



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی تأثیر صفات فنولوژیکی و ریخت‌شناسی بر عملکرد دانه اکوتیپ‌های گاو‌دانه با استفاده از تجزیه مسیر و بای‌پلات

محمدرضا دهقانی<sup>۱</sup>، سیدرسول صحافی<sup>۲</sup> و فائزه حسن‌پور<sup>۳</sup>

۱ و ۳- استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان  
۲- استادیار، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، (نویسنده مسوول: s.r.sahafi@vru.ac.ir)  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۷  
صفحه: ۲۱۰ تا ۲۲۱

## چکیده

تجزیه مسیر و تجزیه بای‌پلات به‌ترتیب مبتنی بر مدل‌های جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر، از روش‌های آماری مؤثر برای بیان روابط بین صفات در گیاهان هستند. برای مطالعه‌ی صفات مؤثر بر عملکرد دانه‌ی اکوتیپ‌های گاو‌دانه، ۲۰ اکوتیپ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس از تفاوت معنی‌دار بین کلیه اکوتیپ‌ها از نظر ۱۶ صفت مورد بررسی به جز صفات ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی، طول ریشه در پایان رسیدگی و طول نیام تک بذری حکایت داشت که بیان‌گر تنوع بین اکوتیپ‌ها از لحاظ اکثر صفات مورد بررسی بود. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه و همه‌ی صفات مورد بررسی به جز صفات فنولوژیکی شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا شروع رسیدگی و تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی و همچنین دو صفت مورفولوژیکی طول ریشه در پایان رسیدگی و طول نیام دو بذری همبستگی معنی‌داری وجود دارد. نتایج رگرسیون چند متغیره به‌روش گام به گام نشان داد که از بین صفات مورد مطالعه، به ترتیب سه صفت وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه‌های جانبی به مدل وارد شدند، که در مجموع ۶۵/۷ درصد تغییرات عملکرد دانه‌ی اکوتیپ‌های گاو‌دانه را توجیه نمودند. نتایج تجزیه مسیر بر مبنای دو مدل جمع‌پذیر به‌طور کامل مشخص و فرامشخص نشان داد که بیش‌ترین تأثیر مستقیم روی عملکرد دانه مربوط به صفت وزن هزار دانه بود، به‌طوری‌که یک واحد تغییر در این صفت موجب ۰/۵۶۸ واحد گرم افزایش در صفت عملکرد دانه شد. تجزیه بای‌پلات دو مؤلفه‌ی اول تغییرات عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه مبتنی بر یک مدل ضرب‌پذیر، اکوتیپ‌های موفق از نظر عملکرد را به دو گروه تقسیم و برای هر گروه صفاتی که بیش‌ترین تأثیر در این موفقیت را داشتند، شناسایی کرد.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون گام به گام، روش‌های آماری چند متغیره، گاو‌دانه، همبستگی

## مقدمه

سبز دارند، تأثیر مستقیمی بر افزایش تولیدات دامی خواهد داشت.

عملکرد، یک صفت کمی است که به‌وسیله‌ی تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردد. این صفت به میزان زیادی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. صفت عملکرد حاصل ویژگی‌های بسیاری است که به تنهایی 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 می‌باشد (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 (۴). 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 همچنین وراثت‌پذیری بالا دارند در فرایند گزینش بهره برد. در تحقیقی بر روی توده‌های بومی گاو‌دانه، ضمن مشاهده تنوع زیاد بین توده‌های مورد بررسی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه و صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰

گاو‌دانه (*Vicia ervilia* L.) گیاهی یکساله و دیپلوئید با فرمول ژنومی  $2n=2x=14$  است (۱۲)، که به خانواده بقولات (Leguminosae)، زیر تیره پروانه‌آسایان (Papilioacaceae) و جنس ماشک‌ها تعلق دارد. گاو‌دانه یکی از گیاهانی است که در پیشینه کشاورزی مناطق مختلف ایران به‌ویژه غرب و شمال غرب، سابقه‌ای طولانی دارد (۱۰ و ۱۵) و از دیرباز به عنوان غذا برای انسان و علوفه برای دام‌ها بصورت دیم کشت می‌شده است. این گیاه سازگاری خوبی با خشکسالی و پراکنش نامطلوب باران دارد و در تناوب با گندم توصیه می‌شود (۱). گاو‌دانه یکی از گیاهانی است که دانه آن دارای پتانسیل بالقوه‌ای جهت جایگزینی دانه سویا در تغذیه دام و طیور است (۲) و می‌تواند منجر به کاهش واردات سویا و موجب صرفه‌جویی در پشتوانه‌ی ارزی کشور شود (۱۷). یکی از دلایل آن، این است که دانه گاو‌دانه ماده خوراکی غنی از انرژی، پروتئین و منبع مناسبی از مواد معدنی و اسید آمینه‌های ضروری است و حاوی ۲۶/۶۵٪ پروتئین و ۱۸/۱۰ مگاژول بر کیلوگرم انرژی خام می‌باشد (۱۶). هر گونه تلاش در جهت افزایش عملکرد گونه‌های بومی کشاورزان مانند گاو‌دانه که توانایی بالایی را در تأمین پروتئین، علوفه و کود

گرفتن حاشیه جهت کرت‌ها، در ۲۵ اسفندماه کشت گردید. بین بلوک‌ها یک متر فاصله در نظر گرفته شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته، در زمستان سال ۱۳۹۶ انجام گرفت و کاشت بذور به صورت دستی انجام شد. آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از زمان کاشت تا پایان دوره رشد گیاه انجام شد. عملیات سله‌شکنی و وجین به شکل دستی و به طور یکنواخت صورت گرفت. عملیات برداشت در اواخر خرداد تا اوایل تیرماه ۱۳۹۷ بر اساس زمان رسیدگی هر اکوتیپ انجام گرفت. در مراحل مختلف رشد تا رسیدگی کامل ۱۶ صفت فنولوژیکی و مورفولوژیکی شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا شروع رسیدگی، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، ارتفاع ساقه در پایان گل‌دهی (سانتی‌متر)، ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی (سانتی‌متر)، طول ریشه در پایان رسیدگی (سانتی‌متر)، ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور (سانتی‌متر)، تعداد شاخه‌های جانبی، طول نیام تک، دو و سه بذری (سانتی‌متر)، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه (گرم) و عملکرد دانه (گرم) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد دانه و وزن هزار دانه از کلیه بوته‌های خطوط میانی هر واحد آزمایشی با حذف اثر حاشیه واحدهای آزمایشی استفاده گردید و جهت محاسبه سایر صفات یاد شده پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شد.

در این مطالعه برای انجام تحلیل‌های آماری از برنامه‌های SPSS 17، Lisrel 8.5 و زبان برنامه‌نویسی MATLAB استفاده شد. مبنای تخمین پارامترها در نرم‌افزار SPSS 17 روش حداقل مربعات و در نرم‌افزار Lisrel 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 Lisrel در ستون‌هایی شامل سه عدد ارائه می‌شود. در هر ستون، عدد اول مقدار برآورد شده 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 معنی‌دار بودن برآورد پارامتر دلالت می‌کند.

درصد رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه و زیست توده مشاهده شد ولی همبستگی معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه و صفات تعداد دانه در نیام و شاخص برداشت مشاهده نشد (۹). با این حال، به رغم وجود همبستگی بین صفات مختلف، تفسیر شفاف آن‌ها و به‌کارگیری نتایج به دست آمده در برنامه‌های انتخاب و به‌نژادی به صورت روشن امکان‌پذیر نیست (۵). روش تجزیه مسیر می‌تواند برای بررسی اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفاتی که با یکدیگر همبستگی معنی‌دار دارند، مؤثر باشد (۱۹). به منظور تعیین نقش اجزای عملکرد در بالا بردن عملکرد و افزایش کارایی انتخاب از طریق تعداد کم‌تری از صفات، که شاخص‌های مؤثر در دستیابی به اهداف به‌نژادی محسوب می‌شوند، می‌توان از روش گام به گام در انتخاب متغیرهای مدل رگرسیون چند متغیره خطی استفاده کرد (۴). متأسفانه منبع چاپ شده‌ای در رابطه با بررسی صفات مؤثر بر عملکرد دانه گاو دانه با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام مشاهده نشده است.

لذا مطالعه حاضر برای تعیین مؤثرترین صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی روی عملکرد دانه تعدادی از اکوتیپ‌های گاو دانه و همچنین تعیین اثرهای مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها از طریق سایر صفات روی عملکرد دانه با استفاده از روش جمع‌پذیر تجزیه مسیر و روش ضرب‌پذیر تجزیه بای‌پلات انجام شد، تا بتوان از نتایج دو روش یاد شده و مقایسه‌ی آن‌ها یافته‌های معتبر و مفیدی را برای گزینش در برنامه‌های به‌نژادی آتی به‌منظور بهبود عملکرد دانه گاو دانه به‌دست آورد.

## مواد و روش‌ها

بیست اکوتیپ گاو دانه با مشخصات داده شده در جدول ۱ از نظر عملکرد دانه و سایر صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه‌ی پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان اجرا شد. هر اکوتیپ به صورت پنج خط کاشت دو متری در هر کرت با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متری و فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و با در نظر

جدول ۱- اکوتیپ‌های مورد مطالعه و منشأ آن‌ها

Table 1. Studied bitter vetch ecotypes and their origins									
شماره	کد	نام اکوتیپ	استان	شهر	منطقه	شماره	کد	نام اکوتیپ	استان
۱	E1	شربیان	آذربایجان شرقی	سراب	شربیان	۱۱	E11	آرالو	اردبیل
۲	E2	حاجی‌کرد	آذربایجان شرقی	مراغه	حاجی‌کرد	۱۲	E12	خیارک	اردبیل
۳	E3	شوردرق	آذربایجان شرقی	مرند	شوردرق	۱۳	E13	آل‌هاشم	اردبیل
۴	E4	قربان‌کندی	آذربایجان شرقی	ملکان	قربان‌کندی	۱۴	E14	آلوارس	اردبیل
۵	E5	کنگاور	آذربایجان شرقی	میانه	کنگاور	۱۵	E15	قره‌آغاچ	اردبیل
۶	E6	کاغذکنان	آذربایجان شرقی	میانه	کاغذکنان	۱۶	E16	آغ‌بلاغ	اردبیل
۷	E7	ورزقان	آذربایجان شرقی	ورزقان	ورزقان	۱۷	E17	داش‌بلاغ	زنجان
۸	E8	قورول	آذربایجان غربی	چالدران	قورول	۱۸	E18	قلعه	زنجان
۹	E9	الند	آذربایجان غربی	خوی	الند	۱۹	E19	ارمغان‌خانه	زنجان
۱۰	E10	شیوان‌کندی	آذربایجان غربی	خوی	شیوان‌کندی	۲۰	E20	گلوجه	زنجان

## نتایج و بحث

### تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین اکوتیپ‌ها، تفاوت معنی‌داری از نظر تمام صفات مورد ارزیابی به جز ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی، طول ریشه در پایان رسیدگی و طول نیام تک بذری وجود دارد (جدول ۲)، که نشان‌گر وجود تنوع ژنتیکی برای این صفات بین اکوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. ال‌فتحی و همکاران (۷) گزارش کردند که بین ۱۹ جمعیت گاودانه متعلق به کشور مراکش از لحاظ صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد تنوع زیادی وجود دارد. فتوت و همکاران (۹)، تعداد ۹۹ توده بومی گاودانه شمال غرب کشور، بانک ژن گیاهی ملی ایران و ICARDA را بر اساس صفات مورفولوژیکی و زراعی مورد مطالعه قرار دادند و اختلافات معنی‌داری بین توده‌های مورد بررسی مشاهده شد. عباسی و همکاران (۱) در مطالعه ۱۲۶ توده کلکسیون گاودانه بانک ژن گیاهی ملی ایران از نظر صفات مورفولوژیکی و زراعی گزارش نمودند که بین آن‌ها تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. با توجه به این که ایران یکی از خواستگاه‌های اولیه گاودانه است (۸)، لذا می‌توان انتظار داشت که ژنوتیپ‌های موجود در ایران دارای تنوع بسیار بالایی باشند. با توجه به اهمیت تنوع ژنتیکی به عنوان یک نیاز مهم به‌نژادی، ابتدا بررسی تنوع ژنتیکی، به کمک آماره‌های توصیفی برای هر صفت انجام شد (جدول ۳). نتایج آمار توصیفی نشان داد

که دامنه تغییرات از ۰/۲ در صفت طول نیام دو بذری تا ۵۶/۲۷ در صفت عملکرد دانه متغیر بود. بعد از صفت عملکرد دانه صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و تعداد نیام 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 ژرم‌پلاسسم مورد مطالعه بود. به طور کلی در بین صفات، تعداد نیام در بوته از ۰/۸۳ تا ۴۰/۸۹، تعداد دانه در بوته از ۱/۳۳ تا ۴۷/۸۹، وزن هزار دانه از ۱۲/۱۱ تا ۵۷/۳۷ گرم و عملکرد دانه از ۵/۸۹ تا ۶۲/۱۶ گرم در اکوتیپ‌های مورد مطالعه متغیر بود. در مطالعه عباسی و همکاران (۱)، صفات تعداد روز تا گل‌دهی از ۵۵ تا ۸۸ روز، تعداد روز تا رسیدگی از ۹۳ تا ۱۱۵ روز، ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور از ۱ تا ۳ سانتی‌متر، تعداد شاخه‌های جانبی از ۱ تا ۹، تعداد نیام در بوته از ۱ تا ۹ مشاهده شد که تفاوت در این نتایج با نتایج مطالعه حاضر را می‌توان به تفاوت شرایط محیطی و اکوتیپ‌های مورد بررسی نسبت داد. تنوع و انتخاب دو رکن اصلی در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان محسوب می‌شوند و انتخاب بهینه منوط به تنوع ژنتیکی و فنوتیپی مناسب بین ژرم‌پلاسسم می‌باشد. تنوع ژنتیکی بالایی که در این ژرم‌پلاسسم از نظر صفات مورفولوژیکی وجود داشت موجب شد، امکان بررسی روابط بین این صفات برای شناسایی صفات مؤثر بر تغییرات میزان عملکرد دانه گاودانه فراهم گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های گاودانه

Table 2. Analysis of variance of the studied traits in bitter vetch ecotypes

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	روز تا شروع رسیدگی	روز تا ۵۰ درصد رسیدگی	ارتفاع ساقه در پایان گل‌دهی
اکوتیپ	۱۹	۱۴/۳۱۲*	۱۴/۰۷۰**	۲۱/۸۰۳**	۱۲/۹۷۹*
بلوک	۲	۸۴/۱۲	۲۱/۲۵۰	۶۵/۴۰۰	۰/۷۷۴
خطای آزمایشی	۳۸	۷/۲۱۸	۶/۰۹۳	۷/۷۴۱	۶/۴۸۳
ضریب تغییرات (%)		۳/۵۳	۲/۶۷	۲/۷۳	۹/۹۲
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی	طول ریشه در پایان رسیدگی	ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور	تعداد شاخه‌های جانبی
اکوتیپ	۱۹	۸/۹۷۶	۳/۸۱۴	۵/۹۴۹**	۱/۸۱۷
بلوک	۲	۲۰/۹۳۹	۲/۶۰۲	۰/۹۰۵	۰/۷۱۷
خطای آزمایشی	۳۸	۷/۷۸۳	۲/۶۴۰	۱/۵۸۹	۰/۴۲۵
ضریب تغییرات (%)		۱۲/۱۷	۱۹/۶۹	۱۱/۵۰	۲۰/۴۲
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول نیام تک بذری	طول نیام دو بذری	طول نیام سه بذری	تعداد نیام در بوته
اکوتیپ	۱۹	۰/۰۹۰	۰/۰۱۱**	۰/۳۸۷**	۳۹۲/۴۴۹**
بلوک	۲	۰/۰۸۹	۰/۰۲۱	۰/۰۵۴	۱۱/۰۵۴
خطای آزمایشی	۳۸	۰/۰۷۸	۰/۰۰۵	۰/۱۱۵	۲۶/۴۲۶
ضریب تغییرات (%)		۲۹/۱۴	۵/۲۱	۲۱/۱۷	۲۶/۶۹
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
اکوتیپ	۱۹	۵۹۴/۴۳۱**	۰/۰۹۳**	۴۱۶/۵۱۷*	۶۴۸/۷۲۴**
بلوک	۲	۴/۶۳۲	۰/۰۴۰	۵۰۸/۴۹۸	۴۳۲/۰۵۵
خطای آزمایشی	۳۸	۵۷/۴۵۸	۰/۰۲۶	۲۲۳/۱۷۸	۲۹۴/۴۹۴
ضریب تغییرات (%)		۳۰/۷۷	۱۲/۶۹	۸/۰۱	۲۲/۹۴

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

جدول ۳- آماره‌های صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های گاودانه

Table 3. Descriptive statistics of studied traits in bitter vetch ecotypes

صفات	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنه تغییرات	واریانس فنوتیپی
روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	۷۲	۸۰	۷۶/۰۳	۰/۶۳	۰/۰۳
روز تا شروع رسیدگی	۹۰	۹۶/۶۷	۹۲/۴۴	۰/۲۰	۰/۰۰۴
روز تا ۵۰ درصد رسیدگی	۹۷/۳۳	۱۰۶/۳۳	۱۰۱/۷۶	۱/۳۷	۰/۱۳
ارتفاع ساقه در پایان گل‌دهی (cm)	۲۱/۵۶	۲۸/۸۳	۲۵/۶۷	۴۰/۰۶	۱۳۰/۸۲
ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی (cm)	۱۹/۱۷	۲۶/۲۸	۲۲/۹۲	۲۳/۸۸	۱۹۸/۱۴
طول ریشه در پایان رسیدگی (cm)	۵/۵۰	۹/۸۹	۸/۲۵	۱/۲۷	۰/۰۳
ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور (cm)	۸/۸۳	۱۳/۲۵	۱۰/۹۶	۳۱/۱۹	۱۳۸/۸۶
تعداد شاخه‌های جانبی	۲/۲۲	۴/۲۲	۳/۱۹	۲۷/۵۶	۲۱۶/۲۴
عملکرد دانه (g)	۵/۸۹	۶۲/۱۶	۵۷/۳۷	۵۶/۲۷	۲۱۶/۲۴

### ضرایب همبستگی

نتایج بررسی همبستگی‌های ساده نشان داد بین صفت عملکرد دانه اکوتیپ‌های گاودانه و همه‌ی صفات مورد ارزیابی به جز تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا شروع رسیدگی، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، طول ریشه در پایان رسیدگی، طول نیام دو بذری و تعداد دانه در نیام همبستگی زیاد و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). در مطالعه‌ی حاضر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفت عملکرد دانه با ۸ صفت دیگر شامل ارتفاع ساقه در پایان گل‌دهی ( $r=0/64^{**}$ )، ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی ( $r=0/523^{**}$ )، ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور ( $r=0/55^{**}$ )، طول نیام تک بذری ( $r=0/413^{**}$ )، طول نیام سه بذری ( $r=0/368^{**}$ )، تعداد نیام در بوته ( $r=0/508^{**}$ )، تعداد دانه در بوته ( $r=0/593^{**}$ ) و وزن هزار دانه ( $r=0/757^{**}$ )، بیان‌گر این مطلب است که بهبود هر کدام از این صفات می‌تواند در افزایش صفت عملکرد دانه

نقش مثبت و مفیدی داشته باشد. واعظی و همکاران (۱۸) در پژوهشی با بررسی ۵۲ نمونه لوبیا موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد بذری تک بوته با طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه را مشاهده کردند. کاکایی و همکاران (۱۳) در مطالعه‌ای بر روی ژنوتیپ‌های نخود بین صفت عملکرد دانه و صفات تعداد نیام در بوته، ارتفاع بوته، زیست توده و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری را گزارش نمودند. مجنون حسینی و نقوی (۱۴) در بررسی ۷۶۰ توده عدس بیان کردند که صفت عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا گل‌دهی، ارتفاع بوته، زیست توده و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌دار و با وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. فتوت و همکاران (۹) در مطالعه توده‌های بومی گاودانه بیان کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد

صفات مؤثر بر تغییرات عملکرد دانه در گیاه لوبیا نشان دادند که در تجزیه رگرسیون گام به گام صفات تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و تعداد بذر در بوته با مقدار واریانس تبیین شده ۷۵/۴ درصد، وارد مدل شدند. کاکایی و همکاران (۱۳) اظهار داشتند که در تجزیه رگرسیون گام به گام صفات تعداد نیام در بوته، شاخص برداشت، زیست توده، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته و ارتفاع بوته به ترتیب وارد مدل رگرسیونی گردیدند و در مجموع ۸۴/۶۸ درصد از تغییرات صفت عملکرد دانه را در گیاه نخود توجیه نمودند. مجنون حسینی و نقوی (۱۴) در بررسی صفات تأثیرگذار در عملکرد دانه گیاه عدس با استفاده از رگرسیون گام به گام بیان کردند که صفات زیست توده، شاخص برداشت و وزن هزار دانه وارد مدل شدند. تجزیه مسیر برای چهار صفت تعیین شده ابتدا بر مبنای مدل جمع‌پذیر به‌طور کامل مشخص انجام شد (جدول ۶ و شکل ۱-۱). همان‌طور که ملاحظه می‌شود تنها صفت بیرونی مدل، تعداد شاخه‌های جانبی است که کل واریانس آن توسط صفات خارج از مدل بیان می‌شود (۶ و ۱۱). در این مدل دو صفت تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه، صفات درونی واسطه و صفت عملکرد دانه صفت درونی نهایی بودند که به ترتیب ۸۷، ۴۱ و ۳۴ درصد واریانس آن‌ها توسط صفاتی که در مدل نیستند، بیان می‌شود.

روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه و زیست توده مشاهده شد ولی همبستگی معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه و صفات تعداد دانه در نیام و شاخص برداشت مشاهده نشد. در پژوهش حاضر به دلیل تعدد صفاتی که با صفت عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند، لزوم بررسی بیشتر آن‌ها به کمک سایر روش‌های آماری، برای تعیین صفات مهم و مؤثر بر عملکرد قابل توجیه است به همین دلیل برای ارزیابی بیش‌تر از روش جمع‌پذیر تجزیه مسیر و روش ضرب‌پذیر تجزیه بای‌پلات استفاده شد، تا با مقایسه نتایج، دستیابی به یافته‌های معتبر و بیشتری درباره‌ی ارتباط صفات و تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه اکوتیپ‌های گاودانه حاصل شود.

#### رگرسیون گام به گام

نتایج استفاده از رگرسیون به‌روش گام به گام برای انتخاب صفات مؤثر در توجیه تغییرات عملکرد دانه نشان داد که سه صفت وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه‌های جانبی به ترتیب به مدل وارد شدند (جدول ۵). این سه صفت روی هم ۶۵/۷ درصد تغییرات عملکرد دانه اکوتیپ‌های گاودانه مورد ارزیابی را بیان کردند. ۱۲ صفت دیگر به دلایل معنی‌دار نبودن ضریب رگرسیون جزء آن‌ها با عملکرد دانه و یا وجود هم خطی‌های چندگانه‌ی بالا بین آن‌ها حذف شدند. واعظی و همکاران (۱۸) به‌منظور تعیین

جدول ۴- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های گاودانه

Table 4. Correlation coefficient of studied traits in bitter vetch ecotypes

کد	صفات	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
T1	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی															
T2	روز تا شروع رسیدگی	۰/۱۱۴														
T3	روز تا ۵۰ درصد رسیدگی	۰/۲۸۸*	۰/۵۵۰**													
T4	ارتفاع ساقه در پایان گل‌دهی	۰/۴۴۰**	۰/۱۰۶	۰/۰۳۲												
T5	ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی	۰/۲۸۱*	۰/۰۸۷	۰/۱۱۷	۰/۳۵۵**											
T6	طول ریشه در پایان رسیدگی	۰/۰۴۵	۰/۰۷۸	۰/۱۷۴	۰/۱۰۱	۰/۱۳۶										
T7	ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور	۰/۰۷۳	۰/۱۹۵	۰/۰۱۹	۰/۳۵۲**	۰/۱۹۰	۰/۰۳۸									
T8	تعداد شاخه‌های جانبی	۰/۲۸۹*	۰/۰۷۷	۰/۳۷۹**	۰/۱۱۹	۰/۳۱۷*	۰/۱۵۶	۰/۰۶۵								
T9	طول نیام تک بذری	۰/۰۹۱	۰/۱۹۱	۰/۱۱۴	۰/۱۳۲	۰/۴۳۴**	۰/۱۶۷	۰/۱۴۴	۰/۲۲۹							
T10	طول نیام دو بذری	۰/۱۴۶	۰/۳۳۳*	۰/۰۸۷	۰/۲۸۳*	۰/۳۹۱**	۰/۱۲۴	۰/۰۷۶	۰/۱۲۰	۰/۲۲۷						
T11	طول نیام سه بذری	۰/۱۳۴	۰/۰۳۳	۰/۱۲۴	۰/۲۲۳	۰/۴۹۲**	۰/۰۴۲	۰/۰۵۳	۰/۰۶۶	۰/۱۶۸	۰/۱۷۹					
T12	تعداد نیام در بوته	۰/۱۷۸	۰/۱۸۳	۰/۱۷۷	۰/۰۹۰	۰/۲۳۷	۰/۳۱۰**	۰/۰۱۰	۰/۱۱۹	۰/۲۶۲*	۰/۰۴۶	۰/۳۵۷**				
T13	تعداد دانه در بوته	۰/۱۷۶	۰/۱۲۷	۰/۱۹۶	۰/۴۹۰**	۰/۳۲۳*	۰/۱۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۰/۴۱۱**	۰/۱۲۵	۰/۳۵۲**	۰/۸۹۱**			
T14	تعداد دانه در نیام	۰/۰۶۹	۰/۰۷۵	۰/۱۰۰	۰/۶۲۰**	۰/۰۸۰	۰/۵۵۰**	۰/۰۶۶	۰/۰۰۰	۰/۱۳۴	۰/۰۹۵	۰/۱۶۴	۰/۴۰۲**	۰/۰۷۷		
T15	وزن هزار دانه	۰/۲۱۷	۰/۰۲۹	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۶۷۸**	۰/۱۹۰**	۰/۰۳۰	۰/۱۶۲	۰/۴۶۲**	۰/۳۷۶**	۰/۴۱۷**	۰/۵۳۳**	۰/۵۴۸**	۰/۱۷۱	
T16	عملکرد دانه	۰/۲۰۲	۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	۰/۶۴۰**	۰/۵۲۳**	۰/۰۷۵	۰/۵۵۰**	۰/۳۷۸*	۰/۴۱۳**	۰/۱۹۰	۰/۳۶۸**	۰/۵۰۸**	۰/۵۹۳**	۰/۰۲۳	۰/۷۵۷**

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

آزمون شایستگی برازش مدل استفاده شده برای حصول اطمینان از شایستگی آن، به علت صفر بودن درجه آزادی مدل به‌طور کامل مشخص امکان‌پذیر نیست (شکل ۱-۱). در مدل‌های ساختاری (structural model)، معنی‌دار بودن به مفهوم حقیقی بودن در مقابل تصادفی بودن نیست، بلکه به مفهوم قوی‌تر بودن یک برآورد نسبت به سایر برآوردها است (۱۱). به همین دلیل برای تبدیل مدل مورد بحث به یک مدل آزمون‌پذیر (مدل فرامشخص)، مسیرهای مربوط به تأثیر صفت تعداد شاخه‌های جانبی روی صفات تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه حذف شدند.

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 وزن هزار دانه است (جدول ۷)، به‌طوری‌که یک واحد افزایش در این ویژگی، موجب افزایش ۰/۵۶۸ واحد در عملکرد دانه اکوتیپ‌های گاودانه 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 ۰/۲۸۲ واحد در صفت عملکرد دانه می‌شود. تمام ضرایب مسیر که به روش حداکثر درست‌نمایی برآورد شده‌اند به لحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و صفات دیگر به عنوان متغیر مستقل  
Table 5. Results of stepwise regression analysis for seed yield as a dependent variable and other traits as independent variables

متغیر	ضریب رگرسیون استاندارد نشده	خطای استاندارد	ضریب رگرسیون استاندارد شده	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> تصحیح شده
عرض از مبدأ	۱۳/۱۰۴	۷/۸۵۷			
وزن هزار دانه	۰/۶۷۷	۰/۱۱۴	۰/۵۷۲**		
تعداد دانه در بوته	۰/۳۸۰	۰/۱۲۷	۰/۲۶۲**		
تعداد شاخه‌های جانبی	-۴/۹۲۱	۲/۰۹۶	-۰/۱۸۶*	۰/۷۶۵	۰/۶۳۵

مبنای تخمین: روش حداقل مربعات در نرم‌افزار SPSS

جدول ۶- برآورد ضرایب به روش حداکثر درست‌نمایی

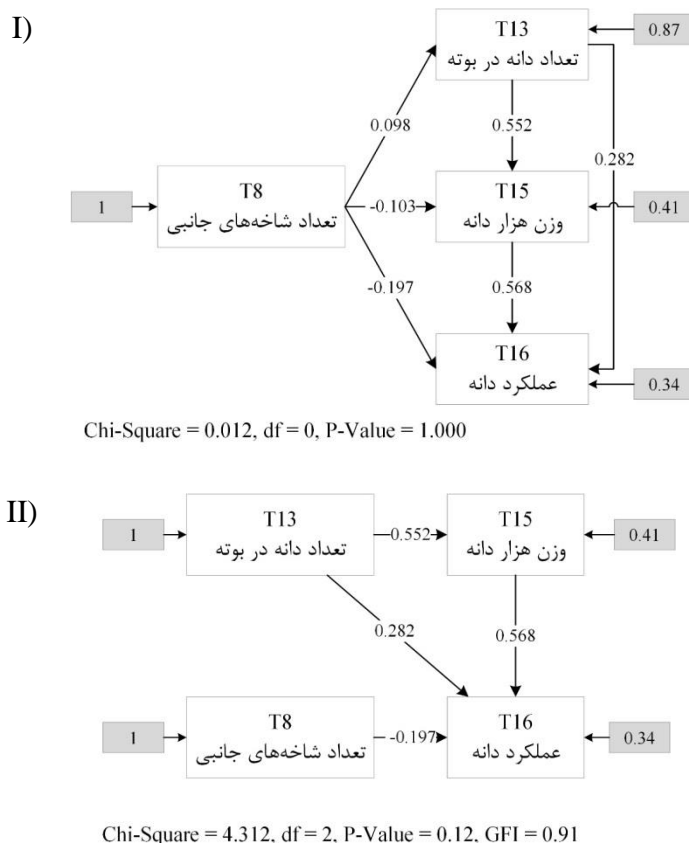
Table 6. Estimation of coefficient using Maximum Likelihood method

تعداد شاخه‌های جانبی	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه
تعداد دانه در بوته	-	-
۰/۰۹۸†	-	-
۰/۰۲۱††	-	-
۴/۶۷†††	-	-
وزن هزار دانه	۰/۵۵۲	-
-۰/۱۰۳	۰/۱۱۸	-
۰/۰۲۸	۴/۶۷	-
عملکرد دانه	۰/۲۸۲	۰/۵۶۸
-۰/۱۹۷	۰/۱۳۳	۰/۱۱۲
۰/۰۹۵	۲/۳۹	۴/۹۷
-۲/۰۷		

†: مقدار ضریب مسیر؛ ††: خطای استاندارد؛ †††: مقدار آماره t

وزن هزار دانه، بیش‌ترین تأثیر مستقیم مربوط به صفت تعداد دانه در بوته بود. در این صورت اگر همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و دو صفت وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته به علت اثر مستقیم آن‌ها روی عملکرد باشد، با اطمینان می‌توان از این دو صفت برای برنامه‌های به‌نژادی گاودانه مبتنی بر انتخاب سود برد (۲۰).

نتایج تجزیه مدل فرامشخص (p-value=۰/۱۲) و مقدار ۹۱ درصد برای شاخص نیکویی برازش (GFI=۰/۹۱) از برازش کامل مدل حکایت داشت (شکل ۱-۱). به این ترتیب نتایج به‌دست آمده از هر دو مدل (به‌طور کامل مشخص و فرامشخص) نشان می‌دهد صفت وزن هزار دانه بیش‌ترین تأثیر مستقیم را روی صفت عملکرد دانه دارد. بعد از صفت



شکل ۱- دیاگرام آنالیز مسیر برای ۴ صفت وارد شده به مدل بر مبنای I) مدل به طور کامل مشخص و II) مدل به طور فرا مشخص

Figure 1. The diagram of path analysis of four traits entered in model based on I) the just identified model and II) the over-identified model

جدول ۷- اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات وارد شده به مدل روی عملکرد دانه در اکوتیپ‌های گاودانه

Table 7. Direct and indirect effects of traits entered in model on seed yield in bitter vetch ecotypes

تعداد شاخه‌های جانبی	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	
-۰/۱۹۷	۰/۲۸	-۰/۵۷	اثر مستقیم
۰/۰۰۱۶	۰/۳۱	-	اثر غیرمستقیم
-۰/۱۹۵	۰/۵۹	-۰/۵۷	اثر کلی

### تجزیه بای پلات

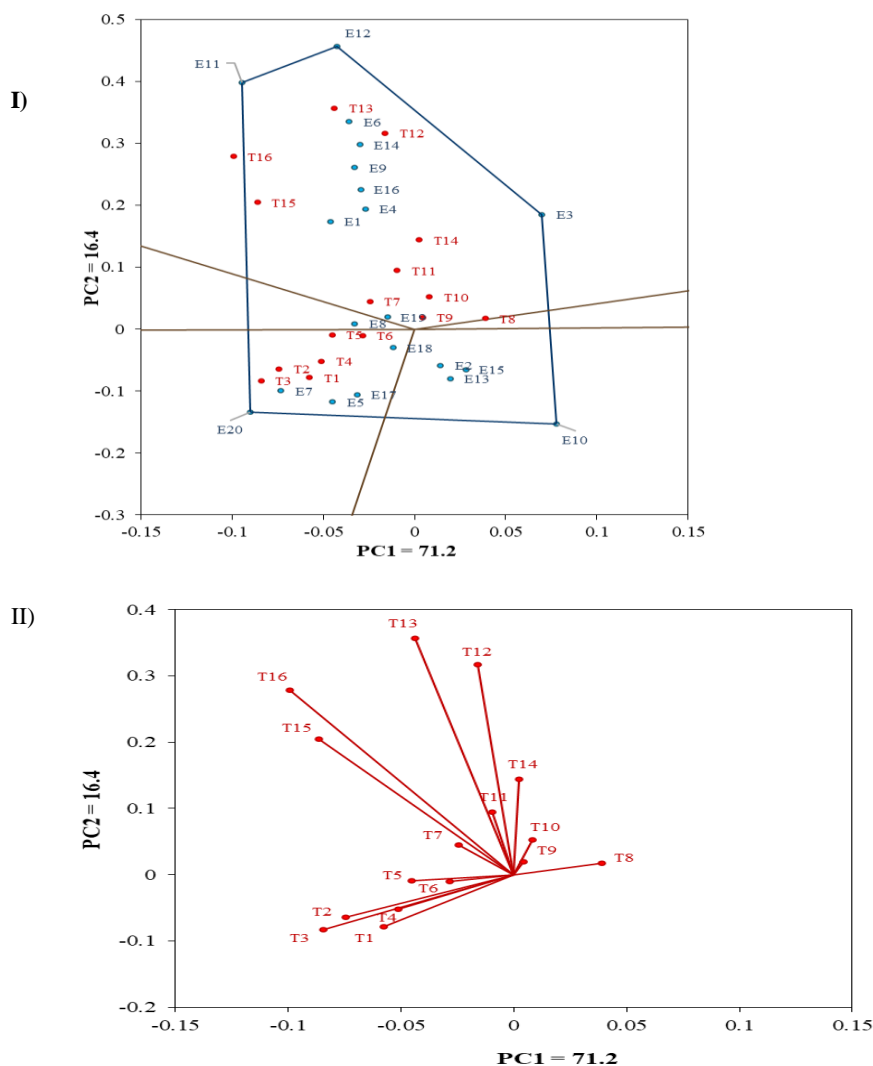
بررسی بای پلات مبتنی بر یک مدل ضرب پذیر نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب ۷۱/۲ و ۱۶/۴ درصد تغییرات مربوط به صفات مورد مطالعه از جمله عملکرد دانه‌ی ۲۰ اکوتیپ آزمایش را بیان کردند. به وسیله‌ی ترسیم بای پلات چند ضلعی مبتنی بر این دو مؤلفه، ضمن تعیین اکوتیپ‌های موفق از نظر صفات مورد ارزیابی، تأثیر صفات در این موفقیت مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. برای رسم چند ضلعی، ابتدا روی صفحه‌ی بای پلات مکان دورترین اکوتیپ‌ها از مبدأ مختصات شامل E3، E10، E11، E12 و E20 مشخص شدند. این اکوتیپ‌ها از لحاظ ۱۶ صفت مورد ارزیابی بهترین یا بدترین اکوتیپ‌های آزمایش هستند. مکان این اکوتیپ‌ها با خط‌های راست به هم متصل شد و پنج ضلعی

بای پلات تشکیل شد. سپس از مبدأ مختصات به هر ضلع این پنج ضلعی عمودی وارد و تا انتهای صفحه‌ی بای پلات ادامه یافت به طوری که صفحه‌ی بای پلات به ۵ قطاع مجزا تقسیم شد (شکل ۲- I). همان‌طور که ملاحظه می‌شود ۱۶ صفت مورد بررسی به علت قرار گرفتن در دو قطاع از پنج قطاع بای پلات، به دو گروه تقسیم شدند. اکوتیپ‌های واقع شده در هر یک از این دو گروه، برای صفات قرار گرفته در آن گروه، بهترین اکوتیپ‌ها محسوب می‌شوند (۲۱). ۱۰ صفت شامل ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور (T7)، تعداد شاخه‌های جانبی (T8)، طول نیام تک بذری (T9)، طول نیام دو بذری (T10)، طول نیام سه بذری (T11)، تعداد نیام در بوته (T12)، تعداد دانه در بوته (T13)، تعداد دانه در نیام (T14)، وزن هزار دانه (T15) و عملکرد دانه (T16) در یک گروه قرار گرفتند. این



واقع شده در قطاع مربوط به این اکوتیپ‌ها، شامل ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور (T7)، تعداد شاخه‌های جانبی (T8)، طول نیام تک بذری (T9)، طول نیام دو بذری (T10)، طول نیام سه بذری (T11)، تعداد نیام در بوته (T12)، تعداد دانه در بوته (T13)، تعداد دانه در نیام (T14)، وزن هزار دانه (T15) و عملکرد دانه (T16) به عنوان صفات مهم و مؤثر بر عملکرد شناسایی شدند. در بای‌پلات شکل II-۲، هر صفت با یک بردار نمایش داده شده است. در این بای‌پلات طول هر بردار، واریانس و تنوع صفت مربوط را تقریب می‌کند. هم‌چنین زاویه بین هر دو بردار میزان همبستگی بین دو صفت متناظر را تقریب می‌کند، به طوری‌که هر چه این زاویه بسته‌تر باشد میزان همبستگی بیش‌تر است. برای رسم این بردارها از مبدأ مختصات به مکان قرار گرفتن هر صفت روی صفحه‌ی 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 شکل جداگانه ترسیم شد (شکل II-۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود کم بودن طول بردارهای مربوط به صفات به ترتیب طول نیام تک بذری (T9)، طول نیام دو بذری (T10)، طول ریشه در پایان رسیدگی (T6) و ارتفاع ساقه تا اولین گره بارور (T7) بر اهمیت کم‌تر این صفات نسبت به دیگر صفات در موفقیت عملکرد اکوتیپ‌های موفق گاودانه دلالت می‌کند. هم‌چنین از بین ۱۰ صفت واقع در گروه اول اکوتیپ‌های موفق، بردارهای مربوط به همه‌ی صفات به جز صفت تعداد شاخه‌های جانبی (T8) با صفت عملکرد زاویه بسته داشتند که از همبستگی بالا و مثبت این صفات با عملکرد دانه حکایت داشت (شکل II-۲).

صفات در عملکرد اکوتیپ‌های E1 (شریبان)، E3 (شوردرق)، E4 (قربان‌کندی)، E6 (کاغذکنان)، E9 (الند)، E11 (آرالو)، E12 (خیارک)، E14 (آلوارس)، E16 (آغ‌بلاغ) و E19 (ارمغان‌خانه) نقش مهم و تعیین کننده داشتند. صفات فنولوژیکی تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی (T1)، تعداد روز تا شروع رسیدگی (T2)، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی (T3)، ارتفاع ساقه در پایان گل‌دهی (T4) و دو صفت مورفولوژیکی ارتفاع ساقه در پایان رسیدگی (T5) و طول ریشه در پایان رسیدگی (T6) در یک گروه واقع شدند. قرار گرفتن موقعیت مکانی اکوتیپ‌های E5 (کنگاور)، E7 (ورزقان)، E8 (قورول)، E17 (داش‌بلاغ)، E18 (قلعه) و E20 (گلوجه) در این گروه از نقش مهم این صفات در عملکرد این ۶ اکوتیپ حکایت داشت. اکوتیپ‌های E2 (حاجی‌کرد)، E10 (شیوان‌کندی)، E13 (آل‌هاشم) و E15 (قره‌آغاج) در گروهی که هیچ‌یک از صفات مورد ارزیابی در قطاع مربوط به آن‌ها قرار نداشت، واقع شدند. در نتیجه این اکوتیپ‌ها از نظر صفات مورد ارزیابی به‌ویژه صفت عملکرد ناموفق شناسایی شدند. این پنج اکوتیپ از عملکردی کم‌تر از میانگین برخوردار بودند. به این ترتیب بر اساس بای‌پلات شکل I-۲، ۲۰ اکوتیپ آزمایشی به دو گروه موفق و ناموفق از نظر عملکرد تقسیم شدند. در بین اکوتیپ‌های موفق گروه اکوتیپ‌های E1 (شریبان)، E3 (شوردرق)، E4 (قربان‌کندی)، E6 (کاغذکنان)، E9 (الند)، E11 (آرالو)، E12 (خیارک)، E14 (آلوارس)، E16 (آغ‌بلاغ) و E19 (ارمغان‌خانه) با عملکرد بالاتری نسبت به گروه اکوتیپ‌های E5 (کنگاور)، E7 (ورزقان)، E8 (قورول)، E17 (داش‌بلاغ)، E18 (قلعه) و E20 (گلوجه) در رتبه اول از نظر موفقیت در صفت عملکرد قرار گرفتند. به همین دلیل صفات



شکل ۲- I) نمودار بای پلات ۲۰ اکوتیپ گاودانه و ۱۶ صفت مورفولوژیکی و فنولوژیکی و II) بای پلات ۱۶ صفت مورفولوژیکی و فنولوژیکی (کد و نام اکوتیپ‌های گاودانه و صفات مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۱ و ۴ ارائه شده است)

Figure 2. I) The biplot graph of 20 bitter vetch ecotypes and 16 the morphological and phenological traits and II) The biplot graph of 16 the morphological and phenological traits (The code and name of bitter vetch ecotypes and the studied traits are shown in Table 1 and 4, respectively)

بای پلات دو مؤلفه‌ی اصلی اول، ابتدا اکوتیپ‌های آزمایشی را از نظر موفق بودن در صفت مهم عملکرد دانه شناسایی کرد به طوری که اکوتیپ‌های E2 (حاجی کرد)، E10 (شیوان کندی)، E13 (آل هاشم) و E15 (قره‌آغاج) از نظر این روش نامطلوب تعیین شدند. سپس به تفکیک برای دو گروه اکوتیپ‌های مطلوب، صفات مؤثر در موفقیت آن‌ها از نظر عملکرد دانه را معرفی کرد. به این ترتیب بسته به اهداف برنامه‌های به‌نژادی آینده می‌توان از نتایج هر کدام از این روش‌ها بهره برد.

### نتیجه‌گیری

در شرایط اجرای این آزمایش، روش خطی و جمع‌پذیر تجزیه مسیر مبتنی بر دو مدل کامل مشخص و فرامشخص برای ۲۰ اکوتیپ آزمایشی به ترتیب صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته را به عنوان صفاتی که بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد دانه اکوتیپ‌های گاودانه مورد بررسی دارا هستند، شناسایی کرد. از این نظر بر مبنای نتایج این آزمایش در برنامه‌های به‌نژادی آتی این گیاه مبتنی بر انتخاب، لازم است توجه ویژه‌ای به صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه‌های جانبی معطوف کرد. روش ضرب‌پذیر تحلیل

## منابع

1. Abbasi, M.R., S. Vaezi and N. Baghaie. 2007. Genetic diversity of bitter vetch (*Vicia ervilia*) collection of the National Plant Gene Bank of Iran based on agro-morphological traits. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding Genetic Research, 15: 113-128 (In Persian).
2. Abdullah, A.Y., M.M. Muwalla, R.I. Qudsieh and H.H. Titi. 2010. Effect of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds as a replacement protein source of soybean meal on performance and carcass characteristics of finishing Awassi lambs. Tropical Animal Health and Production, 42: 293-300.
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 Persian).
4. Berry, W.D. and S. Feldman. 1985. Multiple regression in practice. Sage Publications, California, USA, 96 pp.
5. Cohen, J., P. Cohen, S.G. West and L.S. Aiken. 2003. Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences. 3rd edn. Routledge Academic, UK, 736 pp.
6. Darlington, R.B. 1990. Regression and linear models. McGraw-Hill, New York, USA, 480 pp.
7. El Fatehi, S., G. Béna, A. Filali-Maltouf and M. Ater. 2014. Variation in yield component, phenology and morphological traits among Moroccan bitter vetch landraces *Vicia ervilia* (L.) Wild. African Journal of Agricultural Research, 9: 1801-1809.
8. Farran, M.T., P.B. Dakessian, A.H. Darwish, M.G. Uwayjan, H.K. Dbouk, F.T. Seliman and V.M. Ashkarian. 2001. Performance of broilers and production and egg quality parameters of laying hens fed 60% raw and treated common vetch (*Vicia ervilia*) seeds. Poultry Science, 80: 203-208.
9. Fotovat, R. 1996. Estimation of the mating system of bitter vetch using Isozyme CPT and study of genetic diversity. M.Sc. Thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran, 99 pp (In Persian).
10. Haddad, S.G. 2006. Bitter vetch grains as a substitute for soybean meal for growing lambs-livestock. Science, 99: 221-225.
11. Heise, D.R. 1976. Causal analysis. Wiley, New York, USA.
12. Hernando, B.J.E. and J. Leon. 1994. Grain legumes for animal feed. Plant Production and Protection, 26: 273-288.
13. Kakaei, M., S.S. Moosavi, M.R. Abdollahi and E. Farshadfar. 2015. Grain yield, its components, genetic diversity and heritability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Crop Production and Processing, 5 (16): 271-281 (In Persian).
14. Majnoun Hosseini, N. and M.R. Naghavi. 2017. Genetic variation for seed yield and biomass in some lentil genotypes (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3): 665-671 (In Persian).
15. Rastegar, M.A. 2005. Forage crops production. Brahmand Publisher, Tehran, Iran, 520 pp (In Persian).
16. Sadeghi, G.H., J. Pourreza, A. Samei and H. Rahmani. 2009. Chemical composition and some anti-nutrient content of raw and processed bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed for use as feeding stuff in poultry diet. Tropical Animal Health and Production, 41: 85-93.
17. Sahhafi, S.R. and M. Ghanipour Govarki. 2020. Evaluation of drought tolerance indices and biplot method in bitter vetch ecotypes. Journal of Plant Ecophysiology, 12(43): 95-106 (In Persian).
18. Vaezi, S., R. Cheraghafrooz and A. Abbasimoghadam. 2013. Evaluation of genetic diversity and relationship among agronomic traits in selected accessions bean collection. Iranian Journal of Pulses Research, 4(1): 31-42 (In Persian).
19. Wright, S. 1934. The method of path coefficients. The Annals of Mathematical Statistics, 5: 161- 215.
20. 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.
21. 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.

## Studying Effect of Phenological and Morphological Traits on Seed Yield of Bitter Vetch by Path and Biplot Analyses

Mohammad Reza Dehghani<sup>1</sup>, Seyyed Rasoul Sahhafi<sup>2</sup> and Faezeh Hassanpour<sup>3</sup>

1 and 3- Assistant Professor and Graduated M.Sc. Student, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

2- Assistant Professor, Vali-e-Asr University of Rafsanjan (Corresponding author: s.r.sahhafi@vru.ac.ir)

Received: April 18, 2021

Accepted: June 17, 2021

### Abstract

Path and biplot analysis based on linear and bilinear models, respectively, are of the effective statistical methods for expressing relationships between traits in plant. In order to study of effective traits on seed yield of bitter vetch, 20 ecotypes were evaluated in a randomized block design with three replications during 2017-2018 growing season in the Research Field of Faculty of Agriculture at Vali-e-Asr University of Rafsanjan. The analysis of variance revealed significant differences among the ecotypes for 16 studied traits except plant and root height in maturity stage and one seed pod length suggesting high variation among the ecotypes for the majority of the studied traits. Correlation analysis showed that there were a positive and significant correlation between seed yield and the most of traits except phenological traits including days to 50% flowering and days to maturing start and days to 50% maturing and two morphological traits including root height in maturity stage and two seed pod length. Stepwise regression analysis indicated that thousand kernel weight, number of seed per plant and number of lateral branch entered into model and explained about 65.7 of the total variation. The results obtained from path analysis demonstrated that thousand kernel weight had the most direct effects on seed yield (an increase of 0.657 g in seed yield per 1 g increase in thousand kernel weight). Biplot of first two components divided the successful ecotypes into two groups and identified the most effective traits association with the success of each group.

**Keywords:** Bitter vetch, Correlation, Multivariate statistical methods, Stepwise regression analysis