



نشریه زراعت

شماره ۱۰۳، تابستان ۱۳۹۳

(پژوهش و سازندگی)

استفاده از تجزیه علیت در بررسی روابط بین عملکرد و سایر صفات مورفولوژیک در چهار لاین جو آبی

- غضنفر محمدی نیا، عضو هیئت علمی دانشگاه، آزاد اسلامی، واحد یاسوج، گروه کشاورزی، یاسوج، ایران (نویسنده مسئول)
- عبدالرضا نصیرزاده، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
- حسن نگهداری، عضو هیئت علمی مرکز آموزش جهاد کشاورزی فارس

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۹۱

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۷۱۳۷۲۰۴۱۱۵

پست الکترونیک نویسنده مسئول: nasirzadeh@farsagres.ir

چکیده

به منظور تعیین همبستگی صفات مهم جو آبی با عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت جهت گزینش لاین‌های پر محصول، تعداد سه لاین جدید جو مقاوم به سرما (به شماره‌های C-81-13, C-81-11, C-81-15) همراه با رقم والفجر (به عنوان شاهد) مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال‌های زراعی ۸۹ - ۱۳۸۷ و در شهرستان بویراحمد اجرا گردید. پس از اجرای عملیات تهیه زمین، بذور لاین‌های جو به میزان ۴۵۰ دانه در متر مربع کشت شدند. در طول فصل رویش و پس از برداشت، بطور تصادفی ۱۰ بوته برداشت شده و از صفات مهم زراعی مانند تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا رسیدن، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، طول ریشک و وزن هزار دانه آمار برداری شد. با استفاده از نرم افزار MSTAT-C، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین انجام و مناسب‌ترین ارقام و لاین‌ها گزینش گردیدند. از تجزیه واریانس و کوواریانس برای تعیین ضرایب همبستگی بین صفات و از تجزیه علیت جهت تجزیه ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم استفاده گردید. نتایج نشان داد که بین عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است. در این رابطه بیشترین مقدار وراثت‌پذیری با ۵۸/۱۴ درصد متعلق به صفت تعداد کل پنجه و بیشترین مقادیر تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی به ترتیب با ۲۸/۵۸ و ۴۷/۲۹ مربوط به صفت تعداد پنجه بارور بود. تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با متوسط عملکرد ۶/۴۹ و ۶/۵۲ تن در هکتار به ترتیب مربوط به تیمارهای C-81-13 و رقم والفجر بود.

واژه‌های کلیدی: جو آبی، ضرایب همبستگی، تجزیه علیت، رقم والفجر

Using path analysis to study the relationship between yield and other morphological characters in four lines of barley

- By: Gh. Mohammadynia, (Corresponding Author; Tel: 07137204115), Scientific Staff of Islamic Azad University of Yasouj
- A. Nasirzadeh, Scientific Staff of Fars Research Center for Agriculture and Natural Resources
- H. Negahdari, Scientific Staff of Education Center of Fars Jehade Keshavarzii

Received: July 2011

Accepted: April 2012

To determine the correlation between important traits with yield in barley through path analysis for selecting high yielding lines, three new lines of barley resistant to cold (C-81-13, C-81-11, C-81-15), compared with Valfajr (as control) were studied. This experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications, during 2008 to 2010 in Boyer Ahmad city. A number of, 450 seeds of barley lines (per square meter) were cultured. During the growing season and after harvest, 10 plants were randomly harvested and several important agronomic traits such as total number of tillers, fertile tillers, plant height, days to spike, days to maturity, number of grains per spike, spike length, awn length and 1000 seed weight were recorded. Using analysis of variance and covariance, the correlation coefficients between the traits was estimated. Path analysis was used to divide the correlation coefficient to the direct and indirect effects. Results showed that there were significant differences (5%) between grain yields of lines, indicating genetic variation among the studied genotypes. The highest heritability (58/14%), was recorded on the total number of tillers and the highest genotypic and phenotypic variation (58/28 and 29/47 respectively), was observed on the number of fertile tillers. Statistical analysis showed that the highest yield with an average yield of 6.52 and 6.49 ton/ha belonged to C-81-13 and Valfajr cultivars, respectively.

Keywords: Barley, Correlation coefficients, Path analysis, Valfajr line

مقدمه

بیش از ۷۰ درصد انرژی مورد نیاز بشر از غلات تامین می‌شود و در واقع این گروه از گیاهان بین بشر و قحطی قرار دارند (۱۰). جو (*Hordeum vulgare L.*) چهارمین غله مهم جهان بعد از گندم، برنج و ذرت است. اهداف به‌نژادی جو علاوه بر عملکرد دانه، شامل زودرسی، مقاومت به تغییرات دما، خوابیدگی، امراض، تنش‌های خاک و افزایش وزن ماده زنده می‌باشد (۱۵). تصور می‌رود که همه ارقام زراعی جو از گونه وحشی *H. spontaneum* بدست آمده باشند، گونه‌ای که شباهت زیادی به ارقام دو ردیفه امروزی دارد. بنا به نظر هارلان خاستگاه جو، کوه‌های زاگرس در غرب ایران، آناتولی جنوبی و فلسطین بوده است (۶).

منطقه سردسیری استان کهگیلویه و بویراحمد با وسعت بیش از ۶۵۰۰ کیلومتر مربع در شمال و شمال شرقی استان واقع شده است و به طور متوسط ۲۱۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. متوسط بارندگی سالانه در این ناحیه ۸۵۰ میلی‌متر و حداقل دما ۱۱- و حداکثر ۳۹ درجه سانتی‌گراد است. فصل یخبندان این منطقه در بعضی نقاط از شهرپور آغاز شده و تا اواخر اسفند ادامه دارد. با توجه به وفور آب و اراضی شیرین و مستعد استان به خصوص در نواحی سردسیری و از آنجائیکه ارقام محلی و اصلاح

شده موجود از عملکرد مطلوبی برخوردار نیستند. به طوری که ارقام محلی حساس به ورس، ریزش دانه و آفات و بیماری‌ها و از میزان عملکرد پایینی برخوردارند و نظر به نقش جو در تغذیه دام و تولید شیر و گوشت مورد نیاز انسان، لذا اولویت و اهمیت اجرای طرح ضرورت یافت. پیدایش و ترویج ارقام پرمحصول جو در مناطق سردسیر استان کهگیلویه و بویراحمد، بواسطه توأم بودن کشاورزی و دامپروری، ضمن رونق اقتصادی منطقه، نقش مؤثری در قطع واردات فرآورده‌های دامی ایفا می‌نماید.

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای اقلیم سرد کشور، سه لاین جو (C-18-51, C-18-31, C-11-11) گزینش نموده است که دامنه عملکرد دانه آنها بین ۶۸۰۰ تا ۷۴۰۰ کیلوگرم در هکتار است در این زمینه مطالعات متعددی صورت گرفته‌است، اما با توجه به شرایط محیطی مختلف و ژنوتیپ‌های مورد بررسی، نتایج متفاوتی حاصل شده‌است.

اجزای اصلی عملکرد شامل تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه می‌باشد. برخی از محققین همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه و صفاتی نظیر تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله (۱۲)، وزن هزاردانه (۱۶) و طول سنبله (۹) گزارش نموده‌اند. هنگامی که رطوبت خاک کافی است، تعداد سنبله در واحد سطح، جزئی از عملکرد است که بیشترین

بین فاکتورهای اصلی و مشارکت دو طرفه را نشان دهند. به پیکان‌های یک طرفه برای مشخص نمودن مسیر مستقیم تاثیر یک متغیر بر دیگری بکار می‌روند (۱۱).

تجزیه علیت شامل دو جزء اصلی شامل دیاگرام علیت و تجزیه همبستگی است. دیاگرام‌های علیت قادر هستند هر دو اثر مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر روی متغیر دیگر را نشان دهند. برای ترسیم دیاگرام علیت، ابتدا باید متغیرهای مستقل از متغیرهای وابسته تفکیک شوند. قوانین خاصی برای رسم دیاگرام علیت وجود دارند. خطوط پیکان دار نشانگر یک مسیر هستند (۱۴).

بطور کلی اهداف پژوهش عبارت است از ارزیابی میزان عملکرد لاین‌های جو آبی مقاوم به سرما در شرایط سردسیری شهرستان گچساران و بررسی همبستگی صفات مهم زراعی با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو به منظور دستیابی به معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد و دستیابی به ارقام پرمحصول جو با صفات مطلوب زراعی.

مواد و روش‌ها

تامین بذر مورد نیاز

بذر ۳ لاین جو مقاوم به سرما به شماره‌های ۱۱-۸۱-۱۳۰، ۸۱-۱۳۰ و ۸۱-۱۱-۱۳۰ از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید و از رقم والفجر که با مناطق مختلف شهرستان گچساران سازگاری دارد نیز به عنوان تیمار شاهد استفاده گردید.

کاشت ارقام جو

این طرح در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان گچساران اجرا شد. به منظور آماده کردن بستر کاشت، ابتدا در پاییز زمین را شخم زده و پس از خرد کردن کلوخه‌ها با دیسک، زمین با لولر تسطیح شد. در این آزمایش مقدار ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار مصرف شد. تمامی کود فسفاته و نصف کود اوره در زمان کاشت به طور یکنواخت با خاک مخلوط گردید و مابقی کود اوره به صورت سرک در مرحله پنجه‌زنی مصرف شد. بذرها ضدعفونی شده هر رقم، روی پشته‌های به طول ۱۰ متر، با فاصله روی خطوط ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط ۵۵ سانتی‌متر با در نظر گرفتن ۴۵۰ دانه در مترمربع کاشت شدند (خواج‌پور، ۱۳۷۶). روش کاشت بوسیله دست با دقت و صحت بالا انجام شد.

آمار برداری

طی فصل رشد، از درصد خسارت سرما، خوابیدگی، درصد ریزش بذر، شدت و میزان آلودگی به آفات و بیماری‌ها یادداشت‌برداری به عمل آمد (Gent and Kiyomato, 1989). همچنین پس از برداشت، از عملکرد و اجزای عملکرد ارقام بر اساس استانداردهای مؤسسه تحقیقات سیمیت^۱ یادداشت‌برداری به عمل آمد. آماربرداری‌ها شامل تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا رسیدن، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، طول ریشک و وزن هزاردانه بود.

تجزیه و تحلیل آماری

این طرح در قالب بلوک کامل تصادفی با ۴ تیمار (۳ لاین جو مقاوم به سرما به شماره‌های ۱۱-۸۱-۱۳۰، ۸۱-۱۳۰، C81-13، C-81-11 و رقم والفجر به عنوان شاهد) و در سه تکرار اجرا گردید. داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار

اثر را در تولید محصول دارد. در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در سنبله و گاهی هم متوسط وزن دانه سهمی مساوی با تعداد سنبله‌ها در عملکرد کل دارند (۷). پهنک برگ، پرچم و سنبله احتمالاً بیشترین میزان فتوسنتزی را به دانه انتقال می‌دهند (۱۳). ریشک‌ها می‌توانند به میزان زیادی مواد فتوسنتزی سنبله را تأمین کنند (۱۸). وجود ریشک‌ها می‌تواند فتوسنتز خالص سنبله را تا دو برابر افزایش دهد (۷). خصوصیات مانند تعداد سنبله در مترمربع، تعداد پنجه بارور، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد کاه همچنین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول پس از گل‌دهی و الگوی تجمع ماده خشک را می‌توان به عنوان معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد دانه غلات معرفی نمود (۸).

اگرچه بین عملکرد و اجزای آن همبستگی مثبت وجود دارد اما وجود همبستگی‌های منفی بین اجزاء عملکرد باعث شده است که گزینش برای همه اجزاء نتواند به عنوان عاملی در افزایش عملکرد سودمند باشد. افزایش یک جزء معمولاً کاهش در برخی اجزاء دیگر را به دنبال دارد مثلاً ژنوتیپ‌های با قدرت پنجه‌دهی بالا معمولاً اجزاء مورفولوژیک (ارتفاع بوته یا طول خوشه) کوچکتری دارند (۹).

در پژوهشی که توسط فیاض و طالبی (۱۳۸۸) بر روی تعیین رابطه بین عملکرد و اجزاء عملکرد ۳۶ رقم نخود توسط تجزیه علیت انجام شد مشخص گردید که رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت وجود دارد.

اعتضادی‌جمع و همکاران (۱۳۸۴) به منظور مطالعه مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت در ارقام گندم نان ایرانی، تعداد ۳۰ رقم گندم نان مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین صفت جوانه‌زنی روی خوشه با خواب بذر و عدد فالینگ وجود دارد. همچنین تجزیه کلاستر تنوع نسبتاً مطلوبی را بین ارقام موجود در آزمایش نشان داد.

بهمنی و همکاران (۱۳۸۷) ارتباط بین ویژگی‌های مختلف هسته در بادام و تأثیر آن‌ها بر وزن مغز را از طریق تجزیه علیت مورد بررسی قرار دادند نتایج نشان داد که از بین صفات مورد مطالعه، اثرهای مستقیم صفات طول مغز، عرض مغز و وزن هسته در سطح احتمال ۱ درصد و ضخامت مغز در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن مغز تأثیر مثبت داشتند و اثر مستقیم عرض هسته در سطح احتمال یک درصد تأثیر منفی بر وزن مغز بادام داشت، اما صفات طول مغز و وزن هسته به طور مثبت و عرض هسته به طور منفی و به صورت غیرمستقیم وزن مغز بادام را تحت تأثیر قرار داده‌اند.

تجزیه علیت یکی از روش‌های بسیار مناسب جهت بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر روی عملکرد دانه می‌باشد. روش تجزیه علیت اولین بار توسط رایت بیان شد. او سری مقالاتی در توصیف تئوری و کاربرد تجزیه علیت منتشر کرد. سیستم علیت همچنان که یک روش قوی و دارای تغییرات ساده‌ای است از نظر فرمولی نسبتاً پیچیده بوده و شامل تمام فاکتورهای اصلی (علت‌ها) و متغیرهای منتج از آنها (معلول‌ها) می‌باشد. کاربرد عملی روش ضرایب علیت به میزان زیادی با فرموله کردن یک دیاگرام که روابط بین متغیرها را نشان می‌دهد، به دست می‌آید. در تشکیل دیاگرام از یک سری پیکان‌های دو جهته استفاده می‌شود تا ارتباط

تخمین اجزاء واریانس، قابلیت توارث و ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی

نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری در رابطه با واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری و ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار واریانس ژنوتیپی به ترتیب با ۶۴/۱۲، ۶۴/۵ و ۳۲/۵ متعلق به صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا سنبله‌دهی و وزن هزاردانه می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار واریانس فنوتیپی به ترتیب با ۴۷/۲۲، ۲۶/۱۴ و ۱۴/۹ مربوط به صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه مشاهده شد. که نشان می‌دهد بیشترین واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی مربوط به صفات ارتفاع بوته و وزن هزاردانه می‌باشد.

بیشترین مقدار وراثت‌پذیری با ۱۴/۵۸ درصد متعلق به صفت تعداد کل پنجه بود و بجز سه صفت تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور، و طول سنبله که مقدار وراثت‌پذیری آنها به ترتیب ۶۵/۸، ۸۲/۲۶ و ۳۷/۳۵ درصد کمترین مقدار بود، برای بقیه صفات میزان وراثت‌پذیری بیش از ۴۲ درصد مشاهده شد.

بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین مقادیر تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی به ترتیب با ۵۸/۲۸ و ۲۹/۴۷ مربوط به صفت تعداد پنجه بارور بود درحالی‌که کمترین مقادیر تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی در صفات، تعداد روز تا سنبله‌دهی به ترتیب با ۵۹/۳ و ۲۲/۴ و تعداد روز تا رسیدن به ترتیب با ۷۲/۲ و ۸۸/۲ مشاهده شد.

همبستگی صفات در ارقام جو مورد مطالعه

بررسی همبستگی ژنوتیپی صفات نشان داد که همبستگی ژنوتیپی مثبت و قوی بین عملکرد دانه با وزن هزاردانه و تعداد پنجه بارور در سطح ۱٪ و با تعداد کل پنجه در سطح ۵٪ وجود دارد. در همین رابطه بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و طول ریشک همبستگی منفی و غیر معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). بنابراین صفات وزن هزاردانه، تعداد پنجه بارور و تعداد کل پنجه از صفات ژنتیکی مهم و تأثیرگذار در تعیین عملکرد نهایی دانه در ارقام جو می‌باشد. بین صفت طول ریشک و صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا رسیدن همبستگی ژنوتیپی معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. بنابراین هرچه طول مدت سنبله‌دهی و رسیدن در ارقام جو بیشتر باشد، طول ریشک نیز افزایش می‌یابد همچنین نتایج نشان داد که بین صفات تعداد پنجه بارور با تعداد کل پنجه و تعداد روز تا سنبله‌دهی با تعداد روز تا رسیدن نیز همبستگی ژنوتیپی معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (جدول ۴). بین صفت ارتفاع بوته با تعداد روز تا سنبله‌دهی همبستگی ژنوتیپی معنی‌داری در سطح ۵٪ دیده شد در حالیکه بین ارتفاع بوته با تعداد دانه در سنبله همبستگی ژنوتیپی منفی وجود دارد. بررسی همبستگی فنوتیپی صفات نیز نشان داد که همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد پنجه بارور در سطح ۱٪ و با وزن هزاردانه و تعداد روز تا رسیدن در سطح ۵٪ وجود دارد در همین رابطه بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و طول ریشک رابطه منفی و غیر معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). بنابراین صفات وزن هزاردانه، تعداد پنجه بارور و تعداد کل پنجه از صفات فنوتیپی مهم و تأثیرگذار در تعیین عملکرد نهایی دانه در ارقام جو می‌باشد. بین صفت طول ریشک و صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز

گرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام و مناسب‌ترین ارقام و لاین‌ها انتخاب گردید (بصیری، ۱۳۸۷).

اجزاء واریانس از طریق امید ریاضی محاسبه شد. همچنین تجزیه واریانس فنوتیپی‌ها به اجزاء تشکیل دهنده خود طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\sigma^2 ph = \sigma^2 g + \sigma^2 e + \sigma^2 ge$$

با استفاده از جدول تجزیه واریانس و امید ریاضی، واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی برای هر صفت برآورد گردید، همچنین با برآورد نمودن واریانس‌های فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی محاسبه شد.

$$H_{bs} = \frac{\delta g}{\delta ph}$$

در این فرمول H_{bs} ، δg و δps به ترتیب توارث‌پذیری و واریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی می‌باشند.

ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه محاسبه و برای معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی بین زوج صفات مورد بررسی، از جدول ضریب همبستگی استفاده گردید (Snedecor and Cochran, 1991).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و میانگین مربعات صفات

مورد مطالعه در ارقام جو آبی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، مشخص گردید که بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از لحاظ عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد که دال بر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. ضریب تغییرات (cv) آزمایش ۳۷/۱۵ بود که گویای دقت آزمایش است (جدول ۱). در این رابطه واریته‌های ۱۳-۸۱ و شاهد به ترتیب با ۶۴۹۰ و ۶۵۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

دامنه تغییرات وزن هزاردانه تیمارها بین ۳۵ تا ۴۰ گرم در نوسان بود. بیشترین وزن هزاردانه در واریته‌های C81-13 و شاهد به ترتیب با ۴۰ و ۳۹ گرم مشاهده شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد که با نتایج پژوهش مقدم و همکاران (۱۳۷۲)، که همبستگی مثبت و ضعیف وزن هزاردانه با عملکرد دانه گزارش نموده‌اند، مطابقت می‌نماید.

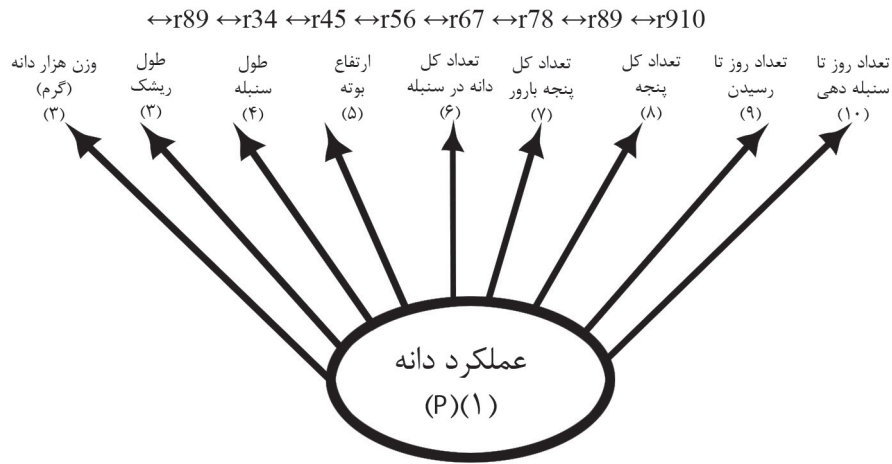
از نظر تعداد پنجه نیز ژنوتیپ‌های C81-13 و شاهد به ترتیب با ۲۶ و ۲۳، بیشترین تعداد پنجه را داشتند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد پنجه و عملکرد دانه بدست آمد. اما از لحاظ ارتفاع بوته، ژنوتیپ‌های C-81-15 و شاهد به ترتیب با ۱۰۴ و ۱۰۳ سانتی‌متر بیشترین و ژنوتیپ C81-13 با ۸۹ سانتی‌متر کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند که رابطه منفی بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۲). با توجه به نتایج، ارقام C81-13 و شاهد (رقم والفجر) دارای ویژگی‌های مطلوبی از نظر عملکرد دانه، تعداد پنجه و وزن هزاردانه بودند و برای مناطق آبی استان قابل توصیه می‌باشند.

می‌رسد اثر منفی ارتفاع بوته بر عملکرد دانه ناشی از اثر غیرمستقیم منفی و زیاد طول سنبله، تعداد روز تا سنبله‌دهی و تعداد دانه در سنبله بر ارتفاع گیاه باشد. اثر مستقیم ژنوتیپی تعداد دانه در سنبله روی عملکرد دانه مثبت و قابل توجه و اثر فنوتیپی این صفت بر روی عملکرد مثبت ولی قابل اغماض است. اثر غیرمستقیم تعداد دانه در سنبله بر روی عملکرد دانه از طریق اثرات ژنوتیپی و فنوتیپی، طول سنبله و تعداد روز تا رسیدن مثبت و بالا بود. اثر غیرمستقیم ژنوتیپی تعداد دانه در سنبله بر روی عملکرد از طریق وزن هزاردانه و ارتفاع گیاه منفی نسبتاً زیاد بود. اثر غیرمستقیم تعداد دانه در سنبله از طریق طول ریشک بسیار کم و قابل اغماض بود. اثر غیرمستقیم ژنوتیپی تعداد دانه در سنبله از طریق تعداد کل پنجه و تعداد روز تا رسیدن مثبت و قابل توجه بود. اثرات غیرمستقیم فنوتیپی طول ریشک و تعداد پنجه بارور از طریق تعداد دانه در سنبله بر روی عملکرد دانه مثبت ولی ناچیز بود. در تجزیه همبستگی تعداد پنجه بارور حداکثر اثر مستقیم ژنوتیپی (۰/۵۹) و فنوتیپی (۰/۵۳) را بر عملکرد دانه داشته است. بیشترین اثر غیرمستقیم ژنوتیپی تعداد پنجه بارور بر روی عملکرد دانه از طریق وزن هزاردانه و طول ریشک بود. اثرات غیرمستقیم فنوتیپی طول سنبله بر عملکرد مثبت ولی قابل ملاحظه نبود. اثر غیرمستقیم تعداد پنجه بارور بر روی عملکرد دانه از طریق ارتفاع بوته، تعداد کل پنجه و تعداد روز تا رسیدن منفی بوده ولی این اثرات بواسطه اثرات غیرمستقیم و مثبت وزن هزاردانه و طول ریشک خنثی گردید. اثر مستقیم تعداد کل پنجه بر روی عملکرد دانه در هر دو سطح مثبت و زیاد بود (۰/۳۷ و ۰/۳۳). اثر غیرمستقیم تعداد کل پنجه بر روی عملکرد دانه از طریق وزن هزاردانه و تعداد پنجه بارور مثبت و زیاد بود. اثر غیرمستقیم تعداد کل پنجه از طریق ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدن و تعداد روز تا سنبله‌دهی در هر دو سطح، فنوتیپی و ژنوتیپی بر روی عملکرد دانه منفی بود. اثر غیرمستقیم فنوتیپی تعداد کل پنجه بر روی عملکرد از طریق کلیه اثرات غیرمستقیم فنوتیپی مثبت ولی قابل اغماض بود. اثر مستقیم ژنوتیپی و فنوتیپی تعداد روز تا رسیدن بر روی عملکرد دانه مثبت بود. تعداد روز تا رسیدن با داشتن اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانه دارای اثرات غیرمستقیم منفی و زیاد از طریق ارتفاع بوته و تعداد کل پنجه بود. اثر غیرمستقیم تعداد روز تا رسیدن از طریق وزن هزاردانه و تعداد روز تا سنبله‌دهی بر روی عملکرد دانه در هر سطح، ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت بود. چنین نتیجه‌گیری می‌شود که همبستگی مثبت تعداد روز تا رسیدن با عملکرد دانه ناشی از اثرات غیرمستقیم منفی ارتفاع بوته و تعداد کل پنجه و اثرات مثبت و قابل توجه وزن هزاردانه و تعداد روز تا سنبله‌دهی باشد. در بررسی حاضر این صفت اثر غیرمستقیم مثبت از طریق طول ریشک روی عملکرد دانه نشان داد. اثر مستقیم تعداد روز تا سنبله‌دهی بر روی عملکرد دانه در هر دو سطح فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و زیاد بود (۰/۴۴ و ۰/۳۶). اثر غیرمستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی تعداد روز تا سنبله‌دهی بر روی عملکرد دانه از طریق وزن هزاردانه و تعداد پنجه بارور مثبت و زیاد بود. اثر غیرمستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی تعداد روز تا سنبله‌دهی از طریق ارتفاع بوته، طول سنبله و تعداد کل پنجه در هر دو سطح، فنوتیپی و ژنوتیپی بر روی عملکرد دانه منفی بود. پایین بودن اثرات عوامل باقیمانده نشانگر همبسته بودن صفات مهم زراعی جو نسبت به هم و تأثیر آنها بر روی عملکرد دانه می‌باشد.

تا رسیدن همبستگی فنوتیپی معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. بنابراین هرچه طول مدت سنبله‌دهی و رسیدن در ارقام جو بیشتر باشد، طول ریشک نیز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که بین صفات تعداد پنجه بارور با تعداد کل پنجه و تعداد روز تا سنبله‌دهی با تعداد روز تا رسیدن همبستگی فنوتیپی معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (جدول ۵). بین صفت ارتفاع بوته با تعداد روز تا سنبله‌دهی همبستگی ژنوتیپی معنی‌داری در سطح ۵٪ دیده شد در حالیکه بین ارتفاع بوته با تعداد دانه در سنبله همبستگی فنوتیپی منفی وجود دارد. بین صفت وزن هزاردانه و تعداد پنجه بارور تعداد دانه در سنبله همبستگی فنوتیپی ضعیف و منفی برقرار است. همبستگی فنوتیپی عملکرد دانه با صفت تعداد دانه در سنبله منفی و غیر معنی‌دار و با صفت وزن هزاردانه مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی فنوتیپی وزن هزاردانه با تعداد دانه در سنبله منفی و غیر معنی‌دار و با صفت تعداد سنبله در مترمربع منفی و معنی‌دار بود. از سوی دیگر همبستگی فنوتیپی بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه منفی و غیر معنی‌دار بود (جدول ۵).

تجزیه علیت و تفسیر نتایج دیاگرام علیت

تجزیه ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی صفات مهم زراعی جو به اثرات مستقیم و غیرمستقیم براساس نمودار شماره ۴ و بر مبنای روابط علیت محاسبه شده است. با مشاهده داده‌های جدول تجزیه ضرایب همبستگی مشخص می‌شود که وزن هزاردانه اثر مستقیم ژنوتیپی مثبتی بر عملکرد دانه دارد، در حالیکه اثر مستقیم فنوتیپی این صفت بر عملکرد دانه منفی است. اثر غیرمستقیم ژنوتیپی و فنوتیپی این صفت از طریق تعداد پنجه بارور در بوته بسیار زیاد و مثبت بود (۰/۳۷ و ۰/۲۸). با توجه به اثر غیرمستقیم ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و بالای تعداد پنجه بارور در بوته می‌توان از این صفت بعنوان معیار مناسبی برای گزینش در افزایش عملکرد دانه استفاده کرد. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی وزن هزاردانه بر عملکرد از طریق ارتفاع بوته بود. اثر مستقیم ژنوتیپی و فنوتیپی طول ریشک بر عملکرد دانه مثبت و زیاد بود. اثر غیرمستقیم طول ریشک از طریق اثر غیرمستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی تعداد پنجه بارور بر عملکرد دانه مثبت بود. اثر غیرمستقیم ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدن در هر دو سطح، فنوتیپی و ژنوتیپی بر روی عملکرد دانه منفی بود. بطوریکه اثر غیرمستقیم ژنوتیپی این دو صفت قابل توجه و اثر فنوتیپی آنها قابل چشم‌پوشی است. طول سنبله با داشتن اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه، دارای اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد پنجه بارور، تعداد کل پنجه و طول ریشک بود. اثر غیرمستقیم ژنوتیپی طول سنبله بر روی عملکرد از طریق تعداد پنجه بارور مثبت و نسبتاً زیاد (۰/۱۶) و از طریق ارتفاع بوته منفی و نسبتاً زیاد (۰/۳۷-) بود. اثر طول سنبله بر عملکرد از طریق اثرات غیرمستقیم ژنوتیپی و فنوتیپی طول ریشک مثبت و زیاد بود. تجمع اثرات مثبت و منفی باعث عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین طول سنبله و عملکرد دانه گردید. اثر ارتفاع بوته بر روی عملکرد دانه از طریق اثر غیرمستقیم ژنوتیپی وزن هزاردانه مثبت و نسبتاً بالا بود. در حالی که اثر غیرمستقیم فنوتیپی این صفت قابل اغماض بود، و این نشانگر تأثیر منفی پا بلندی بوته بر عملکرد دانه است. اثرات غیرمستقیم ژنوتیپی تعداد دانه در سنبله (۰/۵) و تعداد روز تا رسیدن (۰/۰۷) بر ارتفاع بوته منفی ولی قابل اغماض بودند. همچنین اثر مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد دانه منفی و ناچیز بود. بنظر



شکل ۴- دیاگرام تجزیه علیت صفات مهم زراعی ژنوتیپ‌های جو
(P, p) به ترتیب اثرات مستقیم و ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی)

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مهم در ارقام جو آبی

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	عملکرد دانه (تن در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه
۱	C-81-11	۶/۰۱۰ b	۳۷	۹۵	۲۱
۲	C81-13	۶/۵۲۰ a	۴۰	۸۹	۲۳
۳	C-81-15	۵/۹۵۰ b	۳۵	۱۰۴	۲۲
۴	والفجر (شاهد)	۶/۴۹۰ a	۳۹	۱۰۳	۲۶

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴	۰/۰۶ ns
تیمار	۳	۵/۰۲۵	۱/۶۷۵	۷/۴۱ *
اشتباه	۶	۱/۳۵۶	۰/۲۲۶	
کل	۱۱	۸/۱۱۰		

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ CV=۱۵/۳۷٪

جدول ۳- تخمین اجزاء واریانس، قابلیت توارث و ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات مهم جو

صفات	واریانس ژنوتیپی	واریانس فنوتیپی	وراثت پذیری	ضریب تغییرات ژنوتیپی	ضریب تغییرات فنوتیپی
تعداد روز تا سنبله‌دهی	۵/۶۴	۷/۵۵	۴۲/۳	۳/۵۹	۴/۲۲
تعداد روز تا رسیدن	۴/۱۵	۸/۳۴	۵۱/۲	۲/۷۲	۲/۸۸
تعداد کل پنجه	۱/۱۱	۱/۸۷	۵۸/۱۴	۸/۳۵	۱۱/۳۲
تعداد پنجه بارور	۰/۵۴	۰/۹۳	۲۶/۸۳	۲۸/۵۸	۴۷/۲۹
تعداد دانه در سنبله	۳/۲۲	۱۴/۲۶	۸/۶۵	۷/۴۱	۱۳/۳۴
ارتفاع بوته	۱۲/۶۴	۲۲/۴۷	۵۲/۳۸	۶/۳۶	۹/۷۲
طول سنبله	۱/۷۸	۲/۵۲	۳۵/۳۷	۲/۷۷	۶/۱۲
طول ریشک	۲/۴۳	۳/۸۶	۴۴/۲۵	۱۱/۳۵	۱۸/۵۶
وزن هزاردانه	۵/۳۲	۹/۱۴	۵۱/۶۷	۸/۹۲	۱۱/۵۳
عملکرد دانه	۱/۱۸	۱/۶۲	۴۵/۶۲	۱۵/۵۸	۲۲/۸۴

جدول ۴ - ضرایب همبستگی ژنوتیپی بین صفات مهم زراعی ارقام جو

صفات	تعداد روز تا سنبله‌دهی	تعداد روز تا رسیدن	تعداد کل پنجه	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته	طول سنبله	طول ریشک	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه
تعداد روز تا سنبله‌دهی	۱	.۱۷۵**	-.۱۱۷	.۲۹	.۳۶	-.۳۸*	.۴۲*	.۵۹**	.۳۳	.۲۷
تعداد روز تا رسیدن		۱	.۱۸	.۱۶	.۳۳	.۲۸	.۳۱	.۵۳**	.۲۷	.۳۱
تعداد کل پنجه			۱	.۶۱**	-.۱۰	.۰۳	.۱۵	.۱۱	.۱۱	.۳۵*
تعداد پنجه بارور				۱	.۱۸	.۱۴	.۳۰	.۱۶	.۳۴	.۶۳**
تعداد دانه در سنبله					۱	-.۰۴	.۱۲	-.۰۵	-.۲۵	-.۰۸
ارتفاع بوته						۱	.۲۴	.۱۱	.۲۱	.۱۶
طول سنبله							۱	-.۱۱	-.۰۴	-.۰۷
طول ریشک								۱	.۲۹	-.۱۰
وزن هزاردانه (گرم)									۱	.۵۸**
عملکرد دانه										۱

جدول ۵ - ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مهم زراعی ارقام جو

صفات	روز تا سنبله‌دهی	روز تا رسیدن	تعداد کل پنجه	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته	طول سنبله	طول ریشک	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تعداد روز تا سنبله‌دهی	۱	.۶۹**	-.۱۱۳	.۳۱	.۳۴	.۴۵*	.۴۵*	.۵۵**	.۳۰	.۲۶
تعداد روز تا رسیدن		۱	.۱۹	.۱۸	.۳۴	.۲۸	.۳۶*	.۵۴**	.۲۹	.۳۸*
تعداد کل پنجه			۱	.۵۶**	-.۰۷	.۰۶	.۱۲	.۱۱	.۰۹	.۲۷
تعداد پنجه بارور				۱	.۱۵	.۱۱	.۳۲	.۱۹	.۳۸*	.۶۱**
تعداد دانه در سنبله					۱	-.۰۸	.۱۳	-.۱۱	-.۳۳	-.۱۲
ارتفاع بوته						۱	.۲۳	.۱۱	.۲۰	.۱۴
طول سنبله							۱	-.۱۳	.۰۲	-.۰۹
طول ریشک								۱	.۲۶	-.۱۲
وزن هزاردانه (گرم)									۱	.۴۹*
عملکرد دانه										۱

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار

پاورقی‌ها

1. CIMMYT

53: 1-4.

17. Snedecor, G.W., and Cochran, W.G., 1991. Statistical Methods, 8th Edition, John Wiley & Sons Company. 480 PP.
18. Watson, D.J., 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv. Agron. 4:101-144.
19. Correlation, causation and Wright theory of Path coefficients. Genetics., 7: 258 - 273

منابع مورد استفاده

۱. اعتضادی جمع، ج، توکل افشاری، ر، یزدی صمدی، ب. و حسین زاده، ع. ۱۳۸۴. ارزیابی مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت و مطالعه همبستگی و تجزیه علیت صفات بذر با آن در گندم نان (*Triticum aestivum*). مجله علوم کشاورزی ایران. ۷۴۲ - ۷۳۳ (۳): ۳۶.
۲. بصیری، ع. ۱۳۸۵. طرح‌های آماری در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۳۷۴ صفحه.
۳. بهمنی، ع، فیضی اصل، و. و مطلبی آذر، ع. ۱۳۸۷. بررسی ارتباط بین ویژگی های مختلف هسته در بادام و تأثیر آن ها بر وزن مغز از طریق تجزیه علیت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۳۱۴ - ۳۰۷ (۴): ۹.
۴. خواجه پور، م. ۱۳۷۶. اصول و مبانی زراعت، نگارش دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۳۸۶ صفحه.
۵. فیاض، ف. و طالبی، ر. ۱۳۸۸. تعیین روابط میان عملکرد و برخی اجزای عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از تجزیه علیت. مجله پژوهشهای زراعی ایران. ۱۴۱ - ۱۳۵ (۱): ۷.
۶. کاظمی اربط، ح. ۱۳۸۷. زراعت خصوصی. جلد اول (زراعت غلات). چاپ چهارم. مرکز نشر دانشگاهی مشهد. ۳۱۵ صفحه.
۷. گویتا، ی. س. ۱۳۷۶. به زراعی و به نژادی در زراعت دیم، ترجمه عوض کوچکی، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۳۰۲ صفحه.
۸. محتشمی، ر. ۱۳۸۴. ارزیابی برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی ارسنجان، ۱۲۵ صفحه.
۹. مقدم، م، بصیرت، م، رحیم زاده خویی، ف. و شکیبیا، م. ۱۳۷۲. تجزیه علیت عملکرد دانه، اجزای آن و برخی صفات مورفولوژیک در گندم پاییزه، مجله دانش کشاورزی. شماره ۲ و ۱. صفحات، ۴۵ - ۵۷.
۱۰. یزدی صمدی، ب. و عبد میثانی س. ۱۳۷۰. اصلاح نباتات زراعی. مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۲۹۲ صفحه.
11. Dewey, D.R. and Lu, K., 1959. Correlation and path coefficients of crested wheat grass seed production. Agron. J., 51:515-518
12. Evans, J.R., 1983. Nitrogen and photosynthesis in flag leaf of wheat *Triticum aestivum* L. Plant Physiol. 72: 297 - 302.
13. Gent, M. and Kiyomoto, P.K., 1989. Assimilation and distribution of photosynthate in winter wheat cultivars differing in harvest index. Crop Sci., 29: 120 - 175.
14. Johnson, R.A. and Wichern, D.W., 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis (6th Edition). Publisher: Prentice Hall Company. 800 PP.
15. Poehlman, H.M., 1995. Breeding Field Crops. Iowa State University Press. 494 PP.
16. Singh, K.N. and Rana R.S., 1983. Genetic variability and path analysis in triticale grown in alkali soil. Indian. J. Agric. Sci.,