



ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان پاییزه

رعنا نادری زرنقی^{۱*} و رضا فتوت^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۳

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۸

چکیده

تنش خشکی عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. در این مطالعه، گروه‌بندی تحمل به خشکی ۱۹ ژنوتیپ گندم متعلق به سه گروه حساس، بینابین و متحمل تحت سه شرایط آبیاری (عادی، تنش متوسط و تنش شدید) با استفاده از برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به خشکی، از طریق تجزیه‌ی خوشه‌ای به روش UPGMA مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار پیاده شد و صفات ارتفاع بوته، وزن تر بوته، طول سنبله اصلی، طول ریشک، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و محتوی نسبی آب برگ ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه، به جز طول ریشک، داشت. تنش خشکی موجب کاهش در اکثر صفات مورد اندازه‌گیری گردید و بیشترین کاهش در عملکرد دانه دیده شد. تجزیه‌ی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در هر دو شرایط تنش، در سه گروه قرار داد. به طوری که ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱۳، ۱۲، ۱۶ و ۱۷ در شرایط تنش شدید خشکی در اکثر صفات مورد مطالعه میانگین کمتری را به خود اختصاص دادند. نتایج گروه‌بندی در شرایط تنش شدید خشکی نشان داد که خوشه‌بندی گروه دوم و سوم با نتایج برخی از تحقیقات پیشین مطابقت کامل داشته ولی در خوشه اول سه مورد عدم مطابقت با معرفی اولیه دیده شد. لذا، در شرایط تنش شدید خشکی گروه‌بندی اولیه، به خصوص در مورد اکثر ژنوتیپ‌های حساس و متحمل، صادق است.

واژگان کلیدی: تابع تشخیص، تجزیه‌ی خوشه‌ای، تنش خشکی، صفات زراعی.

۱- دکتری ژنتیک بیومتری، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
(* نگارنده‌ی مسئول)

Naderi.rana@gmail.com

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

مقدمه

هر فرد با وزن مساوی در تجزیه شرکت می‌کند (Romesburg, 1990). اما مشکل عمده و اساسی استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای در گروه‌بندی افراد یا ژنوتیپ‌ها این است که روش‌های بسیار متفاوتی برای انجام این نوع تجزیه توسط محققین مختلف پیشنهاد شده است که در بسیاری از موارد نتایج متفاوتی نیز ارائه می‌دهند. به این ترتیب تشخیص صحت و سقم نتایج حاصل از روش‌های مختلف و گروه‌بندی‌های حاصل به وسیله محقق، مشکل خواهد بود. یکی از روش‌هایی که از آن برای تشخیص صحت گروه‌بندی به‌دست آمده از تجزیه خوشه‌ای می‌توان استفاده نمود، تجزیه تابع تشخیص است (Jiang *et al.*, 2001). مندز و همکاران (Mendez *et al.*, 2002) با استفاده از تجزیه تابع تشخیص بر روی ۹ گروهی که از تجزیه خوشه‌ای با روش متوسط فاصله بین و درون خوشه‌ها با معیار فاصله‌ای پیرسون به‌دست آمده بود، نشان دادند که از ۹ گروه اولیه، فقط دو گروه ۱۰۰ درصد صحیح گروه‌بندی شده و ۵ گروه تنها در حدود ۶۰ درصد صحیح گروه‌بندی شده بودند. کنبر و همکاران (Kanbar *et al.*, 2010) نیز از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص برای انتخاب گیاهان با ریشه کوتاه و طویل در یک نسل تفرق اولیه برنج جهت شناسایی لاین‌های حساس و متحمل به خشکی برنج استفاده نمودند.

حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2007) در بررسی ۱۵۷ لاین دابل هاپلوئید گندم با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، آنها را به سه گروه مجزا به ۵۴، ۵۵ و ۵۰ لاین طبقه بندی کردند که میانگین مربعات بین گروه‌ها برای همه صفات مهم زراعی به جز عملکرد دانه در واحد سطح بسیار

خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق دنیا می‌باشد. حدود ۳۵٪ از کشورهای در حال توسعه دارای شرایط نیمه خشک است که در آن کمبود آب مانع اصلی در تولید گندم به‌شمار می‌رود و تنوع اقلیمی در این نواحی موجب نوسانات سالانه‌ی بسیاری در عملکرد گندم می‌شود (Zhang *et al.*, 2013). کشور ایران نیز به دلیل قرار گرفتن در نواحی خشک و نیمه خشک جهان از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است و بر اساس یک آمار کلی میزان بارندگی آن حدود یک سوم میانگین بارندگی دنیا می‌باشد (Faramarzi *et al.*, 2010). از آنجایی که گندم مهم‌ترین محصول زراعی کشور بوده و سالانه نزدیک به نیمی از سطح زیر کشت محصولات زراعی به کشت و کار این گیاه استراتژیک اختصاص می‌یابد، لذا بررسی تحمل ارقام زراعی به تنش خشکی از دیدگاه به‌نژادی همواره مورد توجه بوده است. اولین قدم برای ارزیابی میزان تفاوت ژنتیکی و دامنه تنوع بین گندم‌های نان ایران و نیز برنامه‌ریزی هدفمند برای کارهای اصلاحی، اطلاع از تنوع ژنتیکی و روابط خویشاوندی بین ارقام و لاین‌های مناطق مختلف است (Hasheminasab *et al.*, 2012). تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که برای تعیین تنوع بین جوامع مختلف گیاهی و جانوری و دسته‌بندی آنها به گروه‌های مختلف بر اساس فاصله با تشابه ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در مقایسه با سایر روش‌ها دارای مزایایی است که از جمله می‌توان از ترکیب صفات کیفی و کمی استفاده کرد و در مقایسه با روش‌هایی که بر اساس تنوع گروه‌هایی از افراد استوار است،

خروج آب اضافی در هر نمونه، میزان FC محاسبه گردید. سطوح تنش خشکی به صورت حدود FC ۹۰٪ (نرمال)، FC ۶۰٪ (تنش متوسط خشکی) و FC ۳۰٪ (تنش شدید خشکی) در نظر گرفته شدند. بذور گندم پس از ضدعفونی ابتدا در یخچال ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ روز بهاره سازی شده و سپس یک عدد بذر داخل هر نایلون نشاء شد. گلدان‌ها از لوله‌های استوانه‌ای از جنس P.V.C. به ارتفاع ۷۵ سانتی‌متر و قطر ۲۵ سانتی‌متر جهت کشت بذور گندم تهیه و در درون هر لوله ۵ عدد نایلون به طول ۷۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۱ سانتی‌متر قرار گرفت. نایلون‌ها با ترکیب خاک به نسبت ۶: ۳: ۱: خاک زراعی، ماسه و کود حیوانی پر شدند. کود شیمیایی N: P: K به میزان مورد نیاز قبل از کاشت به گلدان‌ها اضافه شده و در طول آزمایش به منظور به حداقل رساندن اثرات احتمالی کمبود مواد معدنی هر هفته کلیه گلدان‌ها با محلول دو در هزار کود میکرو محلول پاشی شدند. دما و نور گلخانه توسط تابلو فرمان کنترل شده دمای روز ۲۷ درجه سلسیوس و دمای شب ۱۶ درجه سلسیوس تعیین شد. مدت طول روز توسط لامپ‌های متال-هالید ۴۰۰ وات به مدت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. آبیاری تمام گلدان‌ها تا شروع گلدهی به‌طور کامل انجام گرفت و اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی تا زمان برداشت صورت گرفت. گلدان‌ها هر دو روز یک‌بار توزین و به میزان آب کاهش یافته در هر سطح تنش آبیاری شدند. صفات زراعی شامل ارتفاع بوته، وزن تر بوته، طول سنبله اصلی، طول ریشک، وزن خشک بوته و عملکرد دانه بر اساس روش‌های متداول و محتوی نسبی آب برگ (RWC) به روش مورانت مانسیو و همکاران (Morant-

Farahani and) ارزانی و فراهانی (Arzani, 2006) نیز با مطالعه تنوع ژنتیکی هیبریدهای F₁ گندم دوروم ژنوتیپ‌ها بر مبنای خصوصیات زراعی و مورفولوژیک، در ۸ گروه مختلف گروه‌بندی کردند و برای تأیید گروه‌بندی به دست آمده، از تجزیه تابع تشخیص استفاده نمودند و نشان دادند که دقت تجزیه خوشه‌ای در انتساب افراد به گروه‌های واقعی ۹۳/۵ درصد بوده است.

هدف از این بررسی تحمل به تنش خشکی ۱۹ ژنوتیپ گندم و گروه‌بندی آنها بر اساس صفات مورفولوژیک به‌منظور استفاده در برنامه‌های به‌نژادی آینده برای بالا بردن افزایش عملکرد در واحد سطح گندم بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. در این بررسی بذر ژنوتیپ‌های پاییزه گندم (از گروه‌های متحمل، بینابین و حساس به خشکی) از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (مراغه) (Roostaei *et al.*, 2014) و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (Mollasadeghi *et al.*, 2011) تهیه گردیدند (جدول ۱). آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل ژنوتیپ‌ها (۱۹ ژنوتیپ) و سطوح آبیاری (سه سطح) با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. اعمال تنش خشکی به‌صورت وزنی بود. به‌منظور تعیین ظرفیت زراعی خاک (Field Capacity = FC)، از مخلوط خاک تهیه شده سه نمونه برداشت و بعد از خشک کردن آنها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس، توزین و با اضافه کردن آب به حالت اشباع درآمد و بعد از ۴۸ ساعت، با توجه به

تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲) که بیانگر عکس‌العمل مشابه ژنوتیپ‌های درون گروه در سطوح متفاوت خشکی است.

تحت شرایط تنش خشکی شدید طول سنبله اصلی ۶٪ نسبت به حالت عادی کاهش یافت (جدول ۳). دلیل این امر می‌تواند ناشی از این باشد که گلچه‌های جوان‌تر در مرحله گلدهی نسبت به گلچه‌های بالغ‌تر در مرحله شیری شدن در مقابل تنش‌های محیطی از مقاومت کمتری برخوردار بوده و لذا آسیب بیشتری در شرایط کمبود آب متحمل می‌شوند. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی توسط شهبازپناهی و همکاران (Shahbazpanahi *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است. از طرف دیگر در شرایط تنش خشکی که تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد، رقابت بین اندام‌های هوایی گیاه برای جذب مواد فتوسنتزی به نفع سنبله تمام می‌شود. سنبله‌های بزرگ‌تر به واسطه فتوسنتز بیشتر در ساختارهای غیردانه‌ای سنبله ممکن است در افزایش عملکرد نقش داشته باشند (Wang *et al.*, 2001). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تنش خشکی × گروه‌های گندم برای طول سنبله اصلی می‌توان بیان کرد که گروه‌های حساس، بینابین و متحمل پاسخ متفاوتی به سطوح تنش نشان دادند. به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های حساس گندم در برابر شرایط تنش متوسط و شدید خشکی پاسخ متفاوت و معنی‌داری داشته‌اند. در حالی‌که گروه ژنوتیپ‌های گندم متحمل و بینابین در برابر شرایط تنش مختلف، رفتار نسبتاً مشابه و غیرمعنی‌داری نشان دادند (شکل ۱). در این تحقیق، عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح تنش خشکی قرار گرفت و میزان کاهش عملکرد در شرایط

(Manceau, 2004) اندازه‌گیری شد. در این تحقیق از روش‌های آماری چند متغیره شامل تجزیه‌ی خوشه‌ای (به‌روش UPGMA و براساس فاصله اقلیدوسی) و تابع تشخیص (تابع خطی فیشر) استفاده گردید. برای تعیین نقطه برش دندروگرام‌های حاصل بر اساس صفات مورد مطالعه از تجزیه‌ی تابع تشخیص استفاده گردید و حالتی که در آن اختلاف بین سطوح گروه‌بندی در حداکثر بود، به عنوان محل برش در نظر گرفته شد. آزمون نرمال بودن داده‌ها با روش کولموگروف-اسمیرنوف و یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. کلیه تجزیه‌های آماری شامل تجزیه واریانس داده‌ها، تجزیه‌ی خوشه‌ای و تجزیه‌ی تابع تشخیص با نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف بین ژنوتیپ‌ها، گروه‌های متحمل، بینابین و حساس گندم و ژنوتیپ‌های درون گروه‌ها برای کلیه صفات معنی‌دار بود. تنش خشکی اثر معنی‌داری بر کلیه صفات به جز طول ریشک نشان داد. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، احمدی لاهیجانی و امام (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013)، شهبازپناهی و همکاران (Shahbazpanahi *et al.*, 2012) و محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2010) تأثیر معنی‌دار تنش خشکی را بر عملکرد دانه و اجزای آن در گندم گزارش نمودند. اثرات متقابل تنش × ژنوتیپ و تنش × گروه برای صفات طول سنبله اصلی، عملکرد دانه در بوته و محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار بود که نشان‌دهنده پاسخ متفاوت گروه‌ها و ژنوتیپ‌های گندم در برابر تنش است. صفات مورد مطالعه برای اثر متقابل تنش × ژنوتیپ‌های درون گروه

میزان کاهش RWC در شرایط تنش شدید نسبت به حالت عادی ۱۹٪ بود (جدول ۳). اثر متقابل تنش × گروه برای صفت RWC از نوع تغییر در مقدار به دست آمد (شکل ۳). در گروه‌های متحمل و حساس تفاوت بین تنش شدید و حالت عادی معنی‌دار بوده در حالی که در گروه گندم بینابین این اختلاف معنی‌دار نشد. لازم به ذکر است که بیشترین میزان RWC متعلق به گروه گندم‌های متحمل و در حالت عادی بوده است. تورکان و همکاران (Turkan *et al.*, 2005) و مونز و همکاران (Munns *et al.*, 2006) کاهش میزان آب اندام هوایی ناشی از تنش خشکی در گندم را گزارش نمودند. این کاهش ناشی از کاهش جذب آب برای تنظیم اسمزی در پی تنش می‌باشد.

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، بینابین و

حساس به خشکی و تأیید گروه‌بندی اولیه

الف- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم در

شرایط تنش متوسط خشکی

شکل ۴ دندروگرام مربوط به تجزیه‌ی خوشه‌ای برای تمامی صفات مورد مطالعه در شرایط تنش متوسط خشکی را نشان می‌دهد. برش دندروگرام در فاصله ۱۳-۸ منجر به تشکیل سه خوشه گردید. درستی گروه‌بندی انجام شده از طریق تابع تشخیص تأیید شد (جدول ۴). در خوشه اول ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۷ و ۱۲، در خوشه دوم ژنوتیپ‌های ۵، ۱۰، ۱۴، ۱۵، ۶ و ۱۶ و بقیه ژنوتیپ‌ها در خوشه سوم (اکثراً متحمل) قرار گرفتند. میانگین هر خوشه و درصد انحراف از میانگین برای هر یک از صفات در جدول ۵ درج شده است. از بررسی کل گروه‌ها چنین استنباط می‌شود که به خاطر ژنوتیپ‌های متحمل خوشه سوم، در اکثر صفات مورد مطالعه دارای ارزش بیشتری از میانگین کل بوده است. در خوشه اول

تنش شدید نسبت به حالت عادی، ۴۶٪ به دست آمد (جدول ۳). عملکرد دانه به عنوان یک ویژگی پیچیده ژنتیکی به طور گسترده‌ای تحت تأثیر محیط به ویژه تنش‌های محیطی از جمله خشکی قرار می‌گیرد. عدم آبیاری بوته‌ها در مراحل پایانی فصل رشد و محدودیت آب قابل دسترس برای گیاه در این زمان، این امکان را برای ارقام مقاوم به خشکی فراهم آورده تا با به کارگیری سازوکارهای مقابله با خشکی مانند زودرسی و فرار از خشکی عملکرد بیشتری داشته باشند. ارقام پرمحصول در شرایط تنش خشکی دارای ذخایر ساقه کمتری بوده و در نتیجه در شرایط تنش خشکی و در مرحله پر شدن دانه کاهش شدیدتری در عملکرد دانه در مقایسه با ارقام کم محصول نشان می‌دهند (Arduini *et al.*, 2006).

نتایج آزمایش حاضر در خصوص کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی با گزارش‌های موجود مطابقت دارد (Schillinger, 2005). دستفال و همکاران (Dastfal *et al.*, 2009) نیز با قطع آبیاری در مراحل نهایی رشد یعنی در مرحله کرده افشانی، شیری شدن و خمیری شدن دانه نشان دادند که به دلیل افزایش شدت تنش خشکی در مراحل حساس پر شدن دانه، عملکرد دانه کاهش قابل توجهی پیدا کرد. اثر متقابل تنش × گروه برای عملکرد دانه از نوع تغییر در مقدار بوده و نشان داد که در گروه‌های متحمل و بینابین تفاوت معنی‌داری بین حالت عادی و تنش شدید وجود دارد. در حالی که در گروه ژنوتیپ‌های حساس گندم بین سه شرایط محیطی مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (شکل ۲).

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفت محتوای آب نسبی برگ نیز داشت. به طوری که

های مطلوب‌تر از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه را فراهم نمود. ونبیونینگن و بوش (VanBeuningen and Busch, 1997) در بررسی تنوع ژنتیکی در بین ۲۷۰ رقم گندم بهاره آمریکای شمالی مربوط به سه منطقه آمریکا، کانادا و مکزیک از تجزیه‌ی خوشه‌ای استفاده نموده و توانستند ۲۰ گروه بزرگ که هر کدام شامل ۴ یا بیشتر رقم و ۶ گروه کوچک که هر کدام مشتمل بر ۲ رقم بودند، را به‌دست آورند. فراهانی و ارزانی (Farahani and Arzani, 2009) نیز به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی ۳۰ رقم گندم دوروم از سه روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی، تجزیه مختصات اصلی و تجزیه خوشه‌ای استفاده کردند و نشان داد که در بیشتر موارد گروه‌بندی ارائه شده توسط سه روش مزبور با یکدیگر هماهنگ بوده و گروه‌بندی یکسانی بین ارقام ایجاد کرده‌اند. با این وجود، با توجه به اینکه روش تجزیه‌ی خوشه‌ای از تمام تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها و صفات جهت گروه‌بندی ارقام استفاده نموده است، نسبت به دو روش دیگر ارجح می‌باشد. در جمع‌بندی نهایی بر این نکته تأکید می‌شود که تمایل به استفاده از والدین مشابه و عدم شناخت و استفاده از ارقام جدید در برنامه‌های اصلاحی منجر به کاهش تنوع ژنتیکی می‌شود. این در حالی است که ارقام دورتر با داشتن چند شکلی بیشتر، تفاوت بیشتری از نظر ژنتیکی نشان می‌دهند و از نظر دورگ‌گیری، ارقام با تفاوت بیشتر امکان ایجاد هتروزیس بیشتر و یا انتقال صفات نادر را به دنبال خواهد داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج ارزیابی ۱۹ ژنوتیپ گندم مورد مطالعه با استفاده از بررسی محتوی نسبی آب برگ، عملکرد دانه و برخی صفات زراعی نشان داد که

(حساس) برای صفات طول سنبله اصلی، وزن خشک بوته و عملکرد دانه و در خوشه دوم برای صفات وزن تر بوته و طول ریشک ارزشی بالاتر از میانگین کل به‌دست آمد (جدول ۵).

ب- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم در

شرایط تنش شدید خشکی

با برش خطی دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در تنش شدید خشکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۵). درستی گروه بندی انجام شده از طریق تابع تشخیص تأیید شد (جدول ۶). در شرایط تنش شدید خشکی خوشه سوم شامل ژنوتیپ‌هایی بود که از لحاظ اکثر صفات دارای مقادیر بالایی بودند. ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و خصوصیات مطلوب فیزیولوژیکی در این خوشه قرار گرفته و می‌توان همانند تحقیقات پیشین آن را به‌عنوان خوشه‌ی متحمل معرفی کرد. خوشه اول و دوم نیز به ترتیب ژنوتیپ‌هایی را در بر می‌گیرند که از نظر اکثر صفات در حد متوسط و پایینی قرار دارند (جدول ۷). به‌عبارتی، ژنوتیپ‌های کم محصول با ویژگی‌های ضعیف‌تر در خوشه دوم قرار گرفتند که شامل ژنوتیپ‌های معرفی شده به عنوان حساس است و می‌توان آن را به‌عنوان خوشه‌ی حساس معرفی کرد. بنابراین، می‌توان گفت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به کمک تجزیه‌ی خوشه‌ای به‌ویژه در مورد ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی با گروه‌بندی اولیه مطابقت دارد. ژنوتیپ‌های موجود در هر یک از گروه‌ها بر اساس میزان تشابه صفات مختلف دسته‌بندی شده‌اند. بنابراین، در برنامه‌های به‌نژادی با توجه به هدف اصلاحی مورد نظر می‌توان از تنوع بین گروه‌ها و ژنوتیپ‌های موجود در این گروه‌ها استفاده نمود و با انجام تلاقی بین آنها امکان دستیابی به ژنوتیپ-

بندی اولیه را به خصوص برای اکثریت ژنوتیپ‌های گروه حساس و گروه متحمل تأیید می‌کند.

سپاس‌گزاری

از همکاری صمیمانه جناب آقای دکتر مصطفی ولیزاده استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه تبریز تشکر و قدردانی می‌گردد.

گروه‌بندی در شرایط تنش شدید خشکی ($30\%FC$)، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در سه گروه مجزا قرار می‌دهد که خوشه‌بندی گروه دوم و سوم با تحقیقات پیشین مطابقت کامل دارد ولی در خوشه اول سه مورد ناهماهنگی با معرفی اولیه دیده می‌شود. بنابراین، نتایج تجزیه‌ی خوشه‌ای در شرایط تنش شدید خشکی تا حد زیادی گروه

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های گندم پاییزه متعلق به سه گروه حساس، بینابین و متحمل به خشکی مورد مطالعه
Table 1- Characteristics of winter wheat genotypes belonging to three group of drought sensitive, intermediate and drought tolerant studied

ژنوتیپ Genotype	شجره Families	واکنش به خشکی Response to drought stress	محل تهیه بذر Reference
1	Unknown- 1	Tolerant	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
2	1-27-6149/Sabalan// 84.40023	Tolerant	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
3	Ghafghaz//F9.10/Maya"s" IRW92-1-D-474- OMA-OMA-OMA-OMA- IMA-OMA	Tolerant	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
4	DARIC95-010-OMA-OMA-OMA-OMA-6MA- OMA	Tolerant	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
5	Azarbaijan/Gobostan	Tolerant	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)
6	Azarbaijan/Roozi-84	Tolerant	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)
7	Tous	Tolerant	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)
8	Azar-2	Tolerant	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)
9	Sardari	Tolerant	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)
10	DARIC95-010-OMA-OMA-OMA-OMA-8MA- OMA	Intermediate	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
11	Manning/Sdv1//Dogu88	Intermediate	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
12	RECITL/TIA.2//TRK13	Intermediate	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
13	Vrz3/Orf1.148/Td1/Blo4/Sabalan	Intermediate	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
14	HK16/7/KVZ/T171/3/MAYA//BB/INIA/4/KA OAp-OMAR- R/JCWH99034-OAP- OAP 6MAR	Sensitive	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
15	FKG13/4/NWT/3/TAST/SPRW// TCI98-0139- OAP-OAP-OMAR-5MAR	Sensitive	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
16	JANZ QT3685-OAUS	Sensitive	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
17	RINA-11	Sensitive	(Roostaei <i>et al.</i> , 2014)
18	Azarbaijan/Saratoeskaya-29	Sensitive	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)
19	Cimmyt/Saysonz	Sensitive	(Mollasadeghi <i>et al.</i> , 2011)

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم در سطوح مختلف تنش خشکی
Table 2- Analysis of variance of studied traits wheat genotypes under different levels of drought stress

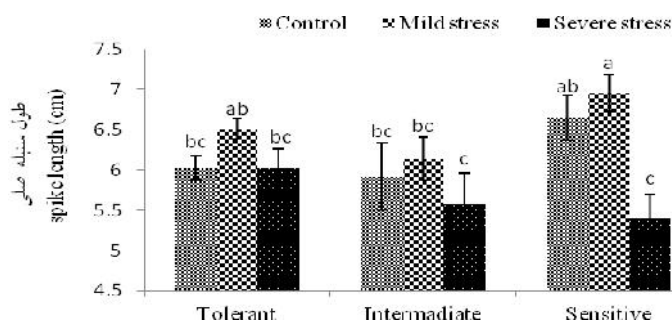
میانگین مربعات (Mean Square)								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	وزن تر بوته Shoot fresh weight	طول سنبله اصلی spike length	طول ریشک awn length	وزن خشک بوته Shoot dry weight	عملکرد دانه seed yield	محتوی نسبی آب برگ RWC
Genotype (G)	18	194.26**	138759.45**	4.86**	35.61**	0.927**	53.64**	466.08**
Group (g)	2	101.36*	84357.2**	2.30**	47.15*	2.39**	145.14**	1254.8**
G/g	16	205.87**	145559.7**	5.18**	34.18**	0.745**	42.51**	367.50**
Drought (D)	2	1269.7**	719304.4**	10.11**	6.85	5.23**	72.51**	2172.3**
G × D	36	41.44	3114.77	1.16**	11.13	0.101	6.95**	187.89*
g × D	4	25.49	17408.5	4.58**	13.07	0.118	15.54**	814.35**
G/g × D	32	43.44	1328.8	0.667	10.89	0.071	5.40	98.82
Error	114	22.91	10879.1	0.464	10.50	0.060	3.63	125.24
CV (%)		11.56	18.17	12.4	10.66	12.45	10.32	18.52

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. * and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در سطوح مختلف تنش خشکی
Table 3- Means comparison of studied traits in different levels of drought stress

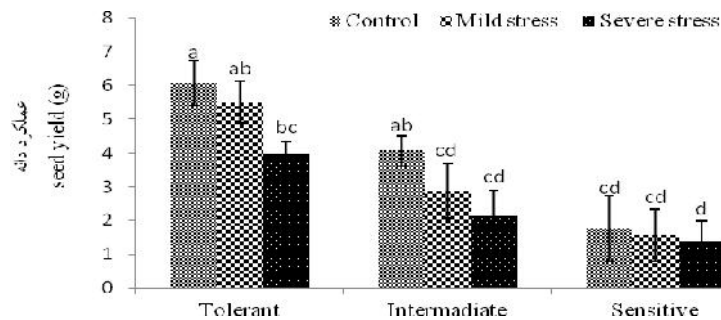
تنش خشکی	طول سنبله اصلی spike length (cm)	عملکرد دانه seed yield (g)	محتوی نسبی آب برگ RWC
حالت عادی (۹۰FC)	6.02 a	4.41 a	65.66 a
تنش متوسط (۶۰FC)	5.91 b	3.56 ab	58.88 b
تنش شدید (۳۰FC)	5.65 b	2.36 b	53.36 c
درصد کاهش در تنش شدید نسبت به شرایط عادی Percentage of reduction at severe stress vs control	6	46	19

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن است.
 Similar letters in each column indicate non-significant differences according to Duncan's test.



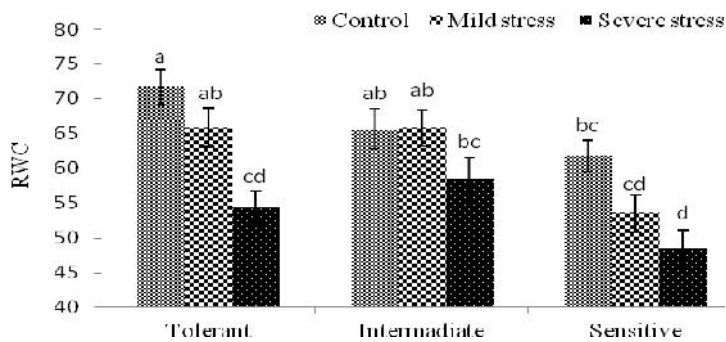
شکل ۱- میانگین ترکیبات تیماری تنش و گروه‌های گندم برای صفت طول سنبله اصلی
Figure 1- Treatment combination means of wheat groups and drought stress for spike length

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
 Mean that at least one common letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Test.



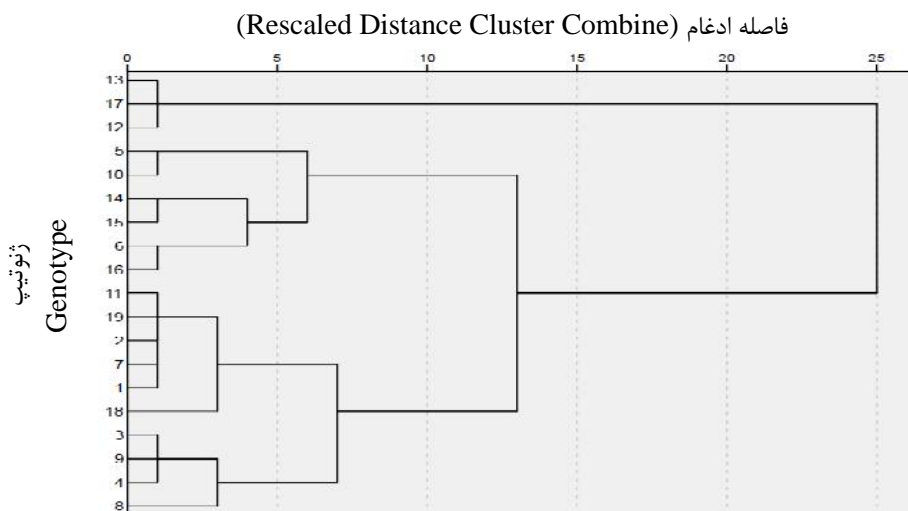
شکل ۲- میانگین ترکیبات تیماری تنش و گروه‌های گندم برای صفت عملکرد دانه

Figure 2- Treatment combination means of wheat groups and drought stress for seed yield



شکل ۳- میانگین ترکیبات تیماری تنش و گروه‌های گندم برای صفت RWC (میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند).

Figure 3- Treatment combination means of wheat groups and drought stress for RWC (Mean that at least one common letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Test).



شکل ۴- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم براساس صفات مورد مطالعه در شرایط تنش متوسط خشکی

Figure 4- Cluster analysis of wheat genotypes based on the studied traits in mild drought

جدول ۴- تجزیه تابع تشخیص کانونیک حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش متوسط خشکی

Table 4- Canonical discriminant function coefficients under mild drought stress conditions

تعداد گروه‌ها Number of groups	سطح احتمال probability	Wilk' Lambda	مقادیر ویژه Eigen values
2	0.001	0.04	7.70
3	0.0003	0.01	11.02
4	0.002	0.003	13.10

جدول ۵- میانگین خوشه‌ها و درصد انحراف آنها از میانگین کل برای صفات مورد مطالعه در گندم در شرایط تنش متوسط خشکی

Table 5- Means and deviation percentage from total mean for difference traits in mild drought stress conditions

خوشه Cluster	ژنوتیپ Genotype	گروه Group		ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر بوته Shoot fresh weight (g)	طول سنبله اصلی spike length (cm)	طول ریشک awn length (cm)	وزن خشک بوته Shoot dry weight (g)	عملکرد دانه seed yield (g)	محتوی نسبی آب برگ RWC
1	13	Sensitive	mean	47.16	54.22	7.38	4.1	8.92	7.16	51.15
	17	Sensitive	percentage from total mean	-469	-8.3	81	-59	4	35	-773
	12	Sensitive								
2	5	Tolerant	mean	50.83	54.36	5.97	4.90	8.25	5.26	56.45
	10	Intermediate		-102	6	-60	21	-63	-155	-243
	14	Sensitive	percentage from total mean							
	15	Sensitive								
	6	Tolerant								
3	16	Sensitive								
	11	Intermediate	mean	49.84	54.52	6.10	4.74	8.71	8.02	62.66
	19	Tolerant		-201	22	-47	5	-16.4	121	378
	2	Tolerant								
	7	Tolerant								
	1	Tolerant	percentage from total mean							
	18	Tolerant								
	3	Tolerant								
	9	Intermediate								
	4	Tolerant								
8	Intermediate									
			total mean	51.85	54.3	6.75	4.69	8.88	6.81	58.88

جدول ۶- تجزیه تابع تشخیص کانونیک حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شدید خشکی.

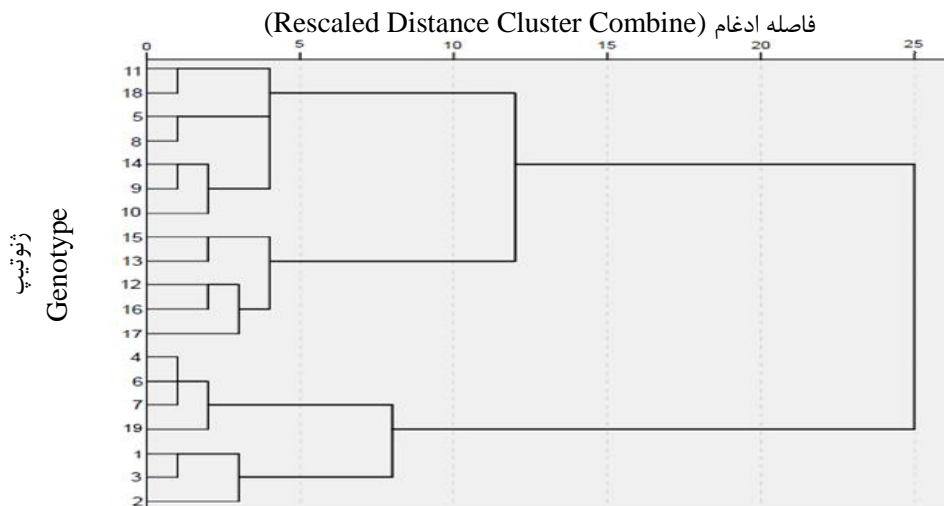
Table 6- Canonical discriminant function coefficients under severe drought stress conditions

تعداد گروه‌ها Number of groups	سطح احتمال probability	Wilk' Lambda	مقادیر ویژه Eigen values
2	0.001	0.10	3.88
3	0.0002	0.06	7.91
4	0.004	0.02	10.52

جدول ۷- میانگین خوشه‌ها و درصد انحراف آن‌ها از میانگین کل برای صفات مورد مطالعه در گندم در شرایط تنش شدید خشکی

Table 7- Means and deviation percentage from total mean for difference traits in severe drought stress conditions

خوشه Cluster	ژنوتیپ Genotype	گروه Group		ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر بوته Shoot fresh weight (g)	طول سنبله اصلی spike length (cm)	طول ریشک awn length (cm)	وزن خشک بوته Shoot dry weight (g)	عملکرد دانه seed yield (g)	محتوی نسبی آب برگ RWC
1	11	Intermediate	mean percentage from total mean	42.42	43.72	5.98	4.8	7.60	4.01	56.08
	18	Tolerant		-12	22	25	35	34	-25	275
	5	Tolerant								
	8	Intermediate								
	14	Sensitive								
	9	Intermediate								
2	10	Intermediate	mean percentage from total mean	40.93	42.09	5.35	3.08	6.44	4.19	46.94
	15	Sensitive		-161	-141	-36	-136	-82	-7	-639
	13	Sensitive								
	12	Sensitive								
	16	Sensitive								
3	17	Sensitive	mean percentage from total mean	41.8	44.88	5.73	5.07	7.68	5.65	55.13
	4	Tolerant		-74	138	1	63	42	139	180
	6	Tolerant								
	7	Tolerant								
	19	Tolerant								
	1	Tolerant								
			total mean	42.54	43.50	5.72	4.44	7.26	4.26	53.33



شکل ۵- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم براساس صفات مورد مطالعه در شرایط تنش شدید خشکی
Figure 5- Cluster analysis of wheat genotypes based on the studied traits in severe drought stress conditions

References

منابع مورد استفاده

- Ahmadi Lahijani, M., and Y. Emam. 2013. Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*. 3(9): 163-176. (In Persian).
- Arduini, I., A. Masoni, L. Ercoli, and M. Mariotti. 2006. Grain yield, dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *European Journal of Agronomy*. 25: 309-318.
- Dastfal, M., V. Brati, F. Nvabi, and H. Haghghatnia. 2009. Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. *Seed and Plant Production Journal*. 25(3): 329-344. (In Persian).
- Farahani, A., and A. Arzani. 2006. Genetic variation of F₁ hybrid varieties and genotypes of durum wheat using agronomic and morphological traits. *Science Technology Agriculture Natural Resources*. 10(4): 341-354.
- Farahani, E., and A. Arzani. 2009. Evaluation of genetic variation of durum wheat genotypes using multivariate analyses. *Electronic Journal of Crop Production*. 1: 51-64.
- Faramarzi, M., H. Yang, R. Schulin, and K.C. Abbaspoura. 2010. Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Agriculture, Water and Management*. 97: 1861-1875.
- Hasheminasab, H., M.T., Assad, A. Ali Akbari, and S.R. Sahhafi. 2012. Evaluation of some physiological traits associated with improved drought tolerance in Iranian wheat. *Annals of Biological Research*. 3: 1719-1725.
- Heidari, B., G.H.A. Saidi, and B.A.S. Tabatabaie. 2007. Factor analysis for quantitative traits and path-coefficient analysis for grain yield in wheat. *Science Technology Agriculture*. 42: 135-143.
- Kanbar, A., M. Toorchi, T. Motohashi, K. Kondo, and H.E. Shashidhar .2010. Evaluation of discriminant analysis in identification of deep and shallow rooted plants in early segregating generation of rice (*Oryza sativa* L.) using single tiller approach. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4: 3909-3916.
- Jiang, J.H., R. Tsenkova, and Y. Ozaki. 2001. Principle discriminant variate method for classification of multicollinear data: Principle and Applications. *Analytical Sciences*. 17: 471-474.
- Mendez, M.A., C. Hodar, C. Vulpe, M. Gonzalez, and V. Cambiazo. 2002. Discriminant analysis to evaluate clustering of gene expression data. *Federation of European Biochemical Societies*. 522: 24-28.
- Mohammadi, H., A. Ahmadi, F. Moradi, A. Abbasi, K. Poustini, M. Joudi, and F. Fatehi. 2010. Evaluation of critical traits for improving wheat yield under drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Science*. 42: 373-385. (In Persian).

- Mollasadeghi, V., M. Valizadeh, R. Shahryari, and A.A. Imani. 2011. Evaluation of drought tolerance of bread wheat genotypes using stress tolerance indices at presence of potassium humate. *Journal of Agriculture and Environmental Science*. 10 (2): 151-156.
- Morant-Manceau, A., E. Pradier, and G. Tremblin. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 161: 25-33.
- Munns, R., R.A. James, and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*. 57: 1025-1043.
- Romesburg, H.C. 1990. Cluster analysis for researchers. Robert E. Krieger Publishing. Florida, USA.
- Roostaei, M., R. Mohammadi, and A. Amri. 2014. Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. *Crop Journal*. 2: 154-163.
- Schillinger, W.F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dry land spring wheat, barley, and oat. *Crop Science*. 45: 2636-2643.
- Shahbazpanahi, B. F., Paknejad, D. Habibi, M. Sadeghi Shoa, M. Nasri, and A. Pazoki. 2012. Evaluation of irrigation regimes on yield and yield component in different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(2): 185-197. (In Persian).
- Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir, and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*. 168: 223-231.
- VanBeuningen, L.T. and R.H. Busch. 1997. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: I., Analysis of the coefficient of parentage matrix. *Crop Science*. 37: 570-579.
- Wang, Z.M., A.L. Wei, and D.M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristics of non-leaf organs of winter wheat cultivars differing in ear type and their relationship with grain mass per year. *Photosynthesis*. 39: 244-239.
- Zhang, S.L., V. Sadras, X.P. Chen, and F.S. Zhang. 2013. Water use efficiency of dryland wheat in the Loess Plateau in response to soil and crop management. *Field Crops Research*. 151: 9-18.

Evaluation of Drought Tolerance of some Winter Wheat Genotypes

Rana Naderi Zarnaghi ^{1*}, and Reza Fotovat ²

Received: January 2016, Revised: 7 June 2016, Accepted: 3 January 2017

Abstract

Drought stress is one of the main limiting factors crop production in arid and semiarid regions. In this study, drought tolerance of 19 wheat genotypes were evaluated by using UPGMA cluster analysis. To this end, the effect of drought stress on a number of related agronomic and physiological traits of wheat genotypes, belonging to three groups of sensitive, intermediate and drought tolerant, under three conditions of normal, moderate and severe drought stress were studied. A factorial experiment based on completely randomized design with three replications was performed. Traits like plant height, shoot fresh weight, spike length, awn length, shoot dry weight, seed yield and relative water content of genotypes were measured. Analysis of variance showed that the effects of drought on all traits except awn length were significant. Most of the traits were negatively affected by drought stress. Highest reduction was observed in grain yield. Cluster analysis grouped genotypes exposed to drought stresses in to three categories. Genotypes numbering 15, 13, 12, 16 and 17 experienced low means in all of traits under study. The results also showed that the second and third groups, resulting from cluster analysis, were in agreement with the results of previous researches reported. The first cluster, however, was found to be inconsistent with their initial introduction grouping under severe drought stress conditions. Therefore, the initial grouping was consistent especially in most of sensitive and tolerant genotypes under severe drought stress conditions.

Key words: Agronomic traits, Cluster analysis grouping, Discriminate functions, Drought Stress.

1- Young Researchers and Elite club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Assistant Prof., Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

* *Corresponding Author:* Naderi.rana@gmail.com