شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/idaj.2025.365194.425

ارزیابی ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم نان اقلیم سرد ایران تحت شرایط دیم بر اساس صفات اگرومورفولوژیک در منطقه زنجان

رامین صادق قول مقدم[۱*]، جلال صبا[۱]، فرید شکاری[۱]، مظفر روستایی[۲]

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

چکیده مبسوط

مقدمه: گندم یکی از غلات استراتژیک در بسیاری از کشورهای جهان، از جمله ایران است. افزایش تولید گندم با در نظر گرفتن پتانسیل ژنتیکی گیاه و واکنش آن به شرایط محیطی، نقش مهمی در تامین امنیت غذایی در سطح جهان ایفا می‌کند. آگاهی از تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیت برای اصلاح گیاهان زراعی، به منظورر بهره‌برداری مؤثر از منابع ژنتیکی جهت تولید ارقام با عملکرد بالا، پایدار و مقاوم در برابر تنش‌های محیطی، امری ضروری است. روش‌های آماری چند متغیره، به دلیل امکان تحلیل هم‌زمان چندین صفت، به طور گسترده‌ای در برآورد تنوع ژنتیکی توسط اصلاحگران مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی ارقام معرفی شده برای اقلیم سرد ایران و لاین‌های پیشرفته گندم نان، بررسی تنوع صفات مرتبط با عملکرد در شرایط دیم، و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس این صفات انجام شده است.

روش‌شناسی پژوهش: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تحت شرایط دیم کامل اجرا شد. در این پژوهش، ۱۲ لاین پیشرفته به همراه لاین WAZ و ۱۱ رقم گندم دیم پاییزه معرفی شده برای مناطق سردسیر دیم ایران، شامل سرداری، هما، آذر ۲، تکاب، اوحدی، رصد، هشترود، باران، سائین، صدرا و پراو، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای بررسی تنوع ژنتیکی صفات در این ارقام و لاین‌ها، گروه‌بندی و مقایسه آن‌ها، از روش‌های آماری تجزیه خوشه‌ای و تجزیه عاملی استفاده شد.

یافته‌های پژوهش: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از نظر اکثر صفات، تنوع زیادی وجود دارد. صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک کمترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی را نشان داد، در حالی‌که بیشترین ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات طول بیرون‌آمدگی پدانکل و تعداد دانه در سنبله بودند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را در سه خوشه گروه‌بندی کرد، به‌طوری‌که ارقامی که در گروه سوم قرار گرفتند دارای تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتری بودند. تجزیه به مولفه‌های اصلی، پنج عامل اصلی را شناسایی کرد که ۸۰/۲ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند. در نهایت، بر اساس نتایج بدست‌آمده، لاین‌های شماره ۹، ۳، ۱۱، ۲، ۷ و ارقام آذر ۲ و هشترود به عنوان لاین‌ها و ارقامی با توانایی بالاتر در سازگاری با شرایط دیم و تولید عملکرد مناسب، قابل معرفی هستند.

* نگارنده مسئول: Ramin_mo2005@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۳

واژه‌های کلیدی: ارقام معرفی‌شده، تجزیه عاملی، تجزیه خوشه‌ای، عملکرد دانه، مقایسه گروهی.

مقدمه

گندم (*Triticum astivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در سرتاسر جهان است که از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید، در رتبه دوم در میان گیاهان زراعی قرار دارد (FAOSTAT, 2022). این محصول حدود ۳۰ درصد از غلات تولیدی جهان را تشکیل می‌دهد و در عین حال ۵۵ درصد از کربوهیدرات و ۲۰ درصد از کالری مصرفی جهان را تأمین می‌کند (khodarahmi et al., 2023). بنابراین، گندم نقش کلیدی در تأمین امنیت غذایی جهانی ایفا می‌کند. افزایش جمعیت جهانی باعث رشد روز افزون تقاضا برای گندم شده است، به‌طوری‌که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ تقاضا برای گندم و محصولات وابسته به آن تا ۵۰ درصد افزایش یابد (Yang *et al.*, 2020). از آنجا که امکان گسترش قابل توجه سطح زیر کشت گندم وجود ندارد، افزایش تولید باید از طریق ارتقاء پتانسیل عملکرد، بهبود کارایی مصرف منابع و به‌کارگیری روش‌های زراعی پایدار تحقق یابد (Gerard *et al.*, 2020).

تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی در جهان به‌شمار می‌روند، به گونه‌ای که در بسیاری از موارد، پتانسیل ژنتیکی به دلیل وجود تنش‌های زیستی و غیرزیستی، به‌ویژه خشکی، تحقق نمی‌یابد (Tavana and Saba, 2017). میانگین عملکرد گندم در جهان تنها ۳۰ تا ۶۰ درصد حداکثر عملکرد بالقوه است که بخش عمده‌ای از این کاهش به تنش‌های محیطی، به‌ویژه تنش خشکی، نسبت داده می‌شود (Daryanto *et al.*, 2016). تنش خشکی یکی از گسترده‌ترین و مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید غلات در جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، محسوب می‌شود (Wasaya *et al.*, 2018). با توجه به تغییرات آب‌وهوایی، بارش‌های متغیر، فصل‌های خشک طولانی و خشک‌سالی‌های مکرر، تأمین آب برای تولید، یک محدودیت عمده در کشاورزی به‌شمار می‌آید که این چالش در کشاورزی دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران شدیدتر است (Saini *et al.*, 2018). تغییرات اقلیمی را می‌توان از جمله مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده امنیت غذایی دانست که سایر عوامل موثر را نیز به شدت تحت تأثیر قرار دهد. در این راستا، شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های پر محصول، پایدار و متحمل به خشکی، یکی از اهداف اصلی برنامه‌های اصلاحی به منظور پاسخگویی به نیازهای غذایی جمعیت در حال رشد جهانی است (Singh *et al.*, 2019). با این حال، عملکرد دانه و میزان تحمل به تنش از جمله صفات کمی، پیچیده و با وراثت‌پذیری پایین هستند که به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارند؛ از طرف دیگر، ارزیابی مواد ژنتیکی در محیط‌های مختلف با هزینه‌های بالایی همراه است. در نتیجه، شناسایی صفات موثر در ارزیابی عملکرد و استفاده از آن‌ها در به‌نژادی برای بهبود عملکرد تحت شرایط تنش، از اهمیت بالایی برخوردار است (Shahbazi et al., 2016). برآورد وراثت‌پذیری صفات، گام اول و ضروری برای آغاز یک برنامه اصلاحی کارآمد محسوب می‌شود. برای غربال‌گری ژنوتیپ‌ها به منظور بهبود عملکرد، می‌توان از صفاتی بهره برد که علاوه‌بر قابلیت اندازه‌گیری آسان، دارای وراثت‌پذیری بالا و ارتباط قوی با عملکرد نهایی باشند (Khodadadi *et al.*, 2020). بروز تنش خشکی در گیاه گندم موجب تغییر در صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن می‌شود (Khadka *et al.*, 2020, Sourour *et al.*, 2017). تحمل به خشکی معمولا ناشی از بروز مکانیسم‌های خاص سازگاری در گیاه است. کسب اطلاعات بیشتر در خصوص صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مرتبط با تحمل به خشکی می‌تواند در

غربالگری ژرم‌پلاسم و ارزیابی ژنوتیپ‌ها در برابر این تنش موثر واقع شود.

تنوع زیستی، کلید دستیابی به امنیت غذایی پایدار بوده و موجب افزایش انعطاف‌پذیری سیستم‌های تولیدی در برابر تغییرات محیطی می‌شود (FAOSTAT, 2022). این تنوع، منبعی ارزشمند و ضروری برای بهبود عملکرد محصولات کشاورزی به‌شمار می‌رود، چرا که امکان سازگاری آن‌ها با اقلیم‌های در حال تغییر را فراهم می‌اورد (Hufford et al., 2019, Frank van et al., 2020).

در مورد گندم نیز، همانند سایر محصولات کشاورزی، وجود تنوع ژنتیکی کافی در جمعیت‌های اصلاحی و توسعه پایه ژنتیکی ارقام جدید، نقش حیاتی در افزایش تولید، و بهبود عملکرد و ارتقاء مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کند (Wani *et al.*, 2018). بررسی تنوع ژنتیکی با استفاده از مطالعه میزان شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود میان ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و زراعی، یکی از روش‌های رایج و موثر در ارزیابی ژرم پلاسم و انتخاب والدین مناسب در برنامه‌های اصلاحی است (Tavana and Saba, 2017).

امروزه، یکی از راهکارهای موثر برای بررسی تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی، استفاده از روش‌های آماری چند متغیره است. این روش‌ها، ابزارهایی قدرتمند برای تحلیل هم‌زمان چندین صفت و دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس الگوهای شباهت و تفاوت میان آن‌ها فراهم می‌کنند. از جمله مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به تجزیه عاملی و تجزیه خوشه‌ای اشاره کرد. تجزیه خوشه‌ای، علاوه‌بر طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها، کاربردهایی در بررسی تنوع ژنتیکی جغرافیایی، انتخاب والدین مناسب، تحلیل مسیر تکامل گیاهان زراعی و نیز ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارد (Ghasemi *et al.*, 2023). برای مثال، طباطبایی و همکاران (Tabatabai *et al.*, 2021) با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ۱۱۱ لاین خالص گندم را که در قالب طرح آگمنت در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی یزد کشت شده بودند، گروه‌بندی کردند. نتایج نشان داد که این لاین‌ها در نه گروه قرار گرفتند و لاین‌های گروه سوم دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر گروه‌ها و ارقام شاهد بودند؛ بنابراین این گروه برای برنامه‌های به‌نژادی آینده پیشنهاد شد. در مطالعه‌ای دیگر، حامدی و همکاران (Hamedi *et al.*, 2017) از ترکیب تجزیه خوشه‌ای و بای‌پلات حاصل از تجزیه عاملی برای گروه‌بندی جمعیت‌های مختلف گندم وحشی استفاده کردند. نتایج نشان داد که هر دو روش جمعیت‌ها را در سه گروه مجزا طبقه‌بندی کردند و میزان تطابق بین نتایج بای‌پلات و خوشه‌بندی، حدود ۴۰ درصد گزارش شد. همچنین، ایزانلو و همکاران (Izanloo *et al.*, 2020) با تحلیل نمودار بای‌پلات مبتنی بر دو مؤلفه اصلی که ۵۳/۰۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین می‌کرد، دریافتند که نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای با الگوهای بای‌پلات هماهنگی دارد. این محققین تنوع ژنتیکی بالایی را در بسیاری از صفات مورد بررسی در گندم‌های هگزاپلوئید مصنوعی گزارش کردند و پیشنهاد نمودند که لاین‌های دارای صفات برتر می‌توانند به عنوان والدین مطلوب برای تولید ارقام جدید در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند.

این مطالعه به منظور ارزیابی ارقام و لاین‌های گندم نان مناطق سردسیر و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بهتر تحت شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا، اجرا گردید.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تحت شرایط دیم کامل انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده شامل ۱۲ لاین پیشرفته گندم، یک لاین تحت عنوان WAZ و ۱۱ رقم گندم دیم پاییزه شامل سرداری، هما، آذر۲، تکاب، اوحدی، رصد، هشترود، باران، سائین، صدرا و رقم پراو بود (جدول ۱). لاین های پیشرفته مورد استفاده در این تحقیق از تلاقی بین ۱۶ لاین داخلی و خارجی گندم از طریق دو نوع تلاقی: الف) تلاقی‌های متقارب برای ایجاد جمعیت منبع، و ب) تلاقی‌های دو به دو برای تشکیل ۸ جمعیت مشتق، حاصل شده‌اند.

خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی بود. پیش از کشت، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن پنجه غازی و تسطیح با دیسک انجام شد.

هر واحد آزمایشی شامل دو خط به طول ۳ متر و فاصله ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت بذرها در اواسط مهر و به صورت دستی، با تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع انجام شد. نیازهای کودی خاک با توجه به آزمون خاک (جدول ۳) و حدود بحرانی گیاه گندم محاسبه و به زمین اضافه شد. برای این منظور با توجه به شرایط کم خاکورزی، قبل از کاشت مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره از منبع نیترات آمونیوم به خاک افزوده شد.

برای ارزیابی صفات مختلف، از هر ژنوتیپ ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و اندازه‌گیری‌ها در مراحل مختلف رشد گیاه و پس از برداشت انجام پذیرفت. در این مطالعه صفات فنولوژیک شامل: تعداد روز تا بوتینگ، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ صفات فیزیولوژیک شامل: محتوای نسبی آب برگ (RWC) و اختلاف دمای کانوپی بود که بعد از مرحله گرده‌افشانی (کد ۶۹ زادوکس) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری اختلاف دمای کانوپی، نزدیک ظهر (ساعت ۱۱) و در شرایط آسمان صاف و آفتابی از کل پلات با زاویه حدود ۴۵ درجه افقی (خلاف تابش آفتاب) به کمک یه دماسنج لیزری دمای کانوپی ثبت شد. از زمان اندازه‌گیری دمای کانوپی تا پایان اندازه‌گیری‌ها دمای روزانه با استفاده از دماسنج که در ارتفاعی برابر با ارتفاع گیاه نصب شده بود اندازه گیری شد و نهایتا اختلاف بین دمای کانوپی و دمای محیط محاسبه شد و به عنوان صفت اختلاف دمای کانوپی در نظر گرفته شد.

صفات اگرومورفولوژیک شامل: ارتفاع، طول سنبله، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد سنبلچه در سنبله در مرحله رسیدگی کامل (کد ۹۳ زادوکس) اندازه‌گیری شد. پس از برداشت صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، بیوماس و شاخص برداشت مرد ارزیابی قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیوماس، پس از حذف ۳۰ سانتی‌متر از دو طرف کرت، بوته‌های باقی‌مانده به‌صورت کامل و دستی برداشت شدند. سپس وزن خشک بوته‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و به عنوان بیوماس ثبت شد. دانه‌ها با استفاده از خرمن‌کوب جدا شده و عملکرد دانه بر حسب گرم در متر مربع محاسبه گردید.

بعد از اندازه‌گیری صفات، تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و میانگین‌ها به روش دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. از امید ریاضی میانگین مربعات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی استفاده شد.

تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و با استفاده از فواصل اقلیدسی بر اساس داده‌های استاندارد شده، به‌منظور تعیین میزان شباهت و فاصله بین ژنوتیپ‌ها (ارقام و لاین‌ها) انجام گرفت (Kebede *et al.*, 2023; Ward, 1963). گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. همچنین از تجزیه تابع تشخیص به منظور ارزیابی صحت گروه‌بندی و تشخیص عضویت صحیح ژنوتیپ-ها در گروه‌ها استفاده شد.

به منظور بررسی پراکنش ژنوتیپ‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، از نمودار دو بعدی حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی به همراه صفات مورد بررسی استفاده گردید.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (به روش دانکن) با استفاده از آزمون دانکن در محیط نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. همچنین تجزیه خوشه‌ای و تابع تشخیص با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و نمودار دو بعدی مولفه‌های اصلی با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۷ ترسیم شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی، به جزء محتوای نسبی آب برگ، اختلاف دمای کانوپی، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). این امر نشان-دهنده وجود تنوع مطلوب بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف و احتمال وجود سازوکارهای متفاوت در واکنش به تنش خشکی است. بنابراین، در مطالعات آتی می‌توان از این ژنوتیپ‌ها برای انتخاب بر مبنای صفات مذکور بهره گرفت. وجود تنوع در میان ژنوتیپ‌های گندم از نظر صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در پژوهش-های دیگر نیز گزارش شده است (Hufford et al., 2019; Frank van et al., 2020).

در واقع، وجود تنوع ژنتیکی در صفات مرتبط با شرایط تنش کم‌آبی، نقش مهمی در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و درک بهینه سازوکارهای مرتبط با تحمل به خشکی در گندم دارد (Majidi-Mehr *et al.*, 2023).

نتایج مقایسه میانگین صفات (جدول ۵) نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به رقم هشترود با ۵۳/۵۸ گرم در متر مربع و کمترین میزان عملکرد مربوط به لاین شماره ۵ با ۲۱/ گرم در متر مربع بود.

لازم به ذکر است که در سال اجرای آزمایش، تا اردیبهشت ماه (مرحله گرده‌افشانی گندم)، میزان بارندگی و دمای هوا در شرایط نرمال قرار داشت (جدول ۲). این شرایط منجر به رشد رویشی مناسب و گرده‌افشانی کامل در ژنوتیپ‌ها شد. اما بلافاصله پس از گرده‌افشانی، یعنی در خردادماه که زمان پر شدن دانه‌ها بود، بارندگی به شدت کاهش یافته و دمای هوا به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. این تغییر ناگهانی باعث شد ژنوتیپ‌ها به دلیل بیوماس بالا، ذخیره رطوبتی خاک را به‌سرعت مصرف کرده و با تنش شدید خشکی مواجه شوند. در نتیجه، دانه‌هایی با اندازه کوچک و چروکیده تولید گردید و عملکرد دانه به‌طور قابل توجهی کاهش یافت.

لاین شماره ۱۲ با ۱۲/۰۵ دانه در سنبله بیشترین مقدار، و لاین شماره ۵ با ۴/۶ دانه در سنبله کمترین مقدار تعداد دانه در سنبله را داشتند. از میان ژنوتیپ-های مورد بررسی، رقم پراو با ۲۳۱/۳۳ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به عنوان دیررس‌ترین رقم، و لاین شماره ۸ با ۲۲۵ روز، به عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ شناسایی شدند. همچنین لاین شماره ۲ با ارتفاع ۵۲/۸ سانتی متر، بلندترین ژنوتیپ این مطالعه بود.

جدول ۱- اسامی ارقام و لاین‌های مورد استفاده

Table 1- Names of cultivars and lines used

نام ژنوتیپ Genotype name	شماره ژنوتیپ Genotype number	شجره Pedigree
لاین ۱	1	این ۱۲ لاین از تلاقی مابین ۱۶ لاین گندم داخلی و خارجی به دو صورت تلاقی‌های متقارب (برای تشکیل یک جمعیت منبع) و تلاقی‌های دو به دو (برای تشکیل ۸ جمعیت) انجام گردیده و طی چندین سال گزینش در جمعیت‌های حاصل به روش مخلوط بالک- شجره‌ای، ۱۲ لاین پیشرفته حاصل شدند
لاین ۲	2	
لاین ۳	3	
لاین ۴	4	
لاین ۵	5	
لاین ۶	6	
لاین ۷	7	
لاین ۸	8	
لاین ۹	9	
لاین ۱۰	10	
لاین ۱۱	11	
لاین ۱۲	12	
سرداری	13	Local variety
هما	14	Sardari-39
آذر ۲	15	KVZ/Ym71/3/Maya"S"//Bb/Inia/4/Sefid
تکاب	16	Manninng/Sdv1//Dogu88
اوحدی	17	14Gene Bank
رصد	18	Fenkang15// Sefid
هشترود	19	M374/Sx//2897/Porsuk/3/Plk70/Lira/5/Jup/4/Cllf/3/Ii14.53/Odin//Ci1/6/Lov26//Lfn /Sdy(Es84- 24)/3/Seri/4/Seri IRW2000-01-096-0MAR-0MAR-0MAR-8MAR-0MAR
باران	20	PTZ.NISKA/UTI556-170//UNKNOWN
سائین	21	Azar2/82Zhang291-99
صدرا	22	Azadi/Azar//Sardari
پراو	23	SABALAN/4/VRZ/3/ORF1.148/TDL/BLO
WAZ	24	

جدول ۲- میزان بارش و میانگین دما در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

Table 2- The Average of precipitation and temperature in the crop year 2017-2018

سال year	۱۳۹۶ 2017						۱۳۹۷ 2018			
ماه month	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July

0.42	2.03	66.29	32.83	13.17	65.16	37.46	18.72	13.85	0.02	میزان بارش (mm) Precipitation
27.6	21.2	15	10.93	10.75	4.13	2.35	5.07	9.06	17.8	میانگین‌دما (^oc) Average temperature
18.5	11.7	8.1	4	3.8	-0.85	-2.8	-1.8	2.7	6.7	دمای حداقل(^oc) Minimum temperature
36.6	30.7	21.8	17.7	17.6	9.1	8	12.3	15.6	22.9	دمای حداکثر(^oc) Maximum temperatture
318.3	228.4	108.8	124.2	121.8	11.5	2.6	10.4	38.2	124.9	تبخیر evaporation
29.8	42.4	62.4	53.7	47.1	72.6	61.5	59.5	59.8	42.2	رطوبت نسبی Relative humidity

جدول ۳- نتایج آزمون خاک مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

Table 3- Soil test results of the research farm of the Faculty of Agriculture, University of Zanjan

EC ($dS.m^{-1}$)	pH	N (%)	Ca ($mg.kg^{-1}$)	Na ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	**مواد آلی** Organic matter (%)	**شن** Sand (%)	**سیلت** Silt (%)	**رس** Clay (%)	**بافت خاک** Soil texture
1.49	7.42	0.1	120	130	200	0.94	25	38	37	**لوم رسی** Clay loam

نتایج حاصل از برآورد پارامترهای ژنتیکی (جدول ۴) نشان داد که در کلیه صفات اندازه‌گیری شده، ضریب تغییرات فنوتیپی از ضریب تغییرات ژنتیکی بالاتر بوده است. این موضوع بیانگر آن است که عوامل محیطی تاثیر قابل توجهی بر بیان این صفات داشته‌اند. در میان صفات مورد بررسی، صفت طول بیرون‌آمدگی پدانکل با مقدار ۳۰/۹۵ درصد، بالاترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی را به خود اختصاص داد، درحالی‌که صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با مقدار ۰/۶۴ درصد، کمترین میزان را نشان داد. این نتایج بیانگر آن است که صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای تنوع ژنتیکی کمتری نسبت به سایر صفات بوده و احتمال انتخاب موفق در این صفت پایین‌تر است. از سوی دیگر، بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به صفت تعداد دانه در سنبله با مقدار ۴۵/۹۱ درصد، و کمترین مقدار مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با مقدار ۱/۱۸ درصد بود. با توجه به اینکه صفت تعداد دانه در سنبله یکی از اجزای کلیدی عملکرد دانه در گندم به‌شمار می‌رود، به نظر می‌رسد وجود تنوع بالای ژنتیکی در این صفت می‌تواند فرصت مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و در نهایت ارتقاء عملکرد دانه فراهم آورد.

بیشترین میزان وراثت‌پذیری مربوط به صفات فنولوژیک بود و در بین این صفات، بیشترین وراثت‌پذیری به صفت تعداد روز تا ظهور سنبله (۷۹/۳۴) اختصاص داشت. در صورتی‌که وراثت‌پذیری یک صفت بسیار بالا باشد (بیش از ۸۰ درصد)، گزینش برای آن صفت مؤثرتر خواهد بود؛ چرا که در این حالت، رابطه‌ای نزدیک بین ژنوتیپ و فنوتیپ برقرار است و سهم عوامل محیطی در شکل‌گیری فنوتیپ ناچیز خواهد بود (Singh, 2009). وراثت‌پذیری بالای صفت روز تا ظهور سنبله پیش‌تر نیز توسط نایک و همکاران (Naik *et al.*, 2015) گزارش شده است. در مقابل، صفات فیزیولوژیک دارای تنوع فنوتیپی و ژنتیکی پایین‌تری بودند و به

شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار داشتند؛ از این-رو، وراثت‌پذیری آن‌ها نیز پایین برآورد شد. صفت عملکرد دانه نیز میزان وراثت‌پذیری پایینی داشت، به‌طوری‌که درصد پیشرفت ژنتیکی حدودآن ۱۵/۱۰ درصد برآورد گردید. در میان اجزای عملکرد، بیشترین میزان وراثت‌پذیری مربوط به صفت تعداد دانه در سنبله (۴۶/۱۱) بود. این صفت همچنین بالاترین درصد پیشرفت ژنتیکی را دارا بود که به‌طور احتمالی نشان‌دهنده نقش غالب اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل آن می‌باشد. با این حال، عدم استفاده از طرح‌های ژنتیکی دقیق و اتکا به داده‌های حاصل از آزمایش‌های معمولی، امکان دستیابی به نتایج قطعی و دقیق را محدود می‌سازد. شایان ذکر است که وراثت‌پذیری برآورد شده مختص ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده و قابل تعمیم به سایر ژنوتیپ‌ها را ندارد. وراثت‌پذیری پایین در عملکرد دانه و وراثت‌پذیری بالا در صفات تعداد دانه در سنبله، در مطالعات سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Rahmati *et al.*, 2018). در میان اجزای عملکرد، وزن هزار دانه کمترین میزان وراثت‌پذیری (۲/۸۳) را داشت. وراثت‌پذیری پایین و درصد پیشرفت ژنتیکی اندک در این صفت، بیانگر تأثیر قابل توجه شرایط محیطی بر آن می‌باشد.

تجزیه خوشه‌ای با در نظر گرفتن کلیه صفات مورد بررسی انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و با برش دندروگرام از محل‌های مختلف سه، چهار و شش گروه ایجاد گردید (شکل ۱). به-منظور انتخاب مناسب‌ترین حالت گروه‌بندی، از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. در حالت‌های مختلف برش دندروگرام گروه‌بندی انجام شد که مقادیر آماره ویلکس لامبدا، کای اسکور، سطح معنی‌داری و درصد صحت گروه‌بندی حالت‌های مختلف برش نشان داد. در حالتی که سه گروه ایجاد شد، اختلاف بین گروه‌ها خیلی بیشتر از اختلاف درون گروه‌ها بود و گروه‌بندی صحیح‌تری انجام شد (جدول ۶). همچنین به منظور تأیید اختلافات بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه طرح کاملا تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر انجام شد که در آن چهار آماره ویلکس لامبدا، اثر پیلای، اثر هتلینگ و بزرگترین ریشه روی در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار شدند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بین بردارهای میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. صحت گروه‌بندی با این روش از طریق تجزیه تابع تشخیص ارزیابی و برابر با ۹۰/۳ درصد بود.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، لاین‌های ۵، ۶ و ۸ و ارقام سرداری، هما، اوحدی، صدرا و پراو در گروه اول و لاین‌های شماره ۱، ۴ و ۱۰ و رقم رصد در گروه دوم و لاین‌های ۲، ۳، ۷، ۹، ۱۱، ۱۲ و WAZ و ارقام آذر ۲، تکاب، هشترود، باران و سائین در گروه سوم قرار گرفتند. به منظور بررسی بهتر گروه‌ها برای تک تک صفات مورد بررسی به صورت جداگانه تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد. همچنین برای نشان دادن ارزش هر یک از گروه‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده، درصد انحراف از میانگین خوشه‌ها از میانگین کل برآورد شد (جدول ۷).

اختلاف بین گروه‌ها از لحاظ صفات ارتفاع، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح یک درصد و از لحاظ صفت وزن

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم

Table 4- Variance analysis of traits in bread wheat genotypes under rainfed condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات mean of squares							
		تعداد روز تا بوتینگ Days to booting	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological mathurity	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference	ارتفاع Height	طول سنبله Spike length
تکرار Replication	2	26.05	16.16	2.05	8.43	154.11	5.05	114.04	1.28
ژنوتیپ Genotype	23	30.63**	33.18**	11.38**	7.93**	74.42ns	0.82ns	35.22**	0.47**
خطا Error	46	5.41	2.65	1.05	1.51	46.03	0.91	10.43	0.18
ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation	-	1.51	1.61	0.91	0.64	3.79	-	6.28	4.58
ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	-	2.72	2.43	1.41	1.18	12.09	-	13.33	10.94
وراثت‌پذیری عمومی broad sense heritability	-	60.84	79.34	76.63	58.63	17.05	-	44.20	34.94
درصد پیشرفت ژنتیکی Percentage of genetic advance	-	2.43	2.95	1.64	1.01	3.22	-	8.60	5.57

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, ** and *: not significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس صفات در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم

Continuation of Table 4- Variance analysis of traits in bread wheat genotypes under rainfed conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات mean of squares							
		طول پدانکل Peduncle length	طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle extrusion	تعداد سنبله در متر مربع Number of spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Yield	بیوماس biomass	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	28.30	10.85	5719.80	2.21	44.53	318.70	2022.46	26.38
ژنوتیپ Genotype	23	10.21^{**}	5.92^{**}	1216.96^{ns}	14.48^{**}	21^{ns}	172.87^{*}	1765.11^{**}	42.20^{**}
خطا Error	46	3.24	1.70	807.96	4.06	19.31	83.97	417.74	13.99
ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation	-	9.93	30.95	5.68	22.06	3.30	14.35	9.04	18.79
ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	-	21.66	42.45	19.49	45.91	22.63	38.51	17.76	41.71
وراثت‌پذیری عمومی broad sense heritability	-	41.76	45.28	14.44	46.11	2.83	26.08	51.81	40.20
درصد پیشرفت ژنتیکی Percentage of genetic advance	-	13.23	42.91	4.44	30.86	1.15	15.10	13.41	24.54

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, ** and *: not significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۵- میانگین صفات مختلف برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 5- The average of different traits for the examined genotypes

ژنوتیپ Genotype	تعداد روز تا بوتینگ Days to booting	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological mathurity	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	اختلاف دمای کانوپی (درجه سانتی‌گراد) Canopy temperature difference (°C)	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike length (cm)
لاین ۱	195.00	201.33	203.33	227.67	84.02	0.32	48.06	7.20
لاین ۲	187.33	197.33	202.33	225.33	85.15	0.90	52.80	7.21
لاین ۳	193.67	201.00	203.67	228.33	80.22	0.12	50.27	6.60
لاین ۴	193.67	200.00	203.33	227.33	83.41	1.02	49.83	7.39
لاین ۵	191.00	197.00	204.67	225.33	78.43	0.15	44.96	7.48
لاین ۶	194.33	201.00	205.67	226.33	82.19	0.32	42.83	6.98
لاین ۷	183.33	186.67	197.67	225.00	81.20	0.30	44.22	6.11
لاین ۸	187.67	192.67	201.00	225.00	85.19	0.20	45.04	6.87
لاین ۹	187.33	197.33	205.33	228.67	90.17	0.57	49.42	6.95
لاین ۱۰	187.33	195.33	203.00	227.00	78.14	1.40	49.85	6.88
لاین ۱۱	186.67	197.00	202.33	226.67	84.82	1.83	48.16	6.22
لاین ۱۲	193.33	199.00	204.67	227.00	87.27	0.88	41.68	7.34
سرداری	195.00	200.33	205.00	227.00	73.83	1.18	43.18	6.51
هما	190.67	200.33	203.33	225.67	79.18	1.07	45.35	6.54
آذر ۲	191.00	197.67	201.33	227.33	81.52	1.65	45.09	6.43
تکاب	193.33	199.67	202.33	228.67	81.86	0.77	41.44	6.81
اوحدی	193.67	199.67	205.33	227.67	78.67	0.93	44.59	6.53
رصد	193.00	201.67	206.00	229.33	79.66	1.03	50.78	6.33
هشترود	192.33	200.00	202.67	227.00	80.53	1.67	44.95	6.40
باران	193.33	199.33	204.67	229.33	81.43	1.40	44.62	6.92
سائین	193.00	198.33	203.67	230.00	83.75	0.62	47.39	6.86
صدرا	193.67	200.00	204.00	228.00	63.93	0.28	41.88	6.42
پراو	192.00	201.67	206.67	231.33	82.93	0.58	40.47	7.41
WAZ	194.67	200.67	205.33	226.33	82.21	1.43	42.09	6.71

ادامه جدول ۵- میانگین صفات مختلف برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Continuation of Table 5- The average of different traits for the examined genotypes

ژنوتیپ Genotype	طول پدانکل (سانتی‌متر) Peduncle length (cm)	طول بیرون آمدگی پدانکل (سانتی‌متر) Peduncle extrusion (cm)	تعداد سنبله در متر مربع Number of spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع) Yield ($kg.m^{-1}$)	بیوماس (کیلوگرم در مترمربع) Biomass ($kg.m^{-1}$)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
لاین ۱	17.29	4.77	227.22	6.59	23.35	35.17	275.00	12.63
لاین ۲	18.89	5.40	213.61	10.14	18.63	40.64	245.83	16.42
لاین ۳	16.59	5.61	189.44	10.57	21.63	43.89	233.33	18.42
لاین ۴	18.47	6.09	226.39	5.20	29.75	28.26	245.83	11.67
لاین ۵	12.29	1.27	208.61	4.66	22.26	21.09	212.50	9.91
لاین ۶	15.27	2.87	163.33	9.02	20.99	30.61	218.89	13.90
لاین ۷	14.99	3.63	222.22	9.18	22.10	45.32	233.33	19.20
لاین ۸	13.96	2.85	206.11	6.03	24.36	30.43	209.72	14.35
لاین ۹	17.29	6.12	224.44	7.75	22.53	39.23	245.83	15.95
لاین ۱۰	17.16	5.70	229.17	5.20	22.69	26.90	273.61	9.84
لاین ۱۱	17.07	4.23	182.78	9.81	21.20	36.89	273.61	13.36
لاین ۱۲	16.48	3.34	173.89	12.05	23.11	47.27	229.17	21.17
سرداری	13.05	3.14	206.39	6.51	26.49	35.14	231.94	15.04
هما	14.73	4.16	239.72	6.97	24.92	41.54	231.94	17.97
آذر ۲	15.17	4.28	171.67	9.24	23.14	36.79	201.39	18.21
تکاب	13.15	2.21	210.83	9.70	20.53	41.39	220.83	18.75
اوحدی	13.04	2.67	224.17	5.77	25.80	33.12	213.89	15.50
رصد	17.27	5.40	217.78	8.06	25.69	45.13	287.50	15.75
هشترود	14.73	3.93	207.50	11.50	22.43	53.58	206.94	26.00
باران	14.53	3.55	201.39	10.20	22.64	45.87	208.33	21.86
سائین	15.35	4.16	211.11	10.83	18.44	41.62	223.61	18.66
صدرا	14.30	2.49	205.00	7.73	24.07	38.01	227.78	16.68
پراو	13.79	2.62	186.11	8.65	18.97	29.66	215.28	13.95
WAZ	13.37	1.48	187.50	11.40	19.89	42.72	258.33	16.50

جدول ۶- نتایج تجزیه تابع تشخیص برای بررسی صحت گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 6- Discrimination function analysis for evaluating the accuracy grouping of cluster analysis

بزرگترین ریشه روی Roy's Largest Root	اثر هتلینگ Hotelling's Trace	اثر پیلای Pillais Trace	ویلکس لامبدا wilks' lambda	درصد صحت گروه‌بندی the accuracy grouping percentage	سطح معنی‌داری probability	کای اسکور Chi-square	تعداد گروه‌ها Number of groups
30.248	52.961	3.405	0	90.3	0.000	34.367	3
12.440	18.687	1.788	0.010	71.6	0.019	3.958	4
4.521	6.255	0.862	0.138	49.8	0.872	0.048	6

هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل، ۸ ژنوتیپ قرار گرفته در گروه اول دارای میانگین بالاتر و انحراف مثبت از میانگین کل برای صفت تعداد روز تا گرده‌افشانی (۰/۴) بودند.

ژنوتیپ‌های گروه دوم با داشتن انحراف مثبت از میانگین برای کلیه صفات (به جز از تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت)، بالاترین میانگین را برای صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی، ارتفاع، طول سنبله، طول پدانکل، طول بیرون‌آمدگی پدانکل، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و بیوماس نشان دادند. این ژنوتیپ‌ها همچنین کمترین میانگین را برای صفات تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت داشتند. به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های این گروه از نوع پابلند بوده و دارای دوره پر شدن دانه طولانی‌تر هستند که توانسته‌اند با بهره‌گیری از پدیده انتقال مجدد، دانه‌های نسبتا کم تولید شده در بوته را به‌خوبی پر کرده و دانه‌هایی با اندازه درشت‌تر تولید کنند. ژنوتیپ‌های گروه سوم، علاوه بر داشتن انحراف مثبت از میانگین برای صفات محتوای نسبی آب برگ، اختلاف دمای کانوپی، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت، بالاترین میانگین را نیز برای این صفات دارا بودند. دمای پایین‌تر کانوپی و میزان بالاتر محتوای نسبی آب برگ، منجر به تولید تعداد دانه بیشتر و در نهایت عملکرد بالا در این ژنوتیپ‌ها شده است؛ هر چه تولید تعداد بالای دانه سبب کاهش وزن هزاردانه و کوچک ماندن اندازه دانه‌ها گردیده است. در مطالعه‌ای، توسط آگراوال و همکاران (Aggarwal *et al.*, 2023) از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ۱۲۰ ژنوتیپ گندم بر اساس ۱۴ صفت اگرومورفولوژیک استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌ها در نه گروه طبقه‌بندی شدند. همچنین اللواتی و همکاران (Al Lawati *et al.*, 2021) با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات اگرومورفولوژیک و وجود رنگدانه روی بخش‌های مختلف گیاه، ۱۷ ژنوتیپ بومی گندم دوروم و پنج رقم شاهد را در چهار گروه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در چهار گروه طبقه‌بندی نمودند. این پژوهشگران توصیه کردند که ژنوتیپ‌های گروه اول را برای بهبود روز تا گلدهی و صفت غلاف برگ پرچم (به عنوان نشانگر)، ژنوتیپ‌های گروه دوم برای بهبود عملکرد دانه با رنگ برگ پرچم به عنوان نشانگر، ژنوتیپ‌های گروه سوم برای بهبود تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله همراه با رنگ کلئوپتیل به عنوان نشانگر و ژنوتیپ‌های گروه چهارم برای بهبود تعداد پنجه و طول دانه همراه با رنگ میانگره به عنوان نشانگر در برنامه‌های اصلاحی و دورگ‌گیری مورد استفاده قرار گیرند. در یک مطالعه دیگری، برای بررسی تنوع ژنتیکی ۱۴۱ رقم بومی گندم دوروم جمع‌آوری شده از مناطق مختلف اتیوپی به همراه ۱۹ رقم معرفی شده، از صفات اگرومورفولوژیکی و داده-های استاندارد شده استفاده شد، ژنوتیپ‌ها براساس صفات اندازه‌گیری شده در هفت گروه خوشه‌بندی شدند. در این مطالعه، گروه سوم بیشترین مقادیر وزن هزاردانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را دارا بود (Wondifaw *et al.*, 2020).

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد (جدول ۸) که پنج مولفه اول توانستند در مجموع ۸۰/۲ درصد از تغییرات کل بین داده‌ها را توجیه کنند. سهم مولفه اول در تبیین تغییرات برابر با ۲۴/۳ درصد، مولفه دوم ۲۰/۲ درصد، مولفه سوم ۱۷/۵، مولفه چهارم ۱۱/۸ و مولفه پنجم۶/۴ درصد بود. مولفه اول دارای ضریب بزرگ و مثبت برای صفات ارتفاع، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل و ضریب بزرگ و منفی برای صفت تعداد روز تا بوتینگ بود. مولفه دوم دارای ضرایب مثبت برای صفات تعداد دانه در سنبله، عملکرد و شاخص برداشت بود. صفات فنولوژی همچون تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با ضرایب بزرگ و مثبت در مولفه سوم قرار گرفتند. محتوای نسبی آب برگ و طول سنبله با ضرایب بزرگ و مثبت و وزن هزار دانه با ضریب بزرگ و منفی با مولفه چهارم مرتبط بود. بنابراین می‌توان بیان داشت که در شرایط دیم محتوای نسبی آب برگ و طول سنبله با وزن هزار دانه رابطه عکس دارند این امر

منطقی به نظر می‌رسد، زیرا در شرایط دیم بالا بودن محتوای نسبی آب یعنی گیاه روزنه‌ها را بسته و فتوسنتز انجام نمی‌دهد و در نتیجه دانه‌ها ریز شده و نهایتا وزن هزار دانه کاهش می‌یابد، از طرف دیگر بلند بودن طول سنبله سبب می‌شود تا کربوهیدرات‌هایی که از طریق انتقال مجدد سبب پر کردن دانه‌ها می‌شود نتواند تمام دانه‌ها را پر کند و نهایتا دانه‌های چروکیده با وزن کم تولید می‌شود و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. مولفه پنجم دارای ضریب منفی و بزرگ برای صفات اختلاف دمای کانوپی و عملکرد بیولوژیک و ضریب بزرگ و مثبت برای صفت تعداد سنبله در متر مربع بود.

با استفاده از نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی و بر اساس دو مولفه اول نمودار بای‌پلات رسم شد (شکل ۲). بر اساس این پلات ژنوتیپ‌هایی که در منطقه A قرار گرفتند، مانند رقم رصد و لاین‌های شماره ۹، ۳، ۱۱، ۲ و ۷ دارای مقادیر بالا برای مولفه اول و دوم بودند که با توجه به ضرایب مولفه‌ها می‌توان بیان کرد که ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این ناحیه دارای عملکرد، ارتفاع، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، تعداد سنبله در متر مربع و شاخص برداشت بالایی بودند. همچنین این ژنوتیپ‌ها کمترین تعداد روز تا بوتینگ را دارا بودند. به همین دلیل این ژنوتیپ‌ها با حداکثر استفاده از منابع در ابتدای فصل رشد، بیشترین میزان ارتفاع را تولید کرده و در نهایت در آخر فصل که گیاه به شدت با تنش خشکی روبرو می‌شود با استفاده از انتقال مجدد دانه‌ها را پر کرده و در نتیجه عملکرد بالایی را تولید می‌کنند. ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه B قرار گرفتند (مانند لاین‌های شماره ۸، ۱، ۴ و ۱۰ و رقم هما) ژنوتیپ‌هایی هستند که دارای ارتفاع، طول پدانکل و طول بیرون آمدگی پدانکل بالا و از طرفی تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و عملکرد پایین داشتند. لاین‌های شماره ۵ و ۶ و ارقام سرداری، اوحدی، صدرا و پراو که در ناحیه C قرار گرفتند کمترین مقدار عملکرد، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع و طول پدانکل را دارا بودند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها به عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم معرفی شدند. ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه D قرار گرفتند (ارقام تکاب، باران، سائین، WAZ، آذر ۲ و هشترود و لاین شماره ۱۲) کمترین مقدار ارتفاع، طول پدانکل و طول بیرون آمدگی پدانکل و بیشترین مقدار عملکرد و تعداد دانه در سنبله را دارا بودند. احتمالا این ژنوتیپ‌ها توانایی بیشتری در سازگاری با شرایط دیم را دارا بودند به عبارت دیگر دارای ویژگی‌هایی بودند که تطابق آن‌ها را با شرایط دیم افزایش داده است.

جبرمریام و همکاران در بررسی ۱۰۳ ژنوتیپ گندم نان در ناحیه کافا در جنوب غرب اتیوپی عنوان کردند که چهار عامل اول در مجموع ۷۳/۷۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین کردند (Gebremariam *et al.*, 2022) . بررسی ضرایب عاملی در تحقیق آن‌ها نشانگر اهمیت صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، طول سنبله و تعداد پنجه بارور در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب بود (Malik *et al.*, 2014). ۲۵۸ واریته گندم معرفی شده طی پنجاه سال اصلاح برای شش اقلیم متفاوت هند را بر اساس ۶ صفت اگرومورفولوژیک به کمک دو مؤلفه اول ۳۶/۹ درصد از تغییرات بین داده‌ها را توجیه می‌کردند در چهار گروه، طبقه‌بندی کردند.

جدول ۷- میانگین و درصد انحراف از میانگین کل هر گروه از ژنوتیپ‌های گندم در تجزیه خوشه‌ای

Table 7- Mean and percentage deviation from the mean of each group of wheat genotyps in cluster analysis

گروه Group	تعداد ژنوتیپ در گروه Number of genotypes in the group	تعداد روز تا بوتینگ Days to booting	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference	ارتفاع Height	طول سنبله Spike length
1	8	192.25 a	199.08 a	204.46 a	227.04 a	78.04 a	0.59 a	43.54 b	6.84 a
انحراف از میانگین کل Deviation from the total mean		0.38	0.27	0.40	-0.15	-3.93	-31.37	-4.92	0.68
2	4	192.25 a	199.58 a	203.92 a	227.83 a	81.31 a	0.94 a	49.63 a	6.95 a
انحراف از میانگین کل Deviation from the total mean		0.38	0.52	0.14	0.20	0.09	9.62	8.39	2.27
3	12	190.42 a	197.58 a	202.79 a	227.58 a	83.45 a	0.97 a	46.37 b	6.71 a
انحراف از میانگین کل Deviation from the total mean		-0.57	-0.49	-0.42	0.08	2.72	13.24	1.26	-1.20
میانگین کل Total mean		191.51	198.54	203.64	227.39	81.24	0.86	45.79	6.80

ادامه جدول ۷- میانگین و درصد انحراف از میانگین کل هر گروه از ژنوتیپ‌های گندم در تجزیه خوشه‌ای

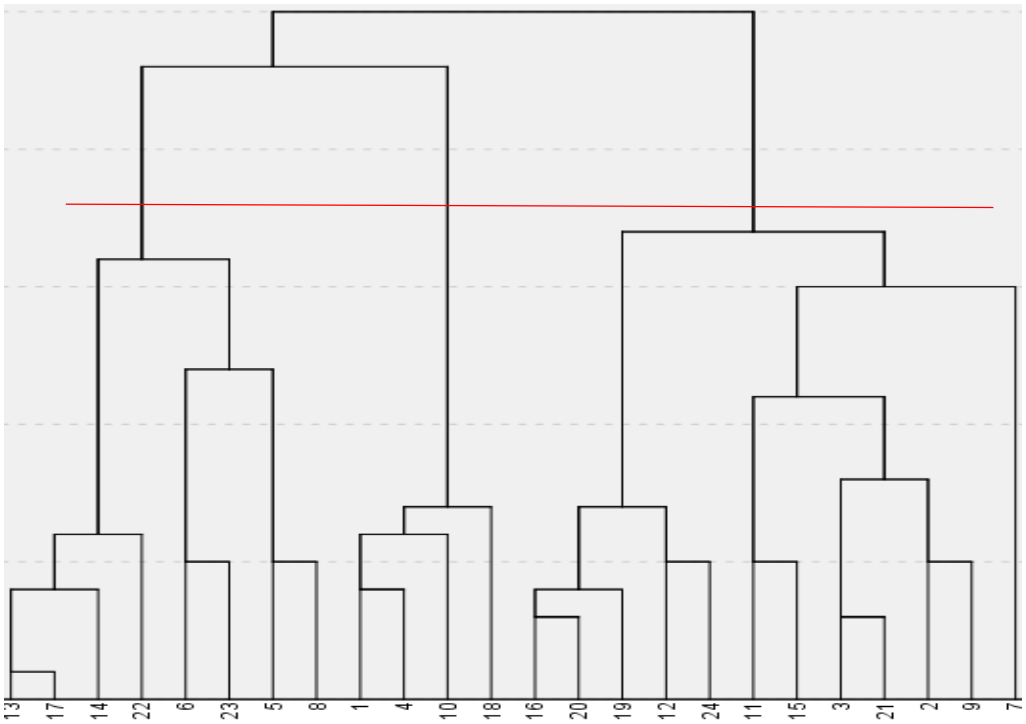
Continuation of table 7- Mean and percentage deviation from the mean of each group of wheat genotyps in cluster analysis

گروه Group	تعداد ژنوتیپ در گروه Number of genotypes in the group	طول پدانکل Peduncle length	طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle extrusion	تعداد سنبله در متر مربع Number of spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Yield	بیوماس biomass	شاخص برداشت Harvest index
1	8	13.80 c	2.76 b	204.93 ab	6.92 b	23.48 ab	32.45 b	220.24 b	14.66 b
انحراف از میانگین کل Deviation from the total mean		-10.03	-28.01	-0.37	-18.12	3.29	-14.44	-6.02	-10.17
2	4	17.55 a	5.49 a	225.14 a	6.26 b	25.37 a	33.87 b	270.49 a	12.47 b
انحراف از میانگین کل Deviation from the total mean		14.40	43.28	9.46	-25.86	11.60	-10.71	15.42	-23.57
3	12	15.84 b	4.22 b	200.81 b	10.09 a	21.49 b	42.95 a	229.29 b	18.91 a
انحراف از میانگین کل Deviation from the total mean		3.25	10.21	-2.37	19.41	-5.47	13.25	-2.16	15.87
میانگین کل Total mean		15.34	3.83	205.68	8.45	22.73	37.93	234.35	16.32

جدول ۸ – نتایج مربوط به تجزیه مولفه‌های اصلی بر مبنای تمامی صفات مورد مطالعه

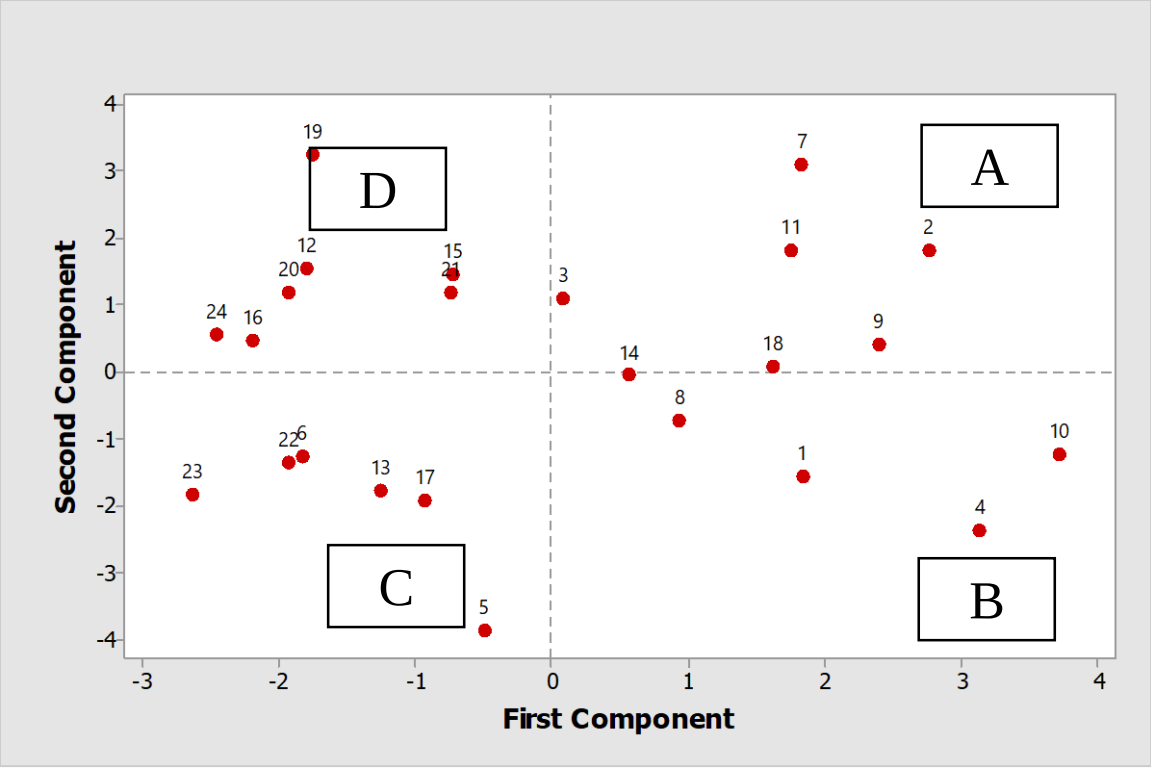
Table 8- The results of principal component analysis based on all studied traits

متغیر Variable	مولفه ۱ PC 1	مولفه ۲ PC 2	مولفه ۳ PC 3	مولفه ۴ PC 4	مولفه ۵ PC 5
تعداد روز تا بوتینگ Days to booting	-0.30	-0.20	0.32	-0.17	0.09
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	-0.21	-0.17	0.47	-0.12	-0.05
تعداد روز تا گرده افشانی Days to anthesis	-0.19	-0.28	0.39	0.03	-0.09
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological mathurity	-0.15	-0.03	0.38	0.01	0.26
محتوای نسبی آب Relative water content	0.14	0.18	0.13	0.48	0.04
اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference	0.00	0.20	0.14	-0.26	-0.58
ارتفاع Height	0.42	0.07	0.21	0.00	0.06
طول سنبله Spike length	0.01	-0.27	0.15	0.48	0.22
طول پدانکل Peduncle length	0.38	0.15	0.30	0.10	-0.01
طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle extrusion	0.39	0.14	0.28	-0.07	0.17
تعداد سنبله در متر مربع Number of spike per m2	0.29	-0.10	-0.06	-0.29	0.45
تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	-0.22	0.45	0.16	0.16	-0.07
وزن هزار دانه Thousand kernel weight	0.14	-0.22	-0.01	-0.47	0.11
عملکرد دانه Yield	-0.11	0.47	0.14	-0.20	0.21
عملکرد بیولوژیک Biologycal yield	0.31	-0.01	0.24	-0.09	-0.36
شاخص برداشت Harvest index	-0.23	0.43	0.04	-0.16	0.33
ارزش ویژه Eigenvalue	3.88	3.23	2.80	1.88	1.03
درصد واریانس variance (%)	24.3	20.2	17.6	11.8	6.4
درصد واریانس تجمعی Cumulative of variance (%)	24.3	44.5	62	73.8	80.2



شکل ۲- دندروگرام ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward

Figure 1- The dendrogram of wheat genotyps using cluster analysis by Ward method



شکل ۲- نمودار بای‌پلات بر اساس مولفه‌های اول و دوم در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم

Figure 2- Biplot diagram based on the first and second omponents in bread wheat genotypes under rainfed conditions

نتیجه‌گیری

ارقام سازگار و پرمحصول دیم معمولا دارای عملکرد بیولوژیک زیاد، ارتفاع بوته بیشتر، تعداد دانه در سنبله و طول پدانکل بالا هستند که در این آزمایش نیز اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات مذکور وجود داشت. همچنین بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات طول بیرون‌آمدگی پدانکل و تعداد دانه در سنبله بود. با عنایت به آنالیزهای تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌توان بیان داشت که لاین‌های شماره ۹، ۳، ۱۱، ۲، ۷ و ارقام آذر ۲ و هشترود از توانایی بیشتری در تطابق با شرایط دیم و تولید عملکرد مناسب برخوردار هستند.

منابع

Aggarwal D, Gupta A, Sabhyata S, Singh G, Singh GP, Tiwari R. 2023. Diversity in Indian wheat (*T. aestivum* L.) germplasm for various agro-morphological traits. Plant Genetic Resources 21: 9-81

Al Lawati A, Nadaf S, AlSaady N, al Hinai S, Almamari A, Adawi M. 2021. Genetic Diversity of Omani Durum Wheat (*Triticum turgidum* sub sp. durum) Landraces. The Open Agriculture Journal 15: 21-32

Alemu Y, Anley A, Abebe T. 2020. Genetic variability and association of traits in Ethiopian durum wheat (*Triticum turgidium* L. var. durum) landraces at Dabat Research Station, North Gondar. Cogent Food & Agriculture 6: 1-21

Baye A, Berihun B, Bantayehu M, Agegn B. 2020. Genotypic and phenotypic correlation and path coefficient analysis for yield and yield-related traits in advanced bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. Cogent Food & Agriculture 6: 1

Daryanto S, Wang L, Jacinthe PA. 2016. Global Synthesis of Drought Effects on Maize and Wheat Production. PLOS ONE 11(5): 20

FAO. 2022. FAOSTAT agriculture. Food and Agriculture Organization of United Nations

Gebremariam K, Alamirew S, Gebreselassie W. 2022. Evaluation of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Germplasm at Kafa Zone, South West Ethiopia. Advances in Agriculture 6

Gerard GS, Crespo-Herrera LA, Crossa J, Mondal S, Velu G, Juliana P. 2020. Grain yield genetic gains and changes in physiological related traits for CIMMYT's High Rainfall Wheat Screening Nursery tested across international environments. Field Crops Research 1, 249: 107742

Ghasemi F, Pourmohammad A, Golkari S, Aliloo AA. 2023. Evaluation of Genetic Diversity in Rain-Fed Wheat Genotypes For Some Agronomic Traits. Crop Science Research in Arid Regions 4(2): 591-606. (in persian)

Hamedi M, Maleki M, Rahimi M, Baghizadeh A, Alavi N. 2017. Grouping of Different Populations of Wild Wheat (Triticum Boeoticum) by Multivariate Analysis. Journal of Crop Breeding 9: 27-35 (in persian)

Hufford MB, Berny Mier YT, Gepts P. 2019. Crop Biodiversity: An Unfinished Magnum Opus of Nature. Annual Reviwe of Plant Biology 70: 727-51

Izanloo A, Alipour Moghadam S, Ghaderi MG, Samadzadeh A. 2020. Assessing morpho-phenological characteristics of synthetic hexaploid wheats. Cereal Research 10(2): 149-65 (in persian)

Khadka K, Earl HJ, Raizada MN, Navabi A. 2020. A Physio-Morphological Trait-Based Approach for Breeding Drought Tolerant Wheat. Frontiers in Plant Science 11

khodadadi M, Dehghani H, Fotokian MH. 2020. Study of heritability, path and factor analysis in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Agricultural Knowledge 2(4): 67-78 (in persian)

khodarahmi M, Soughi H, Shahbazi K, Jafarby J, Khavarinejad MS. 2023. Trends in important agronomic traits, grain yield and its components in bread wheat cultivars released in northern warm and humid climate of Iran, 1968–2018. Cereal Research Communications 51(4): 1003-14

Majidi-Mehr A, Pahlavani M, Zeinali-Nezhad K, Karimizaded R, Borner A. 2023. Study of genetic diversity and grouping pattern bread wheat genotypes under water deficit- stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 16(3): 675-91 (in persian)

Malik R, Sharma H, Sharma I, Kundu S, Verma A, Sheoran S. 2014. Genetic diversity of agro-morphological characters in Indian wheat varieties using GT biplot. Australian Journal of Crop Science 8(9): 1266-1271

Mecha B, Alamerew S, Assefa A, Assefa E, Dutamo D. 2017. Correlation and Path Coefficient Studies of Yield and Yield Associated Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. Advances in Plants and Agriculture Research 6: 1-10

Naik R, Biradar S, Yadawad A, Desai S. 2015. Study of Genetic Variability Parameters in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. Research Journal of Agricultural Sciences 6: 123-5

Rahmati M, Ahmadi A, Hosseinpour T. 2018. Study of Genetic Variability, Heritability and Relationship between Grain Yield and Yield-Related Traits on Bread Wheat Genotypes under Dry Land Conditions. Journal of Crop Breeding 10(25): 75-167

Saini J, Faris JD, Zhang Q, Rouse MN, Jin Y, Long Y. 2018. Identification, mapping, and marker development of stem rust resistance genes in durum wheat 'Lebsock'. Molecular Breeding 38(6): 77

Shahbazi M, Sheikh F, kalateh Arab M, Hassanifar AM. 2016. Study of Genetic Diversity of Native Wheat in Rainfed Condition of Golestan Province. Journal of Crop Breeding 7(16): 176-86 (in persian)

Singh BD. 2009. Plant Breeding Principles and Methods, Kalyani Publishers 8pp

Singh C, Gupta A, Gupta V, Kumar P, Sendhil R, Tyagi B, et al. 2019. Genotype x environment interaction analysis of multi-environment wheat trials in India using AMMI and GGE biplot models. Crop Breeding and Applied Biotechnology 19: 309-18

Sourour A, Afef O, Mounir R, Mongi B Y. 2017. A review: Morphological, physiological, biochemical and molecular plant responses to water deficit stress. International Journal of Engineering science 6(1): 2319-1805

Tabatabai SMT. 2021. Study of genetic diversity and cluster analysis for morphological traits of bread wheat under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 14(4): 913-28 (in persian)

Tavana S, Saba j. 2017. Grouping wheat Lines and their Group Selection under Rainfed Conditions. Journal of Crop Breeding 8(20): 164-59 (in persian)

Turner NC. Crop Water Deficits: A Decade of Progress. In: Brady NC, editor. Advances in Agronomy Academic Press 1986. p. 1-51

Van Frank G, Rivière P, Pin S, Baltassat R, Berthellot J-F, Caizergues F. 2020. Genetic Diversity and Stability of Performance of Wheat Population Varieties Developed by Participatory Breeding. Sustainability 12(1): 384

Wani S, Sheikh F, Najeeb S, Mehraj U, Qureshi A, Kordrostami M. 2018. Genetic variability study in Bread Wheat (*Triticum Aestivum* L.) under Temperate Conditions. Current Agriculture Research Journal 6: 77-268

Ward JH. 1963.Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58(301): 236–244

Wasaya A, Zhang X, Fang Q, Yan Z. 2018. Root Phenotyping for Drought Tolerance: A Review. Agronomy 8(11): 241

Wondifaw M, Keneni G, Kassahun T. 2020. Genetic diversity of Ethiopian durum wheat (Triticum durum Desf) landrace collections as reveled by morphological markers. Journal of Plant Breeding and Crop Science 12: 258-68

Yang X, Tan B, Liu H, Zhu W, Xu L, Wang Y. 2020. Genetic Diversity and Population Structure of Asian and European Common Wheat Accessions Based on Genotyping-By-Sequencing. Frontiers in Genetics 11: 214

DOI: 10.22092/idaj.2025.365194.425

Grouping of advanced bread wheat cultivars and lines in Iran's cold climate under rainfed conditions based on agro-morphological traits

Ramin Sadeghghol Moghadam[1*], Jalal Saba[1], Farid Shekari[1], Mozafar Roustaii[2]

1- Department of Plant Genetics and Production, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2- Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

Extended abstract

Introduction: Wheat is one of the most strategic staple crops globally, including Iran. Enhancing the production of this crop, considering its genetic potential and environment responses, plays a vital role in ensuring global food security. Understanding genetic diversity and population structure is essential for crop improvement, enabling the effective utilization of genetic resources to develop cultivars with high and stable yields and resistance to environmental stresses. Multivariate statistical methods are widely employed by plant breeders to estimate genetic diversity, as they allow for the simultaneous evaluation of multiple traits. The present study aimed to assess the the genetic diversity of advanced wheat lines and cultivars introduced for cold climates in Iran. Specifically, it focused on evaluating traits related to the performance of bread wheat cultivars and lines under rainfed conditions, grouping the genotypes based on these traits, and comparing the resulting clusters.

Materials & Methods: The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications under full rainfed conditions. The plant materials included 12 advanced lines, the WAZ line, and 11 autumn rainfed wheat cultivars recommended for the cold rainfed regions of Iran, namely Sardari, Homa, Azar2, Takab, Ohadi, Rasd, Hashtroud, Baran, Sain, Sadra and Praw. The trial was carried out at the research farm of the Faculty Agriculture of Zanjan University during the 2016-2017 cropping season. Cluster analysis and principal component analysis (PCA) were used to explore the genetic diversity among the genotypes and classify them accordingly.

Research findings: The analysis of variance revealed significant genetic diversity among the genotypes for most of the eavaluated traits. The number of days to physiological maturity exhibited the lowest phenotypic and genotypic coefficient of variation, whereas the highest values were recorded for peduncle extrusion and the number of seeds per spike, respectively. Cluster analysis grouped the genotypes into three clusters. Genotypes in the third group were characterized by a higher number of seeds per spike, seed yield and a higher harvest index. PCA identified five principal components explaining 80.2% of the total phenotypic variation. Based on the multivariate analysis, lines 9, 3, 11, 2, and 7, along with the cultivars Azar 2 and Hashtroud, were identified as promising genotypes with greater adaptability to rainfed conditions and desirable performance traits.

Keywords: Cluster analysis, Factor analysis, Grain yield, Group comparison, Introduced cultivars.

[*] Corresponding author*: Ramin_mo2005@yahoo.com*
Submit date: 2023/09/03 Accept date: 2025/08/04