دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی تنوع مورفو- فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از روش بای‌پلات ژنوتیپ × صفت

سامان نجفی[۱]، رضامحمدی[۲]، لیا شوشتری[۳]، علیرضا اطمینان[۴] و علی‌مهراس مهرابی[۴]

۱- دانشجوی دکتری ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران
۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، معاونت سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: r.mohammadi@areeo.ac.ir)
۳- گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: l_shooshtari@yahoo.com)
۴- گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۹
صفحه: ۲۱۱ تا ۲۲۶

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: هدف اولیه برنامه اصلاح نبات ارزیابی و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مختلف مورد بررسی می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تنوع ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس صفات مورفو-فیزیولوژیک و بررسی روابط متقابل بین صفات با استفاده از تکنیک بای‌پلات ژنوتیپ در صفت بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ۸۶ ژنوتیپ گندم دوروم شامل ۸۲ لاین اصلاحی گندم دوروم دریافتی از سیمیت به‌همراه ۴ ژنوتیپ شاهد در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ در معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (ایستگاه سرارود) در قالب طرح آگمنت و بر اساس ۲۲ صفت مختلف زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک مورد ارزیابی قرارگرفتند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها بر اساس روش بهترین پیش‌بینی ناریب خطی (بلاپ)[۱] انجام و سپس بر اساس داده‌های بلاپ تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل، اختلاف آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفات تمام مورد مطالعه به‌جز دمای کانوپی و طول سنبله در شرایط دیم مشاهده گردید، که بیانگر تنوع ژنتیکی قابل‌توجه بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مطالعه شده می‌باشد. بر اساس نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ در صفت، ژنوتیپ‌ها در هشت گروه و صفات در شش گروه قرارگرفتند. ژنوتیپ شماره ۱۷ از لحاظ ترکیب صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و شاخص محتوای نسبی کلروفیل[۲] دارای بیشترین مقدار بود. ژنوتیپ شماره ۳ دارای بهترین ترکیب صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، شاخص سرعت رشد اولیه، طول سنبله، میزان آب نسبی برگ و طول برگ پرچم بود. ژنوتیپ شماره ۲۷ از لحاظ هدایت روزنه و طول پدانکل و ژنوتیپ شماره ۷۶ از لحاظ دمای کانوپی دارای بیشترین مقدار نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ شماره ۴ دارای بالاترین ترکیب صفات تعداد روز تا چکمه‌ای شدن و طول پدانکل خارجی بود. ژنوتیپ شماره ۱۰ از نظر صفات تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک و تعداد سنبله در متر مربع مقادیر بالایی داشت که از این لحاظ ژنوتیپی دیررس محسوب می‌شود. بر اساس نتایج تجزیه همبستگی و نتایج تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، شاخص محتوای نسبی کلروفیل ، تعداد سنبله در واحد سطح به‌عنوان مهمترین صفات موثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل، ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۱۷، ۷۲، ۱۳ بر اساس شاخص‌های انتخاب، به‌عنوان ژنوتیپ‌های ایده‌آل در شرایط دیم شناسایی و جهت بررسی‌های بیشتر در برنامه اصلاح گندم دوروم توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات ژنوتیپ x صفت، شرایط دیم، صفات آگرو-فیزیولوژیک، گندم دوروم

مقدمه

گندم دوروم (*Tritium turgidum* L. ssp. durum) دومین گونه زراعی مهم گندم و دهمین محصول مهم زراعی در دنیا است و تنها گونه تتراپلوئید گندم با اهمیت تجاری و سطح کشت وسیع می‌باشد. گندم دوروم یک غله مهم برای کشاورزی و اقتصاد کشورهای مدیترانه است که به علت ارزش غذایی و اقتصادی محصول و سازگاری با نواحی کم‌بارش و نیمه‌خشک مورد توجه می باشد (۱۵). گندم دوروم حدود ۵ درصد سطح زیر کشت گندم را شامل می شود و تولید سالانه آن حدود ۳۷ تا ۴۰ میلیون تن می‌باشد.کشورهای حوزه مدیترانه بزرگترین تولیدکنندگان گندم دوروم در جهان و بزرگترین مصرف کنندگان محصولات گندم دوروم از قبیل پاستا، ماکارونی، فریکه، کوسکوس، بلغور و... هستند (۳۹).

در کشور هر ساله سطحی معادل حدود ۴ میلیون هکتار زیرکشت گندم دیم قرار دارد که از این میزان ۴۰۰-۳۰۰ هزار هکتار آن مربوط به گندم دوروم است. بخش بسیار وسیعی از اراضی زیر کشت گندم در جهان و ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است و در این مناطق به‌سبب کمبود آب و در نتیجه وقوع تنش خشکی در محیط رشد گندم عملکرد گندم به شکل قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (۴۲). تنش‌های انتهایی خشکی و گرما، عملکرد دانه و کیفیت دانه گندم را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بطوری‌که تنش خشکی بیشترین خسارت اقتصادی را به‌همراه دارد (۱۴). گزارشات مختلفی از تأثیر منفی تنش خشکی در کاهش عملکرد دانه در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه ارائه گردیده است (۱۲،۳۰،۴۸).

تنوع زیاد در میزان و پراکنش بارندگی و به‌تبع آن تغییرات عملکرد محصول در سال‌های مختلف یکی از مشکلات مهم فراروی تولید پایدار در دیمزارها به شمار می‌رود. تولید ارقام جدید با خواص ژنتیکی متفاوت از سایر ارقام، نیاز به وجود تنوع ژنتیکی دارد تا به‌نژادگر بتواند از این تنوع استفاده نماید. ایجاد تنوع ژنتیکی در راستای افزایش پایه ژنتیکی عملکرد دانه و سایر صفات مهم زراعی و نیز افزایش مقاومت به تنش‌های مهم محیطی و زیستی از مهمترین مراحل پیشبرد و اصلاح پویا در برنامه‌های به‌نژادی هر گونه زراعی از جمله گندم دوروم می‌باشد. این صفات شامل صفاتی است که یا مستقیماً با عملکرد در ارتباط هستند (عملکرد و صفات وابسته به آن) و یا باعث پایداری عملکرد شده و حصول عملکرد قابل اطمینان را تضمین می‌نمایند (۱۰،۱۱،۴۱). خشکی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جهانی برای تولید مواد غذایی است.

1- Best linear unbiased prediction (BLUP)
2- SPAD-reading

علاوه بر آن، تغییرات آب و هوایی و افزایش جمعیت جهانی نیز ابعاد این مشکل را گسترده‌تر می‌کنند. یکی از راهکارهای این مشکل ایجاد ارقام جدید با تحمل بیشتر نسبت به تنش خشکی است. بررسی صفات مورفو-فیزیولوژیک و زراعی گندم جهت تعیین اهمیت هر یک از آنها در افزایش عملکرد و استفاده در برنامه‌های به‌نژادی از اهمیت خاصی برخوردار است. انتخاب بهینه آنها در نهایت منجر به بهبود عملکرد و معرفی ارقام تجاری تحت شرایط کمبود آب خواهد شد. عملکرد دانه در غلات یک متغیر وابسته است که توسط تعدادی از مکانیسم‌های فیزیولوژیک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تحت شرایط تنش خشکی، کارآیی انتخاب برای این صفت را می‌توان با گزینش صفات مورفو-فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد دانه که ارتباط مستقیم و مثبتی با عملکرد دانه دارند و سریع و آسان نیز اندازه‌گیری می‌شوند، افزایش داد (۹،۱۷،۳۸).

آگاهی از میزان تنوع و فاصله ژنتیکی بین افراد، در اصلاح نباتات از اهمیت زیادی برخوردار است و تنوع ژنتیکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. بیشتر به‌نژادگران معتقد هستند که کمبود تنوع ژنتیکی، پیشرفت‌های اصلاحی را در آینده مختل می‌کند (۳۵). تنوع ژنتیکی اساس اصلاح نباتات است که از تکامل طبیعی ناشی شده و از اجزای مهم پایداری نظام‌های بیولوژیکی می‌باشد. ارزیابی تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی برای برنامه‌های اصلاح نباتات و حفاظت از ذخایر توارثی کاربرد حیاتی دارد. اهمیت استراتژیک گندم و تنوع ژنتیکی آن موجب گردیده تا از دیر باز و هر ساله تحقیقات وسیعی در ایستگاه‌های تحقیقاتی بین‌المللی و داخلی کشورهای مختلف دنیا به منظور پاسخگویی به نیازهای فزاینده جمعیت در حال افزایش جهان انجام گیرد. از آن جمله می‌توان به برنامه‌های به‌نژادی مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) و موسسه تحقیقات بین‌المللی اصلاح ذرت و گندم (سیمیت) اشاره نمود. راجرام و همکاران (۳۶) گزارش کردند که در نتیجه فعالیت‌های به‌نژادی گندم در موسسه تحقیقات بین‌المللی سیمیت، عملکرد دانه ارقام گندم تولید شده جدید این موسسه، در مقایسه با ارقام معرفی شده دهه ۱۹۵۰، افزایش چشمگیری داشته است.

پژوهشگران همواره به دنبال معیارهایی هستند که بتوانند از طریق آنها یک انتخاب جامع از نظر صفاتی که مطالعه می‌کنند را داشته باشند و در نهایت باعث بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش گردند (۲۳،۳۷). معیارهای زراعی و فیزیولوژیکی در دستیابی به این اهداف نقش مهمی دارند (۹،۱۷،۳۸). شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب بر اساس عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی یکی از اهداف مهم اصلاح نباتات است. شناسایی ارتباط صفات زراعی با عملکرد دانه به‌عنوان یک صفت اقتصادی می‌تواند نقش مهمی در گزینش لاین‌های برتر داشته باشد. جهت شناسایی چنین صفاتی روش‌های آماری مختلفی از قبیل تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون چندگانه، تجزیه ضرایب مسیر و ... وجود دارد که همگی در یک نقص کلی با هم مشترک هستند که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ مجموعه‌ای از صفات نمی‌باشند. یان و راجکن (۴۵) با معرفی مدل بای‌پلات ژنوتیپ در صفت (GT-biplot) روشی را برای ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب در داده‌های دو طرفه ژنوتیپ در صفت معرفی نمودند. با استفاده از این روش می‌توان به‌صورت گرافیکی روابط بین صفات مورد بررسی و پروفایل خصوصیات زراعی-فیزیولوزیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی را شناسایی نمود. از این روش برای بررسی روابط متقابل بین صفات مورد بررسی و همچنین ارزیابی، مقایسه و انتخاب ژنوتیپ‌های مختلف در گندم نان (۱۳)، گندم دوروم (۱۸)، یولاف (۳۱)، سویا (۴۶) و سایر محصولات دیگر استفاده شده است. به علاوه در طرح‌های حجیم با تعداد ژنوتیپ زیاد استفاده از روش‌های آماری دقیق برای پیش‌بینی دقیق مقادیر ژنوتیپی بایستی مورد توجه به‌نژادگران قرار گیرد. روش بهترین پیش‌بینی نااریب خطی (BLUP) یک روش استاندارد برای تخمین اثرات تصادفی در یک مدل مختلط است. این روش در ابتدا در اصلاح نژاد حیوانات برای تخمین ارزش‌های اصلاحی ایجاد شد و در حال حاضر به‌طور گسترده در بسیاری از
زمینه‌های تحقیقاتی استفاده می‌شود. در گیاهان، استفاده از مدل‌های ترکیبی با اثرات ژنتیکی تصادفی تا همین اواخر عمدتاً به تخمین واریانس مولفه‌های ژنتیکی و غیرژنتیکی محدود می‌شد، در حالی که تخمین مقادیر ژنوتیپی بیشتر بر اساس مدلی با اثرات ثابت است (۳۲). پیفو (۳۳) نشان دادد که روش بلاپ در مقایسه با سایر روش‌ها از دقت پیش‌بینی خوبی برخوردار است. استفاده از روش بلاپ برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در مراحل پیشرفته در گیاهان زراعی مختلف مورد استفاده و تاکید قرار گرفته است (۳،۵،۲۱،۲۸،۳۴).

بنابراین، این تحقیق با هدف ارزیابی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی لاین‌های اصلاحی گندم دوروم و تجزیه همبستگی فنوتیپی بین صفات آگرو-فیزیولوژیکی در شرایط دیم با استفاده از روش تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۸۶ ژنوتیپ گندم دوروم شامل ۸۲ لاین اصلاحی گندم دوروم دریافتی از سیمیت به همراه ۴ ژنوتیپ گندم دوروم به‌عنوان شاهد (جدول ۱) در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ در معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (ایستگاه سرارود) در قالب طرح آگمنت مورد بررسی قرار گرفت. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در قالب طرح آگمنت که در آن لاین‌های اصلاحی به‌صورت سیستماتیک کشت شده و جهت برآورد خطا و دقت برآوردهای ژنوتیپی از چهار ژنوتیپ شاهد در آزمایش که هر کدام چهار بار در آزمایش تکرار شدند، استفاده گردید. بر اساس مدل طرح آگمنت (۴) در طرح‌های حجیم می‌توان با استفاده از شاهدها و تکرار آنها در آزمایش ارزش اصلاحی ژنوتیپ‌ها را به‌صورت دقیق برآورد نمود. برای کشت از زمینی که سال قبل به‌صورت آیش بود استفاده شد و هر ژنوتیپ در شش خط ۳ متری و با فواصل خطوط ۲۰ سانتی‌متری (مساحت هر کرت ۳ مترمربع) با استفاده از بذرکار آزمایشی وینتراشتاینگر کشت و در زمان مناسب یاداشت برداری‌های لازم از صفات مورد مطالعه انجام

شد. در این آزمایش ۲۲ صفت مختلف زراعی، فنولوژیک و فیزیولوژیک شامل سرعت رشد اولیه (GR)[۱]، تعداد روز تا چکمه ای شدن (DB)[۲]، میزان آب نسبی از دست رفته برگ (RWL)[۳]، تعداد روز تا گلدهی (DHE)[۴]، محتوای نسبی آب برگ (RWC)[۵]، محتوی نسبی کلروفیل (SPAD)[۶]، دمای کانوپی (CT)[۷]، هدایت روزنه‌ای (SC)[۸]، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)[۹]، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک (DM)[۱۰]، ارتفاع بوته (PLH)[۱۱]، طول سنبله (SL)[۱۲]، طول پدانکل (PL)[۱۳]، طول پدانکل خارجی (PE)[۱۴]، طول برگ پرچم (FL)[۱۵]، وزن هزار دانه (TKW)[۱۶]، تعداد سنبله در متر مربع (NS)[۱۷]، تعداد سنبله بارور در متر مربع (NFS)[۱۸]، تعداد دانه در سنبله (NSPS)[۱۹]، عملکرد بیولوژیک (BY)[۲۰] یا بیوماس، عملکرد دانه (GY)[۲۱] و شاخص برداشت (HI)[۲۲] برای هر ژنوتیپ اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری میزان آب نسبی از دست رفته (RWL) از هر ژنوتیپ در هر تکرار در مرحله قبل از گلدهی پنج برگ پرچم بطور تصادفی انتخاب و بلافاصله وزن شدند. سپس نمونه‌های توزین شده به مدت دو ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند تا وزن برگ در حالت پژمردگی بدست آید. در نهایت نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت۴۸ ساعت در آون برای به دست آوردن وزن خشک قرار گرفتند. میزان آب از دست رفته بر حسب گرم آب از دست رفته در دو ساعت با استفاده از رابطه یانگ و همکاران (۴۷) محاسبه گردید.

$$RWL=[(W1-W2)/W3]/[T2-T1/60]$$

در این رابطه T1 و T2 به‌ترتیب زمان لازم (ساعت) برای بدست آوردن وزن پژمردگی و وزن‌خشک و W1، W2 و W3 به‌ترتیب وزن‌های تر، پژمرده و خشک بر حسب گرم می‌باشد.

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)، پنج برگ پرچم از هر ژنوتیپ در هر کرت به‌طور تصادفی در مرحله گرده‌افشانی انتخاب و پنج قطعه پنج سانتی‌متری از نمونه‌های برگ جدا شده، وزن‌تر (FW) آنها توسط ترازوی دقیق دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن وزن تورژسانس (TW) نمونه ها به‌مدت یک شبانه در شدت نور کم در آب مقطر قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌منظور بدست آوردن وزن خشک (DW) در آون قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ برای هر ژنوتیپ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۲).

$$RWC\ (\%)=\left[\frac{FW-DW}{TW-DW}\right]*100$$

برای محاسبه سرعت رشد اولیه (GR) ارتفاع هر ژنوتیپ در دو مرحله اندازه‌گیری شد. در مرحله اول ارتفاع در زمان شروع ساقه رفتن بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ۱۴ روز بعد در مرحله دوم ارتفاع هر ژنوتیپ اندازه‌گیری و بر اساس رابطه زیر، سرعت رشد اولیه برای هر ژنوتیپ محاسبه گردید (۱۶).

$$GR\ (\%)=\frac{\ln(PH2)-\ln(PH1)}{14}$$

در این رابطه ln لگاریتم بر مبنای عدد طبیعی و PH_1 و PH_2 به‌ترتیب ارتفاع ژنوتیپ در مراحل اول و دوم اندازه‌گیری می‌باشد. صفات فیزیولوژیک دمای کانوپی با دماسنج مادون قرمز (Kimo KIRAY 100, UK) در ساعات آفتابی روز و در شرایط بدون وزش باد در مرحله گرده‌افشانی اندازه‌گیری گردید. همچنین میزان کلروفیل برگ پرچم (SPAD) با کلروفیل متر (Minolta Co. Ltd., Tokyo, Japan)، شاخص نرمال شده پوشش کرت (NDVI) با دستگاه گرین-سیکر (Trimble Green seeker, USA) و هدایت روزنه‌ای با اسفاده از پرومتر (AP4 Porometer) در مرحله گرده‌افشانی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری صفات از هر کرت ۵ نمونه تصادفی انتخاب و از میانگین نمونه‌های هر صفت به‌عنوان ارزش هر ژنوتیپ استفاده گردید. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله بر اساس سطح یک مترمربع از هر کرت آزمایشی محاسبه گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌های مزرعه‌ای و بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش بهترین پیش‌بینی ناااریب خطی (BLUP) تجزیه واریانس صفات زراعی انجام شده و با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار مقایسه میانگین تصحیح شده بلاپ در سطح احتمال ۵٪ برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی انجام شد. سپس از تجزیه ضرایب همبستگی فنوتیپی برای بررسی روابط بین صفات مورد بررسی استفاده شد. از تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت (GT-biplot) برای بررسی روابط ژنوتیپ و صفت، همبستگی بین صفات و تعیین پروفایل آگرو–فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی استفاده شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از بسته‌های آماری MET-R (۱) و GEA-R (۲۹) در محیط R انجام شد.

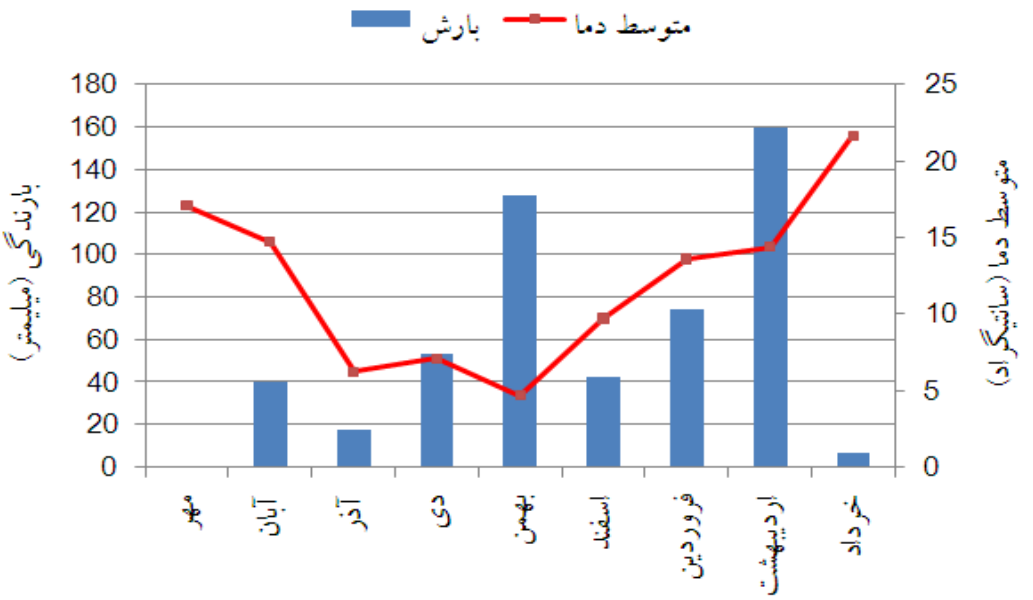
1- Intial growth rate 2- Days to booting 3- relat ive water loss 4- Days to heading 5- Relative water content 6- relative chlorophyll content (SPAD-reading) 7- Canopy temperature 8- Stomatal conductance 9- Normalized difference vegetation index 10- Days to physiological maturity 11- Plant height 12- Spike length 13- Peduncle length 14- Peduncle extrusion 15- Flag-leaf length 16- Thousand kernel weight 17- Number of spikes per meter square 18- Number of fertile spikes per meter square 19- Number of seed per spike 20- Biological yield (Biomass) 21- Grain yield 22- Harvest index

جدول ۱- فهرست ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. List of studied genotypes

کد	ژنوتیپ	تاریخچه انتخاب	منشاء
1	Saji	Check	Iran
2	Zahab	Check	Iran
3	SRN-1/KILL//2*FOLTA-1	Check	CIMMYT
4	Imren	Check	Turkey
5	PLATA_7/ILBOR_1//SOMAT_3/3/CABECA_2/PATKA_4//…	CDSS09Y00762T-099Y-024M-20Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
6	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR…	CDSS10Y00498T-099Y-018M-12Y-1M-06Y-0B	CIMMYT
7	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/…	CDSS10Y00498T-099Y-018M-18Y-1M-06Y-0B	CIMMYT
8	GUAYACAN INIA/GUANAY//PORRON_4/BEJAH_7/7/CAMAYO//…	CDSS10Y00504T-099Y-037M-10Y-1M-06Y-0B	CIMMYT
9	CNDO/VEE//PLATA_8/3/6*PLATA_11/6/PLATA_8/4/GARZA/AFN//….	CDSS09B00165S-099Y-010M-4Y-3M-06Y-0B	CIMMYT
10	RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/..	CDSS09B00171S-099Y-041M-1Y-3M-06Y-0B	CIMMYT
11	CIRNO C 2008	CGSS02Y00004S-2F1-6Y-0B-1Y-0B	CIMMYT
12	CBC 509 CHILE/5/2*AJAIA_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/6/AJAIA…	CDSS09Y00310S-099Y-034M-12Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
13	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/…	CDSS09Y00318S-099Y-014M-27Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
14	GEN/4/D68.1.93A.1A//RUFF/FGO/3/MTL_5/5/TARRO_1/2*YUAN_1//…	CDSS09Y00843T-099Y-034M-9Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
15	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/…	CDSS09Y00211S-099Y-041M-11Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
16	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/….	CDSS09Y00211S-099Y-041M-16Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
17	CBC 514 CHILE/3/AUK/GUIL//GREEN/10/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/…	CDSS09Y00314S-099Y-029M-24Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
18	GUAYACAN INIA/2*SNITAN/5/CMH85.797//CADO/BOOMER_33/4/…	CDSS09Y00327S-099Y-041M-19Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
19	PLATA_7/ILBOR_1//SOMAT_3/3/CABECA_2/PATKA_4//BEHRANG/…	CDSS09Y00762T-099Y-024M-19Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
20	GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON_4…	CDSS09Y00805T-099Y-09M-5Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
21	CAMAYO/2*KUCUK/3/SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACAN INIA/5/…	CDSS08B00131T-099Y-027M-6Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
22	STORLOM/3/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/4/D00003A/5/1A.1D…	CDSS09Y00970T-099Y-063M-4Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
23	AINZEN_1//PLATA_6/GREEN_17/5/TATLER_1/TARRO_1/3/CANELO_8//…	CDSS05B00007S-6Y-0M-1Y-4M-0Y	CIMMYT
24	DACK/KIWI//OSTE/3/CHEN84_1/4/MEXI75/5/NIGRIS_4/6/CANELO_8//…	CDSS06Y00326S-44Y-0M-5Y-1M-0Y	CIMMYT
25	SELIM/6/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/SOMBRA…	CDSS07Y00768D-3B-01Y-03M-6Y-1B-04Y-0B	CIMMYT
26	SELIM/3/CF4-JS 21//TECA96/TILO_1/4/SORA/2*PLATA_12//SRN_3/NIGRIS_4	CDSS08Y00760T-0TOPB-099Y-08M-12Y-1M-0Y	CIMMYT
27	ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/4/TOSKA_26/RASCON_37//…	CDSS04B00362T-0TOPY-16Y-0M-1Y-0M-2Y-0B	CIMMYT
28	WID22241/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/TARRO_1/2…	CDSS06Y00646T-0TOPB-24Y-0M-4Y-1M-0Y	CIMMYT
29	ALAMO:DR/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/PLATA_6/…	CDSS06Y00625T-0TOPB-34Y-0M-2Y-1M-0Y	CIMMYT
30	E90040/MFOWL_13//LOTAIL_6/3/PROZANA/ARLIN//MUSK_6/9/USDA….	CDSS06Y00497S-28Y-0M-4Y-4M-0Y	CIMMYT
31	ALTAR 84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY/4/GREEN_14//YAV_10/AUK…	CDSS06Y00816T-0TOPB-61Y-0M-8Y-1M-0Y	CIMMYT
32	ZENIT/5/SORA/2*PLATA_12//RASCON_37/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/…	CDSS06B00472T-099Y-099M-11Y-4M-04Y-0B	CIMMYT
33	SIMETO/3/SORA/2*PLATA_12//SRN_3/NIGRIS_4/5/TOSKA_26/RASCON_37…	CDSS06B00488T-099Y-099M-5Y-3M-04Y-0B	CIMMYT
34	P91.272.3.1/3*MEXI75//2*JUPARE C 2001/5/ARTICO/AJAIA_3//HUALITA/3/…	CDSS07Y00544T-099Y-099M-15Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
35	P91.272.3.1/3*MEXI75//2*JUPARE C 2001/5/ARTICO/AJAIA_3//HUALITA/3/…	CDSS07Y00544T-099Y-099M-24Y-3M-04Y-0B	CIMMYT
36	ALTAR 84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY/4/GREEN_14//YAV_10/AUK/10/...	CDSS06Y00816T-0TOPB-61Y-0M-1Y-4M-0Y	CIMMYT
37	ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/4/STOT//ALTAR 84/ALD/3/…	CDSS06Y00674T-0TOPB-4Y-0M-3Y-4M-0Y	CIMMYT
38	ODIN_15/WITNEK_1//ISLOM_1/6/MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/…	CDSS07B00338S-099Y-013M-4Y-1M-0Y	CIMMYT
39	TRIDENT/3*KUCUK	CDIB02Y00011T-B-4B-3Y-3B-3Y-2B-1Y-2B-2Y-1B-0Y	CIMMYT
40	PLANETA/AMIC//BERGAND/TRILE/3/KNIPA	CDSS09Y00415S-099Y-021M-2Y-0M-04Y-0B	CIMMYT
41	ATIL/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS08B01003S-099B-099Y-45B-0Y	CIMMYT
42	ATIL/HELLER #1	CMSS08B00996S-099B-099Y-36B-0Y	CIMMYT
43	ATIL/BAIRDS	CMSS08B01001S-099B-099Y-20B-0Y	CIMMYT
44	ATIL/BAIRDS	CMSS08B01001S-099B-099Y-38B-0Y	CIMMYT
45	ATIL/BAIRDS	CMSS08B01001S-099B-099Y-40B-0Y	CIMMYT
46	ATIL/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS08B01003S-099B-099Y-45B-0Y	CIMMYT
47	CIRNO C 2008/HELLER #1	CMSS08B01004S-099B-099Y-29B-0Y	CIMMYT
48	CIRNO C 2008/BAIRDS	CMSS08B01009S-099B-099Y-2B-0Y	CIMMYT
49	CIRNO C 2008/BAIRDS	CMSS08B01009S-099B-099Y-7B-0Y	CIMMYT
50	CIRNO C 2008/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS08B01011S-099B-099Y-20B-0Y	CIMMYT
51	CIRNO C 2008/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS08B01011S-099B-099Y-25B-0Y	CIMMYT
52	CIRNO C 2008/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS08B01011S-099B-099Y-30B-0Y	CIMMYT
53	CIRNO C 2008/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS08B01011S-099B-099Y-41B-0Y	CIMMYT
54	ATIL*2/HELLER #1	CMSS09Y01198T-099TOPB-099Y-099B-108Y-0Y	CIMMYT
55	ATIL*2/BAIRDS	CMSS09Y01199T-099TOPB-099Y-099B-45Y-0Y	CIMMYT
56	ATIL*2/DUNKER	CMSS09Y01200T-099TOPB-099Y-099B-57Y-0Y	CIMMYT
57	ATIL*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01201T-099TOPB-099Y-099B-18Y-0Y	CIMMYT
58	ATIL*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01201T-099TOPB-099Y-099B-27Y-0Y	CIMMYT
59	ATIL*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01201T-099TOPB-099Y-099B-49Y-0Y	CIMMYT
60	CIRNO C 2008*2/HELLER #1	CMSS09Y01202T-099TOPB-099Y-099B-83Y-0Y	CIMMYT
61	CIRNO C 2008*2/HELLER #1	CMSS09Y01202T-099TOPB-099Y-099B-102Y-0Y	CIMMYT
62	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-5Y-0Y	CIMMYT
63	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-10Y-0Y	CIMMYT
64	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-35Y-0Y	CIMMYT
65	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-39Y-0Y	CIMMYT
66	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-49Y-0Y	CIMMYT
67	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-54Y-0Y	CIMMYT
68	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-58Y-0Y	CIMMYT
69	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-72Y-0Y	CIMMYT
70	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-82Y-0Y	CIMMYT
71	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-86Y-0Y	CIMMYT
72	CIRNO C 2008*2/BAIRDS	CMSS09Y01203T-099TOPB-099Y-099B-104Y-0Y	CIMMYT
73	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-21Y-0Y	CIMMYT
74	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-42Y-0Y	CIMMYT
75	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-50Y-0Y	CIMMYT
76	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-61Y-0Y	CIMMYT
77	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-63Y-0Y	CIMMYT
78	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-65Y-0Y	CIMMYT
79	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-91Y-0Y	CIMMYT
80	CIRNO C 2008*2/DUNKER	CMSS09Y01204T-099TOPB-099Y-099B-92Y-0Y	CIMMYT
81	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01205T-099TOPB-099Y-099B-26Y-0Y	CIMMYT
82	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01205T-099TOPB-099Y-099B-61Y-0Y	CIMMYT
83	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01205T-099TOPB-099Y-099B-65Y-0Y	CIMMYT
84	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01205T-099TOPB-099Y-099B-72Y-0Y	CIMMYT
85	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01205T-099TOPB-099Y-099B-77Y-0Y	CIMMYT
86	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE	CMSS09Y01205T-099TOPB-099Y-099B-89Y-0Y	CIMMYT

در شکل ۱ نمودار میزان بارش و متوسط دمای ماهانه در طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه، نشان داده شده است. میزان بارندگی در ایستگاه سرارود ۵۲۱/۲ میلی‌متر بوده که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۱۰۱/۲ میلی‌متر و نسبت به سال زراعی گذشته ۵/۷ درصد افزایش داشته است. پراکنش بارندگی در پاییز ۵۷/۴، در زمستان ۲۲۳/۱ و در بهار ۲۴۰/۷ میلی‌متر بوده است. به‌عبارت دیگر، ۱۱ درصد بارش‌ها در پاییز، ۴۲/۸ درصد در زمستان و ۴۶/۲ درصد در بهار به وقوع پیوسته است. داده‌های درجه حرارت نشان می‌دهند که متوسط دمای سال زراعی اخیر ۱۲/۱ درجه سانتی‌گراد بوده است که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۰/۷ درجه سانتی‌گراد و نسبت به سال زراعی گذشته ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. مجموع روزهای زیر صفر ۵۹ روز بوده که نسبت به میانگین بلند مدت ۲۲ روز کاهش و نسبت به سال زراعی گذشته ۲۱ روز کاهش داشته است. سال زراعی، یک سال مطلوب با میزان و پراکنش مناسب بارندگی به ویژه در بهار بود، هر چند که در پاییز میزان بارش از نرمال کمتر بود.



شکل ۱- میزان بارش و متوسط دمای ماهانه در طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات دیم سرارود، کرمانشاه
Figure 1. Monthly distribution of rainfall and average temperature during 2017-18 cropping season in sararood station, Kermanshah, Iran

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و آماره‌های توصیفی از قبیل میانگین و ضریب تغییرات برای صفات مورد بررسی ۸۶ ژنوتیپ گندم دوروم در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل، اختلاف آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ تمام صفات مورد مطالعه به جز دمای کانوپی و طول سنبله در شرایط دیم مشاهده گردید، که بیانگر تنوع ژنتیکی قابل توجه بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مطالعه شده می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس و برآورد واریانس‌های ژنوتیپی و باقی‌مانده، و ضریب تغییرات صفات مورد مطالعه برای ۸۶ ژنوتیپ بر اساس مدل بلاپ

Table 2. Analysis of variance and estimation of genotypic and residual variances, and coefficient of variation of studied traits for 86 genotypes using BLUP model

صفت	واریانس ژنوتیپی	واریانس باقی‌مانده	سطح معنی‌داری	میانگین	ضریب تغییرات (٪)
GR	۲/۷۷	۰/۳	۰/۰۱۹	۲/۸۰۱	۱۹/۵
NDVI	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۳۴	۰/۵۴۲	۵/۵
DB	۲/۱۰۷	۰/۶۶۶	۰/۰۲۲	۱۲۵/۰۹۲	۰/۷
DHE	۲/۷۸۹	۱/۵۰۶	۰/۰۱۸	۱۲۶/۷۶۳	۱/۰
RWL	۱/۰۱۷	۰/۰۴۲	۰/۰۳۷	۱/۱۳۵	۱۸
SC	۷۳/۳۸۴	۶۸/۶۱	۰/۰۲۱	۴۶/۴۴۲	۱۷/۸
RWC	۳۸/۳۳۴	۱۵/۳۰۹	۰/۰۴۹	۷۷/۷۸۵	۵
CT	۲/۲۵۱	۱۰/۴۷۷	۰/۴۳	۲۶/۴۴۴	۱۲/۲
SPAD	۵۵/۳۶۱	۱۷/۷۹۲	۰/۰۹۲	۵۳/۱۳۹	۷/۹
PLH	۱۰۶/۱۵۴	۲۱/۰۶۹	۰/۰۱۲	۷۳/۳۸۸	۶/۳
PL	۸۷/۰۱۲	۲۳/۷۸۱	۰/۰۵۱	۳۶/۳۳۶	۱۳/۴
SL	۳/۴۵۸	۱/۲۸۱	۰/۰۶۱	۶/۸۶	۱۶/۵
FL	۱۰/۰۱	۷/۰۶۳	۰/۰۴۲	۱۸/۹۵۳	۱۴
PE	۴۱/۳۸	۱۳/۱۷۱	۰/۰۲۲	۱۹/۳۱۳	۱۸/۸
DM	۷/۰۳	۵/۱۶۶	۰/۰۵۹	۱۶۴/۹۰۶	۱/۴
NSPS	۴۳۰/۱۳	۲۱۲/۸۶۷	۰/۰۱۵	۳۵/۰۳۴	۴۱/۶
TKW	۹۵/۱	۳۸/۷۳۱	۰/۰۳۷	۴۳/۰۵۷	۱۴/۵
NS	۳۵۶۳۷/۲۳	۱۰۷۱۱/۴۵	۰/۰۲۳	۳۸۵/۲۱۸	۲۶/۹
NFS	۶۷۵۸۰/۰۲	۱۰۴۹۸/۶	۰/۰۰۹	۳۷۶/۰۶۱	۲۷/۲
GY	۸۹۰۲۳/۷	۱۰۳۱۶/۲	۰/۰۰۶	۴۶۲/۵۶۵	۲۱/۹
BY	۱۲۹۸۰۵/۱	۷۰۷۶۴/۳	۰/۰۰۴	۱۴۷۸/۴۷۴	۱۸/۱
HI	۷۵/۰	۲۶/۰۲	۰/۰۱۴	۳۱/۰۵۱	۱۶/۴

GR: سرعت رشد اولیه، DB: تعداد روز تا چکمه‌ای شدن، DHE: تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، RWL: میزان آب نسبی از دست رفته برگ، RWC: محتوای نسبی آب برگ، CT: دمای کانوپی، NDVI: شاخص پوشش گیاهی، SPAD: محتوای نسبی کلروفیل، PLH: ارتفاع بوته، SL: طول سنبله، PL: طول پدانکل، PE: طول پدانکل خارجی، FL: طول برگ پرچم، SC : هدایت روزنه‌ای، DM: طول دوره رسیدگی، GFP: طول دوره پر شدن دانه، NS: تعداد سنبله در متر مربع، NSPS: تعداد دانه در سنبله، TKW: وزن هزار دانه، GY: عملکرد دانه، BY : عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت

در جدول ۳ رتبه ۳۰ ژنوتیپ برتر بر اساس هر یک از صفات مورد بررسی به همراه مقادیر LSD در سطح احتمال ۵ درصد و میانگین ژنوتیپ‌ها برای هر صفت در آزمایش ارائه شده است. نتایج نشان داد که لاین‌های با ویژگی‌های آگرو-فیزیولوژیک برتر از از ارقام شاهد در آزمایش وجود دارند. میانگین عملکرد دانه در آزمایش برابر ۴۶۲/۶ گرم در واحد سطح بود که ۳۰ ژنوتیپ برتر با دامنه عملکرد دانه بین ۴۸۸ تا ۹۴۲ گرم در واحد سطح دارای عملکرد بیشتری نسبت به میانگین آزمایش بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۲۰، ۱۷، ۳۱، ۷۲، ۱۳، ۱۰، ۴۵، ۱۶، ۶۱، ۷۹، ۱۱ و ۱۸ از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بوده و عملکرد بیشتری نسبت به شاهد شماره ۳ با میانگین عملکرد ۶۰۰ گرم در واحد سطح داشتند، اما بر اساس مقدار LSD در سطح احتمال ۵٪ با شاهد شماره ۳ اختلاف معنی‌داری نداشتند در حالیکه با سه شاهد دیگر دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند. لازم به ذکر است ژنوتیپ شاهد شماره ۳ از بیشترین سرعت رشد اولیه در آزمایش برخوردار بود (GR= ۳/۳۸) و بعد از آن لاین‌های شماره ۴۸، ۲۴، ۵۳، ۷۹، ۶۲ و ۸۴ از بیشترین سرعت رشد اولیه برخوردار بوده و دامنه سرعت رشد اولیه آنها بین ۲/۹۴ تا ۳/۰۵ متغیر بود (جدول ۳).

بالاترین میزان شاخص سبزینگی کرت (NDVI) در لاین‌های شماره ۶۰، ۷۰، ۳۶، ۲۰ و ۳۷ مشاهده شده و در بین شاهدها نیز، شاهد شماره ۲ (رقم ذهاب) دارای بیشترین میزان شاخص سبزینگی کرت بود. از لحاظ تعداد روز تا گلدهی، ژنوتیپ‌های شماره ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۳۹، ۶۱، ۶۷، ۳۵، ۳۶ و ۴۰ زودتر از ژنوتیپ‌های شاهد وارد مرحله گلدهی شدند. ژنوتیپ‌های ۵۸، ۵۹، ۶۰ از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری از لحاظ گلدهی نسبت به ارقام شاهد ساجی و ذهاب داشتند. از لحاظ میزان آب نسبی از دست رفته رقم ساجی در بین شاهدها از کمترین میزان آب نسبی از دست رفته برخوردار بود و لاین‌های اصلاحی شماره ۲۶، ۲۴، ۸۴، ۴۹، ۸۵، ۱۵ و ۴۳ نسبت به رقم ساجی میزان آب نسبی از دست رفته کمتری داشتند. این لاین‌ها تفاوت معنی‌داری با سه شاهد دیگر نشان دادند اما با رقم شاهد ساجی اختلاف معنی‌داری نداشتند. از لحاظ هدایت روزنه‌ای بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بر اساس مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با ارقام شاهد، ژنوتیپ‌های شماره ۸۵، ۷۸، ۶۸، ۸۳، ۷۵، ۷۹، ۲۳، ۸۴ و ۳۲ به ترتیب بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای را به خود اختصاص دادند و به لحاظ آماری با شاهد برتر آزمایش (شاهد شماره ۳) اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ داشتند.

از لحاظ میزان آب نسبی برگ بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و مقایسه میانگین انجام شده نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۸۵، ۱۳، ۸۲، ۴۳، ۵، ۱۸، ۷۵، ۸۴ و ۶۴ بیشترین مقدار صفت را به خود اختصاص داده‌اند و به لحاظ آماری تنها ژنوتیپ شماره ۱۶ اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد برتر آزمایش (شاهد شماره ۴) نشان داد. از لحاظ صفت ارتفاع بوته بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و مقایسه میانگین انجام شده نشان داد که ژنوتیپ‌های شاهد شماره ۳، ۴ و ۲ به ترتیب دارای بیشترین ارتفاع بوته بودند. از لحاظ طول پدانکل بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و ژنوتیپ‌های شماره ۴۴، ۲۶، ۳۵، ۶۵، ۲۵، ۲۷، ۳۷ و ۳۲ به ترتیب بیشترین مقدار طول پدانکل را به خود اختصاص دادند و اختلاف معنی‌داری با شاهد شماره ۱ (ساجی) نداشتند، اما با سه شاهد دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند.

ژنوتیپ‌ها از لحاظ طول برگ پرچم اختلاف معنی‌داری نشان دادند و ژنوتیپ‌های شماره ۸۶، ۶۵، ۷۱ و ۲۵ به ترتیب از بیشترین طول برگ پرچم برخوردار بوده و اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد برتر (شاهد شماره ۳) نشان دادند. از لحاظ طول پدانکل خارجی بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و ژنوتیپ‌های شماره ۴۴، ۲۳، ۲۱، ۵۴، ۶۴ و ۳۵ از بیشترین طول پدانکل خارجی برخوردار بودند. ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری نشان دادند. بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۸۵، ۷۹، ۶۱، ۲۶، ۵۲، ۴۸، ۲۰ و ۴۰ بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد شماره ۳ با بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۹ دانه در سنبله) داشتند. اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ وزن هزار دانه نیز مشاهده گردید. ژنوتیپ‌های با بیشترین وزن هزار دانه (وزن هزار دانه بیشتر از ۵۰ گرم) مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۸، ۶۹، ۸۱، ۶۰، ۲۰، ۶۷، ۷۰، ۱۷، ۴۷، ۴۰، ۷۳، ۱۳، ۵ و ۷۸ بودند که اختلاف معنی‌داری با شاهد شماره ۲ (ذهاب) با وزن هزاردانه ۴۵ گرم نداشتند. از لحاظ تعداد سنبله در متر مربع بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود داشت بطوریکه لاین‌های شماره ۱۷، ۱۰، ۷۵، ۱۹، ۷، ۱۵، ۱۶، ۲۰ و ۲۱ از بیشترین تعداد سنبله در متر مربع برخوردار بودند. این ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری با شاهد شماره ۳ با بیشترین تعداد سنبله در متر مربع نشان دادند. از لحاظ عملکرد بیولوژیک نیز تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت و ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۱۷، ۴۵، ۷۲، ۲۰، ۳۱ و ۴۰ با بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری با ارقام شاهد بجز ژنوتیپ شاهد شماره ۳ نشان دادند. از لحاظ شاخص برداشت ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۷، ۱۸، ۱۰، ۱۶، ۲۰ و ۱۳ دارای بیشترین مقدار بودند که ژنوتیپ‌های ۲۴ و ۷ تفاوت معنی‌داری با شاهد برتر شماره ۳ نداشتند اما با سایر شاهدها تفاوت معنی‌داری نشان دادند.

جدول ۳- میانگین‌های برآورد شده بر اساس روش بهترین پیش بینی خطی نااریب (BLUP) برای ۳۰ ژنوتیپ برتر برای هر یک از صفات مورد بررسی در شرایط دیم

Table 3. Estimated mean values based on best linear unbialsed prediction (BLUP) for the 30 top-ranking genotypes for each of the studied traits under rainfed condition

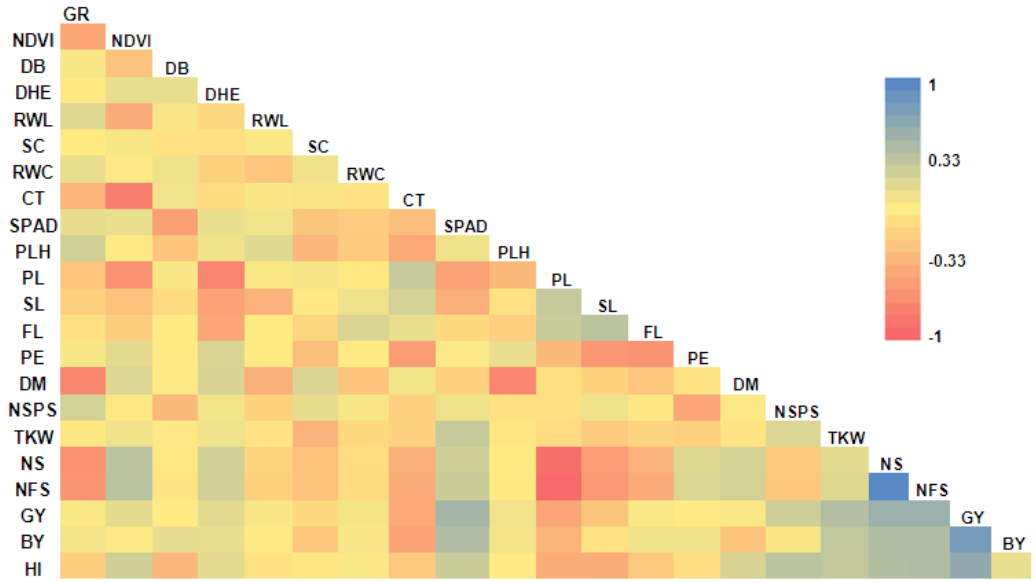
رتبه	کد	GR	کد	NDVI	کد	DB	کد	DHE	کد	RWL	کد	SC	کد	RWC	کد	CT	کد	SPAD	کد	PLH	کد	PL	کد	SL
۱	۳	۳/۳۸	۶۰	۰/۵۷۰	۲۴	۱۲۲	۵۸	۱۲۴	۲۶	۰/۸۷۵	۸۵	۷۲/۹	۱۶	۸۶/۴	۴	۲۴/۸	۴۰	۵۵/۳	۳	۱۱۹/۵	۴۴	۵۱/۷	۴	۷/۷
۲	۴۸	۳/۰۵	۷۰	۰/۵۶۷	۴۷	۱۲۲	۵۹	۱۲۴	۲۴	۱/۰۰۶	۷۸	۶۲/۷	۸۵	۸۴/۰	۴۰	۲۵/۲	۷۲	۵۵/۲	۴	۹۰/۱	۲۶	۴۸/۷	۲	۷/۵
۳	۲۴	۳/۰۴	۳۶	۰/۵۶۵	۴۹	۱۲۲	۶۰	۱۲۴	۸۴	۱/۰۱۱	۶۸	۶۲/۱	۱۳	۸۳/۷	۲	۲۵/۲	۱	۵۵/۲	۲	۸۸/۴	۳۵	۴۸/۴	۸۵	۷/۵
۴	۵۳	۲/۹۷	۲۰	۰/۵۶۳	۷۲	۱۲۳	۳۹	۱۲۵	۴۹	۱/۰۲۲	۸۳	۶۱/۹	۸۲	۸۲/۸	۴۱	۲۵/۴	۳۷	۵۵/۰	۴۶	۸۵/۹	۶۵	۴۸/۴	۳	۷/۴
۵	۷۹	۲/۹۴	۳۷	۰/۵۶۱	۷۴	۱۲۳	۶۱	۱۲۵	۸۵	۱/۰۲۹	۷۵	۶۰/۷	۴۳	۸۱/۹	۶۸	۲۵/۴	۱۳	۵۴/۹	۵۱	۸۴/۳	۲۵	۴۸/۰	۲۶	۷/۲
۶	۶۲	۲/۹۴	۲	۰/۵۶۱	۵۰	۱۲۳	۶۷	۱۲۵	۱۵	۱/۰۲۹	۷۹	۶۰/۶	۵	۸۱/۹	۳۶	۲۵/۴	۱۱	۵۴/۸	۱۷	۸۳/۸	۲۷	۴۶/۴	۱۱	۷/۱
۷	۸۴	۲/۹۴	۷۲	۰/۵۶	۷۵	۱۲۳	۳۵	۱۲۵	۴۳	۱/۰۳۶	۲۳	۶۰/۳	۱۸	۸۱/۹	۷۱	۲۵/۷	۷۵	۵۴/۷	۷	۸۲/۷	۳۷	۴۶/۴	۴۲	۷/۱
۸	۵	۲/۹۴	۲۵	۰/۵۵۸	۴۸	۱۲۴	۳۶	۱۲۵	۶۵	۱/۰۴۲	۸۴	۶۰/۰	۷۵	۸۱/۷	۳۸	۲۵/۷	۷۱	۵۴/۷	۵۷	۸۲/۷	۳۲	۴۶	۵۶	۷/۱
۹	۴۹	۲/۹۳	۵۵	۰/۵۵۶	۵۱	۱۲۴	۴۰	۱۲۵	۹	۱/۰۴۹	۳۲	۵۹/۸	۸۴	۸۱/۷	۲۱	۲۵/۷	۲۰	۵۴/۷	۲۵	۸۲/۷	۲۹	۴۵/۴	۹	۷/۱
۱۰	۴۷	۲/۹۳	۱۲	۰/۵۵۶	۶۳	۱۲۴	۶۲	۱۲۶	۵۴	۱/۰۵۳	۱۲	۵۹/۷	۶۴	۸۱/۷	۱۸	۲۵/۷	۳۱	۵۴/۷	۱۹	۸۲/۲	۴۲	۴۵/۴	۱۵	۷/۱
۱۱	۴۰	۲/۹۱	۱۷	۰/۵۵۶	۶۴	۱۲۴	۷	۱۲۶	۶۴	۱/۰۶۵	۴۱	۵۷/۹	۹	۸۱/۶	۲۶	۲۵/۷	۷۰	۵۴/۶	۷۲	۸۱/۷	۸۱	۴۵/۴	۸۶	۷/۱
۱۲	۳۷	۲/۹۱	۲۱	۰/۵۵۶	۷	۱۲۴	۱۵	۱۲۶	۱	۱/۰۶۶	۴۸	۵۷/۸	۲۳	۸۱/۵	۷۰	۲۵/۸	۱۷	۵۴/۵	۴۷	۸۱/۴	۳۸	۴۵	۴۶	۷/۰
۱۳	۶۹	۲/۹۱	۲۴	۰/۵۵۶	۲۲	۱۲۴	۲۴	۱۲۶	۱۸	۱/۰۶۹	۶	۵۷/۸	۳۲	۸۱/۲	۷۵	۲۵/۸	۷	۵۴/۵	۱۱	۸۰/۹	۳۴	۴۳/۷	۲۵	۷/۰
۱۴	۵۲	۲/۹۱	۴	۰/۵۵۴	۲	۱۲۴	۶۵	۱۲۶	۸۲	۱/۰۷۲	۸۲	۵۷/۷	۳۶	۸۱/۲	۶۳	۲۵/۸	۴۲	۵۴/۴	۳۹	۷۹/۷	۳۶	۴۳/۴	۶۵	۷/۰
۱۵	۴۲	۲/۹	۷۱	۰/۵۵۳	۶۷	۱۲۴	۶۶	۱۲۶	۵۲	۱/۰۷۳	۳۰	۵۷/۵	۸۶	۸۱/۱	۱۴	۲۵/۸	۷۸	۵۴/۴	۵۴	۷۹/۲	۴۱	۴۲/۷	۷۴	۷/۰
۱۶	۷۲	۲/۹	۷۹	۰/۵۵۳	۷۳	۱۲۴	۷۴	۱۲۶	۵۶	۱/۰۷۳	۷۲	۵۶/۳	۲۴	۸۱/۰	۲۳	۲۵/۹	۱۸	۵۴/۳	۶۸	۷۹	۸۶	۴۲/۷	۸۴	۷/۰
۱۷	۴۶	۹/۲	۵۴	۰/۵۵۳	۷۶	۱۲۴	۷۹	۱۲۶	۶۷	۱/۰۷۷	۷۶	۵۶/۰	۵۴	۸۰/۸	۵۲	۲۵/۹	۴	۵۴/۱	۸۴	۷۸/۷	۲۸	۴۲/۴	۵۹	۷/۰
۱۸	۷۱	۲/۸۹	۵۹	۰/۵۵۳	۸۵	۱۲۴	۸۰	۱۲۶	۶	۱/۰۷۷	۶۵	۵۴/۳	۶۳	۸۰/۶	۷۴	۲۵/۹	۶۷	۵۴/۰	۶۹	۷۸/۵	۳۰	۴۲/۴	۸	۷/۰
۱۹	۵۶	۲/۸۹	۶۳	۰/۵۵۳	۲۵	۱۲۴	۸۲	۱۲۶	۳۶	۱/۰۷۹	۲۲	۵۴/۰	۷۲	۸۰/۵	۱۷	۲۶/۰	۳	۵۴/۰	۴۱	۷۸/۱	۱	۴۲/۲	۱۷	۷/۰
۲۰	۶۱	۲/۸۹	۴۲	۰/۵۵۱	۲۸	۱۲۴	۲۸	۱۲۶	۷۳	۱/۰۸۱	۳	۵۳/۵	۷۹	۸۰/۴	۱۹	۲۶/۰	۶۳	۵۴/۰	۵۰	۷۶/۸	۶۸	۴۱/۷	۲۱	۷/۰
۲۱	۳۰	۲/۸۸	۶۹	۰/۵۵۰	۳۴	۱۲۴	۳۴	۱۲۶	۴۲	۱/۰۸۷	۳۹	۵۲/۸	۷	۸۰/۴	۵۴	۲۶/۰	۵۰	۵۳/۹	۶۰	۷۶/۸	۳۹	۴۱/۴	۶۶	۷/۰
۲۲	۳۲	۲/۸۸	۷۵	۰/۵۵۰	۳۸	۱۲۴	۳۷	۱۲۶	۸	۱/۰۸۹	۳۸	۵۲/۷	۶۱	۸۰/۴	۵	۲۶/۰	۶۶	۵۳/۹	۶۴	۷۶/۵	۴۳	۴۱/۴	۸۳	۷/۰
۲۳	۸۶	۲/۸۸	۷۶	۰/۵۵۰	۳۹	۱۲۴	۳۸	۱۲۶	۵۵	۱/۰۹۱	۶۰	۵۲/۶	۷۶	۸۰/۴	۶۰	۲۶/۰	۱۰	۵۳/۹	۵۲	۷۶/۳	۵۳	۴۱	۳۳	۷/۰
۲۴	۵۸	۲/۸۸	۷۸	۰/۵۵۰	۴۰	۱۲۴	۴۲	۱۲۶	۷۱	۱/۱۰	۲۸	۵۲/۶	۱۲	۸۰/۳	۷۲	۲۶/۰	۴۵	۵۳/۹	۵۸	۷۶/۳	۳۱	۴۰/۴	۳۵	۷/۰
۲۵	۲۱	۲/۸۷	۸۳	۰/۵۵۰	۴۵	۱۲۵	۴۳	۱۲۶	۵۹	۱/۱۰	۷۴	۵۲/۴	۵۵	۸۰/۱	۶۷	۲۶/۰	۶۲	۵۳/۸	۶۲	۷۶/۳	۳۳	۴۰/۴	۳۷	۷/۰
۲۶	۸۲	۲/۸۷	۶۲	۰/۵۴۹	۵۲	۱۲۵	۶۳	۱۲۶	۳۳	۱/۱۰۱	۷۰	۵۲/۲	۱۱	۷۹/۹	۵۱	۲۶/۱	۴۸	۵۳/۸	۲۷	۷۶/۲	۷۲	۴۰/۴	۳۹	۷/۰
۲۷	۲	۲/۸۷	۸	۰/۵۴۹	۵۹	۱۲۵	۶۴	۱۲۶	۲۰	۱/۱۰۳	۱۶	۵۲/۱	۳۱	۷۹/۸	۵۹	۲۶/۱	۵۳	۵۳/۸	۷۱	۷۶/۰	۸۰	۴۰/۴	۴۰	۷/۰
۲۸	۴	۲/۸۶	۱۱	۰/۵۴۹	۶۰	۱۲۵	۴	۱۲۶	۴	۱/۱۰۳	۵۵	۵۰/۷	۳۸	۷۹/۷	۱۶	۲۶/۱	۴۷	۵۳/۷	۲۲	۷۵/۸	۶۹	۴۰	۴۳	۷/۰
۲۹	۳۱	۲/۸۶	۱۳	۰/۵۴۹	۶۱	۱۲۵	۱۸	۱۲۶	۶۲	۱/۱۰۳	۳۵	۵۰/۱	۸۱	۷۹/۶	۷۳	۲۶/۱	۳۴	۵۳/۷	۳۸	۷۵/۷	۴۰	۳۹/۷	۶۲	۶/۹
۳۰	۸۵	۲/۸۶	۱۴	۰/۵۴۹	۱	۱۲۵	۲۱	۱۲۶	۵۸	۱/۱۰۵	۶۴	۴۹/۹	۴۲	۷۹/۶	۲۴	۲۶/۱	۷۴	۵۳/۷	۱	۷۵/۳	۷۳	۳۹	۶۳	۶/۹
میانگین		۲/۸۰۱		۰/۵۴۲		۱۲۵/۱		۱۲۶/۸		۱/۱۳۵		۴۶/۴		۷۷/۸		۲۶/۴		۵۳/۱		۷۳/۴		۳۶/۳		۶/۹
LSD (۵٪)		۰/۶۸۲		۰/۰۴۸		۱/۹		۲/۵		۰/۳۰۴		۴/۹۸۷		۸/۳		۳/۸		۵/۶		۱۱/۲		۱۳/۸		۱/۳

جدول ۳- میانگین‌های برآورد شده بر اساس روش بهترین پیش‌بینی خطی ناااریب (BLUP) برای ۳۰ ژنوتیپ برتر بر اساس هر یک از صفات مورد بررسی در شرایط دیم

Table 3. continued. Estimated mean values based on best linear unbialsed prediction (BLUP) for the 30 top-ranking genotypes for each of the studied traits under rainfed condition

رتبه	کد	FL	کد	PE	کد	DM	کد	NSPS	کد	TKW	کد	NS	کد	NFS	کد	GY	کد	BY	کد	HI
۱	۸۶	۲۷/۷	۶۹	۲۷/۴	۶۲	۱۵۹	۸۵	۶۷	۱۰	۵۸/۳	۱۷	۸۰۶	۱۷	۷۷۹	۷۵	۹۴۲	۷۵	۲۳۵۴	۲۴	۴۵/۵
۲	۶۵	۲۷/۰	۴۴	۲۶/۱	۴۷	۱۶۰	۷۹	۶۳	۱۸	۵۵/۵	۱۰	۷۰۶	۱۰	۷۱۹	۲۰	۸۴۱	۱۷	۲۱۰۲	۷	۴۵
۳	۷۱	۲۵/۴	۲۳	۲۴/۹	۵۰	۱۶۰	۶۱	۶۰	۶۹	۵۵/۲	۷۵	۶۹۸	۱۹	۷۰۹	۱۷	۸۲۲	۴۵	۲۰۹۷	۱۸	۴۴/۱
۴	۲۵	۲۵/۳	۲۱	۲۴/۲	۵۹	۱۶۰	۲۶	۶۰	۸۱	۵۳/۸	۱۹	۶۹۶	۷۵	۶۹۲	۳۱	۸۱۱	۷۲	۲۰۴۶	۱۰	۴۴/۱
۵	۴۰	۲۴/۶	۵۴	۲۳/۶	۶۱	۱۶۰	۵۲	۶۰	۶۰	۵۲/۸	۷	۶۲۶	۱۵	۶۳۹	۷۲	۷۹۵	۲۰	۱۹۴۹	۱۶	۴۳/۴
۶	۷۵	۲۴/۴	۶۴	۲۳/۳	۶۴	۱۶۰	۴۸	۵۹	۲۰	۵۲/۷	۱۵	۶۲۶	۷	۵۹۹	۱۳	۷۷۸	۳۱	۱۹۴۷	۲۰	۴۳/۲
۷	۷۰	۲۳/۴	۳۵	۲۳/۰	۴۵	۱۶۱	۲۰	۵۸	۶۷	۵۲/۲	۱۶	۶۰۶	۱۶	۵۸۹	۱۰	۷۵۵	۴۰	۱۹۴۲	۱۳	۴۱/۸
۸	۷۳	۲۳/۴	۴۲	۲۲/۴	۴۶	۱۶۱	۴۰	۵۷	۷۰	۵۱/۴	۲۰	۶۰۶	۵	۵۶۹	۴۵	۷۵۳	۶۲	۱۹۱۴	۳۱	۴۱/۷
۹	۷۹	۲۳/۴	۱۱	۲۲/۲	۶۰	۱۶۱	۳۴	۵۷	۱۷	۵۱/۳	۲۱	۶۰۶	۱۳	۵۵۹	۴۰	۶۸۵	۵۵	۱۸۹۸	۷۵	۴۰
۱۰	۷۶	۲۳	۶۸	۲۲/۱	۶۳	۱۶۱	۵۶	۵۵	۴۷	۵۱/۲	۵	۵۵۶	۲۰	۵۵۹	۱۶	۶۸۱	۶۹	۱۸۷۹	۱۱	۳۹/۸
۱۱	۸۰	۲۲/۷	۵۶	۲۱/۷	۲۵	۱۶۱	۵۳	۵۴	۴۰	۵۱/۲	۱۳	۵۵۶	۲۱	۵۵۹	۶۱	۶۳۸	۵۷	۱۸۷۰	۹	۳۹/۴
۱۲	۷۷	۲۲/۴	۷۲	۲۱/۳	۳۵	۱۶۱	۳۶	۵۴	۷۳	۵۱/۰	۷۶	۵۴۸	۸	۵۲۹	۷۹	۶۱۵	۵۹	۱۸۶۸	۱۷	۳۹/۱
۱۳	۲۷	۲۲/۳	۲	۲۱/۳	۳۶	۱۶۱	۱۳	۵۳	۱۳	۵۱/۰	۸	۵۴۶	۱۲	۵۲۹	۱۱	۶۱۳	۱۳	۱۸۶۲	۷۲	۳۸/۹
۱۴	۳۷	۲۲/۳	۴۳	۲۱/۳	۴۸	۱۶۲	۳۹	۵۳	۵	۵۰/۹	۳۱	۵۲۳	۳۱	۵۱۷	۱۸	۶۱۳	۵۴	۱۸۴۸	۷۹	۳۷/۷
۱۵	۵۱	۲۲/۱	۷۳	۲۱/۰	۴۹	۱۶۲	۱۷	۵۳	۷۸	۵۰/۷	۷۲	۵۱۸	۷۲	۵۱۲	۳	۶۰۰	۶۴	۱۸۰۳	۶۰	۳۷/۱
۱۶	۳۴	۲۲	۴۱	۲۱/۰	۵۱	۱۶۲	۵	۵۲	۴۵	۴۹/۷	۱۲	۵۱۶	۷۶	۵۰۲	۵	۵۶۷	۶۱	۱۷۸۹	۱۵	۳۶/۶
۱۷	۶۴	۲۱/۸	۹	۲۱/۰	۵۷	۱۶۲	۲۸	۵۲	۷۲	۴۹/۶	۸۲	۴۸۸	۸۲	۴۸۲	۵۲	۵۶۵	۴۶	۱۷۷۰	۸۶	۳۶/۵
۱۸	۷۲	۲۱/۷	۱۹	۲۰/۸	۶۹	۱۶۲	۸۳	۵۱	۱۲	۴۹/۲	۷۳	۴۷۸	۷۳	۴۷۲	۷	۵۵۹	۶۶	۱۷۶۹	۸۱	۳۶/۱
۱۹	۳۶	۲۱/۶	۵۳	۲۰/۸	۸۴	۱۶۲	۴۹	۵۰	۷۹	۴۸/۱	۵۴	۴۷۳	۵۴	۴۶۲	۶۰	۵۵۷	۲۶	۱۷۶۳	۴۵	۳۵/۹
۲۰	۸۱	۲۱/۴	۵۵	۲۰/۸	۳۴	۱۶۲	۶۰	۴۹	۱۶	۴۸/۱	۷۱	۴۶۸	۵۹	۴۶۲	۸۱	۵۴۰	۶۷	۱۷۵۳	۸	۳۵/۸
۲۱	۸۵	۲۱/۴	۱۲	۲۰/۷	۵۲	۱۶۳	۲۴	۴۹	۴۲	۴۷/۷	۱۴	۴۶۶	۱۱	۴۵۹	۳۴	۵۱۸	۴۷	۱۷۴۹	۳۴	۳۵/۷
۲۲	۳۲	۲۱/۰	۶۱	۲۰/۷	۵۴	۱۶۳	۷۰	۴۷	۱۹	۴۷/۵	۵۹	۴۶۳	۶۶	۴۵۲	۸۶	۵۱۶	۳	۱۷۳۰	۶۱	۳۵/۷
۲۳	۷۴	۲۰/۷	۶۶	۲۰/۶	۵۸	۱۶۳	۴۷	۴۷	۶	۴۷/۳	۶۶	۴۵۸	۱۴	۴۴۹	۲	۵۰۷	۵۶	۱۷۲۳	۷۷	۳۵/۶
۲۴	۳۵	۲۰/۶	۵۲	۲۰/۵	۶۶	۱۶۳	۳۳	۴۷	۵۷	۴۷/۰	۱۱	۴۵۶	۱۸	۴۴۹	۸۳	۵۰۴	۷۱	۱۷۱۹	۴۰	۳۵/۳
۲۵	۴۶	۲۰/۵	۱۴	۲۰/۴	۷۰	۱۶۳	۴۴	۴۶	۳	۴۷/۰	۱۸	۴۴۶	۴۵	۴۳۲	۵۳	۵۰۳	۱۰	۱۷۱۲	۵۲	۳۵/۲
۲۶	۱۱	۲۰/۲	۷۶	۲۰/۲	۲۷	۱۶۳	۷۲	۴۵	۹	۴۶/۹	۳	۴۴۰	۳	۴۳۰	۱۹	۵۰۰	۸۳	۱۷۰۵	۵	۳۵/۱
۲۷	۱۳	۲۰/۲	۷۰	۲۰/۱	۳۲	۱۶۳	۴۵	۴۵	۶۵	۴۶/۸	۴۵	۴۳۳	۷۱	۴۲۲	۸	۴۹۰	۸۲	۱۶۷۸	۶۵	۳۴/۸
۲۸	۶۲	۲۰/۱	۸۱	۲۰/۱	۳۹	۱۶۳	۵۱	۴۵	۳۷	۴۶/۷	۶۹	۴۰۸	۶۴	۴۱۲	۹	۴۹۰	۷۳	۱۶۵۴	۲۳	۳۴/۷
۲۹	۸۳	۲۰/۰	۴۸	۱۹/۹	۳	۱۶۴	۳۰	۴۴	۳۱	۴۶/۱	۱	۴۰۸	۱	۴۰۵	۲۳	۴۸۹	۷۸	۱۶۴۹	۳	۳۴/۷
۳۰	۳۸	۲۰/۰	۶۲	۱۹/۹	۷۱	۱۶۴	۸	۴۳	۸۶	۴۵/۸	۹	۴۰۶	۵۵	۴۰۲	۵۹	۴۸۸	۷۹	۱۶۳۲	۱۲	۳۴/۴
میانگین		۱۹		۱۹/۳		۱۶۴/۹		۳۵		۴۳/۱		۳۸۵/۲		۳۷۶/۱		۴۶۳		۱۴۷۸/۵		۳۱/۱
LSD (۵٪)		۵/۲		۶/۸		۷/۳		۱۷/۳		۱۴/۷		۱۵۰/۱		۱۳۵/۴		۳۵۷		۸۲۷/۸		۱۱/۱

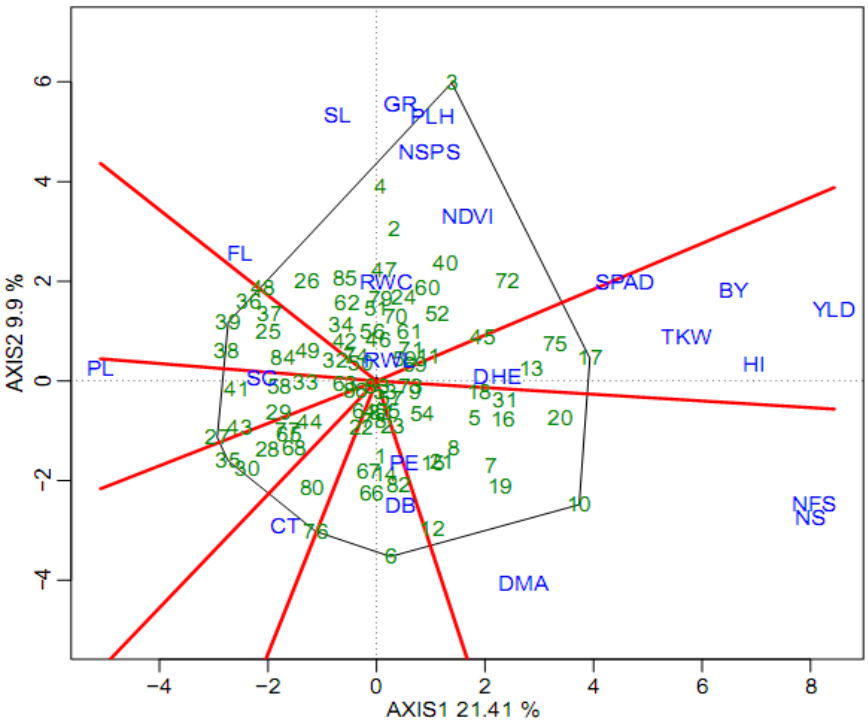
در شکل ۲ نمودار دمایی همبستگی فنوتیپی بین ۲۲ صفت آگرو–فیزیولوژیک مورد بررسی برای ۸۶ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط دیم آمده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قرائت اسپد (r=۰/۵۶)، وزن هزار دانه (r=۰/۴۷)، تعداد سنبله در متر مربع (r=۰/۶۱)، عملکرد بیولوژیک (r=۰/۸۲)، شاخص برداشت (r=۰/۶۸) و تعداد دانه در سنبله (r=۰/۳۱) با عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. همبستگی مثبت شاخص NDVI با عملکرد دانه معنی‌دار نبود (r=۰/۱۸)، اما شاخص NDVI همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با صفات تعداد سنبله در مترمربع (r=۰/۴۳)، شاخص برداشت (r=۰/۳۱) و در سطح ۵٪ با تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک نشان داد. شاخص NDVI همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با صفات دمای کانوپی (r=-۰/۳۶) و طول پدانکل (r=-۰/۳۰) نشان داد. عملکرد دانه همچنین همبستگی مثبت غیرمعنی‌دار با تعداد روز تا گلدهی (r=۰/۲۰) و عدم همبستگی با تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک (r=۰/۰۵) نشان داد که بیانگر این موضوع است که در ژرم‌پلاسم مورد بررسی در ۸۰٪ از موارد ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بیشتر زودتر وارد مرحله گلدهی شده اند، اما واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش انتهایی خشکی و گرما در انتهای فصل در شرایط دیم نشان می‌دهد که همه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا غالبا" زودرس نبوده‌اند. در ژرم‌پلاسم مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۲۶) بین تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک نیز مشاهده گردید. نتایج حاصل از بررسی‌ها در شرایط خشک به‌منظور گزینش لاین‌های متحمل به خشکی نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم بین عملکرد بالا و زودرسی ژنوتیپ‌ها رابطه مثبت و معنی‌داری برقرار است (۲۴). مطالعات ناشیت وکتاتا (۲۴) نشان داد که در گندم دوروم بین عملکرد دانه از یک طرف و زودرسی، توانائی تولید سنبلچه بیشتر در واحد سطح، طول پدانکل و تعداد سنبلچه در سنبله، همبستگی بالا و مثبتی وجود دارد. رابطه مثبت و معنی‌دار مثبت بین تعداد سنبله بیشتر در واحد سطح و تعداد سنبلچه در سنبله با نتایج این تحقیق در تطابق می‌باشد. محمدی و همکاران (۲۰) در بررسی صفات مؤثر بر عملکرد گندم دوروم در شرایط دیم از طریق مدل رگرسیونی و تحلیل مسیر، صفات فنولوژیک (گلدهی)، طول برگ پرچم، نسبت پدانکل به ارتفاع، ارتفاع بوته، میزان آب نسبی برگ و طول سنبله را به‌عنوان مهمترین صفات موثر بر عملکرد دانه گزارش نمودند. نقدی‌پور و همکاران (۲۶) در مطالعه ژنوتیپ‌های گندم دوروم، همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته و همچنین تعداد دانه در سنبله با ارتفاع بوته گزارش نمودند. چالیش و هوشمند (۷) در مطالعه انجام شده بر روی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم دوروم ابراز داشتند که صفات شاخص برداشت و تعداد دانه در بوته دارای بالاترین میزان همبستگی مثبت با عملکرد دانه بودند.



شکل ۲- نمودار دمایی همبستگی مقادیر بهترین پیش‌بینی ناریب خطی (بلاپ) برای صفات مورد بررسی ۸۶ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط دیم
Figure 2. Correlation heatmap of BLUP values of studied traits of 124 durum wheat genotypes across years

به‌منظور درک بهتر روابط متقابل بین صفات مورد بررسی و تعیین خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ژرم‌پلاسم مورد مطالعه از روش تجزیه گرافیکی بای پلات ژنوتیپ در صفت استفاده گردید. نمایش چندضلعی بای‌پلات، ژنوتیپ در صفت برای ۲۲ صفت و ۸۶ ژنوتیپ مورد بررسی در شکل ۳ نشان داده شده است. در نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ‌ها در ۸ گروه و صفات در ۶ گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۳، ۳۹، ۲۷، ۳۵، ۷۶، ۶ و ۱۰ در رئوس چندضلعی قرار گرفتند، که این ژنوتیپ‌ها از لحاظ یک یا چند صفت دارای برتری نسبی هستند. ژنوتیپ شماره ۱۷ از لحاظ ترکیب صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و شاخص قرائت اسپد دارای بیشترین مقدار بود.

ژنوتیپ شماره ۳ دارای بهترین ترکیب صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، شاخص سرعت رشد اولیه، طول سنبله، میزان آب نسبی برگ و طول برگ پرچم بود. ژنوتیپ شماره ۲۷ از لحاظ هدایت روزنه‌ای و طول پدانکل دارای بیشترین مقدار نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. ژنوتیپ شماره ۷۶ از لحاظ دمای کانوپی دارای بیشترین مقدار بود. ژنوتیپ شماره ۴ دارای بالاترین ترکیب صفات تعداد روز تا چکمه‌ای شدن و طول پدانکل خارجی بود. ژنوتیپ شماره ۱۰ از نظر صفات تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک و تعداد سنبله در متر مربع مقادیر بالایی داشت که از این لحاظ ژنوتیپی دیررس محسوب می‌شود. اما ژنوتیپ‌های شماره ۳۵ و ۳۹ که در رئوس چند ضلعی قرار داشتند از لحاظ هیچ کدام از صفات مورد بررسی برتر نبودند.

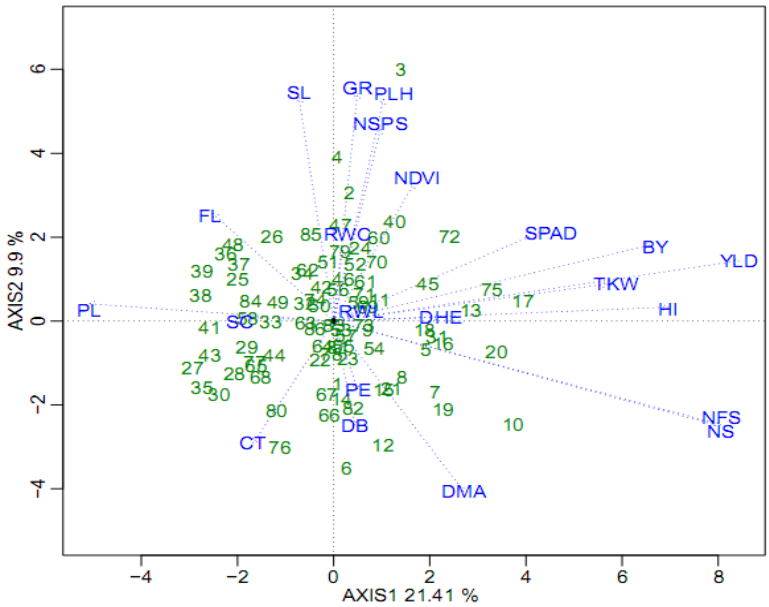


شکل ۳- بای‌پلات چندضلعی ژنوتیپ در صفت برای ۸۸ ژنوتیپ گندم دوروم بر اساس ۲۲ صفت مورد بررسی در شرایط دیم
Figure 3. Polygon view of GT biplot for 86 durum wheat genotypes based on 22 studied traits under rainfed condition

در بای‌پلات ژنوتیپ در صفت زاویه بین بردارهای دو صفت بیانگر همبستگی صفات می‌باشد. چنانچه زاویه دو بردار حاده باشد دو صفت دارای همبستگی مثبت و چنانچه دو بردار دارای زاویه باز (منفرجه) باشند دو صفت دارای همبستگی منفی می‌باشند. اگر زاویه بین دو بردار نزدیک ۹۰ درجه باشد دو صفت دارای همبستگی نبوده و مستقل از هم می‌باشند (۴۵،۴۶). در شکل ۴ بررسی روابط صفات و اثر متقابل ژنوتیپ‌ها با صفات مورد بررسی نمایش داده شده است. عملکرد دانه همبستگی مثبتی با وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، قرائت اسپد و تعداد سنبله در متر مربع نشان داد، زیرا بردار عملکرد دانه زاویه حاده‌ای با این صفات نشان داد و ژنوتیپ‌های ۱۷، ۷۵، ۲۰، ۷۲ و ۱۰ و ۱۳ دارای اثر متقابل مثبت با این صفات بودند. در حالیکه ژنوتیپ‌های ۲۷، ۳۵، ۴۳، ۴۱، ۳۸، ۳۹ دارای بیشترین اثر متقابل منفی با این صفات بودند که نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن دارای برتری نبودند. برعکس این ژنوتیپ‌ها دارای اثر متقابل مثبت با صفات طول پدانکل، هدایت روزنه‌ای، طول برگ پرچم و دمای کانوپی بودند. صفت طول سنبله با توجه به زاویه قائمه‌ای که با عملکرد دانه نشان داد دارای همبستگی با عملکرد نبوده و بیشترین ارتباط آن با صفات سرعت رشد اولیه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، شاخص NDVI و میزان آب نسبی برگ بود. از لحاظ این گروه از صفات ژنوتیپ‌های شاهد شماره ۳، ۴ و ۲ دارای بیشترین مقدار بودند. همبستگی مثبت بین صفات دمای کانوپی، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد روز تا چکمه‌ای شدن و طول پدانکل بواسطه زاویه حاده بین بردارهای این صفات مشاهده گردید که ژنوتیپ‌های با مقادیر بالای این صفات شامل ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۲، ۷۶، ۶۶، ۸۲، ۱۴، ۶۷ و ۸۰ بودند. در بررسی‌های مشابه بر روی گندم دوروم نتایج نسبتا" مشابهی از لحاظ ارتباط صفات آگرو-فیزیولوژیک با عملکرد دانه در شرایط دیم گزارش شده است (۲۲،۴۳). محمدی و همکاران (۲۲) با استفاده از روش بای‌پلات ژنوتیپ در صفت، همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه، میزان قرائت اسپد و شاخص سبزینگی کرت (NDVI) و همبستگی منفی با تعداد روز تا گلدهی و دمای کانوپی گزارش نمودند. شیروانی و همکاران (۴۳) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم دوروم در شرایط تنش همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با صفات

طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، دوره پر شدن دانه، عملکرد زیست توده و تعداد روز تا گلدهی و در شرایط بدون تنش و همبستگی مثبت عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در سنبله، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت را گزارش نمودند.

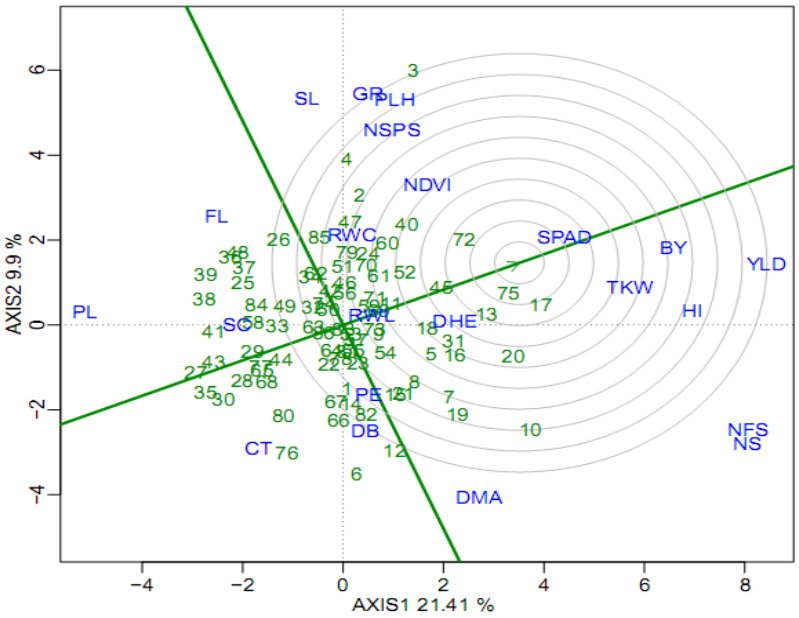
روش گرافیکی تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت روش مفیدی برای تفسیر روابط بین صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد بررسی می‌باشد. با استفاده از این روش می‌توان پروفایل خصوصیات زراعی و مورفو–فیزیولوژیک ژنوتیپ‌ها در محصولات مختلف را تعیین نمود (۱۸،۴۰،۴۵،۴۶). بوگال و همکاران (۶) گزارش نمودند که با استفاده از صفات مورفولوژیکی در شرایط تنش خشکی می‌توان عملکرد دانه گندم دوروم را بهبود بخشید. اهمیت انتخاب صفات موثر بر عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی توسط محققین مختلف در گیاهان زراعی از جمله گندم مورد توجه قرار گرفته است (۷،۱۹،۲۶). کارائی استفاده از صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور، طول سنبله اصلی، طول پدانکل و طول ریشک در زمان بروز تنش‌خشکی قبلا گزارش شده است (۶،۸،۱۸،۲۷). بر اساس نتایج گزارش شده، این صفات در تحمل تنش خشکی موثر بوده و ژنوتیپ‌های متحمل به تنش‌خشکی با انجام تغییرات مرفولوژیکی با کمبود آب مقابله می‌کنند. همبستگی مثبت و غیر معنی‌داری بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته و شاخص NDVI در این تحقیق مشاهده گردید. در این تحقیق عملکرد دانه با میزان آب نسبی برگ همبستگی نشان داد اما با شاخص هدایت روزنه‌ای و طول پدانکل همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد. این نتایج بیانگر این موضوع است که ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم با کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن با حفظ میزان آب برگ و حفظ فتوسنتز خود در سطح بالا توانسته‌اند عملکرد بالایی تولید کنند. در تحقیقی که توسط سی و سه مرده و همکاران (۴۴) بر روی گندم انجام شد مشخص گردید که در شرایط گلخانه‌ای اعمال تنش خشکی، میزان فتوسنتز برگ پرچم را کاهش می‌دهد و هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی کاهش یافت، اما کارایی مصرف آب فتوسنتزی و غلظت CO_2 درون روزنه‌ای افزایش نشان داد. در این تحقیق صفت ارتفاع بوته با عملکرد دانه در گندم همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار نشان داد. نقدی‌پور و همکاران (۲۶) در مطالعه خود بر گندم دوروم همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته گزارش نمودند.



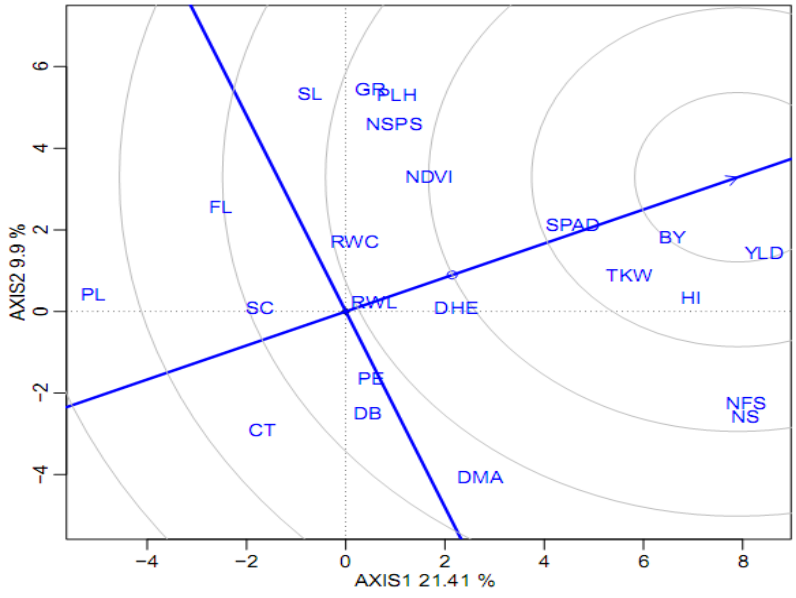
شکل ۴– بای‌پلات ژنوتیپ در صفت که روابط بین ۲۲ صفت مورد بررسی و اثر متقابل ژنوتیپ‌های مورد بررسی با صفات را نشان می‌دهد
Figure 4. GT biplot showing relationships of 22 studied traits and interaction between traits and genotypes

همچنین طول بردار صفات نیز بیانگر میزان تنوع ژنوتیپ‌ها از نظر صفت مربوطه می‌باشد، بدین معنا که طول بلندتر بردار نشان‌دهنده تنوع بیشتر ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفت مذکور بوده و طول کمتر نشانگر تنوع ژنوتیپی کمتر است (۴۶). در این آزمایش صفات میزان آب نسبی از دست رفته، هدایت روزنه‌ای، تعداد روز تا گلدهی، طول پدانکل خارجی و میزان آب نسبی برگ بواسطه دارا بودن کمترین طول بردار، صفات مناسبی برای نشان دادن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها نبودند. اما برعکس صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزار دانه، طول پدانکل و شاخص سرعت رشد اولیه با دارا بودن بیشترین طول برداری، صفات موثری در نشان دادن تنوع بین ژنوتیپ‌ها بودند. در شکل ۵، ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل مورد ارزیابی قرار گرفته اند. دایره متحدالمرکز در بای‌پلات محلی است که ژنوتیپ ایده‌آل را نشان می‌دهد. محوری که حاوی فلش بوده و از مرکز بای‌پلات و دایره متحدالمرکز عبور می‌کند محور میانگین صفات را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های که به دایره متحدالمرکز نزدیکتر هستند از پتانسیل زراعی و فیزیولوژیکی بهتری در شرایط دیم

برخوردار می‌باشند. صفاتی که در سمت راست بای‌پلات و در مجاورت محل ژنوتیپ ایده‌آل قرار گرفته‌اند نقش بیشتری در برتری ژنوتیپ‌ها دارند و برعکس صفاتی که در سمت چپ بای‌پلات قرار دارند دارای نقش کمتری در افزایش پتانسیل ژنوتیپ‌ها می‌باشند، در نتیجه ژنوتیپ‌های که در مجاورت این صفات قرار دارند فاصله بیشتری از ژنوتیپ ایده‌آل دارند. بر این اساس لاین‌های شماره ۷۵، ۱۷، ۷۲، ۱۳، ۴۵، ۳۱، ۱۸، ۱۶، ۵، ۵۲ و ۴۰ به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیکتر بودند. این ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن از قبیل وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و محتوای نسبی کلروفیل (قرائت اسپد) برتر بوده و دارای هدایت روزنه‌ای کمتر و دمای کانوپی خنک‌تر و طول پدانکل و طول برگ پرچم کمتر بوده و نسبتاً زودرس می‌باشند. بنابراین ژنوتیپ‌های نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل در این تحقیق دارای صفات مطلوب شرایط دیم بوده و بایستی جهت ارزیابی بیشتر در برنامه‌های اصلاحی گندم دوروم در سال‌های بعد مورد توجه قرار گیرند.



شکل ۵- بای‌پلات ژنوتیپ در صفت که ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل را نشان می‌دهد
Figure 5. GT biplot showing ranking of genotypes relative to ideal genotype



شکل ۶- بای‌پلات ژنوتیپ در صفت برای ارزیابی صفات نسبت به صفت ایده‌آل
Figure 6. Bi-plot of genotype in traits to evaluate traits compared to the ideal trait

در رابطه با تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت، یک صفت ایده‌آل به‌عنوان صفتی که چندین ژنوتیپ مناسب در زمینه ژنتیکی خود را ترکیب کند تعریف شده است (۴۰،۴۵). بر اساس شکل ۶ صفات ایده‌آل شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، محتوای نسبی کلروفیل (قرائت اسپد) تعداد سنبله در واحد سطح بودند. نکته مهم این است که عملکرد دانه نیز در بین این صفات بود. بنابراین این صفات مهم بایستی در برنامه اصلاح گندم دوروم و تعیین شاخص‌های انتخاب مورد توجه قرار گیرند. نقوی و همکاران (۲۵) در بررسی تنوع ژنتیکی ۱۰۸ ژنوتیپ گندم دوروم مربوط به کشورهای مکزیک، ایتالیا و ترکیه صفات مختلفی را مورد مطالعه قرار دادند و صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را به‌عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد سنبله در گندم دوروم معرفی نمودند.

هنگامی که هدف ایجاد ارتباط بین صفاتی است که بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند، تجزیه و تحلیل بای‌پلات ژنوتیپ در صفت روش کارآمدتری نسبت به تجزیه همبستگی است (۴۰). استفاده از تکنیک بای‌پلات برای تمایز ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه، قبلاً در محصولات مختلف استفاده شده است (۲۲،۳۱،۴۰،۴۶). استفاده از این روش همچنین در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با صفات مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی بسیار مفید خواهد بود. گروه‌بندی صفات و ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ در صفت برای اصلاح ژنوتیپ‌ها مفید خواهد بود، زیرا به محققان کمک می‌کند تا از اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌های مختلف صفات بهره‌برداری کنند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نشان داد که تنوع قابل توجهی بین ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس شاخص‌های زراعی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی وجود دارد. نتایج تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ در صفت برای ژرم‌پلاسم مورد بررسی نشان داد که برخی از صفات مانند عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، محتوای نسبی کلروفیل (قرائت اسپد)، تعداد سنبله در واحد سطح به‌عنوان مهمترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه شناسایی شدند. بنابراین، برای برنامه‌های اصلاحی گندم دوروم، تعریف شاخص‌های انتخاب بر اساس صفات مذکور می‌تواند مفید باشد. بر اساس شاخص‌های انتخاب ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۱۷، ۷۲، ۱۳، به‌عنوان ژنوتیپ‌های ایده‌آل در شرایط دیم جهت بررسی‌های بیشتر توصیه می‌شوند. نتایج تجزیه همبستگی بای‌پلات ژنوتیپ در صفت در توافق با نتایج تجزیه همبستگی صفات بر اساس روش پیرسون بود. روش بای‌پلات ژنوتیپ در صفت علاوه بر نمایش گرافیکی روابط بین صفات، به‌عنوان یک روش مفید مقایسه ژنوتیپ‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس گروه‌های مختلف صفات مورد بررسی را به‌صورت دیداری تسهیل می‌کنند.

منابع

1. Alvarado, G., M. López, M. Vargas, Á. Pacheco, F. Rodríguez, J. Burgueño and J. Crossa. 2015. "META-R (Multi Environment Trail Analysis with R for Windows) Version 6.0", hdl:11529/10201, CIMMYT Research Data & Software Repository Network. (Accessed 30 November 2016).
2. Barrs, H.D. and P.E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Science, 24: 519-570.
3. Bernardo, R. 1995. Best linear unbiased prediction of maize single-cross performance. Crop Science, 36: 50-56.
4. Federer, W. and D. Raghavarao. 1975. On augmented designs. Biometrics, 31(1): 29-35.
5. Ferreira, A.D.C., R. Fritsche Neto and I.O. Geraldi. 2008. Estimation and prediction of parameters and breeding values in soybean using REML/BLUP and Least Squares. Crop Breed. Appl. Biotechnol, 8(3): 219-224.
6. Bogale, A., K. Tesfaye and T. Geleto. 2011. Morpholigical and physiological attributes associated to drought tolerance of Ethiopian durum wheat genotypes under water deficit. Journal of biodiversity and environmental sciences, 1(2): 22-36.
7. Chalish, L. and S. Houshmand. 2011. Estimate of heritability and relationship of some durum wheat characters using recombinant inbred lines. Electronic Journal of Crop Production, 4(2): 223-238 (In Persian).
8. Chen, X., D. Min, T.A. Yasir and Y.G. Hu. 2012. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). Field Crops Research, 137: 195-201.
9. Del Pozo, A., A. Yáñez, I.A. Matus, G. Tapia, D. Castillo, L. Sanchez-Jardón and J.L. Araus. 2016. Physiological traits associated with wheat yield potential and performance under water-stress in a Mediterranean environment. Frontiers in Plant Science, 7: 987.
10. Friebe, B., J. Jiang, W.J. Raupp, R.A. McIntosh and B.S. Gill. 1996. Characterization of wheat-alien translocation conferring resistance to disease and pest: current status. Euphytica 91: 59-87.
11. Gill, K.S., H.S. Dhaliwal, D.S. Multani and P.J. Singh. 1989. Evaluation and utilisation of wild germplasm of wheat. In: Mujeeb-Kazi A, and Sitch L A (eds). Review of advances in plant biotechnology, 1985-88. pp 165-177. 2nd Int. Symp. On Genetic Manipulation in crops. CIMMYT & IRRI.

12. Guzman, C., J.E. Autrique, S. Mondal, R.P. Singh, V. Govindan, A. Morales-Dorantes, G.P. Romano, J. Crossa, K. Ammar and R.J. Pena. 2016. Response to drought and heat stress on wheat quality, with special emphasis on bread-making quality, in durum wheat. Field Crops Res, 186: 157-165.
13. Kilic, H., T. Sanal, I. Erdemci and K. Karaca. 2017. Screening Bread Wheat Genotypes for High Molecular Weight Glutenin Subunits and Some Quality Parameters. Journal of Agricultural Science and Technology, 19(6): 1393-1404.
14. Kosina, P., M.P. Reynolds, J. Dixon and A. Joshi. 2007. Stakeholder perception of wheat production constraint capacity building needs and research partenships in developing countries. Euphytica, 157: 475-483.
15. Habash, D.Z., Z. Kehel and M. Nachit. 2009. Genomic approaches for designing durum wheat ready for climate change with a focus on drought. Journal of Experimental Botany, 60: 2805-2815.
16. Hoffmann, W.A. and H. Poorter. 2002. Avoiding bias in calculations of relative growth rate. Annals of Botany, 90: 37-42.
17. Lopes, M.S., I. El-Basyoni, P.S. Baenziger, S. Singh, C. Royo, K. Ozbek, H. Aktas, E. Ozer, F. Ozdemir, A. Manickavelu, T. Ban and P. Vikram. 2015. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. Journal of Experimental Botany, 66(12): 3477-86.
18. Mohammadi, R. and A. Amri. 2011. Graphic analysis of trait relations and genotype evaluation in durum wheat. Journal of Crop Improvement, 25(6): 680-696.
19. Mohammadi, R., M. Armion, D. Sadeghzadeh, A. Amri and M. Nachit. 2010. Analysis of genotype-by-environment interaction for agronomic traits of durum wheat in Iran. Plant Production Science, 14(1): 15-21.
20. Mohammadi, R., A. Daryaei and R. Rajabi. 2010. Study of Agro-Physiological Characteristics Related to Drought Tolerance in Advanced Durum Genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(3): 403-414 (In Persian).
21. Mohammadi, R., R. Haghparast, B. Sadeghzadeh, H. Ahmadi, K. Solimani and A. Amri. 2014. Adaptation patterns and yield stability of durum wheat landraces to highland cold rainfed areas of Iran. Crop Science, 54: 944-0954.
22. Mohammadi, R., A. Etminan and L. Shooshtari. 2019. Agro-physiological characterization of durum wheat genotypes under drought conditions. Experimental Agriculture, 55: 484-499.
23. Monneveux, P., R. Jing and S.C. Misra. 2012. Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. Frontiers in Physiology, 3: 00429.
24. Nachit, M.M. and H. Ketata. 1991. Selection of morpho–physiological traits for multiple abiotic stresses resistance in durum wheat. CIP: 391-400.
25. Naghavi, M.R., A. Shahbaz-Pourshahbazi and A. Taleie. 2002. Study of genetic variation in durum wheat germplasm for some morphological and agronomic characteristics. Iranian Journal of Crop Sciences, 4(2): 81-89 (In Persian).
26. Naghdipoor, A., M. Khodarahmi, A. Poorshahbazi and M. Ismaeilzadeh. 2010. Factor analysis for grain yield and other traits in durum wheat. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 7(1): 84-96 (In Persian).
27. Nouri-Ganbalani, A., G. Nouri-Ganbalani and D. Hassanpanah. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. Journal of Food Agriculture and Environment, 7(3-4): 228-234.
28. Olivoto, T., M. Nardino, I.R. Carvalho, D.N. Follmann, M. Ferrari, V.J. Szareski de Pelegrin and V.Q. de Souza. 2017. REML/BLUP and sequential path analysis in estimating genotypic values and interrelationships among simple maize grain yield-related traits. Genetics and Molecular Research, 16: 1-19.
29. Pacheco, A., M. Vargas, G. Alvarado, F. Rodríguez, J. Crossa and J. Burgueño. 2016. GEA-R (genotype x environment analysis with R for windows), Version 2.0. Mexico: CIMMYT. Retrieved from http://hdl.handle.net/11529/10203.
30. Passioura, J.B. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural Perspectives. Journal of Experimental Botany, 58: 113-117.
31. Peterson, D.M., D.M. Wesenberg, D.E. Burrup and C.A. Erickson. 2005. Relationships among agronomic traits and g rain composition in oat genotypes grown in different environments. Crop Science, 45:1249-1255.
32. Piepho, H.P., J. Möhring, A.E. Melchinger and A. Büchse. 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. Euphytica, 161(1-2): 209-228.
33. Piepho, H.P. 1994. Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) for regional yield trials: a comparison to additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) analysis. Theoretical and Applied Genetics, 89(5): 647-54.
34. Purba. A.R, A. Flori, L. Baudouin, S. Hamon. 2001. Prediction of oil palm (Elaeis guineesis, Jacq.) agronomic performances using best linear unbiased prediction (BLUP). Theoretical and Applied Genetics, 102: 787-792.
35. Rajaram, S. 2010. International wheat breeding the proceeding of Iranain Crop Science Congress. Crop Production, 225-238.

36. Rajaram, S., N.E. Borlaug and M. Van. Ginkel. 2004. CIMMYT international wheat breeding. CIMMYT. Mexico.
37. Reynolds, M.P., F. Dreccer and R. Trethowan. 2007. Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. Journal of Experimental Botany, 58: 177-186.
38. Roy, C., T. Chattopadhyay, R.D. Ranjan, W. Ul-Hasan, A. Kumar and N. De. 2021. Association of leaf chlorophyll content with the stay-green trait and grain yield in wheat grown under heat stress conditions. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 57: 140-148.
39. Royo, C., S. Dreisigacker, K. Ammar and D. Villegas. 2020. Agronomic performance of durum wheat landraces and modern cultivars and its association with genotypic variation in vernalization response (Vrn-1) and photoperiod sensitivity (Ppd-1) genes. European Journal of Agronomy, 120: 126-129.
40. Rubio, J., J.I. Cubero, L.M. Martin, M.J. Suso and F. Flores. 2004. Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. Euphytica, 135: 217-224.
41. Sawheny, R.N. and B.C. Joshi. 1996. Genetic research as the valid base of strategies for breeding rust resistant wheats. Genetica, 97: 43-54.
42. Sharifi-Alhoseini, M. and M. Ezzat Ahmadi. 2012. Evaluation of terminal drought tolerance in durum wheat genotypes by using of drought tolerance indices. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(2): 361-367 (In Persian).
43. Shirvani, F., M. Daneshvar, R. Mohammadi and A. Ismaili. 2020. Evaluation of Agro-Physiological Characteristics and Drought Tolerance in Some of Durum Wheat Breeding Genotypes. Journal of Crop Breeding, 12(36): 117-135 (In Persian).
44. Siosemardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and H. Ebrahimzadeh. 2003. Stomatal and Nonstomatal Limitations to Photosynthesis and Their Relationship with Drought Resistance in Wheat Cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science, 34(4): 93-106 (In Persian).
45. Yan, W. and J.A. Frégeau-Reid. 2008. Breeding line selection based on multiple traits. Crop Science, 48: 417-423.
46. Yan, W. and I.R. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Canadian Journal of Plant Science, 42: 11-20.
47. Yang, R.C., S. Jana and J.M. Clarke. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum wheat. Crop Science, 31: 1484-1491.
48. Zhang, H., Q. Zhao, Z. Wang, L. Wang, X. Li, Z. Fan, Y. Zhang, J. Li, X. Gao and J. Shi, et al. 2021. Effects of Nitrogen Fertilizer on Photosynthetic Characteristics, Biomass, and Yield of Wheat under Different Shading Conditions. Agronomy, 11: 1989.

Evaluation of Morpho-Physiological Diversity of Durum Wheat Genotypes using Genotype × Trait Biplot Method

Saman Najafi[1], Reza Mohammad[2], Lia Shooshtari[3], Alireza Etminan[4] and Ali Mehras Mehrabi[4]

1- PhD Student in Plant Genetics and Breeding, Department of Plant breeding and Biotechnology, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran
2- Dryland Agricultural Research Institute, Sararood Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran, (Corresponding author: r.mohammadi@areeo.ac.ir)
3- Department of Plant breeding and Biotechnology, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran, (Corresponding author: l_shooshtari@yahoo.com)
4- Department of Plant breeding and Biotechnology, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran
Received: 21 April, 2022 Accepted: 31 August, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: The primary goal of the plant breeding program is to evaluate the genotypes based on different traits and select the best genotypes based on the studied traits. The aim of this study was investigation of durum wheat genotypes diversity based on agro-physiological traits and study the interrelationships between the traits using the genotype x trait (GT) biplot technique.

Material and Methods: In this study, 86 durum wheat genotypes, including 82 breeding lines received from CIMMYT along with four check genotypes were examined as an augmented design in the Dryland Agricultural Research Sub-Institute (Sararoud Station) during 2017-18 crop season. Genotypes were evaluated based on 22 different agronomic, morphological and physiological traits. Analysis of variance and comparison of genotypic means were performed based on the best linear unbias prediction (BLUP) method and then based on the BLUP data, the GT biplot analysis was performed.

Results: Based on the results, a significant difference was observed between the studied genotypes in terms of all studied traits except for canopy temperature and spike length, which indicates a significant genetic diversity between genotypes for the studied traits. Based on the representation of polygon view of the GT biplot, the genotypes were divided into eight groups and the traits into six groups. Genotype #17 had the highest value in terms of combination of grain yield, biological yield, harvest index, 1000-grain weight and relative chlorophyll content index (SPAD-reading). Genotype #3 had the best combination of plant height, number of grains per spike, initial growth rate, spike length, relative leaf water content and flag-leaf length. Genotype #27 had the highest values in terms of canopy temperature and peduncle length and genotype #76 had the highest value in terms of canopy temperature compared to other genotypes. Genotype #4 had the highest combination of traits number of days to booting and external peduncle length. Genotype #10 had high values in terms of number of days to physiological maturity and number of spikes per square meter, which is a late genotype in this regard. Based on the results of correlation analysis and GT biplot analysis, biological yield, harvest index, 1000-kernel weight, SPAD-reading, number of spikes per square meter were identified as the most important traits affecting grain yield.

Conclusion: Based on selection criteria, genotypes # 75, 17, 72, 13, were identified as ideal genotypes under rainfed condition and are recommended for further studies in durum wheat breeding program.

Keywords: Agro-physiological traits, Durum wheat, GT-biplot, Rainfed condition