

بررسی تأثیر صفات مورفولوژیکی بر عملکرد دانه باقلا وارداتی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

محمد رضا دهقانی^{۱*}، مژگان هاشمی^۲، علی اکبر محمدی میریک^۳ و شهرام محمدی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱)

چکیده

بیان روابط بین ویژگی‌های مورفولوژیکی در پژوهش‌های علمی از اهمیت زیادی برخوردار است. تجزیه مسیر و تجزیه بای‌پلات از روش‌های آماری مؤثر برای انجام این کار هستند. برای مطالعه صفات مورفولوژیکی مؤثر بر عملکرد دانه باقلا، ۱۲ ژنوتیپ وارداتی باقلا تحت تأثیر سه غلظت هورمون اسید جیبرلیک به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه شهرکرد مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس از تفاوت معنی‌دار بین همه ژنوتیپ‌ها از نظر ۱۵ صفت مورد بررسی به جز صفات تعداد میان‌گره، قطر ساقه، تعداد دانه در غلاف و وزن خشک ریشه حکایت داشت که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی در بین صفات مورد ارزیابی بود. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه و همه صفات مورد بررسی به جز ارتفاع بوته، تعداد میان‌گره، طول میان‌گره و قطر ساقه همبستگی زیاد و معنی‌داری وجود دارد. نتایج رگرسیون چندمتغیره به روش گام به گام نشان داد که از بین صفات مورد مطالعه، ۳ صفت تعداد غلاف بارور، طول غلاف و تعداد دانه در بوته به مدل وارد شدند، که در مجموع ۸۶ درصد تغییرات عملکرد دانه باقلا را در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی توجیه کردند. نتایج تجزیه مسیر بر مبنای ۲ مدل جمع‌پذیر به طور کامل شخص و فراشخص نشان داد که بیشترین تأثیر مستقیم روی عملکرد دانه باقلا مربوط به صفت تعداد غلاف بارور بود. به طوری که یک واحد تغییر در این صفت موجب ۰/۷۸ واحد افزایش در صفت عملکرد دانه باقلا می‌شود. به این ترتیب صفت تعداد غلاف بارور در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در انتخاب برای عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بای‌پلات ۲ مؤلفه اول تغییرات عملکرد و اجزای آن به عنوان یک مدل ضرب‌پذیر، ژنوتیپ‌های موفق از نظر عملکرد را به ۳ گروه تقسیم و برای هر گروه صفاتی که بیشترین تأثیر در این موفقیت را داشتند، شناسایی کرد.

واژه‌های کلیدی: اثر مستقیم، رابطه خطی، شاخص برداشت، عملکرد دانه، مؤلفه اصلی

۱ و ۳. استادیار گروه ژنتیک و تولید گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲. دانشجوی قبلی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه شهرکرد و دانشجوی فعلی دکتری ژنتیک و به‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۴. استاد تمام دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: m.r.dehghani@vru.ac.ir

مقدمه

باقلا یکی از مهم‌ترین حبوبات غذایی در مناطق سردسیر است. این گیاه زراعی در طول زمستان و بهار حدود ۲/۴۴ میلیون هکتار از اراضی را در کره زمین به‌خود اختصاص می‌دهد و تولید سالیانه آن به ۴/۴ میلیون تن می‌رسد (۲۲). گزارش‌ها نشان داده است که عملکرد بالا، فاکتورهای ضد تغذیه‌ای کمتر و توانایی سازگاری بالا، کشت باقلا را برای کشاورزان جذاب کرده است (۱۷). نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که محتوای پروتئین باقلا از ۲۲ تا ۳۶ درصد متفاوت است که به لحاظ نوع و ترکیب، می‌تواند در کشورهایی که در تهیه پروتئین حیوانی با مشکل مواجه هستند، جانشین مؤثری برای پروتئین‌های حیوانی باشد (۱۵). عملکرد، یک صفت کمی است که به‌وسیله تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. این صفت به‌میزان زیادی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. صفت عملکرد حاصل ویژگی‌های بسیاری است که به‌تنهایی یا با هم بر آن اثر می‌گذارند. انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد سودمند نیست و چنانچه بر مبنای صفاتی باشد که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر عملکرد تأثیر دارند، بسیار مفیدتر است (۳). از معیار ضریب همبستگی برای تعیین میزان ارتباط متقابل بین تغییرات خطی دو صفت استفاده می‌شود. این ضریب در واقع میزان رابطه خطی و جهت تغییرات دو صفت را بیان می‌کند (۶). استفاده از این کمیت در به‌نژادی از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا در مواقعی که صفتی در یک گیاه وراثت‌پذیری پایینی دارد، می‌توان از صفاتی که دارای همبستگی معنی‌دار با آن بوده و وراثت‌پذیری بالا دارند در فرایند گزینش بهره برد. با این حال، به دلیل وجود همبستگی بین صفات مختلف، تفسیر شفاف آنها و به‌کارگیری نتایج به‌دست آمده در برنامه‌های انتخاب و به‌نژادی به‌صورت روشن امکان‌پذیر نیست (۸). روش تحلیل مسیر می‌تواند برای بررسی اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفاتی که با یکدیگر همبستگی معنی‌دار دارند، مؤثر باشد (۲۷).

در حبوبات همبستگی بین صفات در بررسی‌های زیادی، مطالعه شده است. مطالعه روی ۷۹۲ رقم عدس، نشان داد که

عملکرد دانه با شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (۱۳). برخی از پژوهشگران به‌روش تحلیل مسیر همبستگی‌های معنی‌دار عملکرد دانه سویا با ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و شاخص برداشت را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه کردند و گزارش کردند که عملکرد دانه در واحد بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه در واحد سطح دارد (۱۰ و ۱۱). نتیجه مطالعات روی اجزای عملکرد در هشت رقم لویبای خشک نشان داد که تعداد غلاف در بوته جزء مورفولوژیکی اصلی تعیین‌کننده عملکرد است (۳). به‌منظور تعیین نقش اجزای عملکرد در بالا بردن عملکرد و افزایش کارایی انتخاب از طریق تعداد کمی از صفات که شاخص‌های مؤثر در دستیابی به اهداف به‌نژادی محسوب می‌شوند، می‌توان از روش گام به گام در انتخاب متغیرهای مدل رگرسیون چندمتغیره خطی استفاده کرد (۶). در بررسی ارقام لویبای محلی اراک به‌روش گام به گام در رگرسیون چندمتغیره، صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صدانه، تعداد بذر در غلاف، شاخص عملکرد و رسیدگی فیزیولوژیکی، به‌ترتیب وارد مدل شدند (۵). این مطالعه برای تعیین مؤثرترین صفات مورفولوژیکی روی عملکرد دانه باقلا و همچنین تعیین اثرهای مستقیم و غیرمستقیم آنها از طریق سایر صفات روی عملکرد دانه با استفاده از روش‌های تجزیه مسیر و تجزیه بای‌پلات انجام گرفت، تا بتوان از نتایج آن در برنامه‌های به‌نژادی، برای بهبود عملکرد دانه ارقام باقلا استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۱۲ ژنوتیپ وارداتی باقلا تحت تأثیر سه غلظت هورمون اسید جیبرلیک از نظر عملکرد دانه و اجزای آن و همچنین صفات مورفولوژیکی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند. نام و منشأ ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. این ژنوتیپ‌ها شامل ارقام زراعی و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در برنامه‌های به‌نژادی بودند. بسیاری از ژنوتیپ‌های این

جدول ۱. مشخصات ژنوتیپ‌های باقلا مورد مطالعه

شماره ژنوتیپ	منشأ	نام ژنوتیپ	عملکرد دانه (گرم)
۱	چین	Tatto	۱۰/۳
۲	نیپال	۱۱۴۸۷۰	۴۴/۵
۳	روسیه	Espensso	۱۳/۱
۴	روسیه	Cqlumbo	۲۰/۷
۵	چین	Melodie	۹/۲۰
۶	روسیه	Aurova	۱۶/۷
۷	چین	Disco	۱۷/۲
۸	چین	Gracia	۱۳/۸
۹	چین	Fuego	۱۲/۹
۱۰	چین	۱۳۲۸۴	۲۳/۸
۱۱	چین	Alexia	۲۰/۳
۱۲	چین	۱۱۲۲۶۶	۸/۸۱

مربوط به عملکرد دانه و سایر صفات مورفولوژیکی ارقام آزمایشی انجام شد.

در مرحله رسیدگی کامل ۱۵ صفت مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته برحسب سانتی‌متر، تعداد میان‌گره، طول میان‌گره برحسب میلی‌متر، تعداد کل برگ، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه برحسب میلی‌متر، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، طول غلاف برحسب سانتی‌متر، تعداد غلاف بارور در بوته، عملکرد دانه برحسب گرم، وزن خشک اندام هوایی برحسب گرم، وزن خشک ریشه برحسب گرم و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

در این مطالعه برای انجام تحلیل‌های آماری از برنامه‌های SPSS-17، Lisrel-8.5 و MATLAB استفاده شد. مبنای تخمین پارامترها در نرم‌افزار SPSS-17 روش حداقل مربعات و در نرم‌افزار Lisrel-8.5 روش حداکثر درست‌نمایی است. این مسئله موجب تفاوت‌های اندک در مقدار پارامترهای برآورد شده توسط دو نرم‌افزار می‌شود که قابل چشم‌پوشی است. ضرایب برآورد شده توسط نرم‌افزار لیزرل در ستون‌هایی شامل سه عدد ارائه می‌شود. در هر ستون، عدد اول مقدار برآورد شده

مجموعه، ژرم پلاسما بکر بوده و کارهای به‌نژادی زیادی روی آنها انجام نشده بود. این پژوهش در پاییز سال ۱۳۹۰ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، اجرا شد. ترکیب خاک گلدان‌ها (قطر دهانه هر گلدان ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر) برحسب گنجایش گلدان‌ها به صورت $\frac{1}{3}$ خاک زراعی، $\frac{1}{6}$ ماسه، $\frac{1}{6}$ شن و $\frac{1}{3}$ کود حیوانی بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. به طوری که غلظت هورمون (صفر، ۱۰ و ۳۰ پی پی ام) به کرت‌های اصلی اختصاص یافت. اعمال هورمون در غلظت‌های گفته شده، در مرحله دو تا چهار برگگی و به صورت پاششی صورت گرفت و این کار به صورت هفتگی تا قبل از مرحله آغاز گلدهی، ادامه پیدا کرد. متوسط دمای حداقل در هنگام محلول‌پاشی ۱۵ درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر ۲۳ درجه سانتی‌گراد بود. برای جلوگیری از اثرات تشعشع، محلول‌پاشی بین ساعات ۸ تا ۱۰ صبح صورت گرفت. برای اینکه بوته‌ها با هیچ‌گونه تنش‌ی مواجه نشوند، سایر مراقبت‌های لازم به صورت مطلوب و یکسان تا زمان برداشت و ثبت داده‌های

پارامتر، عدد داخل پرانتز، خطای استاندارد برآورد و عدد سوم نسبت این دو عدد یا همان آماره t است. بدیهی است با توجه به مقدار درجه آزادی، مقادیر بزرگ این آماره بر معنی دار بودن برآورد پارامتر دلالت می‌کند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها، تفاوت معنی‌داری از نظر بیشتر صفات مورد ارزیابی به‌جز تعداد میان‌گره، قطر ساقه، تعداد دانه در غلاف و وزن خشک ریشه وجود دارد (جدول ۲). که نشانگر وجود تنوع ژنتیکی برای این صفات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی است این نتیجه با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت داشت (۱۵، ۲۰ و ۲۳). به همین منظور ابتدا بررسی تنوع ژنتیکی، به کمک آماره‌های توصیفی برای هر صفت انجام شد (جدول ۳). نتایج آمار توصیفی نشان داد که دامنه تغییرات از ۱/۲۸ در صفت طول غلاف تا ۱۰۹ در صفت ارتفاع بوته متغیر بود. بعد از صفت ارتفاع بوته صفت وزن خشک اندام هوایی و وزن دانه در بوته بیشترین میزان دامنه تغییرات را نشان دادند. بالا بودن دامنه تغییرات نیز نشانگر تنوع بسیار زیاد از لحاظ صفات مورد بررسی در بین ژرم‌پلاسم مورد مطالعه بود. به‌طور کلی از بین صفات، وزن خشک اندام هوایی از ۶/۶۲ تا ۷۸/۳ گرم در بوته، شاخص برداشت از ۴/۴۷ تا ۳۶/۸ درصد، عملکرد دانه از ۸/۸۱ تا ۴۴/۵ گرم در بوته، تعداد دانه در بوته از ۶/۰۵ تا ۵۲/۵ دانه، تعداد کل برگ از ۱۹/۴ تا ۵۴/۹ و تعداد میان‌گره از ۱۸/۴ تا ۵۳/۹ در ژنوتیپ‌ها متغیر بود. تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های باقلا در صفت ارتفاع وجود داشت و میزان آن از ۶۰/۴ تا ۱۶۹ سانتی‌متر متغیر بود و این امکان را فراهم کرد که بتوان از تنوع موجود در این ژرم‌پلاسم به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های با ارتفاع مناسب استفاده کرد؛ البته باید توجه داشت که ارتفاع زیاد بوته‌ها موجب افزایش خوابیدگی و کاهش عملکرد و ارتفاع کم بوته‌ها نیز برداشت مکانیزه را دچار مشکل می‌کند (۱۴ و ۲۶). نتایج دیگر پژوهش‌های انجام شده نیز روی

ژنوتیپ‌های مختلف باقلا برای صفت ارتفاع بوته از تنوع بالای بین ژنوتیپ‌ها حکایت داشته است (۲، ۲۰ و ۲۱). در مطالعه‌ای دیگر روی گیاه لوبیا تنوع زیادی در صفات تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته گزارش شده است (۳). تنوع و انتخاب دو رکن اصلی در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان محسوب می‌شوند و انتخاب بهینه منوط به تنوع ژنتیکی و فنوتیپی مناسب بین ژرم‌پلاسم است. تنوع ژنتیکی بالایی که در این ژرم‌پلاسم از نظر صفات مورفولوژیکی وجود داشت موجب شد، امکان بررسی روابط بین این صفات برای شناسایی صفات مؤثر بر تغییرات میزان عملکرد دانه فراهم شود (۲۵).

نتایج بررسی همبستگی‌های ساده نشان داد بین صفت عملکرد دانه باقلا و همه صفات مورد ارزیابی به‌جز ارتفاع بوته، تعداد میان‌گره، طول میان‌گره و قطر ساقه همبستگی زیاد و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته گیاه باقلا گزارش شده است (۷). در بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا ۲ صفت تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته به‌علت داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد، مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه معین شدند (۱۰). در مطالعه ۲۵۰ نمونه لوبیا قرمز مربوط به بانک ژن گیاهی ملی ایران، مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه به‌ترتیب صفات وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد بذر در غلاف گزارش شدند (۱۶). در مطالعه حاضر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفت عملکرد دانه با ۱۰ صفت دیگر شامل تعداد کل برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، طول غلاف، وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت و وزن خشک ریشه بیانگر این مطلب است که بهبود هر کدام از این صفات می‌تواند در افزایش صفت عملکرد دانه نقش مثبت و مفیدی داشته باشد. همچنین به‌دلیل تعدد این صفات لزوم بررسی بیشتر آنها به‌کمک سایر روش‌های آماری، برای تعیین صفات مهم و مؤثر بر عملکرد قابل توجه است به‌همین دلیل برای ارزیابی بیشتر از روش تجزیه مسیر و تجزیه بای‌پلات استفاده شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات باقلا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد میان‌گره	طول میان‌گره	تعداد کل برگ	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	تعداد غلاف
بلوک	۲	۱۴۱۳ ^{ns}	۴۹۱ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۴۹۱ ^{ns}	۲/۷۸ ^{ns}	۱/۶۶ ^{ns}	۹۱/۲ ^{ns}
غلظت هورمون	۲	۷۳۱۹ ^{**}	۱۰۷ ^{ns}	۳/۱۶ ^{**}	۱۰۷ ^{ns}	۶۲/۹ ^{**}	۸/۲۳ ^{**}	۱۰۵۳ ^{**}
خطای ۱	۴	۷۲۶	۳۵/۳	۰/۴۹	۳۵/۳	۵/۲۴	۰/۴۲	۶۰/۵
ژنوتیپ	۱۱	۸۲۳۴ ^{**}	۲۱۵ ^{ns}	۱/۰۴ ^{**}	۲۱۵ ^{ns}	۱۴۸ ^{**}	۱/۴۵ ^{ns}	۷۶۹ ^{**}
ژنوتیپ × هورمون	۲۲	۶۸۵ ^{ns}	۸۲/۲ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۸۲/۲ ^{ns}	۱۶/۵ ^{ns}	۳/۴۸ [*]	۴۷۳ ^{**}
خطای ۲	۶۶	۸۶۶	۹۷/۵	۰/۲۸	۹۷/۵	۱۱	۰/۹۸	۱۴۶
ضریب تغییرات (%)	۲۲	۲۲	۲۳	۱۷	۲۵	۳۰	۱۷	۳۲

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ادامه جدول ۲.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف بارور	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	طول غلاف	عملکرد دانه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک شاخص برداشت	وزن خشک ریشه
بلوک	۲	۱۸۷ ^{ns}	۳/۹۴ ^{ns}	۴۱۰ ^{ns}	۱/۳۸ ^{ns}	۳۱۲ ^{ns}	۱/۶۶ ^{ns}	۹۲/۲ ^{ns}	۱۳۰ ^{ns}
غلظت هورمون	۲	۵۰۱ [*]	۵/۷۲ ^{ns}	۱۵۵۱ [*]	۸/۶۸ [*]	۹۵۹ ^{**}	۸/۲۳ ^{**}	۳۹۷ ^{ns}	۱۰۸ [*]
خطای ۱	۴	۷۶/۵	۳/۰۱	۳۴۶	۱/۶۲	۱۵۵	۰/۴۲	۵۷/۵	۴/۷۸
ژنوتیپ	۱۱	۶۰۰ ^{**}	۲/۹۱ ^{ns}	۱۴۶۸ ^{**}	۴/۷۵ [*]	۸۴۹ ^{**}	۱/۴۵ ^{ns}	۷۶۵ ^{**}	۵۹ ^{ns}
ژنوتیپ × هورمون	۲۲	۲۳۰ [*]	۲/۴۳ ^{ns}	۵۹۲ [*]	۲/۲۲ ^{ns}	۴۳۰ [*]	۳/۴۸ [*]	۴۴/۲ ^{ns}	۴۰/۶ ^{ns}
خطای ۲	۶۶	۱۰۰	۲/۳۲	۳۲۱	۲/۰۳	۱۷۱	۰/۹۸	۶۷/۵	۳۱
ضریب تغییرات (%)	۲۹	۲۹	۳۰	۳۶	۲۷	۳۲	۱۷	۳۲	۲۸

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۳. مقایسه صفات مورد ارزیابی باقلا

صفت	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنه تغییرات	واریانس فنوتیپی
ارتفاع بوته (سانتی متر)	۶۰/۴	۱۶۹	۱۳۱	۱۰۹	۹۱۵
تعداد میان‌گره	۱۸/۴	۵۳/۹	۴۲/۷	۳۵/۵	۱۰۱
طول میان‌گره (سانتی متر)	۲/۶۷	۳/۹۵	۳/۰۶	۱/۲۸	۰/۱۲
تعداد کل برگ	۱۹/۴	۵۴/۹	۴۳/۷	۳۵/۵	۱۰۱
تعداد شاخه فرعی	۳/۴۶	۱۷/۱	۷/۹	۱۳/۶	۱۳/۵
قطر ساقه (میلی متر)	۳/۸۲	۸/۳۹	۵/۸۵	۴/۵۷	۱/۳۸
تعداد غلاف	۴/۲۹	۳۳/۶	۱۷/۶	۲۹/۳	۷۰/۵
تعداد دانه در غلاف	۰/۴۴	۲/۵۶	۱/۱۴	۲/۱۲	۰/۳۳
تعداد دانه در بوته	۶/۰۵	۵۲/۵	۱۹/۱	۴۶/۴	۱۱۸
طول غلاف (سانتی متر)	۲/۹۹	۵/۵۸	۳/۷۱	۲/۵۹	۰/۵۳
تعداد غلاف بارور	۳/۷۷	۳۳/۱	۱۱/۵	۲۹/۳	۶۰/۴
عملکرد دانه (گرم)	۸/۸۱	۴۴/۵	۱۷/۶	۳۵/۶	۹/۷۲
وزن اندام هوایی (گرم)	۶/۶۲	۷۸/۳	۴۷	۷۲	۳۷۷
شاخص برداشت	۴/۴۷	۳۶/۸	۱۱	۳۲/۳	۵۲
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۶۷	۱۵/۲	۸/۶۸	۱۴/۶	۱۷/۶

جدول ۴. همبستگی بین صفات مورفولوژیکی ارقام باقلا

شاخص برداشت	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	عملکرد دانه (گرم)	طول غلاف (سانتی‌متر)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف بارور	تعداد غلاف	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد شاخه فرعی	تعداد کل برگ	طول میان گره (سانتی‌متر)	تعداد میان گره
شاخص برداشت	۰/۰۹	۰/۳۷*	۰/۴۶**	۰/۵۵*	۰/۳۸*	۰/۴۶**	۰/۴۶**	۰/۳۷*	۰/۵۱*	۰/۳۳**	۰/۸۷**
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۰/۰۲	۰/۷۶**	۰/۴۲**	۰/۶۱**	۰/۲۸*	۰/۴۱**	۰/۴۱**	۰/۳۱*	۰/۱۴	۰/۳۱*	۰/۳۱*
عملکرد دانه (گرم)	۰/۵۱**	۰/۷۶**	۰/۴۲**	۰/۶۱**	۰/۲۸*	۰/۴۱**	۰/۴۱**	۰/۳۱*	۰/۱۴	۰/۳۱*	۰/۳۱*
طول غلاف (سانتی‌متر)	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۴۹**	۰/۵۹**	۰/۱۹	۰/۵۹**	۰/۵۹**	۰/۲۰*	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۴
تعداد دانه در غلاف	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۵۱**	۰/۵۹**	۰/۰۵	۰/۵۹**	۰/۵۹**	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۰
تعداد غلاف بارور	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۰۲	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲
تعداد غلاف	۰/۲۷**	۰/۲۰*	۰/۵۴**	۰/۵۴**	۰/۰۶	۰/۵۴**	۰/۵۴**	۰/۲۰*	۰/۲۰*	۰/۲۰*	۰/۲۷**
قطر ساقه (میلی‌متر)	۰/۴۷**	۰/۳۹**	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۴۷**
تعداد شاخه فرعی	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۰
تعداد کل برگ	۰/۱۴	۰/۲۱*	۰/۸۴**	۰/۸۴**	۰/۰۲	۰/۸۴**	۰/۸۴**	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۴
طول میان گره (سانتی‌متر)	۰/۳۱*	۰/۳۳**	۰/۳۱*	۰/۳۳**	۰/۰۱	۰/۳۱*	۰/۳۳**	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۳۱*
تعداد میان گره	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۰۳	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۸۷**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

شایستگی آن، به علت صفر بودن درجه آزادی مدل امکان‌پذیر نیست (شکل ۱). در ادامه برای تبدیل این مدل به مدل آزمون‌پذیر، مسیر مربوط به تأثیر مستقیم صفت طول غلاف روی صفت عملکرد دانه حذف شد. حذف این مسیر بر خلاف معنی‌دار بودن ضریب مسیر با توجه به موارد زیر قابل انجام است:

۱- کم بودن اثرهای مستقیم و کلی این صفت روی صفت عملکرد دانه باقلا در مقایسه با دو صفت دیگر (جدول ۷).

۲- در مدل‌های ساختاری، معنی‌دار بودن به مفهوم حقیقی بودن در مقابل تصادفی بودن نیست، بلکه به مفهوم قوی‌تر بودن یک برآورد نسبت به سایر برآوردها است (۱۲).

نتایج تحلیل مدل فرامشخص نشان داد که آماره مربع کای مربوط به آزمون نیکویی برازش در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. بنابراین مدل مورد نظر برازش کامل ندارد (شکل ۲). اما در اینجا معنی‌دار بودن این آماره را می‌توان مربوط به کم بودن درجه آزادی مدل دانست، پس استفاده از این شاخص برای تعیین شایستگی مدل قابل توصیه نیست (۴). به‌همین دلیل از شاخص دیگری به‌عنوان شاخص نیکویی برازش (GFI) استفاده شد. مقدار این شاخص برابر ۸۷ درصد بود که نشان‌دهنده برازش کامل مدل فرامشخص است. به این ترتیب نتایج به‌دست آمده از هر دو مدل (به‌طور کامل مشخص و فرامشخص) نشان می‌دهد صفت تعداد غلاف بارور بیشترین تأثیر مستقیم را روی صفت عملکرد دانه دارد. بعد از صفت تعداد غلاف بارور، بیشترین تأثیر مستقیم مربوط به صفت تعداد دانه در بوته بود. در این صورت اگر همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و ۲ صفت تعداد غلاف بارور و تعداد دانه در بوته به علت اثر مستقیم آنها روی عملکرد باشد، با اطمینان می‌توان از این ۲ صفت برای برنامه‌های به‌نژادی باقلا مبتنی بر انتخاب سود برد (۲۸). گزارش مطالعه انجام شده به‌روشن تجزیه مسیر روی ارقام باقلا از تأثیر مستقیم مثبت ارتفاع بوته، طول غلاف و تعداد غلاف در بوته بر عملکرد دانه حکایت می‌کند (۲۴). در گزارش دیگر اثرات مستقیم مثبت برای صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد

نتایج استفاده از روش گام به گام برای انتخاب صفات مؤثر در توجیه تغییرات عملکرد دانه نشان داد که ۳ صفت تعداد غلاف بارور، طول غلاف و تعداد دانه در بوته به مدل وارد شدند (جدول ۵). این ۳ صفت روی هم ۸۶ درصد تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی را بیان کردند. ۱۲ صفت دیگر به‌دلیل معنی‌دار نبودن ضریب رگرسیون جزء آنها با عملکرد دانه و یا وجود هم‌خطی‌های چندگانه بالا بین آنها حذف شدند. در بررسی همین ژنوتیپ‌ها بدون استفاده از هورمون جیبرلیک اسید در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در نتیجه استفاده از روش گام به گام فقط صفت تعداد دانه در بوته به مدل رگرسیون چندمتغیره وارد شد، این صفت به تنهایی ۹۱ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد (۱۱).

تجزیه مسیر برای ۴ صفت تعیین شده ابتدا بر مبنای مدل جمع‌پذیر به‌طور کامل مشخص انجام شد (شکل ۱ و جدول ۶). همان‌طور که ملاحظه می‌شود تنها صفت بیرونی مدل، تعداد غلاف بارور است که کل واریانس آن توسط صفات خارج از مدل بیان می‌شود (۹ و ۱۲). در این مدل دو صفت طول غلاف و تعداد دانه در بوته، صفات درونی واسطه و صفت عملکرد دانه صفت درونی نهایی بودند که به ترتیب ۷۴، ۳۸ و ۱۴ درصد واریانس آنها توسط صفاتی که در مدل نیستند، بیان می‌شود (۱).

مقادیر مربوط به اثرهای مستقیم، غیرمستقیم و کلی مربوط به هر صفت روی عملکرد دانه نشان داد که بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد مربوط به صفت تعداد غلاف بارور است (جدول ۷)، به‌طوری که یک واحد افزایش در این ویژگی، موجب افزایش ۰/۷۸ واحد در عملکرد دانه باقلا می‌شود. بعد از این صفت، بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه مربوط به صفت تعداد دانه در بوته بود. یک واحد افزایش در این صفت موجب افزایش ۰/۱۷ واحد در صفت عملکرد دانه می‌شود. تمام ضرایب مسیر که به‌روشن حداکثر درست‌نمایی برآورد شده‌اند به لحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول ۶).

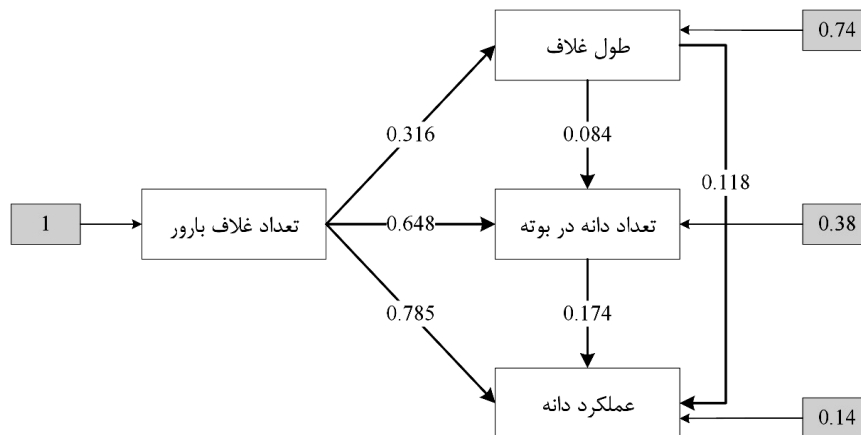
آزمون شایستگی برازش مدل استفاده شده برای اطمینان از

جدول ۵. روش گام به گام در رگرسیون چندمتغیره خطی

مدل	ضریب رگرسیون استاندارد نشده	خطای استاندارد	ضریب رگرسیون استاندارد شده	مقدار آماره t	مقدار احتمال	R ²	R ² تصحیح شده
۱	عرض از مبدأ	۰/۳۴	۰/۰۹	۳/۷۸	۰/۰۰۶	۰/۲۰	۰/۱۸
	تعداد دانه در بوته	۰/۱۳	۰/۰۴	۳/۲۳	۰/۰۰۲		
۲	عرض از مبدأ	۰/۱۱	۰/۰۳	۳/۶۷	۰/۰۰۶	۰/۶۷	۰/۶۱
	تعداد دانه در بوته	۰/۰۹	۰/۰۳	۳/۰۹	۰/۰۰۱		
	تعداد غلاف بارور	۱/۰۴	۰/۳۹	۲/۶۷	۰/۰۲		
۳	عرض از مبدأ	۰/۰۳	۰/۰۱	۳/۲۶	۰/۰۰۲	۰/۸۶	۰/۸۱
	تعداد دانه در بوته	۰/۰۹	۰/۰۲	۴/۳۷	۰/۰۰		
	تعداد غلاف بارور	۰/۹۷	۰/۲۳	۴/۲۱	۰/۰۰		
	طول غلاف (سانتی‌متر)	۱/۲۲	۰/۳۷	۳/۳۰	۰/۰۰۲		

صفت وابسته: عملکرد دانه

مبنای تخمین: روش حداقل مربعات در برنامه SPSS



Chi-Square = 0.002, df = 0, P-Value = 1.0000

شکل ۱. مدل کاملاً مشخص برای ۴ صفت وارد شده به مدل

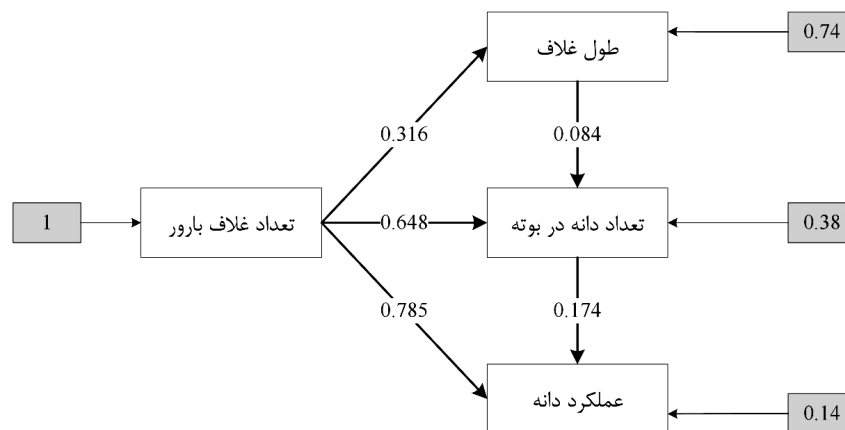
جدول ۶. تخمین ضرایب به روش حداقل درستی‌نمایی در برنامه Lisrel

تعداد دانه در بوته	طول غلاف	تعداد غلاف بارور	طول غلاف (سانتی‌متر)
-	-	۰/۳۲†	
-	-	۰/۱۱††	
-	-	۲/۸۱†††	
-	۰/۰۸	۰/۶۵	تعداد دانه در بوته
-	۰/۰۵	۰/۱۸	
-	۱/۶۷	۳/۶۱	
۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۷۹	عملکرد دانه
۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۹	
۵/۶۶	۲/۷۵	۴/۰۵	

† مقدار ضریب مسیر، †† خطای استاندارد، ††† مقدار آماره t

جدول ۷. تأثیر مستقیم و غیرمستقیم صفات وارد شده به مدل روی عملکرد دانه

طول غلاف	تعداد غلاف بارور	تعداد دانه در بوته	طول غلاف
۰/۱۱	۰/۷۸	۰/۱۷	اثر مستقیم
۰/۰۳	۰/۰۴	-	اثر غیرمستقیم
۰/۱۴	۰/۸۲	۰/۱۷	اثر کلی



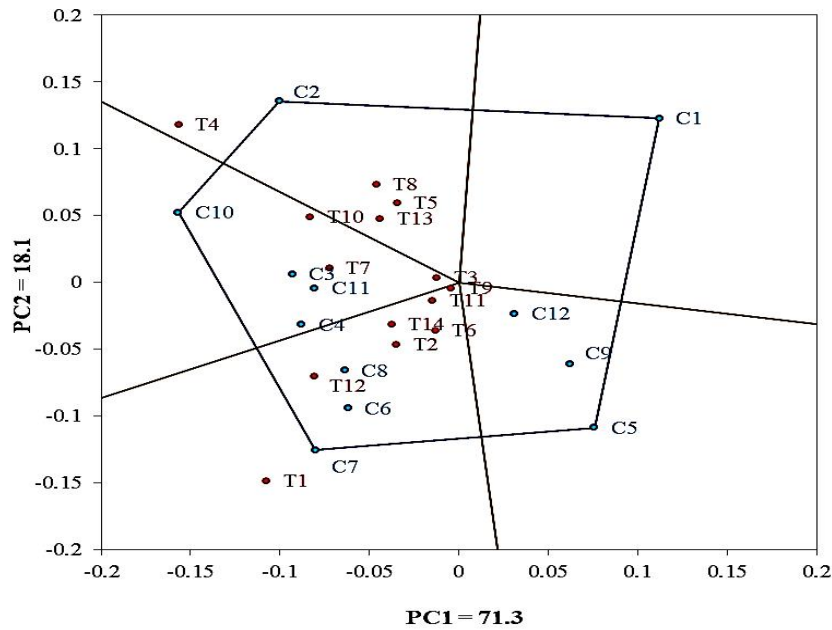
Chi-Square = 5.16, df = 1, P-Value = 0.02134, GFI = 0.87

شکل ۲. مدل فرامشخص و آزمون‌پذیر برای ۴ صفت وارد شده به مدل

گروه، بهترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند (۲۹). صفات تعداد کل برگ (T4)، تعداد شاخه فرعی (T5)، تعداد غلاف بارور (T8) و وزن خشک اندام هوایی (T13) در یک گروه قرار گرفتند این صفات در عملکرد ژنوتیپ C2 نقش مهم و تعیین کننده داشتند. صفات طول میان‌گره (T3)، تعداد غلاف (T7) و تعداد دانه در بوته (T10) در گروه دیگر قرار داشتند. قرار گرفتن موقعیت مکانی ژنوتیپ‌های C10، C3، C11 و C4 در این گروه از نقش مهم این صفات در عملکرد این ۴ ژنوتیپ حکایت داشت. در بای‌پلات شکل ۴ هر صفت با یک بردار نمایش داده شده است. در این بای‌پلات طول هر بردار، واریانس و تنوع صفت یا ژنوتیپ مربوط را تقریب می‌کند. برای رسم این بردارها از مبدأ مختصات به مکان قرار گرفتن هر صفت یا هر ژنوتیپ روی صفحه بای‌پلات یک خط مستقیم رسم می‌شود. برای جلوگیری از شلوغی بای‌پلات و بنا به نیاز برای بررسی طول هر بردار و زاویه بین آن با سایر بردارها، در این بررسی فقط بردارهای مربوط به صفات، آن هم در یک

شاخه در بوته، طول غلاف و وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه باقلا بیان شده است (۱۹).

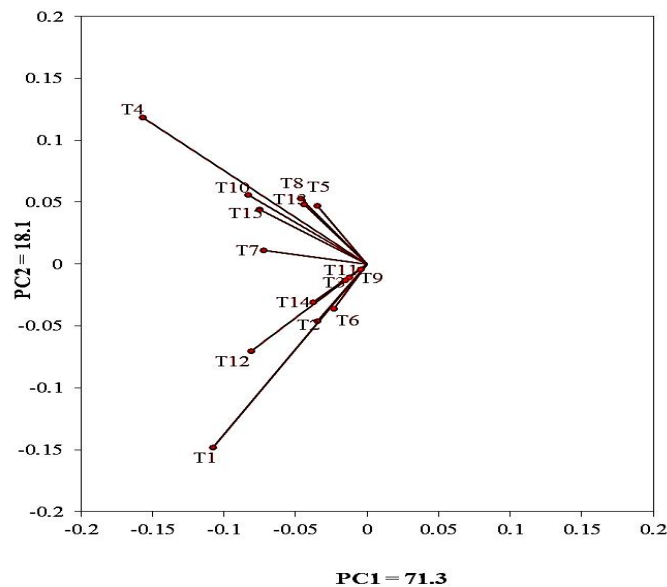
بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۲ مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۷۱/۳ و ۱۸/۱ درصد تغییرات مربوط به داده‌ها را بیان کردند. با ترسیم بای‌پلات چند ضلعی مبتنی بر این ۲ مؤلفه، ژنوتیپ‌های موفق برای هر کدام از صفات مورد ارزیابی تعیین شدند. برای رسم این بای‌پلات ابتدا روی صفحه بای‌پلات دورترین ژنوتیپ‌ها از مبدأ مختصات شامل C1، C2، C5، C7 و C10 مشخص شدند. مکان این ژنوتیپ‌ها با خط‌های راست به هم متصل شد و پنج ضلعی بای‌پلات تشکیل شد. سپس از مبدأ مختصات به هر ضلع این پنج ضلعی عمودی وارد و تا انتهای صفحه بای‌پلات ادامه یافت به طوری که صفحه بای‌پلات به ۵ بخش مجزا تقسیم شد و در هر بخش یک ژنوتیپ در رأس زاویه پنج ضلعی قرار داشت. بر این اساس صفات مورد ارزیابی به ۳ گروه تقسیم شدند (شکل ۳). ژنوتیپ‌های واقع شده در هریک از این ۳ گروه، برای صفات قرار گرفته در آن



شکل ۳. بای پلات ۱۲ ژنوتیپ باقلا و ۱۴ صفت مورد بررسی

C1=Tatto, C2=114870, C3=Espensso, C4=Cqlumbo, C5=Melodie, C6=Aurova, C7=Disco, C8=Gracia, C9 = Fuego, C10 =13284, C11= Alexia, C12 = 112266

T1= ارتفاع بوته (سانتی متر)، T2= تعداد میان گره، T3= طول میان گره (سانتی متر)، T4= تعداد کل برگ، T5= تعداد شاخه فرعی، T6= قطر ساقه (میلی متر)، T7= تعداد غلاف، T8= تعداد غلاف بارور، T9= تعداد دانه در غلاف، T10= تعداد دانه در بوته، T11= طول غلاف (سانتی متر)، T12= وزن خشک ریشه (گرم)، T13= وزن خشک اندام هوایی (گرم)، T14= شاخص برداشت



شکل ۴. بای پلات ۱۵ صفت مورفولوژیکی ارقام باقلای آزمایشی

T1= ارتفاع بوته (سانتی متر)، T2= تعداد میان گره، T3= طول میان گره (سانتی متر)، T4= تعداد کل برگ، T5= تعداد شاخه فرعی، T6= قطر ساقه (میلی متر)، T7= تعداد غلاف، T8= تعداد غلاف بارور، T9= تعداد دانه در غلاف، T10= تعداد دانه در بوته، T11= طول غلاف (سانتی متر)، T12= وزن خشک ریشه (گرم)، T13= وزن خشک اندام هوایی (گرم)، T14= شاخص برداشت، T15= عملکرد دانه (گرم)

این بای پلات زاویه بین هر ۲ بردار میزان همبستگی بین ۲ صفت متناظر را تقریب می‌کند. هر چه این زاویه بسته‌تر باشد میزان همبستگی بیشتر است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود زاویه بین بردار متناظر با بیشتر صفات به‌جز ارتفاع بوته (T1)، قطر ساقه (T6)، تعداد میان‌گره (T2)، تعداد دانه در غلاف (T9) و وزن خشک ریشه (T12) با بردار عملکرد (T15) بسته است که از همبستگی بالا و مثبت این صفات با عملکرد حکایت می‌کند (شکل ۴). در مطالعه مشابه روی ارقام باقلا به‌روش تجزیه بای پلات، ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر عملکرد و سایر صفات ظاهری مؤثر بر عملکرد شناسایی شدند (۱۹).

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط اجرای این آزمایش، روش خطی و جمع‌پذیر تجزیه مسیر مبتنی بر ۲ مدل کاملاً مشخص و فرامشخص برای ۱۲ ژنوتیپ آزمایشی به‌ترتیب صفات تعداد غلاف بارور و تعداد دانه در هر بوته را به‌عنوان صفاتی که بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه باقلا دارا هستند، شناسایی کرد. روش ضرب‌پذیر تحلیل بای پلات ۲ مؤلفه اصلی اول، ابتدا ژنوتیپ‌های آزمایشی را از نظر موفق بودن در صفت مهم عملکرد دانه شناسایی کرد به‌طوری که ژنوتیپ‌های C1، C5، C9 و C12 از نظر این روش نامطلوب تعیین شدند. سپس به تفکیک برای ژنوتیپ‌های مطلوب، صفات مؤثر در موفقیت آنها از نظر عملکرد دانه باقلا را معرفی کرد. به این ترتیب بسته به اهداف برنامه‌های به‌نژادی آینده می‌توان از نتایج هرکدام از این روش‌ها بهره برد.

شکل جداگانه ترسیم شد (شکل ۴). همان‌طور که ملاحظه می‌شود کم بودن طول بردار مربوط به صفت طول میان‌گره بر اهمیت کمتر این صفت نسبت به ۲ صفت تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته در موفقیت عملکرد ژنوتیپ‌های این گروه دلالت می‌کند. بقیه صفات شامل ارتفاع بوته (T1)، تعداد میان‌گره (T2)، قطر ساقه (T6)، تعداد دانه در غلاف (T9)، طول غلاف (T11)، وزن خشک ریشه (T12) و شاخص برداشت (T14) در یک گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۳) این صفات در موفقیت ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این گروه از نظر عملکرد شامل C7، C6 و C8 مؤثر بودند. البته در بین این صفات نیز ۲ صفت طول غلاف و تعداد دانه در غلاف به‌علت کوتاه بودن طول بردار آنها از اهمیت کمتری برخوردار بودند (شکل ۴). سایر ژنوتیپ‌ها شامل C1، C5، C9 و C12 در بخشی از بای پلات واقع شدند که بردار متناظر با هیچ صفتی در آن قرار نداشت، در نتیجه این ۴ ژنوتیپ از نظر هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه بهترین تشخیص داده نشدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد موفق نبوده و کمترین میزان عملکرد را در بین ۱۲ ژنوتیپ آزمایش داشتند (شکل ۳ و جدول ۱).

همچنین همان‌طور که در بای پلات شکل ۴ دیده می‌شود صفات تعداد کل برگ (T4)، ارتفاع بوته (T1)، وزن خشک ریشه (T12)، تعداد دانه در بوته (T10)، عملکرد دانه باقلا (T15)، تعداد غلاف (T7)، تعداد غلاف بارور (T8) و وزن خشک اندام هوایی (T13) به‌ترتیب بیشترین تنوع را در بین ژنوتیپ‌های آزمایش به‌خود اختصاص دادند. علاوه بر این، در

منابع مورد استفاده

1. Akaike, H. 1984. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19: 716-723.
2. Alan, O. and H. Geren. 2007. Evaluation of heritability and correlation for seed yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agronomy* 6: 484-487.
3. Amini, A., M. R. Ghanadha and S. Abdmishani. 2002. Genetic variation and correlation between different traits in common bean. *Journal of Agricultural Sciences* 33: 605-615. (In Farsi).
4. Bentler, P. M. 1990. Comparative fit indices, in structural models. *Psychological Bulletin* 107: 238-246.
5. Beratali, S. and A. Rezai. 1999. Correlation and path coefficient analysis of morphological and phenological characteristics associated with yield in soybean. *Journal of Agricultural Sciences* 30: 1- 12. (In Farsi).
6. Berry, W. D. and S. Feldman. 1985. *Multiple Regression in Practice*. Beverly Hills CA: Sage.
7. Chaieb, N., J. L. Gonzalez, M. L. Mesas, M. Bouslama and M. Valiente. 2011. Polyphenols content and antioxidant

- capacity of thirteen faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes cultivated in Tunisia. *Journal of Food Research International* 44: 970-977.
8. Cohen, J., P. Cohen, S. G. West and L. S. Aiken. 2003. Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences. Routledge Academic. Chapter 12.
 9. Darlington, R. B. 1990. Regression and Linear Models. New York: Me Graw- Hill.
 10. Ghangezi, M. and Sh. Khaghani. 2005. Correlation analysis of yield components in local cultivars grown in the region of Arak. First National Conference on Pulses, Mashhad Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Farsi).
 11. Hashemi, M. and S. Mohammady. 2016. Evaluation of grain yield and yield components in some imported faba bean genotypes (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Crop Breeding* 8(18): 97-103. (In Farsi).
 12. Heise, D. R. 1976. Causal Analysis. NY: Wiley.
 13. Ibrahim, M. E., M. A. Bekheta, A. El-moursi and N. A. Gaafar. 2007. Improvement of growth and seed yield quality of (*Vicia faba* L.) plants as affected by application of some bioregulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1: 657-666.
 14. Kanuni, H. and R. Malhutra. 2003. The study of genetic diversity and relationships among agronomic traits in chickpea genotypes under dryland conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 5: 1-11. (In Farsi).
 15. Narueerad, M., M. Gafaraghaie, H. Fanaie and M. Mohammadghasemi. 1999. Assessment of genetic diversity in populations of some morphological and phenological characteristics lentils hot, arid regions. *Iranian Journal of Research and Development in Agriculture and Horticulture* 78: 1-7. (In Farsi).
 16. Rahnamaietak, A., Sh. Vaezi, G. Mozafari and A. A. Shahnegatbushehri. 2007. Correlation and path analysis for yield and yield related traits in bean. *Iranian Journal of Research and Development* 76: 80-88. (In Farsi).
 17. Razeghi, F. 2007. Effects of salt stress on physiological characteristics of plant genotypes Trity payrum. M.Sc. Thesis. Shahrekord University, Shahrekord, Iran. (In Farsi).
 18. Sarparast, R., F. Sheikh and H. A. Sowghi. 2011. Investigation of genotype and environment interaction and cluster analysis for seed yield in different lines of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 2(1): 99-106. (In Farsi).
 19. Sharifi, P. 2014. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield component in some of broad bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Journal of Genetika* 46(3): 905-914.
 20. Sharifi, P. and H. Aminpanah. 2014. A study on the genetic variation in some of faba bean genotypes using multivariate statistical techniques. *Journal of Tropical Agriculture (Trinidad)* 91(2): 87-97.
 21. Sharifi, P., H. Astereki and M. R. Safari Motlagh. 2014. Evaluation of genotype, environment and genotype×environment interaction effects on some of important quantitative traits of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Crop Breeding* 6(13): 73-88. (In Farsi).
 22. Soghani, M., Sh. Vaezi and S. H. Sabaghpoor. 2010. Correlation and path analysis for yield and yield related traits in white bean genotypes. *Iranian Journal of Crop Breeding* 63: 27-36. (In Farsi).
 23. Toker, C. 2004. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield criteria analysis in chickpea. *Journal of Soil and Plant Science* 54: 45-48.
 24. Ulukan, H., G. Mustafa and K. Siddik. 2003. A path coefficient analysis some yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Biological Science* 6: 1951-1955.
 25. Waezi, Sh., R. Cheragh Afrooz and A. Abbasi Moghadam. 2013. Investigation of genetic diversity and relationships between agronomic traits in selected samples of bean collection. *Iranian Journal of Cereals Research* 4: 41-32. (In Farsi).
 26. Walton, P. D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. *Euphytica* 20: 416-421.
 27. Wright, S. 1934. The method of path coefficients. *Ann. The Annals of Mathematical Statistics* 5:161-215.
 28. Yadav, R. B., R. K. Dubey, M. K. Srivastava and K. K. Sharma. 1995. Path coefficient analysis under three densities in rice. *Journal of Soils and Crops* 5(1): 43-45.
 29. Yan, W. and N. A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian. Journal of Plant Science* 86: 623-645.

Evaluation of the Effect of Morphological Traits on Grain Yield in Introduced Faba Bean (*Vicia faba* L.) by Multivariate Analyses

M. R. Dehghani^{1*}, M. Hashemi², A. A. Mohammadi Mirik³ and Sh. Mohammadi⁴

(Received: November 29-2020; Accepted: January 10-2021)

Abstract

Determining the relationships between morphological traits is very important in plant breeding. For this purpose, path analysis and biplot analysis are among the most effective statistical methods. To study the morphological traits affecting faba bean seed yield, 12 introduced faba bean genotypes were studied under the influence of 3 concentrations of gibberellic acid based on split plot in a randomized complete block design with three replications in the research greenhouse of Shahrekord University, Shahrekord, Iran. The analysis of variance showed that there was a significant difference between genotypes in terms of all studied traits except for number of internodes, internode length, stem diameter, number of seeds per pod and root dry weight, indicating high genetic variation among the studied traits. The study of correlation coefficients showed that there was significant correlation between seed yield and all studied traits except for plant height, number of internodes, internode length, stem diameter, number of seeds per pod, and shoot dry weight. The results of multivariate regression based on stepwise method showed that among the studied traits, 3 traits including number of fertile pods, pod length, and number of seeds per plant were entered into the model, and altogether justified 86% of the variations of faba bean seed yield. The results of path analysis based on just identified model and over identified model showed that the most direct effect on faba bean seed yield was through the number of fertile pods, so that one unit change in this trait causes 0.784 units increase in faba bean seed yield. Thus, in selection for yield the number of fertile pods in the studied genotypes is of special importance. Biplot analysis as a bilinear model, identified the C2, C7 and C10 as suitable genotypes in terms of yield and yield related traits.

Keywords: Direct effect, Harvest index, Linear relationship, Principle component, Seed yield

1, 3. Assistant Professors of the Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, Rafsanjan Valye-Asr University, Rafsanjan, Iran.

2. Former MSc Student of Shahrekord University (Shahrekord, Iran) and Current PhD Student in Plant Genetics and Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

4. Professor of College of Agriculture, Shahrekord University, Sharekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: m.r.dehghani@vru.ac.ir