تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/110.22077/escs.2021.3912.1940

مقاله پژوهشی

بررسی کاربرد شاخص SIIG در گزینش لاین‌های خالص جو با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب در مناطق گرم ایران

علی براتی[۱]، حسن زالی[۲*]، شیرعلی کوهکن[۳]، اکبر مرزوقیان[۴]، احمد قلی پور[۵]

۱. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۲. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب

۳. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل

۴. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

۵. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تجزیه REML
ژنوتیپ ایده‌آل BLUE
شاخص SIIG

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۹/۰۸

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۰/۲۲

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۱

۱۵(۳): ۸۰۱-۸۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی گزینش لاین‌های خالص جو با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب در مناطق گرم جنوب و شمال کشور، تعداد ۱۰۸ لاین در قالب طرح بدون تکرار آگمنت همراه با چهار شاهد (نیمروز/صحرا، نوروز، اکسین و WB-95-19) در مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس (ایستگاه داراب)، خوزستان (اهواز)، سیستان (زابل) و گلستان (ایستگاه گنبد) طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ ارزیابی شدند. نتایج تجزیه REML نشان داد که میزان وراثت‌پذیری عملکرد دانه در گنبد، اهواز، داراب و زابل به‌ترتیب ۰/۹۵۲، ۰/۵۳۰، ۰/۰۰۱ و ۰/۱۱۱ بود. نتایج همبستگی میانگین شاخص SIIG در همه مناطق با صفات مختلف نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص SIIG و صفات وزن هزار دانه (۰/۳۷۳) و عملکرد دانه (۰/۸۹۱**) وجود داشت. شاخص SIIG نشان داد که تعداد ۲۴، ۱۸، ۱۸ و ۶ لاین به‌ترتیب در داراب، اهواز، زابل و گنبد با مقدار شاخص SIIG بالا (۰/۹-۰/۶) جزء لاین‌های برتر بودند. بر اساس نتایج میانگین شاخص SIIG در همه مناطق، لاین‌های شماره‌ی ۱۱۳، ۳۳، ۱۰۴، ۱۱۹، ۱۷، ۲، ۱۸، ۲۳، ۲۸، ۱۲۰، ۱۰۶، ۱۱۲، ۸۶، ۳۴، ۱۰۲، ۴۷، ۱۵، ۸۵، ۱۶، ۱۹، ۵۷، ۱۱۸، ۱۰۳، ۴۶، ۲۴، ۹۸، ۱۰۵، ۴۰ و ۲۲ به‌ترتیب با بیشترین مقدار میانگین شاخص SIIG (۰/۵-۰/۷) جزء لاین‌های برتر در بیشتر مناطق بودند. درمجموع نتایج نشان داد که شاخص SIIG به‌خوبی توانسته لاین‌ها را بر اساس صفات مختلف دسته‌بندی نماید.**

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) پس از گندم، برنج و ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده غلات است (Ferreira et al., 2016). جو بعد از گندم با سطح زیر کشت ۱/۴ میلیون هکتار و تولید ۳/۱ میلیون تن، دومین گیاه زراعی مهم ایران ازنظر ارزش زراعی و تغذیه‌ای به‌شمار می‌رود (Ahmadi et al., 2016). بر اساس آمار منتشره در سال ۲۰۱۷، در جهان میزان تولید جو حدود ۱۴۷/۴ میلیون تن و در ایران ۳/۱ میلیون تن است (FAO, 2017).

* نگارنده پاسخگو: حسن زالی. پست الکترونیک: Hzali90@yahoo.com

دمای بالا در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه یکی از عوامل مهم کاهنده عملکرد در بسیاری از مناطق دنیا، به‌خصوص مناطق جنوبی ایران است. در غلات هنگامی‌که گیاه برای دوره کوتاهی در طول دوره پر شدن دانه در معرض دمای بالا قرار می‌گیرد، پیری تسریع شده، تشکیل میوه کاهش می‌یابد و وزن دانه و عملکرد نیز کم می‌شود. تنش گرما موجب محدودیت فتوسنتز در مرحله زایشی و در طول دوره گرده-افشانی باعث عقیمی می‌شود (Wahid et al., 2007). در این مناطق هرگونه تأخیر در تاریخ کاشت، درجه حرارت را طی دوره رشد و پر شدن دانه‌ها تا حد زیادی افزایش داده و تنش گرما را تشدید می‌کند (Rane et al., 2007). از برنامه‌های اصلاحی گندم در CIMMYT، توجه به زودرسی لاین‌ها است. زودرسی به‌منظور فرار از تنش دمایی بالا به‌عنوان یک روش سازگاری عالی در مناطقی که با گرمای انتهایی فصل مواجه هستند، موردتوجه است (Mondal et al., 2016; Mondal et al., 2013).

با توجه به نقش تنوع ژنتیکی در پیشبرد اهداف برنامه‌های به‌نژادی، بدون شک بررسی لاین‌های جدید جو با خصوصیات مورفولوژیک مطلوب، ازجمله روش‌های مناسب در جهت بهبود عملکرد و اصلاح و معرفی ارقام تجاری است که نهایتاً منجر به افزایش تولید جو خواهد شد. در تحقیقی ۸ صفت مورفولوژیک سنبله در ۱۳۰ جمعیت محلی اندازه‌گیری شد و مشخص شد که تنوع در جو رابطه‌ای پیچیده با گستردگی در محیط اکوسیستم زراعی دارد. در این تحقیق جوهای با تعداد ردیف نامنظم و شش ردیف بیشترین فراوانی (به‌ترتیب ۴۹ و ۴۶ درصد) و جوهای دو ردیفه کمترین فراوانی (۴/۵ درصد) را داشتند (Hodado et al., 2009).

مطالعات زیادی در ارتباط با ارزیابی صفات و تعیین ماهیت، اهمیت و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه با استفاده از تجزیه به عامل‌ها و سایر روش‌های چندمتغیره انجام شده است (Drikvand et al., 2011; Zeng, 2015; Mohtashami, 2015). در بیشتر این تحقیقات بحث در مورد ارتباط بین صفات با عملکرد دانه و نهایتاً گروه‌بندی آن‌ها شده است ولی در بسیاری از آن‌ها بحثی در مورد انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها نشده است؛ بنابراین، نیاز به روش‌هایی است که بتواند انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را با توجه به صفات مورد بررسی انجام دهد. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل[1] (SIIG) (Zali et al., 2015, 2017) یکی از این روش‌ها است که می‌تواند علاوه بر انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل، فاصله بین ژنوتیپ‌ها را هم مشخص کند.

عملکرد تحت تأثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قرار می‌گیرد و ازنظر بسیاری از محققین برای چنین صفاتی، انتخاب غیرمستقیم از طریق سایر صفات که همبستگی بالایی با عملکرد دارند از کارایی مطلوبی برخوردار است (Rabiei et al., 2004). محققان شاخص‌های مختلفی را برای افزایش کارایی انتخاب معرفی نموده‌اند (Brim et al., 1959; Lin, 1978; Kampthorne and Nordskog, 1959). در شاخص‌های انتخاب از قبیل اسمیت-هیزل (Smith, 1936) و پسک-بیکر (Pesek and Baker, 1969) گزینش هم‌زمان برای چندین صفت مهم با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری آن‌ها و همبستگی بین صفات مختلف انجام می‌شود اما درروش SIIG نیازی به محاسبه وراثت-پذیری و ارزش فنوتیپی و اقتصادی نیست. در این روش امکان شناسایی ژنوتیپ‌هایی با خصوصیات خاص وجود دارد. به‌عنوان‌مثال با روش SIIG می‌توان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و وزن هزار دانه بالا، ارتفاع کم و زودرس را شناسایی و انتخاب نمود (Zali and Barati, 2020).

روش SIIG، برای اولین بار توسط زالی و همکاران (Zali et al., 2015) برای ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری معرفی شد. 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 ویژگی‌های روش SIIG این است که برای محاسبه آن می-توان از شاخص‌های مختلف، صفات مورفولوژیک، صفات فیزیولوژیک و ... استفاده نمود و کارایی انتخاب را افزایش داد. ممکن است هر ژنوتیپی ازنظر یک شاخص یا صفتی برتر باشد ولی با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب دشوار می‌شود. در روش SIIG، تمام شاخص‌ها و 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 ژنوتیپ-های مطلوب را آسان‌تر می‌کند. ازجمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به‌کاررفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت

[1] Selection index of ideal genotype

منفی و مثبت داشته باشند (Zali et al., 2015, 2017). از شاخص SIIG، به‌منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (Zali et al., 2017)، ادغام پارامترهای تجزیه پایداری (Zali et al., 2015; Najafi Mirak et al., 2018) و ادغام صفات مختلف مورفولوژیک و فنولوژیک (Zali and Barati, 2020; Abdollahi Hesar et al., 2020) استفاده شده است.

امامی و همکاران (Emami et al., 2019) 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 می‌شود. در این تحقیق نتایج شاخص SIIG با نتایج تجزیه خوشه‌ای انطباق بالایی نشان داد. نجفی میرک و همکاران (Najafi Mirak et al., 2018) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری در گندم دوروم استفاده نمودند و با استفاده از شاخص SIIG و عملکرد در یک نمودار دوبعدی توانستند ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را معرفی نمایند. در تحقیقی دیگر یاقوتی‌پور و همکاران (Yaghotipoor et al., 2017) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم نان استفاده نمودند و بیان داشتند که شاخص SIIG یک روش ترکیبی جدید و کارا در انتخاب مؤثرتر ژنوتیپ‌های مطلوب است. زالی و همکاران (Zali et al., 2017) صفات مختلف تحمل به خشکی را با استفاده از شاخص SIIG ادغام نموده و بیان نمودند که شاخص SIIG با ادغام صفات یا شاخص‌های مختلف، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را مؤثرتر انجام می‌دهد. زالی و همکاران (Zali et al., 2015) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری و ناپارامتری در کلزا استفاده نمودند. آن‌ها شاخص SIIG را روشی مناسب به‌منظور ادغام صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و هم‌چنین سایر شاخص‌های تجزیه پایداری معرفی نمودند. نتایج مشابهی نیز در مورد کاربرد شاخص SIIG توسط طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2018) گزارش شده است.

هدف از این تحقیق، بررسی کاربرد شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Zali et al., 2015, 2017) با استفاده از ادغام تعدادی از صفات مهم مورفولوژیک و فنولوژیک، جهت ارزیابی و انتخاب لاین‌های برتر با عملکرد بالا، زودرس و پاکوتاه در آزمایش مقدماتی مقایسه عملکرد در مناطق گرم جنوب و شمال کشور بود.

مواد و روش‌ها

تنوع فنوتیپی تعداد ۱۰۸ لاین خالص جو در قالب طرح بدون تکرار آگمنت همراه با چهار شاهد (نیمروز/صحرا، نوروز، اکسین و WB-95-19) در مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس (ایستگاه داراب)، خوزستان (اهواز)، سیستان (زابل) و گلستان (ایستگاه گنبد) طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ ارزیابی شدند. داده‌های هواشناسی ماهیانه مربوط به هر ایستگاه در جدول ۱ نشان داده شده است. لاین‌های مورداستفاده در این تحقیق از آزمایش مقایسه مشاهده‌ای در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ که در مراکز تحقیقاتی اهواز، زابل و گنبد اجرا شده بود، مورد انتخاب قرار گرفته بودند. ارقام و لاین‌های موردبررسی در دهه سوم آذر در شش خط به طول شش متر به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر کشت و به‌صورت نشتی آبیاری شدند. میزان بذر مصرفی بر مبنای ۳۰۰ دانه در مترمربع و وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین گردید. ترکیب کودی استفاده‌شده بر اساس نتایج تجزیه خاک به‌صورت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (در دو نوبت) و کودهای دی آمونیوم فسفات و سولفات پتاسیم به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت) بود. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و نازک‌برگ با استفاده از علف‌کش‌های انتخابی انجام شد. در طول دوره رشد یادداشت‌برداری از کرت‌های آزمایشی شامل صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی کامل، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، درصد خوابیدگی (نتایج درصد خوابیدگی نشان داده نشده است) و عملکرد دانه به عمل آمد.

به‌منظور بررسی تنوع فنوتیپی و ادغام صفات مورفولوژیک و فنولوژیک مختلف از روش SIIG (Zali et al., 2015, 2017) استفاده شد (رابطه ۱). برای محاسبه شاخص SIIG در هر منطقه از صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی استفاده شد.

$$SIIG_i=\frac{d_i}{d_i^+ + d_i} \quad i=1, 2..., n, \quad 0\leq SIIG_i\leq 1 \qquad [1]$$

در این تحقیق، برای انجام تجزیه REML و ترسیم گراف‌های تنوع فنوتیپی از نرم‌افزار ACBD-R (Rodríguez et al., 2017) و برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱. داده‌های هواشناسی ماهیانه در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مناطق مختلف

Table 1. Monthly meteorological data in cropping season of 2018-19 at different regions

		Darab داراب				Ahvaz اهواز			
			دما (سانتی‌گراد) Tem. (°C)				دما (سانتی‌گراد) Tem. (°C)		
Month	ماه	بارندگی Rainfall (mm)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	بارندگی Rainfall (mm)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean
Oct.	مهر	50.2	11.8	35.6	23.9	21.5	20.9	39.8	30.4
Nov.	آبان	32.9	6.6	26.8	17	52.3	15.5	26.8	21.1
Dec.	آذر	7.5	0.4	23.4	13.3	58.3	11.1	21.9	16.5
Jan.	دی	7.2	-0.6	22.2	13	60.8	7.5	17.7	12.6
Feb.	بهمن	97.3	0	24.4	12.9	46.0	7.8	20.1	14.0
Mar.	اسفند	98.4	2.8	24.2	15.6	33.7	8.7	22.8	15.8
Apr.	فروردین	57	8	30.9	21.8	39.0	14.5	29.3	21.9
May	اردیبهشت	2.9	13.2	39.2	29.4	23.4	19.4	35.0	27.2
June	خرداد	2	22.1	39.6	30.1	18.9	25.0	44.2	34.6
Sum	مجموع	355.4				353.9			

		Zabol زابل				Gonbad گنبد			
			دما (سانتی‌گراد) Tem. (°C)				دما (سانتی‌گراد) Tem. (°C)		
Month	ماه	بارندگی Rainfall (mm)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	بارندگی Rainfall (mm)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean
Oct.	مهر	0	16.0	31.6	23.8	32.8	13.9	28.8	21.3
Nov.	آبان	2.6	10.8	24.9	17.8	30.6	9.7	22.3	16
Dec.	آذر	0.2	5.0	22.3	13.6	45.1	7.7	17.0	12.3
Jan.	دی	0	3.9	20.0	12.0	40.6	4.9	15.9	10.4
Feb.	بهمن	11.6	4.5	19.2	11.8	37.2	4.3	15.2	9.7
Mar.	اسفند	0	8.6	22.2	15.4	61.9	5.2	19.4	12.3
Apr.	فروردین	25.8	16.4	31.2	23.8	62.8	10.3	20.7	15.5
May	اردیبهشت	3.6	19.7	34.5	27.1	134.2	13.5	28.2	20.8
June	خرداد	1	23.6	37.5	30.5	236.1	20.1	36.3	28.2
Sum	مجموع	44.8				681.3			

نتایج و بحث

واریانس ژنتیکی، واریانس باقیمانده و وراثت‌پذیری صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در مناطق داراب، اهواز، زابل و گنبد با استفاده از تجزیه REML محاسبه شدند (جدول ۲). نتایج نشان داد که وراثت‌پذیری تعداد روز تا گل‌دهی در همه مناطق بالا بود. بیشترین میزان وراثت‌پذیری تعداد روز تا رسیدگی مربوط به گنبد (۰/۵۷۸) بود و میزان وراثت‌پذیری این صفت در زابل تقریباً نزدیک به صفر بود. درمجموع میزان وراثت‌پذیری تعداد روز تا رسیدگی از تعداد روز تا گل‌دهی کمتر بود. بیشترین میزان وراثت‌پذیری ارتفاع بوته مربوط به گنبد (۰/۹۰۶) بود ولی در داراب و زابل مقدار وراثت‌پذیری ارتفاع بوته تقریباً صفر بود. وزن هزار دانه در گنبد محاسبه نشده بود. مقدار وراثت‌پذیری وزن هزار دانه در زابل نزدیک به صفر بود و فقط داراب و زابل به‌ترتیب با مقدار وراثت‌پذیری ۰/۶۰۹ و ۰/۸۰۱ وارد مدل تجزیه گروهی شدند. بیشترین میزان وراثت‌پذیری عملکرد به‌ترتیب مربوط به گنبد (۰/۹۵۲) و اهواز (۰/۵۳۰) بود و میزان وراثت‌پذیری عملکرد دانه در منطقه داراب نزدیک به صفر و در زابل ۰/۱۱۱ بود. نتایج نشان داد درمجموع میزان وراثت‌پذیری صفات موردبررسی در گنبد از سایر مناطق بیشتر بود (جدول ۲).

جدول ۲. واریانس ژنتیکی، واریانس باقیمانده و وراثت‌پذیری صفات مورفولوژیک و فنولوژیک در مناطق مختلف

Table 2. Genetic variance, residual variance and hertability in morphological and phonologic triats in different regions

Traits	صفات	Regions	مناطق	واریانس ژنتیکی δ^2_g	واریانس باقیمانده δ^2_{Res}	وراثت‌پذیری He^2
DHE	روز تا گل‌دهی	Darab	داراب	0.708	0.216	0.766
		Ahvaz	اهواز	0.553	0.286	0.659
		Zabol	زابل	0.599	0.331	0.644
		Gonbad	گنبد	0.649	0.292	0.689
DMA	روز تا رسیدگی	Darab	داراب	0.349	0.582	0.375
		Ahvaz	اهواز	0.256	0.657	0.280
		Zabol	زابل	0.000	0.980	0.000
		Gonbad	گنبد	0.550	0.401	0.578
PLH	ارتفاع بوته	Darab	داراب	0.000	0.941	0.000
		Ahvaz	اهواز	0.319	0.618	0.340
		Zabol	زابل	0.000	0.825	0.000
		Gonbad	گنبد	0.880	0.091	0.906
TKW	وزن هزار دانه	Darab	داراب	0.599	0.385	0.609
		Ahvaz	اهواز	0.000	1.000	0.000
		Zabol	زابل	0.801	0.199	0.801
		Gonbad	گنبد	-	-	-
YLD	عملکرد دانه	Darab	داراب	0.000	0.988	0.000
		Ahvaz	اهواز	0.495	0.439	0.530
		Zabol	زابل	0.111	0.890	0.111
		Gonbad	گنبد	1.035	0.052	0.952

نتایج تجزیه REML با استفاده از آماره‌های BLUP و BLUE برای لاین‌های موردبررسی و ژنوتیپ‌های شاهد به‌طور جداگانه در جدول ۳ برای همه صفات نشان داده شده است. برای محاسبه اجزای واریانس و مقایسه میانگین صفات موردبررسی از مناطقی که میزان وراثت‌پذیری صفات آن‌ها بیشتر ۰/۰۵ بود (جدول ۲) استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان وراثت‌پذیری لاین‌های خالص مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی (۰/۵۵) در سه منطقه داراب، اهواز و گنبد بود. میزان وراثت‌پذیری تعداد روز تا گل‌دهی ۰/۵۳ بود که شامل هر چهار منطقه موردبررسی بود. میزان وراثت‌پذیری برای ارتفاع بوته و عملکرد دانه لاین‌های موردبررسی پایین بود و برای وزن هزار دانه تقریباً صفر بود. نتایج مشابهی از میزان وراثت‌پذیری در ژنوتیپ‌های شاهد نیز مشاهده شد. نتایج نشان داد که بیشترین سهم تغییرات لاین‌ها و ژنوتیپ‌های شاهد در تمام صفات مربوط به واریانس محیطی بود. از مزایای روش REML نسبت به روش‌های کلاسیک، بازدهی بالا برای طرح‌های آگمنت و همچنین کاهش تعداد برآوردهای منفی پارامترهای ژنتیکی که به دلیل مشکلاتی مانند مناسب نبودن طرح آزمایشی که در روش‌های کلاسیک ایجاد می‌شود، اشاره نمود (Holland, 2006).

مقادیر عملکرد دانه در جدول ۴ برای همه مناطق نشان داده شده است. مقادیر عددی سایر صفات فقط به‌صورت نقشه حرارتی (Heat map) نشان داده شده است (شکل ۱). به‌منظور بررسی تنوع فنوتیپی لاین‌ها و ژنوتیپ‌های شاهد در همه مناطق از شکل ۱ استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین طول دوره رسیدگی و گل‌دهی به‌ترتیب مربوط به گنبد و داراب است و کمترین طول دوره رسیدگی و گل‌دهی در زابل مشاهده شد. بیشترین ارتفاع بوته برای ارقام و لاین‌های موردبررسی در داراب و گنبد مشاهده شد و کمترین ارتفاع بوته مربوط به لاین‌های اهواز بود. نتایج نشان داد که کمترین

میزان عملکرد دانه مربوط به لاین‌های اهواز است و بیشترین عملکرد دانه لاین‌ها و ژنوتیپ‌های شاهد در زابل مشاهده شد. البته تفاوت چندانی بین داراب و گنبد ازنظر عملکرد دانه مشاهده نشد.

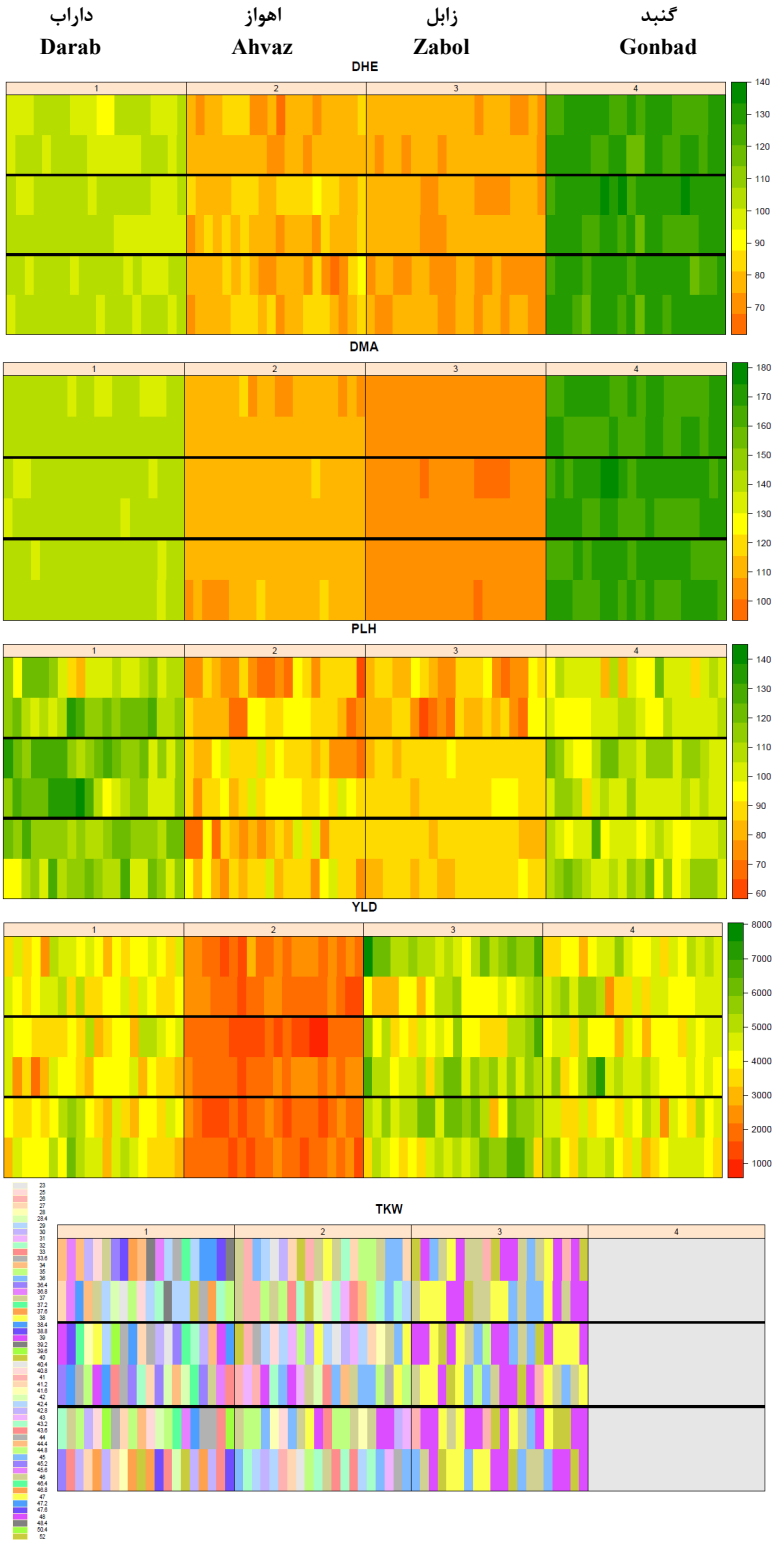
جدول ۳. تجزیه REML برای صفات مورفولوژیک و فنولوژیک لاین‌ها و ژنوتیپ‌های شاهد جو در ۴ منطقه

Table 3. Results of REML analysis for morphological and phonologic traits of barley lines and check genotypes at four regions

S.O.V	منابع تغییرات	Inbred lines لاین‌های خالص			
		تعداد روز تا گل‌دهی DHE		تعداد روز تا سیدگی DMA	
		BLUP	BLUE	BLUP	BLUE
He^2	وراثت‌پذیری	0.53		0.55	
δ^2_g	واریانس ژنتیکی	2.24		1.20	
δ^2_e	واریانس محیطی	587	587	810	810
δ^2_{ge}	واریانس اثر متقابل	4.53		0.63	
δ^2_{Res}	واریانس باقیمانده	3.43	2.752	2.29	1.99
$LSD_{0.05}$		2.87	3.96	2.05	2.76
N Env.	تعداد محیط	4	4	3	3
		Check genotypes ژنوتیپ‌های شاهد			
He^2	وراثت‌پذیری	0.51		0.50	
δ^2_g	واریانس ژنتیکی	3.89		0.93	
δ^2_e	واریانس محیطی	587	587	810	810
δ^2_{ge}	واریانس اثر متقابل	11.69		0.53	
δ^2_{Res}	واریانس باقیمانده	3.43	2.75	2.29	1.99
$LSD_{0.05}$		3.98	4.89	1.70	2.10
N Env.	تعداد محیط	4	4	3	3

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

S.O.V	منابع تغییرات	Inbred lines لاین‌های خالص					
		ارتفاع بوته PLH		وزن هزار دانه TKW		عملکرد دانه YLD	
		BLUP	BLUE	BLUP	BLUE	BLUP	BLUE
He^2	وراثت‌پذیری	0.10		0.00		0.13	
δ^2_g	واریانس ژنتیکی	3.85		0.02		24766	
δ^2_e	واریانس محیطی	204	204	9.13	9.13	2513070	2513070
δ^2_{ge}	واریانس اثر متقابل	31.1		5.39		97828	
δ^2_{Res}	واریانس باقیمانده	35.48	46.26	2.37	2.45	409165	441250
$LSD_{0.05}$		5.18	15.79	0.36	5.44	409	1078
N Env.	تعداد محیط	2	2	2	2	3	3
		Check genotypes ژنوتیپ‌های شاهد					
He^2	وراثت‌پذیری	0.20		0.27		0	
δ^2_g	واریانس ژنتیکی	6.13		1.23		0	
δ^2_e	واریانس محیطی	204	204	9.1	9.1	2513070	2513070
δ^2_{ge}	واریانس اثر متقابل	13.61		4.42		18309	
δ^2_{Res}	واریانس باقیمانده	35.48	46.26	2.37	2.45	409165	441250
$LSD_{0.05}$		5.88	8.27	2.55	3.67	0.06	248
N Env.	تعداد محیط	2	2	2	2	3	3



شکل ۱. تنوع فنوتیپی صفات مورفولوژیک و فنولوژیک ژنوتیپ‌های جو در مناطق مختلف. DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزار دانه؛ YLD: عملکرد دانه

Fig. 1. Phenotypic variation of morphological and phonologic traits of barley genotypes at different regions. DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield

به‌منظور انتخاب بهترین لاین‌ها برای هر منطقه به‌طور جداگانه و انتخاب برترین لاین‌ها برای تمام مناطق ازنظر عملکرد دانه و سایر صفات موردبررسی به‌طور هم‌زمان، از شاخص SIIG (Zali et al., 2015) استفاده شد. در هر منطقه ابتدا داده‌ها با استفاده از آماره BLUE تصحیح شدند و از داده‌های تصحیح‌شده برای محاسبه شاخص SIIG (Zali et al., 2015) استفاده شد (جدول ۴). ازآنجایی‌که میزان تغییرات این شاخص بین صفر تا یک است هر چه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به یک نزدیک‌تر باشد آن ژنوتیپ از مطلوبیت بالاتری ازنظر بیشتر صفات موردمطالعه، برخوردار است و هر چه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به صفر نزدیک‌تر باشد ژنوتیپ موردبررسی ازنظر صفات موردبررسی از مطلوبیت کمتری برخوردار خواهد بود (Zali et al., 2017). شاخص SIIG بر اساس صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه محاسبه شد (جدول ۴).

نتایج همبستگی شاخص SIIG با صفات مورفولوژیک در مناطق داراب، اهواز، زابل و گنبد در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که عملکرد همبستگی بالا و معنی‌داری (۰/۹۴۷**) با شاخص SIIG دارد ولی صفات تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته همبستگی پایین منفی ولی معنی‌داری با شاخص SIIG دارند. این نتایج نشان داد عملکرد بیشترین تأثیر را روی انتخاب لاین‌ها در داراب داشته و بعدازآن ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدگی تأثیرگذار بوده‌اند. ارتباط معنی‌داری بین وزن هزار دانه و تعداد روز تا گل‌دهی با شاخص SIIG مشاهده نشد.

نتایج شاخص SIIG در داراب نشان داد لاین‌های شماره ۸، ۳۳، ۳۴، ۶۴، ۳۲، ۶، ۲، ۱۱۳، ۱۵، ۱۳، ۱۱۹، ۹، ۲۸، ۸۷، ۱۱۵، ۸۵، ۶۵، ۱۴،۱۶، ۲۲، ۸۶، ۳، ۱۰ و ۸۹ به‌ترتیب با بیشترین مقدار SIIG (۰/۶۰۱-۰/۷۶۲) جزء برترین لاین‌ها ازنظر بیشتر صفات موردبررسی به‌ویژه عملکرد دانه بودند. عملکرد تصحیح‌شده این لاین‌ها توسط آماره BLUE به‌ترتیب برابر با ۶۲۸۷، ۵۷۵۴، ۵۶۵۲، ۴۹۱۳، ۵۲۱۵، ۵۵۶۴، ۴۷۲۲، ۴۴۶۴، ۴۸۹۴، ۴۸۸۹، ۴۵۹۴، ۵۲۶۹، ۵۱۸۰، ۴۹۲۰، ۴۸۸۸، ۴۷۳۵، ۴۹۰۰، ۵۱۹۴، ۴۶۰۰، ۴۸۷۹، ۴۵۵۴، ۴۵۸۷، ۴۹۵۹، ۴۸۱۸ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد این لاین‌ها از همه ژنوتیپ‌های شاهد بیشتر بود همچنین مقدار شاخص SIIG این لاین‌ها از همه ژنوتیپ‌های شاهد بیشتر بود (به‌جز ژنوتیپ WB-95-19) بالاتر بودند. در بین ژنوتیپ‌های شاهد لاین WB-95-19 با بیشترین مقدار SIIG (۰/۶۲۲) جزء بهترین لاین‌های شاهد در منطقه داراب بود. همچنین لاین‌های شماره‌ی ۴۴، ۴۲، ۱۱۶، ۶۶، ۷۰، ۵۰، ۷۶، ۴۵، ۶۰، ۵۶، ۷۴، ۱۰۷، ۶۹، ۲۶، ۸۸، ۴۹، ۱۰۹ و ۷۵ به‌ترتیب با کمترین مقدار SIIG جزء ضعیف‌ترین لاین‌ها در منطقه داراب بودند. این لاین‌ها کمترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بودند (جدول ۴).

نتایج تجزیه همبستگی در اهواز نشان داد که شاخص SIIG همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد (۰/۷۱۶**) و وزن هزار دانه (۰/۸۵۳**) دارد. از طرفی شاخص SIIG همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد روز تا گل‌دهی (۰/۷۰۰**-) و تعداد روز تا رسیدگی (۰/۲۹۳**-) داشت (جدول ۵).

بر اساس نتایج شاخص SIIG در منطقه اهواز لاین ۱۱۳ با بیشترین مقدار SIIG (۰/۸۷۶) جزء بهترین لاین‌ها بود. این لاین دارای بالاترین عملکرد دانه (۲۸۷۵ کیلوگرم در هکتار)، وزن هزار دانه بالا (۵۶ گرم) و زودرس‌تر از بسیاری از لاین‌های این آزمایش بود (نتایج نشان داده نشده است). همچنین لاین‌های شماره‌ی ۱۱۹، ۱۰۹، ۱۹، ۸۳، ۱۱۰، ۹۰، ۸۲، ۱۲۰، ۹۸، ۱۱۸، ۱۷، ۱۰۶، ۱۰۲، ۴۰، ۴۲، ۲۳ و ۱۸ به‌ترتیب با بیشترین مقدار SIIG (۰/۶۰۴-۰/۷۱۷) جزء لاین‌های برتر در منطقه اهواز بودند. مقدار عملکرد تصحیح‌شده این لاین‌ها به‌ترتیب برابر با ۲۸۷۵، ۲۳۸۸، ۲۰۴۹، ۲۴۱۷، ۲۲۹۳، ۲۳۲۵، ۲۲۱۰، ۲۲۵۸، ۲۳۵۲، ۱۹۹۸، ۲۰۴۶، ۲۳۵۰، ۲۳۸۵، ۲۴۴۱، ۲۲۹۰، ۲۱۷۲، ۲۲۳۴ و ۱۹۸۳ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد این لاین‌ها از ارقام نیمروز و اکسین کمتر بود ولی از عملکرد ژنوتیپ‌های نوروز و WB-95-19 بیشتر بود همچنین مقدار شاخص SIIG این لاین‌ها از همه ژنوتیپ‌های شاهد بیشتر بود (به‌جزء لاین‌های شماره‌ی ۱۸ و ۲۳). در بین ژنوتیپ‌های شاهد، نیمروز با بیشترین مقدار SIIG برتر از سایر ژنوتیپ‌های شاهد بود. همچنین لاین‌های شماره‌ی ۶۵، ۶۶، ۷۰، ۶۸، ۳۶، ۱۱۶، ۷۲ و ۸ به‌ترتیب با کمترین مقدار شاخص SIIG جزء ضعیف‌ترین لاین‌های این آزمایش بود از طرفی نیز این لاین‌ها عملکرد پایینی نسبت به ژنوتیپ‌های شاهد و سایر لاین‌ها داشتند (جدول ۴).

نتایج همبستگی در منطقه زابل نشان داد شاخص SIIG همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد (۰/۹۷۲**) دارد. سایر صفات همبستگی بالایی با شاخص SIIG نشان ندادند (جدول ۵). نتایج نشان داد لاین شماره‌ی ۱۲۰ با بیشترین

مقدار شاخص SIIG (۰/۷۶۵) برترین لاین در بین لاین‌های موردبررسی در زابل بود. بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به این لاین بود (۷۵۴۷ کیلوگرم در هکتار). درمجموع نتایج نشان داد لاین‌های شماره‌ی ۱۷، ۲۸، ۱۸، ۳۳، ۲۴، ۳۰، ۱۰۴، ۳۴، ۲۲، ۱۰۵، ۱۴، ۱۹، ۱۱۸، ۱۵، ۳۸، ۱۱۹ و ۱۶ به‌ترتیب با بیشترین مقدار شاخص SIIG جزء لاین‌های برتر در زابل بودند. عملکرد این لاین‌ها به‌ترتیب برابر با ۷۲۷۶، ۶۷۶۲، ۷۰۴۰، ۶۴۱۵، ۶۳۸۷، ۶۵۸۲، ۶۰۱۹، ۶۵۶۸، ۶۰۸۲، ۵۶۸۶، ۶۳۵۹، ۶۱۴۸، ۶۱۸۴، ۶۲۴۸، ۶۰۸۲، ۶۱۷۲، ۶۲۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین لاین‌های شماره‌ی ۸۴، ۸۳، ۸۲ و ۴۸ به‌ترتیب با کمترین مقدار SIIG از ضعیف‌ترین لاین‌ها در منطقه زابل بودند. کمترین مقدار عملکرد هم مربوط با این لاین‌ها بود. همچنین رقم نوروز با بیشترین مقدار SIIG (۰/۶۵۸) جزء بهترین ژنوتیپ شاهد بود که در ضمن بالاترین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌های شاهد داشت (جدول ۴).

در منطقه گنبد شاخص SIIG همبستگی بسیار بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (**۰/۹۷۲). سایر صفات هم همبستگی پایین و منفی ولی معنی‌داری با شاخص SIIG داشتند (جدول ۵). نتایج شاخص SIIG نشان داد در منطقه گنبد تعداد لاین‌های ایده‌آل نسبت به سایر مناطق به‌طور محسوسی کمتر است. لاین شماره‌ی ۴۷ با بیشترین مقدار SIIG (۰/۸۲۴) برترین لاین جو منطقه گنبد بود. این لاین هرچند پابلند و دیررس‌تر نسبت به بسیاری از لاین‌ها بود ولی با توجه به عملکرد بالایش (۷۵۷۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در رتبه اول قرار گرفت. در کل لاین‌های شماره‌ی ۴۶، ۱۱۲، ۸۶، ۸۵، ۸۳ و ۴۲ به‌ترتیب با بیشترین مقدار شاخص SIIG (۰/۵۸۲-۰/۶۹۴) و عملکرد ۶۱۲۰، ۵۷۶۲، ۵۸۹۲، ۵۷۷۰، ۵۷۴۷ و ۵۷۴۷ کیلوگرم در هکتار جزء لاین‌های برتر در این آزمایش در منطقه گنبد بودند. مقدار شاخص SIIG و عملکرد دانه این لاین‌ها از همه ژنوتیپ‌های شاهد بیشتر بود. لاین‌های شماره‌ی ۱۲، ۸۸، ۶۹، ۲۷، ۳۵، ۱۱۶، ۴ و ۱۰ به‌ترتیب با کمترین مقدار SIIG جزء ضعیف‌ترین لاین‌ها در منطقه گنبد بودند (جدول ۴).

نتایج همبستگی میانگین شاخص SIIG در همه مناطق با صفات مختلف نشان داد که شاخص SIIG همبستگی منفی و معنی‌داری با صفات تعداد روز تا گل‌دهی (**۰/۲۴۲-)، تعداد روز تا رسیدگی (**۰/۴۴۱-) و ارتفاع بوته (**۰/۴۱۴-) دارد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص SIIG و صفات وزن هزار دانه (**۰/۳۷۳) و عملکرد دانه (**۰/۸۹۱) مشاهده شد که کاملاً با فرض اولیه یعنی انتخاب لاین‌هایی با عملکرد بالا، زودرس و پاکوتاه انطباق داشت (جدول ۵).

بر اساس نتایج میانگین شاخص SIIG در همه مناطق، لاین‌های شماره‌ی ۱۱۳، ۳۳، ۱۰۴، ۱۱۹، ۱۷، ۲، ۱۸، ۲۳، ۲۸، ۱۲۰، ۱۰۶، ۱۱۲، ۸۶، ۳۴، ۱۰۲، ۴۷، ۱۵، ۸۵، ۱۶، ۱۹، ۵۷، ۱۱۸، ۱۰۳، ۴۶، ۲۴، ۹۸، ۱۰۵، ۴۰ و ۲۲ به‌ترتیب با بیشترین مقدار میانگین شاخص SIIG (۰/۵۰۶-۰/۶۱۵) جزء لاین‌های برتر در بیشتر مناطق بودند. متوسط عملکرد این لاین‌ها در همه مناطق به‌ترتیب برابر با ۴۲۲۳، ۳۴۷۵، ۴۰۶۹، ۴۴۱۷، ۴۱۱۸، ۴۶۷۹، ۴۱۷۵، ۴۴۲۷، ۴۲۲۳، ۴۲۶۳، ۴۴۰۷، ۴۱۲۷، ۴۱۶۴، ۳۹۰۰، ۳۸۶۵، ۴۵۵۴، ۴۷۴۵، ۴۰۷۳، ۳۸۴۳، ۴۱۸۱، ۴۰۵۴، ۴۲۵۹، ۴۱۷۵، ۴۰۱۲، ۴۲۰۳، ۳۸۸۹، ۳۶۹۵، ۳۸۸۳، ۳۹۹۸، ۳۸۹۴ کیلوگرم در هکتار بود. از بین این لاین‌ها، تنها لاین‌های شماره‌ی ۱۰۴ و ۲ دارای شاخص SIIG بالاتر از ۰/۵ در هر چهار منطقه موردبررسی بودند. لاین‌های شماره‌ی ۳۳، ۱۱۹، ۱۷، ۱۸، ۱۰۶، ۱۱۲، ۸۶، ۱۰۲، ۱۹، ۵۷، ۱۰۳، ۲۴، ۱۰۵، ۵۵ و ۸۲ دارای شاخص SIIG بیشتر از ۰/۵ در سه منطقه از چهار منطقه مورد آزمایش بودند. همچنین لاین‌های شماره‌ی ۶۹، ۶۶، ۷۲، ۷۵، ۱۱۶، ۶۵ (به‌جز در داراب)، ۷۷، ۴۴ (به‌جز در اهواز)، ۶۷، ۶۸، ۲۶، ۷۴، ۲۰، ۸۸، ۷۰ و ۷۳ با کمترین مقدار SIIG جزء لاین‌های ضعیف در همه مناطق به‌طور هم‌زمان بودند (جدول ۴).

در تحقیقی از شاخص SIIG به‌منظور دسته‌بندی ۱۰۸ لاین امیدبخش جو استفاده شد. لاین‌ها در ۶ گروه قرار گرفتند و درنهایت لاین‌های گروه ۱، ۲ و ۳ جزء برترین لاین‌ها انتخاب شدند. در این تحقیق شاخص SIIG به‌خوبی لاین‌ها را بر اساس ۳ صفت عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته دسته‌بندی کرد (Zali and Barati, 2020). در تحقیق 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 یک شاخص واحد شد و درنهایت برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها از یک نمودار دوبعدی عملکرد و شاخص SIIG استفاده شد (Abdollahi Hesar et al., 2020). رمزی و همکاران (Ramzi et al., 2018) از شاخص SIIG به‌منظور بررسی تحمل لاین‌های پیشرفته گندم دوروم تحت شرایط تنش آلومینیوم استفاده نمودند و بیان شد که در استفاده از شاخص تحمل Ti (مقدار صفت در سطح تنش تقسیم‌بر مقدار صفت در سطح شاهد) به دلیل وجود Tiهای

مختلف بر اساس صفات متفاوت تصمیم‌گیری روی لاین‌های حساس و متحمل کار راحتی نیست. درصورتی‌که با جمع این شاخص‌ها در قالب یک شاخص تحت عنوان شاخص SIIG کار تصمیم‌گیری راحت‌تر می‌شود.

باوجودی که بیشترین بارندگی مربوط به گنبد (۶۸۱ میلی‌متر) و کمترین میزان بارندگی مربوط به زابل (۴۴/۸ میلی‌متر) بود و حتی طول دوره رشد در زابل از گنبد و داراب نیز کمتر بود ولی متوسط عملکرد دانه در زابل (۴۹۰۶ کیلوگرم در هکتار) از همه مناطق بیشتر بود و شاید این مطلب نشان‌دهنده مساعدتر بودن شرایط آب و هوایی زابل برای کشت جو نسبت به سایر مناطق بوده است؛ بنابراین زابل یکی از مناطق مساعد کشت ارقام و لاین‌های جو است که باوجود بارندگی کم و فصل زراعی کوتاه بازهم پتانسیل عملکرد بسیاری از لاین‌ها در آن از سایر مناطق بیشتر بود. از طرفی میزان بارندگی در اهواز با داراب یکسان بود ولی متوسط عملکرد دانه اهواز بیشتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم از سایر مناطق کمتر بود که شاید بیانگر این مطلب است که شرایط آب و هوایی اهواز خیلی مناسب کشت جو نیست و ارقام و لاین‌های جو نمی‌توانند پتانسیل واقعی خود را در این منطقه نشان دهند؛ بنابراین زابل، داراب و گنبد از مناطق مساعد کشت جو در منطقه گرم کشور می‌باشند. واکنش متفاوت لاین‌ها در این مناطق به دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است که با استفاده از شاخص SIIG سعی شد بهترین لاین‌ها بر اساس صفات مختلف در هر منطقه شناسایی شود و برای مراحل پیشرفته کاشت در آن مناطق ازجمله آزمایش‌های سازگاری معرفی شوند. نتایج همبستگی شاخص SIIG با صفات مختلف نشان داد که در همه مناطق همبستگی بالا معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص SIIG وجود داشت که این مطلب حاکی از تنوع موجود بین لاین‌ها ازنظر عملکرد دانه بود. چون هر چه تنوع صفتی بالاتر باشد نقش آن در مقدار عددی شاخص SIIG بیشتر خواهد بود (Najafi Mirak et al., 2018). همچنین در هر منطقه روش SIIG، لاین‌های شاخص را معرفی کرده و فاصله آن‌ها را از سایر لاین‌ها نشان داده است؛ بنابراین شاخص SIIG بهترین لاین/لاین‌ها و ضعیف‌ترین لاین/لاین‌ها را در هر منطقه بر اساس چند صفت به‌طور هم‌زمان مشخص کرده است. به‌عنوان‌مثال لاین شماره ۱۱۳ با بیشترین عملکرد دانه (۲۸۷۵ کیلوگرم در هکتار)، وزن هزار دانه بالا (۵۶ گرم)، ارتفاع ۸۱ سانتی‌متری و زودرس‌تر از بسیاری از لاین‌ها با تعداد روز تا رسیدگی ۱۰۷ روز حائز بالاترین مقدار شاخص SIIG (۰/۸۷۶) بود؛ بنابراین اگر ژنوتیپ‌های خاصی با صفات مطلوب در آزمایش وجود داشته باشد شاخص SIIG آن‌ها را به‌راحتی شناسایی خواهد کرد. همچنین در زابل لاین‌های شماره‌ی ۱۲۰ و ۱۷ با بیشترین مقدار شاخص SIIG (به‌ترتیب ۰/۷۶۵ و ۰/۷۰۹) به‌دلیل عملکرد بالای این دو لاین (به‌ترتیب ۷۵۴۷ و ۷۲۷۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر لاین‌ها جزء دو لاین برتر در آزمایش بودند؛ بنابراین شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) یک مدل گزینشگر بوده و به‌منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های موردبررسی 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 (Abdollahi Hesar et al., 2020، Zali and Barati, 2020، Najafi Mirak et al., 2018، Zali et al., 2017). از دیگر ویژگی‌های شاخص SIIG، ادغام صفات با واحدهای مختلف است (Zali et al., 2015). همان‌طور که مشاهده شد در این تحقیق از صفاتی با واحدهای متفاوت استفاده شد. هم‌چنین هر چه صفتی دارای تنوع فنوتیپی بیشتری باشد نقش آن در مقدار عددی شاخص SIIG بیشتر خواهد بود. درصورتی‌که در تحقیقی تعداد صفات موردبررسی زیاد باشد برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و صفات مطلوب بهتر است شاخص SIIG بر مبنای همه صفات به‌جز عملکرد محاسبه شود و درنهایت انتخاب ژنوتیپ‌ها در یک نمودار دوبعدی که یک محور آن شاخص SIIG و محور دیگر آن عملکرد دانه است صورت گیرد (Najafi Mirak et al., 2018، Tahmasebi et al., 2018). درمجموع نتایج شاخص SIIG در داراب، اهواز، زابل و گنبد نشان داد که به‌ترتیب تعداد ۲۴، ۱۸، ۱۸ و ۶ لاین با مقدار SIIG بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۶۰۰ (SIIG≥۰/۶۰۰)، جزء لاین‌های برتر در این مناطق بودند. بر اساس نتایج میانگین شاخص SIIG در همه مناطق، ۲۹ لاین با بیشترین مقدار میانگین شاخص SIIG (۰/۵۰۰-۰/۷۰۰) جزء لاین‌های برتر در بیشتر مناطق بودند؛ بنابراین لاین‌های منتخب در هر منطقه را می‌توان برای آزمایش‌ها در آن منطقه توصیه کرد و لاین‌هایی که درمجموع بیشتر مناطق حائز بیشترین مقدار SIIG بودند به‌عنوان لاین‌هایی که دامنه متنوع کشت را دارند برای کشت در همه مناطق در سال‌های بعدی معرفی کرد.

جدول ۴. شاخص SIIG و عملکرد دانه در ارقام و لاین‌های خالص جو در مناطق داراب، اهواز، زابل و گنبد

Table 4. Amounts SIIG index and seed yield in cultivars and lines of barley at Darab, Ahvaz, Zabol and Gonbad regions

SIIG						Seed yield عملکرد دانه				
لاین‌ها Lines	داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	میانگین Mean	داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	میانگین Mean
L2	0.676	0.513	0.520	0.531	0.560	4722	2120	5276	5346	4175
L3	0.614	0.387	0.462	0.259	0.430	4587	1788	5040	3788	3466
L4	0.569	0.503	0.391	0.193	0.414	4482	2172	4637	3288	3293
L5	0.595	0.472	0.257	0.530	0.463	4555	2002	3832	5147	3588
L6	0.684	0.324	0.385	0.448	0.460	5564	1583	4609	4634	3537
L7	0.561	0.371	0.259	0.397	0.397	4240	1720	3859	4392	3252
L8	0.764	0.294	0.440	0.487	0.496	6287	1622	4970	4946	3774
L9	0.667	0.496	0.538	0.291	0.498	5269	1924	5498	3654	3620
L10	0.610	0.371	0.483	0.195	0.414	4959	1670	5109	3299	3287
L12	0.429	0.488	0.463	0.090	0.367	3539	2056	5068	2879	3262
L13	0.669	0.499	0.502	0.241	0.478	4889	2110	5443	3088	3475
L14	0.645	0.374	0.627	0.301	0.487	5194	1541	6359	3991	3892
L15	0.671	0.424	0.613	0.420	0.532	4894	1800	6248	4386	4073
L16	0.631	0.438	0.600	0.440	0.527	4600	1940	6215	4604	4181
L17	0.505	0.646	0.709	0.413	0.568	3854	2350	7276	4627	4679
L18	0.511	0.604	0.685	0.391	0.548	3999	1983	7040	4476	4427
L19	0.520	0.682	0.619	0.269	0.522	3812	2417	6148	3814	4054
L20	0.483	0.395	0.264	0.261	0.351	3550	1310	3748	3454	2765
L22	0.631	0.401	0.640	0.352	0.506	4879	1760	6082	4056	3894
L23	0.497	0.611	0.589	0.489	0.547	3742	2234	5776	4876	4223
L24	0.549	0.577	0.670	0.259	0.514	4122	2038	6387	3459	3889
L25	0.579	0.461	0.335	0.347	0.430	4642	1526	4318	3948	3192
L26	0.383	0.332	0.230	0.399	0.336	3424	1680	3595	4264	3108
L27	0.469	0.503	0.521	0.166	0.415	4002	1883	5470	2499	3212
L28	0.661	0.478	0.697	0.348	0.546	5180	2042	6762	4203	4263
L29	0.420	0.396	0.596	0.474	0.472	3457	1410	5998	4857	4016
L30	0.461	0.458	0.667	0.318	0.476	3652	1850	6582	3716	3977
L32	0.694	0.545	0.424	0.244	0.477	5215	1876	4748	3314	3241
L33	0.762	0.544	0.679	0.354	0.585	5754	1992	6415	4018	4069
L34	0.729	0.437	0.659	0.311	0.534	5652	1517	6568	3728	3865
L35	0.570	0.360	0.487	0.185	0.400	4500	1713	5387	3453	3445
L36	0.488	0.283	0.560	0.437	0.442	3909	1330	5734	4584	3811
L37	0.572	0.475	0.466	0.217	0.432	4422	1616	5109	3106	3205
L38	0.488	0.356	0.612	0.238	0.424	3899	1377	6082	3116	3453
L39	0.483	0.513	0.408	0.413	0.454	3659	1812	4859	4466	3640
L40	0.468	0.624	0.570	0.370	0.508	4169	2290	5665	4254	3998
L42	0.286	0.614	0.387	0.582	0.467	1947	2172	4595	5747	4250
L43	0.435	0.477	0.386	0.238	0.384	3423	1741	4665	3607	3416
L44	0.248	0.522	0.247	0.306	0.331	1565	2051	3707	4011	3334
L45	0.339	0.356	0.319	0.537	0.388	2427	1741	3984	5007	3656
L46	0.534	0.481	0.357	0.694	0.517	4278	1966	4290	6120	4203
L47	0.450	0.425	0.432	0.824	0.533	3703	1606	4818	7577	4745
L48	0.468	0.544	0.189	0.484	0.421	3847	2106	3082	4940	3454
L49	0.389	0.518	0.382	0.539	0.457	3255	1690	4484	5209	3872
L50	0.331	0.555	0.593	0.461	0.485	2832	2136	5957	4962	4430

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

	SIIG					عملکرد دانه Seed yield				
لاین‌ها Lines	داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	میانگین Mean	داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	میانگین Mean
L52	0.530	0.491	0.363	0.551	0.484	3682	2159	4332	5284	4003
L53	0.449	0.518	0.481	0.459	0.477	3775	2412	5207	4722	4192
L54	0.543	0.563	0.375	0.378	0.465	3957	2390	4568	4286	3826
L55	0.533	0.590	0.513	0.355	0.498	4060	2656	5457	4159	4168
L56	0.363	0.459	0.325	0.353	0.375	2570	2011	4345	4227	3606
L57	0.575	0.557	0.504	0.440	0.519	3982	2496	5429	4617	4259
L58	0.492	0.574	0.334	0.326	0.431	3445	2191	4387	4049	3620
L59	0.493	0.570	0.506	0.403	0.493	3455	2482	5262	4467	4148
L60	0.352	0.546	0.460	0.314	0.418	2675	2436	4984	3907	3854
L62	0.576	0.438	0.469	0.459	0.486	3992	1706	5068	4794	3934
L63	0.581	0.451	0.425	0.330	0.447	4255	1722	4929	4142	3676
L64	0.710	0.420	0.391	0.384	0.476	4913	1986	4665	4494	3793
L65	0.649	0.159	0.232	0.223	0.316	4900	735	3401	3547	2639
L66	0.318	0.217	0.225	0.330	0.273	2920	986	2929	4066	2738
L67	0.436	0.337	0.205	0.347	0.331	3628	1596	3179	4261	3090
L68	0.479	0.266	0.276	0.320	0.335	3933	1388	3901	4139	3221
L69	0.382	0.302	0.231	0.166	0.270	3243	1674	3762	3281	2983
L70	0.325	0.266	0.463	0.374	0.357	2572	1460	5095	4326	3705
L72	0.424	0.290	0.301	0.205	0.305	3455	1553	3984	3354	3042
L73	0.516	0.359	0.277	0.312	0.366	3868	1581	3776	4174	3255
L74	0.373	0.350	0.336	0.327	0.347	3310	1664	4123	4236	3419
L75	0.394	0.330	0.207	0.297	0.307	3293	1633	3304	3916	3029
L76	0.334	0.374	0.276	0.543	0.382	3152	2066	3734	5145	3727
L77	0.410	0.332	0.232	0.323	0.324	3480	1726	3151	3842	2984
L78	0.475	0.550	0.418	0.444	0.472	3513	1864	4776	4665	3847
L79	0.506	0.540	0.264	0.449	0.440	3767	1988	3832	4834	3629
L80	0.531	0.449	0.558	0.351	0.472	4133	1686	5498	4355	3925
L82	0.522	0.666	0.186	0.531	0.476	4064	2258	3089	5123	3483
L83	0.462	0.680	0.155	0.644	0.485	3317	2293	2769	5747	3596
L84	0.562	0.528	0.144	0.461	0.424	4087	1875	2825	4660	3113
L85	0.656	0.563	0.246	0.651	0.529	4735	1928	3852	5770	3843
L86	0.625	0.556	0.307	0.655	0.536	4554	1889	3936	5895	3900
L87	0.660	0.436	0.342	0.541	0.495	4920	1465	3075	5245	3255
L88	0.386	0.480	0.395	0.152	0.353	3489	1965	4214	2442	2866
L89	0.601	0.585	0.463	0.265	0.479	4814	2075	4866	3700	3540
L90	0.420	0.667	0.570	0.223	0.470	3420	2210	5269	3370	3609
L92	0.451	0.459	0.282	0.291	0.371	4030	1840	3936	3667	3140
L93	0.529	0.504	0.341	0.462	0.459	4162	2125	4241	4742	3696
L94	0.591	0.522	0.287	0.445	0.461	4634	2065	4158	4722	3641
L95	0.409	0.520	0.290	0.330	0.387	3427	1993	4033	4024	3343
L96	0.548	0.478	0.402	0.361	0.447	4427	1750	4769	4184	3561
L97	0.478	0.555	0.342	0.353	0.432	3920	2290	4061	4162	3497
L98	0.510	0.657	0.432	0.454	0.513	3715	1998	4352	4755	3695
L99	0.450	0.381	0.409	0.391	0.408	3475	1147	4991	4373	3497
L100	0.550	0.400	0.539	0.419	0.477	4214	1570	5866	4632	4016

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

لاین‌ها Lines	SIIG: داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	میانگین Mean	عملکرد دانه Seed yield: داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	میانگین Mean
L102	0.424	0.636	0.533	0.542	0.534	3402	2441	5866	5377	4554
L103	0.510	0.573	0.569	0.415	0.517	3935	2148	5380	4528	4012
L104	0.543	0.584	0.660	0.549	0.584	4320	2167	6019	5085	4417
L105	0.550	0.524	0.635	0.338	0.512	4189	1953	5686	4032	3883
L106	0.542	0.644	0.521	0.459	0.542	4230	2385	5269	4748	4127
L107	0.375	0.521	0.543	0.297	0.434	3249	2390	6075	3827	4090
L108	0.532	0.559	0.429	0.409	0.482	4034	2375	5047	4718	4040
L109	0.393	0.702	0.271	0.346	0.428	2727	2049	4089	4007	3375
L110	0.507	0.676	0.341	0.334	0.465	3805	2325	4477	3844	3542
L112	0.531	0.502	0.443	0.674	0.537	3750	2065	4686	5762	4164
L113	0.674	0.876	0.475	0.437	0.615	4464	2875	5130	4683	4223
L114	0.544	0.325	0.469	0.484	0.455	4284	1443	5186	4640	3749
L115	0.657	0.426	0.491	0.322	0.474	4844	1665	5491	3927	3687
L116	0.293	0.288	0.483	0.192	0.314	2670	1368	5144	3197	3229
L117	0.507	0.466	0.462	0.319	0.439	4032	1927	5130	3975	3671
L118	0.422	0.656	0.614	0.381	0.518	3349	2046	6186	4315	4175
L119	0.669	0.717	0.612	0.291	0.572	4594	2388	6172	3815	4118
L120	0.492	0.660	0.765	0.258	0.544	3725	2352	7547	3342	4407
Nimrooz	0.575	0.614	0.425	-	0.538	4212	2436	4862	-	3944
Auxin	0.508	0.564	0.658	0.430	0.540	3988	2495	6293	4608	4305
Norooz	0.587	0.522	0.565	0.404	0.520	4263	2000	5760	4449	4300
WB95-19	0.622	0.571	0.484	0.448	0.531	4542	2069	5149	4705	3889
Sahra	-	-	-	0.440	0.440	-	-	-	4661	4114

	0.9≤SIIG<0.8
	0.8≤SIIG<0.7
	0.7≤SIIG<0.6
	0.6≤SIIG<0.5
	0.5≤SIIG<0.4
	0.3≤SIIG<0.3
	0.3≤SIIG<02
	0.2≤SIIG<0.1
	0.1≤SIIG<0.0

جدول ۵. همبستگی شاخص SIIG با صفات مورفولوژیک و فنولوژیک در مناطق داراب، اهواز، زابل و گنبد

Table 5. Correlation of SIIG index with morphological and phonologic traits at Darab, Ahvaz, Zabol and Gonbad

traits	صفات	SIIG index: داراب Darab	اهواز Ahvaz	زابل Zabol	گنبد Gonbad	کل مناطق All of regions
DHE	تعداد روز تا گل‌دهی	-0.081	-0.700**	-0.043	-0.241*	-0.242*
DMA	تعداد روز تا رسیدن	-0.231*	-0.293**	-0.053	-0.244**	-0.441**
PLH	ارتفاع بوته	-0.287**	0.019	0.085	0.282**	-0.414**
TKW	وزن هزار دانه	0.079	0.853**	0.189*	-	0.373**
YID	عملکرد دانه	0.947**	0.716**	0.972**	0.977**	0.891**

منابع

Abdollahi Hesar, A., Sofalian, O., Alizadeh, B., Asghari, A., Zali, H., 2020. Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. Journal of Crop Breeding. 12, 93-104. [In Persian with English summary].

Ahmadi, K., Gholizadeh, H.A., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Fazliestabragh, M., Hussein pour, R., Kazemian, A., Rafeie, M., 2016. Agricultural Statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. Vol. 1. 163p. [In Persian].

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

Drikvand, R., Samiei, K., Hossinpoor, T., 2011. Path coefficient analysis in hull-less barley under rainfed condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 5, 277-279.

Emami, S., Asghari, A., Mohammaddoust Chamanabad, H., Rasoulzadeh, A., Ramzi, E. 2019. Evaluation of osmotic stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* L.) advanced lines. Environmental Stresses Crop Sciences. 12, 697-707. [In Persian with English summary].

FAO. 2017. Statistical data. www. FAOSTAT. Org.

Ferreira, J. R., Pereira, J. F., Turchetto, C., Minella, E., Consoli, L., Delatorre, C. A. 2016. Assessment of genetic diversity in Brazilian barley using SSR markers. Genetics and Molecular Biology. 39, 86-96.

Hadado, T., Rau, D., Bitocchi, E., Pado, R. 2009. Genetic diversity of barley (*Hordeum vulgre* L.) landraces from the central highlands of Eithiopia: comparison between the Belg and Meher growing seasons using morphological traits. Genetic Resources and Crop Evolution. 56, 1131-1148.

Holland, J.B. 2006. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. Crop Science. 46, 642-654.

Lin, C. Y. 1978. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. Theoretical Applied Genetics. 52, 49-56.

Kampthorne, O., Nordskog, A.W. 1959. Restricted selection indices. Biometrics. 15, 10-19.

Mohtashmi, R. 2015. The correlation study of important barley agronomic traits and grain yield by Path Analysis. Biological Forum – An International Journal. 7, 1211-1219.

Mondal, S., Singh, R.P., Crossa, J., Huerta-Espino, J., Sharma, I., Chatrath, R., Singh,G.P., Sohu, V.S., Mavi, G.S., Sukuru, V.S.P., Kalappanavar, I.K., Mishra, V.K.,Hussain, M., Gautam, N.R., Uddin, J., Barma, N.C.D., Hakim, A., Joshi, A.K., 2013. Earliness in wheat: a key to adaptation under terminal and continual high temperature stress in South Asia. Field Crops Research. 151, 19–26.

Mondal, S., Singh, R.P., Mason, E.R., Huerta-Espino, J., Autrique, E., Joshi, A.K., 2016. Grain yield, adaptation and progress in breeding for early-maturingand heat-tolerant wheat lines in South Asia. Field Crops Research. 192, 78–85

Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M., Zali, H., 2018. Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. Journal of Crop Production and Processing. 8, 79-96. [In Persian with English summary].

Pesek, J., Baker, R.J., 1969. Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal of Plant Science. 49, 803-804.

Rabiei, B., Valizdah, M. Ghareyazie, B., Moghaddam, M., 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. Field Crops Research. 89, 359-367.

Ramzi, E., Asghari, A., Khomari, S., Chamanabad, H.M., 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. Durum Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. Journal of Crop Breeding. 10, 63-72. [In Persian with English summary].

Rane, J., Pannu, R.K., Sohu, V.S., Saini, R.S., Mishra, B., Shoran, J., Crossa, J., Vargas, M., Joshi, K., 2007. Performance of yield and stability of advanced wheat cultivar under heat stress environments of the Indo-Gangetic plains. Crop Science. 47, 1561-1572.

Rodríguez, F., Alvarado, G., Pacheco, Á., Burgueño. J., 2017. ACBD-R. Augmented Complete Block Design with R for Windows. Version 3.0. https://hdl.handle.net/11529/ 10855. CIMMYT Research Data & Software

Repository Network, V3, DEACCESSIONED VERSION.

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

Tahmasebi, S., Dastfal, M., Zali, H., Rajaei, M., 2018. Drought tolerance evaluation of bread heat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. Cereal Research. 8, 209-225. [In Persian with English summary].

Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Heat tolerance in plants, An Overview. Environmental and Experimental Botany. 61, 199-223.

Yagoutipour, A., Farshadfar, E., Saeedi, M., 2017. Assessment of durum wheat genotypes for drought tolerance by suitable compound method. Environmental Stress in Crop Sciences. 10, 247-256. [In Persian with English summary].

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A., 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. Biological Forum – An International Journal. 7, 703-711.

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A., Zeinalabedini, M., 2017. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. Journal of Crop Breeding. 78, 77-90. [In Persian with English summary].

Zali, H., 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. Journal of Crop Breeding. 12, 93-104. [In Persian with English summary].

Zeng, X.Q. 2015. Genetic variability in agronomic traits of a germplasm collection of hulless barley. Genetics and Molecular Research. 14, 18356-18369.