



Grouping of irrigated wheat cultivars based on agronomic characteristics using multivariate statistical methods

Roxana Seyyed Raoufi¹ | Saeid Soufizadeh² | Jafar Kambouzia³ | Eskandar Zand⁴ | Tohid Najafi Mirak⁵

1. Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: r_seyedraoufi@sbu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, P.O. Box 19835-196, Tehran, Iran. E-mail: s_soufizadeh@sbu.ac.ir
3. Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: j_kambouzia@sbu.ac.ir
4. Department of Weed Research, Iranian Research Institute for Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: eszand@areeo.ir
5. Department of Cereal Research, Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: tnmirak@spii.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 1 May 2024
Received in revised form
5 December 2024
Accepted 7 June 2025
Published online 29 September 2025

Keywords:
Morphological traits
Multivariate analysis
Wheat
Yield and Yield components

ABSTRACT

Objective: This study aimed to evaluate grain yield, its components, and key morphological and physiological traits in traditional and newly developed irrigated wheat cultivars. The goal was to identify critical agronomic factors influencing wheat yield potential under optimal field conditions.

Methods: A field experiment was conducted during the 2021–2022 growing season at the Seed and Plant Improvement Institute in Alborz Province, Iran. Using a randomized complete block design (RCBD) with 29 cultivars and three replications, comprehensive assessments of morphological, physiological, and yield-related traits were carried out at flowering and physiological maturity stages. Measurements included grain yield, biological yield, harvest index, grains per spike, thousand-grain weight, leaf area index, among others. The trial was managed under optimal conditions, free from biotic and abiotic stresses, with standard agronomic practices.

Results: Significant genetic variation ($p < 0.01$) was observed across all traits, indicating a strong genetic influence on performance. The highest grain yield was recorded for Shiroudi (1074 g/m²), while Baharan had the lowest (572 g/m²). Cultivars such as Shiroudi, Gonbad, Navid, Pishtaz, and Chamran 2 exhibited superior biological yields. The harvest index ranged from 37% in Baharan to over 50% in Shush, Tajan, and Aflak. Stepwise regression identified harvest index, grains per spike, thousand-grain weight, and leaf area index as primary contributors to yield, explaining 56% of the variation. Cluster analysis grouped genotypes into four clusters, with Groups I and III comprising the highest-yielding cultivars suited to Alborz's conditions. PCA revealed that the first five components accounted for 80% of total variance. Pearson correlations confirmed strong positive relationships between grain yield and traits such as spike number, seeds per spike, biological yield, and leaf area index.

Conclusion: Traits including harvest index, grains per spike, thousand-grain weight, and leaf area index are key determinants of grain yield and should be prioritized as selection criteria in wheat breeding programs. weight, and leaf area index play a decisive role in grain yield and can be considered as selection indicators in breeding programs.

Cite this article: Seyyed Raoufi, R., Soufizadeh, S., Kambouzia, J., Zand, E., & Najafi Mirak, T. (2025). Grouping of irrigated wheat cultivars based on agronomic characteristics using multivariate statistical methods. *Journal of Crops Improvement*, 27 (3), 377-396. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.375991.2881>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.375991.2881>

Publisher: University of Tehran Press.



گروه‌بندی ارقام گندم آبی بر مبنای ویژگی‌های زراعی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

رکسانا سیدرؤفی^۱ | سعید صوفی‌زاده^۲ | جعفر کامبوزیا^۳ | اسکندر زند^۴ | توحید نجفی میرک^۵

۱. گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: r_sayedraoufi@sbu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: s_soufizadeh@sbu.ac.ir
۳. گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: j_kambouzia@sbu.ac.ir
۴. بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، تهران، ایران. رایانامه: eszand@areeo.ir
۵. بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران. رایانامه: tnmirak@spii.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

هدف: پژوهش حاضر به منظور ارزیابی عملکرد، اجرای عملکرد به همراه صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کلیدی ارقام جدید و قدیم گندم آبی بود. هدف نهایی شناسایی صفات مهم زراعی بود که در شرایط بهینه و پتانسیل عملکرد گندم را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

روش پژوهش: آزمایش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۹ رقم و سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در شرایط پتانسیل در مؤسسه تحقیقات اصلاح و نهال بذر واقع در استان البرز اجرا گردید. ارزیابی‌های جامع مورفولوژیک، فیزیولوژیک و مرتبط با عملکرد در دو مرحله کلیدی گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. این ارزیابی‌ها شامل اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، شاخص سطح برگ و سایر صفات زراعی بودند. آزمایش تحت شرایط پتانسیل و بدون تنش‌های زیستی و غیرزیستی و با اعمال مدیریت زراعی بهینه در طول فصل رشد اجرا شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بین ارقام مورد مطالعه در تمامی صفات زراعی مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ($p < 0.01$) وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به ارقام شیروودی (۱۰۷۴ گرم در مترمربع) و بهاران (۵۷۲ گرم در مترمربع) اختصاص داشت. همچنین، ارقام شیروودی، گنبد، نوید، پیشان و چمران ۲ بیش‌ترین و رقم تجن و کلاته کم‌ترین عملکرد زیستی و دانه را به خود اختصاص داده‌اند. بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت که معیاری از کارایی تبدیل بیوماس به دانه توسط گیاه است، از ۳۷ درصد در رقم بهاران تا بیش از ۵۰ درصد در ارقام شوش، تجن و افلاک متغیر بود. تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که شاخص برداشت، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و شاخص سطح برگ، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات عملکرد هستند و در مجموع ۵۶ درصد از تغییرات مشاهده‌شده را توضیح دادند. این نتایج بر اهمیت این صفات در تعیین عملکرد نهایی تأکید دارند. تجزیه خوشه‌ای، ارقام مورد مطالعه را به چهار گروه تقسیم کرد که گروه‌های اول و سوم با شاخص سطح برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد بالاتر برای شرایط اقلیمی استان البرز مناسب‌تر ارزیابی شدند. همچنین تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که پنج مؤلفه اول، ۸۰ درصد از واریانس کل را توضیح می‌دهند که بر نقش مهم این مؤلفه‌ها در تمایز بین ارقام گندم تأکید دارد. نتایج تحلیل همبستگی پیرسون نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات زراعی کلیدی مانند تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، عملکرد زیستی و شاخص سطح برگ نشان داد.

نتیجه‌گیری: صفاتی مانند شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص سطح برگ نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه دارند و می‌توانند به عنوان شاخص‌های گزینشی در برنامه‌های اصلاحی مدنظر قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها:

آمار چندمتغیره

صفات مورفولوژیک

عملکرد و اجرای عملکرد

گندم

استناد: سیدرؤفی، رکسانا؛ صوفی‌زاده، سعید؛ کامبوزیا، جعفر؛ زند، اسکندر و نجفی میرک، توحید (۱۴۰۴). گروه‌بندی ارقام گندم آبی بر مبنای ویژگی‌های زراعی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. به زراعی کشاورزی، ۲۷ (۳)، ۳۷۷-۳۹۶. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.375991.2881>



۱. مقدمه

گندم با نام علمی *Triticum aestivum* L. بیش‌ترین غله‌ای است که در جهان کشت می‌شود و براساس آمار سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد^۱ در سال ۲۰۲۰، این محصول در سطح جهانی مسئول تأمین بخش قابل‌توجهی از کالری مردم جهان، به‌ویژه در مناطقی مانند اروپا و خاورمیانه و همچنین در کشورهایی با درآمد متوسط تا پایین است و برای بیش از ۳۵ درصد از جمعیت جهان منبع اصلی انرژی و مواد مغذی به شمار می‌رود.

تقاضای گندم از سال ۱۹۸۰ تاکنون بیش از دوبرابر شده است که به‌طورعمده به کشورهای در حال توسعه با برداشت بیش از ۵۰ درصد گندم جهان اختصاص دارد. این محصول در بین تمام گیاهان زراعی، با کشت حدود ۱۷ درصد از کل زمین‌های زراعی جهان، بیش‌ترین سطح زیر کشت و بعد از ذرت و برنج بیش‌ترین میزان تولید غلات جهان را در سال ۲۰۲۱ به خود اختصاص داده است (فائو، ۲۰۲۴)، در نتیجه گندم در رأس غلات برای تأمین امنیت غذایی مردم جهان قرار دارد. براساس آمار سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد، متوسط تولید سالانه جهانی گندم طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ بالغ بر ۷/۴ میلیارد تن بوده است. در حالی‌که تولیدکنندگان عمده گندم جهان شامل کشورهای پیشرفته اروپایی، آمریکای شمالی و کشورهای در حال توسعه آسیایی، به‌ویژه چین و هند هستند، میزان بالاتر مصرف نسبت به تولید در آسیا و آفریقا باعث می‌شود این دو منطقه از مناطق عمده واردکننده گندم جهان به‌شمار آیند.

در ایران نیز گندم مهم‌ترین محصول زراعی راهبردی کشور محسوب می‌شود که نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی برعهده دارد، به‌طوری‌که طی سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۳۹۷ سهم این محصول در عرضه سرانه انرژی و پروتئین به‌ترتیب ۳۲/۸ و ۳۴/۱ درصد بوده است (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران، ۱۳۹۹).

افزون بر این، گندم بیش‌ترین سطح برداشت را در بین محصولات زراعی به خود اختصاص داده است به‌طوری‌که سطح برداشت آن در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ نزدیک به ۶/۳ میلیون هکتار و معادل ۵۶/۸ درصد از سطح برداشت کل محصولات زراعی بوده است. میزان تولید گندم در سال زراعی مشابه در کشور ۱۱/۱ میلیون تن بوده است که حدود ۱۷/۶ درصد از کل تولید محصولات زراعی کشور را به خود اختصاص داده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۱). تولید در گیاهان زراعی حاصل برهم‌کنش ساختار ژنتیکی، عوامل محیطی و شیوه مدیریت مزرعه می‌باشد و شناخت صفاتی که در هر یک از مراحل رشدی، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند و موجب شکل‌گیری آن می‌شوند، اهمیت زیادی دارد. عملکرد دانه یک صفت کمی است که به‌وسیله ژن‌های متعددی کنترل می‌شود و توارث‌پذیری پایین این صفت به‌دلیل اثر متقابل رقم و محیط، انتخاب مستقیم براساس عملکرد دانه را در جهت بهبود آن دشوار می‌سازد (ریچاردز^۲، ۱۹۹۶). عملکرد دانه در غلات دانه‌ریز ناشی از اثرات تجمعی اجزای تشکیل‌دهنده آن یعنی تعداد پنجه‌های بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن تک‌دانه می‌باشد. از این‌رو، تعیین همبستگی بین صفات مختلف، به‌ویژه عملکرد دانه و اجزای عملکرد و تعیین روابط علت و معلولی آن‌ها، به انتخاب مناسب‌ترین ترکیب از اجزایی که منتهی به عملکرد بیش‌تر می‌شود کمک می‌کند و موجب سهولت در گزینش و انتخاب رقم مناسب براساس صفات مؤثر بر عملکرد جهت کشت در مناطق خاص به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود و می‌تواند در افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و کاهش شکاف عملکرد نقش به‌سزایی داشته باشد.

در چنین مطالعاتی، انتخاب براساس همبستگی‌های ساده به‌تنهایی نمی‌تواند نتایج مطلوبی به‌همراه داشته باشد، زیرا برخلاف وجود رابطه مثبت بین عملکرد و تعدادی از اجزای آن، وجود همبستگی منفی بین برخی از اجزای عملکرد موجب

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

2. Richards

می‌شود که توجه به همه اجزا به‌طور همزمان به‌عنوان عاملی در افزایش عملکرد غلات مناسب و سودمند نباشد. بنابراین با توجه به روابط پیچیده صفات با یکدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند تنها بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد و ضروری است به‌طور همزمان اثر صفات مختلف و اجزای عملکرد بر عملکرد دانه موردتوجه واقع شود. در همین راستا بهره‌گیری از روش‌های آمار چندمتغیره جهت درک عمیق‌تر روابط بین صفات ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌منظور بررسی ارتباط بین عملکرد با صفات مختلف در گیاهان زراعی روش‌های متنوعی وجود دارد که بررسی ضرایب همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از جمله روش‌های متداول می‌باشد و به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب، کمک فراوانی می‌کند. هدف از اجرای این پژوهش، مطالعه روابط بین صفات و تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر عملکرد دانه در ارقام گندم نان و گروه‌بندی آن‌ها تحت شرایط آب‌وهوایی استان البرز بوده است.

۲. پیشینه پژوهش

تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد گندم با استفاده از آمار چندمتغیره انجام شده است. به‌عنوان مثال، ارزیابی عملکرد دانه با صفات زراعی در ۱۸ رقم مختلف گندم دیم بهاره، نشان داد تعداد سنبله و وزن دانه (اجزای اولیه عملکرد) به‌طور مستقیم و زمان ظهور سنبله، از طریق اثر بر وزن دانه و تعداد سنبله به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد نهایی تأثیر می‌گذارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه‌ای بر ۳۶ رقم گندم، نتایج نشان داد از ۱۲ مؤلفه، پنج مؤلفه اول ۹۷ درصد تغییرات را توجیه می‌کنند به‌طوری‌که در مؤلفه نخست به‌ترتیب ارتفاع بوته، ارتفاع در زمان خوشه‌دهی و تعداد دانه در سنبله، در دومین مؤلفه ارتفاع گیاه، ارتفاع در زمان گلدهی و فاصله غلاف برگ پرچم تا سنبله و در سومین مؤلفه تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته در زمان گلدهی و در چهارمین مؤلفه زمان گلدهی و طول برگ پرچم و در آخرین مؤلفه فاصله غلاف برگ پرچم تا سنبله و زمان سبز شدن گیاه بیش‌ترین تأثیر را داشتند (خدادادی^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). مظلومی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی روی ۴۹ لاین پیشرفته گندم و براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیان کردند، اختلاف معنی‌داری (در سطح یک درصد) بین ارقام مختلف گندم براساس تمامی صفات مورد مطالعه وجود دارد. در همین راستا تجزیه خوشه‌ای، ارقام مورد مطالعه را به سه گروه مجزا از هم تفکیک نمود، به‌طوری‌که گروه سوم دارای بیش‌ترین میزان صفات مطلوب از نظر خصوصیات فتوسنتزی بوده و لذا ارقام این گروه را برای برنامه‌های به‌نژادی آینده پیشنهاد کردند.

در مطالعه دیگری توانا و صبا (۱۳۹۵) با بررسی ۶۰ لاین اینبرد و چهار رقم شاهد در قالب طرح لاتیس با دو تکرار و در شرایط دیم اختلاف معنی‌داری در اکثر صفات فنولوژیکی مشاهده کردند. نامبردگان در تجزیه صفات زراعی و خوشه‌ای نشان دادند که گزینش خوشه اول لاین‌ها در مورد صفات فنولوژیکی و خوشه دوم لاین‌ها در مورد صفات زراعی با گزینش برای گلدهی زودتر و ارتفاع، طول ریشک و زیست‌توده بیش‌تر می‌تواند منجر به گزینش ارقامی با تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد بیش‌تر شود. همچنین، با توجه به سهولت ارزیابی و وراثت‌پذیری بیش‌تر این صفات می‌توان استفاده از آن‌ها را برای گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه و اجزای آن در گندم برای شرایط دیم توصیه کرد.

عابدی و صبا (۱۳۹۷) به‌منظور گزینش مقدماتی لاین‌های پرمحصول و سازگار گندم برای شرایط دیم، تعداد ۱۶۱ لاین اینبرد گندم را به‌همراه چهار رقم شاهد در قالب طرح لاتیس با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که لاین‌های یادشده از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward، لاین‌ها در سه خوشه مجزا گروه‌بندی شدند که نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات‌ها نیز همخوانی نسبتاً زیادی با گروه‌بندی حاصل از

تجزیه خوشه‌ای داشت. باتوجه به نتایج گروه‌بندی‌ها و درجه اهمیت صفات در مقاومت به خشکی و عملکرد دانه تحت شرایط تنش لاین‌های گروه سوم که لاین‌های پابلند، زودرس و با ویژگی‌های عملکردی خیلی مطلوب بودند، به‌عنوان بهترین لاین‌ها در میان ۱۶۵ لاین مورد ارزیابی معرفی شده و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی آتی توصیه می‌گردد. در مطالعه علی‌پور و همکاران (۱۳۹۷)، ۳۱۳ رقم، شامل ۲۰۳ رقم از توده‌های بومی ایرانی و ۱۱۰ رقم زراعی کشور، به‌صورت طرح آگمنت، با سه رقم شاهد نوید، پیش‌تاز و آذر و در هفت بلوک ناقص، در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران، ارزیابی شدند و براساس نتایج تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت صفت تعداد دانه در سنبله را مهم‌ترین صفت تأثیرگذار بر عملکرد دانه معرفی کردند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

در راستای ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی و مرتبط با عملکرد ارقام قدیمی و جدید گندم در استان البرز آزمایشی یک‌ساله در مزرعه تحقیقاتی چهارصد هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۲۹۲ متر از سطح دریا انجام شد تا طی مقایسه ارقام مختلف گندم، رقم‌های مناسب جهت کشت در منطقه معرفی شوند. به‌منظور بررسی خصوصیات خاک مزرعه از چندین نقطه مزرعه نمونه‌برداری شد و آزمون‌های بر پایه عمق نفوذ ریشه صورت گرفت. براساس نتیجه تجزیه بافت خاک مزرعه لومی شنی تعیین گردید (جدول ۱). اطلاعات هواشناسی شامل دماهای کمینه، بیشینه، بارش و تعداد روزهای یخبندان در طول فصل رشد گندم در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	اسیدیته	هدایت الکتریکی	شن	سیلت	رس	کربن آلی	بافت	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
(سانتی‌متر)		(دسی‌زیمنس بر متر)			(درصد)			(پی‌پی‌ام)	(پی‌پی‌ام)
۴۰-۰	۷/۹	۱/۵۶	۳۱	۴۴	۲۵	۰/۹	لومی	۱۲/۴	۳۹۰

جدول ۲. اطلاعات هواشناسی محل آزمایش طی فصل رشد (سال ۱۴۰۰-۰۱)

ماه	دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد)	بارش (میلی‌متر)	تعداد روزهای یخبندان
آبان	۵/۵	۱۵/۲	۶۲/۰۱	۱
آذر	۲/۹	۱۳	۳۸/۲۳	۵
دی	۰/۸۳	۹/۶	۱۳/۹۱	۱۳
بهمن	-۰/۱۸	۹/۸	۵/۳	۱۲
اسفند	۴/۶	۱۴/۹	۲۵/۶	۵
فروردین	۸/۱	۲۱/۴	۷/۶۱	۳
اردیبهشت	۱۱/۶	۲۵/۹	۱۹/۳۲	۰
خرداد	۱۷/۶	۳۲/۷	۱۹/۸	۰
کل دوره رشد	۶/۴	۱۷/۹	۱۷۲/۵	۳۹

آزمایش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۹ تیمار و در سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۰۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ارقام گندم آبی کشور از چهار اقلیم اصلی و دربرگیرنده گروه‌های مختلف رسیدگی (زودرس، متوسط‌رس و دیررس)، تیپ‌های مختلف رشدی (بهاره، پاییزه و بینابین) و سال معرفی (قدیمی: معرفی قبل از سال ۱۳۸۶ و جدید) بودند (جدول ۳).

جدول ۳. برخی از ویژگی‌های رشدی ارقام گندم مورد مطالعه در آزمایش

نام رقم	سال معرفی	جدید یا قدیم	اقلیم	تیپ رسیدگی	تیپ رشدی	ارتفاع (سانتی‌متر)
زرینه	۱۳۹۶	جدید	سرد	نسبتاً دیررس	زمستانه	۹۴
اروم	۱۳۸۹	جدید	سرد	متوسط‌رس	بینابین	۸۸
پیشگام	۱۳۸۷	جدید	سرد	زودرس	بینابین	۹۳-۹۶
میهن	۱۳۸۹	جدید	سرد	نسبتاً دیررس	زمستانه	۸۴
زارع	۱۳۸۹	جدید	سرد	نسبتاً دیررس	زمستانه	۹۸
الوند	۱۳۷۴	قدیم	سرد	متوسط‌رس	بینابین	۱۰۵-۱۱۰
نوید	۱۳۶۹	قدیم	سرد	متوسط‌رس	بینابین	۱۰۸
کلاته	۱۳۹۷	جدید	گرم و مرطوب شمال	متوسط‌رس	بهاره	۱۰۰
احسان	۱۳۹۵	جدید	گرم و مرطوب شمال	متوسط‌رس	بهاره	۱۰۷
گنبد	۱۳۹۲	جدید	گرم و مرطوب شمال	متوسط‌رس	بهاره	۹۰-۱۰۵
مروارید	۱۳۸۸	جدید	گرم و مرطوب شمال	متوسط‌رس	بهاره	۹۰-۱۰۴
شیرودی	۱۳۷۶	قدیم	گرم و مرطوب شمال	زودرس	بهاره	۹۵-۱۰۰
تجن	۱۳۷۴	قدیم	گرم و مرطوب شمال	زودرس	بهاره	۹۰-۹۵
برات	۱۳۹۴	جدید	گرم و خشک جنوب	نسبتاً زودرس	بهاره	۹۷
چمران ۲	۱۳۹۲	جدید	گرم و خشک جنوب	زودرس	بهاره	۹۵
شوش	۱۳۹۳	جدید	گرم و خشک جنوب	زودرس	بهاره	۹۵
مهرگان	۱۳۹۳	جدید	گرم و خشک جنوب	زودرس	بهاره	۸۹
افلاک	۱۳۸۹	جدید	گرم و خشک جنوب	نسبتاً زودرس	بهاره	۹۵
سیستان	۱۳۸۵	قدیم	گرم و خشک جنوب	زودرس	بهاره	۹۰-۹۵
بهاران	۱۳۹۳	جدید	معتدل	زودرس	بهاره	۸۹
پارسی	۱۳۸۸	جدید	معتدل	زودرس	بهاره	۹۷
رخشان	۱۳۹۴	جدید	معتدل	نسبتاً زودرس	بهاره	۱۰۰
طلایی	۱۳۹۶	جدید	معتدل	زودرس	بهاره	۹۷
سپروان	۱۳۹۰	جدید	معتدل	زودرس	بهاره	۹۴
افق	۱۳۹۱	جدید	معتدل	متوسط‌رس	بهاره	۷۴
سیوند	۱۳۸۸	جدید	معتدل	متوسط‌رس	بهاره	۹۲
پیش‌تاز	۱۳۸۱	قدیم	معتدل	نسبتاً زودرس	بهاره	۹۲
نیک‌نژاد	۱۳۷۴	قدیم	معتدل	زودرس	بهاره	۹۵-۱۰۰
قدس	۱۳۶۹	قدیم	معتدل	متوسط‌رس	بینابین	۹۷/۵

به‌منظور اجرای طرح، عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر مهرماه صورت گرفت و پس از عملیات دیسک‌زنی جهت تسطیح خاک، با استفاده از فاروئر اقدام به احداث جوی و پشته گردید. هر واحد آزمایشی دارای ۱۰ خط کاشت به طول ۱۰ متر و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. براساس آزمون خاک، پیش از کاشت ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات‌آمونیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تربیل مصرف شد. افزون بر این در طول فصل رشد گندم متناسب با نیاز کودی گیاه، ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در اوایل ساقه‌دهی به‌صورت سرک مصرف شد. عملیات کاشت بذرها در تاریخ ششم آبان‌ماه انجام و بلافاصله پس از اتمام عملیات کاشت، مزرعه آبیاری شد. به‌منظور جلوگیری از وقوع تنش خشکی و ایجاد شرایط پتانسیل برای رشد گیاه، در طول فصل بهار هشت مرتبه و با فواصل منظم هر ۱۲ روز یک‌بار آبیاری صورت گرفت. در صورت مشاهده علف‌های هرز در مزرعه بسته به نوع علف‌هرز سموم تاپیک و گرانستار به‌ترتیب با غلظت یک لیتر در هکتار و ۲۵ گرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت و مزرعه موردبررسی عاری از هرگونه آفات و بیماری بود.

به‌منظور مقایسه دقیق‌تر ارقام با یکدیگر اقدام به اندازه‌گیری صفات موردنظر طی دو مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک گردید. صفات اندازه‌گیری‌شده در مرحله گلدهی شامل تعداد پنجه نابارور و سطح برگ بودند. بدین منظور بوته‌های ۲۰ سانتی‌متر طولی از دو ردیف وسط هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای (۵۰ سانتی‌متر ابتدایی و انتهایی هر کرت)، کف‌بر شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه صفات یادشده روی آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل LICOR استفاده گردید.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز اقدام به کف‌برکردن بوته‌های مساحتی معادل یک مترمربع از دو ردیف وسط هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای (۵۰ سانتی‌متر ابتدایی و انتهایی هر کرت) شد. صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در مترمربع بر روی کل بوته‌های برداشت‌شده از یک مترمربع اندازه‌گیری شدند. صفات ارتفاع بوته تا انتهایی سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه نیز روی زیرنمونه‌ای ۱۰ بوته‌ای از بوته‌های برداشت‌شده در هر کرت اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکردهای زیستی^۱ و دانه^۲ نیز نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در نهایت با ترازوی دیجیتال گرمی وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری و شاخص برداشت^۳ براساس رابطه (۱) به شرح زیر محاسبه گردید:

$$HI = \frac{GY}{BY} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

علاوه بر صفات بالا، تاریخ وقوع مراحل مهم فنولوژیک شامل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک نیز ثبت گردید. برای این منظور یک مترمربع از دو ردیف میانی هر کرت ملاک قرار گرفت. معیار وقوع مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در هر کرت، ورود نیمی از بوته‌های یک مترمربع میانی مشخص‌شده به مراحل زادوکس ۶۰ به‌عنوان مرحله گلدهی (ظاهرشدن پرچم روی سنبله‌ها) و ۹۲ به‌عنوان مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (سخت‌تر شدن دانه به‌طوری‌که ایجاد فرورفتگی در دانه امکان‌پذیر نیست) بود.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا از یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت اطمینان حاصل شد و پس از آن تجزیه واریانس و مقایسه میانگین براساس آزمون LSD^۴ در سطح معنی‌دار یک درصد انجام شد. به‌منظور بررسی رابطه همبستگی بین صفات از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. هم‌چنین طیفی از آزمون‌های آماری چندمتغیره برای بررسی بیش‌تر روابط بین صفات و ارقام استفاده گردید. بدین منظور روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها و گروه‌بندی صفات به‌کار گرفته شد. به‌طوری‌که برای تعیین تعداد عامل‌ها، مؤلفه‌هایی که مقادیر ویژه بالاتر یا نزدیک به یک داشتند انتخاب شدند. برای گروه‌بندی ارقام نیز از روش تجزیه خوشه‌ای به‌روش حداقل واریانس Ward استفاده شد. افزون براین برای برازش یک مدل توصیفی بین صفات مورد مطالعه به‌عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد از رگرسیون گام به گام^۵ استفاده گردید. تمامی تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای آماری R (4.3.2) صورت گرفت.

۴. یافته‌های پژوهشی

۴.۱. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه نشان داد بین ارقام مورد مطالعه در تمامی صفات زراعی مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول‌های ۴ و ۵). این امر حاکی از تنوع ژنتیکی بالا از لحاظ صفات زراعی می‌باشد و امکان گزینش بهترین ارقام برای هر صفت را فراهم می‌کند. طبق نتایج بین ارقام مورد مطالعه در صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد پنجه نابارور و ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۱ درصد وجود

1. Biological Yield (BY)
2. Grain Yield (GY)
3. Harvest Index (HI)
4. Least Significant Difference (LSD)
5. Stepwise regression

داشت. در مطالعه حاضر بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات به صفات شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه نابارور در مترمربع و عملکرد زیستی به‌ترتیب با ۲۴/۷، ۱۹/۲، ۱۹/۲، ۱۸/۵ و ۱۶/۴ و کم‌ترین مقدار مربوط به صفات رسیدگی فیزیولوژیک، گلدهی، ارتفاع بوته و شاخص برداشت به‌ترتیب با ۰/۸، ۷/۱، ۲/۶ و ۸/۶ درصد اختصاص داشت.

جدول ۴. تجزیه واریانس و درصد ضریب تغییرات خصوصیات فنولوژیک، تعداد پنجه نابارور و شاخص سطح برگ ارقام مختلف گندم در مرحله گلدهی

منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد پنجه نابارور در مترمربع	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲۶ ns
ژنوتیپ	۲۸	۳۴/۴ ***	۹/۷۲ ***	۰/۲۸ ***	۲/۸ ***
خطا	۵۶	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۵ ns	۰/۲۶ ns
ضریب تغییرات (درصد)	۱/۶	۰/۸	۱۸/۵	۳۴/۷	

ns و **: به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطوح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد.

جدول ۵. تجزیه واریانس و درصد ضریب تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه ارقام مختلف گندم در مرحله برداشت نهایی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	ارتفاع بوته	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲۱۷۶۴۳ ns	۱۴۱۱۸۴ ns	۶۴/۸ ns	۳۶۳۷۸ ns	۰/۴۱ ns	۰/۲۲ ns	۰/۲۸ ns	۵۱/۶۲ ns
ژنوتیپ	۲۸	۳۱۷۰۷۱ ***	۸۱۷۷۷ ***	۴۶/۹ ***	۳۲۲۱۳ ***	۰/۷۳ ***	۳/۰۴ ***	۸۳/۹ ***	۲۲/۴۱ **
خطا	۵۶	۶۲۱۶۴ ns	۲۰۱۹۱ ns	۷/۸ ns	۱۰۹۷۳ ns	۲۱/۰۲ ns	۰/۵۸ ns	۱۰/۸ ns	۱۰/۹ ns
ضریب تغییرات (درصد)	۱۶/۴	۱۹/۲	۱۱/۶	۱۵/۱	۱۹/۲	۱۴/۶	۷/۲	۸/۶	

ns و **: به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد.

میانگین صفات عملکرد، اجزای آن و شاخص برداشت ارقام مختلف گندم در جدول ۵ ارائه شده است. بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در بین ارقام مورد بررسی با ۱۰۷۴ گرم در مترمربع به رقم شیروودی و کم‌ترین عملکرد دانه با ۵۷۲ گرم در مترمربع به رقم بهاران اختصاص داشت. بارانی و شکریور (۱۳۹۱) نیز در گزارش خود بیان کردند بالاترین عملکرد دانه در واحد سطح و بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در بین ۲۹ رقم گندم بهاره در رقم شیروودی مشاهده شده است. افزون بر این، ارقام شیروودی، گنبد، نوید، پیش‌تاز و چمران ۲ با بیش از ۱۸۰۰ و رقم تجن و کلاته به‌ترتیب با ۱۲۵۲ و ۱۳۰۸ گرم در مترمربع بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد زیستی را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵).

به لحاظ شاخص برداشت در بین ارقام مورد بررسی، بیش‌ترین شاخص برداشت با مقدار ۵۱، ۵۰/۷ و ۵۰/۴ درصد در ارقام شوش، تجن و افلاک و کم‌ترین مقدار آن با ۳۷ درصد در رقم بهاران مشاهده شد. درحالی‌که بین رقم شوش و سایر ارقام (به‌استثنای ارقام احسان، سیستان، بهاران و نیک‌نژاد) تفاوت معنی‌داری در شاخص برداشت وجود نداشت.

ارقام پیش‌تاز، مروارید، نیک‌نژاد، زرینه و شیروودی به‌ترتیب با ۱۰۵۰، ۷۷۵، ۷۲۵ و ۷۲۱ سنبله در مترمربع بیش‌ترین تعداد سنبله را به خود اختصاص داده‌اند، درحالی‌که ارقام کلاته و الوند با ۴۷۵ سنبله در مترمربع کم‌ترین تعداد سنبله را داشتند. این امر نشان‌دهنده متوسط تعداد سنبله بیش‌تری در مترمربع در ارقام قدیمی است. میانگین تعداد سنبله در مترمربع در ارقام مورد آزمایش نیز معادل ۶۲۲ بوده است.

بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله با ۴۰ دانه در ارقام الوند و نوید مشاهده شد. به لحاظ تعداد دانه در سنبله به‌استثنای ارقام تجن، چمران ۲، مهرگان، بهاران، طلایی و نیک‌نژاد تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله نیز با ۲۴ دانه در رقم پارسی مشاهده شد. که این امر نشان می‌دهد به‌طور متوسط ارقام متناسب با اقلیم‌های معتدل و گرم و خشک جنوب دارای تعداد دانه در سنبله کم‌تری نسبت به ارقام سایر اقلیم‌ها هستند.

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ارقام مختلف گندم

نام رقم	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد زیستی (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (گرم)	طول سنبله (سانتی‌متر)
زربینه	۸۷۹ abc	۱۷۷۶ abcd	۴۹/۵abcd	۷۲۵ bc	۳۶/۶ abc	۴۰ abcdef	۹/۲ abcd
اروم	۷۴۴ bcd	۱۶۷۷ abcde	۴۴/۱ ab	۶۵۰ bc	۲۹/۶ abc	۴۲/۲ abcde	۷/۳ cdefg
پیشگام	۸۵۶ abcd	۱۷۳۸ abcde	۴۹ abcd	۵۷۵ bc	۳۸/۹ ab	۴۰/۴ abcdef	۷/۵ bcdefg
میهن	۶۹۸ bcd	۱۴۴۰ bcde	۴۸/۵ abcd	۵۲۵ bc	۳۶/۴ abc	۳۷/۰۱ bcdef	۸/۱ abcdef
زارع	۶۹۲ bcd	۱۶۰۸ bcde	۴۳ bcdef	۶۲۵ bc	۳۵ abc	۳۴/۵ def	۹/۹ab
الوند	۷۲۷ bcd	۱۶۰۴ bcde	۴۵ abcde	۴۷۵ c	۴۰/۱ a	۳۸/۳ abcdef	۱۰/۰ a
نوید	۹۱۴ ab	۱۸۷۵ ab	۴۸/۸ abcd	۵۷۵ bc	۴۰ a	۳۶/۶ bcdef	۷/۰ defg
کلاته	۶۱۴ cd	۱۳۰۸ de	۴۷/۰ abcde	۴۷۵ c	۳۶/۷ abc	۳۶/۲ cdef	۵/۷ g
احسان	۶۲۷ bcd	۱۵۴۶ bcde	۴۰/۶ ef	۵۷۵ bc	۳۴/۳ abc	۴۰/۴ abcdef	۹/۴ abc
گنبد	۸۹۲ abc	۱۸۹۰ ab	۴۷/۳ abcde	۵۷۵ bc	۳۷/۷ abc	۴۱/۱ abcdef	۹/۰ abcde
مروارید	۷۸۱ abcde	۱۶۲۸ bcde	۴۷/۷ abcde	۷۷۵b	۲۸/۶ abc	۳۵/۹ cdef	۷/۵ bcdefg
شیرودی	۱۰۷۴ a	۲۱۵۸ a	۴۹/۸ abc	۷۲۱ bc	۳۱/۶ abc	۴۶/۱ a	۹/۰ abcde
تجن	۶۳۸ bcd	۱۲۵۲ e	۵۰/۷ a	۶۲۵ bc	۲۴/۶ bc	۳۵ def	۸/۴abcdef
برات	۷۷۷ abcd	۱۶۵۹abcde	۴۷/۰ abcde	۵۷۵ bc	۳۲/۲ abc	۴۳/۹ abc	۶/۷ efg
چمران ۲	۸۸۰ abc	۱۸۰۵abcd	۴۸/۶ abcd	۶۵۰ bc	۳۲ abc	۴۱/۹ abcde	۸/۶abcdef
شوش	۷۴۴bcd	۱۴۵۸bcde	۵۱ a	۵۷۵ bc	۳۶/۱ abc	۳۹/۴abcdef	۷/۵bcdefg
مهرگان	۶۳۹ bdc	۱۴۱۱ bcde	۴۵ abcde	۶۰۰ bc	۲۵/۵ bc	۳۸/۷ abcdef	۸/۸ abcde
افلاک	۷۷۶ abcd	۱۵۴۰ bcde	۵۰/۴ ab	۵۵۰ bc	۳۱/۹ abc	۴۵/۳ ab	۷/۶ abcdefg
سیستان	۷۵۴ bcd	۱۷۶۷ abcd	۴۲/۵ cdef	۵۷۵ bc	۳۴/۸abc	۴۲/۸ abcd	۸/۷abcdef
بهاران	۵۷۲d	۱۵۴۰bcde	۳۷ f	۶۰۰bc	۲۶/۲ bc	۳۲/۴ f	۷/۹ abcdefg
پارسی	۶۶۹ bcd	۱۴۳۴ bcde	۴۶/۷ abcde	۶۰۰ bc	۲۳/۹c	۴۷/۴ a	۶/۴ fg
رخشان	۶۳۴ bcd	۱۳۶۵cde	۴۶/۳ abcde	۵۷۵ bc	۲۹/۳ abc	۴۰/۸ abcdef	۸/۲ abcdef
طلایی	۶۲۸bcd	۱۳۱۳ de	۴۷/۶ abcde	۶۰۰bc	۲۴/۶ bc	۴۱/۹ abcde	۷/۳ cdefg
سیروان	۷۰۸ bcd	۱۵۰۰ bcde	۴۷/۲ abcde	۶۰۰bc	۲۹/۰ abc	۴۵/۸ a	۷/۳ cdefg
افق	۶۴۰bcd	۱۳۵۴ cde	۴۷/۱ abcde	۵۲۵bc	۳۱/۴ abc	۳۸/۹ abcdef	۷/۹ abcdefg
سیوند	۸۴۸ abcd	۱۷۵۴ abcde	۴۸/۵ abcd	۶۵۰ bc	۳۴/۴ abc	۴۳/۲ abcd	۷/۷ abcdefg
پیشناز	۸۲۸ abcd	۱۸۳۲ abc	۴۵/۲ abcde	۱۰۵۰ a	۲۶/۸abc	۴۲/۵ abcde	۷/۶ abcdefg
نیک‌نژاد	۶۰۵ cd	۱۴۳۱ bcde	۴۲/۱ def	۷۲۵ bc	۲۴/۴ bc	۳۳/۹ ef	۸/۳ abcdef
قدس	۶۹۹ bcd	۱۶۵۷ bcde	۴۴/۳ abcdef	۷۰۰bc	۳۱/۱ abc	۳۵/۱ cdef	۸/۱ abcdefg
حداقل	۵۷۲	۱۲۵۲	۳۷	۴۷۵	۲۳/۹	۳۳/۴	۵/۷
حداکثر	۱۰۷۴	۲۱۵۸	۵۱	۱۰۵۰	۴۴/۷	۴۷/۴	۱۰
میانگین	۷۴۳	۱۵۹۴	۴۶/۶	۶۲۲	۳۲/۴	۳۹/۹	۸/۱

رقم پارسی با ۴۷/۴ گرم بالاترین وزن هزاردانه را در بین تمامی ارقام موردبررسی به خود اختصاص داده است، درحالی‌که بین رقم پارسی و سایر ارقام (به‌استثنای ارقام میهن، زارع، نوید، کلاته، مروارید، تجن، بهاران، نیک‌نژاد و قدس) تفاوت معنی‌داری در وزن هزاردانه وجود نداشت. رقم بهاران با ۳۲/۴ گرم کم‌ترین وزن هزاردانه را در بین ارقام مورد مطالعه داشت. همچنین، در بین ۲۹ رقم مورد مطالعه، رقم الوند با ۱۰ و رقم کلاته با ۵/۷ سانتی‌متر به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین طول سنبله را در بین تمامی ارقام داشتند.

مقایسه میانگین برخی از صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام گندم در جدول (۶) ارائه شده است. بیش‌ترین مقدار صفت روز تا گلدهی در بین ارقام موردبررسی به‌ترتیب به ارقام نوید، افلاک و سیستان با ۱۸۹ و ۱۸۲ و بیش‌ترین میزان روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با ۲۲۷ روز به رقم سیستان اختصاص داشت. کم‌ترین میزان روز تا گلدهی با متوسط ۱۷۵ روز در ارقام شیرودی، پارسی، سیروان، سیوند، پیشناز و نیک‌نژاد و کم‌ترین مقدار روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با ۲۱۷ روز در ارقام گنبد و نیک‌نژاد مشاهده شد.

بیش‌ترین ارتفاع بوته نیز به ارقام الوند و شوش با متوسط ۸۹/۱ و کم‌ترین میزان آن با متوسط کم‌تر از ۷۳ سانتی‌متر به ارقام نوید، اروم و نیک‌نژاد اختصاص داشت. به لحاظ تعداد پنجه نابارور در بین ارقام موردبررسی بیش‌ترین تعداد پنجه نابارور در ارقام پیشتاز، طلایی و نیک‌نژاد به‌ترتیب با ۲۳۰، ۱۷۵ و ۱۷۵ و کم‌ترین مقدار این صفت در رقم نوید با ۷۳ پنجه نابارور در مترمربع مشاهده شد. براساس نتایج مقایسه میانگین بین ارقام طلایی و نیک‌نژاد با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری (به‌استثنای زرینه، نوید و افق) وجود نداشت.

در بین ارقام موردبررسی ارقام افق، طلایی، احسان، رخشان و مروارید به‌ترتیب با مقادیر ۶/۵، ۶/۲، ۵/۹ و ۵/۵ بیش‌ترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داده‌اند. درحالی‌که ارقام چمران ۲، افلاک، بهاران و نیک‌نژاد با شاخص سطح برگ ۳ کم‌ترین مقدار سطح برگ را در بین ارقام موردبررسی داشته‌اند.

جدول ۶. مقایسه میانگین برخی از صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام مختلف گندم

نام رقم	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه نابارور در مترمربع	شاخص سطح برگ
زرینه	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۸۳/۴ abcde	۹۸ cd	۵/۳ abcde
اروم	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۷۱/۸ gh	۱۵۰ bc	۳/۸ fgh
پیشگام	۱۷۹d	۲۲۲ c	۷۵/۳ defgh	۱۲۸ bcd	۴ efg
میهن	۱۷۹d	۲۲۴ b	۷۵/۶ defgh	۱۵۰ bc	۴/۹ bcdefg
زارع	۱۷۹d	۲۲۲ c	۸۲/۹ abcdef	۱۳۸ bcd	۳/۶ gh
الوند	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۸۹/۱ a	۱۰۰ bcd	۳/۹ fgh
نوید	۱۸۹ a	۲۲۲ c	۷۰/۶ h	۷۳ d	۴/۵ cdefgh
کلاته	۱۷۶ f	۲۲۲ c	۷۴/۵ efgh	۱۱۳ bcd	۴/۴ cdefgh
احسان	۱۷۹d	۲۲۲ c	۸۵/۵ abcd	۲۳ bcd	۶/۲ ab
گنبد	۱۸۰ c	۲۱۷ e	۸۶/۸ abc	۱۵۰ bcd	۳/۴ gh
مروارید	۱۷۹d	۲۲۲ c	۸۴/۶ abcde	۱۵۰ bc	۵/۵ abcd
شیرودی	۱۷۵ g	۲۲۲ c	۸۱ abcdefgh	۱۵۰ bc	۳/۴ gh
تجن	۱۷۹d	۲۲۴ b	۷۷/۴ bcdefgh	۱۶۰ bc	۳/۷ gh
برات	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۷۸/۲ bcdefgh	۱۴۰ bcd	۳/۵ gh
چمران ۲	۱۷۹d	۲۲۲ c	۸۷/۱ abc	۱۶۳ bc	۳/۳ h
شوش	۱۷۹d	۲۲۲ c	۸۹/۱ a	۱۳۰ bcd	۴/۶ cdefgh
مهرگان	۱۷۹d	۲۲۲ c	۷۸/۵ bcdefgh	۱۱۳ bcd	۳/۵ gh
افلاک	۱۸۲ b	۲۲۲ c	۸۷/۹ ab	۱۲۵ bcd	۳/۳ h
سیستان	۱۸۲ b	۲۲۷ a	۸۱/۴ abcdefg	۱۳۵ bcd	۵/۱ bcdef
بهاران	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۷۷/۲ cdefgh	۱۵۰ bc	۳/۳ h
پارسی	۱۷۵ g	۲۲۲ c	۷۶/۷ cdefgh	۱۳۸ bcd	۴/۲ cdefgh
رخشان	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۸۵/۸ abcd	۱۲۵ bcd	۵/۹ abc
طلایی	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۷۷/۱ bcdefgh	۱۷۵ b	۶/۲ ab
سیروان	۱۷۵g	۲۲۲ c	۷۸/۱ bcdefgh	۱۵۰ bc	۴/۳ cdefgh
افق	۱۸۰ c	۲۲۲ c	۸۲ abcdefg	۱۰۰ cd	۶/۵ a
سپوند	۱۷۵ g	۲۲۴ b	۷۹/۲ abcdefgh	۱۴۸ bc	۴/۶ cdefgh
پیشتاز	۱۷۵ g	۲۲۲ c	۸۰/۱ abcdefgh	۲۳۰ a	۴/۳ cdefgh
نیک‌نژاد	۱۷۵g	۲۱۷ e	۷۲/۵ fgh	۱۷۵ b	۳/۶ gh
قدس	۱۷۷ e	۲۲۴ b	۸۵/۷ abcd	۱۵۰ bc	۳/۶ gh
حداقل	۱۷۵	۲۱۷	۷۰/۶	۷۲/۵	۳
حداکثر	۱۸۹	۲۲۷	۸۹/۱	۲۳۰	۶/۵
میانگین	۱۷۸/۸	۲۲۲/۱	۸۰/۵	۱۵۱	۴/۸

۲.۴. همبستگی بین صفات

ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده برای ارقام مختلف گندم در جدول (۷) ارائه شده است. بررسی ضرایب همبستگی ساده در این مطالعه نشان داد بین صفات ارتفاع بوته با طول سنبله (۰/۵۰) رابطه مستقیم و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و بین صفت یادشده با سایر صفات همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. درحالی‌که بین صفت طول سنبله با سایر صفات موردبررسی همبستگی معنی‌داری وجود نداشت، اما بیش‌ترین ضریب همبستگی در این صفت با عملکرد زیستی (۰/۲۸) مشاهده شد. افزون بر این، بررسی تعداد پنجه نابارور در مترمربع نشان داد بین این صفت با تعداد دانه در سنبله (۰/۷۹) رابطه مستقیم و معنی‌دار و با تعداد دانه در سنبله (۰/۴۶) و روز تا گلدهی (۰/۵۰) رابطه غیرمستقیم و معنی‌داری وجود داشت. همچنین، در بررسی صفت تعداد سنبله در مترمربع با صفات تعداد دانه در سنبله (۰/۴۰) و عملکرد زیستی (۰/۳۹) همبستگی مستقیم و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد.

همان‌طورکه در جدول (۷) مشاهده می‌شود بین صفت تعداد دانه در سنبله با صفات عملکرد دانه (۰/۴۵)، عملکرد زیستی (۰/۴۱) و روز تا گلدهی (۰/۳۹) رابطه مستقیم و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد. افزون بر این، بین صفت عملکرد دانه با عملکرد زیستی (۰/۹۰) و شاخص سطح برگ (۰/۵۰) در سطح احتمال یک درصد و با وزن هزاردانه (۰/۴۳) در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. بین صفت عملکرد زیستی با وزن هزاردانه (۰/۴۲) رابطه مستقیم و معنی‌داری مشاهده شد. بین صفت وزن هزاردانه، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و شاخص برداشت با سایر صفات موردبررسی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۷. ضرایب همبستگی ساده بین صفات موردبررسی ارقام مختلف گندم

ردیف	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	ارتفاع بوته												
۲	طول سنبله	۰/۵۰**											
۳	تعداد پنجه نابارور در مترمربع	-۰/۰۷ ^{ns}	۱										
۴	تعداد سنبله در مترمربع	-۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۷۹**									
۵	تعداد دانه در سنبله	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	-۰/۴۶*	۱								
۶	عملکرد دانه	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۴۵*	۱						
۷	عملکرد زیستی	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۹*	۰/۴۱*	۰/۹۰**	۱					
۸	وزن هزاردانه	۰/۱۲ ^{ns}	-۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۳*	۰/۴۲*	۱				
۹	شاخص سطح برگ	۰/۰۹ ^{ns}	-۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۲۹ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۱			
۱۰	روز تا گلدهی	۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۰۶ ^{ns}	-۰/۰۵**	-۰/۳۶	۰/۳۹*	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	-۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۱		
۱۱	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	-۰/۰۲ ^{ns}	-۰/۰۳ ^{ns}	-۰/۰۲ ^{ns}	-۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	-۰/۰۱ ^{ns}	-۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱	
۱۲	شاخص برداشت	۰/۱۲ ^{ns}	-۰/۱۹ ^{ns}	-۰/۱۲ ^{ns}	-۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	-۰/۲۴ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۱

ns: * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

مطالعات متعددی نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه پیش‌رو را تأیید می‌کنند. مطالعه محمدی (۱۳۹۳) بیان کرد عملکرد دانه ارقام مختلف گندم نان در شرایط با و بدون تنش با صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۱ درصد دارد. براساس مطالعات متعددی بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه، طول و تعداد سنبله، تعداد پنجه، تعداد سنبله در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد زیستی گندم همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (جوشی^۱ و همکاران، ۲۰۰۳؛ آیسسک^۲ و همکاران، ۲۰۰۶؛ گنبلانی^۳ و همکاران، ۲۰۰۹ و کوپنشتاینر^۴ و همکاران، ۲۰۲۲).

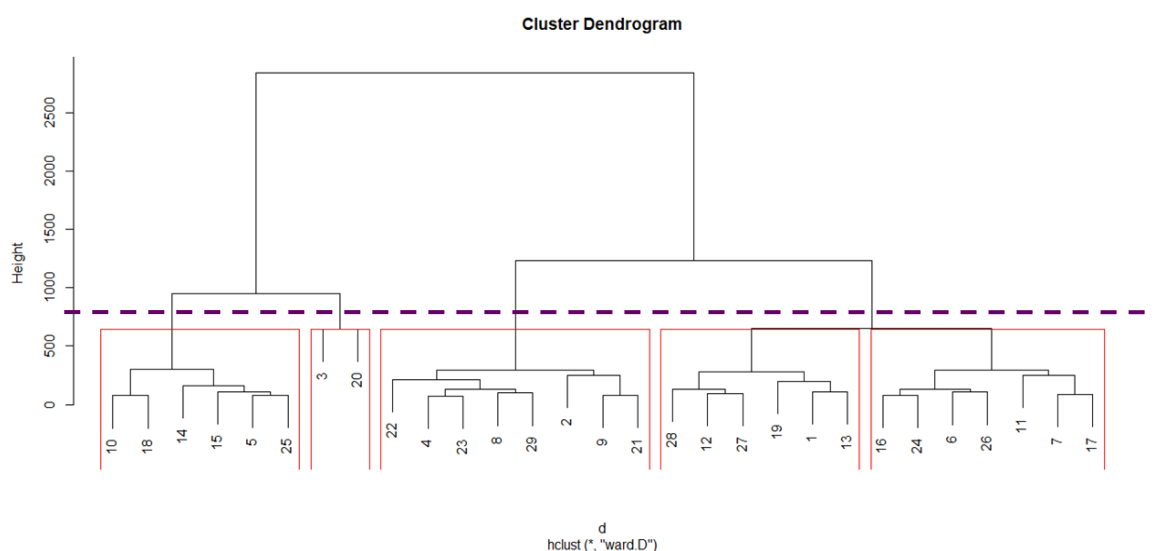
1. Joshi
2. Aycicek
3. Ganbalani
4. Koppensteiner

برخی پژوهش‌گران نیز وجود همبستگی مثبت بین شاخص سطح برداشت و عملکرد دانه را گزارش کردند و اظهار داشتند ارقام جدید به علت ارتفاع کمتر و شاخص برداشت بالاتر از عملکرد بالاتری نسبت به ارقام قدیمی برخوردار بودند.

۳.۴. تجزیه خوشه‌ای

نمودار حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۲۹ رقم مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است. بر این اساس ارقام مورد بررسی براساس ۱۲ صفت مورد مطالعه به چهار گروه تقسیم شده‌اند. در گروه اول ارقام جدید بهاره و زود تا متوسط‌طرس و مختص اقلیم گرم مرطوب شمال شامل ارقام سیروان، الوند، گنبد، مروارید، شوش و تجن قرار گرفتند. در گروه دوم ارقام بهاره و زودرس اقلیم‌های گرم و خشک جنوب و معتدل شامل سیستان و پارسی و در گروه سوم ارقام به‌طور عمده جدید، بهاره و مختص اقلیم‌های معتدل و سرد شامل ارقام پیشتاز، سیوند، طلایی، نوید، نیک‌نژاد، زارع، زرینه و افق قرار گرفتند. گروه چهارم نیز شامل ارقام قدس، بهاران، رخشان، اروم، پیشگام، میهن، شیرودی، مهرگان، چمران ۲، احسان، کلاته، افلاک و برات بود.

ارقام گروه اول دارای بیش‌ترین مقدار صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت و کم‌ترین مقدار عملکرد زیستی در بین سایر گروه‌ها بودند. ارقام گروه دوم نیز دارای بیش‌ترین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ و وزن هزاردانه و کم‌ترین مقدار روز تا گلدهی، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت بودند. هم‌چنین از نظر صفات روز تا گلدهی، تعداد پنجه نابارور، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه و عملکرد زیستی ارقامی که در گروه سوم قرار گرفته‌اند دارای بیش‌ترین و از نظر تعداد ارتفاع بوته و وزن هزاردانه دارای کم‌ترین مقدار این صفات در بین سایر گروه‌ها بودند. افزون بر این ارقام گروه چهارم دارای کم‌ترین مقدار صفات شاخص سطح برگ و طول سنبله نسبت به سایر گروه‌ها بودند (جدول‌های ۸ و ۹). با توجه به این نتایج به‌نظر می‌رسد ارقامی که در گروه اول و سوم قرار گرفته‌اند و دارای بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد سنبله در مترمربع بودند، برای اقلیم استان البرز مناسب‌تر هستند و پتانسیل اصلاحی بیش‌تری دارند.



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ۲۹ ژنوتیپ گندم براساس صفات مورد بررسی.

(ارقام به ترتیب ۱= قدس، ۲= پیشتاز، ۳= پارسی، ۴= سیوند، ۵= سیروان، ۶= بهاران، ۷= رخشان، ۸= طلایی، ۹= نوید، ۱۰= الوند، ۱۱= اروم، ۱۲= پیشگام، ۱۳= میهن، ۱۴= گنبد، ۱۵= مروارید، ۱۶= شیرودی، ۱۷= مهرگان، ۱۸= شوش، ۱۹= چمران ۲، ۲۰= سیستان، ۲۱= نیک‌نژاد، ۲۲= زارع، ۲۳= زرینه، ۲۴= احسان، ۲۵= تجن، ۲۶= کلاته، ۲۷= افلاک، ۲۸= برات، ۲۹= افق).

جدول ۸. میانگین صفات موردبررسی در مرحله گلدهی، ارتفاع بوته و طول سنبله در هر یک از گروه‌های تعیین شده در تجزیه خوشه‌ای

گروه	تعداد رقم در گروه	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	شاخص سطح برگ	تعداد پنجه نابارور در مترمربع	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)
۱	۶	۱۸۷/۷	۲۲۱/۵	۴/۳	۱۳۷/۵	۸۴/۱	۸/۴
۲	۲	۱۷۷	۲۲۴/۵	۴/۶	۱۳۶	۷۹	۷/۵
۳	۸	۱۷۹/۱	۲۲۲/۱	۴/۲	۱۵۵	۷۸/۵	۸/۳
۴	۱۳	۱۷۸/۸	۲۲۱/۵	۴/۱	۱۳۷	۸۰/۳	۷/۹

جدول ۹. میانگین صفات موردبررسی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک هر یک از گروه‌های تعیین شده در تجزیه خوشه‌ای

گروه	تعداد رقم در گروه	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت
۱	۶	۶۰۴/۲	۳۲/۷	۳۹/۳	۷۴۸/۲	۱۵۵۵	۴۸/۲
۲	۲	۵۶۸/۸	۲۹/۳	۴۵/۱	۷۱۱/۱	۱۶۰۰	۴۴/۶
۳	۸	۶۸۴/۴	۳۱/۶	۳۸/۹	۷۵۴/۱	۱۶۱۸	۴۶/۵
۴	۱۳	۵۹۷/۸	۳۲	۴۰	۷۳۷/۸	۱۵۹۶	۴۶/۱

۴.۴. رگرسیون گام به گام

با توجه به این که اکثر صفات دارای روابط مختلفی با یکدیگر هستند، همبستگی ساده نمی‌تواند مبنای کاملی برای قضاوت باشد. از این‌رو، تجزیه رگرسیون گام به گام می‌تواند اطلاعات سودمندتری را در اختیار قرار دهد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه ارقام مختلف گندم نشان داد چهار متغیر شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص سطح برگ به‌ترتیب وارد مدل شدند و اختلاف بین ارقام در عملکرد دانه را می‌توان به تفاوت بین این صفات نسبت داد. از میان صفات یادشده، شاخص برداشت نخستین متغیر واردشده در مدل بود که ۲۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نموده است. در گام دوم و سوم به‌ترتیب صفات تعداد دانه در سنبله با سهم ۱۲ درصد و وزن هزاردانه با سهم ۱۱ درصد و در گام آخر صفت شاخص سطح برگ با سهم ۸ درصد در مدل وارد شدند. این چهار صفت در مجموع ۵۶ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته با سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل

گام	متغیر مستقل	ضریب رگرسیونی جزء	R ² تجمعی	F مدل	عرض از مبدأ
۱	شاخص برداشت	۱۰/۸	۰/۲۵	۷/۵۷ **	-۳۴۵/۷
۲	تعداد دانه در سنبله	۹/۸	۰/۳۷		
۳	وزن هزاردانه	۱۰/۷	۰/۴۸		
۴	شاخص سطح برگ	-۳۴/۹	۰/۵۶		

اگر عملکرد دانه با واحد تن در هکتار (Grain Yield; GY)، شاخص برداشت (Harvest Index; HI)، تعداد دانه در سنبله (Seeds per Spike; SS)، وزن هزاردانه (1000 Seeds Weight; SW) و شاخص سطح برگ (Leaf Area Index; LAI) باشد، معادله کلی رگرسیون گام به گام به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$GY = -345/7 + 10/8 HI + 9/8 SS + 10/7 SW - 34/9 LAI \quad \text{رابطه ۲}$$

۴.۵. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

با توجه به مزایای تجزیه‌های آماری چندمتغیره برای درک بهتر ساختار داده‌ها در مطالعه پیش‌رو از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است این روش با استفاده از ۱۲ صفت برای ۲۹ ژنوتیپ مختلف گندم آبی و با در نظر گرفتن مقادیر ویژه

بزرگ‌تر یا نزدیک به یک انجام شد. مقادیر ویژه، نسبت واریانس توجیه‌شده توسط هر مؤلفه و کل واریانس توجیه‌شده در جدول‌های (۱۱) و (۱۲) درج شده است. براساس تجزیه انجام‌شده، پنج مؤلفه اول دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک بودند. مقادیر ویژه پنج مؤلفه اول به‌ترتیب ۳/۴، ۲/۸، ۱/۶، ۱/۳ و ۱/۰ بودند. این پنج مؤلفه به‌ترتیب ۲۶/۵، ۲۱/۲، ۱۲/۲، ۷۰/۰ و ۷۷/۹ درصد و در مجموع ۷۷/۹ درصد از تغییرات را توجیه کردند (جدول ۱۱). در مؤلفه اول که بیش‌ترین میزان تغییرات را توجیه کرد صفات تعداد پنجه نابارور و تعداد دانه در سنبله در جهت مثبت بیش‌ترین سهم را داشتند. در مؤلفه دوم صفات تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در جهت منفی و در مؤلفه سوم وزن هزاردانه و شاخص برداشت در جهت مثبت بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص دادند و شاخص سطح برگ و روز تا رسیدگی در مؤلفه چهارم و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در مؤلفه پنجم در جهت منفی بیش‌ترین سهم را داشتند (جدول ۱۲).

جدول ۱۱. مقادیر ویژه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ارقام مختلف گندم

مؤلفه	مقادیر ویژه	واریانس نسبی	درصد تجمعی واریانس
۱	۳/۴۴	۲۶/۵	۲۶/۵
۲	۲/۸	۲۱/۲	۴۷/۷
۳	۱/۶	۱۲/۲	۵۹/۹
۴	۱/۳	۷۰/۰	۷۰/۰
۵	۱/۰	۷۷/۹	۷۷/۹

جدول ۱۲. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات موردبررسی ارقام مختلف گندم

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	مؤلفه پنجم
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	-۰/۰۳۰	-۰/۲۲۷	-۰/۳۶۳	-۰/۵۳۸	-۰/۰۵۷
طول سنبله (سانتی‌متر)	-۰/۰۰۴	-۰/۲۰۱	-۰/۶۲۱	-۰/۲۵۳	-۰/۰۲۴
تعداد پنجه نابارور	۰/۴۶۵	۰/۱۸۱	-۰/۰۳۷	-۰/۰۶۱	-۰/۰۸۱
تعداد سنبله در مترمربع	۰/۴۹۸	۰/۰۴۷	-۰/۰۹۶	۰/۰۱۸	-۰/۲۵۷
تعداد دانه در سنبله	-۰/۲۱۸	-۰/۴۴۱	-۰/۰۷۲	-۰/۰۸۴	-۰/۱۷۱
عملکرد دانه	۰/۲۲۲	-۰/۵۲۸	-۰/۱۰۲	۰/۱۲۳	۰/۰۰۱
عملکرد زیستی	۰/۲۵۲	-۰/۴۶۴	-۰/۱۱۲	۰/۲۳۷	-۰/۰۶۱
وزن هزاردانه	۰/۱۷۲	-۰/۲۲۲	۰/۳۴۴	-۰/۳۳۹	۰/۴۳۰
شاخص سطح برگ	-۰/۱۳۱	۰/۰۸۲	۰/۱۵۳	-۰/۴۷۹	-۰/۴۸۹
روز تا گلدهی	-۰/۲۷۱	۰/۱۹۳	۰/۰۸۳	۰/۳۰۱	-۰/۴۷۳
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	-۰/۲۷۶	۰/۰۳۷	۰/۲۶۱	-۰/۳۱۲	-۰/۴۰۷
شاخص برداشت	۰/۰۱۳	۰/۲۹۳	۰/۴۷۳	-۰/۱۸۷	۰/۰۹۴

۵. بحث

نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر بیان می‌کند بین ارقام مختلف گندم آبی در صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های بارانی و شکرپور (۱۳۹۱)، زیلوئی و همکاران (۱۳۹۲)، مجیدی و همکاران (۱۳۹۷)، عابدی و صبا (۱۳۹۷)، اسدالله‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. افزون براین، یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده تنوع بالای ژنتیکی بین ارقام گندم آبی از نظر صفات فیزیولوژیک، فنولوژیک و زراعی است (افتخاری و همکاران، ۱۳۹۸؛ بنجاما^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). این مسئله بیانگر ظرفیت بالای اصلاح‌پذیری در ارقام جدید برای بهبود عملکرد در شرایط و افزایش بهره‌وری در مناطق با اقلیم‌های متفاوت است. مشابه مطالعه رحمان^۲ و همکاران (۲۰۲۱) نتایج ضرایب همبستگی ساده نشان داد که بین صفت ارتفاع بوته با طول سنبله و

1. Bendjama

2. Rehman

هم‌چنین بین تعداد پنجه نابارور در مترمربع با تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. افزون بر این، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد سنبله در مترمربع با تعداد دانه در سنبله و عملکرد زیستی مشاهده شد که با نتایج مطالعات قبلی خان^۱ و همکاران (۲۰۲۲) که نشان می‌دهد افزایش تعداد سنبله می‌تواند موجب افزایش تعداد دانه‌ها و عملکرد زیستی شود، هم‌راستا است. علاوه بر این، مشابه مطالعات پیشین بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه، عملکرد زیستی و روز تا گلدهی ارتباط مثبت و معنی‌دار (ژانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۹؛ گائو^۳ و همکاران، ۲۰۲۰) و بین عملکرد دانه با عملکرد زیستی، وزن هزاردانه و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد که بر اهمیت این صفات در افزایش عملکرد دانه تأکید دارد (بایه^۴ و همکاران، ۲۰۲۰؛ ال گاتا^۵ و همکاران، ۲۰۲۵).

در بین ارقام مورد مطالعه بیش‌ترین عملکرد دانه با ۱۰۷۴ گرم در مترمربع به رقم شیرودی و کم‌ترین آن با ۵۷۲ گرم در مترمربع به رقم بهاران اختصاص داشتند. افزون بر این، بالاترین عملکرد زیستی با بیش از ۱۸۰۰ گرم در مترمربع در ارقام شیرودی، گنبد، نوید، پیشتاز و چمران ۲ مشاهده شد، درحالی‌که ارقام تجن و کلاته به‌ترتیب با ۱۲۵۲ و ۱۳۰۸ گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد زیستی را نشان دادند. این امر نشان‌دهنده بهره‌وری مناسب در تبدیل زیست‌توده به محصول اقتصادی (دانه) در ارقام شیرودی، گنبد، نوید، پیشتاز و چمران ۲ است.

به لحاظ شاخص برداشت در بین ارقام مورد بررسی، بیش‌ترین شاخص برداشت با بیش از ۵۰ درصد در ارقام شوش، تجن و افلاک و کم‌ترین مقدار آن با ۳۷ درصد در رقم بهاران مشاهده شد، این ویژگی برای برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش بهره‌وری عملکرد اقتصادی بسیار مهم است. ارقام پیشتاز، مروارید، نیک‌نژاد، زرینه و شیرودی با متوسط ۸۰۰ سنبله در مترمربع بیش‌ترین تعداد سنبله را به خود اختصاص داده‌اند که این امر نشان‌دهنده تمایل بیش‌تر ارقام قدیمی به تولید تعداد بالاتر سنبله است.

به لحاظ تعداد دانه در سنبله به‌استثنای ارقام تجن، چمران ۲، مهرگان، بهاران، طلایی و نیک‌نژاد تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت و بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله با ۴۰ دانه در ارقام قدیمی و متوسط‌ترس اقلیم سرد شامل رقم الوند و نوید مشاهده شد. افزون بر این، رقم پارسی با ۴۷/۴ گرم بالاترین وزن هزاردانه را در بین تمامی ارقام مورد بررسی به خود اختصاص داده است، در حالی‌که بین رقم پارسی و سایر ارقام (به‌استثنای ارقام میهن، زارع، نوید، کلاته، مروارید، تجن، بهاران، نیک‌نژاد و قدس) تفاوت معنی‌داری در وزن هزاردانه وجود نداشت.

در بررسی صفات فنولوژیک ارقام مورد مطالعه، بیش‌ترین میزان روز تا گلدهی به ارقام نوید (۱۸۹ روز)، افلاک و سیستان (۱۸۲ روز) تعلق داشت. این ارقام با داشتن دوره رویشی طولانی‌تر، معمولاً پتانسیل بیش‌تری برای تولید زیست‌توده دارند، اما در مناطق با احتمال وقوع تنش گرمایی یا کم‌آبی در اواخر فصل، می‌توانند در معرض کاهش عملکرد دانه قرار گیرند. در مقابل، کم‌ترین روز تا گلدهی با میانگین ۱۷۵ روز در ارقام شیرودی، پارسی، سیروان، سیوند، پیشتاز و نیک‌نژاد مشاهده شد. این ارقام زودگل بوده و از این نظر برای شرایط اقلیمی با فصل رشد کوتاه یا برای استفاده در تناوب‌های فشرده کشاورزی (مانند دو کشت) گزینه‌های مناسب‌تری هستند.

در رابطه با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، رقم سیستان با ۲۲۷ روز دیررس‌ترین رقم بود، درحالی‌که ارقام گنبد و نیک‌نژاد با ۲۱۷ روز زودترین زمان رسیدگی را نشان دادند. ترکیب گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک نسبتاً زود در این ارقام در این ارقام باعث می‌شود که برای مناطق با محدودیت زمانی برداشت یا با خطر افزایش دما در پایان فصل، مناسب باشند.

1. Khan
2. Zhang
3. Gao
4. Baye
5. El Gatta

از نظر ارتفاع بوته، بیشترین ارتفاع به ارقام الوند و وشوش اختصاص داشت. ارتفاع بالا می‌تواند به افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه رشد بیش‌تر کمک کند، اما در عین حال، این ویژگی می‌تواند با افزایش خطر ورس (خوابیدگی بوته‌ها) در شرایط وزش باد و بارندگی شدید همراه باشد. بنابراین، ارزیابی پایداری مکانیکی و ساختار ساقه در کنار ارتفاع ضروری است.

در بررسی تعداد پنجه‌های نابارور، ارقام پیشتاز (۲۳۰ عدد در مترمربع)، طلایی و نیک‌نژاد (هر دو ۱۷۵ عدد) بیش‌ترین مقدار را داشتند. بالابودن این صفت معمولاً مطلوب تلقی نمی‌شود، زیرا این پنجه‌ها با وجود مصرف منابع گیاه، در فرایند دانه‌دهی مشارکت ندارند. رقم نوید با تنها ۷۳ پنجه نابارور در مترمربع کم‌ترین مقدار را داشت. براساس این نتایج، بین ارقام طلایی و نیک‌نژاد با سایر ارقام (به‌استثنای زرینه، نوید و افق) تفاوت معنی‌داری در تعداد پنجه نابارور وجود نداشت. در نهایت، نتایج مربوط به شاخص سطح برگ نشان داد ارقام افق، طلایی، احسان، رخشان و مروارید دارای بیش‌ترین مقادیر این شاخص بودند (بین ۵/۵ تا ۶/۵)، درحالی‌که ارقام چمران ۲، افلاک، بهاران و نیک‌نژاد (با شاخص سطح برگ ۳) دارای کم‌ترین مقدار از این صفت بودند.

ارقام جدید پیشتاز، سیوند (مختص اقلیم معتدل)، زرینه و پیشگام (مختص اقلیم سرد)، چمران ۲ (مختص اقلیم گرم و خشک جنوب) و گنبد (مختص اقلیم گرم و مرطوب شمال) و ارقام قدیمی نوید (مختص اقلیم سرد) و شیرودی (مختص اقلیم گرم و مرطوب شمال) نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه و اکثر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک برتر بودند و برای منطقه البرز جهت کشت مناسب‌تر می‌باشند.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در این مطالعه نشان داد که ۲۹ رقم گندم براساس ۱۲ صفت زراعی و فیزیولوژیک به چهار گروه متمایز تقسیم شدند. این گروه‌بندی نه تنها بازتاب‌دهنده تفاوت‌های ژنتیکی میان ژنوتیپ‌ها بود، بلکه از نظر الگوی سازگاری و کارایی زراعی نیز تفکیک روشنی میان آن‌ها ایجاد کرد.

ژنوتیپ‌های گروه اول با بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت شناخته شدند. چنین ترکیبی از صفات، به‌ویژه در صورتی که با مقاومت به ورس همراه باشد، نشان‌دهنده توان بالقوه این ارقام برای تولید عملکرد مطلوب در شرایط بدون تنش و مدیریت زراعی مناسب است. ارتفاع مناسب و سنبله‌های بلندتر نیز می‌تواند در افزایش کارایی فتوسنتز و ذخیره‌سازی بهتر منابع نقش ایفا کند. در مقابل، ارقام گروه دوم با داشتن بالاترین مقدار روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ و وزن هزاردانه و در عین حال کم‌ترین مقدار روز تا گلدهی، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت، به‌نظر می‌رسد دارای رشد رویشی قوی اما تولید پایین‌تری باشند. چنین الگویی معمولاً در ژنوتیپ‌هایی مشاهده می‌شود که به‌رغم تولید زیست‌توده بالا، قادر به تخصیص مؤثر آن به اندام اقتصادی (دانه) نیستند؛ مسئله‌ای که می‌تواند ناشی از ناهم‌هنگی در تنظیم منبع و مخزن یا بلوغ دیررس باشد.

ژنوتیپ‌های گروه سوم از نظر صفاتی مانند روز تا گلدهی، تعداد پنجه نابارور، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه و عملکرد زیستی، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. این ویژگی‌ها، به‌ویژه تراکم بالای سنبله و عملکرد زیستی بالا، نشانه‌ای از توان بالقوه این گروه برای تولید عملکرد مطلوب در شرایط مساعد زراعی است. اگرچه تعداد پنجه نابارور در این گروه نیز بالا بوده، اما چنانچه نسبت پنجه‌های بارور به کل پنجه‌ها در حد مطلوب باشد، این صفات می‌توانند مزیت محسوب شوند. در سوی دیگر، گروه چهارم کم‌ترین مقدار شاخص سطح برگ و طول سنبله را داشت. این گروه احتمالاً نمایانگر ژنوتیپ‌هایی است که از نظر فیزیولوژیکی کارایی پایین‌تری در رشد و تولید ماده خشک دارند یا از نظر ژنتیکی کم‌تر مورد به‌نژادی قرار گرفته‌اند.

با توجه به ویژگی‌های برتر ارقام موجود در گروه‌های اول و سوم به‌ویژه در صفاتی مانند شاخص برداشت، عملکرد

دانه، عملکرد زیستی و تراکم سنبله، می‌توان نتیجه گرفت که این دو گروه از پتانسیل بالاتری برای سازگاری با اقلیم استان البرز برخوردارند. همچنین این ارقام می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آینده به‌عنوان منابع ژنتیکی ارزشمند برای افزایش عملکرد و کارایی مصرف منابع مدنظر قرار گیرند.

در ارقام جدید گندم آبی، روندی رو به رشد در صفاتی همچون عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و نیز شاخص سطح برگ مشاهده شد؛ موضوعی که نشان از پیشرفت ژنتیکی و اصلاحی هدفمند در جهت بهبود عملکرد دانه دارد. بررسی نتایج خوشه‌بندی ارقام نیز نشان داد که ارقام پربازده به‌طور عمده در خوشه‌های سوم و چهارم قرار گرفته‌اند که ویژگی مشترک بیش‌تر آن‌ها، تیپ رشدی بهاره و تیپ رسیدگی زودرس است. از منظر فیزیولوژیک و مدیریتی، زودرسی یکی از صفات کلیدی در انطباق با تغییرات اقلیمی و افزایش دمای متوسط کشور به‌شمار می‌رود. این ویژگی موجب می‌شود که گیاه از تنش‌های انتهایی فصل (نظیر گرمای شدید، کم‌آبی و بیماری‌ها) مصون مانده و بتواند چرخه رشد خود را در بازه‌ای ایمن‌تر از نظر اقلیمی به پایان رساند. افزون بر این، زودرسی می‌تواند در افزایش کارایی مصرف منابع به‌ویژه آب و نهاده‌های زراعی مؤثر باشد و امکان تناوب‌های زراعی فشرده‌تر را فراهم آورد. در نتیجه، زودرسی نه‌تنها به‌عنوان یک صفت فیزیولوژیک با ارزش، بلکه به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در اقلیم‌های مختلف کشور، باید موردتوجه بیش‌تر اصلاح‌گران و برنامه‌ریزان کشاورزی قرار گیرد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج تجزیه واریانس، ارقام مورد مطالعه به لحاظ تمام صفات زراعی مورد بررسی، دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر هستند که این امر نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای گندم آبی برای صفات مورد ارزیابی و امکان گزینش برای این صفات در میان ارقام مورد مطالعه می‌باشد. همچنین براساس نتایج مقایسه میانگین و تفاوت بین ارقام جدید و قدیم گندم آبی به لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص سطح برگ پیشنهاد می‌شود:

- ۱- جهت اطمینان از نتایج مطالعه حاضر، آزمایش در چند دوره و در محیط‌های مختلف اجرا گردد.
- ۲- براساس نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه پیش‌رو و افزایش شاخص سطح برگ در ارقام جدید پیشنهاد می‌شود در راستای بررسی دقیق‌تر و مقایسه بهتر ارقام قدیمی و جدید، کارایی مصرف نور ارقام مورد بررسی قرار گیرد.
- ۳- با توجه به تغییرات اقلیمی (افزایش دما و تغییر الگوی بارش) پیشنهاد می‌شود کارایی مصرف آب ارقام جدید و قدیم محاسبه گردد و این ارقام در شرایط تنش خشکی نیز مورد بررسی قرار گیرند.

۷. تشکر و قدردانی

از حمایت‌های پرسنل محترم مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و نهال بذر و آزمایشگاه‌های بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- احمدی، علی؛ پورقاسمی، راضیه؛ حسین پور، طهماسب و سهرابی، سیده سمانه (۱۳۹۵). ارزیابی روابط عملکرد دانه با صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دیم بهاره. *مجله اکوفیزیولوژی*، ۸(۲۴)، ۱۲-۱۰.
- اسدالله‌زاده، راضیه؛ حاتمی، علی و احمدی، نادر (۱۳۹۸). اثر تنش گرما و محدودیت آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم. *نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز*، ۱۱(۴۳)، ۱۱۹-۱۳۸.
- افتخاری، علی؛ باقی‌زاده، امین؛ عبدشاهی، روح‌الله و یعقوبی، محمدمهدی (۱۳۹۸). ارزیابی عملکرد، صفات زراعی و شاخص‌های تحمل به خشکی در تعدادی از ارقام گندم نان. *پژوهش‌نامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۱(۳۲)، ۱۱-۲۱.
- اورسجی، حسین؛ خدارحمی، منوچهر؛ دیانت، مرجان؛ مجیدی هروان، اسلام و سوقی، حبیب‌الله (۱۴۰۱). گروه‌بندی ارقام گندم نان بر مبنای ویژگی‌های زراعی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. *پژوهش‌نامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۴(۴۴)، ۲۳۹-۲۵۲.
- آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی (۱۴۰۱). مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی. ۱۰۳ ص.
- بارانی، سعید و شکرپور، مجید (۱۳۹۱). ارزیابی برخی صفات زراعی و فنولوژی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان بهاره. *یافته‌های نوین کشاورزی*، ۷(۲)، ۱۰۳-۱۱۲.
- توانا، شهلا و صبا، جلال (۱۳۹۵). گروه‌بندی لاین‌های گندم و گزینش گروهی آن‌ها در شرایط دیم. *پژوهش‌نامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۸(۲۰)، ۱۵۹-۱۶۴.
- زیلویی، نسرین؛ احمدی، علی؛ جودی، مهدی؛ باقری ده‌آبادی، محسن و محمد مراد طارم، هاله (۱۳۹۲). مطالعه صفات فنولوژیک و ارتباط آن‌ها با پتانسیل عملکرد در گندم. *نشریه علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۴(۴)، ۵۴۹-۵۶۲.
- عابدی، زهرا و صبا، جلال (۱۳۹۷). کاربرد روش‌های آماری چندمتغیره در انتخاب گروهی لاین‌های اینبرد گندم در شرایط دیم. *فن‌آوری تولیدات گیاهی*، ۱۰(۲)، ۱۶۹-۱۷۷.
- علی‌پور، هادی؛ بی‌همتا، محمدرضا؛ محمدی، ولی‌الله؛ پیغمبری، سیدعلی (۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات صفات مهم زراعی و عملکرد دانه در توده‌های بومی و ارقام زراعی گندم در چند دهه گذشته در ایران. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۹(۴)، ۱۲۵-۱۳۶.
- مجیدی، محمد؛ سپری، محمد فرید؛ احمدی، محمدصالح و نصرالله بیگی، محمد بهرام (۱۳۹۷). بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جدید گندم دیم در مقایسه با رقم سرداری. *نشریه پژوهش‌های گندم*، ۱(۱)، ۴۶-۵۲.
- محمدی، سلیمان (۱۳۹۳). بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم نان تحت شرایط آبیاری کامل و تنش‌رطوبتی آخر فصل با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. *پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۱(۱)، ۹۹-۱۰۹.
- مرکز مطالعات راهبردی آب و کشاورزی، اتاق بازرگانی، صنعت، معدن و کشاورزی ایران (۱۳۹۹). گزارش امنیت غذایی کشور (ارزیابی خوداتکایی کشاورزی و غذایی ایران با نگاهی به وضعیت عرضه و مصرف مواد غذایی در جامعه ۱۳۷۹ الی ۱۳۹۷). ۵۱-۵۰.
- مظلومی، حسین؛ پیردشتی، همت‌الله؛ احمدپور، احمد و حسینی، سید جابر (۱۳۹۹). گروه‌بندی لاین‌های پیشرفته گندم براساس عملکرد و اجزای آن. *پژوهش‌نامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۲(۲۵)، ۴۱-۵۳.

References

- Abedi, Z., & Saba, J. (2019). Application of multivariate statistical methods in grouping selection of wheat inbred lines under rain-fed Condition. *Plant protection Technology*, 10(2), 169-177. <https://doi:10.22084/PPT.2017.4041>. (In Persian).
- Ahmadi, A., Pourqasemi, R., Hosseinpour, T., & Sohrabi, S.S. (2016). Evaluation of yield relationships with agronomic traits in rainfed spring wheat genotypes. *Journal of Plant Ecophysiology*, 8(24), 1-12. (In Persian).
- Ali Pour, H., Bihamta, M. R., Mohammadi, V., & Peyghambari, S. A. (2017). Trends in main agronomic traits and grain yield of wheat landraces and cultivars during the last decades in Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49(4), 125-136. <https://doi:10.22059/ijfcs.2017.202331.654059>. (In Persian).

- Avarsegi, H., Khodarahmi, M., Diyanat, M., Majidi Heravan, E., & Soughi, H.A. (2023). Grouping bread wheat cultivars based on agronomic characteristics using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, 14(44), 239-252. <https://doi.org/10.52547/jcb.14.44.239>. (In Persian).
- Asadalahzadeh, R., Hatami, A., & Naderi, A. (2019). Effect of drought and heat stress on grain yield and Components yield of wheat genotypes. *Crop Physiology Journal*, 11 (43) 119-138. (In Persian).
- Aycicek, M., & Yildirim, T. (2006). Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 38(2), 417-424.
- Barani, S., & Shokrpour, M. (2012). Evaluation of some agronomic and phenological traits in different spring bread wheat genotypes. *Journal of New Finding in Agriculture*, 7(2), 103-112. (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 <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1752603>
- Bendjama, A., & Ramdani, S. (2022). Genetic variability of some agronomic traits in a collection of wheat (*Triticum turgidum* L. sp. pl.) genotypes under South Mediterranean growth conditions. *Italian Journal of Agronomy*, 17(1), 1976. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1976>
- El Gataa, Z., Admas, A., El Hanafi, S., Kehel, Z., Rachdad, F. E., & Tadesse, W. (2025). Genetic dissection and genomic prediction of drought indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Crop Design*, 4(1), 100084. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.100084>
- FAO (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets. Available at <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9692en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2024). Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Ganbalani, A. N., Ganbalani, G. N. & Hassanpanah, D. (2009). Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil. *Iranian Journal Food and Agriculture. & Environ*, 7(3&4), 228-234. (In Persian).
- Gooding, M. J., & Shewry, P. R. (2022). *Wheat: environment, food and health*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119652601>.
- Guo, J., Li, C., Zhao, J., Guo, J., Shi, W., Cheng, S., ... & Hao, C. (2020). Ecological genomics of Chinese wheat improvement: implications in breeding for adaptation. *BMC Plant Biology*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02704-w>
- Joshi, B. K. (2003). Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in F1 hybrids rice and their parents. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 28(4), 533-540.
- Khan, H., Krishnappa, G., Kumar, S., Mishra, C. N., Krishna, H., Devate, N. B., ... & Singh, G. P. (2022). Genome-wide association study for grain yield and component traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in genetics*, 13, 982589. DOI 10.3389/fgene.2022.982589
- Khodadadi, M., Fotokian, M. H., & Miransari, M. (2011). Genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on cluster and principal component analyses for breeding strategies. *Australian Journal of Crop Science*, 5(1), 17-24
- Koppensteiner, L. J., Kaul, H. P., Piepho, H. P., Barta, N., Euteneuer, P., Bernas, J., ... & Neugschwandtner, R. W. (2022). Yield and yield components of facultative wheat are affected by sowing time, nitrogen fertilization and environment. *European Journal of Agronomy*, 140, 126591. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126591>.
- Majidi, M., Separi, M., Ahmadi, M., & Nasrolahbeigi, M.B. (2019). Evaluation of yield and yield components of new wheat cultivars in comparison with Sardari wheat. *Plant Production and Genetics*, 1(1), 45-52. (In Persian).
- Mazlomi, H., Pirdashti, H., Ahmadpour, A., & Hosseini, S.J. (2020). Grouping of advanced wheat lines based on yield and its components. *Journal of Crop Breeding*, 12(25), 41-53. <https://doi.org/10.52547/jcb.12.35.41>. (In Persian).
- Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran (MJA). (2023). www.maj.ir
- Mohammadi, S. (2014). Evolution of grain yield and its components relationships in bread wheat genotypes under full irrigation and terminal water stress conditions using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), 99-109. <https://doi.org/10.22067/GSC.V12I1.36646>. (In Persian).
- Regmi, S., Poudel, B., Ojha, B.R., Kharel, R., Joshi, P., Khanal, S., & Kandel, B.P. (2021). Estimation of genetic parameters of different wheat genotype traits in Chitwan, Nepal. *International Journal of Agronomy*, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/6651325>.

- Rehman, H. U., Tariq, A., Ashraf, I., Ahmed, M., Muscolo, A., Basra, S. M., & Reynolds, M. (2021). Evaluation of physiological and morphological traits for improving spring wheat adaptation to terminal heat stress. *Plants*, 10(3), 455. <https://doi.org/10.3390/plants10030455>
- Richards, R. A. (1996). Defining selection criteria improve yield under drought plant Growth Regulation. 20, 157-166. <https://doi.org/10.1007/BF00024012>..
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M., & Muricho, G. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food security*, 5(3), 291-317. <https://doi.org/10.1007/s12571-013-0263-y>.
- Tavana, S., & Saba, K. (2017). Grouping wheat lines and their group selection under rainfed conditions. *Journal of Crop Breeding*. 8(20), 159-164. (In Persian).
- Zhang, Z. H., Richards, R., Riffkin, P., Berger, J., Christy, B., O'Leary, G., ... & Merry, A. (2019). Wheat grain number and yield: the relative importance of physiological traits and source-sink balance in southern Australia. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125935>
- Ziloee, N., Ahmadi, A., Joudi, M., Bagheri Dehabadi, M., & Mohammad Morad Taram, H. (2013). Study of phenological traits and their relationship with yield potential in wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(4), 594-562. [doi:10.22059/IJFCS.2013.50327](https://doi.org/10.22059/IJFCS.2013.50327). (In Persian).