Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 3, 2025, P. 507-518

Genetic variation for yield and some morphological traits in common millet genotypes in Birjand climatic condition

Ali Azarinasrabad [*a], Ardalan Mehrani [b], Reza Ataei [b], Asadollah Nakhei [c]

[a] Horticulture and crops Research Department, south khorassan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Birjand, Iran
[b] Seed and Plant Improvement Institute, , AREEO, Karaj, Iran
[c] Expert of agronomical research, Horticulture and crops Research Department, south khorassan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Birjand, Iran

[*]Corresponding Author: Azari_ali2003@yahoo.com

Received: 24 May 2025 Accepted: 11 July 2025 **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.523008.1488**

How to cite this article:
Azarinasrabad, A., Mehrani, A., Ataei, R. and Nakhei, A., 2025. Genetic variation for yield and some morphological traits in common millet genotypes in Birjand climatic condition. *Crop Science Research in Arid Regions, 7*(3), 507-518.
https://doi.org/10.22034/csrar.2025.523008.1488

Abstract

Introduction: Millet species are among the earliest plants to be domesticated and have historically served as staple foods in Central and Western Asia (particularly in China, India, and Russia), Europe, and parts of Africa. Millets belong to the tribe *Paniceae* within the grass family (*Poaceae*). Finger millet (*Eleusine coracana* L.) is one of the economically important species. This species belongs to the tribe *Chlorideae* and is cultivated mainly in parts of India and Africa, where it is used both as grain and fodder. Compared to other millet species, finger millet requires moderate climatic conditions and adequate rainfall. The tribe *Paniceae*, on the other hand, is considered one of the largest tribes in the *Poaceae* family, comprising 71 genera and approximately 1400 species distributed mainly in tropical and temperate regions. *Panicum* is one of the largest genera, including about 400 species that are mostly distributed in subtropical and temperate zones. Most recent studies have focused on understanding the correlations between grain yield and its contributing components to determine which traits should be prioritized when selecting superior cultivars. Therefore, this study was conducted in Birjand to develop a preliminary strategy for identifying high-performing cultivars.
Materials and Methods: In this experiment, various morphological, phenological, and quantitative traits were measured, including plant height, stem diameter, number of leaves, number of tillers, number of fertile tillers, 1000-seed weight, leaf-to-stem ratio, fresh and dry weight of stems and leaves, fresh and dry forage yield, grain yield, reaction to rust disease, and days to flowering. To assess resistance to rust disease, a scale from 1 to 5 was used, where 1 indicated susceptibility and 5 indicated high tolerance to the disease. For determining grain yield, panicles from the two middle rows were harvested after removing 0.5 meters from each end of the plot at physiological maturity. After threshing and cleaning, the grain yield was calculated. After collecting the data, statistical analysis was performed using the MSTAT-C software. To compare the means, Duncan's multiple range test was employed at the 5% probability level. Simple correlation coefficients between traits were

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

calculated based on the results of the first and second years using SPSS software. Environmental and genetic variance components were also estimated based on the expected mean squares. Principal component analysis was conducted using SPSS software to reduce data dimensionality and interpret the existing variation among genotypes.

Results and Discussion: The results of the combined analysis of variance over three experimental years showed that all studied cultivars significantly differed ($p \leq 0.01$) for all measured traits, indicating substantial genetic variability among them. The genotype × year interaction was statistically significant ($p \leq 0.01$) for grain yield and dry forage yield, and significant at the 5% level for fresh forage yield, while no significant interaction was observed for other traits. Mean comparisons using Duncan's multiple range test revealed that cultivars KCM19, KCM6, KCM5, and KCM1 produced the highest number of tillers, whereas KCM8 had the lowest. In terms of fertile tiller count, KCM2 and KCM5 had the highest, while KCM14 had the lowest. Regarding leaf number, KCM1, KCM5, and KCM6 had the highest values, while KCM8 and KCM20 had the lowest. For plant height, KCM3, KCM6, and KCM10 showed the maximum heights with averages of 87.4, 87.2, and 88.9 cm respectively, while KCM12 had the minimum height at 61.9 cm. In terms of stem diameter, KCM2 had the maximum value (4.5 mm), while KCM1 had the smallest (3.2 mm).

Conclusion: Combined ANOVA of morphological and quantitative traits indicated significant differences among cultivars in terms of yield performance. Among the tested cultivars, KCM1, KCM8, KCM14, KCM18 were identified as the most promising. Correlation analysis between grain yield and other traits showed that dry forage yield ($r = 0.59^{**}$), number of leaves ($r = 0.32^{*}$), plant height ($r = 0.65^{**}$), panicle length ($r = 0.51^{**}$), and number of tillers ($r = 0.34^{**}$) had positive and significant correlations with grain yield. Genetic variation coefficients were higher for fresh and dry forage yield and leaf number compared to other traits, indicating considerable diversity among the studied lines. Given the genetic diversity among genotypes, principal component analysis (PCA) was carried out to determine the role and contribution of each trait. PCA explained the existing variability through five main components. Based on the eigenvalues and eigenvectors within each component, these findings can be effectively utilized in breeding programs to exploit trait relationships and improve selection efficiency.

Keywords: Correlation, Geneticall variance, Grain yield, Principal component analysis

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، ص ۵۱۸-۵۰۷

مقاله پژوهشی

ارزیابی تنوع و مقایسه عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های ارزن معمولی در شرایط آب‌وهوایی بیرجند

علی آذری نصرآباد*[۱]، اردلان مهرانی[۲]، رضا عطایی[۲]، اسدالله نخعی[۳]

۱- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

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

۳-کارشناس بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

* مسئول مکاتبه: Azari_ali2003@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۰ **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.523008.1488**

چکیده

به‌منظور مقایسه و ارزیابی عملکرد دانه، کاه و صفات مورفولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) و همبستگی این صفات با عملکرد دانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت سه سال در منطقه بیرجند اجرا شد. صفات مورفولوژیک و عملکردی مورد مطالعه شامل ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ، تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، وزن هزار دانه، نسبت برگ به ساقه، وزن تر و خشک ساقه و برگ، عکس‌العمل به ورس و تعداد روز تا گل‌دهی، عملکرد علوفه خشک، عملکرد علوفه تر و عملکرد دانه بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که از میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، چهار ژنوتیپ KCM1، KCM8، KCM14 و KCM18 به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب و پایدار جهت کاشت در منطقه بیرجند توصیه شدند. همچنین در بررسی همبستگی عملکرد دانه با صفات مورد مطالعه مشخص شد که عملکرد علوفه خشک (r=۰/۵۹**)، تعداد برگ (r=۰/۳۲*)، ارتفاع گیاه (r=۰/۶۵**)، طول پانیکول (r=۰/۵۱**) و تعداد پنجه (r=۰/۳۴**) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. ضریب تنوع ژنتیکی برای عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک و تعداد برگ بالاتر از سایر صفات مورد بررسی بود که حاکی از تنوع زیاد بین لاین‌های مورد مطالعه از این نظر بود. با توجه به تنوع بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، به‌منظور تعیین نقش و مقدار تأثیر هر یک از صفات مورد بررسی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعداد پنج مؤلفه تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را توجیه کردند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، عملکرد دانه، واریانس ژنتیکی، همبستگی

مقدمه

تأمین امنیت غذایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل رشد سریع جمعیت و تغییرات شدید آب‌وهوایی همواره یکی از چالش‌های بزرگ بخش کشاورزی است (Lobell *et al.*, 2008). پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به بیش از ۹ میلیارد نفر (٪۳۴ بیشتر از حال حاضر) برسد. همچنین بیشتر این افزایش جمعیت در کشورهای درحال‌توسعه رخ خواهد داد و ۷۰ درصد از جمعیت سال ۲۰۵۰ (٪۲۱ بیشتر از حال حاضر) شهرنشین خواهد بود (Wise, 2013). لذا به‌منظور تأمین امنیت غذایی چنین جمعیتی نیاز به ارقام اصلاح‌شده‌ای است که بتوانند عملکرد بالا و پایداری را در محیط‌های مختلف تولید کنند. از طرفی، تنش‌های غیرزنده بخصوص تنش خشکی به یک معضل جهانی تبدیل‌شده‌اند (Liu *et al.*, 2011). پایگاه‌های هواشناسی و تغییرات مدل‌های شبیه‌سازی‌شده، همگی نشان‌دهنده افزایش شدت و فراوانی خشکی در مقیاس جهانی هستند (Zhao and Dai, 2015)، لذا در چنین شرایطی کشت گیاهان زراعی متحمل به خشکی، گرما و شرایط تنش‌زا (مانند سورگوم و ارزن‌ها) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

ارزن‌ها، ازجمله اولین گیاهانی محسوب می‌شوند که اهلی شده‌اند و به‌عنوان یک غذای اصلی در آسیای مرکزی و غربی (خصوصاً در چین، هند و روسیه)، اروپا و بعضی از قسمت‌های آفریقا مطرح بوده‌اند (Wietgrefe, 1990). ارزن‌ها از نظر تیپ، در قبیله‌ای از خانواده گندمیان تعلق دارند. ارزن انگشتی

(*Elusine Coracana* L.) از گونه‌هایی است که ارزش اقتصادی دارد. این‌گونه به قبیله *Choloridae* تعلق دارد و در مناطقی از هند و آفریقا کشت می‌شود و در این مناطق به‌صورت دانه و علوفه مورد مصرف قرار می‌گیرد و در مقایسه با سایر ارزن‌ها به آب‌وهوای معتدل و بارندگی مطلوب نیاز دارد (Baltensperger, 2001).

در پژوهشی، بررسی روابط بین صفات مورفولوژیک نشان داد که عملکرد علوفه ارزن، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد پنجه، تعداد روز تا گلدهی و قطر ساقه داشت؛ در حالی‌که ارقام با طول پانیکول بیشتر از عملکرد دانه پایین‌تری برخوردار بودند. همچنین در این پژوهش، تجزیه مسیر (علیت) نشان داد که عملکرد علوفه خشک تا حد زیادی با صفات تعداد پنجه و تعداد روز تا گلدهی به‌صورت همسو و در یک جهت تغییر می‌کنند (Dezfouli and Mehrani, 2010). نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داد که صفات تعداد پنجه در بوته، تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع بوته ارتباط تنگاتنگی با عملکرد علوفه دارند (Kumar *et al.*, 2017; Shinde *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2010). بنابراین توجه به این صفات در فرآیند انتخاب برای افزایش عملکرد علوفه از اهمیت زیادی برخوردار است.

در پژوهشی به‌منظور بررسی هتروزیس در ارقام ارزن مرواریدی، ۱۵۰ هیبرید به همراه والدین در سال ۲۰۰۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که هتروزیس قابل‌ملاحظه‌ای برای تمامی صفات مورد ارزیابی (تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، طول پانیکول، وزن صد دانه و عملکرد تک بوته) وجود داشت. دامنه تغییرات هتروزیس برای صفت عملکرد دانه نسبت به رقم استاندارد بین ۶۵/۵۱ تا ۴۸/۹۹ بود (Vetriventhan *et al.*, 2008).

بررسی جمعیت‌های بومی ارزن مرواریدی در شش منطقه در غرب آفریقا با استفاده از طرح آمیزشی لاین× تستر نشان داد که عملکرد دانه دارای هتروزیس متوسط نسبت به والدین بود و میانگین عملکرد دانه در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری از خود نشان ندادند. علاوه بر این همبستگی بین عملکرد هیبریدها و ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و در حدود ۰/۵۶ بود (Pucher *et al.*, 2016).

در تحقیقی، همبستگی صفات مختلف شامل تعداد سنبلچه در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت و همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه مشاهده شد (Kumar *et al.*, 2022). در تحقیق دیگری، ۴۰ ژنوتیپ ارزن تحت شرایط تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند و همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. در شرایط تنش خشکی، طول سنبله و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند، این مطالعه نشان داد که در شرایط تنش، صفاتی مانند وزن هزار دانه و طول سنبله باید موردتوجه قرار گیرد (Reddy *et al.*, 2023). در تحقیقی که در شرایط کشاورزی ارگانیک صورت گرفت، روابط بین صفات مختلف زراعی مورد بررسی قرار گرفت و اعلام شد، تعداد سنبلچه در بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند (Deshmukh *et al.*, 2024).

در تحقیقی ۲۰۰ ژرم‌پلاسم ارزن از مناطق مختلف جغرافیایی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای از نظر تنوع مورد ارزیابی قرار گرفتند، تنوع قابل‌توجهی در صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مشاهده شد و ژنوتیپ‌های منطقه شمال چین بیش‌ترین تنوع را نشان دادند (Zhang *et al.*, 2016).

۶۰ ژنوتیپ ارزن از مناطق مختلف هند با استفاده از صفات فنوتیپی و نشانگرها مورد مقایسه قرار گرفتند. صفات فنوتیپی بیش‌ترین تنوع را در وزن هزار دانه، طول سنبله و تعداد سنبلچه نشان دادند، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به ۵ گروه تقسیم کرد (Kumar *et al.*, 2017). در تحقیقی تنوع ۱۵۰ رقم محلی ارزن در چین با استفاده از ضریب تنوع فنوتیپی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مورد ارزیابی قرار گرفت، بیش‌ترین تنوع در طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مشاهده و ژنوتیپ‌های پر محصول با صفات مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی شناسایی شدند (Li *et al.*, 2020).

اغلب تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر جهت دستیابی به اطلاعات کافی در زمینه همبستگی عملکرد دانه ارزن با اجزای عملکرد بوده است تا نهایتاً مشخص شود که برای انتخاب یک رقم مطلوب باید به کدام یک از صفات بیشتر توجه شود؛ بنابراین در همین راستا و برای دستیابی به استراتژی اولیه در انتخاب رقم یا ژنوتیپ‌های برتر ارزن، تحقیق حاضر در بیرجند به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سه سال (۱۳۹۳-۱۳۹۱) در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. محل آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق خشک است. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه ۱۷۶ میلی‌متر، حداکثر دمای آن ۳۹/۱، حداقل دما ۱۷- و متوسط دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس نتایج تجزیه خاک، منطقه موردنظر دارای بافت لوم رسی شنی، هدایت الکتریکی ۲/۷۴ میلی موس بر سانتی‌متر و اسیدیته ۸/۳۸ بود. این طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل ۲۰ ژنوتیپ ارزن دانه‌ای معمولی بودند که موردمطالعه قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها با همکاری بانک ملی ژن گیاهی متعاقب بررسی‌ها و مقایسه‌ها مقدماتی در توده‌های مختلف ارزن معمولی به‌دست آمد. در این آزمایش هر کرت شامل شش خط کاشت به طول چهار متر و با فاصله ردیف نیم متر بود که دو ردیف کناری در دو طرف هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها نیم متر و بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین بر اساس نتایج آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات‌آمونیوم قبل از کاشت داخل زمین پخش گردید. میزان بذر مصرفی برای کاشت ۱۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم بوته در واحد سطح ۳۵ بوته در نظر گرفته شد. کاشت بذور در هر سه سال در اواخر خردادماه به روش خشکه‌کاری و با دست انجام گردید. قبل از کاشت، بذور به‌وسیله قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به میزان ۲ در هزار ضدعفونی گردید. آبیاری مزرعه به‌صورت نشتی و با دور آبیاری هفت روز انجام گردید. دو سوم از کل کود ازته از منبع اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (هر یک ماه) به‌طور یکنواخت در فاصله ردیف‌های کاشت پخش شد.

در این آزمایش صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور در زمان گلدهی در پنج بوته تصادفی از دو ردیف میانی هر کرت پس از حذف نیم متر ابتدا و انتهایی اندازه‌گیری شدند، صفات فنولوژیکی از جمله تعداد روز تا گلدهی و همچنین صفات وزن هزار دانه، نسبت برگ به ساقه، وزن تر و خشک ساقه و برگ، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه و عکس‌العمل به ورس نیز اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر و خشک، از خشک‌کن (آون) با دمای ۷۰ درجه و ترازوی با دقت ۰/۱ استفاده شد. در مورد صفت عکس‌العمل به ورس از نمره‌های یک تا پنج استفاده شد که نمره یک نشان‌دهنده حساسیت و نمره پنج نشان‌دهنده تحمل بالای ژنوتیپ به ورس است. جهت تعیین عملکرد دانه پانیکول‌های دو ردیف میانی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن برگ‌های پایینی بوته) پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت برداشت و پس از جداکردن دانه از پانیکول و بوجاری، عملکرد دانه تعیین گردید. نسبت برگ به ساقه نیز به‌طور همزمان با عملکرد دانه، در پنج بوته تصادفی اندازه‌گیری و ثبت گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام پذیرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید. ضرایب همبستگی ساده بین صفات بر اساس نتایج سه سال با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید. اجزای واریانس محیطی و ژنتیکی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات با استفاده از فرمول های زیر برآورد گردید. در این فرمول ها، V_G واریانس ژنتیکی، V_P واریانس فنوتیپی، MSe میانگین مربعات خطای آزمایش یا واریانس محیطی، MSg میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها (تیمار)، PCV ضریب تغییرات فنوتیپی و GCV ضریب تغییرات ژنوتیپی و r تعداد تکرار می‌باشند.

$$V_E = MSe \quad V_G = (MSg - MSe)/r \quad V_P = V_G + V_E \qquad (۱)$$

$$PCV = \frac{\sqrt{VP}}{\bar{X}} \qquad GCV = \frac{\sqrt{VG}}{\bar{X}} \qquad (۲)$$

برآورد وارثت پذیری صفات نیز از طریق فرمول زیر انجام شد. در این فرمول $\sigma^2 g$ برآوردی از واریانس ژنتیکی و $\sigma^2 e$ برآورد واریانس خطا در جدول تجزیه واریانس و h^2 وراثت‌پذیری عمومی صفت است.

$$h^2 = \frac{\sigma^2 g}{\sigma^2 g + \sigma^2 e} \qquad (۳)$$

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور کاهش حجم داده‌ها و تفسیر تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در سه سال آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌دار نشان دادند که نشان‌دهنده تنوع ژنوتیپ‌ها از نظر صفات موردمطالعه است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) برای صفات موردمطالعه ارزن معمولی در بیرجند

Table 1- Combined analysis of variance for different traits of Common millet in Birjand (M.S)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد کل پنجه Totall tiller number	تعداد پنجه بارور Fertile tiller number	تعداد برگ Leaf number	طول پانیکول Panicle length	ارتفاع گیاه Plant height	وزن هزار دانه 1000-Kernel weight	عملکرد علوفه تر Wet forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد دانه Grain yield	ورس Lodging	روز تا گلدهی Day to flowering
سال Year	2	19.5 ^{ns}	0.004 ^{ns}	12.8 ^{ns}	2.7^{ns}	8015	21.02^{ns}	1823 **	202.3 **	148 *	3.8^{ns}	47^{ns}
اشتباه (الف) Error (a)	6	27.7	0.2	63.4	15.9	581	0.69	15.3	1.2	0.08	0.47	11.4
ژنوتیپ Genotype	19	21.6 **	2.4 **	22.3 **	87.9 **	460.8 **	1.3**	68.5 **	5.9**	0.97 **	0.21 **	141.9 **
ژنوتیپ× سال Genotype*Year	38	6.1 ^{ns}	0.02 ^{ns}	8.8 ^{ns}	1.6 ^{ns}	85.2 ^{ns}	0.16 ^{ns}	131.4 *	1.9 **	0.7 **	0.12^{ns}	3.9^{ns}
اشتباه (ب) Error (b)	114	5.9	0.145	7.9	9.2	63.3	0.14	8.5	0.81	0.3	0.119	5.5
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		27.2	6.2	34	14.2	10.2	6.8	20.4	17.2	19.3	8.4	5.3

ns، *، ** به ترتیب به مفهوم غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

ns, *, and ** indicate non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

اثر متقابل ژنوتیپ × سال نیز در صفات عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد و در صفت عملکرد علوفه تر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و در سایر صفات تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات موردنظر در ژنوتیپ‌های موردمطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۲ و میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ و سال از نظر عملکرد علوفه و دانه در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس از نظر تعداد کل پنجه ژنوتیپ‌های KCM19، KCM6، KCM5 و KCM1 به‌طور مشترک با میانگین تعداد ۱۱ پنجه بیش‌ترین میزان و ژنوتیپ KCM8 با میانگین تعداد ۵ پنجه کم‌ترین میزان پنجه‌دهی را دارا بود. از نظر تعداد پنجه بارور ژنوتیپ KCM2 و KCM5 میانگین ۷ بیش‌ترین تعداد و ژنوتیپ KCM14 با میانگین ۵ کم‌ترین میزان را به خود اختصاص داد. از نظر تعداد برگ ژنوتیپ‌های KCM1، KCM5 و KCM6 با میانگین تعداد ۱۱ برگ بیش‌ترین میزان و ژنوتیپ‌های KCM8 و KCM20 با میانگین ۵ برگ کم‌ترین میزان برگ را دارا بودند. از نظر ارتفاع گیاه ژنوتیپ‌های KCM6 و KCM10 با میانگین‌های به ترتیب ۸۷/۲ و ۸۸/۹ سانتی‌متر بیش‌ترین و ژنوتیپ KCM12 با میانگین ۶۱/۹ سانتی‌متر کم‌ترین میزان را به خود اختصاص دادند. از نظر قطر ساقه ژنوتیپ KCM2 با میانگین ۴/۵ میلی‌متر بیش‌ترین میزان و ژنوتیپ KCM1 با میانگین ۳/۲ میلی‌متر کم‌ترین را در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشتند.

از نظر وزن هزار دانه ژنوتیپ KCM1 با میانگین ۶/۱ گرم بیش‌ترین و ژنوتیپ KCM2 با میانگین ۴/۹ گرم کم‌ترین وزن هزار دانه را دارا بودند.

بخشی از تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر وزن هزار دانه می‌تواند به تفاوت در زمان رسیدن آن‌ها باشد به‌گونه‌ای که در ژنوتیپ‌های دیررس‌تر فرصت بیشتری برای تجمع ماده خشک فراهم شده و در نتیجه وزن هزار دانه در آن‌ها بالاتر شده است. از نظر عملکرد علوفه تر ژنوتیپ‌های KCM1 و KCM18 به ترتیب با میانگین ۱۴/۹ و ۱۴/۳ تن در هکتار بالاترین و ژنوتیپ‌های KCM11 و KCM13 کم‌ترین میزان را دارا بودند. از نظر عملکرد علوفه خشک، ژنوتیپ‌های KCM8 و KCM18 با میانگین ۴ تن در

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی در شرایط آب و هوایی بیرجند

Table 2- Mean comparison of studied traits among different genotypes of Common Millet in Birjand

ژنوتیپ Genotype	روز تا گلدهی Days to flowering	ورس lodging	تعداد کل پنجه Totall tiller number	تعداد پنجه بارور Fertile tiller number	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	ضخامت ساقه Stem diameter (mm)	وزن هزار دانه 1000-Kernel weight (g)
KCM1	39.5 hi	4.2 def	10.7 a	5.8 fghi	10.7 a	68.8 de	3.2 c	6.5 a
KCM2	44.8 cde	4.2 def	5.7 bc	7.1 a	5.5 bc	78.4 abcd	4.5 a	4.9 e
KCM3	45.6 c	4.3 cde	9.5 abc	6.2 cdefgh	9.5 ab	78.4 abcd	4.3 ab	5.8 ab
KCM4	41.2 gh	3.6 g	8.8 abc	5.9 efgh	8.8 abc	73.3 bcd	3.4 ab	5.7 abc
KCM5	44 cdef	4.6 abcd	11.4 a	6.8 ab	11.2 a	83 abc	3.8 bc	5.4 bcd
KCM6	50 b	3.5 gh	11.1 a	6.3 cdefgh	10.9 a	87.2 a	4 abc	5.2 cde
KCM7	50.8 b	3.1 gh	9.9 ab	6.3 cdefgh	9.6 ab	78.1 abcd	3.7 abc	5.1 de
KCM8	42.8 defg	5 a	5.4 c	5.7 hi	5.3 c	68.5 de	3.9 abc	5.2 cde
KCM9	53 a	3.5 gh	9.6 abc	7 ab	9.5 ab	84 ab	4.3 ab	5.1 de
KCM10	50.4 b	4.4 bcd	8.4 abc	6.5 bc	8.4 abc	88.9 a	4.1 abc	5.9 ab
KCM11	42.5 efg	4.8 ab	9.2 abc	5.6 i	9 abc	82.3 abc	3.9 abc	5.1 de
KCM12	40.1 gef	5 a	7.7 abc	5.9 defgh	7.9 abc	61.9 e	3.5 bc	5.5 bcd
KCM13	40.4 b	3 i	7.8 abc	6.7 abc	7.8 abc	80.6 abc	3.9 abc	5.9 ab
KCM14	38.7 i	4.8 ab	8.7 abc	5 j	8.4 abc	73.7 bcd	3.7 abc	5.1 de
KCM15	44.2 cdef	3.7 fg	8.2 abc	5.9 efgh	8.2 abc	75.7 bcd	3.8 abc	5.8 ab
KCM16	44.5 cde	3.8 efg	8.2 abc	6 defgh	8.1 abc	84.8 ab	3.8 abc	5.3 cde
KCM17	43 defg	4.5 a	8.7 abc	5.7 ghi	7.9 abc	71.7 cde	3.9 abc	5.5 bcd
KCM18	45 cd	3.7 gh	9 abc	6.5 bcd	7.8 abc	74.4 bcd	3.5 bc	5.8 ab
KCM19	41.9 fg	3.7 gh	11.2 a	6.3 cde	5.5 bc	79.2 abcd	4.1 ab	5.4 bcd
KCM20	44 cdefg	4.7 abc	9.1 abc	6 defghi	5.3 c	82.8 abc	3.7 abc	5.8 ab

حروف مشابه در هر ستون به مفهوم عدم تفاوت معنی‌دار است.

Means followed by the same letter(s) within each column are not significantly different

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و سال ازنظر عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی در شرایط آب و هوایی بیرجند

Table 3- Mean comparison of genotype and year Interaction for yield among different genotypes of Common Millet in Birjand

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (t ha^{-1})			عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (t ha^{-1})			عملکرد علوفه تر Wet forage yield (t ha^{-1})		
	سال اول First year	سال دوم 2nd year	سال سوم 3rd year	سال اول First year	سال دوم 2nd year	سال سوم 3rd year	سال اول First year	سال دوم 2nd year	سال سوم 3rd year
KCM1	3.57 b-d	2.6 h-p	3.1 c-k	3.7 a-f	3.6 a-f	3.7 a-f	16.4 a	13.4 a	14.9 a
KCM2	3.39 b-g	2.8 f-p	3.1 c-k	2.8 b-f	4.2 a-e	3.5 a-f	11.2 a	14.8 a	12.9 a
KCM3	2.75 f-p	2.4 k-q	2.6 i-q	3 a-f	4.4 a-c	3.7 a-f	12.1 a	11.4 a	11.8 a
KCM4	2.6 i-p	2.5 j-q	2.5 i-q	3.2 a-f	3.7 a-f	3.4 a-f	12.3 a	11.6 a	11.9 a
KCM5	3.1 c-l	2.7 f-p	2.9 d-n	4 a-f	3.8 a-f	3.9 a-f	18 a	11 a	14.5 a
KCM6	3.03 d-m	2.2 n-s	2.6 i-p	4.1 a-e	3.5 a-f	3.8 a-f	17.1 a	10.5 a	13.8 a
KCM7	3.6 b-d	2.7 f-p	3.1 c-j	4.2 a-e	3.4 a-f	3.8 a-f	16.7 a	10 a	13.4 a
KCM8	3.9 ab	2.9 d-m	3.4 b-f	3 a-f	4.9 a	4 a-f	13.1 a	14.5 a	13.8 a
KCM9	2.8 e-p	1.9 q-t	2.3 l-q	2.6 b-f	4.3 a-d	3.5 a-f	11.8 a	12.4 a	12.1 a
KCM10	2.8 d-o	2.7 f-p	2.7 f-p	2.4 c-f	3.7 a-f	3 a-f	9.4 a	10.7 a	10 a
KCM11	3.3 b-i	1.9 q-t	2.6 i-q	3 a-f	2 f	2.5 b-f	12.6 a	5.5 a	9 a
KCM12	3.4 b-h	2.4 j-q	2.9 d-n	3.4 a-f	4.5 ab	3.9 a-f	13.6 a	11.5 a	12.6 a
KCM13	0.84 u	0.7 u	0.8 u	2.2 ef	2.3 def	2.2 ef	7.2 a	5.3 a	6.3 a
KCM14	4.3 a	3.3 b-i	3.8 a-c	3 a-f	4.3 a-d	3.6 a-f	11.9 a	12.3 a	12.1 a
KCM15	3.4 b-f	2.1 p-s	2.7 f-p	3.4 a-f	3.7 a-f	3.5 a-f	13.9 a	10.9 a	12.4 a
KCM16	3.5 b-e	2.7 f-p	3.1 c-k	3.8 a-f	3.7 a-f	3.7 a-f	15.7 a	10.9 a	13.3 a
KCM17	1.6 r-t	1.4 t-u	1.5 st	3 a-f	3 a-f	3 a-f	12 a	7.6 a	9.8 a
KCM18	2.6 i-p	2.7 f-p	2.6 h-p	3.5 a-f	4.5 ab	4 a-f	13.9 a	14.6 a	14.3 a
KCM19	2.4 j-q	2.1 o-s	2.3 l-q	3 a-f	3.7 a-f	3.3 a-f	12.2 a	10.7 a	11.5 a
KCM20	2.6 h-p	2.5 j-q	2.6 h-p	3.4 a-f	4.4 abc	3.9 a-f	13.1 a	11.8 a	12.5 a

حروف مشابه در هر ستون به مفهوم عدم تفاوت معنی‌دار است.

Means followed by the same letter(s) within each column are not significantly different

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های ارزن معمولی

Table 4- Simple Correlation Coeficients of agronomic traits in Common millet genotypes

صفات Traits	۱	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
۱-عملکرد علوفه خشک	1												
۲-وزن خشک برگ	0.55**	1											
۳-وزن خشک ساقه	0.62**	0.8**	1										
۴-عملکرد دانه Grain yield	0.59**	0.65**	0.7**	1									
۵- تعداد برگ Leaf number	0.32	0.33*	0.36**	0.32*	1								
۶- نسبت برگ به ساقه	-0.01	0.43**	-0.17	0.14	0.12	1							
۷-ارتفاع گیاه Plant height	0.48**	0.57**	0.65**	0.65**	0.56**	0.02	1						
۸- طول پانیکول Panicle length	0.22	0.36**	0.37**	0.51**	0.14	0.03	0.54**	1					
۹- ضخامت ساقه	-0.16	-0.02	0.03	0.04	0.44**	0.01	0.37**	-.03	1				
۱۰- وزن هزار دانه	0.08	-0.06	0.07	0.21	-0.08	-0.18	0.08	0.25	-0.18	1			
۱۱- تعداد پنجه Tiller number	0.15	0.2	0.22	0.34**	0.18	-0.06	0.34**	0.39**	-0.18	-0.03	1		
۱۲- عملکرد علوفه تر	0.94**	0.62**	0.58**	0.27*	-0.03	-0.06	0.49**	0.27**	-0.11	0.1	0.52**	1	
۱۳- تعداد روز تا گلدهی	0.43**	0.52**	0.52**	0.23	0.06	0.07	0.58**	0.43**	0.18	-0.23	0.13	0.54**	1

* و ** به ترتیب به مفهوم به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ است.

*, and ** indicate non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

هکتار بالاترین و ژنوتیپ KCM13 کم‌ترین میزان را دارا بودند. از نظر عملکرد دانه، ژنوتیپ KCM14 با میانگین ۳/۸ تن در هکتار بالاترین و ژنوتیپ KCM13 با میانگین ۰/۸ تن در هکتار کم‌ترین میزان را دارا بودند (جدول ۳).

از مجموع ۲۰ ژنوتیپ مورد بررسی شش ژنوتیپ از تحمل خوبی به ورس برخوردار بودند و نمره پنج به آن‌ها تعلق گرفت؛ ولی ژنوتیپ KCM13 کاملاً ورس نمود و حائز نمره ۳ شد. ۲۰ ژنوتیپ موردمطالعه از نظر طول دوره گلدهی به سه گروه تقسیم شدند گروه دیررس (شامل ژنوتیپ KCM9 با میانگین ۵۳ روز از کاشت تا گلدهی)، گروه متوسط رس شامل ۴ ژنوتیپ KCM6، KCM7، KCM10 و KCM13 میانگین ۵۰ روز از کاشت تا گلدهی و گروه زودرس بود که زودرس‌ترین ژنوتیپ KCM14 با میانگین ۳۹ روز از کاشت تا گلدهی در آن قرار گرفت. ضرایب همبستگی ساده صفات زراعی در سه سال در ژنوتیپ‌های ارزن معمولی در جدول شماره ۴ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ارتباط عملکرد دانه و اجزای آن مثبت و معنی‌دار است؛ به‌گونه‌ای که بیش‌ترین ضریب همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، عملکرد کاه، عملکرد علوفه تر و طول پانیکول در سطح ۱ درصد و تعداد برگ در سطح ۵ درصد مشاهده گردید و ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و سایر صفات معنی‌دار نبود. همبستگی مثبت عملکرد دانه با صفات فوق می‌تواند به ارتباط این صفات با میزان تجمع ماده خشک در دانه مربوط باشد.

در خصوص عملکرد علوفه تر نیز بیش‌ترین ضریب همبستگی با عملکرد علوفه خشک، وزن خشک ساقه، عملکرد دانه، وزن خشک برگ و ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد و تعداد برگ و طول پانیکول در سطح ۵ درصد مشاهده گردید.

جدول ۵- برآورد اجزای واریانس، ضرایب تنوع و قابلیت توارث در ژنوتیپ‌های ارزن معمولی در بیرجند

Table 5- Estimation of Variance Components, Coefficients of Variation, and Heritability in Common Millet Genotypes in Birjand

صفات Traits	برآورد اجزای واریانس Estimation of variance components			ضریب تنوع (CV) Coefficient of Variation		قابلیت توارث عمومی General heritability
	فنوتیپی Phenotypical	ژنتیکی Genetical	محیطی Environmental	ژنتیکی Genetical	فنوتیپی Phenotypical	
روز تا گلدهی Days to flowering	50.97	45.5	5.5	0.152	0.161	0.89
ورس lodging	0.149	0.03	0.119	0.04	0.09	0.2
تعداد پنجه Tiller number	11.13	5.23	5.9	0.26	0.37	0.47
تعداد پنجه بارور Fertile Tiller number	0.897	0.752	0.145	0.14	0.15	0.84
تعداد برگ Leaf number	12.7	4.8	7.9	0.27	0.43	0.38
ارتفاع گیاه Plant height	195.8	132.5	63.3	0.148	0.18	0.68
وزن هزار دانه 1000-Kernel weight	0.53	0.39	0.14	0.113	0.132	0.73
عملکرد علوفه تر Wet forage yield	28.5	20	8.5	0.31	0.37	0.7
عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	2.51	1.69	0.81	0.249	0.3	0.68
عملکرد دانه Grain yield	0.523	0.223	0.3	0.166	0.25	0.43

وزن کاه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد علوفه تر، وزن خشک ساقه، عملکرد دانه، وزن خشک برگ و ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد و تعداد برگ در سطح احتمال ۵ درصد داشت. تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی نیز با صفات ارتفاع، عملکرد علوفه تر و خشک، وزن خشک برگ و ساقه و طول پانیکول همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. این نتایج با نتیجه تحقیقات سایر محققان مطابقت دارد. به‌طوری‌که در بررسی همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با هفت صفت دیگر در ۱۰۷ نمونه ارزن معمولی، گزارش دادند که عملکرد دانه در بوته دارای همبستگی مثبت با صفت روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در بوته و طول پانیکول بود. وزن کاه نیز دارای همبستگی مثبت با صفات روز تا گلدهی، ارتفاع گیاه و طول پانیکول بود؛ ولی با تعداد پنجه در بوته همبستگی منفی داشت. ارتفاع گیاه نیز همبستگی بسیار بالایی با روز تا رسیدگی و طول پانیکول نشان داد. تجزیه علیت در تحقیق نامبردگان نشان داد که تعداد پنجه در بوته دارای اثرات مثبت و مستقیمی روی عملکرد دانه و به‌تبع آن روی روز تا گلدهی و ارتفاع گیاه بود (Sen and Hamid, 1986).

در منطقه مظفرپور هند نیز همبستگی صفات در ۲۵۴ لاین ارزن معمولی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در بین صفات مورد بررسی که شامل ۵۰٪ گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع گیاه، قطر پانیکول اصلی، تعداد شاخه اول، دوم و سوم، تعداد پنجه بارور در هر بوته، تعداد بذر در پانیکول اول و وزن هزار دانه بود، تنها صفات تعداد ساقه ثانویه، تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در هر پانیکول از همبستگی مثبت با عملکرد دانه در بوته برخوردار بودند (Sahu, 2004).

نتایج برآورد اجزای واریانس، ضرایب تنوع و قابلیت توارث صفات در جدول ۵ آمده است. بیش‌ترین ضریب تنوع ژنتیکی متعلق به صفات عملکرد علوفه تر (۰/۳۱) و تعداد برگ (۰/۲۶)

بود که نشـــان‌دهنده وجود تنوع بالا در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای این صـــفات می‌باشـــد. ضـــریب تنوع ژنتیکی برای صـــفات تعداد پنجه (۰/۲۶) و عملکرد علوفه خشـــک (۰/۲۴۹) حاکی از وجود تنوع خوب برای این صـفات اسـت. ضـریب تنوع ژنتیکی برای ســـایر صـــفات بین ۰/۰۴ تا ۰/۱۶۶ متغیر بود که تنوع ژنتیکی کم‌تری را نشـــان می‌دهند. صـــفات تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع گیاه، جزء واریانس ژنتیکی بالاتری نســـبت به سـایر صـفات داشـتند و به نظر می‌رسـد بازده ناشـی از انتخاب بر اســـاس این صـــفات در برنامه به‌نژادی بالا باشـــد. قابلیت توارث عمومی برای تعداد روز تا گلدهی، تعداد پنجه بارور و ارتفاع گیاه بالا بود که نشـــان‌دهنده وراثت‌پذیری بالا برای این صـــفات می‌باشد.

جدول ۶- ضرایب بردارهای ویژه، واریانس‌های نسبی و تجمعی مؤلفه‌های اصلی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های ارزن معمولی

Table 6 - Eigenvalues, Relative Variances, and Cumulative Proportions of Principal Components Resulting from Principal Component Analysis for the Studied Traits in Common Millet Genotypes

صفات Traits	مؤلفه اول First Component	مؤلفه دوم 2nd Component	مؤلفه سوم 3rd Component	مؤلفه چهارم 4th Component	مؤلفه پنجم 5th Component
ارتفاع گیاه Plant height	0.680	-0.10115	0.07453	0.40076	0.093
تعداد برگ Leaf number	0.06565	0.29352	-0.47487	0.47057	0.030
تعداد پنجه Tiller number	0.15120	0.15259	-0.39357	-0.13681	0.978
طول پانیکول Panicle lengh	0.30503	0.21658	0.11862	0.70632	-0.027
وزن هزار دانه 1000- Kernel weight	0.47851	-0.24438	0.58773	-0.05924	-0.224
عملکرد علوفه تر Wet forage yield	0.82143	0.22114	-0.22055	-0.25062	0.25
عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	0.53630	0.46091	-0.51034	-0.27244	0.089
عملکرد دانه Grain yield	0.68526	-0.17667	0.19460	-0.19860	0.050
مساحت برگ پرچم Flag leaf area	0.65998	-0.29829	0.09665	0.02594	0.116
روز تا گلدهی Days to flowering	-0.00767	0.68718	0.51697	-0.12648	0.064
تعداد روز تا ظهور پانیکول Days to panicle emergence	-0.03749	0.75567	0.41932	-0.00477	-0.072
مقدار ویژه Eigenvalue	2.680	1.65	1.54	1.096	0.943
واریانس توجیه شده Explained variance	0.24	0.15	0.14	0.10	0.09
واریانس تجمعی Cumulative variance	0.24	0.39	0.53	0.63	0.72

باتوجه به تنوع بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه، به‌منظور تعیین نقش و مقدار تأثیر هریک از صـفات مورد بررسـی، تجزیه به مؤلفه‌های اصـلی انجام شـد. نتایج در مورد صـفات اندازه‌گیری شـده در جدول ۶ آمده است. مؤلفه اول در مجموع ۲۴ درصـد از کل واریانس بین صـفات را توجیه نمود. ضـرایب بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشـــان داد که عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشـک، عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و مسـاحت برگ دارای ضـریب بردار ویژه بالا بوده و بیش‌ترین نقش را در تشـــکیل این مؤلفه داشـــتند. این مؤلفه می‌تواند مولفه عملکرد نام‌گذاری شـــود. ضـرایب بردارهای ویژه در مؤلفه دوم نشـان داد که صـفات تعداد

روز تا ظهور پانیکول و تعداد روز تا گلدهی دارای ضـــریب بردار ویژه بالا بوده و بیش‌ترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. این مؤلفه می‌تواند مؤلفه خصوصیات فنولوژیکی نام‌گذاری شود. ضـرایب بردارهای ویژه در مؤلفه سـوم نشـان داد که تعداد برگ، تعداد پنجه و عملکرد علوفه خشـک دارای ضـریب بردار ویژه بالا و منفی بوده و وزن هزار دانه ضریب بردار ویژه بالا و مثبت دارند این مؤلفه، مؤلفه ویژگی‌های اجزای مرتبط با عملکرد اســـت. ضرایب بردارهای ویژه در مؤلفه چهارم نشان داد که ارتفاع گیاه، تعداد برگ و طول پانیکول دارای ضـریب بردار ویژه بالا و مثبت بوده و بیش‌ترین نقش را در تشـــکیل این مؤلفه داشـــتند. این مؤلفه می‌تواند مؤلفه ویژگی‌های مورفولوژیک نامیده شـــود؛ بنابراین با گزینش مجموعه صـــفات در این مؤلفه‌ها می‌توان نســـبت به افزایش هم‌زمان در ژنوتیپ‌های ارزن معمولی اقدام کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دســـت‌آمده از میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، پنج ژنوتیپ KCM1، KCM8، KCM14 و KCM18 به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناســـب جهت کاشـــت در منطقه بیرجند توصـیه شـدند. همچنین در بررسـی همبسـتگی عملکرد دانه با صـفات مورد مطالعه مشـخص شـد که عملکرد علوفه خشـک ($r= 0.59^{**}$)، تعداد برگ ($r=۰/۳۲^{*}$)، ارتفاع گیاه ($r=۰/۶۵^{**}$)، طول پانیکول ($r=۰/۵۱^{**}$) و تعداد پنجه ($r=۰/۳۴^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند.

بر اسـاس نتایج برآورد اجزای واریانس، صـفات تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع گیاه، جزء واریانس ژنتیکی بالاتری نســـبت به سـایر صـفات داشـتند و به نظر می‌رسـد بازده ناشـی از انتخاب بر اســـاس این صـــفات در برنامه به‌نژادی بالا باشـــد. قابلیت توارث عمومی برای تعداد روز تا گلدهی، تعداد پنجه بارور و ارتفاع گیاه، بالابود که نشـان‌دهنده وراثت‌پذیری بالا برای این صـفات است.

References

Baltensperger, D.D., 2001. Progress with proso, pearl, and other millets. In T. Jnick & A. Whipkey (Eds.), *Trends in New Crops and New Uses* 2002. ASHS Press, Alexandria, VA.

Deshmukh, R.B., Pawar, V.D. and More, T.A., 2024. Multivariate analysis and interrelationships among agronomic traits in foxtail millet under organic farming systems. *Organic Agriculture*, *14*(2), pp.301–312. https://doi.org/10.1007/s10341-023-00865-9

Dezfouli, A. and Mehrani, A., 2010. A study of the relationships between yield and yield components in promising cultivars of foxtail millet (*Setaria italica*). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *41*(2), pp.413–421. [In Persian].

Kumar, A., Sharma, S. and Singh, R., 2022. Correlation and path coefficient analysis for yield and its components in foxtail millet under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, *167*(3), pp.215–224. https://doi.org/10.1017/s0021859622000184

Kumar, S., Babu, C., Revathi, S. and Sumathi, P., 2017. Estimation of genetic variability, heritability and association of green fodder yield with contributing traits in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Vegetos – An International Journal of Plant Research*, *30*(Special Issue), pp.463–468. https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00119.7

Li, Y., Zhang, D., Chen, J., Wang, H. and Liu, Z., 2020. Morphological and yield-related trait diversity in foxtail millet (*Panicum miliaceum* L.) landraces from China. *Plant Genetic Resources*, *18*(5), pp.311–322. https://doi.org/10.1017/S1479262120000274

Liu, Z., Bai, G., Zhang, D., Zhu, C., Xia, X., Cheng, R. and Shi, Z., 2011. Genetic diversity and population structure of elite foxtail millet [*Setaria italica* (L.) P. Beauv.] germplasm in China. *Crop Science*, *51*(4), pp.1655–1663. https://doi.org/10.2135/cropsci2010.11.0643

Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R.L., 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, *319*(5863), pp.607–610. https://doi.org/10.1126/science.1152339

Pucher, A., Ousmane, S., Moussa, D., Ignatius, I., Roger, Z., Mahamadi, O., Siaka, B., Tom, C. and Bettina, I. G., 2016. Combining ability patterns among West African pearl millet landraces and prospects for pearl millet hybrid breeding. *Field Crops Research*, *195*, pp.9–20. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.035

Reddy, P.M., Rao, B.S. and Reddy, K.N., 2023. Genetic diversity and correlation studies in foxtail millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1123456. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1156789

Sahu, R.S., 2004. Correlation in the proso millet (*Panicum miliaceum*). *Journal of Applied Biology*, *14*(2), pp.12–14.

Sen, D.K. and Hamid, M.A., 1986. Character association and path analysis in proso millet (*Panicum miliaceum*). *Thai Journal of Agricultural Science*, *19*(4), pp.307–312.

Shinde, S., Sonone, A. and Gaikwad, A., 2010. Association of characters and path coefficient analysis for forage and related traits in bajra × Napier grass hybrids. *International Journal of Plant Sciences*, *5*(1), pp.188–191.

Vetriventhan, M., Nirmalakumari, A. and Ganapathy, S., 2008. Heterosis for grain yield components in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br). *World Journal of Agricultural Sciences*, *4*(5), pp.657–660.

Wietgrefe, G.W., 1990. *How to produce proso millet: A farmer's guide*. Wietgrefe, Pierre, SD.

Wise, T.A., 2013. *Can we feed the world in 2050? A scoping paper to assess the evidence*. Global Development and Environment Institute Working Paper No. 13-04.

Zhang, H., Liu, B., Wang, Y., Li, X., Zhao, J. and Yang, G., 2016. Diversity and association analysis of agronomic traits in foxtail millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm from different geographical regions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *63*(8), pp.1245–1257. https://doi.org/10.1007/s10722-016-0379-3

Zhang, X., Gu, H., Ding, C., Zhong, X. and Zhang, J., 2010. Path coefficient and cluster analyses of yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum* L. *Tropical Grasslands*, *44*, pp.95–102.

Zhao, T. and Dai, A., 2015. The magnitude and causes of global drought changes in the twenty-first century under a low-to-moderate emissions scenario. *Journal of Climate*, *28*(11), pp.4490–4512. https://doi.org/10.1175/jcli-d-14-00363.1