Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 4, 2025 p: 92-103

OPEN ACCESS

Research Paper

Investigation and Initial Identification of Superior Bread Wheat Lines in Southern Fars Province

Alireza Askari Kelestani[1] and Mohsen Esmaeilzadeh Moghadam[2]

1- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran, (Corresponding author: ar.askary@areeo.ac.ir)

2- Professor, Seed and Plant Improvement Department, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 12 April 2025 Revised: 10 July 2025 Accepted: 22 August 2025

Extended Abstract

Background: Temperature is the most crucial factor determining the growth duration of agricultural plants. However, growth and development accelerate with rising temperatures, leading to a reduction in the plant's lifespan. This phenomenon is a major factor contributing to decreased yields in hot regions. Identifying suitable genotypes for cultivation in the southern region of Fars Province is of particular importance. Evaluating a collection of new lines in this area makes it possible to achieve this goal. Given the special program of the Seed and Plant Improvement Research Institute aimed to increase wheat self-sufficiency, this study was conducted to identify high-yielding and promising bread wheat genotypes in southern Fars Province.

Methods: To evaluate several pure lines of bread wheat, two experiments were conducted during the agricultural years 2021-2022 and 2022-2023 at the Darab Agricultural and Natural Resources Research Station. The lines examined in this study were sourced from research centers and stations in Karaj, Darab, and Zabol, as well as double-haploid lines developed through a joint program between the Seed and Plant Improvement Research Institute and Florimand Deprée Company. During the growth and development stages of the plant, observations were made on certain agronomic traits, including planting dates, days to heading, days to maturity, and plant height. Additional traits, such as thousand-grain weight, seed filling period, seed filling rate, and grain yield, were examined after harvesting each of the lines. The first year's experiment included 156 pure bread wheat lines, along with four local control varieties (Chamran 2, Mehrgan, Sarang, and Barat), executed in an augmented design. From these lines, 77 were selected for the Darab region in the second year, which were then tested alongside three local control varieties (Mehrgan, Barat, and Sarang) in an alpha lattice design (10×8) with two replications. In both years, the superior lines were selected using the Multi-Genotype Ideotype Distance Index (MGIDI) based on morpho-phenological traits.

Results: The analysis of variance for agronomic traits in the first year's experiment indicated no significant differences among blocks (except for the trait "days to heading"). The calculated coefficients of phenotypic variation showed that traits, such as grain yield (18.92%), thousand-grain weight (19.68%), and grain filling rate (20.91%), exhibited greater variability than the other studied traits. This result suggests suitable diversity among the evaluated lines, which can improve grain yield through proper selection. Heat maps of various traits in the examined lines corroborated this finding. The results indicated that the mean grain yield increased in the selected lines compared to controls and all lines combined; specifically, the mean grain yield increased from 5.04 tons per hectare to 5.86 tons per hectare in selected lines. The highest and lowest yields among the selected lines were associated with line 155 (7.2 tons per hectare) and line 92 (5.12 tons per hectare), respectively. The mean grain yields for control genotypes Barat, Chamran 2, Mehrgan, and Sarang were 5.13, 4.72, 4.95, and 5.90 tons per hectare, respectively. The significant effects of lines in the second year across various traits indicate appropriate diversity and improved genetic gain. The MGIDI index for the six studied traits showed differential selection for desirable traits, with the grain-filling rate exhibiting an undesirable selection differential of -0.01%. The highest and lowest percentages of selection differential corresponded to "days to heading" (5.30%) and "grain filling rate" (0.01%), respectively. Additionally, the total desirable positive and negative differentials were 6.73% and -11.39%,

Copyright ©2025 Askari Kelestaniet al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

respectively, indicating the efficiency of selection using the MGIDI index. Factor analysis revealed that the first two factors accounted for 72.4% of the variation. The MGIDI index categorized lines based on "days to heading," "grain-filling duration," and "grain-filling rate" for the first factor, while for the second factor, it was based on "days to maturity," "thousand grain weight," "grain yield," and "plant height." Results from strength and weakness charts indicated that both factors successfully categorized most superior lines based on their ideal values across all internal traits. Among the selected lines using the MGIDI index, G49, G28, G38, G21, G44, G59, G50, G53, G77, G35, G16, G41, and G79 were identified as superior lines in this research. Pearson's correlation results showed a significant correlation between grain yield and thousand-grain weight at a 5% probability level, indicating indirect selection for high-yielding lines through traits such as thousand-grain weight.

Conclusion: The MGIDI index efficiently identified the top lines based on all traits. In the pedigree of the 10 selected lines, there was a common parent named OASIS, which likely contributed to the superiority of these lines compared to the other tested lines. Based on these results, it is recommended to use these lines to enhance wheat breeding programs in hot and dry southern regions.

Keywords: Differential selection, Grain yield, Morphophysiological traits, Selection index

How to Cite This Article: Askari Kelestani, A., & Esmaeilzadeh Moghadam, M. (2025). Investigation and Initial Identification of Superior Bread Wheat Lines in Southern Fars Province. *J Crop Breed*, 17(4), 92-103. DOI: 10.61882/jcb.2025.1572

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

مقاله پژوهشی

بررسی و شناسایی اولیه لاین‌های برتر گندم نان در جنوب استان فارس

علی رضا عسکری کلستانی[۱] و محسن اسماعیل‌زاده مقدم[۲]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، داراب، ایران، (نویسنده مسوول: ar.askary@areeo.ac.ir)

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۳۱

صفحه ۹۲ تا ۱۰۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: دما مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده طول دوره رشد و نمو گیاهان زراعی است ولی با افزایش دما، رشد و نمو تسریع می‌شود و طول دوره زندگی گیاه کاهش می‌یابد که این موضوع، یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد در مناطق گرم است. شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب کشت در منطقه جنوب استان فارس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ارزیابی مجموعه لاین‌های جدید در این منطقه، دستیابی به چنین هدفی را امکان‌پذیر می‌کند. با توجه به برنامه ویژه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در طرح افزایش ضریب خوداتکایی گندم برای معرفی ارقام جدید، این بررسی نیز برای دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول‌تر و امیدبخش گندم نان در منطقه جنوب استان فارس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی تعدادی از لاین‌های خالص گندم نان، دو آزمایش در سال‌های زراعی (۱۴۰۱-۱۴۰۰) و (۱۴۰۲-۱۴۰۱) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب انجام شد. لاین‌های مورد برررسی در این مطالعه از مراکز و ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج، داراب و زابل و نیز لاین‌های دابل‌هاپلویید حاصل از برنامه مشترک بین موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر و شرکت فلوریماند دپره تهیه و به آزمایش اضافه شدند. آزمایش سال اول شامل ۱۵۶ لاین خالص گندم نان به‌همراه چهار رقم شاهد منطقه (چمران ۲، مهرگان، سارنگ و برات) بود که به‌صورت طرح آگمنت اجرا شد. از بین این لاین‌ها در سال دوم، ۷۷ لاین برای منطقه داراب انتخاب شدند که لاین‌های انتخابی به‌همراه سه رقم شاهد منطقه (مهرگان، برات و سارنگ) در قالب طرح آلفا لاتیس ۱۰×۸ تصادفی با دو تکرار آزمایش شدند. در هر دو سال، گزینش لاین‌های برتر با استفاده از شاخص فاصله ژنوتیپ ایدئوتیپ چندصفتی (MGIDI) و با استفاده از صفات مورفوفنولوژیک انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی در آزمایش سال اول تفاوت‌های معنی‌داری را بین بلوک‌ها نشان ندادند (به‌جز صفت روز تا خوشه‌دهی). ضرایب تغییرات فنوتیپی محاسبه‌شده نشان دادند که صفات عملکرد دانه (۱۸/۹۲ درصد)، وزن هزار دانه (۱۹/۶۸ درصد) و سرعت پرشدن دانه (۲۰/۹۱ درصد) دارای تنوع بیشتری نسبت به سایر صفات مورد مطالعه بودند. این نتیجه دلالت بر وجود تنوع مناسب بین لاین‌های مورد بررسی دارد که می‌توان با انتخاب مناسب، سبب بهبود عملکرد دانه شد. نقشه گرمایی صفات مختلف در لاین‌های مورد بررسی دلالت‌بر تایید این نتیجه دارد. میانگین عملکرد دانه در لاین‌های انتخابی نسبت به شاهدها و مجموع لاین‌ها افزایش یافت، به طوری که میانگین صفت عملکرد دانه در مجموع لاین‌ها از ۵/۰۴ تن در هکتار به ۵/۸۶ تن در هکتار در لاین‌های انتخابی رسید. همچنین، بیشترین و کم‌ترین عملکرد در لاین‌های انتخابی به‌ترتیب مربوط به لاین شماره ۱۵۵ (۷/۲ تن در هکتار) و لاین شماره ۹۲ (۵/۱۲ تن در هکتار) بودند. میانگین‌های عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد در برات، چمران ۲، مهرگان و سارنگ به‌ترتیب ۵/۱۳، ۴/۷۲، ۴/۹۵ و ۵/۹۰ تن در هکتار بودند. معنی‌دار شدن اثر لاین‌ها در سال دوم، در صفات مختلف نشان‌دهنده وجود تنوع مناسب و بهبود بهره ژنتیکی است. شاخص MGIDI برای شش صفت مورد مطالعه دیفرانسیل انتخاب مطلوب را نشان داد؛ همچنین در این شاخص، صفت سرعت پرشدن دانه دارای دیفرانسیل انتخاب نامطلوب ۰/۰۱-درصد بود. بیشترین و کم‌ترین مقدار درصد دیفرانسیل گزینش به‌ترتیب مربوط به صفات روز تا خوشه‌دهی (۵/۳۰ درصد) و سرعت پرشدن دانه (۰/۰۱ درصد) بودند. همچنین دیفرانسیل کل مطلوب مثبت و منفی به‌ترتیب ۶/۷۳ درصد و ۱۱/۳۹- درصد بودند که نشان‌دهنده کارایی انتخاب به‌وسیله شاخص MGIDI بود. نتایج تجزیه عامل‌ها نشان دادند که دو عامل اول ۷۲/۴ درصد تغییرات را توجیه نمودند. همچنین، شاخص MGIDI لاین‌ها را در عامل اول بر اساس صفات تعداد روز تا خوشه‌دهی، دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه و در عامل دوم براساس صفات تعداد روز تا رسیدگی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ارتفاع بوته انتخاب کرد. نتایج نمودار قوت و ضعف و عامل اول و دوم در تجزیه عاملی نشان دادند که هر دو عامل توانستند اکثر لاین‌های برتر را براساس مقدار ایده‌آل همه صفات درونی خود دسته‌بندی کنند. در بین لاین‌های انتخابی با استفاده از شاخص MGIDI، لاین‌های G49 ، G28، G38، G21، G44، G59، G50، G53، G77، G35، G16، G41 و G79 جزء لاین‌های برتر در این تحقیق بودند. نتایج همبستگی پیرسون، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و و وزن هزار دانه را در سطح احتمال پنج درصد نشان داد که این موضوع دلالت بر انتخاب غیرمستقیم لاین‌هایی با عملکرد بالا از طریق صفاتی مانند وزن هزار دانه دارد.

نتیجه‌گیری کلی: شاخص MGIDI به‌طور کارآمدی قادر به شناسایی لاین‌های برتر براساس همه صفات بود. در شجره ۱۰ لاین انتخابی، یک والد مشترک به نام OASIS وجود دارد که احتمالا توانسته است تا حدودی باعث برتری این لاین‌ها نسبت به سایر لاین‌های مورد آزمایش شود. با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود که از این لاین‌ها جهت بهبود برنامه اصلاحی گندم در مناطق گرم و خشک جنوب استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، شاخص انتخاب، دیفرانسیل انتخاب، صفات مورفوفنولوژیک

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی روی زمین است و در بین تمامی گیاهان زراعی، بیشترین سطح زیر کشت را در جهان به‌خود اختصاص داده است. در سال ۲۰۲۳، میانگین تولید گندم جهان تقریباً ۷۸۹ میلیون‌تن و در ایران حدود ۵/۱۳ میلیون‌تن گزارش شد (FAO, 2025; Al-Ashkar *et al*., 2023).

اقلیم گرم و خشک ایران دارای آب و هوای گرمسیری و خشک، زمستان‌های ملایم، بهار کوتاه و گرم، تابستان‌های بسیار گرم (معمولا بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد) و طولانی و حداقل کمتر از ۵- درجه سانتی‌گراد است. با وجود دشت‌های مستعد و منابع آب فراوان در برخی از مناطق این اقلیم، انتظار می‌رود که عملکرد و به‌تبع آن تولید گندم در این اقلیم بیش از مقدار فعلی باشد. با توجه به اهمیت محصول گندم نان در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

مناطق گرم، اجرای پروژه‌های تحقیقاتی و معرفی ارقام جدید با خصوصیات زراعی مطلوب می‌توانند سهم به‌سزایی در افزایش تولید این محصول در این اقلیم داشته باشند (Keshavarz *et al*., 2012). در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی، لاین‌های جدید گندم در مناطق مشابه آب‌وهوایی آزمایش و بهترین ارقام برای کشت انتخاب می‌شوند.

این قبیل تحقیقات سال‌های متمادی است که توسط مراکز تحقیقاتی بین‌المللی نظیر سیمیت و ایکاردا در پهنه وسیعی از جهان اجرا شده‌اند و منجر به معرفی ارقام منطقه‌ای و جهانی شده است (Rajaram & Van-Ginkel, 1994).

بهره ژنتیکی جزء مهمی در اصلاح نباتات است و از این‌رو، نقش کلیدی در توسعه برنامه‌های اصلاحی ایفا می‌کند. در عین حال، انتخاب بر اساس یک صفت مناسب‌ترین استراتژی نیست، زیرا هیچ اطمینانی از دستاوردهای ژنتیکی در سایر صفات مهم وجود ندارد (Olivoto *et al*., 2019). از این‌رو، اصلاح‌کنندگان اغلب سعی می‌کنند صفات مطلوب مختلف را در یک ژنوتیپ جدید جمع‌آوری کنند که منجربه عملکرد بالا شود. اولیوتو و ناردینو (Olivoto & Nardino, 2020) یک شاخص چندصفتی جدید را براساس تجزیه و تحلیل عاملی و فاصله ژنوتیپ–ایدئوتیپ (MGIDI) معرفی کردند. این شاخص بر انتخاب ژنوتیپ‌های برتر که در آن صفات متعدد اندازه‌گیری شده است، تمرکز دارد. اولیوتو و ناردینو (Olivoto & Nardino, 2021)، پورابوقداره و پوکزای (Pour-Aboughadareh & Poczai, 2021) و شیرزاد و همکاران (Shirzad *et al*., 2022) از شاخص MGIDI برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر به‌ترتیب، در توت‌فرنگی، گندم‌های وحشی و جو زراعی استفاده کردند. آن‌ها همچنین نشان دادند که این شاخص توانست به‌طور همزمان بسیاری از صفات و یا شاخص‌ها را در نظر بگیرد و همچنین نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌های مورد آزمایش را ارزیابی کند .

کشاورزنیا و همکاران (Keshavarz Nia *et al*., 2023) جهت شناسایی بهترین لاین‌های گندم نان از لحاظ عملکرد و پایداری، آزمایشی را طی دو سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ و ۱۴۰۰–۱۴۰۱ اجراء کردند. نتایج آن‌ها نشان دادند که میانگین عملکرد ۸۸ لاین انتخابی در سال دوم در حدود ۶۹۱۹ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به عملکرد همین لاین‌ها در سال اول در حدود یک تن کاهش داشت. در نهایت، با توجه به مجموع صفات اندازه‌گیری‌شده طی دو سال زراعی، هفت لاین به‌عنوان برترین لاین‌ها انتخاب شدند. این پژوهش جهت بررسی اولیه لاین‌های گندم نان و شناسایی لاین‌های برتر جهت انجام آزمایش‌های تکمیلی به‌منظور معرفی ارقام جدید در منطقه جنوب استان فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تعدادی از لاین‌های جدید گندم نان و معرفی لاین‌های برتر جدید در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان داراب، دو آزمایش مجزای یک‌ساله در سال‌های زراعی ۱۴۰۰–۱۴۰۱ و ۱۴۰۱–۱۴۰۲ اجراء شد. آزمایش سال اول شامل ۱۵۶ لاین خالص گندم نان به‌همراه چهار شاهد مهرگان، برات، سارنگ و چمران ۲ در قالب طرح آگمنت اجرا شد و از بین آن‌ها تعداد ۷۷ لاین گندم برتر انتخاب شدند. لاین‌های انتخابی در سال دوم به صورت طرح آلفا لاتیس ۱۰×۸ به همراه سه شاهد مهرگان، برات و سارنگ در دو تکرار آزمایش شدند. لاین‌های مورد برررسی در این مطالعه از مراکز و ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج، داراب و زابل و نیز لاین‌های دابل‌هاپلویید حاصل از برنامه مشترک بین موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر و شرکت فلوریماند دپره تهیه و به آزمایش اضافه شدند. کرت‌های آزمایش شامل شش خط به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و ۷/۲ مترمربع مساحت کاشت شدند و مساحت برداشت با حذف تقریبا نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت بود. میزان بذر لازم برای هر تیمار براساس وزن هزار دانه و برحسب ۳۵۰ دانه در مترمربع محاسبه وتعیین شد. میزان کود لازم براساس آزمون خاک و فرمول کودی توصیه‌شده تعیین گردید. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم، دیسک، لولر و ایجاد فارو در زمین آیش اجراء گردید. کشت آزمایشات با بذرکار خطی در تاریخ مناسب کشت (۱۵ آذر) انجام گرفت. برای کنترل علف های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ از سموم علف‌کش آکسیال و بروموایسید در اواسط بهمن استفاده شد. وضعیت دما و بارندگی در طول دوره آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. درطول مراحل رشد و نمو گیاه، یادداشت‌برداری از برخی صفات زراعی شامل تعداد روز تا گل‌دهی (DHE[1])، تعداد روز تا رسیدگی (DME[2]) و ارتفاع بوته (PLH[3]) انجام گردید. پس از برداشت محصول هر کدام از لاین‌ها، برخی صفات دیگر از جمله وزن هزار دانه (TKW[4])، طول دوره پرشدن (SFP[5])، سرعت پرشدن دانه (SFR[6]) و عملکرد دانه (YLD[7]) مورد بررسی قرار گرفتند.

برای رتبه‌بندی لاین‌ها از شاخص MGIDI استفاده شد (Olivoto & Nardino, 2020). مراحل محاسبه به‌صورت زیر است:

تغییر مقیاس صفات: X_{ij} یک جدول دوطرفه با i ردیف یا ژنوتیپ و j ستون یا صفت است. مقدار تغییر مقیاس‌یافته برای ردیف i و ستون j (rX_{ij}) به‌صورت رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه (۱):

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

η_{oj} و φ_{oj} به‌ترتیب مقادیر اصلی حداقل و حداکثر برای

[1] Number of days to heading
[2] Number of days to maturity
[3] Plant height
[4] Thousand kernel weight
[5] Seed Filling Period
[6] Seed Filling Rate
[7] Grain yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

صفت j هستند. φ_{nj} و η_{nj} به‌ترتیب مقادیر جدید حداقل و حداکثر برای صفت j پس از تغییر مقیاس هستند و θ_{ij} مقدار اصلی برای صفت ژام از ژنوتیپ iام است.

تجزیه به عامل‌ها: در مرحله بعد، تحلیل عاملی (FA) برای محاسبه کاهش ابعاد داده‌ها و ساختار روابط انجام شد. این تحلیل براساس رابطه ۲ انجام شد:

رابطه (۲): $$F = Z(A^{T}R^{-1})^{T}$$

که در آن F یک ماتریس g×f با مقادیر عامل‌ها است، Z یک ماتریس g×p با میانگین استاندارد شده است، A یک ماتریس p×f از بارگذاری متعارف است و R ماتریس همبستگی p×p بین صفات است. علاوه‌بر این g، f وp به‌ترتیب تعداد ژنوتیپ‌ها، عامل‌های باقیمانده و شاخص‌های محاسبه‌شده را نشان می‌دهند.

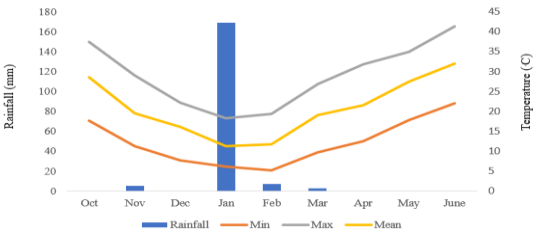
تعریف ژنوتیپ ایده‌آل (ایدئوتیپ): ایدئوتیپ را می‌توان با یک بردار I [1×p] تعریف کرد، به‌طوری‌که I برابر ۱۰۰، ۱۰۰، ...، ۱۰۰ باشد. نمرات I نیز بر اساس رابطه (۲) تخمین زده می شوند.

محاسبه شاخص MGIDI: در مرحله آخر، فاصله اقلیدسی بین نمرات ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های ایده‌آل به‌عنوان شاخص MGIDIبا استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

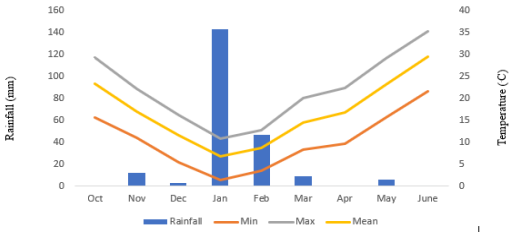
رابطه (۳): $$MGIDI = \sum_{i=1}^{f} \left[(\gamma_{ij} - \gamma_{j})^{2}\right]^{0.5}$$

γ_{ij} امتیاز i امین ژنوتیپ در فاکتور ژام است (i = 1,2,…,t; j = 1,2,…,f) که t و f به‌ترتیب تعداد ژنوتیپ‌ها و عامل‌ها هستند، و γ_{j} نمره ژام ژنوتیپ ایده‌آل است. ژنوتیپ‌هایی با کمترین مقدار MGIDI به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر هستند و بنابراین مقادیر مطلوب را برای همه شاخص‌های محاسبه‌شده نشان می‌دهند. دیفرانسیل انتخاب برای همه صفات با در نظرگرفتن شدت انتخاب ۱۵ درصد انجام شد. به‌منظور انجام تجزیه واریانس و محاسبه آماره‌های توصیفی از نرم‌افزار SAS9.01 استفاده شد. برای برآورد شاخص MGIDI از بسته تجزیه آزمایش‌های چندمحیطی metan (Olivoto & Lúcio, 2020) و تجزیه همبستگی از بسته Factoextra (Kassambara & Mundt, 2021) در نرم‌افزار R4.2.1 استفاده شد.

A



B



شکل ۱- داده‌های هواشناسی ماهیانه داراب در فصول زراعی ۰۱-۱۴۰۰ (A) و ۰۲-۱۴۰۱ (B)
Figure 1. Monthly meteorological data of Darab in the cropping seasons 2020-2021 (A) and 2021-2022 (B)

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در سال اول آزمایش که با استفاده از ۱۵۲ لاین جدید گندم نان به‌همراه چهار رقم شاهد منطقه انجام گرفت، شاخص انتخاب MGIDI (نتایج نشان داده نشده‌اند) با توجه به صفات مورد بررسی، تعداد ۷۷ لاین برتر را انتخاب کرد. همچنین برای مجموع لاین‌ها مورد بررسی، شاهدها و لاین‌های انتخاب‌شده در سال اول، پارامترهای آماری مختلف محاسبه شده در جدول ۲ آمده‌اند.

تجزیه واریانس شاهدها برای بررسی یکنواختی زمین آزمایش و لزوم تصحیح برای اثر بلوک انجام شد (جدول ۱). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱)، تفاوت بین ارقام شاهد برای کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. ضرایب تغییرات فنوتیپی محاسبه‌شده (جدول ۲) نشان دادند که صفات عملکرد دانه (۱۸/۹۲ درصد)، وزن هزار دانه (۱۹/۶۸ درصد) و سرعت پرشدن دانه (۲۰/۹۱ درصد) دارای تنوع بیشتری نسبت به سایر صفات مورد مطالعه بودند. این نتیجه دلالت‌بر وجود تنوع مناسب بین لاین‌های مورد بررسی دارد که می‌توان با انتخاب مناسب، سبب بهبود عملکرد دانه شد. نقشه گرمایی صفات مختلف در لاین‌های مورد بررسی دلالت بر تایید این نتیجه دارد (شکل ۲).

میانگین عملکرد دانه در لاین‌های انتخابی نسبت به شاهدها و مجموع لاین‌ها افزایش یافت، به طوری که میانگین صفت عملکرد دانه در مجموع لاین‌ها از ۵/۰۴ تن در هکتار به ۵/۸۶ تن در هکتار در لاین‌های انتخابی رسید. همچنین، بیشترین و کم‌ترین عملکرد در لاین‌های انتخابی به‌ترتیب مربوط به لاین شماره ۱۵۵ (۷/۲ تن در هکتار) و لاین شماره ۹۲ (۵/۱۲ تن در هکتار) بود (نتایج گزارش نشده‌اند). میانگین‌های عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد در برات، چمران ۲، مهرگان و سارنگ به‌ترتیب ۵/۱۳، ۴/۷۲، ۴/۹۵ و ۵/۹۰ تن در هکتار بودند (جدول ۲).

حداقل مقادیر صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، سرعت پرشدن دانه، دوره پر شدن دانه و ارتفاع بوته مجموع لاین‌ها از متوسط لاین‌های انتخابی و شاهد پایین‌تر بودند، اما حداکثر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

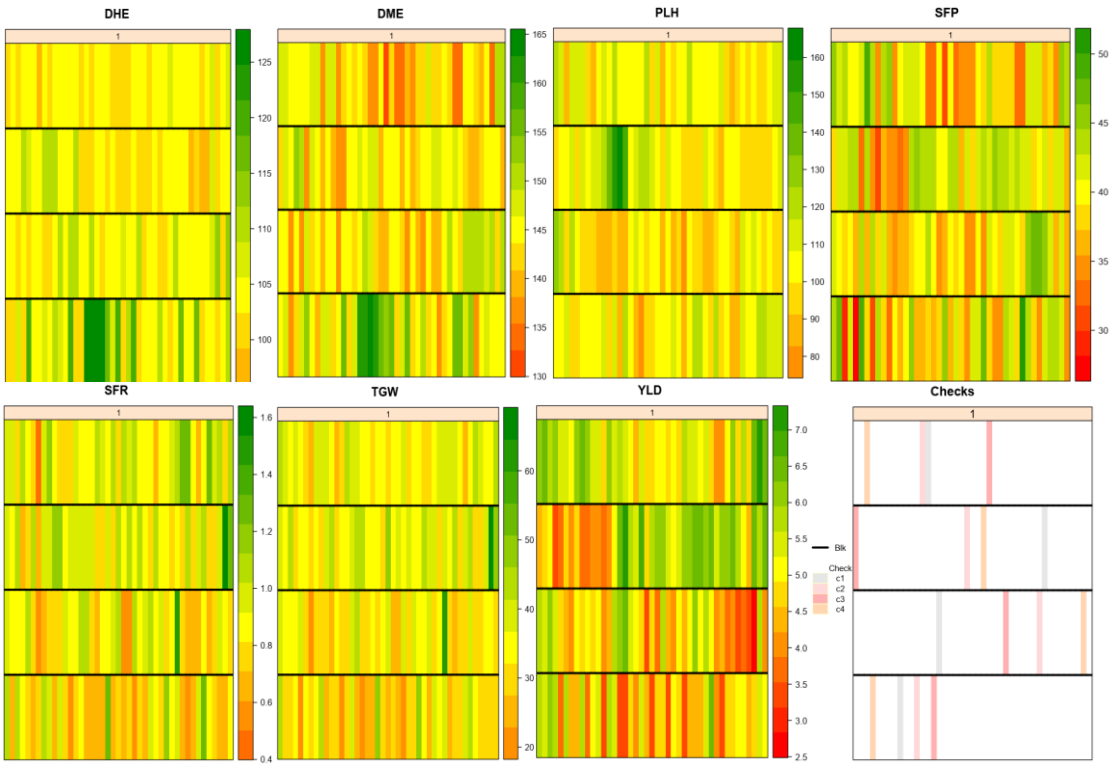
مقادیر این صفات در مجموع لاین‌ها از میانگین لاین‌های انتخابی و شاهد بیشتر بودند (جدول ۲).

میانگین تعداد روز تا خوشه‌دهی و تا رسیدگی به‌ترتیب ۱۰۵/۲۴ و ۱۴۴/۸۲ در مجموع لاین‌ها به ۱۰۳/۲۹ و ۱۴۰/۲۹روز در لاین‌های انتخاب‌شده رسید که این مسئله نشان‌دهنده تسریع در زمان خوشه‌دهی و رسیدگی در لاین‌های انتخاب شده است. با توجه به کاهش این دو صفت مهم فنولوژیکی، صفت مهم دوره پرشدن دانه نیز نسبت به شاهدها و مجموع لاین‌ها کاهش پیدا کرد. سرعت پرشدن دانه با توجه به کاهش دوره آن نسبت به شاهدها و مجموع لاین افزایش پیدا کرد. واضح است که هرچه گیاه زودتر به مرحله ظهور سنبله وارد شود، دوره پرشدن دانه نیز زودتر آغاز می‌شود و به‌دنبال آن رسیدگی فیزیولوژیکی نیز زودتر به وقوع می پیوندد (Baye *et al*., 2020).

میانگین ارتفاع در لاین‌های انتخابی نسبت به مجموع لاین‌ها کاهش یافت. همچنین، میانگین این صفت در لاین‌های انتخابی نسبت به شاهد جز شاهد سارنگ کاهش پیدا کرد. در مناطقی با گرمای انتها فصل مانند داراب، گندم با شروع تنش گرما انتهای فصل، رشد رویشی خود را متوقف و فاز زایشی و تولید سنبله را شروع می‌نماید. به‌عبارتی، با وجود تنش گرما، تبدیل اپکس رویشی به زایشی تسریع می‌شود که این امر موجب کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش گرما می‌گردد (Al-Otayk, 2010).

میانگین دو صفت دوره و سرعت پرشدن دانه در لاین‌های انتخابی نسبت به مجموع لاین‌ها افزایش یافت به‌نحوی که میانگین صفت دوره پرشدن دانه در مجموع لاین‌ها از میانگین ۳۹/۵۸ روز به ۴۱ روز و از ۰/۸۸ به ۰/۹۲ در صفت سرعت پرشدن رسید. بررسی همین نتایج در مورد صفت ارتفاع نشان می‌دهد که با کاهش ارتفاع در لاین‌های انتخابی، طول دوره خوشه‌دهی کاهش و دوره پرشدن دانه به‌همراه سرعت پرشدن دانه در لاین‌های انتخابی افزایش یافت که این امر سبب افزایش وزن هزار دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه شد. نتایج این تحقیق نشان دادند که در طول روند به‌نژادی لاین‌های گندم نان، گزینش به‌صورت مسقیم یا غیر مستقیم برای کاهش طول دوره رسیدگی، خوشه‌دهی، ارتفاع و افزایش صفات سرعت پرشدن دانه، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه موفقیت‌آمیز بود.

محققین مختلفی گزینش در گیاهان مختلف را در جهت بهبود صفات مهم در روند برنامه‌های به‌نژادی تایید کردند (Barati *et al*., 2022; Darwish *et al*., 2023; Keshavarz Nia *et al*., 2023; Zali & Pour-Aboughadareh, 2023). کشاورزنیا و همکاران (Keshavarz Nia *et al*., 2023) به بررسی لاین‌های جدید گندم در قالب آزمایش‌های پیشرفته در منطقه گرم شمال استان خوزستان پرداختند. آن‌ها چندین لاین جدید را مناسب کشت در این منطقه اعلام کردند. آن‌ها گزارش کردند که بین لاین‌های مورد بررسی از لحاظ صفات صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع، وزن هزار دانه و عملکرد در بین ارقام مختلف گندم نان تنوع بسیار بالایی مشاهده شد و از این تنوع جهت انتخاب لاین‌های مناسب با دیفرانسیل گزینش مطلوب استفاده کردند.



شکل ۲- نمودارهای گرمایی تنوع ژنتیکی صفات زراعی لاین‌های گندم نان.
Figure 2- Heat maps of genetic variation of agronomic traits in bread wheat lines.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف در شاهدهای گندم نان در سال اول
Table 1. ANOVA of different traits in bread wheat checks in the first-year experiment

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Square						
			صفات Traits						
			DHE	DME	PLH	TGW	YLD	SFP	FFR
Block	بلوک	3	1.72*	13.39$^{n.s}$	2.91$^{n.s}$	0.31$^{n.s}$	0.06$^{n.s}$	19.08$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$
Check	شاهد	3	8.63**	12.22*	91.41*	95.72**	1.93*	10.41*	0.05**
Error	اشتباه	9	0.39	3.72	38.75	2.00	0.12	5.36	0.01

ns، *و **به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و معنی‌داری در سطح یک درصد هستند.
ns, * and **: non-significant, significant at P < 0.05, and P < 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۲- پارامترهای آمار توصیفی مربوط به صفات مختلف مورفو-فنولوژیک لاین‌های گندم نان در آزمایش سال اول
Table 2. Parameters of descriptive statistics for different morpho-phonological traits in bread wheat lines in the first-year experiment

صفات traits	میانگین مجموع لاین‌ها در آزمایش سال اول Mean of total lines in the first-year experiment					ژنوتیپ‌های شاهد Check genotypes				میانگین لاین‌های انتخابی برای آزمایشات سال دوم Mean of selected lines for second-year experiments				
	میانگین Mean	انحراف معیار STD	ضریب تغییرات Cv	حداقل Min	حداکثر Max	برات Barat	چمران ۲ Chamran 2	مهرگان Mehregan	سارنگ Sarang	میانگین Mean	ضریب‌انحراف تغییرات معیار STD	CV	حداقل Min	حداکثر Max
DHE	105.24	5.26	4.99	99.00	125.00	104.00	104.00	103.25	104.00	103.29	2.81	2.72	99.00	118.00
DME	144.82	5.62	3.88	131.00	163.00	145.25	144.00	141.50	142.00	144.29	3.91	2.71	134.00	156.00
PLH	104.18	12.57	12.07	78.00	160.00	108.00	104.00	102.75	96.75	105.39	8.89	8.43	87.00	129.00
TGW	34.43	6.78	19.68	21.07	54.90	36.99	30.12	37.25	36.20	37.37	6.81	18.22	23.36	54.90
YLD	5.04	0.95	18.92	2.81	7.22	5.13	4.72	4.95	5.90	5.86	0.52	8.89	5.12	7.22
SFP	39.58	4.23	10.69	28.00	51.00	41.25	40.00	38.25	38.00	41.00	3.14	7.65	29.00	49.00
SFR	0.88	0.18	20.91	0.50	1.55	0.89	0.75	0.97	0.95	0.92	0.18	19.35	0.58	1.55

نتایج تجزیه واریانس در سال دوم در قالب طرح آلفا لاتیس ۱۰×۸ نشان دادند که اثر لاین در کلیه صفات معنی‌دار گردید و اثر بلوک در هیچکدام از صفات معنی‌دار نگردید (جدول ۳). معنی‌دار شدن اثر لاین‌ها در صفات مختلف نشان‌دهنده وجود تنوع مناسب و بهبود بهره ژنتیکی است. همچنین، یکی از دلایل معنادارشدن این اثر، تعداد بالای لاین در این مرحله از آزمایش (آزمایشات پیشرفته) است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ۸۰ ژنوتیپ گندم نان در سال دوم
Table 3. The results of variance analysis for 80 bread wheat genotypes in the second year

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Square						
			صفات Traits						
			DHE	DME	PLH	TGW	YLD	SFP	FFR
Rep	تکرار	1	0.50	99.22	4.22	282.81	7.58	113.90	0.04
Block (adj)	بلوک (adj)	7	10.25$^{n.s}$	108.01$^{n.s}$	18.24$^{n.s}$	1209.93$^{n.s}$	1.37$^{n.s}$	113.40$^{n.s}$	1.43$^{n.s}$
Line (adj)	لاین (adj)	79	22.34*	195.61*	25.69**	1885.15**	2.86*	236.37**	2.41*
error	اشتباه	72	9.07	87.118	11.67	1228.21	1.17	89.83	1.13

ns، *و **به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و معنی‌داری در سطح یک درصد هستند.
ns, * and **: non-significant, significant at P < 0.05, and P < 0.01 probability levels, respectively.

شاخص MGIDI برای انتخاب لاین‌های برتر برتر با استفاده از هفت صفت مورفو-فنولوژیک مورد بررسی محاسبه شد (شکل ۳-A و جدول ۵). در این شکل، لاین‌های انتخاب‌شده با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند. دایره قرمز مرکزی نقطه برش را با توجه به شدت انتخاب نشان می‌دهد. این شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌ها، همه صفات اندازه‌گیری شده را به‌طور هم‌زمان در نظر می‌گیرد و با توجه مقادیر عددی صفات، ژنوتیپ‌های برتر را معرفی می‌کند (Olivoto & Lúcio, 2020). در واقع، ارزش ژنوتیپ‌ها را در این تحقیق، براساس افزایش ارزش صفات دوره پرشدن دانه، سرعت پرشدن دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و کاهش طول دوره گل‌دهی، رسیدگی و ارتفاع بوته تعیین می‌کند. بر اساس این شاخص، لاین‌هایی با کمترین مقدار جزو لاین‌های برتر هستند (جدول ۵). بنا بر این، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، لاین‌های شماره G64، G65، G49، G28، G38، G21، G44، G59، G50، G53، G77، G35، G16، G76، G41 و G79 به‌ترتیب با کمترین مقدار MGIDI به‌عنوان برترین لاین‌ها انتخاب شدند. مقادیر عددی و رتبه ژنوتیپ‌ها براساس شاخص MGIDI در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. در این روش، ژنوتیپ‌هایی با کمترین مقدار شاخص MGIDI جزو ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات مورد بررسی هستند.

کاربرد شاخص MGIDI در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Dastfal *et al*., 2024; Olivoto & Nardino, 2020; Pour-Aboughadareh *et al*., 2021; Sheta *et al*., 2024). اشکار و همکاران (Al-Ashkar *et al*., 2023) در بررسی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

لاین‌های امیدبخش گندم نان، شناسایی آسان نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌ها بسته به چارچوب چند صفت انجام دادند و بیان کردند که ژنوتیپ‌های منتخب نه‌تنها با عملکرد دانه، بلکه با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه و دوره پرشدن دانه قابلیت تولید بالایی داشتند.

دیفرانسیل انتخاب شاخص MGIDI برای تمام صفات که مقادیر بیشتر آن‌ها مطلوب است، مثبت و برای کلیه صفاتی که کمتر بودن آن‌ها مورد نظر است منفی به‌دست آمد که بیانگر مؤثر بودن این روش انتخاب در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر است. شاخص MGIDI برای شش صفت مورد مطالعه دیفرانسیل انتخاب مطلوب را نشان داد. همچنین، در این شاخص صفت SFR دارای دیفرانسیل انتخاب نامطلوب ۰/۰۱- درصد بود. بیشترین و کمترین مقدار درصد دیفرانسیل گزینش به‌ترتیب مربوط به صفات DHE (۵/۳۰ درصد) و SFR (۰۰/۰۱ درصد) بودند (جدول ۴). همچنین، دیفرانسیل کل مطلوب مثبت و منفی به‌ترتیب ۶/۷۳ درصد و ۱۱/۳۹- درصد بودند که نشان‌دهنده کارایی انتخاب به‌وسیله شاخص MGIDI است (جدول ۴).

اگرچه بهره ژنتیکی ناشی از انتخاب برای عملکرد دانه اندک است اما اجزای عملکرد مانند وزن هزار دانه اصلی از بهره ژنتیکی زیادی در بین لاین‌های مورد مطالعه برخوردار بودند. بنا بر این، کارایی انتخاب برای افزایش عملکرد دانه را می‌توان از طریق انتخاب لاین‌های برتر از نظر اجزای عملکرد افزایش داد (Chen *et al*., 2024). همچنین، نتایج همبستگی پیرسون، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه را در سطح احتمال ۵ درصد نشان دادند که این موضوع دلالت بر انتخاب غیر مستقیم ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا از طریق صفاتی مانند وزن هزار دانه دارد. اسپانیک و همکاران (Spanic *et al*., 2024) نشان داده‌اند که انتخاب مستقیم براساس عملکرد و انتخاب همبسته از طریق وزن هزار دانه مؤثرتر از بقیه اجزای عملکرد در گندم است. آن‌ها بیان می‌کنند که با گزینش صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی دارند و دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه نیز هستند، می‌توان به‌طور غیرمستقیم عملکرد را بهبود بخشید.

جدول ۴- دیفرانسیل انتخاب شاخص MGIDI برای هفت صفت مورفو-فنولوژیک در لاین‌های گندم نان
Table 4. Selection differential of the MGIDI index for seven morpho-phenological traits in bread wheat lines

صفات Traits	میانگین کل Mean	میانگین لاین‌های انتخابی Mean selected lines	دیفرانسیل گزینش Selection differential	دیفرانسیل گزینش (٪) Selection differential (%)	هدف Goal	نتیجه Sense
DHE	109.90	104.60	-5.30	-4.824	decrease	100.00
SFP	31.91	34.59	2.69	8.423	increase	100.00
SFR	1.20	1.19	-0.01	-0.7399	increase	0.00
DME	141.80	139.20	-2.61	-1.843	decrease	100.00
PLH	103.20	99.75	-3.48	-3.366	decrease	100.00
TGW	34.60	37.99	3.40	9.816	increase	100.00
YLD	4.43	5.08	0.64	14.53	increase	100.00
دیفرانسیل گزینش منفی Negative selection differential			-11.39			
دیفرانسیل گزینش مثبت Positive selection differential			6.73			

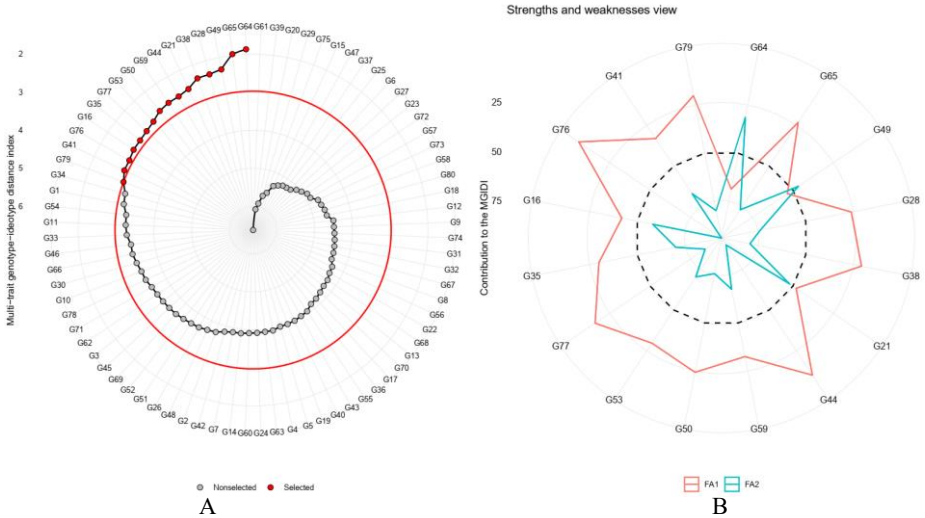
نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده به‌صورت نسبت و سهم هر عامل در هر کدام از ژنوتیپ‌های منتخب به‌دست می‌آیند. با استفاده از این تجزیه، به میزان سهم هر عامل در هر ژنوتیپ، و این‌که هر ژنوتیپ از نظر کدام عامل و چه صفاتی به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر یا دورتر است، به‌خوبی نشان داده می‌شود که به مزایای این شاخص می‌افزاید. در این پلات، عامل‌ها به دو دسته با سهم بیشتر و سهم کمتر تقسیم می‌شوند. هر چه سهم یک عامل در توجیه نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌های منتخب کمتر و نزدیک به لبه خارجی (خارج از خط نقطه‌چین) باشد، نشان‌دهنده نزدیک بودن صفات درون آن عامل به ژنوتیپ ایده‌آل است. نقطه‌چین نشان‌دهنده مقادیر تئوری است در صورتی‌که همه عوامل به یک اندازه نقش داشته باشند. بنا بر این، هر ژنوتیپ برای عامل‌هایی که سهم کمتری در آن‌ها نشان می‌دهد، بیشتر از لحاظ صفات مهم درون آن عامل به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر است (Olivoto & Nardino, 2021).

نتایج تجزیه عامل‌ها نشان دادند که دو عامل اول ۷۲/۴ درصد تغییرات را توجیه نمودند. همچنین، شاخص MGIDI ژنوتیپ‌ها را در عامل اول براساس صفات DHE، SFP و SFR و در عامل دوم براساس صفات DME، TGW، YLD و PLH انتخاب کرد (جدول ۶).

در نمودار قوت و ضعف، لاین‌های G76، G79، G16، G41، G21، G59، G53، G28، G38، G44، G65، G50 و G77 بیشتر از لحاظ عامل اول یعنی از نظر صفات DHE، SFP و SFR به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر هستند. به این معنی که هر چقدر ژنوتیپ‌های انتخابی به‌وسیله این عامل به مرکز نزدیک‌تر باشند از لحاظ سه صفت گفته‌شده ضعیف‌تر هستند و هر چقدر از مرکز دورتر و به لبه‌ها نزدیک‌تر باشند از لحاظ صفات انتخابی قوی‌تراند. در این عامل، ژنوتیپ‌های G64، G16، G21 و G49 به‌دلیل داشتن طول دوره پرشدن کمتر نسبت به بقیه ژنوتیپ های انتخابی ضعیف‌تر هستند (شکل ۳-B). همبستگی پیرسون یک همبستگی منفی معنی‌دار را بین دو صفت طول دوره پرشدن و سرعت پرشدن نشان داد (شکل ۴). داده‌های هواشناسی در شکل ۱ سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ نشان می‌دهند که خنک بودن انتهای فصل به‌دلیل بارش مانع از تنش خشکی آخر فصل شده است که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

این امر سبب پدیده جبرانی شده است؛ در نتیجه، سبب ثابت نگه‌داشتن عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها گردیده است (Triboi & Leblevece, 1995). بنا بر این، این عامل با وجود یک مورد دیفرانسیل گزینش نامطلوب (صفت SFR) به‌درستی ژنوتیپ‌های برتر را انتخاب کرده است. تعداد سه لاین از هشت لاین برتر انتخابی دارای SFR با دیفرانسیل گزینش مطلوب بودند. همچنین بقیه لاین‌های انتخابی که از نظر این صفت دارای دیفرانسیل نامطلوب بودند دارای عملکرد بالا و با صفات مطلوب بودند، به این معنی که می‌توان از این صفت نامطلوب چشم‌پوشی کرد. نتایج مقایسه میانگین‌های صفات در دو عامل نشان دادند که میانگین صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و سرعت پرشدن دانه در لاین‌های انتخابی از مجموع ۷۷ لاین اولیه و شاهدها بالاتر بود. همچنین، میانگین صفات روز تا رسیدگی، روز تا خوشه‌دهی و ارتفاع در لاین‌های انتخابی از شاهدها و میانگین ۷۷ لاین اولیه پایین‌تر بود (جدول ۷). نتایج عامل دوم نشان دادند که لاین‌های G64 و G49 بیشتر از لحاظ این عامل قوی و برجسته‌تر و به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر بودند (شکل ۳–B و جدول ۶). بای‌پلات قوت و ضعف نشان داد که لاین‌های G76، G77، G44، G38 و G65 به‌دلیل نزدیک‌تر بودن به مرکز نسبت به بقیه لاین‌های انتخابی در عامل دوم ضعیف‌تر بودند (شکل ۳–B). جدول ۷ نشان می‌دهد که به جز لاین G76 (با عملکرد ۲/۵۸ تن در هکتار)، بقیه لاین‌ها از لحاظ بقیه صفات مقادیر بالایی دارند. همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که شاخص MGIDI با صفت طول دوره پرشدن فاقد اختلاف معنی‌دار است و با وزن هزار دانه، عملکرد دانه و طول پرشدن دانه همبستگی منفی معنی‌داری دارد. همچنین، این شاخص با صفات DHE، DME و PLH یک رابطه مثبت و معنادار دارد (شکل ۵). بنا بر این، نتایج همبستگی پیرسون و جدول ۷ نشان می‌دهند که در این تحقیق، همه صفات مطلوب در اکثر لاین‌های انتخابی جمع شده‌اند. نتایج نمودار قوت و ضعف در عامل اول و دوم نشان می‌دهند که هر دو عامل توانسته‌اند اکثر لاین‌های برتر را بر اساس مقدار ایده‌آل همه صفات درونی خود دسته‌بندی کنند. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان دادند که در بین لاین‌های انتخابی با استفاده از شاخص MGIDI، لاین‌های G65، G49، G28، G38، G21، G44، G59، G50، G53، G77، G35، G16، G41 و G79 به‌عنوان لاین‌های برتر برای آزمایشات تکمیلی (مانند ارزیابی سازگاری و پایداری) معرفی شدند. همچنین، شجره‌های لاین‌های معرفی شده در جدول ۸ آورده شده‌اند. بررسی این شجره‌ها نشان می‌دهد که در شجره ۱۰ لاین برتر، یک والد مشترک به نام OASIS وجود دارد که احتمالا توانسته است تا حدودی باعث برتری این لاین‌ها نسبت به سایر لاین‌های مورد آزمایش شود. با توجه به این نتایج، می‌توان پیشنهاد استفاده از این لاین جهت بهبود برنامه‌ها اصلاحی گندم نان در مناطق گرم و خشک جنوب را مطرح و اجرایی کرد.



A B

شکل ۳- (A) الگوی رتبه‌بندی لاین‌های انتخابی بر اساس شاخص MGIDI و (B) بای‌پلات قوت و ضعف لاین‌های انتخابی بر اساس شاخص MGIDI

Figure 3. (A) Ranking patterns of selected lines based on the MGIDI index and (B) the strength and weakness biplot of selected lines based on the MGIDI index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

جدول ۵- نتایج شاخص انتخاب و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

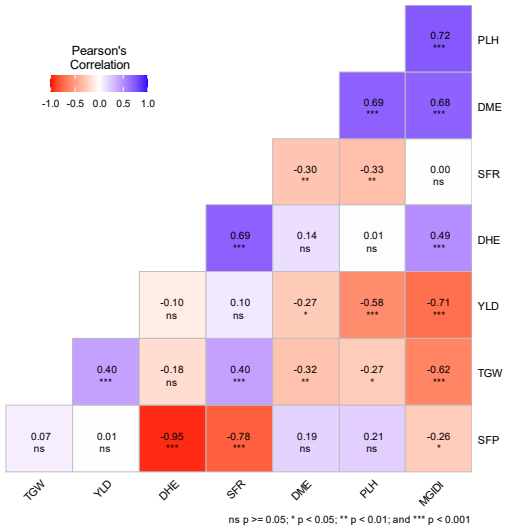
Table 5. The results of selection indexes and its rank of bread wheat in the cropping years 2021-2022

Gen.	MGIDI	Rank	Gen.	MGIDI	Rank	Gen.	MGIDI	Rank	Gen.	MGIDI	Rank
G1	3.14	18	G21	2.54	6	G41	2.88	15	G61	6.63	80
G2	3.77	36	G22	4.31	54	G42	3.85	37	G62	3.58	28
G3	3.59	29	G23	5.00	69	G43	4.03	47	G63	3.93	42
G4	3.93	43	G24	3.92	41	G44	2.60	7	G64	1.87	1
G5	3.99	44	G25	5.20	72	G45	3.61	30	G65	1.97	2
G6	5.18	71	G26	3.69	34	G46	3.37	22	G66	3.38	23
G7	3.89	38	G27	5.07	70	G47	5.28	74	G67	4.42	57
G8	4.41	56	G28	2.37	4	G48	3.73	35	G68	4.26	53
G9	4.49	61	G29	5.69	77	G49	2.32	3	G69	3.62	31
G10	3.48	25	G30	3.43	24	G50	2.64	9	G70	4.21	51
G11	3.26	20	G31	4.45	59	G51	3.68	33	G71	3.56	27
G12	4.49	62	G32	4.43	58	G52	3.65	32	G72	4.91	68
G13	4.25	52	G33	3.28	21	G53	2.74	10	G73	4.74	66
G14	3.89	39	G34	3.11	17	G54	3.25	19	G74	4.47	60
G15	5.35	75	G35	2.82	12	G55	4.06	48	G75	5.58	76
G16	2.83	13	G36	4.15	49	G56	4.32	55	G76	2.88	14
G17	4.17	50	G37	5.22	73	G57	4.89	67	G77	2.79	11
G18	4.64	63	G38	2.37	5	G58	4.71	65	G78	3.50	26
G19	3.99	45	G39	6.08	79	G59	2.60	8	G79	2.97	16
G20	5.92	78	G40	4.00	46	G60	3.91	40	G80	4.66	64

جدول ۶- واریانس توجیه‌شده، مقادیر ویژه، و بارهای عاملی پس از چرخش واریماکس در تحلیل عاملی

Table 6. Explained variance, eigenvalues, and factorial loadings after varimax rotation in the factor analysis

صفات Traits	عامل اول FA1	عامل دوم FA2	میزان اشتراک Communality	واریانس خاص Uniqueness
DME	-0.1	-0.77	-0.77	0.6
DHE	0.96	-0.21	-0.21	0.96
PLH	-0.16	-0.84	-0.84	0.74
TGW	0.02	-0.66	-0.66	0.43
YLD	0.07	-0.73	-0.73	0.53
SFP	0.98	0.04	0.04	0.97
SFR	-0.85	-0.35	-0.35	0.84
مقادیر ویژه Eigenvalue	2.84	2.23	–	–
واریانس نسبی (٪) Relative variance (%)	40.6	31.8	–	–
واریانس تجمعی (٪) Cumulative variance (%)	40.6	72.4	–	–



شکل ۴- نقشه حرارتی روابط بین صفات مورفو-فنولوژیک بر اساس آزمون همبستگی رتبه پیرسون

Figure 4. The heatmap of the relationships among morpho-phenologic traits based on Pearson's rank correlation test

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

جدول ۷- مقایسه صفات لاین‌های منتخب با کل لاین‌ها و ژنوتیپ‌های شاهد

Table 7. Comparison of traits of selected lines with the mean values of the total lines and check genotypes

لاین Line	صفات Traits						
	DME	DHE	PLH	TGW	YLD	SFP	SFR
G16	137.50	110.50	100.50	36.75	5.11	27.00	1.37
G21	139.00	110.50	101.00	45.11	5.35	28.50	1.63
G28	139.50	105.00	100.00	39.71	5.14	34.50	1.20
G35	139.00	108.50	99.50	32.28	5.40	30.50	1.06
G38	141.00	104.50	101.50	42.74	5.45	36.50	1.21
G41	143.50	91.50	101.50	40.63	5.50	52.00	0.79
G44	142.00	98.00	99.50	38.03	5.00	44.00	0.95
G49	136.00	109.00	98.50	41.00	5.07	27.00	1.57
G50	140.50	105.00	99.00	34.47	5.28	35.50	1.24
G53	140.50	108.50	101.00	37.79	5.57	32.00	1.19
G59	140.50	109.00	99.00	36.95	5.63	31.50	1.17
G64	135.00	108.00	96.00	42.33	5.67	27.00	1.61
G65	135.00	102.00	99.00	32.54	5.38	33.00	0.98
G76	137.00	93.50	102.50	39.88	2.58	43.50	1.15
G77	141.50	105.00	98.50	34.60	5.05	36.50	0.96
G79	139.00	104.50	99.00	33.15	4.09	34.50	1.01
میانگین لاین‌های انتخابی Mean of selected lines	139.16	104.56	99.75	38.00	5.08	34.59	1.19
مهرگان Mehrehgan	137.50	110.50	100.50	36.75	5.11	27.00	1.37
سارنگ Sarang	140.50	115.00	106.50	32.02	4.89	25.50	1.25
برات Barat	141.50	105.00	98.50	34.60	5.05	36.50	0.96
میانگین کل Total mean	141.80	109.90	103.20	34.60	4.43	31.91	1.20

جدول ۸- شجره‌های لاین‌های برتر انتخابی با استفاده از شاخص MGIDI

Table 8. Pedigrees of selected superior lines using the MGIDI index

لاین Line	شجره Pedigree
G16	BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI/4/Pishtaz/5/Sirvan
G21	CBRD-3/STORK X DICOCCOIDES/3/Attila-4y//Arvand1/Glenson81/4/DEZ/SW891882
G28	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Attila-4y//Arvand1/Glenson81/5/CHAMRAN*2//VEE/NAC
G35	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Attila-4y//Arvand1/Glenson81/5/CHAMRAN*2//VEE/NAC
G38	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Attila-4y//Arvand1/Glenson81/5/CHAMRAN*2//VEE/NAC
G41	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Attila-4y//Arvand1/Glenson81/5/CHAMRAN*2//VEE/NAC
G44	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Attila-4y//Arvand1/Glenson81/5/CHAMRAN*2//VEE/NAC
G49	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Maroon/5/DEZ/SW891882
G50	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Maroon/5/DEZ/SW891882
G53	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Maroon/5/DEZ/SW891882
G59	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Maroon/5/DEZ/SW891882
G64	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR/4/Maroon/5/DEZ/SW891882
G65	Unknown
G76	VN/10/Star"s"/8/TOB/ERA//TOB/CNO 67/3/PLO/4/VEE #5/5/KAUZ/6/Ures/Jun/Kauz/7/Ures/Jun//Kauz/9/Chamran/11/Baz
G77	Chamran/4/Darab#2/3/IRENA/BABAX//PASTOR/5/WEEBILL 1
G79	Morvarid/CATBIRD

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان دادند که تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی بین لاین‌های جدید گندم نان در هر دو سال آزمایش از لحاظ تمام صفات وجود داشت و لاین‌های برتر انتخابی توانستند به‌طور قابل‌توجهی در همه صفات مورد بررسی برتر از ارقام شاهد و مجموع لاین‌ها باشند که نشان‌دهنده پتانسیل بالای آن‌ها در استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی است. شاخص MGIDIبه‌طور کارآمدی قادر به شناسایی لاین‌های برتر بر اساس همه صفات بود. در نهایت، لاین‌های برتر شناسایی‌شده، لاین‌های G49، G28، G38، G21، G44، G59، G50، G53، G77، G3، G16، G41 و G79 بودند که می‌توانند برای ادامه بررسی‌ها در آزمایشات تکمیلی درنظر گرفته شوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پروژه‌های ملی موسسه اصلاح و تهیه و نهال و بذر به شماره‌های مصوب ۰۱-۰۳-۰۳-۱۱۷-۰۰۱۰۱۰ و ۰۱-۰۳-۰۳-۱۱۰-۰۱۰۷۶۴ است که از مسئولین محترم موسسه اصلاح و تهیه و نهال و بذر سپاسگزاری می‌شود.

References

Al-Ashkar, I., Sallam, M., Almutairi, K. F., Shady, M., Ibrahim, A., & Alghamdi, S. S. (2023). Detection of high-performance wheat genotypes and genetic stability to determine complex interplay between genotypes and environments. *Agronomy*, *13*(2), 585.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]

Al-Otayk, S. M. (2010). Performance of yield and stability of wheat genotypes under high stress environments of the central region of Saudi Arabia. *Journal of King Abdulaziz University*, *21*(1), 81-92.

Barati, A., Zali, H., Marzoqian, A., Naghipour, F., Pour-Aboughadareh, A., & Kelestani, A. A. (2022). Selection of hull-less barley lines using the selection index of ideal genotype (SIIG) in Ahvaz and Darab regions. *Crop Production*, *15*(2), 161-181. [In Persian]

Baye, A., Berihun, B., Bantayehu, M., & Derebe, B. (2020). Genotypic and phenotypic correlation and path coefficient analysis for yield and yield-related traits in advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Cogent Food & Agriculture*, *6*(1), 1752603.

Chen, W., Zhang, J., & Deng, X. (2024). Winter wheat yield improvement by genetic gain across different provinces in China. *Journal of Integrative Agriculture*, *23*(2), 468-483.

Darwish, M. A., Elkot, A. F., Elfanah, A. M., Selim, A. I., Yassin, M. M., Abomarzoka, E. A., El-Maghraby, M. A., Rebouh, N. Y., & Ali, A. M. (2023). Evaluation of wheat genotypes under water regimes using hyperspectral reflectance and agro-physiological parameters via genotype by yield* trait approaches in sakha station, delta, egypt. *Agriculture*, *13*(7), 1338.

Dastfall, M., Najafi Mirak, T., & Zali, H. (2024). Selection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) genotypes tolerant to terminal season drought stress using multi-trait indices (MGIDI). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *25*(4), 342-361. [In Persian]

https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en (2025).

Kassambara, A., & Mundt, F. (2021). Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses, R package version 1.0. 7. 2020. *Preprint at*.

Keshavarz Nia, R., Esmaeilzadeh Moghaddam, M., & 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), 177-186. [In Persian].

Olivoto, T., Lúcio, A. D., da Silva, J. A., Sari, B. G., & Diel, M. I. (2019). Mean performance and stability in multi-environment trials II: Selection based on multiple traits. *Agronomy Journal*, *111*(6), 2961-2969.

Olivoto, T., & Lúcio, A. D. C. (2020). metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, *11*(6), 783-789.

Olivoto, T., & Nardino, M. (2020). MGIDI: A novel multi-trait index for genotype selection in plant breeding. *bioRxiv*, 2020.2007. 2023.217778.

Olivoto, T., & Nardino, M. (2021). MGIDI: Toward an effective multivariate selection in biological experiments. *Bioinformatics*, *37*(10), 1383-1389.

Pour-Aboughadareh, A., Sanjani, S., Nikkhah-Chamanabad, H., Mehrvar, M. R., Asadi, A., & Amini, A. (2021). Identification of salt-tolerant barley genotypes using multiple-traits index and yield performance at the early growth and maturity stages. *Bulletin of the National Research Centre*, *45*(1), 117.

Rajaram, S., & Van-Ginkel, M. (1994). A guide to the CIMMYT bread wheat program. *Wheat special* (5).

Sheta, M. H., Hasham, M. M., Ghanem, K. Z., Bayomy, H. M., El-Sheshtawy, A.-N. A., El-Serafy, R. S., & Naif, E. (2024). Screening of Wheat Genotypes for Water Stress Tolerance Using Soil–Water Relationships and Multivariate Statistical Approaches. *Agronomy*, *14*(5), 1029.

Shirzad, A., Asghari, A., Zali, H., Sofalian, O., & Mohammaddoust Chamanabad, H. (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), 65-76. [In Persian]

Spanic, V., Lalic, Z., Berakovic, I., Jukic, G., & Varnica, I. (2024). Morphological Characterization of 1322 Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties from EU Referent Collection. *Agriculture*, *14*(4), 551.

Triboi E., & Leblevece, L. (1995). Temperature effect on grain growth and protein content fraction accumulation in winter wheat. *Jounal of Botany*. 2, 54-59

Zali, H., & Pour-Aboughadareh, A. (2023). Identification of superior genotypes of barley for cultivation the south regions of Fars province using MGIDI و FAI-BLUP indices. *Plant Productions*, *46*(3), 335-351. [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1572]