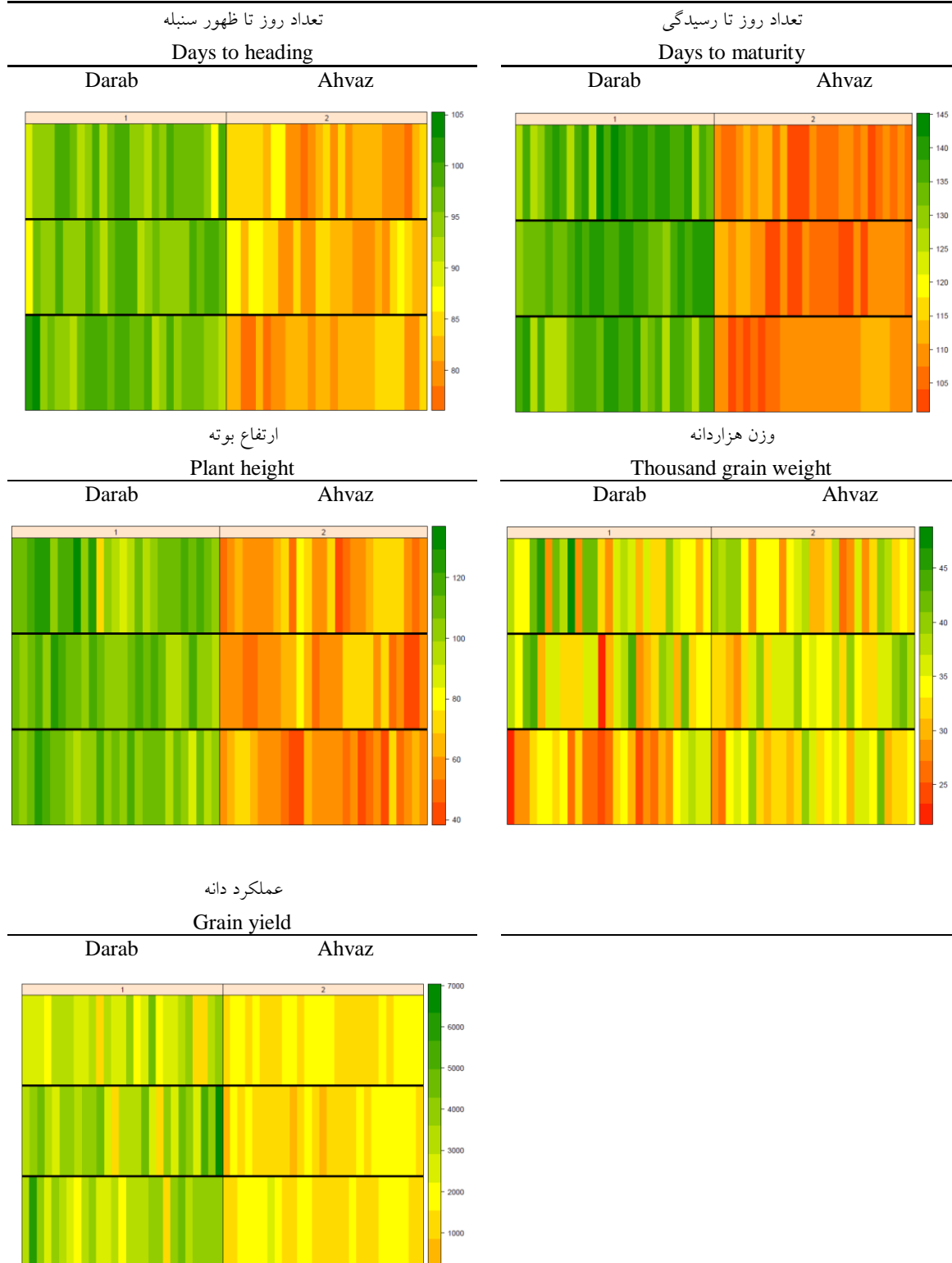
ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۴- واریانس ژنتیکی، واریانس باقی‌مانده و وراثت‌پذیری صفات زراعی لاین‌های جو لخت در مناطق اهواز و داراب.

Table 4- Genetic variance, residual variance and heritability for agronomic traits in the investigated hull-less barley across Ahvaz and Darab regions.

Traits	صفات	Regions	مناطق	واریانس ژنتیکی δ^2_g	واریانس باقی‌مانده δ^2_{Res}	وراثت‌پذیری h^2
Days to heading	تعداد روز تا ظهور سنبله	Ahvaz	اهواز	0.09	0.91	0.09
		Darab	داراب	0.86	0.17	0.83
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	Ahvaz	اهواز	0.94	0.08	0.92
		Darab	داراب	0.90	0.14	0.87
Plant height	ارتفاع بوته	Ahvaz	اهواز	0.88	0.08	0.92
		Darab	داراب	0.81	0.25	0.76
Thousand grain weight	وزن هزاردانه	Ahvaz	اهواز	0.97	0.04	0.96
		Darab	داراب	0.66	0.14	0.82
Grain yield	عملکرد دانه	Ahvaz	اهواز	0.71	0.26	0.73
		Darab	داراب	0.17	0.72	0.19



شکل ۱- نمودارهای گرمایی تنوع ژنتیکی صفات زراعی ژنوتیپ‌های جو لخت در اهواز و داراب.

Figure 1- Heat maps of genetic variation agronomic traits of hull-less barley genotypes at Ahvaz and Darab regions.

ژنوتیپ‌های برتر آفتابگردان توسط شاخص SIIG گزارش شده است (۲۴).

در منطقه داراب، شاخص SIIG همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه (**۰/۹۶۱)، ارتفاع بوته (**۰/۳۰۱-) و وزن هزاردانه (**۰/۲۹۱) داشت. سایر صفات همبستگی معنی‌داری با شاخص SIIG نداشتند (جدول ۷). نتایج شاخص SIIG نشان داد لاین‌های شماره ۲۸، ۲، ۳۳، ۳۸، ۲۶، ۵۲، ۲۷، ۶۹، ۲۲، ۴۴، ۵، ۷۲، ۲۴، ۲۵، ۶۶، ۱۸، ۴۸، ۴۴، ۵، ۷۲، ۲۴، ۲۵، ۶۶، ۱۸، ۴۸، ۴۵، ۱۹، ۲۱، ۸۱، ۴۶، ۵۳ و ۳۲ به ترتیب با بیش‌ترین مقدار شاخص SIIG (۰/۷۶۹-۰/۵۰۳) جزو لاین‌های برتر در این آزمایش در داراب بودند. مقدار شاخص SIIG این لاین‌ها از همه ژنوتیپ‌های شاهد بیش‌تر بود و مقدار عملکرد دانه بیش‌تر این لاین‌ها از هر سه ژنوتیپ شاهد بالاتر بود (جدول ۶).

براساس نتایج میانگین شاخص SIIG در هر دو منطقه اهواز و داراب، ۱۶ لاین مقدار SIIG بالاتر از ۰/۵۰ داشتند. این لاین‌ها شامل لاین‌های شماره ۵۲، ۲۲، ۳۳، ۶۶، ۵، ۵۳، ۲۴، ۴۸، ۱۸، ۲۷، ۵۱، ۲۵، ۸۱، ۲۱، ۴۶ و ۱۹ به ترتیب با مقدار SIIG بالاتر از ۰/۵۰ در دو منطقه مورد بررسی بودند. بنابراین، برای کشت در سال‌های بعد و انجام آزمایشات پیشرفته و سازگاری توصیه می‌شوند. لاین‌های شماره ۷۳، ۷۴، ۴۳، ۶۵، ۳۷ و ۴۲ با کم‌ترین مقدار SIIG در همه مناطق جزو لاین‌های ضعیف بودند. به همین دلیل، استفاده از این لاین‌ها در سایر تحقیقات پیشرفته در هیچ‌کدام از ایستگاه‌های تحقیقاتی توصیه نمی‌شود (جدول ۶).

به منظور بررسی کارایی شاخص SIIG در انتخاب بهترین لاین‌ها جو لخت از نظر عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و زودرسی، لاین‌ها بر اساس این شاخص در اهواز و داراب گروه‌بندی شدند (جدول ۸). بر اساس نتایج شاخص SIIG لاین‌های مورد

به منظور انتخاب بهترین لاین‌های جو لخت برای اهواز و داراب به طور جداگانه و انتخاب برترین لاین‌ها برای هر دو منطقه از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی به طور هم‌زمان، از شاخص SIIG استفاده شد. شاخص SIIG بر اساس صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه محاسبه شد (جدول ۵). در واقع در این تحقیق، فرض بر این بود که لاین‌های با عملکرد دانه و وزن هزاردانه بالا، پاکوتاه و زودرس ایده‌آل و لاین‌های با عملکرد دانه و وزن هزاردانه پایین و پابلند و دیررس غیر ایده‌آل می‌باشد. بنابراین، محاسبات شاخص SIIG براساس این فرضیات انجام شد.

نتایج همبستگی شاخص SIIG با صفات زراعی در اهواز و داراب در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج تجزیه همبستگی در اهواز نشان داد که شاخص SIIG همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه (**۰/۹۱۷) و همبستگی معنی‌داری با ارتفاع بوته (**۰/۲۹۴-) و وزن هزاردانه (**۰/۲۳۷) دارد. از طرفی شاخص SIIG همبستگی منفی و اما غیرمعنی‌داری با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی داشت. براساس نتایج شاخص SIIG، لاین‌های شماره ۶، ۷، ۵۲، ۵۳، ۲۲، ۶۴، ۶۶، ۴۸، ۱۱، ۳، ۶۷، ۵، ۵۹، ۳۹، ۲۴، ۵۱، ۸، ۱۸ و ۷۹ به ترتیب با بیش‌ترین مقدار SIIG (۰/۸۰۴-۰/۶۱۴) جزو لاین‌های برتر در منطقه اهواز بودند. عملکرد و شاخص SIIG همه این لاین‌ها از عملکرد هر سه شاهد آزمایش بیش‌تر بود (جدول ۶). براتی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی ۱۰۸ لاین خالص جو در چهار منطقه گرم با استفاده از شاخص SIIG، علاوه بر معرفی لاین‌های برتر در هر منطقه، ۱۶ لاین را به عنوان بهترین لاین‌ها در هر چهار منطقه مورد بررسی معرفی نمودند (۲۳). نتایج مشابهی نیز توسط قلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) از انتخاب

که در اهواز و داراب همبستگی بالا و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص SIIG وجود داشت که این مطلب حاکی از تنوع موجود بین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بود. چون هر چه تنوع صفتی بالاتر باشد نقش آن در مقدار عددی شاخص SIIG بیش‌تر خواهد بود (۱۲). همچنین، در هر منطقه روش SIIG، لاین‌های شاخص را معرفی کرده و فاصله آن‌ها را از سایر لاین‌ها نشان داد. بنابراین، شاخص SIIG بهترین لاین/لاین‌ها و ضعیف‌ترین لاین/لاین‌ها را در هر منطقه بر اساس چند صفت به‌طور هم‌زمان مشخص کرد. شاخص SIIG یک مدل گزینش‌گر بوده و به‌منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌کار می‌رود. به‌عبارت‌دیگر، با استفاده از روش SIIG می‌توان صفات مختلف را به‌صورت یک شاخص واحد درآورد و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مطمئن‌تر و دقیق‌تر انجام داد (۱۲، ۱۴، ۲۳). از دیگر ویژگی‌های شاخص SIIG، ادغام صفات با واحدهای مختلف است. همان‌طور که مشاهده شد در این تحقیق از صفاتی با واحدهای متفاوت استفاده شد. همچنین، هر چه صفتی دارای تنوع ژنتیکی بیش‌تری باشد نقش آن در مقدار عددی شاخص SIIG بیش‌تر خواهد بود. در صورتی‌که در تحقیقی تعداد صفات مورد بررسی زیاد باشد برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و صفات مطلوب بهتر است شاخص SIIG بر مبنای همه صفات به‌جز عملکرد محاسبه شود و در نهایت انتخاب ژنوتیپ‌ها در یک نمودار دو بعدی که یک محور آن شاخص SIIG و محور دیگر آن عملکرد است صورت گیرد (۱۲).

در مجموع نتایج شاخص SIIG در اهواز نشان داد که تعداد ۱۹ لاین جو لخت با مقدار SIIG بزرگ‌تر یا مساوی $0/600$ ($SIIG \geq 0/600$) و در داراب تعداد ۲۴ لاین جو لخت با مقدار SIIG بزرگ‌تر یا مساوی $0/500$ ($SIIG \geq 0/500$) جزو لاین‌های برتر در این

بررسی در اهواز و داراب در ۷ گروه دسته‌بندی شدند. با یک نگاه کلی به جدول ۸ مشاهده شد که هر چه مقدار شاخص SIIG کاهش می‌یابد، مقدار عملکرد دانه و تا حدودی ارتفاع بوته و وزن هزاردانه نیز کاهش یافته است، ولی تغییر زیادی در مقدار صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی مشاهده نشد. با توجه به همبستگی بالای شاخص SIIG و عملکرد دانه، دسته‌بندی لاین‌ها بیش‌تر متأثر از عملکرد دانه بود.

حقیقت نیا و الهانی (۲۰۲۰) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های گلرنگ استفاده نمودند و آن را روشی کارا معرفی نمودند (۱۵). امامی و همکاران (۲۰۱۹) به‌منظور بررسی تحمل تنش اسمزی در لاین‌های پیشرفته گندم دوروم از شاخص SIIG استفاده کردند و بیان نمودند که شاخص SIIG در جمع‌بندی نتایج شاخص‌های مختلف کمک شایانی به محقق می‌کند و در ضمن با این روش ژنوتیپ‌های حساس و متحمل راحت‌تر شناسایی می‌شوند. در تحقیق آن‌ها نتایج شاخص SIIG با نتایج تجزیه خوشه‌ای انطباق بالایی نشان داد (۲۴). کاربرد شاخص SIIG در جو (۱۲، ۲۳)، آفتابگردان (۲۵)، کلزا (۱۴)، چغندر قند (۱۳) و گندم دوروم (۲۶، ۲۷) بررسی شده است.

نتایج جدول ۷ نشان داد عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری با تعداد روز تا ظهور سنبله ($0/332^*$) و ارتفاع بوته ($0/274^*$) به‌ترتیب در اهواز و داراب دارد. واکنش متفاوت لاین‌ها در اهواز و داراب به‌دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است که با استفاده از شاخص SIIG سعی شد بهترین لاین‌ها براساس صفات مختلف در هر دو منطقه شناسایی شود و برای مراحل پیشرفته کاشت در آن مناطق از جمله آزمایشات پیشرفته و سازگاری معرفی شوند. نتایج همبستگی شاخص SIIG با صفات مختلف نشان داد

منتخب در هر منطقه را می‌توان برای آزمایشات در آن منطقه توصیه کرد و لاین‌هایی که در مجموع هر دو منطقه حائز بیش‌ترین مقدار SIIG بودند به‌عنوان لاین-هایی که دامنه متنوع کشت را دارند برای انجام آزمایشات پیشرفته در سال‌های بعدی معرفی کرد.

مناطق بودند. بر اساس نتایج میانگین شاخص SIIG لاین‌های شماره ۵۲، ۲۲، ۳۳، ۶۶، ۵، ۵۳، ۲۴، ۴۸، ۱۸، ۲۷، ۵۱، ۲۵، ۸۱، ۲۱، ۴۶، و ۱۹ به‌ترتیب با مقدار SIIG بالاتر از ۰/۵۰۰ در هر دو ایستگاه داراب و اهواز، جزو لاین‌های برتر نسبت به سایر لاین‌ها و همچنین ژنوتیپ‌های شاهد بودند. بنابراین، لاین‌های

جدول ۶- گروه‌بندی، رتبه‌بندی و مقادیر شاخص SIIG و عملکرد دانه در لاین‌های جو لخت در اهواز و داراب.

Table 6- Grouping, ranking and values of SIIG index and grain yield in the lines of hull-less barley at Ahvaz and Darab.

لاین‌ها Lines	عملکرد دانه Grain yield						شاخص SIIG SIIG index					
	داراب		اهواز		میانگین		داراب		اهواز		میانگین	
	Darab	Rank	Ahvaz	Rank	Mean	Rank	Darab	Rank	Ahvaz	Rank	Mean	Rank
L2	5988	2	950	71	3469	2	0.743	2	0.249	75	0.496	35
L3	3765	24	2000	3	2883	11	0.494	29	0.659	10	0.577	11
L4	2315	63	1600	24	1957	60	0.319	65	0.533	37	0.426	58
L5	4090	13	1900	6	2995	6	0.566	11	0.658	12	0.612	6
L6	3009	46	2000	4	2505	33	0.446	41	0.804	1	0.625	3
L7	2546	58	2300	1	2423	38	0.374	53	0.763	2	0.569	12
L8	2099	69	1800	8	1949	61	0.340	55	0.622	17	0.481	40
L9	3534	30	1500	37	2517	32	0.477	33	0.561	30	0.519	29
L10	2500	59	1750	10	2125	53	0.326	62	0.659	9	0.493	37
L12	2654	54	1750	11	2202	45	0.319	64	0.585	24	0.452	49
L13	3040	44	1250	59	2145	51	0.374	52	0.494	50	0.434	55
L14	2114	68	1200	60	1657	70	0.266	71	0.445	56	0.356	68
L15	3241	38	1150	64	2195	47	0.455	39	0.381	64	0.418	60
L16	2978	47	1300	53	2139	52	0.419	46	0.442	57	0.430	57
L17	3395	36	1500	38	2448	37	0.459	37	0.594	21	0.526	26
L18	4198	9	1650	22	2924	8	0.536	16	0.619	18	0.577	10
L19	4012	16	1350	48	2681	23	0.527	19	0.519	44	0.523	27
L20	3704	27	1500	39	2602	29	0.520	20	0.563	28	0.542	21
L22	4568	4	1800	9	3184	3	0.602	9	0.704	5	0.653	2
L23	3225	40	1750	12	2488	35	0.467	35	0.586	23	0.526	25
L24	3673	28	1750	13	2711	21	0.563	13	0.641	15	0.602	8
L25	3735	26	1600	25	2667	25	0.555	14	0.561	29	0.558	16
L26	4167	11	1500	40	2833	12	0.622	5	0.496	49	0.559	15
L27	4120	12	1500	41	2810	13	0.604	7	0.525	41	0.565	13
L28	6404	1	600	75	3502	1	0.769	1	0.275	72	0.522	28
L29	3750	25	1600	26	2675	24	0.499	26	0.575	26	0.537	22
L30	2762	51	1550	33	2156	50	0.400	49	0.552	34	0.476	43
L32	3997	17	1000	69	2498	34	0.503	24	0.388	63	0.445	51
L33	4861	3	1500	42	3181	4	0.675	3	0.569	27	0.622	4
L34	2762	52	1200	61	1981	59	0.424	45	0.473	54	0.449	50
L35	3951	19	950	72	2450	36	0.496	28	0.320	71	0.408	62
L36	1451	71	1500	43	1475	71	0.169	74	0.520	42	0.345	72
L37	2870	48	750	73	1810	65	0.329	60	0.250	74	0.290	74
L38	4475	5	1350	49	2913	9	0.633	4	0.396	60	0.514	30
L39	3534	31	1750	14	2642	26	0.463	36	0.642	14	0.552	18

گزینش لاین‌های جو لخت با استفاده از شاخص... / علی براتی و همکاران

L40	3534	32	650	74	2092	54	0.445	42	0.273	73	0.359	67
L42	988	74	1000	70	994	75	0.137	75	0.344	70	0.240	75
L43	2361	62	1100	66	1731	67	0.315	66	0.381	65	0.348	71
L44	4460	6	1100	67	2780	17	0.575	10	0.360	67	0.467	46
L45	4090	14	1500	44	2795	14	0.529	18	0.474	53	0.501	32
L46	3981	18	1600	27	2791	15	0.511	22	0.552	33	0.531	24
L47	3179	41	1500	45	2340	42	0.402	48	0.475	52	0.438	54
L48	4090	15	1900	7	2995	7	0.532	17	0.660	8	0.596	9
L49	3827	21	1750	15	2789	16	0.488	30	0.539	36	0.514	31

جدول ۵- ادامه.

Table 5- Continued.

لاین‌ها Lines	عملکرد دانه Grain yield						شاخص SIIG SIIG index					
	داراب Darab		اهواز Ahvaz		میانگین Mean		داراب Darab		اهواز Ahvaz		میانگین Mean	
	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	
L51	3410	35	1650	23	2530	31	0.499	25	0.627	16	0.563	14
L52	4460	7	1750	16	3105	5	0.617	6	0.725	3	0.671	1
L53	3827	22	1700	21	2764	18	0.508	23	0.715	4	0.612	7
L54	3503	33	1300	54	2402	40	0.481	32	0.505	48	0.493	36
L55	2269	65	1300	55	1784	66	0.336	57	0.532	38	0.434	56
L56	2809	50	1600	28	2204	44	0.369	54	0.593	22	0.481	39
L57	2500	60	1550	34	2025	56	0.327	61	0.556	31	0.442	52
L58	2099	70	1300	56	1699	68	0.332	59	0.515	46	0.423	59
L59	3086	43	1750	17	2418	39	0.458	38	0.647	13	0.553	17
L61	3287	37	1300	57	2294	43	0.474	34	0.476	51	0.475	44
L62	2870	49	1100	68	1985	58	0.408	47	0.345	69	0.376	66
L63	2654	55	1750	18	2202	46	0.427	44	0.552	32	0.490	38
L64	3241	39	2000	5	2620	28	0.392	50	0.700	6	0.546	20
L65	1420	72	1350	50	1385	73	0.285	69	0.392	62	0.338	73
L66	3426	34	2100	2	2763	19	0.552	15	0.685	7	0.619	5
L67	2639	57	1750	19	2194	49	0.335	58	0.658	11	0.497	34
L68	2299	64	1550	35	1925	62	0.297	68	0.517	45	0.407	63
L69	4198	10	1600	29	2899	10	0.604	8	0.469	55	0.537	23
L71	2716	53	1300	58	2008	57	0.380	51	0.529	39	0.455	48
L72	4336	8	1150	65	2743	20	0.564	12	0.350	68	0.457	47
L73	2145	67	1200	62	1673	69	0.322	63	0.377	66	0.349	69
L74	2469	61	1200	63	1835	64	0.302	67	0.394	61	0.348	70
L75	2654	56	1500	46	2077	55	0.337	56	0.424	59	0.380	64
L76	3117	42	1600	30	2359	41	0.447	40	0.512	47	0.480	42
L77	3627	29	1500	47	2563	30	0.483	31	0.520	43	0.501	33
L78	1265	73	1600	31	1433	72	0.219	72	0.539	35	0.379	65
L79	910	75	1750	20	1330	74	0.211	73	0.614	19	0.412	61
L81	3796	23	1600	32	2698	22	0.515	21	0.585	25	0.550	19
CH1	3940	20	1317	52	2628	27	0.497	27	0.441	58	0.469	45
CH2	3040	45	1350	51	2195	48	0.437	43	0.525	40	0.481	41
CH3	2253	66	1533	36	1893	63	0.277	70	0.601	20	0.439	53

جدول ۷- همبستگی شاخص SIIG و عملکرد دانه با صفات زراعی جو لخت در مناطق اهواز و داراب.

Table 7- Correlation coefficients among SIIG index and grain yield with other agronomic traits in the hull-less barley at Ahvaz and Darab regions.

Traits	صفات	شاخص SIIG		عملکرد دانه	
		SIIG index		Grain yield	
		داراب	اهواز	داراب	اهواز
		Darab	Ahvaz	Darab	Ahvaz
Days to heading	تعداد روز تا ظهور سنبله	0.001	-0.122	0.105	-0.332*
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	0.097	-0.025	0.196	-0.151
Plant height	ارتفاع بوته	-0.301**	-0.294*	-0.274*	0.040
Thousand grain weight	وزن هزاردانه	0.291*	0.237*	0.059	0.044
Grain yield	عملکرد دانه	0.961**	0.917**	1	1

جدول ۸- گروه‌بندی لاین‌های جو لخت براساس شاخص SIIG و میانگین صفات مختلف زراعی در هر گروه.

Table 8- Grouping pattern of the hull-less barley lines based on SIIG index and mean of different agronomic traits in each estimated class.

شاخص SIIG	منطقه	گروه‌ها	تعداد لاین‌ها	میانگین گروه‌ها				
				Average of groups		وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
				تعداد روز تا ظهور سنبله (روز)	تعداد روز تا رسیدگی (روز)			ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
SIIG index	Region	Groups	Lines number	Days to heading (day)	Days to maturity (day)	Plant height (cm)	Thousand grain weight (g)	Grain yield (kg ha ⁻¹)
0.8≤SIIG<0.9	اهواز	1	1	78.0	105.0	55.0	40.5	2000
0.7≤SIIG<0.8		2	5	82.2	109.4	49.0	35.6	1910
0.6≤SIIG<0.7		3	13	81.6	106.7	59.2	34.2	1808
0.5≤SIIG<0.6		4	27	82.4	107.8	60.6	35.6	1537
0.4≤SIIG<0.5		5	10	82.1	108.7	63.5	34.2	1385
0.3≤SIIG<0.4		6	12	81.8	106.8	64.2	33.6	1138
0.2≤SIIG<0.3		7	4	84.0	108.5	61.3	32.9	738
0.7≤SIIG<0.8	داراب	1	2	99.5	141.0	100.5	32.5	6196
0.6≤SIIG<0.7		2	7	94.7	135.9	101.3	37.6	4407
0.5≤SIIG<0.6		3	15	95.9	134.7	103.1	33.5	3961
0.4≤SIIG<0.5		4	23	95.4	134.7	111.8	36.0	3304
0.3≤SIIG<0.4		5	18	95.8	135.2	111.1	32.6	2551
0.2≤SIIG<0.3		6	5	95.8	135.2	110.4	32.8	1602
0.1≤SIIG<0.2		7	2	97.0	134.5	108.0	24.0	1219

و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس جهت همکاری و کمک در تهیه برنامه R محاسبه شاخص SIIG تشکر و قدردانی به عمل آوردند.

منابع

1. FAOSTAT. 2018. Food and Agriculture. Organization Corporate Statistical Database. <http://www.faostat.fao.org/>.
2. Gholizadeh, A., Ghaffari, M. and Shariati, F. 2021. Use of selection index of ideal genotype (SIIG) in order to

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از سرکار خانم دکتر میترا و ندا عضو هیات علمی مرکز تحقیقات

select new high yielding sunflower hybrids with desirable agronomic characteristics. J. Crop Breed. 13: 38. 116-123. (In Persian)

3. Simic, G., Lalic, A., Horvat, D., Zdunic, Z., Komlenic, D.K., Bucic-Kojic, A., Planinic, M. and Tisma, M. 2021.

- Production and analysis of the flour from the hull-less barley. *Food Measure*. 15: 2679-2687.
4. Prasadi, N.V.P. and Joye, I.J. 2020. Dietary fiber from whole grains and their benefits on metabolic health. *Nutrients*. 12: 10. 3045.
 5. Rabiei, B., Valizdah, M., Ghareyazie, B. and Moghaddam, M. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Res*. 89: 359-367.
 6. Baker, R.J. 1986. Selection indices in plant breeding. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
 7. Olivoto, T., Licio, A.D.C., da Silva, J.A.G., Marchioro, V.S., de Souza, V.Q. and Jost, E. 2019. Mean performance and stability in multi-environment trials I: combining features of AMMI and BLUP techniques. *Agron. J*. 111: 6. 2949-2960.
 8. Olivoto, T. and Nardino, M. 2020. MGIDI: A novel multi-trait index for genotype selection in plant breeding. *Bioinformatics*. 1-22.
 9. Rocha, J.R.dA.S.dC., Machado, J.C. and Carneiro, P.C.S. 2018. Multitrait index based on factor analysis and ideotype-design: Proposal and application on elephant grass breeding for bioenergy. *Global Change Bio. Bioen*. 10: 1. 52-60.
 10. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. and Hoseini, S.M. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biol. Forum Intern. J*. 7: 2. 703-711.
 11. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. and Zeinalabedini, M. 2017. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *J. Crop Breed*. 78: 20. 77-90. (In Persian)
 12. Zali, H. and Barati, A. 2020. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *J. Crop Breed*. 12: 34. 93-104. (In Persian)
 13. Mirzaei, M.R. and S.S. Hemayati. 2021. The effect of environment and maternal plant on germination traits of sugar beet seeds and an approach to select the superior genotype. *Agric. Res*. <https://doi.org/10.1007/s40003-021-00607-2>.
 14. Abdollahi Hesar, A., Sofalian, O., Alizadeh, B., Asghari, A. and Zali, H. 2020. Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. *J Crop Breed*. 12: 34. 93-104. (In Persian)
 15. Haghightania, H. and Alhani, F. 2020. Evaluation of irrigation water salinity tolerance indices in new cultivars and lines of safflower. *Ir J. Soil Water Res*. 51: 7. 1181-1821. (In Persian)
 16. Holland, J.B. 2006. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. *Crop Sci*. 46: 2. 642-654.
 17. Sahai, H. and Miguel, M.O. 2004. Analysis of Variance for Random Models Volume I: Balanced Data Theory, Methods, Applications and Data Analysis. Business Media New York, USA.
 18. Resende, M.D.V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: A useful tool for plant breeding. *Crop Breed. Applied Biotech*. 16: 4. 330-339.
 19. Piepho, H.P., Möhring, J., Melchinger, A.E. and Büchse, A. 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161: 209-228.
 20. Resende, M.D.V. 2004. Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo, Embrapa Florestas. Embrapa Florestas, Colombo, PR.
 21. Rodríguez, F., Alvarado, G., Pacheco, Á. and Burgueño, J. 2017. ACBD-R. Augmented complete block design with R for windows. Version 3.0. CIMMYT Research Data and Software Repository Network.
 22. Pacheco, A., Rodríguez, F., Alvarado, G. and Burgueño, J. 2017. ADEL-R. Analysis and design of experiments with R for Windows. Version 2.0, <https://hdl.handle.net/11529/10857>,

- CIMMYT Research Data & Software Repository Network.
23. Barati, A., Zali, H., Marzoqian, A., Koochkan, Sh. and Gholipour, A. 2021. Selection of barley pure lines with high yield and desirable agronomic characteristics in warm areas of Iran. *J Crop Prod.* 14: 1. 199-218. (In Persian)
24. Emami, S., Asghari, A., Mohammaddoust Chamanabad, H., Rasoulzadeh, A. and Ramzi, E. 2019. Evaluation of osmotic stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* L.) advanced lines. *Env. Stress Crop Sci.* 12: 3. 697-707. (In Persian)
25. Gholizadeh, A., Ghaffari, M. and Shariati, F. 2021. Use of selection index of ideal genotype (SIIG) in order to select new high yielding sunflower hybrids with desirable agronomic characteristics. *J Crop Breed.* 13: 38. 116-123. (In Persian)
26. Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. and Zali, H. 2018. Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *J. Crop Prod. Proc.* 8: 2. 79-96. (In Persian)
27. Ramzi, E., Asghari, A., Khomari, S. and Chamanabad, H.M. 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. Durum Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. *J. Crop Breed.* 10: 25. 63-72. (In Persian)

ضمیمه

برنامه R برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده آل (SIIG)

این برنامه برای ۱۱۲ ژنوتیپ و ۱۳ صفت تهیه شده است که در آن مقدار بالای ده صفت اول و مقدار پایین سه صفت آخر ایده آل می باشد.

```
#read file
m.a <-read.table ("E:/Siig-inex.txt",header=TRUE,sep="")
#####square array#####
m.a2<- m.a^2
#sum of each columns#####
m.b<-colSums (m.a2, na.rm = FALSE, dims = 1)
dim(m.b)<-c(1,13)
m.b<-m.b^0.5
m.b<-m.b[rep(1:nrow(m.b), times = 112), ]
#matrix c devide matrices
m.c<-m.a/m.b
#####make maximum.minimum1 matrix#####
max1 <-m.c[,1:10]
max1 <-apply(max1,2,max)
dim(max1)<-c(1,10)
max1<-max1[rep(1:nrow(max1), times = 112), ]
#####
min1 <-m.c[,11:13]
min1 <-apply(min1,2,min)
dim(min1)<-c(1,3)
min1<-min1[rep(1:nrow(min1), times = 112), ]
####
maxmin1<-cbind(max1,min1)
#####make maximum.minimum1 matrix#####
max2 <-m.c[,11:13]
max2 <-apply(max2,2,max)
dim(max2)<-c(1,3)
max2<-max2[rep(1:nrow(max2), times =112), ]
#####
```

```
min2 <-m.c[,1:10]
min2 <-apply(min2,2,min)
dim(min2)<-c(1,10)
min2<-min2[rep(1:nrow(min2), times = 112), ]
****
maxmin2<-cbind(min2,max2)
#square maxmin matrix
tmaxmin1<-(m.c-maxmin1)^2
tmaxmin2<-(m.c-maxmin2)^2
#d+ matrix
dplus <-rowSums (tmaxmin1, na.rm = FALSE, dims = 1)
dplus<-dplus^0.5
dim(dplus)<-c(112,1)
#d- matrix
dminus <-rowSums (tmaxmin2, na.rm = FALSE, dims = 1)
dminus<-dminus^0.5
dim(dminus)<-c(112,1)
#####SIIG#####
SIIG<-dminus/(dminus+dplus)
###write file###
print(dplus)
print(dminus)
print(SIIG)
```

