مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۴ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱

مجله پژوهش‌های به زراعی

ارزیابی تغییرات صفات زراعی در جمعیت‌های گندم نان تحت تنش خشکی

یوسف ارشد[۱]، مهدی زهراوی[۱*]، علی سلطانی[۲]

۱- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۳ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۲/۱۵

چکیده

به منظور شناسایی منابع ژنتیکی متحمل به خشکی در گندم و بررسی تغییرات صفات مرتبط با این ویژگی، تعداد ۵۱۲ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران به همراه ارقام متحمل به خشکی کویر، روشن و ماهوتی در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد در قالب دو طرح آگمنت جداگانه (آبیاری نرمال و تنش خشکی) مورد بررسی قرار گرفتند. تنش خشکی با انجام یک دوره آبیاری بعد از کاشت و یک دور آبیاری در مرحله پر شدن دانه اعمال گردید. در مجموع تعداد ۶۶ نمونه ژنتیکی بقاء یافتند و ارزیابی صفات زارعی مطابق با توصیف‌نامه بین‌المللی در مورد آنها انجام گرفت. نتایج حاکی از کاهش مقادیر تمام صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش خشکی بود که بیشترین کاهش به صفات وزن دانه پنج سنبله (۵۷/۳۴ درصد) و تعداد پنجه بارور (۴۸/۵۹ درصد) تعلق داشت. تعداد زیادی از نمونه‌های ژنتیکی دارای صفات برتر نسبت به ارقام شاهد در شرایط نرمال و تنش خشکی شناسایی شد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش خشکی، پنج مؤلفه اصلی اول در مجموع ۷۳/۸۴ درصد از تغییرات داده‌ها را دربر داشتند و براساس خصوصیات هر مؤلفه، نمونه‌های ژنتیکی برتر متمایز شدند. نمونه‌های ژنتیکی مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به چهار گروه با ویژگی‌های متفاوت تفکیک شدند. نتایج تحقیق حاضر گویای تنوع وسیعی در ژرم‌پلاسم مورد ارزیابی بود و از نمونه‌های ژنتیکی برتر شناسایی شده می‌توان در برنامه‌های اصلاحی آتی جهت بهبود تحمل به تنش خشکی در گندم بهره‌برداری نمود.

واژه‌های کلیدی: بانک ژن، تحمل، تنش خشکی، توده، ژرم‌پلاسم

* نگارنده مسؤل (mzahravi@areeo.ac.ir)

مقدمه

گندم با تولید سالانه حدود ۶۰۰ میلیون تن سومین گیاه زراعی مهم بعد از برنج و ذرت می‌باشد (Asseng *et al.*, 2011). این گیاه ۲۱ درصد کالری مصرفی و ۲۰ درصد پروتئین مورد نیاز بیش از ۴/۵ میلیارد انسان را در ۹۴ کشور تأمین می‌کند و لذا نقش مهمی در امنیت غذایی بسیاری از کشورها دارد (Chowdhury *et al.*, 2021). گندم در شرایط مزرعه اغلب با تنش‌های زیستی و غیرزیستی گوناگونی مواجه است که اثر منفی بر رشد و توسعه آن دارند (Saddiq *et al.*, 2021). در بین تنش‌های غیر زیستی، خشکی اثرات مخربی بر رشد، توسعه و صفات کیفی در گندم دارد (Wasaya *et al.*, 2021; Ahmad *et al.*, Abdelsalam, 2021; Salim *et al.*, 2021; 2014). تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی سبب بسیاری از اختلالات فیزیولوژیکی و مولکولی در گندم می‌شود و تأثیر منفی بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی مانند ارتفاع گیاه، سطح برگ، محتوای نسبی آب، باز و بسته شدن روزنه‌ها، محتوای کلروفیلی، پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب برگ دارد (Raza *et al.*, 2012). خشکی، تولید گندم را در بسیاری مناطق دنیا کاهش می‌دهد. برخی برآوردها به وضوح نشان می‌دهد که حدود ۵۰ درصد از ۲۳۰ میلیون هکتار کشت گندم در دنیا متأثر از خشکی می‌باشد (Pfeiffer *et al.*, 2005). در مناطق خشک، تولید گندم می‌تواند تا حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد پتانسیل کاهش یابد. همچنین پیش‌بینی می‌شود که به دلیل تغییر اقلیم، خشکی در آینده افزایش یافته و سبب تبدیل آب به یک کالای نایاب می‌شود (Haque *et al.*, 2021). در حقیقت گرم شدن جهانی و سایر پدیده‌های قهری مرتبط با تغییر اقلیم نشان دهنده این است که وقوع خشکی‌هایی با تکرار بیشتر، طولانی‌تر و شدیدتر را بایستی در قرن ۲۱ در بسیاری از مناطق دنیا انتظار داشت (Schwalm *et al.*, 2017; Cook *et al.*, 2015; Trenberth *et al.*, 2014). وقوع این خشکی‌های پیش بینی شده، از کشت و تولید گندم در غیاب ارقام گندم متحمل جلوگیری خواهد کرد چراکه ارقام مدرن گندم تحمل

مناسبی نسبت به تنش‌های غیر زیستی ندارند (Hussain *et al.*, 2016). لذا لازم است تلاش در جهت به حداقل رساندن کاهش عملکرد از طریق غربال و توسعه ارقام گندم متحمل به خشکی صورت گیرد (Mohi-Ud-Din *et al.*, 2021). در این راستا غربال ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط واقعی تنش خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است (Tuberosa and Salvi, 2006). عملکرد صفتی پیچیده بوده و شدیدا تحت تأثیر تنش‌های محیطی می‌باشد. اصلاح عملکرد گندم در مناطق خشک به آسانی محیط‌های مطلوب یا مناطقی که آب عامل محدود کننده نیست، نمی‌باشد (Richards *et al.*, 2001). ارزیابی ژرم‌پلاسم‌ها برای تحمل به خشکی و بررسی پاسخ آنها، رویکرد قدرتمندی برای غربال و توسعه ارقام جدید می‌باشد (Ahmad *et al.*, 2022; Zafar-ul-Hye *et al.*, 2007). بدین منظور غربالگری ژرم‌پلاسم می‌تواند توسط ابزار بهنژادی جدید و یا از طریق روش‌های سنتی اصلاح نباتات صورت گیرد که شامل کشت و ارزیابی گیاه در شرایط متفاوت محیطی می‌شود. تحقیق حاضر به منظور جستجو برای شناسایی ژرم‌پلاسم گندم متحمل به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی منابع متحمل به تنش خشکی تعداد ۵۱۲ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران به همراه ارقام متحمل به خشکی کویر، روشن و ماهوتی به عنوان شاهد، در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه و ارتفاع ۹۱۸ متر از سطح دریا مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در قالب دو طرح آگمنت جداگانه انجام شد که یک آزمایش مربوط به شرایط تنش خشکی و دیگری مربوط به شرایط آبیاری نرمال بود. در هر آزمایش، هر نمونه ژنتیکی در یک خط ۲/۵ متری به فاصله ۵۰ سانتی متر از خط مجاور

کشت شد. تنش خشکی با انجام یک دوره آبیاری بعد از کاشت جهت استقرار گیاه و یک دور آبیاری در مرحله پر شدن دانه اعمال گردید و در شرایط نرمال، آبیاری طبق نرم منطقه انجام گرفت. کود دهی براساس نتایج آزمایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۱) انجام شد. بدین‌منظور در هر دو آزمایش نرمال و تنش خشکی، کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به شکل سولفات آمونیوم در دو تقسیط شامل یک سوم قبل از کاشت و دو سوم در مرحله پنجه‌دهی و کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به شکل P_2O_5 داده شد. در طی فصل رشد نسبت به وجین علف‌های هرز اقدام شد. در آزمایش تنش خشکی در مجموع تعداد ۶۶ نمونه ژنتیکی بقاء یافتند و ارزیابی صفات در مورد آن‌ها انجام گرفت.

بدین منظور صفات طول سنبله، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن کامل، روز تا پر شدن دانه (از زمان سنبله‌دهی تا رسیدن کامل یا طول دوره پرشدن دانه)، تعداد سنبلچه درسنبله، تعداد گلچه در سنبلچه، تعداد دانه درسنبله، وزن صددانه و وزن دانه پنج سنبله مطابق با توصیف‌نامه مؤسسه بین‌المللی ذخایر ژنتیکی گیاهی (IBPGR, 1978) اندازه‌گیری شد. به منظور تجزیه داده‌ها، آماره‌های توصیفی شامل دامنه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات محاسبه شد. ابعاد داده‌ها با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاهش داده شد. نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش K means از یکدیگر تفکیک گردیدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار R انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات خاک در مزرعه تحقیقاتی یزد در آزمایش ارزیابی تحمل نمونه‌های ژنتیکی گندم نان نسبت به تنش خشکی

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته گل اشباع (pH)	درصد مواد خنثی شونده	کربن عالی	فسفر قابل (جذب) (پی پی ام)	پتاسیم قابل جذب (پی پی ام)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت
۲/۳۳	۷/۳۰	۲۱/۶۰	۱/۰۶۷	۱۶/۴	۲۱۲	۷۶/۸	۶/۱	۱۷/۱	شنی- لومی

نتایج و بحث

بررسی مقادیر آماره‌های توصیفی (جدول ۲) نشان داد که در شرایط نرمال، صفات تعداد پنجه بارور (۲۰/۸۵ درصد)، وزن دانه پنج سنبله (۱۹/۴۱ درصد) و تعداد گلچه در سنبلچه (۱۸/۵۶ درصد) دارای بیشترین و صفات روز تا سنبله دهی (۳/۸۲ درصد) و روز تا رسیدن کامل (۲/۴۶ درصد) دارای کمترین درصد ضریب تغییرات بودند. در شرایط تنش خشکی، صفات وزن دانه پنج سنبله (۲۹/۸۸ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۲۵/۰۶ درصد) و تعداد پنجه بارور (۲۴/۶۹ درصد)، بیشترین و صفات روز تا سنبله دهی (۴/۴۳ درصد) و روز تا رسیدن کامل (۲/۲۸ درصد) کمترین درصد ضریب تغییرات را داشتند. با مقایسه مقادیر آماره‌های توصیفی بین دو شرایط نرمال و تنش خشکی مشاهده می‌شود که میانگین تمامی صفات در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش میانگین در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال به صفات وزن دانه پنج سنبله (۵۷/۳۴ درصد) و تعداد پنجه بارور (۴۸/۵۹ درصد) تعلق داشت. نادری زرنقی و فتوت (۱۳۹۵) در ارزیابی تحمل به خشکی ۱۹ ژنوتیپ گندم متعلق به سه گروه حساس، بینابین و متحمل مشاهده کردند که تنش خشکی موجب کاهش در اکثر صفات مورد اندازه گیری گردید و بیشترین کاهش در عملکرد دانه دیده شد.

براساس مقادیر مشاهده شده در شرایط نرمال، برای صفت طول سنبله، نمونه ژنتیکی KC ۱۲۲۴۳ (۹/۵ سانتیمتر)، برای وزن صد دانه نمونه ژنتیکی KC ۱۲۳۴۹ (۴/۶ گرم)، برای ارتفاع بوته نمونه ژنتیکی KC ۱۲۴۵۹ (۹۷ سانتیمتر) و برای وزن دانه پنج سنبله، نمونه ژنتیکی KC ۱۲۵۶۱ (۱۰/۱۹ گرم) دارای بیشترین مقدار عددی بودند. همچنین در شرایط تنش خشکی برای صفت طول سنبله، نمونه ژنتیکی KC ۱۲۶۰۳ (۵/۹ سانتیمتر)، برای وزن صد دانه نمونه ژنتیکی KC ۱۲۳۰۶ (۴/۶۴ گرم)، برای ارتفاع بوته رقم روشن (۵۴/۷۱ سانتیمتر) و برای وزن دانه پنج سنبله، نمونه ژنتیکی KC ۱۲۵۶۱

(۵/۷۴ گرم) دارای بیشترین مقدار عددی بودند.

در شرایط نرمال، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۲۴۳ KC، ۱۲۱۲۲ KC، ۱۲۱۶۵ KC، ۱۲۶۰۳ KC، ۱۲۲۴۵ KC، ۱۲۱۳۴ KC و ۱۲۳۶۱ KC، برای صفت طول سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۳۴۹ KC، ۱۲۳۴۶ KC، ۱۲۲۴۳ KC، ۱۲۳۲۸ KC، ۱۲۳۸۴ KC، ۱۲۴۵۵ KC، ۱۲۳۸۳ KC، ۱۲۵۶۱ KC، ۱۲۱۶۸ KC، ۱۲۶۳۷ KC، ۱۲۳۶۲ KC و ۱۲۳۴۲ KC، برای صفت وزن صد دانه، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۴۵۹ KC و ۱۲۱۳۵ KC، برای صفت ارتفاع بوته، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۴۸۵ KC، ۱۲۳۷۵ KC، ۱۲۳۹۸ KC، ۱۲۵۱۶ KC، ۱۲۲۶۲ KC و ۱۲۳۸۳ KC، برای صفت تعداد دانه در سنبله، و نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۵۶۱ KC، ۱۲۴۵۵ KC، ۱۲۲۴۳ KC، ۱۲۳۸۴ KC، ۱۲۳۴۹ KC، ۱۲۳۸۳ KC و ۱۲۳۷۵ KC، برای صفت وزن دانه پنج سنبله برتر از ارقام شاهد بودند.

در شرایط تنش خشکی، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۶۰۳ KC، ۱۲۶۳۷ KC، ۱۲۳۷۵ KC، ۱۲۴۰۶ KC، ۱۲۳۲۵ KC، ۱۲۳۴۹ KC، ۱۲۲۹۶ KC، ۱۲۴۵۵ KC، ۱۲۱۹۳ KC، ۱۲۳۴۶ KC، ۱۲۱۸۵ KC، ۱۲۲۰۵ KC، ۱۲۳۷۱ KC، ۱۲۱۳۴ KC، ۱۲۲۹۷ KC، ۱۲۲۴۰KC، ۱۲۵۱۶KC و ۱۲۱۸۴ KC، برای صفت طول سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۳۰۶ KC، ۱۲۱۲۶ KC، ۱۲۶۳۷ KC، ۱۲۳۵۳ KC، ۱۲۱۵۷ KC، ۱۲۳۷۵ KC، ۱۲۳۴۲ KC، ۱۲۶۰۳ KC ، ۱۲۱۷۹ KC ، ۱۲۴۵۵ KC، ۱۲۳۰۸ KC، ۱۲۲۱۲ KC، ۱۲۳۶۲ KC، ۱۲۳۹۸ KC ، ۱۲۴۵۷ KC، ۱۲۱۳۵ KC، ۱۲۱۹۳ KC، ۱۲۲۸۲ KC، ۱۲۴۸۵ KC، KC۱۲۵۱۶، ۱۲۲۸۴ KC، ۱۲۱۸۴ KC، ۱۲۲۶۲ KC، ۱۲۱۷۳ KC، ۱۲۱۴۷ KC، ۱۲۳۸۴ KC ، ۱۲۳۴۶ KC، ۱۲۵۰۲ KC، ۱۲۵۶۱ KC ، ۱۲۱۸۵ KC، ۱۲۲۰۵ KC، ۱۲۳۲۸ KC ، ۱۲۱۵۶ KC، ۱۲۱۳۹ KC، ۱۲۱۶۵ KC، ۱۲۱۲۲ KC، ۱۲۴۰۶ KC، ۱۲۳۷۰ KC ، ۱۲۳۷۱ KC و ۱۲۵۰۹ KC، برای صفت

وزن صد دانه، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۵۶۱ KC، ۱۲۲۰۶ KC، ۱۲۳۷۵ KC، ۱۲۱۶۳ KC، ۱۲۲۹۷ KC و ۱۲۱۷۹ KC، برای صفت تعداد دانه در سنبله، و نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۵۶۱ KC، ۱۲۱۲۶ KC، ۱۲۱۷۹ KC،۱۲۲۸۴ KC و۱۲۳۴۲ KC ، برای صفت وزن دانه پنج سنبله، نسبت به ارقام شاهد برتری نشان دادند (جدول ۳). ارشد و همکاران (۱۳۹۲) با ارزیابی تعداد ۱۰۲۴ توده از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران در شرایط تنش خشکی مشاهده کردند که چهار نمونه ژنتیکی ۲۴۰۶ KC، ۴۰۰ KC، ۳۹۴۷ KC و ۱۴۸۸ KC، دارای وزن دانه پنج سنبله, وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله بیشتر از سایر نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی و ارقام شاهد (کویر، روشن و ماهوتی) بودند.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط نرمال نشان داد که چهار مؤلفه اصلی اول در مجموع ۷۰/۷۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۴). در مؤلفه اصلی اول صفات وزن دانه پنج سنبله، وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله دارای بزرگترین ضریب مثبت و صفت روز تا سنبله‌دهی دارای بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) بود. لذا این مؤلفه اصلی بر اجزای عملکرد بالاتر و شروعِ سریعترِ فاز زایشی تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۳۸۳ KC، ۱۲۴۸۵ KC، ۱۲۳۸۴ KC، ۱۲۳۴۱ KC، ۱۲۳۴۹ KC، ۱۲۶۳۷ KC و ۱۲۳۷۵ KC دارای بیشترین مقدار عددی برای مؤلفه اصلی اول بودند. در مؤلفه اصلی دوم صفات روز تا سنبله‌دهی، ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور بزرگترین ضریب مثبت و صفات تعداد سنبلچه در سنبله و طول دوره پرشدن دانه بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) را داشتند. لذا به نظر می‌رسد این مؤلفه بر طول دوره رویشی بیشتر همراه با کوتاه‌تر شدن فرصت پرشدن دانه تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۴۵۹ KC، ۱۲۴۵۷ KC، ۱۲۲۹۷ KC، ۱۲۱۲۳ KC، ۱۲۶۰۳ KC، ۱۲۲۴۳ KC، ۱۲۳۲۸ KC و ۱۲۱۲۶ KC بیشترین مقدار عددی را برای مؤلفه اصلی دوم داشتند. در مؤلفه اصلی

سوم، بزرگترین ضریب مثبت به صفات روز تا رسیدن کامل سنبله تعلق داشت و لذا بر دیررسی تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۲۹۷، KC ۱۲۱۲۶، KC ۱۲۱۷۳، KC ۱۲۱۹۳، KC ۱۲۱۶۸، KC ۱۲۴۴۳، KC ۱۲۴۵۵، KC ۱۲۳۲۵، KC ۱۲۵۰۲، KC ۱۲۱۵۴، KC ۱۲۱۸۴، KC ۱۲۱۸۱، KC ۱۲۳۹۸، KC ۱۲۵۱۰ و KC ۱۲۱۷۹، دارای بیشترین مقدار عددی برای مؤلفه اصلی سوم بودند. در مؤلفه اصلی چهارم صفات طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله بزرگترین ضریب مثبت و صفت تعداد پنجه بارور بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) را داشتند. نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۱۳۴، KC ۱۲۲۴۵، KC ۱۲۳۲۵، KC ۱۲۲۴۳، KC ۱۲۱۲۲، KC ۱۲۲۱۲، KC ۱۲۴۵۵، و ارقام ماهوتی و روشن بیشترین مقدار عددی را برای مؤلفه اصلی چهارم دارا بودند.

در شرایط تنش خشکی پنج مؤلفه اصلی اول در مجموع ۷۳/۸۴ درصد از تغییرات داده‌ها را دربر داشتند (جدول ۵). در مؤلفه اصلی اول صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن کامل و طول سنبله بزرگترین ضریب مثبت و صفات طول دوره پرشدن دانه و وزن دانه پنج سنبله بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) را داشتند. لذا مؤلفه اصلی اول نمونه‌های ژنتیکی را متمایز می‌کند که علیرغم دیررسی، طول دوره پرشدن دانه کمتری دارند که منجر به وزن دانه کمتری نیز می‌شود. نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۲۴۰، KC ۱۲۲۴۵، KC ۱۲۶۳۷، KC ۱۲۴۰۶، KC ۱۲۴۰۷، KC ۱۲۲۹۷، KC ۱۲۶۰۳، KC ۱۲۲۹۶، KC ۱۲۱۸۴، KC ۱۲۱۹۳، KC ۱۲۳۲۵، KC ۱۲۳۷۱، KC ۱۲۳۰۶، KC ۱۲۲۴۳، دارای بیشترین مقدار برای مؤلفه اصلی اول بودند. در مؤلفه اصلی دوم صفات وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله دارای بزرگترین ضریب مثبت بودند، لذا این مؤلفه اصلی بر اجزای عملکرد بالاتر تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۱۲۶، KC ۱۲۳۷۵، KC ۱۲۱۷۹، KC ۱۲۳۵۳، KC ۱۲۶۰۳، KC ۱۲۶۳۷، KC ۱۲۳۴۲، KC ۱۲۳۷۱،

KC ۱۲۱۸۱، KC ۱۲۵۰۲، و ارقام روشن و ماهوتی دارای بزرگترین مقدار عددی برای مؤلفه اصلی دوم بودند. در مؤلفه اصلی سوم صفت ارتفاع بوته دارای بزرگترین ضریب مثبت و صفت تعداد دانه در سنبله دارای بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) بود. لذا این مؤلفه اصلی بر رشد رویشی بیشتر همراه با دانه تولید شده کمتر، تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۳۴۱، KC ۱۲۳۴۶، KC ۱۲۴۵۹ و KC ۱۲۳۰۸، بزرگترین مقدار عددی برای مؤلفه اصلی سوم را داشت. در مؤلفه اصلی چهارم، بزرگترین ضریب مثبت به صفت تعداد پنجه بارور و بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) به صفت تعداد سنبلچه در سنبله تعلق داشت. بزرگترین مقدار عددی برای این مؤلفه اصلی به نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۱۵۳، KC ۱۲۱۷۹، KC ۱۲۲۹۷ و KC ۱۲۱۲۶، مربوط بود.

در مؤلفه اصلی پنجم صفت وزن صد دانه بزرگترین ضریب منفی (صرف‌نظر از علامت) را داشت و نمونه‌های ژنتیکی KC ۱۲۲۹۷، KC ۱۲۱۸۱، KC ۱۲۳۲۸، KC ۱۲۳۷۵، KC ۱۲۲۰۶ و KC ۱۲۱۲۳، از کمترین مقدار برای این مؤلفه اصلی برخوردار بودند.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی ۶۶ نمونه ژنتیکی گندم نان بقاء یافته در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در مزرعه پژوهشی یزد.

صفت	دامنه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)
شرایط نرمال				
طول سنبله (سانتیمتر)	۴/۸	۷/۳	۰/۹	۱۲/۹
تعداد پنجه بارور	۵	۵/۴	۱/۱	۲۰/۸
ارتفاع بوته (سانتیمتر)	۵۷	۷۲/۰	۱۰/۸	۱۵/۰
روز تا سنبله‌دهی	۱۸	۱۴۳/۱	۵/۵	۳/۸
روز تا رسیدن کامل	۱۵	۱۸۰/۸	۴/۴	۲/۵
روز تا پر شدن دانه	۲۱	۳۷/۷	۴/۲	۱۱/۱
تعداد سنبلچه در سنبله	۶	۱۶/۲	۱/۱	۷/۱
تعداد گلچه درسنبلچه	۲/۵	۳/۵	۰/۶	۱۸/۶
تعداد دانه درسنبله	۳۴	۴۳/۴	۰/۶	۱۵/۲
وزن صددانه (گرم)	۲/۴	۳/۲	۰/۵	۱۵/۲
وزن دانه پنج سنبله (گرم)	۵/۶	۷/۴	۱/۴	۱۹/۴
شرایط تنش				
طول سنبله (سانتیمتر)	۱/۸	۵/۱	۰/۴	۷/۹
تعداد پنجه بارور	۲	۲/۸	۰/۷	۲۴/۷
ارتفاع بوته (سانتیمتر)	۱۷	۵۴/۴	۴/۰	۸/۸
روز تا سنبله‌دهی	۱۸	۱۴۱/۹	۶/۳	۴/۴
روز تا رسیدن کامل	۱۷	۱۷۰/۰	۳/۹	۲/۳
روز تا پر شدن دانه	۲۲	۲۸/۱	۴/۳	۱۵/۴
تعداد سنبلچه در سنبله	۶/۰	۱۳/۳	۱/۵	۱۱/۰
تعداد گلچه درسنبلچه	۲/۰	۳/۰	۰/۵	۱۷/۹
تعداد دانه درسنبله	۳۲	۲۴/۲	۶/۱	۲۵/۱
وزن صددانه (گرم)	۲/۷	۲/۷	۰/۵	۱۸/۰
وزن دانه پنج سنبله (گرم)	۴/۶	۳/۲	۰/۹	۲۹/۹

جدول ۳- برخی نمونه‌های ژنتیکی گندم نان با صفات برتر نسبت به ارقام شاهد در شرایط تنش خشکی در مزرعه پژوهشی یزد

نمونه ژنتیکی	طول سنبله (سانتیمتر)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	طول دوره پرشدن دانه	وزن صد دانه (کرم)	وزن دانه پنج سنبله (کرم)
KC ۱۲۱۲۶	۴/۴	۴۸	۲۹	۳/۷۷	۵/۶۲
KC ۱۲۱۳۵	۵/۲	۳۸	۳۶	۳/۱	۴/۳۰
KC ۱۲۱۴۷	۴/۹	۵۲	۳۵	۲/۷۶	۳/۸۷
KC ۱۲۱۵۷	۴/۷	۴۶	۲۶	۳/۴۲	۴/۲۰
KC ۱۲۱۷۳	۵/۰	۴۸	۲۶	۲/۷۶	۳/۳۲
KC ۱۲۱۷۹	۴/۳	۴۹	۳۰	۳/۳۴	۵/۴۳
KC ۱۲۱۸۴	۵/۴	۴۹	۲۳	۲/۸۴	۲/۸۴
KC ۱۲۱۹۳	۵/۵	۴۵	۲۵	۳/۰۳	۲/۴۶
KC ۱۲۲۱۲	۴/۸	۴۵	۲۶	۳/۲۶	۴/۱۰
KC ۱۲۲۶۲	۴/۹	۴۷	۲۹	۲/۷۷	۱/۶۶
KC ۱۲۲۸۲	۵/	۴۰	۳۰	۳/۰۰	۴/۰۹
KC ۱۲۲۸۴	۵/۱	۴۲	۳۲	۲/۸۸	۵/۰۹
KC ۱۲۳۰۶	۵/۳	۴۷	۲۲	۴/۶۴	۲/۶۹
KC ۱۲۳۰۸	۴/۱	۴۶	۳۲	۳/۲۹	۲/۳۵
KC ۱۲۳۴۲	۵/۲	۴۳	۲۵	۳/۳۷	۴/۶۷
KC ۱۲۳۵۳	۵/۱	۵۲	۳۰	۳/۵۲	۳/۳۷
KC ۱۲۳۶۲	۵/۱	۴۸	۲۴	۳/۲۰	۳/۸۱
KC ۱۲۳۷۵	۵/۷	۴۸	۲۸	۳/۳۸	۲/۳۸
KC ۱۲۳۸۴	۵/۱	۴۶	۲۸	۲/۷۱	۳/۹۸
KC ۱۲۳۹۸	۴/۸	۴۹	۳۲	۳/۱۳	۲/۸۰
KC ۱۲۴۵۵	۵/۵	۴۸	۳۲	۳/۳۰	۳/۲۶
KC ۱۲۴۵۷	۴/۳	۴۸	۲۹	۳/۱۱	۲/۷۵
KC ۱۲۴۸۵	۵/۲	۴۲	۲۳	۲/۹۴	۳/۴۵
KC ۱۲۵۱۶	۵/۴	۵۰	۳۰	۲/۹۳	۳/۶۲
KC ۱۲۵۶۱	۴/۷	۳۸	۳۳	۲/۷۰	۵/۷۴
KC ۱۲۶۰۳	۵/۹	۴۹	۲۸	۳/۳۵	۳/۸۴
KC ۱۲۶۳۷	۵/۷	۴۲	۲۵	۳/۶۲	۲/۸۵
کویر	۴/۸	۴۶/۳۱	۳۲/۵۰	۲/۲۱	۴/۰۷
ماهوتی	۵/۳	۵۴/۰۳	۲۹/۰۰	۲/۵۱	۴/۳۰
روشن	۵/۴	۵۴/۷۱	۲۸/۳۳	۲/۵۴	۴/۵۹

جدول ۴ – مقادیر و بردارهای ویژه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات ارزیابی شده در ۶۶ نمونه ژنتیکی گندم نان در مزرعه پژوهشی یزد در شرایط نرمال (بدون تنش خشکی)

	مؤلفه اصلی			
	اول	دوم	سوم	چهارم
طول سنبله	۰/۲۲۴	۰/۳۲۳	-۰/۲۹۵	۰/۶۴۶
تعداد پنجه بارور	۰/۰۵۵	۰/۵۴۶	۰/۰۳	-۰/۵۷۵
ارتفاع بوته	۰/۳۷۶	۰/۵۶۹	-۰/۲۵۷	۰/۲۹۴
روز تا سنبله‌دهی	-۰/۵۹۴	۰/۶۰۵	۰/۴۱۵	۰/۲۶۳
روز تا رسیدن کامل	-۰/۲۸۷	۰/۱۰۶	۰/۸۴۹	۰/۳۰۹
روز تا پر شدن دانه	۰/۴۷۲	-۰/۶۷۷	۰/۳۵۸	-۰/۰۱۶
تعداد سنبلچه درسنبله	۰/۰۱۹	-۰/۵۲۴	-۰/۱۴۸	۰/۵۱۵
تعداد گلچه در سنبلچه	۰/۶۶۴	-۰/۰۰۶	۰/۳۰۶	-۰/۰۰۷
تعداد دانه درسنبله	۰/۷۱۱	۰/۱۳۷	۰/۴۲۹	-۰/۰۰۸
وزن صددانه	۰/۷۳۱	۰/۱۸۹	-۰/۱۷۵	۰/۰۱۶
وزن دانه پنج سنبله	۰/۸۵۲	۰/۲۰۲	۰/۱۲۴	۰/۰۲۱
مقدار ویژه	**۳/۰۶**	**۱/۹۳**	**۱/۵۲**	**۱/۲۷**
درصد واریانس تجمعی	**۲۷/۸۰**	**۴۵/۳۷**	**۵۹/۱۹**	**۷۰/۷۰**

جدول ۵ – مقادیر و بردارهای ویژه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات ارزیابی شده در ۶۶ نمونه ژنتیکی گندم نان در مزرعه پژوهشی یزد در شرایط تنش خشکی

	مؤلفه اصلی				
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
طول سنبله	۰/۵۵۲	۰/۳۷۷	-۰/۰۴	-۰/۱۹۷	۰/۳۶۸
تعداد پنجه بارور	۰/۰۷۱	۰/۴۸۸	۰/۱۱۶	۰/۵۲۷	۰/۲۸۵
ارتفاع بوته	-۰/۰۰۴	۰/۲۲	۰/۷۹۸	۰/۱۶۳	۰/۱۲۱
روز تا سنبله دهی	۰/۹۳۴	۰/۱۷۲	-۰/۱۶۵	۰/۰۹۳	-۰/۱۵۲
روز تا رسیدن کامل	۰/۷۶۶	۰/۰۱۹	-۰/۰۷۴	۰/۲۷۴	۰/۱۵۳
روز تا پر شدن دانه	-۰/۶۷۸	-۰/۲۳۹	۰/۱۷۷	۰/۱۱۷	۰/۳۶۹
تعداد سنبلچه درسنبله	۰/۱۶۱	۰/۰۹۳	-۰/۰۴۸	-۰/۷۴۶	۰/۱۶۲
تعداد گلچه درسنبلچه	-۰/۰۲۹	۰/۶۰۲	۰/۴۸۱	-۰/۳۶۶	۰/۱۱۸
تعداد دانه درسنبله	-۰/۳۶۲	۰/۵۲۶	-۰/۵۶۵	۰/۱	۰/۳۳۹
وزن صددانه	-۰/۰۷۲	۰/۴۹۱	۰/۱۶۸	۰/۰۶	-۰/۶۷۵
وزن دانه پنج سنبله	-۰/۵۳۶	۰/۶۵۵	-۰/۳۲۹	-۰/۰۰۷	-۰/۱۹۲
مقدار ویژه	**۲/۶۸**	**۱/۸۳**	**۱/۴۱**	**۱/۴۱**	**۱/۰۶**
درصد واریانس تجمعی	**۲۴/۳۵**	**۴۱/۰۲**	**۵۳/۷۹**	**۶۴/۱۹**	**۷۳/۸۴**

در ارزیابی توده‌های کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران توسط ارشد و همکاران (۱۳۹۲)، پنج مولفه اصلی اول، ۷۳/۷۵ در بررسی در شرایط تنش خشکی درصد از تغییرات داده ها را توجیه کردند. بخشایشی قشلاق و شکارچی‌زاده (۱۳۹۲) در ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی برای ۱۳ ژنوتیپ گندم مشاهده کردند که دو عامل اول در تجزیه به عامل‌ها بر اساس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی ۹۹/۹ درصد تغییرات را در شرایط تنش و بدون تنش را توجیه می‌نماید. در بررسی محمدی و همکاران (۱۳۹۴) بر اساس نمره تحمل تنش و تحلیل عاملی لاین‌های ۱۳۹, ۶۹, ۱۹, ۲۳, ۱۴۹, ۱۱۷, ۲۷, ۱۸۱ و ۹۴ به عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی برای بررسی بیشتر انتخاب شدند. در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دیم توسط کامرانی و همکاران (۱۳۹۷) بر اساس تجزیه به مؤلفه های اصلی و نمودار سه بعدی، ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳۴، ۳۳ و ۱۵ به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۷، ۱۴ و ۱ به عنوان حساس به تنش خشکی شناخته شدند.

نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش K means در چهار گروه از یکدیگر متمایز شدند (جدول ۶). گروه اول با ۱۶ عضو دارای بزرگترین میانگین وزن صد دانه و تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبله در شرایط نرمال و تنش خشکی، بیشترین میانگین وزن دانه پنج سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول دوره پرشدن دانه در شرایط نرمال، کمترین میانگین تعداد پنجه بارور، روز تا رسیدن کامل و روز تا سنبله‌دهی در شرایط نرمال و کمترین میانگین طول سنبله در شرایط تنش خشکی بود. گروه دوم با ۲۴ عضو، دارای بیشترین میانگین روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدن کامل در شرایط نرمال و تنش، بیشترین میانگین طول سنبله و تعداد پنجه بارور در شرایط نرمال، کمترین میانگین تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط نرمال و کمترین میانگین وزن صد دانه و وزن دانه پنج سنبله در شرایط تنش خشکی بود. گروه

سوم با ۱۴ عضو دارای بیشترین میانگین ارتفاع بوته در شرایط نرمال و تنش خشکی، کمترین میانگین طول دوره پرشدن دانه در شرایط نرمال و کمترین میانگین تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش خشکی بود. گروه چهارم با ۱۲عضو، برای صفات وزن دانه پنج سنبله و تعداد دانه در سنبله دارای کمترین میانگین در شرایط نرمال و بیشترین میانگین در شرایط تنش خشکی، برای صفات طول سنبله، ارتفاع بوته و تعداد گلچه در سنبله دارای کمترین میانگین در شرایط نرمال و تنش خشکی، برای صفات تعداد پنجه بارور، طول دوره پرشدن دانه و تعداد دانه در سنبله دارای بیشترین میانگین در شرایط تنش خشکی، برای وزن صد دانه دارای کمترین میانگین در شرایط نرمال و برای صفات روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدن کامل دارای کمترین میانگین در شرایط تنش خشکی بودند.

نتایج گروه بندی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس عملکرد دانه و نیز معیارهای تحمل به خشکی توسط ظفرنادری و اهری‌زاد (۱۳۹۳) نشان داد که لاین های ۱، ۳۰، ۳۲، ۳۷، ۳۸، ۴۱ و رقم روشن در سطح آبیاری با ۱۲۰ میلی متر تبخیر و لاین‌های ۳۰، ۳۷، ۳۸ و رقم روشن در سطح آبیاری با ۱۶۰ میلی متر تبخیر از نظر تحمل به خشکی، در کلاس برتر قرار گرفتند. در بررسی نادری و فتوت (۱۳۹۵)، ژنوتیپ‌های گندم نان پاییزه در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید توسط تجزیه خوشه‌ای در سه گروه قرارگرفتند. کامرانی و همکاران (۱۳۹۷) در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دیم مشاهده کردند که تجزیه خوشه ای به روش Wards بر پایه شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در چهار گروه قرار داد که با نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مطابقت داشت. داعی الحق و همکاران (۱۳۹۹) ۲۸ ژنوتیپ پیشرفته گندم بهاره را در دو آزمایش جداگانه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند و در تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی در

هر دو شرایط آبیاری، در دو گروه قرار گرفتند که نتایج حاصل از تابع تشخیص نیز این گروه‌بندی‌ها را تائید کرد.

مجموع نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده ظرفیت مناسب کلکسیون گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران برای شناسایی منابع متحمل به تنش خشکی بود. تعدادی نمونه ژنتیکی برتر از لحاظ صفات مختلف تحت شرایط خشکی شناسایی شدند که برای تحقیقات آتی در برنامه‌های اصلاحی تحمل به تنش خشکی در گندم قابل استفاده می‌باشند.

جدول ۶ – تفکیک ۶۶ نمونه ژنتیکی گندم نان براساس روش تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ارزیابی برای تحمل به تنش خشکی در مزرعه پژوهشی یزد

	خوشه			
	اول	دوم	سوم	چهارم
شرایط نرمال				
طول سنبله (سانتیمتر)	۷/۲۳	۷/۵۸	۷/۵۷	۶/۵۶
تعداد پنجه بارور	۵/۰۶	۵/۵۸	۵/۵۰	۵/۱۷
ارتفاع بوته (سانتیمتر)	۷۲/۶۳	۷۱/۱۳	۸۵/۲۱	۵۷/۵۸
روز تا سنبله‌دهی	۱۳۵/۱۳	۱۴۶/۷۱	۱۴۴/۵۷	۱۴۴/۷۵
روز تا رسیدن کامل	۱۷۶/۹۴	۱۸۳/۳۸	۱۷۹/۵۰	۱۸۲/۳۳
روز تا پر شدن دانه	۴۱/۸۱	۳۶/۶۷	۳۴/۹۳	۳۷/۵۸
تعداد سنبلچه درسنبله	۱۶/۵۶	۱۵/۹۲	۱۵/۹۳	۱۶/۴۲
تعداد گلچه درسنبلچه	۳/۸۵	۳/۵۱	۳/۳۷	۳/۰۱
تعداد دانه درسنبله	۴۷/۷۵	۴۳/۴۲	۴۱/۹۳	۳۹/۲۵
وزن صددانه (گرم)	۳/۵۰	۳/۰۴	۳/۲۹	۲/۸۸
وزن دانه پنج سنبله (گرم)	۸/۵۱	۷/۲۷	۷/۱۴	۶/۵۱
شرایط تنش خشکی				
طول سنبله (سانتیمتر)	۵/۲۲	۵/۱۹	۴/۹۹	۴/۷۵
تعداد پنجه بارور	۲/۶۳	۲/۸۸	۲/۵۰	۳/۰۰
ارتفاع بوته (سانتیمتر)	۴۵/۳۱	۴۵/۶۷	۴۵/۷۹	۴۴/۶۷
روز تا سنبله‌دهی	۱۴۲/۵۰	۱۴۶/۴۹	۱۳۷/۸۶	۱۳۶/۷۵
روز تا رسیدن کامل	۱۶۹/۹۴	۱۷۲/۴۶	۱۶۸/۲۱	۱۶۷/۴۲
روز تا پر شدن دانه	۲۷/۴۴	۲۶/۰۰	۳۰/۳۶	۳۰/۶۷
تعداد سنبلچه درسنبله	۱۴/۱۶	۱۳/۱۳	۱۳/۱۶	۱۲/۶۰
تعداد گلچه درسنبلچه	۳/۳۸	۳/۰۷	۲/۹۶	۲/۶۶
تعداد دانه درسنبله	۲۴/۶۹	۲۳/۰۸	۲۱/۵۷	۲۸/۹۲
وزن صددانه (گرم)	۲/۷۵	۲/۷۱	۲/۷۲	۲/۷۴
وزن دانه پنج سنبله (گرم)	۳/۲۷	۲/۸۹	۳/۱۰	۳/۶۲
تعداد عضو	**۱۶**	**۲۴**	**۱۴**	**۱۲**

منابع

ارشد، ی.، م. زهراوی، و ع. سلطانی. ۱۳۹۲. شناسایی منابع ژنتیکی متحمل به تنش خشکی در گندم نان. پژوهش‌های به زراعی(تنش های محیطی در علوم گیاهی). ۵(۳): ۲۳۵-۲۲۷.

بخشایشی قشلاق، م. و م. شکارچی‌زاده. ۱۳۹۲. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی. پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب). ۲۷(۲): ۲۰۳-۲۱۴.

داعی‌الحق، د.، و. رشیدی، س. اهری‌زاد، ف. فرح‌وش، و ب. میرشکاری، ب. ۱۳۹۹. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۲(۳۴): ۱۱۵-۱۲۹.

ظفرنادری، ن. و س. اهری‌زاد. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل خشکی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۸(۳): ۳۴۷-۳۶۲.

کامرانی، م.، ا. مهربان، و م. شیری جناقرد. ۱۳۹۷. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گندم دیم با استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۰(۲۸): ۱۳-۲۶.

محمدی، ف.، ق. محمدی نژاد، و ب. ناخدا. ۱۳۹۴. شناسایی لاین‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۸(۲): ۲۴۹-۲۵۸.

نادری زرنقی، ر.، و ر. فتوت. ۱۳۹۵. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان پاییزه. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۱۰(۴): ۹۴۵-۹۵۸.

Abdelsalam, N.R. 2014. Marker assisted-selection of major traits in egyptian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild wheat (*aegilops ventricosa* tausch). Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol. 15: 67-74.

Haque, M.S., N.R. Saha, M.T. Islam, M.M. Islam, S.J. Kwon, S.K. Roy, and S.H. Woo. 2021. Screening for drought tolerance in wheat genotypes by morphological and SSR markers. Journal of Crop Science and Biotechnology. 24(1): 27-39.

Hussain, S., M. Jamil, A.A. Napar, R. Rahman, A. Bano, F. Afzal, A.G. Kazi, and A. Mujeeb-Kazi. 2016. Heat stress in wheat and interdisciplinary approaches for yield maximization. Plant-Environment Interaction, pp.161-183.

International Board For Plant Genetic Resources. 1978. Descriptors for wheat and Aegilops. IBPGR, Rome, Italy.

Mohi-Ud-Din, M., M.A. Hossain, M.M. Rohman, M.N. Uddin, M.S. Haque, J.U. Ahmed, A. Hossain, M.M. Hassan, and M.G. Mostofa. 2021. Multivariate analysis of morpho-physiological traits reveals differential drought tolerance potential of bread wheat genotypes at the seedling stage. Plants. 10(5): 879.

Pfeiffer, W.H., R.M. Trethowan, K. Ammar, and K.D. Sayre. 2005. Increasing yield potential and stability in durum wheat. Durum wheat breeding: current approaches and future strategies (no. CIS-4651. CIMMYT).

Ahmad, A., Z. Aslam, M. Naz, S. Hussain, T. Javed, S. Aslam, A. Raza, H.M. Ali, M.H. Siddiqui, M.Z. Salem, and C. Hano. 2021. Exogenous salicylic acid-induced drought stress tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under hydroponic culture. PloS one. 16(12): e0260556.

Ahmad, A., Z. Aslam, T. Javed, S. Hussain, A. Raza, R. Shabbir, F. Mora-Poblete, T. Saeed, , F. Zulfiqar, M.M. Ali, and M. Nawaz. 2022. Screening of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought tolerance through agronomic and physiologic alresponse. Agronomy. 12(2): 287.

Asseng, S., I.A.N. Foster, and N.C. Turner. 2011. The impact of temperature variability on wheat yields. Global Change Biology. 17(2): 997-1012.

Chowdhury, M.K., M.A. Hasan, M.M. Bahadur, M.R. Islam, M.A. Hakim, M.A. Iqbal, T. Javed, A. Raza, R. Shabbir, S. Sorour, and N.E. Elsanafawy. 2021. Evaluation of drought tolerance of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes through phenology, growth, and physiological indices. Agronomy. 11(9): 1792.

Cook, B.I., T.R. Ault, and J.E. Smerdon. 2015. Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains. Science Advances, 1(1): e1400082.

Trenberth, K.E., A. Dai, G. Van Der Schrier, P.D. Jones, J. Barichivich, K.R. Briffa, and J. Sheffield. 2014. Global warming and changes in drought. Nature Climate Change. 4(1): 17-22.

Tuberosa, R., and S. Salvi. 2006. Genomics-based approaches to improve drought tolerance of crops. Trends in plant science, 11(8): 405-412.

Wasaya, A., S. Manzoor, T.A. Yasir, N. Sarwar, K. Mubeen, I.A. Ismail, A. Raza, A. Rehman, A. Hossain, and A. EL Sabagh. 2021. Evaluation of fourteen bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes by observing gas exchange parameters, relative water and chlorophyll content, and yield attributes under drought stress. Sustainability. 13(9): 4799.

Zafar-ul-Hye, M., Z.A. Zahir, S.M. Shahzad, U. Irshad, and M. Arshad. 2007. Isolation and screening of rhizobia for improving growth and nodulation of lentil (*Lens culinaris* Medic) seedlings under axenic conditions. Soil Environ. 26(1): 81-91.

Raza, S., M.F. Saleem, I.H. Khan, M. Jamil, M. Ijaz, and M.A. Khan. 2012. Evaluating the drought stress tolerance efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 12(12): 41-46.

Richards, R.A., A.G. Condon, and G.J. Rebetzke. 2001. Traits to improve yield in dry environments. Application of Physiology in Wheat Breeding (No. 631.53 REY. CIMMYT.).

Saddiq, M.S., I. Afzal, S. Iqbal, M.B. Hafeez, and A. Raza. 2021. Low leaf sodium content improves the grain yield and physiological performance of wheat genotypes in saline-sodic soil. Pesquisa Agropecuária Tropical. 51.

Salim, B.B.M., A. Abou El-Yazied, Y.A.M. Salama, A. Raza, and H.S. Osman. 2021. Impact of silicon foliar application in enhancing antioxidants, growth, flowering and yield of squash plants under deficit irrigation condition. Annals of Agricultural Sciences. 66(2): 176-183.

Schwalm, C.R., W.R. Anderegg, A.M. Michalak, J.B. Fisher, F. Biondi, G. Koch, M. Litvak, K. Ogle, J.D. Shaw, A. Wolf, and D.N. Huntzinger. 2017. Global patterns of drought recovery. Nature, 548(7666): 202-205.

Evaluation of changes in agronomic traits in bread wheat populations under drought stress

Y. Arshad[1], M. Zahravi[1*], A. Soltani[2]

1-Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2- Research Center of Agriculture and Natural Resources of Yazd, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

Abstract

In order to identify drought tolerant genetic sources in wheat and investigate the changes of traits related to this characteristic, a number of 512 accessions from the wheat collection of the National Plant Gene Bank of Iran along with the drought tolerant cultivars Kavir, Roshan and Mahooti were investigated in the field of Yazd Agriculture and Natural Resources Research Center in the form of two separate augmented statistical design (normal irrigation and drought stress). Drought stress was applied by limiting times of irrigation, i.e. once after planting and the other during seed filling stage. In total, 66 accessions were survived and the evaluation of agronomic traits was carried out according to the international descriptor. The results showed a decrease in the values of all evaluated traits under drought stress condition, and the greatest decrease was in the traits of five-spike seed weight (57.34 %) and number of fertile tillers (48.59 %). A large number of accessions with superior traits compared to the check cultivars were identified under normal and drought stress conditions. Based on the results of principal component analysis under drought stress, the first five components contained 73.84% of the total changes in data. The superior accessions were distinguished based on the characteristics of each component. The studied accessions were separated into four groups with different characteristics using cluster analysis. The results of the present research showed a wide diversity in the evaluated germplasm and the superior accessions identified can be used in future wheat breeding programs to improve tolerance to drought stress.

Keywords: Drought stress, Gene bank, Germplasm, Population, Tolerance

* Corresponding author (mzahravi@areeo.ac.ir)