

## ارزیابی روابط بین صفات و هیبریدهای جدید آفتابگردان با استفاده از روش تحلیل بای پلات ژنوتیپ - صفت

امیر قلی زاده<sup>۱\*</sup>، مهدی غفاری<sup>۲</sup>، کمال پیغام زاده<sup>۱</sup> و شهریار کیا<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷)

### چکیده

آفتابگردان یک محصول مهم زراعی است که روغن آن ارزش غذایی و اقتصادی بالایی دارد. در این پژوهش برای مطالعه روابط متقابل میان صفات مختلف و هیبریدهای جدید آفتابگردان از روش بای پلات ژنوتیپ-صفت استفاده شد. برای این بررسی، تعداد ۲۴ هیبرید جدید آفتابگردان به همراه رقم گلسا در ایستگاه پژوهش‌های کشاورزی گرگان در قالب طرح لاتیس ساده (۵×۵) با دو تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که صفات وزن هزاردانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، قطر ساقه، طول برگ، عرض برگ و طول دمبرگ همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه داشتند. همچنین همبستگی منفی بین عملکرد دانه با صفات فنولوژیکی و ارتفاع بوته مشاهده شد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهبود عملکرد دانه باعث بهبود همزمان زودرسی و پاکوتاهی می‌شود. بر اساس نمایش چندضلعی بای پلات، ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۱۹ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد بودند. بر اساس بای پلات ژنوتیپ فرضی ایده‌آل، ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۲ و ۱۰ از نظر همه صفات مورد بررسی، بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. همچنین نتایج نشان داد که بیشتر صفات دارای قابلیت تمایز بالایی بوده و توانستند تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها را به خوبی آشکار کنند. صفت قطر ساقه نزدیک‌ترین صفت به صفت ایده‌آل بود و بیشترین تمایز و بیانگری را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، ژنوتیپ ایده‌آل، عملکرد دانه، همبستگی

۱. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی 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

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a.gholizadeh@areeo.ac.ir

## مقدمه

را به صورت تصویری نمایش می‌دهد و ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت را ممکن می‌سازد. این روش همچنین اطلاعاتی ارائه می‌دهد که از طریق آن می‌توان انتخاب غیرمستقیم برای صفت وابسته انجام داد.

در بسیاری از پژوهش‌ها روی گیاهان، از روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت استفاده شده است. یان و رجکان (۳۵) برای ارزیابی روابط متقابل میان صفات در گیاه سویا با به‌کارگیری روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت گزارش کردند که این روش ابزار بسیار قوی برای کاوش در داده‌های چندمتغیره و نمایش گرافیکی داده‌های ژنوتیپ- صفت است. در پژوهشی دیگری محمدی و همکاران (۱۹) برای بررسی روابط متقابل میان صفات در برخی توده‌های طالبی ایرانی از روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت استفاده کردند. صدیق و همکاران (۲۹) از این روش برای بررسی روابط متقابل میان صفات و همچنین ارزیابی، مقایسه و انتخاب ارقام مختلف پنبه از لحاظ چند صفت استفاده کردند. در پژوهشی دیگر بادو-آپراکو و آکینوال (۶) برای بررسی روابط بین صفات و ارزیابی ارقام مختلف ذرت از لحاظ چند صفت از روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت استفاده کردند. از روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت در محصولات دیگر از قبیل کلزا (۱۲) و (۳۸)، گندم نان (۱۴)، اسفناج (۲۷)، توتون (۲۱)، گلرنگ (۷)، برنج (۳۰) و بادام زمینی (۲۲) برای ارزیابی روابط بین صفات و ژنوتیپ‌ها استفاده شده است.

هدف از این مطالعه مقایسه هیبریدهای جدید آفتابگردان از لحاظ چندین صفت و ارزیابی روابط بین صفات مختلف بود.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۲۵ هیبرید جدید آفتابگردان که از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بودند (جدول ۱) در قالب طرح لاتیس ساده (۵×۵) با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۹ در ایستگاه پژوهش‌های کشاورزی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی

آفتابگردان زراعی با نام علمی *Helianthus annuus* L. یک‌ساله از خانواده Asteraceae است که پراکنش اولیه آن آمریکای مرکزی گزارش شده است (۳). آفتابگردان از نظر سطح زیر کشت بعد از سویا، کلزا و بادام زمینی به‌عنوان چهارمین گیاه دانه روغنی در سراسر جهان مطرح است. روغن آفتابگردان به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب 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 راه‌حل‌های مؤثر 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 به مقدار زیادی تحت تأثیر محیط قرار دارد (۱۱). از این‌رو پژوهشگران اصلاح نباتات به‌طور معمول انتخاب به‌طور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح می‌دهند (۱۳ و ۱۶). بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن کارایی برنامه‌های به‌نژادی را از طریق انتخاب شاخص‌های مناسب افزایش می‌دهد. روش‌های زیادی برای بررسی روابط بین صفات مختلف وجود دارد. یان و همکاران (۳۷)، مدل GGEbiplot را مبتنی بر روش رگرسیون مکان (SREG)، برای بررسی بهتر و جامع‌تر ژنوتیپ‌ها و صفات ارائه کردند. در تحلیل بای‌پلات بر اساس صفات که در اصطلاح جی‌تی‌بای‌پلات یا بای‌پلات ژنوتیپ- صفت نامیده می‌شود، ژنوتیپ‌ها به‌عنوان لاین و صفات به‌عنوان تستر در نظر گرفته می‌شوند (۳۶). روش بای‌پلات ژنوتیپ- صفت ابزاری مناسب برای ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ چند صفت است. بنابراین از ژنوتیپ‌های شناسایی شده می‌توان به‌عنوان والد در برنامه‌های به‌نژادی و یا به‌طور مستقیم برای تولید ارقام تجاری استفاده کرد. همچنین تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ- صفت، همبستگی بین صفات

جدول ۱. شماره، نام و یا شجره ژنوتیپ‌های آفتابگردان مورد بررسی

شماره	نام / شجره	شماره	نام / شجره
۱G	RGK15*AGK32	۱۴G	RGK24*AGK2
۲G	RGK15*AGK2	۱۵G	R60*AF196
۳G	RGK15*AGK222	۱۶G	RO54*AO67
۴G	RGK24*AGK58	۱۷G	RO54*AO60
۵G	RGK3*AGK110	۱۸G	RO53*AO67
۶G	RF81-65*AGK38	۱۹G	RO53*AO35
۷G	RF81-65*AGK110	۲۰G	RO53*AO36
۸G	RF81-65*AGK222	۲۱G	RO53*AO42
۹G	RF81-65*AGK370	۲۲G	RGK15*AO67
۱۰G	RGK60*AGK358	۲۳G	RN1-73*AO42
۱۱G	RGK131*AGK370	۲۴G	RO54*AO36
۱۲G	RN1-73*AGK110	۲۵G	گل‌سا
۱۳G	RN1-73*AF81-222		

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

مشخصات خاک	عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)		
	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۰-۲۰
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۴۲	۱/۲۷	۱/۳۵
اسیدیته	۷/۳	۷/۳	۷/۲
کربن آلی (درصد)	۰/۶	۱/۱	۱/۵
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۵
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲	۴/۸	۸/۶
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۰۸	۲۲۰	۳۳۳
رس (درصد)	۳۴	۳۰	۲۸
سیلت (درصد)	۵۲	۵۲	۵۴
شن (درصد)	۱۴	۱۸	۱۸

(۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره)، پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) و فسفر (۲۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع فسفات آمونیوم) به خاک مزرعه افزوده شد. تمام کود سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم و یک سوم کود ازته موقع تهیه زمین و بقیه

و ارتفاع ۵ متر از سطح دریا انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق‌های مختلف خاک محل آزمایش، نمونه برداری مرکب انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شدند (جدول ۲). عملیات خاکورزی مطابق با روش مرسوم انجام شد. کودهای مورد نیاز خاک، شامل نیتروژن

بوته‌های هر کرت) نیز یادداشت‌برداری شد. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های آفتابگردان و نشانه‌های اختصاری و واحد اندازه‌گیری آنها در جدول ۳ نشان داده شده است.

### تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 (۳۴) انجام شد. سپس تحلیل واریانس روی صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ver 9.1 انجام پذیرفت و به منظور بررسی مقایسات میانگین صفات، از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. در ادامه به منظور مطالعه روابط بین صفات مختلف و ژنوتیپ‌ها از روش تحلیل بای‌پلات ژنوتیپ-صفت استفاده شد. در این بررسی ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم با استفاده از نرم‌افزار GGEbiplot صورت گرفت. مدل آماری این روش بر اساس داده‌های استاندارد به صورت زیر است (۳۵):

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \xi_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

در رابطه فوق  $T_{ij}$  ارزش میانگین ژنوتیپ  $i$  ام برای صفت  $j$  ام،  $\bar{T}_j$  ارزش میانگین صفت  $j$  ام روی همه میانگین‌ها،  $S_j$  انحراف معیار صفت  $j$  ام بین میانگین ژنوتیپ‌ها،  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  به ترتیب مقادیر ویژه مؤلفه‌های اصلی اول و دوم،  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$  به ترتیب مقادیر  $PC_1$  و  $PC_2$  برای ژنوتیپ  $i$  ام،  $\tau_{j1}$  و  $\tau_{j2}$  به ترتیب مقادیر  $PC_1$  و  $PC_2$  برای صفت  $j$  ام و  $\varepsilon_{ij}$  باقیمانده مربوط به مدل ژنوتیپ  $i$  ام برای صفت  $j$  ام، را نشان می‌دهند.

### نتایج و بحث

#### تحلیل واریانس

ابتدا سودمندی طرح لاتیس ساده نسبت به طرح بلوک‌های کامل

کود اوره طی دو نوبت یکی بعد از سبز شدن و دیگری در مرحله قبل از غنچه‌دهی پخش شد. در زمان کشت با فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از هم ایجاد شد. در تاریخ ۳۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۹ عملیات کاشت انجام شد. هر کرت شامل ۳ خط کاشت به طول ۳ متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت دستی و با قرار دادن ۳ عدد بذر در هر کپه و به فواصل ۲۵ سانتی‌متر از هم انجام شد. آبیاری به گونه‌ای بود که یک روز بعد از کشت، آبیاری انجام و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه صورت گرفت. تنک کردن بوته‌ها بعد از سبز شدن و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله انجام گرفت.

به منظور ارزیابی صفات گیاهی شامل ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، ارتفاع طبق از سطح زمین (سانتی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر)، طول برگ (سانتی‌متر)، عرض برگ (سانتی‌متر)، تعداد برگ، طول دم‌برگ (سانتی‌متر)، طول دانه (میلی‌متر)، عرض دانه (میلی‌متر)، قطر طبق (سانتی‌متر)، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه (گرم) در پنج بوته از هر ژنوتیپ به طور تصادفی یادداشت‌برداری و میانگین‌گیری شد. پس از رسیدگی محصول، برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، ابتدا ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر خط برای از بین بردن اثر حاشیه حذف شد. در ادامه تمام بوته‌های کرت برداشت شد و پس از خشک شدن کامل، بوته‌ها خرم‌نکوبی شدند و دانه‌های به دست آمده با ترازوی دقیق توزین شد و پس از تبدیل، به عنوان عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. صفات تعداد روز تا سبز شدن (برحسب تعداد روز از زمان کاشت تا سبز شدن بوته‌های کل کرت)، تعداد روز تا غنچه‌دهی (برحسب تعداد روز از زمان کاشت تا غنچه‌دهی ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت)، تعداد روز تا گل‌دهی (برحسب تعداد روز از زمان کاشت تا به گل رفتن ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت)، تعداد روز تا پایان گل‌دهی (برحسب تعداد روز از زمان کاشت تا پایان گل‌دهی بوته‌های کل کرت)، تعداد روز تا رسیدگی (برحسب تعداد روز از زمان کاشت تا رسیدگی ۵۰ درصد از

جدول ۳. حروف اختصاری و واحد اندازه‌گیری صفات آفتابگردان

صفات	علامت اختصاری	واحد اندازه‌گیری
ارتفاع بوته	PH	سانتی‌متر
ارتفاع طبق از سطح زمین	DGH	سانتی‌متر
قطر ساقه	SD	میلی‌متر
طول برگ	LL	سانتی‌متر
عرض برگ	LW	سانتی‌متر
تعداد برگ	LN	-
طول دم‌برگ	PL	سانتی‌متر
تعداد روز تا سبز شدن	DTE	-
تعداد روز تا غنچه‌دهی	DTB	-
تعداد روز تا گل‌دهی	DTF	-
تعداد روز تا پایان گل‌دهی	DTEOF	-
تعداد روز تا رسیدگی	DTR	-
طول دانه	SL	میلی‌متر
عرض دانه	SW	میلی‌متر
قطر طبق	HD	سانتی‌متر
تعداد دانه در طبق	SNPH	-
وزن هزاردانه	TSW	گرم
عملکرد دانه	SY	کیلوگرم در هکتار

نشان داد که اثر ژنوتیپ برای همه صفات مورد بررسی به‌جز تعداد روز تا سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۴) که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی کافی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غنچه‌دهی و تعداد روز تا پایان گلدهی به‌ترتیب با ۰/۹۲، ۱/۳۳، ۱/۵۴ و ۱/۷۸ درصد بود و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات عرض برگ، طول دم‌برگ و وزن هزاردانه به‌ترتیب با ۲۰/۱۷، ۱۶/۸۳ و ۱۵/۱۹ درصد بود (جدول ۴).

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر بر اساس صفات مورد ارزیابی نتایج حاصل از روش بای‌پلات ژنوتیپ-صفت نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۳۱/۵ و ۲۴/۹ درصد و در

تصادفی برای همه صفات محاسبه شد. (جدول ۴). نتایج نشان داد که درصد سودمندی نسبی صفات ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین، قطر ساقه، طول برگ، تعداد برگ، طول دم‌برگ، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا پایان گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، طول دانه، عرض دانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه کمتر از ۱۰۰ بود، بنابراین برای صفات یاد شده تحلیل واریانس به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد (جدول ۴). سودمندی پایین طرح لاتیس ساده، حاکی از یکنواختی در ماده آزمایشی و عدم نیاز به خرد کردن بلوک‌های کامل است. برای صفاتی مانند عرض برگ، تعداد روز تا سبز شدن، تعداد روز تا غنچه‌دهی و عملکرد دانه که درصد سودمندی نسبی آنها بیش از ۱۰۰ بود، میانگین مربعات تیمار و سایر داده‌های متناظر آنها تصحیح شد. نتایج تحلیل واریانس

جدول ۴. نتایج تحلیل واریانس صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های آفتابگردان

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع طبق از سطح زمین	قطر ساقه	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	طول دم‌برگ
تکرار	۱	۲۱۲۰/۴۴	۲۱۰۹/۳۸	۸۹/۰۳	۲۹/۷۷	۷۵/۸۰	۷۷/۱۰	۵/۰۶
ژنوتیپ (تیمار تصحیح نشده)	۲۴	۳۷۹/۷۷**	۹۶۴/۲۴**	۱۲/۸۳*	۳۱/۰۷**	-	۱۴/۲۷**	۲/۷۱**
ژنوتیپ (تیمار تصحیح شده)	۲۴	-	-	-	-	۲۳/۶۸**	-	-
بلوک تصحیح شده درون تکرار	۸	۴۵/۵۳	۹۵/۰۸	۴/۷۰	۳/۰۲	۶/۵۹	۵/۵۷	۰/۳۶
خطای مؤثر	۱۶	-	-	-	-	۳/۸۹	-	-
خطای درون بلوکی	۱۶	۶۳/۷۳	۸۸/۴۹	۵/۹۳	۴/۶۳	۳/۳۵	۴/۴۲	۰/۵۴
خطای بلوک‌های کامل تصادفی	۲۴	۵۷/۶۶	۹۰/۶۹	۵/۵۲	۴/۰۹	۴/۴۲	۴/۸۰	۰/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۱۷	۸/۵۰	۹/۴۵	۱۲/۰۳	۲۰/۱۷	۹/۳۹	۱۶/۸۳
کارایی لاتیس نسبت RCBD		۹۰/۴۸	۹۹/۱۷	۹۳/۱۰	۸۸/۳۹	۱۱۳/۶۴	۹۹/۶۸	۸۹/۰۷

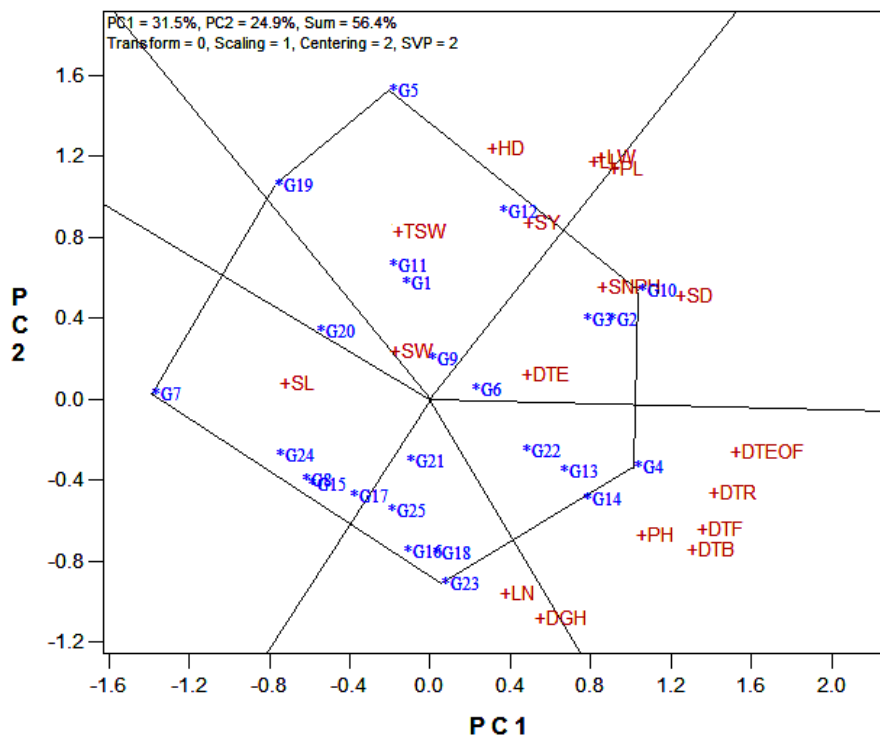
ادامه جدول ۴.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد روز تا سبز شدن	تعداد روز تا غنچه‌دهی	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا پایان گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	طول دانه
تکرار	۱	۰/۰۸	۱۳/۵۲	۳۲/۰۰	۶/۴۸	۱۹/۲۲	۰/۰۰۵
ژنوتیپ (تیمار تصحیح نشده)	۲۴	-	-	۱۲/۵۳**	۴/۹۱**	۵/۳۹**	۰/۷۱**
ژنوتیپ (تیمار تصحیح شده)	۲۴	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۳/۳۹**	-	-	-	-
بلوک تصحیح شده درون تکرار	۸	۰/۴۳	۱/۲۷	۰/۵۳	۱/۶۱	۰/۷۷	۰/۱۹
خطای مؤثر	۱۶	۰/۱۹	۰/۳۴	-	-	-	-
خطای درون بلوکی	۱۶	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۵۵	۱/۲۳	۰/۵۷	۰/۲۶
خطای بلوک‌های کامل تصادفی	۲۴	۰/۲۵	۰/۶۰	۰/۵۴	۱/۳۶	۰/۶۴	۰/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۲	۱/۵۴	۱/۳۳	۱/۷۸	۰/۹۲	۴/۶۴
کارایی لاتیس نسبت RCBD		۱۳۱/۱۸	۱۷۷/۰۰	۹۸/۴۸	۹۸/۲۰	۹۹/۸۰	۹۰/۲۴

ادامه جدول ۴.

منابع تغییرات	درجه آزادی	عرض دانه	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۱	۰/۰۷	۰/۱۴	۸۷۵۰۳	۲۰۴/۷۹	۲۲۶۴۱۹۲
ژنوتیپ (تیمار تصحیح نشده)	۲۴	۰/۵۷*	۱/۵۲*	۲۳۷۸۹**	۱۶۱/۹۹*	-
ژنوتیپ (تیمار تصحیح شده)	۲۴	-	-	-	-	۱۱۶۵۶۲۶**
بلوک تصحیح شده درون تکرار	۸	۰/۳۲	۰/۵۹	۳۱۰۰/۱۲	۵۵/۷۲	۱۴۷۰۷۰
خطای مؤثر	۱۶	-	-	-	-	۱۰۸۲۷۰
خطای درون بلوکی	۱۶	۰/۲۱	۰/۷۵	۸۴۶۱/۶۶	۹۷/۰۲	۹۷۲۹۴
خطای بلوک‌های کامل تصادفی	۲۴	۰/۲۵	۰/۷۰	۶۶۷۴/۴۸	۸۳/۲۵	۱۱۳۸۸۶
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۱۸	۵/۲۴	۱۰/۲۲	۱۵/۱۹	۱۰/۴۰
کارایی لاتیس نسبت RCBD		۹۷/۶۳	۹۳/۰۲	۷۸/۸۸	۸۵/۸۱	۱۰۵/۱۹

ns\* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، RCBD: طرح بلوک‌های کامل تصادفی



شکل ۱. نمایش چندضلعی بای پلات ژنوتیپ‌های آفتابگردان

PH: ارتفاع بوته، DGH: ارتفاع طبق از سطح زمین، SD: قطر ساقه، LL: طول برگ، LW: عرض برگ، LN: تعداد برگ، PL: طول دمبرگ، DTF: تعداد روز تا سبز شدن، DTB: تعداد روز تا غنچه‌دهی، DTE: تعداد روز تا گلدهی، DTEOF: تعداد روز تا پایان گلدهی، DTR: تعداد روز تا رسیدگی، SL: طول دانه، SW: عرض دانه، HD: قطر طبق، SNPH: تعداد دانه در طبق، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه (برای یافتن نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود).

صفحه بای پلات را به ۶ قطاع تقسیم می‌کنند. ژنوتیپ‌های قرار گرفته در هر قطاع، به‌ویژه ژنوتیپ قرار گرفته در رأس چندضلعی از نظر صفات واقع در آن قطاع موفق محسوب می‌شوند. در اینجا هر چه صفات بیشتری در یک قطاع قرار داشته باشند بر موفقیت ژنوتیپ‌های آن قطاع از نظر صفات بیشتری دلالت می‌کند و این می‌تواند موجب موفق بودن بیشتر این ژنوتیپ‌ها در پرفورمنس نهایی یا همان عملکرد ژنوتیپ شود. از این نظر ۲۵ ژنوتیپ آزمایش به ترتیب به ۶ گروه تقسیم شدند. گروه اول با ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ و ۵ قرار گرفته در ۲ رأس چند ضلعی و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۹، ۱۱ و ۱۲ از نظر ۶ صفت شامل قطر طبق، طول برگ، عرض برگ، وزن هزاردانه، عرض دانه و عملکرد دانه موفق بودند. علاوه بر تعداد زیاد صفات واقع در این قطاع، قرار گرفتن صفت عملکرد دانه در

مجموع ۵۶/۴ درصد از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توجیه می‌کنند (شکل ۱). این مقدار به نسبت متوسط نشان‌دهنده پیچیدگی روابط بین صفات و ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی بود. الگوها و روابط اساسی بین صفات به وسیله ترسیم بای پلات مشخص می‌شود (۱۲ و ۲۶). در میان بای پلات‌های ژنوتیپ-صفت، ترسیم چندضلعی با فراهم کردن امکان تجسم و تشخیص الگوها و روابط بین ژنوتیپ‌ها و صفات، به شناسایی ژنوتیپ‌های موفق یا ناموفق از نظر صفات مورد ارزیابی کمک قابل توجهی می‌کند.

بر اساس شکل ۱، شش ژنوتیپ (ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۵، ۱۰، ۴، ۲۳ و ۷) با داشتن بیشترین فاصله از مبدأ بای پلات، در هر رأس شش ضلعی قرار گرفته‌اند. خط‌های مستقیمی که از مبدأ بای پلات به هر ضلع این شش ضلعی عمود می‌شوند

در اینجا ژنوتیپ فرضی ایده‌آل، ژنوتیپی است که از نظر همه صفات مورد ارزیابی از دیگر ژنوتیپ‌های آزمایش برتر بوده و کمترین میزان واریانس را از نظر کل صفات مورد ارزیابی داشته باشد. در خروجی برنامه مکان این ژنوتیپ به صورت یک دایره کوچک روی محور میانگین صفات ژنوتیپ‌ها، معین می‌شود (۳۶). ژنوتیپ‌هایی که به ترتیب کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی دارند، ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر همه صفات مورد بررسی تعیین می‌شوند. از نظر این بای‌پلات (شکل ۲)، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳ و ۱۰ به ترتیب با داشتن کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی، به عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات مورد بررسی در این مطالعه شناسایی شدند. همچنین بر اساس این بای‌پلات ژنوتیپ شماره ۷ با عملکرد ۲۱۷۶ کیلوگرم در هکتار نامطلوب‌ترین ژنوتیپ از نظر همه صفات مورد ارزیابی تعیین شد. مقایسه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل فرضی برای محصولات زراعی مختلف مثل ذرت دانه‌ای (۳۱)، ارزن (۲۸) و گندم نان (۱۵)، بادام زمینی (۲۲) و توتون (۲۱) گزارش شده است.

### روابط متقابل میان صفات

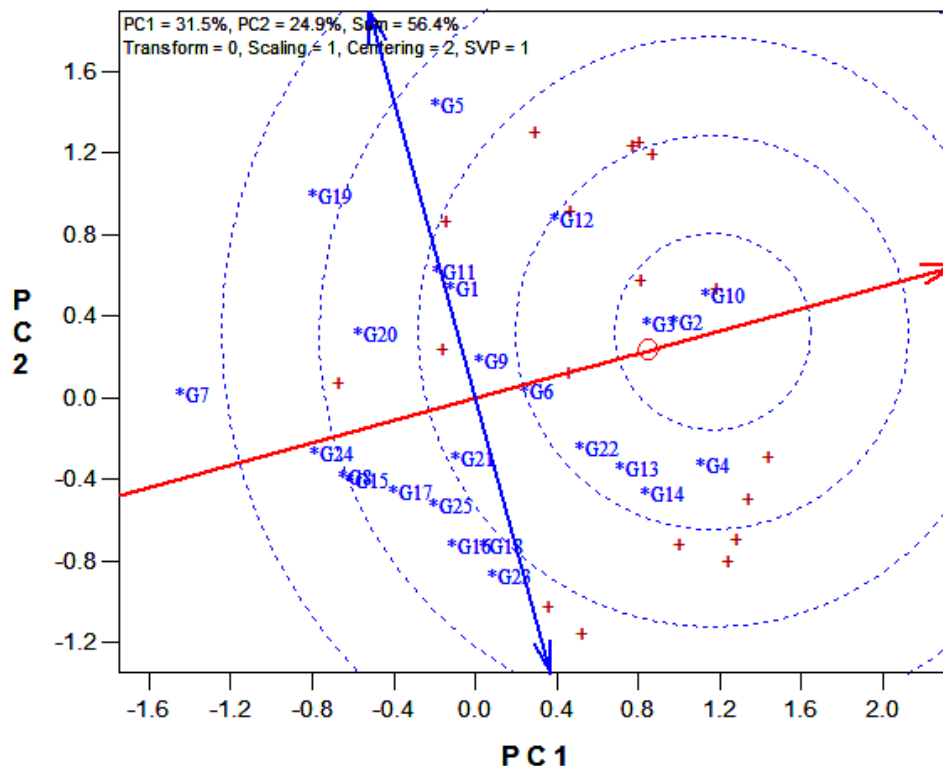
یک روش دیگر برای ترسیم بای‌پلات ژنوتیپ-صفت، نمایش برداری صفات است. بردارهایی که از مبدأ بای‌پلات شروع و جهت آنها نقطه مربوط به مکان هر صفت روی صفحه بای‌پلات است. این بای‌پلات مقدار مناسبی از کل تنوع داده‌های استاندارد شده را توضیح می‌دهد. چون کسینوس زاویه بین بردارهای هر دو صفت ضریب همبستگی بین آنها 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 همبستگی وجود ندارد. بر اساس نمایش برداری بای‌پلات ژنوتیپ-صفت، صفات وزن هزاردانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و قطر ساقه همبستگی مثبتی را با

این قطاع بر موفق بودن ژنوتیپ‌های این گروه از نظر عملکرد دانه دلالت می‌کند. همچنین صفات قرار گرفته در این قطاع یا اجزای عملکرد دانه بودند یا نقش مهمی در میزان فتوسنتز داشتند که این مطلب نیز دلیلی روشن بر موفقیت ژنوتیپ‌های این گروه از نظر صفت مهم عملکرد دانه بود. گروه دوم شامل ژنوتیپ شماره ۴ در رأس و ۳ ژنوتیپ شماره ۱۳، ۱۴ و ۲۲ بود. ژنوتیپ‌های این گروه از نظر ۵ صفت تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا پایان گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته موفق بودند. گروه سوم شامل ژنوتیپ ۱۰ در رأس و ۳ ژنوتیپ ۲، ۳ و ۶ بود. این ژنوتیپ‌ها از نظر ۴ صفت طول دمبرگ، قطر ساقه، تعداد دانه در طبق و تعداد روز تا سبز شدن موفق بودند. گروه چهارم با ژنوتیپ شماره ۲۳ در رأس و ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۸، ۲۱ و ۲۵ از نظر ۲ صفت تعداد برگ و ارتفاع طبق از سطح زمین موفق بودند. گروه پنجم با ژنوتیپ شماره ۷ در رأس و ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۵، ۱۷، و ۲۴ فقط از نظر صفت طول دانه موفق بودند. گروه ششم فقط شامل ژنوتیپ شماره ۲۰ از نظر هیچ یک از صفات مورد ارزیابی موفق نبود. طبیعی است که این ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های گروه ۵ نتوانند از نظر پرفورمنس نهایی یا همان صفت عملکرد دانه چندان موفق نباشند. (شکل ۱). به این ترتیب از نظر این بای‌پلات، ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ و ۵، ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد شناسایی شدند (شکل ۱). در پژوهش‌های دیگری برای ارزیابی و انتخاب ارقام مختلف از لحاظ چند صفت از روش بای‌پلات ژنوتیپ-صفت استفاده شده است و روش یاد شده را ابزاری خیلی قوی برای کاوش در داده‌های چندمتغیره و نمایش گرافیکی داده‌های ژنوتیپ-صفت معرفی کرده‌اند (۱۲، ۱۴، ۲۴، ۲۵ و ۳۶).

### تعیین ژنوتیپ ایده‌آل

کاربرد دیگر روش بای‌پلات، شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از طریق مقایسه همه ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ایده‌آل است (شکل ۲).

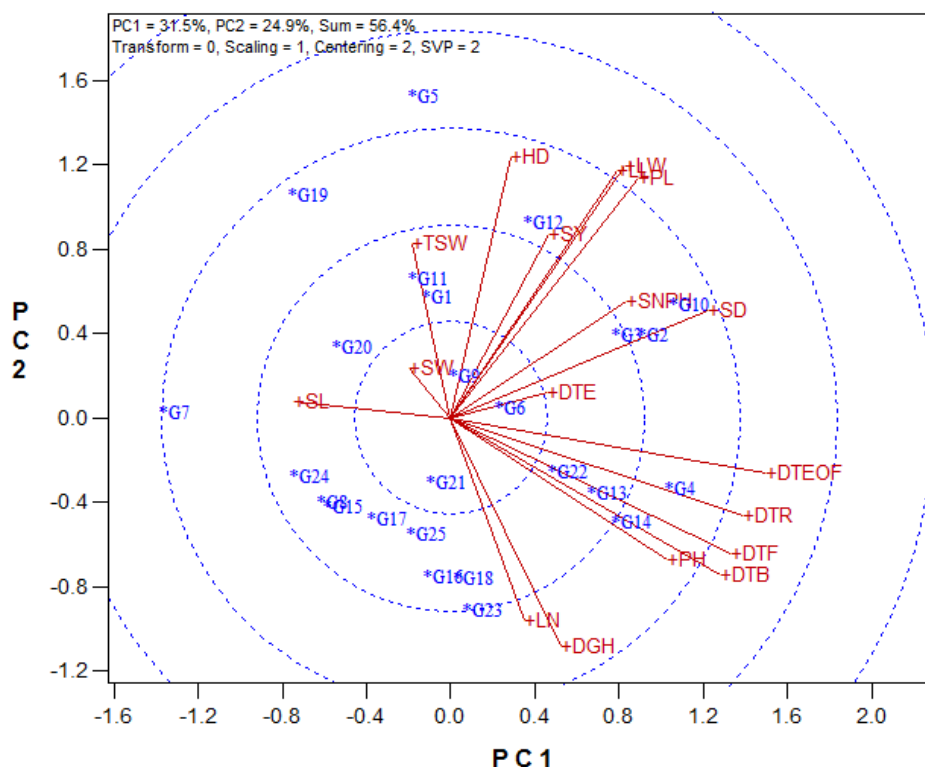




شکل ۲. نمایش بای پلات برای مقایسه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با ژنوتیپ ایده آل در آفتابگردان (برای یافتن نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود).

عملکرد دانه نشان دادند (شکل ۳) که در توافق با یافته‌های سایر پژوهشگران است (۵، ۹، ۱۷ و ۳۹). مثبت بودن ضریب همبستگی قطر ساقه با عملکرد دانه نشانگر آن است که با افزایش قطر ساقه، عملکرد دانه افزایش داشته است. با توجه به اینکه قطر ساقه اندام ذخیره کننده مواد مورد نیاز آفتابگردان است، هر چه قطر ساقه بیشتر باشد مواد غذایی کافی از طریق ساقه به اندام‌های هوایی و دانه رسیده و موجب خواهد شد که تعداد دانه‌های پر افزایش یابد (۴۰)، بنابراین همبستگی مثبت و بالای این صفت با عملکرد دانه، دور از انتظار نیست و این 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 همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۳). صفت قطر طبق انجام داد. بین عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۳). صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه از اجزای عملکرد آفتابگردان محسوب می‌شوند و توارث پذیری به نسبت بالایی دارند، بنابراین گزینش بر اساس این صفات ممکن است راهی مطمئن و سریع برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد. مقدسی و همکاران (۱۸) نیز گزارش کردند که تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه، اجزای اصلی عملکرد دانه آفتابگردان محسوب می‌شوند.

عملکرد دانه نشان دادند (شکل ۳) که در توافق با یافته‌های سایر پژوهشگران است (۵، ۹، ۱۷ و ۳۹). مثبت بودن ضریب همبستگی قطر ساقه با عملکرد دانه نشانگر آن است که با افزایش قطر ساقه، عملکرد دانه افزایش داشته است. با توجه به اینکه قطر ساقه اندام ذخیره کننده مواد مورد نیاز آفتابگردان است، هر چه قطر ساقه بیشتر باشد مواد غذایی کافی از طریق ساقه به اندام‌های هوایی و دانه رسیده و موجب خواهد شد که تعداد دانه‌های پر افزایش یابد (۴۰)، بنابراین همبستگی مثبت و بالای این صفت با عملکرد دانه، دور از انتظار نیست و این 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 همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۳). صفت قطر طبق انجام داد. بین عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۳). صفت قطر طبق انجام داد. بین عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل ۳). صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه از اجزای عملکرد آفتابگردان محسوب می‌شوند و توارث پذیری به نسبت بالایی دارند، بنابراین گزینش بر اساس این صفات ممکن است راهی مطمئن و سریع برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد. مقدسی و همکاران (۱۸) نیز گزارش کردند که تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه، اجزای اصلی عملکرد دانه آفتابگردان محسوب می‌شوند.



شکل ۳. نمایش برداری بای پلات ژنوتیپ‌های آفتابگردان

PH: ارتفاع بوته، DGH: ارتفاع طبق از سطح زمین، SD: قطر ساقه، LL: طول برگ، LW: عرض برگ، LN: تعداد برگ، PL: طول دمبرگ، DTF: ارتفاع بوته، DTB: تعداد روز تا سبز شدن، DTE: تعداد روز تا گلدهی، DTEOF: تعداد روز تا پایان گلدهی، DTR: تعداد روز تا رسیدگی، SL: طول دانه، SW: عرض دانه، HD: قطر طبق، SNPH: تعداد دانه در طبق، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه (برای یافتن نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود).

رسیدگی همبستگی‌های مثبتی وجود داشت (شکل ۳) که موافق با یافته‌های نبی‌پور و همکاران (۲۰)، رانی و همکاران (۲۳)، عابدینی اسفهلانی (۱) و بارایسا و همکاران (۸) بود. همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین صفات فنولوژیکی و صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین و قطر ساقه نشان می‌دهد که بوته‌های بلندتر طول دوره رویشی بیشتری داشته‌اند، که در توافق با گزارش ابوالقاسمی و همکاران (۲)، ضیائی‌فرد و درویش‌زاده (۴۱) و سینگ و چندر (۳۳) است. در آفتابگردان، ژنوتیپ‌هایی که طول دوره رویشی بیشتری دارند به‌طور معمول بلندتر از بقیه ژنوتیپ‌ها می‌شوند، چرا که طویل شدن بوته‌ها تا زمان گلدهی ادامه می‌یابد (۱۰). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین قطر ساقه و صفات فنولوژیکی

مثبت بودن همبستگی عملکرد دانه با صفات طول برگ، عرض برگ و طول دمبرگ (شکل ۳) نیز نشانگر آن است که با افزایش شاخص سطح برگ آفتابگردان، عملکرد دانه نیز افزایش داشته است. با توجه به اینکه دانه، حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی مانند برگ است، بنابراین همبستگی مثبت و بالای این صفات با عملکرد دانه، دور از انتظار نیست و این نشان می‌دهد که برای داشتن عملکرد دانه بالا، به گیاهانی با شاخص سطح برگ مناسب، نیاز است. در پژوهش‌های دیگری همبستگی مثبت بین صفات طول برگ، عرض برگ و طول دمبرگ با عملکرد دانه در آفتابگردان گزارش شده است (۲، ۳۹ و ۴۱) که در توافق با پژوهش حاضر بود. بین صفات تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا پایان گل‌دهی و تعداد روز تا

ندارند، نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ژنوتیپ‌ها ارائه کنند. بررسی نمودار بای‌پلات (شکل ۳) نشان داد که در میان صفات مورد مطالعه، صفات قطر طبق، طول برگ، عرض برگ، طول دم‌برگ، قطر ساقه، تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا پایان گل‌دهی، ارتفاع بوته و ارتفاع طبق از سطح زمین قدرت تمایز بیشتری داشتند و می‌توانند در آزمایش‌های بررسی ارقام در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تمایز مطلوبی ایجاد کنند. از نمودار بای‌پلات همبستگی صفات به منظور ارزیابی ارتباط صفات در بادام زمینی (۲۲) و توتون (۲۱) نیز استفاده شده است.

### تعیین صفت ایده‌آل

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم نمودار بای‌پلات صفات، میزان بیانگری یا نمایندگی صفات مورد مطالعه است. صفات را بر مبنای فاصله آنها از صفت ایده‌آل فرضی رتبه‌بندی می‌کنند. صفت ایده‌آل فرضی صفتی است که دارای بیشترین قابلیت بیانگری و تمایز بوده و از نظر مکانی در مرکز دوار متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد (۳۶). زاویه بین بردار هر صفت و محور مختصات صفت متوسط (محور افقی) شاخصی برای تشخیص میزان بیانگری یک صفت است. هر چه این زاویه کوچک‌تر باشد میزان بیانگری بیشتر بوده و صفت مورد نظر نماینده بهتری از صفات مورد مطالعه خواهد بود. اگر صفات مورد مطالعه، نماینده خوبی برای تشخیص و ارزیابی ژنوتیپ‌ها نباشند، ممکن است اطلاعات گمراه‌کننده‌ای درباره ژنوتیپ‌های مورد آزمایش ارائه دهند. بنابراین، یک صفت ایده‌آل صفتی است که می‌تواند به‌عنوان نماینده بقیه صفات آزمایش باشد و نیز دارای بیشترین توانایی تمایز ژنوتیپ‌ها است (۲۲). در این بررسی صفت قطر ساقه نزدیک‌ترین صفت به صفت ایده‌آل فرضی بوده (شکل ۴) و به دلیل داشتن طول بردار بلندتر که بیانگر توانایی تمایز خوب و نیز قدرت نمایندگی بیشتر است، به‌عنوان صفت مطلوب برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر آفتابگردان معرفی می‌شود.

نشان می‌دهد که بوته‌های تنومندتر که ذخیره بیشتری دارند، طول دوره گل‌دهی بیشتری دارند که مطابق با گزارش برت و همکاران (۱۰) است.

منفی بودن همبستگی عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته و ارتفاع طبق از سطح زمین (شکل ۳) نیز بیانگر این مطلب است که با کاهش ارتفاع بوته آفتابگردان، عملکرد دانه نیز افزایش داشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن عملکرد دانه بالا، به بوته‌هایی با ارتفاع کم، نیاز است. با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد که بهبود عملکرد دانه از طریق کاهش ارتفاع بوته عملی بوده که نتیجه آن انتقال بیشتر مواد به بخش زایشی (دانه‌ها) نسبت به بخش رویشی است. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های پاکوتاه برداشت مکانیزه را آسان می‌کنند. همچنین با توجه به همبستگی منفی بین تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی با عملکرد دانه (شکل ۳) می‌توان احتمال داد که با کاهش دوره رسیدگی، عملکرد دانه گیاه افزایش داشته است. با توجه به بارندگی و رطوبت آخر فصل در نقاط شمال کشور و با توجه به همبستگی منفی صفات فنولوژیکی با عملکرد دانه آفتابگردان، می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا باید به‌دنبال توسعه ژنوتیپ‌های زودرس بود. از طرفی زودرسی هزینه‌های تولید را به‌علت کوتاه شدن طول دوره کاشت، کاهش می‌دهد. همچنین کاهش طول دوره برداشت محصول تأثیر مثبت در سیستم تولید محصول دارد. با توجه به این موضوع می‌توان صفت زودرسی را به‌عنوان یک شاخص انتخاب مستقل در جهت به‌نژادی ارقام مختلف آفتابگردان در نظر گرفت.

ویژگی مهم دیگر در نمودار برداری ژنوتیپ-صفت، طول بردار مربوط به هر صفت است. طول بردار هر صفت، انحراف معیار درونی آن را نشان می‌دهد که این انحراف معیار توانایی تمایز صفت را نشان می‌دهد (۳۶). صفات‌های با طول بردار بلندتر دارای انحراف معیار بیشتر و در نتیجه قابلیت تمایز بیشتری هستند. یکی از ویژگی‌های مهم هر صفت، قابلیت تمایز آن صفت است به‌طوری که صفات‌هایی که قابلیت تمایز خوبی

## نتیجه گیری کلی

برای داشتن ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا باید به دنبال توسعه ژنوتیپ‌های زودرس و پاکوتاه بود. همچنین نتایج نمایش چندضلعی بای‌پلات نشان داد که در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۱۹ مطلوب‌ترین و مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد بودند. بر اساس بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل فرضی نیز ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۲، و ۱۰ به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات مورد بررسی در این مطالعه شناسایی شدند. همچنین بر اساس نتایج نمودار بای‌پلات صفت ایده‌آل، صفت قطر ساقه بیشترین تمایز و بیانگری را نشان داده و برای انجام بررسی‌های مقایسه ژنوتیپ‌های آفتابگردان به‌عنوان مناسب‌ترین صفت شناسایی شد.

در این مطالعه برای بررسی روابط متقابل میان صفات و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ چند صفت در آفتابگردان از روش بای‌پلات ژنوتیپ-صفت استفاده شد. نتایج نشان داد که این روش از طریق رسم نمودارهای دوبعدی، ابزاری مناسب برای بررسی روابط متقابل میان صفات و همچنین ارزیابی، مقایسه و انتخاب ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان از لحاظ چند صفت بود. نمایش برداری ژنوتیپ-صفت نشان داد که صفات وزن هزار دانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، قطر ساقه، طول برگ، عرض برگ و طول دمبرگ همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند. با توجه به همبستگی منفی بین صفات فنولوژیکی (تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی) و ارتفاع بوته با عملکرد دانه، می‌توان نتیجه گرفت که

## منابع مورد استفاده

1. 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 Farsi).
2. Abolghasemi, Z., R. Darvishzadeh, H. Kazemi, S. Besharat and M. Bayat. 2015. Genetic diversity of oily sunflower lines and sequential path analysis based on seed yield and agronomic characters. *Modares Journal of Biotechnology* 6: 30-40. (In Farsi).
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 Farsi).
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. Badu-Apraku, B. and R. Akinwale. 2011. Cultivar evaluation and trait analysis of tropical early maturing maize under *Striga*-infested and *Striga*-free environments. *Field Crops Research* 121: 186-194.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Bert, P. F., I. Jouan, D. T. De Labrouhe, F. Serre, J. Philippon, P. Nicolas and F. Vear. 2003. Comparative genetic analysis of quantitative traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). 2. Characterisation of QTL involved in developmental and agronomic traits. *Theoretical and Applied Genetics* 107: 181-189.
11. Brandle, J. and P. McVetty. 1989. Heterosis and combining ability in hybrids derived from oilseed rape cultivars and inbred lines. *Crop Science* 29: 1191-1194.
12. Dehghani, H., H. Omidi and N. Sabaghnia. 2008. Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. *Agronomy Journal* 100: 1443-1449.

13. Falconer, D. S., T. F. C. Mackay and R. Frankham. 1996. Introduction to Quantitative Genetics (4th edn). Longman, Harlow, UK.
14. Gholizadeh, A. and H. Dehghani. 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.
15. Jafari, T. and E. Farshadfar. 2018. Stability analysis of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) by GGE biplot. *Cereal Research* 8: 199-208. (In Farsi).
16. Kearsey, M. J. and H. S. Pooni. 1996. The Genetic Analysis of Quantitative Traits. Stanley Thornes Ltd., Cheltenham, Great Britain.
17. 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.
18. Moghadasi, M., H. Mazaherilaghbab 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 Farsi).
19. 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 Farsi).
20. Nabipour, A., S. B. Yazdi and A. Sarrafi. 2005. Genetic analysis of important agronomic traits and their interrelationships in sunflowers using recombinant inbred lines. *Iranian Journal of Field Crop Science* 36: 647-658. (In Farsi).
21. Porkabiri, Z., N. Sabaghnia, R. Ranjbar and H. H. Maleki. 2019. Morphological traits and resistance to Egyptian broomrape weed (*Orobanche aegyptiaca* Pers.) in tobacco under greenhouse condition. *Australian Journal of Crop Science* 13: 287-293.
22. 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.
23. Rani, M., O. Sheoran, R. Sheoran and S. Chander. 2017. Genetic variability, character association and path analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Annals of Agri-Bio Research* 22: 31-35.
24. 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.
25. Sabaghnia, N. and M. Janmohammadi. 2016. Biplot analysis of silicon dioxide on early growth of sunflower. *Plant Breeding and Seed Science* 73: 87-98.
26. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S. H. Sabaghpour. 2008. Graphic analysis of genotype by environment interaction for lentil yield in Iran. *Agronomy Journal* 100: 760-764.
27. Sabaghnia, N., M. Mohebodini and M. Janmohammadi. 2016. Biplot analysis of trait relations of spinach (*Spinacia oleracea* L.) landraces. *Genetika* 48: 675-690.
28. Saleem, R., M. Ashraf, I. A. Khalil, M. A. Anees, H. I. Javed and A. Saleem. 2016. GGE Biplot: stability a windows based graphical analysis of yield stability and adaptability of millet cultivars across Pakistan. *Academia Journal of Biotechnology* 4(5): 186-193.
29. Sedigh, S., M. Zabet, M. G. Ghaderi and A. R. Samadzadeh. 2016. Identification of superior varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under drought stress and normal conditions using GGE Biplot and GT Biplot method in Birjand. *Journal of Crop Breeding* 19: 134-144.
30. 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.
31. Shiri, M. R. and T. Bahrampour. 2015. Genotype× environment interaction analysis using GGE biplot in grain maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation conditions. *Cereal Research* 5: 83-94. (In Farsi).
32. 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.
33. Singh, V. K. and S. Chander. 2018. Correlation analysis for seed yield and its component traits in sunflower. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7: 2299-2301.
34. SPSS, I. 2010. SPSS 19. Users Guide. Chicago, IL., USA.
35. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42: 11-20.
36. Yan, W. and M. S. Kang. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 273p.
37. Yan, W., L. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science* 40: 597-605.
38. 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 Farsi).
39. 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 Farsi).
40. Zeynalzadeh Tabrizi, H. and M. Ghaffari. 2002. Regression and path analysis grain and oil yield single cross hybrid sunflower. *Crop Research* 6: 41-54. (In Farsi).
41. Ziaiefard, R. and R. Darvishzadeh. 2016. Association mapping and sequential path model for studying interrelationships among yield and related characters in confectionery sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Breeding* 8: 162-153. (In Farsi).

## Evaluation of Relationships between Traits and New Sunflower Hybrids Using Genotype-Trait Biplot Analysis Method

A. Gholizadeh<sup>1\*</sup>, M. Ghaffari<sup>2</sup>, K. Payghamzadeh<sup>1</sup> and Sh. Kia<sup>1</sup>

(Received: January 09-2021; Accepted: February 17-2021)

### Abstract

Sunflower is an important crop that its oil has high nutritional and economic value. In this study, genotype-trait biplot method was used to study interrelationships between different traits and new sunflower hybrids. For this study, 24 new sunflower hybrids along with Golsa cultivar were evaluated in a simple lattice design with two replications in Gorgan Agriculture Research Station, Gorgan, north of Iran, during 2020 cropping season. The results showed that thousand seed weight, head diameter, seed number per head, stem diameter, leaf length, leaf width and petiole length had a positive correlation with seed yield. Also, a negative correlation was observed between seed yield and phenological traits and plant height. Therefore, it can be concluded that improving seed yield may simultaneously lead to improve in the early maturity and dwarfism. Based on biplot polygon view, the genotypes No. 5 and 19 had superior characteristics in terms of seed yield and its attributes. Also, based on a hypothetical ideal genotype biplot, the genotypes No. 3, 2 and 10 outranked the other genotypes in terms of all examined traits. A majority of the examined traits had high discriminating ability and were able to show differences between genotypes. The stem diameter was the nearest trait to an ideal trait and, therefore, it has the highest discriminating ability and representativeness.

**Keywords:** Sunflower, Ideal genotype, Seed yield, Correlation.

- 
1. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
  2. Associate Professor, Oil Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- \*: Corresponding Author, Email: a.gholizadeh@areeo.ac.ir