



## تحلیل عاملی، همبستگی ژنتیکی و روابط علیت صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم دوروم

حدیث حیدری نژاد<sup>۱</sup>، احمد اسماعیلی<sup>۲</sup>، طهماسب حسین پور<sup>۳</sup>، حمیدرضا عیسوند<sup>۴</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۱۳

### چکیده

به منظور بررسی روابط علی و معلولی صفات مؤثر بر عملکرد دانه گندم دوروم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ ژنوتیپ در چهار تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان انجام شد. در تجزیه به عامل‌ها، فاکتور اول عامل مؤثر بر خصوصیات برگ پرچم، فاکتور دوم عامل مؤثر بر ارتفاع و فاکتور سوم عامل مؤثر بر عملکرد نامیده شد. طبق نتایج همبستگی ژنتیکی صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد کاه، تعداد دانه در سنبله و طول سنبله همبستگی مثبت بسیار قوی با عملکرد دانه داشتند. بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت، صفات عملکرد کاه، تعداد دانه در سنبله و طول پدانکل وارد مدل رگرسیونی شدند به طوری که عملکرد کاه دارای بیشترین اثر مستقیم و بزرگ بر عملکرد دانه بود. از آنجا که صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد کاه اهمیت بیشتری داشتند، می‌توان در برنامه‌های اصلاح گندم دوروم به این صفات توجه داشت. در این تحقیق، تجزیه بای پلات برای بررسی همزمان صفات و جایگاه ژنوتیپ‌ها در ارتباط با آنها استفاده شد و بر این اساس، ارقام Pod-20، Seimareh، Dehdasht و Alas به عنوان بهترین ارقام معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون گام به گام، بای پلات، همبستگی فنوتیپی

حیدری نژاد، ح. ا. اسماعیلی، ط. حسین پور و ح. ر. عیسوند. ۱۳۹۷. تحلیل عاملی، همبستگی ژنتیکی و روابط علیت صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم دوروم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۳: ۱۱۷-۱۲۶.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: ismaili.a@lu.ac.ir

۳- مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، خرم آباد، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

## مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. subsp. *Durum* Desf) یک محصول غذایی مهم در تولید پاستا، ماکارونی، بلغور و سایر محصولات خمیری است (خزایی و همکاران، ۱۳۹۲). افزایش تقاضای جهانی برای آن، اصلاح ارقام با پتانسیل بالاتر عملکرد و کیفیت دانه را ضروری می‌کند (وندا و هوشمند، ۱۳۹۰). از طرفی سودمندی برنامه اصلاحی در گزینش بر اساس معیارهای مرتبط با عملکرد دانه و شناسایی کیفیت، مسیر و اندازه این ارتباط و اهمیت نسبی هر یک از این معیارها است (قادری و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجایی که ژنوتیپ‌های مختلف گندم از لحاظ صفات مورفولوژیک با هم متفاوتند و عملکرد دانه تحت تأثیر تعدادی از این صفات است، لذا گزینش معیارهای دیگری غیر از عملکرد دانه که دارای ثبات بیشتری نسبت به عملکرد دانه هستند می‌تواند در انتخاب ارقام مطلوب به عنوان راهنمای گزینش در نظر گرفته شود. علاوه بر آن تعیین همبستگی بین صفات مختلف بویژه عملکرد دانه و اجزاء آن و تعیین روابط علت و معلولی آنها به اصلاح گر این توانایی را می‌دهد که مناسب‌ترین و منطقی‌ترین نسبت بین اجزاء را که منتهی به عملکرد بیشتر می‌گردند انتخاب نماید و نقاط ضعف و قوت مواد اصلاحی خود را شناخته و در رفع نواقص آنها در برنامه‌های آبی اهتمام ورزد (طالعی و بهرام‌نژاد، ۱۳۸۲). در این راستا تجزیه به عامل‌ها یک روش پیشرفته آماری در بررسی ارتباط بین متغیرها است که عمده‌ترین هدف آن، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهمترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). کاویانی و همکاران (۱۳۹۲) با تجزیه عاملی بر روی صفات اندازه‌گیری شده توده‌های گندم دوروم، آنها را در پنج عامل گروه‌بندی کردند. عامل اول شامل صفات مرتبط با عملکرد مانند وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله، عامل دوم عامل دوره رشد و عامل سوم تا پنجم بترتیب عوامل ارتفاع بوته، خصوصیات برگ پرچم و عملکرد بود. دامانیا و جکسون (۲۰۰۶) با تجزیه عاملی، صفات اندازه‌گیری شده واریته‌های گندم را در پنج عامل گروه‌بندی کردند. عامل اول شامل اجزاء مهم عملکرد یعنی زمان خوشه‌دهی، تعداد دانه در خوشه، وزن دانه و تعداد خوشه در گیاه و عامل دوم خصوصیات خوشه بود.

تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری درباره اهمیت و ارزش این صفات به عنوان معیارهای انتخاب برای عملکرد دانه کمک می‌کند (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۰). همبستگی فنوتیپی شامل دو بخش ژنوتیپی و

محیطی است (بیطرف و همکاران، ۱۳۸۹). ضرایب همبستگی ژنتیکی مهم‌تر از ضرایب فنوتیپی‌اند زیرا در همبستگی‌های ژنتیکی اثر عوامل خارجی که در ایجاد ارتباط غیر واقعی بین صفات نقش دارد حذف یا حداقل می‌شود (رینالد و همکاران، ۲۰۰۴). در آزمایش الطبال (۲۰۱۱) همبستگی بین عملکرد و اجزای آن یعنی ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله مثبت و معنی‌دار گزارش شد. زمانی که تعداد متغیرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته زیاد باشد، میزان وابستگی صفات به هم محدود شده و همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط متغیرها را توجیه کنند (سوقانی و همکاران، ۱۳۸۹). از این رو برای نمایش ملموس تر روابط بین صفات، بوسیله تجزیه علیت اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای علت بر روی متغیرهای معلول مورد مطالعه قرار گرفته (فرشادفر، ۱۳۸۹). ضریب همبستگی ساده به اجزای آن که اثرات مستقیم و غیر مستقیم باشد، تفکیک می‌شود (محمودی و همکاران، ۱۳۹۳). چالیش و هوشمند (۱۳۹۰) گزارش کردند که تعداد دانه در بوته بر عملکرد دانه اثر مستقیم داشت؛ لذا تعداد دانه در بوته، اصلی‌ترین عامل مؤثر بر عملکرد دانه در گندم دوروم بود. نتایج تجزیه علیت (احمدی، ۱۳۹۲) روی ژنوتیپ‌های گندم دیم نشان داد که عملکرد دانه اثر مستقیم مثبت و عملکرد کاه اثر مستقیم منفی بر شاخص برداشت داشتند و عملکرد کاه بر سه صفت تعداد سنبله در واحد سطح، شاخص برداشت و عملکرد دانه بیشترین اثر مستقیم را داشت. قبل از تجزیه علیت با رگرسیون گام به گام می‌توان اثر صفات بی‌تأثیر یا کم تأثیر بر عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف کرد و صفاتی را که میزان قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند برگزید (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۰). آقایی سربرزه و امینی (۱۳۹۰) با رگرسیون مرحله‌ای نشان دادند که در گندم‌های نان بومی، صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیکی اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند.

هدف گروه‌بندی داده‌ها تقسیم بندی مشاهدات به گروه‌های متجانس است، به طوری که مشاهدات هر گروه بیشترین شباهت و مشاهدات گروه‌های مختلف کمترین شباهت را با هم داشته باشند (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). در آزمایشی روی ۱۰۰ لاین گندم دوروم با اندازه‌گیری ۱۵ صفت زراعی، هفت گروه ژنوتیپ مشخص شد (پورسیاه بیدی، ۱۹۹۸). نورین و نگوی (۲۰۱۰) با استفاده از تجزیه‌های آماری لاین‌های گندم مورد مطالعه خود را به دو گروه تقسیم کردند.

پیرسون با نرم‌افزار Minitab و تجزیه علیت بر اساس همبستگی ژنوتیپی با نرم‌افزار Path2 انجام شدند.

محاسبه کواریانس ژنوتیپی بین دو متغیر  $X$  و  $Y$  به شکل  $Cov_{G(xy)} = \frac{mcp_g - mcp_e}{r}$  است که در آن

$mcp_g$  میانگین مجموع حاصلضرب‌ها برای ژنوتیپ،  $mcp_e$  میانگین مجموع حاصلضرب‌های خطا و  $r$  تعداد تکرار است. واریانس‌های ژنوتیپ دو صفت  $X$  و  $Y$  نیز از روی جدول تجزیه واریانس برآورد و همبستگی ژنوتیپی به شکل  $r_{G(xy)} = \frac{cov_g(xy)}{\sigma_g(x) \sigma_g(y)}$  محاسبه می‌شود (چوکان، ۱۳۸۶). ابتدا رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین مهمترین صفات، سپس تجزیه علیت جهت بررسی روابط بین صفات با عملکرد دانه بر اساس همبستگی‌های ژنوتیپی برآورد شده انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### تجزیه بای پلات

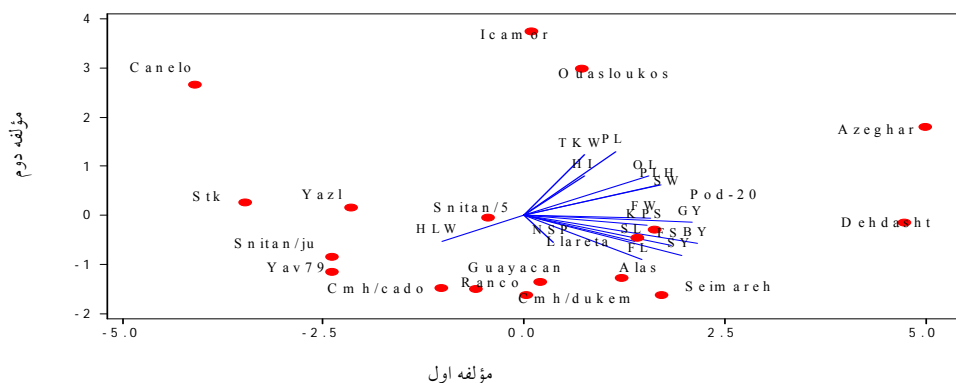
در این تحقیق، تجزیه بای پلات برای بررسی همزمان متغیرها و جایگاه ژنوتیپ‌ها در ارتباط با آنها استفاده شد (شکل ۱). با توجه به کسینوس زاویه بین صفات در نمودار بای پلات، هرچه زاویه بین دو صفت کمتر باشد، با هم همبستگی بیشتری دارند. لذا بر اساس رابطه مؤلفه‌ها و صفات مورد بررسی، مقادیر بیشتر صفات در مؤلفه اول و مقدار کمتر صفات در مؤلفه دوم مورد نظر است. به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر بالاتری برای صفات عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و عملکرد کاه بودند و مقادیر کمتری برای طول پدانکل و وزن هزار دانه بودند در گروه ژنوتیپ‌های مطلوب (ناحیه چهارم نمودار بای پلات شکل ۱) قرار گرفتند. بنابراین بر اساس نتایج نمودار بای پلات، ارقام Pod-20, Seimareh, Dehdasht, Alas و Llaretta به عنوان بهترین ارقام معرفی شدند. استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم در گندم دوروم توسط دیگر محققین نیز مورد تأیید قرار گرفته است (طالبی و همکاران، ۲۰۰۹). سلمان صمدی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی تنوع ژنتیکی ارقام گندم نان گزارش کردند که گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس روش تجزیه خوشه‌ای با روش تجزیه بای پلات مبتنی بر تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نتایج مشابه‌ای دارند.

در پژوهش حاضر با هدف مطالعه ارتباط بین صفات از همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی استفاده شد و پس از انجام رگرسیون گام به گام، روابط اساسی بین صفات با استفاده از تجزیه علیت بررسی شد و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز توسط تجزیه بای پلات گروه بندی شدند.

##### مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۸ ژنوتیپ گندم دوروم به شکل دیم در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد با طول جغرافیایی  $28^{\circ} 48'$  و  $61^{\circ} 18'$  شمالی و عرض جغرافیایی  $33^{\circ}$  و  $29^{\circ}$  شرقی، ارتفاع ۱۱۷۱m از سطح دریا بررسی شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه که منشأ آنها مرکز تحقیقات بین‌المللی مناطق خشک (ایکاردا) بود عبارت‌اند از: Snitan/5/Ajaia, Canelo, Seimareh, Dehdasht, Cmhan/5/Cado, Cmhan/5/797//Dukem, Pod-20, Alas, Yazi, Ranco, Snitan/Jupare, Guayacan Inia و Llaretta Inia, Stk, Jcamor, Ouasloukos, Azeghar Yav79. خاک مزرعه دارای بافت سیلتی کلی لوم با  $pH=8$  بود. در عملیات زراعی کود شیمیایی مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک و تعیین حد بحرانی عناصر موجود خاک به میزان  $150 \text{ kg}$  اوره،  $130 \text{ kg}$  فسفات تریپل،  $50 \text{ kg}$  کلرور پتاسیم،  $40 \text{ kg}$  سولفات روی،  $20 \text{ kg}$  اسید بریک و  $20 \text{ kg}$  سولفات آهن در هکتار استفاده شد. نصف کود اوره و مابقی کودهای شیمیایی همزمان با کاشت و نصف دیگر کود اوره در مرحله پنجه زنی در شرایط وجود رطوبت خاک استفاده شد. فاصله کرت‌ها از هم ۵۰ سانتی‌متر، تعداد خطوط در هر کرت شش خط پنج متری، فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها یک متر بود.

در این تحقیق ۱۶ صفت ارزیابی شد که پس از جمع‌آوری داده‌ها، همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی آنها برآورد شد. به منظور تشریح گروه بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و ارتباط همزمان این گروه‌بندی با صفات مورد نظر، بای پلات برای دو مؤلفه اول در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار Minitab انجام شد. تجزیه به عامل‌ها (توسط میانگین داده‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش واریماکس)، تجزیه رگرسیون و همبستگی ژنوتیپی با نرم‌افزار SAS، همبستگی فنوتیپی به روش



شکل ۱- نمایش دو بعدی صفات و ژنوتیپ های مورد بررسی بر اساس مؤلفه اول در مقابل مؤلفه دوم بدست آمده از تجزیه به مؤلفه های اصلی

### تجزیه به عامل ها

توجه به بار عاملی بیشتر ارتفاع گیاه و طول پدانکل، عامل مؤثر بر ارتفاع نامیده شد. در فاکتور سوم صفات تعداد سنبله در بوته در متر مربع، عملکرد زیست توده و عملکرد کاه مقادیر مثبت و بزرگ داشتند و این عامل تحت عنوان عامل زیست توده نام گذاری شد. طلایی و بهرام نژاد (۱۳۸۲) در ۶۷ مورفوتیپ از گندم های بومی غرب ایران نشان دادند که در تجزیه به عامل ها هفت عامل حدود ۷۸/۲ درصد تغییرات داده ها را توجیه کردند که عامل اول خصوصیات برگ پرچم و عامل دوم خصوصیات پدانکل بود. در آزمایش نقدی پور و همکاران (۱۳۹۰) روی ۱۷ لاین گندم دوروم عامل اول عامل مؤثر بر عملکرد دانه سنبله و عامل دوم عامل ارتفاع نام گرفت. در آزمایش لایلا و الخطیب (۲۰۰۵) روی گندم عامل اول عامل ارتفاع بوته و عامل دوم، عامل تعداد دانه در سنبله نامیده شد و با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر استنباط شد که ابتدا صفات خصوصیات برگ پرچم و ارتفاع، سپس صفات عملکرد زیست توده و عملکرد کاه به دلیل داشتن ضرایب عاملی مثبت و معنی دار و نیز همبستگی بالا و معنی دار با عملکرد دانه مؤثرترین عامل ها بود و می توانند در گزینش اصلاحی مورد توجه قرار گیرند.

در تجزیه به عامل ها بر اساس تجزیه به مؤلفه های اصلی (جدول ۱) پنج عامل با داشتن ریشه های بزرگتر از یک معنی دار شد که ۸۴/۶۵ درصد از تغییرات داده ها را توجیه کردند به طوری که سه عامل اول بیشترین تغییرات را نشان دادند و به ترتیب ۳۷/۹۷، ۱۸/۰۳ و ۱۲/۲۳ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. با توجه به دوران عامل ها با چرخش واریماکس (جدول ۲) که واریانس بین عوامل را حداکثر و تفسیر عوامل را ساده تر می کند، عواملی که درصد بیشتری از تغییرات بین صفات را توجیه کنند مهم تراند و باید مورد بررسی قرار گیرند. لذا صفات مؤثر در هر عامل شناسایی و عوامل بر اساس مؤثرترین صفات نام گذاری شدند. این روش بهبود ژنتیکی عوامل را توسط صفات مرتبط با آنها ممکن می کند. طبق نتایج جدول ۲ در فاکتور اول صفات طول برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، عملکرد کاه، عملکرد زیست توده و عرض برگ پرچم ضرایب مثبت و بزرگ داشتند پس این فاکتور با توجه به بار عاملی بیشتر خصوصیات برگ پرچم عامل مؤثر بر خصوصیات برگ پرچم نامیده شد. در فاکتور دوم صفات ارتفاع گیاه و طول پدانکل مقادیر مثبت و بزرگ و وزن هکتولتر مقدار منفی و بزرگ داشتند. این فاکتور با

جدول ۱- نتایج تجزیه به عامل ها برای پنج فاکتور اول

مقادیر ویژه	اختلاف	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
۶/۰۷۵۱۹۹۹۸	۳/۱۸۹۶۲۲۶	۰/۳۷۹۷	۰/۳۷۹۷
۲/۸۸۵۵۷۷۳۲	۰/۹۲۸۷۷۶۰	۰/۱۸۰۳	۰/۵۶۰۰
۱/۹۵۶۸۰۱۲۷	۰/۳۸۶۴۳۰۸	۰/۱۲۲۳	۰/۶۸۲۳
۱/۵۷۰۳۷۰۳۷۰۴۶	۰/۵۱۴۰۷۱۰	۰/۰۹۸۱	۰/۷۸۰۵
۱/۰۵۶۲۹۹۴۵	۰/۱۸۱۵۷۹۸	۰/۰۶۶۰	۰/۸۴۶۵

جدول ۲- ریشه‌های تجزیه به عامل‌ها پس از چرخش واریماکس

صفات	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳
طول برگ پرچم	۰/۹۳۱۸۲	-۰/۱۰۶۳۱	۰/۱۷۶۲۸
مساحت برگ پرچم	۰/۹۱۰۱۷	۰/۱۷۶۸۶	-۰/۱۴۶۸۵
عملکرد کاه	۰/۶۳۱۴۳	۰/۱۶۷۴۹	۰/۵۱۴۵۴
عملکرد زیست‌توده	۰/۵۸۰۱۰	۰/۲۰۶۷۳	۰/۵۱۶۳۸
عرض برگ پرچم	۰/۵۵۶۳۴	۰/۴۱۵۸۷	-۰/۴۲۲۸۷
ارتفاع گیاه	۰/۲۸۶۶۲	۸۵۹۳۵	۰/۰۷۵۷۱
طول پدانکل	۰/۰۱۳۶۲	۰/۷۵۱۲۷	-۰/۰۲۶۸۴
وزن هکتولیترا	۰/۱۰۶۷۹	-۰/۸۱۴۱۰	-۰/۰۹۴۵۸
تعداد سنبله در بوته در متر مربع	۰/۰۲۵۱۲	۰/۰۳۹۴۷	۰/۹۵۰۵۲
تعداد دانه در سنبله	۰/۲۰۶۷۹	-۰/۰۲۳۳۵۱	۰/۱۰۲۰۰
وزن هزار دانه	-۰/۰۴۵۴۵	۰/۲۰۹۵۶	-۰/۱۱۸۰۵
وزن سنبله	۰/۲۱۱۴۳	۰/۰۶۸۲۶	-۰/۱۱۱۸۰
شاخص برداشت	-۰/۱۷۳۸۴	۰/۱۲۵۰۳	۰/۰۸۷۹۷
عملکرد دانه	۰/۴۱۲۳۴	۰/۲۲۸۴۳	۰/۴۳۴۳۹
طول سنبله	۰/۲۵۲۵۷	۰/۱۰۹۱۸	-۰/۰۳۶۱۷
طول ریشک	۰/۲۱۶۱۲	۰/۳۷۸۰۰	۰/۰۳۴۵۴

تجزیه رگرسیون به روش مرحله‌ای گام به گام

طبق نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در مدل نهائی (جدول ۳ و ۴) عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل محاسبه و مدل رگرسیونی برای عملکرد دانه به صورت زیر برآورد شد:

$$Y = -2627.02537 + 0.41248X_1 + 31.99154 X_2 + 393.77580 X_3$$

در این مدل، تغییرات عملکرد تابع صفات عملکرد کاه ( $X_1$ )، تعداد دانه در سنبله ( $X_2$ ) و طول پدانکل ( $X_3$ ) است، یعنی این صفات تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دارند و با افزایش در مقدار آنها عملکرد نیز افزایش می‌یابد. با توجه به جدول تجزیه واریانس رگرسیونی خطی چند متغیره به روش گام به گام (جدول ۳) برآورد مقدار  $R^2 = \frac{SSM}{SST}$  مدل مذکور نشان داد که ۷۳٪ واریانس عملکرد توسط سه صفت عملکرد کاه، تعداد دانه

در سنبله و طول پدانکل توجیه می‌شود. از این صفات می‌توان به عنوان صفات مؤثر بر عملکرد در اصلاح عملکرد گندم بهره برد. در آزمایش نورخلج و همکاران (۱۳۸۹) در گندم‌های مشتق شده لاین‌های سیتیتیک در رگرسیون مرحله‌ای صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد روز تا گرده‌افشانی، طول پدانکل و طول بیرون زدگی پدانکل وارد مدل شدند. در مطالعه افیونی و محلوچی (۱۳۸۵) در ۴۲ رقم گندم نان در رگرسیون مرحله‌ای صفات دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و ارتفاع بوته وارد مدل شدند در تحقیق حاضر، صفات طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله درصد بالایی از عملکرد را توجیه کردند، بنابراین در اصلاح عملکرد گندم دوروم دارای اهمیت هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس رگرسیون خطی چند متغیره به روش گام به گام

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F Value	Pr > F
مدل	۳	۱۴۸۴۱۱۸	۴۹۴۷۰۶	۱۲/۹۳**	۰/۰۰۰۳
خطا	۱۴	۵۳۵۶۲۰	۳۸۲۵۹		
مجموع تصحیح شده	۱۷	۲۰۱۹۷۳۸			

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۴- ضرایب رگرسیون و خطای استاندارد متغیرها

متغیر مستقل	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	F	Pr > F
بازدارنده (Intercept)	-۲۶۲۷/۰۲۵۳۷	۱۰۱۱/۶۱۵۵۱	۶/۷۴*	۰/۰۲۱۱
عملکرد کاه	۰/۴۱۲۴۸	۰/۱۰۸۷۸	۱۴/۳۸**	۰/۰۰۲۰
تعداد دانه در سنبله	۳۱/۹۹۱۵۴	۱۵/۱۳۴۸۶	۴/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۳۰
طول پدانکل	۳۹۳/۷۷۵۸۰	۱۶۹/۲۴۳۵۵	۵/۴۱*	۰/۰۳۵۵

\*\* معنی دار در سطح احتمال یک درصد، \* معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و ns غیر معنی دار

### همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی

طبق همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی حاصله (جدول ۵) صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد کاه و شاخص برداشت بیشترین میزان همبستگی فنوتیپی را با عملکرد دانه داشتند. در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده از همبستگی‌های ژنوتیپی صفات مختلف با عملکرد دانه، صفاتی مانند عملکرد زیست‌توده (۰/۹۶۱)، عملکرد کاه (۰/۸۹۱)، تعداد دانه در سنبله (۰/۸۲۹) و طول سنبله (۰/۸۱۴) ضرایب همبستگی مثبت، بسیار قوی و معنی داری با عملکرد دانه داشتند، از این رو تغییر در این صفات منجر به تغییر در عملکرد دانه خواهد شد. نتایج همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی صفات عملکرد زیست‌توده و عملکرد کاه با عملکرد دانه با هم همخوانی داشت. بنابراین، در گزینش اصلاحی می‌توان به این صفات توجه داشت. صفات ارتفاع گیاه، وزن سنبله، مساحت برگ پرچم، طول برگ پرچم، طول ریشک، شاخص برداشت و طول پدانکل در درجه بعدی اهمیت قرار گرفتند. وزن هکتولتر همبستگی ژنوتیپی منفی و قوی (۰/۷۳۵-) و سایر صفات همبستگی ژنوتیپی ضعیف و بسیار ضعیف با عملکرد داشتند. در آزمایش حمزه و همکاران (۱۳۸۸) عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و عملکرد زیست‌توده همبستگی ژنوتیپی مثبت نشان داد. این صفات مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه تشخیص داده شدند که تقریباً با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

### تجزیه علیت

تجزیه علیت ضرایب همبستگی ژنوتیپی را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌کند. نتایج نشان داد که عملکرد کاه بیشترین اثر مستقیم و معنی دار را بر عملکرد دانه داشت (۰/۵۷۷) (جدول ۶). بنابراین با افزایش در مقدار آن عملکرد دانه افزایش یافت. پس از آن، تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم مثبت و معنی دار را بر عملکرد دانه داشت (۰/۴۳۱). عملکرد کاه به طور غیر مستقیم از طریق تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه تأثیر قابل توجهی داشت (۰/۲۸۹). بنابراین، افزایش عملکرد معلول علت‌هایی چون افزایش عملکرد کاه، تعداد دانه در سنبله و طول پدانکل است و می‌توان در برنامه‌های اصلاح و بهبود عملکرد دانه گندم دوروم از آن‌ها بهره جست. در مطالعه چالیش و هوشمند (۱۳۹۰) تجزیه علیت نشان داد که تعداد دانه در بوته بر عملکرد اثر مستقیم و شاخص برداشت اثر غیر مستقیم از طریق تعداد دانه در بوته بر عملکرد داشت. طبق نتایج تجزیه علیت دهقان و همکاران (۱۳۹۰) عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اثر مستقیم مثبت و بالا، ولی تعداد روز تا ظهور سنبله اثر غیر مستقیم و منفی از طریق عملکرد بیولوژیک بر میانگین عملکرد دانه داشتند. در تحقیق حاضر صفت طول پدانکل به طور غیر مستقیم از طریق عملکرد کاه بر عملکرد دانه تأثیر ناچیزی داشت (۰/۰۳۳).

جدول ۵- همبستگی ژنوتیپی (قطر بالای جدول ماتریس) و فنوتیپی (قطر پایین جدول ماتریس) صفات مختلف

وزن سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد زیست توده	عملکرد دانه	عملکرد کاه	طول برگ	عرض برگ	مساحت برگ	تعداد دانه در سنبله	طول پدانکل	طول ریشک	طول سنبله	ارتفاع گیاه	وزن هکتولیترا	شاخص برداشت	تعداد سنبله در بوته در متر مربع
۰/۳۷۳**	۰/۸۷۰**	۰/۴۹۳**	۰/۶۰۹**	۰/۳۸۹**	۰/۰۷۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۵۶**	۰/۴۰۰**	۰/۳۰۱**	۰/۰۵۵۲**	۰/۰۹۹۹**	۰/۱۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۲۹۱*	۰/۷۳۵**	۰/۳۷۳**	۰/۳۰۵**
۰/۵۷۷**	۰/۴۳۰**	۰/۰۱۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۴۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۲۲۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۹۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۹۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۳۳۲**	۰/۰۷۵۹**	۰/۰۸۷۱**	۰/۰۲۲۵ <sup>NS</sup>	۰/۳۲۴**	۰/۷۳۱**	۰/۱۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۵۰۹**
۰/۴۹۶**	۰/۴۳۰**	۰/۱۲۱ <sup>NS</sup>	۰/۹۶۱**	۰/۹۸۱**	۰/۰۸۴۶**	۰/۰۸۴۶**	۰/۰۸۶۶**	۰/۰۷۵۷**	۰/۰۲۳۲*	۰/۰۶۲۰**	۰/۰۸۹۹**	۰/۶۳۵**	۰/۷۰۰**	۰/۲۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۲۹۳*
۰/۳۲۷**	۰/۰۲۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۸۵**	۱	۱	۰/۰۵۵۶**	۰/۰۳۲۱**	۰/۰۵۷۳**	۰/۰۸۲۹**	۰/۰۴۶۵**	۰/۰۵۴۰**	۰/۰۸۱۴**	۰/۷۴۳**	۰/۷۳۵**	۰/۴۸۸**	۰/۳۷۳**
۰/۳۲۵**	۰/۰۳۲۵**	۰/۰۳۵۳**	۰/۳۱۶**	۰/۳۳۱**	۱	۰/۰۲۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۷۷۴**	۰/۰۱۵۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۳۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۳۳۹**	۰/۰۲۵۶*	۰/۰۶۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۲۲۴ <sup>NS</sup>
۰/۴۱۹**	۰/۰۷۶ <sup>NS</sup>	۰/۲۸۸*	۰/۲۴۸*	۰/۲۷۷*	۰/۰۵۴۲**	۱	۰/۰۷۷۹**	۰/۰۵۰۹**	۰/۰۲۷۱*	۰/۰۵۶۸**	۰/۰۲۸۷*	۰/۴۴۲**	۰/۰۵۴۴**	۰/۰۲۹۱*	۰/۶۳۸**
۰/۴۰۵**	۰/۰۷۶ <sup>NS</sup>	۰/۳۶۰**	۰/۳۲۲**	۰/۳۳۹**	۰/۰۸۹۰**	۰/۰۸۶۰**	۰/۰۸۶۰**	۰/۰۴۳۱**	۰/۰۰۷۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۵۵۷**	۰/۰۳۷۶**	۰/۳۲۵**	۰/۰۳۴۱**	۰/۰۴۷۹**	۰/۱۶۶ <sup>NS</sup>
۰/۸۳۰**	۰/۱۷۵ <sup>NS</sup>	۰/۴۲۸**	۰/۴۹۰**	۰/۳۲۸**	۰/۰۳۳۲**	۰/۰۳۵۸**	۰/۰۳۷۶**	۱	۰/۰۲۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۴۵۴**	۰/۰۳۰۶**	۰/۲۱۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۳۲۳**	۰/۳۰۸**	۰/۴۸۹**
۰/۲۹۲*	۰/۳۹۰**	۰/۱۲۳ <sup>NS</sup>	۰/۲۷۴*	۰/۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۲۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۸۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۷۷ <sup>NS</sup>	۰/۱۶۰ <sup>NS</sup>	۱	۰/۰۶۵۹**	۰/۰۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۹۲۷**	۰/۰۷۷۷**	۰/۶۷۶**	۰/۰۰۱ <sup>NS</sup>
۰/۲۳۳*	۰/۲۷۰*	۰/۰۶۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۷۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۹۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۵۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۸۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۴۴۹**	۱	۰/۰۲۴۷**	۰/۶۸۹**	۰/۶۹۷**	۰/۲۴۸**	۰/۰۱۹ <sup>NS</sup>
۰/۳۳۲**	۰/۰۵۳ <sup>NS</sup>	۰/۳۴۷**	۰/۳۳۴**	۰/۳۱۱**	۰/۰۳۵۵**	۰/۰۴۱۶**	۰/۰۴۴۲**	۰/۰۳۴۷**	۰/۰۰۵۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴۱ <sup>NS</sup>	۱	۰/۲۴۶*	۰/۰۴۳۲**	۰/۰۲۳ <sup>NS</sup>	۰/۱۱۷ <sup>NS</sup>
۰/۳۱۹**	۰/۱۸۹ <sup>NS</sup>	۰/۴۲۴**	۰/۴۴۰**	۰/۳۵۷**	۰/۰۳۵۰**	۰/۰۴۴۸**	۰/۰۴۴۸**	۰/۰۲۹۱*	۰/۰۶۳۹**	۰/۰۳۰۸**	۰/۰۳۷۶**	۱	۰/۹۹۸**	۰/۴۸۵**	۰/۳۵۷**
۰/۱۵۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۶۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۹۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۲۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۲۳۳*	۰/۰۱۲۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۲۳۱*	۰/۰۲۲۱ <sup>NS</sup>	۱	۰/۴۱۸**	۰/۱۷۳ <sup>NS</sup>
۰/۳۹۵**	۰/۳۴۲**	۰/۱۷۸ <sup>NS</sup>	۰/۶۰۱**	۰/۱۳۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۲۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۳۷۶**	۰/۰۴۱۸**	۰/۰۰۹۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۹۹ <sup>NS</sup>	۱	۰/۰۴۹۱**
تعداد سنبله در بوته در متر مربع	۰/۰۱۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۱۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۶۳۵**	۰/۰۵۲۳**	۰/۰۶۲۸**	۰/۰۰۲۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۶۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۸۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۲۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۶۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۷۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۹۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۴۷ <sup>NS</sup>	۱

\*\* معنی دار در سطح احتمال یک درصد، \* معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و NS غیر معنی دار

جدول ۶- تجزیه علیت با استفاده از همبستگی ژنتیکی

نام صفت	اثر مستقیم		اثر غیر مستقیم از طریق	
	عملکرد کاه	تعداد دانه در سنبله	طول پدانکل	طول پدانکل
عملکرد کاه	۰/۵۷۷	۰/۲۸۹	۰/۰۲۴	
تعداد دانه در سنبله	۰/۴۳۱		۰/۰۱	
طول پدانکل	۰/۴۲۰	۰/۰۱		۰/۰۱
اثر کل (همبستگی با عملکرد)	۰/۸۹۰	۰/۸۲۸	۰/۴۶۳	
اثر باقیمانده	۰/۲۵۹			

## نتیجه‌گیری

از مجموع نتایج همبستگی ژنوتیپی برداشت شد که صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد کاه و تعداد دانه در سنبله که بالاترین همبستگی‌های ژنوتیپی را داشتند مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه بودند، و با افزایش در مقدار آنها عملکرد نیز افزایش یافت. نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت نیز مؤید این مطلب است به طوری که عملکرد کاه و سپس تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم و معنی دار را بر عملکرد دانه داشت. طبق نتایج تجزیه به عامل‌ها صفاتی مانند خصوصیات برگ پرچم، ارتفاع گیاه، عملکرد زیست توده و عملکرد کاه از

مؤثرترین عامل‌ها در تفسیر عوامل شناخته شدند و در تحقیقات به‌نژادی می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. بر اساس جمع‌بندی نتایج تجزیه بای پلات، ژنوتیپ‌های *Seimareh*، *Dehdasht*، *Alas* و *Pod-20* به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند که پیشنهاد می‌شود این ژنوتیپ‌ها در تحقیقات آینده به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

## سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

- احمدی، ع. ۱۳۹۲. بررسی روابط عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم و اجزای آن از طریق تجزیه علیت. اولین همایش ملی الکترونیک کشاورزی پایدار، مؤسسه آموزش عالی مهر تهران ۱۰ بهمن ۱۳۹۲.
- افیونی، د. و م. محلوجی. ۱۳۸۵. تجزیه همبستگی برخی صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L) در تنش شوری. نهال و بذر. ۲۲ (۲): ۱۹۹-۱۸۶.
- آقای سربزره، م. و ا. امینی. ۱۳۹۰. تنوع ژنتیکی صفات زراعی در کلکسیون ژنوتیپ‌های بومی گندم نان ایران. مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۲۷ (۱): ۵۹۹-۵۸۱.
- بیطرف، ن.، م. خدامباشی. و س. هوشمند. ۱۳۸۹. ضرایب همبستگی بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه عدس تحت شرایط اقلیمی شهرکرد. نشریه پژوهش‌های حیوانات ایران. ۱ (۱): ۵۶-۵۱.
- چالیش، ل. و س. هوشمند. ۱۳۹۰. برآورد وراثت‌پذیری و ارتباط بین برخی صفات گندم دوروم با استفاده از لاین‌های خالص نوترکیب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۴ (۲): ۲۳۸-۲۲۳.
- چوکان، ر. ۱۳۸۶. روش‌های تجزیه ژنتیکی صفات کمی در اصلاح نباتات. وزارت جهاد کشاورزی سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۲۱۴ صفحه.
- حمزه، ح.، ج. صبا، ف. جابری، ج. ناصری. و س. م. علوی سینی. ۱۳۸۸. برآورد اجزای ارابینس، قابلیت توارث و ضرایب همبستگی صفات فنوتیپی و ژنوتیپی عملکرد دانه و اجزای آن در گندم نان تحت شرایط دیم. مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. ۲ (۱): ۳۸-۲۹.
- خدادادی، م.، ح. دهقانی. و م. ح. فتوکیان. ۱۳۹۰. بررسی توارث‌پذیری، تجزیه علیت و تحلیل عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L). مجله دانش زراعت. شماره ۴: ۷۸-۶۷.



- خزایی، م.، ع. تدین. و س. هوشمند. ۱۳۹۲. وراثت‌پذیری و ارتباط بین صفات مرتبط با کیفیت دانه گندم دوروم با استفاده از یک جمعیت لاین‌های خالص نوترکیب. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. شماره ۹: ۱۳۵-۱۲۳.
- دهقان، ع.، م. خدارحمی، ا. مجیدی هروان. و ف. پاکنژاد. ۱۳۹۰. تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در لاین‌های گندم دوروم. مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۲۷ (۱): ۱۲۰-۱۰۳.
- زارع چاهوکی، م.، ع. ۱۳۸۹. روش‌های تحلیل چند متغیره در نرم‌افزار spss. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۵ صفحه.
- سلمان صمدی، ر. ا. سفالیان. و ع. اصغری. ۱۳۸۹. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام گندم نان با استفاده از پروتئین‌های ذخیره ای محلول در آب و نمک. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید بهشتی تهران ۴-۲ مرداد: ۵۰.
- سوقانی، م.، ش. واعظی. و س. ح. صباغ‌پور. ۱۳۸۹. مطالعه همبستگی و تجزیه علیت عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های لوبیا سفید. نشریه زراعت و اصلاح نباتات. ۶ (۳): ۳۶-۲۷.
- طالعی، ع. و ب. بهرام‌نژاد. ۱۳۸۲. بررسی روابط بین عملکرد و اجزاء آن در گندم‌های بومی غرب ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴ (۴): ۹۵۹-۹۴۹.
- فرشادفر، ع. ۱۳۸۹. اصول و روش‌های آماری چند متغیره. دانشگاه رازی، کرمانشاه. ۷۲۴ صفحه.
- قادری، م.، ق.، ح. زینالی خانقاه، ع. حسینی‌زاده، ع. طالعی. و م. ر. نقوی. ۱۳۸۸. ارزیابی روابط عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه در گندم نان با استفاده از تجزیه و تحلیل چند متغیره. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۷ (۲): ۱۲۸-۱۱۸.
- کاوایانی، ر.، م. آقایی سربرزه، م. ر. بی‌همتا، و م. محمدی. ۱۳۹۲. تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها برای صفات زراعی و مورفولوژیکی در توده‌های گندم دوروم. مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۱ (۴): ۶۹۲-۶۷۳.
- محمودی، ا.، س. محمدی، ج. صبا، ح. حمزه. و م. رضایی. ۱۳۹۳. ارزیابی روابط بین صفات در ژنوتیپ‌های گندم زمستانه تحت شرایط تنش رطوبتی انتهایی فصل. تحقیقات غلات. شماره ۱: ۱۱-۱.
- نقدی‌پور، ا.، م. خدارحمی، ع. پورشهبازی. و م. اسماعیل‌زاده. ۱۳۹۰. تجزیه به عامل‌ها برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات گندم دوروم. نشریه زراعت و اصلاح نباتات. ۷ (۱): ۹۶-۸۴.
- نورخلج، ک.، م. خدارحمی، م. اسماعیل‌زاده. و ا. امینی. ۱۳۸۹. بررسی روابط صفات مختلف زراعی و عملکرد دانه در ارقام سینتتیک گندم. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید بهشتی تهران ۲-۴ مرداد ماه ۱۳۸۹.
- وندا، م. و س. هوشمند. ۱۳۹۰. ارزیابی ساختار ژنتیکی عملکرد دانه و صفات وابسته با استفاده از روش دی آلل در ژنوتیپ‌های گندم دوروم. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳ (۱): ۲۱۸-۲۰۶.
- Al-Tabbal, J. A. 2011. Effect of water stress on the yield and yield component of durum wheat cultivars (*Triticum turgidum* L.var.durum). Int. J. Aca. Res., 3(6): 98-113.
- Damania, A. B. and M. T. Jackson. 2006. An application of factor analysis Morphological Data of wheat and Barely landraces from the Bheri River Valley, Nepal. Rachis., 5 (2): 25-30.
- Leilah, A. A. and A. Alkhateeb. 2005. Statistic analysis of wheat yield under drought condition. J. Arid environ., 61: 483- 496.
- Naureen, G. and F. N. Naqvi. 2010. Salt tolerance classification in wheat genotypes using reducing sugar accumulation and growth characteristics. Emir. J. Food Agric., 22 (4): 308-317.
- Porseahbidi, M.M. 1998. Study of genetic variety of durum wheat lines in Esfahan locale and purvey of amphipoloeid wheat. Thesis postgraduate. Faculty of Agricultural Engineering Efhahan University of Technology. (in Persian)
- Reynolds, M., A. J. Condon., G. J. Rebetzke. and R. A. Richards. 2004. Evidence for excess photosynthetic capacity and sink-limitation to yield and biomass in elite spring wheat. In: processing of the 4th International Crop science congress, 26 Sep- oct.2004, Brisbane, Australia.
- Talebi, R., F. Fayaz. and A. Mohammad-Naji. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum. Durum* Desf.).Gen. Appl. Plant Physiol., 35: 64-74.

## Factor analysis genetic correlation and path analysis of different traits in durum wheat genotypes

H. Heidarinejad<sup>1</sup>, A. Ismaili<sup>2</sup>, T. Hosseinpour<sup>3</sup>, H.R. Eivand<sup>2</sup>

Received: 2016-9-18 Accepted: 2017-11-4

### Abstract

In order to investigate the path analysis of effective traits on durum wheat yield, an experiment was conducted based on randomized complete block design with 18 genotypes and four replications in Agricultural and Natural Resources Research Center of Lorestan province during 2014–2015. In Factor analysis, the first factor was named as influencing factor on flag leaf characteristics, the second factor was named as influencing factor on height, and the third factor was named as influencing factors on yield performance. According to results of genetic correlations, biomass yield, straw yield, kernel per spike and spike length had very strong positive correlation with grain yield. According to results of stepwise regression and path analysis, straw yield, kernel per spike and peduncle length entered to the regression model, and so the straw yield had highest and largest direct effect on grain yield. As kernel per spike and straw yield were more important, these traits could be advisable in breeding programs of durum wheat. In present research, bi-plot analysis was used to simultaneous study of traits and discrimination of genotypes related to these traits, and hence, genotypes of Dehdasht, Seimareh, Pod-20 and Alas were introduced as hopeful genotypes for future breeding programs.

**Keywords:** Stepwise regression, bi-plot analysis, phenotypic correlation

---

1- M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabd, Iran

2- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabd, Iran

3- M.Sc. Research Center of Agricultural and Natural Resources, Lorestan Province, Khoramabd, Iran