

مطالعه هم‌بستگی صفات زراعی و تجزیه علیت در برنج

ابوذر ابوذری گزافرودی^۱، رحیم هنرنژاد^۲، محمدحسین فتوکیان^۳ و علی اعلمی^۲

چکیده

به منظور بررسی تجزیه علیت و میزان هم‌بستگی بین ۱۶ صفت کمی، تعداد ۴۹ رقم برنج ایرانی و خارجی انتخاب شد و در مزرعه آزمایشی آموزشده کشاورزی تنکابن در قالب طرح لاتیس مربع با دو تکرار، مورد مطالعه قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات بررسی شده دارای اختلاف معنی‌دار هستند. بررسی ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی و ژنتیکی نشان داد که شمار ساقه بارور، تعداد کل پنجه و تعداد دانه در خوشه با عملکرد دانه دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بودند. هم‌چنین تجزیه هم‌بستگی از طریق روش علیت نشان داد که تعداد ساقه بارور دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد است. علاوه بر آن تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه نیز اثر مستقیم زیادی بر عملکرد داشتند. بنابراین برای گزینش ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد، انتخاب مستقیم برای صفات فوق پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برنج، اجزای عملکرد، هم‌بستگی، تجزیه علیت

مقدمه

شده حاصل گزینش هم‌زمان یا غیر هم‌زمان برای چندین صفت هستند (۱). بدیهی است که ارزش اقتصادی یک رقم به صفات مختلف آن بستگی دارد. بنابراین چگونگی اعمال انتخاب برای چندین صفت به منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی همیشه مورد نظر به‌نژادگران بوده است (۱ و ۶). هرچند بین عملکرد و تعدادی از اجزای آن رابطه مثبتی وجود دارد، ولی وجود روابط منفی بین برخی از اجزای عملکرد سبب شده تا انتخاب برای

برنج یکی از گیاهان مهم زراعی است که با در نظر گرفتن جایگاه آن در تأمین پروتئین و انرژی برای انسان، ضرورت افزایش تولید این محصول با استفاده از برنامه‌های به‌نژادی و به زراعی محسوس است. برای معرفی یک رقم جدید، خصوصیات بسیاری در نظر گرفته می‌شود که اکثر آنها با یکدیگر و عملکرد دانه هم‌بستگی بالایی دارند. ارقام اصلاح

۱. مربی ژنتیک و اصلاح نباتات، مجتمع آموزش جهاد کشاورزی مازندران، مرکز آموزش کشاورزی تنکابن

۲. به ترتیب استاد و مربی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. مربی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

گزینش غیر مستقیم برای صفات مهم از طریق صفات کم اهمیت که بعضاً دارای شرایط اندازه‌گیری آسان‌تری است، اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۸۰ در مزرعه آموزشی مرکز آموزش کشاورزی تنکابن واقع در کیلومتر ۲۲ جاده چالوس به تنکابن در قالب طرح لاینس مربع ساده با دو تکرار اجرا گردید. بدین منظور بذره‌های ۴۹ رقم برنج ایرانی و خارجی که از مؤسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شده بود جهت تهیه نشا در خزانه بذر پاشی و سپس در هر تکرار، هر رقم در دو ردیف و در هر ردیف ده بوته با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر در زمین اصلی به صورت تک نشا توسط کارگر، نشاکاری شد. عملیات کاشت و داشت شامل آماده کردن زمین اصلی، نشاکاری در زمین اصلی، آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و بیماری‌ها، مصرف کود طبق عرف منطقه انجام گرفت. بدین ترتیب که پس از نشاکاری مزرعه آبیاری شده و در تمام طول دوره رشد برنج در مزرعه و یک هفته قبل از برداشت، در کرت‌ها آب وجود داشت. از علف کش بوتاکلر (Butachlor) به میزان ۳/۴ لیتر در هکتار یک هفته بعد از نشاکاری استفاده شد. عمل وجین بار اول ۱۵ روز بعد از نشا و بار دوم ۳۵ روز بعد از نشا انجام شد. نظر به تنوع ارقام، برداشت برنج در تاریخ‌های متفاوت و توسط داس انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری صفات کمی مورد نظر، تعداد ۵ بوته از هر رقم به طور تصادفی انتخاب گردید. از آنجا که اندازه‌گیری صفات مختلف در زمان‌های متفاوتی صورت گرفت، بنابراین جهت دوری از هر گونه اشتباه، بوته‌های انتخاب شده با اتیکت مشخص شد. برای محاسبات و تجزیه‌های آماری از میانگین ۵ نمونه انتخاب شده استفاده گردید.

اندازه‌گیری صفات بر اساس دستورالعمل سیستم استاندارد ارزیابی برنج (۱۸) انجام گرفت. صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: مدت زمان خوشه دهی، مدت

همه اجزای عملکرد دانه نتواند به عنوان عاملی مؤثر در افزایش عملکرد غلات دانه ریز مفید باشد (۱۴).

ضریب هم‌بستگی که به عنوان مقیاس اندازه‌گیری رابطه خطی بین دو متغیر به کار می‌رود، صرفاً دارای یک تفسیر ریاضی است و بر روابط علت و معلولی دلالتی ندارد (۱). بنابراین از تجزیه علیت به عنوان ابزاری برای ارزیابی اهمیت صفات مؤثر بر عملکرد استفاده می‌شود. در حقیقت تجزیه علیت، تصویر کامل‌تری از هم‌بستگی‌های ساده را نشان داده و ضریب هم‌بستگی بین دو متغیر علت و معلول را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک می‌کند (۱ و ۱۱).

هم‌بستگی بین صفات در برنج و تفکیک آنها به روش تجزیه علیت، موضوع مطالعات متعددی بوده است (۸، ۹ و ۲۶). شاناکومار و مهادواپا (۲۷) هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد کل پنجه و تعداد ساقه بارور گزارش نمودند. کی هویی و همکاران (۲۰) نشان دادند که در انتخاب برای افزایش عملکرد دانه، صفات تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه می‌تواند به عنوان یکی از معیارهای انتخاب استفاده شوند. هم‌چنین نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که تعداد ساقه بارور، تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه از صفات مهمی هستند که بر روی عملکرد دانه اثر می‌گذارند. کومار و همکاران (۲۱) در بررسی هم‌بستگی بین صفات و تجزیه علیت گزینش مستقیم برای ارتفاع گیاه، طول خوشه و تعداد ساقه بارور را پیشنهاد نمودند. نتایج به دست آمده از تجزیه علیت در بررسی‌های مختلف (۴، ۷ و ۲۸)، نشان داد که صفات تعداد پنجه بارور و وزن هزار دانه به ترتیب دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بوده است.

هدف از این پژوهش بررسی هم‌بستگی بین بعضی صفات زراعی و شناسایی صفاتی است که دارای بیشترین اثر بر عملکرد از طریق تجزیه علیت بوده، تا بدین وسیله بتوان با استفاده از صفات مهم مرتبط با عملکرد، به بهبود این هدف مهم اصلاحی دست یافت. هم‌چنین با مطالعه و بررسی وجود هم‌بستگی بین صفات کم اهمیت و صفات با اهمیت می‌توان به

هم‌بستگی‌های ژنتیکی برای اکثر صفات به میزان کمی بیشتر از هم‌بستگی‌های فنوتیپی بودند. در این بررسی صفات تعداد دانه در خوشه، تعداد ساقه بارور و تعداد کل پنجه، با عملکرد دانه، دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بودند. نعمت زاده و همکاران (۹) نیز به وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد کل پنجه و عملکرد دانه تأکید داشتند. زنگ و وانگ (۲۹)، موتان و سامی (۲۳) تعداد دانه در خوشه را به عنوان یکی از صفات مهم مؤثر بر عملکرد معرفی و هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد دانه در خوشه گزارش نمودند.

قلی پور و زینلی (۱۵) نشان دادند که عملکرد با ارتفاع گیاه و طول بالاترین میانگروه، هم‌بستگی ژنتیکی منفی و معنی‌دار دارد، ولی کومار و مهادواپا (۲۱) وجود هم‌بستگی مثبت بین عملکرد و ارتفاع گیاه را گزارش نمودند. در تحقیقات قلی پور و زینلی (۱۵) بیشترین تغییرات عملکرد دانه به علت وزن صد دانه گزارش گردیده و این صفت به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد معرفی شد. موتان و سامی (۲۳) نیز نشان دادند که بزرگ‌ترین هم‌بستگی با عملکرد به صفات تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه مربوط می‌شود. وجود تفاوت در نتایج را می‌توان به متفاوت بودن مواد گیاهی و شرایط محیطی در هر یک از مطالعات نسبت داد. بیشترین میزان هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات تعداد ساقه بارور و تعداد کل پنجه دیده شد ($r = 0.97$) که بیانگر بارور بودن اکثر ساقه‌ها بود. این نتیجه با یافته‌های اله قلی پور و محمد صالحی (۲) مطابقت داشت. بنا به دلایل فوق به منظور نیل به هدف دستیابی به عملکرد بیشتر، باید به صفاتی که هم‌بستگی زیادی با عملکرد دارند توجه شود. کومار و مهادواپا (۲۱)، چودهاری و داس (۱۳) نیز نشان دادند که بین عملکرد و طول خوشه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

در تجزیه رگرسیون گام به گام که در آن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در برابر صفات دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد، سه صفت: تعداد ساقه بارور، تعداد

زمان رسیدن، تعداد دانه در خوشه، طول دانه، قطر دانه، طول بالاترین میان‌گروه، طول خوشه، ارتفاع گیاه، وزن صد دانه، نسبت طول به قطر دانه قهوه‌ای، تعداد ساقه بارور، تعداد کل پنجه، عرض برگ پرچم، طول برگ پرچم، عملکرد دانه در بوته و نسبت طول به عرض برگ پرچم.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار MSTATC بر اساس طرح لاتیس (Lattice design) مربع ساده انجام گرفت. برای اغلب صفات مورد بررسی، پایین بودن سودمندی نسبی (Relative efficiency) طرح بلوک ناقص به بلوک‌های کامل، حاکی از یک‌نواخت بودن ماده آزمایشی و عملیات اجرایی بوده؛ بنابراین تجزیه تحلیل‌های آماری بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد.

برای درک بهتر روابط بین صفات و شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد دانه ایفا می‌نمایند، از تجزیه ضرایب مسیر بر مبنای ضرایب هم‌بستگی ژنتیکی و فنوتیپی استفاده شد. بدین منظور با استفاده از ضرایب هم‌بستگی و تجزیه رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع (Y) و ۱۵ صفت دیگر به عنوان متغیر علیت (X_i)، متغیرهایی که بیشترین توجیه از تغییرات متغیر تابع را دارند، شناسایی شد. سپس آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات انتخابی مؤثر بر عملکرد محاسبه گردید. به منظور انجام محاسبات آماری، تعیین ضرایب هم‌بستگی، تجزیه رگرسیون از نرم افزار SPSS و تجزیه علیت از نرم افزار Path74 استفاده شد.

نتایج و بحث

ضرایب هم‌بستگی بین صفات کمی در ارقام برنج مورد مطالعه، در جدول ۱ ارائه شده است. علامت هم‌بستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی در اکثر موارد مشابه بود ولی از نظر مقدار در بسیاری موارد با هم اختلاف داشتند. از آنجایی که صفات مورد بررسی کمی بودند و محیط هم تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی آنها داشت، وجود این اختلاف دور از انتظار نبوده است (۳).

جدول ۲. برازش بهترین مدل رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیرهای مستقل

خطای معیار	ضریب تبیین تجمعی (R^2)	ضرایب رگرسیون برای صفات مستقل			عرض از مبدا	صفات مستقل	مرحله	صفت وابسته
		وزن صد دانه	تعداد دانه در خوشه	تعداد ساقه بارور				
۰/۲۰۴	۰/۲۶۲	—	—	۰/۰۳۵	۰/۲۸۵	۱	تعداد ساقه بارور	عملکرد دانه
۰/۱۳۳	۰/۶۸۷	—	۰/۰۳۷۱	۰/۰۴۹۷	-۰/۴۷	۲	تعداد دانه در خوشه	
۰/۰۵۸۹	۰/۹۳۸	۰/۳۲۷	۰/۰۴۳۵	۰/۰۵۶۵	-۱/۴۴۹	۳	وزن صد دانه	

بارور با اثر مستقیم ۸۴/۹ درصد از اهمیت خاصی برخوردار بود. کلیه اثرات غیر مستقیم در این تجزیه، کوچک و منفی بود. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی مربوط به اثر تعداد دانه در خوشه از طریق تعداد ساقه بارور و کمترین اثر غیر مستقیم برای اثر تعداد ساقه بارور از طریق وزن صد دانه محاسبه شد.

چائوبی و سینگ (۱۲) هم‌بستگی صفات مهم تعیین کننده در عملکرد برنج را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. نتایج تجزیه علّیت نشان داد که بیشترین اثر مستقیم مربوط به صفت تعداد ساقه بارور می‌باشد. پراکاش و پراکاش (۲۵) نیز با استفاده از تجزیه علّیت داده‌های حاصل از صفات مؤثر بر عملکرد در برنج نشان دادند که ظرفیت تولید پنجه بارور به همراه صفات تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه، مهم‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام با عملکرد مطلوب است.

به نظر می‌رسد مخزن یا ظرفیت ذخیره‌ای بزرگی که به وسیله تعداد بیشتر دانه‌ها در هر خوشه حاصل می‌شود، مزیتی برای دستیابی به عملکرد بیشتر باشد. از طرفی تعداد خوشه به طور بالقوه باعث افزایش عملکرد می‌شود، زیرا تغییر دادن تعداد خوشه، سطح برگ یا منبع فتوسنتز کننده و نیز ظرفیت مخزن یا محل ذخیره مواد در گیاه را افزایش می‌دهد. می‌توان گفت که حداکثر تظاهر هر یک از اجزای عملکرد بر حسب توالی بروز هر یک از آنها در طی رشد و نمو گیاه پی‌ریزی می‌شود، به عبارت دیگر خصوصياتی که دارای تقدم بروز هستند می‌توانند

دانه در خوشه و وزن صد دانه به ترتیب وارد مدل گردید (جدول ۲). سایر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی داری بر مدل نداشته و به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه گیاه را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. در تجزیه رگرسیون گام به گام توسط قلی پور و همکاران (۶) نیز به ترتیب سه صفت: تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه به مدل وارد شدند. در این زمینه صفات تعداد ساقه بارور با ضریب تبیین ۲۶/۲ درصد، تعداد دانه در خوشه با ضریب تبیین ۴۲/۵ درصد و وزن صد دانه با ضریب تبیین ۲۵/۱ درصد، از بین صفات مورد بررسی به میزان ۹۳/۸ درصد از تغییرات مدل رگرسیونی مربوط را توجیه می‌کنند. تجزیه رگرسیون توسط گراویس و مک نیو (۱۶) نیز جهت انتخاب صفات مؤثر بر عملکرد برنج‌های دانه بلند استفاده و صفات وزن خوشه و تعداد ساقه بارور به ترتیب در مدل وارد گردید.

به منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج به دست آمده از هم‌بستگی‌های ساده و رگرسیون گام به گام، متغیرهای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون مورد تجزیه علّیت قرار گرفت. نتایج تجزیه علّیت فنوتیپی و ژنتیکی بر اساس ضریب هم‌بستگی فنوتیپی و ژنتیکی طبق جدول ۳ نشان داد که بیشترین آثار مستقیم در هر دو تجزیه به صفت تعداد ساقه بارور مربوط است. در تجزیه علّیت فنوتیپی، صفت تعداد ساقه

جدول ۳. اثرات مستقیم و غیر مستقیم اجزای عملکرد دانه بر اساس ضرایب هم‌بستگی ژنتیکی (عدد بالا) و ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی (عدد پایین)^۱

صفات	تعداد ساقه بارور	تعداد دانه در خوشه	وزن صد دانه	هم‌بستگی با عملکرد
تعداد ساقه بارور	۰/۸۶۵**	-۰/۲۷۳	-۰/۰۶۵	۰/۵۲۷**
	۰/۸۴۹**	-۰/۲۵۹	-۰/۰۶۵	۰/۵۲۵
تعداد دانه در خوشه	-۰/۲۸۵	۰/۸۲۸**	-۰/۰۸۲	۰/۴۶۱**
	-۰/۲۷۳	۰/۸۰۴**	-۰/۰۸۶	۰/۴۴۶
وزن صد دانه	-۰/۱۱۱	-۰/۱۳۵	۰/۵۰۶**	۰/۲۶ n.s
	-۰/۱۰۸	-۰/۱۳۶	۰/۵۰۹**	۰/۲۶۶

** : در سطح ۰/۰۱ معنی دار است

۰/۰۵۲ = اثر باقی مانده ژنتیکی

n.s = معنی دار نیست

۰/۰۳۱۱ = اثر باقی مانده فنوتیپی

۱. اعداد روی قطر اثرات مستقیم و خارج قطر اثرات غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه هستند.

آثار مستقیمی بر تولید داشته، همچنین از طریق سایر صفات که در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه ظاهر می شوند اثر غیر مستقیمی بر عملکرد داشته باشند (۱۰).

در تجزیه علیت فنوتیپی (جدول ۳) پس از صفت تعداد ساقه بارور، صفت تعداد دانه در خوشه با اثر مستقیم ۰/۸۰۴ از اهمیت خاصی برخوردار است. اسماعیل (۱۹)، در بررسی تجزیه علیت در برنج اعلام نمود که صفت تعداد دانه در خوشه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد، در حالی که در بررسی فتحی و همکاران (۵) تعداد دانه در خوشه اثر مستقیم کمی بر عملکرد دانه از خود نشان داد. این صفت در جدول هم‌بستگی‌ها (جدول ۱) نیز دارای هم‌بستگی معنی دار با عملکرد بود. از آنجا که صفت تعداد دانه در خوشه دارای بیشترین اثر غیر مستقیم منفی از طریق تعداد ساقه بارور بر عملکرد بوده است بنابراین دست یافتن به شاخصی معین جهت افزایش توأم تعداد ساقه‌های بارور در بوته و تعداد دانه در خوشه با توجه به هم‌بستگی منفی بین این دو صفت از طریق انتخاب توأم، از اهدافی است که باید مورد توجه اصلاح‌گران قرار گیرد، هرچند که دسترسی به این هدف مشکل به نظر می‌رسد. مقدار اثر غیر مستقیم تعداد دانه در خوشه از طریق وزن صد دانه منفی و قابل اغماض بود.

آخرین صفتی که توسط رگرسیون گام به گام از میان ۱۶ صفت استخراج شد، صفت وزن صد دانه بود. اثر مستقیم مثبت و بالای این صفت بر عملکرد (۰/۵۰۶) به وسیله اثر غیر مستقیم و منفی تعداد دانه در خوشه و تعداد ساقه بارور، خنثی شده و سرانجام باعث عدم معنی دار شدن هم‌بستگی بین وزن صد دانه و عملکرد دانه می‌شود. می‌توان گفت که رقابت گلچه‌ها برای مواد فتوسنتزی جاری موجب کاهش وزن دانه‌ها می‌شود. ولی وزن صد دانه با دارا بودن اثر مستقیم مثبت و نسبتاً بالا می‌تواند مورد توجه قرار گرفته؛ برای افزایش و اصلاح عملکرد دانه در نظر گرفته شود. به عبارتی دیگر نظر به این که اجزای عملکرد به ترتیب تکوین می‌یابند و کاهش یک جزء ممکن است تا اندازه زیادی توسط جزء دیگر که بعداً تکوین می‌یابد جبران گردد. بنابراین وزن صد دانه اساساً برای جبران نقص اجزای عملکرد اولیه افزایش یافته و در چنین شرایطی مقدار افزایش آن می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم برای رقم محسوب شود. قلی پور و همکاران (۶)، گراویس و هلمز (۱۷) نیز در مطالعات خود همین نتیجه را گزارش نمودند. در تجزیه علیت ژنتیکی، تعداد ساقه بارور دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۸۶۵) بر عملکرد دانه بود (جدول ۳). پانوار و بانسال (۲۴) نیز اظهار داشتند که تعداد ساقه بارور، بیشترین اثر مستقیم را بر

رسیدن، قابل اندازه‌گیری است بنابراین با توجه به اثر مستقیم بالا و هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه، امکان انتخاب رقم با عملکرد دانه بالا قبل از رسیدن دانه امکان‌پذیر است. همچنین این پژوهش نشان داد که افزایش صفاتی همچون عرض برگ پرچم، قطر دانه و طول دانه می‌تواند به نوبه خود با افزایش تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه به طور غیر مستقیم در افزایش عملکرد دانه مفید باشد. نتایج به دست آمده برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه قابل کاربرد است و در تعمیم نتایج این پژوهش برای سایر ارقام برنج باید دقت بیشتری شود.

عملکرد دانه دارد. بر اساس نتایج به دست آمده از تجزیه علیت فنوتیپی و ژنتیکی می‌توان بیان کرد مهم‌ترین صفاتی که می‌توانند به عنوان شاخصی برای گزینش عملکرد معرفی شوند، تعداد ساقه بارور و تعداد دانه در خوشه است. در مجموع اکثر بررسی‌های انجام شده (۱۲، ۱۹، ۲۲ و ۲۵) تعداد دانه در خوشه و تعداد ساقه بارور را به عنوان معیارهای گزینشی در افزایش عملکرد دانه معرفی نموده‌اند. هر چند در مدل تجزیه علیت، میزان اثر مستقیم وزن صد دانه بر روی عملکرد نیز نسبتاً بالا برآورد گردیده است. صفت تعداد ساقه بارور در مراحل خوشه دهی تا

منابع مورد استفاده

۱. ابوذری گزارودی، ا. ۱۳۸۱. بررسی تنوع ژنتیکی و هم‌بستگی بین صفات مورفولوژیکی و داده‌های الکتروفورز پروتئین‌های ذخیره‌ای در ارقام برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.
۲. اله قلی‌پور، م. و م. محمد صالحی. ۱۳۸۲. تجزیه به عامل‌ها و علیت در ژنوتیپ‌های مختلف برنج. نهال و بذر ۱۹ (۱): ۷۶-۸۶.
۳. سیاه سر، ب. و ع. رضایی. ۱۳۷۸. تجزیه و تحلیل هم‌بستگی و ضرایب مسیر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی مرتبط با عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی ۳۰ (۴): ۶۸۵-۶۹۵.
۴. غلامی تاجانی، م.، م. ولیزاده، م. مقدم و م. ص. محمد صالحی. ۱۳۷۷. بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه علیت برای عملکرد دانه در ارقام پیشرفته برنج. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۵. فتحی، ق.، ک. رضایی مقدم و س. ع. سیادت. ۱۳۷۹. تجزیه علیت عملکرد دانه دو رقم برنج تحت تأثیر تقسیط کود نیتروژن. مجله علوم کشاورزی ۳۱ (۴): ۷۵۳-۷۶۵.
۶. قلی‌پور، م. و همکاران. ۱۳۷۷. تجزیه علیت صفات مهم زراعی روی عملکرد دانه برنج. فصلنامه علمی-پژوهشی دانشور، دانشگاه شاهد، ۲۲: ۴۱-۵۰.
۷. محمدیان روشن، ن.، ع. سیادت و ا. هاشمی دزفولی. ۱۳۷۷. تعیین روابط مابین اجزای عملکرد و تأثیر صفات مورفولوژی بر روی عملکرد رقم بومی برنج گیلان (رضاجو) به روش هم‌بستگی، تجزیه علیت و رگرسیون گام به گام. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۸. مومنی، ع.، ع. زالی و پ. وجدانی. ۱۳۷۵. مطالعه هم‌بستگی‌ها و تجزیه علیت برای تعدادی از صفات مهم زراعی مرتبط با عملکرد در ارقام و هیبریدهای برنج. چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۹. نعمت‌زاده، ق.، ح. درستی و م. اله قلی‌پور. ۱۳۷۷. تعیین ضرایب هم‌بستگی اجزای عملکرد و درصد هتروزیس بین ارقام اصلاح شده پر محصول و ارقام هیبرید برنج. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.

۱۰. واعظی، ش.، س. عبدمیشانی، ب. یزدی صمدی و م. ر. قنادها. ۱۳۷۹. تجزیه و تحلیل همبستگی و علیت عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ذرت. مجله علوم کشاورزی ۳۱ (۱): ۷۱-۸۲.

11. Campbell, W. F., R. J. Wagenet, A. M. Bamatraf and D. L. Turner. 1980. path coefficient analysis of correlation between stress and barley yield components. *Agron. J.* 72:1012-1016.
12. Chauby, P. K. and R. P. Singh. 1994. Genetic variability, correlation & path analysis of yield & yield components of rice. *Madras Agric. J.* 18 (9): 468-470.
13. Choudhury, P. K. D and P. K. Das. 1998. Genetic variability correlation & path coefficient analysis in deep water rice. *Ann. Agric. Res.* 19 (2): 120-124.
14. Dewey, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path - coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51:515-518.
15. Gholipoor, M. , H. Zeinali. 1998. study of correlation between yield & some important agronomic traits using path analysis in rice. *Iran. J. Agric. Sci.* 29 (3): 627-638.
16. Gravois, K. A. and R. W. Mcnew. 1987. Genetic relationships and selection for rice yield & yield components. *Agron. J.* 16 (4): 16-21.
17. Gravois, A. and R. S. Helms. 1992. Path analysis if rice yield and yield component as affected by seeding rate. *Agron. J.* 84 (1):1-4
18. INGER. 1996. Standard Evaluation System for Rice. IRRI, 4th ed., Manila Philippines.
19. Ismaile, C. 1988. Analysis of yield and its components and path coefficients in early varieties of rice (*Oryza sativa* L.). *Cienica. Y. Tecnica. En. La. Agricultura* 11(1): 7-17.
20. Kihupi, L. A. 1998. Inter relationship between yield and some selected agronomic characters in rice. *African Crop Sci. J.* 6 (3): 323-328.
21. Kumar, G. S. and M. Mahadevappa. 1998. studies on genetic variability, correlation and analysis in rice during winter across the location. *Karnataka J. Agric. Sci.* 11 (1): 73-77.
22. Morales, U. and I. Moreno. 1992. Use of path coefficients and analysis of variance to characterise and compare rice varieties in optimum cropping conditions. *Cultivo* 13 (1): 52-56.
23. Mottan, J. C and N. Samy. 1973. Correlation of yield components and other metric traits with yield in tall and dwarf indica rice. *Madras Agric. J.* 60 (9): 1162-1168.
24. Panwar, D. V. S. and M. P. Bansal. 1989. Correlation and path coefficient analysis in advanced breeding lines of rice. *Oryza* 26 (4): 396-398.
25. Prakash, S. and B. G. Prakash. 1987. Path analysis in ratoon rice. *Rice Abs.* 24: 215-218.
26. Rao. C. S., A. V. Rao and A. S. R. Prased. 1991. Effect of in admissible paths in path analysis. *Indian J. Agric. Sci.* 61: 471-475.
27. Shanthakumar, G. and M. Mahadevappa. 1998. Studies on genetic variability, correlation and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.) over seasons. *Karnataka J. Agric. Sci.* 11 (1): 67-72.
28. Yadav, R. B. and et. all. 1995. Path coefficient analysis under three desities in rice. *J. Soils and Crops* 5 (1): 43-45.
29. Zeng, X. P. and L. X. Wang. 1988. A study on the genetic parameters for quantitative characters of high yield rice in Ningxia. *Ningxia J. Agron. Forestry Sci. and Technol.* 7 (3): 7-12.