نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۲(۵۴)، تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۲۹۲-۲۷۵

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2020.676143

غربالگری و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل خشکی در توده‌های بومی گندم نان

فاطمه نادری[۱]، فاطمه باوندپوری[۱*]، عزت‌اله فرشادفر[۱] و محسن فرشادفر[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

چکیده

غربال و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل خشکی گندم‌های بومی با اجرای پژوهشی در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار در دو محیط تنش و بدون تنش با ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی نشان دادند که اثر ژنوتیپ برای بیشتر صفات معنی‌دار بود. با توجه به ضرایب همبستگی، بین عملکرد با وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۰ (WC-4987) از نظر عملکرد، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش برتر شناخته شد. همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که شاخص‌های تحمل خشکی (STI)، میانگین نسبی عملکرد (MRP) و صفت عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. در رتبه‌بندی بر اساس مجموع رتبه‌ها، میانگین رتبه‌ها و انحراف معیار رتبه‌ها، ژنوتیپ‌های شماره۱۰(WC-4987)، ۱۵(WC-47638) و ۱۸(WC-47569) دارای بهترین رتبه بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی و ژنوتیپ‌های ۴(WC-47341)، ۱۶(WC-47583) و ۲۲(WC-47467)، ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. در تجزیه به عامل‌ها در محیط تنش، ۸۰/۵۵ درصد از واریانس داده‌ها توسط چهار عامل اصلی توجیه شد. تجزیه خوشه‌ای به روش Ward در شرایط تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی را به چهار گروه تقسیم کرد. روند گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تا حدودی متفاوت می‌باشد که ناشی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش کمبود آب و تفاوت در حساسیت یا مقاومت نسبی آنها به تنش است.

واژگان کلیدی: گندم نان، تنوع، صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژی، رتبه بندی.

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

۲- دانشیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور. ایران.

نگارنده‌ی مسئول) bavandpouri.fatemeh@razi.ac.ir

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهّم‌ترین گیاهان زراعی جهان محسوب می‌شود که ۷۵ درصد پروتئین و ۵۴ درصد کالری مورد نیاز هر فرد را تأمین می‌کند (Abdi *et al.*, 2016). ایران جزو یکی از مناطق خشک جهان و میانگین میزان بارش سالانه آن ۲۵۰ میلی‌متر است که حدود یک سوم میانگین میزان بارش جهانی می‌باشد. میزان خسارت خشکسالی به علّت کاهش سرانه آب قابل دسترس ناشی از افزایش جمعیّت، تغییر اقلیم و بهره‌برداری بیش از حد و کاهش کیفی منابع آب موجود (شوری و آلودگی) در حال افزایش است (Heidary Sharifabad, 2008). خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده‌ی تولید محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب می‌آید. این عامل هنگامی ایجاد می‌شود که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در داخل گیاه شده و در نتیجه تولید را کاهش دهد (Farshadfar, 2018). با توجه به کمبود بارندگی و دمای بالا به‌خصوص در آخر فصل رشد، تولید گندم در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد. یکی از راه‌حل‌های عملی برای اطمینان از نیازهای غذایی آینده با افزایش جمعیت جهان می‌تواند استفاده بهتر از آب از طریق توسعه واریته‌هایی با نیاز آبی کم و مقاوم به خشکی باشد (Mafakheri *et al.*, 2010). افزایش عملکرد گندم در ایران از طریق به‌نژادی و تولید ارقام سازگار و مقاوم به خشکی همواره با چالش همراه بوده است، زیرا صفات گیاهی و عوامل بسیاری در بیان پدیده مقاومت به خشکی و افزایش محصول دخالت داشته و این صفات و عوامل با همدیگر اثر متقابل دارند (Mohamadi *et al.*, 2006). برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی چندین معیار انتخاب شده است که بر اساس آن ژنوتیپ‌های مقاوم انتخاب می‌شوند، دارا بودن اطلاعاتی درباره‌ی تنوع ژنتیکی موجود در ارقام اهلی و خویشاوندان وحشی یک گونه گیاهی اهمیت زیادی در به کارگیری آن در یک برنامه اصلاحی دارد (Khalighi and Arzani, 2006). مطالعه صفاتی که با میزان تحمّل به خشکی در ارتباط هستند از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. تحمل به خشکی با صفاتی نظیر محتوای آب نسبی برگ (RWC)، آب نسبی از دست رفته (RWL) و تجمع پرولین در ارتباط می‌باشد. ارقام متحمّل به تنش رطوبتی در شرایطی که تنوع محیطی زیاد باشد دارای ثبات در عملکرد است (Farshadfar and Mohamadi, 2006). گروه دیگر شاخص‌های مرتبط با خشکی است که بر اساس آن ژنوتیپ-های مقاوم انتخاب می‌شوند (Talebi *et al.*, 2009; Geravandi *et al.*, 2011). مایکی و همکاران (Mickky *et al.*, 2019) تغییرات و رابطه بین عملکرد و صفات رویشی در مرحله خوشه‌دهی را مطاله کردند.

هدف از تحقیق حاضر ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کمبود آب و بررسی روابط بین عملکرد و ویژگی‌های زراعی دیگر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۲۵ ژنوتیپ گندم نان دریافتی از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (جدول ۱) در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو شرایط تنش و بدون تنش در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در دو مرحله مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا

گردید. هر کرت شامل ۵ خط دو متری با فاصله خطوط ۲۳ سانتی متر و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. برداشت در اوایل تیر ۱۳۹۶ انجام شد. برای انجام یادداشت برداری از هر کرت ۵ نمونه تصادفی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای برداشت انجام گرفت. متوسط بارندگی در سال مورد بررسی (۹۶-۱۳۹۵) و موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. صفات عملکرد دانه GY (Grain Yield)، عملکرد بیولوژیک BY (Biological Yield)، وزن هزار دانه TSW (Thousand Seed Weight)، محتوای نسبی آب برگ RWC (Relative Water Content)، میزان آب نسبی از دست رفته RWL (Relative Water Loss)، فعالیت آنزیم کاتالاز CAT (Catalase Activity)، محتوی کلروفیل Chla و Chlb (Chlorophyll a; b)، میزان پرولین PC (Proline Content)، شاخص‌های تحمل تنش STI (Stress Tolerance Index)، حساسیت به تنش SSI (Stress Susceptibility Index) و میانگین نسبی عملکرد MRP (Mean Relative Performance) در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند.

روش‌های اندازه‌گیری صفات مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی

عملکرد دانه در متر مربع (GY): پس از حذف اثر حاشیه‌ای، سنبله‌های سه ردیف یک متری از هر کرت برداشت شده و وزن دانه‌ها محاسبه شد.

وزن هزار دانه (TSW): وزن هزار دانه‌ی هر ژنوتیپ با شمارش ۴ نمونه ۵۰۰ تایی از دانه‌های برداشت شده از هر کرت بر حسب گرم اندازه‌گیری شد.

عملکرد بیولوژیک (BY): با کف بر کردن بوته‌ها از سطح خاک و محاسبه وزن آن صورت گرفت.

سرعت فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT): اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز به کمک روش سینها (Sinha, 1972) با اندکی تغییرات صورت گرفت. در این روش از واکنش کاهشی دی‌کرومات پتاسیم محلول در استیک اسید به کرومیک‌استات و تشکیل پرکرومیک اسید سبزرنگ در حضور هیدروژن پراکسید و حرارت استفاده شد و جذب در طول موج ۵۷۰nm توسط دستگاه الیزا (Bio Tek Powerwave XS2) خوانده شد. سرعت فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون پیرلامبرت و با ضریب خاموشی ۰/۰۳۹۴ Mcm^{-1} محاسبه و در نهایت بر حسب میکرومول H_2O_2 مصرف شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین محلول بیان شد (Edit *et al*., 2010).

اندازه‌گیری غلظت پرولین: برای اندازه‌گیری غلظت پرولین از روش بیتس و همکاران (Bates *et al*., 1973) استفاده شد و جذب در طول موج ۵۲۰nm توسط دستگاه الیزا (Bio Tek Powerwave XS2) خوانده شد. سپس اعداد قرائت شده در معادله استاندارد قرار داده شدند و اعدادی که از معادله استاندارد به‌دست آمدند را در فرمول زیر قرار داده و مقدار پرولین بر اساس میکروگرم پرولین در گرم ماده گیاهی تازه به‌دست آمد.

$$\text{Proline Content (ug/g FW)} = \frac{36.2311 \times OD \times V}{E \times F}$$

که در آن OD: جذب خوانده شده با دستگاه الایزا در طول موج ۵۲۰ نانومتر، V: مقدار حجم نهایی سولفوسالیسیلیک اسید افزوده شده، E: مقدار حجم عصاره استخراج شده برای ارزیابی پرولین و F: میلی‌گرم وزن تازه برگ می باشد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک در مرحله گل‌دهی از برگ پرچم صورت گرفت. اندازه‌گیری این صفات از روش ایگرت و تویینی (Egert and Tevini, 2002) و طبق روابط زیر محاسبه گردید (Barrs, 1968):

$$RWC = \frac{WF - WD}{WT - WD}$$

$$RWL = \frac{(WF - W_1) + (W_1 - W_2) + (W_2 - W_3)}{3WD(T_2 - T_1)}$$

که WF, WD, WT, W1, W2, W3 به‌ترتیب عبارتند از وزن تازه برگ، وزن خشک (با قرار دادن برگ‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت)، وزن آماس (با قرار دادن برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۰-۱۸ ساعت)، وزن برگ جدا شده از گیاه بعد از دو ساعت (در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در داخل آنکوباتور)، بعد از چهار ساعت و بعد از شش ساعت می‌باشد.

محتوی کلروفیل Chla، Chlb: برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل ازروش لیچتن تالر و ولبرن (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) استفاده شد. جذب در طول‌موج‌های ۶۶۳nm، ۶۴۶ و ۴۷۰ توسط دستگاه الیزا (Bio Tek Powerwave XS2) خوانده و با روابط زیر میزان کلروفیلa، کلروفیل b محاسبه شدند.

Chl a = 12.21 (A663) – 2.81 (A646)
Chl b = 20.13 (A646) – 5.1 (A663)

محاسبه شاخص‌های تنش: برای بررسی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر حساسیت و مقاومت به خشکی از شاخص‌های تنش شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI) و میانگین نسبی عملکرد (MRP) استفاده شد (Fernandez 1992).

$$MRP = (Y_s / \bar{Y}_s) + (Y_p / \bar{Y}_p)$$

$$SSI = \frac{1 - (Y_S / Y_P)}{SI} \quad , \quad SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}\right]$$

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p}\right)\left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s}\right)\left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

تجزیه‌های آماری: برای آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی از آزمون یکنواختی واریانس‌ها (Fmax هارتلی) استفاده شد. پس از تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از تجزیه خوشه‌ای با روش Ward استفاده شد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده (جدول ۳) نشان می‌دهد در شرایط آبی به جز BY، Chla و Chlb برای همه صفات تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در شرایط تنش برای همه صفات به‌جز RWC، BY و Chla تفاوت معنی‌دار است. مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان می‌دهد در شرایط بدون تنش بیشترین مقدار برای صفت GY ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ (۵۶۵/۷۵) و ۱۸ (۵۴۴/۲۶) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۶ (۲۱۴/۲۱)، TSW ژنوتیپ شماره ۹ (۴۷/۰۹) و ۱۰ (۴۵/۹۵) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱ (۲۹/۳۳)، BY ژنوتیپ شماره ۱۴ (۱۵۷۰) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۶ (۱۰۶۲/۷) RWC ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ (۰/۷۱) و ۱۹ (۰/۷۲) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۲۴ (۰/۵۴)، RWL ژنوتیپ شماره ۱۸ (۰/۳۶) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۲۵ (۰/۱۹)، Chla ژنوتیپ شماره ۱۱ (۲۰/۹۵) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۵ (۱۳/۶۳)، Chlb ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ (۵/۴۰) و ۱۸ (۴/۴۴) و

کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۵ (۳/۱۳)، CAT ژنوتیپ‌های شماره ۲۰ (۲۷۵۷/۱) و ۹ (۲۷۱۳/۳) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۳ (۱۱۷/۱) و PC ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ (۲/۶۹) و ۱۴ (۲/۵۱) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۵ (۰/۵۱) بود. درشرایط تنش خشکی بیشترین مقدار برای صفت GY ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ (۴۲۴/۷۲) و ۱۵ (۳۷۲/۹۵) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۶ (۱۹۰/۱۵)، TSW ژنوتیپ‌های شماره ۹ (۳۴/۱۳) و ۱۰ (۳۱/۵۹) و کمترین مقدار ژنوتیپ‌های شماره ۱ (۲۲/۳۲) و ۴ (۲۲/۴۷)، BY ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ (۱۱۴۰/۲) و ۱۵ (۱۵۰۷/۲) و کمترین مقدار ژنوتیپ‌های شماره ۴ (۸۶۴/۷) و ۱۶ (۸۷۴/۳)، RWC ژنوتیپ شماره ۱۱ (۰/۶۶) و کمترین مقدار ژنوتیپ‌های شماره ۳ (۰/۴۳) و ۱۵ (۰/۴۲)، RWL ژنوتیپ شماره ۱۶ (۰/۳۱) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۷ (۰/۱۱)، Chla ژنوتیپ شماره ۱۱ (۱۸/۳۱) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۷ (۱۲/۷۶)، Chlb ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ (۴/۳۹) و ۱۸ (۴/۰۲) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۱۷ (۳/۰۱)، CAT ژنوتیپ شماره ۱۲ (۳۰۰۵/۹) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۲ (۳۱۱/۹) و PC ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ (۳/۳۸) و ۲۵ (۳/۳۴) و کمترین مقدار ژنوتیپ شماره ۶ (۰/۷۱) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در اکثر موارد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشته که دلالت بر تنوع ژنتیکی موجود بین ژنوتیپ‌ها دارد و در برنامه‌های اصلاحی کاربرد زیادی دارند. احمدزاده و همکاران (Ahmadzade *et al*., 2011) گزارش کردند که در گندم دوروم تحت شرایط تنش خشکی میزان فعالیت کاتالاز در ارقام مقاوم افزایش پیدا کردند. رنو و دوارشی (Renu and Devarshi, 2007) نشان دادند که تنش خشکی باعث بالا رفتن فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام مختلف گندم می‌شود. آنها همچنین دریافتند که ارقام مقاوم گندم دارای میزان کاتالاز بیشتری نسبت به ارقام حساس هستند و میزان افزایش آن در ارقام حساس معنی‌دار نبوده است. مفاخری و همکاران (Mafakheri *et al*., 2010) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش زیادی در محتوی کلروفیل a، کلروفیل b در سه رقم مورد بررسی نخود شد. در گیاهان زراعی بین ارقام تفاوت‌هایی از نظر غلظت کلروفیل وجود دارد (Aghaee Sarabzah *et al*., 2008). نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۵) صفات مورد مطالعه و شاخص‌ها نشان داد بین عملکرد دانه در شرایط نرمال با Ys، STI، BY، MRP و SSI همبستگی مثبت و معنی‌داری و با RWL همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. همچنین عملکرد دانه در شرایط تنش با TSW، BY، MRP و STI همبستگی مثبت و معنی داری داشت. فرناندز (Fernandez, 1992) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش اظهار کرد شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، چرا که این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی مبتنی بر عملکرد دانه با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش (جدول ۵) نشان داد که شاخص‌های STI، MRP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش داشتند که با نتایج سردویی نصب و همکاران (Sardoei-Nasab *et*

al., 2014) مطابقت داشت. فرشادفر و محمدی (Farshadfar and Mohamadi, 2006) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد در شرایط دیم با محتوای آب نسبی برگ (RWC) و همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد در شرایط دیم با میزان آب نسبی از دست رفته (RWL) گزارش و آب نسبی از دست رفته را به عنوان مهم‌ترین صفت فیزیولوژیک مؤثر در عملکرد دانه در شرایط دیم معرفی نمودند. ابهری و همکاران (Abhari *et al*., 2006) با مطالعه چهار رقم گندم نان گزارش کردند که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش عملکرد بالاتری داشتند از میزان پرولین بیشتری نیز برخوردار بودند. در آزمایشی همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود اما با وزن هزاردانه معنی‌دار نبود (Bakhshande *et al*., 2003). نوری‌فرجام و همکاران (Noorifarjam *et al*., 2013) به‌منظور بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و شاخص STI وجود دارد. ارشد و همکاران (Arshad *et al*., 2018) به بررسی تغییرات زراعی تحت شرایط تنش خشکی در توده‌های گندم نان پرداختند و مجموع نتایج حاکی از وجود تنوع بالای مواد ژنتیکی مورد ارزیابی از لحاظ صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی بود. استفاده از شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی باعث انتخاب ارقام مقاوم بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است، بیشترین متوسط عملکرد دانه در شرایط تنش متعلق به ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۵ و ۱۸ و ژنوتیپ شماره ۱۶ کمترین متوسط عملکرد دانه را داشت. در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد دانه متعلق به ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۸ و ۲ و کمترین متوسط عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۶ بود. بر اساس شاخص STI ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۸، ۱۵ و ۲۰، بر اساس شاخص MRP ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۸، ۱۵ و۱۳ و بر اساس شاخص SSI ژنوتیپ‌های ۲۱، ۲۴، ۸ و ۱۷ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شدند.

انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) باعث گزینش ارقامی با عملکرد به نسبت پایین در محیط نرمال و عملکرد پایین در محیط دارای تنش می‌گردد، که چنین ارقامی مطابق با گزارش‌های اشنایدر و همکاران (Schneider *et al*., 1997) به علت عملکرد پایین، از نظر زراعی نامطلوب می‌باشند.

به دلیل این تفاوت‌ها در نتایج شاخص‌ها برای دقت بیشتر از رتبه‌بندی استفاده شد که در رتبه‌بندی بر اساس مجموع رتبه‌ها، میانگین رتبه‌ها و انحراف معیار رتبه‌ها ژنوتیپ های شماره ۱۰، ۱۵ و ۱۸ دارای بهترین رتبه بودند و به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناخته شدند و ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۴ و ۲۲ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی شناسایی شدند. فرشادفر و الیاسی (Farshadfar and Eliasi, 2012) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم نان نشان دادند که معرفی ارقام مقاوم به خشکی با استفاده از شاخص‌های متفاوت دارای نتایج متفاوت می‌باشد به همین دلیل برای شناسایی ارقام مقاوم از رتبه‌بندی RS استفاده نمودند. نقوی و همکاران (Naghavi *et al*., 2016) به ارزیابی ارقام گندم بهاره بر اساس ۱۱ شاخص مقاومت به تنش خشکی پرداختند و بر اساس نتایج تجزیه همبستگی، شاخص‌های MP، GMP، STI و HM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام گندم

بهاره گزارش نمودند. شیبانی‌راد و فرشادفر (Shaibani Rad and Farshadfar, 2017) به ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از ۱۴ شاخص تحمل به خشکی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که دو شاخص STI و MP به‌عنوان مناسب‌ترین معیارها برای انتخاب ارقام متحمل شناخته شدند. کامرانی و همکاران (Kamrani *et al*., 2018) به شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم دیم با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های STI، MP و GMP به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول معرفی شدند و برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از روش تجزیه خوشه‌ای روش Ward استفاده شد. تجزیه به عامل‌ها با روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش واریماکس بر روی داده‌ها انجام شد (جدول ۷). در محیط تنش چهار عامل شناسایی شد که در مجموع ۸۰/۵۵ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند. برای عامل اول با ۳/۹۵ درصد از واریانس کل، بیشترین ضرایب عاملی متعلق SY، STI، TSW، MRP و BY و به این ترتیب، عامل عملکرد نام‌گذاری شد. برای عامل دوم با تبیین ۲/۹۵ درصد از واریانس کل، بیشترین ضرایب عاملی متعلق Chla و Chlb و به این ترتیب عوامل فیزیولوژی مؤثر بر تولید نامیده شد. برای عامل سوم با تبیین ۱/۷۱ درصد از واریانس کل، بیشترین ضرایب عاملی متعلق SSI و RWL عوامل تأثیرگذار بر بیوماس تولیدی نام‌گذاری شد. برای عامل چهارم با تبیین ۱/۰۵ درصد از واریانس کل، بیشترین ضرایب عاملی متعلق RWC و RWL عوامل تأثیرگذار بر فیزیولوژی نامیده شد. ملاصادقی و همکاران (Molasadeghi *et al*., 2011) چهار عامل را با توجیه ۸۳/۵۱ درصدی، با بررسی صفات کمی گندم در شرایط خشکی آخر فصل شناسایی نمود. وی به‌ترتیب عوامل را عامل تأثیرگذار بر عملکرد، عامل تأثیرگذار بر سنبله، عامل تأثیرگذار بر ارتفاع، عامل رشدی گیاه نام گذاری نمود. تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول ژنوتیپ‌های ۱۰، ۶، ۱۸، ۱۳، ۱۹، ۷، ۲، ۱۴، ۲۰ و ۵ را به خود اختصاص دادند که از لحاظ صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوای نسبی آب برگ، وزن هزار دانه، کلروفیل a و b، شاخص میانگین نسبی عملکرد، شاخص تحمل تنش و شاخص حساسیت به تنش تقریباً در رده‌ی متوسط به بالایی قرار داشتند ولی از نظر میزان آب نسبی از دست رفته و پرولین کمترین مقدار را دارا بودند. گروه دوم ژنوتیپ‌های ۱۵، ۸، ۲۵ و ۲۱ را به خود اختصاص دادند که بیشترین عملکرد دانه در متر مربع، عملکرد بیولوژیک، محتوای آب نسبی از دست رفته و پرولین و کمترین محتوای نسبی آب برگ و شاخص حساسیت به تنش و از لحاظ مابقی صفات مقدار متوسط به بالایی داشتند. در گروه سوم ژنوتیپ‌های ۱۲، ۹، ۲۳، ۳، ۲۴ و ۱۷ که داری بیشترین وزن هزار دانه و سرعت فعالیت آنزیم کاتالاز و کمترین عملکرد بیولوژیک، میزان کلروفیل a و b در بین گروه‌ها و از نظر عملکرد دانه در متر مربع، محتوای نسبی آب برگ، پرولین، شاخص میانگین نسبی عملکرد، شاخص تحمل تنش و شاخص حساسیت به تنش رده‌ی متوسطی را به خود اختصاص دادند. در گروه چهارم ژنوتیپ‌های ۱۱، ۲۲، ۱، ۱۶ و ۴ قرار گرفتند که محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a، b و شاخص حساسیت به تنش بالاتری نسبت به سایر خوشه‌ها داشتند و از نظر عملکرد دانه در متر

مربع، وزن هزار دانه، سرعت فعالیت آنزیم کاتالاز، شاخص میانگین نسبی عملکرد و شاخص تحمل تنش کمترین مقدار را داشتند. اما آنچه که حایز اهمیت بود گروه‌بندی متفاوت ژنوتیپ‌ها برای صفات مختلف از جمله عملکرد تحت دو شرایط متفاوت تنش و بدون تنش بود که این مسئله بیانگر روند متفاوت واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط رطوبتی متفاوت بود. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که در شرایط تنش، گروه اول و دوم از نظر عملکرد و صفات مرتبط با آن، صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های میانگین نسبی عملکرد و تحمل تنش بیشترین مقدار را داشتند بنابراین متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی، گروه سوم از لحاظ وزن هزار دانه و برخی صفات بیوشیمیایی مقادیر بالایی را دارا بودند وگروه چهارم از نظر صفات فیزیولوژیک بیشترین مقدار ولی از لحاظ عملکرد و صفات مرتبط با آن و شاخص‌های میانگین نسبی عملکرد و تحمل تنش کمترین، بنابراین حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بودند. شهریاری (Shahriari, 2016) از روش تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای برای ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی استفاده کرد. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های مقاومت به خشکی از سوی محققان مختلف در گندم مورد استفاده قرار گرفته است (Arshad *et al*., 2018; Naghavi *et al*., 2016). مجموع این نتایج حاکی از وجود تنوع بالای مواد ژنتیکی مورد ارزیابی از لحاظ صفات و شاخص‌های مرتبط با تحمل به تنش خشکی بود و لذا از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای تحمل به تنش خشکی در توده‌های بومی گندم نان استفاده نمود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده در در این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۰ ژنوتیپ برتر در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند. در رتبه‌بندی بر اساس مجموع رتبه‌ها، میانگین رتبه‌ها و انحراف معیار رتبه‌ها ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۵ و ۱۸دارای بهترین رتبه بودند و به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی شناخته شدند و ژنوتیپ‌های۱۶، ۴ و۲۲، ژنوتیپ‌های حساس بودند. در تجزیه به عامل‌ها در محیط تنش ۸۰/۵۵ درصد از واریانس داده‌ها توسط چهار عامل اصلی توجیه شد. بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش Ward در شرایط تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی به چهار گروه تقسیم شدند. نتایج به‌دست آمده بیانگر تنوع بالای ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی بود و از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ارقام برتر و متحمل به تنش خشکی در گندم‌های بومی استفاده نمود.

جدول ۱ - کد و نام ژنوتیپ‌های گندم

Table 1- Code and name of wheat genotype

کد ژنوتیپ Genotype Code	نام ژنوتیپ Genotype Name	کد ژنوتیپ Genotype Code	نام ژنوتیپ Genotype Name	کد ژنوتیپ Genotype Code	نام ژنوتیپ Genotype Name
1	WC-4924	10	WC-4987	19	Pishtaz
2	WC-4582	11	WC-47615	20	Pishgam
3	WC-4592	12	WC-4612	21	WC-47640
4	WC-47341	13	WC-5001	22	WC-47467
5	WC-4965	14	WC-4994	23	WC-4553
6	WC-4840	15	WC-47638	24	WC-4583
7	WC-4958	16	WC-47583	25	WC-4554
8	WC-47399	17	WC-47522		
9	WC-4600	18	WC-47569		

جدول۲ – موقعیت جغرافیایی و آب هوایی محل اجرای آزمایش

Table 2- Geographical locations and climate of the experiment site

طول جغرافیایی (Longitude)	47 **درجه و** 9 **دقیقه**
عرض جغرافیایی (Latitude)	34 **درجه و** 21 **دقیقه**
ارتفاع از سطح دریا (altitude)	1319 **متر**(m)
متوسط بارندگی (Medium rainfall)	480-450 **میلی‌متر** (mm)
بافت خاک (Soil pattern)	**سیلتی رسی**
وضعیت آب و هوایی و وضع طبیعی (Climatic and natural conditions)	**سرد معتدل، رشته کوه‌های زاگرس شمالی** (Cold temperate, North Zagros Mountains)
متوسط درجه حرارت سالیانه (Average annual temperature)	13.3 **درجه سلسیوس**
میزان بارندگی در سال اجرای آزمایش (Rainfall in the year of the experiment)	401.51

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های گندم تحت تیمارهای متفاوت تنش

Table 3- Analysis of variance of studied traits in wheat genotypes under drought stress and non-stress condition

محیط بدون تنش (non-stress)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه GY	وزن هزار دانه TSW	عملکرد بیولوژیک BY	محتوای نسبی آب RWC	آب نسبی از دست رفته RWL	کلروفیل Chla	کلروفیل Chlb	کاتالازCAT	پرولین PC
بلوک (Block)	2	32929.76**	8.22	87065.54	0.02*	0.0001	3.47	0.53	132255.52	0.39
ژنوتیپ (Genotype)	24	24612.73**	87.36**	57440.50	0.006*	0.005	6.15	0.57	2424252.18**	1.25**
خطا (Error)	48	4411.17	4.09	38464.84	0.003	0.002	5.77	0.44	74226.12	0.33
ضریب تغییرات (C.V%)		16.78	5.07	15.12	9.50	21.64	14.05	17.15	23.15	36.73

محیط تنش (Stress)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه GY	وزن هزار دانه TSW	عملکرد بیولوژیک BY	محتوای نسبی آب RWC	آب نسبی از دست رفته RWL	کلروفیل Chla	کلروفیل Chlb	کاتالاز CAT	پرولین PC
بلوک (Block)	2	10051.89	10.79*	125859.01	0.002	0.001	16.03*	0.73*	306627.48	0.30
ژنوتیپ (Genotype)	24	9874.99**	31.44**	81062.11	0.01	0.005*	5.73	0.31**	981857.25**	1.99**
خطا (Error)	48	4581.55	2.90	90764.60	0.008	0.003	3.57	0.20	205625.94	0.52
ضریب تغییرات (C.V%)		23.85	5.94	26.96	17.37	29.37	12.36	12.43	43.33	34.85

* و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

*,**significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تنش‌های متفاوت

Table 4- Mean comparison of studied traits under drought stress and non stress condition

ژنوتیپ Genotype	GY (gr m^{-2}) (عملکرد دانه)		TSW (gr m^{-2}) وزن هزار دانه		BY(بیوماس)	
	تنش Stress	غیر تنش Non stress	تنش Stress	غیر تنش Non stress	تنش Stress	غیر تنش Non stress
1	239.38^{bcde}	322.20^{fghi}	22.32^{j}	29.33^{m}	1164.2^{ab}	1299.4^{abc}
2	283.40^{bcde}	526.59^{abc}	32.03^{ab}	42.58^{bcde}	990.3^{ab}	1473.4^{ab}
3	262.82^{bcde}	355.60^{efgh}	28.15^{cdefg}	38.37^{fgh}	898.5^{b}	1144.4^{bc}
4	208.83^{de}	304.55^{ghi}	22.47^{j}	30.01^{lm}	864.7^{b}	1318.8^{abc}
5	261.51^{bcde}	353.34^{efgh}	31.63^{ab}	44.50^{abcd}	970.9^{ab}	1280.1^{abc}
6	342.69^{abcd}	442.37^{abcdef}	30.34^{bcd}	44.16^{abcd}	1173.8^{ab}	1217.3^{abc}
7	277.26^{bcde}	431.71^{bcdefg}	27^{efgh}	41.79^{cdef}	1217.3^{ab}	1333.3^{abc}
8	338.53^{abcd}	358.07^{efgh}	32.18^{ab}	45.27^{abc}	1222.1^{ab}	1449.2^{abc}
9	275.12^{bcde}	410.24^{cdefgh}	34.13^{a}	47.09^{a}	1028.9^{ab}	1454^{abc}
10	424.73^{a}	565.75^{a}	31.59^{ab}	45.95^{ab}	1313.9^{ab}	1391.2^{abc}
11	201.89^{e}	317.21^{fghi}	26^{fghi}	34.48^{ijk}	951.6^{ab}	1231.8^{abc}
12	236.94^{cde}	298.98^{hi}	31.89^{ab}	44.20^{abcd}	970.9^{ab}	1212.5^{abc}
13	309.49^{abcde}	508.45^{abcd}	30.27^{bcde}	45.87^{ab}	1140.2^{a}	1386.3^{abc}
14	263.96^{bcde}	482.62^{abcde}	29.44^{bcde}	43.14^{bcde}	1057.9^{ab}	1570^{a}
15	372.95^{ab}	482.01^{abcde}	31.14^{abc}	45.17^{abc}	1507.2^{a}	1434.7^{abc}
16	190.15^{e}	214.21^{i}	24.49^{hji}	33.09^{jkl}	874.3^{b}	1062.7^{c}
17	319.10^{abcde}	354.00^{efghi}	32.04^{ab}	37.81^{ghi}	1198^{ab}	1135.2^{bc}
18	354.27^{abc}	544.26^{ab}	27.16^{defgh}	39.46^{efgh}	1212.5^{ab}	1449.2^{abc}
19	318.70^{abcde}	492.24^{abcd}	25.53^{ghi}	42.27^{bcde}	1188.3^{ab}	1458.9^{ab}
20	285.14^{bcde}	384.01^{defgh}	28.07^{cdefg}	40.76^{defg}	1115.9^{ab}	1120.7^{bc}
21	303.47^{abcde}	313.97^{fghi}	28.98^{bcdef}	34.31^{jkl}	1275.3^{ab}	1178.7^{abc}
22	197.36^{e}	331.92^{fghi}	23.61^{ji}	31.01^{klm}	1371.9^{ab}	1173.8^{bc}
23	240.30^{bcde}	403.74^{cdefgh}	29.29^{bcde}	43.05^{bcde}	932.3^{ab}	1212.5^{abc}
24	292.04^{bcde}	304.24^{ghi}	29.63^{bcde}	37.39^{ghi}	1057.9^{ab}	1125.5^{bc}
25	293.72^{bcde}	391.08^{defgh}	27.60^{defgh}	36.15^{hij}	1236.6^{ab}	1304.3^{abc}
Mean	283.75	395.74	28.68	39.89	1117.42	1296.74

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Mean with same letter are not significantly different at 0.05 level of probability

ادامه جدول ۴-

Table 4- Continued

ژنوتیپ Genotype	RWC محتوای نسبی آب		RWL آب نسبی از دست رفته		Chl a کلروفیل a	
	تنش Stress	غیر تنش Non stress	تنش Stress	غیر تنش Non stress	تنش Stress	غیر تنش Non stress
1	0.52^{abc}	0.58^{cd}	0.12^{c}	0.30^{abc}	16.76^{abc}	17.96^{abc}
2	0.50^{abc}	0.63^{abcd}	0.16^{bc}	0.22^{bcd}	14.44^{bcd}	16.52^{abc}
3	0.43^{c}	0.57^{cd}	0.18^{bc}	0.26^{abcd}	14.21^{bcd}	17.00^{abc}
4	0.62^{ab}	0.65^{abcd}	0.26^{ab}	0.20^{cd}	15.63^{abcd}	17.43^{abc}
5	0.56^{abc}	0.57^{cd}	0.21^{abc}	0.27^{abcd}	15.35^{abcd}	15.22^{bc}
6	0.53^{abc}	0.65^{abcd}	0.14^{c}	0.21^{cd}	13.92^{bcd}	18.61^{ab}
7	0.53^{abc}	0.64^{abcd}	0.11^{c}	0.26^{abcd}	15.50^{abcd}	16.66^{abc}
8	0.49^{abc}	0.63^{abcd}	0.26^{ab}	0.26^{abcd}	14.80^{abcd}	15.96^{bc}
9	0.56^{abc}	0.62^{abcd}	0.22^{abc}	0.20^{cd}	13.32^{cd}	17.30^{abc}
10	0.53^{abc}	0.70^{ab}	0.18^{bc}	0.27^{abcd}	14.12^{bcd}	18.35^{abc}
11	0.66^{a}	0.66^{abc}	0.17^{bc}	0.19^{cd}	18.31^{a}	20.95^{a}
12	0.60^{abc}	0.64^{abcd}	0.20^{abc}	0.31^{ab}	15.13^{abcd}	15.47^{bc}
13	0.51^{abc}	0.71^{a}	0.19^{bc}	0.25^{bcd}	16.77^{abc}	15.64^{bc}
14	0.63^{ab}	0.66^{abcd}	0.16^{bc}	0.22^{bcd}	15.16^{abcd}	18.25^{abc}
15	0.42^{c}	0.67^{abc}	0.17^{bc}	0.23^{bcd}	16.19^{abcd}	13.63^{c}
16	0.55^{abc}	0.62^{abcd}	0.31^{a}	0.22^{bcd}	15.40^{abcd}	18.08^{abc}
17	0.53^{abc}	0.58^{cd}	0.15^{c}	0.20^{cd}	12.76^{d}	18.17^{abc}
18	0.58^{abc}	0.65^{abcd}	0.21^{abc}	0.36^{a}	17.36^{ab}	18.33^{abc}
19	0.59^{abc}	0.72^{a}	0.15^{c}	0.26^{abcd}	16.10^{abcde}	17.08^{abc}
20	0.57^{abc}	0.68^{abc}	0.17^{bc}	0.21^{bcd}	14.70^{abcd}	15.87^{bc}
21	0.56^{abc}	0.61^{abcd}	0.19^{bc}	0.21^{bcd}	16.57^{abc}	16.75^{abc}
22	0.45^{bc}	0.59^{bcd}	0.18^{bc}	0.21^{cd}	16.01^{abcd}	17.16^{abc}
23	0.50^{abc}	0.64^{abcd}	0.20^{bc}	0.23^{bcd}	14.09^{bcd}	17.51^{abc}
24	0.49^{abc}	0.54^{d}	0.22^{abc}	0.25^{bcd}	13.03^{cd}	17.12^{abc}
25	0.52^{abc}	0.57^{cd}	0.22^{abc}	0.19^{d}	16.58^{abc}	16.30^{abc}
Mean	0.54	0.63	0.19	0.24	15.29	17.09

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Mean with same letter are not significantly different at 0.05 level of probability

ادامه جدول ۴-

Table 4- Continued

ژنوتیپ Genotype	کلروفیلb Chl b		کاتالاز CAT		پرولین PC	
	تنش Stress	غیر تنش Non stress	تنش Stress	غیر تنش Non stress	تنش Stress	غیر تنش Non stress
1	3.89^{abcd}	3.96^{b}	896.5^{cdefg}	1474.9^{fg}	2.79^{abc}	0.80^{fghi}
2	3.53^{abcd}	3.70^{b}	311.9^{fg}	2237.9^{bcd}	1.63^{cdefgh}	1.01^{efghi}
3	3.25^{bcd}	3.71^{b}	1165.5^{bcdef}	117.1^{j}	2.02^{abcdefgh}	1.20^{defghi}
4	3.49^{bcd}	3.84^{b}	817.3^{cdefg}	148.8^{j}	3.08^{ab}	1.89^{abcdef}
5	3.50^{bcd}	3.39^{b}	526.4^{efg}	876.0^{hi}	1.09^{fgh}	0.51^{i}
6	3.32^{bcd}	4.20^{b}	1796.2^{b}	144.5^{j}	0.71^{h}	1.34^{cdefghi}
7	3.60^{abcd}	3.68^{b}	802.1^{cdefg}	327.2^{j}	2.91^{abc}	1.08^{efghi}
8	3.47^{bcd}	3.60^{b}	1265.4^{bcde}	444.7^{ij}	2.95^{abc}	2.41^{abc}
9	3.23^{bcd}	3.83^{b}	1410.6^{bcde}	2713.3^{ab}	2.53^{abcde}	1.24^{defghi}
10	3.24^{bcd}	4.12^{b}	1469.5^{bcd}	422.2^{ij}	1.54^{cdefgh}	2.69^{a}
11	4.39^{a}	5.40^{a}	245.1^{g}	613.6^{ij}	0.92^{gh}	1.31^{cdefghi}
12	3.36^{bcd}	3.35^{b}	3005.9^{a}	433.2^{ij}	1.32^{defgh}	1.65^{abcdefgh}
13	3.79^{abcd}	3.47^{b}	786.7^{cdefg}	1730.6^{ef}	1.68^{bcdefgh}	1.55^{bcdefghi}
14	3.54^{abcd}	4.04^{b}	915.4^{cdefg}	1216.3^{gh}	1.24^{efgh}	2.51^{ab}
15	3.78^{abcd}	3.13^{b}	1215.3^{bcde}	2574.4^{ab}	3.38^{a}	1.43^{bcdefghi}
16	3.49^{bcd}	4.07^{b}	892.2^{cdefg}	2257.4^{bc}	1.71^{bcdefgh}	1.96^{abcde}
17	3.01^{d}	4.09^{b}	1609.5^{bc}	857.4^{hi}	2.36^{abcdef}	1.95^{abcde}
18	4.02^{ab}	4.44^{ab}	890.6^{cdefg}	910.3^{hi}	1.70^{bcdefgh}	2.13^{abcde}
19	3.83^{abcd}	3.82^{b}	881.9^{cdefg}	1221.5^{gh}	2.64^{abcde}	0.54^{hi}
20	3.31^{bcd}	3.49^{b}	599.1^{defg}	2757.1^{a}	0.92^{gh}	0.69^{hi}
21	3.84^{abcd}	3.82^{b}	576.8^{defg}	2027.6^{cde}	2.85^{abc}	2.24^{abcd}
22	3.77^{abcd}	3.82^{b}	840.9^{cdefg}	143.9^{j}	2.69^{abcd}	0.74^{ghi}
23	3.39^{bcd}	3.88^{b}	1133.1^{bcdefg}	1873.3^{cdef}	2.25^{abcdefg}	1.81^{abcdefg}
24	3.06^{cd}	3.76^{b}	1563.5^{bc}	1755.4^{def}	1.52^{cdefgh}	1.85^{abcdefg}
25	3.92^{abc}	3.65^{b}	546.8^{efg}	140.8^{j}	3.34^{a}	2.36^{abc}
Mean	3.56	3.85	1046.58	1176.77	2.07	1.56

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Mean with same letter are not significantly different at 0.05 level of probability

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده صفات و شاخص‌های مورد مطالعه تحت تنش‌های متفاوت

Table 5- Correlation coefficient between studied traits and indicators under drought stress and non stress condition

	YP (عملکرد نرمال)	YS	TSW	BY	RWC	RWL	Chl a	Chl b	CAT	PC	MRP	STI
YS(عملکرد تنش)	0.706**											
TSW (وزن هزار دانه)	0.356	0.533**										
BY(بیوماس)	0.410*	0.633**	0.095									
RWC(محتوای آب نسبی)	-0.090	-0.252	-0.159	-0.394								
RWL(آب نسبی از دست رفته)	-0.445*	-0.259	-0.023	-0.393	0.095							
Chl a(کلروفیلa)	0.019	-0.190	-0.54**	0.181	0.303	-0.03						
Chl b(کلروفیلb)	0.091	-0.163	-0.484*	0.222	0.265	-0.12	0.963**					
CAT(کاتالاز)	-0.102	0.195	0.401*	0.011	-0.08	0.041	-0.499*	-0.56**				
PC(پرولین)	-0.080	0.045	-0.235	0.419*	-0.36	0.070	0.153	0.181	-0.12			
MRP(میانگین نسبی عملکرد)	0.933**	0.913**	0.475*	0.557**	-0.17	0.387	-0.085	-0.030	0.040	-0.02		
STI(شاخص تحمل به تنش)	0.923**	0.908**	0.431*	0.552**	-0.16	-0.34	-0.057	-0.014	0.051	-0.04	0.991**	
SSI(شاخص حساسیت به خشکی)	0.524**	-0.216	-0.172	-0.139	0.163	-0.34	0.271	0.337	-0.35	-0.12	0.192	0.187

جدول ۶- رتبه بندی میانگین صفات براساس شاخص‌های مورد مطالعه

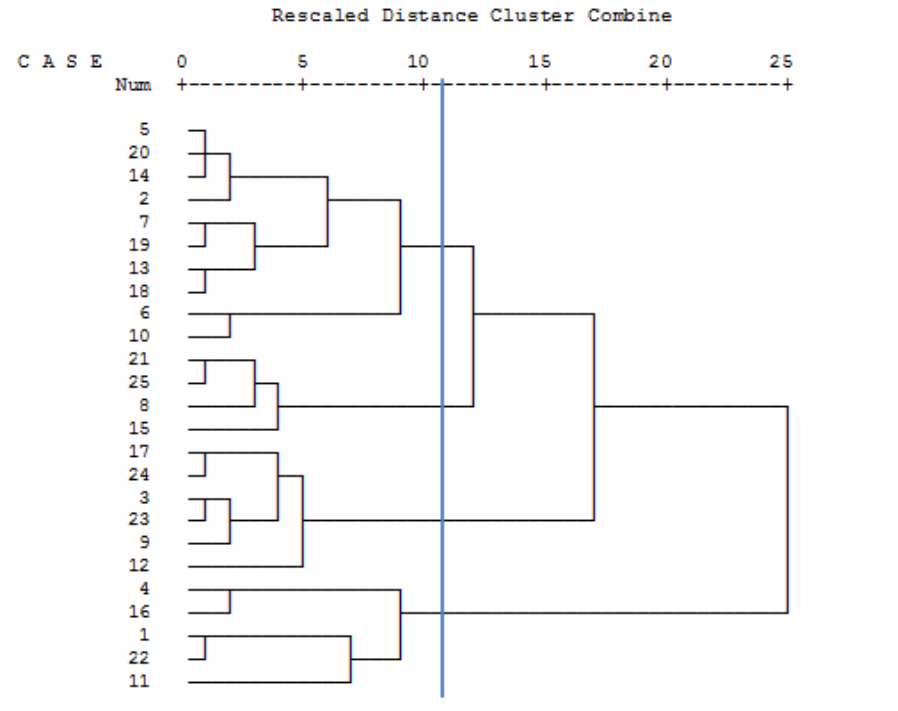
Table 6- Ranking mean traits based on the studied indices

ژنوتیپ Genotype	عملکرد عادی Y_P (g/m^2)	رتبه R	عملکرد تنش Y_S (g/m^2)	رتبه R	میانگین نسبی عملکرد MRP	رتبه R	شاخص تحمل به تنش STI	رتبه R	شاخص حساسیت به خشکی SSI	رتبه R	میانگین رتبه MR	انحراف معیار SD	مجموع رتبه
1	322.20	19	239.38	20	1.658	20	0.492	20	0.908	11	15.50	5.227	90
2	526.59	3	283.40	13	2.329	6	0.953	7	1.632	25	15.91	8.792	54
3	355.60	15	262.82	17	1.828	17	0.597	17	0.922	14	14.62	2.674	80
4	304.55	22	208.83	22	1.506	24	0.406	24	1.111	15	18.76	5.394	107
5	353.34	17	261.51	18	1.815	18	0.590	18	0.918	13	14.91	3.576	84
6	442.37	8	342.69	4	2.326	7	0.968	6	0.796	7	7.29	2.918	32
7	431.72	9	277.26	14	2.068	10	0.764	10	1.264	19	14.67	4.305	62
8	358.07	14	338.53	5	2.098	9	0.774	9	0.193	3	5.76	3.404	40
9	410.24	10	275.12	15	2.006	13	0.721	12.5	1.164	16	14.55	1.987	66.5
10	565.75	1	424.73	1	2.926	1	1.534	1	0.881	10	6.10	6.651	13
11	317.21	20	201.89	23	1.513	23	0.409	23	1.285	20	20.76	3.404	109
12	298.98	24	236.94	21	1.591	21	0.452	21	0.733	6	14.43	7.626	93
13	508.45	4	309.49	8	2.376	4	1.005	4	1.383	21	12.71	8.289	41
14	482.62	6	263.96	16	2.150	8	0.813	8	1.601	24	16.48	7.420	62
15	482.01	7	372.95	2	2.532	3	1.148	3	0.800	8	6.24	4.403	23
16	214.21	25	190.15	25	1.211	25	0.260	25	0.397	5	15.95	10.205	105
17	354.00	16	319.10	6	2.019	12	0.721	12.5	0.348	4	7.74	4.030	50.5
18	544.26	2	354.27	3	2.624	2	1.231	2	1.234	17	9.67	8.481	26
19	492.24	5	318.70	7	2.367	5	1.002	5	1.246	18	11.48	6.780	40
20	384.01	13	285.14	12	1.975	14	0.699	14	0.910	12	12.55	1.172	65
21	313.97	21	303.47	9	1.863	16	0.608	16	0.118	1	8.19	7.373	63
22	331.92	18	197.36	24	1.534	22	0.418	22	1.433	23	21.55	2.945	109
23	403.74	11	240.30	19	1.867	15	0.620	15	1.430	22	18.55	3.482	82
24	304.24	23	292.04	11	1.798	19	0.567	19	0.142	2	10.14	8.157	74
25	391.08	12	293.72	10	2.023	11	0.733	11	0.880	9	10.52	1.145	53

جدول ۷- تجزیه به عامل‌های صفات مورد مطالعه در شرایط تنش

Table 7- Factor analysis of studied traits under stress conditions

صفات	1	2	3	4
GY (عملکرد دانه)	0.936	0.162	-0.024	0.262
TSW (وزن هزار دانه)	0.668	-0.409	0.229	0.132
BY (بیوماس)	0.610	0.490	-0.459	0.030
RWC (محتوی آب نسبی)	-0.404	0.093	0.596	0.474
RWL (آب نسبی از دست رفته)	-0.358	-0.404	-0.228	0.561
Chl a (کلروفیل a)	-0.410	0.811	-0.036	0.303
Chl b (کلروفیل b)	-0.361	0.860	-0.021	0.224
CAT (کاتالاز)	0.341	-0.621	-0.028	0.083
PC (پرولین)	0.017	0.265	-0.804	-0.106
MRP (میانگین نسبی عملکرد)	0.886	0.354	0.214	0.069
STI (شاخص تحمل به خشکی)	0.868	0.361	0.215	0.111
SSI (شاخص حساسیت به خشکی)	-0.124	0.488	0.542	-0.499
Eigen value (مقدار ویژه)	32.95	24.61	14.22	8.77
Total variance (%) (واریانس کل)	3.95	2.95	1.71	1.05
Cumulative variance(%) (واریانس تجمعی)	32.95	57.56	71.78	80.55



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای با روش Ward در شرایط تنش

Figure 1- The dendrogram of cluster analysis by Ward method under stress conditions

References منابع مورد استفاده

- Abdi, H., M.H. Fotokian, and S. Shabanpour. 2016. Studying the inheritance mode of grain yield and yield components in bread wheat genotypes using generations mean analysis. *Cereal Research*. 6(3): 283-292. (In Persian)
- Abhari, A., S. Galeshi, N. Latifi, and M. Kalate Arabi. 2006. Effect of drought stress on yield, yield components and proline amino acid of wheat bread genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Technology*. 20(6): 57-67.
- Aghaee Sarabzah, M., R. Rajabi, R. Haghparast, and R. Mohammadi. 2008. Study and selection of bread wheat genotypes using physiological traits and drought tolerance indices. *Seedlings and Seeds*. 24 (3): 599-579. (In Persian)
- Ahmadzadeh, M., A. Noori, H. Shahbazi, and M. Habibpour. 2011. Effects of drought stress on some agronomic and morphological traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) landraces under greenhouse conditions. *African Journal of Biotechnology*. 10(64): 14097-14107.
- Arshad, Y., M. Zahravi, and A. Soltani. 2018. Study of changes in agronomic traits under drought stress conditions in bread wheat populations. *Journal of Agricultural Research*. 10(3): 219-236. (In Persian)
- Bakhshande, A., A. Ferdows, and A. Naderi. 2003. Evaluation of grain yield, its components and some agronomic traits of spring wheat genotypes under semi-irrigated conditions in Ahvaz. *Journal of Pazhoohesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture*. (61):57-65. (In Persian)
- Barrs, H. D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In: T.T. Kozolvski (Ed.), Water Deficits and Plant Growth. *Academic Press*. 1: 235–368.
- Bates, L.S., R.P. Waldern, and I.D. Teave. 1973. Rapid determination of free proline for water stress standies. *Plant and Soil*. 39: 205-107. (In Persian).
- Edit, Á., H.C. Cecile, E. László, and S.Z. László. 2010 Methods for determination of proline in plants. In methods in molecular biology (Clifton, N.J.) 639:317-31. DOI: 10.1007/978-1-60761-702-0-20.
- Egert, M., and M. Tevini. 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (Alliu choenoprasum). *Environ. Exp. Bot*. 48: 43-49.
- Farshadfar, E. 2018. Genetic improvement of environmental stresses. Vosuq Publishing. First Edition. 844.
- Farshadfar, E., and P. Elyasi. 2012. Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. *European Journal of Experimental Biology*. 3 (3): 304-311.
- Farshadfar, E., and R. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought tolerance of bread wheat genotypes using agronomic and physiological indices. *Journal of Agricultural Science*. 29(1): 87-97.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stresstolerance. Proceeding of a Symposium. Taiwan. pp. 257-270.

- Geravandi, M., E. Farshadfar, and D. Kahrizi. 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology*. 58(1): 69-75.
- Heidari Sharifabad, H. 2008. Strategies for reducing drought damage in agriculture. Congress of Agriculture and Plant Breeding in Iran. 47-60.
- Kamrani, M., A. Mehraban, and M. Shiri. 2018. Identification of tolerant wheat genotypes using drought tolerance indices. *Journal of Crop Breeding*. 10(28): 13-26. (In Persian)
- Khalighi, M., and A. Arzani. 2006. Study of genetic diversity of wild wheat species using AFLP marker. Proceedings of the First Agricultural Biotechnology Conference, Razi University, Kermanshah. 102-106.
- Lichtenthaler, H., and A.R. Wellburn. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and chlorophyll b leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions.* 603: 591-592.
- Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P.C. Struik, and Y. Sohrabi. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal Crop Science*. 4(8): 580–585.
- Mickky, B., H. Aldesuquy, and M. Elnajar. 2019. Drought-induced change in yield capacity of ten wheat cultivars in relation to their vegetative characteristics at heading stage. *Physiol. Mol. Biol. Plants. https://doi.org/10.1007/s12298-019-00705-0*
- Mohamadi, R., R. Haghparast, M. Aghaei Sarbarze, and A. Abdollahi. 2006. Evalluation of advanced durum wheat to drought stress based on physiological traits. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 1(37): 3. 563-567. (In Persian)
- Mollasadeghi, V., A.A. Imani, F. Shahryari, and M. Khyatnezhad. 2011. Classifying bread wheat genotypes by multivariable statistical analysis to achieve high yield under after anthesis drought. *Middle-East Journal of Scientific Research.* 7(2): 217-220.
- Naghavi, M.R., M. Moghaddam, M. Torchi, and M.R. Shakiba. 2016. Evaluation of spring wheat cultivars based on drought stress indices. *Journal of Crop Breeding*. 8 (17): 192-207. (In Persian)
- Noorifarjam, Sh., E. Farshadfar, and M. Saeidi. 2013. Evaluation of drought tolerant genotypes in bread wheat using yield based screening techniques. *European Journal of Experimental Biology*. 3 (1): 138-143.
- Renu, K.C., and S. Devarshi. 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than susceptible wheat cultivar under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 60: 276–283.
- Sardouie-Nasab, S., Gh. Mohammadi-Nejad, and B. Nakhoda. 2014. Field screening of salinity tolerance in Iranian bread wheat lines. *Crop Science*. 54:1489–1496.
- Schneider, K.A., R. Rosales-Serna, F. Ibarra-Perez, B. Cazares-Enriques, J.A. Acosta-Gallegos, P. Ramirez-Allejo, N. Wassimi and J.D. Kelly. 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*. 37: 43-50.

- Shahriari, R. 2016. Evaluation of genetic diversity of some morphological and physiological traits of wheat genotypes under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10 (2): 413-430. (In Persian)
- Shaibani Rad, A., and E. Farshadfar. 2017. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes using drought tolerance indices. *Journal of Crop Ecophysiology*. 31: 1-14. (In Persian).
- Sinha, A.K. 1972. Colorimetric assay of catalase. *Analytical Biochemistry*. 47(2): 389-394.
- Talebi, R., F. Fayaz, and A.M. Naji. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *General and Applied Plant Physiology*. 35(1/2), 64-74.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2020.676143

Screening and Identification of Drought Tolerant Bread Wheat Landraces (*Triticum aestivum* L.)

Fatemeh Naderi[1], Fatemeh Bavandpori[1*], Ezatolah Farshadfar[1], and Mohsen Farshadfar[2]

Received: October 2019 , Revised: 16 February 2020, Accepted: 3 March 2020

Abstract

Drought is the abiotic stress to decrease yield potential. To screen and identify drought tolerant genotypes of bread wheat landraces, was studied in a randomized complete block design with three replications with two levels of stress (stress and non-stress environments) and 25 bread wheat genotypes, at the Razi University of Kermanshah in 2017-2018. Results of analysis of variance and mean comparison of morphological, physiological and biochemical traits showed that effect of genotype was significant for most of the traits under stress. Correlation coefficients showed a positive and significant result between yield with thousand seed weight and biological yield in both stress and non-stress conditions. Analysis of variance and mean comparisons showed that genotype No. 10 was superior under both stress and non-stress conditions. The results of correlation between drought stress indices showed that STI, MRP and biological yield were positively and significantly correlated with grain yield under both stress and non-stress conditions. Ranking of genotypes, based on sum of ranks, mean ranks and standard deviation of ranks, showed that genotypes 10, 15 and 18 were best rank and recognized as superior drought resistant genotypes, while genotypes 4, 16, and 22 were identified susceptible. Factor analysis in stress environment explained 80.55% of the variance by four main factors. Ward's cluster analysis under stress condition divided the genotypes into four groups. Grouping of genotypes were somewhat different due to different responses of bread wheat genotypes to water deficit stress and their differences in susceptibilies or relative resistancese.

Key words: Bread wheat, diversity, biochemical and physiological trait, ranking (RS).

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
**Corresponding Author: bavandpouri.fatemeh@razi.ac.ir*