ارزیابی روابط عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه درگندم نان با استفاده از تجزیه و تحلیل چند متغیره

محمد قادر قادری ، حسن زینالی خانقاه ، عبدالهادی حسین زاده ، علیرضا طالعی و محمد رضا نقوی [۱]

چکیده

با وجود اتفاق نظر در توسعه ارقام با عملکرد دانه بالا به عنوان هدف اساسی در اصلاح گندم نان، سودمندی هر برنامه اصلاحی در کیفیت، مسیر و میزان ارتباط بین عملکرد دانه با سایر عوامل مؤثر بر آن و اهمیت نسبی هر یک از آنها است. به منظور بررسی این روابط، ۱۲ رقم بومی و زراعی گندم مورد ارزیابی و ۱۷ صفت مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب همبستگی ساده صفات، ارتباط مثبت و معنی دار عملکرد دانه را با شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی و تعداد سنبله در واحد سطح نشان داد، هم چنین ظهور زودتر سنبله عامل معنی داری در افزایش عملکرد دانه معرفی شد. ارتباط بالای دو صفت شاخص برداشت و عملکرد بیولوزیکی با عملکرد دانه در نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام عملکرد دانه نیز اثبات گردید. با استفاده از تجزیه به عامل ها، ۱۷ متغیردر ۴ عامل تعریف شدندکه در مجموع ۸۴ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. بطوریکه عامل اول به عنوان عامل عملکرد با بیشترین واریانس، مجدداً نقش مؤثر دو صفت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی را بر عملکرد دانه تأیید نمود. عامل دوم یعنی عامل اجزاء عملکرد، همبستگی منفی تعداد بوته با خصوصیات دانه یعنی وزن و تعداد دانه در هر بوته را نشان داد که منطبق بر نتایج حاصل ازتجزیه همبستگی ساده صفات بود. تجزیه علیت، ارتباط مثبت و مستقیم صفات عملکرد بیولوژیکی، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و طول سنبله با عملکرد دانه را نشان داد. نتایج این تحقیق در مجموع، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی را از معیارهای مهم مرتبط با عملکرد دانه معرفی کرد که در انتخاب ارقام و لاینهای پرمحصول گندم کاربرد مطلوبی خواهد داشت. علاو بر آن، تعداد سنبله در واحد سطح مهم ترین جزء از اجزاء عملکرد دانه بوده و نیز با توجه به نقش مؤثر ارتفاع بوته، گزینش این دو صفت در افزایش عملکرد دانه از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود. هم چنین اثر متقابل معکوس بین تعداد دانه در سنبله با تعداد سنبله و دیگر معیارهای مرتبط با عملکرد دانه، موفقیت محدود در اصلاح گندم نان را که توسط سایر محققین نیز به آن اشاره شده است، توضیح می دهد.

واژه های کلیدی: گندم، عملکرد دانه، صفات مرتبط با عملکرد دانه، تجزیه و تحلیل چند متغیره، تجزیه علیت.

مقدمه:

توسعه ارقام با عملکرد دانه بالا، هدف اساسی اصلاح گندم نان است. با این وجود گزینش مستقیم آن از ارزش قابل اعتمادی برخوردار نبوده و از این رو سودمندی هر 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 (۱ و ۳۶).

در این راستا مطالعه ارتباط دو جانبه بین یک جفت صفت، از جمله عملکرد دانه با صفات مرتبط بر اساس ضرایب همبستگی ساده، وجه اشتراک بسیاری از بررسی‌ها است. از جمله بررسی‌های انجام شده می‌توان به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد پنجه (۱۰، ۱۸، ۲۹، ۳۳)، تعداد دانه در سنبله (۱۲، ۱۸ و ۳۳)، وزن هزاردانه (۱۲ و ۳۳)، عملکرد بیولوژیکی (۲۳ و ۲۵) و شاخص برداشت (۱۸ و ۳۳) اشاره کرد. در مقابل، نادری و همکاران (۳) و سینگ و رانا (۳۲)، همبستگی منفی و معنی دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را گزارش کرده‌اند. گزارش‌هایی مبنی بر ارتباط مثبت طول سنبله با عملکرد دانه

۱- به ترتیب دانشجوی دوره دکتری و اعضای هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

وجود دارد (۶، ۲۳، ۳۵ و ۳۶). برخی از محققین به رابطه منفی و معنی دار عملکرد دانه با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدن دانه اشاره کرده‌اند (۱۱ و ۳۲). برگها به عنوان عامل مهم فتوسنتز ودر نتیجه تولید ماده خشک، عامل مؤثری در افزایش عملکرد دانه شناخته شده‌اند که در این میان، برگ پرچم در قیاس با برگ‌های پایین تر با از دست دادن دیرتر توان اسمیلاسیونی و نزدیک تر بودن به سنبله، مهم ترین برگ‌ها ذکر شده است (۱و ۶، ۱۴، ۲۸ و ۲۹). اما مک نیل و بری (۲۲)، رابطه معنی داری را بین این دو صفت نیافته اند. به نقش ارتفاع گیاه بر عملکرد دانه در بسیاری از بررسیها (۵، ۱۱، ۲۱ و ۳۵) اشاره شده است.تاکدا (۳۴) به دلیل نقش مؤثر غلاف برگ پرچم در ذخیره سازی مواد غذایی، آن را عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه ذکر کرده است.

در عین حال که تجزیه همبستگی ساده به ارتباط صفات با یکدیگر از جمله عملکرد دانه با سایر اجزاء مرتبط با آن توجه دارد، اما بدلیل اینکه فارغ از بررسی سایر صفات صورت می گیرد، تصویر دقیقی از اهمیت نسبی هر جزء در تعیین عملکرد دانه ارایه نمی‌دهد (۹ و ۱۵). تجزیه و تحلیل چند متغیره ابزار مناسبی درشناسایی و توصیف روابط بین صفات می‌باشد. تعیین چگونگی اثر صفات مستقل بر صفت وابسته، تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، طبقه بندی صفات و کاهش حجم متغیرهای اصلی در قالب مؤلفه‌های جدید از جمله موارد کاربرد این روش‌ها است (۱۷ و ۳۸). والتون (۳۷) با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها هفت عامل را در توجیه ۸۶/۵ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را شناسایی کرد. تجزیه علیت با تفکیک ضرایب همبستگی ساده به اثر مستقیم و غیر مستقیم هر جزء از طریق سایر اجزاء، اطلاعات مفیدی را فراهم می‌نماید (۹ و ۳۹). تجزیه علیت عملکرد دانه در گندم نان نشان داده است که تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت از اثر مستقیم و مثبت بالایی بر عملکرد دانه برخوردارند (۸ و ۱۱). فگم (۱۳) نیز به تأثیر مستقیم و مثبت تعداد دانه بر سنبله و وزن هزار دانه بر عملکرد دانه اشاره دارد. شارما و رانداوا (۳۰) نیز اثر مستقیم وزن هزار دانه بر عملکرد دانه را منفی و اثر غیر مستقیم آن را مثبت گزارش کرده اند.

این پژوهش با هدف ارزیابی روابط عملکرد دانه و صفات مؤثر بر آن، با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره، بویژه تجزیه علیت به عنوان مکملی بر سایر روش‌ها در تبیین روابط متقابل خصوصیات تعیین کننده عملکرد دانه در گندم نان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۲ رقم بومی و زراعی گندم (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در آبان سال ۱۳۸۳ در مزرعه آموزشی دانشگاه بیرجند کاشت شد. کاشت ارقام بر اساس تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع صورت گرفت. برای هر رقم ۹ ردیف، طول هر ردیف ۵ متر و

جدول ۱: اسامی و مشخصات ارقام گندم نان مورد استفاده

نام رقم	مبدأ	تیپ رشد	گروه رسیدگی دانه	مناطق مورد کاشت
اکبر آبادی	بیرجند	بینابین	متوسط رس	کمی گرم
الموت	کرج (تحقیقات غلات)	زمستانه	نسبتا دیررس	سرد سیر
الوند	کرج (تحقیقات غلات)	بینابین	نسبتا دیررس	سرد سیر
بک کراس روشن	کرج (تحقیقات غلات)	بهاره	متوسط رس	کمی گرم
روشن	اصفهان	بینابین	نیمه زودرس	کمی گرم
زرین	خارجی	بینابین	نسبتا دیررس	سرد سیر
قدس	کرج (تحقیقات غلات)	بینابین	متوسط رس	معتدل
کراس شاهی	کرج (تحقیقات غلات)	زمستانه	متوسط رس	سرد سیر
کراس اروند	کرج (تحقیقات غلات)	بینابین	نسبتا زودرس	گرمسیر
مرودشت	زرقان فارس	بهاره	متوسط رس	معتدل
مهدوی	ایکاردا	بینابین	زودرس	معتدل
هیرمند	زابل	بهاره	زودرس	گرمسیر

فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. عملیات داشت شامل کود پایه و سرک، آبیاری، مبارزه شیمیایی و مکانیکی با علف‌های هرز و سمپاشی بر علیه شته به شکل مطلوب و معمول منطقه و در زمان نیاز انجام پذیرفت.

تعداد ۱۷ صفت شامل تعداد پنجه درواحد سطح ، تعداد پنجه بارور درواحد سطح، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد روز تا پنجه زنی، تعداد روز تا ظهور سنبله، دوره پرشدن دانه، مساحت برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول ریشک، طول غلاف برگ پرچم، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه، مورد اندازه گیری، بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. اندازه‌گیری‌های بوته و سنبله بر روی ۱۲ نمونه تصادفی از هر کرت و سطح برداشت برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ۲/۸ مترمربع از وسط هر کرت بود.

تجزیه واریانس ساده صفات انجام شد. آمار توصیفی داده‌ها بدست آمد. ضرایب همبستگی ساده بین صفات محاسبه گردید. برای برازش یک مدل توصیفی بین صفات تحت بررسی (x ها) و عملکرد دانه (y) از رگرسیون چندگانه با روش گام به گام استفاده شد (۱۷). در این روش که روش تغییریافته ای از گزینش پیش رونده است در هر گام کلیه متغیرهای مستقل وارد شده به مدل، مجدداً از طریق آماره‌های F جزء مربوطه ارزیابی می گردند. به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، حذف همبستگی بین متغیرهای مستقل، کاهش حجم داده‌ها و تفسیر بهتر روابط از تجزیه به عامل‌ها (۱۷، ۳۸) استفاده شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس (verimax) انجام شد. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی دار در نظر گرفته شدند. علامت ضرایب عاملی در داخل هر عامل مبین ارتباط موجود بین صفات می‌باشد. در نهایت به منظور تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مهم مؤثر بر عملکرد دانه، با استفاده از روش دوی و لو (۹)، تجزیه علیت عملکرد دانه با صفات مرتبط انجام شد. برای محاسبه ضرایب رگرسیون جزئی استاندارد شده (ضرایب علیت) یا اثرات مستقیم متغیر مستقل i بر متغیر وابسته y (P_{iy})، از معادلات نرمال بر مبنای خصوصیات داده‌های استاندارد شده استفاده گردید. برای محاسبه اثرات غیر مستقیم هر متغیر از طریق سایر متغیرهای موجود در سیستم، از رابطه $r_{ij}p_{yj}$ استفاده شد که در آن r_{ij} ضریب همبستگی ساده بین متغیر i و متغیر واسطه j و p_{yj} همان ضریب رگرسیونی جزئی استاندارد شده بین متغیر مستقل واسطه j و متغیر وابسته y می‌باشد. برای انجام محاسبات آماری از نرم افزارهای آماری Excel، Minitab، S. A. S.، S. P. S. S. و Path استفاده شد.

نتایج و بحث

معنی دار بودن F در تجزیه واریانس ساده صفات، اختلاف معنی دار بین حداقل دو ژنوتیپ مورد مطالعه را از نظر هر صفت نشان داد که دلالت بر وجود تنوع کافی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارد. آمار توصیفی صفات شامل میانگین، انحراف معیار، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق جدول، صفات تعداد روز تا پنجه زنی، تعداد روز تا ظهور سنبله و دوره پرشدن دانه از کمترین تنوع برخوردارند که با نتایج اهدایی و وینز (۱۱) مطابقت دارد. تنوع نسبتا ملایم صفات تعداد پنجه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله در این بررسی را اهدایی و وینز (۱۱) و نگاسا (۲۴) نیز گزارش کرده اند. هم چنین طول ریشک، مساحت برگ پرچم و تعداد پنجه بارور با ضریب تغییرات بیش از ۳۰ درصد، صفاتی با بیشترین تنوع می‌باشند. برای هر صفت مقادیر فنوتیپی و ژنوتیپی ضریب تغییرات به هم نزدیک بود و تفاوت چندانی نداشتند که نشان دهنده تأثیر اندک محیط برصفات مورد مطالعه است. (جدول ۲).

ضرایب همبستگی ساده صفات در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج بر افزایش عملکرد دانه از طریق تعداد سنبله در واحد سطح دلالت دارد (جدول ۳). ارتباط مثبت و معنی دار بین تعداد سنبله با عملکرد دانه توسط سایر محققین نیز گزارش شده (۱۲، ۲۵ و ۳۳) و آن را از مهمترین صفات افزایش عملکرد دانسته و به عنوان معیار مهم انتخاب، هم در شرایط خشک و هم مرطوب معرفی نموده‌اند (۱۰ و ۱۵). همچنین همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه با شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد. نادری و

جدول ۲: میانگین، انحراف معیار، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات صفات در ژنوتیپ های مورد مطالعه

صفات	میانگین	انحراف معیار	دامنه تغییرات		ضریب تغییرات	
			حداقل	حداکثر	ژنوتیپی	فنوتیپی
تعداد پنجه	۲۷۶/۶۷	۵۲/۶۲	۱۹۱/۶۷	۳۷۶/۶۷	۱۵/۱۱	۱۷
تعداد پنجه بارور	۱۳۶/۲۵	۴۸/۲۵	۶۸/۳۳	۲۱۰	۳۰	۳۳/۴۱
تعداد سنبله	۲۹۱/۲۵	۴۳/۸	۲۱۳/۳۳	۳۷۱/۶۷	۱۱/۷۴	۱۳
روز تا پنجه زنی	۵۴/۴۷	۲/۰۲	۵۱	۵۹	۲/۸۵	۳/۷۲
روز تا ظهور سنبله	۱۴۸/۸۶	۱/۹۳	۱۴۷	۱۵۳	۱/۲۴	۱/۳۰
دوره پرشدن دانه	۳۵/۵۸	۲	۳۱	۳۹	۴/۱	۵/۶۲
مساحت برگ پرچم	۱۹۸۴/۱۱	۶۶۸/۵۹	۱۰۴۶/۲۳	۲۹۱۴/۹۲	۳۰	۳۳/۷
ارتفاع بوته	۷۵/۲	۱۱/۰۷	۵۷/۸	۹۸/۵۳	۱۳/۶۷	۱۴/۷۳
طول ریشک	۴۱/۳	۲۰/۵	۳/۱۳	۵۸/۵۳	۴۹/۳۱	۴۹/۶۴
طول غلاف برگ پرچم	۱۳۱	۲۹/۱۶	۸۶/۰۷	۱۷۵/۶	۲۰/۳۰	۲۲
طول سنبله	۹۳/۶۴	۵/۳۲	۸۷/۲۳	۱۰۱/۳۷	۴/۹۶	۵/۶۹
تعداد دانه در سنبله	۳۷/۶۴	۵/۴۲	۲۹/۳۷	۴۶/۲	۱۳	۱۴/۴
وزن دانه در سنبله	۱۵/۱	۱/۹۹	۱۲/۹۳	۱۹/۲۵	۱۱/۹۷	۱۳/۲۵
وزن هزار دانه	۳۸۴/۱۴	۳۱/۲۹	۳۳۵/۳۳	۴۳۵/۳۳	۷/۳۲	۸/۱۵
شاخص برداشت	۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۳۰	۰/۴۷	۱۲/۳۸	۱۳/۱۵
عملکرد بیولوژیکی	۱۳۶۸/۵۲	۲۰۰/۶۲	۱۰۴۷/۶۱	۱۶۹۶/۱۶	۱۳	۱۴/۶۶
عملکرد دانه	۴۷۸/۹۵	۱۲۵/۵۶	۳۳۶/۴۶	۷۹۷/۵۴	۲۴/۶	۲۶/۲۱

همکاران (۳) و سینگ و دیویودی (۳۳) نیز ارتباط دو صفت مذکور با عملکرد دانه را مثبت و معنی دار دانسته اند. نتایج دیگری نیز مبنی بر همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد با شاخص برداشت (۱۱ و ۳۰) و عملکرد بیولوژیکی (۸ و ۲۳) گزارش شده است. ارتباط عملکرد دانه با مدت زمان تا ظهور سنبله و ظهور پنجه نیز منفی و معنی دار بود (جدول ۳). اهدایی و وینز (۱۱) و سینگ و رانا (۳۲) و دل بلانکو و همکاران (۸) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده اند.

عملکرد بیولوژیکی ارتباط مثبت و معنی داری را با صفات تعداد پنجه بارور، تعداد سنبله در واحد سطح، دوره پرشدن دانه و شاخص برداشت نشان داد. هم چنین کوتاه بودن دوره رویشی، اثر قابل توجه معنی داری را در افزایش عملکرد بیولوژیکی داشت که با توجه به ارتباط معنی دار آن با طول دوره پرشدن دانه، همراهی این دو صفت در افزایش عملکرد بیولوژیکی محرز بود (جدول ۳). کومار و همکاران (۱۹) نیز همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد بیولوژیکی با عملکرد دانه و منفی و معنی دار آن با مدت زمان تا ظهور سنبله را گزارش کرده اند. اثرات غیرمستقیم مدت زمان تا ظهور سنبله از طریق صفات واسطه، می‌تواند از جمله دلایل در توجیه این همبستگی منفی باشد، چنانکه ربتزکه و همکاران (۲۶) کاهش مدت زمان تا ظهور سنبله را در گندم‌های با Δ (تبعیض ایزوتوپ کربن) بالا، همرا با افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گزارش کرده است.

همبستگی مثبت و معنی دار تعداد و وزن دانه در سنبله نیز به خوبی مشهود بوده، که برخی بررسی‌ها نیز به این مطلب اشاره دارند (۳۲ و ۳۳). از طرفی کاهش وزن دانه در سنبله با افزایش تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور و تعداد سنبله در این بررسی، با نتایج برخی دیگر از تحقیقات (۳۰ و ۳۳) مطابقت دارد. تعداد روز تا پنجه زنی با تعداد روز تا ظهور سنبله و ارتفاع بوته با طول غلاف برگ پرچم از همبستگی مثبت و معنی داری برخوردارند (جدول ۳). این نتیجه توسط اهدایی و همکاران (۱۱) نیز گزارش شده است.

در رگرسیون گام به گام بر روی عملکرد دانه، صفت شاخص برداشت با بیشترین ضریب تبیین و پس از آن صفات عملکرد بیولوژیکی و طول سنبله وارد معادله رگرسیونی شده‌اند (جدول ۴). سایر محققین نیز در بررسی‌های خود در خصوص شاخص برداشت و عملکرد

جدول ۳: ضرایب همبستگی ساده برای ۱۷ صفت در گندم نان

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
تعداد پنجه	۱																
تعداد پنجه بارور	۰/۸۲۸***	۱															
تعداد سنبله	۰/۷۸۹***	۰/۸۴۰***	۱														
روز تا پنجه زنی	-۰/۱۵	-۰/۳۶۲	-۰/۴۷۰	۱													
روز تا ظهور سنبله	-۰/۱۲	-۰/۳۵۰	-۰/۵۶۷*	۰/۵۷۶**	۱												
دوره پرشدن دانه	-۰/۰۰۵	۰/۲۶۲	۰/۳۴۸	-۰/۴۸۸	-۰/۷۸۱***	۱											
مساحت برگ پرچم	۰/۰۵۵	۰/۲۷۰	۰/۳۰۹	-۰/۲۷۱	-۰/۷۲۷***	۰/۵۲۶**	۱										
ارتفاع بوته	-۰/۱۹۲	۰/۱۶۲	۰/۰۵۹	-۰/۳۱۲	-۰/۲۵۷	۰/۵۰۲*	۰/۵۶۱*	۱									
طول ریشک	۰/۱۷۵	-۰/۰۸۲	-۰/۱۴۲	۰/۱۷۳	۰/۲۷۴	۰/۵۱۲*	-۰/۳۵۹	-۰/۸۳۵***	۱								
طول غلاف برگ پرچم	-۰/۴۱۷	-۰/۱۵۰	-۰/۱۳۹	-۰/۱۴۹	-۰/۱۲۹	۰/۴۸۰	۰/۲۰۶	۰/۶۳۷**	-۰/۶۱۲**	۱							
طول سنبله	-۰/۲۲۲	-۰/۴۲۹	-۰/۵۰۵*	۰/۲۹۸*	۰/۶۳۸***	-۰/۶۱-**	-۰/۵۲۹*	-۰/۳۷۲	۰/۴۸۵	۰/۰۵۸	۱						
تعداد دانه در سنبله	-۰/۴۸۷	-۰/۵۶۳*	-۰/۴۹۲	۰/۱۵۲	۰/۲۸۳	-۰/۲۷۲	-۰/۴۱۲	-۰/۵۲۴*	۰/۶۱-**	۰/۴۴۷	۰/۵۲۷*	۱					
وزن دانه در سنبله	-۰/۷۱۶***	-۰/۵۵۸*	-۰/۴۹۷*	-۰/۱۸۸	۰/۱۵۵	-۰/۲۲۷	-۰/۲۲۰	-۰/۰۹۰	۰/۲۶۵	۰/۰۸۲	۰/۵-۹۵	۰/۷۹۸***	۱				
وزن هزار دانه	-۰/۱۶۸	-۰/۲۶۸	-۰/۰۲۹	-۰/۴۱۹	-۰/۴۶۹	-۰/۲۷۲	-۰/۲۰۷	۰/۱۸۲	-۰/۵۱	-۰/۶۶	-۰/۴۵۸	-۰/۱۲۰	-۰/۱۱۵	۱			
شاخص برداشت	-۰/۱۴۰	۰/۳۵۱	۰/۵۱۰*	-۰/۴۷۶	-۰/۶۶۷	۰/۱۴۵	۰/۲۵۶	۰/۱۲۴	-۰/۰۲۷	-۰/۰۵۷	-۰/۰۱۰	۰/۱۹۱	۰/۴۴۱	-۰/۰۰۶	۱		
عملکرد بیولوژیکی	-۰/۳۲۲	۰/۵۵۳*	۰/۵۸۶**	-۰/۵۲۲*	-۰/۶۲۷**	۰/۶۲۶**	۰/۴۹۱	۰/۳۷۰	-۰/۱۲۵	۰/۰۴۲	-۰/۳۲۷	-۰/۱۸۰	-۰/۰۷۸	-۰/۱۵۱	۰/۶۱۵**	۱	
عملکرد دانه	۰/۲۲۶	۰/۲۷۶	۰/۵۹۳**	-۰/۵۲۲*	-۰/۵۷۶**	۰/۴۱۱	۰/۳۸۹	۰/۲۲۰	-۰/۰۵۹	-۰/۰۰۶	-۰/۱۲۶	۰/۰۲۵	۰/۱۸۲	-۰/۰۹۲	۰/۹۱۱***	۰/۸۸۲***	۱

* و ** و *** بترتیب معنی دار بودن ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۱۰٪ و ۵٪ و ۱٪

بیولوژیکی به نتایج مشابهی دست یافتند (۳، ۲۰، ۲۳ و ۲۷ و ۳۳). اهمیت صفت طول سنبله نیز در تجزیه گام به گام صفات، توسط منیر و همکاران (۲۳)، توپال و همکاران (۳۵) و ویلگاس و همکاران (۳۶) بیان شده است.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها (جدول ۵) ، ۱۷ متغیردر ۴ عامل تعریف شدندکه در مجموع ۸۴ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. مطابق جدول ۵، دو عامل اول و دوم (بترتیب، ۲۴/۲۷ و ۲۳/۳۸ درصد) از بیشترین واریانس برخوردار بودند. در عامل اول صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی قرار دارند، لذا این عامل را می‌توان عامل عملکرد نامید. قرار گرفتن این ۳ متغیر با ضرایب مثبت در یک عامل، بار دیگر تأییدی بر رابطه مثبت صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی با عملکرد دانه است که پیشتر، همبستگی بالای آنها در جداول ضرایب همبستگی و رگرسیون گام به گام ملاحظه شد (جدول ۳ و ۴). هم چنین وجود صفت تعداد روز تا پنجه زنی با رابطه معکوس با ۳ صفت مذکور در این عامل نشان از نقش پنجه زنی زود در افزایش عملکرد دارد (جدول ۵). ضرایب همبستگی نسبتاً بالای منفی صفات فوق الذکر با تاریخ پنجه زنی در جدول ضرایب همبستگی نیز بر این مطلب صحه می‌گذارد (جدول ۳). درعامل دوم، قرار گرفتن صفات تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور، تعداد سنبله بطور هم جهت و در جهت مخالف با تعداد دانه و وزن دانه در هر سنبله به ارتباط منفی تعداد پایه با خصوصیات دانه یعنی وزن و تعداد دانه در هر پایه اشاره دارد (جدول ۵)، موضوعی که در نتایج همبستگی نیز منعکس بود (جدول ۳). عنوان اجزاء عملکرد مناسب ترین عنوان برای این عامل خواهد بود. عامل سوم، با واریانس ۲۰/۳۵ درصد، عامل ارتفاع نامیده می‌شود که با قرارگرفتن ۳ صفت ارتفاع، طول غلاف برگ پرچم و طول ریشک، افزایش ارتفاع را همراه با افزایش طول غلاف برگ پرچم و در عین حال کاهش طول ریشک می‌داند. در عامل چهارم با کمترین واریانس (۱۵/۷

جدول ۴: نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته با سایر صفات بعنوان متغیرهای مستقل

مرحله	صفت وارد شده	ضریب تبیین (درصد)		میانگین	عرض از مبدا	ضرایب
		نسبی	تجمعی	مربعات رگرسیون		رگرسیون صفات
۱	شاخص برداشت (X1)	۰/۸۱۲	۰/۸۱۲	۱۴۳۷۶۱/۶۲۶	-۳۷۲/۴۵۱	۱۵۶۶/۷۱۶**
۲	عملکرد بیولوژیکی (X2)	۰/۱۸۳	۰/۹۹۵	۸۶۳۷۰/۶۷۸	-۵۱۸/۵۰۶	۰/۳۴۰**
۳	طول سنبله (X3)	۰/۰۰۳	۰/۹۹۸	۵۷۶۸۱/۲۶۳	-۶۲۶/۷۱۶	۱/۰۸۶*
مدل پیشنهادی:				Y= -۶۲۶/۷۱۶ + ۱۵۶۶/۷۱۶X1 + ۰/۳۴۰X2+ ۱/۰۸۶X3		

* و ** بترتیب معنی دار بودن ضرایب رگرسیونی متغیرهای وارد شده به مدل در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۵: نتایج تجزیه به عامل ها برای صفات مورد بررسی

عامل	صفت	میزان	ضرایب عاملی			
توجیه کننده		اشتراک	۱	۲	۳	۴
اول	عملکرد دانه	۰/۹۳۲	۰/۹۵۲*	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۰۸	-۰/۱۴۷
	شاخص برداشت	۰/۸۴۲	۰/۹۱۱*	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۱
	عملکرد بیولوژیکی	۰/۷۹۸	۰/۷۹۷*	۰/۲۳۳	۰/۱۲۵	-۰/۳۰۵
	روز تا پنجه زنی	۰/۵۸۲	-۰/۷۰۳*	-۰/۱۱۹	-۰/۲۶۵	۰/۰۰۵
دوم	تعداد پنجه	۰/۹۷۴	۰/۱۸۷	۰/۹۲۱*	-۰/۲۹۱	۰/۰۰۸
	تعداد پنجه بارور	۰/۹۱۱	۰/۴۵۸	۰/۸۳۴*	/۰۰۳	۰/۰۰۶
	تعداد سنبله	۰/۹۰۰	۰/۵۵۵	۰/۸۵۰*	-۰/۰۰۳	-۰/۱۳۲
	تعداد دانه در سنبله	۰/۹۵۷	۰/۱۱۹	-۰/۷۳۶*	-۰/۶۲۵	۰/۱۰۵
	وزن دانه در سنبله	۰/۹۵۲	۰/۳۳۳	-۰/۸۷۹*	۰/۲۳۶	-۰/۱۰۷
	طول سنبله	۰/۷۰۸	-۰/۱۱۰	-۰/۶۳۲*	-۰/۲۹۹	۰/۵۶۹
سوم	ارتفاع بوته	۰/۸۸۸	۰/۲۱۵	۰/۰۰۴	۰/۹۱۶*	-۰/۰۰۳
	طول غلاف برگ پرچم	۰/۷۵۹	-۰/۰۰۹	-۰/۲۲۵	۰/۸۴۲*	۰/۱۹۱
	طول ریشک	۰/۷۹۲	۰/۰۰۷	-۰/۱۱۸	-۰/۸۶۱*	۰/۰۰۰۸
چهارم	روز تا ظهور سنبله	۰/۸۹۹	-۰/۵۳۸	-۰/۱۹۰	-۰/۱۸۴	۰/۷۳۴*
	دوره پرشدن دانه	۰/۸۶۴	۰/۳۲۴	۰/۱۴۳	۰/۵۰۶	-۰/۶۹۴*
	وزن هزار دانه	۰/۸۸۸	۰/۱۰۶	۰/۱۷۷	۰/۲۰۰	۰/۸۹۷*
	مساحت برگ پرچم	۰/۵۹۵	۰/۳۴۱	۰/۲۹۵	۰/۴۱۰	-۰/۵۱۸*
واریانس نسبی(درصد)			۲۴/۲۷۱	۲۳/۳۸۴	۲۰/۳۴۶	۱۵/۷۰۵
واریانس تجمعی(درصد)			۲۴/۲۷۱	۴۷/۶۵۵	۶۸/۰۰۱	۸۳/۷۰۷

درصد)، کاهش دوره رویشی گیاه همراه با طولانی شدن دوره پرشدن دانه است. نتیجه‌ای که در ضریب همبستگی صفات نیز بدست آمد (جدول ۳). مساحت برگ پرچم و وزن هزار دانه از صفات دیگر دراین عامل هستند (جدول ۵). می‌توان عنوان خصوصیات فنولوژیکی را به این عامل اختصاص داد.

به منظور توصیف اترات صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه، تجزیه علیت عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیر مستقیم از طریق سایر صفات انجام شد (جدول ۶).

مطابق نتایج حاصل از این بررسی، مندرج در جدول ۶، دو جزء از اجزاء عملکرد یعنی تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله، با بیش از ۶۰٪ اثر مستقیم بر عملکرد دانه، بیشترین اثرات مثبت مستقیم را (ضرایب مسیر بترتیب ۰/۶۹ و ۰/۶۱) به خود اختصاص داده اند. نتیجه ای که بر گزارشات دیگران نیز منطبق است (۲، ۱۱، ۲۱، ۲۵ و ۳۵). هم چنین این دو صفت دارای اثر غیرمستقیم منفی تقریبا برابری بر عملکرد دانه از طریق یکدیگر می‌باشند (اثر غیر مستقیم تعداد سنبله از طریق تعداد دانه در سنبله ۰/۲۶۵- و اثر غیر مستقیم تعداد دانه در سنبله از طریق تعداد سنبله ۰/۳۳-) (جدول ۶) که میتوان به رابطه معکوس این دو صفت ناشی از رقابت برای استفاده از ذخیره محدود غذایی در طول دوره رشد ساقه و سنبله نسبت داد (۱۱ و ۱۶). وجود این چنین روابط معکوس می‌باید در گزینش همزمان تمامی اجزاء مد نظر قرار گیرد (۱ و ۴). اثرات غیرمستقیم منفی این دو صفت سبب کاهش میزان همبستگی نهایی آنها با عملکرد دانه گردیده است بطوری که گرچه ضریب همبستگی تعداد سنبله با عملکرد دانه مثبت و معنی دار است (۰/۵۹)، اما برای صفت تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه، ارتباطی مشاهده نمی‌شود (۰/۰۴۵) (جدول ۶). دل بلانکو و همکاران (۸)، دافینگ و نایت (۱۰) و گارسیا دل مورال و همکاران (۱۵) نیز این چنین نتیجه ای را یافته‌اند که به نوعی بیانگر تصویر متفاوت و کامل تر تجزیه علیت در قیاس با همبستگی ساده در تبیین ارتباط عملکرد دانه با سایر صفات است.

جدول ۶- نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه با اجزاء مرتبط به اثرات مستقیم و غیر مستقیم

صفت	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق						جمع اثرات
		تعداد سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	ارتفاع بوته	طول سنبله	مساحت برگ پرچم
تعداد سنبله	۰/۶۹۵	—	-۰/۲۶۵	-۰/۰۰۴	۰/۲۶۳	۰/۰۲۵	-۰/۱۴۵	۰/۰۲۲	۰/۵۹۲**
تعداد دانه در سنبله	۰/۶۰۱	-۰/۳۳	—	۰/۰۱۴	-۰/۰۸۲	-۰/۲۲۴	۰/۱۶۷	-۰/۰۳	۰/۰۴۵
وزن هزار دانه	-۰/۰۹۳	-۰/۰۲	-۰/۰۵۸	—	-۰/۰۵۸	-۰/۰۶۸	۰/۰۷۹	-۰/۰۱۵	-۰/۰۹۴
عملکرد بیولوژیکی	۰/۴۵	۰/۴۱۹	-۰/۱۰۱	۰/۰۱۸	—	۰/۱۵۹	-۰/۱۰۱	۰/۰۳۵	۰/۸۸۲**
ارتفاع بوته	۰/۴۳۱	-۰/۰۴۲	-۰/۳۰۵	-۰/۰۲۳	۰/۱۶۶	—	-۰/۱۱۴	-۰/۰۴	۰/۲۳۹
طول سنبله	۰/۳۰۶	-۰/۳۷۲	۰/۳۰۶	-۰/۰۳۲	-۰/۱۵۸	-۰/۱۷۱	—	-۰/۰۳۹	-۰/۱۲۷
مساحت برگ پرچم	۰/۰۷۲	۰/۲۲۱	-۰/۲۳۱	۰/۰۲۵	۰/۲۲۱	۰/۲۴۲	-۰/۱۶۳	—	۰/۳۸۸
** و *** بترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪					اثرات باقیمانده: ۰/۲۲			فریب تبیین: ۰/۹۵	

وزن هزاردانه فاقد اثر مستقیمی بر عملکرد دانه بود (جدول ۶) که این چنین نتیجه ای توسط گارسیا دل مورال و همکاران (۱۵)، شارما و راندواوا، (۳۰)، سینگ و دیویودی (۳۳) نیز گزارش شده است. تأثیر غیر مستقیم وزن هزار دانه از طریق سایر صفات نیز ناچیز بوده است بطوریکه در نهایت عدم همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۶). عملکرد بیولوژیکی از اثر مستقیم مثبت و نسبتا بالایی (۰/۴۵) بر عملکرد دانه برخوردار بود. سایر محققین نیز تأثیر مستقیم مثبت عملکرد بیولوژیکی بر عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند (۱۸، ۲۳ و ۳۳). هم چنین اثر غیر مستقیم مثبت عملکرد بیولوژیکی از طریق ارتفاع بوته و بخصوص تعداد سنبله که بالاترین میزان اثر غیر مستقیم مثبت (۰/۴۱) در این بررسی بود، ضریب همبستگی آن با عملکرد دانه را بسیار معنی دار (۰/۸۸) کرده است (جدول ۶). اثر مستقیم مثبت نسبتا بالایی (۰/۴۳) بر عملکرد دانه توسط ارتفاع بوته مشاهده می‌شود (جدول ۶). گزارش بلگین و همکاران (۵)، اهدایی وینز (۱۱) و لی و همکاران، (۲۱) نیز مبتنی بر این امر است. رقابت برای استفاده از ذخیره محدود غذایی در طول دوره رشد ساقه و سنبله در اینجا نیز اثر غیر مستقیم منفی ارتفاع بوته از طریق تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه (۰/۳۱-)را توجیه می‌کند (۱۱ و ۱۶). اثر مستقیم طول سنبله بر عملکرد دانه نیز مثبت و قابل ملاحظه (۰/۳۱) است (جدول ۶). این چنین نتیجه ای توسط منیر و همکاران (۲۳) و توپال و همکاران (۳۵) نیز گزارش گردیده است. بالاترین میزان اثر غیر مستقیم منفی بر عملکرد دانه در این بررسی مربوط به طول سنبله از طریق تعداد سنبله در واحد سطح (۰/۳۷-) بوده است که می‌توان آن را نیز به ارتباط معکوس این دو صفت در رقابت برای استفاده از ذخیره محدود غذایی در طول دوره رشد ساقه و سنبله نسبت داد. مساحت برگ پرچم فاقد اثر مستقیمی بر عملکرد دانه (۰/۰۱) بود (جدول ۶). در مشابهت با این نتیجه، محققین دیگری نیز در مطالعات خود، عدم تأثیر مساحت برگ پرچم بر عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند (۴ و ۲۲). چودری و همکاران (۷) نیز اثرآن را متغیر و وابسته به ژنوتیپ می‌دانند، اما اثر غیر مستقیم مثبت نسبتا بالایی بر عملکرد دانه برای مساحت برگ پرچم در این بررسی مشاهده شد (جدول ۶).

نتایج این تحقیق در مجموع، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی را از معیارهای مهم مرتبط با عملکرد دانه معرفی کرد که در انتخاب ارقام و لاینهای پرمحصول گندم کاربرد خواهد داشت. علاو بر آن، تعداد سنبله در واحد سطح مهم ترین جزء از اجزاء عملکرد دانه شناخته شد، لذا گزینش آن با انتخاب تک بوته در نسلهای در حال تفکیک می‌تواند بسیار مهم باشد. هم چنین با توجه به نقش مؤثر ارتفاع بوته، گزینش بوته‌های طویل تر علاوه بر تعداد سنبله‌های بیشتر در افزایش عملکرد دانه از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود. اثر متقابل معکوس تعداد دانه در سنبله با تعداد سنبله و دیگر معیارهای مرتبط با عملکرد دانه، موفقیت محدود در اصلاح گندم نان را که توسط سایر محققین نیز به آن اشاره شده است، توضیح می‌دهد. نهایتا تجزیه علیت در تبیین اثرات اجزاء عملکرد و سایر صفات مهم بر عملکرد دانه که به وضوح در تجزیه همبستگی ساده صفات منعکس نمی‌باشد بسیار کارآمد معرفی می‌گردد.

منابع

۱- سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲- عشقی، ا. ۱۳۷۷. مطالعه همبستگی عملکرد با اجزاء آن و تجزیه آنها از طریق تجزیه علیت در گندم. خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۳- نادری، ا.، ا. هاشمی دزفولی، ع. رضایی و ا. مجیدی هروان. ۱۳۷۹. مطالعه همبستگی صفات مؤثر بر وزن دانه وتعیین اثر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی بر عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم بهاره در شرایط مطلوب وتنش خشکی. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه مازندران.

4-Berdahl, J. D., C. Rasmusson, and D. N. Moss. 1972. Effect of leaf area on photosynthetic rate, light penetration and grain yield in barley. Crop Sci. 12:177-180.

5-Bilgin, O., A. Y. Bilgin, T. Genctan, and I. Baser. 2000. Relationship between characters related to tillering and grin yield in bread wheat. Acta Agronomica Hungarica. 48:251-256.

6-Briggs, K. G. and A. Aytenfish. 1980. Relationship between morphological characters above the flag leaf node and grain yield in spring wheat. Crop Sci. 20: 350-354.

7-Chowdhry, A. R., M. Saleem and K. Alam, 1976: relation between flag leaf, yield of grain and yield components in wheat. Exp. Agric. 12:411-415.

8-Del Blanco, I. A., S. Rajaram and W. E. Kronstad. 2001. Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop Sci. 41:670-676.

9-Dewey, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path analysis of component of crested wheat grass seed production. Agron. J. 51:515-518.

10-Dofing S. M. and C.W. Knight. 1992. Alternative model for analysis of small-grain yield. Crop Sci. 32:487-489.

11-Ehdaie, B. and G. Waines. 1989. Genetic variation, heritability and path- analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. Euphetica. 41: 183-190.

12-Elhani, S., V. Mortas, Y. Rharrabti, C. Royo and L. F. Garcia Del Moral. 2007. Contribution of main stem and tillers to durum wheat *(Triticum turgidum L. var durum)* grain yield and its components grown in Mediterranean environments. Field Crops Research. 103:25-35.

13-Fagam, A. S., Bununu, A. M. and U. M. Buba. 2007. Path Coefficient Analysis of the Components of Grain Yield in Wheat (*Triticum aestivum L.*). Inter. J. Natu. Appl. Sci. 2:310-316.

14-Foulkes, M. J., R. Sylvester-Bradley, R. weightman, J. W. Snape. 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. Field Crops Research. 103:11-24.

15-Garcia Del Moral L. F., J. M. Ramos, M. B. Garcia Del Moral, and P. Jimenez-Tejada.1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path coefficient analysis. Crop Sci. 31:1179-1185.

16-Garcia Del Moral L. F., Y. Rharrabti, S. Elhani, V. Martos and C. Royo. 2005. Yield formation in Mediterranean durum wheats under two contrasting water regimes based on path-coefficient analysis. Euphytica. 146: 203-212.

17-Johnson, D.E. 1998. Applied Multivariate Method For Data Analysis. Dunbury Press, New York. USA.

18-Kumar, A. B. N., and C. S. Hunshal. 1998. Correlation and path coefficient analysis in durum wheats under different planting dates. Crop Research Hisar. 16: 358-361.

19-Kumar, S., R. K. Mittal, D. Gupta, and G. Katna. 2005. Correlation among some morpho-physiological characters associated with drought tolerance in wheat. Annals of Agri Bio Research. 10: 129-134.

20-Ledent, J. F. 1986. Morphology and yield in winter wheat grow in high yielding conditions. Crop Sci. 22: 1115-1120.

21-Li, W., Z.-H. Yan, Y.-M. Wei, X.-J. Lan and Y,-L Zheng. 2006. Evaluation of genotype X environment interactions in Chinese spring wheat by the AMMI model, correlation and path analysis. J. Agron. Crop Sci. 192:221-227.

22-McNeal, F. H., and M. A. Bery. 1977. Flag leaf area in five wheat crosses and their relation to grain yield. Euphytica. 26: 739-744.

23-Munir Ahmed, H., B. M. Khan, S. Khan, N. Sadiq Kissana and S. Laghari. 2003. Plant coefficient analysis in bread wheat. Asian J. Plant Sci. 2: 491-494.

24-Negassa, N. 1986. Estimate of phenotypic diversity and breeding potential of Ethiopian wheats. Hereditas. 104:41-48.

24-Okuyama, L. A., L. C. Fedrizzi and J. F. Barbosa. 2004. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. Ciencia Rural. 34: 1701-1708.

26-Rebetzke, G. J., A. G. Condon, G. D. Farquhar, R. Appels and R. A. Richards. 2008. Quantitative trait loci for carbon isotope discrimination are repeatable across environments and wheat mapping population. Theor. Appl. Genet. 118: 123-137.

27-Shahinnia, F., A. M. Rezai and B. E. Tabatabaei. 2005. Variation and path coefficient analysis of important agronomic traits in two and six-rowed recombinant inbred lines of barley. Czech J. Genet. Plant Breed. 5th International Triticeae Symposium, Prague.

28-Shanahan, J. F., D. H. Smith and G. R. Welsh. 1984. An analysis of post-anthesis sink-limited winter wheat grain yields under various environment. Agron. J. 76:611-614.

29-Shamsuddin, A. K. 1987. Path analysis in bread wheat. Indian J. Agric. Sci. 57:47-90.

30-Sharma, S. K. and A. S. Randawa. 2004. Path analysis in wheat. J. Res., Punjab Agric. Uni. 41:183-185.

31-Slafer, G. A., F. H. Anderade and S. E. Feingold. 1991. Change in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat through improvement of grain yield potential at different regions of the world. Euphytica. 58: 37-49.

32-Singh, K. N. and R. S. Rana. 1983. Genetic variability and path analysis in triticale grown in alkali soil. Indian J. Agric. Sci. 53:1-4.

33-Singh, S. P. and V. K. Diwivedi. 2002. Character association and path analysis in wheat (*Triticum aestivum L.*). Agric. Sci. Digest. 22: 225-547.

34-Takeda, G. 1979. Ecological analysis of photosynthesis of barley and wheat. Japan. Agric. Res. Quarterly (JARQ). 13:180-185.

35-Topal, A., C. Aydin, N. Akgun, and M. Babaoglu. 2004. Diallel cross analysis in durum wheat *(Triticum durum)*: identification of best parents for some kernel physical features. Field Crops Res. 87:1-12.

36-Villlegas, D. L. F. Garcia Del Moral, Y. Rharrabti, V. Marto, and C. Royo. 2007. Morphological traits above the flag leaf node as indicators of drought susceptibility index in durum wheat. 193:103-116.

37-Walton, P. D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. Euphytica. 20:416-421.

38-Westerlund, E., R. Anderson, M. Hanalain and P. Aman. 1991. Principal component analysis: An efficient tool for selection of wheat samples with wide variation in properties. Cereal Sci. 14:95-104.

39-Wright, S. 1960. Path coefficient and path regression alternative or complementary concepts. Biometrics. 6:198-202.

Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat using multivariate statistical analysis

M. G. Ghaderi, H. Zeinalikhanghah, A. H. Hosseinzadeh, A. R. Taleei, M. R. Naghavi[1]

Abstract

Crop cultivars development with high grain yield is the principle goal in bread wheat. In spite of that, the efficiency of each breeding program mainly depends on quality, direction and magnitude of the association between grain yield with other traits involved in grain yield formation and the relative importance of them. For this purpose, twelve cultivars and landraces of bread wheat (*Triticum aestivum L.*) were evaluated for seventeen characters. The result of simple correlation coefficient analysis indicated a significant positive association between grain yield with harvest index, biological yield, the number of spike per square meter and negative association with time to heading. Association between grain yield with harvest index and biological yield were also obtained through regression analysis using stepwise method. By using factor analysis, seventeen variables were defined in four factors explaining 84 percent of total variations. The first factor considered as yield factor confirmed the effective role of harvest index and biological yield each on grain yield again. The second factor considered as yield components factor, indicated negative correlation between the number of spike with kernel's characteristics in each spike namely kernel weight and kernel number, which was in accordance with the results which has obtained from simple correlation coefficient analysis. Path analysis indicated direct positive effect of biological yield, the number of spike per square meter, the number of kernel per spike, plant height and spike length each on grain yield. Overall, our observations showed the harvest index and biological yield as important traits in selection of high yielding bread wheat varieties. Furthermore, the number of spike per square meter was the most important yield component and plant height was important morphological trait determining the grain yield, seemingly, selection of these two traits may contribute to increase in grain yield. Also, the reversed reciprocal effect of the number of kernel per spike on other traits involved in grain yield, explained limited success in improvement of bread wheat that has been pointed out by other researchers.

Keywords: Wheat, grain yield, yield components, multivariable analysis, path analysis.

1- Contribution from Department of Plant Breeding, Collage of Agriculture and Natural Sciences, University of Tehran