دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

گزینش چندصفتی در هیبریدهای آفتابگردان با استفاده از بای‌پلات‌های دوگانه و سه‌گانه

امیر قلی‌زاده[۱]، مهدی غفاری[۲]، اسدالله زارعی سیاه بیدی[۳] و عباس رضایی‌زاد[۴]

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، (نویسنده مسوول: mghaffari69@gmail.com)
۳- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
۴- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۹
صفحه: ۲۹ تا ۴۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول در آفتابگردان از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی روابط متقابل میان صفات مختلف و انتخاب بهترین هیبریدهای آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، تعداد یازده هیبرید جدید به‌همراه چهار رقم گلسا، قاسم، شمس و فرخ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرمانشاه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) ارزیابی شدند. صفات فنولوژیکی، ریخت‌شناسی و عملکرد 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، ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۱ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه بودند. نمایش برداری بای‌پلات GT، همبستگی بالایی بین عملکرد دانه با قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق نشان داد. براساس نمایش مختصات تستر متوسط (ATC) بای‌پلات GYT، ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۳ و ۴ به‌عنوان بهترین و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳ و ۶ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها 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. بنابراین به‌نظر می‌رسد که صفات قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته و زودرسی می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسب برای انتخاب در افزایش عملکرد دانه آفتابگردان مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که هیبریدهای شماره ۵، ۳ و ۴ به‌عنوان هیبریدهای برتر از نظر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی شناخته شدند و قابلیت ورود به آزمایش‌های تحقیقی–ترویجی به‌منظور معرفی رقم جدید برای کشت در منطقه کرمانشاه را دارند. 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، شاخص GYT، عملکرد دانه، همبستگی

مقدمه

آفتابگردان یکی از مهمترین گیاهان روغنی در جهان محسوب می‌شود که از نظر سطح زیر کشت پس از سویا، کلزا، پنبه و بادام زمینی قرار دارد (۳). کشت آفتابگردان روغنی در ایران از سال ۱۳۴۶ با سطح زیر کشت ۱۷۱۹ هکتار آغاز و در طی ۵ سال بیش از ۴۰ برابر افزایش یافت. بیشترین سطح کشت آفتابگردان در سال ۱۳۷۲ حدود ۱۰۷ هزار هکتار با میانگین عملکرد دانه ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. بر اساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی در ایران ۱۴۶۱۹ هکتار گزارش شده است که متوسط عملکرد دانه آن در شرایط آبی ۱۴۸۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم ۶۲۶ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. استان‌های گلستان، آذربایجان غربی، خراسان شمالی، سمنان و خوزستان به‌ترتیب بیشترین سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی را به خود اختصاص داده‌اند. ایران از جمله سازگارترین مناطق برای کشت آفتابگردان است و خوشبختانه مواد و تکنولوژی لازم برای تولید هیبریدهای آفتابگردان موجود می‌باشد. ارقام هیبرید بخاطر نشان دادن پدیده هتروزیس از عملکرد بالایی برخوردار بوده و در این میان هیبریدهای سینگل کراس در مقایسه با سایر انواع هیبریدها پرمحصول‌تر می‌باشند (۱۳). هیبریدهای آفتابگردان از خودباروری و دانه‌بندی بیشتر و یکنواختی زراعی برخوردار بوده و از نظر ارتفاع بوته و زمان گلدهی یکنواخت می‌باشند. این امر از نظر برداشت مکانیزه محصول و کنترل برخی آفات که در مرحله گلدهی فعال هستند با ارزش می‌باشد (۱۳).

روغن آفتابگردان به‌دلیل داشتن اسیدهای‌چرب غیراشباع فراوان و فقدان کلسترول از کیفیت بالایی برخوردار است (۴). با توجه به این ویژگی‌های مهم، تولید آفتابگردان در کشور باید افزایش داشته باشد. به‌دلیل وجود محصولات رقیب و محدودیت زمین‌های زراعی، یکی از راه حل‌های موثر در افزایش تولید آفتابگردان، افزایش عملکرد در واحد سطح با کشت ژنوتیپ‌های پرمحصول خواهد بود. بنابراین به‌نژادی و تولید ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا از اهمیت زیادی برخوردار است. عملکرد دانه از جمله صفاتی است که با داشتن توارث کمی به‌مقدار زیادی تحت‌تأثیر محیط قرار دارد (۱۴). از این‌رو پژوهشگران به‌نژادگر به‌طور معمول انتخاب به‌طور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

می‌دهند (۱۴). بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن کارایی برنامه‌های به‌نژادی را از طریق انتخاب شاخص‌های مناسب افزایش می‌دهد.

روش‌های متنوعی برای بررسی روابط بین صفات مختلف و گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مختلف وجود دارد، که در این میان روش‌های گرافیکی به‌دلیل استفاده از تصاویر گرافیکی (نمودارهای دوبعدی)، بررسی بهتری از وضعیت ژنوتیپ‌ها و صفات ارائه می‌کنند و تفسیر نتایج را برای محققان راحت‌تر می‌کنند. روش GT[1] بای‌پلات یکی از روش‌های گرافیکی می‌باشد که ابزاری قوی برای ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ چند صفت می‌باشد که از ژنوتیپ‌های شناسایی‌شده توسط این روش می‌توان به‌طور مستقیم برای تولید ارقام تجاری یا به‌عنوان والد در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود. همچنین با استفاده از تجزیه GT، امکان بررسی همبستگی و روابط بین صفات به‌صورت تصویری امکان‌پذیر می‌باشد. از روش GT در محصولات مختلف از قبیل کلزا (۱۱،۳۹)، اسفناج (۳۱)، گلرنگ (۶)، برنج (۳۳)، بادام زمینی (۲۰) و ذرت (۲۵) برای ارزیابی روابط بین صفات و ژنوتیپ‌ها استفاده شده است.

روش GYT[2] بای‌پلات یکی دیگر از روش‌های گرافیکی می‌باشد که اخیرا توسط یان و فریگیورید (۳۷) برای ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ چند صفت ارائه شده است. در بای‌پلات GYT، ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر ترکیبات عملکرد–صفت رتبه‌بندی و نقاط ضعف و قوت ژنوتیپ‌ها و حتی شباهت و عدم‌شباهت آن‌ها از نظر صفات مختلف مشخص می‌شود (۲۷). 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 (۳۷). از روش GYT بای‌پلات در یولاف (۳۷،۳۸)، گندم دوروم (۱۶،۲۳)، کنجد (۹)، گندم نان (۱،۲۷) و گاودانه (۱۰) 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 GYT 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 بر اساس 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 به‌همراه ارقام گلسا، قاسم، شمس و فرخ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار ارزیابی شدند. محققین و پژوهشگران محترم جهت یافتن مشخصات کامل ارقام مورد ارزیابی، می‌توانند به سایت موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور (قسمت دستاوردهای تحقیقاتی) مراجعه نمایند. هیبریدهای جدید از نوع سینگل کراس و بر اساس سیستم نرعقیمی سیتوپلاسمی لکلرک (PET1) (۱۸) و سیستم برگشت‌دهنده باروری معرفی شده توسط کینمن (۱۷) تهیه شدند. منشأ استخراج همه هیبریدهای جدید از ژرم‌پلاسم ارقام هیبرید وارداتی آفتابگردان است که با روش گزینش همزمان زانگ و همکاران (۴۲) تهیه شدند. با توجه به اهمیت زودرسی، در طی فرایند اصلاحی لاین‌های والدی این هیبریدها، به‌غیر از لاین رستورر RGK24 که دیررس می‌باشد عموما زودرس بودند. در گزینش لاین‌های مادری خصوصیات نرعقیمی کامل، تک شاخه بودن، ارتفاع کم بوته و در لاین‌های برگشت‌دهنده باروری خصوصیات چندشاخه بودن، قابلیت برگشت کامل باروری نیز در نظر گرفته شده است. لاین مادری AGKo60 با برخورداری از ۸۴ درصد اسید اولئیک در گروه لاین‌های با اولئیک بالا طبقه‌بندی می‌شود. هیبریدهای معرفی شده قاسم، فرخ و گلسا جزو هیبریدهای زودرس و مناسب کشت اول و نیز تابستانه در مناطق معتدل و هیبرید شمس جزو هیبریدهای متوسط رس و مناسب کشت اول در مناطق معتدل و سرد می‌باشد. نام و مبداء ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ بیان شده است. این مطالعه به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۴۶ 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 به‌صورت 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 به‌صورت نشتی صورت گرفت. تنک کردن بوته‌ها بعد از سبز شدن و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در دو مرحله انجام گرفت. در این آزمایش صفات ریخت‌شناسی، 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.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا آزمون نرمال بودن خطاهای آزمایشی از طریق آزمون کولموگروف–سیمروف (Kolmogorov-Smirnov) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 (۳۵) مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس به‌منظور مطالعه روابط بین صفات مختلف و مقایسه ژنوتیپ‌ها از روش‌های گرافیکی GT و GYT بای‌پلات استفاده گردید.

1- Genotype×trait
2- Genotype by yield×trait

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

روش GT

در این روش ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مولفه اصلی اول و دوم صورت گرفت. مدل آماری این روش بر اساس رابطه زیر است (۳۸).

$$\frac{T_{ij}-\overline{T_j}}{S_j}=\lambda_1\xi_{i1}\tau_{j1}+\lambda_2\xi_{i2}\tau_{j2}+\varepsilon_{ij}$$

در رابطه فوق T_{ij}، ارزش میانگین ژنوتیپ i برای صفت j، $\overline{T_j}$، 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، ξ_{i1} و ξ_{i2}، به‌ترتیب مقادیر PC_1 و PC_2 برای ژنوتیپ i، τ_{j1} و τ_{j2} به ترتیب مقادیر به ترتیب مقادیر PC_1 و PC_2 برای صفت j و ε_{ij}، باقیمانده مربوط به مدل ژنوتیپ iام برای صفت jام، را نشان می‌دهند.

روش GYT

از آنجایی‌که 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.

$$P_{ij}=\frac{T_{ij}-\overline{T_j}}{S_j}$$

در رابطه فوق، P_{ij} عدد استانداردشده ژنوتیپ i برای ترکیب عملکرد–صفت j، T_{ij} داده اولیه ژنوتیپ i برای ترکیب عملکرد–صفت j، $\overline{T_j}$ میانگین همه ژنوتیپ‌ها برای برای ترکیب عملکرد–صفت j و S_j انحراف معیار ترکیب عملکرد–صفت j در همه ژنوتیپ‌ها است. در ادامه به‌منظور مطالعه روابط بین صفات مختلف و مقایسه ژنوتیپ‌ها از روش GYT biplot استفاده گردید که در این روش ترسیم بای‌پلات براساس دو مولفه اصلی اول و دوم صورت گرفت. مدل آماری این روش بر اساس رابطه زیر است (۳۴).

$$P_{ij}=\left(d\lambda_1^{\alpha}\zeta_{i1}\right)\left(\lambda_1^{1-\alpha}\tau_{1j}/d\right)+\left(d\lambda_2^{\alpha}\zeta_{i2}\right)\left(\lambda_2^{1-\alpha}\tau_{2j}/d\right)+\varepsilon_{ij}$$

در رابطه بالا ζ_{i1} و ζ_{i2} به‌ترتیب مقادیر ویژه مولفه‌های اصلی اول و دوم (PC1 و PC2) برای ژنوتیپ i، τ_{1j} و τ_{2j} به‌ترتیب مقادیر ویژه PC1 و PC2 برای ترکیب عملکرد–صفت j، λ_1 و λ_2 به‌ترتیب 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)، بای‌پلات بر ژنوتیپ‌ها متمرکز شده و برای مقایسه ژنوتیپ‌ها سودمند است، در صورتی که $\alpha=0$ (SVD=2)، بای‌پلات ترکیب عملکرد–صفت متمرکز شده و برای نمایش همبستگی بین ترکیبات عملکرد–صفت سودمند است. روابط ژنوتیپ×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.

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

Table 1. Code, name and pedigree of the tested sunflower genotypes

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

بای‌پلات GYT، با نمایش $d\lambda_1^{\alpha}\zeta_{i1}$ در مقابل $d\lambda_2^{\alpha}\zeta_{i2}$ برای ژنوتیپ‌ها و $\lambda_1^{1-\alpha}\tau_{1j}/d$ در مقابل $\lambda_2^{1-\alpha}\tau_{2j}/d$ برای ترکیب عملکرد–صفت بدست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای نرم افزار آماری SAS ver 9.1 (۲۹) و GGEbiplot استفاده گردید.

نتایج و بحث

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، آزمون بارتلت به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس محیط‌ها (سال) انجام شد و نتایج حاکی از این بود که واریانس محیط‌های مختلف برای همه صفات یکسان بوده (مقدر آماره کای–دو برای همه صفات غیرمعنی‌دار بود) و از این‌رو امکان تجزیه مرکب داده‌ها وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی نشان داد که اثر سال برای اکثر صفات مورد بررسی به جز ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق 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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

(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×سال برای همه صفات مورد بررسی به جز قطر طبق معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ×سال در این مطالعه نیز نشان‌دهنده این مطلب است که ژنوتیپ‌ها در سال‌های متفاوت پاسخ‌های متفاوتی نشان داده و به‌عبارت دیگر اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از سالی به سالی دیگر یکسان نبود. کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفات روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی به‌ترتیب با ۰/۸۲ و ۱/۰۵ درصد بود و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفت تعداد دانه در طبق با ۱۵/۸۶ درصد بود (جدول ۲). ماهیت صفات از نظر 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.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های آفتابگردان
Table 2. Combined analysis of variance for studied traits of sunflower genotypes.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		DTF	DTR	PH	HD	SD	TSW	SNPH	SY
سال	۱	۵۶۳/۳۳**	۱۱۷۸/۱۳**	۲۴۳۰/۰۰^{ns}	۳۰۰/۸۳**	۲۰۲/۲۸**	۱۲۱۲۴/۷۲**	۲۱۱۲۰/۵۳^{ns}	۵۲۳۴۴۶۲۵/۲۱^{ns}
تکرار/سال	۶	۰/۸۸	۱/۲۸	۶۱۳/۹۱	۹/۷۳	۱۰/۲۶	۸۷/۸۸	۷۰۲۹۴/۶۹	۱۶۸۹۷۷/۰۱
ژنوتیپ	۱۴	۶/۸۳**	۲۴/۳۵**	۴۱۱/۱۰**	۱/۱۶^{ns}	۶/۳۲^{ns}	۲۴۱/۳۱**	۱۴۱۶۰۰/۷۷**	۴۶۰۱۷۸/۶۲**
ژنوتیپ × سال	۱۴	۱/۵۳**	۳/۹۵**	۲۷۸/۶۴**	۲/۲۸^{ns}	۵/۸۴^{ns}	۱۰۷/۲۲**	۱۶۲۱۸۹/۶۹**	۱۱۸۱۱۹۲/۰۳**
خطا	۸۴	۰/۲۵	۱/۰۳	۷۹/۶۰	۱/۵۷	۳/۱۷	۴۵/۹۹	۲۰۱۸۵/۳۹	۹۴۳۵۴/۴۴
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۸۲	۱/۰۵	۴/۸۰	۸/۶۱	۷/۱۶	۱۲/۲۰	۱۵/۸۶	۹/۵۳

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار 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

جدول ۳- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان طی دو سال اجرای آزمایش
Table 3. Average of measured traits in 15 sunflower genotypes in two experimental years

ژنوتیپ	DTF	DTR	PH (cm)	HD (cm)	SD (mm)	TSW (g)	SNPH	SY ($kg.h^{-1}$)
G۱	۶۱	۹۷	۱۹۷/۲۳	۱۴/۱۸	۲۵/۸۸	۵۰/۴۲	۹۹۸/۶۳	۳۲۸۶
G۲	۶۱	۹۶	۱۹۲/۰۱	۱۴/۷۴	۲۴/۱۴	۵۳/۵۲	۹۰۶/۶۳	۳۱۵۹
G۳	۶۱	۹۷	۱۸۶/۶۰	۱۴/۸۶	۲۵/۹۴	۵۳/۳۰	۱۰۲۴/۲۵	۳۴۳۹
G۴	۶۱	۹۶	۱۹۵/۹۶	۱۳/۹۷	۲۵/۲۵	۴۸/۵۰	۱۱۶۲/۷۵	۳۴۹۲
G۵	۶۲	۹۷	۱۸۷/۱۳	۱۴/۶۲	۲۵/۰۵	۵۹/۰۷	۹۱۵/۲۵	۳۶۲۴
G۶	۶۲	۹۶	۱۹۰/۴۳	۱۴/۳۷	۲۴/۲۹	۵۱/۸۰	۸۹۰/۰۰	۲۹۲۴
G۷	۶۰	۹۴	۱۸۴/۴۴	۱۴/۲۷	۲۵/۰۸	۶۷/۵۰	۶۱۳/۶۳	۲۷۶۴
G۸	۶۰	۹۴	۱۸۱/۳۸	۱۴/۵۶	۲۴/۲۹	۴۹/۹۴	۹۹۰/۷۵	۳۳۷۳
G۹	۶۱	۹۷	۱۸۰/۲۵	۱۴/۲۷	۲۳/۸۵	۵۶/۸۶	۸۳۱/۰۰	۳۰۹۳
G۱۰	۶۱	۹۵	۱۸۱/۹۸	۱۳/۹۴	۲۴/۰۹	۵۷/۸۲	۸۵۶/۷۵	۳۲۹۲
G۱۱	۶۱	۹۵	۱۶۹/۲۵	۱۴/۳۷	۲۶/۰۶	۴۷/۸۸	۱۰۳۱/۷۵	۳۳۳۵
G۱۲	۶۰	۹۶	۱۸۳/۰۳	۱۴/۷۶	۲۵/۰۱	۵۹/۵۳	۷۹۴/۲۵	۳۲۱۳
G۱۳	۶۰	۹۴	۱۸۷/۷۸	۱۴/۶۷	۲۴/۵۴	۵۵/۹۶	۷۸۳/۱۳	۲۸۵۱
G۱۴	۶۳	۱۰۱	۱۹۰/۶۰	۱۴/۹۷	۲۶/۳۸	۶۰/۷۹	۸۴۳/۸۸	۳۳۵۴
G۱۵	۵۹	۹۷	۱۷۸/۹۵	۱۵/۳۸	۲۳/۴۵	۶۰/۷۷	۷۹۳/۸۸	۳۱۴۶

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.

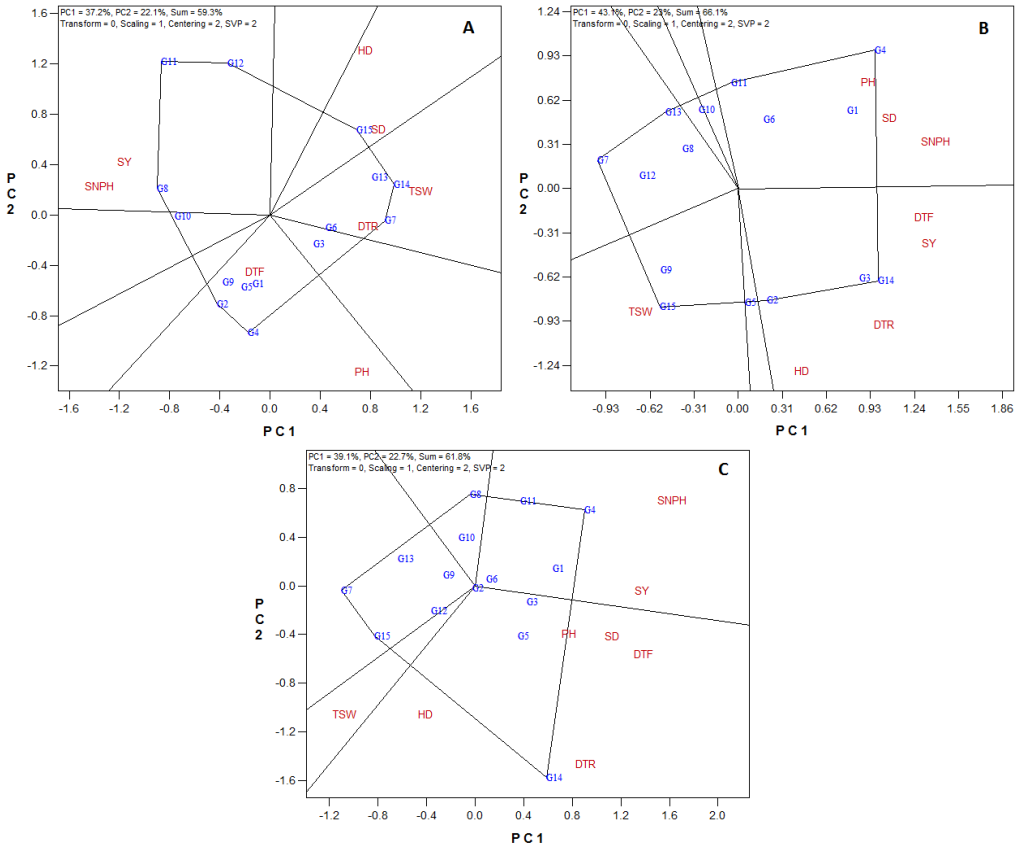
ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش GT

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 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 به‌ترتیب ۳۷/۲ و ۲۲/۱ درصد و در مجموع ۵۹/۳ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۱-A). این درصد نسبتاً بالا نشان‌دهنده اعتبار بالای بای‌پلات بدست آمده جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد بررسی می‌باشد. بر اساس شکل ۱-A هشت ژنوتیپ (ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۴، ۷، ۴ 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 می‌شوند. بنابراین ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۱ و ۱۲ بالاترین مقدار عملکرد دانه را دارا بودند، همچنین این ژنوتیپ‌ها دارای بالاترین تعداد دانه در طبق را در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارا بودند (شکل ۱-A). همچنین ژنوتیپ شماره ۱۵ بیشترین مقدار را برای صفات قطر ساقه و قطر طبق دارا بود (شکل ۱-A). ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۴ بیشترین مقدار را برای صفات روز تا گلدهی و ارتفاع بوته دارا بودند. همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۴ بالاترین مقدار

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

وزن هزاردانه و روز تا رسیدگی را به خود اختصاص دادند (شکل ۱–A). بای‌پلات GT در سال دوم اجرای آزمایش ۶۶/۱ درصد (دو مولفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۴۳/۱ و ۲۳/۰ درصد) از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۱–B). بر اساس بای‌پلات GT در سال دوم اجرای آزمایش، ژنوتیپ‌های قرار گرفته در رئوس چندضلعی شامل ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳، ۱۱، ۴، ۱۴، ۲، ۵ و ۱۵ بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۴، ۳ و ۲ بالاترین میزان عملکرد دانه، قطر طبق، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی را در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارا بود (شکل ۱–B). ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۱ بالاترین میزان را برای صفات تعداد دانه در طبق، ارتفاع بوته و قطر ساقه دارا بودند. همچنین ژنوتیپ شماره ۱۵ از نظر وزن هزاردانه بهترین بود (شکل ۱–B).

نتایج دو ساله بای‌پلات GT نشان داد که دو مولفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۳۹/۱ و ۲۲/۷ درصد و در مجموع ۶۱/۸ 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 ۴ و ۱۱ از نظر عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق بهترین بودند. ژنوتیپ شماره ۱۴ نیز بیشترین میزان ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق و 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 (۱۱،۲۹،۳۰).



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

Figure 1. Polygon view of the genotype×trait biplot of sunflower genotypes. A: first year, B: second year, C: average two years. DTF: Days to flowering, DTR: Days to ripening, PH: Plant height, HD: Head diameter, SD: Stem diameter, TSW: Thousand seed weight, SNPH: Seed number per head, Y: Seed yield

بررسی رابطه بین صفات با استفاده از روش GT

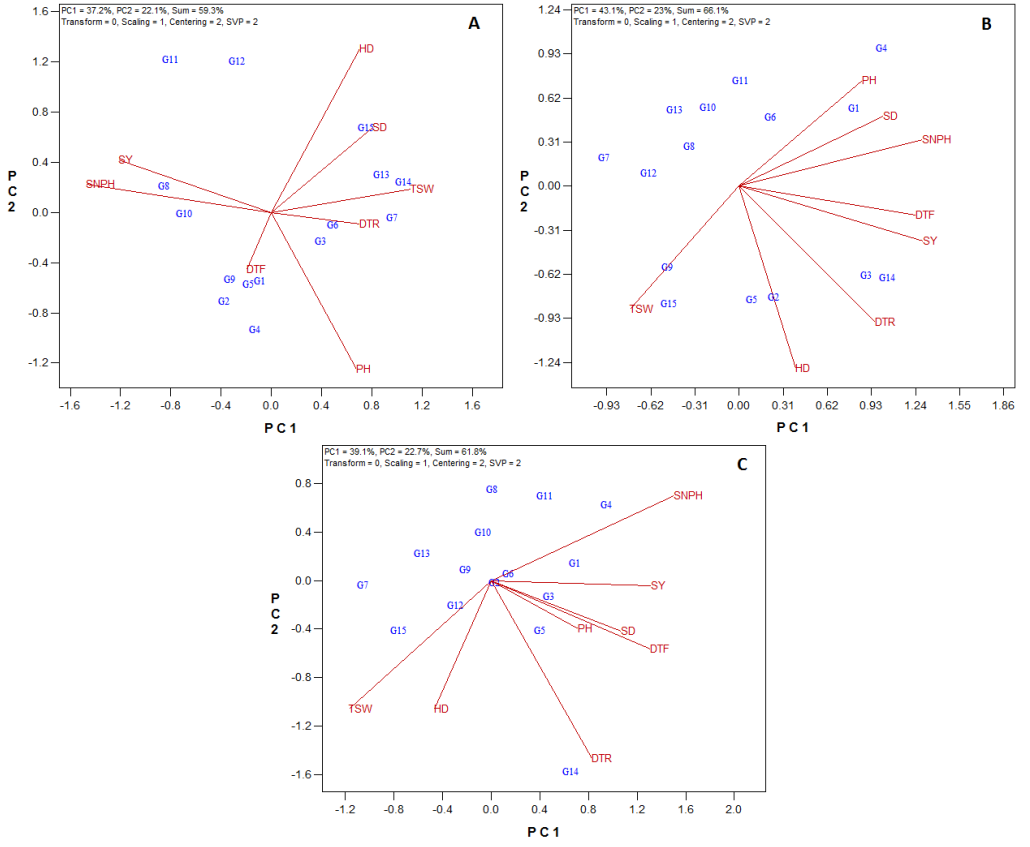
یک روش دیگر برای ترسیم بای‌پلات ژنوتیپ×صفت (GT)، نمایش برداری صفات است. بردارهایی که از مبدأ بای‌پلات شروع و جهت آن‌ها نقطه مربوط به مکان هر صفت روی صفحه‌ی بای‌پلات است. این بای‌پلات مقدار مناسبی از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توضیح می‌دهد. چون کسینوس زاویه بین بردارهای هر دو صفت ضریب همبستگی بین آن‌ها را برآورد می‌کند، این بای‌پلات بهترین راه برای نمایش گرافیکی روابط متقابل میان صفات است. اگر زاویه بین 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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

همبستگی وجود ندارد. نمایش برداری بای‌پلات GT در سال اول اجرای (شکل ۲-A) آزمایش هر کدام به‌طور جداگانه نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبتی با صفت تعداد دانه در طبق داشت. در سال دوم اجرای آزمایش (شکل ۲-B) کلیه صفات به‌جز وزن هزار دانه همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند.

بر اساس نتایج دو ساله نمایش برداری بای‌پلات GT (شکل ۲-C)، صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند (شکل ۲-C) که در توافق با یافته‌های سایر پژوهشگران است (۵،۸،۱۹،۴۰). 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، هرچه قدر قطر و ارتفاع ساقه بیشتر باشد مواد غذایی بیشتری از طریق ساقه به اندام‌های هوایی و دانه رسیده و موجب خواهد شد که تعداد دانه‌های پر افزایش یابد (۴۱)، 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-C). بین عملکرد دانه با صفت تعداد دانه در طبق همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۲-C). 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 برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد. مقدسی و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند که تعداد دانه در طبق از جمله اجزای اصلی عملکرد دانه آفتابگردان محسوب می‌شود.



شکل ۲- نمایش برداری 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

Figure 2. Vector view of the genotype × trait biplot of sunflower genotypes. A: first year, B: second year, C: average two years. DTF: Days to flowering, DTR: Days to ripening, PH: Plant height, HD: Head diameter, SD: Stem diameter, TSW: Thousand seed weight, SNPH: Seed number per head, SY: Seed yield

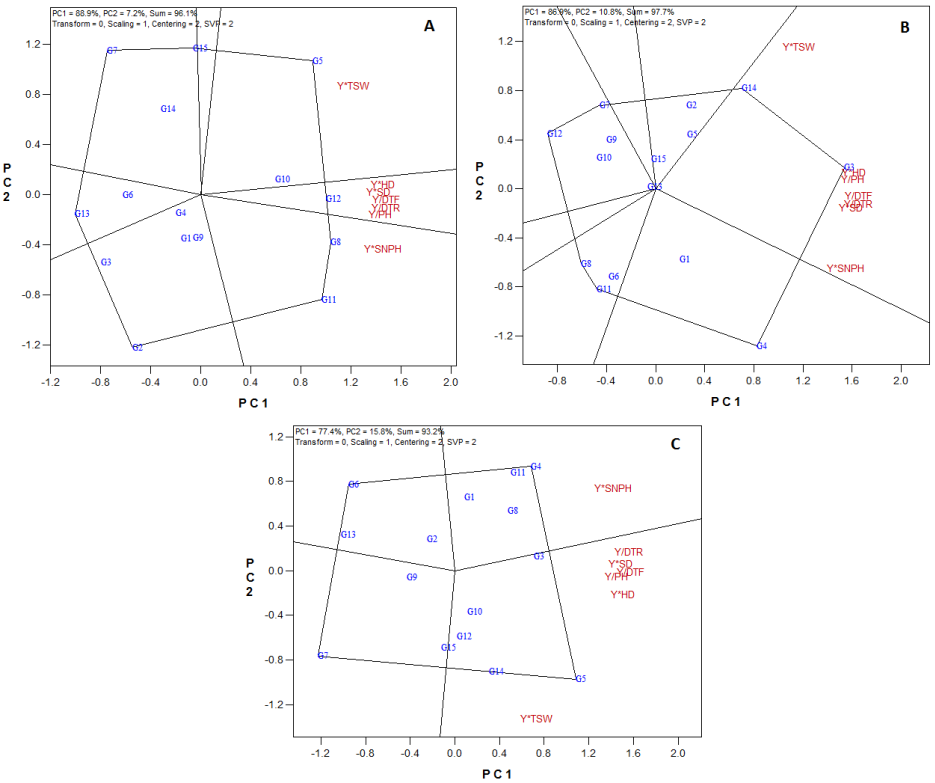
ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش GYT

نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×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 به‌ترتیب ۸۸/۹ و ۷/۲ درصد و در مجموع ۹۶/۱ درصد از کل تنوع

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۳-A). این بای پلات نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۲ بیشترین میزان Y×SD، Y×HD، Y/PH، Y/DTF و Y×DTR را داشت (شکل ۳-A). این مطلب بیانگر این موضوع است که این ژنوتیپ در ترکیب عملکرد دانه با قطر ساقه، قطر طبق، ارتفاع بوته، زودرسی (تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی) بهترین بود. همچنین ژنوتیپ شماره ۵ در از نظر ترکیب عملکرد دانه با وزن هزاردانه (Y×TSW) و ژنوتیپ های شماره ۸ و ۱۱ از نظر ترکیب عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق (Y×SNPH) بهترین بودند (شکل ۳-A). در سال دوم اجرای آزمایش نیز ژنوتیپ شماره ۳ و ۱۴ در ترکیب عملکرد دانه با کلیه صفات مورد بررسی بهترین بودند (شکل ۳-B).

نتایج دو ساله بای‌پلات GYT که دو مولفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۷۷/۴ و ۱۵/۸ درصد و در مجموع ۹۳/۲ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۳-C). این بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۳ و ۱۴ در ترکیب عملکرد دانه با اکثر صفات مورد بررسی بهترین بودند (شکل ۳-C). همچنین ژنوتیپ شماره ۴ از نظر ترکیب عملکرد دانه با وزن هزاردانه (Y×TSW) بهترین بود. این نتایج نشان داد که که امکان بهبود همزمان چند صفت مهم قطر طبق، قطر ساقه، وزن هزاردانه، پاکوتاهی و زودرسی در آفتابگردان روغنی وجود دارد. به‌عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که روند برنامه‌های به‌نژادی آفتابگردان به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم انتخاب برای افزایش عملکرد دانه از طریق قطر طبق، قطر ساقه، وزن هزار دانه، پاکوتاهی و زودرسی انجام شده است. در پژوهشی مقدسی و همکاران (۲۲) روی ۲۲ ژنوتیپ آفتابگردان روغنی، افزایش صفت وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های زراعی گزارش شد و مشخص شد که این صفت بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد داشت. در پژوهش‌های دیگری گزارش شده است که انتخاب غیرمستقیم بر اساس وزن هزار دانه، قطر طبق و زودرسی در افزایش عملکرد موثر است (۲). 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 گرافیکی فوق‌العاده قوی جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت معرفی کرده‌اند (۲۳،۲۷،۳۷، ۳۸).



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

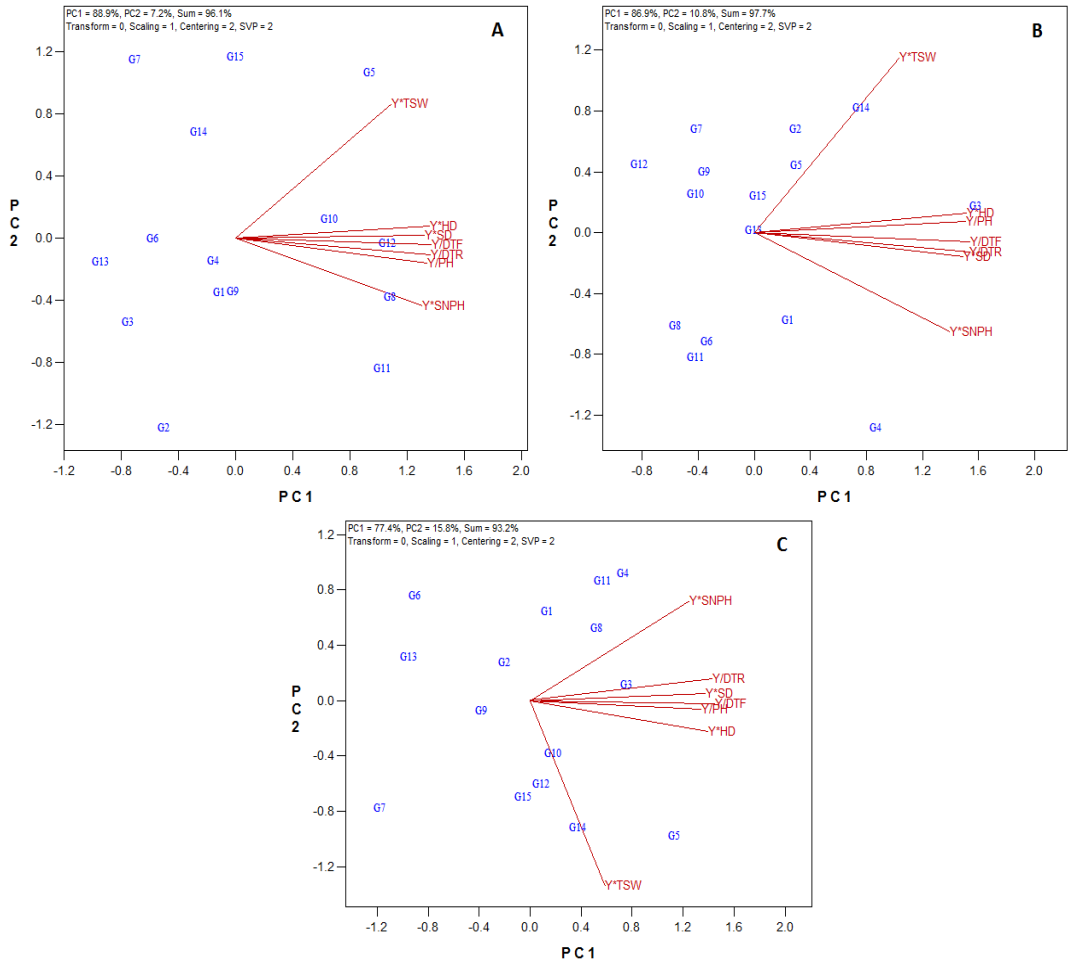
Figure 3. Polygon view of the genotype × yield × trait biplot of sunflower genotypes. A: first year, B: second year, C: average two years. DTF: Days to flowering, DTR: Days to ripening, PH: Plant height, HD: Head diameter, SD: Stem diameter, TSW: Thousand seed weight, SNPH: Seed number per head, SY: Seed yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

ارزیابی همبستگی بین ترکیبات عملکرد–صفت

بر اساس نمایش برداری ژنوتیپ در عملکرد×صفت (GYT)، همبستگی مثبتی بین کلیه ترکیبات عملکرد–صفت در سال اول، سال دوم و همچنین دو سال اجرای آزمایش مشاهده شد (شکل ۴). با توجه به اینکه عملکرد به‌عنوان یک مولفه ثابت در کلیه ترکیبات عملکرد–صفت وجود دارد، بنابراین همبستگی مثبت بین ترکیبات مختلف عملکرد–صفت دور از انتظار نیست. یان و همکاران (۳۸) عنوان کرده‌اند که همبستگی مثبت بین ترکیبات عملکرد–صفت یکی از ویژگی‌های مهم بای‌پلات GYT در مقایسه با بای‌پلات GT می‌باشد. نتایج نمایش برداری بای‌پلات GYT نشان داد که همبستگی مثبت بالایی بین Y×SD، Y×HD، Y×PH، Y/DTF و Y/DTR مشاهده شد که 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 (۵،۸،۱۹، ۴۰).

یکی از مزایای مهم نمایش برداری بای‌پلات GYT، شناسایی ترکیبات اضافی جهت کاهش هزینه اندازه‌گیری صفات در در آزمایشات بررسی و ارزیابی ارقام می‌باشد (۲۳). در این مطالعه همبستگی 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 به‌منظور ارزیابی همبستگی صفات در محصولات مختلف از قبیل یولاف (۳۷)، گندم دوروم (۲۳)، جو زراعی (۱۵)، بادام زمینی (۲۰) و گندم بهاره (۲۱) نیز استفاده شده است.



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

Figure 4. Vector view of the genotype × yield × trait biplot of sunflower genotypes. A: first year, B: second year, C: average two years. DTF: Days to flowering, DTR: Days to ripening, PH: Plant height, HD: Head diameter, SD: Stem diameter, TSW: Thousand seed weight, SNPH: Seed number per head, Y: Seed yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب عملکرد–صفت و شاخص GYT

در این مطالعه از نمودار مختصات تستر متوسط (Average Tester Coordinate; ATC) به‌منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب عملکرد–صفت استفاده گردید (شکل ۵). این نمودار دارای دو محور افقی و عمودی است. ژنوتیپ‌ها در طول محور افقی ATC (محوری که با دایره و فلش مشخص شده است) بر اساس ترکیبات عملکرد–صفت رتبه‌بندی می‌شوند و جهت پیکان نشان‌دهنده میانگین ترکیبات عملکرد–صفت بالاتر است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۳ و ۴ به ترتیب با قرار گرفتن در جهت محور افقی ATC، بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیبات عملکرد–صفت بود و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳ و ۶ به‌ترتیب با قرار گرفتن در انتهای محور افقی ATC، ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۵). از نمودار مختصات تستر متوسط (ATC) به‌منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب عملکرد–صفت در یولاف (۳۷،۳۸)، گندم دوروم (۱۶) و گندم نان (۲۷،۲۸،۳۶) نیز استفاده شده است.

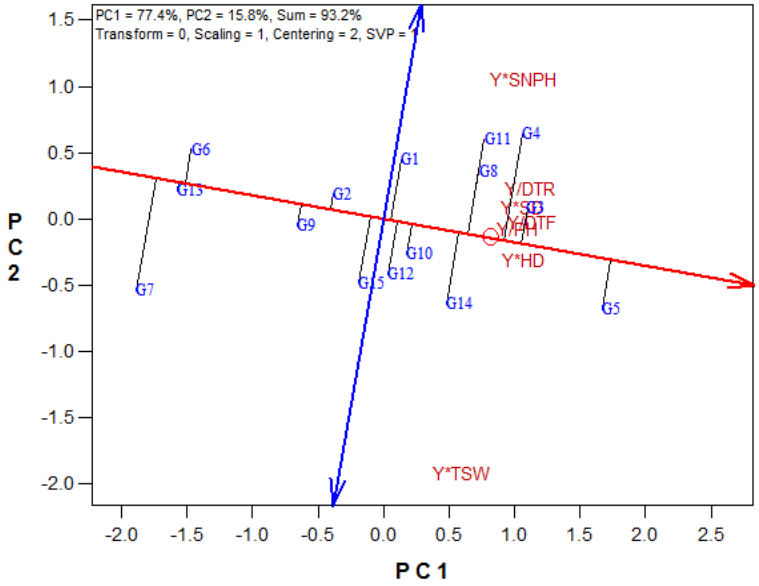
علاوه بر نمودار مختصات تستر متوسط (ATC)، ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس شاخص GYT نیز رتبه‌بندی شدند. به این صورت که ژنوتیپ‌های با مقادیر بالا و پایین شاخص GYT به‌ترتیب به‌عنوان بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (۳۸). بنابراین بر اساس این شاخص، ژنوتیپ‌های شماره شماره ۵، ۳ و ۴ به‌ترتیب با شاخص GYT برابر با ۱/۵۴، ۰/۹۳ و ۰/۸۴ به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳ و ۶ به‌ترتیب با مقادیر شاخص GYT برابر با ۱/۵۰–، ۱/۳۷– و ۱/۳۱– به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۴). یان و همکاران (۳۸) انتخاب بر اساس 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. به عبارت دیگر برتری یک ژنوتیپ از طریق ارزش آن از نظر ترکیب عملکرد با دیگر صفات سنجیده می‌شود. در حالیکه که انتخاب بر اساس شاخص‌های 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 (۲۷). چنین ژنوتیپ‌هایی می‌توانند به‌عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی بکار گرفته شوند ولی نمی‌توان آن‌ها را در برنامه‌های معرفی رقم مورد توجه قرار داد. به عنوان مثال ژنوتیپی با مقاومت به خوابیدگی خیلی خوب و با عملکرد پایین نمیتواند برنامه معرفی رقم قرار گیرد (۳۷). کندال (۱۶) و رحمتی و همکاران (۲۸) از روش بای‌پلات GYT به‌منظور به منظور 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.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه برای بررسی روابط میان صفات و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ چند صفت در آفتابگردان از روش‌های بای‌پلات ژنوتیپ × صفت (GT) و بای‌پلات ژنوتیپ × عملکرد × 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 طی دو سال زراعی در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۱ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه بودند. نمایش برداری بای‌پلات GT نیز نشان داد که صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند. بر اساس نمایش مختصات تستر متوسط (ATC) بای‌پلات GYT، ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۳ و ۴ از نظر کلیه ترکیبات مثبت عملکرد–صفت به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳ و ۶ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص GYT نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۳ و ۴ 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 به عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در آفتابگردان مورد استفاده قرار داد. در گزارش‌ها و مطالعات آینده می‌توان روش‌های گرافیکی GT و GYT را با روش‌های چندمتغیره مانند تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه به عامل‌ها برای بررسی روابط بین صفات و ژنوتیپ‌ها مقایسه کرد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]



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

Figure 5. Average tester coordinate (ATC) view of the genotype × yield × trait biplot to rank the genotypes based on overall superiority and their strengths and weaknesses. DTF: Days to flowering, DTR: Days to ripening, PH: Plant height, HD: Head diameter, SD: Stem diameter, TSW: Thousand seed weight, SNPH: Seed number per head, Y: Seed yield

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

Table 4. Standardized genotype × yield × trait (GYT) values in 15 sunflower genotypes in two experimental years

ژنوتیپ	Y/DTF	Y/DTR	Y/PH	Y*HD	Y*SD	Y*TSW	Y*SNPH	GYT
G۱	۰/۱۸	۰/۰۲	−۰/۲۴	−۰/۰۶	۰/۶۵	−۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۰۶
G۲	−۰/۳۱	−۰/۵۰	−۰/۳۹	−۰/۰۷	−۰/۵۵	−۰/۵۶	−۰/۰۸	−۰/۳۵
G۳	۱/۰۳	۰/۶۸	۱/۰۳	۱/۲۰	۱/۲۲	۰/۲۷	۱/۰۷	۰/۹۳
G۴	۱/۱۱	۱/۰۷	۰/۵۹	۰/۵۴	۱/۰۸	−۰/۵۵	۲/۰۱	۰/۸۴
G۵	۱/۶۴	۱/۴۶	۱/۷۰	۱/۷۲	۱/۴۳	۲/۰۸	۰/۷۱	۰۱/۵۴
G۶	-−۱/۶۲	−۱/۶۲	−۱/۱۸	−۱/۳۴	−۱/۲۷	−۱/۶۰	−۰/۵۶	−۱/۳۱
G۷	−۱/۸۴	−۲/۰۰	−۱/۴۵	−۲/۰۷	−۱/۵۰	۰/۴۷	−۲/۱۲	−۱/۵۰
G۸	۰/۹۶	۰/۷۷	۱/۱۵	۰/۶۴	۰/۲۲	−۰/۶۰	۰/۷۶	۰/۵۶
G۹	−۰/۶۶	−۰/۸۶	۰/۱۲	−۰/۷۶	−۰/۸۹	−۰/۱۶	−۰/۵۹	−۰/۵۴
G۱۰	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۷۸	−۰/۲۶	−۰/۱۴	۰/۶۹	−۰/۱۵	۰/۲۰
G۱۱	۰/۴۳	۰/۵۱	۱/۹۵	۰/۳۱	۰/۹۱	−۱/۱۱	۰/۹۳	۰/۵۶
G۱۲	۰/۱۲	−۰/۲۱	۰/۴۰	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۷۴	−۰/۶۲	۰/۰۹
G۱۳	−۱/۴۷	−۱/۶۸	−۱/۳۱	−۱/۴۰	−۱/۴۱	−۱/۱۲	−۱/۱۸	−۱/۳۷
G۱۴	۰/۱۸	−۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۹۴	۱/۱۲	۱/۴۸	−۰/۱۴	۰/۵۲
G۱۵	۰/۰۳	−۰/۶۶	۰/۴۲	۰/۴۴	−۰/۸۹	۰/۷۴	−۰/۷۲	−۰/۰۹

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.

تشکر و قدردانی

این پژوهش بر اساس نتایج حاصل از اجرای پروژه مصوب به شماره ۰-۰۳-۰۳-۹۸۰۳۳۴-۰۳۶ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در منطقه کرمانشاه 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 کرمانشاه به جهت فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

منابع

1. Abd-ElHamid, E.A.M., M.A. Aglan and E.M.A. Hussein. 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.
2. Abedini Esfahlani, M., R. Fotovat, M. Soltani Najafabadi and A. Tavakoli. 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).
3. Ahmadpour, S., R. Darvishzadeh, O. Sofalian and H. Hatamzadeh. 2019. Evaluation of yield stability of sunflower inbred lines under salt stress conditions. Journal of Crop Breeding, 11: 1-10 (In Persian).
4. Ansarifard, I., K. Mostafavi, M. Khosroshahli, M.R. Bihamta and H. Ramshini. 2020. A study on genotype–environment interaction based on GGE biplot graphical method in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). Food Science and Nutrition, 20: 1-8.
5. Arshad, M., M.A. Khan, S. Jadoon and A.S. Mohmand. 2010. Factor analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) to investigate desirable hybrids. Pakistan Journal of Botany, 42: 4393-4402.
6. Baljani, R., F. Shekari and N. Sabaghnia. 2015. Biplot analysis of trait relations of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. Crop Research, 50: 63-73.
7. Baraiya, V.K., P. Jagtap, J. Sangani and A. Malviya. 2018. Correlation and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7: 2730-2732.
8. Behradfar, A., A.H. Gorttapeh, M.R. Zardashty and F. Talat. 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.
9. Boureima, S. and Y. Abdoua. 2019. Genotype by yield×trait combination biplot approach to evaluate sesame genotypes on multiple traits basis. Turkish Journal of Field Crops, 24: 237-244.
10. Cruz, O.P., T.R.A. Oliveira, A.B.S. Gomes, C.Q.S.S. Sant'Anna, L.M. Gravina and R.S. Rocha. 2020. Selection of cowpea lines for multiple traits by GYT biplot analysis. Journal of Agricultural Studies, 8: 124-137.
11. Dehghani, H., H. Omidi and N. Sabaghnia. 2008. Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. Agronomy Journal, 100: 1443-1449.
12. Faostat, F. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Statistic Division https://www. FAO. Org/faost at/en/# data, QC.
13. Ghaffari, M., A.M.N.R. Davaji and F.N. Ghadimi. 2019. Oil yield determinant of sunflower in climatically different regions of Iran. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25: 67-71.
14. Gholizadeh, A., M. Ghaffari, K. Payghamzadeh and S. Kia. 2021. Study on relationships between yield and other agronomic traits and identification of the superior hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop Breeding, 15-10 (In Persian).
15. Karahan, T. and I. Akgun. 2020. Selection of barley (*Hordeum vlugare*) genotypes by GYT (Genotype × Yield × Trait) biplot technique and its comparison with GT (Genotype × Trait). Applied Ecology and Environmental Research, 18: 1347-1359.
16. Kendal, E. 2019. Comparing durum wheat cultivars by genotype× yield× trait and genotype× trait biplot method. Chilean Journal of Agricultural Research, 79: 512-522.
17. Kinman, M.L. 1970. "New developments in the USDA and state experiment station sunflower breeding programs," in Proceedings of the 4th International Sunflower Conference, Memphis, TN,181-183.
18. Leclercq, P. 1969. Cytoplasmic male sterility in sunflower. Ann Amelior Plant, 19: 99-106.
19. Machikowa, T. and C. Saetang. 2008. Correlation and path coefficient analysis on seed yield in sunflower. Suranaree Journal of Science and Technology, 15: 243-248.
20. Mahmoud, M., E. Hussein, K. Aboelkassem and H. E. Ibrahim. 2020. Graphical presentation of some peanut genotypes by comparing two patterns of biplot analysis. Journal of Plant Production, 11: 697-705.
21. Merrick, L.F., K.D. Glover, D. Yabwalo and E. Byamukama. 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.
22. Moghadasi, M., H. Mazaherilaghab and M. Kakaei. 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).
23. Mohammadi, R. 2019. Genotype by yield* trait biplot for genotype evaluation and trait profiles in durum wheat. Cereal Research Communications, 47: 541-551.
24. Mohammadi, R., H. Dehghani and G. Karimzadeh. 2015. Graphic analysis of trait relations of cantaloupe using the Biplot method. Journal of Plant Production Research, 21: 43-62 (In Persian).
25. Mousavi, S.M.N., C. Bojtor, Á. Illés and J. Nagy. 2021. Genotype by Trait Interaction (GT) in Maize Hybrids on Complete Fertilizer. Plants, 10: 2388.
26. Rahimi, M., H.A. Asadi-Gharneh and N. Sabaghnia. 2019. Evaluation of some traits in local Iranian quince (*Cydonia Oblonga* Miller) genotypes. International Journal of Fruit Science, 19: 397-412.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

27. 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).
28. Rahmati, M., T. Hosseinpour and A. Ahmadi. 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).
29. Rubio, J., J. Cubero, L. Martin, M. Suso and F. Flores. 2004. Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. Euphytica, 135: 217-224.
30. Sabaghnia, N. and M. Janmohammadi. 2016. Biplot analysis of silicon dioxide on early growth of sunflower. Plant Breeding and Seed Science, 73: 87-98
31. Sabaghnia, N., M. Mohebodini and M. Janmohammadi. 2016. Biplot analysis of trait relations of spinach (*Spinacia oleracea* L.) landraces. Genetika, 48: 675-690.
32. SAS, Institute. 2011. SAS/STAT. User's guide. (2nd Ed.). SAS institute Inc., Cary, NC.
33. Sharifi, P. and A.A. Ebadi. 2018. Relationships of rice yield and quality based on genotype by trait (GT) biplot. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 90: 343-356.
34. Sincik, M. and A.T. Goksoy. 2014. Investigation of correlation between traits and path analysis of confectionary sunflower genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 42: 227-231.
35. SPSS, I. 2010. SPSS 19. Users Guide. Chicago, IL., USA.
36. Tsenov, N., T. Gubatov and I. Yanchev. 2020. Genotype selection for grain yield and quality based on multiple traits of common wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications, 13: 1-6.
37. Yan, W. and J. Frégeau-Reid. 2018. Genotype by yield* trait (GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. Scientific Reports, 8: 1-10.
38. Yan, W., J. Frégeau-Reid, N. Mountain and J. Kobler. 2019. Genotype and management evaluation based on Genotype by Yield* Trait (GYT) analysis. Crop Breeding, Genetics and Genomics, 1: 1-21.
39. 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 (In Persian).
40. Zabet, M., A.P.P. Breeding, A.R. Samadzadeh and A. Shorvarzi. 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).
41. Zeynalzadeh tabrizi, H. and M. Ghaffari. 2002. Regresion and path analysis grain and oil yield single cross hybrid sunflower. Crop Research, 6: 41-54 (In Persian).
42. Zhang, Y., S. Zhang and M. Sun. 1996. Method of conversion synthetic maintainer lines into CMS lines in sunflower. Proc. 14th International Sunflower Conference. Bejing, China.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]

Multi-trait Selection in Sunflower Hybrids using Double and Triple Biplots

Amir Gholizadeh, Mehdi Ghafari[2], Asadollah Zarei Siahbidi[3] and Abbas Rezaiezad[4]

1- Assistant Professor of Agricultural and Horticultural Science Research Department, Golestan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran
2- Associate Professor of Oilseeds Research Department, Seedling and Seed Breeding Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran,
(Corresponding author: mghaffari69@gmail.com)
3- Assistant Professor of agricultural and horticultural science research department, Kermanshah Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kermanshah, Iran
4- Associate Professor of Agricultural and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Province Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kermanshah, Iran
Received: 30 July, 2021 Accepted: 30 November, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: The selection of high-yielding genotypes is especially important in sunflower. Therefore, this study was conducted to identify interrelationships between different traits and the selection of the best sunflower hybrids.

Material 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 Kermanshah during 2019-2020. The phonological, morphological characteristics and yield and its 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 × trait (GT) and genotype by yield × trait biplot (GYT) were used to identify interrelationships between different traits and selection of the best sunflower hybrids.

Results: Based on polygon view of GT biplot, the genotypes No. 4 and 11 had good characteristics regarding seed yield. The vector view of GT biplot showed high correlation between seed yield with stem diameter, plant height and seed number per head. Based on average tester coordinate (ATC) view of GYT biplot, the genotypes No. 5, 3 and 4 in terms of all positive yield-trait combinations were recognized as the best genotypes and genotypes No. 7, 13 and 6 as the weakest genotypes. 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. Therefore, it seems that traits of stem diameter, head diameter, plant height and early maturity could be used as a suitable selection criterion for increasing seed yield in sunflower.

Conclusion: Generally, the results indicated that hybrids No. 5, 3 and 4 were recognized as superior hybrids from the point of yield and other agronomic traits. These genotypes have the potential to be used in research-extension trials for introduction as a new cultivar for cultivation in the Kermanshah region. Also, the traits of stem diameter, head diameter, plant height, and early maturity could be used as suitable criterions in selecting for increased seed yield in sunflower breeding programs.

Keywords: Correlation, GYT index, Seed yield, Sunflower

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.29]