

Graphic Analysis of Relationships among Traits and Selection of Superior Hybrids in Sunflower

Amir Gholizadeh¹, Mehdi Ghaffari², Seyed Ahmad Kalantar Ahmadi³

Received: 19 September 2021 Accepted: 17 January 2022

1-Assist. Prof., Crop and Horticultural Science Research, Dept. Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

2-Assoc. Prof., Oil Crops Research, Dept. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3-Assist. Prof., Crop and Horticultural Science Research, Dept. Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.

*Corresponding Author Email: mghaffari69@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The sunflower is one of the most important oilseed plants in the world and its oil has nutritional and high economic value. Identification and selection of high-yielding genotypes with desirable characteristics are especially important in this plant. Therefore, this study was conducted to identify interrelationships between different traits and the selection of the best sunflower hybrids.

Materials and Methods: In this study, 11 new hybrids along with four cultivars Golsa, Ghasem, Shams, and Farrokh were evaluated in a randomized complete block design with four replications in the agriculture research station of Dezful during 2018-2020. The phenological, morphological characteristics and yield components including days to flowering, days to ripening, plant height, stem diameter, head diameter, seed number per head, thousand seed weight, and seed yield were measured. In this study, the methods of genotype \times trait (GT) and genotype by yield \times trait biplot (GYT) were used to identify interrelationships between different traits and selection of the best sunflower hybrids.

Results: Based on the polygon view of the GT biplot, hybrid G1 (1410 kg ha⁻¹) had good characteristics regarding seed yield and traits related to yield. The vector view of the GT biplot showed a high correlation between seed yield with stem diameter, plant height, head diameter, and seed number per head. Based on the average tester coordinate (ATC) view of the GYT biplot, hybrids G1 and G6 in terms of all positive yield-trait combinations were recognized as the best hybrids and hybrids G12 and G7 as the weakest hybrids. According to the results, a significant positive correlation was observed between stem diameter, head diameter, plant height, and early maturity in combination with seed yield.

Conclusion: Generally, the results indicated that hybrids G1 and G6 were recognized as superior hybrids from the point of yield and other agronomic traits including days to flowering, days to ripening, plant height, stem diameter, head diameter, seed number per head, and thousand seed weight. These genotypes have the potential to be used in research-extension trials for introduction as a new cultivar for cultivation in the Dezful region. Also, the traits of stem diameter, head diameter, plant height, and early maturity could be used as suitable criteria in selecting for increased seed yield in sunflower breeding programs.

Keywords: Correlation, GYT Index, Hybrid, Seed Yield, Sunflower

تجزیه گرافیکی روابط بین صفات و گزینش هیبریدهای برتر در آفتابگردان

امیر قلی‌زاده^۱، مهدی غفاری^{۲*}، سید احمد کلانتر احمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
 ۲- دانشیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 ۳- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
 *مسئول مکاتبه: Email: mghaffari69@gmail.com

چکیده

اهداف: آفتابگردان یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در جهان محسوب می‌شود که روغن آن ارزش غذایی و اقتصادی بالایی دارد. شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول با خصوصیات مطلوب در این گیاه از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی روابط متقابل میان صفات مختلف و انتخاب بهترین هیبریدهای آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها: در این بررسی، تعداد یازده هیبرید جدید به همراه چهار رقم گلسا، قاسم، شمس و فرخ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دزفول در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی (۹۹-۱۳۹۷) ارزیابی شدند. صفات فنولوژیکی، موفولوژیکی و اجزای عملکرد شامل روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. در این پژوهش برای مطالعه روابط متقابل میان صفات مختلف و انتخاب بهترین هیبریدهای آفتابگردان از روش‌های بای‌پلات ژنوتیپ × صفت (GT) و بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT) استفاده شد.

یافته‌ها: براساس نمایش چندضلعی بای‌پلات GT، هیبرید G۱ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین هیبرید برای عملکرد دانه (۴۱۱۰) کیلوگرم در هکتار) و صفات مرتبط با آن بود. نمایش برداری بای‌پلات GT، همبستگی بالایی بین عملکرد دانه با قطر ساقه، ارتفاع بوته، قطر طبق و تعداد دانه در طبق نشان داد. براساس نمایش مختصات تستر متوسط (ATC) بای‌پلات GYT، هیبریدهای G۱ و G۶ به‌عنوان بهترین و هیبریدهای G۱۲ و G۷ به‌عنوان ضعیف‌ترین هیبریدها از نظر کلیه ترکیبات مثبت عملکرد-صفت شناخته شدند. با توجه به نتایج، همبستگی مثبت معنی‌داری بین صفات قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی در ترکیب با عملکرد دانه مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که هیبریدهای G۱ و G۶ به‌عنوان هیبریدهای برتر از نظر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی از قبیل روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه شناخته شدند و قابلیت ورود به آزمایش‌های تحقیقی-ترویجی به‌منظور معرفی به‌عنوان رقم جدید برای کشت در منطقه دزفول را داشتند. همچنین صفات قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در آفتابگردان مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، عملکرد دانه، شاخص GYT، همبستگی، هیبرید

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات مهم‌ترین منابع تأمین انرژی هستند. آفتابگردان با سطح کاشت جهانی ۲۷/۴ میلیون هکتار و عملکرد ۲۰۴۹ کیلوگرم در هکتار (فائو ۲۰۱۹) یکی از مهمترین گیاهان روغنی سازگار به مناطق مختلف دنیا و از جمله ایران است. قابلیت کشت بهاره و تابستانه آفتابگردان در مناطق معتدل و مرطوب شمال، سرد و معتدل سرد و قابلیت کشت پاییزه و زمستانه در مناطق گرمسیر جنوب کشور نشان‌دهنده قابلیت و اهمیت بالای این گیاه در تناوب زراعی مناطق مختلف کشور است و می‌تواند بسته به مناطق مذکور جایگاه ویژه‌ای را برای خود تثبیت نماید (غفاری و همکاران ۲۰۱۹). طول دوره رویش کم (حدود ۱۰۰ روز)، تحمل به خشکی نسبی، مصرف آب کمتر در مقایسه با گیاهانی مانند سویا و ذرت، درصد روغن بالا و سازگاری وسیع به مناطق مختلف آب و هوایی از جمله مزایایی است که اهمیت حفظ آفتابگردان در سبد تولید روغن کشور را توجیه می‌کند (غفاری و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به نیاز شدید کشور به روغن خوراکی، دستیابی به ارقام با پتانسیل تولید عملکرد بالا در محصولات دانه روغنی ضروری می‌باشد. انتخاب ارقام با عملکرد بالا به‌علت وراثت‌پذیری پایین عملکرد و وجود برهمکنش ژنوتیپ × محیط پیچیده و مشکل است (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین به‌نژادگران گیاهی انتخاب بطور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح می‌دهند (محمدی و همکاران ۲۰۱۵). روش‌های مختلفی برای بررسی روابط بین صفات مختلف و گزینش ژنوتیپ‌ها براساس صفات مختلف وجود دارد، که در این میان روش‌های گرافیکی بررسی بهتری از وضعیت ژنوتیپ‌ها و صفات ارائه می‌کنند. روش GT بای‌پلات یکی از روش‌های گرافیکی می‌باشد که ابزاری قوی برای ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ چند صفت می‌باشد که از ژنوتیپ‌های شناسایی شده توسط این روش می‌توان به‌طور مستقیم برای تولید ارقام تجاری یا به عنوان والد در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود. همچنین با استفاده از تجزیه GT،

امکان بررسی همبستگی و روابط بین صفات به‌صورت تصویری امکان‌پذیر می‌باشد (قلی‌زاده و دهقانی ۲۰۱۶). از روش GT در محصولات مختلف از قبیل کلزا (دهقانی و همکاران ۲۰۰۸؛ ضابط ۲۰۱۷)، گلرنگ (بالجانی و همکاران ۲۰۱۵)، برنج (شریفی و عبادی ۲۰۱۸) و بادام زمینی (رحیمی و همکاران ۲۰۱۹) برای ارزیابی روابط بین صفات و ژنوتیپ‌ها استفاده شده است.

روش GT بای‌پلات یکی دیگر از روش‌های گرافیکی می‌باشد که اخیراً توسط یان و فرگورید (۲۰۱۸) برای ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ چند صفت ارائه شده است. در بای‌پلات GT، ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر ترکیبات عملکرد-صفت رتبه‌بندی و نقاط ضعف و قوت ژنوتیپ‌ها و حتی شباهت و عدم شباهت آن‌ها از نظر صفات مختلف مشخص می‌شود (رحمتی ۲۰۲۰). در این روش ژنوتیپی را برتر می‌نامند که از نظر ترکیب عملکرد با سایر صفات برتری داشته باشد. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که عملکرد مهم‌ترین صفت است و سایر صفات (صفات زراعی، صفات کیفی و مقاومت به بیماری‌ها) فقط زمانی ارزشمند هستند که با عملکرد بالا همراه باشند. برای مثال، ژنوتیپی با مقاومت به خوابیدگی خیلی خوب و عملکرد خیلی پایین، نمی‌تواند در برنامه معرفی رقم قرار گیرد (یان و فرگورید ۲۰۱۸). از روش GT بای‌پلات در یولاف (یان و همکاران ۲۰۱۹)، گندم دوروم (محمدی ۲۰۱۹؛ کندال ۲۰۱۹)، کنجد (بوریمو و عبدوا ۲۰۱۹)، گندم نان (عبدالحمید و همکاران ۲۰۱۹) و گاودانه (کروز و همکاران ۲۰۲۰) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها و صفات استفاده شده است.

با توجه به بررسی منابع تاکنون مطالعه جامعی در مورد بررسی روابط میان صفات و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ چند صفت با استفاده از روش‌های گرافیکی GT و GT بای‌پلات در آفتابگردان انجام نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان از لحاظ چندین صفت و تحلیل همبستگی بین صفات مختلف آن‌ها و همچنین انتخاب ژنوتیپ‌های برتر آفتابگردان براساس ترکیب

صفات زراعی با عملکرد دانه با استفاده از روش‌های GT و GYT بای‌پلات بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۱۱ هیبرید جدید آفتابگردان به همراه ارقام گل‌سا، قاسم، شمس و فرخ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار ارزیابی شدند. نام و مبداء ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ بیان شده است. این مطالعه به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۹ و ۱۳۹۸) در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا انجام گرفت. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک (جهت خرد کردن کلوخه‌ها) و ماله (جهت تسطیح) بود و بر اساس نتایج آزمون خاک اقدام

به کوددهی شد. هر کرت شامل ۳ خط کاشت به طول ۳ متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت در هر دو سال اجرای آزمایش نیمه اول اسفند ماه بود. کشت به صورت دستی و با قرار دادن ۳ عدد بذر در هر کپه و به فواصل ۲۵ سانتی‌متر از هم انجام گردید. آبیاری به گونه‌ای بود که یک روز بعد از کشت، آبیاری انجام و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه در هر منطقه به صورت نشتی صورت گرفت. تنک کردن بوته‌ها بعد از سبز شدن و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله انجام گرفت. در این آزمایش صفات مورفولوژیکی، فنولوژیکی و عملکرد و اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، روز تا گلدهی، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

جدول ۱- شماره، نام و مبداء ژنوتیپ‌های آفتابگردان مورد بررسی

شماره	کد	نام/شجره	منشاء
۱	G۱	RGK25×AGK330	ایران
۲	G۲	RGK15×AGK376	ایران
۳	G۳	RGK15×AGK370	ایران
۴	G۴	RGK15×AGK358	ایران
۵	G۵	RGK111×AGK32	ایران
۶	G۶	RGK21×AGK2	ایران
۷	G۷	RGKo54×AGKo60	ایران
۸	G۸	RGK15×AGK1221	ایران
۹	G۹	RGK21×AGKo42	ایران
۱۰	G۱۰	RGK111×AGK78	ایران
۱۱	G۱۱	RGK24×AGK370	ایران
۱۲	G۱۲	گل‌سا	ایران
۱۳	G۱۳	قاسم	ایران
۱۴	G۱۴	شمس	ایران
۱۵	G۱۵	فرخ	ایران

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-سیمروف (Kolmogorov-Smirnov) با استفاده از نرم افزار SPSS 19 (اس‌پی‌اس‌اس ۲۰۱۰)

مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس به منظور بررسی روابط بین صفات مختلف و مقایسه ژنوتیپ‌ها از روش‌های گرافیکی GT و GYT بای‌پلات استفاده گردید.

روش GT

در این روش ترسیم بای پلات بر اساس دو مولفه اصلی اول و دوم صورت گرفت. مدل آماری این روش بر اساس رابطه زیر است (یان و راجکان ۲۰۰۲).

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \zeta_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \zeta_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

در رابطه فوق T_{ij} ارزش میانگین ژنوتیپ i برای صفت j ، \bar{T}_j ارزش میانگین صفت j روی همه میانگین‌ها، S_j انحراف معیار صفت j بین میانگین ژنوتیپ‌ها، λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر ویژه مولفه‌های اصلی اول و دوم، ζ_{i1} و ζ_{i2} به ترتیب مقادیر PC_1 و PC_2 برای ژنوتیپ i ، τ_{j1} و τ_{j2} به ترتیب مقادیر PC_1 و PC_2 برای صفت j و ε_{ij} باقی‌مانده مربوط به مدل ژنوتیپ i ام برای صفت j ام، را نشان می‌دهند.

روش GYT

از آنجایی که صفات مورد بررسی دارای واحدها و مقیاس‌های متفاوتی بودند، بنابراین در ابتدا استانداردسازی داده‌ها جهت از بین بردن واحدها با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت.

$$P_{ij} = \frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j}$$

در رابطه فوق، P_{ij} عدد استاندارد شده ژنوتیپ i برای ترکیب عملکرد-صفت j ، T_{ij} داده اولیه ژنوتیپ i برای ترکیب عملکرد-صفت j ، \bar{T}_j میانگین همه ژنوتیپ‌ها برای ترکیب عملکرد-صفت j و S_j انحراف معیار ترکیب عملکرد-صفت j در همه ژنوتیپ‌ها است. در ادامه به منظور مطالعه روابط بین صفات مختلف و مقایسه ژنوتیپ‌ها از روش GYT biplot استفاده گردید که در این روش ترسیم بای پلات بر اساس دو مولفه اصلی اول و دوم صورت گرفت. مدل آماری این روش بر اساس رابطه زیر است (یان و فرگورید ۲۰۱۸).

$$P_{ij} = (d\lambda_1^\alpha \zeta_{i1})(\lambda_1^{1-\alpha} \tau_{j1} / d) + (d\lambda_2^\alpha \zeta_{i2})(\lambda_2^{1-\alpha} \tau_{j2} / d) + \varepsilon_{ij}$$

در رابطه بالا ζ_{i1} و ζ_{i2} به ترتیب مقادیر ویژه مولفه‌های اصلی اول و دوم (PC_1 و PC_2) برای ژنوتیپ i ، τ_{j1} و

τ_{j2} به ترتیب مقادیر ویژه PC_1 و PC_2 برای ترکیب عملکرد-صفت j ، λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر منفرد مولفه‌های اصلی اول و دوم، ε_{ij} آثار باقی‌مانده مدل، α فاکتور تقسیم‌بندی مقادیر منفرد، زمانی که $\alpha = 1$ (برای مثال $SVD=1$ در GGEBiplot)، بای پلات بر ژنوتیپ‌ها متمرکز شده و برای مقایسه ژنوتیپ‌ها سودمند است، در صورتی که $\alpha = 0$ ($SVD=2$)، بای پلات ترکیب عملکرد-صفت متمرکز شده و برای نمایش همبستگی بین ترکیبات عملکرد-صفت سودمند است. روابط ژنوتیپ \times ترکیب عملکرد-صفت از انتخاب α تاثیر نگرفته است. مقیاس d طوری انتخاب شده است که طول بلندترین بردار در بین ژنوتیپ‌ها با طول آن در بین ترکیب عملکرد-صفت برابر باشد.

بای پلات GYT، با نمایش $d\lambda_1^\alpha \zeta_{i1}$ در مقابل $d\lambda_2^\alpha \zeta_{i2}$ برای ژنوتیپ‌ها و $\lambda_1^{1-\alpha} \tau_{j1} / d$ در مقابل $\lambda_2^{1-\alpha} \tau_{j2} / d$ برای ترکیب عملکرد-صفت بدست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای نرم افزار آماری (2011) SAS ver 9.1 و GGEBiplot استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی نشان داد که اثر سال برای اکثر صفات مورد بررسی به جز ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). تفاوت بین سال‌ها می‌تواند ناشی از یکسان نبودن عوامل جوی همچون حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و خاک در سال‌های اجرای آزمایش باشد. اثر ژنوتیپ نیز برای همه صفات مورد بررسی به جز قطر طبق معنی‌دار بود (جدول ۲) که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی کافی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ \times سال برای همه صفات مورد بررسی به جز قطر طبق و قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ \times سال در این مطالعه نیز نشان‌دهنده این مطلب است که ژنوتیپ‌ها در سال‌های متفاوت پاسخ‌های متفاوتی نشان داده و به عبارت دیگر

نظر نحوه اندازه‌گیری کمی و پیوسته بودن داده‌ها بیشترین تاثیر را بر ضریب تغییرات دارد. البته بالا بودن ضریب تغییرات می‌تواند افزون بر دقت آزمایش مربوط به عامل‌های غیرقابل کنترل (شیب، رطوبت، ناهمگنی خاک و غیره) موثر بر صفات اندازه‌گیری شده نیز باشد.

اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از سالی به سالی دیگر یکسان نبود. کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفات روز تا رسیدگی و روز تا گلدهی به ترتیب با ۰/۳۳ و ۰/۶۲ درصد بود و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق به ترتیب با ۱۶/۴۲ و ۱۵/۵۲ درصد بود (جدول ۲). ماهیت صفات از

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های آفتابگردان

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
SY	SNPH	TSW	SD	HD	PH	DTR	DTF		
۱۲۷۵۷۵۹/۴۱ ^{ns}	۸۴۲۲۵۷/۶۳ ^{**}	۱۸۴۰/۹۹ ^{**}	۶۹۳/۱۲ ^{**}	۱۵۸/۷۰ ^{**}	۱۲۶۷/۵۰ ^{ns}	۲۳۵۷۶/۰۳ ^{**}	۱۶۸۲۷/۰۱ ^{**}	۱	سال
۳۲۵۳۸۵/۶۴	۲۲۲۶۱/۹۵	۷۲/۷۸	۱۷/۶۷	۱/۱۹	۳۲۴/۵۷	۴/۴۸	۳/۱۸	۶	تکرار/سال
۱۷۶۸۸۸۹/۵۴ ^{**}	۱۵۷۵۶۲/۰۳ ^{**}	۳۲۲/۶۲ ^{**}	۲۶/۵۹ ^{**}	۵/۵۱ ^{ns}	۷۷۷/۶۸ ^{**}	۱۰۶/۷۴ ^{**}	۲۵/۷۸ ^{**}	۱۴	ژنوتیپ
۷۷۴۲۱۹/۵۲ ^{**}	۷۷۳۸۴/۷۱ ^{**}	۲۰۴/۰۸ ^{**}	۶/۵۷ ^{ns}	۵/۱۳ ^{ns}	۲۰۴/۹۸ ^{**}	۳۸/۲۸ ^{**}	۲۵/۸۳ ^{**}	۱۴	ژنوتیپ × سال
۲۶۶۷۸۴/۰۳	۱۸۶۱۰/۶۶	۳۰/۰۵	۵/۴۷	۵/۱۲	۷۴/۹۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۸۴	خطا
۱۶/۴۲	۱۵/۵۲	۹/۹۴	۱۲/۳۵	۱۲/۵۲	۴/۹۶	۰/۳۳	۰/۶۲		ضریب تغییرات (%)

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱: DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، SY: عملکرد دانه.

می‌شوند. بنابراین به نظر می‌رسد که ژنوتیپ شماره ۱۴ بالاترین مقدار عملکرد دانه را دارا بود، همچنین این ژنوتیپ دارای بالاترین مقدار ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق و تعداد روز تا رسیدگی را در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارا بود (شکل ۱-۱). ژنوتیپ شماره ۱ بیشترین مقدار را برای صفات قطر ساقه و قطر طبق دارا بود (شکل ۱-۱). ژنوتیپ شماره ۲ نیز بیشترین مقدار را برای صفت روز تا گلدهی دارا بود. ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۳ بالاترین مقدار وزن هزاردانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۱-۱). بای‌پلات GT در سال دوم اجرای آزمایش ۷۱/۱ درصد (دو مولفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۳/۳ و ۱۷/۸ درصد) از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۱-۱). براساس بای‌پلات GT در سال دوم اجرای آزمایش، ژنوتیپ‌های قرار گرفته در رئوس چندضلعی شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۳، ۴، ۱۴، ۱، ۶ و ۱۰ بودند. ژنوتیپ شماره ۱ بالاترین میزان عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و قطر طبق را در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارا بود (شکل ۱-۱). ژنوتیپ شماره ۱۴ بالاترین میزان را برای صفات تعداد دانه در طبق و تعداد روز تا رسیدگی دارا

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش GT

در میان روش‌های متعدد برای ترسیم بای‌پلات ژنوتیپ × صفت (GT)، نمایش چندضلعی کمک می‌کند که ژنوتیپ‌هایی که دارای بالاترین مقدار برای یک صفت یا بیشتر صفات می‌باشند، تشخیص داده شوند. این روش بهترین راه را برای تجسم و تشخیص الگوها و روابط بین ژنوتیپ‌ها و صفات را مهیا می‌کند. ژنوتیپ‌ها در رئوس چند ضلعی یا در داخل چند ضلعی قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از روش بای‌پلات ژنوتیپ × صفت (GT) در سال اول اجرای آزمایش نشان داد که دو مولفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۴۶/۱ و ۲۸/۷ درصد و در مجموع ۷۴/۸ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۱-۱). این درصد نسبتاً بالا نشان‌دهنده اعتبار بالای بای‌پلات بدست آمده جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها براساس صفات مورد بررسی می‌باشد. براساس شکل ۱-۱ شش ژنوتیپ (ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۹، ۷، ۱۳، ۱، ۱۴ و ۲) در رئوس چندضلعی قرار گرفته‌اند. از آنجایی که این ژنوتیپ‌ها بیشترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند، به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها برای بعضی از صفات یا همه صفات محسوب

ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارا بود. در پژوهش‌های دیگری جهت ارزیابی و انتخاب ارقام مختلف از لحاظ چند صفت از روش GT استفاده شده است و روش مذکور را ابزاری مناسب جهت کاوش در داده‌های چند متغیره و نمایش گرافیکی داده‌های ژنوتیپ در صفت معرفی کرده‌اند (روبیو و همکاران ۲۰۰۴؛ دهقانی و همکاران ۲۰۰۸؛ قلی‌زاده و دهقانی ۲۰۱۶؛ صباغ‌نیا و جانمحمدی ۲۰۱۶).

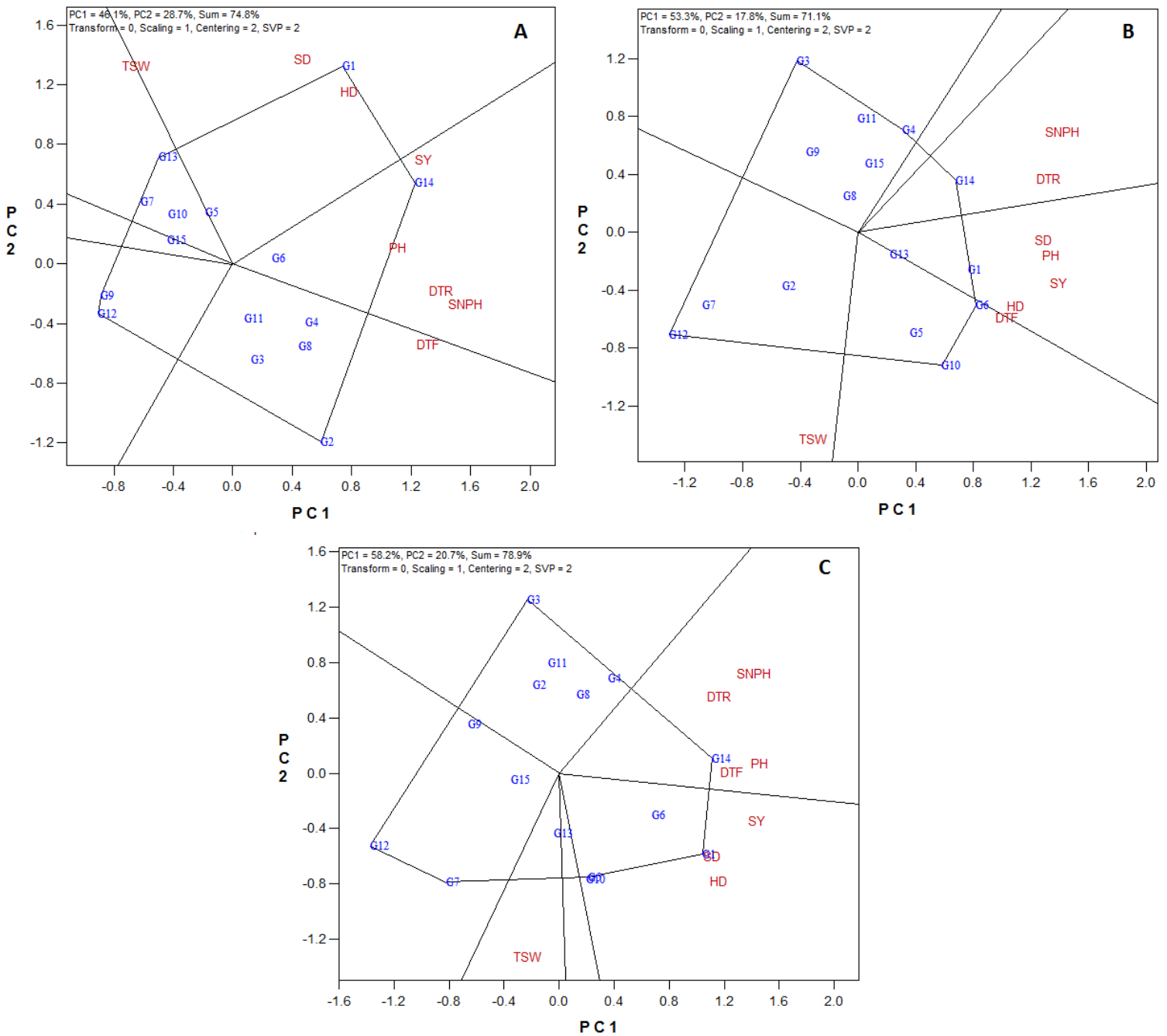
بود. ژنوتیپ شماره ۱۲ از نظر وزن هزار دانه بهترین بود و ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۰ بالاترین مقدار روز تا گلدهی را دارا بودند (شکل ۱-B).

نتایج دو ساله بای‌پلات GT نشان داد که دو مولفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۲۰/۷ و ۵۸/۲ درصد و در مجموع ۷۸/۹ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۱-C). نتایج بای‌پلات GT در دو سال اجرای آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۵ و ۱۰ از نظر عملکرد دانه، قطر طبق و قطر ساقه بهترین بودند. ژنوتیپ شماره ۱۴ نیز بیشترین میزان

جدول ۳- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان طی دو سال اجرای آزمایش

ژنوتیپ	DTF	DTR	PH (cm)	HD (cm)	SD (mm)	TSW (g)	SNPH	SY (kg.ha ⁻¹)
G1	۶۷	۱۲۳	۱۸۰/۳۱	۱۹/۶۴	۲۱/۵۳	۵۷/۸۱	۱۰۷۵/۵۰	۴۱۱۰
G2	۶۵	۱۲۵	۱۷۲/۹۷	۱۷/۴۸	۱۶/۶۸	۵۴/۰۳	۸۴۲/۲۵	۲۷۷۲
G3	۶۵	۱۲۰	۱۷۳/۱۳	۱۶/۹۸	۱۵/۸۹	۴۵/۵۱	۹۵۵/۵۰	۲۹۰۷
G4	۶۵	۱۲۲	۱۸۱/۷۲	۱۷/۵۰	۲۰/۰۰	۴۸/۵۲	۱۰۱۱/۵۰	۳۲۴۹
G5	۶۷	۱۲۰	۱۷۵/۰۰	۱۸/۵۵	۱۹/۵۱	۶۲/۹۹	۸۳۰/۳۸	۳۴۹۷
G6	۶۷	۱۱۹	۱۸۶/۵۶	۱۸/۹۳	۱۹/۳۶	۵۶/۱۳	۱۰۰۲/۱۳	۳۷۵۴
G7	۶۳	۱۱۳	۱۶۶/۲۵	۱۸/۶۴	۱۷/۶۴	۶۰/۱۹	۶۵۸/۳۸	۲۵۶۰
G8	۶۶	۱۱۹	۱۷۸/۱۳	۱۷/۷۸	۱۷/۴۳	۵۰/۵۲	۹۹۳/۲۵	۳۲۸۷
G9	۶۵	۱۱۵	۱۶۴/۵۶	۱۶/۸۶	۱۷/۴۲	۵۲/۲۴	۹۷۹/۲۵	۲۷۳۱
G10	۶۶	۱۱۹	۱۸۲/۶۶	۱۸/۶۶	۲۰/۴۸	۶۰/۹۲	۷۷۸/۶۳	۳۰۷۶
G11	۶۴	۱۲۱	۱۶۹/۳۸	۱۷/۷۸	۱۹/۶۴	۴۴/۳۳	۹۴۷/۲۵	۲۸۰۸
G12	۶۳	۱۱۵	۱۵۱/۸۸	۱۶/۷۲	۱۶/۵۶	۶۵/۷۹	۵۹۹/۳۸	۲۴۳۱
G13	۶۴	۱۲۱	۱۷۲/۹۴	۱۷/۵۸	۲۰/۶۶	۶۰/۷۷	۸۲۳/۳۸	۳۳۳۰
G14	۶۸	۱۲۶	۱۹۲/۰۳	۱۹/۰۱	۲۱/۰۶	۵۲/۶۹	۱۰۴۵/۸۸	۳۶۴۹
G15	۶۱	۱۲۰	۱۶۹/۰۶	۱۷/۷۵	۲۰/۱۸	۵۴/۴۲	۸۲۸/۳۸	۳۰۲۶

DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، SY: عملکرد دانه.



شکل ۱- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × صفت ژنوتیپ‌های آفتابگردان. A: سال اول

B: سال دوم، C: میانگین دو سال. DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، SY: عملکرد دانه.

بای‌پلات مقدار مناسبی از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توضیح می‌دهد. چون کسینوس زاویه بین بردارهای هر دو صفت ضریب همبستگی بین آن‌ها را برآورد می‌کند، این بای‌پلات بهترین راه برای نمایش گرافیکی روابط متقابل میان صفات است. اگر زاویه بین

بررسی رابطه بین صفات با استفاده از روش GT یک روش دیگر برای ترسیم بای‌پلات ژنوتیپ × صفت (GT)، نمایش برداری صفات است. بردارهایی که از مبدأ بای‌پلات شروع و جهت آن‌ها نقطه مربوط به مکان هر صفت روی صفحه‌ی بای‌پلات است. این

می‌توان گزینش را بر مبنای صفت قطر طبق انجام داد. بین عملکرد دانه با صفت تعداد دانه در طبق همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۲-۲). صفت تعداد دانه در طبق از اجزای عملکرد آفتابگردان محسوب می‌شود و توارث‌پذیری به نسبت بالایی دارد، بنابراین گزینش بر اساس این صفت ممکن است راهی مطمئن و سریع برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد. مقدسی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که تعداد دانه در طبق از جمله اجزای اصلی عملکرد دانه آفتابگردان محسوب می‌شود.

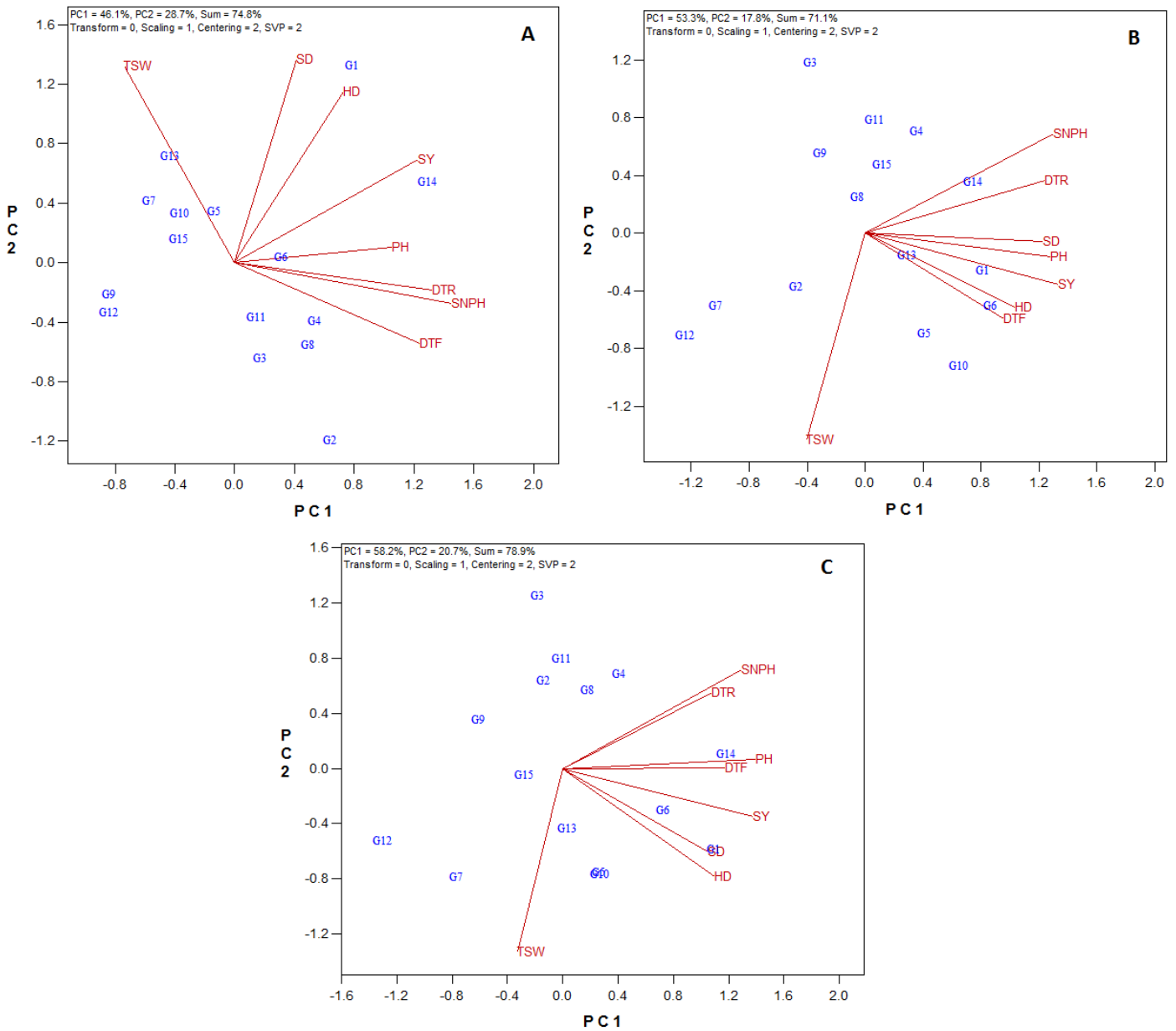
ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش GYT

نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ \times عملکرد \times صفت (GYT) برای ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد بررسی در ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان در شکل ۳ نشان داده شده است. در سال اول اجرای آزمایش دو مولفه اصلی اول و دوم به ترتیب $87/4$ و $6/1$ درصد و در مجموع $93/5$ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۳-۱). این بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱ و سپس ژنوتیپ شماره ۱۴ در ترکیب عملکرد دانه با همه صفات مورد بررسی بهترین بودند (شکل ۳-۱). در سال دوم اجرای آزمایش نیز ژنوتیپ شماره ۶ و سپس ژنوتیپ شماره ۱ بیشترین میزان $Y \times DTR$ و Y/DTF ، $Y \times SNPH$ ، Y/PH ، $Y \times HD$ ، $Y \times SD$ را داشتند (شکل ۳-۲). این مطلب بیانگر این موضوع است که این دو ژنوتیپ در ترکیب عملکرد دانه با قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، زودرسی (تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی) بهترین بودند. همچنین ژنوتیپ شماره ۵ بیشترین میزان $Y \times TSW$ را برخوردار بود که نشان‌دهنده برتری این ژنوتیپ از نظر ترکیب عملکرد دانه با وزن هزاردانه می‌باشد.

نتایج دو ساله بای‌پلات GYT که دو مولفه اصلی اول و دوم به ترتیب $91/4$ و $5/8$ درصد و در مجموع $97/2$ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۳-۳). این بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۴ و سپس ژنوتیپ شماره ۶ در ترکیب عملکرد دانه با همه صفات مورد بررسی

بردارهای دو صفت کمتر از ۹۰ درجه باشد، بین آن دو صفت همبستگی مثبت، اگر زاویه بیشتر از ۹۰ درجه باشد، همبستگی منفی و اگر زاویه ۹۰ درجه باشد، بین آن دو صفت همبستگی وجود ندارد. نمایش برداری بای‌پلات GT در سال اول (شکل ۲-۱) و سال دوم (شکل ۲-۲) اجرای آزمایش هر کدام به طور جداگانه نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبتی با همه صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه داشت.

بر اساس نتایج دو ساله نمایش برداری بای‌پلات GT (شکل ۲-۲)، صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته، قطر طبق و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند (شکل ۲-۲) که در توافق با یافته‌های سایر پژوهشگران است (ماچیکووا و سایتانگ ۲۰۰۸؛ بهرادفر و همکاران ۲۰۰۹؛ ارشد و همکاران ۲۰۱۰؛ ضابط و همکاران ۲۰۱۶). مثبت بودن بودن ضریب همبستگی صفات قطر ساقه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه نشان‌گر آن است که با افزایش قطر ساقه و ارتفاع بوته، عملکرد دانه افزایش داشته است. با توجه به این که ساقه اندام ذخیره‌کننده مواد موردنیاز آفتابگردان است، هر چه قدر قطر و ارتفاع ساقه بیشتر باشد مواد غذایی کافی از طریق ساقه به اندام‌های هوایی و دانه رسیده و موجب خواهد شد که تعداد دانه‌های پرافزایش یابد (زینلزاده تبریزی و غفاری ۲۰۰۲)، بنابراین همبستگی مثبت صفات قطر ساقه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه نشان می‌دهد که برای داشتن عملکرد دانه بالا، به گیاهانی تنومند و با قدرت رویشی مناسب، نیاز است. بین عملکرد دانه با صفت قطر طبق نیز همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۲-۲). قطر طبق از عوامل موثر بر عملکرد دانه در آفتابگردان محسوب می‌شود. افزایش قطر طبق می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه‌های تشکیل شده در طبق و در نتیجه افزایش عملکرد گردد. بارایا و همکاران (۲۰۱۸) در آزمایش خود همبستگی مثبتی را بین قطر طبق با تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه مشاهده کردند که موافق با نتایج پژوهش حاضر بود. سینسیک و گونسوک (۲۰۱۴) نیز همبستگی مثبت و بالایی را بین قطر طبق و عملکرد دانه گزارش دادند و بیان کردند که در گزینش ژنوتیپ‌های آفتابگردان



شکل ۲- نمایش برداری بای پلات ژنوتیپ × صفت ژنوتیپ‌های آفتابگردان

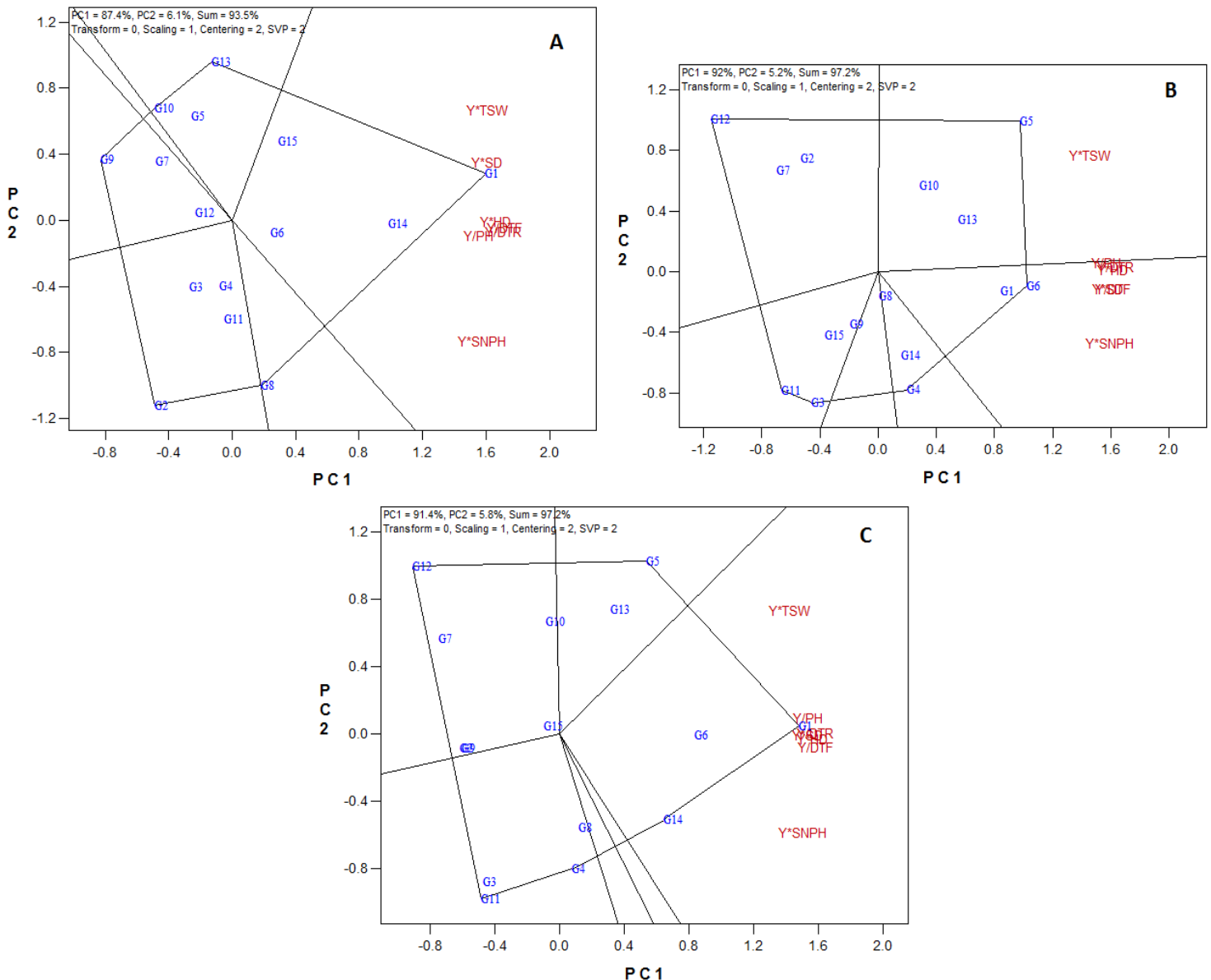
A: سال اول، B: سال دوم، C: میانگین دو سال. DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، SY: عملکرد دانه.

زودرسی انجام شده است. در پژوهش مقدسی و همکاران (۲۰۱۴) روی ۲۲ ژنوتیپ آفتابگردان روغنی، افزایش صفات تعداد دانه طبق و وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های زراعی گزارش شد و مشخص شد که این صفات بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد داشتند. در پژوهش‌های دیگری گزارش شده است که انتخاب غیرمستقیم براساس تعداد دانه در طبق، وزن

بهترین بودند (شکل ۳- C). این نتایج نشان داد که که امکان بهبود همزمان چند صفت مهم قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و زودرسی در آفتابگردان روغنی وجود دارد. به عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که روند برنامه‌های به‌نژادی آفتابگردان به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم انتخاب برای افزایش عملکرد دانه از طریق قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و

گرافیکی فوق‌العاده قوی جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها براساس چندین صفت معرفی کرده‌اند (یان و فرگورید ۲۰۱۸؛ محمدی ۲۰۱۹؛ یان و همکاران ۲۰۱۹؛ رحمتی ۲۰۲۰).

هزار دانه، قطر طبق و زودرسی در افزایش عملکرد موثر است (عابدینی اصفهانی و همکاران ۲۰۱۸). در پژوهش‌های دیگری جهت ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ چند صفت از روش چندضلعی بای‌پلات GYT استفاده شده است و روش مذکور را ابزاری



شکل ۳- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت ژنوتیپ‌های آفتابگردان

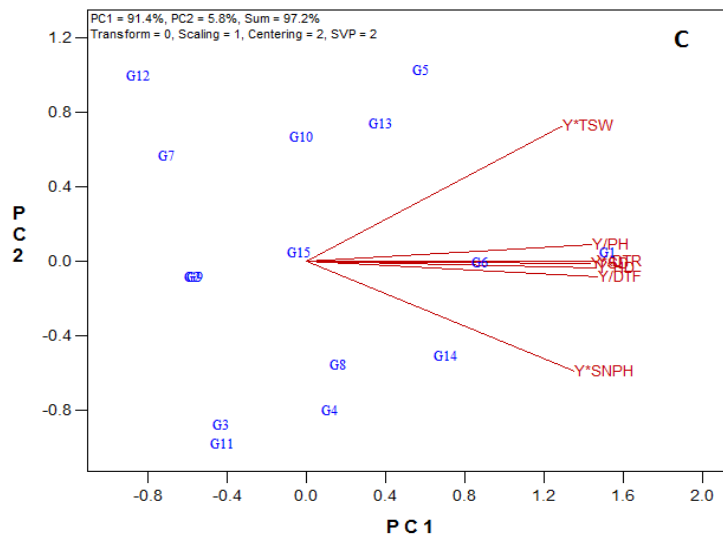
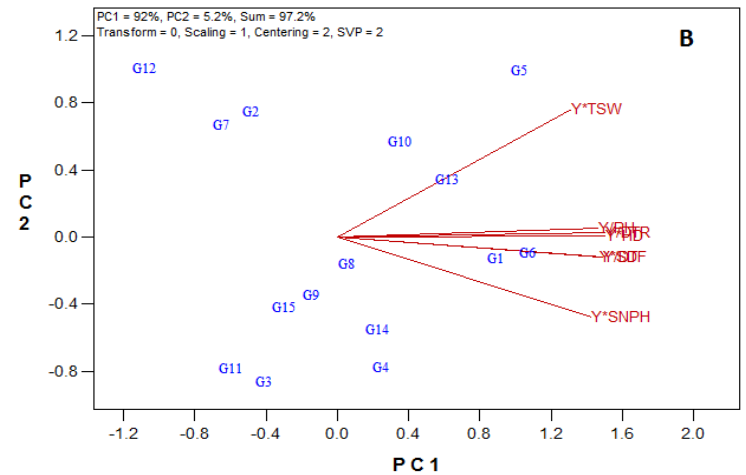
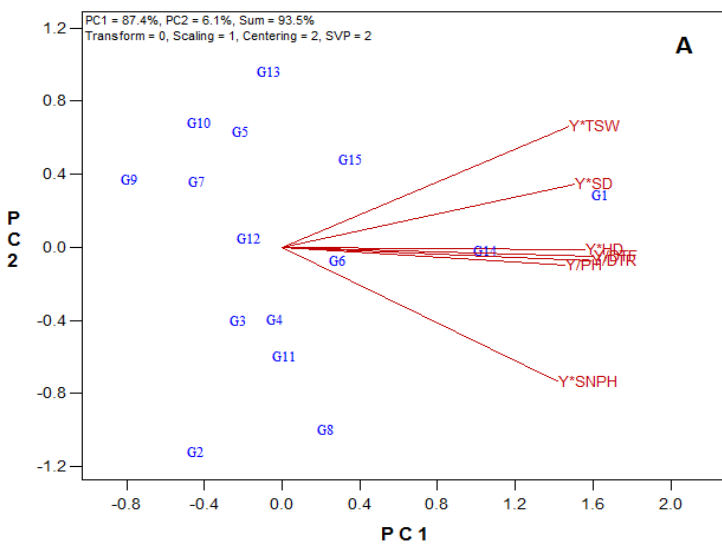
A: سال اول، B: سال دوم، C: میانگین دو سال. DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، Y: عملکرد دانه.

عملکرد- صفت در سال اول، سال دوم و همچنین دو سال اجرای آزمایش مشاهده شد (شکل ۴). باتوجه به اینکه عملکرد به‌عنوان یک مولفه ثابت در کلیه ترکیبات

ارزیابی همبستگی بین ترکیبات عملکرد-صفت براساس نمایش برداری ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT)، همبستگی مثبتی بین کلیه ترکیبات

نشان‌دهنده سودمندی ترکیب قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی (تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی) با عملکرد دانه برای افزایش تولید ژنوتیپ‌ها می‌باشد. پژوهشگران دیگری نیز بهبود عملکرد دانه را به افزایش قطر ساقه و قطر طبق نسبت داده‌اند (ماچیکووا و سایتانگ ۲۰۰۸؛ بهرادفر و همکاران ۲۰۰۹؛ ارشد و همکاران ۲۰۱۰؛ ضابط و همکاران ۲۰۱۶).

عملکرد- صفت وجود دارد، بنابراین همبستگی مثبت بین ترکیبات مختلف عملکرد-صفت دور از انتظار نیست. سایر پژوهشگران نیز عنوان کرده‌اند که همبستگی مثبت بین ترکیبات عملکرد- صفت یکی از ویژگی‌های مهم بای‌پلات GYT در مقایسه با بای‌پلات GT می‌باشد (یان و همکاران ۲۰۱۹). نتایج نمایش برداری بای‌پلات GYT نشان داد که همبستگی مثبت بالایی بین $Y \times SD$ ، $Y \times PH$ ، $Y \times HD$ و Y/DTR و Y/DTF مشاهده شد که



شکل ۴- نمایش برداری بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت ژنوتیپ‌های آفتابگردان

A: سال اول، B: سال دوم، C: میانگین دو سال. DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، Y: عملکرد دانه.

اندازه‌گیری صفات در در آزمایشات بررسی و ارزیابی ارقام می‌باشد (محمدی ۲۰۱۹). در این مطالعه همبستگی

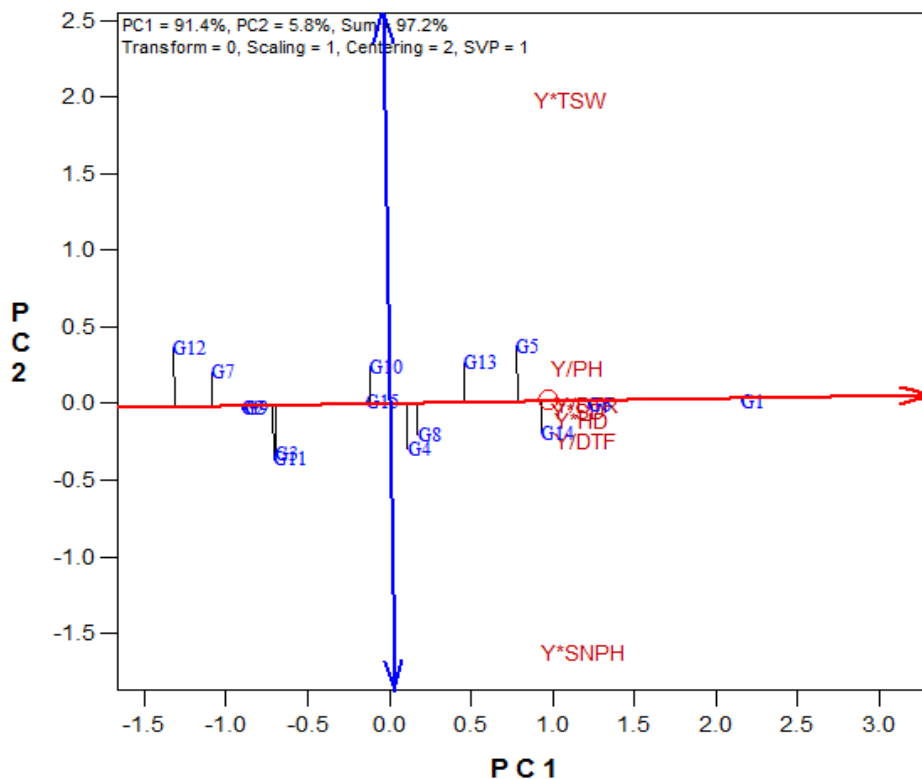
یکی از مزایای مهم نمایش برداری بای‌پلات GYT، شناسایی ترکیبات اضافی جهت کاهش هزینه

عمودی است. ژنوتیپها در طول محور افقی ATC (محوری که با دایره و فلش مشخص شده است) براساس ترکیبات عملکرد-صفت رتبه‌بندی می‌شوند و جهت پیکان نشان‌دهنده میانگین ترکیبات عملکرد-صفت بالاتر است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۶ به ترتیب با قرار گرفتن در جهت محور افقی ATC، بهترین ژنوتیپها براساس ترکیبات عملکرد-صفت بود و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و ۷ به ترتیب با قرار گرفتن در انتهای محور افقی ATC، ضعیف‌ترین ژنوتیپها بودند (شکل ۵). از نمودار مختصات تستر متوسط (ATC) به منظور رتبه‌بندی ژنوتیپها براساس ترکیب عملکرد-صفت در یولاف (یان و فرگورید ۲۰۱۸؛ یان و همکاران ۲۰۱۹)، گندم دوروم (کنдал ۲۰۱۹) و گندم نان (تسنوف و همکاران ۲۰۲۰؛ رختی ۲۰۲۰، رحمتی و همکاران ۲۰۲۰) نیز استفاده شده است.

مثبت بالایی بین قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی نشان داد که اندازه‌گیری یکی از این صفات (مانند قطر طبق) کفایت می‌کند. از نمایش برداری بای‌پلات GYT به منظور ارزیابی همبستگی صفات در محصولات مختلف از قبیل یولاف (یان و فرگورید ۲۰۱۸)، گندم دوروم (محمدی ۲۰۱۹)، جو زراعی (کاراهان و آکگون ۲۰۲۰)، بادام زمینی (محمود و همکاران ۲۰۲۰) و گندم بهاره (مریک و همکاران ۲۰۲۰) نیز استفاده شده است.

رتبه‌بندی ژنوتیپها براساس ترکیب عملکرد-صفت و شاخص GYT

در این مطالعه از نمودار مختصات تستر متوسط (Average Tester Coordinate; ATC) به منظور رتبه‌بندی ژنوتیپها براساس ترکیب عملکرد-صفت استفاده گردید (شکل ۵). این نمودار دارای دو محور افقی و



شکل ۵- مختصات تستر متوسط (ATC) بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × صفت جهت رتبه‌بندی ژنوتیپها بر اساس برتری کلی و تعیین نقاط قوت و ضعف آنها

DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW: وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، Y: عملکرد دانه.

کلاسیک، وزن یک صفت ثابت و از سطوح صفات دیگر مستقل است و در نتیجه ممکن است که ژنوتیپ‌هایی انتخاب شوند که از نظر سایر صفات برتر بوده ولی از عملکرد پایینی برخوردار باشند (رحمتی ۲۰۲۰). چنین ژنوتیپ‌هایی می‌توانند به‌عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی بکار گرفته شوند ولی نمی‌توان آن‌ها را در برنامه‌های معرفی رقم مورد توجه قرار داد. به‌عنوان مثال ژنوتیپی با مقاومت به خوابیدگی خیلی خوب و با عملکرد پایینی نمی‌تواند برنامه معرفی رقم قرار گیرد (یان و فرگورید ۲۰۱۸). کندال (۲۰۱۹) و رحمتی و همکاران (۲۰۲۰) از روش بای‌پلات GYT به‌منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم استفاده کردند و گزارش کردند که که عملکرد دانه تنها صفتی است که می‌تواند کارایی یک ژنوتیپ را تعیین کند و صفات دیگر مانند زودرسی و حتی صفات کیفی، تنها زمانی برای به‌نژادگر سودمند و ارزشمند هستند که با مقادیر بالای عملکرد همراه باشند.

علاوه بر نمودار مختصات تستر متوسط (ATC)، ژنوتیپ‌های مورد بررسی براساس شاخص GYT نیز رتبه‌بندی شدند. به این صورت که ژنوتیپ‌های با مقادیر بالا و پایین شاخص GYT به‌ترتیب به‌عنوان بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (یان و همکاران ۲۰۱۹). بنابراین براساس این شاخص، ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۶ به‌ترتیب با شاخص GYT برابر با ۲/۱۰ و ۱/۱۹ به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و ۷ به‌ترتیب با مقادیر شاخص GYT برابر با ۱/۲۹- و ۱/۰۷- به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۴). یان و همکاران (۲۰۱۹) انتخاب براساس شاخص GYT از انتخاب و معرفی ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین جلوگیری می‌کند، زیرا این شاخص بر این مفهوم استوار است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و دیگر صفات تنها زمانی مهم هستند که با عملکرد بالا همراه باشند. به‌عبارت دیگر برتری یک ژنوتیپ از طریق ارزش آن از نظر ترکیب عملکرد با دیگر صفات سنجیده می‌شود. در حالی‌که که انتخاب براساس شاخص‌های

جدول ۴- مقادیر ژنوتیپ × عملکرد × صفت (GYT) استاندارد شده در ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان طی دو سال اجرای آزمایش

ژنوتیپ	Y/DTF	Y/DTR	Y/PH	Y*HD	Y*SD	Y*TSW	Y*SNPH	GYT
G1	۲/۱۲	۲/۰۲	۲/۴۰	۲/۲۰	۲/۰۷	۱/۹۲	۲/۰۱	۲/۱۰
G2	-۰/۹۲	-۱/۱۵	-۰/۹۹	-۰/۷۸	-۱/۰۲	-۰/۷۱	-۰/۶۰	-۰/۸۸
G3	-۰/۶۱	-۰/۵۹	-۰/۶۱	-۰/۶۹	-۱/۰۲	-۱/۲۳	-۰/۰۴	-۰/۶۹
G4	۰/۲۴	-۰/۰۸	-۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۳۵	-۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۱۰
G5	۰/۶۹	-۰/۸۱	-۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۵۹	۱/۴۰	۰/۱۱	۰/۷۶
G6	۱/۲۱	۱/۵۰	۱/۰۶	۱/۳۱	۰/۹۲	۱/۱۲	۱/۱۹	۱/۱۹
G7	-۱/۲۴	-۰/۹۹	-۱/۳۰	-۰/۸۴	-۱/۱۰	-۰/۵۸	-۱/۴۱	-۱/۰۷
G8	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۲۳	۰/۱۵	-۰/۲۱	-۰/۲۲	۰/۵۷	۰/۱۶
G9	-۱/۰۳	-۰/۷۰	-۰/۷۰	-۱/۰۰	-۰/۹۲	-۰/۹۲	-۰/۷۹	-۰/۸۷
G10	-۰/۳۲	-۰/۱۱	-۰/۵۸	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۴۲	-۰/۵۲	-۰/۱۲
G11	-۰/۷۳	-۰/۸۳	-۰/۷۱	-۰/۶۴	-۰/۳۷	-۱/۴۷	-۰/۱۹	-۰/۷۱
G12	-۱/۵۵	-۱/۴۳	-۱/۰۰	-۱/۵۰	-۱/۴۵	-۰/۴۰	-۱/۶۹	-۱/۲۹
G13	۰/۶۰	۰/۳۶	۰/۶۲	۰/۱۵	۰/۶۴	۰/۸۶	-۰/۰۹	۰/۴۵
G14	۰/۹۱	-۰/۷۵	-۰/۵۰	۱/۱۵	۱/۲۳	۰/۵۶	۱/۲۵	۰/۹۱
G15	۰/۱۷	-۰/۲۹	-۰/۰۵	-۰/۲۹	۰/۰۷	-۰/۲۶	-۰/۳۸	-۰/۱۵

DTF: روز تا گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، PH: ارتفاع بوته، HD: قطر طبق، SD: قطر ساقه، TSW:

وزن هزار دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، Y: عملکرد دانه، GYT: ژنوتیپ × عملکرد × صفت.

نتیجه‌گیری کلی

ژنوتیپ‌ها براساس شاخص GYT نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۶ بهترین ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی را داشتند. همچنین با توجه به همبستگی مثبت و بالا بین ترکیبات عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی، می‌توان نتیجه گرفت که گزینش همزمان برای قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی برای رسیدن به عملکرد دانه دور از انتظار نیست و می‌توان این صفات را به‌عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در آفتابگردان مورد استفاده قرار داد.

سیاسگزاری

این پژوهش بر اساس نتایج حاصل از اجرای پروژه مصوب به شماره ۹۸۰۳۳۴-۰۳۶-۰۳-۰۳-۰۰ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در منطقه دزفول است. بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به پاس تامین هزینه‌های اجرای پروژه و نیز از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول به جهت فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

در این مطالعه برای بررسی روابط میان صفات و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ چند صفت در آفتابگردان از روش‌های بای‌پلات ژنوتیپ \times صفت (GT) و بای‌پلات ژنوتیپ \times عملکرد \times صفت (GYT) استفاده شد. نتایج نشان داد که این روش‌ها از طریق رسم نمودارهای دو بعدی، ابزاری مناسب برای بررسی روابط میان صفات و همچنین ارزیابی، مقایسه و انتخاب ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان از لحاظ چند صفت بود. نتایج نمایش چندضلعی بای‌پلات GT نشان داد که در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ شماره ۱ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین ژنوتیپ برای عملکرد دانه (۴۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) و صفات مرتبط با عملکرد بود. نمایش برداری بای‌پلات GT نیز نشان داد که صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته، قطر طبق و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند. براساس نمایش مختصات تستر متوسط (ATC) بای‌پلات GYT، ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۶ از نظر کلیه ترکیبات مثبت عملکرد- صفت به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و ۷ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. رتبه‌بندی

منابع مورد استفاده

- Abd-ElHamid EAM, Aglan MA and Hussein EMA. 2019. Modified method for the analysis of genotype by trait (GT) biplot as a selection criterion in wheat under water stress conditions. *Egyptian Journal of Agronomy*, 41: 293-312.
- Abedini Esfahlani M, Fotovat R, Soltani Najafabadi M and Tavakoli A. 2018. Study of yield and water productivity in inbred lines of sunflower under optimum and water stress conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*, 32: 49-60. (In Persian)
- Arshad M, Khan MA, Jadoon S and Mohmand AS. 2010. Factor analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) to investigate desirable hybrids. *Pakistan Journal of Botany*, 42: 4393-4402.
- Baljani R, Shekari F and Sabaghnia N. 2015. Biplot analysis of trait relations of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. *Crop Research*, 50: 63-73.
- Baraiya VK, Jagtap P, Sangani J and Malviya A. 2018. Correlation and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7: 2730-2732.
- Behradfar A, Gorttapeh AH, Zardashty MR and Talat F. 2009. Evaluation correlated traits for seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through path analysis in under condition relay cropping. *Research Journal of Biological Sciences*, 4: 82-85.

- Boureima S and Abdoua Y. 2019. Genotype by yield×trait combination biplot approach to evaluate sesame genotypes on multiple traits basis. Turkish Journal of Field Crops, 24: 237-244.
- Cruz OP, Oliveira TRA, Gomes ABS, Sant'Anna CQSS, Gravina LM and Rocha RS. 2020. Selection of cowpea lines for multiple traits by GYT biplot analysis. Journal of Agricultural Studies, 8: 124-137.
- Dehghani H, Omid H and Sabaghnia N. 2008. Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. Agronomy Journal, 100: 1443-1449.
- Faostat F. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Statistic Division <https://www.FAO.Org/faostat/en/#data,QC>.
- Ghaffari M, Davaji AMNR and Ghadimi FN. 2019. Oil yield determinant of sunflower in climatically different regions of Iran. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25: 67-71.
- Gholizadeh A and 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: 473-486.
- Karahan T and Akgun I. 2020. Selection of barley (*Hordeum vulgare*) genotypes by GYT (Genotype × Yield × Trait) biplot technique and its comparison with GT (Genotype × Trait). Applied Ecology and Environmental Research, 18: 1347-1359.
- Kendal E. 2019. Comparing durum wheat cultivars by genotype× yield× trait and genotype× trait biplot method. Chilean Journal of Agricultural Research, 79: 512-522.
- Machikowa T and Saetang C. 2008. Correlation and path coefficient analysis on seed yield in sunflower. Suranaree Journal of Science and Technology, 15: 243-248.
- Mahmoud M, Hussein E, Aboelkassem K and Ibrahim HE. 2020. Graphical presentation of some peanut genotypes by comparing two patterns of biplot analysis. Journal of Plant Production, 11: 697-705.
- Merrick LF, Glover KD, Yabwalo D and Byamukama E. 2020. Use of genotype by yield*trait (GYT) analysis to select hard red spring wheat with elevated performance for agronomic and disease resistance traits. Crop Breeding, Genetics and Genomics, 2: 1-18.
- Moghadasi M, Mazaherilaghab H and Kakaei M. 2014. Evaluation of oil genotypes of sunflower (*Helianthus annuus*) based on different traits and their relationships. Seed and Plant Journal, 30: 585-604. (In Persian).
- Mohammadi R. 2019. Genotype by yield* trait biplot for genotype evaluation and trait profiles in durum wheat. Cereal Research Communications, 47: 541-551.
- Mohammadi R, Dehghani H and Karimzadeh G. 2015. Graphic analysis of trait relations of cantaloupe using the Biplot method. Journal of Plant Production Research, 21: 43-62. (In Persian).
- Rahimi M, Asadi-Gharneh HA and Sabaghnia N. 2019. Evaluation of some traits in local Iranian quince (*Cydonia Oblonga* Miller) Genotypes. International Journal of Fruit Science, 19: 397-412.
- Rahmati M. 2020. Assessment of relationships among traits and selection of superior bread wheat genotypes using genotype by yield× trait biplot method. Cereal Research, 10: 61-72. (In Persian).
- Rahmati M, Hosseinpour T and Ahmadi A. 2020. Assessment of interrelationship between agronomic traits of wheat genotypes under rain-fed conditions using double and triple biplots of genotype, trait and yield. Iranian Dryland Agronomy Journal, 9: 1-20. (In Persian).
- Rubio J, Cubero J, Martin L, Suso M and Flores F. 2004. Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. Euphytica, 135: 217-224.
- Sabaghnia N and Janmohammadi M. 2016. Biplot analysis of silicon dioxide on early growth of sunflower. Plant Breeding and Seed Science, 73: 87-98
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT. User's guide. (2nd Ed.). SAS institute Inc., Cary, NC.

- Sharifi P and Ebadi AA. 2018. Relationships of rice yield and quality based on genotype by trait (GT) biplot. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90: 343-356.
- Sincik M and Goksoy AT. 2014. Investigation of correlation between traits and path analysis of confectionary sunflower genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42: 227-231.
- SPSS I. 2010. SPSS 19. Users Guide. Chicago, IL., USA.
- Tsenov N, Gubatov T and Yanchev I. 2020. Genotype selection for grain yield and quality based on multiple traits of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*, 13: 1-6.
- Yan W and Rajcan I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
- Yan W and Frégeau-Reid J. 2008. Breeding line selection based on multiple traits. *Crop Science*, 48: 417-423.
- Yan W, Frégeau-Reid J, Mountain N and Kobler J. 2019. Genotype and management evaluation based on Genotype by Yield* Trait (GYT) analysis. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 1: 1-21.
- Zabet M. 2017. Identification of superior genotypes of rapeseed by GTBiplot and GGEBiplot methodology in normal and stressed conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48: 207-220.
- Zabet M, Breeding APP, Samadzadeh AR and Shorvarzi A. 2016. Selection of the most effective traits on yield of sunflower under normal irrigation and drought stress conditions in Birjand region. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 8: 217-231. (In Persian).
- Zeynalzadeh tabrizi H and Ghaffari M. 2002. Regression and path analysis grain and oil yield single cross hybrid sunflower. *Crop Research*, 6: 41-54. (In Persian).