Plant Production and Genetics
Vol. 3, No. 2, Autumn & Winter 2022, p. 163-172

تولید و ژنتیک گیاهی
جلد ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، صفحه ۱۷۲-۱۶۳

DOI: 10.34785/J020.2022.003

مقاله پژوهشی

بررسی گرافیکی ژنوتیپ‌های چاودار (*Secale cereale* L.) بر اساس عملکرد دانه و سایر ویژگی‌های ریخت‌شناسی

خدیجه نایبی آقبلاغ[۱]، ناصر صباغ‌نیا*[۲]، محسن جانمحمدی[۲]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

چکیده

در این تحقیق تنوع ژنتیکی ۲۲ لاین و ژنوتیپ مختلف چاودار بر اساس صفات زراعی و ریخت‌شناسی در شرایط آب و هوایی مراغه مورد ارزیابی قرار گرفت. اولین و دومین مؤلفه اصلی تجزیه GGE بای‌پلات به‌ترتیب ۴۵ و ۲۵ درصد (در مجموع ۷۰ درصد) تغییرات کل را توجیه کردند. نمودار چندضلعی نشان داد شش ژنوتیپ رأس برتر وجود داشت که شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۷، ۳، ۱، ۲۲، ۱۷ و ۴ بودند. ژنوتیپ ۱۷ در صفات وزن هزار دانه و طول ریشک برتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود، درحالی‌که در صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن سنبله، طول آخرین میان‌گره، وزن دانه سنبله و عملکرد دانه، ژنوتیپ ۲۲ برتر بود. بر اساس نمودار برداری بای‌پلات، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات عملکرد دانه با وزن دانه در سنبله، قطر ساقه با وزن آخرین میان‌گره، وزن هزار دانه با وزن آخرین میان‌گره، و وزن هزار دانه با طول ریشک چاودار وجود داشت. نمودار ژنوتیپ ایده‌آل بای‌پلات، ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۹ و ۱۹ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس تمام صفات اندازه‌گیری‌شده شناسایی نمود. در تجزیه GGE بای‌پلات جداگانه، اجزای عملکرد به‌طور دقیق‌تر بررسی شده و مشخص گردید عملکرد دانه با صفات وزن دانه در سنبله و وزن سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، درحالی‌که با صفات تعداد سنبلچه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی نداشت. برای اصلاح عملکرد دانه چاودار، صفات وزن دانه در سنبله، وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله اهمیت بیشتری دارد و بهتر است در تعریف شاخص‌های گزینشی مورد استفاده قرار گیرند.

کلیدواژگان: بای‌پلات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، غلات، همبستگی فنوتیپی

* ایمیل نویسنده مسئول: sabaghnia@maragheh.ac.ir

مقدمه

اولین قدم برای ارزیابی میزان تفاوت ژنتیکی و دامنه تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف چاودار و نیز برنامه‌ریزی هدفمند برای کارهای اصلاحی، اطلاع از تنوع ژنتیکی و روابط بین ژنوتیپ‌های مختلف است. وجود تنوع ژنتیکی و گزینش صفات هدف، دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی بوده و انجام گزینش منوط به وجود تنوع است. برای بهره‌مندی از تنوع موجود و ایجاد تغییرات جدید، ارزیابی ذخایر ژرم‌پلاسم ضروری به نظر می‌رسد (Sabaghnia *et al.*, 2015). منابع ژنتیکی، تأمین‌کننده ژن‌های مطلوب هستند که در صورت بهره‌برداری صحیح از آن‌ها می‌توان ارقام جدید و مطلوب را تولید نمود. تنوع فنوتیپی، وجود تفاوت فیزیکی قابل‌مشاهده در یک جمعیت است و شامل اجزای ژنتیکی و محیطی می‌باشد. مشابه سایر غلات، افزایش عملکرد یکی از اهداف به‌نژادی چاودار (*Secale cereale* L.) است ولی عملکرد، صفت پیچیده‌ای است که علاوه بر ژنوتیپ، تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. در برنامه‌های به‌نژادی غلات با استفاده از اجزای مهم عملکرد، می‌توان به اثرات ژنی صفات مختلف پی برد و در جهت افزایش عملکرد برنامه‌ریزی نمود (Leilah and Khateeb, 2005). اگرچه تحقیقات زیادی در مورد روابط بین صفات و تنوع ژنتیکی چاودار انجام نگرفته است ولی تحقیقات مشابهی در خصوص سایر غلات دانه‌ریز از قبیل گندم و جو وجود دارد. در پژوهشی که به‌منظور بررسی تنوع بین صفات پدیده‌شناختی و ریخت‌شناسی گندم دوروم (*Triticum durum*) انجام شد، تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌ها برای صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد پنجه، طول سنبله، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، تعداد سنبلچه در سنبله، طول ریشک، شاخص برداشت، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله و اندازه قطر سنبله مشاهده گردید (Aghaei *et al.*, 2015). همچنین، در بررسی صفات زراعی گندم در مناطق دیم سردسیر، تعداد ۹۳۵ ژنوتیپ گندم در شرایط دیم مراغه مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (Roostaii, 2000).

روش‌های آماری مختلفی برای بررسی تنوع صفات اندازه گیری‌شده در چندین ژنوتیپ ابداع شده است که معمولاً آن‌ها را به دو گروه پارامتری و ناپارامتری تقسیم می کنند. روش‌های پارامتری خود به دو گروه یک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. یکی از روش‌های مرسوم چندمتغیره در تجزیه داده‌ها، روش چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مبتنی بر روش آماری ریشه راکد منفرد است که در بیشتر مطالعات اصلاح نباتات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yan *et al.*, 2000). روش گرافیکی بای‌پلات برای اولین بار توسط گابریل (Gabriel, 1971) برای آماردانان مطرح گردید و سپس توسط سایر محققین برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایشات ناحیه‌ای عملکرد و تجزیه پایداری توسعه یافت (Kempton, 1984; Zoble *et al.*, 1988). با تلفیق روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و روش گرافیکی بای‌پلات، روشGGE بای‌پلات بر مبنای مجموع اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پیشنهاد شده است (Yan *et al.*, 2000). به نظر می‌رسد برای ارزیابی مناسب آزمایشات ناحیه‌ای عملکرد، بهتر است به صورت هم‌زمان از اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط استفاده گردد، درحالی‌که روش‌های آماری مشابه از قبیل روش امی[1]تنها اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را مورد توجه قرار می‌دهند.

با استفاده از این روش برای تجزیه و تحلیل داده‌های صفات چندین ژنوتیپ سویا مشخص شد که این روش می‌تواند روابط بین صفات سویا را به‌صورت گرافیکی نشان داده و ثابت نماید که راهبرد اصلاح عملکرد سویا (*Glycine max*)، گزینش در نسل‌های اولیه است (Yan and Rajcan, 2002). همچنین در بررسی صفات اندازه‌گیری‌شده باقلای مصری مشخص شده است که روش GGE بای‌پلات می‌تواند ژنوتیپ‌های مختلف را بر اساس منشأ جغرافیایی طبقه‌بندی نماید (Rubio *et al.*, 2004). هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و صفت به روش گرافیکی GGE بای‌پلات در ژنوتیپ‌های چاودار، شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه چاودار، بررسی روابط بین صفات و هم‌چنین شناسایی ژنوتیپ‌های برتر است.

[1] AMMI

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این مطالعه شامل ۲۲ ژنوتیپ چاودار بود که از بین ۶۴ ژنوتیپ دریافتی از بخش بانک ژن مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی و گیاهان زراعی (IPK)گاترزلبن آلمان[1] بر اساس تجزیه خوشه‌ای انتخاب شده و مشخصات آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. طرح آزمایشی مورد استفاده لاتیس ساده با دو تکرار بود. این تحقیق در منطقه دیم سردسیر مراغه با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۲۶ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۲۹ متر انجام گردید. پس از انجام شخم در پاییز ۵۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم استفاده شد. هر ژنوتیپ در شش خط ۳ متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر (۴/۵ مترمربع) کشت شد. عملیات زراعی لازم طبق عرف منطقه انجام گردید. پس از برداشت، از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شده و صفات ارتفاع گیاه، طول آخرین میان‌گره، طول سنبله، طول ریشک، قطر ساقه، وزن کاه سنبله، وزن سنبله، وزن دانه سنبله، وزن آخرین میان‌گره، تعداد سنبلچه در سنبله، طول دانه، قطر دانه، تعداد دانه در سنبله، طول برگ پرچم در آن‌ها اندازه‌گیری گردید. صفات مرتبط با طول و ارتفاع توسط خط‌کش و صفات قطر ساقه، طول بذر و قطر بذر توسط کولیس اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه نیز با اندازه‌گیری ۳ نمونه‌ی تصادفی بذر از هر کرت تعیین گردید. عملکرد دانه نیز با حذف اثر حاشیه‌ی کرت‌ها، از ردیف‌های وسطی (چهار ردیف با طول ۲ متر) اندازه‌گیری گردید. صفات عملکرد دانه در کرت، وزن سنبله، وزن دانه‌ی سنبله، وزن کاه سنبله و وزن هزار دانه توسط ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- نام و منشأ ژنوتیپ‌های چاودار مورد مطالعه

شماره	کد	نام	منشأ
G1	R1248	Kombajnija	USSR
G2	R1252	Saskatoon	Canada
G3	R1255	DSV	Poland
G4	R1262	M 8 a	Poland
G5	R1264	Otello	Sweden
G6	R1265	Kungs II	Sweden
G7	R1268	Balbo Rye	USA
G8	R1274	Bezencukskaja	USSR
G9	R1282	Cadi	Swiss
G10	R1286	Centrene	Canada
G11	R1288	B VIII/3	Poland
G12	R1294	Chrysanth	Austria
G13	R1486	Jo 028 Tetra	Finland
G14	R1494	St. Finnland	Finland
G15	R1497	St. Ungarn	Hungry
G16	R1508	Schwedische	Sweden
G17	R1565	Anatolien	Turkey
G18	R1590	Norsk Graerug	Norway
G19	R1731	K 6412	Russia
G20	R1839	Beaulieu	France
G21	R214	Antelope	Canada
G22	R554	unknown	Afghanistan

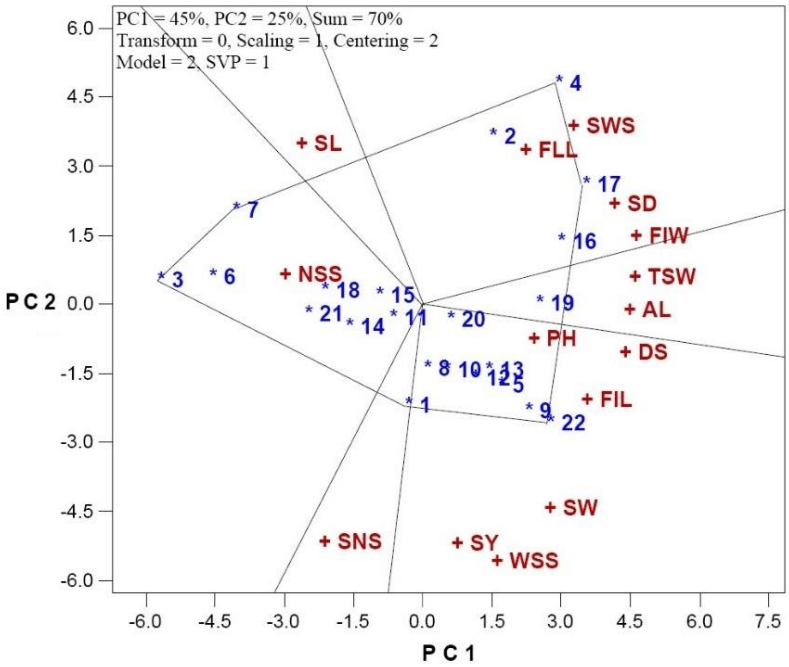
برای برازش مدل بای‌پلات از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\frac{\alpha_{ij}-\beta_j}{\sigma_j}=\sum_{n=1}^{2}\lambda_n\xi_{in}\eta_{jn}+\varepsilon_{ij}=\sum_{n=1}^{2}\xi^*_{in}\eta^*_{jn}+\varepsilon_{ij}$$

در این رابطه α_{ij} میانگین ژنوتیپ iاُم در صفت jاُم، β_j متوسط صفت jاُم در تمام ژنوتیپ‌ها ، σ_j انحراف استاندارد صفت jاُم در تمام ژنوتیپ‌ها، λ_n مقدار ویژه مؤلفه اصلی nاُم، ξ_{in} و η_{jn} به ترتیب نمرات ژنوتیپ iاُم و صفت jاُم در مؤلفه اصلی nاُم (PCn) و ε_{ij} باقی‌مانده مدل به ازای ژنوتیپ iاُم و صفت jاُم می‌باشد. برای مقیاس‌بندی متقارن نمرات ژنوتیپ‌ها و صفات، مقادیر ویژه λ_n با بردار ویژه ξ_{in} برای

[1] Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany

ژنوتیپ‌ها و بردار ویژه η_{jn} برای ژنوتیپ‌ها تصحیح می‌گردد و مقادیر $\xi_{in}^{*}=\xi_{in}\lambda_{n}^{0.5}$ و $\eta_{jn}^{*}=\eta_{jn}\lambda_{n}^{0.5}$ حاصل می‌شود و با توجه به وجود دو محور، تنها دو مؤلفه اصلی در مدل باقی‌مانده و بقیه تغییرات به‌عنوان نویز و باقی‌مانده مدل لحاظ می‌گردد. برای رسم نمودارهای این مطالعه از نرم‌افزار GGEbiplot استفاده گردید (Yan *et al.*, 2000).



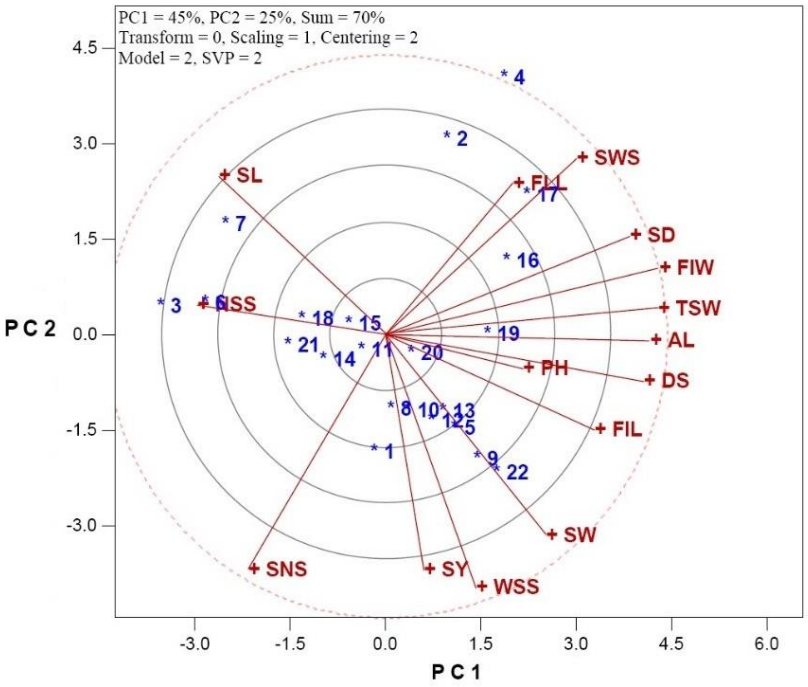
شکل ۱- نمودار چندضلعی بای‌پلات برای نمایش ژنوتیپ‌های رأسی چاودار و گروه‌بندی صفات

علائم اختصاری عبارتند از: ارتفاع گیاه (PH)، طول آخرین میان‌گره (FIL)، طول سنبله (SL)، طول ریشک (AL)، قطر ساقه (SD)، وزن کاه سنبله (SWS)، وزن سنبله (SW)، وزن دانه سنبله (WSS)، وزن آخرین میان‌گره (FIW)، تعداد سنبلچه در سنبله (NSS) قطر دانه (DS)، تعداد دانه در سنبله (SNS)، طول برگ پرچم (FLL)، وزن هزار دانه (TSW) و عملکرد دانه (SY)

نتایج و بحث

تجزیه‌ی بای‌پلات الگوی ژنوتیپ در صفت داده‌های چاودار نشان داد دو مؤلفه‌ی اول در مجموع ۷۰ درصد (اولین مؤلفه حدود ۴۵ درصد و دومین مؤلفه حدود ۲۵ درصد) تغییرات مشاهده‌شده را توجیه نمودند (شکل ۱). نمودار چندضلعی روش بای‌پلات نشان از وجود شش ژنوتیپ رأسی بود که شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۷، ۳، ۱، ۲۲، ۱۷ و ۴ می‌باشند. این ژنوتیپ‌ها در هر بخش از چندضلعی، برترین ژنوتیپ‌ها بودند. این برتری شامل برتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های هر بخش و هم‌چنین نسبت به صفات هر بخش بود. ژنوتیپ ۴ در صفات وزن کاه سنبله، طول برگ پرچم، قطر ساقه و وزن آخرین میان‌گره برتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود درحالی‌که ژنوتیپ ۱۷ در صفات وزن هزار دانه و طول ریشک برتر بود (شکل ۱). در صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن سنبله، طول آخرین میان‌گره، وزن دانه سنبله و عملکرد دانه، ژنوتیپ رأس ژنوتیپ ۲۲ بود. ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۷ به‌ترتیب در صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و طول سنبله برتر بودند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های داخل هر بخش نیز از نظر صفات مربوط به آن بخش برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند ولی این برتری نسبت به ژنوتیپ رأس هر بخش وجود نداشت. به عنوان مثال، در بخشی که ژنوتیپ رأس آن ژنوتیپ ۲۲ است ژنوتیپ‌های ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۲۰ نیز وجود دارند که در صفات مربوطه برتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشند ولی در هر حال برترین ژنوتیپ در این گروه، ژنوتیپ رأس یا ژنوتیپ ۲۲ است. بنابراین، از گروه‌بندی فوق می‌توان در جهت برنامه‌های اصلاحی صفات هدف استفاده نمود. به‌عنوان نمونه، برای بهبود عملکرد دانه چاودار می‌توان از ژنوتیپ‌های ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۲۰ و ۲۲ بهره گرفت. البته باید در نظر داشت که این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن سنبله، طول آخرین میان‌گره و وزن دانه سنبله نیز قابل توجه می‌باشند؛ لذا توجه به آن‌ها

در برنامه‌ریزی کارهای اصلاحی ضروری است. استفاده از تجزیه GGE بای‌پلات صفات باقلای مصری نشان داد که نمودار چندضلعی، با گروه‌بندی مناسب صفات و ژنوتیپ‌ها می‌تواند ژنوتیپ‌های مناسب برای صفات هدف را شناسایی نماید (Rubio *et al.*, 2004).

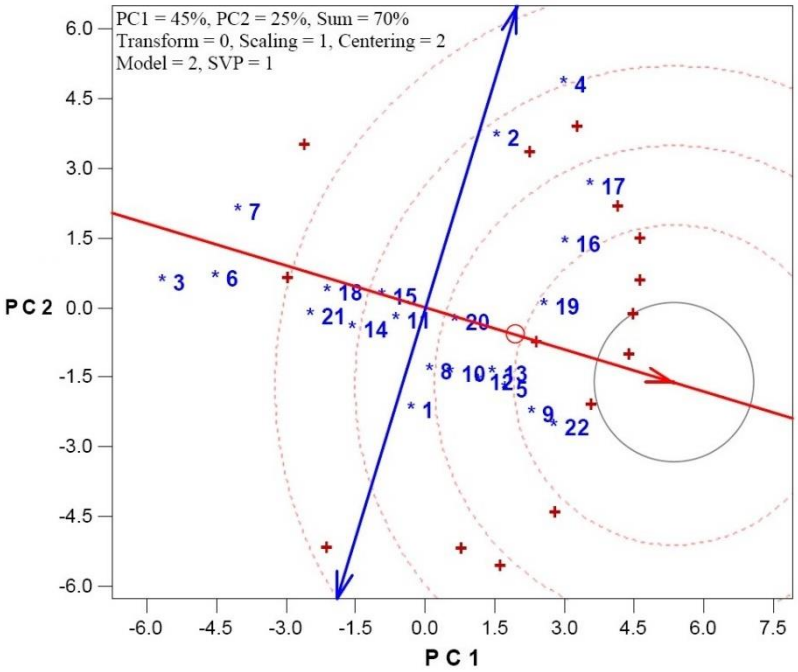


شکل ۲- نمودار برداری بای‌پلات برای نمایش روابط همبستگی بین صفات چاودار

علائم اختصاری عبارتند از: ارتفاع گیاه (PH)، طول آخرین میان‌گره (FIL)، طول سنبله (SL)، طول ریشک (AL)، قطر ساقه (SD)، وزن کاه سنبله (SWS)، وزن سنبله (SW)، وزن دانه سنبله (WSS)، وزن آخرین میان‌گره (FIW)، تعداد سنبلچه در سنبله (NSS) قطر دانه (DS)، تعداد دانه در سنبله (SNS)، طول برگ پرچم (FLL)، وزن هزار دانه (TSW) و عملکرد دانه (SY)

نمودار برداری روش بای‌پلات می‌تواند در تجزیه همبستگی مورد استفاده قرار گیرد. در این روش برای هر صفت برداری از مبدأ مختصات رسم می‌گردد و زاویه بین بردارها نشانگر مقدار همبستگی و طول بردارها نشانگر معنی‌داری ضرایب همبستگی است. در واقع کسینوس زاویه بین بردارها همان همبستگی بین صفات است. برای زوایای حاده (کوچک‌تر از ۹۰ درجه)، همبستگی مثبت است، زیرا کسینوس زاویه صفر درجه برابر مثبت یک است، درحالی‌که برای زوایای باز (بزرگ‌تر از ۹۰ درجه)، همبستگی منفی می‌باشد زیرا کسینوس زاویه ۱۸۰ درجه برابر منفی یک است. هم‌چنین با توجه به این که کسینوس زاویه ۹۰ درجه صفر است همبستگی بین این‌گونه صفات نیز صفر خواهد بود. بر این اساس، بین صفات وزن کاه سنبله و طول برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، زیرا زاویه بین بردارهای این دو صفت حاده بود (شکل ۲). هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات عملکرد دانه با وزن دانه در سنبله، قطر ساقه با وزن آخرین میان‌گره، وزن هزار دانه با وزن آخرین میان‌گره، وزن هزار دانه با طول ریشک و بین سه صفت قطر دانه، طول آخرین میان‌گره و ارتفاع گیاه وجود داشت و در نتیجه، بین بردارهای مربوطه‌ی صفات مذکور زوایای حاده وجود داشت (شکل ۲). همبستگی متوسطی (از حداقل ۰/۳۳ تا حداکثر ۰/۳۴) بین عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده (ماده خشک) در بررسی ۸۱ ژنوتیپ مختلف چاودار گزارش شده است (Roux and Wortmann, 2010). در مطالعه همبستگی صفات گندم نان، صفت عملکرد دانه در بوته با دو صفت وزن دانه در سنبله‌ی اصلی و طول آخرین میان‌گره همبستگی مثبت نشان داد (Mohammadi and Khodambashi-Emami, 2008). همبستگی بالای عملکرد دانه با وزن دانه در سنبله‌ی اصلی تأثیرگذاری این صفت را نشان می‌دهد. در بررسی دیگری (Paroda *et al.*, 1974) نیز همبستگی صفت عملکرد دانه در بوته با این صفت مثبت و معنی‌دار گزارش گردیده است. بعضی از محققین همبستگی بین عملکرد دانه و صفاتی نظیر تعداد دانه در سنبله، وزن دانه، برگ پرچم و

طول سنبله را گزارش نموده‌اند و اظهار داشته‌اند که برگ پرچم از خصوصیات مرتبط با عملکرد به‌شمار آمده و اهمیت آن در غلات دانه‌ریز به‌عنوان اساسی‌ترین منبع تولید مواد فتوسنتزی و تشکیل ماده‌خشک دانه مورد تأکید قرار گرفته است (Yildirim *et al.*, 1993; Zhang *et al.*, 1998).

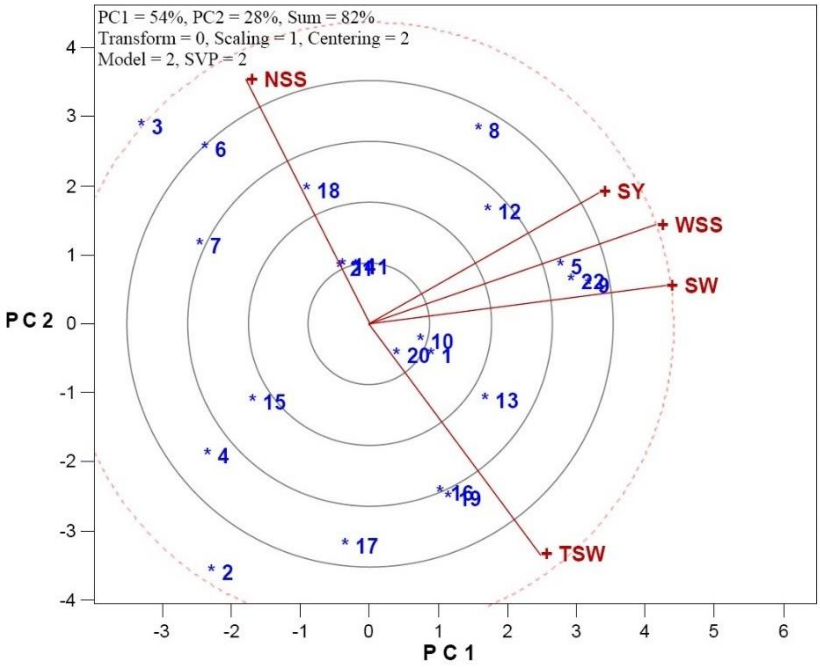


شکل ۳- نمودار ژنوتیپ ایده‌آل بای‌پلات برای نمایش موقعیت ژنوتیپ‌های چاودار نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل

PC1 و PC1 به ترتیب مؤلفه اصلی اول و دوم و اعداد داخل شکل شماره ژنوتیپ موردنظر می‌باشند

با توجه به وجود زاویه قائم بین بردارهای صفات وزن کاه سنبله و طول برگ پرچم با صفت طول سنبله، همبستگی معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت. به همین ترتیب، همبستگی صفر بین صفات عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله با صفات وزن آخرین میان‌گره و وزن هزار دانه وجود داشت. همچنین بین صفات قطر دانه، طول آخرین میان‌گره و ارتفاع گیاه با صفت تعداد دانه در سنبله، همبستگی صفر مشاهده گردید (شکل ۲). در بررسی همبستگی پتانسیل زیست‌توده و عملکرد دانه در تعدادی از ژنوتیپ‌های تریتیکاله از خانواده گرامینه، مقادیر مثبت و معنی‌داری گزارش گردید، لذا امکان بهبود ژنتیکی هم‌زمان برای این دو صفت وجود دارد (Gowda *et al.*, 2011). صفات عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله با صفات وزن هزار دانه و طول ریشک و صفت تعداد دانه در سنبله با صفت تعداد سنبلچه در سنبله نیز همبستگی در حد صفر داشتند (شکل ۲). با توجه به زوایای باز (نزدیک ۱۸۰ درجه) بین صفات وزن کاه سنبله و طول برگ پرچم با صفت تعداد دانه در سنبله، بین صفات عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله با صفت طول سنبله، و بین صفات قطر دانه، طول آخرین میان‌گره و ارتفاع گیاه با صفت تعداد سنبلچه با سنبله همبستگی‌های منفی و معنی‌داری وجود داشت. در مطالعه همبستگی تعدادی از ژنوتیپ‌های چاودار، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه با ارتفاع گیاه و بین عملکرد ماده خشک با تعداد سنبله در واحد سطح مشاهده شده است (Salehi-Shanjani *et al.*, 2014). در بررسی صفات گندم دیم، عملکرد دانه با صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت ارتفاع بوته همبستگی منفی و معنی‌داری داشت و ژنوتیپ‌هایی که به‌طور هم‌زمان دارای عملکرد زیستی و شاخص برداشت بالا بودند عملکرد دانه بالایی نشان دادند که احتمالاً به دلیل تجمع زیاد ماده‌خشک قبل از گرده‌افشانی است (Talebifar *et al.*, 2015). در خصوص بررسی همبستگی صفات مختلف در گندم نان، بین تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شده است (Hosseinpour *et al.*, 2015). بنابراین، به نظر می‌رسد وجود مقادیر بالای صفات تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله باعث ایجاد عملکرد بالا خواهد

شد، زیرا ژنوتیپ‌ها می‌توانند از منابع موجود، حداکثر استفاده را برده و در واحد سطح، تعداد سنبله و دانه‌ی بیشتری تولید نمایند (Mi *et al.*, 2000). لذا رهیافت اصلاح برای افزایش پتانسیل عملکرد، انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تعداد دانه‌ی بیشتر در هر سنبله می‌باشد.



شکل ۴- نمودار برداری بای‌پلات برای بررسی اجزای عملکرد چاودار

PC1 و PC1 به ترتیب مؤلفه اصلی اول و دوم و اعداد داخل شکل شماره ژنوتیپ موردنظر می‌باشند. علائم اختصاری عبارتند از: وزن سنبله (SW)، وزن دانه سنبله (WSS)، تعداد سنبلچه در سنبله (NSS)، وزن هزار دانه (TSW) و عملکرد دانه (SY)

یکی از ابزارهای روش تجزیه GGE بای‌پلات، شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل است که بر اساس صفات اندازه‌گیری‌شده تعریف می‌گردد و نشانگر جایگاه بهترین ژنوتیپ فرضی است که دوایر متحدالمرکز به آن ختم شده و موقعیت ژنوتیپ‌های موردبررسی نسبت به آن مشخص می‌گردد. بنابراین، بهترین ژنوتیپ‌ها که نزدیک‌ترین فاصله را به موقعیت ژنوتیپ ایده‌آل دارند عبارتند از ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۹ و ۱۹ و به دنبال آن‌ها ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱۳، ۱۲، ۱۶، ۱۰، ۱۷ و ۲۰ قرار داشتند (شکل ۳). سایر ژنوتیپ‌های مطلوب که در رتبه بعدی قرار داشتند عبارتند از ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱، ۲ و ۴ که تمامی ژنوتیپ‌های ذکرشده، ازنظر میانگین تمام صفات اندازه‌گیری‌شده (محور عمودی آبی‌رنگ) بالاتر قرار داشتند. سایر ژنوتیپ‌ها (۳، ۶، ۷، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۸ و ۲۱) پایین‌تر از میانگین تمام صفات اندازه‌گیری شده قرار گرفتند (شکل ۳). به‌طور مشابه، در بررسی تنوع ژنتیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم از گزینه ی ژنوتیپ ایده‌آل استفاده شد و بهترین ژنوتیپ گندم از نظر صفات ریخت‌شناختی موردمطالعه شناسایی و به‌عنوان یک رقم تجاری معرفی گردید. هم‌چنین عنوان شد که این ابزار روش GGE بای‌پلات، کارآیی تجزیه را تا حد قابل‌توجهی افزایش می‌دهد (Sabaghnia and Janmohammadi, 2014). یکی دیگر از قابلیت‌های روش GGE بای‌پلات، امکان دست‌ورزی تعداد صفات یا ژنوتیپ‌ها می‌باشد که از این قابلیت می‌توان برای بررسی دقیق‌تر روابط بین صفات بهره برد. لذا اجزای عملکرد دانه، برخی صفات مهم و عملکرد دانه به‌طور جداگانه مورد تجزیه قرار گرفتند و در این بررسی، دو مؤلفه اول در مجموع ۸۲ درصد تغییرات مشاهده‌شده را توجیه نمودند (شکل ۴). در این مدل، اولین مؤلفه حدود ۵۴ درصد و دومین مؤلفه حدود ۲۸ درصد تغییرات را توجیه کردند که بالاتر از مقدار توجیه واریانس مشاهده‌شده در مدل اصلی (۷۰ درصد) بود، بنابراین، نتایج حاصل در این شکل، از اعتبار بیشتری برخوردار می‌باشد. بر اساس شکل ۴، عملکرد دانه با صفات وزن دانه در سنبله و وزن سنبله همبستگی مثبت و

معنی‌داری داشت، درحالی‌که با صفات تعداد سنبلچه در سنبله و وزن هزار دانه هیچ همبستگی معنی‌داری (اعم از مثبت و منفی) مشاهده نگردید. لذا به نظر می‌رسد برای اصلاح و بهبود عملکرد دانه در چاودار، تکیه بر دو صفت وزن دانه در سنبله و وزن سنبله اهمیت زیادی دارد (شکل ۴). در اولویت بعدی می‌توان صفت تعداد دانه در سنبله را برای تعریف شاخص گزینش مدنظر قرار داد (شکل ۲). در بررسی همبستگی صفات ریخت‌شناختی تعدادی از ژنوتیپ‌های چاودار، بین عملکرد ماده‌خشک با صفات عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و تعداد سنبله در واحد سطح همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (Haffke *et al.*, 2014).

برای ارزیابی تنوع ژنتیکی گیاهان زراعی، نمی‌توان رهیافت واحدی را توصیه نمود. برخی از محققین بر این عقیده‌اند که بایستی از تمامی روش‌های موجود استفاده نموده و در نهایت به یک نتیجه جامع رسید، ولی برخی دیگر از آن‌ها تأکید بر استفاده از روش‌های چندمتغیره دارند، زیرا معتقدند که نمی‌توان جنبه‌های چندبعدی آثار متقابل را در قالب یک شاخص یک‌متغیره خلاصه کرد (Yan *et al.*, 2000). به‌نظر می‌رسد استفاده از روش‌های چندمتغیره برای مطالعه تنوع ژنتیکی گیاهان و شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول، یک راهبرد قوی و سودمند است، زیرا ماهیت چندبعدی و پیچیده داده‌ها را به‌خوبی تحلیل می‌کند. روش GGE بای‌پلات با بهره‌گیری از روش‌های چندمتغیره و رسم نمودارهای دوبعدی، علاوه بر تجزیه و تحلیل مناسب داده ها، کار تفسیر نتایج را هم تسهیل می‌نماید، بنابراین یک روش مناسب برای تجزیه داده‌ها است (Yan and Rajcan, 2002). یکی دیگر از جنبه‌های مهم این روش، نمایش چندضلعی و بصری اثرات مختلف است که بهترین راه برای مشاهده الگوهای مختلف اثر متقابل بین ژنوتیپ ها و صفات مختلف به‌منظور تفسیر مؤثر بای‌پلات و مطالعه وجود احتمالی گروه‌های صفات همبسته یا ژنوتیپ‌های مشابه است. در چند تحقیق مشابه کارآیی روش بای‌پلات در تفسیر داده‌های تنوع ژنتیکی اثبات شده است (Rubio *et al.*, 2004). بنابراین نتایج این تحقیق می‌تواند برای توسعه ارقام جدید چاودار و هم‌چنین برنامه‌ریزی اصلاحی جهت بهبود عملکرد چاودار مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان داد که تنوع ژنتیکی قابل‌ملاحظه‌ای در ژنوتیپ‌های چاودار موردمطالعه وجود دارد. روش بای‌پلات نشان از وجود شش ژنوتیپ رأس، شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۷، ۳، ۱، ۲۲، ۱۷ و ۴ بود. هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات وزن دانه در سنبله، قطر ساقه با وزن آخرین میان‌گره، وزن هزار دانه با وزن آخرین میان‌گره، وزن هزار دانه با طول ریشک و بین سه صفت قطر دانه، طول آخرین میان‌گره و ارتفاع گیاه وجود داشت. نتایج این بررسی به‌خوبی نشان داد که روش GGE بای‌پلات استفاده‌شده در این پژوهش، دارای قابلیت‌های لازم برای ارزیابی تنوع ژنتیکی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر است. در نهایت برای اصلاح و بهبود عملکرد دانه در چاودار، صفات وزن دانه و تعداد دانه حائز اهمیت می‌باشند و نتایج این پژوهش می‌تواند در مطالعات به‌نژادی موردتوجه و استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از بخش بانک ژن مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی و گیاهان زراعی (IPK) گاترزلبن آلمان، جهت در اختیار قرار دادن مواد گیاهی، قدردانی می‌شود.

منابع

Aghaei, S., Tohidi-Nejad, E. and Nasr-Esfahani, M. 2015. Evaluation of some advanced lines of durum wheat using several important traits at Isfahan station. Applied Crop Breeding, 3: 69-77. (in Persian).

Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 1: 453-467.

Gowda, M., Hahn, V. and Reif, J.C. 2011. Potential for simultaneous improvement of grain and biomass yield in Central European winter triticale germplasm. Field Crops Research, 121: 153-157.

Haffke, S., Kusterer, B., Fromme, F.J., Roux, S., Hackauf, B. and Miedaner, T. 2014. Analysis of covariation of grain yield and dry matter yield for breeding dual use hybrid rye. Bioenergy Research, 7: 424-429.

Hosseinpour, T., Ahmadi, A., Mohammadi, F. and Drikvand, R. 2015. The effect of seed rate on grain yield and its components of wheat cultivars in rain fed conditions. Applied Agricultural Research, 27: 101-110. (in Persian).

Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. Agricultural Science, 103: 123-135.

Leilah, A.A. and Khateeb, S.A. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Arid Environments, 61: 483-496.

Mi, G., Tang, L., Zhang, F. and Zhang, J. 2000. Is nitrogen uptake after anthesis in wheat regulated by sink size. Field Crops Research, 68: 1383-190

Mohammadi, H. and Khodambashi-Emami, M. 2008. Correlation and path analysis of grain yield of wheat using the F2 generation of diallel crosses. Research in Agricultural Science, 4: 21-27. (in Persian).

Paroda, R.S., Joshi, A.B. and Solanki, K.R. 1974. Path coefficient analysis for ear characters in wheat. Cereal Research Communications, 2: 77-85.

Roostaii, M. 2000.Study on agronomic traits for increasing grain yield of wheat in cold dryland areas. Seed and Plant, 16: 285-299. (in Persian).

Roux, S.R. and Wortmann, H. 2010. Züchterisches potenzial von roggen (Sec*ale cereale* L.) für die biogaserzeugung. für Kulturpflanzen, 62: 173-182.

Rubio, J., Cubero, J.I., Martin, L.M., Suso, M.J. and Flores, F. 2004. Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. Euphytica, 135: 217-224.

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

Sabaghnia, N., Ahadnezhad, A. and Janmohammdi, M. 2015. Genetic variation in garden cress (*Lepidium sativum* L.) germplasm as assessed by some morphological traits. Genetic Resources and Crop Evolution, 62: 733-741.

Salehi-Shanjani, P., Jafari, A.A. and Calagari, M. 2014. Genetic diversity and differentiation of *Secale strictum* accessions based on phenotypic traits and seed storage protein profiles. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 25(4): 309-321.

Talebifar, M., Taghizadeh, R. and Kamal-Kivi, S.E. 2015. Determination of relationships between yield and yield components in wheat varieties under water deficit stress in different growth stages through path analysis. Applied Agricultural Research, 28: 107-113. (in Persian).

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., Hunt, L.A., Sheng, Q. and Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.

Yildirim, M., Budak, N. and Arshas, Y. 1993. Factor analysis of yield and related traits in bread wheat. Turkish Journal of Field Crops, 1: 11-15.

Zhang, X., Wei, Z. and Yang, Z. 1998. Cluster analysis of agronomic characters of varieties of spring durum wheat (*Triticum durum*). Crop Genetic Resources, 4: 14-15.

Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**

Vol. 3, No. 2, Autumn & Winter 2022, p. 163-172 **جلد ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، صفحه ۱۷۲-۱۶۳**

Research Article DOI: 10.34785/J020.2022.003

Graphical study of rye (*Secale cereale* L.) genotypes based on seed yield and other morphologic characters

Khadije Nayebi-Aghbolag[1], Naser Sabaghnia*[2], Mohsen Janmohammadi[2]

1. MSc. graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received: 07-05-2022

Accepted: 22-06-2022

Abstract

In the present work, the genetic diversity of 22 inbred lines and genotypes of rye was investigated based on agronomic and morphologic characters in Maragheh climates. The first and second principal components of GGE-biplot explained 45 and 25 percent (in summation 70 percent) of total variations. Polygon plot showed six vertex genotypes including genotypes 4, 7, 3, 1, 22, 17 and 4. Genotype 17 was superior in thousand seed weight and awn length while genotype 22 was superior in plant height, stem diameter, spike weight, peduncle length, seed weight per spike and seed yield. According to vector view of biplot, positive and significant correlations were seen for seed yield with seed weight per spike, stem diameter with peduncle weight; thousand seed weight with peduncle weight, and thousand seed weight with awn length. Ideal genotype view of biplot identified genotypes 22, 9 and 19 as the most favorable genotypes based on all measured traits. In a separate GGE-biplot analysis, yield components were evaluated exactly and it was grasped there were positive and significant correlations between seed yield and seed weight per spike and spike weight traits while it had not any significant correlations with number of spikelet per spike and number of seed per spike traits. For breeding of seed yield in rye, seed weight per spike, spike weight and number of seed per spike had more importance and it is better to be used in determination of selection indices.

Keywords: Biplot, principal component analysis, cereals, phenotypic correlation

*Corresponding Author Email: sabaghnia@maragheh.ac.ir