دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره براساس صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی

زهرا مهدوی[۱]، ورهرام رشیدی[۲]، مهرداد یارنیا[۳]، سعید اهری‌زاد[۴] و مظفر روستایی[۵]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، (نویسنده مسوول: rash270@yahoo.com)
۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
۴- استاد، گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۵- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۱
صفحه: ۹ تا ۲۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که تولید گندم را با محدودیت رو به رو ساخته و بازده تولید این گیاه را در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش ۱۵ ژنوتیپ گندم بهاره به تنش خشکی و معرفی ژنوتیپ‌های برتر برای کشت در مناطق با کمبود آب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور گروه‌بندی و مطالعه تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره در شرایط تنش کم‌آبی، در طی دو سال زراعی از ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷، ۱۵ ژنوتیپ گندم بهاره در دو شرایط نرمال و واجد تنش کم‌آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز بررسی شدند. تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی با قطع آبیاری اعمال شد. صفات مورد ارزیابی شامل صفات مورفولوژی، فیزیولوژی و اجزای عملکرد بود.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر متقابل سه جانبه (ژنوتیپ، شرایط آبیاری و سال) برای اکثر صفات مورد بررسی، بجز شاخص کلروفیل، کارتنوئید و کلروفیل b معنی‌دار بود که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط واجد تنش و نرمال در دو سال آزمایش می‌باشد. همچنین اثر متقابل دو جانبه ژنوتیپ و تنش آبی برای اکثر صفات به استثنای تعداد سنبله، طول سنبله و کارتنوئید معنی‌دار بود و بر این اساس مقایسه میانگین این سه صفت مذکور در متوسط شرایط انجام شد. از نظر صفت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های URBWYT4، URBWYT1 و ERWYT4 در شرایط واجد تنش و URBWYT3، گنبد، کریم و مروارید در شرایط نرمال بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش Ward و بر اساس تمامی صفات با داده‌های استاندارد شده منجر به تخصیص ژنوتیپ‌ها در دو خوشه مجزا در هر دو شرایط واجد تنش و نرمال شد که نتایج حاصل از تابع تشخیص نیز این گروه‌بندی‌ها را تایید کرد. ژنوتیپ‌های ERWYT1، URBWYT3، URBWYT5، URBWYT4، ERWYT5، URBWYT1، URBWYT2، ERWYT4 و ERWYT2 در شرایط نرمال و مروارید، ERWYT1، ERWYT2، URBWYT2، ERWYT3 و URBWYT4 در شرایط واجد تنش در گروه برتر از نظر تمام صفات مورد مطالعه قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: بر این اساس دو ژنوتیپ مروارید و ERWYT3 را به عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای هر دو شرایط می‌توان معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تابع تشخیص، تجزیه خوشه‌ای، تنش خشکی، عملکرد دانه، گندم بهاره

مقدمه

غلات مهم‌ترین منبع غذایی مردم در اکثر کشورهای جهان از جمله ایران می‌باشد. در سال زراعی ۹۷-۹۶ سطح محصولات زراعی ۱۱۴۳ میلیون هکتار بوده که سطح مربوط به غلات ۷۱/۷۵ درصد بوده است که بیشترین سطح، مربوط به گندم ۵۷/۰۴ درصد بوده است. تقریبا از ۸۳ میلیون تن از انواع محصولات زراعی تولید شده، سهم غلات ۲۷ درصد بوده و بیشترین تولید مربوط به گندم با ۱۷/۵۸ درصد گزارش شده است (۵). این غله جزء اصلی رژیم غذایی حدود ۳۶ درصد جمعیت جهان را شامل می‌باشد و در حدود ۵۵ درصد کربوهیدرات و ۲۰ درصد کالری مصرفی مردم در دنیا از گندم و فرآورده‌های آن تامین می‌شود (۳۱).

خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی، محدودکننده تولید محصولات گیاهی در سراسر جهان می‌باشد که اثرات نامطلوبی بر فرایندهای فیزیولوژیکی و در نتیجه رشد و نمو گیاهان دارد (۳،۲۱). رشد و عملکرد گیاه در نتیجه فتوسنتز، تنفس و بسیاری دیگر از فرآیندهای متابولیکی می‌باشد که نه تنها تابع شدت تنش کمبود آب و طول دوره (مدت دوام) آن است، بلکه به پتانسیل ژنتیکی، مرحله رشدی گیاه و مدت زمان قرارگیری گیاه در معرض تنش بستگی دارد. تنش کم‌آبی قادر است تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان ایجاد کند و از این طریق باعث تغییر در کیفیت محصول و در نهایت کاهش عملکرد گیاه شود (۲۲). تنش خشکی یک پدیده محیطی مهم و مؤثر بر رشد و عملکرد غلات است (۲۹) که اغلب در طول دوره پر شدن دانه اتفاق افتاده و باعث کاهش محصول در بیشتر مناطق کشت در دنیا می‌شود (۴). کاهش فتوسنتز در تنش کمبود آب به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و عدم دریافت دی‌اکسیدکربن مورد نیاز کلروپلاست‌ها صورت می‌گیرد (۱۵). کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (۱۲). وقوع خشکی در برخی از مراحل چرخه فنولوژیکی برای گیاه بسیار بحرانی است. برای مثال در مرحله رویشی، سطح برگ و در نتیجه میزان فتوسنتز و انباشت کربوهیدرات‌ها کاهش می‌یابند (۳۲) و در طول دوره پرشدن دانه سبب کاهش میزان جذب در منبع و در نتیجه موجب کاهش وزن دانه می‌شود (۲۰). به‌طور معمول عدم دستیابی گیاه به آب کافی باعث کاهش ارتفاع بوته، رشد میانگره‌ها، سطح برگ، عملکرد دانه، تعداد پنجه و

ریشه و اختلال در روابط آبی گیاه می‌شود. به‌طور کلی تنش کم‌آبی باعث کاهش رشد و تسریع مراحل فنولوژیکی در هر مرحله از رشد می‌گردد (۲۴). عدم تأمین نیاز آبی گیاه گندم نیز مانند سایر گیاهان زراعی موجب بروز تنش خشکی شده و عملکرد دانه گیاه بسته به شدت تنش کاهش می‌یابد که این عملکرد دانه برآیند ساده و متقابل اجزای عملکرد یعنی تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه است (۸). فرشادفر و امیری (۹) با بررسی ژنوتیپ‌های گندم گزارش کرده‌اند که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش کمتر از شرایط بدون تنش است و خشکی موجب کاهش شدید عملکرد می‌گردد. نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم توسط احمدیزاده و همکاران (۲) نشان داده است که با افزایش شدت تنش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن‌هزار دانه، تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. همچنین زهاریوا و همکاران (۳۳) در آزمایش انجام شده روی ارقام گندم گزارش کرده‌اند که تنش خشکی روی صفاتی مانند عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول پدانکل و وزن هزاردانه اثر منفی داشته و باعث کاهش آن‌ها شده است.

یکی از اهداف مهم در برنامه‌های به‌نژادی، معرفی ژنوتیپ‌های سازگار برای کشت در شرایط نامطلوب محیطی است که دستیابی به این هدف مستلزم ارزیابی عکس العمل ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های متفاوت می‌باشد تا با مقایسه عملکرد در مناطق مختلف، انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط دارای تنش صورت گیرد (۷). از طرفی دیگر اطلاع از تنوع ژنتیکی و روابط بین مواد برگزیده اصلاحی دارای اهمیت فراوانی در اصلاح‌نباتات می‌باشد (۱۳). همچنین تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم به اصلاح‌گران این امکان را می‌دهد تا در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها دچار مشکل نشوند (۲۳). گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس فاصله ژنتیکی، زمانی در یک برنامه اصلاحی مؤثر است که به‌طور همزمان چندین صفت مورد ارزیابی قرار گیرند. به همین دلیل برای تعیین الگوی تنوع ژنتیکی، گروه‌بندی ارقام و تعیین فاصله ژنتیکی بین آن‌ها، تجزیه خوشه‌ای انجام می‌گیرد (۱۰). در این روش ژنوتیپ‌های با شباهت بیشتر در یک گروه قرار می‌گیرند به‌طوری که بین گروه‌ها حداکثر اختلاف وجود داشته باشد (۱۶). کامرانی و همکاران (۱۸) با انجام تجزیه خوشه‌ای به روش Ward تعداد ۳۰ ژنوتیپ گندم را به پنج گروه تقسیم کردند و ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را از هم جدا کردند. بی‌همتا و همکاران (۶) در پژوهشی که بر روی ۱۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انجام دادند گزارش کردند که اختلاف ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمام صفات در هر دو شرایط آزمایش بسیار معنی‌دار بوده وتنوع ژنتیکی زیادی بین صفات وجود دارد.

اگر چه مطالعات بسیاری جهت بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی صورت گرفته است با این حال تکرار آزمایشات و بررسی ژنوتیپ‌های مختلف جهت اطمینان از نتایج حاصله و معرفی ژنوتیپ‌های برتر ضرورت دارد. بر اساس مطالب مزبور این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی گندم نان بهاره بر اساس برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک و زراعی از طریق تجزیه خوشه‌ای انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از ۱۵ژنوتیپ پیشرفته گندم بهاره اجرا شد. عملیات کاشت بذور، برای هر دو سال زراعی متوالی به ترتیب در نیمه دوم فروردین ماه سال‌های ۹۶ و ۹۷ اجرا گردید. هر واحد آزمایشی، متشکل از ۲ ردیف کاشت به طول ۴ متر، فواصل خطوط ۲۵ سانتی‌متر و عمق کاشت ۳ سانتی‌متر بوده است و فاصله بوته روی ردیف تقریبا ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بررسی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش در دو آزمایش جداگانه انجام گرفت. واحدهای آزمایشی بلافاصله پس از اتمام کاشت، آبیاری شدند. با توجه به اینکه تنش خشکی پس از گرده افشانی و در اواخر فصل همراه با کاهش چشمگیر عملکرد در گندم می‌باشد (۲۸)، در این بررسی تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی با قطع آبیاری اعمال شد. کود مصرفی شامل کود فسفره و کود نیتروژنه بود که کود فسفره قبل از کاشت و به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود نیتروژنه به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، به صورت سرک، در دو مرحله، هنگام کاشت و پنجه‌زنی به خاک اضافه شد. وجین علف‌های هرز نیز در طول مرحله رشد به صورت دستی انجام گرفت. در طول دوره رویش و پس از برداشت ژنوتیپ‌ها، از صفات مورد نظر یادداشت‌برداری و نمونه‌گیری به عمل آمد. صفاتی که روی تک بوته‌ها اندازه‌گیری شد، از ارزیابی روی ۱۰ تک بوته در حال رقابت که به طور تصادفی و با رعایت حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب شدند، محاسبه گردید. صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش شامل عملکرد دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه، طول سنبله، وزن هزار دانه، طول پدانکل، بیوماس، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، RWC (محتوای آب نسبی)، دمای کانوپی، EC (هدایت الکتریکی)، شاخص کلروفیل، کلروفیل a، کلروفیل b، میزان پرولین و کارتنوئید بودند. قبل از تجزیه واریانس ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنف و همگنی واریانس داده‌ها از طریق آزمون بارتلت بررسی و پس از تأیید، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای دو سال و دو شرایط آزمایش انجام شد. تجزیه‌های آماری از جمله تجزیه واریانس مرکب، تجزیه خوشه‌ای و تابع تشخیص انجام گرفت. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای Excel، SPSS 24 و MSTAT-C استفاده گردید.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم در آزمایش

Table 1. The name of wheat genotypes in experiment

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ گندم	شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ گندم
۱	کریم	۹	URBWYT2
۲	گنبد	۱۰	ERWYT3
۳	دریا	۱۱	URBWYT3
۴	زاگرس	۱۲	ERWYT4
۵	مروارید	۱۳	URBWYT4
۶	ERWYT1	۱۴	ERWYT5
۷	URBWYT1	۱۵	URBWYT5
۸	ERWYT2		

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در دو محیط نرمال و واجد تنش در جدول (۲) گزارش شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر متقابل سه جانبه (ژنوتیپ، شرایط آبیاری و سال) برای اکثر صفات به استثنای دمای کانوپی، شاخص کلروفیل، کارتنوئید و کلروفیل b معنی‌دار بود که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی در دو سال آزمایش می باشد. اثر متقابل دو جانبه ژنوتیپ و شرایط آبیاری برای اکثر صفات به استثنای تعداد سنبله، طول سنبله و کارتنوئید معنی‌دار می‌باشد که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد اندازه‌گیری در دو شرایط آبیاری است و بر این اساس مقایسه میانگین این صفات نیز در متوسط شرایط انجام شد. ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول پدانکل، بیوماس کل، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، RWC (محتوای آب نسبی) و کلروفیل a دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و شرایط آبیاری با هدف انتخاب ژنوتیپ برتر یکی از مهم‌ترین مراحل برنامه‌های به‌نژادی به‌شمار می‌آید (۱۷). بر اساس اثر متقابل ژنوتیپ در سال، اختلاف ژنوتیپ‌ها در تعداد سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ و برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه، طول پدانکل، بیوماس کل، RWC (محتوای آب نسبی) ،EC (هدایت الکتریکی)، کلروفیل a و میزان پرولین نیز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ را نشان داد و این نتایج بیانگر عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در رژیم‌های متفاوت رطوبتی می‌باشد. معنی‌دار بودن اکثر صفات نشانگر آن است که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش تنوع ژنتیکی فراوانی وجود دارد. بالاترین ضریب تغییرات مربوط به کلروفیل a (۹۵/۲۰ درصد) بود که نشان می‌دهد این صفت بیشتر تحت تأثیر محیط بوده و دقت ارزیابی کمتری داشته است و کمترین ضریب تغییرات نیز متعلق به ارتفاع بوته (۸/۰۷ درصد) بود که نشان‌دهنده دقت ارزیابی بالای این صفت و تاثیر کمتر عوامل محیطی روی آن است. در پژوهش‌های مختلفی همچون آزمایشات زکی‌زاده و همکاران (۳۴) و رحیمی (۲۸) نیز وجود تنوع بالا در واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی گزارش شده است. وجود این تنوع ژنتیکی مؤثر در تحمل به تنش خشکی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با عملکرد بالا در گندم می‌تواند بسیار مفید باشد (۲۵).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورد ارزیابی در جدول (۳) آورده شده است. با توجه به معنی‌دار شدن اثر سه جانبه ژنوتیپ × شرایط آبیاری× سال برای اکثر صفات مورد ارزیابی، ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی مقایسه شدند و مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات تعداد سنبله، طول سنبله و کارتنوئید به علت غیرمعنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط آبیاری برای آنها، در متوسط شرایط انجام شد. از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های URBWYT2، URBWYT4،URBWYT1 و ERWYT4 به‌ترتیب با ۳۳۵/۳، ۲۸۵/۴، ۲۶۹/۲ و ۲۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ژنوتیپ‌های گنبد، زاگرس، ERWYT5 و URBWYT5 با مقادیر ۱۸۲/۱، ۱۷۷/۰، ۱۷۲/۸ و ۱۴۸/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را در شرایط تنش کم‌آبی به خود اختصاص دادند. بیشترین عملکرد دانه تحت شرایط نرمال به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های URBWYT3، گنبد، کریم و مروارید با ۴۸۳/۶، ۴۷۰/۱، ۴۵۱/۷ و ۴۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقادیر مربوط به ژنوتیپ‌های ERWYT2، URBWYT4، ERWYT4 و URBWYT1 با ۲۵۷/۹، ۲۹۰/۱، ۳۳۴/۴ و ۳۵۹/۲ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ‌های URBWYT2، URBWYT4، ERWYT3 و مروارید در شرایط تنش به ترتیب با مقادیر ۳۸/۹۰، ۳۶/۴۹، ۳۴/۷۲ و ۳۱/۹۷ گرم بیشترین و ژنوتیپ‌های کریم، دریا، ERWYT2 و URBWYT3 با مقادیر ۲۸/۸۵، ۲۹/۹۱، ۳۰/۳۱ و ۳۰/۳۲ گرم، کمترین مقدار برای صفت وزن هزار دانه را نشان دادند. این در حالی است که در شرایط نرمال و برای صفت وزن هزار دانه، ژنوتیپ‌هایی که دارای بیشترین مقدار بودند شامل URBWYT3، کریم، زاگرس و مروارید و کمترین مقادیر نیز متعلق به ژنوتیپ‌های URBWYT1، URBWYT5، ERWYT2 و ERWYT1 بود. بیشترین تعداد سنبله در شرایط تنش کم‌آبی به ترتیب برای ژنوتیپ های ERWYT3، ERWYT4، URBWYT4 و کریم و کمترین آن تحت همین شرایط، مربوط به ERWYT2، URBWYT5، ERWYT1 و ERWYT5 بود. در شرایط نرمال نیز ژنوتیپ‌های گنبد، مروارید، دریا و زاگرس به ترتیب بیشترین تعداد سنبله و ژنوتیپ‌های ERWYT2، ERWYT1، URBWYT5 و URBWYT2 دارای کمترین تعداد سنبله در شرایط نرمال بودند. از لحاظ تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های URBWYT4، ERWYT2، URBWYT1 و URBWYT2 برتر بودند و کمترین تعداد دانه در سنبله در

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت شرایط واجد تنش نیز به ترتیب متعلق به URBWYT5، ERWYT5، ERWYT1 و زاگرس بود. در شرایط نرمال URBWYT3، گنبد، ERWYT5 و زاگرس ژنوتیپ‌های برتر از نظر تعداد دانه در سنبله بودند و ژنوتیپ‌های دارای کمترین تعداد دانه در سنبله، تحت شرایط نرمال در ERWYT4، ERWYT3، URBWYT4 و URBWYT2 حاصل شد. ناصریان و همکاران (۲۶) نیز وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گندم را از نظر تعداد دانه در سنبله گزارش کرده‌اند. ژنوتیپ‌های ERWYT2، URBWYT1، ERWYT4 و URBWYT2 در شرایط تنش کم‌آبی دارای بیشترین طول سنبله و ژنوتیپ‌های URBWYT5، کریم، ERWYT3 و ERWYT5 نیز به ترتیب در همین شرایط، کوتاه‌ترین طول سنبله را داشتند. بلندترین طول سنبله، این بار در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط نرمال نیز مربوط به گنبد، زاگرس، مراورید و کریم و همین‌طور کمترین آن تحت عنوان همین شرایط، برای ژنوتیپ‌های URBWYT5، URBWYT2، ERWYT3 و ERWYT4 بود. در مقایسه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ صفت طول پدانکل در شرایط تنش کم‌آبی، ژنوتیپ URBWYT2 بیشترین طول را برای پدانکل نشان داد و بعد از آن به ترتیب می‌توان ژنوتیپ‌های URBWYT1، کریم و ERWYT3 را دارنده بیشترین میزان طول پدانکل نامید و در مقابل کوتاه‌ترین طول پدانکل در همین شرایط را ژنوتیپ‌های گنبد، ERWYT5، ERWYT4 و ERWYT1 داشتند. تحت شرایط نرمال نیز از لحاظ صفت طول پدانکل، بیشترین مقدار آن را می‌توان مربوط به کریم، زاگرس، URBWYT3 و دریا و کمترین مقدار آن را نیز متعلق به ژنوتیپ‌های ERWYT5، URBWYT5، URBWYT4 و URBWYT1 دانست.

در شرایط تنش ژنوتیپ‌هایی که دارای بیشترین ارتفاع بوته بودند شامل URBWYT1، ERWYT3، URBWYT2 و URBWYT3 هستند و کوتاه‌ترین گیاهان از نظر ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های ERWYT5، دریا، ERWYT1 و زاگرس مشاهده گردید. با این وجود برترین ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع بوته در شرایط نرمال به ترتیب URBWYT3، گنبد، مروارید و URBWYT1 و ژنوتیپ‌های با کمترین ارتفاع بوته در همین شرایط ERWYT5، URBWYT4، ERWYT2 و ERWYT1 شناسایی شدند. بیشترین بیوماس کل در شرایط واجد تنش در ژنوتیپ‌های ERWYT3، URBWYT4، URBWYT2 و URBWYT3 ثبت گردید و ژنوتیپ‌های ERWYT2، ERWYT5، گنبد و زاگرس کمترین بیوماس کل را در شرایط کم‌آبی نشان دادند. مقایسه ژنوتیپ‌ها از نظر بیوماس در شرایط نرمال نشان داد که دریا، URBWYT3، کریم و گنبد به ترتیب دارای بیشترین بیوماس و ERWYT2، URBWYT4، ERWYT1، URBWYT5 کمترین میزان بیوماس را داشتند. شاخص برداشت بالا در شرایط تنش کم‌آبی، برای ژنوتیپ‌های URBWYT2، ERWYT2، ERWYT4 و URBWYT1 ثبت گردید و در همین شرایط ژنوتیپ‌های URBWYT5، ERWYT3، ERWYT5 و زاگرس دارای کمترین شاخص برداشت بودند. در شرایط نرمال نیز به ترتیب ژنوتیپ‌های ERWYT1، مروارید، گنبد و URBWYT3 دارای بیشترین شاخص برداشت و URBWYT4، ERWYT4، دریا و URBWYT2 نیز به ترتیب دارای کمترین شاخص برداشت بودند. بیشترین و کمترین تعداد سنبله در متوسط شرایط به ترتیب به ژنوتیپ‌های ERWYT3 و ERWYT2 اختصاص داشت. از لحاظ طول سنبله، بیشترین مقدار متعلق به ژنوتیپ گنبد و کمترین آن برای URBWYT5 ثبت شد. بیشترین مقدار RWC (محتوای رطوبت نسبی) مربوط به ژنوتیپ‌های URBWYT3 و URBWYT2 در شرایط نرمال و URBWYT2 و URBWYT3 در شرایط تنش بود و کمترین آن در شرایط نرمال و واجد تنش به ترتیب در ژنوتیپ‌های URBWYT5 و گنبد مشاهده گردید. از لحاظ EC (هدایت‌الکتریکی) ژنوتیپ‌های ERWYT2، کریم و ERWYT3 در شرایط نرمال و کریم، URBWYT5 و ERWYT5 در شرایط واجد تنش بالاترین مقدار را داشتند. بیشترین مقدار پرولین در ژنوتیپ‌های ERWYT4 و ERWYT5 در شرایط نرمال و ژنوتیپ‌های URBWYT4 و URBWYT3 در شرایط تنش ثبت گردید. از نظر مقدار کلروفیل a، در شرایط نرمال بیشترین مقدار برای ژنوتیپ‌های URBWYT1، مروارید و ERWYT3 و کمترین مقدار آن برای ژنوتیپ‌های ERWYT2، دریا و URBWYT2 ثبت گردید و در شرایط تنش کم‌آبی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a متعلق به ژنوتیپ‌های URBWYT1 و گنبد بود. از نظر کارتنوئید، ژنوتیپ‌های مروارید، URBWYT1 و ERWYT5 دارای بالاترین مقدار در متوسط شرایط و ژنوتیپ‌های ERWYT2، دریا و ERWYT4 در پائین‌ترین سطح قرار داشتند. با نگاه کلی به جدول ۳، میانگین اکثر صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم در شرایط نرمال بیشتر از شرایط تنش می‌باشد که نشانگر تأثیر مثبت آبیاری بر روی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد و در مجموع ژنوتیپ‌های URBWYT2، ERWYT4، ERWYT3 و URBWYT1 در شرایط تنش کم‌آبی و ژنوتیپ‌های مروارید، زاگرس، گنبد، URBWYT3 و کریم در شرایط نرمال از نظر اکثر صفات مورد مطالعه برتر بودند.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط نرمال و تنش کم آبی

Table 2. Combined variance analysis of studied agronomic traits for advanced genotypes of spring wheat under water deficit stress and non-stress conditions

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		عملکرد دانه	تعداد سنبله	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	وزن هزار دانه	طول پدانکل	بیوماس کل	ارتفاع بوته	شاخص برداشت
سال	۱	۸۴۵۱/۲۷*	۹۲۰۹/۵۸^{ns}	۸۹/۶۷^{ns}	۴/۸۶^{ns}	۹۴/۰۶*	۲۰/۲۱^{ns}	۱۰۱۳۵۵/۱۹*	۹۸/۷۰^{ns}	۱۴۲/۳۶*
شرایط آبیاری	۱	۱۵۹۸۳/۳۱^{ns}	۷۱۱۵/۴۰^{ns}	۲۸۱/۰۹^{ns}	۶/۵۳^{ns}	۲۶۹/۷۵^{ns}	۳۴/۶۶^{ns}	۲۳۴۱۱۷/۶۲^{ns}	۲۱۳/۴۳^{ns}	۳۲۱/۷۱^{ns}
سال × شرایط آبیاری	۱	۲۸۴۲/۵۲^{ns}	۴۲۲۱/۱۶^{ns}	۳۰/۱۰^{ns}	۲/۰۹^{ns}	۴۰/۶۸^{ns}	۱۷/۸۴^{ns}	۳۰۶۸۷/۰۶^{ns}	۱۰۷/۵۸^{ns}	۷۸/۳۸^{ns}
تکرار (سال در شرایط آبیاری)	۸	۱۲۸۹/۴۴	۱۹۱۸/۶۳	۱۸/۲۹	۱/۳۲	۱۵/۷۸	۱۱/۳۷	۱۸۴۲۳/۲۸	۲۵/۱۸	۲۶/۵۴
ژنوتیپ	۱۴	۱۷۱۱۳/۰۷**	۱۶۸۶۴/۵۸*	۱۸۲/۵۵**	۱۱/۷۸*	۲۶۵/۴۱**	۸۸/۸۳**	۲۶۳۱۱۹/۵۳**	۵۷۲/۹۳**	۳۱۸/۷۸**
ژنوتیپ × سال	۱۴	۴۰۲۸/۳۹*	۵۵۸۶/۶۰**	۴۰/۶۷*	۳/۴۹**	۶۱/۸۳**	۱۲/۱۶*	۱۰۱۰۲/۶۳*	۶۶/۲۵**	۷۳/۱۶**
ژنوتیپ × شرایط آبیاری	۱۴	۹۷۹۰/۳۵*	۶۱۲۵/۴۲^{ns}	۱۵۲/۶۸**	۴/۱۳^{ns}	۱۹۹/۸۷*	۲۵/۶۲*	۱۰۷۷۳۲/۷۵*	۲۳۸/۵۲*	۱۶۲/۱۷*
ژنوتیپ × شرایط آبیاری × سال	۱۴	۳۸۷۶/۱۴*	۴۳۶۸/۱۷*	۳۷/۶۵*	۲/۷۸**	۵۴/۲۹*	۱۰/۲۴*	۴۱۴۹۳/۱۰*	۶۸/۶۴**	۵۶/۲۹*
اشتباه	۱۱۲	۱۹۳۸/۷۹	۲۲۱۴/۶۴	۲۰/۸۶	۱/۱۴	۲۸/۹۹	۵/۶۸	۲۱۲۴۱/۰۵	۳۶/۷۹	۳۰/۲۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۰۱	۱۰/۲۱	۱۲/۵۴	۱۲/۳۹	۱۵/۲۲	۱۰/۲۸	۱۶/۳۹	۸/۰۷	۱۵/۷۹

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط نرمال و تنش کم آبی

Table 2. Combined variance analysis of studied agronomic traits for advanced genotypes of spring wheat under water deficit stress and non-stress conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	RWC	دمای کانوپی	هدایت الکتریکی	شاخص کلروفیل	کلروفیلa	کلروفیل b	پرولین	کاروتنویید
سال	۱	۸۷/۵۲^{ns}	۲۱/۲۷^{ns}	۴۳۵۸/۵۶^{ns}	۳۸/۹۷^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۱/۷^{ns}	۰/۷۳^{ns}
شرایط آبیاری	۱	۱۹۸/۶۴^{ns}	۴۳/۰۹^{ns}	۹۷۲۳/۰۶^{ns}	۵۴/۶۸^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۲/۳۵^{ns}	۰/۸۷^{ns}
سال × شرایط آبیاری	۱	۹۵/۰۷^{ns}	۳۱/۲۵^{ns}	۴۷۶۲/۲۸^{ns}	۴۸/۱۱^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱/۵۲^{ns}	۰/۶۸^{ns}
تکرار (سال در شرایط آبیاری)	۸	۱۹/۸۵	۸/۰۲	۱۳۶۲/۰۸	۲۰/۸۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۳۴	۰/۴۵
ژنوتیپ	۱۴	۱۶۵/۵۳**	۲۵/۹۱^{ns}	۸۲۱۱/۹۱*	۶۳/۴۸^{ns}	۰/۶۸**	۰/۱۹^{ns}	۲/۱۱^{ns}	۰/۹۸*
ژنوتیپ × سال	۱۴	۴۲/۴۴*	۱۲/۶۳^{ns}	۳۰۴۱/۴۵*	۳۵/۲۷^{ns}	۰/۱۷*	۰/۰۸^{ns}	۰/۹۶*	۰/۲۹^{ns}
ژنوتیپ × شرایط آبیاری	۱۴	۱۰۳/۷۶*	۲۲/۸۶^{ns}	۷۶۰۸/۳۱*	۸۴/۶۳^{ns}	۰/۴۱*	۰/۱۹^{ns}	۱/۹۷*	۰/۷۳^{ns}
ژنوتیپ × شرایط آبیاری × سال	۱۴	۳۹/۹۳*	۱۱/۳۲^{ns}	۲۸۶۷/۶۹*	۴۰/۳۰^{ns}	۰/۱۵*	۰/۰۸^{ns}	۰/۷۸*	۰/۳۱^{ns}
اشتباه	۱۱۲	۲۱/۰۲	۷/۴۸	۱۵۱۷/۳۰	۲۵/۱۹^{ns}	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۱۸
ضریب تغییرات (٪)		۶/۲۱	۹/۱۶	۱۵/۲۰	۱۳/۱۰	۲۰/۹۵	۲۳/۲۹	۱۶/۶۹	۲۰/۴۰

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط نرمال و تنش کم آبی

Table 3. Mean comparison of studied agronomic traits for advanced genotypes of spring wheat under water deficit stress and non-stress conditions

ژنوتیپ	بیوماس (گرم)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		طول پدانکل (سانتی متر)		وزن هزار دانه (گرم)		تعداد دانه در سنبله	
	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال
کریم	۷۸۹/۱^{bcd}	۱۰۷۰/۰^{ab}	۶۹/۳۱^{abc}	۷۲/۴۱^{abc}	۲۴/۰۸^{abc}	۲۷/۶۴^{a}	۲۸/۸۵^{c}	۴۲/۸۰^{ab}	۳۱/۴۵^{ab}	۳۸/۲۸$^{a-e}$
گنبد	۶۹۵/۵^{cd}	۱۰۵۲/۰^{ab}	۶۸/۴۰^{bc}	۷۴/۱۵^{a}	۱۶/۶۸^{f}	۲۶/۳۸^{abc}	۳۱/۱۱^{bc}	۴۱/۹۴^{ab}	۳۴/۳۷^{ab}	۴۲/۵۳^{ab}
دریا	۸۳۷/۱^{bcd}	۱۱۱۷/۰^{a}	۶۵/۰۶^{c}	۷۰/۱۴^{abc}	۲۱/۰۸^{cde}	۲۶/۴۶^{abc}	۲۹/۹۱^{bc}	۴۱/۸۹^{ab}	۳۴/۲۷^{ab}	۳۹/۶۷$^{a-d}$
زاگرس	۷۰۴/۵^{cd}	۱۰۲۸/۰^{ab}	۶۸/۲۴^{bc}	۷۲/۵۱^{abc}	۲۳/۱۸^{bc}	۲۷/۲۰^{ab}	۳۳/۳۱^{abc}	۴۲/۱۹^{ab}	۳۱/۱۲^{ab}	۴۰/۹۰^{abc}
مروارید	۸۱۵/۲^{bcd}	۹۹۱/۴^{ab}	۶۹/۰۷^{abc}	۷۴/۰۸^{a}	۲۲/۶۷^{bcd}	۲۵/۱۸$^{a-d}$	۳۱/۹۷^{abc}	۴۲/۰۸^{ab}	۳۳/۶۷^{ab}	۴۰/۴۰$^{a-d}$
ERWYT1	۸۱۹/۲^{bcd}	۸۳۷/۲^{bc}	۶۶/۵۰^{bc}	۶۶/۸۳^{abc}	۲۰/۱۹$^{f-c}$	۲۳/۳۴$^{b-e}$	۳۳/۷۷^{abc}	۳۸/۱۲^{b}	۳۱/۰۳^{ab}	۳۷/۱۵$^{b-f}$
URBWYT1	۸۲۰/۳^{bcd}	۹۳۹/۰^{ab}	۷۹/۲۱^{a}	۷۳/۹۸^{a}	۲۵/۷۵ ^{ab}	۲۲/۶۳^{cde}	۳۳/۴۳^{abc}	۳۵/۴۱^{b}	۳۴/۷۵^{ab}	۳۶/۰۰$^{c-g}$
ERWYT2	۶۵۶/۹^{d}	۶۷۶/۴^{c}	۶۹/۵۷^{abc}	۶۴/۳۶^{abc}	۲۱/۳۳ ^{cde}	۲۳/۲۰^{cde}	۳۰/۳۱^{bc}	۳۷/۵۵^{b}	۳۵/۱۰^{a}	۳۶/۷۵$^{b-g}$
URBWYT2	۹۴۴/۱^{abc}	۱۰۱۷/۰^{ab}	۷۶/۱۵^{ab}	۶۸/۴۳^{abc}	۲۷/۸۳ ^{a}	۲۶/۲۹^{abc}	۳۸/۹۰^{a}	۴۰/۲۳^{ab}	۳۴/۵۵^{ab}	۳۴/۵۷$^{a-g}$
ERWYT3	۱۱۲۵/۰^{a}	۹۳۶/۳^{ab}	۷۶/۴۵^{ab}	۷۲/۸۵^{ab}	۲۳/۶۷ ^{bc}	۲۲/۷۹^{cde}	۳۴/۷۲^{abc}	۴۰/۱۶^{ab}	۳۳/۸۹^{ab}	۳۱/۵۸^{fg}
URBWYT3	۸۴۷/۵^{bcd}	۱۱۱۴/۰^{a}	۷۵/۸۸^{ab}	۷۴/۵۹^{a}	۲۳/۱۰ ^{bc}	۲۶/۵۰^{abc}	۳۰/۳۲^{ab}	۴۶/۴۱^{a}	۳۳/۰۵^{ab}	۴۳/۹۸^{a}
ERWYT4	۷۸۰/۱^{bcd}	۹۵۳/۰^{ab}	۶۹/۱۶^{abc}	۷۱/۱۰^{abc}	۱۸/۹۲ ^{def}	۲۳/۷۵$^{a-e}$	۳۱/۳۱^{abc}	۴۰/۴۵^{ab}	۳۴/۰۸^{ab}	۳۰/۶۸^{g}
URBWYT4	۹۸۳/۶^{ab}	۸۳۳/۲^{bc}	۷۰/۴۷^{abc}	۶۳/۵۲^{bc}	۲۳/۱۴ ^{bc}	۲۱/۳۹^{de}	۳۶/۴۹^{ab}	۴۰/۲۱^{ab}	۳۵/۶۸^{a}	۳۲/۲۲^{efg}
ERWYT5	۶۸۸/۳^{d}	۱۰۲۷/۰^{ab}	۶۲/۱۰^{c}	۶۲/۵۵^{c}	۱۷/۶۷ ^{ef}	۱۹/۹۴^{e}	۳۲/۰۹^{abc}	۳۹/۹۵^{ab}	۳۰/۴۲^{ab}	۴۲/۲۵^{ab}
URBWYT5	۷۲۰/۷^{cd}	۸۵۹/۰^{bc}	۶۸/۷۴^{bc}	۶۸/۹۹^{abc}	۲۲/۴۱ ^{bcd}	۲۱/۱۳^{e}	۳۱/۲۵^{bc}	۳۵/۵۵^{b}	۲۸/۸۵^{b}	۳۸/۱۷$^{a-e}$
LSD ٪۵	۲۵۲/۲		۱۰/۲۶		۳/۹۶۳		۷/۶۰۸		۶/۲۲۶	

در هر ستون میانگین‌هایی که دست‌کم یک حرف مشترک دارند، بر پایهٔ آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط نرمال و تنش کم آبی

Table 3. Mean comparison of studied agronomic traits for advanced genotypes of spring wheat under water deficit stress and non-stress conditions

ژنوتیپ	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)		شاخص برداشت (٪)		تعداد سنبله (متر مربع)	طول سنبله (سانتی‌متر)	RWC (٪)		EC (٪)		پرولین (میلی‌گرم در وزن تر)		کلروفیل a (میلی‌گرم در وزن تر)		کارتنوئید (میلی‌گرم در وزن تر)
	تنش	نرمال	تنش	نرمال	متوسط شرایط	متوسط شرایط	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	متوسط شرایط
کریم	۲۱۶/۵$^{b-e}$	۴۵۱/۷^{abc}	۲۷/۴۳$^{a-e}$	۴۲/۲۰$^{a-d}$	۴۹۰/۰^{ab}	۸/۲۰۰^{abc}	۶۱/۲۹^{d}	۷۹/۴۰^{abc}	۳۲۵/۹^{a}	۲۶۰/۱^{a}	۵/۳۶۰^{cde}	۲/۱۹۰^{abc}	۰/۹۴۰۰^{e}	۱/۹۶۰^{bcd}	۲/۵۰۰^{bc}
گنبد	۱۸۲/۱^{cde}	۴۷۰/۱^{ab}	۲۶/۱۹$^{b-e}$	۴۴/۶۸^{abc}	۵۰۵/۵^{a}	۱۰/۰۰^{a}	۵۸/۴۸^{d}	۸۰/۶۰^{abc}	۳۰۰/۸^{abc}	۲۲۶/۱^{ab}	۳/۴۶۰^{fg}	۲/۱۱۰^{abc}	۰/۳۷۰۰^{f}	۱/۵۳۰$^{d-g}$	۱/۶۹۰$^{d-g}$
دریا	۲۱۱/۷$^{b-e}$	۳۹۷/۵$^{b-e}$	۲۵/۲۹$^{b-e}$	۳۵/۵۹^{cd}	۴۹۲/۹^{a}	۹/۱۲۰^{abc}	۶۴/۵۸^{cd}	۷۶/۸۱^{abc}	۲۸۶/۶^{abc}	۲۳۴/۰^{ab}	۵/۴۷۰^{cde}	۱/۵۷۰^{c}	۰/۶۷۰۰^{ef}	۱/۱۴۰^{g}	۱/۳۲۰^{gh}
زاگرس	۱۷۷/۰^{de}	۴۲۹/۳$^{a-d}$	۲۵/۱۳^{cde}	۴۱/۷۶$^{a-d}$	۴۸۳/۳^{ab}	۹/۱۴۰^{abc}	۶۱/۴۰^{d}	۷۷/۲۰^{abc}	۲۹۰/۵^{abc}	۲۲۷/۵^{ab}	۶/۴۴۰^{bc}	۲/۱۷۰^{abc}	۱/۵۴۰^{bc}	۱/۸۴۰^{bcd}	۲/۳۳۰^{bcd}
مروارید	۲۶۴/۹^{ab}	۴۴۸/۶^{abc}	۳۲/۵۰^{abc}	۴۵/۲۵^{ab}	۴۹۵/۶^{a}	۸/۹۰۰^{abc}	۷۲/۹۲^{ab}	۷۸/۹۰^{abc}	۲۳۵/۶^{cd}	۱۹۸/۷^{ab}	۶/۱۲۰^{bcd}	۲/۴۹۰^{abc}	۰/۶۱۰^{b}	۲/۲۳۰^{b}	۳/۵۰۰^{a}
ERWYT1	۲۲۹/۷^{bcd}	۴۲۴/۵$^{a-d}$	۲۸/۰۳$^{a-e}$	۵۰/۷۰^{a}	۳۹۸/۸^{bcd}	۸/۷۳۰^{abc}	۶۵/۹۷^{bcd}	۷۵/۳۳^{abc}	۲۵۵/۸^{bcd}	۲۱۹/۸^{ab}	۴/۷۳۰^{ef}	۱/۹۲۰^{abc}	۰/۶۸۰۰^{ef}	۱/۵۴۰$^{d-g}$	۱/۴۹۰^{fgh}
URBWYT1	۲۶۹/۲^{ab}	۳۵۹/۲^{def}	۳۲/۸۱^{abc}	۳۸/۲۵^{bcd}	۴۶۳/۰^{abc}	۹/۲۱۰^{abc}	۷۴/۲۰^{a}	۷۹/۶۴^{abc}	۲۰۶/۴^{d}	۱۸۹/۷^{b}	۴/۶۹۰^{ef}	۱/۹۶۰^{abc}	۲/۴۶۰^{a}	۲/۹۹۰^{a}	۳/۳۵۰^{a}
ERWYT2	۲۲۶/۸^{bcd}	۲۵۷/۹^{g}	۳۴/۵۳^{ab}	۳۸/۱۳^{bcd}	۳۴۶/۶^{d}	۹/۴۹۰^{ab}	۷۳/۸۰^{a}	۷۷/۶۰^{abc}	۳۰۰/۰^{abc}	۲۶۴/۱^{a}	۶/۹۵۰^{ab}	۱/۸۸۰^{abc}	۰/۳۸۰۰^{f}	۰/۵۹۰۰^{h}	۰/۸۷۰۰^{n}
URBWYT2	۳۳۵/۳^{a}	۳۸۷/۳^{cde}	۳۵/۵۲^{a}	۳۸/۰۸^{bcd}	۴۵۱/۷^{abc}	۸/۱۰۰^{abc}	۷۷/۳۰^{a}	۸۱/۷۶^{ab}	۲۷۰/۸$^{a-d}$	۲۴۴/۰^{ab}	۵/۶۷۰^{cde}	۱/۷۶۰^{abc}	۱/۱۳۰^{cde}	۱/۲۴۰^{fg}	۱/۶۵۰^{efg}
ERWYT3	۲۵۷/۹^{bc}	۳۹۵/۱$^{b-e}$	۲۲/۹۳^{de}	۴۲/۲۰$^{a-d}$	۵۰۹/۱^{a}	۷/۶۲۰^{bc}	۷۰/۳۴^{abc}	۷۴/۲۳^{bc}	۳۰۰/۲^{abc}	۲۵۹/۵^{a}	۳/۵۹۰^{g}	۲/۰۰۰^{abc}	۰/۷۷۰۰^{ef}	۲/۰۴۰^{bc}	۱/۹۸۰$^{c-g}$
URBWYT3	۲۶۱/۸^{ab}	۴۸۳/۶^{a}	۳۰/۸۹$^{a-d}$	۴۳/۴۳$^{a-d}$	۴۷۸/۹^{abc}	۸/۵۳۰^{abc}	۷۶/۹۶^{a}	۸۲/۲۶^{a}	۲۸۹/۲^{abc}	۲۴۳/۸^{ab}	۷/۰۴۰^{ab}	۱/۷۴۰^{bc}	۱/۰۴۰^{de}	۱/۷۶۰^{bcd}	۲/۳۰۰^{cde}
ERWYT4	۲۶۷/۳^{ab}	۳۳۴/۴^{efg}	۳۴/۲۶^{abc}	۳۵/۰۸^{d}	۴۷۶/۵^{abc}	۸/۴۸۰^{abc}	۷۶/۸۴^{a}	۸۱/۶۲^{ab}	۲۴۷/۲^{bcd}	۲۲۱/۹^{ab}	۵/۱۹۰^{de}	۲/۹۲۰^{a}	۰/۹۳۰۰^{e}	۱/۲۴۰^{fg}	۱/۳۹۰^{gh}
URBWYT4	۲۸۵/۴^{ab}	۲۹۰/۱^{fg}	۲۹/۰۳$^{a-e}$	۳۴/۸۱^{d}	۴۶۳/۵^{abc}	۸/۵۵۰^{abc}	۷۵/۲۶^{a}	۸۰/۴۷^{abc}	۲۸۰/۵^{abc}	۲۴۷/۶^{ab}	۷/۹۸۰^{a}	۲/۱۰۰^{abc}	۱/۴۸۰^{bcd}	۱/۶۲۰$^{c-f}$	۲/۱۰۰$^{c-f}$
ERWYT5	۱۷۲/۸^{de}	۴۳۵/۴$^{a-d}$	۲۵/۱۱^{cde}	۴۲/۳۹$^{a-d}$	۴۶۸/۳^{abc}	۸/۲۵۰^{abc}	۶۱/۹۱^{d}	۷۷/۴۷^{abc}	۳۰۲/۶^{ab}	۲۱۸/۷^{ab}	۶/۹۷۰^{ab}	۲/۷۶۰^{ab}	۰/۸۳۰۰^{ef}	۱/۷۲۰^{cde}	۲/۹۹۰^{ab}
URBWYT5	۱۴۸/۳^{e}	۳۵۹/۸^{def}	۲۰/۵۸^{e}	۴۱/۸۸$^{a-d}$	۳۸۹/۳^{cd}	۷/۰۶۰^{c}	۶۵/۱۹^{bcd}	۷۳/۲۶^{c}	۳۱۰/۳^{ab}	۲۳۱/۱^{ab}	۶/۰۲۰^{bcd}	۲/۵۳۰^{abc}	۱/۰۲۰^{de}	۱/۲۸۰^{efg}	۱/۷۶۰$^{d-g}$
LSD ٪۵	۷۷/۰۹		۹/۲۹۱		۹۲/۵۵	۲/۳۱۳	۷/۸۲۲		۶۶/۳۱		۱/۰۹۴		۰/۴۷۹۶		۰/۶۶۶۸

در هر ستون میانگین‌هایی که دست‌کم یک حرف مشترک دارند، بر پایهٔ آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای به منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی حاصل از میانگین اعداد دو سال زراعی در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی به روش وارد (Ward) با مقیاس فاصله توان ۲ اقلیدسی انجام گرفت. برای صحت گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز از تجزیه تابع تشخیص خطی فیشر استفاده شد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی تحت شرایط نرمال در دو سال زراعی

روش‌های آماری چند متغیره همانند تجزیه خوشه‌ای روش‌هایی هستند که می‌توانند درتشخیص میزان تنوع ژنتیکی و شناسایی صفات موثر بر تنوع موفق عمل کنند (۲۳). در این پژوهش نیز تجزیه کلاستر بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی در شرایط نرمال انجام و دندروگرام حاصل، از محل بیشترین فاصله موجود در بین گروه‌ها برش داده شد. بر اساس این برش در فاصله ۲۰-۱۵ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو گروه قرار گرفتند (شکل ۱ و جدول ۴).

برای نشان دادن ارزش هر یک از خوشه‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی، درصد انحراف از میانگین هر یک از خوشه‌ها از میانگین کل محاسبه شد (جدول ۵). خوشه‌ای که در مورد صفتی ارزش بالاتری نسبت به میانگین کل داشته باشد، برای انتخاب والدین جهت انجام تلاقی و سایر عملیات اصلاحی مناسب خواهد بود. گروه اول شامل ۶ ژنوتیپ بود و در گروه دوم ۹ ژنوتیپ جای گرفت. هر گروهی که درصد انحراف از میانگین ژنوتیپ‌های واقع در آن برای صفات، مثبت باشد، آن گروه از نظر عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن ارزش بیشتری خواهد داشت و برای افزایش عملکرد دانه می‌توان از ژنوتیپ‌های آن خوشه در دورگ‌گیری استفاده کرد. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های زاگرس، مروارید، گنبد، دریا، کریم و ERWYT3 بود و گروه دوم نیز شامل ERWYT1، URBWYT3، URBWYT5، URBWYT4، ERWYT5، URBWYT1، URBWRT2، ERWYT4 و ERWYT2 بود. گروه اول به علت دارا بودن تعداد بیشتری صفات با میانگین بالاتر از میانگین کل و نیز به دلیل مثبت بودن درصد انحراف از میانگین کل جمعیت‌های واقع در آن برای اکثر صفات، در مقایسه با گروه دوم، به عنوان گروه برتر در شرایط تنش خشکی تشخیص داده شد.

تابع تشخیص کانونی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی تحت شرایط نرمال خشکی در دو سال زراعی

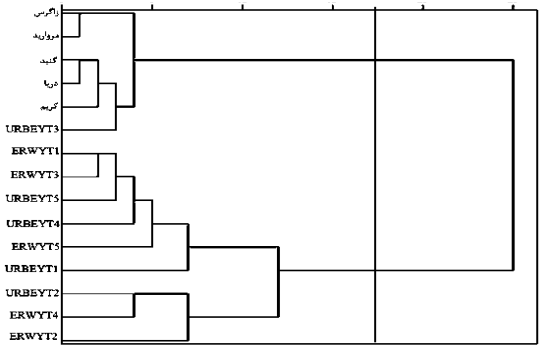
بر اساس جداول تابع تشخیص کانونیک (جدول ۴) و مقادیر ویژه، واریانس، واریانس تجمعی و همبستگی کانونیکال (جدول ۶) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو گروه قرار گرفتند. با توجه به میزان معنی‌داری توابع در حالات ۲ گروه و ۳ گروه و همچنین مقادیر ضرایب ویژه و سهم هر تابع از کل تغییرات موجود، حالت ۲ گروه نسبت به حالت ۳ گروه ترجیح داده شد. البته لازم به ذکر است که گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در سه گروه نیز مورد تایید تجزیه تابع تشخیص بود، ولی معنی‌داری توابع در حالت ۲ گروه بیشتر بود.

تابع تشخیص ۵۵/۸۳۷ درصد از تغییرپذیری کل داده‌ها و در مجموع ۱۰۰ درصد از تنوع بین داده‌ها را تبیین کرد.

جدول ۴- تابع تشخیص کانونیک برای تعیین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس صفات زراعی مورد ارزیابی در شرایط نرمال

Table 4. Discriminate function analysis or determine the cut-off point of dendrogram resulting from cluster studied genotypes based on studied agronomic traits under non-stress condition

تعداد گروه‌ها	سطح معنی‌داری	ویلکس لامبدا	کی دو
۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۸	۲۶/۲۶۱



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط نرمال در دو سال زراعی

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis by Ward method in advanced spring wheat genotypes based on studied traits under non-stress condition in two crop years

جدول ۵- میانگین صفات مورد ارزیابی و درصد انحراف آنها از میانگین کل صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط نرمال
Table 5. Mean and Percentage deviation from the average in studied genotypes under non-stress condition

گروه	صفات	بیوماس کل	ارتفاع بوته	طول پدانکل	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
۱	میانگین	۱۰۶۲/۰۸	۸۲/۹۸	۲۶/۵۶	۹/۷۳	۴۰/۹۶	۵۲۴/۵۱	۴۲/۸۹	۴۴۶/۸۱
	درصد انحراف از میانگین کل	۱۰/۲۴	۳/۶۹	۹/۵۳	۱۲/۱	۸/۷	۱۰/۸۱	۶/۳۵	۱۳/۱۳
۲	میانگین	۸۹۷/۶۲	۷۸/۰۷	۲۲/۷۲	۷/۹۸	۳۵/۴۹	۴۳۹/۲۱	۳۸/۶۳	۳۶۰/۴
	درصد انحراف از میانگین کل	-۶/۸۳	-۲/۴۵	-۶/۳۱	-۸/۰۶	-۵/۸۱	-۷/۲۱	-۴/۲۲	-۸/۷۵
	میانگین کل صفت	۹۶۳/۴	۸۰/۰۳	۲۴/۲۵	۸/۶۸	۳۷/۶۸	۴۷۳/۳۳	۴۰/۳۳	۳۹۴/۹۶

ادامه جدول ۵- میانگین صفات مورد ارزیابی و درصد انحراف آنها از میانگین کل صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط نرمال
Table 5. Mean and Percentage deviation from the average in studied genotypes under non-stress condition

گروه	صفات	RWC	EC	دمای کانوپی	شاخص کلروفیل	پرولین	کارتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b
۱	میانگین	۷۹/۲	۲۳۱/۷	۲۹/۰۵	۳۷/۳۳	۲/۰۵	۲/۲	۱/۷۴	۱/۰۵
	درصد انحراف از میانگین کل	۰/۹۷	-۰/۳۱	-۰/۳۴	-۱/۳۲	-۰/۹۷	۵/۲۶	۶/۷۵	۰/۰
۲	میانگین	۷۷/۹۳	۲۳۲/۹۲	۲۹/۲۱	۳۸/۱۶	۲/۰۹	۲/۰۲	۱/۵۶	۱/۰۶
	درصد انحراف از میانگین کل	-۰/۶۵	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۸۷	۰/۹۷	-۳/۳۵	-۴/۲۹	۰/۹۵
	میانگین کل صفت	۷۸/۴۴	۲۳۲/۴۳	۲۹/۱۵	۳۷/۸۳	۲/۰۷	۲/۰۹	۱/۶۳	۱/۰۵

جدول ۶- مقادیر ویژه، واریانس، واریانس تجمعی و همبستگی کانونیکال بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط نرمال در دو سال زراعی
Table 6. Eigen values, variance, cumulative variance and canonical correlation based on studied traits under non stress condition in two crop years

تابع تشخیص	مقادیر ویژه	واریانس	واریانس تجمعی	همبستگی کانونیکال
۱	۵۵/۸۳۷[d]	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۰/۹۹۱

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش خشکی در دو سال زراعی

تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش نیز با استفاده از داده‌های استاندارد شده به روش ward انجام گرفت. نمودار (شکل۲) دندروگرام مربوط به تجزیه خوشه‌ای را تحت شرایط واجد تنش نشان می‌دهد. برش دندروگرام در فاصله ۲۰-۱۵ براساس تجزیه تابع تشخیص منجر به تشکیل دو گروه گردید (جدول ۷). در گروه اول ۹ ژنوتیپ جای گرفت و گروه دوم شامل ۶ ژنوتیپ بود. میانگین هر گروه و درصد انحراف از میانگین کل برای هر یک از صفات در جدول (۸) درج شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر اکثر صفات، نسبت به میانگین کل در موقعیت برتری قرار داشتند و درصد انحراف از میانگین کل برای همه صفات به جز طول سنبله، در این گروه مثبت بود. بنابراین از ژنوتیپ‌های این گروه می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای تحمل به خشکی استفاده کرد. در مجموع از بین ژنوتیپ‌های واقع در گروه‌های برتر در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی، می‌توان ژنوتیپ‌های مروارید و URBWYT3 را به‌عنوان دو ژنوتیپ برتر به زارع معرفی نمود. غربی و همکاران (۱۱) به‌منظور گروه‌بندی ارقام گندم تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به دو گروه مجزا تفکیک نمودند که همه گروه‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر تمامی صفات مورد بررسی با یکدیگر داشتند.

تابع تشخیص کانونی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی تحت شرایط واجد تنش خشکی در دو سال زراعی

بر اساس جداول تابع تشخیص کانونیک (جدول ۷) و مقادیر ویژه، واریانس، واریانس تجمعی و همبستگی کانونیکال (جدول ۹) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو گروه قرار گرفتند. تابع تشخیص ۱۰/۲۳۳ درصد از تغییرپذیری کل داده‌ها و در مجموع ۱۰۰ درصد از تنوع بین داده‌ها را تبیین کرد. صباغ‌نیا و همکاران (۳۰) نیز با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در ۱۸ ژنوتیپ گندم نان اظهار داشتند که استفاده از روش گروه‌بندی برای خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم بسیار مفید وکارا است. آقایی و همکاران (۱) نیز در مقایسه عملکرد و سایر صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم در منطقه اصفهان با انجام تجزیه خوشه‌ای ۲۰ ژنوتیپ مورد نظر را به سه گروه دسته‌بندی نمودند. حمزه و همکاران (۱۴) در گروه‌بندی ژنوتیپ‌های اینبرد گندم بهاره از لحاظ برخی صفات زراعی با استفاده از تحلیل عامل‌ها چهار عامل را شناسایی نمودند که ۷۵/۰۴ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند و بااستفاده از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه تقسیم نمودند.

جدول ۷- تابع تشخیص کانونیک برای تعیین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس صفات زراعی مورد ارزیابی در شرایط تنش

Table 7. Discriminate function analysis or determine the cut-off point of dendrogram resulting from cluster studied genotypes based on studied agronomic traits under stress condition

تعداد گروه‌ها	سطح معنی‌داری	ویلکس لامبدا	کی دو
۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۰	۲۳/۷۲۲

جدول ۸- میانگین صفات مورد ارزیابی و درصد انحراف آنها از میانگین کل صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش

Table 8. Mean and Percentage deviation from the average in studied genotypes under stress condition

گروه	صفات	بیوماس	ارتفاع بوته	طول پدانکل	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
۱	میانگین	۷۵۰/۳۹	۶۷/۸۵	۲۱/۰۹	۸/۶۷	۳۲/۸۹	۴۳۶/۷	۳۱/۱۲	۲۰۷/۳
	درصد انحراف از میانگین کل	-۷/۹۴	-۳/۴۷	-۴/۶۱	۱/۱۷	-۰/۶	-۲/۶۲	-۴/۰۳	-۱۱/۳۳
۲	میانگین	۸۵۸/۲۸	۷۱/۹۱	۲۲/۸	۸/۵	۳۳/۲۲	۴۵۶/۲۵	۳۳/۳۹	۲۵۱/۴۳
	درصد انحراف از میانگین کل	۵/۲۹	۲/۳	۳/۱۲	-۰/۸۲	۰/۳۹	۱/۷۴	۲/۶۸	۷/۵۵
	میانگین کل صفت	۸۱۵/۱۲	۷۰/۲۹	۲۲/۱۱	۸/۵۷	۳۳/۰۹	۴۴۸/۴۳	۳۲/۵۲	۲۳۳/۷۸

ادامه جدول ۸- میانگین صفات مورد ارزیابی و درصد انحراف آنها از میانگین کل صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش

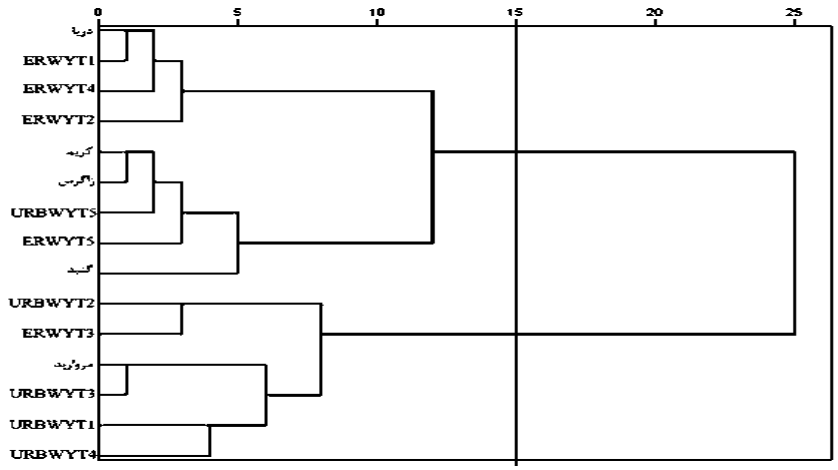
Table 8. Mean and Percentage deviation from the average in studied genotypes under stress condition

گروه	صفات	RWC	EC	دمای کانوپی	شاخص کلروفیل	پرولین	کارتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b
۱	میانگین	۶۴/۲۵	۲۹۳/۲۷	۳۱/۳۲	۳۸/۷	۶/۱۶	۱/۴۹	۰/۹۴	۰/۸۳
	درصد انحراف از میانگین کل	-۷/۰۲	۴/۶۸	۲/۳۵	-۰/۲۳	۸/۸۳	-۲۸/۰۲	-۱۸/۹۷	-۲/۳۵
۲	میانگین	۷۲/۳۲	۲۷۱/۴۳	۳۰/۱۲	۳۸/۸۶	۵/۳۳	۲/۴۵	۱/۳	۰/۸۶
	درصد انحراف از میانگین کل	۴/۶۶	-۳/۱۲	-۱/۵۷	۰/۱۸	-۵/۸۳	۱۸/۳۶	۱۲/۰۷	۱/۱۸
	میانگین کل صفت	۶۹/۱	۲۸۰/۱۷	۳۰/۶	۳۸/۷۹	۵/۶۶	۲/۰۷	۱/۱۶	۰/۸۵

جدول ۹- مقادیر ویژه، واریانس، واریانس تجمعی و همبستگی کانونیکال بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش در دو سال زراعی

Table 9. Eigen values, variance, cumulative variance and canonical correlation based on studied traits under stress condition in two crop years

تابع تشخیص	مقادیر ویژه	واریانس	واریانس تجمعی	همبستگی کانونیکال
۱	۱۰/۲۳۳[a]	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۰/۹۵۴



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره بر اساس صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش در دو سال زراعی

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis by Ward method in advanced spring wheat genotypes based on studied traits under stress condition in two crop years

نتیجه‌گیری کلی

بررسی ژنوتیپ‌های مختلف گندم جهت شناسایی و معرفی جهت کشت در شرایط متفاوت محیطی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد بسیار اهمیت دارد. در این مطالعه ۱۵ ژنوتیپ مختلف گندم بر اساس صفات مورفو-فیزیولوژیک و زراعی در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان داده است که تنش خشکی، رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به‌طور

معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داده است. واکنش این ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی متفاوت بوده و در بین صفات مورد مطالعه، ارتفاع گیاه با کمترین ضریب تغییرات به میزان زیادی تحت تأثیر ژنوتیپ بوده است. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه خوشه‌ای و نتایج حاصل از تابع تشخیص نیز نشان دهنده تفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی می‌باشد. بر اساس نتایج بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکردی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از روش‌های مختلف آماری، دو ژنوتیپ مروارید و ERWYT3، ژنوتیپ‌های برتر برای هر دو شرایط مورد مطالعه می‌باشد.

منابع

1. Aghai, S., A. Tohid Nejad and M. Nasr Esfahani. 2015. Yield and other agronomic traits comparing in genotypes of durum wheat in Esfahan area. Journal of Applied Crop Breeding, 3(9): 69-77 (In Persian).
2. Ahmadizadeh, M., A. Nori, 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 condition. African Journal of Biotechnology, 10(64): 14097-14107.
3. Akram, H., A. Ali, A. Sattar, H. Rehman and A. Bibi. 2013. Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences, 23(5): 1415-1423.
4. Altenbach, S., F. DuPont, K. Kothari, R. Chan, E. Johnson and D. Lieu. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. Journal of Cereal Science, 37(1): 9-20.
5. Anonymous. 2018. Grain market report International Grains Council. GMR483 23. November 2017. Available at https://www.igc.int/downloads/gmrsummary /gmrsumme.
6. Bihamta, M., M. Shirkavand, J. Hasanpour and A. Afzalifar. 2018. Evaluation of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. Journal of Crop Breeding, 9(24): 119-136 (In Persian).
7. Ehdaie, B. and M.R. Shakiba. 1996. Relationship of internode-specific weight and water-soluble carbohydrates in wheat. Cereal Research Communications, 61-67.
8. Emam, Y. 2012. Cereal Crops. Shiraz University Press. 190.
9. Farshadfar, E. and R. Amiri. 2018. Assessment of drought resistance in different bread wheat lines using agro-physiological traits and integrated selection index. Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(1): 891-903.
10. Franco, J., J. Crossa, J. Villasenor, S. Taba and S.A. Eberhart. 1997. Classifying Mexican maize accessions using hierarchical and density search methods. Crop Science, 37(3): 972-980.
11. Gharbi, A., V. Rashidi, A.R. Tarinejad and S. Chalabi Yani. 2014. Evaluation of durum wheat lines tolerance to salinity and drought stress under greenhouse conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 7(4): 393-410.
12. Guendouz, A., S. Guessoum and M. Hafsi. 2012. Investigation and selection index for drought stress in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean condition. Electronic Journal of Plant Breeding, 3(2): 733-740.
13. Hallauer, A.R., M.J. Carena and J.D. Miranda Filho. 2010. Quantitative genetics in maize breeding. Vol. 6. Springer Science and Business Media.
14. Hamza, H., A. Asghari, S.A. Mohammadi, O. sofalian and S. Mohammadi. 2017. Grouping of spring wheat recombinant inbred lines in term of some agronomic traits. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 13(1): 43-54 (In Persian).
15. Hopkins, W. and N. Hüner. 2002. Introduction to plant physiology. 2004. John Wiely& Sons. New York. 557 pp.
16. Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 2002. Applied multivariate statistical analysis. Vol. 5. Prentice hall Upper Saddle River, NJ.
17. Kaiser, D.E., J.J. Wiersma and J.A. Anderson. 2014. Genotype and environment variation in elemental composition of spring wheat flag leaves. Agronomy Journal, 106(1): 324-336.
18. Kamrani, M., A. Mehraban and M. Shiri. 2018. Identification of drought Tolerant Genotypes in Dryland Wheat using Drought Tolerance Indices. Journal of Crop Breeding, 10(28): 13-26 (In Persian).
19. Kazemi, H. 2007. Agronomy. Centeral Press of University. 315 p.
20. Khodarahmpour, Z. and J. Hamidi. 2011. Evaluation of drought tolerance in different growth stages of maize (*Zea mays* L.) inbred lines using tolerance indices. African Journal of Biotechnology, 10(62): 13482-13490.
21. Lum, M., M. Hanafi, Y. Rafii and A. Akmar. 2014. Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. Journal of Animal and Plant Sciences, 24(5): 1487-1493.
22. Maibody, S.M., P. Golkar and M. Golabadi. 2015. Plant responses to drought stress: Effects and Resistance Mechanisms. Isfahan University of Technology Publication Center. 240 p.
23. Manly, B.F. and J.A.N. Alberto. 2016. Multivariate statistical methods: a primer. CRC press.

24. MR, K. 2012. Principles and foundations of agriculture. Isfahan University of Technology Publication Center.
25. Narjesi, V., E. Hervan, A. Zali, M. Mardi and M. Naghavi. 2010. Effect of salinity stress on grain yield and plant characteristics in bread wheat recombinant inbred lines. Iranian Journal of Crop Sciences, 12(3): 291-304 (In Persian).
26. Naserian, B., A.A. Asadi, M. Rahimi and M.R. Ardakani. 2007. Evaluation of wheat cultivars and mutants for morphological and yield traits and comparing of yield components under irrigated and rain fed conditions. Asian Journal of Plant Sciences, 6(2): 214-224.
27. Pakzadeh, B., P. Safari and R. Honarnejad. 2007. Assessment of Genetic Variation in Peanut (*Arachis hypogaea*) Cultivars using Canonical Discriminant Analysis, Hort.
28. RahimiChegeni, A., M. Bihamta. and M. Khodarahmi. 2017. Evaluation of different characteristics of wheat genotypes under drought stress using multivariate statistical. Journal of Crop Breading, 9: 147-155 (In Persian).
29. Rang, Z., S. Jagadish, Q. Zhou, P. Craufurd and S. Heuer. 2011. Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. Environmental and Experimental Botany, 70(1): 58-65.
30. Sabaghnia, N., M. Mohammadi and R. Karimizadeh. 2012. Grouping lentil genotypes by cluster methods related to linear regression model and genotype× environment interaction variance. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 22: 134-145.
31. Ullah, S., A.S. Khan, A. Raza and S. Sadique. 2010. Gene action analysis of yield and yield related traits in spring wheat (*Triticum aestivum*). International Journal of Agriculture and Biology, 12(1): 125-128.
32. Yan, W., Y. Zhong and Z. Shangguan. 2016. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Soil and Plant Science, 66(2): 133-140.
33. Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative Aegilops geniculata Roth. Crop Science, 41(4): 1321-1329.
34. Zakizadeh, M., M.E. Moghaddam and D. Kahrizi. 2010. Study on genetic variation and relationship between plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes-using multivariate analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 12(1): 18-30.

Grouping of Advanced Spring Wheat Genotypes based on Morphological, Physiological and Yield Components under Drought Stress

Zahra Mahdavi[1], Varham Rashidi[2], Mehrdad Yarnia[3], Saeid Aharizad[4] and Mozaffar Rostaei[5]

1- Ph.D. Student, of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Tabriz Branch
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Tabriz Branch, (Corresponding author: rash270@yahoo.com)
3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Tabriz Branch
4- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz
5- Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Maragheh
Received: 27 Jun, 2020 Accepted: 2 November, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Drought stress is one of the most important environmental stresses that has limited the production of wheat and has significantly reduced the production efficiency of this plant in arid and semi-arid regions. The aim of this study was to investigate the response of 15 spring wheat genotypes to drought stress and to introduce the best genotypes for cultivation in areas with water shortage.

Material and Methods: In order to study of genetic diversity in advanced spring wheat genotypes based on some morphological, physiological and agronomic traits, 15 spring wheat genotypes by using randomized complete block design (RCBD) in three replications under two non-stress and water-deficit stress conditions were examined at research field of Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran during 2016-2017 and 2017-2018 crop years. The morphological, physiological and yield component were assayed.

Result: Based on results of the combined variance analysis, the interaction effects of genotype, irrigation conditions and year were significant for most of the studied traits, except chlorophyll index, carotenoid and chlorophyll b, that indicating the different reactions of genotypes under two non-stress and water-deficit stress conditions. Also, the interaction effects of genotype and water conditions were significant on studied characters except of spike number, spike length and carotenoid. Under water deficit stress the genotypes of URBWYT4, URBWYT1 and ERWYT4 showed the highest seed yield, and URBWYT3, Gonbad, Karim, and Morvarid showed the maximum seed yield in normal condition. Cluster analysis using Ward method based on studied traits with standardized data led to the allocation of genotypes in two separate clusters in both non-stress and water-deficit stress conditions. Also the results of the discrimination function analysis confirmed the genotypes grouping of cluster analysis. According to cluster analysis the genotypes of ERWYT1, URBWYT3, URBWYT5, URBWYT4, ERWYT5, URBWYT1, URBWYT2, ERWYT4 and ERWYT2 in non-stress condition and Morvarid, ERWYT1 ، ERWYT2 ،URBWYT2 ،ERWYT3 and URBWYT4 under water-deficit stress were elite genotypes.

Conclusion: According to obtained results the two genotypes of Morvarid and ERWYT3 can be introduced as the best genotypes for both studied conditions.

Keywords: Cluster analysis, Discriminant function, Drought stress, Grain yield, Spring wheat