مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد سوم، شماره اول، بهار ۸۹
۲۱-۳۸
www.ejcp.info

ارزیابی روابط بین عملکرد دانه و برخی از ویژگی‌های وابسته به آن در جمعیت هاپلوئیدمضاعف گندم نان

علی آرمینیان[۱]، سعداله هوشمند[۲] و بهروز شیران[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، [۲]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، [۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت دنیا و نیاز به تأمین غذا، افزایش عملکرد گیاهان زراعی همانند غلات از مهمترین راهکارهای نیل به این هدف بوده که تا حدود زیادی با تعیین و شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد غلاتی مثل گندم تحقق می‌پذیرد. این تحقیق به منظور ارزیابی عملکرد دانه و تعیین ارتباط آن با برخی ویژگی‌های وابسته به عملکرد در یک جامعه هاپلوئید مضاعف گندم نان شامل ۱۰۰ لاین حاصل از تلاقی با ذرت، به همراه والدین (CK1 و ES32) و ٦ رقم گندم نان ایرانی اجرا گردید. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه در واحد سطح، تعداد پنجه بارور و تعداد کل پنجه در گیاه، تعداد گره، ارتفاع بوته، طول و عرض برگ پرچم، طول سنبله، تعداد بذر در سنبله و وزن صد دانه بود. نتایج حاکی از ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و طول و عرض برگ پرچم بود. بر اساس نتایج رگرسیون مرحله‌ای: طول سنبله، تعداد پنجه، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله مهمترین صفات در توجیه تنوع موجود در عملکرد دانه بودند. تجزیه ضرایب مسیر ساده نشان داد که طول سنبله و تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب بیشترین اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) را بر عملکرد دانه در واحد سطح دارد. تجزیه ضرایب مسیر زنجیری نیز نشان داد، تعداد پنجه اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر عملکرد دانه داشت. همچنین اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله بر وزن صددانه و نیز اثر مستقیم طول سنبله بر تعداد دانه در

*- مسئول مکاتبه: arminian_a@yahoo.com

سنبله، معنی‌دار بود. نتایج تجزیه‌های متعامد (اورتوگونال) حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام بومی نسبت به ارقام هاپلوئید مضاعف از نظر مهمترین صفت اقتصادی یعنی عملکرد بود. نتایج این تحقیق می‌تواند در انتخاب ویژگی‌های مهم وابسته به عملکرد به‌عنوان شاخص‌های انتخاب عملکرد دانه گندم با توجه به یکنواختی جامعه هاپلوئید مضاعف مورد استفاده قرار گیرد و راه را جهت افزایش بالقوهٔ عملکرد ارقام گندم هموار سازد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه ضرایب مسیر، عملکرد و اجزای عملکرد، هاپلوئید مضاعف.

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) بیشترین سطح زیرکشت را در جهان به خود اختصاص داده است (اسلافر و همکاران، ۱۹۹٤). از آنجایی که افزایش عملکرد از طریق افزایش سطح زیرکشت تقریباً ممکن نیست، لذا کسب یک شناخت جامع از تولید گندم به‌منظور اتخاذ رهیافت‌های جدید برای افزایش عملکرد در آینده از طریق مدیریت یا به‌نژادی یا هردو ضروری است. احتمال موفقیت در این وظیفهٔ پیچیده به شدت به شناخت کافی از مبانی فیزیولوژیکی و بوم شناختی افزایش عملکرد در گندم وابسته است (اسلافر، ۱۹۹٤). افزایش عملکرد دانه و صفات زراعی وابسته به آن از مهمترین ویژگی‌هایی هستند که در دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر، مورد نظر اصلاح‌گران نباتات می‌باشند. تعیین صفاتی که به منظور افزایش عملکرد نیاز به دستورزی دارند را می‌توان به‌صورت ویژگی‌های مؤثر در کارایی تولید ماده خشک، اجزای عملکرد، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن گروه‌بندی نمود (اسلافر، ۱۹۹٤). انتخاب بر اساس اغلب صفات مورفولوژیک همانند عملکرد و اجزای آن به دلیل سهولت اندازه‌گیری و وراثت پذیری نسبتاً بالا، ممکن است روشی سریع و مطمئن جهت غربال جوامع گیاهی برای بهبود عملکرد دانه باشد (ییلدریم و همکاران، ۱۹۹۳). علاوه بر این، عملکرد دانه یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل شده و اثر عوامل محیطی بر تغییرات آن زیاد است. لذا کنترل بهتر اثرات محیطی در برنامه‌های اصلاحی به منظور بهبود عملکرد و انتخاب غیرمستقیم صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد داشته و کمتر به تغییرات محیط حساس باشند، صورت می‌گیرد (داواری و لوترا، ۱۹۹۱). جهت کنترل بهتر اثرات مذکور، بکاربردن ارقام و لاین‌های خالص مثل ایزوژن‌ها و لاین‌های هاپلوئید مضاعف به‌دلیل حساسیت آنها به شرایط محیطی (جینکس

و پونی، ۱۹۸۰) از اهمیت خاصی برخوردار است. لاین‌های هاپلوئید مضاعف امکان تولید لاین‌های [جامعه] خالص را جهت استفاده در برنامه‌های بهنژادی و مطالعات ژنتیکی در کمترین زمان ممکن فراهم می‌نمایند (حیدری و همکاران، ۲۰۰۷). این لاین‌ها در گندم به روش‌های مختلفی تولید می‌شوند، از قبیل کشت بساک و تلاقی گندم با جو یا ذرت که در بین آنها تلاقی گندم با ذرت، به‌عنوان بهترین روش شناخته می‌شود (برازوسکاس و همکاران، ۲۰۰۵؛ بیدمشکین‌پور و همکاران، ۲۰۰۷).

برخی از محققین همبستگی بین عملکرد دانه و صفاتی نظیر تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه، طول سنبله و شاخص برداشت را در گندم گزارش نموده‌اند (ییلدریم و همکاران، ۱۹۹۳؛ حیدری و همکاران، ۲۰۰۷). فراهانی و ارزانی (۲۰۰۶) در بررسی ٤۲ ژنوتیپ گندم دوروم، همبستگی مثبت و معنی‌داری را به‌ترتیب بین صفات تعداد دانه و وزن دانه در سنبله و شاخص برداشت با عملکرد دانه، و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری را بین وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله مشاهده نمودند. محققان دیگری (پورسیاه بیدی، ۱۹۸۸؛ سرخی‌لله‌لو و همکاران، ۱۹۹۸) نیز بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ارتباط (همبستگی) مثبت و بسیار معنی‌داری را گزارش نموده‌اند.

بررسی ضرایب همبستگی ساده، ایدهٔ دقیقی از اهمیت اثرات مستقیم و غیر مستقیم هر یک از اجزای عملکرد را فراهم نمی‌نماید (رفیعی و سعیدی، ۲۰۰۵). علاوه‌براین، از آنجایی که بین برخی از صفات مرتبط با عملکرد، همبستگی‌های منفی وجود دارد و با توجه به روابط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند صرفاً بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد (طوسی مجرد و بی‌همتا، ۲۰۰۷). همچنین، غالباً یک صفت، علاوه بر اثر مستقیم بر صفت دیگر، از طریق سایر صفات نیز به‌طور غیر مستقیم بر آن اثر می‌گذارد. لذا در این موارد، تجزیه ضرایب مسیر (بخصوص تجزیه مسیر زنجیری[1]) روش مناسبی برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر یکدیگر می‌باشد (رضایی و سلطانی، ۱۹۹۸؛ رفیعی و سعیدی، ۲۰۰۵).

تجزیه ضرایب مسیر (علیت) گسترش‌یافتهٔ آنالیز وایازی (رگرسیون) چند متغیرهٔ خطی بوده که به عنوان ابزار قدرت‌مندی جهت مطالعه روابط بین مجموعه‌ای از متغیرهای نرمال در یک مدل علت و معلولی[2] کاربرد دارد (آرمینیان و همکاران، ۲۰۰۸). برخلاف رگرسیون، تجزیه مسیر به بررسی مدل‌های

1- Sequential path coefficients analysis
2- Cause and effect

علت و معلولی پیچیده‌ای می‌پردازد که در آنها تعداد زیادی از متغیرهای دسته اول[1] و دوم[2] می‌تواند به‌صورت همزمان مورد بررسی قرار گیرد (استرینر، ۲۰۰۶). در مدل تجزیه مسیر غیرمستقل، متغیرهای مستقل با هم مرتبط بوده و پیکان‌های دو طرفه بین آن‌ها، مشخص‌کننده ضرایب همبستگی ساده پیرسونی است. همچنین متغیرهای تأثیرگذار روی متغیرهای بعدی، تأثیر گذاشته (اثرات مستقیم، یا ضرایب رگرسیون استاندارد شده) که این تأثیر بصورت پیکان‌های یک طرفه نشان داده می‌شود (شکل ۱). همچنین یک متغیر علاوه بر تأثیر(ات) مستقیم، می‌تواند دارای تأثیرات غیرمستقیم نیز باشد که از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند.

در بررسی تجزیهٔ ضرایب مسیر زنجیری عملکرد و اجزای آن، غالباً متغیرهایی از دستهٔ اول تا سوم وجود دارد. متغیرهای دسته اول (مستقل)، عاملی برای تأثیر بر آن‌ها موجود نیست. متغیرهای دسته دوم یا حد واسط[3] تحت تأثیر متغیرهای دسته اول بوده و بر متغیرهای بعدی تاثیر دارند (هم مستقل و هم وابسته) نامیده می‌شوند. متغیرهای دسته سوم وابسته تام بوده و بر متغیرهای دیگر تأثیر نداشته و همانند عملکرد آخرین حلقه زنجیره تجزیه مسیرند (آرمینیان و همکاران، ۲۰۰۸). به کار بردن یک مدل ساده تجزیه ضرایب مسیر بخصوص هنگامی که ضرایب همبستگی بالاست، به‌دلیل افزایش چندهمخطی[4] و برآورد نادرست سهم عوامل، منجر به اختلاط اثرات عوامل با هم شده و بهتر است رابطه بین عملکرد و اجزاء آن در قالب تجزیه ضرایب مسیر زنجیری بررسی شود (سامونته و همکاران، ۱۹۹۸؛ محمدی و همکاران، ۲۰۰۳).

تجزیه ضرایب مسیر، ضریب تورم واریانس (VIF)[5] است که روشی را جهت بررسی و برآورد میزان چندهمخطی در اختیار محقق قرار داده و میزان افزایش در واریانس یک ضریب را به دلیل وجود همخطی اندازه می‌گیرد (آرمینیان و همکاران، ۲۰۰۸). در مدل تجزیه ضرایب مسیر، آزمودن معنی‌داری اثرات مستقیم اهمیت ویژه ای دارد. در این آزمون، مقدار عددی ضرایب مسیر (اثرات مستقیم) بر مقدار عددی خطای استاندارد مربوط به آنها تقسیم گردیده و در قالب یک آزمون t در سطح احتمال

1- Exogenous
2- Endogenous
3- Intermediary
4- Multi collinearity
5- VIF, Variance inflation factor

مشخص (معمولاً ۰/۹۵ یا ۰/۹۹) بررسی می‌گردند (آرمینیان و همکاران، ۲۰۰۸). متأسفانه هنوز روشی برای تست معنی‌دار بودن اثرات غیرمستقیم در تجزیه ضرایب مسیر ارائه نگردیده است.

در این رابطه، طالعی و بهرام‌نژاد (۲۰۰۳)، با ارزیابی تعداد ٤٦٧ مورفوتیپ گندم بومی غرب کشور از طریق تجزیه ضرایب مسیر، نشان دادند که صفاتی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله و عرض برگ پرچم اثر مستقیم و معنی داری بر عملکرد دانه داشتند. مقدم و همکاران (۱۹۹۷) نیز در مطالعهٔ خود نشان دادند که تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه همبستگی بالایی با عملکرد دانه در گندم داشته و دارای آثار مستقیم زیاد و معنی‌داری بر این صفت بودند.

این مطالعه جهت بررسی، ارتباط و تعیین سهم عوامل مؤثر بر عملکرد دانه در جمعیت گندم نان هاپلوییید مضاعف به‌همراه ٦ رقم بومی ایرانی با استفاده از سه موضوع آماری مذکور طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی)، به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد دانه در واحد سطح و اجزاء عملکرد در لاین‌های هاپلوئید مضاعف و ارقام بومی ایرانی انجام شد. در این آزمایش ۱۰۰ لاین هاپلوئید مضاعف حاصل از تلاقی دو لاین با منشاء کانادا به نام‌های CK1 و ES32، به همراه والدین و ٦ ژنوتیپ گندم نان ایرانی به نام‌های روشن، امید، نیک‌نژاد، بک‌کراس روشن و الوند در یک طرح آگمنت، به‌نحوی که ارقام شاهد سه بار تکرار گردید، مورد بررسی قرار گرفتند. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره و دیسک‌زنی، پخش کود شیمیایی به مقدار لازم صورت گرفت. کاشت در هفته آخر اسفند ۱۳۸٤ انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت و بوته‌ها در روی ردیف به‌ترتیب ۲۰ و ۲/۵ سانتی‌متر بود. صفات بر روی ۵ بوته که به‌طور تصادفی با رعایت حاشیه در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شده و شامل: تعداد پنجه بارور، تعداد کل پنجه، تعداد گره در بوته، ارتفاع بوته، طول و عرض برگ پرچم، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و عملکرد دانه در مترمربع بود، اندازه‌گیری گردید. در هر ردیف، والدین و ارقام شاهد یک بار تکرار شد تا امکان تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ارقام فراهم شود.

تجزیه‌های آماری در قالب طرح آگمنت بلوک‌های کامل تصادفی (ARCBD) ارایه شده توسط فدرر (۱۹۵٦) انجام گردید. بعد از یادداشت برداری داده‌های مربوط به صفات مختلف، نسبت به آزمون نرمال بودن اقدام گردید. همچنین نسبت به عدم وجود چند همخطی در متغیرهای مستقل اقدام شد. بعد از مشخص نمودن صفات مناسب، محاسبه ضرایب همبستگی ساده پیرسونی بین صفات، تحلیل رگرسیونی ساده و چندمتغیره، تجزیه رگرسیون گام به گام[1] و نیز تجزیه ضرایب مسیر ساده و زنجیری و همچنین مقایسات اورتوگونال با نرم‌افزار MINITAB انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این تحقیق، عوامل تغییر در تجزیه واریانس شامل: "بین ارقام شاهد"، "بین لاین‌های هاپلویید مضاعف" و "ارقام شاهد در برابر لاین‌های هاپلویید مضاعف" معنی‌دار بود که حاکی از تنوع ژنتیکی قابل قبول در مواد ژنتیکی مورد بررسی می‌باشد (داده‌ها آورده نشده است). مقایسه عملکرد دانه والدین نشان داد، والد اول (CK1) به‌طور معنی‌داری دارای میانگین عملکرد بالاتر (۳۱۸/٦ گرم بر مترمربع) نسبت به والد دیگر یا ES32 (۳۰۳/٤) بود. از طرف دیگر والد اول دارای وزن صددانه کمتری (۳/۱ گرم) نسبت به والد دیگر (٤/۳ گرم) بود. نتایج تجزیه‌های اورتوگونال مقایسه ارقام ایرانی (شاهد) با والدین لاین‌های هاپلوئید مضاعف نشان داد که والدین در کل دارای عملکرد و ارتفاع بیشتری بودند و از نظر دیگر صفات تفاوتی با ارقام ایرانی نداشتند. به‌علاوه، مقایسه میانگین لاین‌ها با والدین و ارقام ایرانی و همچنین والدین با ارقام ایرانی نشان داد، میزان عملکرد و وزن صددانه و ارتفاع بوته والدین بیشتر از ارقام ایرانی بود. علاوه براین متوسط میزان عملکرد دانه در والدین به‌طور معنی‌داری بیشتر از لاین‌ها بود. در حالی که لاین‌ها از دامنه عملکرد بیشتری (٤٨٦/٨٩–۱۰۱/۱۵) نسبت به والدین (٤۱۱/٤۹–۲۲۹/۸۸ گرم) برخوردار بودند. دلایل میزان بالا و پایین عملکرد لاین‌ها را می‌توان به احتمال زیاد به تنوع کافی آنها در سازگاری به شرایط متغیر محیط و تفکیک متجاوز ژنتیکی آنها نسبت داد که بعضاً منجر به تولید بیشتر (٤٨٦/٨٩ گرم در مترمربع) عملکرد شده و همچنین حد پایین عملکرد (۱۰۱/۱۵ گرم در مترمربع) در این لاین‌ها را همانگونه که جینکس و پونی (۱۹۸۰) معتقدند می‌توان به پتانسیل ژنتیکی متفاوت و همچنین کمتر بودن قدرت سازگاری و به

1- Stepwise regression

عبارتی به حساسیت برخی از آنها به شرایط محیطی نسبت داد. هر چند برخی از لاین‌ها از نظر میزان عملکرد و صفاتی مثل طول برگ پرچم از والدین خود برتر بودند. این وضعیت در لاین‌های هاپلوئید مضاعف گیاهان دیگری مثل پنبه نیز گزارش شده بطوری که لاین‌های تولیدی حتی از نظر پایداری محیطی کمتر از والدین خود نبودند (ماحیل و همکاران، ۱۹۸٤). بنا به نتایج این محققان، عدم یکنواختی (هتروژنی) یک واریته زراعی یا نژاد، پیش‌نیاز اصلی در تعیین واکنش محیطی آن نبوده بلکه تظاهر تجمعی صفات ژنتیکی است که که نقش مهمتری را در سازگاری محیطی بازی می‌کند.

در این تحقیق، متوسط طول برگ پرچم لاین‌های هاپلوئید مضاعف گندم (۱۷/۵۱ سانتی‌متر) بیشتر از ارقام ایرانی (۱٤/۰۳ سانتی‌متر) بود. از آنجایی که وجود ریشک در ارقام گندم تأثیر بسزایی در عملکرد گندم دارد، با توجه به اینکه لاین‌های هاپلوئید مضاعف بدون ریشک بودند، احتمالاً لاین‌ها نقیصه مذکور را با افزایش طول برگ پرچم جبران می‌نمایند.

هرچند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در واحد سطح با ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول و عرض برگ پرچم وجود داشت، اما از لحاظ مقدار، متوسط و پایین بوند (جدول ۱). رابطه بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه توسط محققین مختلف گزارش گردیده است (آیسسیک و ییلدریم، ۲۰۰٦؛ اکرم و همکاران، ۲۰۰۸؛ حیدری و همکاران، ۲۰۰۷). براساس مقایسه ارقام قدیم و جدید گندم توسط اسلافر (۱۹۹٤)، بهبود عملکرد گندم در درجه اول ناشی از افزایش تعداد دانه در سنبله بوده، و از آنجایی که تعداد سنبله تغییر کمی (ناچیز) کرده است، افزایش عملکرد ناشی از تعداد دانه در واحد سطح بوده است. هرچند در مطالعات مختلف (هانسون و همکاران، ۱۹۸۵؛ اسلافر، ۱۹۹٤) همبستگی ارتفاع بوته و عملکرد به علت حساسیت گندم به ورس، منفی گزارش شده است، اما در جمعیت حاضر به علت زاویه کم برگ با ساقه و احتمال توزیع بهتر نور در داخل کانوپی ارقام پابلند، افزایش ارتفاع بوته منجر به افزایش عملکرد گردیده است. در تحقیقاتی که توسط محققان مختلف صورت گرفته (بلای و همکاران، ۱۹۹۳؛ آیسسیک و ییلدریم، ۲۰۰٦) ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفاتی نظیر ارتفاع گیاه و وزن هزاردانه گزارش شده است. اسپاگنولتیزلی و کالست (۱۹۹۰) تغییرات اندازهٔ برگ پرچم را در ۷۳۵ ژنوتیپ گندم (شامل ژنوتیپ‌های قدیم و جدید) بررسی نموده و دریافتند که در جریان بهنژادی برای عملکرد دانه بیشتر، سطح برگ پرچم بیشتر شده است، بطوری‌که این نتایج، دستآوردهای تحقیق حاضر ما را

تأیید می‌نماید. در تحقیق حاضر، همبستگی بین تعداد پنجه کل با تعداد پنجه بارور نیز معنی‌دار و مثبت و در حد بالایی (r=۰/۸٦۸، P<۰/۰۱) بود (جدول ۱).

جدول ۱- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه در واحد سطح و سایر ویژگی‌های وابسته به آن در جامعه هاپلویید مضاعف گندم نان

صفات	عملکرددانه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸
تعداد پنجه (۱)	-۰/۰۲۹^{ns}								
ارتفاع بوته (۲)	۰/۳۷٥**	۰/۱۲۳^{ns}							
وزن صددانه (۳)	۰/۰۹۱^{ns}	۰/۲٦٥**	۰/۲۳۳**						
طول سنبله (٤)	۰/۳٤٥**	۰/۳٤٦**	۰/۱۹۳*	۰/۳٥٥**					
تعداد دانه در سنبله(٥)	۰/۳۲۹**	۰/۱۰٤^{ns}	۰/۳۲۷**	۰/۲۱٦*	۰/۳۹٦**				
تعدادپنجه بارور (٦)	۰/۰۹٤^{ns}	۰/۸٦۸**	۰/۲۷۲**	۰/۲٥٦**	۰/٤۳۰**	۰/۲۰۷*			
طول برگ پرچم (۷)	۰/۲۹٦**	۰/۳٥٦**	۰/۲٤۸**	۰/۱۳۰^{ns}	۰/٤۰٦**	۰/۲٦۲**	۰/۳۰۳**		
عرض برگ پرچم(۸)	۰/۲٥٥**	۰/۲۰۱*	۰/۳۰۳**	۰/۱۰۲^{ns}	۰/۳۸۱**	۰/۱٦٤^{ns}	۰/۱۷۸*	۰/٤۹۷**	
تعداد گره (۹)	۰/۱۲۳^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	۰/۳٥٤**	۰/۱۸۰*	۰/۱٦٤^{ns}	۰/۰۸۷^{ns}	-۰/۰۲۸^{ns}	-۰/۰٦۲^{ns}	۰/۱۹۷*

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار (P>۰/۰٥) و معنی‌دار در سطوح احتمال ٥ درصد (P<۰/۰٥) و ۱ درصد (P<۰/۰۱).
اعداد داخل پرانتز مشخص‌کننده نوع صفات در این جدول می‌باشند.

نتایج این پژوهش با دیگر محققان برای ارتباط مثبت و معنی‌دار ارتفاع گیاه با تعداد پنجه و وزن هزار دانه (بلای و همکاران ۱۹۹۳؛ اکرم و همکاران، ۲۰۰۸)، و نیز ارتفاع بوته با وزن صد دانه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور (الینگز، ۱۹۹۱؛ فراهانی و ارزانی، ۲۰۰٦) و همچنین ارتباط بین طول سنبله با تعداد دانه در سنبله، وزن صددانه، طول و عرض برگ پرچم (گاسپر و زاما، ۱۹۹۰؛ اکرم و همکاران، ۲۰۰۸) و نیز بین پنجه و طول سنبله (شاهید و همکاران، ۲۰۰۲؛ اکرم و همکاران، ۲۰۰۸) مطابقت دارد. در این زمینه، گوپتا و همکاران (۱۹۹۹) و همچنین چودری و همکاران (۲۰۰٦) بیان داشتند که صفاتی نظیر تعداد پنجه و وزن هزاردانه از اجزاء مهم و اصلی وابسته به عملکرد در گندم می‌باشند که می‌توانند منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد گردند. در این آزمایش سایر صفات کم و بیش با یکدیگر همبستگی‌هایی داشتند (جدول ۱) ولی با توجه به پیچیدگی روابط صفات، از همبستگی بین صفات اجزای عملکرد به تنهایی برای بهبود عملکرد

نمی‌توان استفاده نمود (فراهانی و ارزانی، ۲۰۰٦). هر چند در کل با توجه به مطالب فوق، از ضرایب همبستگی (تا حدودی) برای آگاهی از رابطه بین عملکرد و اجزای آن و نیز بین اجزای عملکرد استفاده می‌گردد (فراهانی و ارزانی، ۲۰۰٦). به‌عنوان نمونه کاهش ارتفاع بوته شیوه اصلی افزایش عملکرد دانه در گذشته بوده، ولی در آینده نمی‌توان از این روش استفاده کرد (اسلافر، ۱۹۹٤).

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در واحد سطح لاین‌های جمعیت هاپلوئید مضاعف نشان داد که صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه و طول برگ پرچم به ترتیب وارد مدل شده و جمعاً ۷۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه در واحد سطح را توجیه نمودند (جدول ۲). همچنین ضرایب همبستگی بین طول سنبله و تعداد دانه در سنبله با عملکرد به ترتیب برابر با ۰/۳۵ و ۰/۳۳ شد که هردو در سطح ۰/۹۹ معنی‌دار گردیده و بالاترین ضرایب همبستگی با عملکرد را بعد از ارتفاع بوته در این تحقیق به خود اختصاص دادند. طول سنبله با تعداد دانه در سنبله نیز همبستگی مثبت معنی‌دار و تقریباً برابر با ۰/٤ با هم داشتند. البته محققان دیگر در بررسی ارتباط عملکرد دانه با طول سنبله در ٤۲ ژنوتیپ گندم دوروم همبستگی معنی‌داری (r=۰/۲۲) بدست نیاوردند. هر چند که همبستگی بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد در تحقیق آنها ۰/٤۲ و معنی‌دار گردید (فراهانی و ارزانی، ۲۰۰٦).

در جدول ۲ مشاهده می‌گردد که شیب رگرسیون برای صفات طول سنبله و تعداد دانه در سنبله در سطح ۰/۹۹ معنی‌دار شده ولی این شیب برای صفت طول برگ پرچم معنی‌دار نیست. احتمالاً علت این امر بر می‌گردد به اینکه وقتی صفات مختلفی با هم در تجزیه رگرسیون چند متغیره خطی وارد می‌گردند، در صورتی که واحدهای اندازه‌گیری آنها با هم متفاوت باشد (مثل سانتی‌متر و گرم)، این امر منجر به تغییر در شیب رگرسیون می‌شود. در این جدول مشاهده می‌شود که بزرگتر بودن واحد اندازه‌گیری برای طول برگ پرچم منجر به کوچک شدن و غیر معنی‌دار شدن شیب برای این صفت گردیده است. طول برگ پرچم ابتدا روی طول سنبله و سپس از طرق دیگر روی عملکرد تاثیر می‌گذارد (شکل ۱). همچنین ذکر این نکته ضروری است که ممکن است بعضاً یک صفت در تجزیه مسیر تأثیر آن بر صفت وابسته‌ای حتی غیر معنی‌دار شود ولی از لحاظ زیست‌شناسی تاثیر آن نباید نادیده گرفته شود.

ارتباط مشخص بین عملکرد با طول سنبله با تعداد دانه در سنبله و حتی تعداد پنجهٔ بارور مطلوب و مفید می‌باشد. لذا در این جمعیت، این صفات می‌توانند به‌عنوان صفات اصلی تعیین‌کننده عملکرد

دانه در واحدسطح مورد توجه قرار گیرند. البته تعداد دانه در سنبله نیز تابع تعداد سنبلچه‌ها می‌باشد. از آنجایی که حداکثر عملکرد دانه در یک شرایط معین دارای حد خاصی می‌باشد، لذا با افزایش تعداد دانه، وزن دانه کاهش می‌یابد (نیستانی و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین علت اصلی اختلاف در عملکرد دانه در واحد سطح در ژنوتیپ‌ها را می‌توان به‌طور عمده به تفاوت آنها در طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه دانست. لذا گزینش این صفات می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و تولید ارقامی با عملکرد دانه در واحد سطح بالاتر گردد. البته این امر با توجه به نقش جبرانی این اجزاء تا زمانی که تعادل بین منبع و مخزن[1] برقرار باشد، امکان‌پذیر است (زینلی و همکاران، ۲۰۰۶). همان‌طور که قبلاً ذکر گردید صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و طول برگ پرچم در مجموع ۷۳ درصد از تنوع موجود در بین صفات مختلف مورد بررسی را به خود اختصاص داده و مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد تشخیص داده شدند. لذا دیده می‌شود (جدول ۲) که بر اساس اولویت وارد مدل شده و مقدار ضریب تشخیص تجمعی نیز افزایش می‌یابد. لذا این صفات بایستی حتماً در مدل تجزیه مسیرها موجود باشند.

جدول ۲- نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرهای وابسته به عملکرد به‌عنوان مستقل در کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم در یک جمعیت هاپلوئید مضاعف بهمراه ٦ رقم گندم نان بومی ایران.

متغیرهای اضافه شده به مدل	مقدار ثابت (Intercept)	ضرایب رگرسیون			ضریب تشخیص تجمعی
		b_1	b_2	b_3	
طول سنبله	۱۲/٤^{ns}	۳۲/۹**			۰/۲۹**
تعداد دانه در سنبله	-۲۵۹٤**	۲۷/٦**	۱۷۲۲**		۰/٦۳**
طول برگ پرچم	-۲٤۵۰**	۲۲/۷**	۱٦۰۸**	٤/۱۹^{ns}	۰/۷۳**

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

به‌منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج حاصل از همبستگی‌های ساده و رگرسیون مرحله‌ای، متغیرهایی که در مدل نهایی رگرسیون مرحله‌ای وارد شده (جدول ۲) و بخش عمده‌ای از تنوع عملکرد دانه را توجیه نمودند، در تجزیهٔ ضرایب مسیر ساده (شکل نمایش داده نشده) استفاده شدند که در این بین صفات طول سنبله و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثرات مستقیم مثبت (۰/۲۸ و ۰/۲۱) و معنی‌دار

1- Sink and source

(P<۰/۰۱) را بر عملکرد دانه در واحد سطح داشتند. در حالی که تعداد پنجه و طول برگ پرچم، اثرات مستقیم قابل توجه ولی غیرمعنی‌داری را بر عملکرد دانه در واحد سطح داشتند که بیش از اثرات غیرمستقیم این صفات بود. به جز اثر تعداد دانه در سنبله بر وزن یکصد دانه که منفی و معنی‌دار بود، بقیه اثرات مستقیم اجزاء عملکرد مثبت و معنی‌دار شد. در این رابطه، پایین بودن ضرایب همبستگی بین صفاتی نظیر تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه، عمدتاً به‌دلیل تأثیر غیرمستقیم آن از طریق صفات دیگر مثل طول برگ پرچم یا طول سنبله است. لذا نتایج بدست آمده از تجزیهٔ ضرایب مسیر نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای را تأثیرنموده و همان‌طور که قبلاً گفته شد، می‌توان در نهایت صفات تعداد پنجه، طول برگ پرچم، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله را به‌عنوان صفات اصلی تعیین کننده عملکرد دانه در واحد سطح مورد توجه قرار داد که با نتایج محققین دیگر (نیستانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ حیدری و همکاران، ۲۰۰۷) در خصوص تأثیر قابل توجه و مهم صفات فوق بر عملکرد دانه در غلات مطابقت کامل دارد.

وجود مدل تجزیه ضرایب مسیر ساده به‌تنهایی نمی‌تواند در خصوص بررسی اثرات اجزاء عملکرد بر عملکرد کفایت نماید و با توجه به پوشیده ماندن سهم برخی از اجزاء عملکرد، لزوم بکاربردن تجزیه ضرایب مسیر زنجیری ضرورت دارد (آگراما، ۱۹۹٦؛ محمدی و همکاران، ۲۰۰۳). البته این مدل در بعضی از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته و به‌خصوص در مورد گیاهانی غیر از غلات مثل گیاهان دارویی کاربرد دارد.

جهت انجام تجزیه ضرایب مسیر زنجیری، اجزاء عملکرد گندم را به صورتی که در شکل ۱ دیده می‌شود مرحله به مرحله وارد مدل نموده و نسبت به برآورد و سنجش معنی‌دار بودن اثرات مستقیم و نیز برآورد اثرات غیرمستقیم و باقیمانده[1] صفات اقدام گردید، ضمن اینکه متغیر عملکرد دانه به عنوان پاسخ نهایی درنظر گرفته شد. نتایج تجزیه ضرایب مسیر زنجیری (جدول ۳ و شکل ۱) نشان داد که شاخص برداشت، تعداد پنجه و وزن صددانه دارای اثرات مستقیم (به‌ترتیب۰/۱۱، ۰/۰۳- و ۰/۰۳) و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر عملکرد دانه در واحد سطح داشتند. در حالی‌که ارتفاع گیاه با آنکه اثر مستقیم مثبت و بالاتری نسبت به اثرات غیرمستقیم خود داشت ولی معنی‌دار نبود. بجز عملکرد که صفت وابسته نهایی است صفات مذکور دیگر، از نوع مستقل یا میانه هستند. در این قسمت مقدار باقیمانده (U) برابر با ۰/۹۲ شد و نشان دهنده این است که سهم عوامل دیگری که روی عملکرد به‌طور غیرواسطه تأثیر میگذارند نیز بالا و

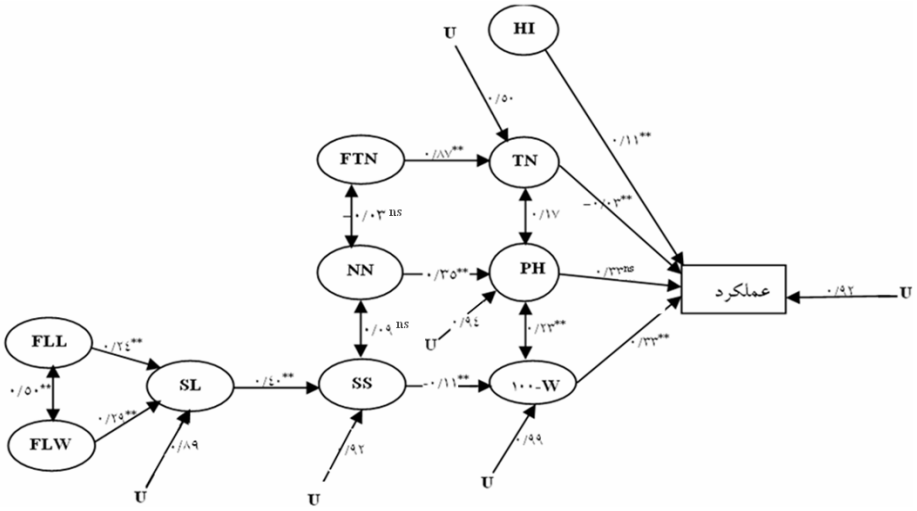
1- Residual, U

قابل‌توجه بوده، لذا بایستی در آزمایش‌های مختلف تا جایی که ممکن است عوامل بیشتر و مؤثرتری بر عملکرد را یافته و در مدل وارد نمود.

در این مرحله از مدل مشخص شد که مقدار ضریب تورم واریانس (VIF) برای ٤ صفت مربوط به عملکرد مذکور قابل قبول و کمتر از ۲ می‌باشد که نشان دهنده عدم وجود چندهمخطی در این صفات می‌باشد. در این رابطه مونتگومری و پک (۱۹۸۲) اذعان داشته‌اند، زمانی که مقدار VIF بزرگتر از ۱۰-۵ باشد، آنگاه ضرایب رگرسیونی به‌صورت خیلی ضعیفی برآورد می‌گردند. تجزیه ضرایب مسیر زنجیری (شکل ۱) نشان داد که تعداد پنجه بارور (مستقل)، اثر مستقیم مثبت و بالایی (۰/۸۷) را بر روی تعداد کل پنجه (وابسته در اینجا ولی میانه در طول نمودار تجزیه مسیرها) داشت. در این بخش میزان اثر باقیمانده مربوط به تعداد پنجه نیز حدود متوسط (۰/۵۰) شد. همچنین تعداد گره (مستقل) اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر روی ارتفاع بوته (وابسته در اینجا ولی میانه در طول نمودار تجزیه مسیرها) داشت. به‌این‌معنا که بوته‌های با ارتفاع بیشتر از تعداد گره بیشتری نیز برخوردار بودند. البته در سطح تجاری و از نظر عملکرد دانه، بایستی هدف در بکارگیری ارقام پاکوتاه باشد، زیرا که قابلیت کودپذیری بیشتری داشته و از خطر ورس نیز مصون می‌مانند. دستیابی به ارتفاع کم در قالب ارقام پاکوتاه منجر به انقلاب سبز در کشاورزی شده زیرا که در این ارقام شاخص برداشت بالاتر بوده و میزان عملکرد نیز در آنها افزایش پیدا می‌کند. همچنین میزان بالای اثر باقیمانده در این قسمت نشان‌دهنده وجود تأثیر عوامل دیگری است که بر روی ارتفاع گیاه تأثیر می‌گذارند، مثل شرایط آب‌وهوایی، میزان کود، نوع و حاصلخیزی خاک و غیره. همچنین در بررسی اثر تعداد دانه در سنبله (مستقل) بر وزن صددانه (وابسته در اینجا ولی میانه در طول نمودار تجزیه مسیرها) مشخص شد که تعداد دانه از اثر مستقیم منفی (۰/۱۱-) و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر روی وزن صد دانه برخوردار بود. لذا نتیجه می‌شود که هرچه تعداد دانه در سنبله زیادتر شود حجم دانه‌ها کوچک‌تر شده و این دانه‌ها از وزن کمتری نسبت به دانه‌های درشت‌تر برخوردار می‌باشند.

در بررسی اثر طول سنبله (مستقل در اینجا ولی میانه در طول نمودار تجزیه مسیرها) بر تعداد دانه در سنبله (وابسته در اینجا ولی میانه در طول نمودار تجزیه مسیرها) مشخص گردید که طول سنبله اثر مثبت مستقیم (۰/۳۹) و معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشت. لذا نتیجه می‌گیریم که سنبله‌های بزرگتر از تعداد دانه‌های بیشتری برخوردار بوده و بالتبع اندازه دانه‌های مذکور نیز ریزتر خواهد بود. ولی بایستی درنظر داشت که هرچند در مقیاس بوته این وضعیت خاص برقرار است ولی اگر هدف تولید اقتصادی گندم در مقیاس وسیع باشد احتمالاً در کل افزایش تولید را درپی خواهد داشت. از طرف دیگر، اگر هدف تولید ارقامی باشد که به عنوان والدین تلاقی‌ها باشند، آنگاه قضیه به کلی متفاوت خواهد بود. همچنین مشخص

شده که تعداد دانه در واحد سطح از اهمیت بیشتری نسبت به تعـداد دانـه در بوتـه برخـوردار بـوده ولـی خوشبختانه همبستگی مستقیمی بین تعداد دانه در بوته و در واحد سطح وجود دارد (اسلافر، ۱۹۹٤).



شکل ۱- تجزیه ضرایب مسیر زنجیری برای عملکرد دانه و ویژگی‌های وابسته در جامعه هاپلوئید مضاعف گندم نان.

علامت‌های اختصاری به کار رفته در این شکل به صورت زیر است: HI، شاخص برداشت. TN، تعدادپنجه کل. PH، ارتفاع بوته به سانتی‌متر. W-۱۰۰، وزن یکصد دانه. FTN، تعداد پنجه بارور. NN، تعداد گره. SS، تعداد دانه در سنبله. SL، طول سنبله به سانتی‌متر.

در تجزیه ضرایب مسیر (شکل ۱)، صفت طول سنبله (وابسته در اینجا ولی میانه در طـول نمـودار تجزیه مسیرها) واقع شده که خود تحت تأثیر طول و عرض برگ پرچم (صفات مستقل) قرار دارد. در این روند مشخص گردید که طول و عرض برگ پرچم تأثیر مستقیم مثبت معنی‌دار و بالایی را بر طول سنبله داشته (به‌ترتیب ۰/۲٤ و ۰/۲۹) این در حالی است که سهم عرض برگ پرچم از طول آن بیـشتر می‌باشد. این مسئله در ارقام جامعه هاپلوئید مضاعف فاقد ریشک از اهمیت بیشتری برخـوردار اسـت زیرا همانگونه که قبلاً ذکر شد، این لاین‌ها بدون ریـشک بـوده و همـانطور کـه مـورد انتظـار اسـت، ریشک‌ها سهم ویژه‌ای از تولید عملکرد دانه‌ها را برعهده داشته و احتمالاً در غیاب آنها وجود برگ‌های پرچمی عریض و طویل این نقیصه را جبران می‌نماید، زیرا که مهمترین و بعد از ریشک‌ها نزدیکتـرین اندام فتوسنتزکننده به دانه‌ها هستند. بطوری‌که در لاین‌های مذکور تحقیق حاضر مواردی دیده شـد کـه طول برگ پرچم حدود نیم متر بود.

جدول ۳- تجزیه ضرایب مسیر زنجیری برای عملکرد دانه و ویژگی‌های وابسته به آن در یک جمعیت گندم نان لاین‌های‌هاپلوئید مضاعف

صفت وابسته	صفت میانه موثر	همبستگی با صفت وابسته	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق			باقیمانده(U)
عملکرد دانه	شاخص برداشت	۰/۵۶**	۰/۱۱**	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	وزن صددانه	۰/۹۲
				۰/۰۱	۰/۱۱	-۰/۰۰۲	
	تعداد پنجه	-۰/۰۳**	-۰/۰۳**	شاخص‌برداشت	ارتفاع بوته	وزن صددانه	
				-۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰۰۸	
	ارتفاع بوته	۰/۳۸**	۰/۳٤ns	شاخص‌برداشت	تعداد پنجه	وزن صددانه	
				۰/۰٤	-۰/۰۰٤	۰/۰۰۷	
	وزن صددانه	۰/۰۹ns	۰/۰۳**	شاخص برداشت	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	
				-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۸	۰/۰۸	
تعداد پنجه	تعداد پنجه بارور	۰/۸۷**	۰/۸۷**				۰/۵۰
ارتفاع بوته	تعداد گره	۰/۱۲ns	۰/۳۵**				۰/۹٤
وزن صددانه	تعداد دانه در سنبله	۰/۲۲*	-۰/۱۱**				۰/۹۹
تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	۰/٤۰**	۰/۳۹**				۰/۹۲
طول سنبله	طول برگ پرچم	۰/٤۱**	۰/۲٤**	عرض برگ پرچم			۰/۸۹
				۰/۱۲			
	عرض برگ پرچم	۰/۳۸**	۰/۲۸**	طول برگ پرچم			
				۰/۱٤			

ns و * به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

FLL، طول برگ پرچم. FLW، عرض برگ پرچم به سانتی‌متر. پیکان‌های یک طرفه (⟶)و دوطرفه (↔)به‌ترتیب مبین اثرات مستقیم و ضرایب همبستگی ساده و U نیز مبین باقیمانده می‌باشد.

ns و ** به‌ترتیب به معنای غیر معنی‌دار و معنی‌دار، در سطح احتمال ۱٪ می باشد.

بر اساس نتایج تجزیه ضرایب مسیر زنجیری (شکل ۱) به جز اثر تعداد دانه در سنبله بر وزن صد دانه که منفی و معنی‌دار است، بقیه اثرات مستقیم اجزاء عملکرد مثبت و معنی‌دار بود. البته بایستی توجه داشت که در تجزیه ضرایب مسیر میزان اثرات مستقیم متغیرها با اثر(ات) غیرمستقیم آنها رابطه معکوس دارد. بطوری‌که زمانی‌که اثر مستقیم متغیری بر متغیر وابسته‌ای بالا باشد اثر(ات) غیر مستقیم آن متغیر

مقدار کمتر یا کوچکتری داشته و مبین تأثیر آن متغیر از طریق متغیر(های) تأثیرگذار دیگر می‌باشد. در نتیجه، همانگونه که محققان (دیوی و لو، ۱۹۵۹) بیان داشته‌اند، زمانی که که ایجاد رابطه بین متغیرهای مؤثر بر عملکرد دانه مورد نظر باشد، تجزیهٔ ضرایب مسیر روش مؤثرتری نسبت به آنالیز همبستگی می‌باشد. لذا نتایج گزارش شده در تحقیق حاضر درخصوص تجزیه ضرایب مسیر، نشان می‌دهد که اجزاء عملکرد دانه شامل طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد(یا هزار) دانه و همچنین تعداد پنجه‌های بارور و ابعاد برگ پرچمی می‌توانند به‌عنوان معیارهای انتخاب جهت اصلاح عملکرد دانه گندم با توجه به خالص بودن جامعه هاپلوئید مضاعف، در برنامه‌های بهنژادی و تولیدی مورد توجه و بهره‌برداری قرار گیرند. بنابراین همان‌طور که محققان دیگر (رفیعی و سعیدی، ۲۰۰۵) بیان داشته‌اند به‌نظر می‌رسد با انتخاب برای بهبود همزمان این صفات می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داده و همچنین از آنها به‌عنوان معیارهایی جهت انتخاب ارقام با عملکرد بالا استفاده نمود.

منابع

Agrama, H.A.S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant Breed. 115:343-346.

Akram, Z., Ajmal, S.U. and Munir, M. 2008. Estimation of correlation coefficients among some yield parameters of wheat under rainfed conditions. Pak. J. Bot. 40:1777-1781.

Arminian, A., Kang, M., Kozak, M., Houshmand, S. and Mathews, P. 2008. MULTPATH: A comprehensive Minitab program for computing path coefficients and multiple regressions for multivariate analyses. J. Crop Imp. 22: 82-120.

Aycecik., M. and Yildirim, T. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Pak. J. Bot. 38: 417-424.

Bidmeshkipour, A., Thengane, R.J., Bhagvat, M.D., Ghaffari, S.M. and Rao, V.S. 2007. Production of haploid wheat via maize pollination. J. Sci. Islamic Republic. Iran. 18: 5-11.

Brazauskas, G., Paðakinskienë, I. and Ruzgas, V. 2005. Improved approaches in wheat × maize crossing for wheat doubled haploid production. Biologija. 4:15-18.

Belay, G., Tesemma, T. and Mitiku, D. 1993. Variability and correlation studies in durum wheat in Alem-Tena. Ethiopia Rachis. 12:38-41.

Chowdhry, M.A., Ali, M., Subhani, G.M. and Khaliq, I. 2000. Path coefficient analysis for water use efficiency, evapo-transpiration efficiency, transpiration efficiency and some yield related traits in wheat. Pak. J. Biol. Sci. 3:313-317.

Dawari, N.H. and Lutra, O.P. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum* L.) Indian J. Agric. Res. 25:515-518.

Dewey, D.R. and Lu, K.H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. Agron. J. 51:515-518.
Elings, A. 1991. Durum wheat landraces from Syria. II. Pattern of variation. Euphytica 54:231-243.
Farahani, A. and Arzani, A. 2006. Investigating genetic variation of cultivars and F1 hybrids of durum wheat using agronomic and morphologic characters. Agric. Sci. Tech. and Nat. Res. 10:341-354.
Federer, W.T. 1956. Augmented (or hoonuiaku) designs. Hawaiian Planters' Record LV (2):191-208.
Gasper, I. and Zama, E. 1990. Studies of the variability, inheritance and correlation of the main quantitative characters in some forms of rye with short stature. Wheat, Barley and Triticale Absts. 9: 239.
Gupta, A.K., Mittal, R.K. and Ziauddin, A. 1999. Association and factor analysis in spring wheat. Ann. Agri Res. 20:481-485.
Hanson, P.R., Riggs, T.J., Klose, S.J. and Austin, R.B. 1985. High biomass genotypes in spring barley. J. Agric Sci. 105:73.
Heydari, B., Saeidi, Gh.A. and Seyed-Tabatabaei, B.I. 2007. Factor analysis for quantitative traits and path coefficient analysis for grain yield in wheat. Agric. Nat. Res. Sci. Tech. J. 11:135-143.
Jinks, J.L. and Pooni, H.S. 1980. Comparing predictions of mean performance and environmental sensitivity of recombinant inbred lines based upon F3 and triple test cross families. Heredity 45: 305-312.
Mahill, J.F., Jenkins, J.N. McCarty, J.C. and Parrott, W.L. 1984. Performance and stability of doubled haploid lines of upland cotton derived via semigamy. Crop Sci. 24:271-277.
Moghaddam, M., Ehdaie, B. and Waines, J.G. 1997. Genetic variation and interrelationship of agronomic characters in landraces of bread wheat from South Western of Iran. Euphytica 95:361-369.
Mohammadi, S.A., Prasanna, B.M. and Singh, N.N. 2003. Sequential Path Model for Determining Interrelationships among Grain Yield and Related Characters in Maize. Crop Sci. 43:1690–1697
Montgomery, D.S. and Peck, E.A. 1982. Introduction to Linear Regression Analysis. John Wiley & Sons.
Neyestani, A., Mahmoudi, A.A. and Rahimnia, F. 2005. Path coefficient analysis and estimation of heritability for yield and its components in different genotypes of barley. J. Agron. 7:55-66.
Poursiahbidi, M.M. 1998. Investigating genetic variation of durum wheat lines in the Isfahan region and preparation the amphiploid wheat. M.Sc Thesis of Plant Breeding. Agricultural Faculty, Isfahan University of Technology.
Rafiei, F. and Saeidi, Gh.A. 2005. Phenotypic and genotypic relationships between agronomic traits and yield components of Safflower. J. Sci. Agric. 28:137-147.
Rezaei, A.M. and Soltani, A. 1998. Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Press, 294 pp.

Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T. and McClung, A.M. 1998. Path analyses of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. Crop Sci. 38:1130–1136.
Shahid, M., Muhammad, F. and Tahir, M. 2002. Path coefficient analysis in wheat. Sarhad J. Agric. 18: 83-87.
Slafer, G.A. 1994. Genetic Improvement of Field Crops (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York,
Slafer, G.A., Satorre, E.H. and Andrade, F.H. 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: Genetic Improvement of Field Cops (Ed. G.A. Slafer). Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 1-68.
Sorkhilelahlou, B., Yazdi-Samadi, B., Abdemishani, S. and Gerami, A. 1998. Study on the relationship of grain yield with quantitative characters in 500 wheat lines using factor analysis. Agr. Sci. Iran. 29:363-377.
Spagnoletti Zeuli, P.L. and Qualset, C.O. 1990. Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. Plant Breed. 105:189-212.
Streiner, D.L. 2006. Building a better model: An introduction to structural equation modeling. Can J. Psychiatry. 51: 317–324.
Taleei, A.R. and Bahram-Nezhad, B. 2003. The study on the relationship of yield and yield components in southern Iranina local wheats. Agric. Sci. Iran. 34: 949-959.
Tousi-Mojarad, M. and Bihamta, M.R. 2007. Investigating grain yield and related quantitative characters of wheat using factor analysis. J. Agric. Sci. 17: 97-107.
Yildrim, M., Budak, N. and Arshas, Y. 1993. Factor analysis of yield and related traits in bread wheat. Turkish J. Field Crops 1:11-15.
Zeynali, H., Mirlohi, A.F. and Safaei, L. 2006. Evaluating the relationship of plant grain yield with yield components of sesame genotypes. Agron. Sci. Res. 2:1-9.

EJCP., Vol. 3 (1): 21-38
www.ejcp.info

Evaluation the relationships between grain yield and some of its related traits in a doubled-haploid bread wheat population

A. Arminian[1], S. Houshmand[2] and B. Shiran[3]

[1]Ph.D student, Agronomy and Plant Breeding Department, Shahrekord University,
[2]Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Shahrekord University
[3]Associate Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Shahrekord University

Abstract

With increasing the world population, and needing to feed it, the yield enhancement of cereals crops is of the most important approaches meet this target, which is achieved via identifying the effective factors underlay yield of cereals like wheat. This experiment was conducted to evaluate the grain yield and its association with some contributed traits in a doubled-haploid (DH) wheat population comprising 100 DH lines deriving from across with maize, along with their parents (CK1 & ES32) and 6 Iranian local cultivars. Traits under study were of grain yield per unit area, number of fertile tiller and total number of tillers per plant, number of node, plant height, flag leaf length and width, spike length, number of grains per spike and 100-grain weight. The results indicated significant ($P<0.01$) correlations between grain yield with grain number per spike, spike length, and flag leaf length and width. According to stepwise regression analysis: spike length, number of tiller, flag leaf length, and number of grains per spike were the most important causing traits mostly (73%) interpreting the grain yield variation. The simple path coefficients analysis revealed that spike length and number of grains per spike contributed the most significantly ($P<0.01$) direct effects on grain yield. Moreover, the sequential path analysis showed that the number of tiller had a significant ($P<0.01$) positive direct effect on grain yield. In addition, there was significant direct effect of grain number on 100-grain weight and of spike length effect on number of grain per spike. Orthogonal contrast analyses results indicated also a nonsignificant difference between local cultivars and DH lines for the most important economic trait, yield. The results of this research could be applied for select the important yield contributed characters as selection criteria according to homogeneity of DH lines, and pave the way to potentially increase the yield of bread wheat cultivars.

Keywords: Doubled-haploid lines; Path coefficient analysis; Yield and yields components.

*- Corresponding Author; Email: arminian_a@yahoo.com