Plant Genetic Research
ISSN: 2676-7309
Lorestan University

Evaluation of Spring Cultivation of Oat Genotypes (*Avena sativa* L.) Based on Multivariate Statistical Methods

Sohbat Bahraminejad[1,2] | Arash Amiri[1] | Amir Ashrafi[1] | Hazhir Beheshtizadeh[1,*]

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
2- Cereal Research Center, Razi University, Kermanshah, Iran

[*] ***Corresponding author***: *h.beheshtizadeh@razi.ac.ir*

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: April 27, 2025;
Received in revised form: June 20, 2025;
Accepted: June 24, 2025;
Available online: June 30, 2025

Keywords:
Cluster analysis,
Path analysis,
Combined analysis,
Yield,
Correlation,
Oats

ABSTRACT

Oat (*Avena sativa* L.) is one of the most important cereals in the world, recognized as a significant source of essential nutrients for humans and animals. This study was conducted to evaluate and identify high-yielding oat genotypes under spring cultivation during two cropping seasons in Kermanshah Province. In this study, the seeds of 43 oat genotypes were sown in spring using a randomized complete block designs at the Agricultural Research Farm, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, during the 2019-2020 and 2020-2021 cropping seasons. The experiments were laid out in three replications and evaluated based on grain yield and important agronomic characteristics. The combined analysis of variance revealed a significant genotype × year interaction for all measured traits ($P \leq 0.01$). Analysis of variance for each year showed that genotypes differed significantly ($P \leq 0.01$) for all measured traits. Based on the results of mean comparisons, it can be concluded that the superior genotypes in terms of grain yield were genotypes 3 and 41. Correlation analysis revealed that grain yield was positively and significantly associated with thousand-grain weight ($P \leq 0.01$) while showing a highly significant ($P \leq 0.01$) negative correlation with plant height and phenological traits. Path analysis determined that the greatest negative direct effect on grain yield was related to days to anthesis. Cluster analysis also showed that Genotypes 3, 22, and 15 were superior genotypes with desirable agronomic characteristics. Regarding the superior performance in two years and desirable agronomic traits, genotype 3 (Potoroo) was introduced as the superior genotype for spring cultivation. Nevertheless, it is suggested that these genotypes be investigated in more environments to introduce the most stable genotypes for spring cultivation.

Cite this article: Bahraminejad, S., Amiri, A., Ashrafi, A. and Beheshtizadeh, H. (2025). Evaluation of spring cultivation of oat genotypes (*Avena sativa* L.) based on multivariate statistical methods. *Plant Genetic Researches*, 12(1): 147-166.

DOI: https://doi.org/10.22034/pgr.2025.2062435.1002

© Author(s) retain the copyright.

Introduction

Oat (*Avena sativa* L.) is one of the most important cereals in the world, recognized as a significant source of essential nutrients for humans and animals. Despite an equal cultivation area of oats in Northern Europe and the Mediterranean regions, the oat grain yield in Northern Europe is much higher than in the Mediterranean region (approximately 2.2 fold). The lower performance of oats in the Mediterranean region may be attributed to the limited adaptation of cultivars to local agro-climatic conditions, as well as their exposure to high temperatures and drought. Notably, cultivars commonly grown along the Mediterranean coast are predominantly spring types, whereas in northern European countries they are cultivated as winter crops. Therefore, it is necessary to identify more adaptable oat cultivars adapted to Mediterranean climatic conditions, particularly in Iran, where natural drought stress and climate changes pose major challenges. This study was conducted to evaluate and identify high-yielding oat genotypes under spring cultivation during two crop years in Kermanshah Province.

Materials and Methods

For the purpose of studying and evaluating oat genotypes, an experiment was conducted during the 2019–2020 and 2020–2021 cropping season at the research farm of the faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University. The experiment was arranged in a randomized complete block design with 43 genotypes and three replications. The oat seeds required for cultivation were obtained from the seeds that had been received from the Australian Grain Gene bank (AGG) and were kept in the grain bank of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University. The genotypes were selected from 360 genotypes evaluated from our previous research, based on their growth habit (spring and winter types) and overall . Spring cultivation of oat was carried out on March 12, 2020, and 2021, with a density of 400 seeds per square meter. The seeds of each genotype were sown in three rows at a distance of 22.5 cm from each other, and each row was considered to be 1.5 m in length. Seed sowing was carried out manually, and after sowing, irrigation with the sprinkler method was performed. Phenological traits were measured, including days to booting, days to heading, days to anthesis, and days to physiological maturity, with the criterion for measuring these traits being the stage at which 50% of the plants in each plot reached the target stage. In addition, morphological traits, including plant height from the mean of ten randomly selected plants, number of grains per spike from the mean of ten randomly selected spikes, thousand-grain weight from two randomly selected samples of 500 seeds each, and grain yield from three 1.5-m rows and extrapolated to kilograms per hectare, were measured. Data were analyzed using SAS version 9.2. After confirming the normality of data distribution and testing the homogeneity of error variances with Bartlett's test, both combined and simple analyses of variance were performed. Mean comparisons were conducted using the least significant difference (LSD) test. In addition, correlation analysis, cluster analysis, and path analysis of grain yield per unit area (dependent variable) with days to anthesis, plant height, number of grains per spike, and thousand-grain weight (independent variables) were performed using SPSS version 24.

Results and Discussion

Combined analysis of variance revealed that the effects of genotype and the genotype × year interaction were significant for all measured traits ($P \leq 0.01$), whereas the effect of year was significant for all traits with the exception of plant height, thousand-grain weight, and grain yield ($P \leq 0.01$). Analysis of variance for each year showed that genotypes differed significantly

for all measured traits (P≤0.01). Based on the results of mean comparisons, it can be concluded that the superior genotypes with regard to grain yield were genotypes 3 and 41. Correlation analysis showed that grain yield was positively and significantly associated with thousand-grain weight, while exhibiting a highly significant (P ≤ 0.01) negative correlation with plant height and phenological traits. Path analysis determined that the greatest negative direct effect on grain yield was related to days to anthesis. Cluster analysis also showed that Genotypes 3, 22, and 15 were superior genotypes with desirable agronomic characteristics.

Conclusions

The findings of present study revealed the presence of sufficient genetic variability for the studied traits, showing that the genotypes are suitable for breeding purposes. Regarding the superior performance in two years and desirable agronomic traits, Genotype 3 (Potoroo) was introduced as the superior genotype for spring cultivation. Considering the central role of oat germplasm in yield improvement and emphasizing the contribution of environmental conditions to stability, it is recommended that these genotypes be evaluated in more environments to identify the most stable genotypes in spring cultivation or to be used as parents in crossing programs for the production of superior generations.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

پژوهش‌های ژنتیک گیاهی
شاپاالکترونیکی:۷۳۰۹-۲۶۷۶
دانشگاه لرستان

ارزیابی کشت بهاره ژنوتیپ‌های یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) بر مبنای روش‌های آماری چندمتغیره

صحبت بهرامی‌نژاد[۲،۱] | آرش امیری[۱] | امیر اشرفی[۱] | هژیر بهشتی‌زاده[۱،*]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- مرکز تحقیقات غلات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹

واژگان کلیدی:
تجزیه خوشه‌ای،
تجزیه علیت،
تجزیه مرکب،
عملکرد،
همبستگی،
یولاف

چکیده

یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) یکی از مهمترین غلات در جهان است که به‌عنوان منبع مهم مواد مغذی ضروری برای انسان و حیوان شناخته می‌شود. این پژوهش با هدف ارزیابی و دستیابی به ژنوتیپ‌های پرعملکرد یولاف در کشت بهاره طی دو سال زراعی در استان کرمانشاه انجام شد. در این پژوهش تعداد ۴۳ ژنوتیپ یولاف زراعی با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌صورت بهاره کشت و براساس عملکرد دانه و خصوصیات مهم زراعی در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه طی دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × سال برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تجزیه واریانس ساده هر سال نشان داد که ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها می‌توان دریافت که برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۴۱ بودند. محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه با وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته و صفات فنولوژیک همبستگی منفی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت. تجزیه علیت مشخص کرد که بیشترین اثر مستقیم منفی با عملکرد دانه مربوط به روز تا گرده‌افشانی بود. تجزیه خوشه‌ای نیز نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۲۲ و ۱۵ ژنوتیپ‌های برتر با خصوصیات زراعی مطلوب بودند. با توجه به عملکرد برتر در دو سال و خصوصیات زراعی مطلوب ژنوتیپ شماره ۳ (Potoroo) به‌عنوان برترین ژنوتیپ برای کشت بهاره معرفی شد. با این وجود پیشنهاد می‌گردد در محیط‌های بیشتری این ژنوتیپ‌ها مورد بررسی قرار گیرد تا پایدارترین ژنوتیپ‌ها در کشت بهاره معرفی گردد.

* نویسنده مسئول: h.beheshtizadeh@razi.ac.ir

ناشر: دانشگاه لرستان
© نویسندگان
DOI: https://doi.org/10.22034/pgr.2025.2062435.1002

مقدمه

جمعیت زیادی در سراسر جهان توسط دانه‌های غلات تغذیه می‌شوند؛ به صورتی که این دانه‌های ارزشمند بخش قابل‌توجهی از رژیم غذایی روزانه مصرف کنندگان را تشکیل می‌دهند (Rasane *et al.*, 2015). یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) یکی از مهمترین غلات در جهان است که به‌عنوان منبع مهم مواد مغذی ضروری برای انسان و حیوان شناخته می‌شود (Zarei *et al.*, 2024; Rauf *et al.*, 2019). با وجود سطح کشت برابر یولاف در شمال اروپا و مناطق مدیترانه‌ای، عملکرد یولاف در شمال اروپا بسیار بیشتر از منطقه مدیترانه (تقریبا ۲/۲ برابر) است (FAO, 2023). از دلایل این عملکرد کمتر در منطقه مدیترانه، می‌توان به سازگاری محدود ارقام یولاف با شرایط کشاورزی–اقلیمی مدیترانه، مواجه شدن یولاف با درجه حرارت بالا و خشکسالی اشاره کرد. در واقع، ارقامی که در حاشیه دریای مدیترانه رشد می‌کنند، معمولاً ارقام بهاره هستند که در کشورهای اروپای شمالی به‌عنوان محصولی زمستانه کشت می‌شوند (Sánchez-Martín *et al.*, 2017)؛ بنابراین نیاز به شناسایی ارقام یولاف انعطاف‌پذیرتر و سازگار با شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای از جمله ایران که با رخدادهای طبیعی تنش خشکی و تغییر اقلیم روبرو هست وجود دارد. از طرف دیگر تلاش‌های محدودی توسط محققان برای شناسایی واریته‌های پرمحصول آن انجام شده است؛ با این حال با توجه به افزایش تقاضای یولاف، نیاز فوری به شناسایی ارقام اصلاح شده یولاف با ارزش غذایی بالا وجود دارد (Ihsan *et al.*, 2021). علاوه‌بر این، ویژگی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک برای انتخاب، اصلاح‌نباتات و توصیف واریته‌های گیاهی با ژنوتیپ‌های متفاوت به‌کار گرفته می‌شوند. پایداری این توصیف‌گرها در برابر تغییرات محیطی می‌تواند ارزش و کاربرد آن‌ها را در موقعیت‌هایی که شناسایی قابل‌اعتماد گونه‌های گیاهی ضروری است، مشخص کند (Akbarpour, 2017; Santos *et al.*, 2017). صفات کلیدی زراعی توصیه شده شامل کیفیت بذر و صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و تحمل به انواع مختلف تنش‌های زیستی و غیرزیستی است (Canales *et al.*, 2021). به‌دلیل ناآگاهی از مراحل مهم فنولوژیک یولاف که مدیریت باید روی آن‌ها متمرکز شود، شیوه‌های مدیریت بهینه به‌درستی پیاده‌سازی نمی‌شوند (Finnan and Spink, 2017).

پژوهش‌هایی جهت تعیین سازگاری، مقایسه ارقام و مدیریت‌های به‌زراعی و به‌نژادی یولاف انجام شده است (Safavi and Bahraminejad, 2017; Safavi *et al.*, 2025). نتایج تجزیه واریانس مرکب ارزیابی پایداری نه ژنوتیپ یولاف نسبت به مدیریت‌های زراعی نشان داد بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد تفاوت‌های ژنتیکی بسیار معنی‌داری وجود دارد (Mohammadinejad and Rezaei, 2007). نتایج آزمایش ارزیابی عملکرد و تعیین بهترین ارقام سازگار و پرمحصول، ۲۰ لاین امیدبخش یولاف نشان داد تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات تعداد پنجه، ارتفاع، طول خوشه، وزن خوشه، وزن دانه در خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد وجود دارد که بیانگر تنوع ژنتیکی قابل‌توجه بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود و از طرفی بهترین ژنوتیپ پایدار با استفاده از آزمون‌های غیر پارامتری که دارای بیشترین شاخص عملکرد و کمترین انحراف معیار رتبه بود مشخص گردید (Aghakhani Khanibadi *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر بهرامی‌نژاد و همکاران (Bahraminejad *et al.*, 2016) با بررسی ۲۱ ژنوتیپ یولاف زراعی تحت شرایط دیم و آبی به این نتیجه رسیدند که تنوع معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک در هر دو شرایط آبی و دیم وجود دارد. در مطالعه‌ای تأثیر متغیرهای اقلیمی و سازگار با شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بر مجموعه‌ای از ۷۰۹ توده بومی مدیترانه‌ای یولاف و ارقام ممتاز اصلاح شده شمالی (مناطق سرد و مرطوب شمال اروپا) بررسی شد (Canales *et al.*, 2021). نتایج پژوهش یاد شده نشان داد که ارقام اصلاح‌شده‌ی شمالی در میان ژنوتیپ‌های با عملکرد برتر در شرایط مدیترانه‌ای قرار نداشتند، زیرا چندین گونه‌ی محلی عملکرد بهتری نسبت به این ارقام از خود نشان دادند. گونه‌های محلی با عملکرد بالا، توانایی سازگاری با سطوح بارندگی متوسط تا کم در دوره‌های پیش و پس از

گل‌دهی و دما متوسط تا زیاد در دوره‌ی پس از گل‌دهی را نشان دادند (Canales *et al.*, 2021). آزمایشی که توسط الساهوکی و همکاران (Elsahookie *et al.*, 2013) در ارتباط با یولاف انجام شد، برتری رقم Genzania را در مقایسه با چهار رقم دیگر مورد مطالعه از نظر تعداد روز تا گلدهی و تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه و عملکرد دانه نشان داد. با توجه به اینکه تلاش‌های محدودی توسط محققان برای شناسایی واریته‌های پرمحصول یولاف خصوصاً در ایران انجام شده است و نیاز فوری به شناسایی ارقام بهبود یافته یولاف با ارزش غذایی بالا وجود دارد، این پژوهش با هدف ارزیابی و دستیابی به ژنوتیپ‌های پرعملکرد یولاف در کشت بهاره طی دو سال زراعی در استان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و ارزیابی ژنوتیپ‌های یولاف، آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ و ۱۴۰۰–۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ٤٧ درجه و ۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ٣٤ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و با ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا) انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤٣ تیمار (ژنوتیپ‌های یولاف زراعی) و در سه تکرار اجرا شد. بذرهای یولاف مورد نیاز برای کشت از بذرهایی که از بانک بذر استرالیا دریافت شده و در بانک بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی نگهداری می‌شدند، تهیه شد. این ژنوتیپ‌ها از بین ۳٦۰ ژنوتیپ مورد مطالعه در تحقیقات پیشین با توجه به ماهیت بهاره و پاییزه بودن و عملکرد آن‌ها انتخاب شدند. فهرست ژنوتیپ‌های مورد استفاده در پژوهش به همراه منشاء آن‌ها در جدول ۱ آمده است.

قبل از اجرای آزمایش ابتدا عملیات آماده‌سازی زمین با شخم و دیسک زدن انجام شد. کشت بهاره یولاف در تاریخ ۲۲ اسفند ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ با تراکم ٤۰۰ بذر در متر مربع انجام شد. بذور هر ژنوتیپ در سه خط به فاصله ۲۲/۵ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند و هر خط به طول ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. کاشت بذرها به‌صورت دستی انجام شد و بعد از کاشت، آبیاری با روش بارانی به تعداد ٦ بار در سال ۱۳۹۹–۱۳۹۸ و به تعداد ۱۳ بار در سال ۱٤۰۰–۱۳۹۹ با توجه به کاهش شدید باران از اسفند ۱۳۹۹ انجام شد. دور آبیاری بر اساس شرایط مزرعه به گونه‌ای انتخاب شد که از بروز تنش رطوبتی جلوگیری شود. برداشت عملکرد از کل سه خط هر کرت به مساحت ۰/٦۷۵ مترمربع انجام شد. شرایط اقلیمی در زمان اجرای آزمایش از جمله مقدار بارندگی و دمای حداکثر و حداقل در شکل ۱ ارائه شده است.

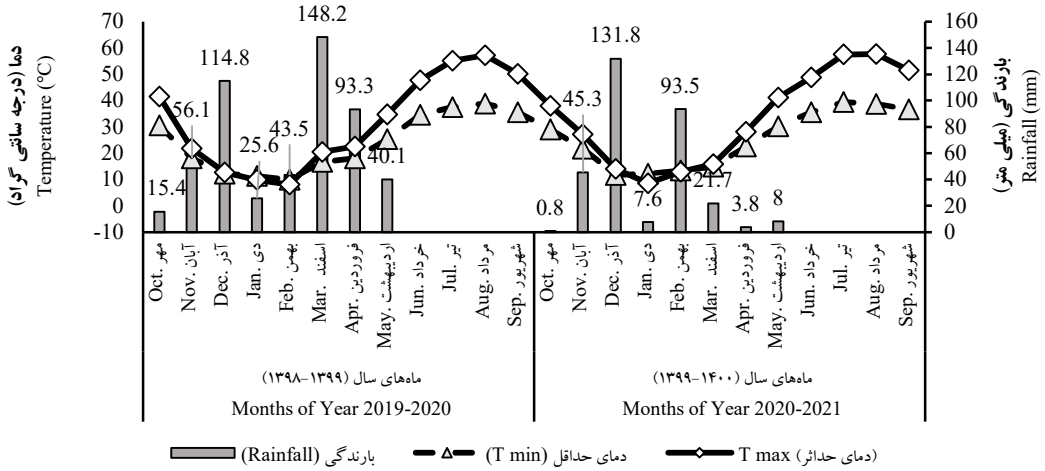
در مرحله داشت به‌منظور کنترل علف‌های هرز بهاره از روش‌های شیمیایی و مکانیکی استفاده شد. صفات فنولوژیک به واحد روز اندازه‌گیری شده شامل روز تا آبستنی، روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بود که ملاک عمل برای اندازه‌گیری این صفات رسیدن ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت به مرحله مورد نظر بود. همچنین صفات مورفولوژیک ارتفاع بوته (سانتی‌متر) از میانگین ده بوته به‌طور تصادفی، تعداد دانه در خوشه از میانگین ده خوشه به‌طور تصادفی، وزن هزاردانه (گرم) از دو بخش پانصد تایی به‌طور تصادفی و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) از سه ردیف یک و نیم متری و تعمیم کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شدند.

تجزیه‌های آماری: پس از اندازه‌گیری صفات مورد نظر، داده‌های جمع‌آوری شده در محیط نرم‌افزار Excel دسته‌بندی شدند. سپس به کمک نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) و پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها و پس از آزمون همگنی واریانس‌های خطا با آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب و تجزیه واریانس ساده انجام شد. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD، محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه علیت عملکرد دانه در واحد سطح (متغیر وابسته) با روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه (متغیر مستقل) با نرم‌افزار SPSS (نسخه ٢٤) انجام گرفت.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های یولاف مورد استفاده در پژوهش با منشاء آن‌ها

Table 1. Oat genotypes used in the research with their origins

ردیف Row	ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin	نوع Type	ردیف Row	ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin	نوع Type
1	BRUSHER	Australia		23	MITIKA	Australia	
2	EURO	Australia	Spring	24	POSSUM	Australia	
3	POTOROO	Australia	Spring	25	GA-MITCHEL	USA	
4	MORTLOCK	Australia		26	GLIDER	USA	Spring
5	QUOLL	Australia		27	13 ZOP 95	Canada	
6	WANDERING	Australia	Spring	28	NILLE	Australia	
7	BANNISTER	Australia		29	FLAMING MIRUS	Germany	Spring
8	WILLIAMS	Unknown		30	QH1022	USA	
9	WALLAROO	Australia	Spring	31	CHIHUAHUA	Mexico	Spring
10	WINTAROO	Australia		32	SAN MAMEDE	Portugal	Spring
11	CARROLUP	Australia	Spring	33	TITUS	Sweden	
12	KOJONUP	Australia		34	OTSUKU	Japan	Spring
13	DOLPHIN	Australia		35	TYLER	USA	Spring
14	PARAMO	Mexico		36	C-1/130	Unknown	
15	WOMBAT	Australia	Spring	37	LA PERVISION	Argentina	
16	FORESTER	Australia	Spring	38	42 ZOP 95	Canada	
17	WAOAT 2120	Australia		39	NINA	Sweden	Spring
18	YALLARA	Australia		40	TRIUMPH	Ireland	Spring
19	TARAHUMARA	Mexico	Spring	41	SV-95057-35	Australia	
20	DALYUP	Australia	Spring	42	MULGARA	Australia	
21	TAMMAR	Australia		43	PRESTON	USA	
22	KOWARI	Australia					



شکل ۱- مقدار کل بارندگی (میلی‌متر) و دمای حداکثر و حداقل (درجه سانتی‌گراد) ماهیانه در (سال‌های زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Figure 1. Monthly total rainfall (mm) and temperature (°C) Max. and Min in (crop years 2019-2020 and 2020-2021)

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها: ابتدا پس از اطمینان از همگنی واریانس‌های خطا، تجزیه واریانس مرکب صفات با فرض تصادفی بودن سال‌ها انجام شد (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر سال برای کلیه صفات به جزء ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ بنابراین نسبت به تجزیه واریانس داده‌ها به صورت سالیانه و مستقل اقدام گردید. تجزیه واریانس ساده سال اول و دوم نشان داد که ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). آقاخانی خانی‌آبادی و همکاران (Aghakhani Khanibadi *et al.*, 2013) تحقیقی روی بیست لاین امید بخش یولاف در دو سال انجام دادند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در مطالعه یاد شده نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود ندارد، اما اثر سال و اثر متقابل ژنوتیپ در سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج تجزیه واریانس ساده سال اول نشان داد که ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری داشتند، اما در سال دوم ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری نداشتند (Aghakhani Khanibadi *et al.*, 2013).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف ۴۳ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 2. Combined analysis of variance for different traits of 43 oat genotypes in the years 2019-2020 and 2020-2021

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)							
		روز تا آبستنی Days to booting	روز تا خوشه‌دهی Days to heading	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزاردانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield
سال year	1	17223.50**	10642.05*	11162.05*	6515.16**	2649.03^{ns}	22821.33**	111.41^{ns}	15854697.90^{ns}
بلوک (سال) Block (year)	4	22.20	5.33	2.93	45.11	723.38	322.05	32.38	5812105.20
ژنوتیپ Genotype	42	121.20**	127.77**	105.48**	131.40**	826.01**	663.40**	84.90**	6726096.50**
ژنوتیپ × سال Genotype × year	42	44.14**	33.30**	31.51**	28.72**	91.79**	130.28**	23.84**	2033458.10**
خطا Error	168	1.98	1.93	6.72	8.38	30.53	50.20	9.88	599509.60
ضریب تغییرات C.V %	–	1.85	1.74	3.12	2.82	11.00	17.10	10.70	20.30

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and n.s: Significant (α= 5%), highly significant (α= 1%), and non-significant, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس ساده برای صفات مختلف ۴۳ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 3: Simple analysis of variance for different traits of 43 oat genotypes in the years 2019-2020 and 2020-2021

سال زراعی Crop Year	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)							
			روز تا آبستنی Days to booting	روز تا خوشه‌دهی Days to heading	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزاردانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield
1399-1398 2019-2020	بلوک Block	2	34.35**	2.52^{ns}	4.59^{ns}	27.57^{ns}	30.41^{ns}	25.19^{ns}	61.56**	2619833.30*
	ژنوتیپ Genotype	42	26.48**	43.54**	36.16**	57.51**	447.45**	466.51**	34.68**	2587002.90**
	خطا Error	84	2.59	1.96	4.68	9.19	25.47	51.71	11.82	564833.40
	ضریب تغییرات C.V %	–	1.90	1.62	2.41	2.82	10.73	14.15	11.45	21.07
1400-1399 2020-2021	بلوک Block	2	10.05**	8.15*	1.26^{ns}	63.09**	1418.81**	618.91**	3.20^{ns}	9004378.80**
	ژنوتیپ Genotype	42	138.86**	117.52**	100.83**	102.55**	470.61**	327.17**	74.06**	6172550.70**
	خطا Error	84	1.38	1.90	8.76	7.62	35.84	48.69	7.94	634185.60
	ضریب تغییرات C.V %	–	1.72	1.88	3.87	2.83	11.20	21.79	9.81	19.61

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and n.s: Significant (α= 5%), highly significant (α= 1%), and non-significant, respectively.

کبدِ و همکاران (Kebede *et al.*, 2023) تحقیقی روی ۱۲۰ ژنوتیپ یولاف زراعی در اتیوپی در دو محیط انجام دادند. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در مطالعه مذکور نشان داد که اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر مکان برای نیمی از صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در مکان برای تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده به جزء عملکرد ماده خشک خوشه و نرخ تولید عملکرد علوفه معنی‌دار بود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات سال اول و دوم آزمایش (به‌ترتیب جدول ٤ و ٥) نشان داد که در سال اول آزمایش، ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱۰، ۳، ٤۱ و ٦ به‌ترتیب با ٥۰۱۱/۹۰، ٤۹۱۰/۲۰، ٤۸۹٤/۲۰، ٤٦٤٥ و ٤٥٦۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشتند و دامنه تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌های یولاف از ۱۲۳۳/۸۰ تا ٥۰۱۱/۹۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در سال دوم، ژنوتیپ‌های شماره ۳، ٦، ٤۱، ۲۳ و ۱۸ به‌ترتیب با ۷۰۸۷/۳۰، ٦۳۹۰/۸۰، ٦۰٦۸/۱۰، ٦۰٦۱/۹۰ و ٥۹۰۱/۹۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد برتر را نشان دادند و دامنه تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌های یولاف از ۱۰۸۸/٤۰ تا ۷۰۸۷/۳۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. میانگین عملکرد دانه در سال اول برابر با ۳٥٦٦/۲۲ و در سال دوم ٤۰٦۲ کیلوگرم در هکتار بود. در سال اول، ژنوتیپ‌های شماره ۱٤، ٤۰، ۱۷، ۲ و ۱۰ بالاترین وزن هزاردانه را با مقادیر ۳۸/۹۰، ۳٥/۰۱، ۳٤/۸۸، ۳٤/۲٥ و ۳٤/۰٥ گرم داشتند، در حالی که در سال دوم ژنوتیپ‌های شماره ۱٤، ۹، ۲۲، ۱۷ و ۱۸ به‌ترتیب با ۳٦/٥۰، ۳٦/۰۷، ۳٥/۲۰، ۳٥/۰۷ و ۳٤/۳۳ گرم، برتری داشتند. میانگین وزن هزاردانه در سال اول ۳۰/۰۳ گرم و در سال دوم ۲۸/۷۲ گرم بود. ژنوتیپ‌های شماره ۳٦، ۳۰، ۳۸، ۲۹ و ۳۹ در سال اول به‌ترتیب با ۷۸/۳۳، ۷٦/٦۷، ۷٦، ۷٥/۳۳ و ۷۱ بیشترین تعداد دانه در خوشه را داشتند، در حالی که در سال دوم، ژنوتیپ‌های شماره ۳٤، ۳۳، ۲۷، ۳٦ و ۳۹ با مقادیر ٥٥/۳۳، ٥۲/٦۷، ٥۲، ٥۰/٦۷ و ٤۸ پیشتاز بودند. میانگین تعداد دانه در خوشه در سال اول برابر با ٥۰/۸٤ و در سال دوم برابر با ۳۲/۰۳ می‌باشد. در سال اول، ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۲۹، ۳۹، ۳٦ و ۳۸ با ارتفاع‌های ۷۳/٥۰، ٦۹/۸۳، ٦۹/۷٥، ٦٦/۳۳ و ٦۳/٦۲ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را نشان دادند، در حالی که در سال دوم، ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۳۹، ۳٤، ۳۸ و ۳۳ به‌ترتیب با ارتفاع‌های ۸۱، ۷٥/۳۳، ۷۳/۳۳، ۷۱ و ٦۹/٦۷ سانتی‌متر برتر بودند. میانگین ارتفاع بوته در سال اول ٤۷/۰۳ سانتی‌متر و در سال دوم ٥۳/٤٤ سانتی‌متر بوده است. در سال اول، ژنوتیپ‌های شماره ۱٤، ۲۲، ٦ و ۳ به‌ترتیب با ۹٥/٦۷، ۹۹، ۱۰۱/۳۳ و ۱۰۲/۳۳ روز، کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را داشتند و در سال دوم، ژنوتیپ‌های شماره ۱٤، ۳۱ و ٤۳ به‌ترتیب با ۸۳/٦۷، ۸۸ و ۹۰/۳۳ روز، کمترین تعداد روز تا رسیدگی را نشان دادند. میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در سال اول برابر با ۱۰۷/٦۱ و در سال دوم ۹۷/٥٦ روز بود.

بهرامی‌نژاد و همکاران (Bahraminejad *et al.*, 2016) در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۱ ژنوتیپ یولاف زراعی تحت شرایط دیم و آبی به این نتیجه رسیدند که ژنوتیپ Potoroo (ژنوتیپ شماره ۳ در این پژوهش) با میانگین عملکرد دانه ٥۲۱٤ و ۹٥۳٦ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در شرایط دیم و آبی برترین ژنوتیپ بود. همچنین آنان ژنوتیپ‌های Potoroo، Brusher، Euro و Ufrgs940886-4 را به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط دیم و آبی و ژنوتیپ‌های Nasta، Arnold، Kaloptt و Zop95 ۱۳ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین و ناسازگار به شرایط دیم معرفی کردند. ظاهری و همکاران (Zaheri *et al.*, 2013) در مطالعه‌ای که روی ۲۱ ژنوتیپ یولاف زراعی تحت شرایط آبی و دیم انجام دادند، دامنه تغییرات ژنوتیپ‌های یولاف را در شرایط کرمانشاه بین ۳٥۸۰ تا ۹۷۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبی و بین ۳۱۸۸ تا ۷۰۱۱ کیلوگرم در هکتار برای شرایط دیم گزارش دادند. شایان ذکر است که در شرایط آبی ژنوتیپ‌های Brusher، Tarahumara و در شرایط دیم Brusher، Tarahumara و Potoroo عملکرد بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های یولاف نشان دادند.

جدول ٤- مقایسه میانگین برای صفات اندازه‌گیری شده ٤٣ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Table 4. Comparison of means for measured traits of 43 oat genotypes in the year 2019-2020

ژنوتیپ Genotype	روز تا آبستنی Days to booting	روز تا خوشه‌دهی Days to heading	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزاردانه (گرم) Thousand grain weight (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
1	86.00	90.67	93.67	111.00	41.58	35.33	24.90	3297.80
2	82.67	84.00	89.00	110.67	42.62	38.00	34.25	4375.60
3	83.00	84.33	88.33	102.33	39.75	46.67	32.70	4894.20
4	83.00	84.00	86.67	107.33	46.17	35.00	31.90	3951.10
5	83.00	84.00	89.00	102.67	37.00	36.33	32.37	4531.30
6	83.00	84.00	87.33	101.33	40.00	41.00	29.01	4568.00
7	83.00	84.33	87.67	108.33	34.00	49.33	30.11	3948.10
8	82.67	84.00	87.00	106.00	33.50	51.67	29.45	4522.70
9	83.00	84.33	87.33	104.67	44.17	50.33	26.41	3635.90
10	83.00	84.33	88.33	104.00	45.42	39.67	34.05	4910.20
11	83.00	84.33	87.33	108.00	42.50	44.67	28.97	3868.40
12	83.00	84.00	88.67	109.00	36.00	40.00	30.92	4095.40
13	83.00	84.00	86.67	110.00	37.67	53.67	31.47	5011.90
14	83.00	84.33	86.67	95.67	61.92	45.67	38.90	3968.60
15	83.00	84.33	87.33	107.00	33.83	53.67	28.79	4002.70
16	85.33	88.00	91.33	108.67	63.17	54.33	30.16	2982.50
17	83.00	84.00	87.67	108.33	33.33	35.00	34.88	3523.00
18	83.00	84.00	90.33	107.00	41.92	42.67	30.27	3791.70
19	83.67	85.00	90.67	112.00	45.25	64.33	30.16	3560.40
20	82.33	84.00	88.33	110.33	33.58	49.33	33.91	4296.90
21	82.00	84.00	87.33	107.33	52.08	57.33	29.45	4061.00
22	83.00	84.00	88.00	99.00	29.67	45.00	31.77	3822.50
23	83.00	84.00	86.67	108.00	28.75	45.00	32.93	3919.70
24	84.00	84.67	89.00	107.00	29.92	54.33	30.44	3847.10
25	83.00	84.00	88.00	108.67	38.17	41.67	31.47	3988.10
26	87.67	91.67	93.67	114.33	60.17	50.33	28.21	3235.10
27	85.67	90.33	92.33	115.33	73.50	70.00	26.08	3023.60
28	84.00	86.67	89.00	105.33	44.33	38.67	33.45	2845.30
29	89.00	93.00	95.00	113.67	69.83	75.33	24.17	3247.40
30	83.00	84.33	88.33	107.00	45.17	76.67	27.53	4507.00
31	86.33	87.67	89.67	105.33	58.42	55.00	28.55	2712.60
32	89.00	91.33	94.33	109.00	48.75	32.67	29.59	1233.80
33	91.67	96.00	98.00	114.33	57.75	56.00	25.56	1456.90
34	97.00	100.00	102.67	116.67	56.83	63.67	26.85	1529.50
35	83.33	84.00	87.00	104.33	49.08	62.33	22.63	2924.40
36	85.33	89.00	91.00	111.67	66.33	78.33	25.82	2856.40
37	90.33	93.00	96.33	111.33	51.08	40.00	29.51	1986.20
38	84.00	87.00	91.00	111.00	63.62	76.00	31.50	3040.00
39	84.00	86.00	91.67	110.00	69.75	71.00	27.40	2306.70
40	83.00	84.00	87.33	103.33	55.58	46.67	35.01	3043.90
41	83.00	84.00	88.67	104.67	33.08	45.67	33.71	4645.00
42	83.00	84.00	87.67	103.00	48.92	42.33	31.72	4367.40
43	83.00	84.00	86.33	102.67	58.33	55.33	24.47	3011.30
حداقل Minimum	82.00	84.00	86.33	95.67	28.75	32.67	22.63	1233.80
حداکثر Maximum	97.00	100.00	102.67	116.67	73.50	78.33	38.90	5011.90
میانگین Means	84.47	86.29	89.73	107.61	47.03	50.84	30.03	3566.22
LSD 5%	2.61	2.28	3.51	4.92	8.20	11.68	5.58	1220.53
LSD 1%	3.46	3.02	4.66	6.53	10.87	15.49	7.40	1618.79

جدول ۵- مقایسه میانگین برای صفات اندازه‌گیری شده ۴۳ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 5. Comparison of means for measured traits of 43 Oat genotypes in the year 2020-2021

ژنوتیپ Genotype	روز تا آبستنی Days to booting	روز تا خوشه‌دهی Days to heading	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزاردانه (گرم) Thousand grain weight (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
1	78.33	84.67	86.00	99.33	43.00	34.83	22.80	3296.70
2	64.00	70.00	74.00	99.00	49.33	17.00	32.27	4682.10
3	63.00	70.33	72.33	93.67	47.67	27.33	31.13	7087.30
4	64.00	70.33	75.00	95.00	52.67	26.00	32.53	3741.00
5	64.33	70.67	73.33	94.33	42.33	21.00	32.40	4687.70
6	63.33	70.00	72.67	91.00	44.33	31.00	30.60	6390.80
7	61.00	68.67	72.67	92.67	43.33	29.00	32.07	5692.70
8	61.00	68.33	78.67	100.33	38.67	33.33	29.53	4699.00
9	58.00	62.33	68.67	92.67	56.00	22.33	36.07	4634.40
10	61.00	68.00	70.67	91.00	54.00	19.67	32.40	5489.50
11	68.00	72.67	75.67	100.00	46.33	27.33	29.47	3508.70
12	66.67	73.67	75.67	101.33	38.33	26.00	30.27	2758.70
13	79.67	83.33	86.33	112.33	81.00	47.67	16.30	1088.40
14	57.67	62.33	65.67	83.67	67.33	35.67	36.50	5538.20
15	70.67	75.33	77.67	98.67	41.67	32.00	30.87	4424.60
16	71.00	74.33	78.33	96.00	68.67	40.33	29.13	3342.50
17	57.33	65.00	68.33	97.00	38.67	31.00	35.07	4814.50
18	64.00	70.00	72.33	98.67	49.00	15.67	34.33	5901.90
19	68.00	74.33	77.33	103.33	47.00	28.00	31.80	3870.20
20	66.00	74.00	76.00	95.00	35.67	23.00	34.20	5302.80
21	66.33	71.33	77.00	93.33	52.67	24.00	26.87	4131.30
22	62.67	69.33	71.33	91.00	35.67	22.67	35.20	4688.40
23	63.00	69.00	78.00	91.33	33.33	18.33	33.53	6061.90
24	63.67	70.33	72.00	94.67	36.00	27.33	30.33	5164.20
25	65.67	71.00	73.00	91.67	47.33	25.33	31.93	5779.90
26	76.00	81.67	83.67	104.67	51.33	18.33	31.00	2479.40
27	72.00	76.33	79.00	102.33	63.33	52.00	30.33	2597.60
28	73.33	77.67	79.33	100.00	55.67	28.33	30.07	3801.60
29	78.00	82.00	84.67	104.67	67.00	44.33	21.13	3059.90
30	66.33	73.00	77.00	93.67	52.67	40.33	24.60	3687.70
31	61.67	65.00	68.00	88.00	61.67	31.00	27.87	5141.60
32	80.00	83.33	86.00	105.00	62.67	25.00	20.20	1445.60
33	76.33	80.67	82.67	100.00	69.67	52.67	21.00	1901.90
34	79.67	84.67	86.67	107.33	73.33	55.33	22.33	3120.30
35	67.67	71.67	74.33	93.67	62.67	38.33	22.13	3256.00
36	71.00	75.00	78.33	100.00	68.33	50.67	23.60	2889.20
37	80.67	84.67	86.67	104.00	62.33	26.00	24.93	1427.60
38	72.00	76.00	78.67	101.67	71.00	43.33	23.33	2609.50
39	71.33	74.67	77.00	101.67	75.33	48.00	23.13	2612.40
40	65.33	69.67	72.00	99.67	62.00	28.33	30.47	4483.00
41	63.67	68.67	71.00	94.67	42.33	34.33	31.80	6068.10
42	81.67	86.67	88.67	106.67	44.33	34.00	26.87	3507.60
43	64.33	67.67	70.33	90.33	62.33	41.00	22.47	3799.70
حداقل Minimum	57.33	62.33	65.67	83.67	33.33	15.67	16.30	1088.40
حداکثر Maximum	81.67	86.67	88.67	112.33	81.00	55.33	36.50	7087.30
میانگین Means	68.12	73.45	76.57	97.56	53.44	32.03	28.72	4062.00
LSD 5%	1.91	2.24	4.81	4.48	9.72	11.33	4.58	1293.29
LSD 1%	2.53	2.97	6.38	5.95	12.89	15.03	6.07	1715.29

با مقایسه نتایج دوساله می‌توان دریافت که برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۴۱ بودند. از نظر وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ و ۱۷، از لحاظ تعداد دانه در خوشه ژنوتیپ‌های شماره ۳۶ و ۳۹، از لحاظ ارتفاع بوته

ژنوتیپ‌های شماره ۳۸ و ۳۹ مقادیر بالاتری داشتند. تفاوت بین واریته‌ها در ارتفاع بوته به‌دلیل تفاوت در ترکیب ژنتیکی بوده و این یکی از مهمترین ویژگی‌هایی است که به عملکرد بیوماس کمک می‌کند (Beyene *et al.*, 2015). از آنجایی که ارتفاع زیاد بوته در یولاف با ایجاد خوابیدگی منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود؛ بنابراین این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد دانه کم بودند که این موضوع با نتایج تحقیقات مولایی و همکاران (Molaei *et al.*, 2023) مطابقت داشت. از نظر روز تا رسیدگی، ژنوتیپ شماره ١٤ با داشتن کمترین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک زودرس‌ترین ژنوتیپ بود.

ضرایب همبستگی: همبستگی بین صفات برای به‌نژادگر بسیار مهم است. به‌نژادگران می‌توانند با همبستگی بین صفات مختلف بالاخص عملکرد دانه و اجزای آن و همچنین تعیین رابطه علت و معلولی بین آن‌ها، مناسب‌ترین ترکیب اجزا را که منتهی به عملکرد بالاتر می‌شود را گزینش نماید. در تفسیر همبستگی بین صفات، مقدار و علامت باید در نظر گرفته شود. مقدار بیانگر وجود رابطه خطی بین صفات مورد مطالعه است و علامت نشان می‌دهد که هر دو صفت بر هم تأثیر مثبت دارند یا با افزایش یک صفت، دیگری تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد و آن را کاهش می‌دهد (Rigatti *et al.*, 2018). شناسایی صفات مورفولوژیکی و زراعی مرتبط با عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی مفید است و به‌دنبال آن انتخاب درست در نهایت منجر به بهبود ارقام تجاری می‌شود (Aghaie *et al.*, 2023).

در این پژوهش محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات در سال اول و دوم (جدول ٦) نشان می‌دهد که عملکرد دانه در سال اول و دوم آزمایش با وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و در سال اول با صفات فنولوژیک و ارتفاع بوته و در سال دوم با صفات فنولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد دانه در خوشه همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت. مولایی و همکاران (Molaei *et al.*, 2023) همبستگی عملکرد دانه یولاف با وزن هزاردانه مثبت و معنادار گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد؛ بنابراین وزن هزاردانه به‌دلیل داشتن همبستگی مثبت قوی با عملکرد دانه، سهم عمده‌ای در عملکرد دانه دارد و انتخاب مستقیم از طریق این صفت می‌تواند مؤثر باشد (Tessema and Getinet, 2020). اروشنکو و همکاران (Eroshenko *et al.*, 2021) دریافتند که در جو بهاره همبستگی منفی قوی بین وزن هزاردانه و عملکرد وجود دارد که در تضاد با نتایج مطالعه حاضر است.

در سال اول ارتفاع بوته با وزن هزاردانه و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشت که میزان این همبستگی در سال دوم آزمایش بیشتر شده است. در یولاف ارقام ساقه بلند نسبت به ارقام ساقه کوتاه تولید کمتری دارند که نتایج کازیو و همکاران (Kaziu *et al.*, 2019) و بورستمایر و همکاران (Buerstmayr *et al.*, 2007) تأییدی بر این ادعاست که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

در سال اول و دوم صفت وزن هزاردانه با کلیه صفات به جز صفت عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشته است. این واقعیت نشان می‌دهد که این صفت تحت کنترل ژنتیکی قرار داد. تفاوت بین ژنوتیپ‌های یولاف از نظر وزن هزاردانه در مطالعات بسیاری گزارش شده است (Buerstmayr *et al.*, 2007; May *et al.*, 2004; Yanming *et al.*, 2006).

در سال اول و دوم صفات فنولوژیک اندازه‌گیری شده (روز تا آبستنی، روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) همگی همبستگی منفی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با وزن هزاردانه و عملکرد دانه داشتند. در پژوهش‌های انجام گرفته نیز گزارش شده که کاهش زمان گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، اندازه خوشه یکنواخت و دانه‌های سنگین تر را تسهیل می‌کند (Mohanan and Mini, 2008).

طبق نتایج همت زاده و همکاران (Hemmatzadeh *et al.*, 2004) بین عملکرد دانه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و روز تا خوشه‌دهی همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد. از طرفی در یولاف تأخیر در برداشت منجربه کاهش عملکرد دانه می‌گردد. سینقال و همکاران (Singhal *et al.*, 2022) در تجزیه و تحلیل تغییرات ناشی از پارامترهای هواشناسی (دما و رطوبت) در طی ۱۵ سال بر روی ویژگی‌های رشدی، فنولوژی و عملکرد ۲۷۷ لاین ژرم‌پلاسم جغرافیایی متنوع یولاف، علت کاهش عملکرد دانه یولاف در مراحل رشد فنولوژیکی را گرم شدن آب و هوا و تغییر اقلیم عنوان کردند (Singhal *et al.*, 2022). این یافته‌ها تعاملات پیچیده ژنوتیپ و محیط را برجسته می‌کنند، که می‌تواند استراتژی‌های اصلاحی را برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول بهبود بخشد.

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده ٤٣ ژنوتیپ یولاف زراعی(پایین قطر سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و بالای قطر سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹

Table 6. Correlation coefficients between measured traits of 43 Oat genotypes during 2019-2020 (bottom diagonal) and 2020-2021 (upper diagonal) cropping seasons

صفات Traits	روز تا آبستنی Days to booting	روز تا خوشه‌دهی Days to heading	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزاردانه Thousand grain weight	عملکرد دانه Grain yield
روز تا آبستنی Days to booting	1	0.980**	0.938**	0.801**	0.459**	0.440**	-0.732**	-0.778**
روز تا خوشه‌دهی Days to heading	0.973**	1	0.959 **	0.814**	0.324*	0.371*	-0.669**	-0.720**
روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	0.947**	0.960**	1	0.818**	0.294 ns	0.352*	-0.660**	-0.716**
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	0.597**	0.668**	0.692**	1	0.331*	0.339*	-0.547**	-0.723**
ارتفاع بوته Plant height	0.441**	0.532**	0.466**	0.329*	1	0.672**	-0.650**	-0.601**
تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	0.205ns	0.269 ns	0.248 ns	0.384*	0.579**	1	-0.666**	-0.494**
وزن هزار دانه Thousand grain weight	-0.417**	-0.466**	-0.408**	-0.440**	-0.388*	-0.524**	1	0.726**
عملکرد دانه Grain yield	-0.759**	-0.760**	-0.728**	-0.463**	-0.570**	-0.232 ns	0.449**	1

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and n.s: Significant (α= 5%), highly significant (α= 1%), and non-significant, respectively.

تجزیه علیت: هدف تجزیه و تحلیل علیت کمک به محقق در درک روابط بین صفاتی است که در چرخه زندگی گیاهان نقش دارند. عملکرد یک صفت کمی است که توسط بسیاری از صفات دیگر کنترل می‌شود، که عمدتاً ماهیتی چند ژنی دارند (Li *et al.*, 2021). رابطه عملکرد و اجزای آن به‌طور دقیق توسط تحلیل‌های همبستگی ساده منعکس نمی‌شود و تحلیل‌های مسیر در شفاف‌سازی روابط و اثرات صفات مفید هستند. به بیان دیگر تجزیه علیت با در اختیار قرار دادن اطلاعاتی در مورد رابطه ژنتیکی بین عملکرد و صفاتی که به عملکرد کمک می‌کنند، در توسعه استراتژی‌های تولیدمثلی گیاهان مفید است (Göre *et al.*, 2023).

تجزیه مسیر انجام‌شده در طی دو سال متوالی (جدول ۷) نشان داد که صفات روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه دارای اثر مستقیم برعملکرد دانه هستند. صفت روز تا گرده‌افشانی در هر دو سال اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه نشان داد؛ به‌طوری‌که در سال اول این اثر برابر با (۰/٥۲٤-) و در سال دوم برابر با (۰/٤۹۸-) بود. همچنین، اثرات غیرمستقیم منفی از طریق ارتفاع بوته (۰/۱۷٥- در سال اول و ۰/۱۰۷- در سال دوم) و وزن هزاردانه (۰/۰۸٥- در سال اول و ۰/۱۳۲- در سال دوم) و اثر غیرمستقیم مثبت ضعیف از طریق تعداد دانه در خوشه (۰/۰٥٥در سال اول و ۰/۰۲۱ در سال دوم) مشاهده شد. همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

میان روز تا گرده‌افشانی و عملکرد دانه در هر دو سال ثبت شد (۰/۷۲۸- سال اول و ۰/۷۱٦- در سال دوم).

ارتفاع بوته نیز اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه در هر دو سال داشت؛ به‌طوری‌که در سال اول (۰/۳۵۷-) و سال دوم (۰/۳٦٤-) بود. اثرات غیرمستقیم منفی از طریق روز تا گرده‌افشانی (۰/۲۲٤- در سال اول و ۰/۱٤٦- در سال دوم) و وزن هزاردانه (۰/۰۸۰- در سال اول و ۰/۱۲۹- در سال دوم) و اثر غیرمستقیم مثبت ضعیف از طریق تعداد دانه در خوشه (۰/۱۳۰ در سال اول و ۰/۰۳۹ در سال دوم) مشاهده شد. همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد میان ارتفاع بوته و عملکرد دانه ثبت گردید (۰/۵۷۰- در سال اول و ۰/٦۰۱- در سال دوم).

صفت تعداد دانه در خوشه در هر دو سال اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه نشان داد؛ به‌طوری‌که در سال اول این اثر برابر با (۰/۲۲٤ و در سال دوم برابر با (۰/۰۵۸) بود. همچنین، اثرات غیرمستقیم منفی از طریق ارتفاع بوته (۰/۲۱۷- در سال اول و ۰/۲٤۵- در سال دوم) و وزن هزاردانه (۰/۱۰۸- در سال اول و ۰/۱۳۳- در سال دوم) و روز تا گرده‌افشانی (۰/۱۳۰- در سال اول و ۰/۱۷۵- در مشاهده شد. همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد میان تعداد دانه در خوشه و عملکرد دانه در سال دوم ثبت شد (۰/٤۹۵-).

وزن هزاردانه اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه داشت و این مقدار در سال اول (۰/۲۰۷) و در سال دوم (۰/۱۹۹) بود. اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق روز تا گرده‌افشانی (۰/۲۱٤ در سال اول و ۰/۳۲۹ در سال دوم) و ارتفاع بوته (۰/۱٤٦ در سال اول و ۰/۲۳۷ در سال دوم) و اثر غیرمستقیم منفی ضعیف از طریق تعداد دانه در خوشه (۰/۱۱۷- در سال اول و ۰/۰۳۹- در سال دوم) مشاهده شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد میان وزن هزاردانه و عملکرد دانه دیده شد (۰/٤۵۰ در سال اول و ۰/۷۲٦ در سال دوم). در تحقیقی که ظاهری و همکاران (Zaheri *et al.*, 2013) بر روی ۲۱ ژنوتیپ یولاف زراعی تحت شرایط آبی و دیم انجام دادند، نتایج تجزیه مسیر در هر دو شرایط آبی و دیم نشان داد که صفات تعداد خوشه در مترمربع، وزن هزاردانه و تعداد دانه در خوشه به‌ترتیب بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه داشتند و همچنین مولایی و همکاران (Molaei *et al.*, 2023) به این نتیجه رسیدند که وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه دارند.

تجزیه خوشه‌ای: تجزیه خوشه‌ای از روش‌های گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد بررسی است. این روش نشان دهنده ارتباط بین ژنوتیپ‌ها با هم بوده و ژنوتیپ‌های مشابه را در یک گروه قرار می‌دهد، به‌گونه‌ای که ژنوتیپ‌هایی که در گروه‌های مجزا قرار می‌گیرند، بیشترین فاصله را از نظر صفات مورد مطالعه با یکدیگر دارند (Sourilaki *et al.*, 2024).

در مطالعه حاضر گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس صفات زراعی به‌روش Ward و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱٤۰۰-۱۳۹۹ انجام گرفت (شکل ۲ و ۳). نتایج تابع تشخیص گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در سال اول، هفت گروه و در سال دوم شش گروه را تأیید نمود. میانگین صفات اندازه‌گیری شده هر خوشه در جداول ۸ و ۹ آمده است.

در سال اول آزمایش (جدول ۸) خوشه چهارم و خوشه پنجم به‌ترتیب با ۳ و ۱۲ ژنوتیپ از نظر صفات وزن هزاردانه و عملکرد دانه دارای بیشترین میانگین بودند. همچنین کمترین میزان روز تا صفات فنولوژیک درمقایسه با سایر خوشه‌ها مربوط به اعضای این دو خوشه بود. اعضای این خوشه‌ها ژنوتیپ‌های ۳، ۱۰، ۱۳، ٤، ۷، ۲۳، ۱٤، ۱۵، ۲۵، ۱۲، ۲۱، ۱۱، ۲٤، ۱۸ و ۲۲ را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرعملکرد و زودرس‌تر در سال اول دانست.

در سال دوم آزمایش (جدول ۹) خوشه چهارم و خوشه ششم به‌ترتیب با ۸ و ۱ ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه دارای میانگین بالا بودند، از نظر صفات وزن هزاردانه دارای بیشترین میانگین بودند. همچنین کمترین میزان میانگین روز تا صفات فنولوژیک درمقایسه با سایر خوشه‌ها مربوط به اعضای این دو خوشه بود. اعضای این خوشه‌ها ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۲۲، ۸، ۹، ۱۷، ۱۵، ٤۰ و ۳ را می‌توان

به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرعملکرد و زودرس‌تر در سال دوم دانست. با مقایسه نتایج دوساله تجزیه خوشه‌ای می‌توان دریافت که ژنوتیپ‌های ۳، ۲۲ و ۱۵ ژنوتیپ‌های برتر با خصوصیات زراعی مطلوب بودند.

دودا و همکاران (Duda *et al.*, 2021) در مطالعه عملکرد ارقام یولاف بهاره در واکنش به کوددهی و فاصله کاشت، نشان دادند که تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را در ٤ خوشه قرار داد. آلتونر (Altuner, 2022) در تعیین عملکرد و اجزای عملکرد برخی از ارقام یولاف، رشد یافته در شرایط آناتولی شرقی نشان دادند که تجزیه خوشه‌ای ارقام را در ۳ گروه جای داد. در گروه اول و دوم هر کدام شش رقم و در گروه سوم تنها یک رقم قرار گرفتند.

جدول ۷- تجزیه مسیر صفات اندازه‌گیری شده بر عملکرد دانه در دو سال ۱٤۰۰-۱۳۹۸

Table 7. Path analysis of measured traits on grain yield in two years 2019-2021

سال زراعی Crop Year	متغیر وابسته Dependent variable	صفات Traits	اثرات غیرمستقیم Indirect effects				اثر مستقیم Direct effect	همبستگی Correlation	ضریب تبیین R^2
			روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزاردانه Thousand grain weight			
1399-1398 2019-2020	عملکرد دانه Grain yield	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	–	-0.175	0.055	-0.085	-0.524	-0.728**	0.637
		ارتفاع بوته Plant height	-0.244	–	0.130	-0.080	-0.375	-0.570**	
		تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	-0.130	-0.217	–	-0.108	0.224	-0.232ns	
		وزن هزار دانه Thousand grain weight	0.214	0.146	-0.117	–	0.207	0.450**	

سال زراعی Crop Year	متغیر وابسته Dependent variable	صفات Traits	اثرات غیرمستقیم Indirect effects				اثر مستقیم Direct effect	همبستگی Correlation	ضریب تبیین R^2
			روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight			
1400-1399 2020-2021	عملکرد دانه Grain yield	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	–	-0.107	0.021	-0.132	-0.498	-0.716**	0.691
		ارتفاع بوته Plant height	-0.146	–	0.039	-0.129	-0.364	-0.601**	
		تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	-0.175	-0.245	–	-0.133	0.058	-0.495**	
		وزن هزار دانه Thousand grain weight	0.329	0.237	-0.039	–	0.199	0.726**	

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and n.s: Significant (α= 5%), highly significant (α= 1%), and non-significant, respectively.

جدول ۸- مقایسات میانگین کلاسترها برای صفات اندازه‌گیری شده ٤٣ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸

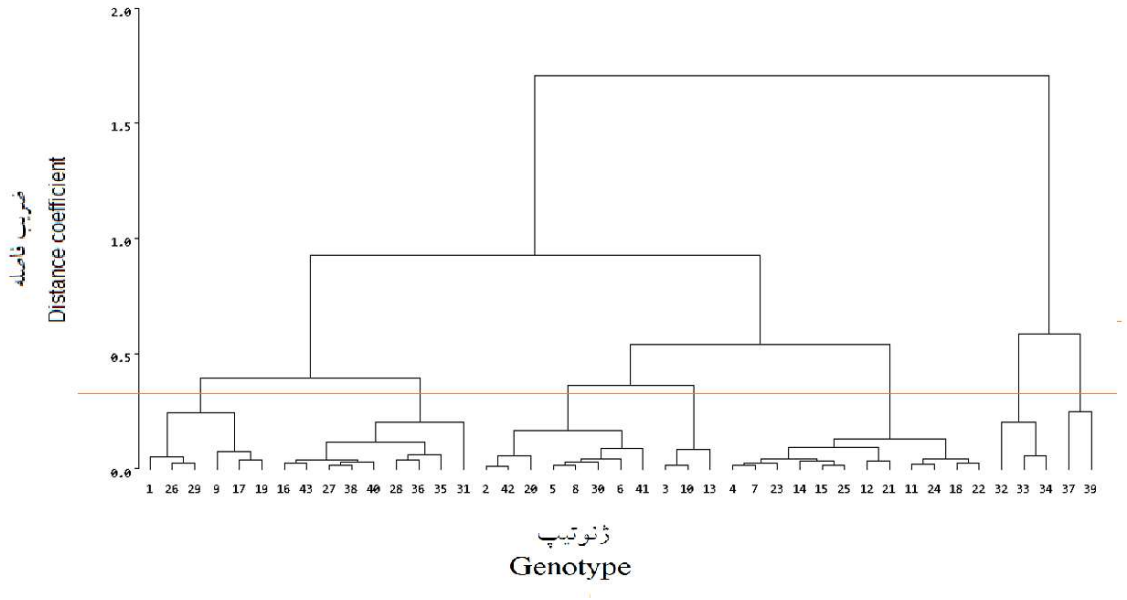
Table 8. Mean comparisons of clusters for measured traits of the 43 oat genotypes in the year 2019-2020

صفت (Trait) / خوشه (Cluster)	1	2	3	4	5	6	7	میانگین Means
تعداد اعضاء خوشه number of cluster members	6	9	8	3	12	3	2	-
روز تا آبستنی Days to booting	83.66	85.17	84.58	83.00	83.09	92.56	86.11	84.47
روز تا خوشه‌دهی Days to heading	85.39	87.20	86.40	84.22	84.35	95.78	88.67	86.29
روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	88.91	90.62	89.87	87.78	88.06	98.33	93.00	89.73
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	107.34	108.55	107.82	105.44	106.38	113.33	110.78	107.61
ارتفاع بوته Plant height	43.44	50.23	47.36	40.94	40.36	54.44	61.49	47.03
تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	47.74	54.46	51.46	46.67	46.82	50.78	62.33	50.84
وزن هزار دانه Thousand grain weight	30.74	29.54	30.10	32.74	31.26	27.33	29.47	30.03
عملکرد دانه Grain yield	3921.59	3205.91	3479.52	4938.77	4036.69	1406.73	2444.30	3566.22

جدول ۹- مقایسات میانگین کلاسترها برای صفات اندازه‌گیری شده ٤٣ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال ۱٤۰۰-۱۳۹۹

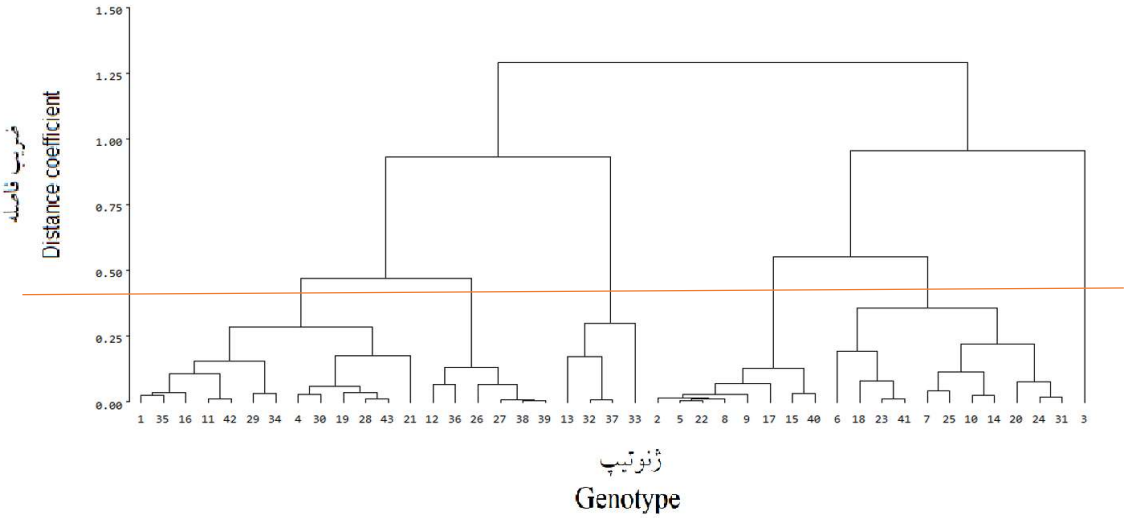
Table 9. Mean comparisons of clusters for measured traits of 43 oat genotypes in the year 2020-2021

صفت (Trait) / خوشه (Cluster)	1	2	3	4	5	6	میانگین Means
تعداد اعضاء خوشه number of cluster members	13	6	4	8	11	1	-
روز تا آبستنی Days to booting	68.12	69.58	69.53	67.73	68.05	63.00	68.12
روز تا خوشه‌دهی Days to heading	73.45	74.63	74.61	73.09	73.28	70.33	73.45
روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	76.57	77.54	77.59	76.32	76.47	72.33	76.57
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	97.56	98.38	98.00	97.54	97.69	93.67	97.56
ارتفاع بوته Plant height	53.44	56.05	55.39	54.00	54.34	47.67	53.44
تعداد دانه در خوشه Number of grain per spike	32.03	33.95	33.33	31.62	32.67	27.33	32.03
وزن هزار دانه Thousand grain weight	28.72	27.93	28.21	29.00	28.73	31.13	28.72
عملکرد دانه Grain yield	4062.00	3674.92	3796.69	4051.13	3996.22	7087.30	4062.00



شکل ۲- نمودار تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی برای ٤۳ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Figure 2. Cluster analysis diagram using ward's method and based on squared euclidean distance for the 43 oat genotypes in the year 2019-2020



شکل ۳- نمودار تجزیه خوشه ای به روش Ward و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی برای ٤۳ ژنوتیپ یولاف زراعی در سال ۱٤۰۰-۱۳۹۹

Figure 3. Cluster analysis diagram using ward's method and based on squared euclidean distance for the 43 oat genotypes in the year 2020-2021

به‌طور کلی ارزیابی ٤۳ ژنوتیپ یولاف در کشت بهاره طی دو سال زراعی (۱۳۹۹–۱۳۹۸ و ۱٤۰۰–۱۳۹۹) نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در صفات فنولوژیک و مورفولوژیک بود. تجزیه واریانس مرکب تأیید کرد که اثر متقابل ژنوتیپ در سال برای همه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، که بیانگر تأثیر شرایط محیطی بر عملکرد ژنوتیپ‌ها است. تجزیه واریانس ساده نشان داد که ژنوتیپ‌ها در هر دو سال آزمایش از لحاظ کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد

تفاوت معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که ژنوتیپ‌های ۳ و ٤١ بالاترین عملکرد دانه را داشتند، در حالی که تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳، ۱۵ و ۲۲ در خوشه‌های با عملکرد بالا و خصوصیات زراعی مطلوب قرار دارند. محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات بیان کرد عملکرد دانه با وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته و صفات فنولوژیک همبستگی منفی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت. تجزیه علیت آشکار کرد که روز تا گرده‌افشانی بیشترین اثر مستقیم منفی را بر عملکرد دانه داشت. با توجه به عملکرد برتر در دو سال و خصوصیات زراعی مطلوب، ژنوتیپ ۳ (Potoroo) به‌عنوان برترین ژنوتیپ برای کشت بهاره معرفی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی برای صفات مورد مطالعه است. همچنین نتایج کلی بیانگر این موضوع است که ژنوتیپ‌ها برای اهداف اصلاحی مناسب هستند. با توجه به نقش محوری ژرم‌پلاسم یولاف در بهبود عملکرد و با تأکید بر سهم شرایط محیطی در پایداری توصیه می‌شود که این ژنوتیپ‌ها در محیط‌های بیشتری مورد بررسی قرار گیرند تا پایدارترین ژنوتیپ ها در کشت بهاره معرفی گردد و یا از آن‌ها به‌عنوان والد در برنامه‌های دورگ‌گیری جهت تولید نسل برتر مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر مرهون همکاری صمیمانه و تلاش بی‌وقفه خانم مهندس نگار شهبازی و خانم مهندس لیلا جلیلی است که با مشارکت فعال و مسئولانه در تمامی مراحل طرح، از کاشت تا برداشت و اندازه‌گیری دقیق صفات، نقشی کلیدی ایفا کردند. دقت علمی و تعهد حرفه‌ای این دو همکار گرامی، سهمی اساسی در تحقق اهداف این مطالعه داشت.

References

Aghaie, N., Zarei, L. and Cheghamirza, K. (2023). Agro-morphological and physiological traits affecting grain yield of durum wheat advanced generations under rainfed conditions. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 13(1): 79-94. https://doi.org/10.22034/jppb.2023.16409

Aghakhani Khanibadi, N., Sorkhi Lelelu, B. and Nakhjavan, S. (2013). Investigation of nonparametric stability and comparison of yield of oat lines in Karaj region. *Journal of Plant Production Science*, 3(1): 33-39 (In Persian).

Akbarpour, O. (2017). Application of variance components estimators in plant breeding. *Plant Genetic Research*, 4(1): 1-24 (In Persian). http://dx.doi.org/10.29252/pgr.4.1.1

Altuner, F. (2022). Determination of yield and yield components of some oat cultivars, grown in the eastern Anatolia conditions, by correlation, path and cluster analysis. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1): 575-584. https://doi.org/10.15244/pjoes/140568

Bahraminejad, S., Sheikhehpour, S. and Pirmoradi, I. (2016). Evaluation of yield and yield components of oat genotypes under rainfed and irrigated conditions in Sarpol-e-Zahab. *Cereal Research*, 5(4): 387-398 (In Persian).

Beyene, G., Araya, A. and Gebremedhn, H. (2015). Evaluation of different oat varieties for fodder yield and yield related traits in Debre Berhan Area, central highlands of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 27(9): 170.

Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H. and Zechner, E. (2007). Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*, 101(3): 343-351. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.12.011

Canales, F.J., Montilla-Bascón, G., Gallego-Sánchez, L.M., Flores, F., Rispail, N. and Prats, E. (2021). Deciphering main climate and edaphic components driving oat adaptation to mediterranean environments. *Frontiers in Plant Science*, 12: 780562. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.780562

Duda, M., Tritean, N., Racz, I., Kadar, R., Russu, F., Fițiu, A., Muntean, E. and Vâtcă, A. (2021). Yield performance of spring oats varieties as a response to fertilization and sowing distance. *Agronomy*, 11(5): 815. https://doi.org/10.3390/agronomy11050815

Elsahookie, M., Younis, N. and Al-Khafajy, M. (2013). Performance, variance components and heritability of oats cultivers under irrigation intervals. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 44(1): 1-15.

Eroshenko, L.M., Levakova, O.V., Gladysheva, O.V., Gureeva, E.V., Romakhin, M.M. and Dedushev, I.A. (2021). The elements of productivity and their contribution to high level of crop yield (based on spring barley researches). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 843(1): 012005. https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012005

FAO. (2019). FAOSTAT. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (accessed on 9 September 2023). FAO. Rome, Italy.

Finnan, J. and Spink, J. (2017). Identification of yield limiting phenological phases of oats to improve crop management. *The Journal of Agricultural Science*, 155(1): 1-17. https://doi.org/10.1017/S0021859616000071

Göre, M., Zeinalzadeh-Tabrizi, H. and Kurt, O. (2023). Correlation and sequential path analysis of oil yield and related characteristics in camelina under seasonal variations. *Oilseeds and Fats Crops and Lipids*, 30: 2. https://doi.org/10.1051/ocl/2022035

Hemmatzadeh, F., Rezaee, A. and Ghasemi, P.A. (2004). Evaluation of the effect of green forage clipping on grain yield and some of the characteristics of oat (*Avena sativa* L.) cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi*, 61: 42-50 (In Persian).

Ihsan, M., Nazir, N., Ghafoor, A., Khalil, A.A.K., Zahoor, M., Nisar, M., Khames, A., Ullah, R. and Shah, A.B. (2021). Genetic diversity in local and exotic *Avena sativa* L.(Oat) germplasm using multivariate analysis. *Agronomy*, 11(9): 1713. https://doi.org/10.3390/agronomy11091713

Kaziu, I., Kashta, F. and Celami, A. (2019). Estimation of grain yield, grain components and correlations between them in some oat cultivars. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 18(1): 13-19.

Kebede, G., Worku, W., Feyissa, F. and Jifar, H. (2023). Agro-morphological traits-based genetic diversity assessment on oat (*Avena sativa* L.) genotypes in the central highlands of Ethiopia. *All Life*, 16(1): 2236313. https://doi.org/10.1080/26895293.2023.2236313

Li, L., Peng, Z., Mao, X., Wang, J., Li, C., Chang, X. and Jing, R. (2021). Genetic insights into natural variation underlying salt tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 72(4): 1135-1150. https://doi.org/10.1093/jxb/eraa500

May, W.E., Mohr, R.M., Lafond, G.P., Johnston, A.M. and Stevenson, F.C. (2004). Early seeding dates improve oat yield and quality in the eastern prairies. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(2): 431-442. https://doi.org/10.4141/P02-157

Mohammadinejad, G. and Rezaei, A.M. (2007). Analysis of genotype× environment (agronomic practices) interaction in oat genotypes based on path coefficient analysis and regression. *Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(1): 187-199 (In Persian).

Mohanan, K. and Mini, C. (2008). Relative contribution of rice tillers of different status towards yield. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 2(1): 9-12. https://doi.org/10.3923/ijpbg.2008.9.12

Molaei, B., Bahraminejad, S. and Zarei, L. (2023). Genetic variation of agronomic traits in a global collection of oats (*Avena* sp.). *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 13(2): 145-159.

Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Kumar, A. and Unnikrishnan, V. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 662-675. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1

Rauf, M., Yoon, H., Lee, S., Shin, M.J., Ko, H.C., Lee, M.C., Oh, S., Hyun, D.Y., Hur, O. and Choi, Y.M. (2019). Evaluation of major dietary ingredients in diverse oats (*Avena sativa* L.) germplasm. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 22: 495-507. https://doi.org/10.1007/s12892-019-0274-0

Rigatti, A., Pelegrin, A.J.d., Meier, C., Lunkes, A., Klein, L.A., Silva, A.F.d., Bellé, E.P., Silva, A.D.B., Marchioro, V.S. and Souza, V.Q.D. (2018). Combination capacity and association among traits of grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.): A Review. *Journal of Agricultural Science*, 10(5): 179-187. https://doi.org/10.5539/jas.v10n5p179

Safavi, S.M. and Bahraminejad, S. (2017). The Evaluation of Genotype × Environment Interactions for Grain Yield of Oat Genotypes using AMMI Model. *Journal of Crop Breeding*, 9(22): 125-132 (In Persian). https://doi.org/10.29252/jcb.9.22.125

Safavi, S.M., Bahraminejad, S. and Beheshtizadeh, H. (2025). Grain yield stability analysis of oat (*Avena sativa* L.) genotypes using univariate parametric and non-parametric methods. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 4(1): 66-91 (In Persian).

Sánchez-Martín, J., Rispail, N., Flores, F., Emeran, A.A., Sillero, J.C., Rubiales, D. and Prats, E. (2017). Higher rust resistance and similar yield of oat landraces versus cultivars under high temperature and drought. *Agronomy for sustainable Development*, 37(3): 1-14. https://doi.org/10.1007/s13593-016-0407-5

Santos, J., Scheffer-Basso, S.M., Lângaro, N.C. and Brammer, S.P. (2017). Instability of the expression of morphological and phenological descriptors to environmental variation in white oat. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(2): 683-698. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n2p683

Singhal, R., Chand, S., Rana, M., Priyadarshini, P., Roy, A., Kumar, N. and Ahmed, S. (2022). Propensity of diversified Avena for potential yield attributes under abiding analogous weather conditions. *Range Management and Agroforestry*, 43(1): 33-40.

Sourilaki, E., Rabiei, B., Hosseini Chaleshtori, M. and Jokarfard, V. (2024). Investigating genetic diversity of imported quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) genotypes using morphological-phenological traits. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(1): 49-61 (In Persian).

Tessema, A. and Getinet, K. (2020). Evaluation of oats (*Avena sativa*) genotypes for seed yield and yield components in the highlands of Gamo, Southern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 30(3): 15-23.

Yanming, M., ZhiYong, L., YuTing, B., Wei, W. and Hao, W. (2006). Study on diversity of oats varieties in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 43(6): 510-513.

Zaheri, A., Bahraminejad, S., Farshadfar, E. and Leila, Z. (2013). Correlation and path analysis of grain yield and yield components of oat genotypes under irrigated and rainfed conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(10): 2656-2664.

Zarei, P., Badakhshan, H. and Mirzaghaderi, G. (2024). Comparison of genetic diversity between two oat species (Avena sativa and Avena fatua) using phenotyping, molecular markers, and chromosomal parameters. *Plant Genetic Research*, 11(1): 15-36 (In Persian). http://doi.org/10.22034/PGR.11.1.2