دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی روابط ابعاد دانه و خصوصیات فنولوژیک با عملکرد لاین‌های بومی گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی

هادی درزی رامندی[۱]، حمید نجفی زرینی[۲]، وحید شریعتی[۳]، خدیجه رضوی[۳] و سیّد کمال کاظمی‌تبار[۴]

۱ و ۴- دانش‌آموخته دکتری و دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسئول: najafi316@yahoo.com)
۳- استادیار، گروه زیست‌فناوری مولکولی گیاهی، پژوهشگاه ملّی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۳

چکیده

کمبود آب به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده غیرزیستی، اثرات نامطلوبی را بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی دارد. آزمایشی برای تعیین رابطه ابعاد دانه و خصوصیات فنولوژیک مؤثر در تحمل به تنش کم‌آبی با عملکرد دانه اجرا شد. همچنین اثر تنش کم‌آبی بر صفات فوق در بین ٤٦ لاین بومی گندم نان به همراه ٤ رقم تجاری در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. صفات فنولوژیک اندازه‌گیری شده شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی و طول روز برای پُرشدن دانه و صفات دانه شامل عرض دانه، طول دانه، ضخامت دانه و نسبت طول به عرض دانه بود. نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط رطوبتی، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. بیشترین میزان کاهش ناشی از تنش کم‌آبی (شاخص SI) به‌ترتیب در صفات عملکرد دانه (۰/٤۹)، وزن هزار دانه (۰/۲۹)، وزن سنبله (۰/۲۸)، وزن پدانکل (۰/۲۰)، دوره پُرشدن دانه (۰/۱۷) و عرض دانه (۰/۱٦) بود. در حالی که میانگین نسبت طول به عرض دانه در شرایط تنش کم‌آبی، افزایش یافت. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که در شرایط آبیاری عادی صفات وزن سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته و سهم قابل‌توجهی از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند درحالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی طول دوره پُرشدن دانه و عرض دانه دارای بیشترین سهم در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند. با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش کم‌آبی، ۱۵ صفت در چهار عامل قرار گرفتند در مجموع ۷۵/٤ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که صفات طول دوره پُرشدن دانه، عرض دانه، وزن پدانکل و وزن هزار دانه را می‌توان به‌عنوان معیارهای گزینشی برای بهبود عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تنش کم‌آبی، خصوصیات فنولوژیک، صفات ابعاد دانه، گندم نان

مقدمه

پهنه وسیعی از حاصل‌خیزترین مناطق تولیدی و قسمت عمده‌ای از محصولات زراعی مهم کشور، ازجمله گندم (*Triticum aestivum* L.) همه‌ساله در معرض تهدید تنش‌های محیطی ازجمله تنش خشکی قرار می‌گیرد که آثار نامطلوبی بر تولید و کیفیت محصولات کشاورزی دارد. پیشرفت در زمینه ایجاد تحمل به این تنش‌ها به‌خصوص خشکی در گیاهان غلّه‌ای یکی از اهداف مهم تولید محصولات کشاورزی است (۱۸). بر اساس آمار FAO، سطح زیر کشت گندم در ایران طی سال ۲۰۱۲، هفت میلیون هکتار با تولید افزون بر ۱۳/۸ میلیون تن بوده است (۸). در ایران میزان خسارت ناشی از خشک‌سالی بر محصول گندم در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ حدود ۳۰ درصد تخمین زده شده است (۱۸). گندم نان تقریباً بین عرض‌های جغرافیایی ۶۰ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی در شرایط اقلیمی معتدل کشت می‌شود. این مناطق دارای تفاوت‌های قابل‌توجهی در شرایط اقلیمی بوده و نیازمند طیف گسترده‌ای از تنوع ژنتیکی برای سازگاری گیاهان زراعی می‌باشد (۱۶). مطالعه و بررسی دقیق عوامل فیزیولوژیکی و ژنتیکی مؤثر بر شروع و طول دوره گل‌دهی و رسیدگی می‌تواند در جهت بهنژادی موفقیت‌آمیز ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط کنونی و تغییرات آینده در جهت پایداری و بهبود صفت عملکرد دانه کمک کند (۱۶).

در حال حاضر مهم‌ترین شاخص تحمل به خشکی مورداستفاده در برنامه‌های اصلاحی گندم نان، ارزیابی عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری و تنش کم‌آبی است. با توجه به ناشناخته بودن خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوتی که در تحمل به تنش در گیاهان تأثیر دارند، عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن می‌توانند به‌عنوان معیار گزینش ژنوتیپ‌های متحمل گندم در برنامه‌های اصلاحی مورداستفاده قرار گیرند (۶). تنش کم‌آبی از نقطه نظر زمان وقوع به دو گروه کم‌آبی در اول فصل و آخرفصل تقسیم می‌شود که هر کدام واکنش‌های فیزیولوژیکی و مولکولی متفاوت را در گیاه ایجاد می‌کند. کم‌آبی انتهایی که در مناطق کشت دیم گندم کشور نیز رواج دارد عمدتاً بر کمّیت و کیفیت دانه (پوکی و وزن دانه) تأثیر منفی دارد و کم‌آبی اول فصل ظهور سنبله‌ها و انتقال مواد تولیدی به اندام‌های زایشی را در اوایل فصل با مشکل مواجه می‌کند (۱۹).

با توجه به وراثت‌پذیری پایین برای عملکرد دانه و همچنین دشواری، زمان‌بر بودن و پرهزینه بودن اندازه‌گیری صفات مرتبط با آن، ارزیابی این صفات در مراحل اولیه برنامه‌های بهنژادی سودمند و عملی نمی‌باشد. به همین خاطر، برخی از صفات مرتبط ازجمله وزن دانه که وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به عملکرد دانه دارد می‌تواند در جهت گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا حائز اهمیت قرار

گیرد (۲۸،۵). خصوصیات دانه ازجمله ابعاد دانه و وزن دانه از اجزای مهم عملکرد دانه در گندم هستند که به‌عنوان پایدارترین اجزا عملکرد تحت تنش کم‌آبی با وراثت‌پذیری بالا به شمار می‌آیند (۲۷). در گندم و همچنین سایر غلات، وزن دانه تابعی از طول، عرض و ضخامت دانه می‌باشد که مطالعات محققان مختلف حاکی از ارتباط قوی بین طول، عرض، ضخامت و حجم دانه با وزن دانه است و مکان‌های ژنی کنترل‌کننده مشترکی برای این صفات گزارش شده است (۱۱،۱۷،۱۰). اکثر ژن‌های مرتبط با ابعاد دانه و وزن دانه دارای اثر افزایشی می‌باشند ازاین‌رو، گزینش در نسل‌های اولیه برای این صفات به احتمال زیاد می‌تواند برای بهبود عملکرد دانه در گندم مؤثر واقع شود (۲۹). این صفات در گندم به‌طورکلی دارای توارث کمّی بوده و توسط تعدادی زیادی QTL کنترل‌شده و متأثر از برهمکنش ژنوتیپ × محیط هستند (۲۵). دوره‌های بحرانی اثرگذار بر وزن دانه کمی قبل از زمان گرده‌افشانی شروع شده و در ادامه در طول پُرشدن دانه که در آن اندازه نهایی دانه گندم تعیین می‌شود ادامه می‌یابد (۱۳،۲۶). عوامل محیطی نامطلوبی ازجمله کمبود آب و گرما در طول مدت زمان پُرشدن دانه موجب کاهش وزن دانه به‌طور قابل‌توجهی می‌شوند (۲۶). ابعاد دانه از طریق تجمع ماده خشک و آب در دانه تغییر می‌کند. بلافاصله بعد از لقاح طول، عرض، ضخامت دانه و در نتیجه حجم دانه به سرعت افزایش میابد. اولین خصوصیت دانه برای رسیدن به حداکثر میزان خود، طول دانه (در حدود ۱۵ روز پس از گرده‌افشانی) و پس از آن عرض دانه، ضخامت و حجم دانه (در حدود ۲۸ روز پس از گرده‌افشانی) است (۱۷،۱۱). در گندم مانند سایر غلات، پُرشدن دانه‌ها به فتوسنتز جاری و ذخیره کربوهیدرات‌ها در طی دوره پس از گرده‌افشانی و انتقال این کربوهیدرات‌ها از قسمت‌های رویشی گیاه بستگی دارد (۴). وزن دانه نه تنها بر عملکرد، بلکه در تعیین کیفیت بذر و دانه اثرگذار است (۲۴).

همچنین زمان گلدهی در گندم به‌عنوان یک عامل مهم در سازگاری برای جلوگیری از مواجهه با برخی تنش‌های محیطی ازجمله یخزدگی، آسیب گرما و کم‌آبی در طول دوره رشد و همچنین در طول پُرشدن دانه حائز اهمیت می‌باشد (۱۶) که به‌طور غیرمستقیم بر تولید ماده خشک و سایر صفات مرتبط بر عملکرد نهایی ازجمله تعداد پنجه، تعداد سنبله و تعداد دانه اثرگذار است (۲۰). سازگاری وسیع گندم به شرایط اقلیمی مختلف تا حد زیادی توسط سه سیستم ژنتیکی پاسخ به بهاره‌سازی، حساسیت به دوره نوری و زودرسی تعیین می‌شود. عمل توأم این سه سیستم در تعیین زمان گل‌دهی و از این رو در سازگاری یک ژنوتیپ برای شرایط محیطی خاص مؤثر می‌باشد (۳۱،۲).

بعد از گلدهی، عملکرد دانه تا حد زیادی وابسته به وزن نهایی دانه بوده که سرعت و طول دوره پُرشدن دانه بر آن مؤثر است (۳۰). طول دوره پُرشدن دانه فاصله زمانی بین گرده‌افشانی (گلدهی) تا بلوغ فیزیولوژیکی تعریف می‌شود، فراتر از این محدوده زمانی افزایش قابل‌توجهی در تجمع ماده خشک در دانه وجود ندارد (۲۲). وجود تنوع ژنتیکی در گندم برای طول دوره پُرشدن و سرعت پُرشدن دانه گزارش شده است (۳) و مطالعات مختلف حاکی از ارتباط معنی‌داری بین وزن هزار دانه با سرعت و طول دوره پُرشدن است (۷). گیبه‌هو و همکاران (۹) همبستگی مثبت و معنی‌داری برای سرعت و طول دوره پُرشدن دانه با عملکرد در گندم دوروم گزارش کردند. اهمیت طول دوره پُرشدن دانه در بهنژادی گندم از این جنبه مهم است که عوامل محیطی، به‌خصوص دمای بالا و خشکی آخرفصل، پُرشدن دانه و بالطبع عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷). به نظر می‌رسد که تجمع مواد فتوسنتزی پیش از گلدهی (به‌طور عمده در شرایط تنش خشکی)، کوتاه‌شدن دوره مؤثر پُرشدن دانه و سرعت بالا در پُرشدن دانه از عوامل مؤثر برای تولید عملکرد دانه بالاتر در گندم تحت هر دو شرایط آبی و خشکی است (۲۵). هدف از این مطالعه بررسی ارتباط بین صفات ابعاد دانه و خصوصیات فنولوژیک با عملکرد دانه و تعیین صفات مؤثر در تحمل به تنش کم‌آبی در ژنوتیپ‌های گندم نان جهت استفاده در طرح‌ریزی برنامه‌های بهنژادی موفق‌تر در آینده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

منابع ژنتیکی مورد مطالعه در این آزمایش شامل تعداد ۵۰ ژنوتیپ گندم نان (۴۶ لاین بومی گندم نان و ۴ رقم زراعی سپاهان، سیروان، مرودشت و میهن) که از کلکسیون بذر موجود در بخش غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید (جدول ۱).

طراحی آزمایش و آماده‌سازی زمین

آزمایش بصورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط بدون تنش (آبیاری عادی) و تنش کم‌آبی (قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله) که در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد به طول جغرافیائی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شمالی و عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۰ متر و میانگین بارندگی ۲۱۶ میلی‌متر انجام شد. در هر دو شرایط تاریخ کاشت سوم آذر ماه سال ۱۳۹۳ بود. کاشت در کرت‌هایی با مساحت ۱/۵ مترمربع شامل دو ردیف کاشت به طول ۲/۵ متر و فواصل ۲۵ سانتی‌متر انجام شد. برداشت محصول با حذف نیم متر حاشیه (۲۵ سانتی‌متر از هر طرف)، از مساحت ۲/۴ مترمربع انجام شد. بر اساس آزمون خاک، کود اوره، سولفات پتاسیم و فسفات دی‌آمونیوم قبل از کاشت به ترتیب به میزان ۱۰۰، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک داده شد و مابقی کود اوره در دو نوبت، هر نوبت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، به صورت سرک در مراحل شروع ساقه رفتن (Zadoks 30) و مرحله شروع سنبله‌دهی (Zadoks 45) به مصرف رسید. میزان بذر مصرفی در هر کرت بر اساس ۳۵۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد. زمین سال قبل از کشت آیش با بافت لومی بود.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های گندم نان مورد ارزیابی در این مطالعه

Table 1. Characteristics of the bread wheat genotypes in this study

شماره ژنوتیپ	محل جمع‌آوری	شماره ژنوتیپ	محل جمع‌آوری	شماره ژنوتیپ	نام/ محل جمع‌آوری
۱	ابراهیم‌آباد اراک	۱۸	ساروق اراک	۳۵	مال‌میر اهواز
۲	ابراهیم‌آباد اراک	۱۹	ساروق اراک	۳۶	محت‌علیا اراک
۳	اراک	۲۰	مشهد	۳۷	مشهد
۴	اسکان اراک	۲۱	ساروق اراک	۳۸	مشهد
۵	الرج اراک	۲۲	مشهد	۳۹	مشهد
۶	الوس جرد ساوه	۲۳	شرفخانه	۴۰	مشهد
۷	بورقان فراهان	۲۴	عزیزآباد فراهان	۴۱	مشهد
۸	پرند ساوه	۲۵	فرمهین فراهان	۴۲	مغان
۹	پشت‌تنگ پریان	۲۶	ساروق اراک	۴۳	مل‌آباد ساوه
۱۰	حاجی‌آباد کرمانشاه	۲۷	اردبیل	۴۴	ملاوی خوزستان
۱۱	مشهد	۲۸	کردستان	۴۵	ملایر
۱۲	خرم‌آباد	۲۹	کرمانشاه	۴۶	نهاوند
۱۳	خرم‌آباد	۳۰	مشهد	۴۷	سپاهان (رقم زراعی)
۱۴	خوی	۳۱	کشه فراهان	۴۸	سیروان (رقم زراعی)
۱۵	ده‌حاجی خرم‌آباد	۳۲	کوره ساوه	۴۹	مرودشت (رقم زراعی)
۱۶	رباط اراک	۳۳	کوره ساوه	۵۰	میهن (رقم زراعی)
۱۷	رباط اراک	۳۴	مال‌میر اهواز	–	–

ارزیابی فنوتیپی صفات

صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا ظهور سنبله (تعداد روز تا خروج کامل ۵۰ درصد از سنبله‌ها از برگ پرچم در هر کرت)، تعداد روز تا گرده‌افشانی (تعداد روز تا خروج کامل ۵۰ درصد از پرچم‌ها از سنبله در هر کرت) و تعداد روز تا رسیدگی (تعداد روز تا زرد شدن ۵۰ درصد پدانکل‌ها در هر کرت) برای هر کرت آزمایشی یادداشت‌برداری شد. به‌منظور تخمین طول دوره پُرشدن دانه، فاصله زمانی بین گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک در نظر گرفته شد. ابعاد دانه شامل طول دانه، عرض دانه، ضخامت دانه بر اساس میانگین ۲۰ دانه سالم و تصادفی، با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. نسبت طول به عرض دانه از حاصل تقسیم طول دانه به عرض دانه در هر ژنوتیپ محاسبه شد. صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، طول پدانکل و وزن پدانکل به‌صورت میانگین پنج بوته متمایز برای هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری و ثبت گردید. در این مطالعه صفات زراعی شامل طول سنبله، وزن سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز ارزیابی شدند. وزن هزار دانه با استفاده از دستگاه بذرشمار برای سه نمونه تصادفی از دانه‌های سالم و بدون شکستگی تعیین شد. عملکرد دانه در واحد هکتار از عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی برآورد گردید.

تجزیه آماری داده‌ها

قبل از تجزیه داده‌ها جهت بررسی همگنی واریانس خطاها از آزمون بارتلت و عادی‌بودن داده‌ها و باقی‌مانده‌ها از آزمون شاپیرو- ویلکس استفاده شد. تجزیه واریانس با استفاده از رویه GLM برای طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی انجام شد. جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به تنش کم‌آبی، شاخص حساسیت در تنش (SI) برای تمامی صفات بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$SI = 1-(\bar{Y}p / \bar{Y}s)$$

در معادله فوق $\bar{Y}p$ و $\bar{Y}s$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی هستند. برای برآورد وراثت‌پذیری عمومی (h^2_b) از امید ریاضی میانگین مربعات در تجزیه واریانس استفاده شد:

$$h^2_b = \sigma^2_G / [(\sigma^2 + r\sigma^2_{GE} + rn\sigma^2_G)/rn]$$

در این فرمول σ^2_G واریانس ژنتیکی (معادل واریانس ژنوتیپ‌ها)، σ^2_{GE} واریانس ژنوتیپ × محیط (معادل ژنوتیپ در شرایط آبیاری)، σ^2 واریانس خطای آزمایشی، "r" تعداد تکرار و n تعداد محیط است. برای بررسی روابط بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های گندم نان و شناسایی عوامل پنهانی از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. استخراج عامل‌ها با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها‌از روش وریماکس انجام شد. از آزمون KMO[1] و اسفریسیتی بارتلت[2] برای ارزیابی کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی استفاده شد. هنگامی‌که مقدار KMO بزرگ‌تر از ۰/۵ و آزمون اسفریسیتی بارتلت معنی‌دار باشد، نشان‌دهنده این است که داده‌ها برای تجزیه به عامل‌ها مناسب‌اند (۱). برای تعیین تعداد عامل‌های مؤثر، عامل‌هایی که دارای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک بودند انتخاب شدند. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی با قدرمطلق ۰/۵۰ به بالا معنی‌دار در نظر گرفته شدند (۱). به‌منظور برآورد رابطه بین صفات، ضرایب همبستگی پیرسون محاسبه شد. برای تعیین سهم اثر تجمعی صفات مختلف در تعیین و برآورد عملکرد دانه، از روش رگرسیون مرحله‌ای چندمتغیره خطی استفاده گردید. کلیه محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و بسته گرافیکی ggplot2 در برنامه Rstudio انجام شد.

1- Kaiser-Meyer-Olkin test

2- Bartlett test of sphericity

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در دو محیط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر تمامی صفات مورد مطالعه بین ژنوتیپ‌های گندم نان در سطوح مختلف رطوبتی وجود دارد که حاکی از تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های موردبررسی می‌باشد. بین دو محیط رطوبتی نیز تفاوت معنی‌داری برای همه صفات به‌جز تعداد روز تا ظهور سنبله و گرده‌افشانی وجود داشت، بنابراین به نظر می‌رسد تنش کم‌آبی ناشی از قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله به طرز مناسبی اعمال شده است و باعث ایجاد تفاوت‌های معنی‌دار در اکثر صفات مورد مطالعه اعم از خصوصیات فنولوژیک، مورفولوژی دانه و صفات زراعی گردیده است. اثرمتقابل ژنوتیپ × شرایط آبیاری نیز در برخی از صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌عبارت دیگر می‌توان گفت پاسخ ژنوتیپ‌ها به شرایط آبیاری عادی و محدودیت آبیاری در تمامی صفات یکسان نبوده است. تنش کم‌آبی باعث افزایش نسبت طول به عرض دانه گردید درحالی که اکثر صفات را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۳). نقوی و همکاران (۲۳) نتایج مشابهی را در ارتباط با کاهش برخی صفات مورفولوژیک در گندم نان تحت شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند.

جدول ۲- نتایج تجزیه مرکب صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

Table 2. Combined analysis results of investigated traits of bread wheat lines under normal irrigatationand water deficit stress conditions

صفات	میانگین مربعات منابع تغییر					ضریب تغییرات (درصد)
	شرایط آبی	تکرار در شرایط آبی (خطای کرت اصلی)	ژنوتیپ	ژنوتیپ × شرایط آبی	خطای آزمایشی (خطای کرت فرعی)	
درجه آزادی	۱	۴	۴۹	۴۹	۱۹۶	
تعداد روز تا ظهور سنبله	۴۱/۰۴^{ns}	۷/۳۵	۱۱۹/۷۳**	۵/۵۶^{ns}	۴/۹۴	۱/۶۰
تعداد روز تا گرده‌افشانی	۶/۱۴^{ns}	۳/۹۴	۸۸/۵۴**	۵/۸۰**	۳/۴۴	۱/۲۷
تعداد روز تا رسیدگی	۱۷۷۰/۵**	۶۹/۶۸	۴۲/۰۸**	۷/۷۸**	۴/۵۴	۱/۲۲
دوره پُرشدن دانه	۱۵۶۸/۲**	۵۲/۳۱	۲۴/۸۶**	۸/۸۲^{ns}	۷/۳۷	۹/۲۳
طول دانه	۲/۶۹**	۰/۰۰۱۰	۰/۳۹۸**	۰/۰۵۱^{ns}	۰/۰۴۲	۳/۰۱
عرض دانه	۸/۳۴۱**	۰/۰۷۳	۰/۱۱۲**	۰/۰۵۳^{ns}	۰/۰۴۱	۶/۹۸
ضخامت دانه	۵/۵۰۲**	۰/۰۱۶۵	۰/۰۹۰۷**	۰/۰۳۱۲^{ns}	۰/۰۳۲۸	۶/۳۶
نسبت طول به عرض دانه	۳/۳۹۶*	۰/۰۵۲۹	۰/۱۰۸۸**	۰/۰۳۱۶^{ns}	۰/۰۲۳۸	۶/۴۸
ارتفاع گیاه	۳۳۰۲/۶*	۱۹۰/۰۶	۳۳۶/۵**	۱۹۲/۰۷**	۸۸/۹۷	۸/۷۵
طول پدانکل	۵۰۲/۳۵*	۱۶/۵۵	۵۸/۸۱**	۴۹/۹۷*	۳۱/۱۶	۱۷/۱۳
وزن پدانکل	۰/۱۹۲*	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۲۱**	۰/۰۰۷۷*	۰/۰۰۵۱	۲۵/۲۰
طول سنبله	۶/۱۶*	۰/۳۷۱	۴/۴۱**	۰/۷۵۱^{ns}	۱/۲۵۷	۹/۵۳
وزن سنبله	۲۶/۷۲**	۰/۴۸۶	۰/۷۲۸**	۰/۲۳۱^{ns}	۰/۲۰۵	۱۸/۱۵
وزن هزار دانه	۸۳۱/۶**	۲۵/۳۳	۷۷/۳۰**	۲۲/۹۹**	۷/۱۱	۷/۷۳
عملکرد دانه	۸/۲×۱۰^{۷**}	۱۹۴۹۱۹۲	۳۴۷۷۶۹۵**	۲۱۶۰۷۴۲**	۷۶۲۹۱۳	۱۷/۷۰

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد

بررسی میزان تنوع و شاخص حساسیت در تنش (SI) در شرایط آبیاری و تنش کم‌آبی

محاسبهٔ آماره‌های توصیفی نشان داد که در شرایط آبیاری عادی بیشترین میزان تنوع مربوط به صفات عملکرد دانه (۲۰/۹ درصد)، وزن سنبله (۱۸/۵ درصد)، وزن پدانکل (۱۸/۲ درصد) و طول پدانکل (۱۷/۵ درصد) بود. در شرایط تنش کم‌آبی، بیشترین میزان ضریب تنوع مربوط به وزن پدانکل (۲۸/۴ درصد)، عملکرد دانه (۲۶/۰ درصد)، وزن سنبله (۲۴/۴ درصد) و طول پدانکل (۱۶/۰ درصد) بود. صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی در شرایط آبیاری عادی به ترتیب با ۳/۴، ۳/۰ و ۱/۷ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی به ترتیب با ۳/۳، ۳/۷ و ۱/۷ درصد از ضریب تنوع کمتری به نسبت سایر صفات برخوردار بودند (جدول ۳). علاوه بر این، شاخص حساسیت در تنش (SI) برای تمامی صفات در جدول ۳ محاسبه گردید. شاخص SI (میزان کاهش) صفات موردبررسی در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به شرایط آبیاری نشان داد که تنش باعث کاهش قابل‌توجهی در مقادیر برخی خصوصیات مورفولوژیک، ابعاد دانه و صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم نان شد. با توجه به این‌که تنش کم‌آبی در مرحله ظهور سنبله اعمال شد مقادیر شاخص حساسیت برای برخی صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا ظهور سنبله و گرده‌افشانی ناچیز و نزدیک به صفر بود. در بین صفات موردبررسی بیشترین میزان شاخص SI به ترتیب مربوط به عملکرد دانه (۰/۴۹)، وزن هزار دانه (۰/۲۹)، وزن سنبله (۰/۲۸)، وزن پدانکل (۰/۲۰)، دوره پُرشدن دانه (۰/۱۷) و عرض دانه (۰/۱۶) بود. کمترین میزان شاخص تنش (SI) متعلق به صفات تعداد روز تا رسیدگی (۰/۰۳)، طول سنبله (۰/۰۳)، طول دانه (۰/۰۴) و ارتفاع بوته (۰/۰۸) بود (جدول ۳). شاخص SI برای نسبت طول به عرض دانه برخلاف سایر صفات مقداری منفی و برابر با ۰/۱۳- به دست آمد که نشان‌دهنده این است که مقادیر این صفت در شرایط تنش کم‌آبی بیشتر از شرایط آبیاری بوده است. با توجه به این‌که طول دانه از مقدار شاخص SI کمتری به نسبت عرض دانه برخوردار است نتایج نشان می‌دهد که در صفات ابعاد دانه، عرض دانه (SI=۰/۱۶) بیشتر تحت تأثیر تنش کم‌آبی بوده است.

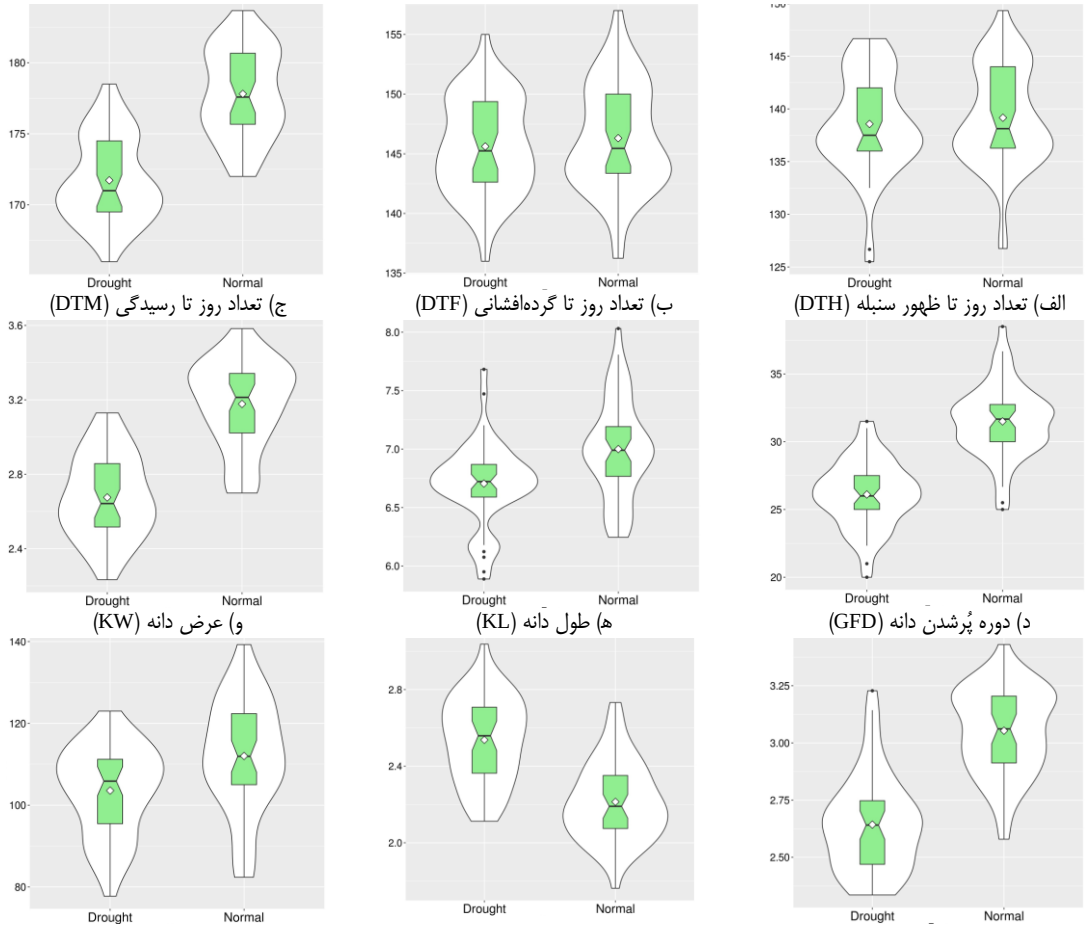
جدول ۳- آماره‌های توصیفی و ضریب تغییرات صفات موردبررسی در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی
Table 3. Descriptive statistics and variation rate for investigated characteristics of bread wheat lines under normal irrigatationand water deficit stress conditions

صفات	آبیاری عادی				تنش کم‌آبی				شاخص SI
	حداقل	حداکثر	میانگین	CV	حداقل	حداکثر	میانگین	CV	
تعداد روز تا ظهور سنبله	۱۲۷	۱۴۹	۱۳۹	۳/۴۲	۱۲۶	۱۴۷	۱۳۹	۳/۳۵	۰/۰۰
تعداد روز تا گرده‌افشانی	۱۳۶	۱۵۷	۱۴۶	۳/۰۴	۱۳۶	۱۵۵	۱۴۶	۲/۷۶	۰/۰۰
تعداد روز تا رسیدگی	۱۷۲	۱۸۴	۱۷۸	۱/۷۴	۱۶۶	۱۷۹	۱۷۲	۱/۷۳	۰/۰۳
دوره پُرشدن دانه (روز)	۲۵	۳۹	۳۲	۸/۴۵	۲۰	۳۲	۲۶	۹/۳۲	۰/۱۷
طول دانه (میلی‌متر)	۶/۲۵	۸/۰۳	۷/۰۰	۵/۹۸	۵/۸۹	۷/۶۸	۶/۷۱	۵/۲۰	۰/۰۴
عرض دانه (میلی‌متر)	۲/۷۰	۳/۵۸	۳/۱۸	۷/۳۱	۲/۲۳	۳/۱۳	۲/۶۸	۸/۳۶	۰/۱۶
ضخامت دانه (میلی‌متر)	۲/۵۸	۳/۴۳	۳/۰۵	۶/۱۴	۲/۳۴	۳/۲۳	۲/۶۴	۷/۸۴	۰/۱۳
نسبت طول به عرض دانه	۱/۷۶	۲/۷۳	۲/۲۱	۹/۲۰	۲/۱۱	۳/۰۴	۲/۵۴	۸/۷۴	-۰/۱۵
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	۸۲/۴	۱۳۹/۳	۱۱۲/۰	۱۲/۳۶	۷۷/۸	۱۲۳/۰	۱۳۰/۶	۱۰/۴۶	۰/۰۸
طول پدانکل (سانتی‌متر)	۱۸/۸	۴۵/۵	۳۴/۱	۱۷/۵۵	۲۱/۳	۳۹/۹	۳۰/۸	۱۶/۰۵	۰/۱۰
وزن پدانکل (گرم)	۰/۱۳	۰/۴۹	۰/۳۲	۲۵/۱۸	۰/۱۴	۰/۴۳	۰/۲۵	۲۸/۴۳	۰/۲۰
طول سنبله (سانتی‌متر)	۹/۰۱	۱۴/۲۵	۱۱/۹۶	۹/۹۱	۹/۵۰	۱۴/۰۷	۱۱/۶۲	۱۰/۵۵	۰/۰۳
وزن سنبله (گرم)	۱/۶۴	۴/۰۰	۲/۹۰	۱۸/۵۴	۱/۱۶	۳/۷۵	۲/۰۹	۲۴/۴۰	۰/۲۸
وزن هزار دانه (گرم)	۲۷/۸	۵۱/۰	۴۰/۳	۱۴/۸۸	۲۱/۷	۴۰/۱	۲۸/۵	۱۴/۲۴	۰/۲۹
عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	۳۵۲۱	۹۷۲۲	۶۵۸۸	۲۰/۸۹	۱۲۸۲	۵۲۲۷	۳۳۴۵	۲۶/۰۴	۰/۴۹

SI: شاخص حساسیت

بررسی توزیع فنوتیپی صفات مورد ارزیابی در شرایط آبیاری و تنش کم‌آبی

آماره‌های توصیفی صفات اندازه‌گیری‌شده برای ژنوتیپ‌های گندم نان در جدول ۳ نشان داده شده است. همچنین ویولُن پلات و نمودار جعبه‌ای برای کلیه صفات مورد مطالعه به تفکیک شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در شکل‌های ۱ و ۲ ترسیم شده است. ویولن پلات به‌مانند هیستوگرام توزیع آماری و چگالی احتمالی داده‌های اولیه را نشان می‌دهد. در مقابل نمودار جعبه‌ای نیز نشان‌دهنده مقادیر حداقل، حداکثر، میانه و چارک‌های اول و سوم برای هر صفت می‌باشد. در شرایط آبیاری محدوده تعداد روز تا ظهور سنبله در ژنوتیپ‌ها بین ۱۲۶ تا ۱۴۷ روز متغیر بود و بین ژنوتیپ‌ها تفاوتی در حدود ۲۱ روز وجود داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ‌های شماره ۳۸، ۳۵، ۲۷ و ۳۶ به ترتیب با ۱۴۷، ۱۴۶، ۱۴۶ و ۱۴۵ روز بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۴۷، ۴۹ و ۳۹ به ترتیب با ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۳۳ و ۱۳۳ روز کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در شرایط آبیاری روز تا ظهور سنبله بین ۱۲۷ تا ۱۴۹ روز متغیر بود. ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۳۴، ۲۹ و ۲۲ به ترتیب با ۱۴۹، ۱۴۶، ۱۴۶ و ۱۴۶ روز بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله و ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۴۷، ۳۹ و ۸ به ترتیب با ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۴ و ۱۳۴ روز کمترین مقادیر را در شرایط آبیاری دارا بودند (جدول ۴). با توجه به اینکه قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله انجام شد بین میانگین ژنوتیپ‌ها برای روز تا ظهور سنبله در شرایط آبیاری عادی (۱۳۹) و تنش کم‌آبی (۱۳۸) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۱). حداقل و حداکثر تعداد روز تا گرده‌افشانی ژنوتیپ‌ها در آبیاری عادی به ترتیب ۱۳۶ و ۱۵۷ روز و در تنش کم‌آبی به ترتیب ۱۳۶ و ۱۵۵ روز به دست آمد که این اختلاف نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی مناسب برای این صفت می‌باشد. در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین روز تا گرده‌افشانی متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۴، ۳۴، ۲۹ و ۲ با ۱۵۵، ۱۵۲، ۱۵۱، ۱۵۱ و ۱۵۱ روز و کمترین آن متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۴۷، ۴۹، ۳۹ و ۵۰ به ترتیب با مقادیر ۱۳۶، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۱ و ۱۴۱ روز بود. در شرایط آبیاری کمترین روز تا گرده‌افشانی متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۴۷، ۵۰، ۳۹ و ۳۳ به ترتیب با مقادیر ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۴۱، ۱۴۱ و ۱۴۲ روز و بیشترین آن متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۴، ۳۷، ۳۴ و ۲۲ به ترتیب با ۱۵۷، ۱۵۵، ۱۵۴، ۱۵۳ و ۱۵۲ روز بود (جدول‌های ۴ و ۵). میانگین کل ژنوتیپ‌ها برای صفت روز تا گرده‌افشانی ۱۴۲ و ۱۴۲ به ترتیب برای شرایط آبی و تنش بود.



الف) تعداد روز تا ظهور سنبله (DTH)
ب) تعداد روز تا گرده‌افشانی (DTF)
ج) تعداد روز تا رسیدگی (DTM)
د) دوره پُرشدن دانه (GFD)
ه) طول دانه (KL)
و) عرض دانه (KW)
ز) ضخامت دانه (KT)
ح) نسبت طول به عرض دانه (KL/KW)
و) ارتفاع بوته (PH)

شکل ۱- ویولُن پلات به همراه نمودار جعبه‌ای برای صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی. ویولن پلات توزیع آماری و چگالی احتمالی داده‌های اولیه و نمودار جعبه‌ای مقادیر حداقل، حداکثر، میانه و چارک‌های اول و سوم را نشان می‌دهد.

Figure 1. Villon plot and Box plot for investigated characteristics of bread wheat lines under normal irrigatation and water deficit stress conditions. Violin plot shown visualise the distribution of the data and probability density and Box plot shows the distribution of data based on minimum, maximum, median and first and third quartiles.

دامنه تغییرات تعداد روز تا رسیدگی برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط آبیاری عادی بین ۱۸۲-۱۷۲ روز و در شرایط تنش کم‌آبی بین ۱۷۹-۱۶۶ روز بود (جدول ۳ و شکل ۱). در شرایط آبیاری ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۴۰، ۴۲ و ۳۹ با ۱۷۲ روز تا رسیدگی به‌عنوان ژنوتیپ‌های زودرس و ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۳۴، ۳۷ و ۲ با ۱۸۲ روز تا رسیدگی به‌عنوان دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۴). در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین و کمترین روز برای رسیدگی به ترتیب ۱۷۹ و ۱۶۶ روز بود که کمترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴۷، ۴۸، ۳۹، ۱۲ و ۱۷ با مقادیر ۱۶۶، ۱۶۸، ۱۶۸، ۱۶۸، ۱۶۸ روز و بیشترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶، ۲، ۲۴ و ۲۹ به ترتیب با مقادیر ۱۷۹، ۱۷۸، ۱۷۷، ۱۷۷ و ۱۷۶ روز بود (جدول ۵). به دلیل تکرارپذیری بالای این صفت برای اکثر ژنوتیپ‌ها، اختلافات پایین هم معنی‌دار بود. همچنین تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای میانگین تعداد روز تا رسیدگی در شرایط آبی (۱۷۸ روز) و تنش (۱۷۲ روز) مشاهده شد (شکل ۱).

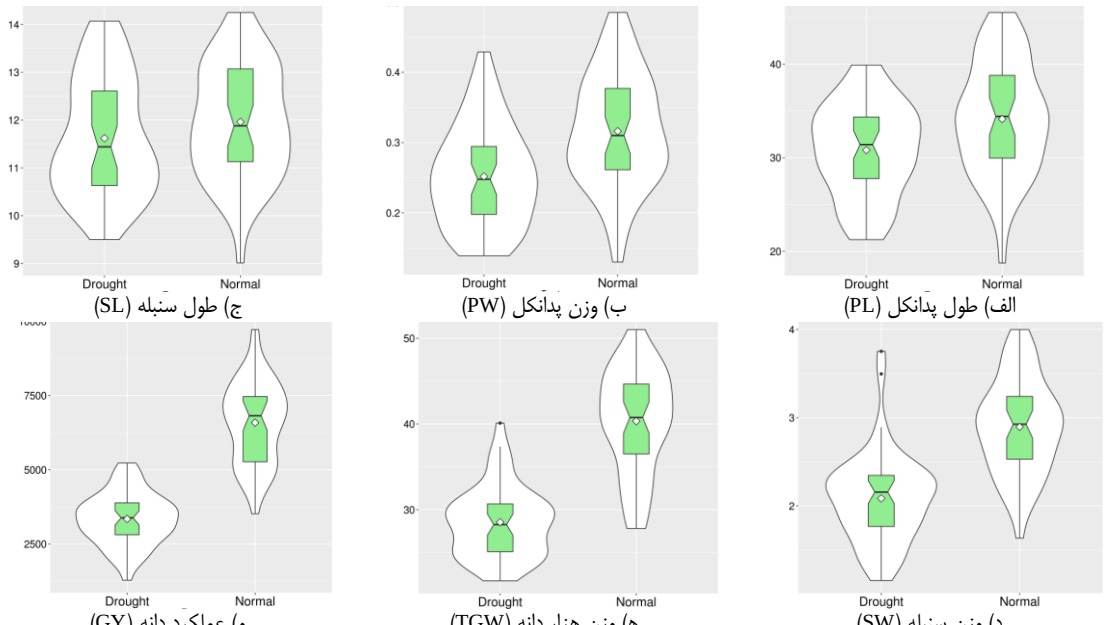
بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در شرایط آبیاری و محدودیت آبی تفاوت معنی‌داری برای طول دوره پُرشدن دانه وجود داشت. همچنین تفاوتی در حدود ۶ روز برای میانگین دوره پُرشدن دانه بین دو محیط وجود داشت که این اختلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط آبیاری عادی بیشترین دوره پُرشدن دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۵۰، ۴۷، ۱۱، ۴۸ و ۳ به ترتیب با ۳۹، ۳۷، ۳۶، ۳۶ و ۳۵ روز و کمترین آن مربوط ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۹، ۲۷، ۲۳ و ۲۸ به ترتیب با ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ و ۲۹ روز بود (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی بیشترین دوره پُرشدن دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۲۴، ۱۹، ۸ و ۱۴ به ترتیب با ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۳۰ و ۲۹ روز و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۲۷، ۳۰، ۵ و ۲۸ به ترتیب با ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۳ روز به دست آمد (جدول ۵). از نظر میانگین ارتفاع بوته در هر دو شرایط محیطی بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۱). در شرایط آبیاری ژنوتیپ‌ها شماره ۸، ۳۶، ۳۷ و ۱۴ به ترتیب با مقادیر ۱۳۹/۲، ۱۳۵/۵، ۱۳۳/۱ و ۱۲۹ سانتی‌متر بیشترین و ژنوتیپ‌ها شماره ۵۰، ۴۹،

۴۷ و ۴۳ به ترتیب با ۸۲/۴، ۸۲/۵، ۸۳/۳ و ۸۷/۸ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را دارا بودند (جدول ۴). در شرایط تنش کم‌آبی هم ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۳۱، ۸ و ۱۹ به ترتیب با ۱۲۳/۰، ۱۱۹/۱، ۱۱۹ و ۱۱۶/۴ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته و ژنوتیپ‌های شماره ۵۰، ۴۸، ۴۹ و ۵ به ترتیب با ۷۷/۸، ۸۳/۳، ۸۳/۶ و ۸۶/۵ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به تفکیک شرایط آبیاری و تنش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). در شرایط آبیاری عادی بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های ۸، ۳۲، ۴۰، ۳۳، ۱۴، ۳۶، به ترتیب با مقادیر ۹۷۲۲، ۹۴۴۲، ۸۴۲۹، ۸۲۵۵، ۸۱۹۵ و ۸۴۲۱ کیلوگرم بر هکتار و کمترین آن متعلق به ژنوتیپ‌های ۱۵، ۳، ۱، ۴، ۲۹ و ۴۶ به ترتیب با ۳۵۲۱، ۴۲۸۲، ۴۵۸۹، ۴۶۲۵، ۴۶۷۳ و ۴۷۵۲ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۴). در محیط تنش آبی ژنوتیپ‌های ۲۰، ۲۵، ۸، ۱۱ و ۲۴ به ترتیب با ۵۲۲۷، ۴۹۷۳، ۴۸۹۱، ۴۸۴۸، ۴۵۹۱ و ۴۴۰۹ کیلوگرم بر هکتار بیشترین و ژنوتیپ‌های ۳۱، ۵، ۱۵، ۳۰، ۱۸ و ۲۷ به ترتیب با مقادیر ۱۲۸۱، ۱۸۴۶، ۱۹۶۷، ۱۹۸۶ و ۲۰۸۲ کیلوگرم بر هکتار کمترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۴). با مقایسه میزان عملکرد دانه در دو محیط ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ شماره ۸ در هر دو محیط بیشترین عملکرد دانه را داشته و از پایداری تولید برخوردار می‌باشد.

وزن دانه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزاء در عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی محسوب می‌شود به‌طوری که اکثر گزارش‌ها نشان دادند که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از وزن دانه نسبتاً بالایی برخوردارند. در این مطالعه نتایج نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن هزار دانه در هر دو شرایط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). دامنه تغییرات در شرایط آبیاری عادی بین ۲۷/۸ و ۵۱/۰ گرم و در شرایط تنش آبی بین ۲۱/۷ و ۴۰/۱ گرم بود (جدول ۳ و شکل ۲). در شرایط آبی ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۸، ۲۵، ۳۲ و ۲۶ با مقادیر ۵۱/۰، ۴۸/۹، ۴۸/۹، ۴۷/۹ و ۴۷/۷ گرم بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۴۴، ۳۰، ۱۵، ۲۹ و ۴ با ۲۷/۸، ۲۸/۲، ۲۸/۶، ۲۹/۶ و ۳۰/۸ گرم کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین وزن هزار دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۱، ۴۰، ۵۰ و ۸ با مقادیر ۴۰/۱، ۳۷/۴، ۳۶/۲، ۳۵/۸ و ۳۵/۰ گرم و کمترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۱۱، ۲۷، ۴۴ و ۱۴ با ۲۱/۷، ۲۳/۰، ۲۳/۱، ۲۳/۲ و ۲۳/۸ گرم بود (جدول ۵).

میانگین صفت طول دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری عادی و تنش به ترتیب برابر با ۷/۰ و ۶/۷۱ میلی‌متر بود که در هر دو شرایط اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری عادی دامنه تغییرات عرض دانه بین ۶/۲۵ تا ۸/۰۳ میلی‌متر متغیر بود که بیشترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۳، ۴۶، ۲۴، ۳۲ و ۲۸ و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۵۰، ۱۲، ۴ و ۴۹ بود (جدول ۴).



الف) طول پدانکل (PL) ب) وزن پدانکل (PW) ج) طول سنبله (SL)

د) وزن سنبله (SW) ه) وزن هزار دانه (TGW) و) عملکرد دانه (GY)

شکل ۲- ویولُن پلات به همراه نمودار جعبه‌ای برای صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی. ویولن پلات توزیع آماری و چگالی احتمالی داده‌های اولیه و نمودار جعبه‌ای مقادیر حداقل، حداکثر، میانه و چارک‌های اول و سوم را نشان می‌دهد.

Figure 2. Villon plot and box plot for investigated characteristics of bread wheat lines under normal irrigatationand water deficit stress conditions. Violin plot shown visualise the distribution of the data and probability density and Box plot shows the distribution of data based on minimum, maximum, median and first and third quartiles.

همچنین دامنه تغییرات طول دانه در شرایط تنش کم‌آبی بین ۵/۸۹ تا ۷/۶۸ میلی‌متر بود که ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۶، ۱، ۵ و ۳۴ به ترتیب بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۱۲۰، ۲۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب کمترین مقادیر طول دانه را دارا بودند.

نتایج نشان داد که میانگین صفت عرض دانه در شرایط تنش کم‌آبی (۲/۶۸ میلی‌متر) کمتر از شرایط آبیاری (۳/۵۸ میلی‌متر) عادی بود. بر اساس نتایج به دست آمده از نظر این صفت، بین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط محیطی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ‌های شماره ۸۹، ۴۱، ۱۳، ۲۷ و ۸ به ترتیب با ۳/۱۳، ۳/۱۱، ۳/۰۴، ۳/۰۳ و ۳/۰۲ میلی‌متر بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۴۹، ۱۶، ۲۴، ۴۵ و ۳۶ به ترتیب با ۲/۲۳، ۲/۲۸، ۲/۳۲، ۲/۳۷ و ۲/۳۸ میلی‌متر کمترین عرض دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در شرایط آبیاری عادی بیشترین عرض دانه متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۵۰، ۹، ۶، ۳۳ و ۴۸ به ترتیب با ۳/۵۸، ۳/۵۳، ۳/۴۹، ۳/۴۵ و ۳/۴۴ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴۴، ۱۴، ۱۵، ۲۹ و ۳۴ به‌ترتیب با مقادیر ۲/۷۰، ۲/۷۲، ۲/۷۲، ۲/۷۳ و ۲/۷۶ میلی‌متر بود (جدول ۴).

بررسی صفت ضخامت دانه در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی نشان داد که تنوع برای این صفت در شرایط آبیاری عادی و در محیط تنش وجود داشت به‌طوری که اختلاف آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری عادی دامنه تغییرات ضخامت دانه ژنوتیپ‌ها از حدود ۲/۵۸ تا ۳/۴۳ میلی‌متر متغیر بود به‌طوری که ژنوتیپ‌های شماره ۳۹، ۶، ۳۳ و ۲ بیشترین ضخامت دانه و ژنوتیپ‌های شماره ۴۴، ۲۹، ۴۷ و ۳۰ دارای کمترین ضخامت دانه بودند (جدول ۴). نتایج نشان داد که میانگین ضخامت دانه بین شرایط تنش کم‌آبی (۲/۶۴ میلی‌متر) و شرایط آبیاری عادی (۳/۰۵ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری داشت. در شرایط تنش کم‌آبی دامنه تغییرات بین ۲/۳۴ تا ۳/۲۳ میلی‌متر بود و ژنوتیپ‌های شماره ۲۷، ۴۱، ۲۶، ۴۲ و ۱۵ دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۲۹، ۳۹، ۹، ۴۹ و ۲۴ دارای کمترین ضخامت دانه بودند (جدول ۵).

براساس نتایج به دست آمده از نظر صفت وزن پدانکل، بین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط محیطی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در شرایط آبی عادی ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۳۳، ۸، ۳۷، ۱۸ و ۴۷ به ترتیب با ۰/۴۸۵، ۰/۴۵۸، ۰/۴۵۸، ۰/۴۴۳، ۰/۴۲۹ و ۰/۴۲۸ گرم بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۴۳، ۳، ۲۸، ۴۴، ۱۵ و ۲۱ به ترتیب با ۰/۱۳۰، ۰/۱۶۹، ۰/۱۸۰، ۰/۲۱۰، ۰/۲۱۸ و ۰/۲۱۹ گرم کمترین صفت وزن پدانکل را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در شرایط تنش کم‌آبی ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۲۶، ۴۱، ۱۳، ۴۲ و ۴۳ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۴۲۹، ۰/۳۹۰، ۰/۳۸۳، ۰/۳۸۲، ۰/۳۴۸ و ۰/۳۴۷ بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۲۳، ۲۹، ۱۲، ۳۸، ۱۵ و ۲۵ به ترتیب با ۰/۱۳۹، ۰/۱۴۶، ۰/۱۵۳، ۰/۱۵۴، ۰/۱۵۸ و ۰/۱۶۰ گرم کمترین وزن پدانکل را داشتند (جدول ۵). صفت طول سنبله در شرایط آبیاری دارای دامنه تغییرات بین ۹/۰ تا ۱۴/۳ سانتی‌متر و در شرایط تنش دامنه‌ای در حدود ۹/۵ تا ۱۴/۱ سانتی‌متر را دارا بود (جدول‌های ۴ و ۵). میانگین این صفت در ژنوتیپ‌های گندم برای شرایط آبیاری عادی و تنش به ترتیب برابر با ۱۱/۹۶ و ۱۱/۶۲ سانتی‌متر بود که این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳).

وراثت‌پذیری صفات مورد ارزیابی

وراثت‌پذیری عمومی برمبنای امید ریاضی میانگین مربعات برای کلیه صفات در شرایط آبیاری عادی، تنش کم‌آبی و در مجموع دو شرایط آبی محاسبه گردید (جدول ۶). در شرایط آبیاری عادی میزان وراثت‌پذیری عمومی بین ۰/۳۸۵ برای طول پدانکل تا ۰/۹۷۰ برای تعداد روز تا ظهور سنبله متغیر بود. بیشترین و کمترین میزان وارثت‌پذیری در شرایط تنش کم‌آبی متعلق به صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی (۰/۹۲۲) و ضخامت دانه (۰/۴۲۷) بود. در هر دو شرایط رطوبتی، صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی بیشترین مقادیر وراثت‌پذیری را در بین صفات مورد مطالعه برخوردار بودند. مقدار وراثت‌پذیری عمومی برای دوره پُرشدن دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی به ترتیب ۶۰۵/ و ۰/۵۰۷ برآورد شد. در مجموع دو محیط برای صفات ابعاد دانه بیشترین وراثت‌پذیری متعلق به طول دانه (۰/۸۹۴) و کمترین آن مربوط به عرض دانه (۰/۶۲۷) بود. عملکرد دانه در دو محیط آبی و تنش دارای وراثت‌پذیری بالایی به ترتیب با مقادیر ۰/۷۰۸ و ۰/۷۸۹ بود اما این مقدار در مجموع دو محیط به ۰/۳۷۸ کاهش پیدا کرد (جدول ۶). نتایج در مجموع نشان داد که در دو محیط صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، دوره پُرشدن دانه، طول دانه، عرض دانه، ضخامت دانه، نسبت طول به عرض دانه، طول سنبله، وزن سنبله و وزن هزار دانه وراثت‌پذیری بالای ۰/۶۰ داشتند. این مقدار در مجموع دو محیط برای عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول پدانکل و وزن پدانکل به ترتیب ۰/۳۷۸، ۰/۴۲۹، ۰/۱۵۰ و ۰/۳۶۰ برآورد شد. مقدار وراثت‌پذیری به میزان تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم، اثرات محیطی و نوع صفت بستگی دارد (۱۲). تفاوت در وراثت‌پذیری یک صفت می‌تواند ناشی از تفاوت در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، شرایط محیطی و تعداد سال‌های آزمایش باشد. بالابودن مقدار وراثت‌پذیری نشان‌دهنده سهم بیشتر واریانس ژنتیکی نسبت به واریانس محیطی است (۱۵).

جدول ۴- مقادیر میانگین صفات ابعاد دانه، خصوصیات فنولوژیک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط آبیاری

Table 4. Mean value of kernel morphology, phenological characteristics and grain yield of bread wheat genotypes in irrigation condition

GY	TGW	SW	SL	PW	PL	PH	KL/KW	KT	KW	KL	GFD	DTM	DTF	DTH	ژنوتیپ
۴۵۸۹	۵۱/۰	۲/۰۳	۱۳/۱	۰/۲۴۹	۳۳/۲	۱۰۰/۹	۲/۱۸	۳/۰۶	۳/۲۱	۶/۹۹	۳۰	۱۷۶	۱۴۶	۱۳۸	۱
۵۲۲۷	۴۰/۰	۲/۵۲	۱۴/۰	۰/۳۳۵	۳۷/۵	۱۱۶/۳	۱/۹۸	۳/۲۸	۳/۳۳	۷/۰۹	۳۱	۱۸۲	۱۵۲	۱۴۵	۲
۴۲۸۲	۴۴/۵	۲/۴۸	۱۰/۵	۰/۱۶۹	۲۳/۲	۹۵/۹	۲/۲۱	۳/۱۸	۳/۳۳	۷/۳۳	۳۵	۱۷۹	۱۴۴	۱۳۷	۳
۴۶۲۵	۳۰/۸	۲/۴۱	۱۰/۸	۰/۲۶۳	۳۰/۴	۱۰۹/۰	۲/۱۰	۲/۸۷	۲/۹۸	۶/۳۳	۲۵	۱۸۰	۱۵۵	۱۴۴	۴
۷۲۵۷	۴۱/۹	۲/۳۰	۱۱/۵	۰/۳۳۸	۴۲/۹	۱۱۹/۹	۲/۴۲	۲/۹۹	۳/۱۲	۷/۴۵	۳۰	۱۸۰	۱۵۰	۱۴۵	۵
۷۴۹۷	۴۶/۵	۳/۰۸	۱۲/۳	۰/۲۳۸	۲۶/۹	۱۰۳/۸	۲/۰۰	۳/۲۹	۳/۴۹	۶/۹۷	۳۲	۱۷۷	۱۴۵	۱۳۷	۶
۵۴۴۶	۳۹/۸	۳/۲۵	۱۳/۳	۰/۲۸۰	۲۷/۴	۱۱۰/۰	۲/۱۷	۳/۲۱	۳/۳۴	۷/۱۹	۳۴	۱۸۲	۱۴۸	۱۳۹	۷
۹۷۲۲	۴۸/۹	۳/۷۲	۱۲/۶	۰/۴۵۸	۴۲/۶	۱۳۹/۳	۲/۰۹	۳/۱۷	۳/۳۸	۷/۰۰	۳۳	۱۷۷	۱۴۴	۱۳۴	۸
۶۶۸۶	۳۶/۰	۲/۳۹	۱۰/۲	۰/۳۱۰	۳۴/۸	۱۱۲/۱	۱/۹۳	۳/۲۲	۳/۵۳	۶/۷۹	۳۰	۱۷۴	۱۴۴	۱۳۷	۹
۷۳۳۶	۴۳/۸	۲/۵۷	۱۱/۴	۰/۳۸۵	۴۳/۴	۱۲۶/۸	۲/۰۳	۳/۰۱	۳/۳۱	۶/۷۲	۳۲	۱۷۵	۱۴۳	۱۳۷	۱۰
۷۳۷۳	۳۴/۱	۲/۸۶	۱۳/۱	۰/۳۷۰	۳۹/۸	۱۲۷/۹	۲/۰۸	۲/۹۷	۳/۱۰	۶/۴۱	۳۶	۱۸۲	۱۴۶	۱۴۰	۱۱
۵۲۲۲	۴۰/۸	۲/۹۰	۱۳/۲	۰/۳۹۳	۴۲/۴	۱۲۳/۸	۱/۹۷	۲/۸۳	۳/۲۲	۶/۳۲	۳۳	۱۷۵	۱۴۲	۱۳۷	۱۲
۵۳۰۹	۴۲/۰	۳/۱۲	۱۱/۲	۰/۳۹۱	۲۷/۷	۹۰/۵	۲/۱۷	۳/۲۰	۳/۲۷	۷/۰۹	۳۴	۱۷۸	۱۴۴	۱۳۸	۱۳
۸۱۹۵	۳۵/۱	۳/۲۸	۱۲/۱	۰/۳۳۱	۳۷/۷	۱۲۹/۰	۲/۴۱	۲/۷۸	۲/۷۲	۶/۵۲	۳۲	۱۸۱	۱۴۹	۱۴۱	۱۴
۳۵۲۱	۲۸/۶	۲/۵۶	۱۳/۳	۰/۲۱۸	۲۴/۹	۱۰۱/۲	۲/۶۵	۲/۸۶	۲/۷۲	۷/۱۸	۳۰	۱۸۱	۱۵۱	۱۴۵	۱۵
۵۸۱۸	۴۰/۷	۳/۳۹	۱۱/۱	۰/۴۸۵	۴۵/۵	۱۲۳/۴	۲/۱۶	۳/۱۴	۳/۱۸	۶/۸۵	۳۳	۱۷۵	۱۴۲	۱۳۵	۱۶
۶۹۵۵	۴۲/۰	۲/۷۷	۱۲/۲	۰/۳۷۹	۳۹/۲	۱۱۶/۶	۲/۲۰	۳/۲۷	۳/۱۵	۶/۹۱	۳۲	۱۷۴	۱۴۳	۱۳۴	۱۷
۷۷۰۰	۳۳/۴	۳/۷۶	۱۴/۳	۰/۴۲۹	۴۰/۸	۱۲۸/۸	۲/۱۹	۳/۱۰	۳/۲۸	۷/۵۶	۳۳	۱۸۱	۱۴۸	۱۴۵	۱۸
۵۹۴۴	۴۴/۴	۲/۸۹	۱۱/۷	۰/۲۹۸	۳۴/۴	۱۰۷/۳	۲/۱۳	۳/۲۲	۳/۴۰	۷/۱۶	۳۳	۱۷۸	۱۴۵	۱۳۷	۱۹
۸۰۸۲	۴۶/۸	۲/۹۳	۱۰/۶	۰/۲۷۱	۳۴/۴	۱۰۹/۰	۲/۱۹	۳/۲۰	۳/۴۱	۷/۴۶	۳۲	۱۷۶	۱۴۴	۱۳۷	۲۰
۴۹۷۸	۴۵/۸	۲/۱۹	۱۱/۲	۰/۲۱۹	۲۸/۱	۱۰۵/۴	۲/۳۳	۳/۱۹	۳/۱۳	۷/۳۱	۳۰	۱۷۶	۱۴۵	۱۳۸	۲۱
۷۷۳۱	۳۴/۱	۲/۶۳	۱۲/۴	۰/۳۳۴	۴۱/۴	۱۲۷/۸	۱/۹۶	۲/۹۸	۳/۱۹	۶/۲۵	۲۹	۱۸۱	۱۵۲	۱۴۶	۲۲
۷۹۰۲	۴۴/۱	۲/۶۸	۱۱/۶	۰/۲۷۸	۳۴/۵	۱۰۳/۰	۲/۷۳	۲/۹۰	۲/۹۵	۸/۰۳	۲۸	۱۷۸	۱۵۰	۱۴۲	۲۳
۶۳۱۳	۴۰/۴	۳/۷۳	۱۳/۴	۰/۲۴۸	۲۶/۷	۱۰۵/۴	۲/۵۰	۳/۲۸	۳/۱۰	۷/۷۲	۳۲	۱۸۰	۱۴۸	۱۳۸	۲۴
۶۴۰۷	۴۸/۹	۳/۱۰	۱۲/۳	۰/۲۶۱	۲۹/۹	۱۱۱/۸	۲/۰۷	۳/۲۲	۳/۳۶	۶/۹۶	۳۳	۱۷۷	۱۴۴	۱۳۷	۲۵
۷۱۹۱	۴۷/۷	۳/۰۴	۱۱/۷	۰/۲۹۵	۳۱/۹	۱۱۶/۸	۲/۳۹	۳/۰۶	۳/۱۰	۷/۳۸	۳۳	۱۷۷	۱۴۴	۱۳۶	۲۶
۷۹۶۳	۳۲/۳	۲/۹۳	۱۱/۰	۰/۴۰۷	۳۹/۲	۱۲۷/۸	۲/۱۳	۲/۹۳	۳/۰۷	۶/۵۴	۲۷	۱۸۴	۱۵۷	۱۴۹	۲۷
۵۲۴۱	۳۸/۸	۱/۶۴	۱۱/۱	۰/۱۸۰	۳۰/۲	۱۰۷/۴	۲/۳۰	۳/۱۸	۳/۰۰	۷/۶۲	۲۹	۱۷۶	۱۴۸	۱۴۱	۲۸
۴۶۷۳	۲۹/۶	۳/۰۸	۱۳/۹	۰/۳۴۸	۳۵/۶	۱۱۹/۵	۲/۶۲	۲/۶۵	۲/۷۳	۶/۹۹	۲۶	۱۷۷	۱۵۱	۱۴۶	۲۹
۷۳۳۵	۲۸/۲	۲/۲۳	۱۲/۴	۰/۲۵۹	۳۱/۸	۱۲۶/۰	۲/۳۵	۲/۷۷	۲/۷۸	۶/۴۷	۳۰	۱۸۰	۱۵۰	۱۴۲	۳۰
۶۳۲۷	۴۵/۴	۳/۲۷	۱۳/۱	۰/۳۱۰	۳۵/۴	۱۲۲/۳	۲/۲۸	۳/۲۳	۳/۳۲	۷/۵۵	۳۲	۱۷۸	۱۴۶	۱۳۹	۳۱
۹۴۴۲	۴۷/۹	۳/۷۳	۱۳/۱	۰/۳۶۰	۳۶/۱	۱۲۲/۴	۲/۲۶	۳/۰۵	۳/۳۸	۷/۶۳	۳۲	۱۸۰	۱۴۷	۱۴۱	۳۲
۸۲۵۵	۴۶/۸	۴/۰۰	۱۱/۸	۰/۴۵۸	۴۳/۰	۱۲۰/۰	۲/۰۴	۳/۲۹	۳/۴۵	۷/۰۲	۳۴	۱۷۶	۱۴۲	۱۳۵	۳۳
۵۲۵۸	۳۱/۸	۳/۰۱	۱۲/۹	۰/۲۶۵	۲۸/۰	۱۱۱/۴	۲/۵۰	۲/۸۳	۲/۷۶	۶/۸۹	۳۰	۱۸۲	۱۵۳	۱۴۶	۳۴
۷۱۶۲	۳۸/۰	۳/۱۴	۱۳/۲	۰/۲۷۰	۲۷/۶	۱۰۴/۹	۲/۴۷	۲/۸۷	۲/۸۴	۶/۹۹	۳۱	۱۸۱	۱۵۰	۱۴۵	۳۵
۸۱۳۲	۳۸/۲	۳/۵۷	۱۳/۹	۰/۳۹۳	۴۰/۱	۱۳۵/۵	۲/۳۷	۲/۹۸	۳/۰۱	۷/۰۳	۳۰	۱۸۱	۱۵۱	۱۴۵	۳۶
۸۱۲۷	۴۲/۱	۳/۵۳	۱۱/۸	۰/۴۴۳	۴۴/۰	۱۳۳/۱	۲/۱۰	۳/۰۷	۳/۳۴	۷/۰۱	۲۹	۱۸۲	۱۵۴	۱۴۴	۳۷
۶۲۳۹	۳۹/۶	۲/۶۸	۱۲/۰	۰/۲۵۳	۳۰/۹	۱۰۷/۳	۲/۳۶	۲/۹۱	۲/۹۴	۶/۸۹	۲۹	۱۸۱	۱۵۱	۱۴۵	۳۸
۷۰۷۸	۴۴/۳	۲/۹۲	۱۰/۶	۰/۳۶۷	۳۶/۳	۱۰۸/۸	۲/۰۶	۳/۴۳	۳/۳۷	۶/۸۵	۳۲	۱۷۳	۱۴۱	۱۳۴	۳۹
۸۴۲۹	۳۹/۵	۲/۵۸	۱۰/۱	۰/۲۷۳	۳۳/۶	۱۱۶/۳	۲/۲۲	۳/۲۱	۳/۱۳	۶/۸۹	۳۰	۱۷۲	۱۴۲	۱۳۶	۴۰
۶۹۵۵	۴۴/۷	۳/۲۰	۱۲/۰	۰/۳۱۰	۲۹/۹	۱۱۵/۱	۲/۱۹	۳/۲۸	۳/۳۰	۷/۱۹	۳۴	۱۷۸	۱۴۴	۱۳۶	۴۱
۶۶۰۹	۳۹/۲	۳/۳۷	۱۲/۶	۰/۳۹۸	۲۸/۹	۱۰۷/۰	۲/۲۵	۳/۱۶	۳/۱۹	۷/۱۵	۳۰	۱۷۳	۱۴۳	۱۳۶	۴۲
۵۰۸۳	۴۶/۵	۲/۱۳	۱۱/۱	۰/۱۳۰	۱۸/۸	۷۸/۸	۲/۰۹	۳/۱۸	۳/۴۰	۷/۰۶	۳۳	۱۷۶	۱۴۳	۱۳۶	۴۳
۵۱۳۶	۲۷/۸	۲/۰۱	۱۳/۳	۰/۲۱۰	۳۴/۶	۱۱۳/۸	۲/۴۹	۲/۵۸	۲/۷۰	۶/۶۶	۳۱	۱۸۲	۱۵۲	۱۴۵	۴۴
۶۴۱	۳۳/۷	۲/۴۲	۱۱/۰	۰/۳۱۱	۳۴/۳	۱۱۶/۱	۲/۲۹	۲/۹۵	۲/۹۷	۶/۷۶	۳۳	۱۷۹	۱۴۶	۱۳۹	۴۵
۴۷۵۲	۴۴/۱	۲/۱۹	۱۱/۷	۰/۲۵۶	۳۳/۴	۹۸/۶	۲/۳۵	۳/۰۱	۳/۳۴	۷/۸۱	۳۰	۱۷۴	۱۴۳	۱۳۶	۴۶
۷۱۳۵	۴۱/۶	۲/۸۰	۱۰/۸	۰/۴۲۸	۳۶/۹	۸۳/۳	۲/۰۳	۲/۷۶	۳/۲۶	۶/۶۱	۳۷	۱۷۴	۱۳۷	۱۲۸	۴۷
۶۹۷۸	۳۸/۴	۲/۹۹	۱۰/۴	۰/۳۷۰	۳۵/۰	۹۱/۱	۱/۹۸	۲/۹۶	۳/۴۴	۶/۷۹	۳۶	۱۷۲	۱۳۶	۱۲۷	۴۸
۶۹۶۰	۳۹/۷	۲/۹۴	۹/۰	۰/۳۱۳	۳۰/۵	۸۲/۵	۱/۹۴	۲/۸۸	۳/۳۲	۶/۴۰	۳۲	۱۷۶	۱۴۴	۱۳۵	۴۹
۶۴۲۸	۴۶/۱	۳/۸۷	۱۰/۸	۰/۳۸۰	۳۱/۷	۸۲/۴	۱/۷۶	۳/۰۴	۳/۵۸	۶/۲۶	۳۹	۱۷۹	۱۴۱	۱۳۵	۵۰
۶۵۸۸	۴۰/۳	۲/۹۰	۱۲/۰	۰/۳۱۶	۳۴/۱	۱۱۲/۰	۲/۲۱	۳/۰۵	۳/۱۸	۷/۰۰	۳۲	۱۷۸	۱۴۶	۱۳۹	میانگین

DTH: تعداد روز تا ظهور سنبله، DTF: تعداد روز تا گرده‌افشانی، DTM: تعداد روز تا رسیدگی، GFD: دوره پُرشدن دانه، KL: طول دانه (میلی‌متر)، KW: عرض دانه (میلی‌متر)، KT: ضخامت دانه (میلی‌متر)، KL/KW: نسبت طول به عرض دانه، PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، PL: طول پدانکل (سانتی‌متر)، PW: وزن پدانکل (گرم)، SL: طول سنبله (سانتی‌متر)، SW: وزن سنبله (گرم)، TGW: وزن هزار دانه (گرم)، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

جدول ۵- مقادیر میانگین صفات ابعاد دانه، خصوصیات فنولوژیک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی

Table 5. Mean value of kernel morphology, phenological characteristics and grain yield of bread wheat genotypes in water deficit stress condition

GY	TGW	SW	SL	PW	PL	PH	KL/KW	KT	KW	KL	GFD	DTM	DTF	DTH	ژنوتیپ
۳۴۵۵	۳۷/۴	۱/۸۷	۱۳/۷	۰/۲۳۴	۳۴/۳	۱۰۱/۸	۲/۷۷	۲/۶۰	۲/۶۱	۷/۲۰	۲۶	۱۷۴	۱۴۸	۱۳۹	۱
۲۸۳۶	۲۴/۷	۲/۲۵	۱۳/۶	۰/۲۶۲	۳۱/۶	۱۱۰/۸	۲/۴۷	۲/۶۷	۲/۷۳	۶/۶۶	۲۶	۱۷۷	۱۵۱	۱۴۵	۲
۲۵۷۷	۳۰/۳	۲/۲۴	۱۰/۱	۰/۲۹۸	۳۵/۴	۱۱۵/۲	۲/۶۸	۲/۶۵	۲/۶۳	۶/۸۵	۲۵	۱۷۱	۱۴۶	۱۳۸	۳
۲۳۶۴	۲۴/۰	۲/۴۲	۱۱/۱	۰/۳۲۷	۳۵/۵	۱۰۲/۰	۲/۵۶	۲/۶۹	۲/۶۹	۶/۸۰	۲۳	۱۷۵	۱۵۲	۱۴۴	۴
۱۸۴۶	۲۷/۹	۱/۱۶	۱۰/۳	۰/۱۸۵	۲۹/۶	۸۶/۵	۲/۷۱	۲/۷۰	۲/۶۷	۷/۱۳	۲۳	۱۷۰	۱۴۸	۱۴۲	۵
۴۴۰۹	۳۰/۱	۲/۲۲	۱۲/۸	۰/۲۳۷	۳۰/۱	۱۰۳/۵	۲/۴۵	۲/۸۷	۲/۸۰	۶/۸۲	۲۸	۱۷۲	۱۴۴	۱۳۷	۶
۳۰۹۱	۲۸/۵	۲/۰۳	۱۲/۳	۰/۱۹۹	۲۳/۰	۹۲/۳	۲/۸۷	۲/۴۲	۲/۴۱	۶/۸۸	۲۶	۱۷۵	۱۴۹	۱۴۲	۷
۴۸۹۱	۳۵/۰	۲/۳۵	۱۰/۹	۰/۲۹۵	۳۶/۶	۱۱۹/۰	۲/۲۴	۲/۸۱	۳/۰۲	۶/۷۴	۳۰	۱۷۴	۱۴۴	۱۳۷	۸
۳۷۷۱	۲۵/۴	۱/۹۲	۱۱/۱	۰/۲۱۲	۲۵/۶	۹۱/۴	۲/۷۴	۲/۳۶	۲/۴۶	۶/۶۸	۲۴	۱۶۹	۱۴۵	۱۳۷	۹
۳۶۶۵	۳۰/۳	۱/۸۶	۱۱/۰	۰/۲۷۲	۳۲/۶	۱۰۹/۹	۲/۱۱	۲/۷۶	۲/۹۱	۶/۱۲	۲۶	۱۶۹	۱۴۳	۱۳۷	۱۰
۴۸۴۸	۲۳/۰	۱/۷۹	۱۱/۴	۰/۲۱۹	۲۹/۳	۹۶/۵	۲/۲۰	۲/۶۱	۲/۸۲	۶/۱۸	۲۷	۱۷۰	۱۴۳	۱۳۷	۱۱
۲۳۹۱	۲۸/۰	۱/۷۶	۱۳/۵	۰/۱۵۲	۲۲/۷	۸۸/۹	۲/۶۵	۲/۵۰	۲/۵۰	۶/۵۶	۲۷	۱۶۸	۱۴۱	۱۳۶	۱۲
۴۰۰۰	۳۳/۷	۲/۳۵	۱۰/۳	۰/۳۸۲	۳۳/۸	۱۰۸/۸	۲/۲۸	۲/۸۵	۳/۰۴	۶/۸۵	۲۸	۱۷۲	۱۴۴	۱۳۸	۱۳
۲۸۰۵	۲۳/۸	۱/۶۹	۱۰/۳	۰/۱۵۷	۲۶/۳	۹۹/۸	۲/۳۶	۲/۹۱	۲/۷۲	۶/۵۳	۲۹	۱۷۵	۱۴۶	۱۴۰	۱۴
۱۹۶۷	۲۴/۰	۲/۲۵	۱۴/۱	۰/۱۷۸	۲۴/۴	۱۰۰/۴	۲/۸۶	۲/۴۰	۲/۲۸	۶/۴۸	۲۳	۱۷۳	۱۵۰	۱۴۵	۱۵
۳۷۰۹	۳۲/۳	۲/۴۲	۱۰/۹	۰/۴۲۹	۳۹/۸	۱۱۵/۰	۲/۳۷	۲/۸۹	۲/۹۷	۶/۹۹	۲۹	۱۷۰	۱۴۱	۱۳۴	۱۶
۳۹۲۰	۲۸/۹	۱/۹۲	۱۱/۰	۰/۳۲۵	۳۹/۴	۱۱۵/۸	۲/۴۶	۲/۷۷	۲/۷۱	۶/۶۰	۲۷	۱۶۸	۱۴۱	۱۳۵	۱۷
۲۰۸۲	۲۴/۹	۲/۴۰	۱۳/۸	۰/۲۱۵	۲۵/۴	۸۹/۸	۲/۶۶	۲/۵۲	۲/۵۳	۶/۶۶	۲۰	۱۷۱	۱۵۱	۱۴۴	۱۸
۴۲۶۴	۲۹/۹	۲/۲۱	۱۲/۰	۰/۲۸۹	۳۵/۸	۱۱۶/۴	۲/۳۶	۲/۶۹	۲/۸۳	۶/۶۵	۳۰	۱۷۱	۱۴۱	۱۳۶	۱۹
۵۲۲۷	۳۱/۰	۲/۲۱	۱۰/۶	۰/۲۸۴	۳۴/۱	۱۰۵/۴	۲/۵۱	۲/۷۲	۲/۷۶	۶/۸۷	۲۶	۱۷۱	۱۴۶	۱۳۷	۲۰
۳۰۱۰	۲۹/۸	۱/۴۳	۱۰/۱	۰/۱۳۹	۲۳/۳	۸۹/۹	۲/۶۰	۲/۶۷	۲/۶۴	۶/۷۰	۲۸	۱۷۱	۱۴۳	۱۳۸	۲۱
۲۸۹۱	۲۱/۷	۱/۲۵	۱۱/۴	۰/۱۷۶	۲۶/۵	۱۰۹/۵	۲/۵۶	۲/۴۰	۲/۳۲	۵/۸۹	۲۶	۱۷۷	۱۵۱	۱۴۴	۲۲
۲۹۰۰	۲۸/۱	۱/۳۶	۱۰/۱	۰/۱۶۰	۲۷/۷	۹۰/۰	۳/۰۴	۲/۴۴	۲/۵۵	۷/۶۸	۲۴	۱۷۰	۱۴۶	۱۳۹	۲۳
۴۵۹۱	۳۱/۸	۳/۵۰	۱۳/۰	۰/۳۹۰	۳۵/۹	۱۲۳/۰	۲/۶۰	۳/۰۸	۲/۹۰	۷/۴۷	۳۱	۱۷۸	۱۴۷	۱۳۸	۲۴
۴۹۷۳	۴۰/۱	۲/۱۷	۱۱/۴	۰/۲۵۰	۲۹/۶	۱۰۵/۶	۲/۲۹	۳/۲۳	۳/۰۳	۶/۸۹	۲۷	۱۷۱	۱۴۴	۱۳۶	۲۵
۳۳۲۷	۳۰/۸	۲/۵۹	۱۲/۵	۰/۲۵۵	۲۸/۸	۱۰۱/۳	۲/۶۸	۲/۶۸	۲/۶۵	۷/۰۲	۲۷	۱۷۲	۱۴۵	۱۳۷	۲۶
۲۳۰۳	۲۳/۱	۱/۷۹	۱۰/۹	۰/۱۴۶	۲۱/۷	۹۵/۱	۲/۳۹	۲/۳۴	۲/۵۶	۶/۰۸	۲۱	۱۷۶	۱۵۵	۱۴۶	۲۷
۳۳۳۶	۳۰/۳	۱/۴۱	۱۰/۳	۰/۲۱۷	۳۲/۵	۱۰۴/۰	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۴۵	۷/۰۰	۲۳	۱۷۱	۱۴۸	۱۴۰	۲۸
۲۷۰۷	۲۵/۳	۲/۲۵	۱۲/۹	۰/۲۳۲	۲۹/۵	۱۰۶/۸	۲/۶۱	۲/۵۹	۲/۶۲	۶/۷۲	۲۴	۱۷۵	۱۵۱	۱۴۴	۲۹
۱۹۸۶	۳۱/۳	۱/۹۱	۱۲/۰	۰/۱۷۹	۲۳/۸	۹۸/۱	۲/۴۸	۲/۴۸	۲/۵۱	۶/۱۹	۲۲	۱۷۱	۱۴۹	۱۴۰	۳۰
۱۲۸۲	۲۹/۰	۱/۹۶	۱۱/۳	۰/۲۴۹	۳۳/۵	۱۱۹/۱	۲/۶۵	۲/۶۶	۲/۶۰	۶/۷۸	۲۶	۱۷۲	۱۴۶	۱۳۸	۳۱
۳۲۰۰	۲۷/۸	۱/۶۹	۱۱/۸	۰/۱۹۷	۲۴/۲	۱۰۶/۹	۲/۷۶	۲/۴۷	۲/۵۷	۷/۰۴	۲۵	۱۷۲	۱۴۷	۱۴۰	۳۲
۳۹۷۰	۲۷/۳	۲/۱۹	۱۲/۵	۰/۲۷۵	۳۲/۸	۱۱۶/۰	۲/۶۵	۲/۵۵	۲/۵۴	۶/۶۸	۲۶	۱۶۹	۱۴۳	۱۳۵	۳۳
۳۰۹۱	۲۵/۱	۲/۰۵	۱۳/۹	۰/۲۱۷	۲۸/۴	۱۱۰/۱	۲/۷۸	۲/۴۴	۲/۳۸	۶/۵۹	۲۸	۱۷۹	۱۵۱	۱۴۵	۳۴
۳۷۲۷	۲۵/۹	۲/۱۶	۱۳/۱	۰/۲۶۹	۳۲/۳	۱۱۰/۳	۲/۸۰	۲/۵۴	۲/۴۳	۶/۷۱	۲۴	۱۷۵	۱۵۱	۱۴۶	۳۵
۲۳۴۶	۲۴/۲	۱/۶۹	۱۱/۴	۰/۱۵۴	۲۱/۳	۹۴/۹	۲/۶۹	۲/۶۱	۲/۴۹	۶/۶۵	۲۵	۱۷۵	۱۵۰	۱۴۵	۳۶
۳۵۳۶	۲۶/۱	۲/۳۴	۱۰/۶	۰/۲۹۲	۳۴/۸	۱۱۲/۶	۲/۵۱	۲/۳۴	۲/۶۳	۶/۵۹	۲۵	۱۷۵	۱۵۰	۱۴۲	۳۷
۳۴۲۷	۲۴/۵	۲/۲۰	۱۱/۳	۰/۲۴۸	۳۲/۱	۱۰۹/۵	۲/۳۶	۲/۸۱	۲/۹۰	۶/۷۷	۲۵	۱۷۶	۱۵۰	۱۴۷	۳۸
۳۷۰۹	۳۱/۶	۲/۴۵	۱۰/۷	۰/۳۸۲	۳۹/۹	۱۰۶/۱	۲/۲۱	۳/۱۴	۳/۱۱	۶/۸۲	۲۷	۱۶۸	۱۴۱	۱۳۳	۳۹
۴۲۹۱	۳۶/۲	۲/۵۱	۱۱/۴	۰/۳۴۹	۳۷/۲	۱۰۷/۸	۲/۳۲	۳/۰۱	۲/۹۲	۶/۷۲	۲۹	۱۷۰	۱۴۲	۱۳۴	۴۰
۳۷۲۹	۳۰/۰	۲/۷۷	۱۲/۹	۰/۳۴۸	۳۴/۴	۱۱۴/۳	۲/۵۳	۲/۷۰	۲/۷۲	۶/۸۵	۲۹	۱۷۲	۱۴۳	۱۳۶	۴۱
۳۱۵۱	۲۶/۹	۱/۶۴	۱۳/۰	۰/۲۳۰	۳۷/۱	۱۱۲/۸	۲/۴۱	۲/۷۷	۲/۸۷	۶/۸۳	۲۷	۱۶۹	۱۴۲	۱۳۷	۴۲
۲۹۳۸	۲۴/۶	۱/۹۸	۱۲/۴	۰/۲۷۵	۳۲/۳	۱۱۱/۴	۲/۸۱	۲/۴۲	۲/۳۷	۶/۵۹	۲۷	۱۶۹	۱۴۳	۱۳۶	۴۳
۳۰۴۶	۲۳/۲	۱/۴۳	۱۲/۶	۰/۱۷۰	۲۹/۵	۱۰۱/۳	۲/۷۶	۲/۴۴	۲/۴۴	۶/۶۷	۲۶	۱۷۵	۱۵۰	۱۴۴	۴۴
۲۷۹۱	۲۵/۱	۱/۴۱	۹/۵	۰/۱۷۰	۲۸/۰	۱۱۴/۸	۲/۸۰	۲/۳۸	۲/۲۳	۶/۱۹	۲۶	۱۷۱	۱۴۵	۱۳۹	۴۵
۳۵۱۷	۲۹/۰	۱/۵۴	۱۱/۸	۰/۲۱۷	۳۶/۱	۱۰۶/۵	۲/۷۹	۲/۶۳	۲/۵۶	۷/۰۰	۲۴	۱۶۸	۱۴۵	۱۳۷	۴۶
۳۹۶۱	۳۱/۱	۲/۵۶	۹/۹	۰/۳۲۱	۳۱/۲	۷۸/۶	۲/۳۹	۲/۶۸	۲/۹۳	۶/۹۸	۲۷	۱۶۶	۱۳۹	۱۲۷	۴۷
۳۷۸۷	۳۰/۰	۲/۳۴	۱۰/۶	۰/۳۱۷	۳۳/۸	۸۳/۳	۲/۱۹	۲/۷۱	۳/۱۳	۶/۷۷	۳۲	۱۶۸	۱۳۶	۱۲۶	۴۸
۴۱۳۸	۲۸/۰	۲/۸۹	۱۰/۶	۰/۲۷۰	۲۸/۵	۸۳/۶	۲/۱۸	۲/۴۶	۲/۸۸	۶/۲۰	۲۹	۱۷۰	۱۴۱	۱۳۳	۴۹
۳۵۰۷	۳۵/۸	۳/۷۵	۱۰/۳	۰/۳۳۸	۲۹/۴	۷۷/۸	۲/۱۶	۲/۵۴	۲/۷۸	۵/۹۵	۲۹	۱۶۹	۱۴۱	۱۳۴	۵۰
۳۳۴۵	۲۸/۵	۲/۰۸	۱۱/۶	۰/۲۵۲	۳۰/۸	۱۰۳/۵	۲/۵۳	۲/۶۴	۲/۶۷	۶/۷۰	۲۶	۱۷۲	۱۴۵	۱۳۸	میانگین

DTH: تعداد روز تا ظهور سنبله، DTF: تعداد روز تا گرده‌افشانی، DTM: تعداد روز تا رسیدگی، GFD: دوره پُرشدن دانه، KL: طول دانه (میلی‌متر)، KW: عرض دانه (میلی‌متر)، KT: ضخامت دانه (میلی‌متر)، KL/KW: نسبت طول به عرض دانه، PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، PL: طول پدانکل (سانتی‌متر)، PW: وزن پدانکل (گرم)، SL: طول سنبله (سانتی‌متر)، SW: وزن سنبله (گرم)، TGW: وزن هزار دانه (گرم)، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

جدول ۶- برآورد وراثت‌پذیری عمومی صفات موردبررسی در شرایط آبیاری عادی، تنش کم‌آبی و هر دو محیط
Table 6. Estimation of broad-sense heritability for characteristics under irrigation, water deficit stress conditions and two enviroments

صفات	وراثت‌پذیری عمومی (h^2_b)		
	آبیاری عادی	تنش کم‌آبی	آبیاری + تنش
تعداد روز تا ظهور سنبله	۰/۹۷۰	۰/۸۷۷	۰/۹۵۹
تعداد روز تا گرده‌افشانی	۰/۹۳۴	۰/۹۲۲	۰/۹۳۵
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۸۵۰	۰/۷۹۶	۰/۸۱۵
دوره پُرشدن دانه	۰/۶۰۵	/۵۰۷	۰/۷۰۳
طول دانه	۰/۸۳۷	۰/۷۸۷	۰/۸۹۴
عرض دانه	۰/۵۴۵	۰/۴۶۱	۰/۶۲۷
ضخامت دانه	۰/۵۰۱	۰/۴۲۷	۰/۶۳۷
نسبت طول به عرض دانه	۰/۷۱۲	۰/۶۳۷	۰/۷۸۱
ارتفاع گیاه	۰/۶۴۱	۰/۷۰۹	۰/۴۲۹
طول پدانکل	۰/۳۸۵	۰/۵۱۶	۰/۱۵۰
وزن پدانکل	۰/۴۵۴	۰/۵۳۴	۰/۳۶۰
طول سنبله	۰/۵۶۰	۰/۴۶۲	۰/۷۱۵
وزن سنبله	۰/۵۴۰	۰/۶۳۱	۰/۷۱۸
وزن هزار دانه	۰/۸۷۸	۰/۸۱۳	۰/۷۰۲
عملکرد دانه	۰/۷۰۸	۰/۷۸۹	۰/۳۷۸

همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه

به‌منظور بررسی ارتباط صفات مورد مطالعه با عملکرد دانه و به‌منظور تعیین صفات مؤثر و مرتبط با تنش کم‌آبی و مقایسهٔ آن‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه گردید (جدول ۷). همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌گردد همبستگی‌های مثبت و منفی زیادی بین صفات مختلف در شرایط مختلف رطوبتی وجود داشت. ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط آبیاری عادی نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی ($0/28^{*}$)، صفات ارتفاع بوته ($0/47^{**}$)، طول پدانکل ($0/51^{**}$)، وزن پدانکل ($0/52^{**}$) و وزن سنبله ($0/51^{**}$) دارد. همچنین ضرایب همبستگی نشان داد که ارتباط طول دانه با ضخامت دانه ($0/38^{**}$) و نسبت طول به عرض دانه ($0/52^{**}$) مثبت و معنی‌دار می‌باشد (جدول ۷). اما نسبت طول به عرض دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با عرض دانه، ضخامت دانه و وزن هزار دانه به ترتیب با مقادیر $-0/78^{**}$، $-0/38^{**}$ و $-0/32^{*}$ نشان داد. در پژوهش حاضر در شرایط آبیاری عادی صفات عرض دانه و طول دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد روز تا ظهور سنبله (به ترتیب $-0/60^{**}$ و $-0/38^{**}$)، تعداد روز تا گرده‌افشانی (به ترتیب $-0/60^{**}$ و $-0/40^{**}$) و تعداد روز تا رسیدگی (به ترتیب $-0/43^{**}$ و $-0/34^{**}$) داشتند. از طرف دیگر نسبت طول به عرض دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا گرده‌افشانی به ترتیب با مقادیر $0/48^{**}$ و $0/47^{**}$ نشان داد. در این شرایط همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه با صفات دوره پُرشدن دانه ($0/40^{**}$)، طول دانه ($0/39^{**}$)، عرض دانه ($0/70^{**}$) و ضخامت دانه ($0/63^{**}$) برقرار بود (جدول ۷).

در شرایط تنش کم‌آبی صفات دوره پُرشدن دانه ($0/59^{**}$)، عرض دانه ($0/58^{**}$)، ضخامت دانه ($0/47^{**}$)، طول پدانکل ($0/46^{**}$)، وزن پدانکل ($0/51^{**}$)، وزن سنبله ($0/38^{**}$) و وزن هزار دانه ($0/48^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با عملکر

د دانه نشان دادند (جدول ۷). در این شرایط عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله ($-0/48^{**}$) و تعداد روز تا رسیدگی ($-0/49^{**}$) و نسبت طول به عرض دانه ($-0/47^{**}$) داشت. روابط رگرسیونی صفات طول دوره پُرشدن دانه، عرض دانه، ضخامت دانه و نسبت طول به عرض دانه با عملکرد دانه در شرایط تنش در شکل ۳ ترسیم شده است. مطابق شرایط آبیاری عادی، صفت نسبت طول به عرض دانه همبستگی منفی و معنی‌داری در شرایط تنش با صفات عرض دانه ($-0/81^{**}$)، ضخامت دانه ($-0/53^{**}$) و وزن هزار دانه ($-0/35^{**}$) نشان داد که این نتایج حاکی از آن است که ژنوتیپ‌هایی با دانه‌های باریک‌تر در هر دو شرایط رطوبتی از عملکرد پایینی برخوردار بودند. عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و نسبت طول به عرض دانه به ترتیب با مقادیر $-0/48^{**}$، $-0/49^{**}$ و $-0/47^{**}$ داشت که ضرایب منفی نشان‌دهنده این است در شرایط تنش ژنوتیپ‌های زودرس‌تر از عملکرد بیشتری برخوردار بودند (جدول ۷). در هر دو شرایط محیطی همبستگی قوی با علامت منفی بین عرض دانه و ضخامت دانه با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا گرده‌افشانی مشاهده شد.

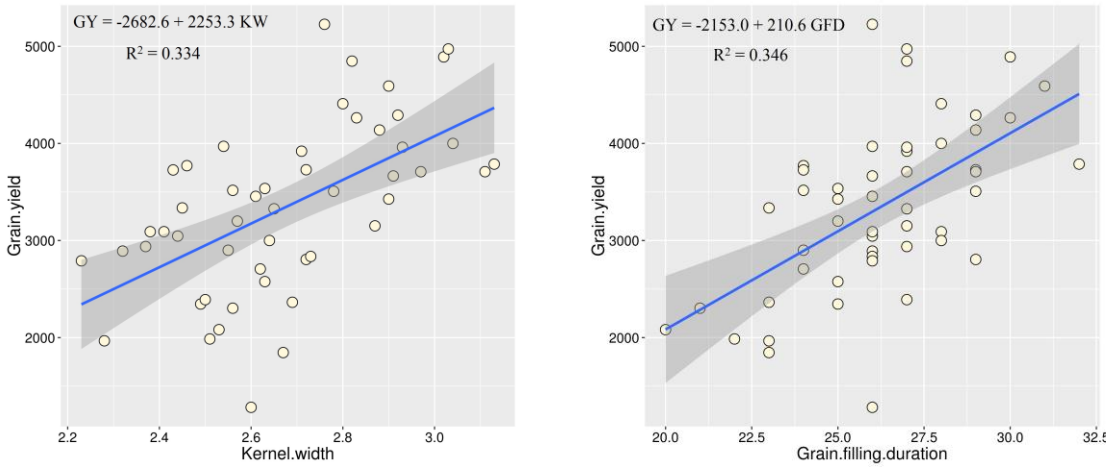
جدول ۷- ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های گندم نان (بالای قطر در شرایط آبیاری عادی و پایین قطر در شرایط تنش کم‌آبی)

Table 7. Phenotypic coefficients of correlation between investigated traits of bread wheat genotypes (normal irrigation condition in above diagonal and water deficit stress condition in below diagonal)

صفت	DTH	DTF	DTM	GFD	KL	KW	KT	KL/KW	PH	PL	PW	SL	SW	TGW	GY
DTH		۰/۹۵**	۰/۸۰**	−۰/۶۷**	۰/۰۴	−۰/۶۰**	−۰/۳۸**	۰/۴۸**	۰/۴۴**	−۰/۱۵	−۰/۱۵	۰/۴۹**	−۰/۱۲	−۰/۵۵**	−۰/۰۹
DTF	۰/۹۴**		۰/۸۱**	−۰/۷۳**	۰/۰۰	−۰/۶۱**	−۰/۴۰**	۰/۴۷**	۰/۴۲**	۰/۰۳	−۰/۱۷	۰/۴۳**	−۰/۱۳	−۰/۵۴**	−۰/۰۷
DTM	۰/۷۸**	۰/۸۰**		−۰/۱۹	−۰/۰۹	−۰/۴۳**	−۰/۳۴*	۰/۲۸	۰/۳۴*	۰/۰۱	−۰/۰۴	۰/۴۹**	۰/۱۲	−۰/۴۴**	۰/۰۱
GFD	−۰/۶۱**	−۰/۶۸**	−۰/۱۰		−۰/۱۰	۰/۵۱**	۰/۲۷	−۰/۴۶**	−۰/۳۰*	−۰/۰۳	۰/۲۴	−۰/۱۵	۰/۳۵*	۰/۴۰**	۰/۱۲
KL	−۰/۱۱	−۰/۰۶	−۰/۰۳	۰/۰۵		۰/۰۹	۰/۳۸**	۰/۵۲**	−۰/۰۶	−۰/۲۱	−۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۰۴	۰/۳۹**	−۰/۰۳
KW	−۰/۵۸**	−۰/۵۷**	−۰/۲۸*	۰/۵۹**	۰/۱۹		۰/۶۹**	−۰/۷۸**	−۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۲۵	−۰/۳۴*	۰/۲۸*	۰/۷۰**	۰/۲۲
KT	−۰/۳۷**	−۰/۳۹**	−۰/۱۳	۰/۴۹**	۰/۳۶*	۰/۷۸**		−۰/۳۸**	−۰/۰۴	−۰/۱۰	۰/۰۲	−۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۶۳**	۰/۱۲
KL/KW	۰/۴۵**	۰/۴۶**	۰/۲۳	−۰/۴۹**	۰/۳۹**	−۰/۸۱**	−۰/۵۳**		۰/۱۲	−۰/۲۳	−۰/۳۷**	۰/۳۹**	−۰/۱۵	−۰/۳۲*	−۰/۱۸
PH	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۹*	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۲۹*	۰/۰۴		۰/۶۷**	۰/۴۳**	۰/۴۶**	۰/۲۵	−۰/۲۱	۰/۴۷**
PL	−۰/۴۰**	−۰/۴۰**	−۰/۲۲	۰/۳۸**	۰/۳۲*	۰/۵۶**	۰/۵۵**	−۰/۳۴*	۰/۵۸**		۰/۸۱**	۰/۱۱	۰/۲۷*	−۰/۰۳	۰/۵۱**
PW	−۰/۵۰**	−۰/۴۵**	−۰/۲۰	۰/۵۱**	۰/۲۱	۰/۶۶**	۰/۵۵**	−۰/۴۸**	۰/۳۶**	۰/۸۰**		۰/۰۵	۰/۶۲**	۰/۰۵	۰/۵۲**
SL	۰/۳۷**	۰/۳۱*	۰/۳۴*	−۰/۱۰	۰/۰۷	−۰/۳۰*	−۰/۱۳	۰/۳۵*	۰/۱۹	−۰/۱۲	−۰/۱۲		۰/۲۶	−۰/۲۱	−۰/۰۸
SW	−۰/۳۲*	−۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۴۵**	۰/۰۰	۰/۴۸**	۰/۳۲*	−۰/۴۲**	۰/۰۳	۰/۳۳*	۰/۷۳**	۰/۱۲		۰/۲۱	۰/۵۱**
TGW	−۰/۵۶**	−۰/۵۰**	−۰/۳۳*	۰/۴۲**	۰/۳۳*	۰/۵۷**	۰/۵۸**	−۰/۳۵*	۰/۰۵	۰/۴۰**	۰/۵۰**	−۰/۱۷	۰/۴۱**		۰/۲۱
GY	−۰/۴۸**	−۰/۴۹**	−۰/۱۸	۰/۵۹**	۰/۱۳	۰/۵۸**	۰/۴۷**	−۰/۴۷**	۰/۲۰	۰/۴۶**	۰/۵۱**	−۰/۱۴	۰/۳۸**	۰/۴۸**	

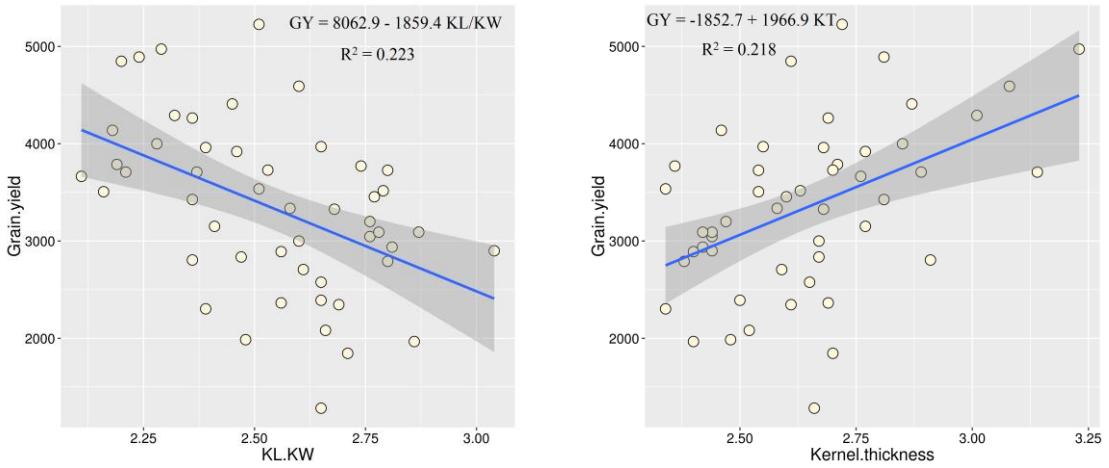
DTH: تعداد روز تا ظهور سنبله، DTF: تعداد روز تا گرده‌افشانی، DTM: تعداد روز تا رسیدگی، GFD: دوره پُرشدن دانه، KL: طول دانه، KW: عرض دانه، KT: ضخامت دانه، KL/KW: نسبت طول به عرض دانه، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، PW: وزن پدانکل، SL: طول سنبله، SW: وزن سنبله، TGW: وزن هزار دانه، GY: عملکرد دانه

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



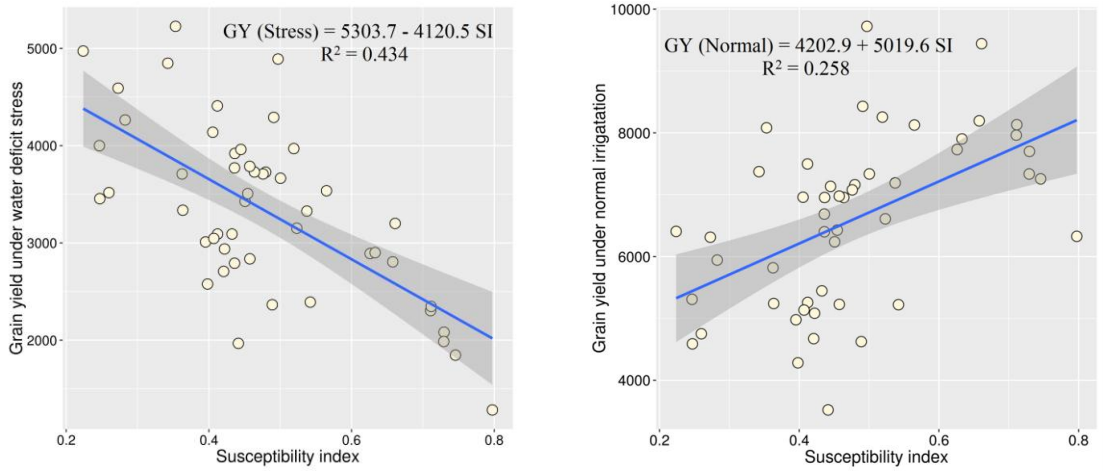
الف) رابطه بین دوره پُرشدن دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی

ب) رابطه بین عرض دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی



ج) رابطه بین ضخامت دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی

د) رابطه نسبت طول به عرض دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی



ه) رابطه شاخص حساسیت و عملکرد دانه در شرایط آبیاری

و) رابطه شاخص حساسیت و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی

شکل ۳- رگرسیون خطی بین صفات دوره پُرشدن دانه، عرض دانه، ضخامت دانه، نسبت طول به عرض دانه و شاخص حساسیت (SI) با عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

Figure 3. Linear regression for grain filling duration, kernel width, kernel thickness, kernel length/width ratio, susceptibility index (SI) and grain yield under normal irrigatationand water deficit stress conditions

تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای صفات مورد مطالعه

رگرسیون مرحله‌ای به روش گام‌به‌گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیرهای مستقل در شرایط آبیاری عادی (جدول‌های ۸ و ۹) و تنش کم‌آبی (جدول‌های ۱۰ و ۱۱) انجام شد. از میان صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری وزن سنبله اولین متغیر واردشده به مدل رگرسیونی بود که ۲۴/۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. طول سنبله دومین صفت واردشده به مدل رگرسیونی بود که به‌تنهایی ۱۵/۹ درصد و در مجموع و همراه با وزن سنبله ۴۰/۲ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. در مرحله بعدی ارتفاع بوته وارد مدل شد که این سه متغیر در مجموع ۵۱/۷ درصد از تغییرات عملکرد را تبیین کردند (جدول ۹). در شرایط آبیاری ژنوتیپ‌هایی که وزن سنبله و ارتفاع بوته بیشتری داشتند از عملکرد بیشتری نیز برخوردار بودند. وزن سنبله و ارتفاع بوته ضرایب رگرسیونی مثبت و طول سنبله دارای ضریب رگرسیونی منفی بر عملکرد بودند.

جدول ۸- تجزیه واریانس رگرسیون گام‌به‌گام جهت گزینش متغیرهای تبیین‌کننده عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی

Table 8. ANOVA of stepwise regression for grain yield with other characteristics of bread wheat genotypes in irragiation condition

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رگرسیون	۳	۵۰۷۷۳۳۹۴	۱۶۹۲۴۴۶۵	۱۸/۵۱**
باقی‌مانده	۴۶	۴۲۰۷۹۸۷۶	۹۱۴۷۸۰	
کل	۴۹	۹۲۸۵۳۲۷۰		

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد.

جدول ۹- نتایج رگرسیون مرحله‌ای گام‌به‌گام برای عملکرد دانه (GY) به‌عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات در شرایط آبیاری عادی

Table 9. Stepwise regression analysis of grain yield with other characteristics in irragiation condition

متغیر اضافه‌شده به مدل	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده (B)	ضرایب رگرسیون استانداردشده (Beta)	R^2 تصحیح‌شده مدل	R^2 تصحیح‌شده جزئی
عرض از مبدأ	۳۱۱۴/۶	—	—	—
وزن سنبله (SW)	۱۲۵۰/۱	۰/۴۹**	۰/۲۴۳	۰/۲۴۳
طول سنبله (SL)	-۵۳۳/۰	-۰/۴۶**	۰/۴۰۲	۰/۱۵۹
ارتفاع بوته (PH)	۵۵/۶	۰/۵۶**	۰/۵۱۷	۰/۱۱۶
گام سوم	معادله رگرسیون			R^2 تصحیح‌شده
	GY= 3114.6 + 1250.1 (SW) - 533 (SL) + 55.6 (PH)			۰/۵۱۷

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

در شرایط تنش کم‌آبی فقط دو صفت وارد مدل شدند که در مجموع ۴۰/۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند (جدول ۱۱). در این شرایط اولین متغیر ورودی به مدل دوره پُرشدن دانه بود که به‌تنهایی ۳۳/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مرحله دوم عرض دانه با ضریب تبیین ۷/۳ درصد وارد مدل رگرسیونی شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که از دوره پُرشدن و عرض دانه بیشتری برخوردار هستند عملکرد بیشتری در شرایط کم‌آبی تولید می‌کنند. همچنین دوره پُرشدن و عرض دانه دارای ضریب رگرسیونی مثبت بر عملکرد بودند. همان‌طور که ملاحظه شد، صفات متفاوتی در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی وارد مدل شدند، که می‌توان استنباط کرد در گزینش برای عملکرد بالا صفات مختلفی در هر کدام از شرایط رطوبتی از اهمیت برخوردار است.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس رگرسیون گام‌به‌گام جهت گزینش متغیرهای تبیین‌کننده عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی

Table 10. ANOVA of stepwise regression for grain yield with other characteristics of bread wheat genotypes in water deficit stress condition

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رگرسیون	۳	۱۵۹۵۸۹۳۶	۷۹۷۹۴۶۸	۱۷/۶۵**
باقی‌مانده	۴۶	۲۱۲۳۸۸۸۴	۴۵۱۸۹۱	
کل	۴۹	۳۷۱۹۷۸۲۱		

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد

جدول ۱۱- نتایج رگرسیون مرحله‌ای گام‌به‌گام برای عملکرد دانه (GY) به‌عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات در شرایط کم‌آبی

Table 11. Stepwise regression analysis of grain yield with other characteristics in water deficit stress condition

متغیر اضافه‌شده به مدل	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده (B)	ضرایب رگرسیون استانداردشده (Beta)	R^2 تصحیح‌شده مدل	R^2 تصحیح‌شده جزئی
عرض از مبدا	-۳۹۱۰/۶	—	—	—
دوره پُرشدن دانه (GFD)	۱۳۶/۰	۰/۳۸**	۰/۳۲۲	۰/۳۳۲
عرض دانه (KW)	۱۳۸۵/۵	۰/۳۶**	۰/۴۰۵	۰/۰۷۳
گام دوم	معادله رگرسیون			R^2 تصحیح شده
	GY= -3910.6 + 136.0 (GFD) + 1385.5 (KW)			۰/۴۰۵

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه

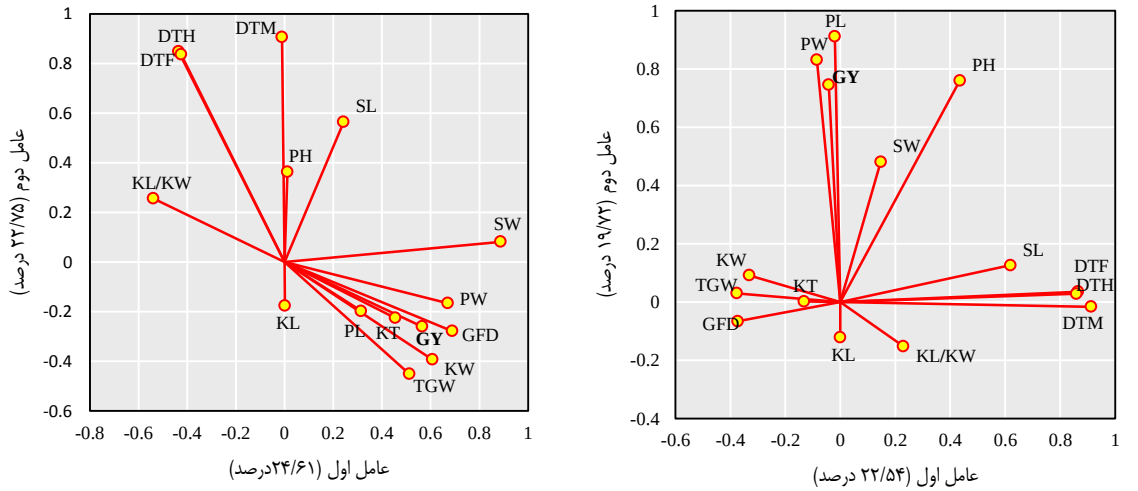
نتایج مربوط به تجزیه به عامل‌ها در جدول‌های ۱۲ و ۱۳ ارائه شده است. برای انجام تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی مقدار عددی KMO و آزمون اسفریسیتی برای بررسی کفایت مدل تجزیه محاسبه گردید. در شرایط آبیاری عادی مقدار KMO (KMO=۰/۵۵۷) و نیز معنی‌داری آزمون اسفریسیتی بارتلت (df=۱۰۵ و χ^2=۱۱۴۵/۳**) حاکی از کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها بود بنابراین در شرایط تنش آبیاری عادی کلیه صفات اندازه‌گیری شده، برای تجزیه به عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند و پس از تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل مشخص شد. این عامل‌ها در مجموع ۸۴/۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۱۲ و شکل ۴). سهم عامل‌های اول تا پنج به ترتیب برابر با ۲۲/۵، ۱۹/۷، ۱۸/۲، ۱۲/۲ و ۱۱/۶ درصد برآورد شد. عامل اول که ۲۲/۵ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کرد، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول سنبله بود. این عامل را می‌توان عامل دوره رشد گیاه نامید. در عامل دوم ارتفاع بوته، طول پدانکل، وزن پدانکل و عملکرد دانه دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بوده و مهم‌ترین نقش را در تبیین تغییرات مؤلفه دوم داشتند و آن را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد دانه نامید (جدول ۱۲). ضرایب بزرگ و مثبت صفات مذکور و عملکرد دانه در عامل دوم نشان‌دهنده ارتباط قوی و مثبت بین این صفات در شرایط آبیاری عادی دارد؛ بنابراین به نظر می‌رسد که گزینش بر اساس افزایش عامل اول، منجر به افزایش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب آبیاری خواهد شد. در عامل سوم عرض دانه، ضخامت دانه و وزن هزار دانه دارای ضرایب بزرگ و مثبت بودند. چون در این عامل خصوصیات ابعاد و وزن دانه بیشترین بار عاملی را داشتند، این عامل را می‌توان عامل اندازه و وزن دانه نامید. در عامل چهارم طول دانه و نسبت طول به عرض دانه دارای بار عاملی مثبت بودند. با توجه به این‌که در این عامل صفات مرتبط با شکل دانه بیشترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند، عامل چهارم را می‌توان عامل مورفولوژی و شکل دانه نامید. در عامل پنجم دوره پُرشدن دانه و وزن سنبله دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بودند و مهم‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه پنجم داشتند. صادقی و همکاران عملکرد دانه را در عامل اول با عنوان عامل مؤثر بر عملکرد دانه و تولید محصول نام‌گذاری کردند.

جدول ۱۲- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط آبیاری عادی

Table 12. Factor analysis for investigated traits of bread wheat genotypes in irragiation condition

صفات	ضرایب عامل‌های مشترک چرخش‌یافته (وریماکس)					واریانس مشترک
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	
تعداد روز تا ظهور سنبله	۰/۸۶۴	۰/۰۳۵	-۰/۲۶۷	۰/۱۲۳	-۰/۳۳۲	۰/۹۴۵
تعداد روز تا گرده‌افشانی	۰/۸۵۹	۰/۰۲۸	-۰/۲۶۵	۰/۰۹۳	-۰/۳۸۱	۰/۹۶۳
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۹۱۲	-۰/۰۱۶	-۰/۲۰۱	-۰/۰۵۷	۰/۱۲۸	۰/۸۹۳
طول سنبله	۰/۶۱۹	۰/۱۲۶	-۰/۱۵۰	۰/۴۰۹	۰/۳۰۵	۰/۶۸۱
ارتفاع گیاه	۰/۴۳۵	۰/۷۶۰	-۰/۰۵۲	۰/۱۱۹	-۰/۱۵۸	۰/۸۰۸
طول پدانکل	-۰/۰۲۰	۰/۹۱۲	-۰/۰۷۷	-۰/۱۴۳	-۰/۰۶۳	۰/۸۶۳
وزن پدانکل	-۰/۰۸۵	۰/۸۳۱	-۰/۰۱۸	-۰/۲۲۵	۰/۳۳۱	۰/۸۵۹
عملکرد دانه	-۰/۰۴۲	۰/۷۴۶	۰/۱۸۰	۰/۰۱۳	۰/۱۱۸	۰/۶۰۵
عرض دانه	-۰/۳۳۱	۰/۰۹۲	۰/۸۰۹	-۰/۳۱۰	۰/۲۲۷	۰/۹۲۰
ضخامت دانه	-۰/۱۳۲	۰/۰۰۲	۰/۸۹۷	۰/۰۷۶	۰/۰۴۷	۰/۸۳۱
وزن هزار دانه	-۰/۳۷۷	۰/۰۳۰	۰/۷۵۲	۰/۱۸۰	۰/۱۷۲	۰/۷۷۱
طول دانه	۰/۰۰۰	-۰/۱۲۱	۰/۳۹۶	۰/۸۵۰	-۰/۰۴۹	۰/۸۹۶
نسبت طول به عرض دانه	۰/۲۲۹	-۰/۱۵۲	-۰/۴۷۰	۰/۸۰۰	-۰/۱۵۵	۰/۹۶۱
دوره پُرشدن دانه	-۰/۳۷۴	-۰/۰۶۶	-۰/۲۰۹	-۰/۲۲۲	۰/۷۸۶	۰/۸۵۴
وزن سنبله	۰/۱۴۷	۰/۴۸۱	۰/۱۹۸	۰/۰۸۸	۰/۷۰۱	۰/۷۹۱
مقادیر ویژه	۳/۳۸	۲/۹۶	۲/۷۳	۱/۸۳	۱/۷۴	
واریانس	۲۲/۵۴	۱۹/۷۲	۱۸/۲۲	۱۲/۲۲	۱۱/۵۷	KMO= ۰/۵۵۷
واریانس تجمعی	۲۲/۵۴	۴۲/۲۶	۶۰/۴۷	۷۲/۶۹	۸۴/۲۷	

ضریب KMO مطلوبیت تجزیه عاملی را نشان می‌دهد



الف) شرایط آبیاری عادی ب) شرایط تنش کم‌آبی

شکل ۴- بای‌پلات صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس عامل‌های اول و دوم در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی. DTH: تعداد روز تا ظهور سنبله، DTF: تعداد روز تا گرده‌افشانی، DTM: تعداد روز تا رسیدگی، GFD: دوره پُرشدن دانه، KL: طول دانه، KW: عرض دانه، KT: ضخامت دانه، KL/KW: نسبت طول به عرض دانه، PH: ارتفاع بوته، PL: طول پدانکل، PW: وزن پدانکل، SL: طول سنبله، SW: وزن سنبله، TGW: وزن هزار دانه، GY: عملکرد دانه

Figure 4. Bioplot for investigated traits of bread wheat genotypes based on first two factor under normal irrigatationand water deficit stress conditions. DTH: Day to heading, DTF: Day to flowering, DTM: Day to maturity, GFD: Grain filling duration, KL: Kernel length, KW: Kernel width, KT: Kernel thickness, KL/KW: Kernel length/width ratio, PH: Plant height, PL: Peduncle length, PW: Peduncle weight, SL: Spike length, SW: Spike weight, TGW: Thousand grain weight, GY: Grain yield

در شرایط تنش کم‌آبی بررسی کفایت مدل برای تجزیه به عامل‌ها با استفاده از مقدار آزمون KMO (KMO=۰/۶۱۷) و نیز معنی‌داری آزمون اسفریسیتی بارتلت (df=۱۰۵ و χ^2=۱۲۶۵/۶**) نشان داد که متغیرهای اولیه از همبستگی کافی برای تجزیه به عامل‌ها برخوردار هستند. بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش کم‌آبی ۱۵ متغیر اولیه در چهار عامل تعریف شدند که این چهار عامل اصلی و مستقل ۷۵/۴ درصد از تنوع کل داده‌ها را تبیین کردند (جدول ۱۳ و شکل ۴). برای انتخاب ضرایب عاملی در هر عامل اصلی و مستقل، مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۵ به‌عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند. عامل اول با تخصیص ۲۴/۶ درصد از تغییرات کل، عمدتاً توجیه‌کننده صفات دوره پُرشدن دانه، عرض دانه، وزن پدانکل، وزن سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه با بار عاملی مثبت و بزرگ بودند. در این عامل عملکرد دانه و اجزاء آن بیشترین بار عاملی را داشتند و این عامل را می‌توان عامل عملکرد دانه نام‌گذاری کرد. عامل دوم با درجه تبیین ۲۲/۷ درصد از تغییرات کل، دارای بار عاملی مثبت و بزرگ برای صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول سنبله بود. این عامل با نام دوره رشدی گیاه معرفی شد. عامل سوم با دارا بودن ۱۷/۹ درصد از تنوع کل دارای ضرایب عاملی معنی‌دار برای صفات ضخامت دانه، ارتفاع بوته و طول پدانکل بود که با نام عامل خصوصیات طولی گیاه معرفی شد. در عامل چهارم صفات طول دانه و نسبت طول به عرض دانه با ضریب عاملی مثبت وارد مدل شدند و ۱۰/۱ درصد از واریانس کل تغییرات را توجیه کردند و این عامل، خصوصیات ابعاد دانه نام‌گذاری شد.

در جدول‌های ۱۲ و ۱۳ میزان اشتراک حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی برای هر صفت محاسبه‌شده است. میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هرچه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در استخراج عامل‌های مشترک به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر متغیر مربوطه می‌باشد (۱۴). در تحقیق حاضر، برای تمام صفات مورد مطالعه این پارامتر بالا بود، که نشان می‌دهد که تعداد عامل‌های منتخب مناسب است و این عامل‌ها توانستند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه کنند. با توجه به میزان اشتراک صفات، در هر دو شرایط آبی و محدودیت آبی عملکرد دانه و وزن هزار دانه به میزان بیشتری تحت تأثیر عامل‌های استخراج قرار گرفتند. محسنی و همکاران (۲۱) با مطالعه ۸۲ ژنوتیپ گندم نان در شرایط مختلف رطوبتی، اهمیت خصوصیات پدانکل ازجمله طول بلندتر در افزایش عملکرد دانه تحت شرایط تنش آبی را گزارش کردند.

تشکر و قدردانی

مؤلفین این مقاله وظیفه خود می‌دانند از همکاری صمیمانه دکتر محمدحسین فتوکیان ریاست دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد و همچنین از پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری به خاطر حمایت مالی این پروژه در راستای طرح مأموریت محور گندم به شماره ۴۵۱م تشکر و قدردانی نمایند.

جدول ۱۳- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی

Table 13. Factor analysis for investigated traits of bread wheat genotypes in water deficit stress condition

صفات	ضرایب عامل‌های مشترک چرخش‌یافته (وریماکس)				واریانس مشترک
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	
عملکرد دانه	۰/۵۶۶	-۰/۲۶۰	۰/۳۶۲	-۰/۰۸۷	۰/۵۲۶
وزن هزار دانه	۰/۵۱۳	-۰/۴۵۱	۰/۲۸۷	۰/۲۰۷	۰/۵۹۱
وزن سنبله	۰/۸۸۸	۰/۰۸۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۷۹۶
وزن پدانکل	۰/۶۷۱	-۰/۱۶۶	۰/۵۴۴	۰/۰۰۳	۰/۷۷۴
عرض دانه	۰/۶۰۸	-۰/۳۹۳	۰/۴۵۷	-۰/۲۶۰	۰/۸۰۰
دوره پُرشدن دانه	۰/۶۸۹	-۰/۲۷۸	۰/۲۱۶	-۰/۱۰۷	۰/۶۱۰
تعداد روز تا ظهور سنبله	-۰/۴۳۵	۰/۸۴۸	-۰/۰۸۴	۰/۰۱۵	۰/۹۱۶
تعداد روز تا گرده‌افشانی	-۰/۴۲۴	۰/۸۳۶	-۰/۰۸۱	۰/۰۵۲	۰/۸۸۹
تعداد روز تا رسیدگی	-۰/۰۱۰	۰/۹۰۶	۰/۰۶۸	-۰/۰۱۸	۰/۸۲۶
طول سنبله	۰/۲۴۳	۰/۵۶۵	-۰/۲۲۹	۰/۴۹۶	۰/۶۷۶
ارتفاع گیاه	۰/۰۱۲	۰/۳۶۳	۰/۷۶۷	۰/۰۹۲	۰/۷۲۹
طول پدانکل	۰/۳۱۵	-۰/۱۹۷	۰/۸۰۹	۰/۰۶۸	۰/۷۹۷
ضخامت دانه	۰/۴۵۵	-۰/۲۲۵	۰/۶۳۳	-۰/۰۱۳	۰/۶۵۸
طول دانه	۰/۰۰۱	-۰/۱۷۵	۰/۳۹۲	۰/۷۸۶	۰/۸۰۲
نسبت طول به عرض دانه	-۰/۴۳۸	۰/۲۵۶	-۰/۲۲۵	۰/۷۱۷	۰/۹۲۰
مقادیر ویژه	۳/۶۹	۳/۴۱	۲/۶۸	۱/۵۲	
واریانس	۲۴/۶۱	۲۲/۷۵	۱۷/۸۹	۱۰/۱۵	KMO =۰/۶۱۷
واریانس تجمعی	۲۴/۶۱	۴۷/۳۶	۶۵/۲۵	۷۵/۴۰	

ضریب KMO مطلوبیت تجزیه عاملی را نشان می‌دهد

منابع

1. Cattell, R.B. 1965. Factor analysis: An introduction to essentials. I. The purpose and underlying models. Biometrics, 21: 190-215.
2. Cockram, J., E. Chiapparino, S.A. Taylor, K. Stamati, P. Donini, D.A. Laurie and D.M. O'Sullivan. 2007. Haplotype analysis of vernalization loci in European barley germplasm reveals novel *VRN-H1* alleles and a predominant winter *VRN-H1*/*VRN-H2* multilocus haplotype. Theoretical and Applied Genetics, 115: 993-1001.
3. Darroch, B.A. and R.J. Baker. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis, Crop Science, 30: 525-529.
4. Dhanda, S.S., G.S. Sethi and R.K. Behi. 2004. Indicate of drought tolerance in wheat genotype at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science, 190: 6-12.
5. Deng, S., X. Wu, Y. Wu, R. Zhou, H. Wang, J. Jia and S. Liu. 2011. Characterization and precise mapping of a QTL increasing spike number with pleiotropic effects in wheat. Theoretical and Applied Genetics, 122: 281-289.
6. Ehdaie, B., G.A. Alloush, M.A. Madoreand and J.G. Waines. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Crop Science, 46: 735-746.
7. Evans, L.T., I.F. Wardlaw and R.A. Fischer. 1975. Wheat, In: Evans, L.T. (eds.) Crop physiology: Some case histories. Cambridge University. Press, Cambridge, 101-149 pp.
8. FAO. 2012. Production, Crops, FAOSTAT. http://www.Fao.org.
9. Gebeyehou, G., D.R. Knott and R.J. Baker. 1982. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars, Crop Science, 22: 337-340.
10. Gegas, V.C., A. Nazari, S. Griffiths, J. Simmonds, L. Fish, S. Orford, L. Sayers, J.H. Doonan and J.W. Snape. 2010. A genetic framework for grain size and shape variation in wheat. The Plant Cell, 22: 1046–1056.
11. Hasan, A.K., J. Herrera, C. Lizana and D.F. Calderini. 2011. Carpel weight, grain length and stabilized grain water content are physiological drivers of grain weight determination of wheat. Field Crops Research, 123: 241-247.
12. Hockett, E.A. and R.A. Nilan. 1985. Genetics of Barley. ASA, CSSA, Madison, WI, USA. 677 pp.
13. Ji, X.M., B. Shiran, J.L. Wan, D.C. Lewis, C.L.D. Jenkins, A.G. Condon, R.A. Richards and R. Dolferus. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. Plant Cell and Environment, 33: 926-942
14. Johnson, R.C., R.E. Witters and D.M. Sanches. 1992. Daily pattern of apparent photosynthesis and evapotranspiration in developing winter wheat. Agronomy Journal, 73: 414-418.
15. Khazaei, A., M. Moghaddam and S. Noormohammadi. Genetic diversity among winter barley landraces collected from west of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 13: 671-683 (In Persian).
16. Kiss, T., K. Balla, O. Veisz, L. Lang, Z. Bedo, S. Griffiths, P. Isaac and I. Karsai. 2014. Allele frequencies in the *VRN-A1*, *VRN-B1* and *VRN-D1* vernalization response and *PPD-B1* and *PPD-D1* photoperiod sensitivity genes, and their effects on heading in a diverse set of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Mol Breeding, 34: 297-310.
17. Lizana, X.C., R. Riegel, L.D. Gomez, J. Herrera, A. Isla, S.J. McQueen-Mason and D.F. Calderini. 2010. Expansins expression is associated with grain size dynamics in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Experimental Botany, 61: 1147-1157.

18. Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy, 43: 107-153.
19. Martin, B. and N.A. Ruiz-torres. 1992. Effects of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat (*Triticum* aestivum L.). Plant Physiology, 100: 733-739.
20. McIntyre, C.L., K.L. Mathews, A. Rattey, S.C. Chapman, J. Drenth, M. Ghaderi, M. Reynolds and R. Shorter. 2010. Molecular detection of genomic regions associated with grain yield and yield-related components in an elite bread wheat cross evaluated under irrigated and rainfed conditions. Theoretical and Applied Genetics, 120: 527-541.
21. Mohseni, M., S.M.M. Mortazavian, H.A. Ramshini and B. Foghi. 2016. Evaluation of bread wheat genotypes under normal and post-anthesis drought stress conditions for agronomic traits. Journal of Crop Breeding, 8: 16-29 (In Persian).
22. Mou, B., W.E. Kronstad and N.N. Saulescu. 1994. Grain filling parameters and protein content in selected winter wheat populations: II. Associations. Crop Science, 34: 838-841.
23. Naghavi, M.R., M. Moghaddam, M. Toorchi and M.R. Shakiba. 2016. Evaluation of spring wheat cultivars for physiological, morphological and agronomic traits under drought stress.. Journal of Crop Breeding, 8: 64-77. (In Persian)
24. Richards, R.A. and Z. Lukacs. 2002. Seedling vigour in wheat: sources of variation for genetic and agronomic improvement. Australian Journal of Agricultural Research, 53: 41-50.
25. Sanjari Pireivatlou, A.G., R.T. Aliyev and B. Sorkhi Lalehloo. 2011. Grain filling rate and duration in bread wheat under irrigated and drought stressed conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding, 1: 69-86.
26. Sinclair, T.R. and P.D. Jamieson. 2006. Grain number, wheat yield, and bottling beer: An analysis. Field Crops Research, 98: 60-67.
27. Sun, X.Y., K. Wu, Y. Zhao, F.M. Kong, G.Z. Han, H.M. Jiang, X.J. Huang, R.J. Li, H.G. Wang and S.S. Li. 2009. QTL analysis of kernel shape and weight using recombinant inbred lines in wheat. Euphytica, 165: 615-624.
28. Tsilo, T.J., G.A. Hareland, S. Simsek, S. Chao and J.A. Anderson. 2010. Genome mapping of kernel characteristics in hard red spring wheat breeding lines. Theoretical and Applied Genetics, 121: 717-730.
29. Wang, L.F., H.M. Ge, C.Y. Hao, Y.S. Dong and X.Y. Zhang. 2012. Identifying loci influencing 1,000-kernel weight in wheat by microsatellite screening for evidence of selection during breeding. Plos One, 7: 29-32.
30. Whan, B.R., G.P. Carlton and W.K. Anderson. 1996. Potential for increasing rate of grain growth in spring wheat. I. Identification of genetic improvements, Australian Journal of Agricultural Research, 47: 17-31.
31. Worland, A.J., A. Börner, V. Korzun, W.M. Li, S. Petrovic and E.J. Sayers. 1998. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats. Euphytica, 100: 385-394.

Evaluation of the Relationship between Kernel Size, Phenological Characteristics and Grain Yield of Local Wheat Genotypes under Water Deficit Stress Conditions

Hadi Darzi Ramandi[1], Hamid Najafi Zarini[2], Vahid Shariati[3], Khadijeh Razavi[3] and Seyed Kamal Kazemitabar4[2]

1 and 4- Graduated Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (Corresponding author: najafi316@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Department of Plant Molecular Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB)

Received: November 19, 2016 Accepted: June 3, 2017

Abstract

Water deficit is one of the most important abiotic factors limiting growth, which adversely affect growth and crop production. In order to study the relationship between kernel size and phenological characteristics on grain yield, 46 local bread wheat genotypes along with four varieties were evaluated in randomized complete block design with three replications under irrigation and water deficit stress conditions. Phenological characteristics including day to heading, day to flowering, day to maturity and grain filling duration, and kernel size traits including kernel length, kernel width, kernel thickness and kernel length/width ratio were measured. Analysis of variance revealed significant differences among genotypes for the studied traits. Results showed drought led to decreased grain yield (0.49), thousand grain weight (0.29), spike weight (0.28), peduncle weight (0.20), grain filling duration (0.17), kernel width (0.16) and increased kernel length/width ratio as compared with irrigated condition. Stepwise regression analysis revealed that under irrigated condition, spike weight, spike length and plant height justified the majority of grain yield variation, whiles under drought stressed condition grain filling duration and kernel width showed the highest impact on grain yield variation. Factors analysis identified four factors which explained 75.4% of the total variation. On the basis of these results, it is concluded that criteria such as grain filling duration, kernel width, peduncle weight and thousand grain weight could be considered as effective criteria for selecting to improve grain yield in water-limited environments.

Keywords: Bread wheat, Factor analysis, Kernel size traits, Phenological characteristics, Water deficit stress