Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Evaluation of cultivar diversity and correlation analysis of some agronomic characteristics in bread wheat

Mahtab Haghnazar[1], Arash Fazeli[2], Ali Arminian[2*]

[1] Ph.D. student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Faculty, Ilam University, Ilam, Iran, Email:mahtabhaghnazar@gmail.com

[2] Faculty member, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Faculty, Ilam University, Ilam, Iran, Email: a.fazeli@ilam.ac.ir

[3] Corresponding author, Faculty member, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Faculty, Ilam University, Ilam, Iran, Email: a.arminian@ilam.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-5-11
Accepted: 2024-11-30

Keywords:
Bayes
Correlation
Analysis of variance
cluster analysis
Triticum aestivum

ABSTRACT

Background and purpose: Investigating the diversity of cultivars of agricultural plants and the relationships between their important economic traits, such as grain yield, components of grain yield, and phenological characteristics in crops, is crucial. Wheat is a significant source of energy and dietary nutrients. During wheat breeding programs, yield and yield components are carefully considered, and understanding their relationship is essential for developing high-yield varieties. When comparing agricultural cultivars, it is important to consider the conventional or innovative nature of the comparison methods and the novelty of the cultivars or varieties being compared.

Materials and methods: In this study, 94 bread wheat varieties (including 4 control varieties) were cultivated using an augmentation plan with 3 repetitions during the agricultural year of 2018-2019 at the Faculty of Agriculture, Ilam University. After planting, normal irrigation and proper weed control were maintained, and phenology and morphology information were recorded, including days to germination, tillering, stem, flowering, and maturity. Additionally, the number of tillers, leaves, plant height, nodes, peduncle length, spike length, number of spikes, weight of 1000 seeds, and seed yield were assessed for normality. Data analysis involved the use of simple and advanced statistical methods, as well as multivariate statistical methods such as principal component analysis, discriminant analysis (DA), and cluster analysis.

Findings: The analysis of variance revealed that there was a significant difference among the studied cultivars in terms of all the traits investigated, indicating that there is enough diversity between them. The highest Pearson correlation was found between a thousand seed weight and yield (0.907***), days to tillering and days to flowering (-0.92***), days to flowering and maturity (0.85***), days to tillering and rippening (0.83***), days to tillering and stem (0.79***), and days to tillering and flowering (0.79***). Additionally, there was a positive and significant correlation between seed yield and spike length, as well as the number of spikes (0.39*** and 0.34***, respectively), which was further confirmed by the Bayesian method. The principal

component analysis, along with linear DA analysis, showed that the first two components accounted for the majority (99.51%) of the total variance and demonstrated the effectiveness of this method in grouping the varieties. Based on these results, the cultivars were categorized into six groups. The first group consisted of the Darya and Quds genotypes, with an average yield of 712 grams. The other groups had average yields of 594, 864, 195, 328, and 442 grams, respectively. The third group (Shahpasand number) had the highest yield at 864 grams per square meter and a thousand-seed weight of 43.2 grams, which were the highest among all the groups and the entire experiment. However, the Tak-Ab variety also had the highest thousand-seed weight at 50.81 grams.

Conclusion: In this study, two methods, both conventional and advanced, were used to evaluate the correlation and relationship between traits, and the results were consistent with each other. Subsequently, multivariate statistical methods were employed to classify the wheat cultivars. By decomposing the data into the main components, the first two components successfully grouped the cultivars, with Shahpasand and Darya exhibiting the highest yield and thousand-seed weight in the population, respectively. Given the size of the population and its sufficient diversity, as well as the range of climatic conditions, it is feasible to utilize the available cultivars with high performance and desirable traits in improvement and expansion programs.

Cite this article: Haghnazar, M., Fazeli, A., Arminian, A. 2025. Evaluation of cultivar diversity and correlation analysis of some agronomic characteristics in bread wheat. *Crop Production Journal*, 17 (4), 41-66.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2025.22414.2625
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

ارزیابی تنوع ارقام و ارتباط‌سنجی برخی از ویژگی‌های زراعی در گندم نان

مهتاب حق‌نظر[۱]، آرش فاضلی[۲]، علی آرمینان[۲*]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: mahtabhaghnazar@gmail.com
[۲] عضو هیآت علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: a.fazeli@ilam.ac.ir
[۳] نویسنده مسئول، عضو هیآت علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: a.arminian@ilam.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۰

واژه‌های کلیدی:
بیز
همبستگی
تجزیه واریانس
تجزیه خوشه‌ای
Triticum aestivum L.

چکیده

سابقه و هدف: بررسی تنوع ارقام گیاهان زراعی و روابط بین صفات مهم اقتصادی آنها همانند عملکرد و اجزای عملکرد دانه و نیز ویژگی‌های فنولوژیکی آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. گندم هم ازنظر انرژی و هم مواد مغذی ضروری، اهمیت دارد. در برنامه‌های اصلاحی گندم، عملکرد و اجزای عملکرد، مورد توجه قرار گرفته و درک بهتر روابط آنها با همدیگر، منجر به دستیابی به ارقام پرمحصول خواهد شد. در مقایسه ارقام زراعی، هم مرسوم یا جدید بودن روش‌های مقایسه، و هم جدید بودن ارقام یا واریته‌ها حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، تعداد ۹۴ رقم گندم نان (شامل ٤ رقم شاهد) در قالب طرح آگمنت با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام کشت گردید. بعد از انجام عملیات کاشت، داشت (آبیاری نرمال و رعایت مبارزه با علف‌های هرز و وجین دستی) و ثبت اطلاعات فنولوژی و مورفولوژی شامل روز تا جوانه‌زنی، روز تا پنجه‌زنی، روز تا ساقه‌دهی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی کامل، تعداد پنجه، تعداد برگ، ارتفاع گیاه، تعداد گره، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، با بررسی نرمال بودن داده‌ها صورت گرفت. تجزیه داده‌ها با استفاده از برخی روش‌های آماری ساده، پیشرفته و چندمتغیری (تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تجزیه تشخیص (DA) و تجزیه کلاستر) انجام گرفت.

یافته‌ها: براساس نتایج تجزیه واریانس، ارقام مورد مطالعه از نظر تمامی صفات بررسی شده، تفاوت معنی‌داری نشان دادند که حاکی از وجود تنوع کافی بین آنها بود. بیشترین همبستگی پیرسونی بین صفات وزن هزار دانه با عملکرد (۰/۹۰۷***)، روز تا پنجه‌دهی با روز تا گلدهی (۰/۹۲***-)، روز تا گلدهی با روز تا رسیدگی (۰/۸۵***-)، روز تا پنجه‌دهی با روز تا رسیدگی (۰/۸۳***)، روز تا پنجه‌دهی با روز تا ساقه‌دهی (۰/۷۹***) و روز تا ساقه‌دهی با روز تا گلدهی (۰/۷۹***-) وجود داشت. همچنین بین عملکرد دانه، طول سنبله و تعداد سنبلچه همبستگی مثبت و معنی‌داری (بترتیب ۰/۳۹*** و۰/۳٤***) وجود داشت که با روش بیزی نیز مورد تأیید قرار گرفت. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (و تأیید آن توسط تجزیه تشخیص خطی)، دو مؤلفه‌ی اول مجموعاً بخش اعظم (۹۹/۵۱ درصد) واریانس کل را توجیه نموده و مزیت انجام

این روش را در گروه‌بندی ارقام نشـان داد که براسـاس آن ارقام در شش گروه قرار گرفتند. بر این اساس، گروه یک شامل ژنوتیپ‌های دریا و قدس با میانگین عملکرد ۷۱۲ گرم، و گروه‌های دیگر نیز از میانگین عملکرد ٥٩٤، ٨٦٤، ١٩٥، ٣٢٨ و ٤٤٢ گرم برخوردار بودند که گروه سـوم (رقم شاه‌پسند) بیشترین عملکرد (٨٦٤ گرم در مترمربع) و وزن هزاردانه (٤٣/٢ گرم) را در بین گروه‌ها و در کل آزمایش داشـته و رقم Tak-Ab یا تکاب نیز بیشـترین وزن هزاردانه (٥٠/٨١ گرم) را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق، دو روش مرسـوم و پیشـرفته برای ارزیابی همبستگی و ارتباط بین صـفات، مورد اسـتفاده قرار گرفت که همدیگر را تایید نموده و بعد از آن، برخی روش‌های آماری چندمتغیره برای دسـته‌بندی ارقام گندم مورد اسـتفاده قرار گرفت که تجزیه به مؤلفه‌های اصـلی با اسـتفاده از دو مؤلفه‌ی اصلی اول، بخوبی ارقام را گروه‌بندی نموده که طی آن، ۲ رقم شاهپسند و دریا به ترتیب بیشترین عملکرد و وزن هزاردانه را در جمعیت، دارا بودند. با توجه به حجم جمعیت و وجود تنوع کافی آن و طیف اقلیمی، می‌توان از ارقام موجود با عملکرد و اجزای عملکرد بالا، در برنامه‌های اصلاحی و ترویجی استفاده نمود.

استناد: حق‌نظر، مهتاب؛ فاضلی، آرش؛ آرمیینان، علی. (١٤٠٣). ارزیابی تنوع ارقام و ارتباط‌سنجی برخی از ویژگیهای زراعی در گندم نان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ١٧ (٤)، ٦٦-٤١.

DOI: 10.22069/ejcp.2025.22414.2625

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گندم از محصولات استراتژیکی است که نقش مهمی را در تغذیه انسان دارد (۱). این گیاه، مهم‌ترین منبع کربوهیدرات در اکثر کشورها و در سطح جهانی و همچنین منبع اصلی پروتئین گیاهی در تغذیه انسان و حاوی مواد مغذی و فیبر غذایی نیز بوده و همچنین حاوی مواد معدنی، ویتامین‌ها و چربی‌هاست که با اضافه نمودن مقدار کمی پروتئین حیوانی یا حبوبات، بسیار مغذی می‌گردد (۲). طبق گزارشات، در سطح جهانی بیش از ۷۰۰ میلیون تن دانه گندم در سال در بیش از ۱۵ درصد (۲۲۰ میلیون هکتار) از زمین‌های قابل استفاده، کشت می‌شود. بر اساس گزارش فائو، ایران در سال ۲۰۲۱ با تولید ۱۰/۱ میلیون تن گندم، چهاردهمین تولیدکننده بزرگ گندم جهان بوده است (۳). به‌نژادگران به طور مستمر ارقام جدید و پرمحصول که سازگاری گسترده‌ای به تغییر سیستم‌های زراعی داشته و تحت تقاضای کشاورزان هستند را معرفی می‌کنند. بخش مهمی از توسعه کشاورزی و افزایش تولید، مرهون کشت ارقام پر محصول و اصلاح شده در بیشتر محصولات زراعی و باغی از جمله گندم است که غالبا ساختار ژنتیکی مشابهی دارند (٤). همچنین به‌نژادگران گندم، علاقمند دستیابی به ژنوتیپ‌هایی هستند که از لحاظ صفت عملکرد و سایر صفات زراعی مطلوب باشند (۵). صفات مورفولوژیکی به سادگی و با دقت زیادی قابل اندازه‌گیری هستند و توارث‌پذیری بالایی نیز دارند، لذا انتخاب بر اساس این صفات، روشی مطمئن و سریع جهت غربالگری جوامع گیاهی و بهبود عملکرد محسوب می‌گردد (٦).

روش‌های مختلفی برای برآورد تنوع صفات مورفولوژیکی یا فنولوژیکی و نیز تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهی وجود دارد. کاشت و ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیک در مزرعه، معمولاً به‌عنوان شیوه‌ای حیاتی در طبقه‌بندی کلکسیون (مجموعه)های منابع ژنتیکی به حساب می‌آید. مزیت این روش آن است که صفات مورد نظر، به‌صورت مستقیم، جهت شناسایی و انتخاب ژن‌ها و ژنوم‌های مطلوب مورد استفاده قرار می‌گیرند (۷). محققان از ویژگی‌های مورفولوژیک جهت طبقه بندی اولیه و توصیف ژرم پلاسم در راستای انتخاب منابع ژنتیکی با ارزش برای برنامه اصلاحی خود استفاده می‌نمایند (۸). با افزایش تعداد ژرم‌پلاسم، گروه‌بندی و تنظیم تنوع به گروه‌های مورفولوژیک و احتمالاً ژنتیکی مورد نیاز است. رویکردهای بیزی در مطالعات همبستگی صفات گیاهانی همانند گندم برای تلفیق اطلاعات قبلی و افزایش دقت تخمین‌ها یا برآوردها مورد استفاده قرار گرفته (۹،۱۰) که چشم‌اندازهای ارزشمندی را در مورد اساس ژنتیکی صفات گندم ارائه می‌دهند و بواسطه همبستگی‌ها و پیش‌بینی‌های دقیق صفات، به بهبود برنامه‌های اصلاحی کمک می‌کنند. تاکنون محققان بیشماری در دنیا از روش‌های مرسوم و ساده آماری جهت بررسی روابط صفات متنوع کمی یا کیفی در گیاهان استفاده نموده‌اند که معمول‌ترین آنها همبستگی‌های ساده (پیرسون، کندال و اسپیرمن) و نیز رگرسیون و تجزیه ضرایب مسیر (ساده یا زنجیری) بوده است. در این بین یکی از پیشرفته‌ترین الگوریتم‌های آماری که در علوم کشاورزی نیز کاربرد زیادی دارد، الگوریتم بیزی یا بیزیان است که در اصلاح نباتات نیز کاربرد زیادی دارد. به عنوان نمونه، آمار بیزی در برآورد ضریب همبستگی بیزی و ضریب همبستگی بیزی در بررسی تشابه ژنی در روش RNA-seq، تجزیه واریانس بیزی، برآورد اجزای واریانس، انتخاب ژنومی، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به روشهایی همانند AMMI و GGE biplot و تعیین مکان‌های کنترل‌کننده صفات کمی (QTL) حائز کاربرد می‌باشد.

نگرش منطقی برای تنظیم نمونه‌های حاوی تنوع بالا، استفاده از روش‌های آماری چند متغیره را ایجاب می‌کند

که روش خوشه‌بندی (تجزیه کلاستر) در مقایسه با سایر روش‌ها دارای مزایایی است از جمله اینکه می‌توان از مخلوطی از صفات کیفی و کمی استفاده کرد و در مقایسه با روش‌هایی که براساس تنوع گروه‌هایی از افراد استوار است، هر فرد با وزن مساوی در تجزیه مشارکت می‌نماید (۱۱). متعاقب انجام تجزیه خوشه‌ای، نتایج در قالب یک نمودار یا دندروگرام به نمایش در می‌آید. لازم به ذکر است که گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در محیط نیز توسط تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) امکان پذیر است (۱۲). در این رابطه، عباس و همکاران (۲۰۲۱) عملکرد و اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات زراعی ارقام گندم دوروم را تحت شرایط دیم در کشور پاکستان بررسی نموده و با روش‌های آماری همانند رگرسیون و همبستگی و همچنین تجزیه مؤلفه‌های اصلی، مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه را شناسایی نموده و خاطرنشان ساختند که تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت، مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه بودند (۱۳).

همچنین در یک تحقیق، حدیدی و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک در ١٤ رقم تجاری گندم نان تحت تنش خشکی (پس از گرده‌افشانی) پرداخته و خاطرنشان ساختند که ارقام گندم از نظر تمام صفات به استثنای مقدار کلروفیل (a و b و کل) دارای اختلاف معنی‌دار بودند. همچنین در شرایط نرمال، شاخص برداشت (۰/۷۱**) و محتوای کلروفیل a (۰/٦۹**) و تحت شرایط تنش نیز صفات محتوای پرولین برگ (۰/۷٤**) و وزن هزار دانه (۰/۷۱**) بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد دانه داشتند (١٤). ژانگ و همکاران (۱۹۹۷) نیز ۱۲۰ واریته گندم دوروم بهاره را بر اساس ویژگی‌هایی همانند تاریخ رسیدگی، ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد، توسط تجزیه خوشه‌ای به ۵ گروه تقسیم نمودند (۱۵). گل آبادی (۲۰۰۰) نیز با ارزیابی صفات زراعی در ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم، بالاترین ضرایب تنوع ژنتیکی را برای صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله گزارش نمود (١٦). گلپرور و همکاران (۲۰۰۲) نیز با بررسی تعداد ٥٦٧ ژنوتیپ گندم اظهار داشتند که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات طول پدانکل، ارتفاع بوته، بیوماس، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بود) (۱۷). از مزیت‌های مهم کاربرد روش بیزیان در بررسی همبستگی‌ها این است که می‌توان از اطلاعات قبلی (دیگر تحقیقات) در بررسی دقیق همبستگی استفاده نمود (تلفیق) که در دیگر روش‌های مرسوم، چنین امکانی وجود ندارد. تحقیقات خیلی کمی از روش‌های بیزیان در برآورد ضرایب همبستگی و رگرسیون در علوم گیاهی استفاده کرده‌اند که عمدتاً به دلیل فقدان برنامه کامپیوتری و عدم آشنایی محققان با این روش بوده است. در این رابطه، به‌عنوان نمونه، محققان (۱۰) از روش بیزیان در برآورد توارث‌پذیری صفت تراکم ریشه در گندم استفاده نمودند. همچنین از این روش (سری زمانی) و سری‌های مارکوف[1] در بررسی جایگزینی یا کشت همزمان گیاه شاهدانه با سویا و گندم در ایالات متحده استفاده شده که به برتری این روش نسبت به روش کلاسیک اشاره شده است (۹). هدف از این تحقیق ارزیابی میزان تنوع مورفو/فنولوژیکی و بررسی ارتباطات این ویژگی‌ها با روش‌های آماری ساده و پیشرفته و گروه‌بندی توده‌ای از ارقام گندم رایج در کشور بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد ۹٤ رقم گندم نان (جدول ۱)، شامل ٤ رقم شاهد (کوهدشت، بهرنگ، آذر۲ و dw1881)، جهت اندازه‌گیری و مطالعه صفات

1. MCMC

مورفو/فنولوژیکی در قالب طرح آگمنت با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در ارتفاع ۱٤۱۱ متر از سطح دریا، ۹۱ درجه و ۱ دقیقه تا ۹٤ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی نسبت به استوا و ٤۹ درجه و ٤٤ دقیقه تا ٤۱ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی در اوایل آبان‌ماه کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. استان ایلام از نظر اقلیمی جزء مناطق نسبتاً سرد و نیمه مرطوب با تابستان گرم بوده و بیشترین میزان نزولات جوی در زمستان و اوایل بهار صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که به دلیل ناکافی بودن مقدار بذر در ارقام موجود، بناچار از طرح آزمایشی آگمنت استفاده گردید. عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز و مراقبت‌های لازم (آبیاری نرمال و مبارزه با علف‌های هرز و وجین دستی) در طول فصل رشد صورت گرفت و در ادامه، صفات موردنظر ثبت گردید (در هر ردیف ۵ بوته با فاصله ردیف و بوته به ترتیب ۲۰ و ۵ سانتی‌متر، طول ردیف‌ها ۱ متر) که شامل تعداد پنجه (مرحله رشدی ۵۵-٥٤ زادوکس(۱۸))، تعداد برگ (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، ارتفاع گیاه (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، تعداد گره (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، عملکرد (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، طول پدانکل (مرحله رشدی ۷۲-۷۱ زادوکس)، طول سنبله (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، تعداد سنبلچه در سنبله (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، وزن هزار دانه (مرحله رشدی ۹۰ زادوکس)، روز تا جوانه‌زنی (مرحله رشدی ۱۰ زادوکس)، روز تا پنجه‌زنی (مرحله رشدی ۲۲-۱۵ زادوکس)، روز تا ساقه‌دهی (مرحله رشدی ۳۱-۳۰ زادوکس)، روز تا گلدهی (مرحله رشدی ۵۵-٥٤ زادوکس) و روز تا رسیدگی کامل(مرحله رشدی ۹۰ زادوکس) بودند.

بر اساس معیار سیمیت، جهت اندازه‌گیری طول سنبله بر حسب سانتیمتر، تعداد ۱۰ سنبله بصورت تصادفی انتخاب شده و این صفت از پایه محور سنبله به سمت انتهای آخرین سنبلچه در پنجه اصلی اندازه‌گیری گردید. ارتفاع بوته نیز برحسب سانتیمتر مربوط به ساقه اصلی از سطح خاک به سمت انتهای سنبله صرفنظر از ریشک اندازه‌گیری گردید. مرحله بلوغ نیز زمانی که کرک‌های ریز نقره‌ای رنگ روی سطح گیاه مشاهده شد، تشخیص و اعمال گردید. براساس روش سیمیت، تعداد پنجه نیز در بوته با شمارش آن در مرحله گلدهی (مرحله رشدی ۵۵-٥٤ زادوکس)، انجام گردید.بر این اساس، روز تا بلوغ یا رسیدگی نیز بصورت شمارش تعداد روزهای بین مراحل جوانه‌زنی و رسیدگی فیزیولوژیکی صورت گرفت. بطوری‌که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، حدود ۵۰درصد از سنبله‌ها رسیده بود. همچنین وزن هزاردانه نیز از دانه‌های سالم ونرمال سنجیده شد (۱۹).

تکنیک‌های برآورد همبستگی بین متغیرها، رگرسیون و تجزیه واریانس به روش بیزیان، مزیت زیادی نسبت به روش‌های معمول دارد که غالباً ناآشنا بودن پژوهشگران به تئوری و برنامه‌های رایانه‌ای برای تجزیه و تحلیل این روش‌ها و نیز نسبتاً جدیدتر بودن آنها، پژوهشگران را به سوی استفاده از روش‌های رایج سوق داده است. مونتشینوز لوپز و همکاران (۲۰۲۲) روش‌های مختلف بیزی مانند Bayes A، Bayes B، Bayes C و Bayesian Lasso را برای پیش‌بینی ژنومی فعال در اصلاح نباتات مورد بحث قرار داده، و بر اهمیت گنجاندن افراد برای پیش‌بینی در توزیع پسین برای نمونه‌برداری دقیق و تخمین پارامتر تأکید دارند. البته روشهای مبتنی بر بیز، غالباً برای تحقیقات ژنومی و ژنتیکی بکار گرفته می‌شود، که در بررسی ارتباطات صفات زراعی هم می‌توانند بکار گرفته شوند (۲۰). رگرسیون‌های بیزی، محبوبیت بالا، کاربردهای روز افزون وانعطاف‌پذیری بالایی دارند. زیراکه در آمار بیزی معمولا برای استنباط آماری از برآورد پسین استفاده شده و در مواجهه با رگرسیون‌های با بعد بالاتر، روش‌های تنظیم بیزی مؤثرند(۲۱). نکته مهم در

روش‌های رگرسیون (بویژه خطی)، برآورد ضرایب رگرسیونی است که معمول‌ترین روش آن حداقل مربعات و روش‌های دیگر شامل بیزی و حداکثر درست‌نمایی است. توضیح آمار بیزی (حتی در رگرسیون) پیچیده است ولی بطور خلاصه مدل‌های آماری رگرسیون بیزی، در این مقاله به شرح ذیل مطرح می‌شوند (۲۲). در این رابطه، مدل رگرسیون خطی نرمال به صورت زیر است:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

در این معادله، پارامترها به ترتیب از چپ شامل: بردار مشاهدات متغیر وابسته، ماتریس رگرسیون با رتبه کامل، بردار ضرایب رگرسیون و بردار خطاها می‌باشد. متغیر y از توزیع نرمال (به شرط x) برخوردار بوده و تبدیل خطی بردار نرمال ε بوده که احتمال آن بصورت زیر است:

$$p(y|\beta,X) = (2\pi)^{-N/2}\left|\det(\sigma^2 I)\right|^{-1/2}\exp\left(-\frac{1}{2}(y-X\beta)^{\tau}(\sigma^2 I)^{-1}(y-X\beta)\right)$$

توزیع پیشین (prior) ضریب همبستگی β نیز از توزیع نرمال زیر برخوردار است:

$$p(\beta) = (2\pi)^{-K/2}\left|\det(\sigma^2 V_0)\right|^{-1/2}\exp\left(-\frac{1}{2}(\beta-\beta_0)^{\tau}(\sigma^2 V_0)^{-1}(\beta-\beta_0)\right)$$

در توزیع فوق، β از میانگین β_0 و *ماتریس کواریانس* $\sigma^2 V_0$ *برخوردار بوده و* V_0 *نیز یک ماتریس* $K\times K$ *متقارن مثبت معین می‌باشد*. بادرنظر گرفتن توزیع‌های پیشین و احتمال فوق، توزیع پسین به صورت زیر است:

$$p(\beta|y,X) = (2\pi)^{-K/2}\left|\det(\sigma^2 V_N)\right|^{-1/2}\exp\left(-\frac{1}{2}(\beta-\beta_N)^{\tau}(\sigma^2 V_N)^{-1}(\beta-\beta_N)\right)$$

بطوریکه:

$$\beta_N = \left(V_0^{-1} + X^{\tau}X\right)^{-1}\left[V_0^{-1}\beta_0 + X^{\tau}y\right]$$

$$V_N = \left(V_0^{-1} + X^{\tau}X\right)^{-1}$$

به این معنی که توزیع پسین β نیز یک توزیع نرمال چندمتغیره با میانگین β_N و ماتریس کواریانس $\sigma^2 V_N$ است. برای اثبات معادلات فوق به تابوگا (۲۰۲۱) مراجعه شود (۲۲). در روش‌های معمول آماری، مقادیر معنی‌داری با آماره P سنجیده می‌شوند، ولی در روش‌های بیزی به عنوان روش‌های مکمل یا جایگزین، پارامترهای بیزی بنام BF_{01} و BF_{10} برآورد می‌شوند که بیشتر برای بررسی فرضیات آزمون و درک بهتر فرضیات مذکور می‌باشد. بعنوان مثال، معادله پارامتر بیزی BF_{10} بصورت زیر است که در آن p بمعنای احتمال و H نیز فرض آماری است.

$$BF_{10} = \frac{p(data\,|\,H_1)}{p(data\,|\,H_0)}$$

این دو شاخصه، جزو نتایج مهم تجزیه بیزی‌اند که بنام عوامل بیزی (BF) شناخته شده و در روش معمول یا کلاسیک وجود ندارند. این شاخص‌ها احتمال داده‌ها را تحت فرض‌های متقابل (BF_{01}) و صفر (BF_{10}) اندازه‌گیری می‌نمایند. در پارامتر BF_{10}، احتمال داده‌ها تحت فرض صفر براحتمال آن تحت فرض متقابل، سنجیده می‌شود. بعنوان نمونه BF_{10} برابر با ۳/۸ به معنای این است که داده‌ها حدود ٤ برابر نسبت به فرض صفر، تحت فرض متقابل هستند. در بررسی همبستگی نیز، فرض صفر به معنای عدم همبستگی بین دو سری مشاهده یا عدم همبستگی (H_0: ρ=0) است. به‌عبارتی دلیل محکمی بر وجود ارتباط بین دو سری مشاهده است. BF_{01} نیز به سادگی برابر با عکس BF_{10} یا $1/BF_{10}$ است. مقادیر بحرانی مربوط به فاکتور بیز (BF_{10}) در جدول ۲ خلاصه شده است (۲۳) (جدول ۲).

در این مقاله، بعد از ثبت اطلاعات، نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها (با نرم‌افزار MINITAB 19) انجام و عملیات آماری شامل برآورد شاخص‌های آماری پایه (با محیط R)، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌ای، هردو با استفاده از روش UPGMA (با نرم‌افزار PAST 4.14) ذخیره داده‌ها (در محیط آماری Excel 2016) و همبستگی صفات درشکل ۱ (با پکیج corrr)، انجام تجزیه واریانس طرح آگمنت در قالب بلوک‌های کامل تصادفی (با پکیج AugmentedRCBD در R)، همبستگی و نتایج همبستگی بیزی (rstan) صورت گرفت.

جدول ۱ – ارقام گندم نان مورد استفاده در این تحقیق.

Table 1- Bread wheat varieties used in this experiment

ردیف	رقم Variety	منشأ origin	ردیف	رقم Variety	منشأ origin	ردیف	رقم Variety	منشأ origin	ردیف	رقم Variety	منشأ origin	ردیف	رقم Variety	منشأ origin
1	Adl	ایران	21	Chenab	ایران	41	INIA66	ایران	61	Ofogh	ایران	81	Shiroodi	ایران
2	Aflak	ایران	22	Darab1	ایران	42	Karaj1	ایران	62	Ohadi	ایران	82	Sirvan	ایران
3	Akbari	ایران	23	Darab2	ایران	43	Karaj3	ایران	63	Panjamo	ایران	83	Sisson*	ایران
4	Alborz	ایران	24	Darya	ایران	44	Karim	ایران	64	Parsi	ایران	84	Sistan	ایران
5	Alvand	ایران	25	Dastjerdi	ایران	45	Karkheh	ایران	65	Pishgam	ایران	85	Sivand	ایران
6	Arta	ایران	26	Dayhim	ایران	46	Kaveh	ایران	66	Pishtaz	ایران	86	Tajan	ایران
7	Arvand	ایران	27	Dehdasht	ایران	47	Kavir	ایران	67	Qaboos	ایران	87	Tak-Ab	ایران
8	Arya	ایران	28	Dena	ایران	48	Khazar	ایران	68	Rashid	ایران	88	Tobari	ایران
9	Atrak	ایران	29	Dez	ایران	49	**Kuhdasht**	ایران	69	Rayhani	ایران	89	Tous	ایران
10	Azadi	ایران	30	DN-11	ایران	50	Mahdavi	ایران	70	Rijaw	ایران	90	Uroum	ایران
11	Azar	ایران	31	**dw1881**	ایران	51	Maroon	ایران	71	Rowshan	ایران	91	VEE/NAC	ایران
12	**Azar2**	ایران	32	Falat	ایران	52	Marvdasht	ایران	72	Sabalan	ایران	92	YAVAROS79	ایران
13	Bahar	ایران	33	Fong	ایران	53	Mihan	ایران	73	Sardari	ایران	93	Zagros	ایران
14	Bam	ایران	34	Fontana	ایران	54	Moghan1	ایران	74	Sefidak	ایران	94	Zare	ایران
15	Bayat	ایران	35	Gahar	ایران	55	Moghan2	ایران	75	Seimareh	ایران			
16	**Behrang**	ایران	36	Gascogne	ایران	56	Moghan3	ایران	76	Sepahan	ایران			
17	Bezostaya	ایران	37	Ghods	ایران	57	Morvarid	ایران	77	Shahpasand	ایران			
18	Biston	ایران	38	Golestan	ایران	58	MV-17	ایران	78	Shahryar	ایران			
19	Chamran	ایران	39	Hamoon	ایران	59	Navid	ایران	79	Shanghai.7	ایران			
20	Chamran2	ایران	40	Homa	ایران	60	Nicknejad	ایران	80	Shiraz	ایران			

برای مشاهده خصوصیات ارقام ملی گندم نان ایران به بخش فهرست ملی ارقام زراعی، گروه غلات، بخش گندم نان مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کشور رجوع شود. لازم به ذکر است که دو رقم Sisson و Soissons تفاوت دارند.

جدول ۲- دسته‌بندی مقادیر بحرانی فاکتور بیز BF_{10} (۲۳).

Table 2. Classes of extreme values of bayes factor BF_{10}

فاکتور بیز BF_{10} Bayes Factor BF_{10}	برچسب Label
>100	بیشترین دلیل بر وجود فرض متقابل Extreme evidence for H_1
30-100	دلیل خیلی قوی بر وجود فرض متقابل Very strong evidence for H_1
10-30	دلیل قوی بر وجود فرض متقابل Strong evidence for H_1
3-10	دلیل متوسط بر وجود فرض متقابل Moderate evidence for H_1
1-3	دلیل ضمنی وجود فرض متقابل Anecdotal evidence for H_1
1	دلیل وجود ندارد No evidence
1/3-1	دلیل ضمنی وجود فرض صفر Anecdotal evidence for H_0
1/10-1/3	Moderate evidence for H_0
1/30-1/10	دلیل قوی وجود فرض صفر Strong evidence for H_0
1/100-1/30	دلیل خیلی قوی وجود فرض صفر Very strong evidence for H_0
< 1/100	بیشترین دلیل وجود فرض صفر Extreme evidence for H_0

نتایج و بحث

نتایج طرح آگمنت با تصحیح تیمار: براساس نتایج تجزیه واریانس طرح آگمنت برای برخی از صفات بررسی-شده، اختلافات معنی‌داری در سطح ۱ یا ۵ درصد بین عوامل در آزمایش (بلوک، شاهدها، ارقام، اثر متقابل این دو) مشاهده شد (جداول ۳ و ٤).

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه جدول (۳) نشان داد، که اثر بلوک (صرفنظر از تیمارها) در صفات تعداد پنجه، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد، معنی‌دار بوده (سطوح معنی‌داری در جدول ۳) و برای بقیه صفات غیرمعنی‌دار ($P>0.05$) بود. معنی‌دار بودن اثر بلوک به معنای وجود تفاوت بین بلوک‌های آزمایشی و ناهمگنی بلوک‌ها و صحت بلوک‌بندی عمود بر جهت ناهمگنی است. در این جدول (۳)، اثر تیمار (با حذف بلوک، یا بعبارتی همه ارقام)، برای صفت تعداد پنجه و ارتفاع بوته معنی‌دار و برای بقیه صفات، غیرمعنی‌دار ($P>0.05$) بود. بعبارتی با وجود اثر معنی‌دار عامل تیمار، ازنظر این دو صفت، بین ارقام تفاوت معنی‌دار و در نتیجه تنوع وجود داشت. اثر شاهد، فقط برای ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و بعبارتی ٤ رقم شاهد از این نظر با هم تفاوت داشتند. اثر رقم + رقم × شاهد (مقایسه گروهی) نیز فقط برای تعداد پنجه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در مقایسه گروهی، تفاوت معنی‌دار به وجود اختلاف بین ارقام شاهد (روی‌هم‌رفته) و بقیه ارقام اشاره دارد. بعنوان مثال، میانگین ارقام شاهد روی هم برای صفات ارتفاع (۸۱/۲۲ سانتی‌متر)، طول پدانکل (۲۸/۲٦ سانتی‌متر)، عملکرد دانه (۲٦۸/٤۰ گرم در مترمربع) و طول سنبله (۹/۷۸ سانتی‌متر) و برای بقیه ارقام به ترتیب ۷۹/۳۰، ۲٤/۹۰، ۳۹۹/۲۹ و ۱۰/۰۱ بود که ارقام شاهد و بقیه ارقام برای صفات تعداد پنجه (٤ در برابر ٤/٦۹)، ارتفاع بوته (۸۱/۲۲ در مقابل ۷۹/۳۰ سانتی‌متر) با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

نتایج طرح آگمنت با تصحیح بلوک: در جدول ٤، نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات مورفوفنولوژیکی با طرح آگمنت با تصحیح بلوک مشاهده شد.

جدول ۳- میانگین مربعات در تجزیه واریانس صفات زراعی (با تصحیح تیمار) در ارقام گندم نان براساس طرح آگمنت

Table 3. The mean square in the analysis of variance of agronomic traits (corrected treatments) based on Augmented design in the study of the genetic diversity of Iranian wheat cultivars.

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی Degrees of freedom	تعدادپنجه Tiller number	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گره Node number	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	تعداد سنبلچه Spikelet number	روز تا جوانه‌زنی Day to Germination	روز تا پنجه رفتن Days to tillering	روز تا ساقه‌رفتن Days to stem	روزتاگل‌دهی Days to flowering	روزتا رسیدگی Days to rippening	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک (صرفنظر از تیمارها Block (ignoring treatments)	2	21.33 **	0.19	891.5***	0.04	1053.7***	14.35*	19.71	0.10	1.33	9.91	2.28	6.06	157.71*	92825*
تیمار با حذف بلوک Treatment (deliminating block)	93	2.91*	0.31	169.3*	0.33	33.8	1.59	3.74	1.52	4.89	22.36	7.31	15.77	64.20	20805
شاهد Control	3	0.55	0.18	333.3**	0.53	16.2	2.30	10.79	0.28	1.31	15.71	3.53	1.81	54.42	12865
رقم + رقم × شاهد Variety + variety vs. control	90	2.99 *	0.32	163.9*	0.32	34.4	1.56	3.50	1.56	5.00	22.58	7.43	16.23	64.52	21070
باقیمانده Residual	16	1.07	0.17	62.4	0.46	35.3	2.82	6.155	0.75	3.84	24.93	7.55	9.68	40.19	21110

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (P<0.05)، ۱درصد (P<0.01) و غیرمعنی‌دار (P>0.05)

ns, * and **, nonsignificant(P>0.05), and significant at the probability level of 5% (P<0.05), and 1% (P<0.01) respectively.

در این جدول، منظور از تیمار، همه ارقام (شامل شاهد) است.

In ths Table, treatment means all varieties (including control).

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول (٤) نشان داد، که همانند حالت اول (با تصحیح تیمار)، اثر تیمار صرفاً برای تعداد پنجه و ارتفاع بوته، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و برای دیگر صفات، غیرمعنی‌دار (P>0.05) بود. اثر ارقام شاهد، فقط برای صفت ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر رقم، فقط درمورد صفت تعداد پنجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر رقم × شاهد (بنوعی مقایسه گروهی ارقام شاهد در مقابل بقیه ارقام)، صرفاً برای صفات تعداد پنجه و عملکرد دانه بترتیب در سطوح احتمال ۵ و یک درصد معنی‌دار بود. بنا به نتایج حاصله و همانطور که قبلاً اشاره شد، ارقام شاهد در مقابل بقیه ارقام (در مجموع ۹٤ رقم) از نظر صفات تعداد پنجه (٤ در مقابل ٤/٦۹) و عملکرد دانه (۲٦۸/٤۰ در مقابل ۳۹۹/۲۹ گرم)، دارای اختلاف معنی‌دار بوده که از نظر صفات تعداد پنجه، تعداد گره، طول سنبله، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی، ارقام شاهد از مقادیر کمتری برخوردار بودند. اثر بلوک صرفنظر از تیمارها، برای صفات تعداد برگ، طول پدانکل و روز تا جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. برای صفات فنولوژیکی، روز تا جوانه‌زنی، اثر بلوک و مقایسه گروهی، معنی‌دار بود (جدول ٤).

وجود تنوع ژنتیکی در بین لاین‌ها یا ارقام و ژنوتیپ‌های گیاهی مثل گندم یا خویشاوندان نزدیک آن از ارزش بالایی برخوردار بوده که در گزارشات مختلف (۲٤-۲۸) وجود چنین منبع ارزشمندی مورد بررسی قرار گرفته که می‌توان از آن در تلاقی‌ها و برنامه‌های اصلاحی گندم استفاده نمود. در این رابطه آرمینیان و همکاران (۲۰۱۳) تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی توده‌ای از لاین‌ها و ژنوتیپ‌های گندم نان را در ٤ سال متوالی براساس ویژگی‌های زراعی مهم همانند عملکرد دانه، تعداد پنجه و ویژگی‌های وابسته به سنبله، بررسی و با روش‌های آماری چند متغیره وجود قرابت و پراکنش ژنوتیپ‌ها را گزارش نمودند (۲۹). نجفی و همکاران (۲۰۲۲) نیز در بررسی تنوع ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس صفات مورفو/فیزیولوژیک و بررسی روابط متقابل آن‌ها، اثرات معنی‌داری را در جدول تجزیه واریانس گزارش و خاطرنشان نمودند که تفاوت آماری معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های بررسی شده برای صفات مورد مطالعه بیانگر تنوع ژنتیکی قابل‌توجه بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات موردنظر می‌باشد (۳۰). البته لازم به ذکر است که روش‌های آماری چندمتغیره را می‌توان به‌عنوان روش‌های آماری بعد از آنوا[1] بکار گرفت که مکمل هم بوده و نمی‌توان صرفاً براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (یک یا چندمتغیره) به ارزیابی مواد ژنتیکی پرداخت که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

آمار توصیفی و ارتباط بین صفات: در جدول ۵ آماره‌های توصیفی شامل میانگین، انحرف معیار، انحراف استاندارد، کمینه، بیشینه و ضریب تغییرات صفات مطالعه شده ارائه شده است. دامنه تغییرات برای اکثر صفات طیف وسیعی را نشان داد که می‌تواند حاکی از وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه باشد که البته بهتر است مورد بررسی بیشتری قرار گیرد.

1. Post-anova

جدول ٤- میانگین مربعات در تجزیه واریانس صفات زراعی (با تصحیح بلوک) در ارقام گندم نان براساس طرح آگمنت

Table 4. The mean square in the analysis of variance of the morphological traits (corrected blocks) studying the genetic diversity of Iranian wheat on the basis of Augmented design

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد پنجه Tiller number	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گره Node number	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	تعداد سنبلچه Spikelet number	روز تا جوانه‌زنی Day to Germination	روز تا پنجه رفتن Days to tillering	روز تا ساقه‌رفتن Days to stem	روز تاگل‌دهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to rippening	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تیمار (صرفنظر از بلوک) Treatment (ignoring blocks)	93	3.33 **	0.30	186.06**	0.329	52.14	1.84	4.11	1.43	4.86	22.12	7.17	15.51	67.5	22750
شاهد Control	3	1.11	0.18	315.34*	0.523	23.20	2.50	11.93	0.28	1.36	15.94	3.62	2.00	62.4	13337
رقم Variety	89	3.37 **	0.31	183.27**	0. 326	52.08	1.83	3.78	1.35	5.00	22.39	7.36	16.14	63.5	20868
رقم در مقابل شاهد Variety vs. control	1	6.00 *	0.02	46.97	0.025	143.68	0.67	9.62	12.85***	2.77	17.36	1.69	0.43	438.8**	218440 **
بلوک (با حذف تیمار) Block (deliminating treatments)	2	1.90	0.69*	113.61	0.009	201.22 *	2.58	2.35	4.16*	2.38	20.63	9.13	17.85	3.9	2404
باقیمانده Residual	16	1.068	0.17	62.38	0.464	35.30	2.81	6.16	0.75	3.84	24.93	7.55	9.68	40.2	21110

*، **، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (P<0.05)، ۱ درصد (P<0.01) و غیرمعنی‌دار (P>0.05)

ns, *, **, nonsignificant(P>0.05), significant at the probability level of 5% (P<0.05), and 1% (P<0.01), respectively.

در این جدول، منظور از تیمار، همه ارقام (شامل شاهد) است.

In ths Table, treatment means all varieties (including control).

جدول ۵- آماره‌های توصیفی مربوط به صفات بررسی‌شده در ارقام گندم نان

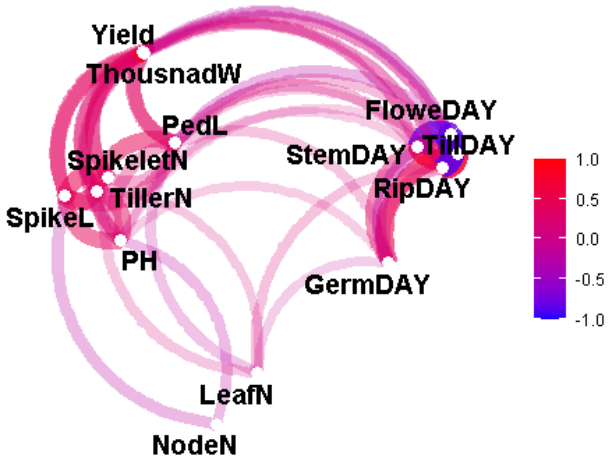
Table 4. Descriptive statistics related to investigated traits in bread wheat cultivars

صفت Trait	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	انحراف استاندارد SD	ضریب تغییرات CV(%)
تعداد پنجه Tiller number	4.56	2.4	12.4	1.72	37.87
تعداد برگ Leaf number	3.88	3	5	0.54	13.91
ارتفاع بوته (cm) Plant height	79.9	32	118	14.88	16.18
تعداد گره Node number	4.02	3	5	0.58	14.57
طول پدانکل Peduncle length(cm)	25.2	9.4	49.8	7.21	28.69
طول سنبله Spike length(cm)	9.95	7	12.8	1.41	14.19
تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet per spike	18.90	12	23	2.08	11.05
روز تا جوانه زنی Days to germinate	11.80	10	14	1.17	9.97
روز تا پنجه زنی Days to tillering	40.00	36	42	2.15	5.40
روز تا ساقه‌دهی Days to stem؟	115.00	110	121	4.72	4.12
روز تا گلدهی Days to flowering	154.00	151	158	2.68	1.75
تعداد روز تا رسیدگی Days to reippening	229.00	222	233	3.82	1.67
وزن هزاردانه 1000-seed weight	19.30	36.3	50.8	8.00	40.86
عملکرد دانه Grain yield (g/m^2)	379.00	72.5	864.2	148.15	39.25

بنا به اطلاعات جدول فوق (۵)، از بین صفات مورد ارزیابی، بیشترین تنوع را وزن هزاردانه با ضریب تغییرات ٤۰/۸٦ درصد و عملکرد دانه (۳۹/۲۵درصد) و کمترین تنوع را تعداد روز تا رسیدگی با ضریب تغییرات ۱/٦۷ درصد نشان دادند. همچنین ژنوتیپ شماره ۷۷ (شاهپسند) بیشترین مقدار عملکرد (۸٦٤/۱٦ گرم در واحد سطح) و ژنوتیپ Tak-Ab یا تکاب نیز بیشترین وزن هزاردانه (۵۰/۸۱ گرم) را به خود اختصاص داد. لازم به ذکر است که رقم دریا (SHA4/CHIL)(N-78-14) که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و وضعیت متوسطی از نظر صفات هم داشت، رقمی وارداتی از CIMMYT است که بعد از آزمایشات لازم، معرفی شده است که از نظر برتری عملکرد، تحمل بیماری‌های رایج گندم در اقلیم ساحل خزر و کیفیت نانوایی خوب، مطرح می‌باشد (۳۱).

در این ارتباط، ناروئی‌راد و همکاران (۲۰۰٦) طی گزارشی در بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های بومی گندم سیستان و بلوچستان، مقدار ضریب تغییرات عملکرد بوته را ۰/٤۲ درصد بدست آوردند (۳۲). محمدی و همکاران (۱۹۹۱) نیز با بررسی تنوع ژنتیکی در لاین‌های بومی گندم ایرانی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره، مقدار ضریب تغییرات طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و وزن صد دانه را به‌ترتیب ۱٤، ۱۳ و ٤٦ درصد بدست آوردند (۳۳). همچنین آرمینیان و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی که در گندم نان درجمعیتی متشکل از لاین‌های هاپلوئید مضاعف، والدین و برخی

ارقام ایرانی انجام دادند، مقادیری را بصورت ذیل برای برخی صفات مورفولوژیکی گزارش دادند: عملکرد دانه ۵۸۳/۵٤ گرم (۳۹۳/۷۲ گرم در تحقیق حاضر)، طول سنبله ۹/۷۳ سانتی‌متر (۱۰/۰۰ سانتی‌متر در تحقیق حاضر)، ارتفاع بوته ۸٦/٤٥ سانتی‌متر (۷۹/۳۹ در تحقیق حاضر) و تعداد گره ٤/۰٦ (٤ /۰۱ در تحقیق حاضر) (۲۹). البته صفاتی همانند، تعداد برگ، تعداد پنجه، تعداد گره و تعداد میانگره، هم تحت تأثیر ژنتیک و هم محیط هستند. بعنوان مثال گزارش شد که اعمال هورمون ABA و نیز کوددهی، منجر به افزایش تعداد برگ و پنجه در گندم شده است (۳٤،۳۵). البته در مورد این صفات و نقش و روابط آنها با هم در برآیند نهایی عملکرد دانه غلاتی همانند گندم و جو، رابطه جبرانی بین برخی از آنها برقرار است. در این رابطه بعنوان نمونه، آدامز (۱۹٦۷) با ارزیابی تعداد زیادی از گونه‌های زراعی (به نقل از (۳٦) در بحث تأثیر جبرانی صفات زراعی، گزارش نمود که بین تعداد دانه و میانگین وزن دانه رابطه منفی برقرار است (۳۷). آدامز (۱۹٦۷) در توجیه این موضوع آن را جبران جزء[2] در تشکیل عملکرد نامیده و فرض نمودند که این قضیه ناشی از کمبود مواد مغذی یا متابولیت قابل دسترس جهت نمو و توسعه ساختارهای زایشی است. در نهایت، دانه‌های باقی‌مانده تا حد مجاز با عرضه متابولیت‌های مغذی پر می‌شوند، به‌طوری که بین تعداد دانه و توده بذری رابطه جبرانی وجود دارد (۳۷). در شکل ۱ و جدول ٦ ضرایب همبستگی پیرسونی برای مهمترین صفات بررسی شده در این تحقیق، آورده شده است.



شکل ۱- ارتباط بین صفات زراعی در این تحقیق

Figure 1. The relationship between the agronomic characteristics in this research.

Yield: عملکرد دانه (گرم در متر مربع)، ThousandW: وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)، PedL : طول پدانکل، SpikeN: تعداد سنبلچه در سنبله، TillerN: تعداد پنجه در بوته، SpikeL: طول سنبله (گرم)،

PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، LeafN: تعداد برگ در بوته، NodeN: تعداد گره در ساقه اصلی، GermDAY: روز تا جوانه زدن، StemDAY: روز تا ساقه‌رفتن، TillDAY: روز تا پنجه زدن، RipDAY: روز تا رسیدگی، GermDAY: روز تا جوانه‌زنی.

Yield: grain yield (g/m^2), ThousandW: 1000-grain weight (g), PedL: peduncle length, SpikeletN: spikelet number per spike, TillerN: tiller number per plant, SpikeL: spike length (g), PH: plant height (cm), LeafN: leaf number, NodeN: node number, GermDAY: days to germination, StemDAY: days to stem, TillDAY: days to tillering, RipDAY: days to ripening, GermDAY: days to germination.

طول سنبله و تعداد دانه در سنبله نقش مهمی در عملکرد دانه در گیاه گندم دارد. شکل ۱ همبستگی میان صفات ارزیابی‌شده را نشان می‌دهد. بعنوان نمونه، عملکرد دانه همبستگی قابل توجه، مثبت و معنی‌داری

2. Component compensation

با وزن هزاردانه (۰/۹۰۷) نشـــان داد. در این رابطه، سـیدآقامیری و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی گزارش نمودنـد کـه بین عملکرد دانـه با صـــفات عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله، طول ریشک، طول بذر و طول پدانکل همبســتگی مثبت و معنی‌داری وجود داشــت (۳۸). محمدی (۲۰۰۰) نیز با بررسی رابطه عملکرد با اجزای عملکرد در تعداد ٦۰۰ ژنوتیپ بومی گندم نان ایران، گزارش نمودند که بیشترین اثرمستقیم برعملکرد دانه مربوط به صـــفت وزن صـــد دانه بود (۳۹). در مطـالعـات دیگری نیز گزارش گردیـده که در گندم دوروم، بین عملکرد دانـه از یک طرف و صـــفات زودرسی، توانائی تولید سنبلچه بیشتر در واحد سطح، طول پدانکل و تعداد سـنبلچه در سنبله، همبستگی بالا و مثبتی وجود داشت (٤۰).

جدول ٦- برآورد همبستگی‌های پیرسونی به روش معمول و بیزی در ارزیابی صفات زراعی گندم در این تحقیق

Table 5. Estimation of Pearson correlations by conventional and Bayesian methods in the evaluation of wheat agronomic traits in this research

Variable		طول سنبله SpikeL	تعداد سنبلچه SpikeletN	عملکرد Yield	وزن هزار دانه ThousndW	روز تا پنجه-دهی TillDAY	روز تا ساقه‌رفتن StemDAY	روز تا گلدهی FlowerDAY
تعداد سنبلچه SpikeletN:	Pearson's r	**0.512*** **						
	BF_{10}	**1.165E+05**						
	BF_{01}	**8.581E-06**						
عملکرد Yield:	Pearson's r	**0.392*** **	**0.344*** **					
	BF_{10}	**235.402**	38.159					
	BF_{01}	**0.004**	0.026					
وزن هزار دانه ThousndW:	Pearson's r	**0.371*** **	**0.310*** **	**0.907*** **				
	BF_{10}	**99.783**	12.399	**7.307E+32**				
	BF_{01}	**0.010**	0.081	**1.369E-33**				
روز تا پنجه‌دهی TillDAY:	Pearson's r	0.030	0.037	0.183	0.168			
	BF_{10}	0.134	0.137	1.046	0.465			
	BF_{01}	7.441	7.293	1.669	2.149			
روز تا ساقه‌رفتن StemDAY:	Pearson's r	0.095	0.081	0.167	0.119	**0.786*** **		
	BF_{10}	0.193	0.174	0.481	0.246	**8.414E+17**		
	BF_{01}	5.172	5.750	2.165	4.068	**1.188E-18**		
روز تا گلدهی FlowerDAY:	Pearson's r	-0.020	-0.039	-0.170	-0.166	**-0.920*** **	**-0.768*** **	
	BF_{10}	0.131	0.138	0.934	0.456	**7.066E+35**	**3.633E+16**	
	BF_{01}	7.618	7.250	2.086	2.193	**1.415E-36**	**2.753E-17**	
روز تا رسیدگی RipDAY:	Pearson's r	-0.029	-0.002	0.140	0.166	**0.829*** **	**0.380*** **	**-0.853*** **
	BF_{10}	0.134	0.129	0.774	0.451	**7.317E+21**	147.189	**3.500E+24**
	BF_{01}	7.469	7.755	3.173	2.217	**1.367E-22**	0.007	**2.857E-25**

BF_{01}: آماره بیز در سـطوح ۰ و ۱؛ BF_{10}: آماره بیز در سطوح ۱ و ۰؛ Pearson's r: ضریب همبستگی r که معادل ضریب همبستگی rho در روش بیزی است و مقادیر آن با ضریب همبستگی پیرسونی به روش کلاسیک یکسان بود. ؛ E: ضربدر ۱۰۰۰

به روش معمول: ns(P>0.05)، *(P<0.05) و **(P<0.01)

به روش بیز: *BF_{10} > 10, **BF_{10} > 30, ***BF_{10} > 100

بررســـی روابط بین متغیرها بر اســـاس آمار بیزی نسـبت به آمار رایج[3]، از تکنیک‌های معادل و مکملی اسـت و تاجایی که بررسـی شد، در گزارشات داخلی علوم زراعی و اصـلاحی به آن پرداخته نشده و این در حالی است که این راهکار نسبت به آمار مرسوم، اهمیت و اعتبـار بیشـــتری دارد و بـه دلیـل اهمیت بررســـی

3. Frequentist

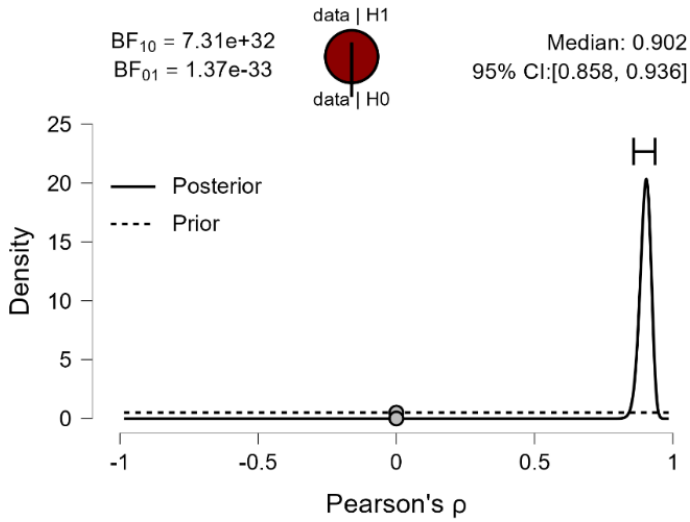
همبستگی بین صفات زراعی با این شیوه، در این تحقیق برای اولین بار، مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق صحت و اعتبارسنجی همبستگی‌های پیرسونی بین صفات، به روش بیزیان (بیزی) نیز انجام گردید که در جدول ٦ دیده می‌شود. در قسمت‌های قبلی این مقاله، بیشتر به این موضوع پرداخته شده است.

همانطور که در جدول فوق (٦) مشاهده می‌شود، بین صفات طول سنبله با تعداد سنبلچه، رابطه متعادل، بین طول سنبله با صفات عملکرد دانه و وزن هزار دانه، هردو رابطه ضعیفتر ولی معنی‌داری برقرار بود. دیگر روابط بین صفات مهم به صورت زیر بود: صفت عملکرد دانه با وزن هزاردانه (قوی و مثبت)، روز تا پنجه‌دهی با روز تا ساقه‌دهی (قوی و مثبت)، روزتاپنجه‌دهی با روز تاگلدهی (رابطه قوی و منفی)، روز تا پنجه‌دهی با روز تا رسیدگی (قوی و مثبت)، روز تا ساقه‌دهی با روزتا گلدهی (رابطه قوی و منفی)، روز تا ساقه‌دهی با روزتارسیدگی (رابطه ضعیف ولی معنی‌دار)، و روزتاگلدهی با روزتارسیدگی (رابطه قوی و منفی). این ارتباطات، با روش بیزی نیز به اثبات رسیده که بدون شک می‌توان به آن استناد نمود. در جدول فوق، معیار BF_{10} نشان می‌دهد که داده‌ها تحت فرض مقابل (H_1) بوده به این معنا که بین دو متغیر مربوطه، رابطه وجود دارد. البته باید خاطرنشان ساخت که مزیت عمده روش بیزی در این است که در این مورد، محافظه‌کارانه‌تر بوده و صرفاً روابطی را معنی‌دار نشان می‌دهد که BF_{10} آنها از ١٠ بیشتر باشد. این روش به جای آماره معنی‌داری p[4] از شاخصهای BF_{01} BF_{01} و BF_{10} استفاده می‌نماید. در شکل ٢ فاکتورهای بیزی یعنی BF_{10} و BF_{01} دیده می‌شود (شکل ٢). البته می‌توان به روش بیزی، توزیع‌های پسین و نشان‌های[5] MCMC (مونت‌کارلو) تحت فرض متقابل یا H_1 را برای صفات مورد بررسی را نیز برآورد نمود.

همانطور که در شکل ٢ دیده می‌شود، فاصله اطمینان ٩٥درصد میانه (برای همبستگی) از ٠/٨٥٨ تا ٠/٩٣٦ نوسان داشته و نشان می‌دهد که می‌توان ٩٥ درصد مطمئن بود که مقدار واقعی این پارامتر بین این دو مقدار نوسان دارد که نسبت به سیستم‌های آماری کلاسیک، ارجحیت دارد (٤١-٤٤). از مهمترین کاربردهای همبستگی بیزی (*rho*)، برآورد همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی به این روش در مقایسه با روش معمول است که این همبستگی‌ها همانطور که رایج است، بعنوان شاخص در اصلاح نباتات کاربرد دارند. در این خصوص اومر و همکاران (٢٠١٦) در ژنوتیپ‌های گیاه سورگوم، درقالب یک طرح بلوک کامل، در سال زراعی ٢٠١١-٢٠١٠، با روش بیزی، بین دو صفت عملکرد و وزن دانه، همبستگی ژنوتیپی ٠/٤٨ را برآورد نمودند. این پژوهشگران به دلیل بهره‌بردن از اطلاعات پیشین (روش معمول در تجزیه meta)، و کارایی بالاتر روش بیزی، این روش را برای برآورد همبستگی‌ها پیش‌بینی نمودند (٤٥).

4. p-value

5. Trace



شکل ۲- نمودار خروجی برای تجزیه همبستگی بیزی دو صفت مهم وزن هزاردانه و عملکرد دانه. در این نمودار، مشخص است که توزیع پسین برای همبستگی از پیک (اوج) خیلی بیشتری نسبت به توزیع پیشین برخوردار بوده که نشان‌دهنده اگاهی ما نسبت به داده‌های مشاهده شده است.

Figure 2. Fitted graph two traits, 1,000-seed weight and grain yield. In this graph, it is clear that the posterior distribution for correlation has a much higher peak than the prior distribution, which indicates our awareness of the observed data.

همانطور که گفته شد، در ارتباط بین ویژگی‌های گیاهی در گیاهان زراعی و بخصوص در شرایط مزرعه، رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد دانه وجود داشته که بعنوان مثال معمولاً بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله رابطه منفی برقرار است. در این رابطه اسلافر (۱۹۹٤)، مقایسه‌ای را بین ارقام جدید و قدیم گندم انجام و خاطرنشان نمودند که بهبود یا ارتقای عملکرد گندم در درجه نخست، ناشی ازافزایش تعداد دانه در سنبله و بهتر، بواسطه تعداد دانه در واحد سطح بوده است (٤٦). بهرحال ارتباط بین عملکرد با اجزای آن در مقالات مختلف بصورت مثبت یا منفی گزارش شده که علامت و شدت آن بستگی به عوامل زیادی، از جمله نوع رقم، عوامل محیطی همانند تنش‌های زیستی و غیرزیستی داشته و مهمتر اینکه از طریق تحلیل همبستگی نیز تقریباً می‌توان مهمترین جزء تاثیرگذار بر عملکرد را شناسایی نمود. با این شیوه، محققان پنجه بارور را بعنوان مهمترین جزء عملکرد دانه در یکی از گیاهان علوفه‌ای با نام Wheatgrass (*Pascopyrum smithii* Rydb) برشمردند (٤٧). لی و همکاران (۲۰۱۹) نیز در ارزیابی رابطه بین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ٧٦٨٦ رقم از گیاه برنج که بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۷ آزاد شده بودند، اذعان نمودند که نوع رابطه بین صفات زراعی با عملکرد، بستگی به اکوتایپ گیاه دارد (٤٨). شناسایی با اهمیت‌ترین ویژگی‌های تاثیرگذار بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهی مثل گندم و همبستگی آنها با عملکرد موجب گزینش ژنوتیپ‌های پُرمحصول بمنظور افزایش عملکرد در واحد سطح شده است (٤٩). به منظور حصول عملکرد مطلوب، می‌بایستی همه اجزای عملکرد نسبت به هم از موازنه و تعادل مطلوبی برخوردار باشند (۵۰). برخی از تحقیقات نشان داده‌اند ارقامی که از تعداد پنجه‌های بیشتری برخوردارند، تعداد سنبله در واحد سطح آنها نیز افزایش پیدا می‌کند (۵۱). بنابراین افزایش هر کدام از صفات فوق‌الذکر، منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. اما واضح است گزینش

صـفات مربوط به عملکرد بدون در نظر داشتن روابط آنها با صفات دیگر به تنهایی نمی‌تواند مؤثر واقع گردد و کارایی گزینش را کاهش می‌دهد (۵۰).

نتـایج روش‌های آماری چند متغیره در ارزیابی صفات زراعی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA): در بحث تجزیه مؤلفه‌های اصلی، مقادیر مربوط به ریشه‌ها و بردارهای مشخصه و درصد واریانس هر مؤلفه برای ۱٤ صفت بررسی شده محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

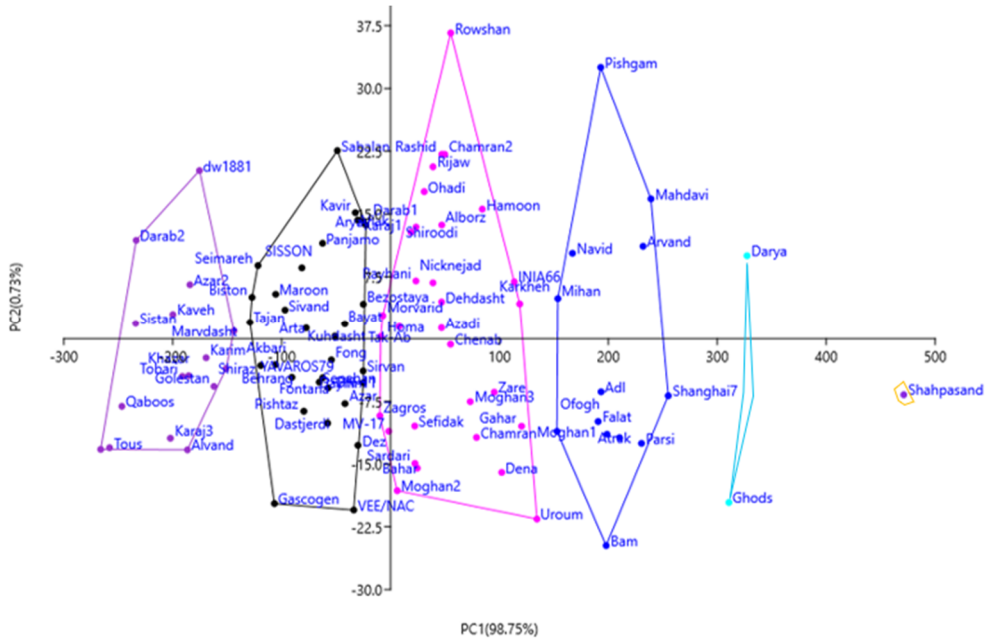
جدول ۷- مؤلفه‌های اصلی، مقادیر ویژه، درصد واریانس آنها، و بردارهای مشخصه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات زراعی گندم نان

Table 7. Principal components, eigenvalues, their variance percentages, and characteristic vectors for the agronomic traits of bread wheat

صفت Trait	PC1	PC2	PC3	PC	مقدار ویژه Eigen value	درصد واریانس Variance percent
تعداد پنجه Tiller number	0.004	0.054	0.064	1	20554.6	98.7760
تعداد برگ Leaf number	0.000	0.001	-0.007	2	152.649	0.7336
ارتفاع بوته Plant height	0.024	0.989	-0.123	3	41.1341	0.1977
تعداد گره Node number	0.000	-0.009	0.005	4	30.7862	0.1479
طول پدانکل Peduncle length	0.018	0.126	0.803	5	12.4451	0.0598
طول سنبله Spike length	0.004	0.039	0.015	6	9.21631	0.0443
تعداد سنبلچه Spikelet number	0.005	0.018	0.022	7	3.56884	0.0172
عملکرد دانه Grain yield	0.998	-0.027	-0.014	8	2.16252	0.0104
وزن هزاردانه 1000-grain weight	0.050	0.000	-0.040	…	…	…
روز تا جوانه‌زنی Days to germinate	0.000	0.010	0.053			
روز تا پنجه‌زنی Days to tillering	0.003	0.012	0.192			
روز تا ساقه رفتن Days to stem	0.005	0.033	0.394			
روز تا گلدهی Days to flowering	-0.003	-0.003	-0.253			
روز تا رسیدن Days to ripening	0.004	-0.003	0.272			

با توجه به جدول فوق، صفات موثرتر در مؤلفه اصلی اول عبارتند از عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و طول پدانکل. همچنین در مؤلفه اصلی دوم نیز صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد پنجه، طول سنبله و روز تا ساقه‌رفتن از همه مهمتر بودند که البته عملکرد از ضریب منفی برخوردار بود. در این تحقیق، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) (شکل ۳) بر ۱٤ صفت زراعی ارقام گندم صورت گرفته، بطوریکه مؤلفه‌ی اصلی اول به تنهایی ۹۸/۷۸ درصد و بعد از آن مؤلفه دوم ۰/۷۳ درصد از تغییرات واریانس را توجیه

نموده و در مجموع دو مؤلفه اصلی اول ۹۹/۵۱ درصد از تنوع صفات زراعی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را توجیه نمود. می‌توان چنین استنباط نمود که ۹۸/۷۸درصد از تنوع صفات موجود در این تحقیق ناشی از صفات اقتصادی عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و طول پدانکل بوده است. چنین نسبتی از توجیه واریانس کل، مزیت مهمی در این تحقیق به حساب می‌آید. در این رابطه، شاه‌نظر (۲۰۱۲) در پژوهشی بر روی گندم‌های بومی غرب کشور، ۷ مؤلفه را با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شناسایی کردند که در مجموع ۷۷/٦ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود و مؤلفه اول ۲۸/۷ درصد از واریانس را در برداشته و سه مؤلفه اول نیز در مجموع ۵۵/۵ درصد از واریانس کل را توجیه نمودند (۵۲). در ادامه، تجزیه تابع تشخیص نیز انجام شده و صحت نحوه پراکنش ارقام را در تجزیه مؤلفه‌های اصلی تأیید نمود (شکل نمایش داده نشده است). هرچند در تجزیه PCA، با استفاده از دو مؤلفه به تنهایی، تشخیص یا جداسازی ساده‌ای از مشاهدات (در اینجا ارقام) را می‌توان انتظار داشت. در این رابطه، کیاو (۲۰۱۹) بیان داشته‌اند که تجزیه تابع تشخیص، را می‌توان جهت افزایش تفکیک در PCA بکار برد (۵۳).



شکل ۳- ترسیم بای پلات ارقام گندم نان براساس ١٤ صفت زراعی با استفاده از دو مؤلفه اصلی اول در تجزیه PCA.

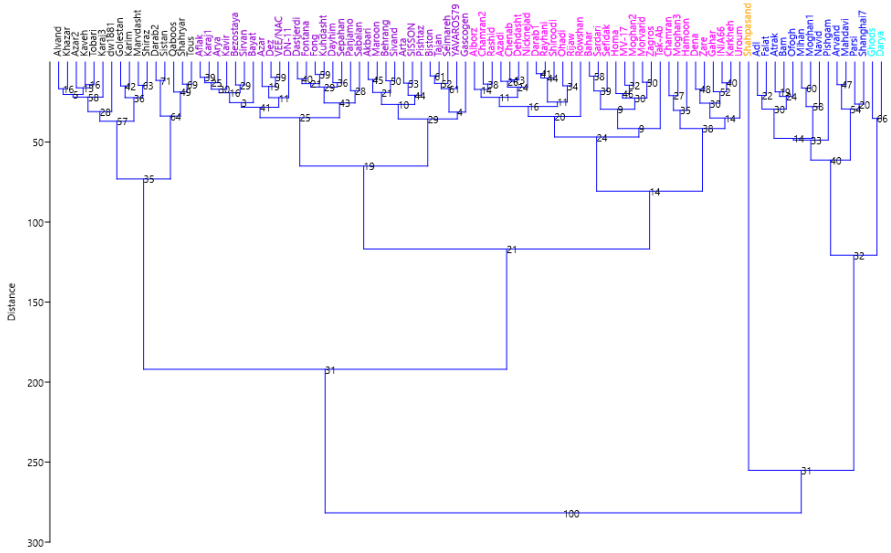
Figure 3. Biplot drawing of bread wheat cultivars based on 14 agronomic traits using the first 2 principal components in PCA.

نمودار فوق (شکل ۳) بررسی پراکنش ارقام گندم نان را براساس صفات زراعی با استفاده از دو مؤلفه‌ی اصلی اول در روش‌های PCA و تجزیه تشخیص خطی که در برگیرنده بیشترین تغییرات موجود در داده‌ها هستند را نمایش می دهد؛ که در آن ٦ گروه حاصله از هم تفکیک شده و نشانگر این است که ارقام موجود، به خوبی از هم تفکیک و متمایز شده و توزیع مناسبی دارند. همانطور که محققان دیگر (٥٤) اذعان داشته‌اند، بای‌پلات‌ها (شکل ۳) نمایانگر رفتار ارقام/ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس صفات مختلف است. البته لازم به ذکر است که بعنوان مثال، دلیل فاصله بیشتر رقم شماره ۳٦ یا گاسکوژن[6] از

6. Gascogen

گروه مربوطه یا ۵، این است که در بین ۱٤ صفت بررسی شده، در مورد صفت‌هایی همانند ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، عملکرد و وزن هزاردانه مقادیر خیلی کم تا کمترین را در بین ارقام گروه ۵ داشته و برای صفات ارتفاع بوته (۵۸/٦۰ سانتی‌متر) و طول پدانکل (۹/۵۰ سانتی‌متر)، میانگین این رقم کمترین مقدار آن در کل جمعیت است. در تحقیقات بعمل آمده به دارا بودن کمترین تعداد دانه در سنبله، فقدان ریشک و حساسیت این رقم به تنش خشکی اشاره شده است (۵۵،۵٦).

تجزیه خوشه‌ای (کلاستر): جهت بدست آوردن میزان تفاوت‌ها و شباهت‌های میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات زراعی (مورفو/فنولوژیک) در این تحقیق از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA (متوسط فاصله بین کلاستر) با ۱۰۰۰ بار اجرای مجدد (تکرار) استفاده گردید. روش UPGMA با معیار فاصله اقلیدسی بهترین نتیجه را با ضریب کوفنتیک ۰/۷۵ نشان داد (شکل ٤).



شکل ٤- گروه‌بندی ارقام های گندم نان این تحقیق برساس معیار گروه‌بندی UPGMA و با فاصله اقلیدسی

Figure 4. Grouping of bread wheat varieties based upon UPGMA clustering criteria and with Euclidean distance

همانطور که در شکل ٤ دیده می‌شود، با انجام تجزیه خوشه‌ای با درنظرگرفتن خط برش (جذر نصف تعداد ارقام) بعنوان ساده‌ترین روش تعیین تعداد کلاستر[۷] (در فاصله بین ۱۰۰ تا ۱۵۰) تعداد ٦ گروه ایجاد شده که در گروه یک فقط دو رقم دریا و قدس جای دارند. گروه سوم کمترین تعداد ارقام یا بعبارتی فقط رقم شاهپسند را دارا بود. دو گروه ۵ و ٦ تقریباً از تعداد ارقام یکسانی برخوردار بودند.

آزمون‌های چندمتغیره (PCA، کلاستر و تجزیه تشخیص) که در این تحقیق (جدول ۷؛ شکل‌های ۳ و ٤) بکار گرفته شدند (نتایج تجزیه تشخیص آورده نشده است)، نتایج هم را تایید نمودند که می‌توان نتایج چنین گروه‌بندی را در مطالعات و برنامه‌های آتی به کار گرفت. بر این اساس، گروه یک شامل ژنوتیپ‌های دریا و قدس با میانگین عملکرد ۷۱۲ گرم، و گروه‌های دیگر نیز از میانگین عملکردهای ۵۹٤، ۸٦٤، ۱۹۵، ۳۲۸ و ٤٤۲ گرم برخوردار بودند که

7. Role of thumb

گروه سوم (رقم شاه‌پسند) بیشترین عملکرد (۸٦٤ گرم در مترمربع) و وزن هزاردانه (٤۳/۲ گرم) را در بین گروه‌ها و در کل آزمایش داشته ولی رقم Tak-Ab یا تکاب نیز بیشترین وزن هزاردانه (۵۰/۸۱ گرم) را به خود اختصاص داد. رقم شاهپسند، دارای مزایا و معایبی هست از جمله، پابلندی، مناسب کشت پاییزه، دیررس و مقاوم به ریزش و ورس ولی در برابر برخی بیماری‌های گندم حساسیت داشته و ارزش نانوایی بالایی نیز نداشته و می‌توان از آن در تلاقی‌ها استفاده نمود. همچنین بدلیل پابلندی، مناسب مناطق بادخیز، بیشتر ابری، کم آب و خیلی مرطوب نیز نیست.

البته همانطور که محققان گزارش نموده‌اند، در تجزیه خوشه‌ای، می‌توان درون هر دسته یا خوشه، برای هر صفت انحراف استاندارد و ضریب تغییرات را نیز برآورد نمود (٥٤) که البته به عقیده ما این برآوردها خالی از اشکال نمی‌باشد، زیراکه تعداد مشاهدات (در اینجا ژنوتیپ‌های) درون هر دسته با دستجات دیگر عمدتاً متفاوت بوده و چون دوپارامتر مذکور به تعداد مشاهدات بستگی دارند، لذا دارای اریب خواهند بود و بهتر است در کل آزمایش این دو پارامتر برای صفات مختلف برآورد و گزارش شود. همانطور که محققان مذکور اشاره داشته‌اند درست است که تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات با بیشترین شباهت، گروه‌بندی می‌نماید ولیکن این دسته‌ها ضرورتاً دربردارنده تمامی ژنوتیپ‌های یک منطقه/موقعیت واحد جغرافیایی نبوده ولی مزیت مهم آن در گروه‌بندی ژنوتیپ‌هایی است که با هم شباهت و قرابت بیشتری داشته و با چنین روش‌های آماری چندمتغیره‌ای به راحتی دسته‌بندی می‌شوند.

بنابراین همانطور که بیان شده، متدولوژی‌های متنوعی برای ارزیابی تنوع ژنتیکی و تمایز ژنوتیپ‌ها ابداع شده (٥٤) که در زمره آنها می‌توان به ویژگی‌های ریختی (مورفولوژیکی) اشاره نمود که عمدتاً برای برآورد تنوع ژنتیکی در اغلب برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد (٥۷). در این رابطه، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌ای چندمتغیره، از رایج‌ترین ابزار در گردآوری و ارزیابی ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند (٥٤). بهرحال، از آنجایی که افزایش عملکرد دانه در غلب گیاهان زراعی، هدف غایی یک اصلاح‌گر است (٥٤)، لذا عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های وابسته به آن که عمدتاً اجزای عملکرد بودند در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته و راهکارهای بکار گرفته نیز به خوبی قادر به مقایسه و تمایز ارقام موجود در آزمایش بود که می‌توان نتایج آن را در برنامه‌های بعدی مورد استفاده قرار داد. لذا به‌نظر می‌رسد که اگر قرار باشد به‌عنوان نمونه تلاقی‌هایی بین ارقام موجود در این گروه‌ها (تلاقی بین گروهی) از نظر دوصفت عملکرد دانه و وزن هزار دانه صورت گیرد، بهتر است که این تلاقی بین گروه‌های زیر صورت گیرد: گروه‌های ۱ تا ۳ با ٤ تا ٦؛ که بهتر است ارقام هرچه دورتر را با هم تلاقی نمود تا به احتمالا زیاد شاهد بروز هرچه بیشتر تنوع در نتاج[8] حاصله شویم. چنین روندی را درمورد صفات دیگر نیز می‌توان اعمال نمود.

نتیجه‌گیری کلی

در ادامه بررسی تنوع بین ارقام گندم نان موجود در این تحقیق، که دامنه نسبتا خوبی از تنوع را در بر داشت، از روش‌های معمول و پیشرفته آماری استفاده شد و بهترین ارتباطات بین صفات مهم نیز مشخص گردید. در اکثر مطالعاتی که در داخل کشور در زمینه بررسی ارتباط عملکرد دانه و اجزای آن یا صفات وابسته به آن در غلاتی مثل گندم صورت گرفته از همبستگی ساده پیرسونی به تنهایی (در مقایسه با انواع

8. Transgressive segregation

دیگر آن) استفاده می‌شود و لذا این راهکار نیز در این تحقیق استفاده شد. در این مطالعه، صفات زراعی یا مورفو/فنولوژیک شامل عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعدادپنجه، تعدادگره، تعدادبرگ، طول پدانکل، طول سنبله، تعدادسنبلچه در سنبله و ارتفاع گیاه برای ۹٤ رقم گندم نان ارزیابی شد و نتایج نشان داد که تنوع و تفاوت قابل توجه و معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس شاخص های زراعی (مورفو/فنولوژیکی) وجود داشته که از این تنوع ژنتیکی بالقوه می‌توان جهت انتخاب والدین در تلاقی‌های آتی جهت به‌نژادی گندم استفاده نمود. بطوریکه بر اساس مقایسات میانگین عملکرد، ارقام شاهپسند، دریا، قدس، Shanghai7 و مهدوی مناسب‌ترین ارقام در نظر گرفته شدند. هرچند رقم شاهپسند، پابلند، مناسب کشت پاییزه، مقاوم در برابر ورس و ریزش بوده ولی دیررس و در مقابل خشکی و برخی بیماری‌های مهم گندم، حساس بوده و ارزش نانوایی کمی نیز دارد ولیکن می‌توان از آن در تلاقی‌ها بعنوان والد استفاده نمود. این رقم در این آزمایش از نظر اکثر صفات شامل تعداد برگ، ارتفاع بوته، تعداد گره، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، عملکرد و وزن هزار دانه از سایر ارقام برتر بود. در مجموع تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت و تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در ٦ گروه قرار داد که هر گروه خصوصیات ویژه خود را دارا بوده و از اطلاعات آن می‌توان در انتخاب والدین تلاقی‌های آتی و معرفی ارقام برای کشت در مناطق موردنظر (با درنظر گرفتن تمامی جهات) بهره‌برداری مناسب نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه ایلام جهت فراهم‌نمودن امکانات انجام این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

References

1. Aghaee Sarbarzeh, M., & Amini, A. (2012). Genetic variability for agronomy traits in bread wheat genotype collection of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal, 1*, 581-599. [In Persian]. Doi:10.22092/spij.2017.111083.
2. Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and energy security, 4*, 178-202. Doi:10.1002/fes3.64.
3. FAO (2021). FAOSTAT. http://faostat.fao.org/site.
4. Van de Wouw, M., van Hintum, T., Kik, C., van Treuren, R., & Visser, B. (2010). Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta analysis. *Theoretical and Applied Genetics, 120*, 1241-1252. Doi:10.1007/s00122-009-1252-6.
5. Rosielle, A. A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science,* 21, 943-946. Doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x.
6. Yap, T. C., & Harvey, B. L. (1972). Inheritance of Yield Components and Morpho-physiological Traits in Barley, *Hordeum vulgare* L. *Crop Science, 12*, 283-286. Doi:10.2135/cropsci1972.0011183X001200030008x.
7. Morrison, D. F. (1990). Multivariate Statistical Methods (McGraw-Hill, Inc.).
8. Krichen, L., Audergon, J. M., & Trifi-Farah, N. (2012). Relative efficiency of morphological characters and molecular markers in the establishment of an apricot core collection. *Hereditas, 149*, 163-172. Doi:10.1111/j.1601-5223.2012.02245.x.
9. Han, J., & Ng'ombe, J. N. (2023). The relation between wheat, soybean, and hemp acreage: a Bayesian time series analysis. *Agricultural and Food Economics, 11*. Doi:10.1186/s40100-023-00242-1.

10. Wasson, A. P., Chiu, G. S., Zwart, A. B., & Binns, T. R. (2017). Differentiating wheat genotypes by Bayesian hierarchical nonlinear mixed modeling of wheat root density. *Frontiers in Plant Science, 8*, 282. Doi:10.3389/fpls.2017.00282.
11. Kihupi, A., & Doto, A. (1989). Genotypic and environmental variability in selected rice characters. *Oryza, 26*, 129-134.
12. Shahinnia, F. (2000). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics and glutenin pattern with high molecular weight in breeding lines, agronomic and local varieties of bread wheat by the multivariate analysis. M.Sc. (Isfahan University of Technology, Isfahan). [In Persian]
13. Abbas, K., Hussain, Z., Hussain, M., Rahim, F., Ashraf, N., Khan, Q., Raza, G., Ali, A., Khan, D. M., & Khalil, U. (2021). Statistical modeling for analyzing grain yield of durum wheat under rainfed conditions in Azad Jammu Kashmir, Pakistan. *Brazilian Journal of Biology, 82*, e240199.
14. Hadidi, M., Ghobadi, M., Saeidi, M., & Ghobadi, M. E. (2023). Grain yield, its components and some physiologic characteristics of flag leaf in commercial wheat cultivars in response to post-anthesis drought stress. *Cereal Biotechnology and Biochemistry, 2*, 153-169. 10.22126/cbb.2023.9328.1050.
15. Zeng, M., Morris, C. F., Batey, I. L., & Wrigley, C. W. (1997). Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chemistry, 74*, 63-71.
16. Golabadi, M. (2000). Lines of agronomic characteristics and grain quality of durum wheat in the area of domestic and foreign. MSc. (Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. [In Persian]).
17. Golparvar, A. R., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., & Ahmadi, A. (2002). Evaluation of some morphological traits as selection criteria for improvement of bread wheat. *Iranian Journal of Crop Science, 4*, 202-207.
18. Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research, 14*, 415-421.
19. Sharma, R. (2024). Wheat field trial data collection manual. In https://www.cimmyt.org/content/uploads/2022/09/FDM_Final-2.pdf.
20. Montesinos López, O. A., Montesinos López, A., & Crossa, J. (2022). Bayesian genomic linear regression. In Multivariate Statistical Machine Learning Methods for Genomic Prediction, (Springer), pp. 171-208.
21. Akbarzadeh, N., & Hashemi, S. R. (2019). Model selection, estimation of parameters, and selection of variables in Bayes' regression with high dimensions. Held in Kermanshah, Iran. https://civilica.com/doc/1171047/.
22. Taboga, M. (2021). Bayesian linear regression", Lectures on probability theory and mathematical statistics. Kindle Direct Publishing. Online appendix. https://www.statlect.com/fundamentals-of-statistics/Bayesian-regression.
23. Lee, M. D., & Wagenmakers, E.-J. (2014). Bayesian Cognitive Modeling: A practical Course (Cambridge university press).
24. Arminian, A., & Houshmand, S. (2012). Additive Main and Multiplicative Interaction Effect in stability analysis of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. *Journal of Crop Breeding, 4*, 1-13. (In Persian)
25. Khoramifard, T., Mehrabi, A., Arminian, A., & Fazeli, A. (2017). Genetic diversity structure of Aegilops crassa accessions revealed by genomic ISSR markers. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 25*, 111-122.
26. Mohammadi, S., Mehrabi, A. A., Arminian, A., & Fazeli, A. (2014). Genetic diversity structure of Aegilops cylindrica accessions revealed by genomic ISSR markers. *Plant Genetic Researches, 1*, 13-26.
27. Arminian, A., Houshmand, S., Knox, R. E., & Shiran, B. (2008). Stomatal Characteristics; Heritability and Their Relationship to Grain Yield in a Double Haploid Bread Wheat Population. held in Appels (Sydney: Sydney University Press), pp. 638–640.

28. Kamel, E. A., Arminian, A., & Houshmand, S. (2009). Karyomorphological and Morphometric Studies of Ploidy Levels in Some Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes: Karyomorphological Studies of Wheat. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research, 52*, 200-207.
29. Arminian, A., Houshmand, S., & Shiran, B. (2013). Investigating genetic diversity and classification of diverse wheat genotypes using multivariate analysis methods. *Electronic Journal of Crop Production (EJCP), 5*, 105-120. [In Persian].
30. Najafi, S., Mohammadi, R., Shooshtari, L., Etminan, A., & Mehrabi, A. M. (2022). Evaluation of Morpho-Physiological Diversity of Durum Wheat Genotypes using Genotype x Trait Biplot Method. *Journal of Crop Breeding, 14*, 211-226.
31. Kalateh, M., Jaafarbai, J. A., Ghasemi, M., Khavarinejad, S., Vahabzadeh, M., Nazari, K., Abroudi, A. M., Abedi Parikhan, M., Saidi, A., Heydari, A., et al. (2008). Dayra, a new bread wheat cultivar for warm humid climate of Khazar, Iran. *Seed and Plant, 24*, 771-773. Doi:10.22092/spij.2017.110824.
32. Naroirad, M. R., Farzanjo, M., Fanaei, H. R., Arjamandi Nezhad, A. R., Ghasemi, A., Polshekan, -., & Pahlavani, M. (2006). Investigation of genetic diversity and factor analysis for morphological traits of indigenous wheat populations of Sistan and Baluchestan. *Pazhouhesh and Sazandegi (Research and Development) in Agriculture and Horticulture, 73*, 51-57.
33. Mohammadi, M., Qanadha, M. R., & Talei, A. R. (1991). Study of the genetic variation within iranian local bread wheat lines using multivariate techniques. *Nahal and Bazer, 18*, 328-347.
34. Hall, H. K., & McWha, J. A. (1981). Effects of abscisic acid on growth of wheat (*Triticum aestivum* L). *Annals of Botany, 47*, 427-433.
35. Cui, J., Nishide, N., Mashiguchi, K., Kuroha, K., Miya, M., Sugimoto, K., Itoh, J.-I., Yamaguchi, S., & Izawa, T. (2023). Fertilization controls tiller numbers via transcriptional regulation of a MAX1-like gene in rice cultivation. *Nature Communications, 14*, 3191.
36. Sinclair, T. R. (2021). "Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to field bean, Phaseolus vulgaris" by M. Adams, W., Crop Science (1967) 7, 505–510. *Crop Science, 61*, 863-865.
37. Adams, M. W. (1967). Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. *Crop Science, 7*, 505-510.
38. SeyedAghamiri, S. M. M., Mostafavi, K., & Mohammadi, A. (2012). Investigating relationships between grain yield and its components in new barley cultivars and hybrids using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Field Crops Research, 10*, 421-427.
39. Mohammadi, M. (2000). Research on relationship between yield and yield components of 600 Iranian local wheat by use of multivariate statistical methods. M.Sc. Agriculture Faculty. University of Tehran. [In Persian].
40. Nachit, M. M., & Ketata, H. (1991). Selection of morpho-physiological traits for multiple abiotic stresses resistance in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40.
41. Berger, J. O., & Wolpert, R. L. (1988). The likelihood principle. Institute of mathematical Statistics, Hayward, California.
42. Morey, R. D., Hoekstra, R., Rouder, J. N., Lee, M. D., & Wagenmakers, E.-J. (2016). The fallacy of placing confidence in confidence intervals. *Psychonomic bulletin & review, 23*, 103-123.
43. Morey, R. D., Hoekstra, R., Rouder, J. N., & Wagenmakers, E.-J. (2016). Continued misinterpretation of confidence intervals: Response to Miller and Ulrich. *Psychonomic Bulletin & Review, 23*, 131-140.
44. Lehmann, E. L. (1997). Testing Statistical Hypotheses: The Story of a Book. *Statistical Science, 12*, 48-52.

45. Omer, S. O., Abdalla, A. W. H., Mohammed, M. H., & Singh, M. (2016). Bayesian estimation of genotypic and phenotypic correlations from crop variety trials. *Crop Breeding and Applied Biotechnology, 16*, 14-21.
46. Slafer, G. A. (1994). Genetic Improvement of Field Crops (CRC Press).
47. Chen, Z., Niu, J., Cao, X., Jiang, W., Cui, J., Wang, Q., & Zhang, Q. (2019). Seed yield can be explained by altered yield components in field-grown western wheatgrass (*Pascopyrum smithii* Rydb.). *Scientific Reports, 9*, 17976.
48. Li, R., Li, M., Ashraf, U., Liu, S., & Zhang, J. (2019). Exploring the relationships between yield and yield-related traits for rice varieties released in China from 1978 to 2017. *Frontiers in Plant Science, 10*, 430305.
49. Rahnama, A., Bakhshandeh, A., & Noormohammadi, M. (2000). Study of tiller variation, seed yield and yield hcomponents of wheat as affected by different plant densities under south Khoozestan climatic condition. *Iranian Journal of Agricultural Sciences, 2*, 12-24.
50. Talebifar, M., Taghizadeh, R., & KamaliKivi, S. A. (2016). Determining the relationships between grain yield and yield components in wheat cultivars under the conditions of water cut stress in growth stages through causality analysis. *Agricultural Applied Research (Research and Development), 108*, 107-113.
51. Ghobadi, M., Kashani, A., Mamghani, S. A., & Egbal-Ghobadi, M. (2007). Studying tillering trend and its relationship with grain yield in wheat under different plant densities. *Journal of Agricultural Sciences, 3*, 23-36.
52. Shahnazar, P. (2012). Investigating the morphological-genetic diversity of bread wheat and durum native cultivars of Iran using genomic microsatellite markers. M.Sc. Faculty of Agriculture, Ilam University. [In Persian].
53. Qiao, H. (2019). Discriminative principal component analysis: A reverse thinking. *arXiv preprint arXiv:1903.04963*.
54. Ali, N., Hussain, I., Ali, S., Khan, N. U., & Hussain, I. (2021). Multivariate analysis for various quantitative traits in wheat advanced lines. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*, 347-352.
55. Babai, A. A., Kashkuli, H. A., & Khodadadi Dehkordi, D. (2023). Evaluation of yield and yield components of different bread wheat cultivars under drought stress conditions in Sanandaj region. *Quarterly Journal in Water Engineering, 10*, 149-165.
56. Hosein Panahi, F., Kafi, M., Parsa, M., Nasirimahalati, M., & Banayan, M. (2013). Evaluation of yield and yield components of drought-resistant and sensitive wheat cultivars under moisture stress conditions using Penman-Monteith FAO model. *Environmental Stresses in Crop Sciences Journal, 4*, 47-63.
57. Phougat, D., Panwar, I. S., Saharan, R. P., Singh, V., & Godara, A. (2017). Genetic diversity and association studies for yield attributing traits in bread wheat [*Triticum aestivum* (L.) em. Thell]. *Research on Crops, 18*, 139-144.