دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی و نقش روابط عملکرد و اجزای عملکرد دانه در به‌نژادی گندم (*Triticum aestivum* L.)

علی آرمینیان[۱] و سعدالله هوشمند[۲]

۱- استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و دانش‌آموخته‌ی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، (نویسنده مسوول: a.arminian@ilam.ac.ir)
۲- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۴

چکیده

تعیین روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در گندم نان جهت تولید پایدار اهمیت اساسی دارد. جهت تعیین صفات کلیدی مؤثر بر عملکرد دانه و همچنین بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم بین عملکرد دانه با اجزاء آن، تحقیق حاضر در طی سال‌های زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۵ با ۹٤ لاین دبل‌هاپلوئید، والدین و ۵ رقم بومی ایرانی درآزمایش در قالب طرح لاتیس سه‌گانه در مزرعه اجرا گردید. نتایج، نشان‌دهندهٔ همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفات: تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، تعداد پنجهٔ بارور و عرض برگ پرچم و نیز همبستگی منفی بالا بین عملکرد و تعداد پنجه کل، ارتفاع بوته و تعداد گره بود. نتایج تجزیه ضرایب مسیر (علیت)، نیز نشان‌دهندهٔ اثرات مستقیم قوی و معنی‌دار صفات وابسته به عملکرد همانند شاخص برداشت (۰/۲۷) و وزن صد دانه (۰/۰۹) بر عملکرد دانه بود. با توجه به یک‌نواختی جامعه دبل‌هاپلوئید، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که ویژگی‌هایی مانند شاخص برداشت، وزن صددانه، طول سنبله، تعداد پنجهٔ بارور، طول و عرض برگ پرچم را می‌توان به‌عنوان معیارهایی گزینشی جهت بهبود و افزایش عملکرد دانه در گندم نان در کارهای به‌نژادی معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه ضرایب مسیر، دبل‌هاپلوئید، گندم (*Triticum aestivum* L.)، عملکرد و اجزای عملکرد

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.)، مهم‌ترین منبع غذایی برای بسیاری از مردم جهان بویژه کشورهای در حال توسعه می‌باشد (۱). گندم بیش از دیگر گیاهان زراعی کشت و کار شده و همچنان در جهت تبدیل به مهم‌ترین مادهٔ غذایی برای بشر، گسترش می‌یابد. از نظر مصرف انسانی نیز، گندم بعد از برنج مهم‌ترین گیاه زراعی می‌باشد. به گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، تولید گندم ایران در سال ۲۰۱۴ با کاهش یک میلیون تنی نسبت به سال قبل، به ۱۳ میلیون تن رسیده است. تولید سایر غلات نیز بدون تغییر در سطح ۴٫۵ میلیون تن باقی‌مانده است.فائو پیش بینی کرده است تولید گندم ایران در سال ۲۰۱۵ نیز بدون تغییر نسبت به سال قبل از آن در سطح ۱۳ میلیون تن باقی بماند. عملکرد صفتی پیچیده و پلی‌ژنی بوده که با صفات وابسته و اجزای عملکرد همبستگی دارد. رابطهٔ خطی بین صفات را می‌توان توسط ضرایب همبستگی بررسی نمود. اما تجزیه ضرایب مسیر با بررسی روابط بین صفات، سهم هر کدام از آنها را نیز تعیین و برآورد می‌نماید. از آنجایی که اندازه‌گیری صفات عملکرد و اجزای آن ساده بوده و نیز از توارث‌پذیری نسبتاً بالایی برخوردارند، لذا گزینش بر اساس چنین صفات مورفولوژیکی ممکن است روشی سریع و مطمئن جهت غربال جوامع گیاهی برای بهبود عملکرد دانه باشد (۲). علاوه‌براین، عملکرد دانه صفتی کمی بوده که بوسیلهٔ تعداد زیادی ژن کنترل گردیده و عوامل محیطی نیز بر آن تأثیر می‌گذارد. بنابراین 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 (۳). در این بین، استفاده از ارقام و لاین‌های خالص همانند ایزوژن‌ها و لاین‌های دبل‌هاپلوئید بخاطر حساس بودن آنها به شرایط محیطی (۴) برای کنترل بهتر اثرات محیطی، اهمیت خاصی دارد. جهت برآورد و استنتاج اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد بر این صفت، راهکار آماری ضرایب همبستگی ساده، مناسب نیست. علاوه براین، 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 (۵). لذا در این موارد، تجزیه ضرایب مسیر (بخصوص تجزیه مسیر زنجیری) روش مناسبی برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر یکدیگر می‌باشد (۷،۶). تجزیه ضرایب مسیر، که امروزه بخش قابل‌توجهی از مدل‌بندی معادلات ساختاری را تشکیل میدهد، در دهه‌های اخیر جهت مطالعه‌ی ارتباط بین صفات کمی عمومیت یافته است. زیراکه نوع پیچیده یا زنجیری آن مبین فرآیندهای بیولوژیکی در سیستم‌های پیچیده زیستی است (۸). در تجزیه مسیر، ضرایب همبستگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تفکیک می‌گردد. جهت تست معنی‌دار بودن اثرات اصلی، مقادیر به دست آمده را بر خطای انحراف معیار اثرات تقسیم نموده و با آزمون آماری t تست می‌گردند. به طوری‌که: $r_1Y = P_1Y + r_{12}P_2Y + r_{13}P_3Y + r_{14}P_4Y + \ldots + r_{1n}P_nY$ که در این رابطه بعنوان نمونه، r_1Y ضریب همبستگی بین اولین متغیر مستقل با متغیر وابسته و P_1Y اثر مستقیم اولین متغیر مستقل بر متغیر وابسته و نیز ، $r_{13}P_3Y$ اثر غیرمستقیم متغیر مستقل یک از طریق متغیر مستقل سوم است. البته آزمودن اثرات غیرمستقیم تجزیه ضرایب مسیر نیز اهمیت دارد ولیکن هنوز راهکاری برای آن ارائه نشده است. در کارهای اصلاح نباتات، تجزیه ضرایب مسیر با مشخص نمودن اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف روی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

عملکرد (با تفکیک همبستگی به اجزای آن)، در انتخاب صفات و اولویت‌بندی آنها برای بهنژادگر کمک می‌نماید. پژوهشگران زیادی منجمله (۹-۱۲) به بررسی نقش و روابط بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد یا صفات وابسته به آن پرداخته‌اند. محققین (۱۲) با استفاده از تجزیه علیت اجزاء عملکرد دانه گندم نان نشان دادند که تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه ۹۸/۹ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نموده و هرچند بین عملکرد و برخی از اجزاء آن رابطهٔ مثبتی وجود داشت، اما وجود همبستگی‌های منفی بین برخی از اجزاء عملکرد باعث شد امکان گزینش برای همهٔ اجزاء بطور همزمان به‌عنوان عامل افزایش عملکرد گندم سودمند نباشد. درانی نژاد و همکاران (۹) نیز در بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در در ۳۳۰ لاین و ارقام گندم تحت تنش خشکی نشان دادند که صفات تعداد دانه، وزن بوته، وزن هزار دانه و طول غلاف برگ پرچم، مه‌مترین صفات موثره بوده و در مجموع ۸۰/۵۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. ما در بررسی‌های بعمل آمده نشان دادیم که ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و طول و عرض برگ پرچم برقرار بوده و صفات طول سنبله، تعداد پنجه، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله در توجیه تنوع موجود در عملکرد دانه مهم‌ترین صفات بودند (۱۳).

این مطالعه جهت بررسی، ارتباط و تعیین سهم عوامل مؤثر بر عملکرد دانه در جمعیت گندم نان دبل‌هاپلویید به‌همراه ۵ رقم بومی ایرانی با استفاده از تجزیه ضرایب مسیر و همبستگی بین صفات مختلف درطی ۴ سال زراعی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد دانه در واحد سطح و اجزاء عملکرد در لاین‌های دبل‌هاپلوئید و ارقام بومی ایرانی در مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری (با ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی) انجام شد که براساس تقسیم‌بندی کوپن به‌طورکلی دارای اقلیم معتدل و سرد با تابستان‌های گرم و خشک (Dcas) بوده و در ارتفاعات ۳۰۰۰ - ۲۵۰۰ متری منطقه، اقلیم معتدل سرد و تابستان‌های خشک وجود داشته و در برخی از مناطق این استان نیز هوای بسیار گرم در فصل گرما وجود دارد. در این آزمایش ۹۴ لاین دبل‌هاپلوئید حاصل از تلاقی دو لاین با منشأ کانادا به نام‌های P911-G1D3 و ES32، به همراه والدین (۱۴) و ۵ ژنوتیپ گندم نان ایرانی به نام‌های نیک‌نژاد، بک‌کراس روشن،امید، روشن و الوند مورد بررسی قرار گرفتند. تهیه زمین و عملیات داشت شامل شخم و دیسک‌زنی و پخش کود به مقدار لازم انجام گرفت. فاصله ردیف‌های کاشت و بوته‌ها به‌ترتیب ۲۰ و ۲/۵ سانتی‌متر بود. صفات بر روی ۱۰ بوته که به‌طور تصادفی با رعایت حاشیه در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری و شامل: تعداد پنجه بارور، تعداد کل پنجه، تعداد گره در بوته، ارتفاع بوته (cm)، طول و عرض برگ پرچم (cm)، طول سنبله (cm)، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه (cm) و عملکرد دانه در مترمربع (g) بود، اندازه‌گیری گردید. تجزیه‌های آماری در قالب طرح لاتیس سه‌گانه انجام گردید. بعد از یادداشت برداری اطلاعات،نسبت به رعایت اصول آماری همانند نرمال بودن آنها و عدم وجود چند هم خطی 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 گام‌به‌گام و نیز تجزیه ضرایب مسیر زنجیری (۱۵،۸) با برنامه‌های SAS 9.3 و MINITAB 17 انجام گردید.

نتایج و بحث

در جدول یک ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در آزمایش دیده می‌شود. ضرایب همبستگی و یا به اصطلاح ضرایب همبستگی تقاطعی (Cross-correlation coefficients) کیفیت و چگونگی برازش حداقل مربعات به داده‌های اصلی را بیان می‌کنند.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفات زراعی درمجموع سال‌های مختلف در لاین‌های گندم، والدین و ارقام شاهد ایرانی

Table1.Correlation coefficients between agronomic traits of wheat lines, parents and Iranian local varieties in all years

صفت	PH	FLW	FLL	IFTN	FTN	TN	100W	SD	SS	SL	HI	GY
شاخص برداشت (HI)												۰/۵۴۹
طول سنبله (SL)											-۰/۰۰۱	-۰/۰۲۷
تعداد دانه در سنبله (SS)										۰/۴۷	۰/۰۵۶	۰/۱۴۷
تراکم سنبله (SD)									-۰/۵۶	۰/۲۳	-۰/۰۱۰	۰/۲۱۱
وزن صددانه (100W)								-۰/۰۲۹	۰/۲۵	۰/۴۷	۰/۱۰۹	۰/۰۳۲
تعداد پنجه کل (TN)							-۰/۰۸۸	۰/۰۲۹	۰/۰۸۵	۰/۱۸۵	۰/۰۸۸	-۰/۰۶۸
تعداد پنجه بارور (FTN)						۰/۳۰۲	۰/۰۱۰	-۰/۰۰۲	-۰/۰۲۴	۰/۰۲۵	۰/۱۱۹	۰/۳۲۸
تعداد پنجه نابارور (IFTN)					-۰/۲۳۸	-۰/۱۹۳	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۸	۰/۱۶۱	۰/۰۲۰	-۰/۰۰۹	۰/۱۸۴
طول برگ پرچم (FLL)				۰/۲۰۶	-۰/۰۵۲	-۰/۰۵۱	-۰/۰۳۶	۰/۰۰۲	۰/۴۵	۰/۵۲	-۰/۰۸۷	-۰/۰۵۱
عرض برگ پرچم (FLW)			۰/۴۴	۰/۰۹۴	۰/۲۴۳	-۰/۰۲۷	-۰/۱۲۶	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۵۴	-۰/۰۶۶	۰/۲۱۴
ارتفاع بوته (PH)		۰/۰۸۵	۰/۰۵۷	-۰/۰۵۸	۰/۱۶۵	۰/۰۲۸	۰/۲۰۰	۰/۰۳۴	۰/۱۲۰	۰/۰۶۲	-۰/۰۳۴	-۰/۲۸۷
تعداد گره (NN)	۰/۴۵۸	-۰/۰۹۰	-۰/۰۱۵	-۰/۰۰۳	۰/۱۰۵	۰/۰۱۵	۰/۵۷۹	۰/۰۲۵	۰/۲۷۸	۰/۱۱۱	۰/۲۰۲	-۰/۱۳۵

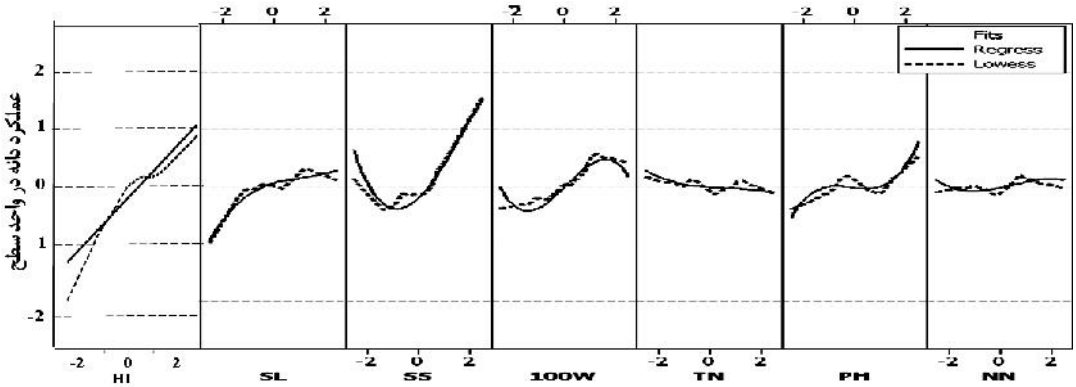
ضرایب همبستگی که قدر مطلق آنها از ۰/۰۵۵ و ۰/۲۵۵ بیشتر است، به ترتیب در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دارند.

GY: به معنای عملکرد دانه در واحد سطح است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

بر اساس جدول فوق، رابطهٔ بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، تعداد پنجهٔ بارور و عرض برگ پرچم مثبت و در سطح ۱درصد معنی‌دار (P<۰/۰۱) ولی بین عملکرد و صفاتی مثل تعداد پنجه کل، ارتفاع بوته و تعداد گره منفی و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در تحقیق حاضر، ارتباط مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین صفاتی مثل عملکرد و شاخص برداشت، تراکم سنبله، تعداد دانه در سنبله، عرض برگ پرچم و تعداد پنجه‌بارور و نیز بین شاخص برداشت با وزن صد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه کل، و تعداد پنجه بارور و تعداد گره وجود داشت. همچنین رابطه بین طول و عرض برگ پرچم با تعداد دانه در سنبله و طول سنبله مثبت و معنی‌دار بود. بررسی رگرسیون بین عملکرد دانه و صفات وابسته نیز می‌تواند در تعیین نقش این صفات بر عملکرد دانه مفید باشد. این نوع ارتباط‌سنجی در این تحقیق بررسی گردید (شکل ۱)، به‌طوری‌که بین عملکرد دانه و شاخص برداشت بهترین ارتباط از نوع خطی بوده ولی بین مثلاً عملکرد و تعداد دانه در سنبله از نوع درجه ۲ است. دلیل اینکه ضرایب همبستگی بین صفاتی مثل عملکرد و تعداد دانه در سنبله پایین و حتی ممکن است غیر معنی‌دار باشد نیز به نوع رابطه (خطی یا غیرخطی) بین صفات (جدول ۱) برمی‌گردد. وجود ارتباط و همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و اجزای آن در گندم توسط خاندانی و همکاران (۱۱) گزارش شده است بطوری‌که بیان داشتند که عملکرد دانه در واحد سطح با تمام اجزای عملکرد همبستگی معنی‌دار داشت.



شکل ۱- بررسی ظاهری ارتباط بین عملکرد دانه و برخی از صفات وابسته در تحقیق. خطوط بریده (Lowess) بهترین برازش صفات با هم، و خطوط پیوسته (Regress) نشان دهنده رگرسیون غیرخطی بین صفات است. برای توضیح اسامی صفات به جدول ۱ مراجعه شود

Figure1. Visual assessment of the relationship between grain yield and some attributed characteristics in the study. Dotted lines (lowess) and continued lines (regress) denote the best fit of the traits, and non-linear regression of the traits, respectively. For terms description refer to Table 1

جهت انجام تجزیهٔ ضرایب مسیر (ساده) انتخاب متغیرهایی که اثر قابل قبول و معنی‌داری بر متغیر(های) وابسته داشته باشند، از طریق رگرسیون گام‌به‌گام ضروری است. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در واحد سطح لاین‌های گندم نشان داد که صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه و طول برگ پرچم به ترتیب ورود به مدل، جمعاً ۷۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه در واحد سطح را توجیه نمودند. 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 ۱٪ معنی‌دار گردیده و بالاترین ضرایب همبستگی با عملکرد را بعد از ارتفاع بوته به خود اختصاص دادند. طول سنبله با تعداد دانه در سنبله نیز همبستگی مثبت معنی‌دار و برابر با ۰/۴ با هم داشتند. محققان دیگر (۱۶) نیز در بررسی ارتباط عملکرد دانه با طول سنبله در ۴۲ ژنوتیپ گندم دوروم همبستگی معنی‌داری (۰/۲۲) بدست نیاوردند. هرچند که همبستگی بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد در تحقیق آنها ۰/۴۲ و معنی‌دار گردید. به‌منظور انجام تجزیه ضرایب مسیر جهت بررسی دقیق‌تر ارتباطات بین عملکرد و اجزای آن، تجزیه و تحلیل‌های جداگانه سال‌ها (داده‌ها آورده نشده است) و نیز به صورت مرکب انجام شد. در یک جمع‌بندی کلی، در جدول ۲ و شکل ۲ خلاصهٔ مراحل مختلف تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر یا علیت زنجیری بر روی میانگین‌های همهٔ سال‌های آزمایش آورده شده که تقریباً با نتایج جداگانه سال‌ها یکی بود. اغلب اجزاء یا صفات مرتبط با عملکرد به صورت زنجیره‌ای از ارتباطات بر همدیگر یا بر عملکرد تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال در این حالت، ابتدا صفاتی مثل تراکم سنبله، طول و عرض برگ پرچم بر طول سنبله تأثیر گذاشته و سپس در مراحل بعدی این صفت به همراه تعداد دانه در سنبله بر وزن صد دانه و در مرحلهٔ بعد وزن صد دانه بر عملکرد دانه تأثیر گذاشتند. برای شمای کلی از نحوهٔ ارتباط بین صفات مختلف این بخش بهتر است که اینگونه روابط را در قالب نموداری مرتب نمود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

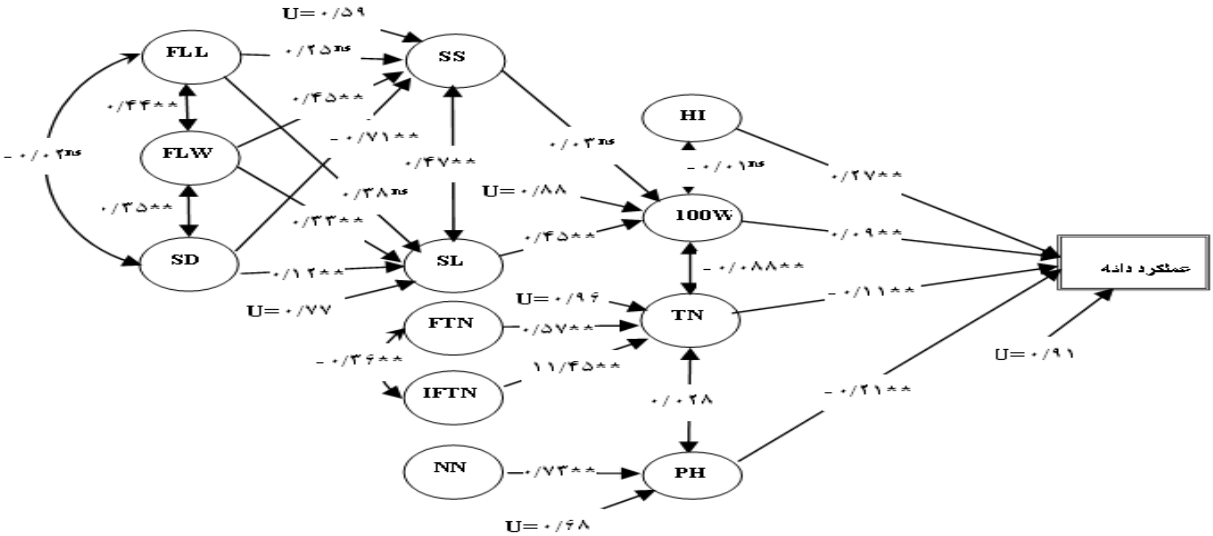
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

جدول ۲- تجزیه ضرایب مسیر زنجیری (پیچیده) برای عملکرد دانه و ویژگی‌های وابسته به آن در گندم

Table 2. Sequential path coefficients analysis (complex), for grain yield and its attributed traits in wheat

صفت وابسته	صفت میانه موثر	همبستگی با صفت وابسته	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق			باقیمانده (U)
عملکرد دانه (Yield)	شاخص برداشت (HI)	۰/۵۴۹**	۰/۰۲۷*	100W −۰/۰۰۰۰۶	NN −۰/۰۱	PH ۰/۰۵	۰/۹۱
	وزن صد دانه	−۰/۰۳۲ns	۰/۰۹*	HI −۰/۰۰۰۲	TN −۰/۰۳	PH ۰/۰۶	
	تعداد پنجه	−۰/۰۶۸*	−۰/۱۱*	HI ۰/۰۲۴	100W ۰/۰۲۲	PH −۰/۰۱۶	
	ارتفاع بوته (PH)	−۰/۲۸۷*	−۰/۲۱*	HI −۰/۰۶	100W −۰/۰۲	TN −۰/۰۰۸	
تعداد پنجه (TN)	تعداد پنجه بارور (FTN)	۰/۳۰۲*	۰/۲۵**		IFTN ۵/۸۵		۰/۹۶
	تعداد پنجه نابارور (IFTN)	−۰/۳۹۳*	۱۱/۴۵**		FTN −۰/۱۶		
ارتفاع بوته (PH)	تعداد گره (NN)	۰/۴۵۸*	۰/۷۳**		–		۰/۶۸
وزن صد دانه (100W)	تعداد دانه در سنبله	۰/۲۵**	۰/۴۵**		SL ۰/۰۲		۰/۸۸
	طول سنبله	۰/۴۷**	۰/۰۳ ns		SS ۰/۲۱		
تعداد دانه در سنبله (SS)	طول برگ پرچم (FLL)	۰/۴۵*	۰/۲۵ns	FLW ۰/۲۰		SD ۰/۰۰۲	۰/۵۹
	عرض برگ پرچم (FLW)	۰/۳۱**	۰/۴۵**	FLL ۰/۱۱		SD −۰/۲۵	
	تراکم سنبله (SD)	−۰/۵۶**	−۰/۷۲**	FLL −۰/۰۰۱		FLW ۰/۱۶	
طول سنبله (SL)	طول برگ پرچم	۰/۵۲**	۰/۳۸ns	FLW ۰/۴۹		SD ۰/۳۱	۰/۷۷
	عرض برگ پرچم	۰/۵۴**	۰/۳۳**	FLL ۰/۰۸		SD ۰/۲۲	
	تراکم سنبله	۰/۲۳**	۰/۱۲**	FLL ۰/۰۸		FLW ۱/۲۹	

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، و معنی‌دار در سطوح ۵٪ و ۱٪



شکل ۲- تجزیه ضرایب مسیر زنجیری (پیچیده) برای عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های وابسته در جامعه دبل‌هاپلوئید گندم نان. در این شکل پیکان‌های یک طرفه (→) و دوطرفه (↔) به ترتیب مبین اثرات مستقیم و ضرایب همبستگی ساده و U نیز مبین باقی‌مانده می‌باشد. همچنین ns، * و ** به‌ترتیب به معنای غیرمعنی‌دار و معنی‌دار، در سطوح احتمال۵٪ و ۱٪ می‌باشد. برای شرح اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود. HI شاخص برداشت، 100W وزن صددانه، TN تعداد پنجه، PH ارتفاع بوته، SS تعداد دانه در سنبله، SL طول سنبله، FTN و IFTN بترتیب تعداد پنجه بارور و نابارور، NN تعداد گره، FLL و FLW بترتیب طول و عرض برگ پرچم، SD تراکم سنبله

Figure 2. Sequential path coefficients analysis (complex), for grain yield and its attributed traits in wheat

In the figure, one-sided arrows denote direct effects and simple correlation coefficients, and U is a symbol for residuals. In addition, ns, * and ** signs represent non-significant (P>0.05), and significant (P<0.05 and 0.01). For abbreviations see Table 1. HI: harvest index, 100W: 100 grains weight, TN: number of tillers, PH: plant height, SS: seeds per spike, SL: spike length, FTN and IFTN are fertile and infertile tiller numbers, NN: number of nodes, FLL: flag leaf length, FLW: flag leaf width, SD: spike density

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

نمودار مربوط به تجزیه ضرایب مسیر زنجیری یا پیچیده در شکل ۲ آورده شده است. همانگونه که بمیان آمد، مدل پیچیده یا زنجیری تجزیه مسیر جهت مطالعات زیستی و در طبیعت مناسبتر و به واقعیت بسیار نزدیکتر از مدل ساده‌ی آن است. در این شکل، دورترین صفات مدل، طول برگ پرچم (FLL)، عرض برگ پرچم (FLW) و تراکم سنبله (SD) هستند. این صفات بر همدیگر و نیز بر صفات وابسته‌ای مثل تعداد دانه در سنبله و طول سنبله رابطه و اثر معنی‌داری داشتند. در این شکل، عرض برگ پرچم و تراکم سنبله اثرات مستقیم و معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در سنبله نشان دادند که به ترتیب برابر با ۰/۲۵ و ۰/۴۵ و ۰/۷۱- بود، بطوریکه اثرات مستقیم آنها به ترتیب برابر با ۰/۳۳، و ۰/۱۲ شد. اثر مستقیم (۰/۳۸) همبستگی بین طول برگ پرچم و تراکم سنبله (۰/۰۲-) معنی‌دار نبود. در مرحلهٔ بعد، تأثیر دو صفت وابستهٔ تعداد دانه در سنبله و طول سنبله (SS و SL) بر وزن صددانه (100W) بررسی شد. بطوریکه اثر مستقیم تعداد دانه بر آن، مثبت و نیز اثر طول سنبله مثبت و معنی‌دار گردید. طول سنبله (مستقل در اینجا ولی میانه در طول نمودار تجزیه مسیرها) اثر مثبت مستقیم (۰/۴۵) و معنی‌داری بر وزن صد دانه داشت. همچنین (شکل ۲)، ۴ صفت مهم وجود دارد که اثر قابل توجهی بر عملکرد دانه دارند. به‌طوری‌که در نزدیکترین فاصله به عملکرد شاخص برداشت قرار می‌گیرد که نقش آن از دیگر صفات در نزدیکی عملکرد بیشتر قابل توجه می باشد. تعداد ۴ صفت موثر بر عملکر شامل شاخص برداشت، وزن صد دانه، تعداد پنجه و ارتفاع بوته اثرات معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر عملکرد دارند. همانطور که انتظار می‌رود، اثر شاخص برداشت و وزن صد دانه بر عملکرد دانه در بوته، مثبت ولی دو صفت دیگر اثر منفی بر عملکرد داشتند. در این مرحله از مدل، مقدار ضریب تورم واریانس (VIF) برای ۴ صفت مربوط به عملکرد مذکور قابل قبول و کمتر از ۲ می‌باشد که نشان‌دهنده عدم وجود چندهمخطی در این صفات می‌باشد. بنا به تجزیه ضرایب مسیر (شکل۲)، تعداد پنجه بارور، اثر مستقیم مثبت و بالایی (۰/۵۷) را بر روی تعداد کل پنجه داشت. میزان اثر باقی‌مانده مربوط به تعداد پنجه نیز حدود متوسط (۰/۹۶) شد. همچنین تعداد گره اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر روی ارتفاع بوته داشت (شکل ۲). روی‌هم‌رفته بر اساس نتایج تجزیه علیت زنجیری (شکل ۲)، به جز اثر تعداد دانه در سنبله بر وزن صد دانه که معنی‌دار نیست، تقریباً بقیه اثرات مستقیم اجزاء عملکرد مثبت و معنی‌دار بود.

بنا به جدول یک، رابطهٔ بین عملکرد دانه و اغلب صفات وابسته به آن معنی‌دار بود. وجود ارتباط منفی بین عملکرد و برخی از صفات فوق که منفی شده، همیشه اینگونه نیست و ممکن است بعضاً مثبت باشد. وجود ارتباط منفی بین عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت (۱۷) و نیز بین عملکرد و برخی از اجزای آن مثل وزن هزار دانه (۱۸)، بین عملکرد و صفاتی مثل طول و عرض برگ پرچم و تعداد گره با آن (۱۹) و نیز بین عملکرد دانه با میانگین وزن دانه (۲۰) و نیز بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته (۲۱)، منفی و معنی‌دار گزارش شده است.

نتایج رگرسیون بین عملکرد دانه و صفات وابسته، می‌تواند در تعیین نقش این صفات بر عملکرد دانه مفید باشد که در این تحقیق روابطی از نوع خطی یا غیر خطی وجود داشت. در این رابطه 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 (۲۲،۲). در یک تحقیق، پژوهشگران (۱۶) با بررسی ۴۲ 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 (۲۴،۲۳) نیز بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ارتباط (همبستگی) مثبت و بسیار معنی‌داری را گزارش نموده‌اند. چنین روابط مثبت و معنی‌داری حتی بررسی‌های رگرسیونی بین صفات می‌تواند در کارهای اصلاحی و زراعی در نظر گرفته شود که البته به تنهایی کافی نیستند. در ارتباط با برازش رگرسیون گام‌به‌گام صفات وابسته بر عملکرد، برخی از محققان (۱۶) در بررسی ارتباط عملکرد دانه با طول سنبله در ۴۲ ژنوتیپ گندم دوروم همبستگی معنی‌داری (۰/۲۲) بدست نیاوردند. هر چند که همبستگی بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد در تحقیق آنها ۰/۴۲ و معنی‌دار گردید. محققان دیگری نیز به ارتباط مثبت بین عملکد دانه و اجزای وابسته‌ی آن در گندم اشاره داشته‌اند. خاندانی و همکاران (۱۱) نشان دادند که صفات وزن سنبله، تعداد پنجه بارور، وزن دانه در سنبله و تعدا دانه بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه نموده ونیز وزن سنبله، بیشترین اثر مستقیم را با عملکرد دانه داشته به عنوان موثرترین صفت در بهبود عملکرد پیشنهاد شد. همچنین قائدرحمتی و همکاران (۱۰) نیز در بررسی تعداد از لاین های اینبرد نوترکیب گندم، نشان دادند که عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، مهمترین متغیرهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه تحت تنش شوری و شاهد بوده و می‌توان با افزایش عملکر بیولوژیک و شاخص برداشت، عملکرد دانه را افزایش داد. تحقیق حاضر، همان‌طورکه انتظار می‌رفت، نتایج مثبتی مشاهده شد. در بحث تجزیه ضرایب مسیر همان‌طورکه به میان آمد، اغلب اجزاء یا صفات مرتبط با عملکرد به صورت زنجیره‌ای از ارتباطات بر همدیگر یا بر عملکرد تأثیر گذاشتند. این نوع ارتباطات و نیز کشف اثرات مستقیم معنی‌دار می‌تواند در خصوص انتخاب صفات مهم در اصلاح و بهبود عملکرد دانه کمک نماید. اثر مثبت و مفید برگ پرچم بر خصوصیات سنبله غلاتی بویژه همانند گندم دابل‌هاپلوئید فاقد ریشک اهمیت بیشتری دارد. زیراکه چنین لاین‌هایی فاقد ریشک بوده و همچنین ریشک‌ها سهم قابل‌توجهی در تولید عملکرد دانه‌ها داشته و احتمالاً در نبودن آنها حضور برگ‌های پرچمی عریض و طویل این نقیصه را جبران می‌نماید، زیرا که برگ پرچم بعد از ریشک مهمترین و نزدیکترین اندام فتوسنتزکننده به دانه‌هاست. بعضاً در لاین‌های فوق، طول برگ پرچم حدود نیم متر بود. در بررسی اثر طول سنبله بر وزن صد دانه، مشخص گردید که طول سنبله اثر مثبت مستقیم (۰/۴۵) و معنی‌داری بر وزن صد دانه داشت. لذا درنتیجه سنبله‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

بزرگتر دارای دانه‌های بیشتر ولی ریزتری بوده که منجر به افزایش وزن صد دانه می‌شود. البته هرچند در واحد بوته این حالت صدق می‌کند ولی اگر هدف، افزایش تولید گندم در مقیاس وسیع‌تر باشد احتمالاً منجر به افزایش تولید خواهد بود. در خصوص دو صفت شاخص برداشت و وزن صد دانه معمولاً اثرات مثبت و چشمگیری بر عملکرد دانه انتظار می‌رود (به موازات آنچه مشاهده شد) ولی در خصوص اثر تعداد پنجه و ارتفاع بوته گزارشات ضد و نقیضی وجود داشته (۱۳)، به‌طوری‌که بعضاً اثر ارتفاع بر عملکرد مثبت و گاهی نیز منفی گزارش شده است. ولی اثر منفی این دو صفت بر عملکرد را می‌توان به این صورت توجیه نمود که با افزایش تعداد پنجه، بدلیل همبستگی منفی و معنی‌دار آن با صفاتی مثل وزن صددانه، طول و عرض برگ پرچم و همچنین ویژگی‌های سنبله، به طور غیرمستقیم با عملکرد همبستگی منفی نشان داده و اثر مستقیم منفی نشان می‌دهند (شکل ۲). لذا با کاهش ارتفاع بوته، عملکرد نیز افزایش پیدا می‌کند. این مطلب به صورت کوتاه شدن ارتفاع بوته غلات و در نتیجه افزایش عملکرد، منجر به انقلاب سبز در کشاورزی شده است. لذا در کل می‌توان نتیجه گرفت که بهتر است برنامه‌های اصلاحی با هدف کوتاه نمودن ارتفاع بوته به طرز مؤثر و کاهش تعداد پنجه‌ها (بخصوص نابارور) پیش رفته تا عملکرد قابل قبولی را به بار آورد. در این راهکار، مقدار باقی‌مانده (U) نشان‌دهنده این است که سهم عوامل دیگری که روی عملکرد به طور غیرواسطه تأثیر می‌گذارند (مثل مادهٔ خشک و سهم روزنه‌ها) نیز قابل‌توجه بوده، و بایستی در آزمایش‌های مختلف تا جایی که ممکن است عوامل بیشتر و مؤثرتری بر عملکرد را یافته و وارد مدل نمود. آمارهٔ مهمی که کمتر در نظر گرفته می‌شود مقدار ضریب تورم واریانس (VIF) است که در این تحقیق برای ۴ صفت مربوط به عملکرد قابل قبول و کمتر از ۲ بود که نشان‌دهنده عدم وجود چندهمخطی در این صفات می‌باشد. در این رابطه اذعان شده (۲۵) که زمانی که مقدار VIF بزرگتر از ۱۰-۵ باشد، آنگاه ضرایب رگرسیونی بصورت خیلی ضعیفی برآورد می‌گردند. در این تحقیق تعداد گره اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بر روی ارتفاع بوته داشت (شکل ۲). به‌این‌معنا که بوته‌های بلندتر، گره‌های بیشتری داشتند. البته از نظر تجاری عملکرد دانه، بهتر است ارقام پاکوتاه بکار گرفته شود، زیراکه از توانایی پذیرش کود بیشتری برخوردار بوده و نسبت به خطر ورس نیز مصون‌ترند. وجود میزان بالای اثر باقیمانده در این رابطه، مبین وجود و تأثیر عواملی دیگر همانندمیزان کود، شرایط اقلیمی، حاصلخیزی خاک و .... است که بر روی ارتفاع گیاه تأثیر دارند. همچنین اثر تعداد دانه بر روی وزن صد دانه معنی‌دار نشد. لذا هرچه تعداد دانه در سنبله زیادتر شود، حجم دانه‌ها کوچک‌تر شده و این دانه‌ها از وزن کمتری نسبت به دانه‌های درشت‌تر برخوردار می‌باشند. البته ممکن است بعضاً یک صفت در تجزیه مسیر تأثیر آن بر صفت وابسته‌ای حتی غیرمعنی‌دار شود ولی از لحاظ زیست‌شناسی تاثیر آن نباید نادیده گرفته شود. در مجموع در این تحقیق (شکل ۲) به جز اثر تعداد دانه در سنبله بر وزن صد دانه که معنی‌دار نبود، تقریباً بقیه اثرات مستقیم اجزاء عملکرد مثبت و معنی‌دار بود. لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که دلیل عمدهٔ تفاوت در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها را می‌توان به تفاوت آنها در صفاتی همانند طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه مربوط دانست. بنابراین گزینش چنین صفاتی ممکن است منجر به افزایش عملکرد و حصول ارقامی با عملکرد بالاتر دانه در واحد سطح گردد. البته این رابطه با توجه به نقش جبرانی این اجزاء مادامی که تعادل بین منبع و مخزن (Sink and source) وجود دارد، امکان دارد (۲۶). البته بایستی توجه داشت که در تجزیه ضرایب مسیر در اغلب موارد اثرات مستقیم متغیرها با اثر(ات) غیرمستقیم آنها رابطه معکوس دارد. همانگونه که بیان شده (۲۷)، 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 مسیر، نشان می‌دهد که اجزاء عملکرد دانه شامل طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد(هزار)دانه و همچنین تعداد پنجه‌های بارور و ابعاد برگ پرچمی می‌توانند به عنوان معیارهای انتخاب جهت اصلاح عملکرد دانه گندم با توجه به خالص بودن جامعه دبل‌هاپلوئید، در برنامه‌های به‌نژادی و تولیدی مورد توجه و بهره‌برداری قرار گیرند. در شرایط کم-آبی و بخصوص تنش، در نظر گرفتن و توجه به پارامترها و معیارهایی که بتوانند بیشترین نقش را در افزایش عملکرد داشته باشند مهم و جالب توجه می‌باشد. زیرا افزایش عملکرد و تولید بیشتر اقتصادی غلاتی مثل گندم آنهم در شرایط خشک و کم-آب صرفاً با مدیریت زراعی همانند کاشت به موقع و رعایت تراکم و غیره ممکن نبوده بلکه باید به فیزیولوژی و روابط عملکرد و اجزای آن نیز توجه کامل داشت. به عنوان نمونه با انتخاب ارقامی که از ارتفاع کمتر و طول برگ پرچم بیشتری برخوردار باشند می‌توان به عملکرد بیشتر و در نتیجه به تولید اقتصادی بیشتری در غلاتی مثل گندم نان دست یافت. البته در بحث و شناسایی عوامل مؤثر در افزایش عملکرد غلاتی همانند گندم، بایستی به عوامل دیگری همانند اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز توجه نمود (۲۸).

تقدیر و تشکر

مؤلفین لازم می‌دانند از دانشگاه شهرکرد جهت تأمین مالی این تحقیق قدردانی نمایند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

منابع

1. Curtis, B.C., Wheat in the world. In: B.C. Curtis, S. Rajaram, H.G. Macpherson (eds). 2002. Breadd wheat improvement and oild production. Available at: Http://www.fao.org. 567 pp.
2. Yildrim, M., N. Budak and Y. Arshas. 1993. Factor analysis of yield and related traits in bread wheat. Turkish Journal of Field Crops, 1: 11-15.
3. Dawari, N.H. and O.P. Lutra. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 25: 515-518.
4. Jinks, J.L. and H.S. Pooni. 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.
5. Toosimojarad, M. and M.R. Bihamta. 2007. Study on grain yield and other quantitative traits using factor anlaysis. Journal of Agricultural Sciences, 17: 97-107 (In Persian).
6. Rafiei, F. and G. Saeidi. 2005. Phenotypic and genotypic relationships between agronomic taits and yield components in Carthamus. Journal of Scientific Agriculture, 28: 137-148 (In Persian).
7. Rezaei, A.M. and A. Soltani. 1998. Introduction to applied regression analysis. Isfahan Technology University. 294 pp.
8. Kozak, M. and R.A. Azevedo. 2014. Path analysis: what does “sequential” mean? Scientia Agricola, 71: 525-527.
9. Dorrani-Nejad, M., G. Mohammadi-Nejad and B. Nakhoda. 2016. Assessment of relationship between agronomic traits and grain yield in recombinant inbred lines derived from Roshan × Falat wheat varieties under drought stress. Journal of Crop Breeding, 8(20): 52-59 (In Persian).
10. Ghaedrahmati, M., M. Mardi, M.R. Naghavi, E. Majidi Haravan, B. Nakhoda, A. Azadi and G. Mohamadinezhad. 2017. Statistical analysis of yields and its component of seeds resulted from early crosses of wheat cultivars under salinity conditions. Journal of Crop Breeding, 9(21): 56-66 (In Persian).
11. Khandani, S., G. Mohammadinejad and B. Nakhoda. 2017. Relationships between Important agronomic and phonological traits in inbred lines from the crosses Roshan × Sabalan in bread wheat. Journal of Crop Breeding, 9(21): 10-17 (In Persian).
12. Aly, R.M. and A.Y.A. El-Bana.1994. Grain yield anaysis for nine wheat cultivars grown in newly cultivated sandy soil under N fertilizers levels. Zagazing Journal Agricultural Research, 21: 67-77.
13. Arminian, A., S. Houshmand, and B. Shiran. 2010. Evaluation of relationships between grain yield and some of its related traits in a doubled-bread wheat haploid population [Augmented design]. Electronic Journal of Crops Production, 3: 21-38 (In Persian).
14. Knox, R.E., J.M. Clarke and R.M. DePauw. 2000. Dicamba and growth condition effects ondouble haploid production in durum wheat crossed with maize. Plant Breeding, 119: 289-293.
15. Arminian, A., M.S. Kang, M. Kozak, S. Houshmand and P. Mathews. 2008. *MULTPATH:* A comprehensive minitab program for computing path coefficients and multiple regressions for multivariate analyses. Journal of Crop Improvement, 22: 82-120.
16. Farahani, F. and A. Arzani. 2006. Study on genetic diversity of culltivars and F1 hybrids using agronomic and morphologic traits. Agricultural Sciences and Natural Resources, 10: 341-354 (In Persian).
17. Golabadi, M., A. Arzani and S.A.M.M. Meybodi. 2008. Effect of humidity stress of end-season on yield and morphophysiologic traits in F3 families of durum wheat. Journal of Agronomic Researches of Iran, 6: 405-418 (In Persian).
18. Emam, Y., A.M. Ranjbari and M.J. Bohrani. 2007. Evaluation of grain yield and its componets in wheat genotypes at drought stress after anthesis. Agricultural Sciences and Natural Resources, 11: 317-327 (In Persian).
19. Iravani, M., M. Solooki, A.M. Rezaei, B.A. Siasar and Sh.A. Koohkan. 2008. Study on diversity and determining relationships between agronomic traits with yield in advanced lines of barley using factor analysis. Agricultural Sciences and Natural Resources, 12: 137-145 (In Persian).
20. Ahmadi, M., B. Kamkar, A. Soltani and Z. Eynali. 2008. Determining the mos important component of bread wheat grain yield at various ultivation times, 15: 52-65 (In Persian). Agricultural Sciences and Natural Resources, 15: 52-65 (In Persian).
21. Khodarahmi, M., A. Amini, and M.R. Bihamta. 2006. Study on relationship of traits and path analysis of grain yield of Triticale. Jouranl of Agricultural Sciences of Iran, 1: 77-83 (In Persian).
22. Heydari, B., G. Saeidi and B.A. Seyed Tabatabaei. 2007. Factor analysis for quantitative traits and path coefficient analysis of grain yield in wheat. Sciences and Natural Resources, 11: 135-143 (In Persian).
23. Poorsiahbidi, M.M. 1998. Study on genetic diversity of durum wheat lines in Esfehan zone and providing amphiploid wheat. Agriculture faculty, Esfehan Technology University, 131 pp.
24. Sorkhilelahloo, B., Y. Samadi, S. Abdemishani and A. Gerami. 1998. Study on relationship of grain yield with quantitative traits in 500 wheat lines using factor anlaysis. Jouranl of Agricultural Sciences of Iran, 29: 263-377 (In Persian).
25. Montgomery, D.S., E.A. Peck and G.G. Vining. 2012. Introduction to Linear Regression Analysis, 5th edn. John Wiley and Sons, 672 pp.
26. Zeynali, H., A.F. Mirlohi and L. Safahi. 2006. Study on relationship of grain yield per plant with yield components of sesame genotypes. Jouranl of Agricultural Sciences of Iran, 2: 1-9 (In Persian).
27. Dewey, D.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. Agronomy Journal, 51: 515-518.
28. Arminian, A. and S. Houshmand. 2012. Additive main and multiplicative interaction effect in stability analysis of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. Journalof Crop Breeding, Sari, 4: 1-13 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]

Investigation and Importance of Relationships of Grain Yield and Yield Components in Wheat Breeding (*Triticum Aestivum* L.)

Ali Arminian[1] and Sadollah Houshamnd[2]

1- Assistant Professor, Agricultural Faculty University of Ilam and Graduated Ph.D. Student, Shahrekord University, (Corresponding author: a.arminian@ilam.ac.ir)
2- Professor, Agricultural Faculty, Shahrekord University

Received: June 19, 2013 Accepted: June 13, 2016

Abstract

Determining the relationships between grain yield and some yield components of wheat is most important in permanent yield production. Using path coefficient analysis in order to determine key traits affecting majorly yield, and also to study direct and indirect effects of yield and yield components, this research was performed during 2006-2009 ys using 94 doubled-haploid (DH) lines, their parents and five local Iraninan cultivars in triple lattice designs, using path analysis method to determine key traits which had the most effects on yield and also to determine direct and indirect effects of yield components. The results showed the significant positive correlations between grain yield with seed per spike, harvest index, fertile tiller number and flag leaf width, and also negative significant relationships between grain yield and total tiller number, plant height and number of nodes. Path coefficient analysis results indicated strong significant direct effects of yield related traits such as HI (0.27) and 100 seed weight (0.09) on grain yield. The results of this study, according to the homogeneity of DH lines, showed that characters: harvest index, 100 seed weight, spike length, fertile tiller number, flag leaf length and width could be appropriate indicators to be selected for improving and enhancing the grain yield in bread wheat.

Keywords: Doubled-haploid, Path coefficient analysis, Yield, Yield components, Wheat (***Triticum aestivum*** **L**.)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.1]