بررسی همبستگی و ضرایب علیّت صفات مورفولوژیکی جمعیّت‌های اعاده کننده باروری در برنج

مصطفی عیدی‌کهنکی[1*]، غفارکیانی[2] و قربانعلی نعمت‌زاده [3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان.

[*]m.kohnaki@gmail.com

چکیده

همبستگی بین صفات مختلف به‌نژادگر را در گزینش غیرمستقیم برای صفات مهم، از طریق اندازه‌گیری آسان‌تر صفات کم اهمیّت یاری می‌نماید. این آزمایش به منظور تعیین همبستگی بین صفات و بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات اندازه‌گیری شده بر عملکرد دانه و اجزای آن می‌باشد که در دو جمعیت حاصل از تلاقی مرکب F_2 شامل (نعمت×پژوهش // R_1×پژوهش) و (نعمت× پژوهش// R_1×نعمت) انجام شده است. تنوع مبنای همه گزینش‌ها بوده و موفقیت در برنامه‌های اصلاحی تا حدود زیادی به وجود تنوع ژنتیکی در صفات مورد بررسی بستگی دارد. از بین صفات مورفولوژیکی بررسی شده عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور و تعداد کل دانه به ترتیب با ضرایب تغییرات ۳۲/۱۲، ۲۵/۶۰ و ۲۲/۱۵ بیشترین تنوّعات فنوتیپی را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی حاکی از این بود که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد پنجه (r=۰/۶۴۲) دارد. تجزیه ضرایب مسیر اجزای عملکرد دانه نیز نشان داد که بیشترین اثرات مستقیم روی صفت عملکرد دانه، مربوط به تعداد پنجه بارور (۰/۶۳۷)، طول دانه (۰/۲۵۶) و تعداد کل دانه (۰/۰۸۴) بوده است. همچنین صفات طول دانه و تعداد پنجه بارور بیشترین اثرات غیرمستقیم بر روی عملکرد دانه را داشته اند. لذا با توجّه به همبستگی مثبت بین تعداد پنجه بارور در متر مربع و عملکرد دانه و اثر مستقیم این صفت بر عملکرد دانه می‌توان از آن به عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی برنج و تولید ارقام پرمحصول استفاده نمود.

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

مقدمه

اصلاحگران برنج علاقمند به توسعه ارقامی هستند که علاوه بر عملکرد بالا دارای صفات مطلوب زراعی دیگر نیز باشند. برای رسیدن به این هدف، گزینه‌هایی را برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب در هر نسل در نظر گرفته و یا این‌که شدّت انتخاب را تا رسیدن به نسل‌های پیشرفته به تأخیر می‌اندازند. در مراحل اولیّه برنامه‌های اصلاحی برآورد مستقیم عملکرد بسیار دشوار است به‌طوری که اصلاحگران معمولاً عمل انتخاب را برای اجزای عملکرد انجام می‌دهند که به طور غیرمستقیم عملکرد محصول را افزایش می‌دهد. در اصلاح نباتات همبستگی بین صفات از اهمیّت بالایی برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه ژنتیکی و غیرژنتیکی بین دو یا چند صفت را اندازه گیری می‌نماید. همبستگی بین صفات مختلف ممکن است به‌نژادگر را در گزینش غیرمستقیم برای صفات مهم از طریق صفات کم اهمیّت که اندازه‌گیری آن‌ها آسانتر است یاری نماید. در همین رابطه روش تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر (تجزیه علیّت) از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار است (Solanki and Bakshi., 1973). در این روش ضریب همبستگی بین دو صفت به اجزائی که اثرات مستقیم و غیرمستقیم را اندازه‌گیری می‌کنند، تفکیک می‌گردد (اله قلی پور،۱۳۷۶).

مطالعات متعددّی در زمینه همبستگی و بررسی علیّت در برنج صورت گرفته که مواردی از آن‌ها در این‌جا مطرح می‌شود. در مطالعه‌ای که به منظور بررسی روابط میان عملکرد و اجزاء عملکرد در برنج توسط رحیم سروش و همکاران (۱۳۸۳) به انجام رسید نتایج تجزیه علیّت حاکی از این بود که تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه مهمترین اجزاء مؤثر بر عملکرد دانه بودند و بیشترین اثرات مستقیم را روی عملکرد داشتند. در پژوهشی مشابه 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 (ابوذری گزافروددی و همکاران، ۱۳۸۵).

نتایج حاصل از بررسی که بر روی هشت نتاج F_2 که با سه تراکم مختلف کشت گردیده بودند، حاکی از این بود که به ترتیب تعداد پنجه‌های بارور و وزن هزاردانه بیشترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه در برنج داشته است (Yadav *et al.*, 1995). در مطالعه دیگری که به منظور بررسی ارتباط عملکرد دانه و اجزای آن در ۵۴ ژنوتیپ برنج جمعیت F_2 به انجام رسید. نتایج نشان داد که صفات تعداد خوشه در هر بوته (r=۰/۷۵۱) و تعداد دانه پر در هر خوشه با ضریب همبستگی (r=۰/۴۸۵) همبستگی معناداری با عملکرد دانه داشتند در حالی که عملکرد دانه همبستگی منفی (r= -۰/۲۹۷) در ارتباط با صفت تعداد دانه پوک در هر خوشه داشت (Kiani and Nematzadeh., 2012). اطلاعات حاصل از نتایج اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزاء عملکرد در رابطه با صفت عملکرد دانه این امکان را در اختیار به-نژادگران قرار می‌دهد تا ژنوتیپ‌های مطلوب را در نسل‌های اولیه در حال تفکیک گزینش کنند.

هدف از این تحقیق مطالعه همبستگی بین صفات و تعیین آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات اندازه‌گیری شده بر عملکرد دانه و اجزای آن در جمعیت‌های F_2 حاصل از تلاقی‌های مرکب بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق متشکل از دو جمعیت مرکب F_2 شامل (نعمت×پژوهش //R_1× نعمت) و (نعمت× پژوهش//R_1 × نعمت) می‌باشد. در این تلاقی‌ها R_1 از ارقام اعاده‌کننده باروری بوده که از کشور فیلیپین به ایران وارد گردیده است. رقم نعمت (لاین D2-۱۲-۲۸) نیز از ارقام پرمحصول و با کیفیت مطلوب می‌باشد (نعمت‌زاده و همکاران، ۱۳۷۶). رقم دیگر مورد استفاده در این تلاقی‌ها رقم پژوهش است که از ارقام دارای عملکرد مطلوب، پاکوتاه، مقاوم به کرم ساقه‌خوار و متحمل به بلاست، کرم برگخوار و پوسیدگی طوقه (ژیبرلا) و همچنین دارای صفت اعاده کنندگی باروری (Nematzadeh and Kiani., 2012) می‌باشد. بذور دو جمعیت مذکور در اواخر فروردین ۱۳۹۰ بذرپاشی و پس از آن، گیاهچه‌های ۳۰ روزه به زمین اصلی منتقل و ۱۰۰۰ بوته کشت گردید. کلیه عملیات زراعی از قبیل آبیاری، مبارزه با آفات، و کودپاشی مطابق دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد سپس در اواسط مرحله گلدهی، عمل انتخاب انجام شده و در نهایت ۶۰ بوته مطلوب از هر دو جمعیت بر اساس خصوصیات ظاهری مطلوب برای بوته‌های اعاده‌کننده باروری نظیر ارتفاع، تعداد پنجه، طول خوشه در جمعیت‌های در حال تفکیک مورد گزینش قرار گرفت. در پایان فصل رشد پس از اندازه‌گیری برخی صفات در مزرعه آزمایشی، نمونه‌ها را برداشت و سایر اندازه‌گیری‌های لازم روی آن‌ها انجام گردید. ویژگی‌های مورفولوژیکی بررسی شده در این تحقیق شامل ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، تعداد پنجه بارور در بوته، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر، وزن هزار

دانه(گرم)، طول و عرض دانه (میلی‌متر) و همچنین عملکرد دانه (گرم/بوته) می‌باشد. به منظور برورد آماره‌های توصیفی، ضرایب همبستگی، تجزیه علیّت و ضرایب مسیر در این تحقیق، نرم‌افزارهای SPSS و PATH مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

موفقیت در برنامه های اصلاحی تا حدود زیادی به وجود تنوع ژنتیکی در صفات مورد بررسی گیاهان زراعی بستگی دارد و بدیهی است که با بالارفتن تنوع حدود انتخاب نیز وسیع تر می گردد.(عبدمیشانی و شاه نجات بوشهری، ۱۳۷۶) نتایج حاصل از آمار توصیفی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های انتخابی مربوط به جمعیت‌های F_2 برنج درجدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول بیشترین انحراف معیار داده‌ها مربوط به صفت تعداد کل دانه (۲۵/۰۰) و سپس تعداد دانه پر (۱۹/۵۷) بوده است. از بین صفات مورفولوژیکی بررسی شده عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور و تعداد کل دانه به ترتیب با ضرایب تغییرات ۳۲/۱۲، ۲۵/۶۰ و ۲۲/۱۵ بیشترین تنوعات فنوتیپی را به خود اختصاص داده‌اند. دامنه تغییرات ارتفاع ژنوتیپ‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۵۹ سانتیمتر بوده است با توجه به انحراف معیار و ضریب تغییرات این صفت پراکندگی چندانی در آن وجود ندارد. و لذا ژنوتیپ‌ها با میانگین ۱۱۵/۷۰ سانتیمتر دارای ارتفاع نیمه پابلند بوده اند. در لاین‌های اعاده‌کننده باروری ارتفاع بوته نقش مهمّی را در پراکنش مناسب دانه گرده برای لاین نرعقیم دارد. در نتیجه در انتخاب لاین‌های برتر جهت گزینش لاین‌های اعاده‌کننده باروری بایستی ژنوتیپ‌های پا بلندتر از لاین نرعقیم را انتخاب نمود. همچنین به منظور تولید برنج هیبربد نیمه پاکوتاه باید هر دو والد نیمه پاکوتاه باشند و همان ژن نیمه پاکوتاهی را داشته باشند (Virmani., 1994). بنابراین بایستی ارقام نیمه پاکوتاه را با توجّه به ارتفاع لاین‌های نرعقیم جهت تولید هیبریدهای پرمحصول گزینش نمود.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی صفات اندازه‌گیری شده در ۶۰ ژنوتیپ حاصل ازجمعیت‌های F_2 برنج.

صفت	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
ارتفاع گیاه	۱۰۰-۱۵۹	۱۱۵/۷۰	۱۲/۳۰	۱۰/۶۳
طول خوشه	۲۱/۶-۳۵	۲۷/۸۷	۲/۶۵	۹/۵۰
تعداد پنجه بارور	۸-۲۳	۱۴/۱۰	۳/۶۱	۲۵/۶۰
تعداد کل دانه	۶۹-۱۷۳	۱۱۲/۸۶	۲۵/۰۰	۲۲/۱۵
تعداد دانه پر	۵۸-۱۴۳	۹۵/۵۸	۱۹/۵۷	۲۰/۴۷
طول دانه	۹/۱۹-۱۲/۶	۱۰/۷۹	۰/۶۷	۶/۲۰
قطر دانه	۱/۸۹-۲/۹۴	۲/۳۰	۰/۱۷	۷/۳۹
وزن هزاردانه	۱۸-۳۶	۲۷/۱۰	۳/۳۸	۱۲/۴۷
عملکرد دانه	۱۱/۹-۷۰/۴	۳۱/۶۶	۱۰/۱۷	۳۲/۱۲

نتایج ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های بررسی شده (جدول ۲) نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد پنجه در بوته و صفت عملکرد دانه (r=۰/۶۴۲) وجود دارد. ماروات و همکاران (1994) و یاداو و

همکاران (۱۹۹۵) و همچنین ابوذری‌گزافرودی و همکاران (۱۳۸۵) و رحیم سروش و همکاران (۱۳۸۳) نیز در تحقیقات خود به چنین نتیجه‌ای اشاره داشته‌اند. بین ارتفاع گیاه و صفات طول خوشه (r =۰/۵۵۷) و تعداد کل دانه در خوشه (r =۰/۴۶۱) و همچنین صفت قطر دانه (r=۰/۴۳۴) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. صفت طول خوشه که به عنوان معیاری برای ارزیابی عملکرد یک بوته تلقی می‌شود همبستگی معنی‌داری را با صفات تعداد کل دانه و تعداد دانه پر نشان داد (به ترتیب ۰/۶۵۹ و ۰/۳۶۱). با توجه به اثرات مستقیم نسبتاً بالای این صفت بر عملکرد دانه می‌توان تا حدود زیادی از آن به منظور افزایش عملکرد شلتوک در ژنوتیپ‌ها بهره برد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده در جمعیّت‌های اعاده کننده باروری در برنج.

صفت	ارتفاع گیاه	طول خوشه	تعداد پنجه بارور	تعداد کل دانه	تعداد دانه پر	طول دانه	قطر دانه	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
ارتفاع گیاه	۱								
طول خوشه	۰/۵۵۷**	۱							
تعداد پنجه بارور	۰/۰۶۵	۰/۲۰۹	۱						
تعداد کل دانه	۰/۴۶۱**	۰/۶۵۹**	۰/۲۳۲	۱					
تعداد دانه پر	۰/۰۸۹	۰/۳۶۱**	۰/۱۵۳	۰/۸۰۵**	۱				
طول دانه	-۰/۱۸۱	۰/۰۹۶	-۰/۱۰۰	-۰/۱۳۳	-۰/۰۵۰	۱			
قطر دانه	۰/۴۳۴**	-۰/۰۰۳	۰/۱۹۰	۰/۰۵۷	-۰/۰۸۲	-۰/۱۳۳	۱		
وزن هزاردانه	۰/۲۰۷	۰/۲۰۵	-۰/۰۵۲	۰/۰۱۷	-۰/۰۳۹	۰/۲۸۰*	۰/۲۱۳	۱	
عملکرد دانه	۰/۱۱۱	۰/۲۳۹	۰/۶۴۲**	۰/۱۹۸	۰/۱۱۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۲	۰/۰۳۹	۱

*و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

استفاده از روش تجزیه علیّت به شناخت روابط علّت و معلولی بین صفات منجر می‌گردد. به این منظور عملکرد دانه در بوته به عنوان متغیر معلول و صفات دیگر به عنوان متغیرهای علّت در نظر گرفته شدند. تجزیه ضرایب مسیر اجزای عملکرد دانه نشان داد که بیشترین اثرات مستقیم روی صفت عملکرد دانه، مربوط به تعداد پنجه بارور (۰/۶۳۷)، طول دانه (۰/۲۵۶) و تعداد کل دانه (۰/۰۸۴) بوده است، در حالی که اثر غیرمستقیم این صفت از طریق صفت طول دانه ناچیز بوده است (۰/۰۲۶-). نتایج حاصل از اهمیّت اثرات مستقیم تعداد پنجه بارور در گزارشات دیگران نیز اشاره شده است.(Bagheri *et al*., 2011; Madhavilatha *et al*., 2005) . چنین به نظر می‌رسد که با افزایش تعداد پنجه بارور، سطح برگ یا منبع فتوسنتزکننده و نیز مخزن و یا محل ذخیره مواد در گیاه افزایش می‌یابد که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹). صفت طول خوشه بیشترین اثر غیر مستقیم بر روی عملکرد دانه از طریق سایر صفات را نشان داد در حالی که اثر مستقیم این صفت بر روی عملکرد دانه ناچیز بوده است (۰/۰۱۷). بنابراین با توجّه به همبستگی مثبت بین تعداد پنجه بارور در متر مربع و عملکرد دانه و اثر مستقیم این صفت بر عملکرد دانه می توان از آن به عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی برنج و تولید ارقام پرمحصول استفاده نمود.

جدول ۳- اثرات مستقیم (روی قطر) و غیر مستقیم برخی صفات اندازه گیری شده بر عملکرد دانه جمعیت های F_2 برنج.

صفت	ارتفاع گیاه	طول خوشه	تعداد پنجه بارور	تعداد کل دانه	تعداد دانه پر	طول دانه	قطر دانه	وزن هزاردانه	همبستگی با عملکرد دانه
ارتفاع گیاه	۰/۰۵۶	۰/۰۰۹	۰/۰۴۱	۰/۰۳۹	-۰/۰۰۵	-۰/۰۴۷	۰/۰۲	-۰/۰۰۶	۰/۱۱۱
طول خوشه	۰/۰۳۱	۰/۰۱۷	۰/۱۳۳	۰/۰۵۵	-۰/۰۱۹	۰/۰۲۴	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۶	۰/۲۳۹
تعداد پنجه بارور	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۶۳۷	۰/۰۱۹	-۰/۰۰۸	-۰/۰۲۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۶۴۲
تعداد کل دانه	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	۰/۱۴۷	۰/۰۸۴	-۰/۰۴۱	-۰/۰۳۵	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱	۰/۱۹۸
تعداد دانه پر	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۹۷	۰/۰۶۸	-۰/۰۵۱	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۱۱۱
طول دانه	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۶۴	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۲۵۶	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۸	۰/۱۶۱
قطر دانه	۰/۰۲۴	-۰/۰۰۱	۰/۱۲۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۳۵	۰/۰۴۷	-۰/۰۰۷	۰/۱۶۲
وزن هزاردانه	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	-۰/۰۳۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۷۱	۰/۰۱	-۰/۰۲۹	۰/۰۳۹

سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت محترم پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان به خاطر تأمین اعتبار و دیگر افرادی که در این تحقیق ما را یاری فرمودند قدردانی می‌گردد.

منابع

ابوذری گزافرودی ا، هنرنژاد ر، فتوکیان م.ح و اعلمی ع، ۱۳۸۵ . مطالعه همبستگی صفات زراعی و تجزیه علیّت در برنج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دهم. شماره ۱۰۶-۹۹:(۲)۱۰

اله قلی پور م، ۱۳۷۶. بررسی همبستگی بعضی از صفات مهم زراعی برنج با عملکرد از طریق تجزیه علیت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

رحیم سروش ح، مصباح م و حسین‌زاده ع، ۱۳۸۳. مطالعه روابط میان عملکرد و اجزای عملکرد در برنج. مجله علوم کشاورزی ایران، ۹۹۳-۹۸۳:(۴)۳۵.

شیخ ع، نخجوان ش و گیلانی ع، ۱۳۹۰. مطالعه تنوع ژنتیکی و تجزیه علیت بین صفات مؤثر بر عملکرد برنج در دو تاریخ کاشت زمستانه خوزستان. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

عبدمیشانی س و شاه نجات بوشهری ع.ا، ۱۳۷۶. اصلاح نباتات تکمیلی. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

مرادی م، سلطانی حویزه م و معتمدی م، ۱۳۸۹. تجزیه علیّت عملکرد دانه و صفات وابسته در برخی ارقام گندم. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۱۱-۱۰۱:(۲).

نعمت زاده ق.ع، عارفی ح، امانی ر و مانی ر، ۱۳۷۶. معرفی رقم جدید برنج نعمت (لاین D2-۱۲-۲۸) با عملکرد برتر و کیفیت مطلوب. مجله علوم کشاورزی ایران، ۸۵-۷۹:(۴)-۲۸.

هنرنژاد ر، ۱۳۸۱. بررسی همبستگی برخی صفات کمّی برنج (*Oryza sativa* L.) با عملکرد دانه از طریق تجزیه علیّت. مجله علوم زراعی ایران. ۳۳-۲۵:(۴)۱.

Bagheri N, Babaeian-Jelodar N, Pasha A, 2011. Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Bih Biolology 5:32-35.

Kiani G and Nematzade G.A, 2012. Correlation and path coefficient studies in f_2 populations of rice. Notulae Science Biology, 4(2):124-127.

Madhavilatha L, Reddi Sekhar M, Suneetha Y and Srinivas T, 2005. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). Research Crops 6(3):527-534.

Marwat K.B, Tahir M, Khan D.R and Swati M.S,1994. Path coefficient analysis in rice (*Oriza sativa* L.).Sarhad Journal. Agricultural. 10:(5) 547-551.

Nematzade G.A, Kiani G, 2010. Genetic analysis of fertility restoration genes forWA-type cytoplasmic male sterility in Iranian restorer rice line DN-33-18. African Journal of Biotechnology. 9(38):6273-6277

Nematzade G.A, Kiani G, 2012. Genetic analysis of fertility restoration genes for Watype cytoplasmic male sterility in Iranian restorer rice line DN-33-18. African Journal of Biotechnology. 9(38):6273-6277

Solanki K B, Bakshi J S, 1973. Component charac ters of grain yield in barley. Indian. Journal. of Genetics. 3: 180-185.

Virmani S S, 1994. Heterosis and hybrid rice breeding. Springer- Verlag, Berlin.

Wright S, 1921. Correlation and causation. Journal. Agriculture. Research. 20:557-595.

Yadav R B, Dubey R K, Srivastava M K, Sharma K K, 1995. Path coefficient analysis under three densities in rice. Journal of Soils and Crops. 5(1): 43-45.