شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/idaj.2020.122220.284

ارزیابی روابط بین صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط دیم با استفاده از بای‌پلات‌های دوگانه و سه‌گانه ژنوتیپ، صفت و عملکرد

مهناز رحمتی[1*]، طهماسب حسین‌پور[1]، علی احمدی[1]

۱-بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

چکیده

در این مطالعه برای بررسی روابط بین صفات مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌های گندم بر اساس چندین صفت از روش بای‌پلات ژنوتیپ × صفت و بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت استفاده شد. تعداد ۱۵ رقم و لاین انتخابی از برنامه‌های اصلاحی گندم نان مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به همراه یک رقم گندم دوروم ذهاب، در مزارع زارعین دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ کشت و ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس صفات برای هر دو منطقه اجرای آزمایش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر ارتفاع بوته، روز تا ظهور سنبله سنبله‌دهی و رسیدگی، عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود دارد. بر اساس میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در هر دو منطقه اجرای آزمایش، بیشترین عملکرد دانه در ارقام واران، صدرا، ایوان و لاین .../Azar2/Sabalan به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۳۳۷۴، ۳۲۰۷/۵، ۳۰۵۴ و ۲۸۶۶/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. با توجه به نمودار چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ× صفت (GT)، ارقام واران و صدرا بیشترین عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته را در هر دو منطقه اجرای آزمایش نشان دادند. نمایش برداری بای‌پلات GT، همبستگی بالایی بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و شاخص برداشت در مناطق اجرای آزمایش نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT)، ارقام واران و صدرا دارای بهترین ترکیب عملکرد دانه با کلیه صفات مورد ارزیابی بودند. همبستگی بالایی بین وزن هزار دانه و ارتفاع بوته در ترکیب با عملکرد دانه مشاهده شد که بیانگر اهمیت این صفات در ترکیب با عملکرد دانه برای بهبود تولید ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت، شاخص GYT، عملکرد دانه

* نگارنده مسئول: *avinmahnaz@gmail.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۱

مقدمه

بهبود عملکرد گندم یکی از موضوعات مهم اصلاحی است که به شدت از شرایط محیطی تاثیر می‌پذیرد و در نتیجه وراثت‌پذیری پایینی دارد. بنابراین پاسخ به انتخاب مستقیم عملکرد غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. از این‌رو، همبستگی بین صفات زراعی با عملکرد دانه می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب در شناسایی و غربال ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا استفاده شود. بنابراین لازم است همبستگی بین صفات مختلف و به‌ویژه بین عملکرد و دیگر صفات زراعی برآورد شود (Yuan *et al*., 2011). در صورتی که صفت مورد نظر همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشته باشد و همچنین از وراثت‌پذیری بالا و اندازه‌گیری راحتی برخوردار باشد انتخاب غیرمستقیم می‌تواند مؤثرتر از انتخاب مستقیم عملکرد دانه باشد (Yuan *et al*., 2011). از سوی دیگر، ارزیابی ژنوتیپ‌ها در یک کار اصلاحی دو چالش مهم پیش روی دارد: ۱) اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفت هدف ۲) روابط نامطلوب بین صفات هدف. GGE بای پلات (بای‌پلات اثر اصلی ژنوتیپ به‌علاوه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) ابزار مفیدی برای تعیین اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای یک صفت می‌باشد (Yan and Fregeau-Reid, 2018). اما چالش روابط نامطلوب بین صفات کلیدی نشات گرفته از این واقعیت است که معمولا صفات هدف همبستگی نامطلوبی دارند، به‌طوری‌که بهبود در یک صفت اغلب به کاهش در یک یا بیش از یک صفت منجر می‌شود (Yan and Fregeau-Reid, 2018).

استفاده از تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ× صفت (GT[1]) به شناسایی اثرات استراتژی انتخاب (به‌طور قابل توجهی اثرات نامطلوب) کمک می‌کند و از این‌رو راه‌های صحیح برای بهبود برنامه‌های اصلاحی شناسایی می‌نماید (Xu *et al*., 2017). بای‌پلات GT، شناسایی صفاتی که به‌طور غیرمستقیم برای انتخاب صفت هدف مدنظر قرار می‌گیرند را تسهیل می‌بخشد (Xu *et al*., 2017). تجزیه بای‌پلات GT همبستگی ژنتیکی بین صفات را نشان می‌دهد و به بررسی ارتباط بین ژنوتیپ، صفت و ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت می‌پردازد (Yan and Fregeau-Reid, 2018). بای‌پلات GT برای بررسی روابط صفات و ارزیابی ژنوتیپ‌ها در چندین محصول مختلف لوپن سفید (Atnaf *et al*., 2017)، اسفناج (Sabaghnia *et al*., 2016)، پنبه (Xu *et al*., 2017)، گندم نان (Gholizadeh *et al*., 2016) و گندم دوروم (Mohammadi and Amri, 2011) استفاده شده است. قلی‌زاده و دهقانی (۲۰۱۶) با استفاده از بای‌پلات GT به بررسی ۴۱ ژنوتیپ گندم در دو شرایط نرمال و تنش شوری پرداختند. نتایج تحقیق، همبستگی مثبت معنی‌دار بین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری نشان داد. آنها همچنین گزارش کردند که بای‌پلات ژنوتیپ × صفت ابزاری مناسب برای بررسی گرافیکی ژنوتیپ‌های برتر، صفات و

[1] Genotype × trait biplot

گروه‌بندی آنها در مقایسه با دیگر روش‌های آماری می‌باشد. در تحقیقی ۱۱۰ ژنوتیپ گندم در دو محیط نرمال و تنش شوری بررسی شدند. نتایج بای‌پلات GT نشان داد که عملکرد زیست توده و شاخص برداشت می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش شوری استفاده شوند (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی همبستگی بین صفات با استفاده از بای‌پلات GT در ۱۳ رقم گندم نیز نشان داد که وزن هزار دانه، طول سنبله و قطر دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند و انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا از طریق انتخاب برای صفات مذکور امکان‌پذیر می‌باشد (Sabaghnia and Janmohammadi, 2014). نتایج مطالعه انجام شده در ترکیه برای ۴۲ لاین خالص گندم نان با استفاده از تجزیه بای‌پلات GT نشان داد که لاین‌های با عملکرد دانه بالا، بالاترین عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در مترمربع و شاخص برداشت را به همراه داشتند. بنابراین بهبود کوتاه مدت توده‌های بومی گندم نان در ترکیه از طریق انتخاب غیرمستقیم تعداد دانه در مترمربع و عملکرد بیولوژیک یا انتخاب مستقیم برای عملکرد دانه حاصل می‌گردد (Akcura, 2011).

در صورتی ارزش اقتصادی یک صفت بالاتر است که با عملکرد بیشتر همراه باشد. در واقع، هدف به نژادی ترکیب عملکرد بالا و قابل قبول با سطوح مطلوب دیگر صفات در ژنوتیپ می‌باشد. به همین منظور روش بای‌پلات ژنوتیپ در عملکرد × صفت (GYT[1]) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت پیشنهاد شده است (Yan and Fregeau-Reid, 2018). بای‌پلات GYT بر اساس این مفهوم است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و دیگر صفات تنها زمانی اهمیت دارند که با عملکرد دانه بالا همراه باشند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه بای پلات GYT شامل چندین مرحله است. ۱- تبدیل جدول دو طرفه ژنوتیپ × صفت به جدول ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT) ۲- استانداردسازی داده‌های جدول GYT ۳- جدول GYT به‌صورت بای‌پلات GYT نمایش داده می‌شود ۴- محاسبه شاخص GYT که از میانگین ترکیبات عملکرد-صفات برای هر ژنوتیپ بدست می‌آید (Yan and Fregeau-Reid, 2018; Yan *et al.*, 2019). شاخص GYT برتری کلی را اندازه‌گیری می‌کند و برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. شاخص GYT نسبت به شاخص‌های انتخاب کلاسیک برتر می‌باشد زیرا بر اساس این مفهوم است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و در صورتی سطوح بالای دیگر صفات ارزشمندتر می‌شوند که با عملکرد بالا همراه باشند. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص GYT از انتخاب و توصیه ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین ممانعت می‌نماید (Yan *et al.*, 2019).

هدف از انجام این مطالعه، انتخاب بهترین ژنوتیپ‌های گندم بر اساس عملکرد دانه و سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد و بررسی روابط بین صفات آنها تحت شرایط دیم توسط روش بای‌پلات GT و بای‌پلات GYT می‌باشد.

[1] Genotype by yield × trait

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و مشخصات آزمایش: در این پژوهش ۱۵ رقم و لاین انتخابی از برنامه‌های اصلاحی گندم نان مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به همراه گندم دوروم رقم ذهاب در مزارع زارعین دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد در استان لرستان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ کشت و ارزیابی شدند. زمین محل اجرای آزمایش در هر دو شهرستان در سال گذشته (سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵) زیرکشت نخود بوده است. نام ارقام و لاین‌های انتخابی در جدول ۱ ارائه شده است. ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در شرایط دیم کاشت شدند. هر ژنوتیپ در ۱۲ خط به طول ۳۰ متر و فاصله خطوط ۱۷ سانتی‌متر کاشت شد. میزان بذر مصرفی با توجه به وزن هزار دانه بر پایه تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد. در هنگام کاشت برای ضدعفونی بذر علیه بیماری‌های قارچی از سموم سیستمیک استفاده شد. عمق کاشت ۵-۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نخستین بارندگی مؤثر بعد از کاشت در تاریخ یکم آذرماه ۱۳۹۶ اتفاق افتاد و به‌عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. برای تعیین میزان عناصر خاک مکان‌های اجرای آزمایش، تعداد ۱۰ نمونه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و پس از بدست آوردن نمونه خاک مرکب و ارسال آن به آزمایشگاه، نتایج آزمون خاک ارائه شد (جدول ۲). مقدار کود لازم بر اساس نتایج آزمون خاک تعیین شد و به‌طور یکنواخت در کرت‌های آزمایشی مصرف شد. به این ترتیب که ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اعمال شد. نصف میزان کود ازت در هنگام کاشت و مابقی آن در هنگام ساقه‌دهی مصرف شد. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش گرانستار و تاپیک به‌صورت توام در مرحله انتهای پنجه‌دهی و ابتدای ساقه‌دهی استفاده شد. صفات مورد ارزیابی شامل تعداد بوته در مترمربع، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود.

مشخصات جغرافیایی مکان‌های اجرای آزمایش: مشخصات جغرافیایی مزرعه تحقیقاتی در منطقه ایمان‌آباد شهرستان خرم‌آباد شامل طول ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی، عرض ۳۳ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۸۰ متر از سطح دریا می‌باشد. موقعیت جغرافیایی شهرستان دلفان در مدار ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ارتفاع متوسط آن از سطح آزاد دریا ۱۸۵۶ متر می‌باشد. اطلاعات هواشناسی مکان‌های اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.

تجزیه آماری

بای‌پلات GT بر پایه دو مؤلفه اصلی (PC1 و PC2) انجام شد. مدل آماری این روش بر پایه رابطه ذیل می‌باشد (Yan and Rajcan, 2002).

$$\frac{T_{ij}-\bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \xi_{i1} \tau_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \tau_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

که در آن T_{ij} ارزش متوسط ژنوتیپ i برای صفت j، $\bar{T}_j$ ارزش متوسط صفت j روی همه ژنوتیپ‌ها، S_j انحراف استاندارد صفت j بین

میانگین‌های ژنوتیپ، λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر منفرد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، ξ_{i1} و ξ_{i2} به ترتیب نمره‌های PC1 و PC2 برای ژنوتیپ i؛ τ_{j1} و τ_{j2} نمره‌های PC1 و PC2 برای صفت j و ε_{ij} باقی‌مانده مدل است.

با توجه به این‌که صفات مختلف واحدهای متفاوت دارند، در ابتدا استانداردسازی داده‌ها برای از بین بردن واحدها صورت گرفت. استانداردسازی با استفاده از رابطه $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ انجام پذیرفت. Z: عدد استاندارد شده X: داده اولیه، μ: میانگین صفت، σ: انحراف معیار صفت.

جدول GYT بر اساس ترکیب هر صفت و عملکرد دانه طبق روش یان و فرجورید (۲۰۱۸) بدست آمد (جدول ۳). به این ترتیب که برای صفات تعداد بوته در مترمربع، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مقادیر هر صفت در عملکرد دانه ضرب شد و ترکیب صفت- عملکرد دانه بدست آمد. همچنین برای صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی که مقادیر بالای آنها نامطلوب است، مقدار هر صفت بر عملکرد دانه تقسیم شد. شاخص GYT هر ژنوتیپ نیز از محاسبه میانگین ترکیبات صفت- عملکرد دانه آن بر اساس جدول GYT استاندار شده بدست آمد (Yan *et al*., 2019) (جدول ۴). برای تجزیه بای‌پلات GT از نرم افزار GenStat (15th Edition) و بای‌پلات GYT از نرم‌افزار GGEBiplot و برای نمایش گراف ضرایب همبستگی از نرم‌افزار R استفاده شد.

جدول ۱- نام و شجره ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی گندم در مناطق اجرای آزمایش

کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Name of Genotypes	منشا ژنوتیپ Origin
G1	Varan	DARI
G2	Cross Rasad	DARI
G3	Ogosta/Sefid	DARI
G4	Paraw	DARI
G5	Sadra	DARI
G6	Azar2	DARI
G7	Baran	DARI
G8	Hashtrood	DARI
G9	Shalan	DARI
G10	Gozgon	Ozbakestan
G11	Buniyodkor	Ozbakestan
G12	Ivan	DARI
G13	Zahab (durum wheat)	DARI
G14	NOVO ZVESDA	DARI
G15	Azar2/78Zhong291-38	DARI
G16	Azar2/sabalan/6/shahi/kvz/5/shahi/4/ IRBW04-23-54-24-OSAR-OSAR-0SAR-0SAR-3SAR-OSAR	DARI

جدول۲- خصوصیات فیزیکوشیمیائی خاک در مناطق اجرای آزمایش

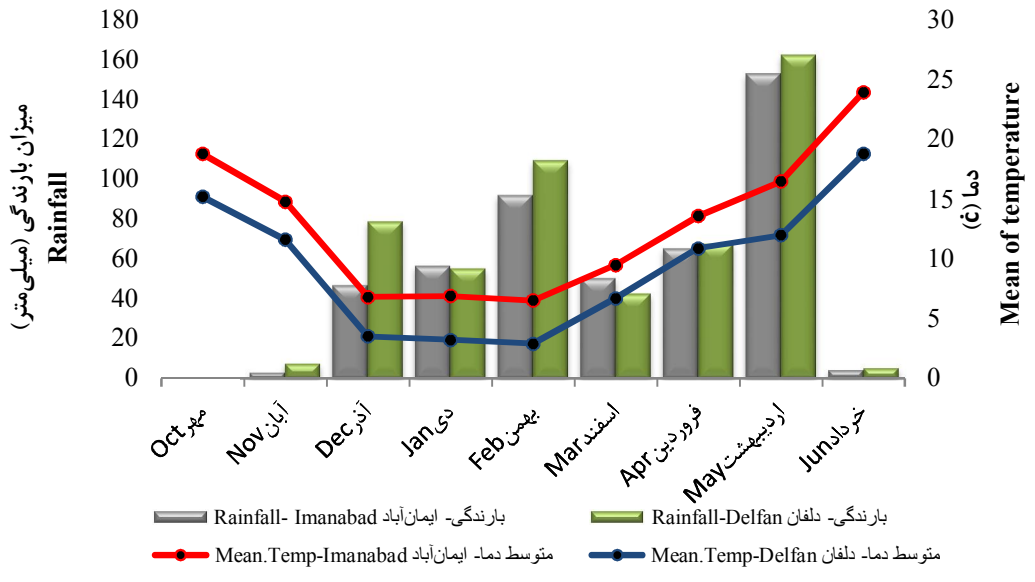
مکان Site	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic matter (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
ایمان‌آباد Imanabad	۰/۴۵	۷/۵	۰/۹۷	۲۸۶/۶	۱۶/۶	۰/۱	۲۴/۸	۳۸	۳۷/۲
دلفان Delfan	۰/۳۲	۷/۶	۰/۹۴	۲۸۰	۲۰/۷	۰/۰۹	۲۳/۶	۴۰/۸	۳۵/۶

جدول ۳- داده‌های ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT) برای ۱۶ ژنوتیپ گندم در دو منطقه اجرای آزمایش

ژنوتیپ	Y*PSM	Y*PH	Y*SSM	Y*KNS	Y*TKW	Y/DH	Y/DM
G1	۸۱۶۴۴۸	۳۴۶۶۵۳	۱۴۴۷۳۳۹	۱۱۵۵۵۱	۱۴۲۵۴۱	۱۹	۱۶
G2	۴۵۵۰۰۳	۲۶۲۳۶۰	۷۹۷۴۷۷	۹۸۴۶۲	۱۰۰۹۰۸	۱۴	۱۱
G3	۴۶۸۲۵۵	۲۸۱۹۶۰	۱۰۱۹۵۸۸	۸۸۱۱۳	۱۱۰۷۷۰	۱۴	۱۲
G4	۴۱۴۶۶۶	۲۱۹۸۳۶	۸۶۶۸۴۰	۹۰۱۲۲	۷۳۹۷۳	۱۲	۹
G5	۷۶۹۸۰۰	۳۳۵۹۸۶	۱۶۹۶۷۶۸	۱۰۵۸۴۸	۱۳۸۷۲۴	۱۸	۱۵
G6	۶۳۵۰۱۸	۲۹۲۴۰۷	۱۲۶۷۳۲۱	۹۲۲۶۸	۱۲۰۰۸۳	۱۵	۱۳
G7	۳۲۹۶۷۰	۲۱۷۷۴۵	۹۳۴۰۶۵	۷۶۸۲۱	۸۸۵۲۳	۱۲	۹
G8	۴۵۴۴۸۰	۲۶۶۱۴۳	۱۲۴۴۸۸۰	۸۷۰۶۸	۱۰۳۷۴۰	۱۴	۱۱
G9	۴۸۹۰۹۴	۲۶۷۶۸۰	۱۰۴۹۵۶۹	۹۴۵۱۴	۱۱۴۳۴۲	۱۵	۱۲
G10	۴۱۸۶۳۵	۱۸۸۲۷۵	۹۴۱۳۷۵	۹۹۶۷۵	۷۸۶۳۳	۱۲	۱۰
G11	۴۶۲۴۷۰	۱۸۵۷۷۴	۹۳۸۴۱۰	۱۱۲۲۵۰	۸۳۰۶۵	۱۲	۱۰
G12	۷۲۶۷۹۳	۳۱۹۱۱۷	۱۴۵۳۵۸۵	۱۰۹۹۳۵	۱۲۶۷۳۱	۱۷	۱۴
G13	۳۰۶۷۱۸	۱۵۳۸۴۴	۶۲۸۹۶۵	۷۶۶۷۹	۸۳۹۵۹	۱۱	۹
G14	۵۰۰۵۰۰	۲۸۶۶۸۸	۹۷۶۲۵۰	۸۳۸۷۵	۱۱۲۰۶۳	۱۶	۱۳
G15	۴۸۲۲۵۰	۲۳۸۷۱۴	۹۵۲۴۴۴	۸۶۲۰۲	۱۰۳۰۸۱	۱۴	۱۱
G16	۵۸۴۷۱۵	۲۹۵۹۴۰	۱۳۷۲۹۳۴	۱۰۳۱۸۵	۱۲۴۶۸۲	۱۶	۱۳

جدول ۴- داده‌های استاندارد شده ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT) و شاخص GYT برای ۱۶ ژنوتیپ گندم در دو منطقه اجرای آزمایش

ژنوتیپ	Y*PSM	Y*PH	Y*SSM	Y*KNS	Y*TKW	Y/DH	Y/DM	GYT Index
G1	۲/۰۰	۱/۵۶	۱/۲۲	۱/۷۱	۱/۷۱	۱/۹۵	۱/۹۴	۱/۷۳
G2	-۰/۴۴	۰/۰۴	-۱/۰۶	۰/۲۸	-۰/۲۷	-۰/۳۲	-۰/۳۱	-۰/۲۹
G3	-۰/۳۵	۰/۴۰	-۰/۲۸	-۰/۵۸	۰/۲۰	-۰/۱۹	-۰/۱۱	-۰/۱۳
G4	-۰/۷۱	-۰/۷۲	-۰/۸۲	-۰/۴۱	-۱/۵۵	-۱/۱۵	-۱/۱۸	-۰/۹۳
G5	۱/۶۸	۱/۳۷	۲/۱۰	۰/۹۰	۱/۵۳	۱/۶۱	۱/۵۶	۱/۵۳
G6	۰/۷۸	۰/۵۸	۰/۵۹	-۰/۲۳	۰/۶۴	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۴۴
G7	-۱/۲۸	-۰/۷۶	-۰/۵۸	-۱/۵۱	-۰/۸۶	-۱/۱۷	-۱/۲۵	-۱/۰۶
G8	-۰/۴۴	۰/۱۱	۰/۵۱	-۰/۶۶	-۰/۱۴	-۰/۱۶	-۰/۲۱	-۰/۱۴
G9	-۰/۲۱	۰/۱۴	-۰/۱۷	-۰/۰۴	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۰۷
G10	-۰/۶۸	-۱/۲۹	-۰/۵۵	۰/۳۹	-۱/۳۳	-۰/۸۵	-۰/۸۴	-۰/۷۴
G11	-۰/۳۹	-۱/۳۴	-۰/۵۶	۱/۴۳	-۱/۱۲	-۰/۸۲	-۰/۷۶	-۰/۵۱
G12	۱/۳۹	۱/۰۷	۱/۲۴	۱/۲۴	۰/۹۶	۱/۱۳	۱/۱۲	۱/۱۶
G13	-۱/۴۳	-۱/۹۱	-۱/۶۵	-۱/۵۳	-۱/۰۸	-۱/۴۲	-۱/۴۷	-۱/۵۰
G14	-۰/۱۳	۰/۴۸	-۰/۴۳	-۰/۹۳	۰/۲۶	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۰۳
G15	-۰/۲۵	-۰/۳۸	-۰/۵۲	-۰/۷۳	-۰/۱۷	-۰/۲۹	-۰/۳۴	-۰/۳۸
G16	۰/۴۴	۰/۶۵	۰/۹۶	۰/۶۸	۰/۸۶	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۲



شکل ۱- میانگین دما و بارش ماهیانه دو مکان اجرای آزمایش (سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶)

نتایج و بحث

در شهرستان دلفان، نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد بوته در مترمربع، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت (در سطح احتمال آماری یک درصد) و عملکرد بیولوژیک (در سطح احتمال آماری پنج درصد) نشان داد (جدول ۵). در شهرستان خرم‌آباد، نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، روز تا ظهور سنبله (در سطح احتمال آماری یک درصد)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت (در سطح احتمال آماری پنج درصد) وجود داشت (جدول ۶). در عین حال، اختلاف معنی‌داری بین ارقام و لاین‌های مورد ارزیابی از نظر تعداد سنبله در مترمربع، تعداد بوته در مترمربع و عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد. در شهرستان دلفان میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از ۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم واران تا ۱۷۵۰ کیلوگرم برای رقم بنیادکار متغیر بود (جدول ۷). در شهرستان خرم‌آباد، بیشترین عملکرد دانه برای رقم صدرا به میزان ۳۵۱۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن برای گندم دوروم رقم ذهاب به میزان ۱۷۰۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۸). براساس میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در هر دو منطقه اجرای آزمایش، بیشترین عملکرد دانه در ارقام واران، صدرا، ایوان و لاین Azar2/Sabalan/... به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۳۳۷۴، ۳۲۰۷/۵، ۳۰۵۴ و ۲۸۶۶/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ × صفت: بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در منطقه ایمان‌آباد ۵۹/۸ درصد (مؤلفه اصلی اول ۳۶/۳ درصد و مؤلفه اصلی دوم ۲۳/۵ درصد) از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه نمود (شکل ۲-a). این درصد نسبتاً متوسط بر پیچیدگی روابط بین صفات مورد ارزیابی دلالت دارد. در نمودار چندضلعی بای‌پلات GT، ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چندضلعی قرار دارند (بیشترین فاصله را از مبدا بای‌پلات GT دارند) به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر برخی صفات شناخته می‌شوند. به این ترتیب، ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی قرار گرفتند شامل ارقام واران، صدرا، پراو، ذهاب، بنیادکار و لاین Azar2/78Zhong... بودند. بای‌پلات GT در منطقه ایمان‌آباد نشان داد، ارقام واران و صدرا از عملکرد دانه، تعداد بوته در مترمربع، تعداد سنبله در مترمربع، ارتفاع بوته و شاخص برداشت بالایی نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی برخوردار بودند. رقم ذهاب از نظر وزن هزار دانه بالا بود. ارقام پراو و بنیادکار از نظر تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد دانه در سنبله بیشترین میزان را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی داشتند. بای‌پلات GT در شهرستان دلفان ۶۴/۷ درصد (مؤلفه اصلی اول ۴۵/۸ و مؤلفه اصلی دوم ۱۸/۹ درصد) از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه نمود (شکل ۲-b).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های گندم در شهرستان دلفان

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)								
		تعداد بوته در متر مربع PSM	روز تا ظهور سنبله DH	ارتفاع بوته PH	روز تا رسیدگی DM	تعداد سنبله در متر مربع SSM	تعداد دانه در سنبله KNS	وزن هزار دانه TKW	عملکرد بیولوژیک BY	عملکرد دانه GY	شاخص برداشت HI
تکرار	۱	۳۷۸۴/۵	۰/۱	۰/۵	۱/۵	۳۵۲۸	۶/۱	۰/۱۲	۳۴۵۴۸۸/۳	۱۸۰۰۰۰/۰	۱۱/۳
ژنوتیپ	۱۵	۳۶۳۸/۹**	۱۶/۷**	۱۶۶/۴**	۳/۳**	۸۵۷۱/۴ns	۶۴/۴ns	۲۲/۵ns	۳۶۴۴۹۶۷/۴*	۴۴۷۴۸۶/۴**	۵۰/۵**
خطا	۱۵	۸۸۸/۵	۱/۱	۱۱/۰	۰/۸۶	۴۲۳۰/۹	۲۸/۶	۱۱/۱	۱۲۵۶۸۶۳/۳	۶۸۷۰۸/۳	۷/۱
ضریب تغییرات(٪)		۱۵/۲	۰/۵	۳/۲	۰/۴	۱۸/۴	۱۲/۸	۷/۸	۱۱/۷	۱۰/۱	۹/۷

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های گندم در شهرستان خرم‌آباد (منطقه ایمان‌آباد)

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)								
		تعداد بوته در متر مربع PSM	روز تا ظهور سنبله DH	ارتفاع بوته PH	روز تا رسیدگی DM	تعداد سنبله در متر مربع SSM	تعداد دانه در سنبله KNS	وزن هزار دانه TKW	عملکرد بیولوژیک BY	عملکرد دانه GY	شاخص برداشت HI
تکرار	۱	۶۱۲/۵	۰/۱۲	۸/۰	۰/۵	۳۲۸۰/۵	۱۹/۵	۶۰/۵	۱۷۶۹۵۵۰/۸	۲۱۰۴۳۸/۳	۳/۱
ژنوتیپ	۱۵	۱۰۸۹/۶ns	۱۷/۹**	۲۳۳/۲**	۳/۲*	۱۹۳۰۹/۸ns	۵۱/۷**	۲۴/۱**	۲۸۹۸۱۹۶/۶ns	۵۲۱۰۸۶/۲*	۴۵/۳*
خطا	۱۵	۲۱۸۱/۶	۱/۳	۹/۳	۱/۲	۱۳۳۹۹/۹	۸/۷	۷/۰	۲۸۲۱۴۲۵/۸	۲۰۳۸۶۸/۳	۱۵/۱
ضریب تغییرات(٪)		۲۲	۰/۷	۳/۱	۰/۵	۲۳	۸/۸	۶/۶	۱۹/۱	۱۷/۹	۱۳/۵

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد، ns غیرمعنی‌دار

علائم اختصاری: PSM: تعداد بوته در مترمربع، DH: روز تا ظهور سنبله، PH: ارتفاع بوته، DM: روز تا رسیدگی، SSM: تعداد سنبله در مترمربع، KNS: تعداد دانه در سنبله، TKW: وزن هزار دانه، BY: عملکرد بیولوژیک، GY: عملکرد دانه، HI: شاخص برداشت

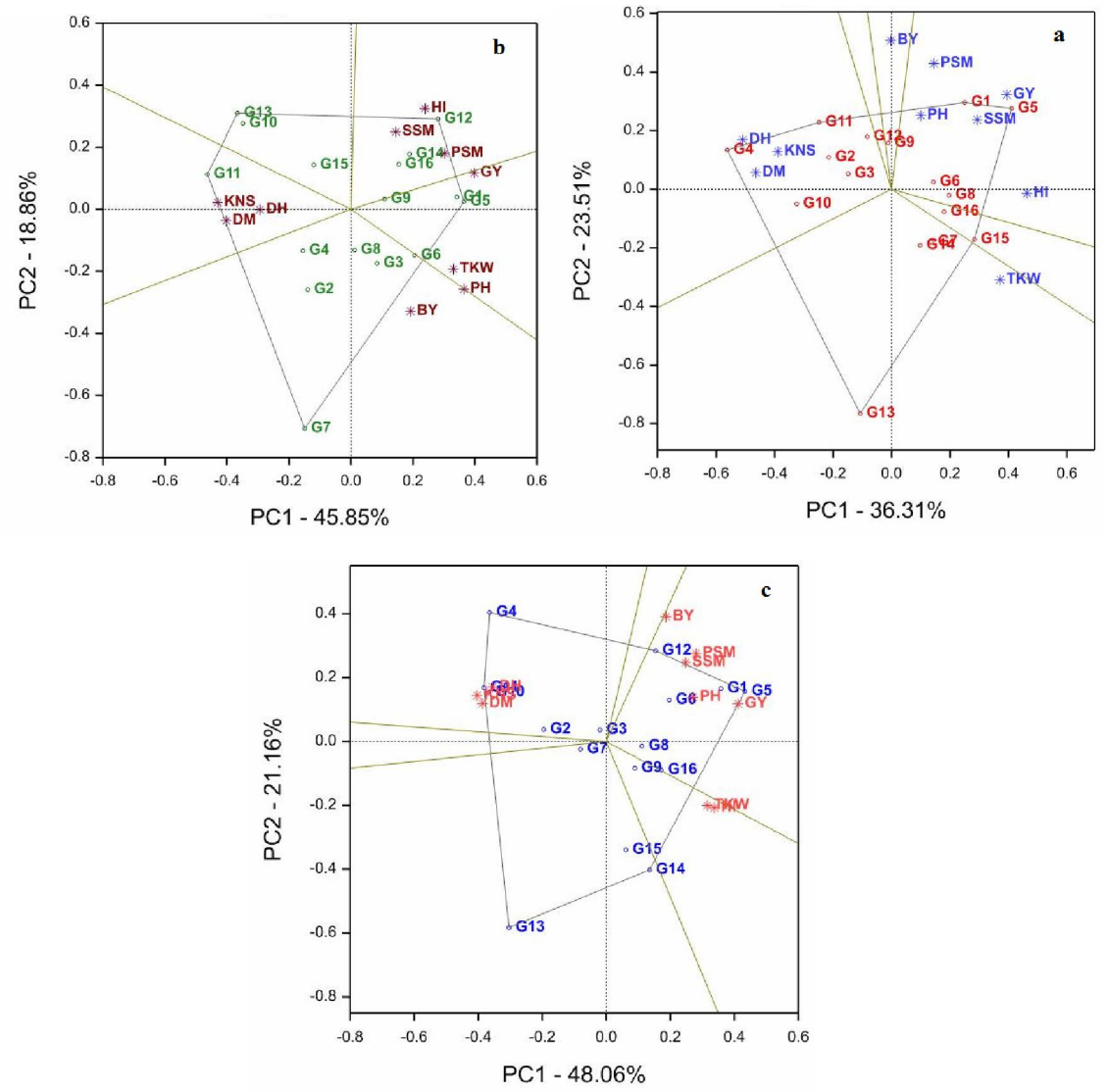
جدول ۷- میانگین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه و سایر صفات زراعی در شهرستان دلفان- سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

کد ژنوتیپ	تعداد بوته در متر مربع PSM	روز تا ظهور سنبله DH	ارتفاع بوته PH	روز تا رسیدگی DM	تعداد سنبله در متر مربع SSM	تعداد دانه در سنبله KNS	وزن هزار دانه TKW	عملکرد بیولوژیک BY	عملکرد دانه GY	شاخص برداشت HI
G1	۲۴۲	۱۹۰	۱۰۹	۲۲۳	۴۰۰	۳۹	۴۶	۱۱۱۰۰	۳۴۵۰	۳۱
G2	۱۵۲	۱۹۲	۱۰۶	۲۲۶	۲۴۲	۴۵	۴۵	۹۹۵۰	۲۷۲۵	۲۷
G3	۱۷۲	۱۹۲	۱۰۹	۲۲۴	۳۳۰	۳۹	۴۶	۱۰۰۶۳	۲۷۵۰	۲۸
G4	۲۰۰	۱۹۰	۱۰۵	۲۲۶	۳۸۶	۴۷	۳۸	۱۱۰۶۳	۲۳۷۵	۲۲
G5	۲۵۴	۱۸۸	۱۰۸	۲۲۳	۳۹۶	۳۳	۴۴	۱۰۶۵۰	۲۹۰۰	۲۸
G6	۲۵۰	۱۹۱	۱۱۰	۲۲۴	۳۰۲	۳۸	۴۶	۱۰۸۸۸	۳۰۲۵	۲۸
G7	۱۳۲	۱۹۰	۱۱۰	۲۲۶	۲۵۶	۴۲	۴۵	۱۱۸۸۸	۱۸۹۵	۱۶
G8	۱۸۲	۱۹۰	۱۱۱	۲۲۴	۴۴۸	۴۴	۴۵	۹۵۷۵	۲۱۵۰	۲۳
G9	۱۵۶	۱۸۸	۱۰۰	۲۲۴	۲۹۸	۴۰	۴۵	۹۰۲۵	۲۹۰۰	۳۲
G10	۱۷۶	۱۹۱	۸۸	۲۲۶	۴۲۲	۵۱	۳۴	۹۳۶۳	۲۳۶۳	۲۶
G11	۱۹۴	۱۹۲	۸۶	۲۲۶	۳۲۲	۵۳	۳۹	۸۱۰۰	۱۷۵۰	۲۲
G12	۲۸۰	۱۹۰	۱۰۷	۲۲۵	۴۶۶	۳۹	۴۵	۹۹۷۵	۳۳۰۰	۳۳
G13	۱۶۶	۱۹۲	۸۴	۲۲۷	۳۲۸	۴۶	۴۱	۷۱۵۰	۲۱۷۵	۳۰
G14	۱۸۲	۱۹۰	۱۰۸	۲۲۳	۳۳۴	۳۴	۴۳	۸۰۶۳	۲۷۵۰	۳۵
G15	۱۶۴	۱۹۱	۱۰۱	۲۲۶	۳۲۶	۴۳	۴۳	۷۸۶۳	۲۵۱۳	۳۲
G16	۲۲۶	۱۸۹	۱۰۷	۲۲۴	۳۹۸	۳۹	۴۳	۸۹۲۵	۲۶۷۵	۳۰
LSD(5%)	۶۳/۵	۲/۲	۷/۱	۲/۰	۱۳۸/۶	۱۱/۴	۷/۱	۲۳۹۰	۵۵۸/۷	۵/۷

جدول ۸- میانگین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه و سایر صفات زراعی در شهرستان خرم‌آباد- سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

کد ژنوتیپ	تعداد بوته در متر مربع PSM	روز تا ظهور سنبله DH	ارتفاع بوته PH	روز تا رسیدگی DM	تعداد سنبله در متر مربع SSM	تعداد دانه در سنبله KNS	وزن هزار دانه TKW	عملکرد بیولوژیک BY	عملکرد دانه GY	شاخص برداشت HI
G1	۲۴۲	۱۶۰	۹۷	۲۰۹	۴۵۸	۳۰	۳۹	۱۰۴۶۳	۳۲۹۸	۳۲
G2	۲۲۰	۱۶۵	۱۰۹	۲۱۱	۴۱۰	۳۶	۳۸	۹۰۱۳	۲۱۶۸	۲۴
G3	۲۰۰	۱۶۷	۱۱۵	۲۱۱/۵	۴۸۰	۳۱	۴۲	۸۹۷۵	۲۲۸۵	۲۶
G4	۱۹۸	۱۶۷	۱۰۶	۲۱۳/۵	۴۴۶	۴۰	۳۳	۸۸۶۳	۱۷۹۳	۲۱
G5	۲۲۶	۱۶۰	۱۰۲	۲۰۹	۶۶۲	۳۴	۴۳	۹۹۲۵	۳۵۱۵	۳۶
G6	۲۱۸	۱۶۲	۱۰۶	۲۱۰	۶۳۲	۳۱	۴۳	۸۴۰۰	۲۴۰۳	۲۹
G7	۱۹۲	۱۶۰	۱۰۴	۲۱۰	۶۶۲	۳۴	۴۳	۷۱۸۸	۲۱۷۵	۳۰
G8	۱۸۶	۱۶۰	۱۰۵	۲۱۰	۵۶۰	۲۷	۳۹	۸۷۷۵	۲۷۹۰	۳۲
G9	۲۱۴	۱۶۲	۱۰۳	۲۱۰	۴۹۶	۳۲	۴۲	۱۰۸۸۸	۲۳۸۸	۲۳
G10	۲۰۲	۱۶۶	۸۳	۲۱۱	۴۲۸	۳۹	۳۷	۸۶۵۰	۲۰۶۸	۲۵
G11	۲۱۸	۱۶۸	۸۰	۲۱۰	۵۱۴	۴۷	۳۶	۹۲۶۳	۲۷۴۰	۳۰
G12	۱۹۶	۱۶۴	۱۰۳	۲۱۱/۵	۴۸۶	۳۳	۳۹	۱۰۲۵۰	۲۸۰۸	۲۸
G13	۱۵۰	۱۶۱	۷۵	۲۱۰	۳۲۰	۳۴	۴۶	۶۵۰۰	۱۷۰۸	۲۶
G14	۱۸۲	۱۶۲	۱۰۱	۲۱۰/۵	۳۷۶	۲۸	۳۹	۷۸۲۵	۲۷۵۰	۳۶
G15	۲۳۶	۱۵۹	۹۸	۲۰۸	۴۶۴	۲۹	۴۳	۷۴۶۳	۲۳۱۰	۳۱
G16	۱۸۲	۱۶۲	۱۰۰	۲۱۱	۵۶۰	۳۴	۴۴	۸۴۲۵	۳۰۵۸	۳۷
LSD	۹۹/۹	۲/۴	۶/۵	۲/۳	۲۴۷/۷	۶/۳	۵/۶	۳۵۹۴/۶	۹۶۲/۴	۸/۳

بر اساس بای‌پلات GT در شهرستان دلفان، ژنوتیپ‌های قرار گرفته در رئوس چندضلعی شامل ارقام باران، صدرا، پراو، ایوان و بنیادکار بودند. ارقام واران و صدرا بالاترین میزان عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی داشتند، و تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله کمتری داشتند. رقم ایوان از نظر شاخص برداشت، تعداد بوته در مترمربع و تعداد سنبله در مترمربع بهترین بود. رقم بنیادکار بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارا بود و از نظر صفات مربوط به ارقام واران و صدرا در نقطه مقابل آنها بود. به این ترتیب رقم بنیادکار دیررس‌ترین ژنوتیپ بود.



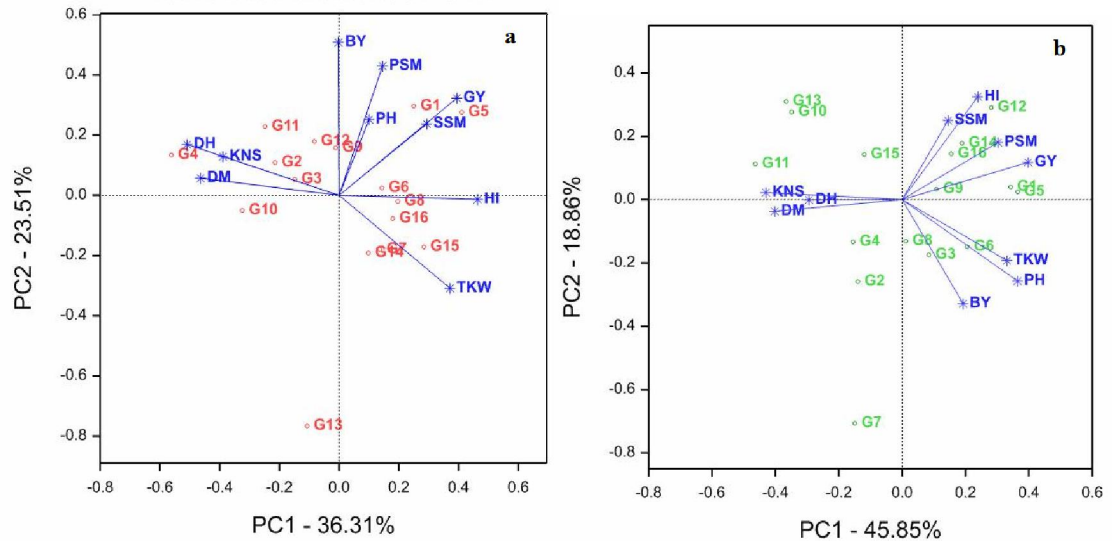
شکل ۲- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × صفت ژنوتیپ‌های گندم در منطقه ایمان‌آباد (a)، دلفان (b) و دو منطقه دلفان و ایمان‌آباد (c)

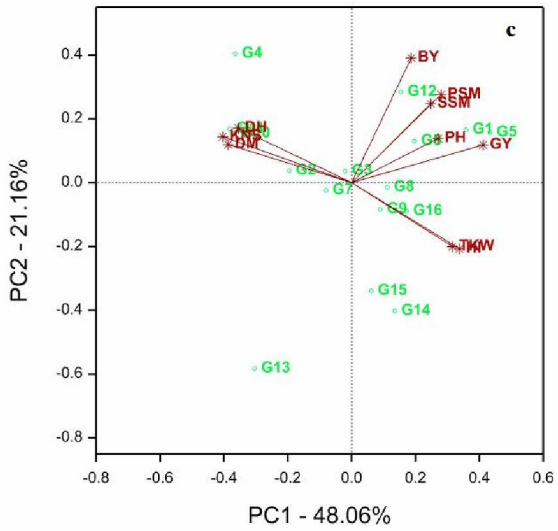
بای‌پلات GT در دو محیط مورد مطالعه ۶۹/۳ (مؤلفه اصلی اول ۴۸/۱ و مؤلفه اصلی دوم ۲۱/۲) از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه نمود (شکل ۲-c). بای‌پلات GT در دو محیط مورد مطالعه نشان داد که ارقام واران، صدرا و ایوان از نظر عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد بوته در مترمربع، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته بهترین بودند. ارقام پراو، بنیادکار و Gozgon بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. ارقام واران و صدرا در هر دو محیط عملکرد دانه بالایی داشتند. این موضوع نشان‌دهنده‌ی پتانسیل عملکرد بالای این ارقام می‌باشد.

بررسی رابطه بین صفات با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ × صفت: طول بردار صفات، توانایی صفات در تبعیض ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. صفات با طول بردار بلندتر قدرت تبعیض بالاتری دارند و صفات با طول بردار کوتاهتر بالعکس. نمایش برداری بای‌پلات GT در منطقه ایمان‌آباد نشان داد که بیشترین تنوع توجیه شده ناشی از عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و تعداد روز تا ظهور سنبله بود. همبستگی منفی بین وزن هزار دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه با صفات فنولوژیک (تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی) و تعداد دانه در سنبله مشاهده شد (شکل ۳-a). به‌طورکلی هر چه زاویه بین بردارهای صفات بیشتر باشد بر همبستگی منفی بیشتر صفات دلالت دارد. از این‌رو، بیشترین همبستگی منفی بین وزن هزار دانه با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی مشاهده شد. محمدی و عمری (۲۰۱۱) با استفاده از تجزیه بای‌پلات GT ژنوتیپ‌های گندم دوروم نشان دادند، ژنوتیپ‌های با وزن دانه بالاتر، زودتر به گل رفته و زودرس‌تر بودند. از آنجایی‌که وجود زاویه ۹۰ درجه بین بردار صفات نشاندهنده‌ی عدم همبستگی بین صفات می‌باشد. لذا بین ارتفاع بوته با تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله همبستگی مشاهده نشد. از طرفی، هرچه زاویه بین بردار صفات کوچک‌تر باشد، نشاندهنده‌ی همبستگی مثبت بین صفات می‌باشد. بنابراین، بین عملکرد دانه با تعداد سنبله در مترمربع، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، تعداد بوته در مترمربع و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبتی مشاهده شد. از بین این صفات، همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع مشاهده شد. این موضوع از زاویه بین دو بردار صفات مذکور مشخص است. بنابراین، انتظار می‌رود انتخاب برای این صفات به بهبود عملکرد دانه منجر شود. بنابراین برای دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا بایستی به دنبال ژنوتیپ‌هایی با مقادیر بالای صفات مذکور بود. همچنین همبستگی مثبتی بین صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله وجود داشت. البته همبستگی این صفات با کلیه صفات مورد ارزیابی از جمله عملکرد دانه منفی بود. این موضوع نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های زودرس به عملکرد دانه بالاتری تمایل دارند. در مطالعات بسیاری همبستگی ژنتیکی منفی بین عملکرد دانه و زودرسی گزارش

شده است (Xu *et al.*, 2017).(قلی‌زاده و همکاران ۱۳۹۷؛ صادق‌زاده و همکاران ۱۳۹۷) بیشترین تنوع توجیه شده توسط بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در شهرستان دلفان ناشی از صفات شاخص برداشت، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در سنبله بود (شکل ۳-b).

همبستگی بین صفات نشان داد بین عملکرد دانه با تعداد بوته در مترمربع، تعداد سنبله در مترمربع، شاخص برداشت و وزن هزار دانه همبستگی مثبتی وجود داشت. در حالی‌که بین عملکرد دانه با مجموعه صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی همبستگی منفی مشاهده شد. ضرایب همبستگی منفی و قوی بین عملکرد دانه با تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله این موضوع را تائید می‌نماید (شکل ۴).

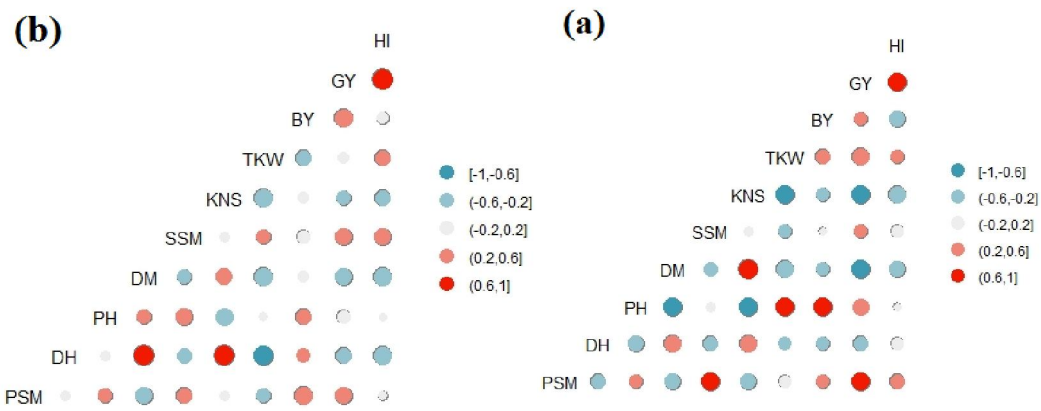




شکل ۳- نمایش برداری بای‌پلات ژنوتیپ × صفت ژنوتیپ‌های گندم در منطقه ایمان‌آباد (a)، دلفان (b) و دو منطقه دلفان و ایمان‌آباد (c)

همبستگی بین وزن هزار دانه با تعداد سنبله در مترمربع و ارتفاع بوته با شاخص برداشت وجود نداشت. همچنین همبستگی مثبت قوی بین صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی مشاهده شد. زاویه بسیار کوچک بین بردارهای صفات مذکور بر همبستگی مثبت و قوی آنها دلالت دارد. همبستگی مثبت بین سه صفت مذکور در شهرستان خرم‌آباد نیز مشاهده شد. در مجموع، همبستگی بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه و سایر صفات زراعی یک همبستگی نامطلوب بود.

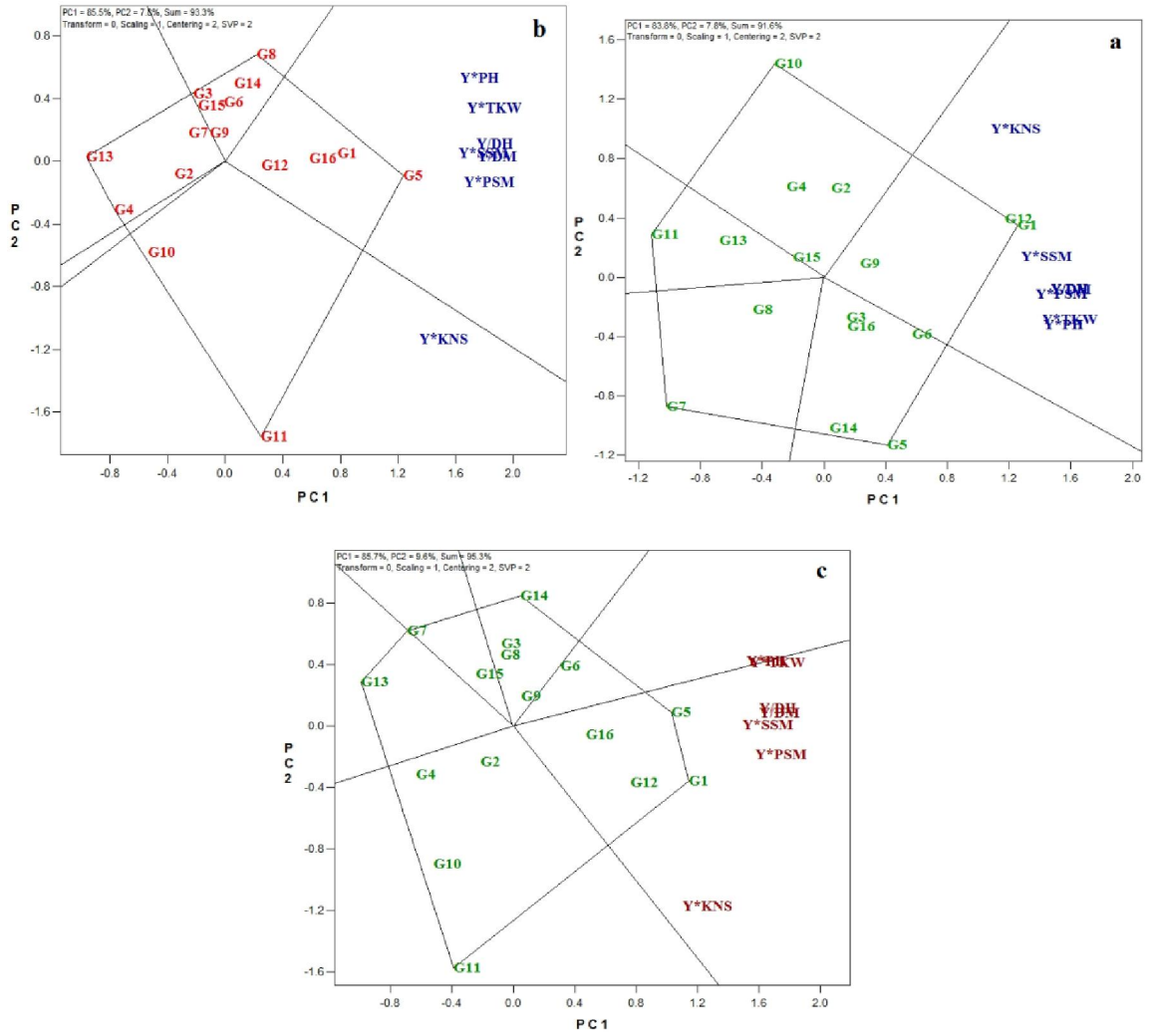
نمایش برداری بای‌پلات GT در دو منطقه اجرای آزمایش نشان (شکل ۳-c) داد که عملکرد دانه همبستگی مثبتی با کلیه صفات مورد ارزیابی به‌جز تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله داشت. مجموعه صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، تعداد بوته در مترمربع و تعداد سنبله در متر مربع همبستگی منفی با تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله نشان دادند. روابط نامطلوب بین صفات مهم‌ترین چالش پیش‌روی به‌نژادگران می‌باشد. به‌طوری‌که، انتخاب برای یک صفت ممکن است به تغییرات در صفات مهم دیگر منجر شود. همبستگی مثبت وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع با عملکرد دانه و از سوی دیگر همبستگی منفی تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع نشاندهنده‌ی افزایش عملکرد از طریق وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع بوده است و با افزایش این دو مؤلفه عملکرد، مؤلفه سوم یعنی تعداد دانه در سنبله کاهش یافته است. در بررسی انجام شده توسط صباغ‌نیا و جان‌محمدی (2014) نیز کاهش وزن هزار دانه با افزایش تعداد دانه در سنبله یا تعداد سنبله در متر مربع گزارش شده است. بیشترین همبستگی منفی بین صفات وزن هزار دانه و شاخص برداشت با تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله بود. بین عملکرد بیولوژیک با تعداد روز تا ظهور سنبله همبستگی مشاهده نشد. همبستگی مثبت اما ضعیفی نیز بین ارتفاع بوته و شاخص برداشت مشاهده شد.



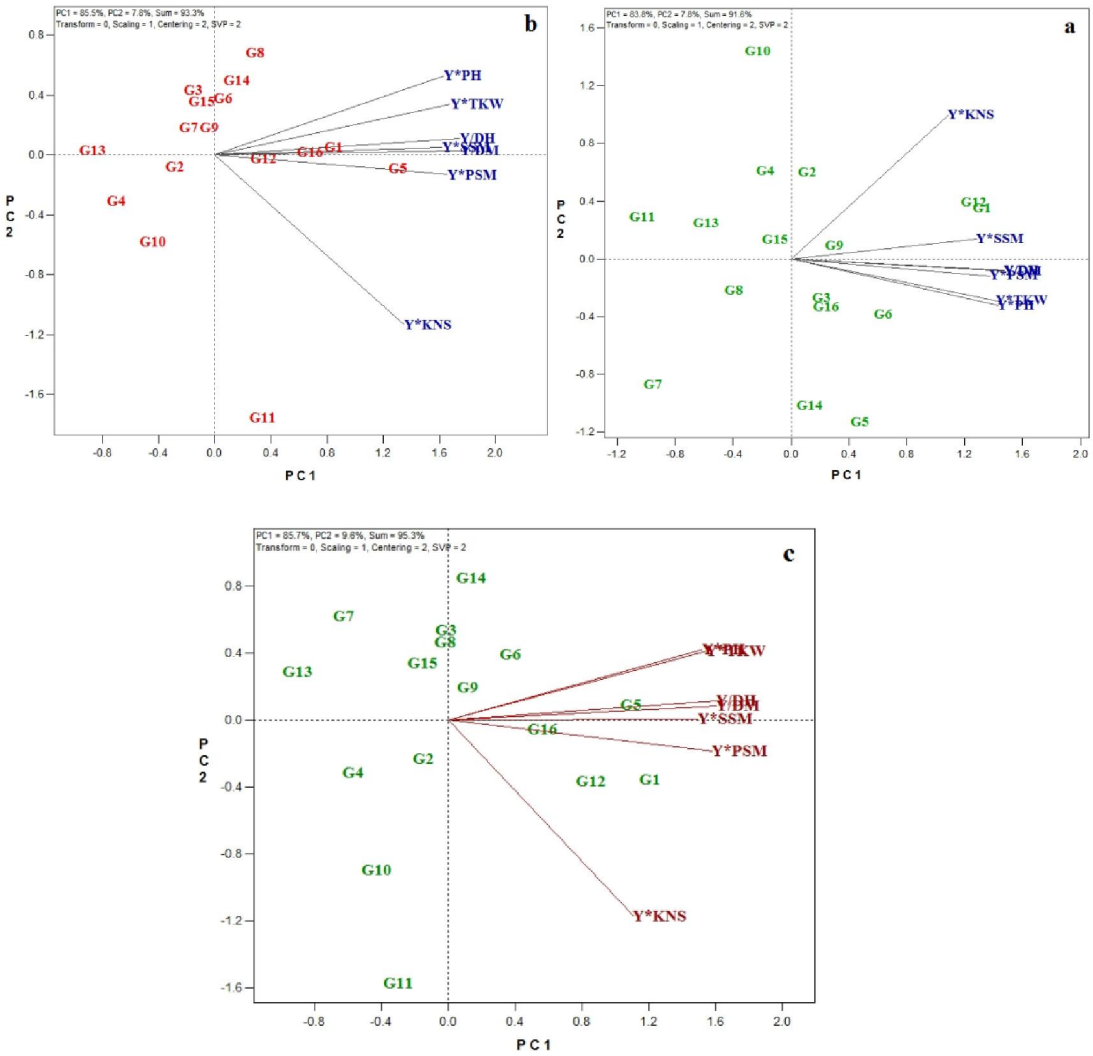
شکل ۴- ضرایب همبستگی گرافیکی بین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های گندم در شهرستان دلفان (a) و ایمان‌آباد (b)

به‌طورکلی در دو محیط اجرای آزمایش اختلافات جزئی بین بای‌پلات GT و ضرایب همبستگی پیرسون مشاهده شد زیرا بای‌پلات GT به‌طور گرافیکی ارتباط بین کلیه صفات بر اساس الگوی کلی داده‌ها را توصیف می‌نماید در حالی که ضرایب همبستگی ساده ارتباط بین دو صفت را نشان می‌دهد (Yan and Rajcan, 2002). از سوی دیگر، عدم تطابق کامل می‌تواند ناشی از مقادیر پایین دو مؤلفه اصلی اول در این پژوهش (۵۹/۸ درصد در منطقه ایمان‌آباد و ۶۴/۷ درصد در شهرستان دلفان) باشد.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت: بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت از ترکیب عملکرد با هفت صفت مربوط به ۱۶ ژنوتیپ در هر منطقه و در هر دو منطقه اجرای آزمایش بدست آمد. در منطقه دلفان، بای‌پلات GYT در مجموع ۹۱/۶ درصد از کل تغییرات داده‌های استاندارد شده را توجیه نمود. این بای‌پلات نشان داد که ارقام واران و ایوان در ترکیب عملکرد دانه با کلیه صفات مورد ارزیابی بهترین بودند (شکل ۵-a).



شکل ۵- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت ژنوتیپ‌های گندم در منطقه دلفان (a)، خرم اباد (b) و دو منطقه اجرای آزمایش (c)



شکل ۶- نمایش برداری بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت ژنوتیپ‌های گندم در منطقه دلفان (a)، خرم اباد (b) و دو منطقه اجرای آزمایش (c)

در منطقه ایمان‌آباد، رقم صدرا و سپس رقم واران بیشترین میزان Y*TKW, Y*PH, Y/DH, Y/DM, Y*SSM و Y*PSM را دارا بودند که بیانگر برتری این ژنوتیپ‌ها در ترکیب عملکرد دانه با وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد بوته در مترمربع، تعداد سنبله در متر مربع و زودرسی بود (شکل ۵- b). همچنین، رقم بنیادکار بیشترین میزان Y*KNS را برخوردار بود که بیانگر برتری این ژنوتیپ از نظر ترکیب عملکرد دانه با وزن هزار دانه می‌باشد. بر اساس نتایج تجزیه بای‌پلات GYT مناطق اجرای آزمایش، رقم واران و سپس رقم صدرا در ترکیب عملکرد دانه با کلیه صفات مورد ارزیابی بهترین بودند (شکل ۵-c).

ارزیابی همبستگی بین صفات: از آنجایی که عملکرد به‌عنوان یک مؤلفه در همه ترکیبات صفت - عملکرد وجود دارد، ترکیبات صفت- عملکرد به همبستگی مثبت تمایل دارند. در منطقه دلفان بیشترین همبستگی بین Y*SSM, Y/DH, Y/DM

و Y*PSM مشاهده شد (شکل ۶-a). همبستگی قوی بین Y*TKW و Y*PH بیانگر سودمندی بالای ترکیب وزن هزار دانه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه برای بهبود تولید در برخی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. محمدی (۲۰۱۹) با بررسی بای‌پلات GYT در سه سال زراعی برای ۱۷ ژنوتیپ گندم دوروم به نتایج مشابهی دست یافت و ترکیب وزن هزار دانه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه را برای افزایش تولید ژنوتیپ‌ها سودمند دانست. در منطقه ایمان‌آباد، روابط همبستگی بین ترکیبات عملکرد دانه- صفات با منطقه دلفان مطابقت داشت (شکل ۶-b).

بر اساس نتایج بای‌پلات GYT مناطق اجرای آزمایش، همبستگی بسیار بالایی بین Y*TKW و Y*PH مشاهده شد (شکل ۶-c). همچنین همبستگی بالای بین ترکیب عملکرد دانه با تعداد بوته در مترمربع، تعداد سنبله در مترمربع و زودرسی نشان‌دهنده‌ی اهمیت این صفات در ترکیب با عملکرد دانه برای بهبود تولید برخی ژنوتیپ‌ها از جمله ارقام واران و صدرا بود.

یکی از مزایای بای‌پلات GYT این است که با استفاده از آن می‌توان ترکیبات اضافی را به منظور کاهش هزینه اندازه‌گیری صفات در آزمایشات مزرعه‌ای شناسایی نمود (Mohammadi, 2019). با توجه به همبستگی قوی بین TKW و PH می‌توان اظهار نمود که اندازه‌گیری یکی از این صفات (از جمله وزن هزار دانه) به‌عنوان ملاک انتخاب کفایت می‌نماید. همچنین همبستگی بالای بین صفات تعداد بوته در مترمربع، تعداد سنبله در مترمربع و زودرسی نشان داد که می‌توان یکی از این صفات را (از جمله زودرسی) به‌عنوان ملاک انتخاب سودمند در نظر گرفته و اندازه‌گیری نمود.

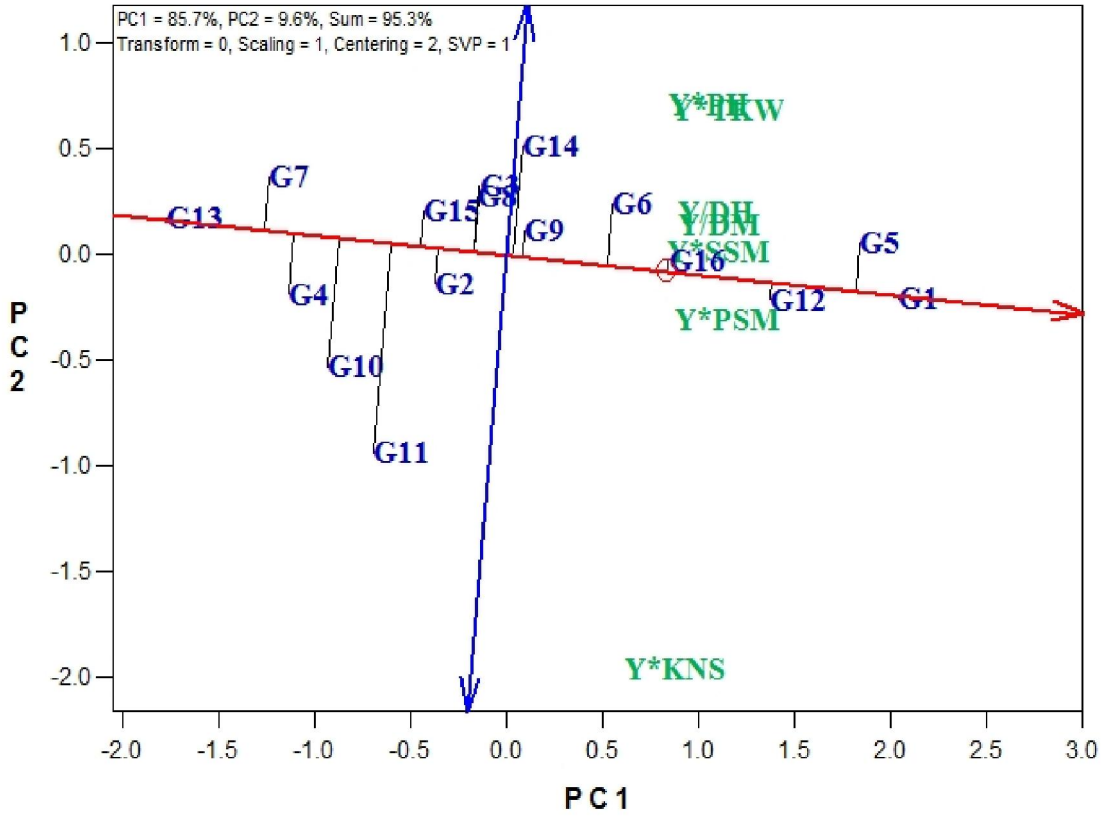
رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب عملکرد-صفت و شاخص GYT: بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب صفت- عملکرد به ترتیب ژنوتیپ‌های G1>G5>G12>G16 بودند (شکل ۷). رقم واران و لاین .../Azar2/Sabalan از نظر صفات مورد ارزیابی متعادل بودند. بای‌پلات GYT علاوه بر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس برتری آنها، نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌ها را از نظر صفات مورد ارزیابی نمایان می‌سازد. به‌طوری‌که، رقم ایوان از نظر ترکیب عملکرد دانه با صفات تعداد بوته در مترمربع، تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ مطلوبی بود اما از نظر صفات تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و زودرسی در ترکیب با عملکرد دانه، ژنوتیپ ضعیفی بود. به‌طورکلی ژنوتیپ‌هایی که در بالای محور ATC[1] قرار گرفتند به مقادیر نسبتاً خوب ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در مترمربع و زودرسی تمایل داشتند و از مقادیر نسبتاً پایین تعداد دانه در سنبله برخوردار بودند. عکس این موضوع برای ژنوتیپ‌هایی که در زیر محور ATC قرار گرفتند صادق است.

شاخص GYT هر ژنوتیپ بر اساس میانگین کلیه صفات هر ژنوتیپ بدست آمد و بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی شدند (جدول ۶). بر

[1] Average tester coordination

اساس شاخص GYT، ارقام واران و صدرا بهترین ژنوتیپ‌ها بودند. از طرفی، ارقام واران و صدرا مقادیر منفی برای ترکیب عملکرد با صفات نداشتند. این امر بیانگر برتری نسبی این ارقام در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بود.

مقادیر شاخص GYT نزدیک به صفر (به ترتیب به میزان ۰/۰۳ و ۰/۰۷) برای رقم شالان و لاین NOVO ZVESDA نشان داد که این ژنوتیپ‌ها مقادیر متوسط صفات را دارا می‌باشند.



شکل ۷- نمایش ATC بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس برتری کلی آنها و تعیین قوی‌ترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در مناطق اجرای آزمایش

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه روابط مطلوب یا نامطلوب بین صفات مورد ارزیابی در بای‌پلات GT نشان داده شد. به‌طوری‌که، همبستگی مثبت عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد سنبله در مترمربع و زودرسی و همبستگی منفی آن با تعداد دانه در سنبله مشاهده شد. همچنین بای‌پلات GT در مناطق اجرای آزمایش نشان داد، ارقام واران و صدرا ژنوتیپ‌های مطلوبی از نظر عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته بودند. بر اساس نتایج بدست آمده از نمایش ATC بای‌پلات GYT، به ترتیب ارقام واران، صدرا، ایوان و لاین Azar2/Sabalan/... در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بهترین بودند. رقم شالان و

لاین NOVO ZVESDA با شاخص GYT نزدیک به صفر، ژنوتیپ‌های متوسطی بین بهترین و بدترین ژنوتیپ‌ها بودند. رقم واران و لاین .../Azar2/Sabalan برای ترکیبات عملکرد- صفت متعادل بودند. به نظر می‌رسد می‌توان ارقام واران، صدرا، ایوان و لاین .../Azar2/Sabalan را برای کاشت در دیمزارهای مکان اجرای آزمایش و سایر مناطق استان لرستان با اقلیم سرد و معتدل سرد توصیه نمود.

منابع

صادق‌زاده بهزاد، محمدی رضا، احمدی حسن، عابدی‌اصل غلامرضا، احمدی ملک‌مسعود، محمدفام مهناز، بهرامی نوذر، خالدیان محمدشریف و ناصری علی‌اکبر. ۱۳۹۷. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم تحت شرایط دیم با استفاده از GGE بای‌پلات و AMMI. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۱ (۲): ۲۴۱-۲۶۰

قلی‌زاده امیر، دهقانی حمید، امینی اشکبوس و اکبرپور امیدعلی. ۱۳۹۷. بررسی رابطه‌های متقابل میان صفات در نژادگان‌های گندم با استفاده از روش نمودار دووجهی. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۹ (۳): ۱۲۱-۱۳۶.

Akcura M. 2011. The relationships of some traits in Turkish winter bread wheat landraces. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 35: 115-125.

Atnaf M, Tesfaye K, Dagne K, Wegary D. 2017. Genotype by trait biplot analysis to study associations and profiles of Ethiopian white lupin (*Lupinus albus* L.) landraces. Australian Journal of Crop Science 11 (1): 55-62.

Gholizadeh A, Dehghani H. 2016. Graphic analysis of trait relations of Iranian bread wheat germplasm under non-saline and saline conditions using the biplot method. Genetika 48 (2): 473-486.

Mohammadi R, Amri, A. 2011. Graphic analysis of trait relations and genotype evaluation in durum wheat. Journal of Crop Improvement 25: 680-696.

Mohammadi R. 2019. Genotype by yield×trait biplot for genotype evaluation and trait profiles in durum wheat. Cereal Research Communications 47 (3): 541-551.

Sabaghnia N, Janmohammadi M. 2014. Interrelationships among some morphological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using biplot. Botanic Lithuanica 20: 19–26

Sabaghnia N, Mohebodini M, Janmohammadi M. 2016. Biplot analysis of trait relations of spinach (*Spinacia oleracea* L.) landraces. Genetika 48 (2): 675-690.

Yan W, Rajcan I. 2002. Biplot evaluation of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science 42: 11–20.

Yan W, Fregeau-Reid J. 2018. Genotype by yield×trait (GYT) Biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. Scientific Reports 8: 8242.

Yan W, Fregeau-Reid J, Mountain N, Kobler J. 2019. Genotype and management evaluation based on genotype by yield×trait (GYT) analysis. Crop Breeding Genetics and Genomics. 1:e190002 https://doi.org/10.20900/cbgg20190002

Yuan W, Peng S, Cao C, Virk P, Xing D, Zhang Y, Visperas RM, Laza RC. 2011. Agronomic performance of rice breeding lines selected based on plant traits or grain yield. Field Crops Research 121: 168–174.

Xu N, Fok M, Li J, Yang X, Yan W. 2017. Optimization of cotton variety registration criteria aided with a genotype- by-trait biplot analysis. Scientific Reports 7: 17237

DOI: 10.22092/idaj.2020.122220.284

Assessment of interrelationship between agronomic traits of wheat genotypes under rain-fed conditions using double and triple biplots of genotype, trait and yield

Mahnaz Rahmati[1*], Tahmaseb Hosseinpour[1], Ali Ahmadi[1]

1-Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran

Abstract

In this study, the methods of genotype × trait (GT) and genotype by yield× trait biplot (GYT) were used to identify interrelationships between different traits and the best wheat genotypes selection based on multiple traits. During the 2017-2018 cropping season, fifteen cultivars/ promising lines along with a durum wheat cultivar, Zahab, were tested on field's farms at two sites, Delfan and Khorramabad (Imanabad region). The results of ANOVA for the evaluated traits showed significant differences among genotypes for plant height, day to heading and maturity, grain yield and harvest index. According to the mean grain yield of the genotypes at both experimental sites, the maximum grain yield was obtained for Varan, Sadra, Ivan and Azar2/Sabalan/… genotypes with mean grain yield of 3374, 3207.5, 3054 and 2866.5 kg/ha, respectively. Based on GT-Biplot polygon, Varan and Sadra cultivars were displayed high GY, SSM, TKW and PH at two experimental sites. The vector view of GT biplot showed high correlation between grain yield with 1000-kernel weight, plant height and harvest index at experimental sites. Based on results of GYT biplot, Varan and Sadra cultivars were the best genotypes in combining grain yield with all traits evaluated. The high correlations between combinations of 1000-kernel weight and plant height with grain yield were observed, suggesting the importance of these traits in combining with grain yield to increase genotypes productivity.

Keywords: Genotype × yield × trait, GYT index, Grain yield

* *Corresponding author: avinmahnaz@gmail.com* *Received: 2019/12/28 Accepted: 2020/08/22*