ISSN: 2676-7309

Plant Genetic Researches

Volume 11, Issue 2 (2025)

Lorestan University

Research Article

http://dx.doi.org/10.22034/PGR.11.2.9

Evaluation of Genetic Diversity of *Aegilops tauschii* Ecotypes Using Simple and Multivariate Statistical Methods

Fatemeh Hosseini[1], Sayyed Saeed Moosavi[2,*] and Mohammad Reza Abdollahi[3]

1- Former M.Sc. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

***Corresponding author** ✉: *s.moosavi@basu.ac.ir*

Citation: Hosseini, F., Moosavi, S.S. and Abdollahi, M.R. (2025). Evaluation of genetic diversity of *Aegilops tauschii* ecotypes using simple and multivariate statistical methods**.** *Plant Genetic Researches*, **11(2):** 131-154. http://dx.doi.org/10.22034/PGR.11.2.9

(Received: December 20, 2024; Final Revised: February 15, 2025; Accepted: Revised: February 23, 2025; Published online: March 17, 2025)

Extended abstract

Introduction

Given the limited genetic diversity in crop species, the use of wild relatives of crop plants provides breeders with a rich and diverse gene pool of new and desirable alleles. Bread wheat, as the most important cereal, is cultivated worldwide. This strategic crop possesses diverse genotypes that are widely utilized in breeding programs. However, in recent years, the genetic diversity of cultivated wheat has declined due to factors such as intensive breeding and repeated selection. Consequently, the exploitation of genetic resources from wild relatives, particularly species within the genus *Aegilops*—notably *Aegilops tauschii*, which harbors a wealth of beneficial genes—has become both necessary and imperative for sustaining and enhancing wheat improvement efforts. Multivariate statistical analyses are performed on morphological data with the aim of grouping and separating genotypes. The aim of the present study was to apply simple and multivariate statistical methods to assess the genetic diversity of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* collected from different regions of Iran under optimal moisture conditions so that the information obtained can be used to utilize the diversity of this germplasm in future wheat breeding programs.

Materials and methods

In this study, the genetic diversity of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* (2n=2x=14, DD) was evaluated under normal moisture conditions (95% of pot capacity) for 33 important phenological and agro-morpho-physiological traits. The experiment was conducted in a replicated manner and during two consecutive cultivation periods in a RCBD experiment in three replicates in the research greenhouse of Bu-Ali Sina University. The ecotypes were almost genetically pure due to several years of single-plant selection. Duncan's multiple range test at 5% probability level was used to compare the means. Principal component analysis and cluster analysis were performed using Minitab software. Discriminant function analysis was used to confirm the correctness of the cluster cut location in the cluster analysis. Discriminant function analysis was performed using SPSS software.

Results and discussion

The effect of ecotype was significant for all the traits, and accordingly, selection in this germplasm may result in response to appropriate selection. Ecotype A19 had the highest and ecotypes A15, A16 and A17 had the lowest

©2025 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

grain yield per plant, respectively. Traits such as peduncle length, plant height, water use efficiency, harvest index, and spikelet number per spike showed a positive and significant correlation with that of grain yield and also demonstrated a high broad-sense heritability. Furthermore, days to spikelet and days to pollination traits with high heritability showed a significant negative correlation with yield. The results showed that most root traits and phenological traits, except for the length of grain filling period, had a negative genotypic correlation with grain yield, suggesting that plants allocated a major part of their photosynthetic materials to reproductive parts, including yield components, during a limited period of the growing season had higher grain yield. In the biplot diagram, since a small amount of both the first and second components were desired, the area 3 of the bi-plot, was introduced as the most desirable biplot region. Accordingly, the genotypes and traits that were in the area 3 of the bi-plot, were introduced as the most desirable genotypes and traits. Based on the results of cluster analysis, the ecotypes were placed in two separate groups. The ecotypes in the first cluster had the highest amount of root and phenological traits and the lowest grain yield. While, the ecotypes of the second cluster showed the lowest amount of root and phenological traits and the highest grain yield. Based on the results of the discriminant function, the grouping of ecotypes into two groups was confirmed completely. The results indicated the existence of high genetic diversity in the evaluated germplasm, which could be used in future wheat breeding programs.

Conclusion

The evaluated germplasm has significant genetic diversity, which can be used as an important gene source in future wheat breeding programs. Also, groups that have a large genetic distance from each other can be used in future hybridization programs to create the greatest artificial genetic diversity.

Keywords: Discriminant function analysis, Cluster analysis, Principal component analysis

پژوهش‌های ژنتیک گیاهی
جلد ۱۱، شماره ۲، ۱۴۰۳
شاپا الکترونیکی: ۷۳۰۹-۲۶۷۶
دانشگاه لرستان
مقاله پژوهشی
http://dx.doi.org/10.22034/PGR.11.2.9

ارزیابی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های آژیلوپس تائوشی (*Aegilops tauschii*) با استفاده از روش‌های آماری ساده و چندمتغیره

فاطمه حسینی[۱]، سید سعید موسوی[۲،*] و محمد رضا عبداللهی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۳۰؛ تاریخ آخرین ویرایش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷)

چکیده

در طی سال‌های اخیر، دو عامل افزایش فرسایش ژنتیکی و در نتیجه کاهش تنوع ژنتیکی، مهم‌ترین موانع پیش‌روی به‌نژادی برای بهبود عملکرد گندم بوده است. تنوع ژنتیکی، لازمه پاسخ به گزینش در نسل‌های در حال تفرق و عامل اصلی بهبود ژنتیکی صفات است. اجداد گندم در ایران، که دارای تنوع ژنتیکی بالایی می‌باشند، یکی از منابع ژنی کم‌نظیر در دنیا است که کاربرد آن‌ها، به پیشبرد اهداف به‌نژادی گندم کمک قابل‌توجهی خواهد کرد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* برای ۳۳ صفت مختلف، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در طی دو دوره متوالی کاشت و در شرایط بهینه رطوبتی انجام شد. نتایج بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین ۱۰ اکوتیپ ارزیابی شده بود. اکوتیپ A19 با بیش‌ترین عملکرد دانه، به‌عنوان مطلوب‌ترین اکوتیپ و اکوتیپ‌های A15، A16 و A17 با کم‌ترین عملکرد دانه، به‌عنوان اکوتیپ‌های نامطلوب شناسایی شدند. صفات طول پدانکل، ارتفاع بوته، کارایی مصرف آب، شاخص برداشت بوته و تعداد سنبلچه در سنبله با وراثت‌پذیری بالا، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه بودند. این در حالی بود که دو صفت روز تا سنبله‌دهی و روز تا گرده‌افشانی هم با وراثت‌پذیری بالا، با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی دار نشان دادند. طبق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۶۹/۸ درصد از واریانس کل داده‌ها توسط مؤلفه اول و دوم توجیه شد. مؤلفه اول تجزیه مؤلفه‌های اصلی، به‌عنوان "مؤلفه افزایش‌دهنده صفات ریشه‌ای" و مؤلفه دوم، به‌عنوان "مؤلفه کاهش‌دهنده عملکرد و اجزای عملکرد"، به‌ترتیب ۴۸ و ۲۱/۸ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه کردند. بنابراین با توجه به رابطه منفی هر دو مؤلفه اول و دوم با عملکرد، مقدار کم هر دو مؤلفه مورد نظر بود. بر این اساس، ناحیه سوم بای پلات، به‌عنوان ناحیه مطلوب، شناخته شد که اکوتیپ A19، با بیش‌تری عملکرد و اجزای عملکرد، در این ناحیه قرار گرفت. طبق نتایج تجزیه خوشه‌ای، اکوتیپ‌ها در دو خوشه مجزا قرار گرفتند. در حالی‌که اکوتیپ‌های خوشه اول، بیش‌ترین مقدار از صفات ریشه‌ای و فنولوژیک را نشان دادند، اکوتیپ‌های خوشه دوم، بیش‌ترین عملکرد دانه و اجزای عملکرد را داشتند. به‌طور کلی نتایج بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا در ژرم‌پلاسم حاضر بود که می‌توان از این منبع ژنی متنوع، در برنامه‌های آتی به‌نژادی گندم استفاده کرد.

واژگان کلیدی: تجزیه تابع تشخیص، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه مؤلفه‌های اصلی

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: s.moosavi@basu.ac.ir

مقدمه

دو عامل تنوع ژنتیکی و گزینش، لازمه تکامل طبیعی (Natural evolution) و تکامل مصنوعی (Artificial evolution) در گیاهان به‌شمار می‌روند. تکامل مصنوعی یا به‌نژادی گیاهی، یکی از اصول اساسی در سیستم‌های زیستی است که منجربه بهبود صفات زراعی در ارقام اصلاح شده می‌شود (Fu, 2015). انجام گزینش از بین فرم‌های متنوع یک صفت، موجب پاسخ به گزینش برای صفت مورد نظر خواهد شد (Hailegiorgis *et al*., 2011). ارزیابی و شناسایی تنوع ژنتیکی موجود در یک ژرم‌پلاسم، دارای اهمیت خاصی جهت حفاظت از آن ژرم‌پلاسم و استفاده از آن در برنامه‌های آتی به‌نژادی گیاهان دارد (Fu, 2015; Salami *et al*., 2018). علاوه‌بر این، اهداف مختلف به‌نژادی گیاهی شامل افزایش عملکرد دانه، بهبود سازگاری، بهبود کیفیت، افزایش مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها را تأمین می‌کند. با توجه به محدودیت تنوع ژنتیکی در گونه‌های زراعی، استفاده از خویشاوندان وحشی گیاهان زراعی، منبع ژنی غنی و متنوعی از آلل‌های جدید و ایده‌آل را برای به‌نژادگران فراهم می‌آورد (Warschefsky *et al*., 2014).

گندم نان به‌عنوان مهم‌ترین غله، در اغلب مناطق دنیا کشت می‌شود و تولید جهانی آن حدود ۷۸۳ میلیون تن است (FAO, 2023). این گیاه راهبردی دارای ژنوتیپ‌های متنوعی است که از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی استفاده می‌شود. لازمه استفاده بهینه از این ژنوتیپ‌های متنوع، ارزیابی تنوع آن‌ها و تعیین میزان این تنوع است (Jam Baranduzi *et al*., 2013). پیشرفت در به‌نژادی گندم نیازمند سه گام اساسی شامل کشف منابع ژنتیکی جدید جهت ارائه آلل‌های مورد نیاز برای گسترش دامنه ژنتیکی، استفاده از فناوری‌های نوین جهت ترکیب این تنوع و تولید ژنوتیپ‌های جدید و غربالگری منابع ژنتیکی برای ژن‌های مفید جهت تعیین بهترین ژنوتیپ برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی آتی می‌باشد (Langridge, 2017). به‌نظر می‌رسد که اولین گام مؤثر جهت پیشرفت در به‌نژادی گندم، ارزیابی و بهره‌برداری از ژرم‌پلاسم‌های متنوع موجود در سراسر جهان است (Phuke *et al*., 2020; Mohammadi *et al*., 2014). به‌طوری‌که بر اساس توانایی آن‌ها در دورگ‌گیری طبیعی با گندم، می‌توان از منابع ژنی مفیدشان در برنامه‌های به‌نژادی گندم استفاده کرد (Mohammadi *et al*., 2021).

روش‌های معمول برآورد تنوع ژنتیکی، پایدار نیستند و تحت شرایط محیطی قرار دارند (Marmar *et al*., 2013). متأسفانه در طی سال‌های اخیر، به‌دلایل مختلف ازجمله به‌نژادی و گزینش‌های مکرر، دامنه تنوع ژنتیکی گندم زراعی کاهش یافته است. این کاهش تنوع، تحمل گندم‌های زراعی در برابر عوامل نامطلوب محیطی را کاهش داده است. بر این اساس، بهره‌برداری از منابع ژنی خویشاوندان وحشی گندم، از جمله گونه‌های مختلف جنس آژیلوپس، به‌ویژه گونه آژیلوپس تائوشی، که غنی از ژن‌های مفید است را لازم و ضروری کرده است. در میان خویشاوندان وحشی گندم، گونه‌های مختلف آژیلوپس مخازن ژنی بالقوه‌ای هستند که نقش کلیدی در تکامل گندم دوروم و نان بازی کرده‌اند (Ashraf, 2010). ایران یکی از خاستگاه‌های اصلی گونه‌های وحشی آژیلوپس است که به دو زیرگونه تائوشی (*tauschii*) و استرانگولاتا (*strangulata*) طبقه‌بندی می‌شوند و در مناطق مختلف ایران، از شمال تا جنوب دریای خزر، و از شمال شرق تا غرب و مرکز این ایران پراکنده شده‌اند. نواحی شمالی ایران دارای بیش‌ترین تنوع ژنتیکی برای این گونه‌ها هستند و با احتمال زیاد، خاستگاه اولیه آن‌ها می‌باشد (Naghavi *et al*., 2010). *آژیلوپس تائوشی* (*Aegilops tauschii*) یک گونه وحشی دیپلوئیدی (2*n*= 2*x*= 14) است که با اهدای ژنوم D به گندم نان، نقش مهمی در اهلی کردن گندم نان داشته است (Jia *et al*., 2013). ژنوم D منبع ژنی مفید برای بهبود گندم از جنبه‌های مختلف شامل افزایش تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، بهبود عملکرد دانه و ارتقاء کیفی گندم می‌باشد (Ki-Hyun *et al*., 2010; Sing, 2017; Nazari *et al*., 2018). بر این اساس، گونه آژیلوپس تائوشی، به‌عنوان یک منبع مستقیم، برای به‌نژادی گندم معمولی در نظر گرفته می‌شود (Jones *et al*., 2013; Nguyen *et al*., 2015).

سهیل و همکاران (Sohail *et al*., 2011) اظهار داشتند که اکوتیپ‌های آژیلوپس ارزیابی شده، برای بیش‌تر صفات فنولوژیک و مورفوفیزیولوژیک، تنوع ژنتیکی بالایی نشان

دادند. در تحقیقی دیگر بر روی جمعیت‌های مختلف *آژیلوپس تائوشی* ایران تنوع ژنتیکی بالایی گزارش شد (Nazari *et al.*, 2018). در پژوهش جونز و همکاران (Jones *et al.*, 201) نیز وجود تنوع ژنتیکی قابل‌توجه برای صفات مختلف رشدی و فیزیولوژیک جمعیت‌های مختلف آژیلوپس گزراش شده است (Jones *et al.*, 2013). علی‌رغم این‌که آگاهی از روابط خویشاوندی می‌تواند به برنامه به‌نژادی سرعت بیش‌تری ببخشد ولی متأسفانه اطلاعات قابل‌توجهی در مورد تنوع ژنتیکی گونه‌های گندم وحشی ایران در دسترس نیست که این موضوع، جمع‌آوری، ارزیابی، حفظ و نگهداری این گونه‌های با ارزش را ضروری می‌سازد.

طبق نتایج مطالعات بین و درون گونه‌های مختلف ژرم‌پلاسم گندم با استفاده از انواع نشانگرهای مورفولوژیکی، پروتئینی و مولکولی، زیستگاه‌های شمال و غرب کشور به‌عنوان مکان‌های ایده‌آل، جهت دستیابی به آلل‌های مفید معرفی شده‌اند (Moradkhani *et al*., 2015; Pour-Aboughadareh *et al*., 2017). تجزیه و تحلیل‌های آماری چندمتغیره شامل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه عاملی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص برروی داده‌های مورفولوژیکی با هدف گروه‌بندی و مجزا ساختن ژنوتیپ‌ها انجام می‌گیرد (Nazari *et al*., 2018; Kakaei and Moosavi, 2017). از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شناسایی و توجیه تنوع موجود در جامعه، تعیین سهم هر صفت در تنوع و کاهش تعداد متغیرهای اصلی از طریق محاسبه مؤلفه‌های غی همبسته که ترکیبی از متغیرهای اصلی می‌باشند، استفاده می‌شود (Johnson and Wichern, 1992). تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چندمتغیره است که جهت بررسی رابطه خویشاوندی مواد گیاهی مورد استفاده قرارمی‌گیرد (Moosavi *et al.*, 2013). تمایل به استفاده از والدین مشابه و عدم شناخت و استفاده از ارقام جدید در برنامه های به‌نژادی منجر به کاهش تنوع ژنتیکی می‌شود. این در حالی است که ارقام با خویشاوندی دورتر به‌دلیل داشتن چندشکلی بیش‌تر، تفاوت بیش‌تری از نظر ژنتیکی نشان می‌دهند و از نظر دو رگ‌گیری، ارقام با تفاوت ژنتیکی بیش‌تر، امکان ایجاد هتروزیس بیش‌تری را به‌دنبال خواهد داشت (Farahani and Arzani, 2008). تابع تشخیص به بررسی نحوه تفکیک دو یا چند گروه از افراد از نظر اندازه‌گیری‌های انجام شده، روی چند متغیر می‌پردازد.

هدف پژوهش حاضر، کاربرد روش‌های آماری ساده و چندمتغیره جهت ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* جمع‌آوری شده از نواحی مختلف ایران تحت شرایط بهینه رطوبتی بود تا با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده، بتوان از تنوع این ژرم‌پلاسم در برنامه های آتی به نژادی گندم استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط گلخانه: جهت اعتبار بخشی بیش‌تر به نتایج به‌دست آمده، آزمایش به‌صورت تکراردار و در طی دو دوره کشت متوالی (تکرار دوباره‌ی آزمایش) انجام شد. به‌دلیل تغییرات یک جهته عامل نور در گلخانه، آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا اجرا گردید. در این مطالعه، تعداد ۱۰ اکوتیپ گندم *آژیلوپس تائوشی* (*Aegilops tauschii*; 2*n*= 2*x*= 14, DD)، در شرایط بهینه رطوبتی (۹۵ درصد ظرفیت گلدانی)، از نظر ۳۳ صفت مهم فنولوژیک و اگرومورفوفیزیولوژیک ارزیابی شدند. بذور این اکوتیپ‌ها از نواحی مختلف ایران، با طول وعرض جغرافیایی متفاوت (جدول ۱)، جمع‌آوری شدند. اکوتیپ‌های مورد مطالعه به‌واسطه چند سال گزینش تک‌بوته، از نظر ژنتیکی تقریباً خالص شده بودند (جدول ۱). در ابتدای کشت، به منظور بهاره‌سازی گیاه‌چه‌ها، نمونه‌های گیاهی در سینی‌های نشاء حاوی نسبت مساوی از پرلیت وکوکوپیت کشت شدند. سپس بعد از جوانه‌زنی اولیه بذور، سینی‌های کشت گیاه‌چه‌ها، در مرحله دو برگی به اتاق سرد با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به‌مدت پنج هفته منتقل شدند. پس از انجام فرآیند بهاره‌سازی، نشاءها به گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی با قطر ٤٠ و عمق ۵۰ سانتی‌متر، حاوی خاک زراعی، ماسه و کود دامی پوسیده به‌ترتیب با نسبت‌های ۲، ۱ و ۱ کشت شدند. در طول آزمایش، رطوبت گلدان‌ها در حد ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی (ظرفیت زراعی) و به‌صورت روش وزنی، نگهداری‌شد (Paok *et al*., 2011).

جدول ۱- اطلاعات ده اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* مطالعه شده

Table 1. Information of ten studied *Aegilops tauschii* ecotypes

کد اکوتیپ Ecotype code	محل جمع‌آوری Site of collection	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	طول جغرافیایی Altitude	عرض جغرافیایی Latitude
A11	آمل، مازندران، ایران Amol, Mazandaran, Iran	761	۵۲ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی 52° 21′ E	۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی 36° 25′ N
A12	آهار، آذربایجان شرقی، ایران Ahar, Easternern Azerbaijan, Iran	1360	٤٧ درجه و ٤ دقیقه طول شرقی 47° 4′ E	۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی 38° 28′ N
A13	کرج، البرز، ایران Karaj, Alborz, Iran	1297	۵۱ درجه و ۰ دقیقه طول شرقی 51° 0′ E	۳۵ درجه و ٤٨ دقیقه عرض شمالی 35° 48′ N
A14	آستارا، گیلان، ایران Astara, Gilan, Iran	20	۵۳ درجه و ٤٨ دقیقه طول شرقی 53° 48′ E	۲۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی 25° 30′ N
A15	مغان، اردبیل، ایران Moghan, Ardabil, Iran	45	٤٧ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی 47° 30′ E	۳۹ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی 39° 20′ N
A16	چالوس، مازندران، ایران Chalous, Mazandaran, Iran	19	۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی 50° 55′ E	۳٦ درجه و ٤١ دقیقه عرض شمالی 36° 41′ N
A17	حیران، اردبیل، ایران Heyran, Ardabil, Iran	1500	۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی 52° 58′ E	۳۰ درجه و ٤٦ دقیقه عرض شمالی 30° 46′ N
A18	کوچ اصفهان، گیلان، ایران Koochesfahan, Gilan, Iran	10	۵۱ درجه و ١٦ دقیقه طول شرقی 51° 16′ E	٤٩ درجه و ٤٦ دقیقه عرض شمالی 49° 46′ N
A19	گیلان، گیلان، ایران Gilan, Gilan, Iran	20	٤٨ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی 48° 52′ E	۳٦ درجه و ۳٤ دقیقه عرض شمالی 36° 34′ N
A20	درود، لرستان، ایران Doroud, Lorestan, Iran	1460	٤٩ درجه و ٤ دقیقه طول شرقی 49° 4′ E	۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی 33° 29′ N

اندازه‌گیری صفات: در این پژوهش، تعداد ۳۳ صفت مختلف فنولوژیک و اگرومورفوفیزیولوژیک با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* جمع‌آوری شده از نواحی مختلف ایران، تحت شرایط بهینه رطوبتی ارزیابی شدند (جدول ۲). کلیه صفات اندازه‌گیری شده از میانگین‌گیری پنج بوته در هرگلدان محاسبه شدند. به‌منظور اندازه‌گیری صفات مرتبط با وزن اندام‌های مختلف، از ترازوی دیجیتالی بادقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. صفت محتوای کلروفیل، با استفاده ازمیانگین۱۰عدد قرائت شده به‌صورت متوالی از پهنک برگ دوم هربوته و در اوایل مرحله سنبله‌دهی توسط دستگاه قرائت سبزینه‌گی (SPAD) به‌دست آمد (Nazari *et al.*, 2018). صفت دوره پر شدن دانه از تفاضل بین تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک محاسبه شد (Tehrani *et al.*, 2023). در طول آزمایش برای هر گلدان در هر مرحله آبیاری، میزان آب مصرفی ثبت و بر اساس آن، میزان آب مصرفی در هر گلدان به‌عنوان کل آب مصرفی در طول رشد گیاه به‌دست آمد (Nazari *et al.*, 2018). کارایی مصرف آب هر اکوتیپ با محاسبه نسبت عملکرد دانه به مقدار آب خالص مصرفی در هر بوته تعیین شد (Nazari *et al.*, 2018). سطح برگ (A) از طریق معادله زیر به‌طور تقریبی محاسبه شد که در آن L و W به‌ترتیب طول و عرض برگ را نشان می‌دهند (Moll and Kamparth, 1977).

$$A = (L \times W \times 0.75) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

برای اندازه‌گیری صفات ریشه، ابتدا گیاهان از خاک گلدان خارج شدند، پس از شستشوی ریشه، ویژگی‌های مربوط به ریشه به‌شرح ذیل اندازه گیری شدند. صفت حجم ریشه با استفاده ازتفاوت حجم آب استوانه مدرج قبل و بعد از غوطه‌ورکردن ریشه، از ضرب تغییر ارتفاع استوانه مدرج

در سطح استوانه استفاده شده، اندازه‌گیری شد (Nazari *et al.*, 2018). صفات قطر ریشه و سطح ریشه با استفاده ازفرمول‌های زیرمحاسبه شدند (Alizadeh, 2006).

$$RD = [(4\times RFW)/(\pi\times MRL)]^{0.5} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$RA=[(2) \times (MRL\times RV\times \pi)^{0.5}] \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که درآن RD، RA،RFW، MRL و RV به‌ترتیب بیانگر قطر ریشه (Root diameter)، سطح ریشه (Root area)، وزن تر ریشه، طول ریشه اصلی (Main root length) و حجم ریشه بود. صفت محتوای آب نسبی برگ (RWC) و توانایی حفظ آب در برگ قطع شده (Excised leaf water retention) به‌روش پیشنهادی مگویس و همکاران (Mguis *et al.*, 2013) و با شروع سنبله‌دهی، به‌شرح ذیل محاسبه شدند.

$$RWC= [FW-DW] / [TW-FW] \times 100 \quad \text{(رابطه ٤)}$$

$$ELWR= (1- (FW-WW) / (FW)) \times 100 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

که در روابط فوق، RWC و ELWR به‌ترتیب بیانگر محتوای آب نسبی برگ و توانایی حفظ آب در برگ قطع شده بودند. همچنین FW، DW، TW و WW به‌ترتیب نشان‌دهنده وزن تر، وزن خشک، وزن تورژسانس (Turgor weight) و وزن پژمردگی (Wilted weight) نمونه‌های برگی بودند.

به‌منظور مقایسه میانگین، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد، استفاده شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار Minitab (نسخه ١٦) انجام شد. جهت تأیید درستی محل برش خوشه‌ها در تجزیه خوشه‌ای ازتجزیه تابع تشخیص استفاده شد. تجزیه تابع تشخیص با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) انجام شد. جهت گروه‌بندی اکوتیپ‌های مختلف، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) و از ماتریس فاصله مربع پیرسون (Pearson's square)، استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس برای عملکرد دانه و برخی از صفات مهم مرتبط با عملکرد: طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر اکوتیپ برای کلیه صفات مورد نظر معنی‌دار (P <۰/۰۵) بود که با توجه به وراثت‌پذیری به نسبت بالا برای اغلب صفات (جدول ٤)، می‌توان اظهار داشت که تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در بین اکوتیپ‌ها برای این صفات وجود دارد. طبق نتیجه فوق شاید بتوان اظهار داشت که وجود این تنوع بالا در بین اکوتیپ‌ها، بیانگر پتانسیل ژنتیکی متفاوت آن‌ها در پاسخ به عوامل مختلف محیطی موجود در شرایط این آزمایش است. به‌طور کلی اظهار می‌گردد که ژرم‌پلاسم حاضر دارای تنوع کافی برای انتخاب صفات مختلف، به ویژه عملکرد دانه و اجزای عملکرد، می‌باشد که بر این اساس، گزینش در این ژرم‌پلاسم منتج به پاسخ به گزینش مطلوب خواهد شد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که از ژنوتیپ‌های مطلوب این پژوهش در برنامه‌های آمیزشی، جهت ایجاد زمینه ژنتیکی جدید و متنوع، استفاده کرد. در پژوهش‌های قبلی، تنوع ژنتیکی بالا و معنی‌داری در بین اکوتیپ‌های گندم وحشی در گونه‌های مختلف آژیلوپس و بوئوتیکوم (Naghavi and Mardi, 2010; Moradkhani *et al.*, 2015) گزارش شد.

مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها: طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤)، اکوتیپ A19، دارای بیش‌ترین عملکرد دانه در بوته و اکوتیپ‌های A15، A16 و A17 دارای کم‌ترین عملکرد دانه در بوته بودند. نتایج نشان داد که اکوتیپ A19 با بیش‌ترین عملکرد دانه، در مقایسه با اکوتیپ‌های A15، A16 و A17 با کم‌ترین عملکرد دانه، دارای مقادیر کم‌تری از صفات ریشه‌ای و صفات فنولوژیک، به‌جزء طول دوره پر شدن دانه، بود. شاید بتوان اظهار داشت که این اکوتیپ، بخش اعظم مواد پرورده خود را به اندام‌های هوایی، به‌ویژه عملکرد دانه و اجزای آن، تخصیص می‌دهد. این در حالی است که اکوتیپA19 ، علاوه‌بر عملکرد بیشتر، از نظر کارایی مصرف آب دانه، وزن هزاردانه، شاخص برداشت دانه، وزن سنبله اصلی، وزن دانه در سنبله اصلی، وزن ساقه اصلی، محتوای کلروفیل، طول دوره پر شدن دانه، طول پدانکل و وزن پدانکل دارای مقادیری بیشتری بود.

جدول ۲- مشخصه صفات مورد در اکوتیپ های آژیلوپس تائوشی

Table 2. Charactrization of evaluated triats of *Aegilops tauschii* ecotypes

ردیف Row	اختصار صفت Trait abbreviation	صفت Traits	ردیف Row	اختصار صفت Trait abbreviation	صفت Traits
1	BWUE	کارایی مصرف آب بیولوژیک Biological water use efficiency	18	DTH	روز تا سنبله‌دهی Days to heading
2	TKW	وزن هزاردانه 1000-grain weight	19	DTA	روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis
3	EYPP	عملکرد دانه در بوته Seed yield per plant	20	DTM	روز تا رسیدگی Days to maturity
4	BYPP	عملکرد بیولوژیک در بوته Biological yield per plant	21	GFP	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period
5	PHI	شاخص برداشت بوته Plant harvest index	22	SPAD	محتوای کلروفیل Chlorophyll content
6	LA	سطح برگ Leaf area	23	PH	ارتفاع بوته Plant height
7	RWC	محتوای آب نسبی Relative water content	24	PEL	طول پدانکل Peduncle length
8	ELWR	توانایی حفظ آب در برگ قطع‌شده Excised leaf water retention	25	LN	تعداد برگ Leaf number
9	WU	مصرف آب (میلی‌لیتر) Water use (ml)	26	TN	تعداد پنجه در بوته Tillers number per plant
10	GWUE	راندمان مصرف آب دانه Grain water use efficiency	27	NFS	تعداد سنبله بارور در بوته Fertile spikes number per plant
11	MRL	طول ریشه اصلی Main root length	28	SNPS	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet number per spike
12	RV	حجم ریشه Root volume	29	SNPMS	تعداد دانه در سنبله اصلی Seed number per the main spike
13	RDW	وزن خشک ریشه Root dry weight	30	SNPP	تعداد دانه در بوته Seed number per plant
14	RA	سطح ریشه Root area	31	MSPW	وزن سنبله اصلی Main spike weight
15	RD	قطر ریشه Root dimeter	32	SWPMS	وزن دانه در سنبله اصلی Seed weight per main spike
16	RDW/SDW	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه Root-to-shoot dry weight ratio	33	PEW	وزن پدانکل Peduncle weight
17	MSTW	وزن ساقه اصلی Main stem weight			

به‌طور کلی نتایج بیانگر تنوع ژنتیکی بالا و قابل‌توجه در بین اکوتیپ‌های ارزیابی شده از نظر صفات مختلف فنولوژیک و مرفوفیزیولوژیک بود که نتیجه به‌دست آمده بیانگر این بود که اکوتیپ‌های ارزیابی شده یک منبع ژنی مناسب جهت برنامه‌های آتی به‌نژادی گندم است. نجفی(Najafi, 2010)، براساس نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین، تنوع ژنتیکی بالایی را در بین ژنوتیپ‌های گندم ارزیابی شده گزارش کرد. در تحقیقی دیگر (Ahmadi *et al.*, 2018)، از صفات ریشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف گندم، به‌عنوان منبع تنوعی برای غربال‌گری

ژنوتیپ‌ها استفاده و پیشنهاد شد. تنوع ژنتیکی بالایی گزارش شد. در ارزیابی تنوع ژنتیکی ۲۸ توده جمع‌آوری شده از *آژیلوپس تائوشی* تنوع بالایی به کمک روش‌های مختلف آماری گزارش شد (Tahernezhad *et al.*, 2010). در آزمایش مذکور بیش‌ترین مقدار تنوع برای صفت تعداد بذر در سنبلچه و کم‌ترین مقدار تنوع مربوط به روز تا رسیدگی فیزیولوژیک گزارش شد. همچنین بکتاس و همکاران (Bektas *et al.*, 2017)، با بررسی ساختار سیستم ریشه‌ای خویشاوندان وحشی گندم در مقایسه با ارقام زراعی، سطح بالایی از تنوع ژنتیکی را در بین گونه‌های وحشی مشاهده کردند. در تحقیقی دیگر بر روی ارقام متفاوت گندم ایرانی، تنوع ژنتیکی بالایی از نظر صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گزارش شد (Tehrani *et al.*, 2023). همچنین در پژوهشی روی اکوتیپ‌های مختلف *آژیلوپس تائوشی* مناطق مختلف ایران، تنوع ژنتیکی بسیار مطلوبی برای صفات مختلف اگرومورفولوژیک و فیزیولوژیک گزارش شد (Nazari *et al.*, 2018).

تجزیه همبستگی و وراثت‌پذیری صفات: طبق نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی (جدول ۵)، عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p < 0.01$) را به‌ترتیب با صفات کارایی مصرف آب دانه (**r= ۰/۸۸)، ارتفاع بوته (**r= ۰/۷۱)، شاخص برداشت بوته (**r= ۰/۶۷)، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی (**r= ۰/۵۶)، وزن سنبله‌ی اصلی(**r= ۰/۵۶)، وزن پدانکل(**r= ۰/۵۱)، تعداد سنبلچه در سنبله (**r= ۰/۵۱)، طول پدانکل(**r= ۰/۵۱)، وزن هزاردانه (**r= ۰/۵۱) و طول دوره پرشدن دانه (**r= ۰/۵۱) نشان داد. همچنین عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی منفی و معنی‌داری ($p < 0.01$) را با صفات روز تا سنبله‌دهی (**r= -۰/۶۶)، میزان مصرف آب (**r= -۰/۶۲) روزتا گرده‌افشانی (**r= -۰/۶۲)، وزن خشک ریشه (**r=-۰/۵۵) و روز تا رسیدگی (**r=-۰/۵۰) نشان داد. نتایج تجزیه همبستگی (جدول ۵) نشان داد که اغلب صفات ریشه‌ای و صفات فنولوژیک، به‌جز صفت طول دوره پر شدن دانه، دارای همبستگی ژنوتیپی منفی با عملکرد دانه بودند. شاید بتوان چنین اظهار نمود که ژنوتیپ‌هایی که در دوره محدودی از فصل رشد، بخش عمده‌ای از مواد فتوسنتزی تولیدی خود را به بخش‌های زایشی، از جمله اجزاء عملکرد، اختصاص داده‌اند، دارای عملکرد دانه بیش‌تری بوده‌اند. به‌طور کلی بررسی و شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه کمک قابل‌توجهی به اجرای برنامه‌های گزینشی در به‌نژادی گیاهی خواهد کرد. در واقع گزینش برای مقادیر بالاتری از صفات کارایی مصرف آب دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت بوته، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی، وزن سنبله‌ی اصلی، وزن پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، طول پدانکل، وزن هزاردانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن ساقه اصلی و تعداد دانه در بوته و گزینش برای مقادیر کم‌تری از صفات فنولوژیک و صفات ریشه‌ای در این اکوتیپ‌ها منجر به بهبود عملکرد دانه خواهد شد. همچنین طبق نتایج (جدول ٤) از بین صفات فوق، صفات طول پدانکل، ارتفاع بوته، کارایی مصرف آب، شاخص برداشت بوته و تعداد سنبلجه در سنبله وراثت‌پذیری بالاتری نشان دادند که این بیانگر سهم غالب واریانس ژنتیکی در کنترل فنوتیپی این صفات است. همچنین از بین صفات دارای همبستگی منفی معنی‌دار با عملکرد دانه، دو صفت روز تا سنبله‌دهی و روز تا گرده‌افشانی، وراثت‌پذیری بالاتری داشتند (جدول ٤)؛ بنابراین شاید بتوان چنین اظهار نمود که گزینش به نفع صفات گروه اول و گزینش علیه صفات گروه دوم، منجر به بهبود غیرمستقیم عملکرد دانه در این ژرم‌پلاسم خواهد شد. آرمینیان و هوشمند (Arminian and Houshamnd, 2017)، گزارش کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد اقتصادی با صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، تعداد پنجه بارور و عرض برگ پرچم و همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد پنجه در بوته، ارتفاع بوته و تعداد گره وجود دارد. آن‌ها صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه را به‌عنوان مؤثرترین صفات برای بهبود عملکرد دانه، شناسایی و معرفی کردند.

در تحقیق محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2007)، اظهار شد که بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع بوته و طول پدانکل همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. شاید یکی از دلایل این همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این دو صفت با عملکرد دانه، ذخیره مواد فتوسنتزی در این اندام‌ها و انتقال مجدد آن‌ها به بخش‌های زایشی از جمله دانه‌ها، به‌عنوان مخزن یا محل ذخیره مواد پرورده، باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد (جدول ۵) که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه است. مفهوم نتیجه به‌دست آمده این است که عملکرد دانه در اکوتیپ‌های مطلوب این پژوهش هم از طریق تعداد دانه و هم از طریق وزن هزاردانه افزایش یافته است. در واقع شاید بتوان این طور بیان داشت که با افزایش تعداد دانه و وزن هزاردانه، صفاتی مانند وزن دانه در سنبله اصلی، وزن سنبله اصلی و وزن ساقه اصلی افزایش می‌یابند و از این‌رو به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار سه صفت وزن دانه در سنبله اصلی، وزن سنبله اصلی و وزن ساقه اصلی با عملکرد دانه، در نهایت عملکرد دانه افزایش خواهد یافت. دیگر نتیجه قابل‌توجه این پژوهش (جدول ۵)، ارتباط مثبت و معنی‌دار بین صفت طول دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه بود که در برخی از تحقیقات پیشین نیز تأیید شده است. در واقع با افزایش طول دوره پر شدن دانه، دانه‌هایی با وزن هزاردانه بیش‌تری به‌دست آمده است که این امر موجب افزایش عملکرد دانه از طریق وزن هزاردانه شده است. نتایج به‌دست آمده نیز نشان داد که بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. طبق نتایج (جدول ۵) صفت کارایی مصرف آب، دارای بیش‌ترین ارتباط مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بود. در تحقیقی (Janmohammadi *et al.*, 2014) اظهار شد که صفت کارایی مصرف آب با داشتن همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه، شاخصی مناسبی جهت گزینش غیرمستقیم در به‌نژادی برای افزایش عملکرد دانه است. در تحقیقی (Tehrani *et al.*, 2023) به‌دلیل وراثت‌پذیری پایین عملکرد دانه و پیچیدگی گزینش برای آن، گزینش غیرمستقیم از طریق سایر صفات جهت بهبود عملکرد پیشنهاد شد. همچنین در پژوهش نظری و همکاران (Nazari *et al.*, 2018)، گزینش بر اساس صفت کارایی مصرف آب که دارای وراثت‌پذیری بالا و همبستگی قوی با عملکرد است، به‌عنوان یک راه‌کار جهت بهبود عملکرد دانه پیشنهاد شد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی: نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ٦٩/٨ درصد از واریانس کل داده‌ها توسط مؤلفه اول و دوم توجیه شدند (جدول ٦). مؤلفه اول که به‌تنهایی ٤٨ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه کرد، "مؤلفه افزایش دهنده صفات فنولوژیک – ریشه‌ای" نامیده شد. این مؤلفه در حالی‌که با صفات فنولوژیک و با صفات ریشه‌ای ارتباط مثبت و نسبتاً قوی‌تری نشان داد، با عملکرد و اجزاء عملکرد، رابطه منفی نشان داد؛ بنابراین با توجه به همبستگی منفی (جدول ۵) صفات فنولوژیک–ریشه‌ای با عملکرد دانه، افزایش مقدار این مؤلفه موجب کاهش عملکرد دانه خواهد شد. از طرفی دیگر، مؤلفه دوم که ٢١/٨ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه کرد، به‌عنوان "مؤلفه‌ی کاهش دهنده عملکرد و اجزای عملکرد" نامیده شد و مقدار کم این مؤلفه مورد نظر بود (جدول ٦). به‌طور معمول جهت گروه‌بندی و ارزیابی میزان تنوع و پراکنش اکوتیپ‌ها بر اساس صفات مختلف، از نمودار بای‌پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌شود. در نمودار بای‌پلات ترسیم شده (شکل ١)، چون مقدارکم هر دو مؤلفه اول و دوم مورد نظر بود، بر این اساس، ناحیه سوم، به‌عنوان مطلوب‌ترین ناحیه بای‌پلات معرفی شد (شکل ١)، بر این اساس ژنوتیپ‌ها و صفاتی که در ناحیه سوم قرارگرفتند، به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها و صفات معرفی شدند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و برخی از صفات مهم و مرتبط با عملکرد دانه در ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 3. Results of the combined analysis of variance of grain yield and some important traits associated with grain yield in 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* during two consecutive planting periods

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات صفات Mean of squares of the traits										
		عملکرد دانه در بوته (EYPP)	کارایی مصرف آب دانه (GWUE)	ارتفاع بوته (PH)	شاخص برداشت بوته (PHI)	وزن دانه در سنبله اصلی (SWPMS)	وزن سنبله اصلی (MSPW)	وزن پدانکل (PW)	طول پدانکل (PEL)	وزن هزاردانه (TKW)	دوره پرشدن دانه (GFP)	وزن ساقه اصلی (MSTW)
دوره کاشت Planting period	1	0.40^{ns}	0.01^{ns}	67.10^{ns}	694.10**	0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.03*	51.01**	853.80*	30.90^{ns}	0.10^{ns}
خطای اول Error1	4	0.30	0.02	43.30	24.90	0.01	0.02	0.01	1.10	52.01	123.40	0.12
اکوتیپ Ecotype	9	1.1**	0.04**	254.60**	391.01**	0.08**	0.07**	0.09**	51.50**	1100.90**	1566.50**	0.65**
دوره کاشت × اکوتیپ PP × Eco	9	0.12^{ns}	0.01^{ns}	84.60*	43.70^{ns}	0.01^{ns}	0.03^{ns}	0.04*	7.70^{ns}	24.10^{ns}	414.20^{ns}	0.17^{ns}
خطای دوم Error2	36	0.10	0.01	36.01	20.50	0.01	0.02	0.02	4.11	23.80	200.70	0.15
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	–	5.70	4.80	15.20	17.10	1.11	2.30	1.10	10.20	17.01	16.60	3.20

ادامه جدول ۳-

Table 3. (Continued).

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات صفات Mean of squares of the traits				
		روز تا سنبله‌دهی (DTH)	مقدار مصرف آب (WU)	روزتا گرده افشانی (DTA)	وزن خشک ریشه (RDW)	روز تا رسیدگی (DTM)
دوره کاشت Planting period	1	10383.30**	777709.30^{ns}	14889.60**	4.00^{ns}	1824.5**
خطای اول Error1	4	61.40	5844000.00	188.90	3.30	22.00
اکوتیپ Ecotype	9	5320.30**	3423740.4**	5743.90**	3.60*	3016.10**
دوره کاشت × اکوتیپ PP × Eco	9	55.50^{ns}	9601.40^{ns}	57.40^{ns}	6.80*	1347.50**
خطای دوم Error2	36	53.40	2390666.7	61.70	2.30	34.30
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	–	4.20	8.20	4.30	16.10	2.50

*، **و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد، معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.

*, ** and ns represent significance level at 5, 1 and non-significant, respectively.

جدول ٤- نتایج مقایسه و وراثت‌پذیری عمومی صفات مختلف ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 4. Results of broad seance heritability and mean comparison of different traits of 10 *Aegilops tauschii* ecotypes during two consecutive planting periods

صفت (واحد)	Trait (Unit)	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	درصد وراثت‌پذیری عمومی (% H^2_b)
روز تا سنبله‌دهی (روز)	Days to heading (day)	109.0^{b}	143.6 ^{e}	145.8^{e}	170.2 ^{c}	171.6^{c}	208.2^{b}	200.0 ^{b}	239.5 ^{a}	134.0 ^{f}	157.4 ^{d}	69.20
روزتاگرده‌افشانی (روز)	Days to anthesis (day)	109.0^{b}	152.2 ^{fg}	155.4 ^{f}	178.4 ^{d}	183.8 ^{d}	219.6 ^{b}	203.3 ^{c}	257.5 ^{a}	142.2 ^{g}	167.4 ^{e}	68.31
روزتارسیدگی فیزیولوژیک (روز)	Days to maturity (day)	109.0^{b}	200.2 ^{ef}	203.0 ^{e}	228.8 ^{d}	240.1 ^{c}	258.5 ^{a}	243.8 ^{bc}	262.5 ^{a}	195.3 ^{f}	348.8 ^{b}	65.02
طول دوره پرشدن دانه (روز)	Grain filling period (day)	109.0^{b}	48.0 ^{cd}	47.6 ^{cd}	51.8 ^{bc}	45.1 ^{cd}	36.2 ^{d}	40.5 ^{cd}	10.5 ^{e}	51.8 ^{bc}	80.2 ^{a}	61.03
محتوای کلروفیل برگ (درصد)	Chlorophyll content (%)	109.0^{b}	40.4 ^{c}	43.1^{bc}	42.1^{bc}	39.1 ^{c}	40.0 ^{c}	45.2 ^{ab}	34.7 ^{d}	48.8 ^{a}	39.3 ^{c}	72.01
ارتفاع گیاه (سانتی متر)	Plant height (cm)	109.0^{b}	46.3 ^{a}	46.7 ^{a}	38.3 ^{bc}	34.6 ^{cd}	27.8 ^{d}	33.3 ^{cd}	37.5 ^{bc}	42.7 ^{ab}	47.5 ^{a}	79.07
طول پدانکل(سانتی متر)	Peduncle length (cm)	109.0^{b}	11.9 ^{b}	11.8 ^{b}	8.7 ^{d}	9.1 ^{cd}	8.3 ^{d}	6.7 ^{d}	8.1 ^{d}	16.8 ^{a}	11.4 ^{bc}	80.07
تعداد برگ	Leaf number	109.0^{b}	69.8 ^{cd}	73.5 ^{cd}	54.6 ^{de}	188.0 ^{a}	120.2 ^{b}	97.9 ^{bc}	34.5 ^{e}	33.9 ^{e}	119.0 ^{b}	76.25
تعداد پنجه در بوته	Tiller number/plant	18.2^{b}	11.2 ^{cd}	11.7 ^{cd}	10.1 ^{de}	40.8 ^{a}	22.5 ^{b}	16.7 ^{bc}	4.0 ^{e}	6.2 ^{de}	18.1 ^{b}	72.05
تعداد سنبله بارور	Fertile spikes number/plant	12.7^{a}	8.6 ^{bcd}	8.7 ^{bcd}	9.1 ^{bc}	11.6 ^{ab}	2.2 ^{e}	8.6 ^{bcd}	7.3 ^{cd}	5.4 ^{d}	11.2 ^{ab}	63.50
تعداد سنبلچه درسنبله	Spikelet number/spike	6.2^{b}	5.4 ^{b}	5.0 ^{b}	5.9 ^{b}	9.1 ^{a}	9.1 ^{a}	6.0 ^{b}	4.0 ^{c}	5.6 ^{b}	5.4 ^{b}	68.20
تعداد دانه درسنبله اصلی	Seed number/main spike	6.3^{b}	5.2 ^{bcd}	4.3^{cd}	5.9 ^{b}	8.6 ^{a}	6.0 ^{b}	6.2 ^{b}	4.0 ^{d}	5.7 ^{bc}	5.1 ^{bcd}	73.25
تعداد دانه در بوته	Seed number/plant	69.1^{ab}	40.9 ^{de}	39.3 ^{de}	46.5 ^{cd}	84.0^{a}	16.0 ^{f}	47.0 ^{cd}	28.5 ^{ef}	32.5 ^{de}	61.1 ^{bc}	79.06
وزن سنبله اصلی(گرم)	Main stem weight (g)	0.13^{cd}	0.24 ^{b}	0.19 ^{bc}	0.14 ^{cd}	0.13 ^{cd}	0.10 ^{d}	0.11 ^{d}	0.17^{cd}	0.35 ^{a}	0.25 ^{b}	59.06
وزن دانه در سنبله اصلی(گرم)	Seed weight/ main spike (g)	0.13^{de}	0.24 ^{bc}	0.19 ^{cd}	0.17 ^{de}	0.14 ^{de}	0.10 ^{e}	0.11 ^{e}	0.17 ^{de}	0.35 ^{a}	0.27 ^{b}	58.03
وزن پدانکل (گرم)	Peduncle weight (g)	0.03^{de}	0.07 ^{ab}	0.05 ^{bc}	0.03 ^{de}	0.02 ^{e}	0.03 ^{de}	0.03 ^{de}	0.04^{dc}	0.08 ^{a}	0.05 ^{c}	61.05
وزن ساقه اصلی(گرم)	Main stem weight (g)	0.17^{def}	0.26 ^{bc}	0.23 ^{cde}	0.18 ^{def}	0.13 ^{f}	0.16 ^{ef}	0.20 ^{cdef}	0.24 ^{dc}	0.31 ^{ab}	0.34 ^{a}	67.01

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین‌های و وراثت‌پذیری عمومی صفات مختلف ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 4. Results of broad sense heritability and mean comparison of different traits of 10 *Aegilops tauschii* ecotypes during two consecutive planting periods

صفت (واحد)	Trait (Unit)	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	درصد وراثت‌پذیری عمومی (H^2_b %)
وزن هزاردانه (گرم)	1000-grain weight (g)	20.0^{de}	39.4 ^{b}	39.4 ^{b}	22.4 ^{d}	10.9 ^{f}	15.0 ^{ef}	19.5 ^{de}	28.8 ^{c}	54.7 ^{a}	51.8 ^{a}	68.01
عملکرد اقتصادی در بوته (گرم)	Economical yield/plant (g)	1.43^{abc}	1.24^{bcd}	0.91 ^{de}	1.09 ^{cd}	0.16 ^{f}	0.51 ^{ef}	0.55 ^{ef}	0.93 ^{de}	1.57 ^{a}	1.43 ^{abc}	60.08
زیست‌توده در بوته (گرم)	Biological yield/plant (g)	9.0 ^{bc}	7.1 ^{bc}	5.6 ^{c}	7.1 ^{bc}	16.3 ^{a}	8.1 ^{bc}	7.7 ^{bc}	7.2 ^{bc}	7.0 ^{bc}	9.7 ^{b}	66.07
شاخص برداشت (درصد)	Harvest index (%)	17.9 ^{bc}	22.5^{b}	21.3 ^{bc}	15.8 ^{c}	6.6 ^{d}	2.7 ^{d}	7.7 ^{d}	19.3 ^{bc}	31.9 ^{a}	17.4 ^{bc}	69.06
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	Leaf area (cm^2)	30.1^{bc}	37.3 ^{abc}	28.4 ^{bc}	29.5 ^{bc}	45.7 ^{a}	36.1 ^{bc}	31.1 ^{bc}	28.1^{c}	38.3 ^{ab}	30.3 ^{bc}	55.06
محتوای آب نسبی (درصد)	Relative water content (%)	66.7^{a}	64.2 ^{a}	69.5 ^{a}	70.5 ^{a}	70.6 ^{a}	66.2 ^{a}	69.9 ^{a}	74.2 ^{a}	73.2 ^{a}	72.9 ^{a}	70.05
حفظ آب در برگ قطع شده (درصد)	Excised leaf water retention (%)	3717.8^{a}	2474.5 ^{b}	3025.3 ^{ab}	3238.5 ^{ab}	3971.3 ^{a}	2485.9^{b}	2957.1 ^{ab}	634.6 c	2673.0 ^{b}	2582.6 ^{b}	68.06
میزان آب مصرفی (میلی‌لیتر)	Water use (ml)	19483.5^{b}	16683.5^{cd}	16683.5^{cd}	18083.5^{bc}	19483.5^{b}	22483.5^{a}	22483.5 ^{a}	17810.0^{bc}	15283.5 ^{d}	19483.5^{b}	65.08
کارآیی مصرف آب دانه (گرم بر میلی‌لیترمکعب)	Grain water use efficiency (g/ml^3)	0.03^{ab}	0.03 ^{a}	0.03 ^{abc}	0.02 ^{c}	0.02 ^{bc}	0.002 ^{d}	0.002 ^{d}	0.02 ^{bc}	0.38 ^{a}	0.03 ^{abc}	77.08
کارآیی مصرف آب زیست‌توده (گرم بر میلی‌لیترمکعب)	Biological water use efficiency (g/ml^3)	0.18^{b}	0.17 ^{b}	0.13 ^{b}	0.15 ^{b}	0.33 ^{a}	0.14 ^{b}	0.14 ^{b}	0.16 ^{b}	0.18 ^{b}	0.20^{b}	71.05
طول ریشه‌ی اصلی (سانتی‌متر)	Main root length (cm)	48.3^{a}	32.9 ^{c}	39.9^{abc}	44.5 ^{ab}	34.2 ^{c}	34.5 ^{c}	39.8 ^{abc}	42.4 ^{abc}	22.5 ^{d}	35.5 ^{bc}	77.07
حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	Root volume (cm^3)	11.5^{bc}	9.3 ^{bc}	10.7 ^{bc}	12.8 ^{b}	19.1 ^{a}	11.3 ^{bc}	17.7 ^{a}	11.5 ^{bc}	6.2 ^{c}	8.8 ^{bc}	68.08
وزن خشک ریشه (گرم)	Root dry weight (g)	2.5^{bc}	2.6 ^{bc}	2.4 ^{bc}	3.3 ^{abc}	4.5 ^{a}	3.3 ^{abc}	3.7 ^{ab}	3.4 ^{ab}	1.8 ^{c}	2.9 ^{abc}	65.08
سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)	Root area (cm^2)	83.0^{a}	60.8 ^{b}	68.6 ^{ab}	83.5 ^{a}	87.3 ^{a}	68.4^{ab}	86.7 ^{a}	76.5 ^{ab}	41.7 ^{c}	63.6 ^{b}	66.80
قطر ریشه (میلی‌متر)	Root diameter (mm)	0.48^{abc}	0.46 ^{abc}	0.39^{d}	0.46 ^{abc}	0.63 ^{a}	0.53 ^{abc}	0.50 ^{abc}	0.58 ^{ab}	0.44 ^{cd}	0.48 ^{bcd}	76.50
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	Root to shoot dry weight ratio	7.1^{cde}	3.9 ^{ef}	10.2 ^{bcd}	6.0 ^{de}	17.2 ^{a}	11.2 ^{bc}	13.6 ^{ab}	0.4 ^{f}	0.7 ^{f}	3.1 ^{ef}	70.06

مقایسه میانگین تیمارها، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در مقایسه میانگین‌ها، وجود حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار آماری است.

Duncan's multiple range test was used to compare the mean of treatments ($\alpha = 5\%$). The presence of the same letters in each column indicates no statistically significant difference.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی صفات مختلفِ ده اکوتیپ ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 5. Results of genotypic correlation analysis of different traits of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* during two consecutive planting periods

صفات Traits	DTH	DTA	DTM	GFP	PH	PEL	LN	TN	NFS	NSPS	PEW	SNPMS
DTA	0.89**	1										
DTM	0.64**	0.65**	1									
GFP	-0.62**	-0.63**	-0.28ns	1								
SPAD	-0.51*	-0.56**	-0.52**	0.14*								
PH	-0.61**	-0.58**	-0.54**	0.47*	1							
PEL	-0.61**	-0.57**	-0.62**	0.31ns	0.55**	1						
LN	0.05ns	0.04ns	0.33ns	0.26ns	-0.35ns	-0.38ns	1					
TN	0.02ns	0.01ns	0.30ns	0.27ns	-0.36ns	-0.34ns	0.79*	1				
NSF	-0.34ns	-0.32ns	-0.04ns	0.54**	0.37ns	-0.17ns	0.44*	0.40*	1			
SNPS	0.12ns	0.13ns	0.26ns	0.01ns	-0.55**	-0.24ns	0.66**	0.70**	-0.15ns	1		
PEW	-0.55**	-0.53**	-0.65**	0.23ns	0.68**	0.76**	-0.53**	-0.51**	-0.16ns	-0.51**	1	
SNPMS	-0.04ns	-0.07ns	0.12ns	0.19ns	-0.40*	-0.22ns	0.71**	0.75**	0.27ns	0.71**	-0.51**	1
SNPP	-0.33ns	-0.33ns	-0.02ns	0.40*	0.13ns	-0.11ns	0.62**	0.66**	0.78**	0.26ns	-0.29ns	0.55**
MSPW	-0.52**	-0.51**	-0.55**	0.29ns	0.64**	0.83**	0.41*	-0.41*	-0.10ns	-0.40*	0.82**	-0.35ns
SWPMS	-0.52**	-0.51**	-0.51**	0.35ns	0.65**	0.81**	-0.40*	-0.40*	-0.05ns	-0.40*	0.81**	-0.33
MSW	-0.43*	-0.41*	-0.36ns	0.36ns	0.66**	0.59**	-0.41*	-0.41*	-0.10ns	-0.51**	0.73**	-0.51**
KTW	-0.51**	-0.47*	-0.60**	0.21ns	0.68**	0.79**	-0.57**	-0.55**	-0.16ns	-0.16ns	0.85**	-0.52**
EYPP	-0.66**	-0.62**	-0.50**	0.51**	0.71**	0.51**	-0.12ns	-0.13ns	-0.16ns	0.51**	0.51**	-0.12ns
BYPP	0.03ns	0.05ns	0.27ns	0.16ns	-0.26ns	-0.19ns	0.76**	0.77**	0.42*	0.55**	-0.41*	0.72**

*، **و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد، معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.

*, ** and ns represent significance level at 5%, 1% probability levels and non-significant, respectively.

DTH: روز تا سنبله‌دهی، DTA: روز تا گرده‌افشانی، DTM: روز تا رسیدگی، GFP: طول دوره پر شدن دانه، SPAD: محتوای کلروفیل برگ، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، LN : تعداد برگ، TN: تعداد پنجه در بوته، FSNPP: تعداد سنبله بارور در بوته، SNPPS: تعداد سنبلچه در سنبله، SNPMS: تعداد دانه در سنبله اصلی، MSTW: وزن ساقه اصلی، SNPP: تعداد دانه در بوته، MSW: وزن سنبله اصلی، SWPMS: وزن دانه در سنبله اصلی ، PEW: وزن پدانکل، TGW: وزن هزاردانه، EYPP: عملکرد اقتصادی (دانه) در بوته، BYPP: عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) در بوته، PHI: شاخص برداشت بوته، LA: سطح برگ، RWC: محتوای آب نسبی، ELWR: توانایی حفظ آب در برگ قطع شده، WU: مصرف آب، GWUE: کارایی مصرف آب دانه، BWUE: کارایی مصرف آب زیست‌توده، MRL: طول ریشه اصلی، RA: سطح ریشه، RD: قطر ریشه و RDW/SDW: نسبت وزن خشک به وزن تر ریشه.

DTH: Days to heading, DTA: Days to anthesis, DTM: Days to maturity, GFP: Grain filling period, SPAD: Chlorophyll content, PH: Plant height, PL: Peduncle length, LN: Leaves number, TN: Tillers number per plant, FSNPP: Fertile spikes number per plant, SNPPS: Spikelet number per spike, SNPMS: Seed number per the main spike, MSTW: Main stem weight, SNPP: Seed number per plant, MSW: Main spike weight, SWPMS: Seed weight per the main spike, PEW: Peduncle weight, TGW:1000-grain weight, EYPP: Economical (grain) yield per plant. BYPP: Biological yield per plant, PHI: Plant harvest index, LA: Leaf area, RWC: Relative water content, ELWR: Excised leaf water retention, WU: Water use, GWUE: Grain water use efficiency, BWUE: Biological water use efficiency, MRL: Main root length, RA: Root area, RD: Root diameter and RDW/SDW: Root to shoot dry weight ratio.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی صفات مختلف ده اکوتیپ ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 5. Results of genotypic correlation analysis of different traits of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* during two consecutive planting periods

صفات Traits	DTH	DTA	DTM	GFP	PH	PEL	LN	TN	FSN	SNPS	PEW	SNPMS
PHI	-0.50**	-0.51**	-0.61**	0.17ns	0.66**	0.68**	-0.59**	-0.57**	0.04ns	-0.61**	0.76**	-0.48*
LA	-0.10ns	-0.10ns	-0.10ns	-0.02ns	-0.26ns	0.21ns	0.51**	0.56**	-0.05ns	0.66**	-0.11ns	-0.68**
RWC	0.07ns	0.10ns	0.22ns	0.11ns	0.18ns	0.16ns	0.02ns	0.01ns	0.31ns	-0.27ns	-0.01ns	0.01ns
ELWR	-0.41*	-0.41*	-0.26ns	0.41*	-0.13ns	-0.05ns	0.52**	0.53**	0.37ns	0.51**	-0.29ns	0.56**
WU	0.49*	0.52**	-0.62**	-0.05ns	-0.63**	-0.65**	0.51**	0.51**	0.06ns	0.52**	-0.65**	0.30ns
GWUE	-0.70**	-0.64**	-0.62**	0.41*	0.74**	0.62**	-0.27ns	-0.28ns	0.40*	-0.41*	0.64**	-0.20ns
BWUE	-0.17ns	-0.11ns	0.02ns	0.16ns	-0.40*	0.05ns	0.61**	0.62**	0.41*	0.45*	-0.14ns	0.64**
MRL	0.32ns	0.30ns	0.40*	-0.03ns	-0.17ns	-0.66**	0.07ns	0.01ns	0.41*	-0.18ns	-0.49*	-0.10ns
RV	0.40*	0.35ns	0.41*	-0.18ns	-0.47*	-0.61**	0.58**	0.56**	0.30ns	0.41*	-0.71**	0.54**
RDW	0.57**	0.56**	0.63**	-0.31ns	-0.59**	-0.64**	0.57**	0.57**	0.10ns	0.50*	-0.75**	0.51**
RA	0.41*	0.60**	0.41*	0.51**	-0.45*	-0.78**	0.50*	0.40*	0.33ns	0.21ns	-0.78**	0.31ns
RD	0.57**	0.61**	0.59**	-0.41*	-0.41*	-0.50*	0.51**	0.50*	0.05ns	0.40*	-0.55**	0.45*
RDW/SDW	0.14ns	0.09ns	0.19ns	-0.04ns	-0.45*	0.41*	0.71**	0.70**	0.18ns	0.60**	-0.56**	0.61**

*، **و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد، معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.

*, ** and ns represent significance level at 5%, 1% probability levels and non-significant, respectively.

DTH: روز تا سنبله‌دهی، DTA: روز تا گرده‌افشانی، DTM: روز تا رسیدگی، GFP: طول دوره پر شدن دانه، SPAD: محتوای کلروفیل برگ، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، LN : تعداد برگ، TN: تعداد پنجه در بوته، FSNPP: تعداد سنبله بارور در بوته، SNPPS: تعداد سنبلچه در سنبله، SNPMS: تعداد دانه در سنبله اصلی، MSTW: وزن ساقه اصلی، SNPP: تعداد دانه در بوته، MSW: وزن سنبله اصلی، SWPMS: وزن دانه در سنبله اصلی ، PEW: وزن پدانکل، TGW: وزن هزاردانه، EYPP: عملکرد اقتصادی (دانه) در بوته، BYPP: عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) در بوته، PHI: شاخص برداشت بوته، LA: سطح برگ، RWC: محتوای آب نسبی، ELWR: توانایی حفظ آب در برگ قطع شده، WU: مصرف آب، GWUE: کارایی مصرف آب دانه، BWUE: کارایی مصرف آب زیست‌توده، MRL: طول ریشه اصلی، RA: سطح ریشه، RD: قطر ریشه و RDW/SDW: نسبت وزن خشک به وزن تر ریشه.

DTH: Days to heading, DTA: Days to anthesis, DTM: Days to maturity, GFP: Grain filling period, SPAD: Chlorophyll content, PH: Plant height, PL: Peduncle length, LN: Leaves number, TN: Tillers number per plant, FSNPP: Fertile spikes number per plant, SNPPS: Spikelet number per spike, SNPMS: Seed number per the main spike, MSTW: Main stem weight, SNPP: Seed number per plant, MSW: Main spike weight, SWPMS: Seed weight per the main spike, PEW: Peduncle weight, TGW:1000-grain weight, EYPP: Economical (grain) yield per plant. BYPP: Biological yield per plant, PHI: Plant harvest index, LA: Leaf area, RWC: Relative water content, ELWR: Excised leaf water retention, WU: Water use, GWUE: Grain water use efficiency, BWUE: Biological water use efficiency, MRL: Main root length, RA: Root area, RD: Root diameter and RDW/SDW: Root to shoot dry weight ratio.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی صفات مختلفِ ده اکوتیپ ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 5. Results of genotypic correlation analysis of different traits of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* during two consecutive planting periods

صفات Traits	SNPP	MSW	SWPMS	MSTW	KTW	EYPP	BYPP	PHI	LA	RWC
MSTW	-0.12 ns	1								
SWPMS	-0.08 ns	0.87**	1							
MSTW	-0.21 ns	0.77**	0.77**	1						
TKW	-0.28 ns	0.84**	0.81**	0.76**	1					
EYPP	0.41*	0.56**	0.56**	0.41*	0.51*	1				
BYPP	0.70**	-0.12 ns	-0.20 ns	-0.31 ns	-0.41*	0.09 ns	1			
PHI	-0.10 ns	0.75**	0.77**	0.59**	0.81**	0.66**	-0.32 ns	1		
LA	0.31 ns	0.05 ns	0.05 ns	-0.21 ns	-0.18 ns	-0.02 ns	0.66**	-0.21 ns	1	
RWC	0.30 ns	0.21 ns	0.31 ns	0.31 ns	0.16 ns	0.21 ns	0.30 ns	0.18 ns	0.01 ns	1

*، **و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد، معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.

*, ** and ns represent significance level at 5%, 1% probability levels and non-significant, respectively.

DTH: روز تا سنبله‌دهی، DTA: روز تا گرده‌افشانی، DTM: روز تا رسیدگی، GFP: طول دوره پر شدن دانه، SPAD: محتوای کلروفیل برگ، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، LN : تعداد برگ، TN: تعداد پنجه در بوته، FSNPP: تعداد سنبله بارور در بوته، SNPPS: تعداد سنبلچه در سنبله، SNPMS: تعداد دانه در سنبله اصلی، MSTW: وزن ساقه اصلی، SNPP: تعداد دانه در بوته، MSW: وزن سنبله اصلی، SWPMS: وزن دانه در سنبله اصلی ، PEW: وزن پدانکل، TGW: وزن هزاردانه، EYPP: عملکرد اقتصادی (دانه) در بوته، BYPP: عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) در بوته، PHI: شاخص برداشت بوته، LA: سطح برگ، RWC: محتوای آب نسبی، ELWR: توانایی حفظ آب در برگ قطع شده، WU: مصرف آب، GWUE: کارایی مصرف آب دانه، BWUE: کارایی مصرف آب زیست‌توده، MRL: طول ریشه اصلی، RA: سطح ریشه، RD: قطر ریشه و RDW/SDW: نسبت وزن خشک به وزن تر ریشه.

DTH: Days to heading, DTA: Days to anthesis, DTM: Days to maturity, GFP: Grain filling period, SPAD: Chlorophyll content, PH: Plant height, PL: Peduncle length, LN: Leaves number, TN: Tillers number per plant, FSNPP: Fertile spikes number per plant, SNPPS: Spikelet number per spike, SNPMS: Seed number per the main spike, MSTW: Main stem weight, SNPP: Seed number per plant, MSW: Main spike weight, SWPMS: Seed weight per the main spike, PEW: Peduncle weight, TGW:1000-grain weight, EYPP: Economical (grain) yield per plant. BYPP: Biological yield per plant, PHI: Plant harvest index, LA: Leaf area, RWC: Relative water content, ELWR: Excised leaf water retention, WU: Water use, GWUE: Grain water use efficiency, BWUE: Biological water use efficiency, MRL: Main root length, RA: Root area, RD: Root diameter and RDW/SDW: Root to shoot dry weight ratio.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی صفات مختلفِ ده اکوتیپ ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 5. Results of genotypic correlation analysis of different traits of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* during two consecutive planting periods

صفات Traits	EYPP	BYPP	PHI	LA	RWC	ELWR	WU	GWUE	BWUE
BYPP	0.08 ns	1							
PHI	0.67**	-0.40*	1						
LA	-0.03 ns	0.65**	-0.21 ns	1					
RWC	0.26 ns	0.28 ns	0.21 ns	0.01 ns	1				
ELWR	0.02 ns	0.29 ns	-0.30 ns	0.30 ns	-0.22 ns	1			
WU	-0.62**	0.21 ns	-0.80**	0.05 ns	-0.16 ns	0.20 ns	1		
GWUE	0.88**	-0.04 ns	0.77**	-0.02 ns	0.18 ns	-0.02 ns	-0.74**	1	
BWUE	0.32 ns	0.85**	-0.11 ns	0.67**	0.30 ns	0.28v	-0.06 ns	0.21 ns	1
MRL	-0.11 ns	-0.06 ns	-0.21 ns	-0.55**	-0.10 ns	0.10 ns	0.31 ns	-0.20 ns	-0.20 ns
RV	-0.41*	0.51**	-0.65**	0.31 ns	0.04 ns	0.33 ns	0.48**	-0.51**	0.31 ns
RDW	-0.55**	0.53**	-0.87**	0.32 ns	0.70 ns	0.10 ns	0.58**	-0.64**	0.38 ns
RA	-0.40*	0.29	-0.61**	-0.05 ns	-0.01 ns	0.28 ns	0.47*	-0.44*	0.17 ns
RD	-0.33 ns	0.62**	-0.50*	0.40*	0.21 ns	-0.15 ns	0.40*	-0.40*	0.51**
RDW/SDW	-0.41*	0.51**	-0.65**	0.40*	-0.16 ns	0.60**	0.51**	-0.48*	0.35

*، **و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد، معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.

*, ** and ns represent significance level at 5%, 1% probability levels and non-significant, respectively.

DTH: روز تا سنبله‌دهی، DTA: روز تا گرده‌افشانی، DTM: روز تا رسیدگی، GFP: طول دوره پر شدن دانه، SPAD: محتوای کلروفیل برگ، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، LN : تعداد برگ، TN: تعداد پنجه در بوته، FSNPP: تعداد سنبله بارور در بوته، SNPPS: تعداد سنبلچه در سنبله، SNPMS: تعداد دانه در سنبله اصلی، MSTW: وزن ساقه اصلی، SNPP: تعداد دانه در بوته، MSW: وزن سنبله اصلی، SWPMS: وزن دانه در سنبله اصلی ، PEW: وزن پدانکل، TGW: وزن هزاردانه، EYPP: عملکرد اقتصادی (دانه) در بوته، BYPP: عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) در بوته، PHI: شاخص برداشت بوته، LA: سطح برگ، RWC: محتوای آب نسبی، ELWR: توانایی حفظ آب در برگ قطع شده، WU: مصرف آب، GWUE: کارایی مصرف آب دانه، BWUE: کارایی مصرف آب زیست‌توده، MRL: طول ریشه اصلی، RA: سطح ریشه، RD: قطر ریشه و RDW/SDW: نسبت وزن خشک به وزن تر ریشه.

DTH: Days to heading, DTA: Days to anthesis, DTM: Days to maturity, GFP: Grain filling period, SPAD: Chlorophyll content, PH: Plant height, PL: Peduncle length, LN: Leaves number, TN: Tillers number per plant, FSNPP: Fertile spikes number per plant, SNPPS: Spikelet number per spike, SNPMS: Seed number per the main spike, MSTW: Main stem weight, SNPP: Seed number per plant, MSW: Main spike weight, SWPMS: Seed weight per the main spike, PEW: Peduncle weight, TGW:1000-grain weight, EYPP: Economical (grain) yield per plant. BYPP: Biological yield per plant, PHI: Plant harvest index, LA: Leaf area, RWC: Relative water content, ELWR: Excised leaf water retention, WU: Water use, GWUE: Grain water use efficiency, BWUE: Biological water use efficiency, MRL: Main root length, RA: Root area, RD: Root diameter and RDW/SDW: Root to shoot dry weight ratio.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی صفات مختلفِ ده اکوتیپ ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* در طی دو دوره متوالی کاشت

Table 5. Results of genotypic correlation analysis of different traits of 10 ecotypes of *Aegilops tauschii* during two consecutive planting periods

صفات Traits	ELWR	WU	GWUE	BWUE	MRL	RV	RDW	RA	RD	RDW/SDW
WU	0.26 ns	1								
GWUE	-0.04 ns	-0.75**	1							
BWUE	0.31 ns	-0.07 ns	0.23 ns	1						
MRL	0.11 ns	-0.31	-0.24 ns	-0.20 ns	1					
RV	0.41*	0.51**	-0.52**	0.39 ns	0.35 ns	1				
RDW	0.13 ns	0.58**	-0.64**	0.40*	0.27 ns	0.74**	1			
RA	0.32 ns	0.51**	-0.41*	0.19 ns	0.65**	0.75**	0.65**	1		
RD	-0.17 ns	0.40*	-0.41*	0.51**	0.06 ns	0.51**	0.72**	0.41*	1	
RDW/SDW	0.60**	0.51**	-0.50*	0.40*	0.10 ns	0.77**	0.59**	0.52**	0.39	1

*، **و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد، معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد و عدم معنی دار می‌باشد.

*, ** and ns represent significance level at 5%, 1% probability levels and non-significant, respectively.

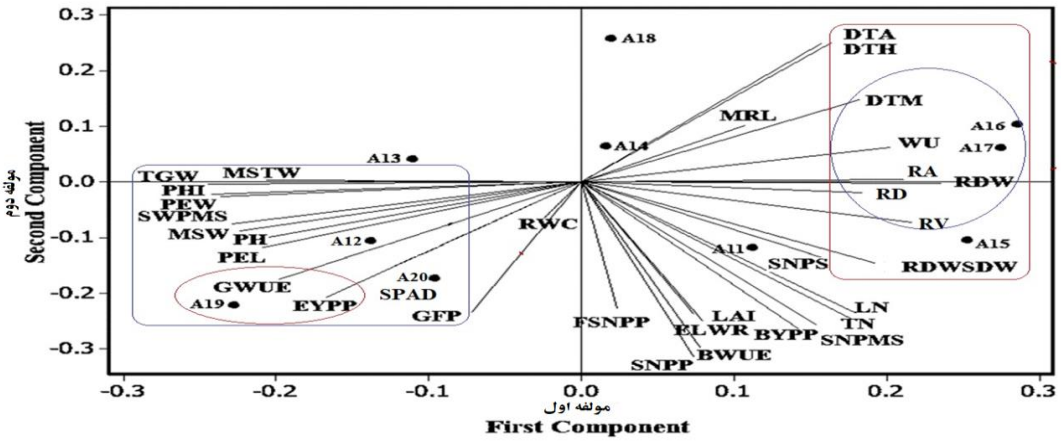
DTH: روز تا سنبله‌دهی، DTA: روز تا گرده‌افشانی، DTM: روز تا رسیدگی، GFP: طول دوره پر شدن دانه، SPAD: محتوای کلروفیل برگ، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، LN : تعداد برگ، TN: تعداد پنجه در بوته، FSNPP: تعداد سنبله بارور در بوته، SNPPS: تعداد سنبلچه در سنبله، SNPMS: تعداد دانه در سنبله اصلی، MSTW: وزن ساقه اصلی، SNPP: تعداد دانه در بوته، MSW: وزن سنبله اصلی، SWPMS: وزن دانه در سنبله اصلی ، PEW: وزن پدانکل، TGW: وزن هزاردانه، EYPP: عملکرد اقتصادی (دانه) در بوته، BYPP: عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) در بوته، PHI: شاخص برداشت بوته، LA: سطح برگ، RWC: محتوای آب نسبی، ELWR: توانایی حفظ آب در برگ قطع شده، WU: مصرف آب، GWUE: کارایی مصرف آب دانه، BWUE: کارایی مصرف آب زیست‌توده، MRL: طول ریشه اصلی، RA: سطح ریشه، RD: قطر ریشه و RDW/SDW: نسبت وزن خشک به وزن تر ریشه.

DTH: Days to heading, DTA: Days to anthesis, DTM: Days to maturity, GFP: Grain filling period, SPAD: Chlorophyll content, PH: Plant height, PL: Peduncle length, LN: Leaves number, TN: Tillers number per plant, FSNPP: Fertile spikes number per plant, SNPPS: Spikelet number per spike, SNPMS: Seed number per the main spike, MSTW: Main stem weight, SNPP: Seed number per plant, MSW: Main spike weight, SWPMS: Seed weight per the main spike, PEW: Peduncle weight, TGW:1000-grain weight, EYPP: Economical (grain) yield per plant. BYPP: Biological yield per plant, PHI: Plant harvest index, LA: Leaf area, RWC: Relative water content, ELWR: Excised leaf water retention, WU: Water use, GWUE: Grain water use efficiency, BWUE: Biological water use efficiency, MRL: Main root length, RA: Root area, RD: Root diameter and RDW/SDW: Root to shoot dry weight ratio.

در نمودار بای‌پلات، وجود زاویه کم‌تر و بعبارتی هم-راستایی بیش‌تر بین بردارهای ویژه صفات، نشان دهنده تأثیرگذاری بیش‌تر صفات بر روی یکدیگر و ارتباط قوی‌تر بین آن‌ها است. به‌طوری که طبق نتایج صفات کارآیی مصرف آب دانه، طول پدانکل، وزن پدانکل، محتوای کلروفیل، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه، بیش‌ترین هم راستایی را با صفت عملکرد دانه در بوته داشتند. این در حالی بود که صفات ریشه‌ای و صفات فنولوژیک کم‌ترین هم‌راستایی را با عملکرد دانه در بوته نشان دادند و افزایش آن‌ها منجر به افت عملکرد دانه در بوته شد. در حقیقت علت هم‌راستایی صفات گروه اول با عملکرد دانه، به‌دلیل این است که این گروه از صفات همبستگی ژنوتیپی (جدول ۵)، مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند، در حالی‌که گروه دوم صفات، عکس گروه اول بودند. براساس نتایج نمودار بای‌پلات، افزایش صفات گروه اول، یعنی افزایش صفات کارآیی مصرف آب دانه، طول پدانکل، وزن پدانکل، محتوای کلروفیل، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه، منجر به افزایش عملکرد دانه در بوته برای بهترین اکوتیپ‌های مطلوب A19، A20 و A12 شد؛ از این‌رو سطوح بالای آن‌ها برای شناسایی این اکوتیپ مطلوب، مورد نظر است. این در حالی است که افزایش بیش از اندازه صفاتی مانند روز تا رسیدگی، روز تاسنبله‌دهی، روز تاگرده‌افشانی، طول ریشه اصلی، آب مصرفی، وزن خشک ریشه، قطر ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه، به‌عنوان صفات کاهش دهنده عملکرد دانه، تحت این شرایط آزمایشی و برای اکوتیپ‌های مورد نظر شناسایی شدند. ناحیه نامطلوب بای‌پلات از نظر عملکرد دانه، ناحیه اول بود که صفات کاهنده عملکرد و اکوتیپ‌های با عملکرد کم شامل A15، A16 وA17 در این ناحیه قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، نتایج مقایسه میانگین را تأیید کرد به‌طوری‌که صفات مورد بررسی در اکوتیپ‌های آژیلوپس تائوشی که میانگین بالاتری داشته‌اند، موثرترین صفات در جهت افزایش عملکرد اقتصادی دانه در بوته بودند؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب اکوتیپ‌های مناسب بر اساس صفات مورد نظر ممکن است که منجر به بهبود عملکرد دانه در تلاقی اکوتیپ‌های وحشی با گندم زراعی شود. در تحقیقی آرمینیان و همکاران (Arminian *et al.*, 2010)، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه را به‌عنوان مؤثرترین صفات برای بهبود عملکرد دانه پیشنهاد کردند. همچنین در پژوهشی دیگر، موسوی و همکاران (Moosavi *et al.*, 2016) گزارش کردند که شاخص برداشت، زیست‌توده و محتوای آب نسبی، مهم‌ترین صفات برای انتخاب غیرمستقیم و افزایش عملکرد دانه بودند. مرادی‌سراب‌شلی و همکاران (Moradi-Sarab-Shelli *et al.*, 2012)، با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های مختلف گندم وحشی را ارزیابی کردند. در تحقیق فوق، مؤلفه‌ی اول تا چهارم به‌ترتیب، با اجزاء سنبله، ارتفاع بوته، تعداد برگ و ویژگی‌های دانه ارتباط قوی نشان داد. در تحقیقی دیگر (Tahernezhad *et al.*, 2010)، تنوع ژنتیکی ۲۸ جمعیت ایرانی *آژیلوپس تائوشی* با استفاده از صفات مورفولوژیک و نشانگرهای ریزماهواره بررسی شد و تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی گزارش شد. همچنین در مطالعه انجام شده توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2011)، تنوع ژنتیکی و جغرافیایی ۶۰۰ لاین بومی گندم نان ایران با استفاده از روش های چندمتغیره بررسی شد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی در پژوهش فوق، ۲۲ متغیر بررسی شده رابه ۸ مؤلفه با واریانس نسبی تجمعی ۸۰/۵ درصد کاهش داد. در تحقیق فوق، با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ۶۰۰ لاین گندم در شش گروه مجزا خوشه‌بندی شدند. به‌طور کلی هدف اصلی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای، کاهش حجم داده‌ها جهت تفسیر راحت‌تر روابط بین صفات مختلف و درنتیجه گزینش بهتر صفات مطلوب و ژنوتیپ‌های مورد نظر به‌نژادگران گیاهی است.

جدول ٦- مقدار ویژه و بردار ویژه مؤلفه اول و دوم برای صفات مختلف
Table 6. Eigen values and eigen vectors of the firest and second principal component for different traits

صفات	Traits	مؤلفه اول First component	مؤلفه دوم Second component
روز تا سنبله‌دهی	Days to heading	0.163	0.249
روز تا گرده افشانی	Days to anthesis	0.157	٠0.248
روز تا رسیدگی	Days to maturity	0.182	0.147
طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	−0.072	−0.235
محتوی کلروفیل	Chlorophyll content	−0.092	−0.114
ارتفاع گیاه	Plant height	−0.205	−0.100
طول پدانکل	Peduncle length	−0.212	−0.121
تعدا برگ	Leaf number	0.180	−0.236
تعداد پنجه در بوته	Tillers number per plant	0.176	−0.245
تعداد سنبله بارور در بوته	Fertile spikes number per plant	0.023	−0.227
تعدا سنبلچه در سنبله	Spikelet number per spike	0.169	−0.146
تعداد دانه در سنبله اصلی	Seed number per the main spike	0.153	−0.256
تعداد دانه در هر بوته	Seed number per plant	0.073	−0.314
وزن سنبله اصلی	Main spike weight	−0.229	−0.075
وزن دانه در سنبله اصلی	Seed weight per the main spike	−0.223	−0.088
وزن پدانکل	Peduncle weight	−0.242	−0.022
وزن ساقه اصلی	Main stem weight	−0.207	0.003
وزن هزاردانه	1000-grain weight	−0.245	−0.004
عملکرد اقتصادی در هر بوته	Economical yield per plant	−0.167	−0.208
عملکرد بیولوژیک در هر بوته	Biological yield per plant	0.142	−0.264
شاخص برداشت بوته	Plant harvest index	−0.236	−0.027
سطح برگ	Leaf area	0.074	−0.237
محتوی نسبی آب	Relative water content	−0.024	−0.064
توانایی حفظ آب در برگ قطع‌شده	Excised leaf water retention	0.079	−0.249
میزان آب مصرفی	Water use	0.202	0.062
کارایی مصرف آب دانه	Grain water use efficiency	−0.198	−0.175
کارایی مصرف آب بیومس	Biomass water use efficiency	0.078	−0.297
طول ریشه صلی	Main root length	0.107	0.101
حجم ریشه	Root volume	0.216	−0.073
وزن خشک ریشه	Root dry weight	0.235	−0.003
سطح ریشه	Root area	0.211	0.004
قطر ریشه	Root diameter	0.184	−0.019
نسبت ریشه به بخش هوایی	Root-to-shoot dry weight ratio	0.192	−0.145
مقادیر ویژه	Eigen-values	15.839	7.198
واریانس تجمعی مؤلفه‌ها (٪)	Cumulative variance (%) variance	48	69.8



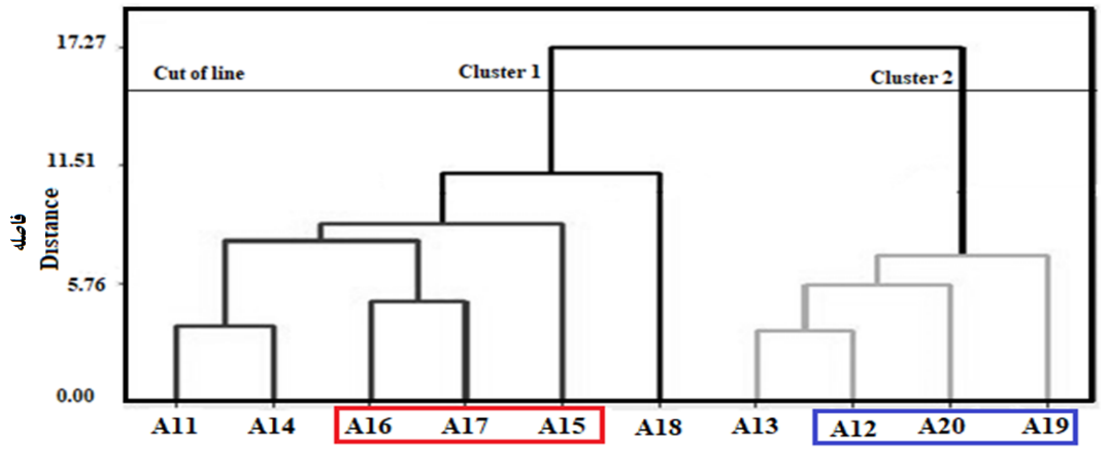
شکل ۱- نمودار بای‌پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای دو مؤلفه اول و دوم

Figure 1. Biplot diagram of principal component analysis for first and second components

تجزیه خوشه‌ای: بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها در دو گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۲). گروه اول شامل اکوتیپ‌های A11، A14، A15، A16، A17 و A18 وگروه دوم شامل اکوتیپ A12، A13، A19 و A20 بودند (شکل ۲). اکوتیپ‌های خوشه اول دارای بیش‌ترین مقدار صفات ریشه‌ای و فنولوژیک، و کم‌ترین عملکرد دانه بودند. در حالی‌که، اکوتیپ‌های خوشه دوم کم‌ترین مقدار صفات ریشه‌ای و فنولوژیک و بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۷). بر این اساس خوشه اول همان "خوشه صفات فنولوژیک و ریشه‌ای" و خوشه دوم به‌عنوان "خوشه عملکرد و اجزای عملکرد" نام‌گذاری شدند. نتایج نشان داد که در مجموع صفات، اکوتیپ‌های مستقر در خوشه دوم، اکوتیپ‌های مطلوبی هستند که دارای بیش‌ترین مقادیر برای صفت عملکرد و صفات مرتبط با آن هستند. رحمان و همکاران (Rahman *et al.*, 2015)، به‌منظور بررسی برخی ارقام گندم از تجزیه خوشه‌ای استفاده و ارقام را به سه گروه تقسیم کردند که ارقام با عملکرد بالا در خوشه سوم قرار گرفتند. میانگین خوشه‌های اول و دوم برای اغلب صفات، به‌ویژه برای عملکرد دانه، دارای اختلاف زیادی بودند که این بیانگر وجود فاصله ژنتیکی زیاد بین ژنوتیپ‌های *آژیلوپس تائوشی* در این دو گروه می‌باشد. در پژوهش توماس و ببلی (Thomas and Bebeli, 2010) که با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف آژیلوپس انجام شده بود، مشخص شده است که بین ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده ازمناطق جغرافیایی دورتر از همدیگر، ونیز نواحی باشرایط اقلیمی متفاوت، کم‌ترین ضریب تشابه وجود داشت. درپژوهشی دیگر(Rashidi *et al.*, 2007)، ٦٤ رقم گندم در پنج خوشه قرار گرفتند و از بین آن‌ها، کلیه ژنوتیپ‌های بومی در یک خوشه قرار گرفتند. در تحقیق فوق، نتایج تجزیه تابع تشخیص، به‌طور متوسط ۹۸/۵ درصد از نتایج گروه‌بندی تجزیه خوشه را تأیید کرد و نتایج حاصل از تابع تشخیص نشان داد که تجزیه خوشه‌ای به درستی انجام شده است. در مطالعه ای بر روی ۳٦ ژنوتیپ گندم نان زمستانه برای صفات مورفولوژیک (Khodadadi *et al.*, 2011)، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ ها را به ۷ گروه دسته‌بندی نمود.

علاوه‌بر این در پژوهش خدادادی و همکاران (Khodadadi *et al.*, 2011)، تعداد پنج مؤلفه اول، ۹۷ درصد از واریانس کل را توجیه نمود. در مطالعه‌ای دیگر (Singh, 2017)، ۳۹ ژنوتیپ گندم نان در شرایط عدم تنش خشکی در هفت خوشه دسته‌بندی شدند. در تحقیقی دیگر (Jam Baranduzi *et al.*, 2013)، به منظور تعیین روابط ژنتیکی شش گونه آژیلوپس و نیز گروه‌بندی آن‌ها تجزیه به مؤلفه‌های هماهنگ اصلی نیز به‌عنوان روشی مکمل برای تجزیه خوشه‌ای انجام گرفت. دو مؤلفه اصلی اول در مجموع حدود ۲۲ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که تنوع بین اکوتیپ‌های مطالعه شده به نسبت بالا و قابل‌توجه بود و از این‌رو از اکوتیپ‌های متفاوت و دارای فاصله ژنتیکی می‌توان برای تلاقی بین گونه‌ای استفاده کرد. به‌طور کلی، طبق نتایج پژوهش حاضر و با توجه به فاصله ژنتیکی بالا، می‌توان از ژنوتیپ‌های خوشه اول و خوشه دو، در برنامه دورگ‌گیری جهت به‌دست آوردن نوترکیب‌های متنوع استفاده کرد.

تجزیه تابع تشخیص: به‌منظور تأیید نتایج تجزیه خوشه‌ای از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. براساس نتایج تابع تشخیص گروه‌بندی اکوتیپ‌ها در دو گروه، به طور صددرصدی تأیید شد (جدول ۸). در سایر پژوهش‌های دیگر نیز از تجزیه تابع تشخیص برای تأیید نتایج تجزیه خوشه‌ای استفاده شده است (Solail *et al.*, 2011; Moosavi *et al.*, 2013; Moosavi *et al.*, 2016).



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای برای ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* بر اساس صفات مختلف

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis for 10 *Aegilops tauschii* ecotypes based on different traits

جدول ۷- میانگین صفات مختلف در دو خوشه حاصل از تجزیه خوشه ای ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی*

Table 7. The mean of different traits in two clusters resulting from the cluster analysis of 10 *Aegilops tauschii* ecotypes

صفات	Traits	خوشه اول Cluster 1	خوشه دوم Cluster 2
روز تا سنبله‌دهی	Days to heading	197.4	145.4
روز تا گرده افشانی	Days to anthesis	207.7	155.8
روز تا رسیدگی	Days to maturity	246.2	211.9
طول دوره پرشدن دانه	Grain filling period	40.3	56.5
محتوی کلروفیل	Chlorophyll content	41.3	42.8
ارتفاع گیاه	Plant height	34.9	46.2
طول پدانکل	Peduncle length	8	13.0
تعدا برگ	Leaf number	80.2	66.2
تعداد پنجه	Tillers number per plant	13.7	11.4
تعداد سنبله بارور	Fertile spikes number per plant	7.9	8.5
تعدا سنبلچه در سنبله	Spikelet number per spike	6.3	5.4
تعداد دانه در سنبله اصلی	Seed number per the main spike	5.7	5.1
تعداد دانه در هر بوته	Seed number per plant	38.8	42.1
وزن سنبله اصلی	Main spike weight	0.1	0.3
وزن دانه در سنبله اصلی	Seed weight per the main spike	0.1	0.3
وزن پدانکل	Peduncle weight	0	0.1
وزن ساقه اصلی	Main stem weight	0.2	0.3
وزن هزاردانه	1000-grain weight	21	44.5
عملکرد اقتصادی در هر بوته	Economical yield per plant	0.8	1.4
عملکرد بیولوژیک در هر بوته	Biological yield per plant	7.8	7.3
شاخص برداشت بوته	Plant harvest index	12.3	23.2
شاخص سطح برگ	Leaf area	31.0	32.8
محتوی نسبی آب	Relative water content	70.2	71.1
میزان آب از دست رفته برگ	Excised leaf water retention	2425.4	2423.4
میزان آب مصرفی	Water use	20068.8	17033.5
کارایی مصرف آب دانه	Grain water use efficiency	0.001	0.007
کارایی مصرف آب زیست‌توده	Biomass water use efficiency	0.2	0.2
طول ریشه صلی	Main root length	41.9	32.8
حجم ریشه اصلی	Root volume	12.9	8.9
وزن خشک ریشه	Root dry weight	3.4	2.4
سطح ریشه	Root area	79.2	58.7
قطر ریشه	Root diameter	0.5	0.4
نسبت ریشه به بخش هوایی	Root-to-shoot dry weight ratio	6.9	4

جدول ۸- نتایج تابع تشخیص برای ۱۰ اکوتیپ *آژیلوپس تائوشی* بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای
Table 8. Detection function results for 10 *Aegilops tauschii* ecotypes based on cluster analysis results

گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای Groups of cluster analysis	گروه‌های پیش بینی شده بر اساس تابع تشخیص Predicted groups based on detection function					
	1		2		کل (Total)	
	تعداد Number	درصد Percent	تعداد Number	درصد Percent	تعداد Number	درصد Percent
1	6	100	0	0	6	100
2	0	0	4	100	4	100

به‌طور کلی طبق نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ژرم‌پلاسم ارزیابی شده، دارای تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی بوده که از این تنوع می‌توان به‌عنوان یک منبع ژنی مهم، در برنامه‌های آتی به‌نژادی گندم استفاده کرد. همچنین، از گروه‌هایی که فاصله ژنتیکی زیادی با یکدیگر دارند، می‌توان در برنامه‌های دورگ‌گیری آتی، جهت ایجاد بیش‌ترین تنوع ژنتیکی مصنوعی استفاده کرد و ژنوتیپ‌های مطلوب و مناسبی رابرای اهداف به‌نژادی ایجاد نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان، از کلیه کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رسانیده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارند. بخشی از هزینه‌های این تحقیق توسط گرنت شماره ۲۹۳۷ دانشگاه بوعلی‌سینا تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

References

Ahmadi, J., Pour-Aboughadarh, A., Fabriki-Ourang, S., Mehrabi, A.A. and Siddique, K.H.M. (2018). Screening wheat germplasm for seedling root architectural traits under contrasting water regimes: potential sources of variability for drought adaptation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, **64:** 1351-1365.

Alizadeh, A. (2006). Soil, Water Plant Relationship. Astane of Ghodse of Razavi Publication, Mashhad, IR (In Persian).

Arminian, A., Houshmand, S. and Shiran, B. (2010). Evaluation the relationships between grain yield and some of its related traits in a doubled-haploid bread wheat population. *Journal of Crop Production*, **3:** 21-38 (In Persian).

Arminian, A. and Houshamnd, S. (2017). Investigation and importance of relationships of grain yield and yield components in wheat (*Triticum Aestivum* L.) breeding. *Journal of Crop Breeding*, **9(23):** 1-8 (In Persian).

Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: recent advances. *Biotechnology Advances*, **28:** 169-183.

Bektas, H., Hohn, C.E. and Waines, J.G. (2017). Characteristics of the root system in the diploid genome donors of hexaploidy wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, **64:**1641-1650.

Farahani, E and Arzani, A. (2008). Evaluation of genetic variation of durum wheat genotypes using multivariate analyses. *Journal of Crop Production*, **1(4):** 51-64 (In Persian).

FAO. (2023). Food and Agriculture Organization Statistics: FAOSTAT. Retrieved December 1, 2023, from http://www.fao.org/faostat.

Fu, Y. (2015). Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, **128:** 2131-2142.

Hailegiorgis, D., Mesfin, M. and Genet, T. (2011) .Genetic divergence analysis on some bread wheat Genotypes grown in Ethiopia. *Journal of Central European Agriculture*,**12(2):** 344-352.

Jam Baranduzi, A., Sofalian, O., Asghari Zakaria, R., Asghari, A. and Shokrpour, M. (2013) Assessment of genetic diversity in Aegilops species in North-West of Iran using ISSR marker. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, **23(2):** 66-75.

Jia, J., Zhao, S., Kong, X.Y., Gao, L., Gao, C., Spannagl, M., Mayer, K.F.X., Li, D., Pan, S., Zheng, F., Hu, Q., Xia, X., Li, J., Liang, Q., Chen, J., Wicker, T., Gou, C., Kuang, H., He, G., Luo, Y., Keller, B., Xia, Q., Lu, P., Wang, J., Zou, H., Zhang, R., Xu, J., Gao, J., Middleton, C., Quan, Z.G., Liu, G. and Wang, J. (2013). Aegilops tauschii draft genome sequence reveals a gene repertoire for wheat adaptation. *Nature*, **496:** 91-95.

Janmohammadi, M., Movahedi, Z. and Sabaghnia N. (2014). Multivariate statistical analysis of some trait of bread wheat for breeding under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, **59:** 1-14.

Johnson, R.A. and Wichern, D.W. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, USA.

Jones, H., Gosman, N., Horsnell, R., Rose, GA., Everst, L.A., Bentley, A.R., Tha, S., Uauy, C., Kowalski, A., Novoselovic, D., Simek, R., Kobiljski, B., Kondic-Spika, A., Brbaklic, L., Mitrofanova, O., Chesnokov, Y., Bonnett, D. and Greenland, A. (2013). Strategy for exploiting exotic germplasm using genetic, morphological, and environmental diversity: the *Aegilops tauschii* Coss. example. *Theoretical and Applied Genetics*, **126:** 1793–1808

Kakaei, M. and Moosavi, S.S. (2017). Assessing genetic diversity and detection of effective traits on yield of chickpea lines using multivariate statistical methods. *Environmental Sciences*, **15(2):** 21-38.

Khodadadi, M., Fotokian, M.H and Miransari, M. (2011). Genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes based on cluster and principal component analyses for breeding strategies. *Australian Journal of Crop Science*, **5(1):**17-24

Ki-Hyun, K., Abuhena, M.K., Kwang-Hyun, S., Jong-Soon, C., Hwa-Young, H. and Sun-Hee, W. (2010). Large-scale proteome investigation in wild relatives (A, B and genomes) of wheat. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, **10(1093):** 1-8.

Langridge P. (2017). *Achieving Sustainable Cultivation of Wheat: Breeding, Quality Traits, Pests and Diseases*. Dodds Science Publishing Limited, London, UK.

Marmar, A., Dweikat, I., Baenziger, S., El-Hussein, A.A. and Elbasyoni, I.S. (2013). Genetic diversity among Sudanese wheat cultivars as revealed by molecular markers. *Middle-East Journal of Scientific Research*, **14(9):** 1135-1142.

Mguis, K., Albouchi, A., Abassi, M., Khadhri, A., Ykoubi-Tej, M., Mahjoub, A., Ben Brahim, N. and Ouerghi, Z. (2013). Responss of Leaf growth and gas exchanges to salt stress during reproductive stage in wild whrat relative Aegilops geniculate Roth. and wheat (*Triticum durum*). *Acta Physiologiea Platarum*, **35:** 1453-1461.

Mohammadi, M., Mirlohi, A., Majidi, M.M. and Kartalaei, E.S. (2021). Emmer wheat as a source for trait improvement in durum wheat: a study of general and specific combining ability. *Euphytica*, **217:** 1-20.

Mohammadi, R. and Amri, **A.** (2011). Graphic analysisof trait relations and genotype evaluation in durum wheat. *Journal of Crop Improvement*, **25:** 680-696.

Mohammadi, A., Majidi, A. Bihamta, M.R. and Heydari, S.H. (2007). Evaluation of drought stress on agronomic-morphologic trials in some wheat varieties. *Journal of Agriculture and Horticulture Research* (*Pajouhesh and Sazandegi*), **73:** 184-192 (In Persian).

Moll, R.H. and Kamparth, E.J. (1977). Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of Zea mays L. *Agronomy Journal*, **69:** 81-84.

Moosavi, S.S., Kian Ersi, F. and Abdollahi, M.R. (2013). Application of multivariate statistical methods in detection of effective traits on bread wheat (*Triticum aestivum L.*) yield under drought stress condition. *Cereal Researches*, **3:** 119-130 (In Persian).

Moosavi, S.S., Kianersi, F., Abdollahi, M.R. and Afioni, D. (2016). Evaluation of grain yield of bread wheat promising lines and identification of agro-morphological traits associated with yield under terminal moisture stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, **18:** 91-103.

Moradi-Sarab-Sheli, A., Naghavi, M.R. and Aghaei, M.J. (2013). Investigating the genetic diversity of wild wheat species using morphological traits. *Plant Production*, **34(2):** 41-55 (In Persian)

Moradkhani, H., Mehrabi, A.A., Etminan, A. and Pour-Aboughadareh, A. (2015) .Molecular diversity and phylogeny of Triticum–Aegilops species possessing D genome revealed by SSR and ISSR markers. *Plant Breeding and Seed Science*, **71:** 82-95.

Mohammadi, S., Ashraf Mehrabi, A., Arminian, A. and Fazeli, A. (2014). Genetic diversity structure of aegilops cylindrica accessions revealed by genomic ISSR markers. *Plant Genetic Researches*, **1(1):** 13-26 (In Persian).

Naghavi, M.R and Mardi, M. (2010). Characterization of genetic variation among accessions of *Aegilops tauschii* AsPac. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, **18:** 93-96.

Najafi, A. (2010). Selection for resistance to water stress in bread wheat. M.Sc. Thesis, Razi University, Kermanshah, Iran (In Persian).

Nazari, M., Moosavi, S.S. and Maleki, M. (2018). Morpho-physiological and proteomic responses of *Aegilops tauschii* to imposed moisture stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, **132:** 445-452.

Nguyen, A.T., Nishijima, R., Kajimura, T., Murai, K. and Takumi, S. (2015). Quantitative trait locus analysis for flowering-related traits using two F_2 populations derived from crosses between Japanese common wheat cultivars and synthetic hexaploids. *Genes & Genetic Systems*, **90:** 89-98.

Paok, K., Das, A.B., Mittra, B. and Mohanty, P. (2011). Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove (*Bruguiera parviflora* L.). *Naturforschung A Journal of Chemical Science*, **59:** 408-414.

Phuke, R.M., He, X., Juliana, P., Bishnoi, S., Singh, P.G., Kabir, M.R., Roy, K.K., Joshi, A.K., Singh, R.P and Singh, P.K. (2020). Association mapping of seedling resistance to tan spot (Pyrenophora tritici-repentis Race 1) in CIMMYT and South Asian wheat germplasm. *Frontiers in Plant Science*, **11:** 1309.

Pour-Aboughadareh, A., Ahmadi, J., Mehrabi, A.A., Etminan, A., Moghaddam, M. and Siddique K.H.M. (2017). Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: implications for wheat improvement. *Acta Physiologiae Plantarum*, **39(4):** 106.

Rahman, M.S., Hossain, M.S., Akbar, M.K., Islam, M.S. and Ali, L. (2015). Genetic divergence in spring wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Eco Friendly Agriculture Journal*, **8:** 1-13.

Rashidi, V., Majidi, A., Mohamadi, S.A. and Moghadam, M. (2007). Durum wheat lines to determine genetic relationships using cluster analysis and identification of important morphological characteristics of each group. *International Journal of Agricultural Science and Research*, **13(2):** 439-450 (In Persian).

Salami, A., Pahlevani, M., Zenalinezhad, K. and Esmaeilzadeh Moghaddam, M. (2018). Genetic variation pattern of Iranian wheat landraces based on ISSR molecular markers and morphological traits. *Plant Genetic Researches*, **5(1):** 87-100 (In Persian).

Sing, N. (2017). Genetic diversity of wheat wild relative, *Aegilops tauschii*, for wheat improvement. Ph.D. Thesis, Interdepartmental Genetics College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.

Sohail, Q., Inoue, T., Tanaka, H., Eltayeb, A.E., Matsuoka, Y. and Tsujimouka, H. (2011). Applicability of *Aegilops tauschii* drought tolerance traits to breeding of hexaploid wheat. *Breeding Science*, **61:** 347-357.

Tahernezhad, Z., Zamani, M.J., Solouki, M., Zahravi, M., Imamjomeh, A., Jafaraghaei, M. and Bihamta, M.R. (2010). Genetic diversity of Iranian *Aegilops tauschii* Coss. using microsatellite molecular markers and morphological traits. *Molecular Biology Reports*, **37:** 3413-3420.

Tehrani, F., Moosavi, S.S. and Sayyari, M. (2023). Introduction of morpho-physiological and biochemical markers to select salt-tolerant wheat (*Triticum aestivum*) genotypes under salinity stress. *DESERT*, **28 (2):** 231-242.

Thomas, K.G. and Bebeli, P.J. (2010). Genetic diversity of Greek Aegilops species using different types of nuclear genome markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **56:** 951-961.

Warschefsky, E., Penmetsa, R.V., Cook, D.R. and Von Wettberg, E.J.B. (2014). Back to the wilds: tapping evolutionary adaptations for resilient crops through systematic hybridization with crop wild relatives. *American Journal of Botany*, **101:** 1791-1800.