

## Evaluation of promising high-yield bread wheat lines with desirable agronomic traits using the selection index of ideal genotype (SIIG) in southern Fars province

Ali Reza Askari Kelestani <sup>a</sup>, Mohsen Esmailzadeh Moghadam <sup>b</sup>, Sirous Tahmasebi <sup>c</sup>, Manouchehr Dastfal <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran

<sup>b</sup> Seed and Plant Improvement Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

<sup>c</sup> Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

\*Corresponding Author: [ar.askary@areeo.ac.ir](mailto:ar.askary@areeo.ac.ir)

Received: 23 September 2024 Accepted: 27 December 2024 DOI: 10.22034/CSRAR.2025.479920.1438

### How to cite this article:

Askari Kelestani, A.R., Esmailzadeh Moghadam, M., Tahmasebi, S. and Dastfal, M., 2025. Evaluation of promising high-yield bread wheat lines with desirable agronomic traits using the selection index of ideal genotype (SIIG) in southern Fars province. *Crop Science Research in Arid Regions*, 7(1), pp.105-123. <https://doi.org/10.22034/CSRAR.2025.479920.1438>

### Abstract

**Introduction:** Identifying and selecting suitable lines and varieties for wheat cultivation in each geographical area is of great importance. New wheat lines are commonly evaluated through advanced experiments in similarly climatic regions, using the results to identify appropriate varieties for cultivation in each area within most breeding programs worldwide. The aim of this research is to conduct an initial assessment of wheat lines and identify superior lines for further testing, with the goal of introducing new varieties in the southern region of Fars province.

**Materials and Methods:** This research was conducted to evaluate and select superior bread wheat lines with desirable agronomic traits at the Agricultural Research Station of Darab during the agricultural years 2019-2020 and 2020-2021. The lines used in this research were selected from various experiments conducted in Zabol, Darab, and Karaj, as well as from international trials. Additionally, double haploid lines derived from a joint program between the Seed and Plant Improvement Institute and Florimond Desprez in France were included. In the first year, 315 pure bread wheat lines were examined, and 65 superior lines were selected using the Selection index of ideal genotype (SIIG). In the second year, these lines, along with three control cultivars, were planted and evaluated in an alpha lattice design.

**Results and Discussion:** The analysis of variance for quantitative traits in the control varieties indicated no significant differences between the blocks. Performance analysis of the traits shows that the two traits of grain yield (equivalent to 16.45) and grain filling rate (equivalent to 14.78) had the highest coefficients of variation, thus exhibiting the greatest diversity among the quantitative traits.



Additionally, the minimum and maximum grain yield of the evaluated lines were 1.83 and 8.33 tons per hectare, respectively. The results of the coefficient of variation parameters, along with the minimum and maximum values, confirm the presence of high diversity in grain yield. Consequently, using the selection index SIIG, lines were selected with an average yield of 7.49 tons per hectare, which was higher than the average yield of the control genotypes (6.97 tons per hectare) and the total lines (6.50 tons per hectare). In the second year, significant differences were observed between the lines for most examined traits. The results of this study also indicate that the average performance of 65 selected lines in the second year was 5.04 tons per hectare, which represents a decrease of approximately 2 tons per hectare compared to the performance of the same lines in the first year. The rainfall recorded in the first year was 486.2 mm, while in the second year, it was 73.7 mm. An analysis of the average temperatures during the two critical months of grain filling, namely April and May, shows that the weather in the first year during these months was cooler than in the second year. This contributed to the reduction of the thousand-grain weight from 42.19 gr in the first year to 33.50 gr in the second year. Regarding selection differential, the highest and lowest values corresponded to the traits thousand grain weight (4.80%) and height (-0.89%), respectively. Additionally, the total selection differential, both positive and negative, was obtained as 5.60% and -2.69%, respectively. The SIIG categorized the lines into six groups. Genotypes number 28, 36, 60, 25, 45, 53, 35, 12, 33, 11, 37, 16, 34, 19, 59, 48, 49, 8, and 30 were identified as the best genotypes with yields exceeding that of the control cultivars. Examination of the pedigree of the top selected lines showed that several of the top selected lines included parents PASTOR, BORL14, KACHU, and WBLL1. These parents likely played a crucial role in the success of these lines compared to other tested lines. The selected parents in this research possess beneficial genes (such as drought resistance genes from the top selected lines originating from SAWYT, temperature tolerance from HTWYT, rust resistance from 13STEMRRSN, etc.) that have enhanced yield and quality of wheat under specific climatic conditions.

**Conclusion:** The results demonstrated the effectiveness of the SIIG in classifying the genotypes, and based on the findings, the selected lines were introduced for adaptability testing in national uniform trials in the hot climate of the country.

**Keywords:** Alpha lattice design, Grain yield, Thousand grain weight, SIIG index

## ارزیابی لاین‌های امیدبخش گندم نان با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل در جنوب استان فارس

علی رضا عسکری کلستانی<sup>۱\*</sup>، محسن اسماعیل زاده مقدم<sup>۲</sup>، سیروس طهماسبی<sup>۳</sup>، منوچهر دست فال<sup>۱</sup>

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، داراب، ایران

۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران

۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز (AREEO)، ایران

\* مسئول مکاتبه: ar.askary@areeo.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2025.479920.1438

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

### چکیده

شناسایی و انتخاب لاین‌ها و ارقام مناسب برای کشت گندم نان در هر ناحیه جغرافیایی اهمیت زیادی دارد. بدین منظور، این پژوهش به منظور ارزیابی و انتخاب لاین‌های برتر گندم نان واجد صفات مطلوب زراعی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام گردید. در سال اول، ۳۱۵ لاین خالص و چهار شاهد بررسی و ۶۵ لاین برتر با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) انتخاب و در سال دوم، این لاین‌ها تحت طرح آلفا لاتیس در دو تکرار آزمایش شدند. در سال اول، نتایج نشان داد که میانگین عملکرد دانه در لاین‌های انتخاب شده ۷/۶۹ تن در هکتار بود که از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد (۶/۹۷ تن در هکتار) و مجموع ژنوتیپ‌ها (۶/۵۰ تن در هکتار) بیشتر بود. در سال دوم، تفاوت‌های معنی‌داری بین لاین‌ها در اکثر صفات مورد بررسی مشاهده شد. از نظر دیفرانسیل‌پذیری، بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به صفات وزن هزار دانه (۴/۸۰ درصد) و ارتفاع (۰/۸۹- درصد) بود. علاوه بر این، دیفرانسیل کل مطلوب مثبت و منفی به ترتیب ۵/۶۰ درصد و ۲/۶۹- درصد به دست آمد. شاخص SIIG لاین‌ها را به شش گروه تقسیم کرد. ژنوتیپ‌های شماره ۲۸، ۳۶، ۶۰، ۲۵، ۴۵، ۵۳، ۳۵، ۱۲، ۳۳، ۱۱، ۳۷، ۱۶، ۳۴، ۱۹، ۵۹، ۴۸، ۴۹، ۸ و ۳۰ با عملکرد بالاتر از ارقام شاهد به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. با توجه به نتایج، لاین‌های منتخب برای بررسی سازگاری در آزمایشات یکنواخت سراسری اقلیم گرم کشور معرفی گردیدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص SIIG، طرح آلفا لاتیس، عملکرد دانه، وزن هزار دانه

### مقدمه

رشد زایشی گندم، نسبت به گرما حساس است (Rosielle and Hamblin, 1981). بنابراین، توسعه ارقام مقاوم به گرما به یکی از اهداف اصلی برنامه‌های اصلاحی گندم تبدیل شده است (Kamrani et al., 2018). در این مناطق، هرگونه تأخیر در تاریخ کاشت می‌تواند منجر به افزایش دما در دوران رشد و پرا شدن دانه‌ها شود که نتیجه آن کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌باشد (Aglan et al., 2020).

در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت (CIMMYT<sup>1</sup>)، برنامه‌های اصلاحی گندم به زودرسی لاین‌ها توجه ویژه‌ای دارند. زودرسی به عنوان یک روش سازگاری مناسب در مناطقی که با دمای بالا در انتهای فصل مواجه‌اند،

گندم به دلیل توانایی بالای خود در سازگاری با شرایط مختلف اقلیمی، یکی از اصلی‌ترین محصولات کشاورزی در سطح جهان است (Banerjee c, 2020). در سال ۲۰۲۳ میانگین تولید گندم جهان تقریباً ۷۸۹ میلیون تن و در ایران حدود ۵/۱۳ میلیون تن گزارش شده است که استان‌های فارس، خراسان، گلستان و خوزستان بیشترین میزان تولید این محصول را دارا هستند (FAO, 2023).

افزایش دما به عنوان یک چالش جدی برای بشر مطرح شده و تنش گرمایی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد محصولات زراعی، از جمله گندم، در سطح جهانی به شمار می‌آید. مرحله

<sup>1</sup> The International Maize and Wheat Improvement Center

صفات، انتخاب ژنوتیپ برتر دشوار می‌شود؛ اما استفاده از روش انتخاب SIIG امکان ادغام تمام شاخص‌ها و صفات را فراهم می‌کند که این امر انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را ساده‌تر می‌سازد (Zali et al., 2023). روش SIIG در بسیاری از تحقیق‌ها به منظور بررسی و انتخاب لاین‌های برتر در گندم نان (Yaghotipoor et al., 2017)، گندم دوروم (Tadili et al., 2020)، جو (Barati et al., 2022)، کلزا (Zali et al., 2019) و آفتابگردان (Gholizadeh et al., 2021) گزارش شده است. در پژوهشی نشان داده شد که شاخص SIIG دارای پتانسیل ایده‌آلی برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول با صفات مطلوب است (Zali et al., 2023). استفاده از SIIG می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر در غربالگری ژنوتیپ‌های برتر در مراحل اولیه هر برنامه اصلاحی برای محصولات مختلف عمل کند. بنابراین پژوهش حاضر جهت بررسی اولیه لاین‌های گندم نان و شناسایی لاین‌های برتر جهت انجام آزمایش‌های تکمیلی، به منظور معرفی ارقام جدید در منطقه جنوب استان فارس انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس (ایستگاه داراب) در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام گردید. آزمایش اولیه شامل ارزیابی ۳۱۵ لاین خالص گندم نان و چهار رقم شاهد (سارنگ، برات، مهرگان و چمران ۲ با ۴ تکرار) در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا شد. در نتیجه این ارزیابی، ۶۵ لاین برتر با استفاده از شاخص SIIG انتخاب و در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ به همراه سه رقم شاهد موجود در منطقه (سارنگ، مهرگان و چمران ۲) در قالب طرح آلفا لاتیس ۱۳×۵ با دو تکرار کشت و ارزیابی شدند (جدول ۱). لاین‌های مورد استفاده در این تحقیق از آزمایشات مختلف (زابل، داراب و کرج)، آزمایشات بین‌المللی شامل 51IBWSN (International Bread Wheat Screening Nursery)، 36SAWSN (Semi-arid Wheat Screening Nursery)، 13STEMRRSN (Steam Rust Resistance Screening) و 9HPYT (Nursery Harvest Plus Yield Trial)، 18HTWYT (High Temperature Wheat Yield) و 8SATYN (Trial 8 Stress Adaptive Trait Yield) بودند.

اهمیت ویژه‌ای دارد (Mondal et al., 2016). به‌نژادگران گندم علاقه‌مند به شناسایی ژنوتیپ‌هایی هستند که عملکرد دانه مناسبی داشته باشند. تحقیقات متعددی در زمینه ارزیابی صفات و تعیین ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه انجام شده است. در بسیاری از این مطالعات، تمرکز بر ارتباط بین صفات و عملکرد بوده و به انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها پرداخته نشده است (Devesh et al., 2019; Adilova et al., 2009). بنابراین، نیاز به روش‌هایی برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس صفات موجود احساس می‌شود که یکی از این روش‌ها، شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل<sup>۱</sup> (SIIG) است. این روش نه تنها به انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل کمک می‌کند، بلکه فاصله بین ژنوتیپ‌ها را نیز مشخص می‌کند (Zali et al., 2019). هدف از این شاخص‌ها انتخاب غیر مستقیم برای عملکرد دانه نیست بلکه هدف شناسایی ژنوتیپ‌های ایده‌آل از نظر عملکرد دانه بالا و سایر صفات مورد بررسی در حد امکان است. استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر انتخاب غیر مستقیم باشد. محققان شاخص‌های متنوعی را برای افزایش کارایی انتخاب معرفی کرده‌اند (Brim et al., 1959; Koocheki, 1994; Lin, 1978; Lin, 1978; Koocheki, 1994; Lin, 1978). شاخص‌های انتخاب مانند اسمیت-هیزل (۱۹۳۶) و پسک-بیکر (۱۹۶۹) به‌منظور گزینش همزمان چندین صفت اصلی با توجه به ارزش اقتصادی و فنوتیپی و همبستگی میان صفات استفاده می‌شود، در حالی که در روش SIIG نیازی به محاسبه وراثت‌پذیری و ارزش فنوتیپی و اقتصادی نیست. روش SIIG امکان شناسایی ژنوتیپ‌هایی با خصوصیات خاص را فراهم می‌آورد. این شاخص برای اولین بار در ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی و روش‌های تجزیه پایداری به‌منظور افزایش کارایی انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل به کار رفت (Zali et al., 2019). از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف، انتخاب ژنوتیپ، تعیین فواصل ژنوتیپ‌ها بر مبنای تمام صفات و گروه‌بندی آن‌ها استفاده کرد. یکی از ویژگی‌های این روش این است که می‌توان از تمام صفات، چه مورفولوژیک و چه فیزیولوژیک، برای محاسبه آن استفاده کرد و هیچ محدودیتی در این زمینه وجود ندارد. با توجه به اینکه با افزایش تعداد

<sup>1</sup> Selection index of ideal genotype

2004). جهت بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس تنوع فنوتیپی و ادغام صفات مورفو-فینولوژیک، روش SIIG به کار گرفته شد. مراحل محاسبه این شاخص به تفصیل زیر است (Zali et al., 2019):

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها: برای ایجاد ماتریس داده‌ها با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مورد مطالعه، از رابطه ۱ استفاده شد که به آن ماتریس D گفته می‌شود.

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

در این ماتریس، هر مقدار  $X_{ij}$  نمایانگر مقدار صفت  $j$  ام برای ژنوتیپ  $i$  ام با  $(i = 1, 2, \dots, n)$  و  $(j = 1, 2, \dots, m)$  است. لذا، ردیف‌ها به ژنوتیپ‌ها و ستون‌ها به صفات نسبت داده شده‌اند.

۲- نرمال‌سازی داده‌ها: برای تبدیل ماتریس اولیه (ماتریس D) به یک ماتریس نرمال (ماتریس R)، از رابطه ۲ استفاده شد.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (2)$$

برای این منظور، مقادیر هر صفت در تمامی ژنوتیپ‌ها به توان دو رسانده و سپس جذر مجموع این مقادیر برای تعیین مخرج کسر محاسبه گردید. در نهایت، هر داده به این مخرج کسر تقسیم شد. بنابراین، ماتریس R به شکل رابطه ۳ تعریف می‌شود.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

۳- شناسایی بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ: در این مرحله، با توجه به نوع صفت و نظر محقق، بهترین (ایده‌آل) و ضعیف‌ترین (غیرایده‌آل) ژنوتیپ برای هر صفت به صورت جداگانه شناسایی می‌شود.

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ضعیف: در این مرحله، برای هر ژنوتیپ، فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل  $di^+$  و همچنین فاصله از ژنوتیپ ضعیف  $di^-$  با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه می‌شود.

(Nursery) و همچنین لاین‌های دبلد هاپلوئید حاصل از برنامه مشترک بین موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر و شرکت فلوریمانند دپره فرانسه<sup>۱</sup> انتخاب شدند.

اطلاعات هواشناسی این ایستگاه در دو سال زراعی مذکور در جدول ۲ درج شده است. بافت خاک مزرعه آزمایشی رسی لومی و تناوب دو ساله غلات-آپیش در مزرعه لحاظ گردیده بود. روند تهیه زمین شامل شخم پس از برداشت محصول قبلی، یک نوبت شخم بهاره، دیسک‌زنی، دو بار لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو بود. بذور آزمایشی قبل از کشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. ژنوتیپ‌ها در بازه‌ای مشخص در اواسط آذرماه به صورت شش خط به طول شش متر و فاصله ۲۰ سانتی‌متری از هم کشت و به روش نشتی آبیاری شدند. میزان بذر مصرفی با توجه به ۴۰۰ دلنه در متر مربع و با لحاظ وزن هزار دانه هر لاین محاسبه گردید. کشت آزمایش‌ها با استفاده از بذرکار خطی وینتراشتایگر ساخت اتریش در نیمه اول آذر صورت گرفت. بر اساس توصیه کودی، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (در سه نوبت پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی) و کودهای دی آمونیوم فسفات و سولفات پتاسیم به ترتیب با ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کشت) مصرف شد. مبارزه با علف‌های هرز به کمک علف‌کش‌های انتخابی (آکسیال و برومایسید) در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه‌رفتن (نیمه اول بهمن) صورت گرفت.

در طول دوره رشد، همزمان با مراقبت‌های زراعی، ثبت یادداشت‌ها شامل روز تا ظهور سنبله ( $DHE^2$ ) بر اساس روز، روز تا رسیدگی ( $DME^3$ ) بر اساس روز و ارتفاع بوته ( $PLH^4$ ) بر اساس سانتی‌متر انجام شد. پس از پایان فصل رشد و حذف اثر حاشیه، محصول هر کرت با استفاده از کمباین آزمایشی (Wintersteiger, Ried, Austria) برداشت گردید. عملکرد دلنه ( $YLD^5$ ) برای هر ژنوتیپ به تن در هکتار، وزن هزار دلنه ( $TGW^6$ ) به گرم، سرعت پر شدن دلنه ( $SFR^7$ ) بر اساس میلی‌گرم بر روز و طول دوره پر شدن دلنه ( $SFP^8$ ) بر اساس روز محاسبه گردید. طول دوره پر شدن دلنه با تفاضل روز رسیدگی و روز تا سنبله‌دهی به دست آمد و سرعت پر شدن دلنه با تقسیم حداکثر وزن دلنه بر طول دوره پر شدن محاسبه شد (Egli, 2004).

<sup>5</sup> Grain yield

<sup>6</sup> Thousand kernel weight

<sup>7</sup> Seed Filling Rate

<sup>8</sup> Seed Filling Period

<sup>1</sup> Florimand Despres group, France

<sup>2</sup> Days to heading

<sup>3</sup> Days to maturity

<sup>4</sup> Plant height

جدول ۱- شجره لاین‌های خالص گندم نان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 1- Pedigree of bread wheat pure line at 2020-2021 cropping season

ژنوتیپ Genotype	شجره pedigree
<b>Chamran2</b>	
2	TURACO/CHIL//SKAUZ/3/PASTOR/4/Pishtaz/5/Sirvan
3	TURACO/CHIL//SKAUZ/3/PASTOR/4/Unknown/5/Sirvan
4	TURACO/CHIL//SKAUZ/3/PASTOR/4/Unknown/5/Sirvan
5	TURACO/CHIL//SKAUZ/3/PASTOR/4/Unknown/5/Sirvan
6	Chamran 2//SW89.3064/STAR
7	Pishtaz//Falat/Barakat/3/IRENA/BABAX//PASTOR
8	Pishtaz//Falat/Barakat/3/IRENA/BABAX//PASTOR
9	Pishtaz//Falat/Barakat/3/IRENA/BABAX//PASTOR
10	Pishtaz//Falat/Barakat/3/IRENA/BABAX//PASTOR
11	Pishtaz//Falat/Barakat/3/IRENA/BABAX//PASTOR
12	Pishtaz//Falat/Barakat/3/IRENA/BABAX//PASTOR
13	PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR/6/Baaz
14	PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR/6/Baaz
15	F60314.78/MRL//CNO79/3/KA/Nac/4/Star/5/NSP88/Siren//Shiroodi
16	CBRD-3/STORK X DICOCCOIDES//Baz/3/ATTILA50Y//ATTILA/BCN
17	KAUZ*2/OPATA//KAUZ/3/DEEK/4/ATTILA50Y//ATTILA/BCN
18	F60314.78/MRL//CNO79/3/KA/Nac/4/Star/5/WEEBILL 1
19	ATTILA50Y//ATTILA/BCN/4/OASIS//SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/5/PRL/2*PASTOR
20	ATTILA*2/AMAD//ENKOY/3/PFAU/MILAN
21	BORL14//BECARD/QUAIU #1
22	MUTUS/ROLF07//MUCUY
23	WBL1*2/BRAMBLING/4/BABAX/LR42//BABAX*2/3/SHAMA
24	SOKOLL/WBL1/4/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM
25	HUW234+LR34/PRINIA*2//SNLG/3/KINGBIRD #1/4/BAJ #1
26	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/FRANCOLIN #1/5/MUNAL/6/KACHU #1/KIRITATI//KACHU
27	SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/FRANCOLIN #1/5/MUNAL/6/KACHU #1/KIRITATI//KACHU
28	BORL14*2//KFA/2*KACHU
<b>Mehregan</b>	
30	KANCHAN*2//JUCHI//2*BORL14
31	ATTILA*2/PBW65*2//MURGA/3/KACHU/KIRITATI
32	BORL14*2/FITIS KACHU
33	#1//WBL1*2/KUKUNA/3/BRBT1*2/KIRITATI/6/ROLF07*2/5/REH/HARE//2*BCN/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)//PGO/4/HUITES/7/BORL14
34	KACHU//KIRITATI/2*TRCH/3/KFA/2*KACHU
35	KACHU//KIRITATI/2*TRCH/3/KFA/2*KACHU
36	PUB94.15.1.12/WBL1
37	BORL14*2//BECARD/QUAIU #1
38	ONIX/KBIRD//BORL14/3/ONIX/KBIRD
39	KRL 19/QUAIU #1//BECARD/QUAIU #1
40	BABAX/LR42//BABAX*2/3/KUKUNA/4/CROSBILL #1/5/BECARD/6/BORL14
41	SUP152/BLOUK #1/3/PRL/2*PASTOR*2//VORB/4/SUP152/BLOUK #1
42	SUP152/HUIRIVIS #1//2*BORL14
43	KFA/2*KACHU*2//SUP152
44	WBL1*2/KURUKU//HEILO/3/WBL1*2/KURUKU/4/SUP152/BAJ #1/5/SUP152/BAJ #1
45	WBL1*2/BRAMBLING//WBL1*2/BRAMBLING/3/2*BORL14
46	MERCATO/BECARD//BOKOTA
47	FD07072/FRANCOLIN #1/4/ATTILA*2/PBW65//MUU #1/3/FRANCOLIN #1
48	SUP152/BAJ #1/3/KACHU//WBL1*2/BRAMBLING
49	WBL14/KUKUNA//WBL1/3/WBL1*2/BRAMBLING/4/BECARD/FRNCLN
50	VILLA JUAREZ F2009/CHYAK//MUTUS/AKURI
51	SUP152*2/TECUE #1/3/ATTILA*2/PBW65*2//MURGA
52	OASIS//SKAUZ//4*BCN*2/3/PASTOR/4/HEILO/5/PAURAQ/6/BECARD/QUAIU #1
53	FRAME//MILAN/KAUZ/3/PASTOR/4/SOKOLL/5/KACHU//WBL1*2/BRAMBLING
54	PREMIO//PI 610750/PIFED/4/VORB/FISCAL//KACHU/3/WBL1*2/BRAMBLING
55	MUNAL #1/FRANCOLIN #1*2//KUTZ
56	KACHU//WBL1*2/BRAMBLING*2/3/KACHU/KIRITATI
57	FRET2*2/BRAMBLING//BECARD/3/WBL1*2/BRAMBLING*2/4/BECARD/QUAIU #1
58	Chamran/Baz
59	PRL/2*PASTOR//Morvarid
60	DEZ/SW891882//Shiroodi
61	DEZ/SW891882//Morvarid
62	KIRITATI/WBL1//2*BLOUK #1*2/3/BECARD/QUAIU #1
63	BORL14*2//BECARD/QUAIU #1
64	BORL14*2//BECARD/QUAIU #1
<b>Sarang</b>	

جدول ۲- داده‌های هواشناسی ماهیانه در فصول زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰

Table 2- Monthly meteorological data in the cropping seasons of 2019-2020 and 2020-2021

ماه Month	فصل زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹				فصل زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹			
	2019-2020 Cropping season				2020-2021 Cropping season			
	بارش Rainfall (mm)	دما Temp. (°C)			بارش Rainfall (mm)	دما Temp. (°C)		
		کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean		کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean
مهر Oct	0.2	18.4	35.4	26.9	0	16	33.4	24.7
آبان Nov	26.1	10.8	26.2	18.5	7	16.2	27.3	18.7
آذر Dec	117.3	6.3	19.8	13.1	40.6	7.6	20.4	14.2
دی Jan	122.8	3.9	17.6	10.8	2	2.2	19.4	10.8
بهمن Feb	24.6	3.8	18.3	11.1	4.1	4.5	22.8	13.7
اسفند Mar	9.4	7.9	23.1	15.5	17.2	9.9	24.6	17.2
فروردین Apr	158.7	10.8	23.6	17.2	0.9	13.6	31.5	22.6
اردیبهشت May	24.5	15.8	31.9	23.9	1.9	18.4	34.8	22.6
خرداد June	2.6	21.3	40.5	30.9	0	23.3	42	32.7
میانگین دما Temp. Mean	-	11.0	26.3	18.7	-	12.4	28.5	19.7
مجموع بارش Rainfall Total	486.2	-	-	-	73.7	-	-	-

یک تغییر می‌کند و هرچه یک ژنوتیپ به ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار SIIG آن نیز به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ به عنوان نزدیک‌ترین به ژنوتیپ ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ ضعیف شناخته می‌شود.

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq SIIG_i \leq 1$$

بای‌پلات قوت و ضعف شاخص MGIDI: مراحل

محاسبه این شاخص به صورت زیر می‌باشد:

۱- تحلیل عاملی

تجزیه عاملی برای محاسبه کاهش ابعاد داده‌ها و ساختار

روابط انجام شد. این تحلیل بر اساس رابطه ۷ انجام گردید:

$$F = Z(A^T R^{-1})^T \quad (7)$$

F: ماتریس  $g \times f$  و  $f$  به ترتیب تعداد ژنوتیپ‌ها و

عامل‌های باقیمانده) با مقادیر عامل‌ها، Z: ماتریس  $g \times p$

برای تعیین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل، مقادیر نرمال شده تمامی صفات از مقادیر ایده‌آل مربوط به هر صفت کاسته می‌شوند، سپس به توان دو رسانده و مجموع آن‌ها جذر گرفته می‌شود. این فرایند برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ ضعیف نیز انجام می‌گیرد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$r_{ij}$  مقدار نرمال شده ژنوتیپ  $i$ ام ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) در رابطه

با شاخص (صفت)  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) است.

۵- محاسبه شاخص SIIG: در مرحله نهایی، برای محاسبه

SIIG مربوط به هر ژنوتیپ، از رابطه ۶ استفاده گردید. در این

رابطه،  $d_i^+$  نمایانگر فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و  $d_i^-$  فاصله از

ژنوتیپ ضعیف است. مقدار بدست آمده برای SIIG بین صفر و

ژنوتیپ شاهد در جدول شماره ۳ آورده شده است. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد برات ۶/۹۹ تن در هکتار، چمران دو ۶/۲۰ تن در هکتار، مهرگان ۷/۰۶ تن در هکتار و ژنوتیپ سارنگ ۷/۶۴ تن در هکتار بود. میانگین عملکرد دانه در لاین‌های مورد مطالعه برابر با ۶/۵۰ تن در هکتار بود که در مجموع حدود ۵۰۰ کیلوگرم کمتر از میانگین ژنوتیپ‌های شاهد است. تحلیل عملکرد صفات نشان می‌دهد که دو صفت عملکرد دانه (معادل ۱۶/۴۵) و دوره پر شدن دانه (معادل ۱۴/۷۸) بالاترین ضریب تغییرات را دارا بودند، در نتیجه بیشترین تنوع را در میان صفات کمی به خود اختصاص دادند. همچنین، حداقل و حداکثر عملکرد دانه لاین‌های بررسی شده به ترتیب برابر با ۱/۸۳ و ۸/۳۳ تن در هکتار بوده است. نتایج پارامترهای ضریب تغییرات، به همراه مقادیر حداقل و حداکثر، تأییدکننده وجود تنوع بالا در عملکرد دانه بود.

شاخص انتخاب SIIG (نتایج آن گزارش نشده است)، لاین‌هایی انتخاب کرد که میانگین عملکرد آن‌ها به ۷/۴۹ تن در هکتار رسید. این مقدار، بالاتر از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد و مجموع لاین‌ها بود. علاوه بر این، برای سایر صفات مشاهده گردید که حداقل مقادیر این صفات از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد کمتر، حداکثر مقادیر آن‌ها بالاتر از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد بودند.

بررسی کلیه صفات (به جز وزن هزار دانه) نشان داد که لاین‌های منتخب دارای عملکرد دانه، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه بالاتری و صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و ارتفاع کمتری نسبت به میانگین ژنوتیپ‌های شاهد بودند (جدول ۳).

در گندم، روز تا رسیدگی در مناطق گرم، اهمیت ویژه‌ای دارد و کاهش طول دوره رسیدگی می‌تواند مانع همزمان شدن دوره رسیدگی محصول با شرایط گرمایی آخر فصل شود. وجود تنوع در این صفات به صورت نمودار گرمایی نمایش داده شده است (شکل ۱). نمودارهای گرمایی و جدول شماره ۳ نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی مناسب در لاین‌ها برای انتخاب بر اساس صفات مورد مطالعه هستند.

شاخص‌های محاسبه‌شده (میانگین استاندارد شده، A: ماتریس  $p \times f$  از بارگذاری متعارف<sup>۱</sup> و R ماتریس همبستگی  $p \times p$  بین صفات است.

## ۲- طراحی ایدئوتیپ‌ها

تغییر مقیاس صفات:  $X_{ij}$  یک جدول دو طرفه با  $i$  ردیف یا ژنوتیپ و  $j$  ستون یا صفت می‌باشد که به صورت رابطه ۸ محاسبه شد:

$$rX_{ij} = \frac{\eta_{nj} - \varphi_{nj}}{\eta_{oj} - \varphi_{oj}} \times (\theta_{ij} - \eta_{oj}) + \eta_{nj} \quad (8)$$

$\eta_{oj}$  و  $\varphi_{oj}$  به ترتیب مقادیر اصلی حداقل و حداکثر برای صفت  $j$  هستند.  $\eta_{nj}$  و  $\varphi_{nj}$  به ترتیب مقادیر جدید حداقل و حداکثر برای صفت  $j$  پس از تغییر مقیاس<sup>۲</sup> هستند و  $\theta_{ij}$  مقدار اصلی برای صفت  $j$  از ژنوتیپ  $i$  است.

۳- محاسبه شاخص MGIDI: شاخص MGIDI با استفاده از رابطه ۹ محاسبه شد:

$$MGIDI = \sum_{i=1}^f [(Y_{ij} - \gamma_j)^2]^{0.5} \quad (9)$$

$\gamma_j$  امتیاز  $i$  امین ژنوتیپ در فاکتور  $j$  ام،  $t$  و  $f$  به ترتیب تعداد ژنوتیپ‌ها و عامل‌ها و  $\gamma_j$  نمره ژام ژنوتیپ ایده‌آل برای انجام تجزیه واریانس و محاسبه پارامترهای تمایل به مرکز از نرم‌افزار SAS9.1، ترسیم گراف‌های تنوع ژنتیکی از نرم افزار ABCD-R استفاده شد.

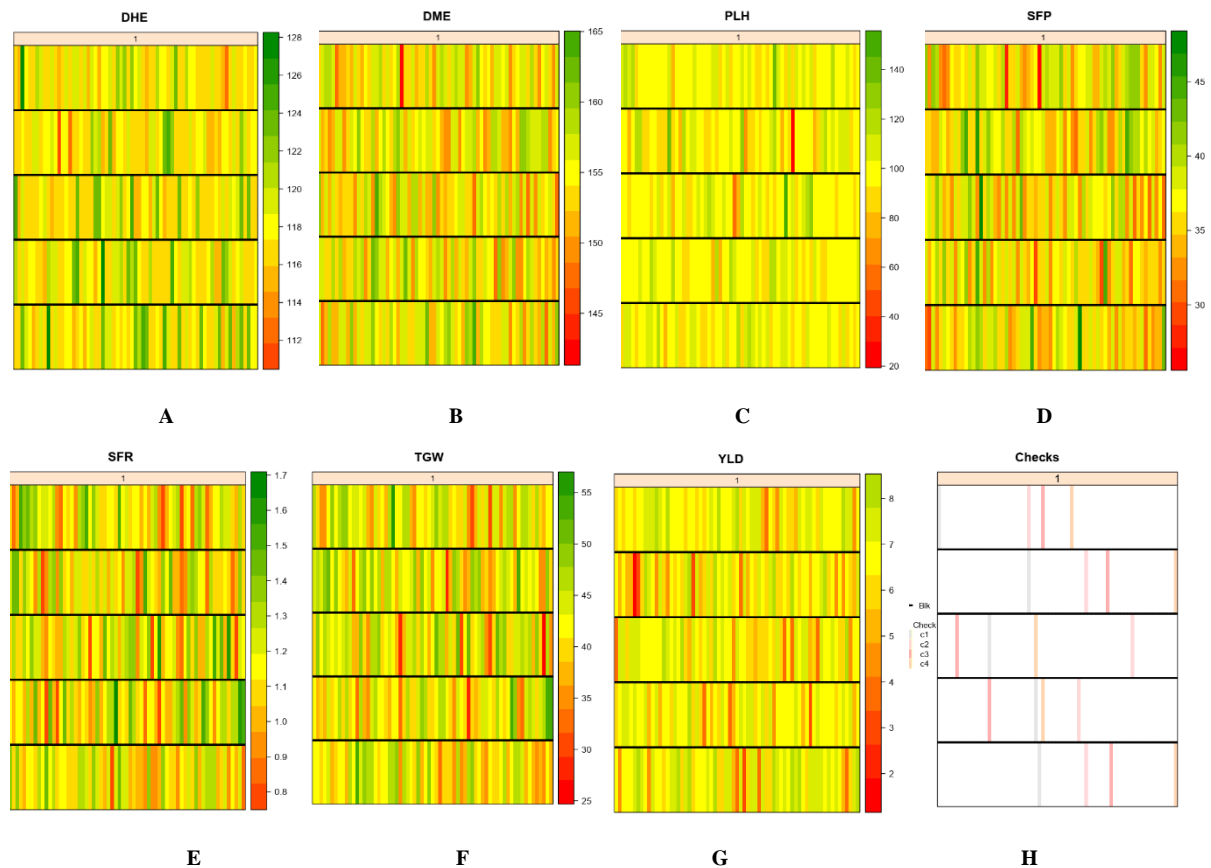
همچنین محاسبه شاخص SIIG و نمودار قوت و ضعف بر اساس شاخص انتخاب MGIDI با استفاده از نرم‌افزار R بسته تجزیه آمایش‌های چند محیطی (Olivotto & metan (Lúcio, 2020) انجام شد.

## نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از سال اول آزمایش، که با استفاده از ۳۱۵ لاین جدید و چهار شاهد منطقه انجام شد، با ترسیم نمودار عملکرد و مقایسه عملکرد هر لاین با نزدیک‌ترین شاهد مربوطه، و همچنین در نظر گرفتن سایر صفات ثبت‌شده، ۶۵ لاین برتر شناسایی و انتخاب شدند. مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار و ضریب تغییرات در ۳۱۵ لاین امیدبخش گندم نان و لاین‌های انتخابی به همراه میانگین عملکرد چهار

<sup>2</sup> Rescaling

<sup>1</sup> Canonical loadings



شکل ۱- نمودارهای گرمایی تنوع ژنتیکی صفات زراعی لاین‌های گندم نان

Figure 1- Heat graphs of genetic diversity of agricultural traits of bread wheat lines

(A) DHE: روز تا سنبله‌دهی، (B) DME: روز تا رسیدگی، (C) PLH: ارتفاع بوته، (D) TGW: وزن هزار دانه، (E) SFP: طول دوره پر شدن، (F) SFR: سرعت پر شدن دانه، (G) YLD: عملکرد دانه و موقعیت قرار گرفتن شاهدها در طرح

DHE: Days to heading, DME: Days to maturity, PLH: Plant height, TGW: Thousand grain weight, SFP: Seed filling period, SFR: Seed filling rate and YLD: Grain yield

جدول ۳- آمار توصیفی صفات مختلف مورفوفنولوژیکی در لاین‌های خالص گندم نان

Table 3- Descriptive statistics of different morpho-phenological traits in bread wheat pure lines

صفات	مجموع لاین‌ها					شاهدها				لاین‌های انتخابی				
	Total lines					Checks				Selected lines				
Traits	Mean	STD	CVariation	Min	Max	برات	چمران ۲	مهرگان	سارنگ	Mean	STD	CVariation	Min	Max
DHE	118.17	2.61	2.21	111.00	127.00	118.00	120.25	116.50	118.25	117.61	2.11	1.80	111.00	123.00
DME	154.71	3.31	2.14	143.00	164.00	156.75	157.25	153.25	157.50	155.24	2.94	1.89	150.00	164.00
PLH	98.78	11.26	11.40	29.00	148.00	103.75	100.75	93.75	96.00	97.08	12.28	12.65	29.00	120.00
TGW	42.28	4.84	11.45	26.80	55.20	40.70	36.90	37.60	41.20	42.19	3.70	8.77	31.20	54.40
YLD	6.50	1.08	16.54	1.83	8.33	6.99	6.20	7.06	7.64	7.69	0.27	3.50	7.32	8.33
SFP	36.54	3.15	8.63	27.00	47.00	38.75	37.00	36.75	39.25	37.63	2.99	7.94	32.00	47.00
SFR	1.17	0.17	14.78	0.75	1.64	1.05	1.00	1.02	1.06	1.13	0.12	10.22	0.84	1.37
میانگین کل عملکرد دانه				6.50		6.97				7.69				
<b>Total average grain yield</b>														

DHE: روز تا سنبله‌دهی، (B) DME: روز تا رسیدگی، (C) PLH: ارتفاع بوته، (D) TGW: وزن هزار دانه، (E) SFP: طول دوره پر شدن، (F) SFR: سرعت پر شدن دانه، (G) YLD: عملکرد دانه، (H) SFR: سرعت پر شدن دانه و موقعیت قرار گرفتن شاهدها در طرح

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس ۶۵ ژنوتیپ گندم نان در فصل زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

منابع تغییرات		میانگین مربعات MS						
S.O.V	درجه آزادی df	روز تا رسیدگی روز تا سنبله دهی DHE (day)	روز تا رسیدگی روز تا سنبله دهی DME (day)	ارتفاع PLH (cm)	وزن هزار دانه TGW (gr)	عملکرد دانه YLD (ton/ha)	سرعت پر شدن دوره پر شدن دانه SFP (day)	SFR (mg/day)
تکرار	1	0.07 <sup>ns</sup>	10.70*	4.39 <sup>ns</sup>	34.36 <sup>ns</sup>	1.84*	12.54*	0.07*
Replication								
بلوک (تصحیح شده)	4	2.45 <sup>ns</sup>	18.35**	33.01 <sup>ns</sup>	191.30**	0.36 <sup>ns</sup>	20.74**	0.07*
Block (adjusted)								
لاین (تصحیح شده)	64	5.09**	5.40**	52.23 <sup>ns</sup>	29.14**	3.88**	5.22*	0.02**
Line (adjusted)								
اشتباه	60	1.16	2.61	50.04	14.43	0.36	2.9	0.01
Error								

<sup>ns</sup>, \* and \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج درصد و معنی داری در سطح یک درصد

<sup>ns</sup>, \* and \*\* indicate non-significance, significance at the 5% level, and significance at the 1% level, respectively.

در حالی که مقادیر کمتر از یک نشان دهنده فاصله بیشتر از ژنوتیپ ایده آل است. بنابراین، بهترین ژنوتیپها در این روش، آنهایی هستند که نزدیکترین مقدار SIIG به ژنوتیپ ایده آل را دارند و همچنین از ژنوتیپهای ضعیفتر فاصله بیشتری دارند. طبق نتایج، گروههای یک (ژنوتیپهای دارای SIIG برابر یا بیشتر از ۰/۸)، گروه دو (SIIG بین ۰/۷ تا ۰/۸)، گروه سوم (SIIG بین ۰/۶ تا ۰/۷) و گروه چهارم (SIIG بین ۰/۵ تا ۰/۶) به ترتیب به عنوان ژنوتیپهای برتر شناخته شدند (جدول ۵ و ۶). ژنوتیپهای شماره ۲۸، ۳۶، ۶۰، ۲۵، ۴۵، ۵۳، ۱۲، ۳۳، ۱۱، ۳۷، ۱۶، ۳۴، ۱۹، ۵۹، ۴۸، ۴۹، ۸ و ۳۰ با بیشترین مقادیر SIIG (از ۰/۸۶ تا ۰/۵۰) به عنوان بهترین ژنوتیپها شناسایی شدند. میانگین عملکرد دانه و مقادیر SIIG این ژنوتیپها بیشتر از ژنوتیپهای شاهد (چمران ۲، مهرگان و سارنگ) بودند. همچنین، ژنوتیپهای ۱۰، ۵۸، ۷، ۳، ۵۰، ۲۰، ۶۱، ۵۵، ۴۲، ۵۷، ۵۲، ۶۲، ۴۶ و ۵۴ با حداقل مقادیر SIIG (از ۰/۱۱ تا ۰/۲۹) به عنوان ضعیفترین ژنوتیپها شناسایی شدند. نکته قابل توجه این است که سه ژنوتیپ شاهد، به ترتیب چمران ۲ در رتبه ۳۳، مهرگان در رتبه ۲۰ و سارنگ در رتبه ۲۴، با مقادیر SIIG برابر با ۰/۴۴، ۰/۴۹ و ۰/۴۷ مشخص شدند (جدول ۶ و شکل ۲-ب). در گروه اول و دوم، هر کدام یک لاین شناسایی شد که دارای متوسط عملکرد دانه ۷/۰۹ تن در هکتار، وزن هزار دانه ۴۶ گرم و ارتفاع ۹۹ سانتی متر بود. متوسط عملکرد دانه و وزن هزار دانه این گروه از میانگین عملکرد همه ژنوتیپهای شاهد بیشتر بود. با این حال، تفاوت چندانی در

نتایج این پژوهش در سال دوم نشان دهنده تفاوتهای معنی دار بین لاینها در مورد صفات روز تا سنبله دهی، روز تا رسیدگی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، سرعت پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه بود (جدول ۴). این تفاوتهای معنی دار، بیانگر تنوع ژنتیکی لاینهای مورد مطالعه از نظر این صفات است. با این حال، در مورد صفت ارتفاع، نتایج نشان داد که تفاوت لاینها معنی دار نیست؛ به عبارتی دیگر، تنوع موجود در این صفت میان لاینها به اندازه ای نبوده که تأثیر قابل ملاحظه ای داشته باشد.

در محاسبه شاخص SIIG در این پژوهش فرض گردید که ژنوتیپهایی با بالاترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سرعت پر شدن دانه، دوره پر شدن دانه، پاکوتاهی و زودرسی به عنوان ژنوتیپ ایده آل و ژنوتیپهایی که عملکرد، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه پایین تری دارند و همچنین دارای ارتفاع بلند و دیررس هستند، به عنوان ژنوتیپ غیر ایده آل در نظر گرفته شدند. با بهره گیری از این شاخص، صفات ذکر شده ترکیب شده و به صورت یک شاخص واحد تحت عنوان SIIG ارائه گردید. شاخص SIIG لاینهای مورد بررسی را به شش گروه تقسیم کرد (جدول ۵ و شکل ۲-ب). گروه اول شامل لاینهایی با SIIG بیشتر از ۰/۸ و کمتر از ۰/۹ مشخص شد. لاینهایی که SIIG آنها بین ۰/۷ و ۰/۸ قرار داشت، در گروه دوم قرار گرفتند و به همین ترتیب، لاینهای دیگر نیز دسته بندی شدند. هر چقدر مقدار شاخص SIIG نزدیک به یک باشد، نشان دهنده نزدیکی آن ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده آل است؛

ژنوتیپ‌های شاهد، بالاتر بودند. دوره پر شدن دانه در این گروه بیشتر از میانگین ژنوتیپ‌های شاهد بود، اما مدت زمان پر شدن دانه به‌طور کلی کمتر از آن‌ها مشاهده شد. همچنین، در گروه پنجم و ششم، به ترتیب ۲۰ و ۲۶ ژنوتیپ قرار گرفتند، که در گروه پنجم سه ژنوتیپ شاهد نیز جای داشتند. همچنین، در گروه ششم، ۲۶ لاین قرار گرفت. در هر یک از این گروه‌ها، متوسط عملکرد دانه، وزن هزار دانه، رسیدگی، دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد کمتر بود. اما ارتفاع و دوره رسیدگی این دو گروه بیشتر از متوسط عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد ثبت شد (جدول ۵ و ۶).  
با نگاهی کلی به جدول ۵، مشاهده می‌شود که با کاهش مقادیر شاخص SIIG، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، دوره پر شدن دانه و روز تا رسیدگی نیز کاهش می‌یابند. با این حال، تغییر قابل ملاحظه‌ای در صفت ارتفاع مشاهده نشد. این یافته‌ها نشان‌دهنده این است که شاخص SIIG به‌خوبی توانسته است ژنوتیپ‌های پرمحصول با وزن هزار دانه مناسب و زودرس را شناسایی کند. از شاخص SIIG برای ارزیابی همزمان عملکرد دانه و اجزای آن در انتخاب برترین لاین‌های جو استفاده شده است (Zali et al., 2020). در این تحقیق لاین‌های مورد بررسی براساس شاخص SIIG در ۶ دسته گروه‌بندی شدند. همچنین نتایج نشان داد که شاخص SIIG به خوبی توانسته ژنوتیپ‌ها را براساس سه صفت عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته دسته‌بندی نماید.

صفات روز تا رسیدگی و روز تا سنبله‌دهی میان این گروه و ژنوتیپ‌های شاهد مشاهده نشد. اما، دو صفت طول دوره پر شدن دانه در این گروه، به‌طور قابل توجهی بیشتر از ژنوتیپ‌های شاهد بود و از نظر صفت سرعت پر شدن دانه تفاوت قابل توجهی وجود نداشت. در گروه دوم متوسط عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته آن به ترتیب ۵/۶۴ تن در هکتار، ۴۴ گرم و ۱۰۵ سانتی‌متر بود. عملکرد دانه و وزن هزار دانه این گروه از تمامی ژنوتیپ‌های شاهد بالاتر بود، اما ارتفاع آن تفاوت چندانی با ژنوتیپ‌های شاهد نداشت. به‌طور کلی، متوسط عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های شاهد به ترتیب ۵ تن در هکتار، ۳۵/۱۶ گرم و ۱۰۰ سانتی‌متر بود. همچنین، دو صفت مهم سرعت پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه به ترتیب دارای متوسط ۳۲/۵۰ میلی‌گرم بر روز و ۱/۳۵ روز بودند که از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد بالاتر بود. در گروه سوم، شش لاین قرار گرفت که متوسط عملکرد دانه، طول پر شدن دانه، دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه و طول دوره سنبله‌دهی آن‌ها همگی از متوسط عملکرد شاهد‌ها بالاتر بودند. با این حال، در مورد دو صفت ارتفاع بوته و میزان رسیدگی، تفاوت معناداری بین ژنوتیپ‌های شاهد و این گروه مشاهده نشد. در این گروه، لاین شماره ۳۵ با وجود عملکرد بالا (۵/۱۴ تن در هکتار) و وزن هزار دانه بالای ۴۱/۵۰ گرم، به دلیل ارتفاع بالای بوته، در گروه دوم قرار گرفت. در گروه چهارم، ۱۱ لاین شناسایی شدند که از نظر متوسط عملکرد دانه و وزن هزار دانه، نسبت به متوسط عملکرد

جدول ۵- گروه‌بندی لاین‌های گندم نان براساس شاخص SIIG و میانگین صفات مختلف مورفولوژیک در هر گروه

Table 5- Grouping of bread wheat lines based on the SIIG index and the average of different morphophenological traits in each group

SIIG	گروه‌ها Groups	تعداد ژنوتیپ Number of genotypes	روز تا سنبله- دهی DHE (day)	روز تا رسیدگی DME (day)	ارتفاع PLH (cm)	وزن هزار دانه TGW (gr)	عملکرد دانه YLD (ton/ha)	دوره پر شدن دانه SFP (day)	سرعت پر شدن دانه SFR (mg/day)
0.8<SIIG<0.9	1	1	111.00	150.00	100.00	46.00	7.09	39.00	1.17
0.7<SIIG<0.8	2	1	114.00	146.50	105.00	44.00	5.64	32.50	1.35
0.6<SIIG<0.7	3	6	112.00	145.83	102.17	39.83	5.64	33.83	1.18
0.5<SIIG<0.6	4	11	111.77	146.64	100.27	36.24	5.58	34.86	1.04
0.4<SIIG<0.5	5	20	112.28	146.05	99.53	34.08	5.08	33.77	1.01
0.3<SIIG<0.4	6	26	113.09	146.71	101.37	29.52	4.53	33.62	0.88
چمران ۲ Chamran 2	4	1	116	146	100	33.5	4.64	33.00	1.12
مهرگان Mehregan	4	1	112	146	98	35	5.34	34.50	1.02
سارنگ Sarang	4	1	111	144	103	35	5.03	32.50	1.07

جدول ۶- مقادیر صفات مختلف مورفونولوژیک و شاخص SIIG در ۶۵ ژنوتیپ گندم نان مورد بررسی

Table 6- Values of different morphological traits and SIIG index in 65 bread wheat genotypes studied

لاین Line	رتبه گروه Gro up	شاخص Ra nk	شاخص SIIG	فاصله از ژنوتیپ ضعیف d-	فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل d+	روز تا سنبله‌دهی DHE (day)	روز تا رسیدگی DME (day)	ارتفاع PLH (cm)	وزن هزار دانه TGW (gr)	عملکرد دانه YLD (ton/ha)	دوره پر شدن دانه SFP (day)	سرعت پر شدن دانه SFR (mg/day)
چمران ۲												
Chamra n 2	5	33	0.44	0.09	0.07	115.50	145.50	99.50	33.50	4.64	30.00	1.12
2	5	29	0.46	0.08	0.07	114.00	149.00	101.50	34.50	5.28	35.00	0.98
3	6	62	0.20	0.13	0.03	113.00	146.50	94.50	26.00	4.28	33.50	0.77
4	5	35	0.42	0.09	0.06	114.00	147.50	93.50	32.00	5.18	33.50	0.97
5	5	37	0.40	0.09	0.06	114.00	148.00	103.00	32.50	5.22	34.00	0.95
6	6	50	0.32	0.10	0.05	113.50	145.50	107.50	31.00	4.47	32.00	0.97
7	6	63	0.19	0.13	0.03	114.50	148.00	97.00	26.00	4.34	33.50	0.77
8	4	18	0.52	0.07	0.08	114.00	148.00	103.00	34.50	5.85	34.00	1.01
9	5	36	0.41	0.09	0.06	114.50	148.00	91.00	34.00	4.34	33.50	1.02
10	6	65	0.11	0.14	0.02	115.00	146.50	103.50	25.00	3.73	31.50	0.78
11	4	10	0.56	0.07	0.08	111.00	145.00	96.50	36.50	5.59	34.00	1.07
12	3	8	0.60	0.06	0.09	113.00	146.50	93.00	35.50	6.28	33.50	1.06
13	6	41	0.39	0.09	0.06	110.50	147.00	109.50	32.50	5.24	36.50	0.90
14	6	45	0.37	0.10	0.06	110.50	145.00	105.50	33.00	4.57	34.50	0.97
15	6	44	0.38	0.10	0.06	112.50	148.00	99.50	29.00	5.79	35.50	0.81
16	4	12	0.55	0.07	0.08	110.50	144.00	98.50	36.00	5.59	33.50	1.07
17	5	39	0.40	0.09	0.06	110.50	143.50	93.50	31.50	5.10	33.00	0.96
18	6	47	0.36	0.10	0.06	113.50	146.00	106.50	29.00	5.55	32.50	0.89
19	4	14	0.53	0.07	0.08	110.50	144.50	106.50	36.00	5.54	34.00	1.08
20	6	60	0.24	0.13	0.04	113.50	149.50	103.00	25.50	4.93	36.00	0.71
21	5	22	0.48	0.08	0.07	112.50	145.50	102.00	35.00	5.15	33.00	1.05
22	5	25	0.47	0.08	0.07	110.50	144.50	101.00	36.50	4.68	34.00	1.06
23	6	51	0.31	0.11	0.05	114.00	148.00	99.00	31.00	4.46	34.00	0.90
24	5	27	0.46	0.08	0.07	114.00	146.00	99.50	34.00	5.02	32.00	1.07
25	3	4	0.64	0.06	0.10	111.00	147.50	106.00	41.50	5.69	36.50	1.12
26	5	38	0.40	0.09	0.06	109.00	145.00	97.00	33.50	4.93	36.00	0.92
27	6	43	0.39	0.09	0.06	111.33	145.00	99.00	32.00	4.98	33.67	0.95
28	1	1	0.86	0.02	0.14	111.00	150.00	100.00	46.00	7.09	39.00	1.17
مهرگان												
Mehreh gan	5	20	0.49	0.08	0.07	111.50	146.00	97.50	35.00	5.34	34.50	1.02
30	4	19	0.50	0.08	0.08	112.00	147.50	100.50	36.50	5.21	35.50	1.02
31	6	42	0.39	0.09	0.06	114.50	148.50	98.00	33.00	4.73	34.00	0.97
32	5	28	0.46	0.08	0.07	111.67	145.00	107.67	34.67	5.19	33.33	1.04
33	4	9	0.58	0.06	0.09	112.00	147.00	93.00	36.50	5.84	35.00	1.05
34	4	13	0.54	0.07	0.08	111.00	145.50	101.00	35.50	5.68	34.50	1.04
35	3	7	0.61	0.06	0.10	112.00	145.50	113.00	41.50	5.14	33.50	1.24
36	2	2	0.73	0.05	0.12	114.00	146.50	105.00	44.00	5.64	32.50	1.35
37	4	11	0.56	0.07	0.09	111.50	147.00	104.00	38.00	5.38	35.50	1.09
38	5	31	0.45	0.08	0.07	112.00	145.50	104.50	34.00	5.18	33.50	1.02
39	6	49	0.32	0.10	0.05	110.00	144.50	103.00	32.00	4.40	34.50	0.93
40	6	40	0.40	0.09	0.06	114.00	145.00	104.50	33.00	4.55	31.00	1.06
41	5	30	0.46	0.08	0.07	110.00	146.50	106.50	35.50	5.15	36.50	0.97
42	6	57	0.25	0.11	0.04	114.50	148.50	104.50	29.00	4.51	34.00	0.85
43	6	46	0.36	0.10	0.06	112.00	147.50	100.50	32.50	4.78	35.50	0.91
44	6	48	0.35	0.10	0.05	115.00	145.50	98.00	31.50	4.27	30.50	1.02
45	3	5	0.63	0.06	0.10	110.00	143.50	108.00	40.00	5.52	33.50	1.19
46	6	53	0.28	0.12	0.05	114.00	148.00	87.00	27.50	4.59	34.00	0.80

جدول ۶- ادامه

Table 6- Continued

47	5	32	0.44	0.09	0.07	111.50	147.50	90.00	34.00	5.04	36.00	0.95
48	4	16	0.53	0.07	0.08	112.00	147.50	106.00	36.50	5.55	35.50	1.04
49	4	17	0.53	0.07	0.08	112.00	148.00	97.00	36.67	5.43	36.00	1.02
50	6	61	0.23	0.12	0.04	112.50	146.00	96.50	27.50	4.46	33.50	0.81
51	5	34	0.43	0.09	0.07	112.50	147.50	101.00	32.00	5.63	35.00	0.92
52	6	55	0.25	0.12	0.04	111.00	146.00	101.50	30.50	3.84	35.00	0.87
53	3	6	0.63	0.06	0.10	112.00	148.00	102.50	39.00	6.03	36.00	1.07
54	6	52	0.29	0.11	0.04	111.00	143.00	106.00	30.50	4.23	32.00	0.95
55	6	58	0.24	0.12	0.04	115.50	146.00	110.50	29.00	4.23	30.50	0.93
56	5	26	0.47	0.08	0.07	112.50	148.00	102.00	34.50	5.49	35.50	0.96
57	6	56	0.25	0.11	0.04	111.00	145.00	100.00	29.50	4.19	34.00	0.87
58	6	64	0.13	0.14	0.02	115.50	148.50	103.50	23.50	4.32	33.00	0.71
59	4	15	0.53	0.07	0.08	113.00	149.00	97.00	36.00	5.69	36.00	1.00
60	3	3	0.68	0.06	0.12	114.00	144.00	90.50	41.50	5.20	30.00	1.39
61	6	59	0.24	0.12	0.04	115.00	150.00	104.50	30.00	3.96	35.00	0.86
62	6	54	0.27	0.11	0.04	113.00	147.50	93.00	28.50	4.48	34.50	0.83
63	5	23	0.48	0.08	0.07	111.50	144.50	103.50	36.00	4.77	33.00	1.09
64	5	21	0.49	0.08	0.07	113.00	144.50	93.50	34.00	5.19	31.50	1.07
سارنگ	5	24	0.47	0.08	0.07	111.00	143.50	103.00	35.00	5.03	32.50	1.07
Sarang												

میان عملکرد دانه و این سه صفت، ناشی از کمبود تنوع ژنتیکی در لاین‌های بررسی شده باشد (Dastfal et al., 2022).  
 دیفرانسیل‌گزینه‌های صفت مختلف که در محاسبه شاخص SIIG بررسی شده‌اند، در جدول ۸ به نمایش گذاشته شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که دیفرانسیل‌گزینه‌های صفتی که مقادیر بالاتر آن‌ها مورد نظر است، مثبت بوده است (به‌جز صفت سرعت پر شدن دانه). به‌علاوه، دیفرانسیل‌گزینه‌های صفتی که حداقل مقادیر آن‌ها ایده‌آل به‌شمار می‌رود، به‌صورت منفی محاسبه شد. این نتایج نشان‌دهنده کارایی شاخص SIIG در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر است. از نظر مقادیر دیفرانسیل‌گزینه‌ها، بیشترین مقدار مختص صفت وزن هزار دانه با ۴/۸۰ درصد بوده و کمترین مقدار نیز مربوط به صفت ارتفاع با ۰/۸۹- درصد است. این تفاوت‌ها می‌توانند بیانگر تأثیر عوامل مختلف بر روی صفات مختلف و شیوه انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب باشند. علاوه بر این، دیفرانسیل کل مطلوب به دو بخش مثبت و منفی تقسیم شده است که به ترتیب ۵/۶۰ درصد و ۲/۶۹- درصد به‌دست آمده است. این نتایج کارایی شاخص SIIG را در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب نشان می‌دهد و بیانگر پتانسیل بالای این روش در فرآیند بهبود صفات و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب می‌باشد و

نتایج نشان داد که هنگام انتخاب ارقام و لاین‌ها بر اساس SIIG، باید به همبستگی این شاخص با عملکرد دانه، که صفتی مهم و تأثیرگذار است، توجه شود و از SIIG فقط زمانی استفاده شود که همبستگی آن با عملکرد دانه بالا و معنادار باشد. تجزیه و تحلیل همبستگی پیروسون نشان داد که SIIG با صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، دوره پر شدن دانه و روز تا سنبله‌دهی همبستگی معناداری دارد (جدول ۷). این نتایج تأکید می‌کند که این چهار صفت سهم قابل توجهی در SIIG دارند و به ویژه سهم صفت عملکرد نسبت به دیگر صفات بیشتر است. هر صفتی که تنوع فنوتیپی بیشتری داشته باشد، تأثیر بیشتری بر SIIG خواهد گذاشت (Tahmasebi et al., 2018; Zali et al., 2023). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ژنوتیپ‌های انتخابی با این شاخص، عملکرد دانه و وزن هزار دانه بالا دارا می‌باشند. همچنین روز تا رسیدگی، ارتفاع و دوره پر شدن دانه تأثیر کمتری در این شاخص داشتند که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی پایین این صفات نسبت به سایر صفات می‌باشد (جدول ۷). سال‌ها تمرکز بر انتخاب ارقام زودرس در برنامه‌های اصلاحی مناطق گرم و خشک جنوب کشور، تنوع ژنتیکی برخی صفات مانند مدت زمان رسیدگی و ارتفاع بوته را به شدت کاهش داده است. از این‌رو، به نظر می‌رسد که نبود همبستگی

تا ظهور سنبله و وزن هزار دانه مثبت بود که مؤثر بودن این آماره در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را نشان داد. بیشترین و کمترین مقدار درصد دیفرانسیل گزینش صفات عملکرد دانه ۵/۱۱ درصد و وزن هزار دانه ۶۲/۳- درصد بودند (Shirzad *et al.*, 2022).

می‌تواند به محققان و متخصصان در زمینه بهبود ژنتیکی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر کمک کند. نتایج تجزیه به عامل‌ها در پژوهشی نشان داد که پنج عامل پنهانی را شناسایی کرد که ۸۰/۲۰ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند. دیفرانسیل انتخاب آماره MGIDI برای تمام صفات بجز تراکم سنبله، روز

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورفوفنولوژیک و شاخص SIIG در فصل زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰

Table 7- Correlation coefficients between different morphophenological traits and SIIG index in cropping season 2020-2021

صفات Trait	شاخص SIIG	روز تا سنبله‌دهی DHE (day)	روز تا رسیدگی DME (day)	ارتفاع PLH (cm)	وزن هزار دانه TGW (gr)	عملکرد دانه YLD (ton/ha)	دوره پر شدن دانه SFP (day)	سرعت پر شدن دانه SFR (mg/day)
شاخص SIIG	1.00							
روز تا سنبله- دهی	-0.27*	1						
روز تا رسیدگی			1					
ارتفاع				1				
وزن هزار دانه					1			
عملکرد						1		
دوره پر شدن دانه							1	
سرعت پر شدن دانه								1

ns, \* and \*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

ns, \* and \*\* indicate non-significance, significance at the 5% level, and significance at the 1% level, respectively.

(Nardino, 2021).

بر اساس شکل ۲-الف، لاین‌های شماره ۳۵، ۴۵ و ۶۰ در عامل اول، لاین‌های ۲۵، ۳۷، ۸، ۴۸، ۴۹، ۳۳، ۵۹ و ۱۲ در عامل دوم و لاین‌های ۱۱، ۳۰، ۲۸، ۵۳، ۱۲ و ۵۹ در عامل سوم به لبه خارجی نمودار و ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر بودند. ژنوتیپ‌های برجسته در عامل اول از لحاظ صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و سرعت پر شدن دانه، در عامل دوم بر اساس دوره پرشدگی دانه و در عامل سوم بر اساس روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر بودند. همچنین، ژنوتیپ‌های ۴۹، ۲۸ و ۲۵ به ترتیب در عامل‌های

با استفاده از شاخص MGIDI، تحلیل نقاط قوت و ضعف لاین‌های منتخب، انجام شد. این تجزیه و تحلیل به صورت واضح سهم هر عامل را در هر ژنوتیپ نشان می‌دهد و مشخص می‌کند که کدام ژنوتیپ از نظر کدام صفت به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر یا دورتر است. هر چه سهم یک عامل در توجیه نقاط قوت و ضعف یک ژنوتیپ کمتر باشد و به لبه خارجی نمودار نزدیکتر شود (خارج از خط نقطه‌چین)، نشان می‌دهد که صفات مربوط به آن عامل به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر هستند. بنابراین، هر ژنوتیپ در عواملی که سهم کمتری دارند، بیشتر از نظر آن صفات به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر است (Olivoto and

واکنش آن‌ها نسبت به شرایط مختلف آب و هوایی بسیار سریع و حساس است. در این میان، بارندگی و درجه حرارت به عنوان دو عامل کلیدی در عملکرد و اجزای عملکرد گندم نقش ایفا می‌کنند. این دو عامل می‌توانند با تأثیر گذاشتن بر میزان رطوبت و دمای خاک در تولید عملکرد و اجزای آن تأثیر بسزایی داشته باشند (Croissant *et al.*, 1998).

این یافته‌ها با برخی تحقیقات پیشین همخوانی دارد (Keshavarznia *et al.*, 2023; Shan and Osborne, 2024; Gui *et al.*, 2021).

بررسی شجره لاین‌های برتر انتخاب‌شده در جدول ۱ نشان داد که در چندین لاین برتر انتخابی والدین PASTOR، BORL14، KACHU و WBLL1 وجود دارند. این والدین احتمالاً نقش اساسی در موفقیت این لاین‌ها در مقایسه با سایر لاین‌های آزمایش‌شده ایفا کرده‌اند.

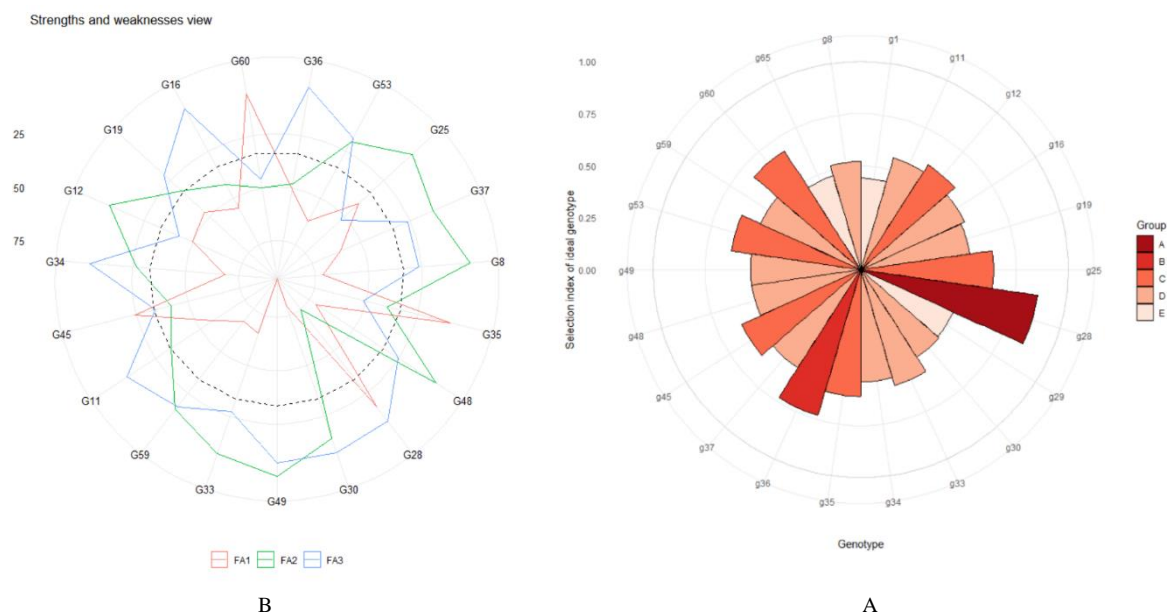
اول، دوم و سوم به مرکز نمودار نزدیک‌تر بودند، که نشانگر این است که این سه ژنوتیپ بیشترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل دارند (شکل ۲-ب).

نتایج این مطالعه همچنین حاکی از آن است که میانگین عملکرد ۶۵ لاین انتخابی در سال دوم ۵/۰۴ تن در هکتار بوده که نسبت به عملکرد همین لاین‌ها در سال اول، کاهش حدود ۲ تن در هکتار را نشان می‌دهد (جدول ۳ و ۸). میزان بارندگی در سال اول ۴۸۶/۲ میلی‌متر و در سال دوم ۷۳/۷ میلی‌متر گزارش شده است (جدول ۲). بررسی میانگین دما در دو ماه مهم پر شدن دانه، یعنی فروردین و اردیبهشت، نشان می‌دهد که هوای سال اول در این دو ماه نسبت به سال دوم خنک‌تر بوده است. این موضوع به کاهش وزن هزار دانه از ۴۲/۲۸ گرم (جدول ۳) در سال اول به ۳۳/۵۰ گرم در سال دوم (جدول ۸) منجر شد. در غلات، دو عامل «تعداد دانه در واحد سطح» و «وزن هزار دانه» تعیین‌کننده عملکرد اقتصادی هستند و

جدول ۸- دیفرانسیل انتخاب صفات مورفولوژیک شاخص SIIG در لاین‌های گندم نان

Table 8- Differential selection of morpho-phenological traits of SIIG index in bread wheat lines

صفات Traits	عامل Factor	کل ژنوتیپ‌ها All genotypes	ژنوتیپ‌های انتخابی Selected genotypes	دیفرانسیل گزینش Selection differential	دسفرانسیل گزینش Selection differential (%)	هدف Goal	نتیجه sense
وزن هزار دانه TGW (gr)	FA1	33.50	39.30	4.80	14.00	increase	100
عملکرد دانه YLD (ton/ha)	FA1	5.04	5.68	0.64	12.20	increase	100
سرعت پر شدن دانه SFR (mg/day)	FA1	0.99	1.15	0.16	12.70	increase	100
دوره پر شدن دانه SFP (day)	FA2	33.90	33.40	-0.43	1.50	increase	0.00
روز تا سنبله دهی DHE (day)	FA3	113.00	112.00	-0.92	-0.86	decrease	100
روز تا رسیدگی DMA (day)	FA3	146.00	145.00	-0.45	-0.32	decrease	100
ارتفاع PLH (cm)	FA3	101.00	100.00	-0.89	1.80	decrease	100
کل دیفرانسیل گزینش منفی Total negative selection differential				-2.69			
کل دیفرانسیل گزینش مثبت Total positive selection differential				5.60			



شکل ۲- الگوی رتبه‌بندی لاین‌های انتخابی بر اساس شاخص SIIG (A) و شکل قوت و ضعف لاین‌های انتخابی بر اساس شاخص MGIDI (B)  
 FA1: عامل اول (عملکرد دانه، وزن هزار دانه و سرعت پر شدن دانه) (قرمز)، FA2: عامل دوم (دوره پرشدگی دانه) (سبز) و FA3: عامل سوم (روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته) (آبی). نقطه‌چین نشان‌دهنده ارزش نظری است، در صورتی که همه عوامل به یک اندازه نقش داشته باشند.

**Figure 2- Ranking pattern of selected lines based on the SIIG index (A) and the strength and weakness pattern of selected lines based on the MGIDI index (B)**

The first factor (grain yield, thousand-grain weight and grain filling rate) (red), FA2: the second factor (grain filling period) (green) and FA3: the third factor (days to heading, days to maturity and plant height) (blue). The dotted line indicates the theoretical value if all factors play an equal role

مهرگان، چمران ۲ و سارنگ بیشتر بود. به‌منظور بهبود این نتایج و تقویت پایداری عملکرد، توصیه می‌شود که لاین‌های برتر شناسایی‌شده به‌منظور بررسی و آزمایش‌های سازگاری در چندین منطقه زراعی مختلف مورد ارزیابی قرار گیرند. این اقدام می‌تواند مشخص نماید که این ژنوتیپ‌ها در شرایط متفاوت چقدر مؤثر و موفق عمل می‌کنند و چه عواملی بر عملکرد آن‌ها تأثیر می‌گذارد. با این نقشه راه، می‌توانیم به بهبود زراعت و افزایش بهره‌وری در کشاورزی دست یابیم.

### سپاسگزاری

این مقاله حاصل پروژه‌های ملی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر با شماره‌های مصوب ۰۰۳-۰۳-۱۱۳-۹۹۱۰۷۴ و ۰۰۳-۰۳-۱۳۲-۹۸۰۶۸۴ است. بدین‌وسیله از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر به خاطر حمایت‌های مالی و همچنین تمامی همکاران گرامی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب که در تحقق این پروژه ما را یاری کردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

والدین منتخب در این پژوهش، دارای ژن‌های مفیدی (مانند ژن‌های مقاومت به خشکی (لاین‌های برتر انتخابی با منشأ SAWYT، دما (لاین‌های برتر انتخابی با منشأ HTWYT)، زنگ (لاین‌های برتر انتخابی با منشأ 13STEMRRSN) و غیره) هستند که باعث افزایش عملکرد و کیفیت گندم در شرایط آب و هوایی خاص شده‌اند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که این لاین‌ها در برنامه‌های اصلاحی گندم نان برای بهبود کیفیت تولید در مناطق گرم و خشک جنوب مد نظر قرار گیرند.

### نتیجه‌گیری کلی

بر اساس تحلیل داده‌ها و نتایج به‌دست‌آمده از شاخص SIIG، لاین‌های ۲۸، ۳۶، ۶۰، ۲۵، ۴۵، ۵۳، ۳۵، ۱۲، ۳۳، ۱۱، ۳۷، ۱۶، ۳۴، ۱۹، ۵۹، ۴۸، ۴۹، ۸ و ۳۰ با بالاترین مقادیر SIIG به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها شناسایی گردیدند. این شناسایی به ما کمک کرد تا با دقت بیشتری، لاین‌هایی را که قابلیت برتری نسبت به سایر لاین‌ها دارند، انتخاب کنیم. همچنین، میانگین عملکرد دانه و مقادیر SIIG در ژنوتیپ‌های برتر مشهود بود و این مقادیر به‌طور واضح از ژنوتیپ‌های شاهد

## References

- Adilova, S.S., Qulmamatova, D.E., Baboev, S.K., Bozorov, T.A. and Morgunov, A.I., 2020. Multivariate cluster and principle component analyses of selected yield traits in uzbek bread wheat cultivars. *American Journal of Plant Sciences*, 11(6), pp.903-912. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.116066>
- Aglan, M.A., Abd EL- Hamid, E.A. and Morsy, A.M., 2020. Effect of Sowing date on yield and its components for some breads wheat genotypes Zagazig. *Agricultural Research*, 47, pp.117-122. <https://doi.org/10.21608/zjar.2020.70058>
- Banerjee, K., Krishnan, P. and Das, B., 2020. Thermal imaging and multivariate techniques for characterizing and screening wheat genotypes under water stress condition. *Ecological Indicators*, 119, No.106829. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106829>
- Barati, A., Zali, H., Marzoqian, A., Naghipour, F., Pour-Aboughadareh, A. and Kelestani, A.A., 2022. Selection of hull-less barley lines using the selection index of ideal genotype (SIIG) in Ahvaz and Darab regions. *Crop Productin*, 15(2), pp.161-181. <https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.19690.2468>
- Brim, C.A., Johnson, H.W. and Cockerham, C.C., 1959. Multiple selection criteria in soybeans 1. *Agronomy Journal*, 51(1), pp.42-46. <https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100010015x>
- Croissant, R., Peterson, G. and Westfall, D., 1998. *Dryland cropping systems* (Bulletin No. 0.516). Colorado State University, Cooperative Extension.
- Dastfal, M., Aghaee-Sarbarzeh, M. and Zali, H., 2022. Genetic diversity and selection of durum wheat pure lines with desirable agronomy traits using SIIG index. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53, pp.161-174. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2021.298388.654691>
- Devesh, P., Moitra, P., Shukla, R. and Pandey, S., 2019. Genetic diversity and principal component analyses for yield, yield components and quality traits of advanced lines of wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), pp.4834-4839.
- Egli, D.B., 2004. Seed-fill duration and yield of grain crops. *Advances in Agronomy*, 83, pp.243-279. [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(04\)83005-0](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(04)83005-0)
- FAO., 2023. *World food situation: Crop prospects and food situation*. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en>
- 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. *Journal of Crop Breeding*, 13(38), pp.116-123. <https://doi.org/10.52547/jcb.13.38.116>
- Gui, Y., Sheteiw, M.S., Zhu, S., Zhu, L., Batool, A., Jia, T. and Xiong, Y., 2021. Differentiate responses of tetraploid and hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) to moderate and severe drought stress: A cue of wheat domestication. *Plant Signaling and Behavior*, 16(1), 1839710. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1839710>

- Kamrani, M., Mehraban, A. and Shiri, M., 2018. Identification of drought tolerant genotypes in dryland wheat using drought tolerance indices. *Journal of Crop Breeding*, 10(28), pp.13-26. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.10.28.13>
- Keshavarz Nia, R., Esmailzadeh Moghaddam, M. and Tabib Ghaffary, S.M., 2023. Evaluation and preliminary identification of superior lines of bread wheat in the north of khuzestan province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(4), pp.177-186. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2023.360719.655011>
- Koocheki, A., 1994. Crop production in dry region: Cereals, Legumes, Industrial and forage crops (Translated in Persian). *Jihad Daneshgahi Mashhad Press*. 202p.
- Lin, C., 1978. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. *Theoretical and Applied Genetics*, 52, pp.49-56. <https://doi.org/10.1007/bf00281316>
- Mondal, S., Singh, R., Mason, E., Huerta-Espino, J., Autrique, E. and Joshi, A., 2016. Grain yield, adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field crops research*, 192, pp.78-85. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.017>
- Olivoto, T. and Lúcio, A.D.C., 2020. Metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11, pp.783-789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>
- Olivoto, T. and Nardino, M., 2021. MGIDI: Toward an effective multivariate selection in biological experiments. *Bioinformatics*, 37(10), pp.1383-1389. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btaa981>
- Rosielle, A. and Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment 1. *Crop Science*, 21(6), pp.943-946. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183x002100060033x>
- Shan, Y. and Osborne, C.P., 2024. Diversification of quantitative morphological traits in wheat. *Annals of Botany*, 133(3), pp.413-426. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad202>
- Shirzad, A., Asghari, A., Zali, H., Sofalian, O. and Chamanabad, H.M., 2022. Application of the multi-trait genotype-ideotype distance index in the selection of top barley genotypes in the warm and dry region of Darab. *Journal of Crop Breeding*, 14(44), pp.65-76. [In Persian]. <https://doi.org/10.52547/jcb.14.44.65>
- Tadili, S., Asghari, A., Karimizadeh, R., Sofalian, O. and Chamanabad, H.M., 2020. Evaluation of drought stress tolerance in advanced lines durum wheat using the selection index of ideal genotype (SIIG). *Journal of Crop Ecophysiology*, 1(53), pp.45-62. [In Persian]. <https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671640>
- Tahmasebi, S., Dastfal, M., Zali, H. and Rajaiee, M., 2018. Drought tolerance evaluation of bread wheat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. *Cereal Research*, 8(2), pp.209-225. [In Persian]. <https://doi.org/10.22124/c.2018.10434.1398>
- Yaghotipoor, A., Farshadfar, E.A. and Saeidi, M., 2017. Evaluation of Drought Tolerance in Bread Wheat Genotypes using new mixed method. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(2), pp.247-256. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2017.581>
- 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. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), pp.93-104. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.12.34.93>

Zali, H., Barati, A., Pour-Aboughadareh, A., Gholipour, A., Koohkan, S., Marzoghiyan, A., Bocianowski, J., Bujak, H. and Nowosad, K., 2023. Identification of superior barley genotypes using selection index of ideal genotype (SIIG). *Plants*, 12(9), No.1843. <https://doi.org/10.3390/plants12091843>

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asgharii, A. and Enayati Shariatpanahi, M., 2019. Identifying drought tolerant canola genotypes using selection index of ideal genotype . *Journal of Crop Breeding*, 11(29), pp.117-126. <https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.117>