مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

تجزیه و تحلیل همبستگی، رگرسیون و علیت برای عملکرد دانه و اجزای آن در هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای

*سعید امیری[۱]، سعید نورمحمدی[۲]، علی‌اشرف جعفری[۳] و رجب چوگان[۴]

[۱]مربی گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، [۲]مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، [۳]دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، [۴]استادیار پژوهشی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی همبستگی ژنتیکی و تجزیه علیت بین عملکرد دانه با اجزای عملکرد، ۱۵ هیبرید زودرس ذرت دانه‌ای، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان خرم‌آباد مورد ارزیابی قرار گرفتند. تاریخ ظهور کاکل و ظهور گرده، تاریخ رسیدن، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وضعیت استقرار، پوشش بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، عمق دانه، وزن هزاردانه، ارزشیابی بوته، درصد چوب بلال، عملکرد دانه، سبزمانی گیاه و مقاومت به بیماری برگی و ساقه‌ای اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که ضرایب همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، عمق دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بلال، مثبت و معنی‌دار بود، اما رابطه آن با صفات وزن هزاردانه، پوشش بلال، درصد چوب بلال و سبزمانی گیاه منفی و معنی‌دار بود. همبستگی بین زمان ظهور کاکل و زمان رسیدن با صفات سبزمانی گیاه و بیماری برگی منفی و با صفات ارتفاع بلال، عمق دانه و پوشش بلال مثبت و معنی‌دار بود. که حاکی از آن است که ارقام دیررس‌تر عملکرد دانه بالاتر و مقاومت بیشتری به بیماری‌ها داشتند. نتایج تجزیه رگرسیونی و تجزیه علیت نشان داد که صفات وزن هزاردانه، درصد چوب بلال با ضرایب منفی و عمق دانه، وضعیت

*مسئول مکاتبه: amiri_saeed59@yahoo.com

استقرار و ارتفاع بوته با ضرایب مثبت، ۵۲ درصد از تغییرات کل عملکرد دانه را توجیه نمودند و به‌عنوان صفات مؤثر در افزایش عملکرد دانه شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، اجزای عملکرد، همبستگی ژنتیکی، تجزیه علیت، رگرسیون

مقدمه

ذرت[1] از لحاظ سطح زیر کشت در بین گیاهان زراعی پس از گندم و برنج مقام سوم را دارد. اما از نظر تولید مقام اول را دارد و همچنین با متوسط تولیدی سه برابر گندم دومین گیاه زراعی است و اولین گیاه زراعی (دانه‌ای) آمریکا محسوب می‌شود (ارزانی، ۲۰۰۵). این گیاه به‌علت قدمت و قدرت انطباق و سازگاری زیاد با اقلیم‌های مختلف در تمام دنیا گسترده شده است (میرهادی، ۲۰۰۲). مطالعات گسترده‌ای به‌منظور تعیین همبستگی و تحلیل پارامترهای ژنتیکی عملکرد دانه از طریق اجزای عملکرد صورت گرفته است (کروسبین و ماک، ۱۹۸۱). عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تابعی از تغییرات صفات مختلف دیگر موسوم به اجزای عملکرد می‌باشد. تاکنون مدل‌های مختلفی برای توجیه روابط این صفات با عملکرد ارایه شده است (آگراما، ۱۹۹۶). میزان همبستگی ممکن است نشان‌دهنده درجه ارتباط ژنتیکی بین دو یا چند صفت باشد. به‌عبارت دیگر، مقادیری که به‌عنوان همبستگی فنوتیپی برآورد می‌گردند، به دو بخش ژنتیکی و محیطی قابل تفکیک هستند (فالکونر و مکی، ۱۹۹۹). از نظر تئوری، برای این که صفتی بتواند معیاری مناسب برای گزینش در برنامه‌های اصلاح برای عملکرد باشد، باید همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشد و وراثت‌پذیری آن در حدی قابل‌قبول و بیش از عملکرد باشد (هالوئر و میراندا، ۱۹۹۸). مطالعات زیادی در زمینه ارتباط و همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مهم زراعی و عملکرد در ذرت انجام گرفته است. کروس (۱۹۹۱) بین عملکرد دانه با وزن هزاردانه و تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش نمود. شارما و همکاران (۱۹۸٤) ضریب همبستگی مثبتی را بین عملکرد دانه و صفات تعداد دانه در بلال، وزن بلال و وزن هزاردانه گزارش نمودند. لمکی و هالوئر (۱۹۸۲) همبستگی ژنتیکی بین ارتفاع بوته و ارتفاع بلال را با عملکرد دانه به‌ترتیب در سطح ۷ درصد و ۲ درصد گزارش نمودند. سدک و همکاران

1- *Zea may L.*

(۲۰۰٦) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد ردیف دانه در بلال گزارش نمودند.

همان‌طوری که در تجزیه همبستگی ممکن است برخی از صفات با عملکرد رابطه معنی‌داری نداشته باشند، در تجزیه رگرسیونی نیز ممکن است برخی از متغیرها تأثیر معنی‌داری روی تابع نداشته باشند (فرشادفر، ۱۹۹۹). از آن‌جایی‌که در رگرسیون چندمتغیره اثرات متقابل در بین متغیرها وجود دارد، ممکن است یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار باشد اما در کنار برخی دیگر از متغیرها معنی‌دار نباشد. به همین علت لازم است متغیرهای مهمی را که تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دارند، انتخاب کنیم. برای حذف متغیرهای کم‌اهمیت در مدل و تصمیم‌گیری برای تشکیل مدل نهایی، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آن‌ها روش گام‌به‌گام است. در رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان طی مراحلی نسبت به حذف یا افزودن متغیرها برای انتخاب مدل نهایی اقدام نمود. زینالی و همکاران (۲۰۰٤) با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای در ارقام هیبرید ذرت دانه‌ای، عملکرد دانه را به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل بقیه صفات به‌عنوان متغیر مستقل، مورد بررسی قرار دادند. صفت ارتفاع بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و ۳۸/۵ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. صفات بعدی در مدل به‌ترتیب شامل وزن ۳۰۰ دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد روز از کاشت تا ظهور کاکل و تعداد کل برگ بودند که مجموعاً ۷۲/۵ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. یکی از روش‌های بسیار مفید کاربردی برای تجزیه همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی و پی بردن به اثرات مستقیم و غیرمستقیم، استفاده از ضریب علیت است (فرشادفر، ۱۹۹۹). بنیان‌گذار تجزیه علیت سول رایت است. وی در سال ۱۹۳٤ روشی را برای مطالعه اثرات مستقیم و غیرمستقیم ابداع کرد. تجزیه علیت، همبستگی بین متغیرها را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه می‌کند. واعظی و همکاران (۱۹۹۹) در تجزیه و تحلیل همبستگی و علیت عملکرد دانه در ذرت نشان دادند که وزن بلال، اثر مستقیم و منفی (۱/۰۲-) بر عملکرد دانه داشت اما به‌واسطه داشتن آثار غیرمستقیم، به‌خصوص از طریق وزن ۳۰۰ دانه (۱/۰٦) و عمق دانه (۰/۹۲) در افزایش عملکرد دانه مؤثر بود. چوگان (۲۰۰۰) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه با استفاده از تجزیه علیت نشان دادند که بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه، به صفات اندازه دانه (۰/٤۲) و تعداد دانه در ردیف (۰/۲۷) و کمترین آن به تعداد دانه در بلال (۰/۰۳) مربوط می‌باشد.

در اصلاح ذرت، برای شناسایی ارقام پرمحصول و با کیفیت علوفه بالاتر، لازم است صفاتی که رابطه معنی‌داری با عملکرد دانه دارند، شناسایی شوند تا با گزینش آن‌ها بتوان ژن‌های مطلوب را در ارقام اصلاح‌شده ذرت جمع کرد. هر چند تعیین ارتباط بین صفات دارای اهمیت زیادی است اما با محاسبه ضریب همبستگی ماهیت ارتباط بین صفات مشخص نمی‌شود و لازم است از طریق تجزیه علیت (مسیر) آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات شناسایی شوند.

اهداف این تحقیق عبارتند از: الف) تعیین روابط بین عملکرد دانه با هر یک از اجزای آن با بهره‌گیری از روش‌های همبستگی ژنتیکی و رگرسیون گام‌به‌گام، ب) بررسی روابط بین صفات با استفاده از تجزیه علیت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگائی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان انجام شد. مواد گیاهی مورد آزمایش در این بررسی شامل ١٥ هیبرید زودرس ذرت دانه‌ای بود (جدول ١). دو هیبرید *KSC340* و *KSC400* به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفتند. بذرها در سی‌ام خرداد سال ١٣٨٤ به‌صورت فاصله‌دار و هیروم‌کاری و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار کاشته شدند. هر هیبرید در چهار خط ٦/٤٨ متری و به‌صورت کپه‌ای کشت شد. فاصله بین بوته‌ها ٣٦ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط کاشت ٧٥ سانتی‌متر بود. در هر کپه، ٤ بذر کشت شد و سپس در مرحله ٧ تا ٩ برگی در هر کپه، دو بوته نگه داشته شد. در طول دوره رشد و نمو، کلیه مراقبت‌های زراعی از قبیل مبارزه با علف‌های هرز (شیمیایی و مکانیکی) انجام گردید. در روش شیمیایی، پس از کاشت و قبل از سبزشدن از علف‌کش لاسو به نسبت ٤/٥ لیتر در هکتار و در طی دوره رویش نیز در مرحله ٦ تا ٨ برگی یک‌بار از علف‌کش تو- فور- دی به نسبت ١/٥ لیتر در هکتار استفاده شد. هم‌چنین، علف‌های هرز با انجام وجین دستی به‌صورت مداوم کنترل شدند. آبیاری و کوددهی مطابق روش‌های معمول و در حد مطلوب اعمال گردید. یادداشت‌برداری‌های لازم از مرحله کاشت تا برداشت از دو خط وسط هر هیبرید انجام شد و صفاتی از قبیل تاریخ ظهور کاکل و گرده، تاریخ رسیدن، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وضعیت استقرار (بعد از دادن کود سرک، آبیاری و قبل از ظهور گل تاجی تعداد بوته در خطوط برداشتی شمارش می‌گردد) پوشش بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، عمق دانه، وزن هزاردانه، ارزشیابی بوته (در مرحله قهوه‌ای شدن پوشش بلال و

پرشدن کامل دانه، برای هر کرت و با در نظر گرفتن خصوصیاتی مثل ارتفاع بوته و بلال، یکنواختی بوته‌ها، میزان وقوع بیماری و آفات و خوابیدگی بوته‌ها نمره‌ای از ۱ تا ۵ برای بوته‌های عالی تا ضعیف در نظر گرفته شد، درصد چوب بلال، عملکرد دانه، سبزمانی گیاه (پس از رسیدن فیزیولوژیکی، و براساس بقایای سبزینه‌ای گیاه، نمره‌ای بین ۱ تا ۳ برای میزان سبزمانی گیاه در نظر گرفته شد، که سبزترین گیاه نمره ۱ به خود گرفت و نمره ۳ به گیاهی داده شد که از کمترین میزان سبزمانی برخوردار بود)، وقوع بیماری‌های برگی و ساقه‌ای (براساس شدت وقوع بیماری‌های برگی و ساقه، نمره بین ۱ تا ۵ داده شد نمره ۱ برای بوته‌های بدون آلودگی و نمره ۵ برای بوته‌هایی با آلودگی زیاد در نظر گرفته شدند) اندازه‌گیری شدند. پس از یاداشت‌برداری و اندازه‌گیری صفات، همبستگی فنوتیپی بین میانگین صفات محاسبه گردید. برای محاسبه همبستگی ژنتیکی بین صفات (r_g) با استفاده از تجزیه واریانس و کوواریانس از معادله ۱ استفاده شد.

$$r_g = \frac{\sigma_{G_{xy}}}{\sqrt{\sigma_{G_x}^{2}.\sigma_{Gy}^{2}}} \qquad (۱)$$

در این معادله: $\sigma_{G_{xy}}$ و $\sigma_{G_x}^{2}$ و $\sigma_{G_y}^{2}$ به‌ترتیب جزء کوواریانس ژنتیکی بین دو صفت X و Y، جزء واریانس ژنتیکی صفت X و جزء واریانس ژنتیکی صفت Y می‌باشند. در تجزیه کوواریانس امید ریاضی اجزای واریانس و کوواریانس بین دو صفت براساس مدل خطی میانگین مربعات و میانگین حاصل‌ضرب‌ها محاسبه گردید. ضرایب رگرسیون گام به گام جهت تشخیص صفات مهم تأثیرگذار بر عملکرد دانه محاسبه شد. در نهایت، برای مشخص کردن اثر مستقیم و غیرمستقیم صفات مهم بر عملکرد دانه تجزیه علیت انجام شد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری *PATH2*، *SAS9* و *Minitab14* استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد بین هیبریدها در مورد صفات مورد مطالعه، به استثنای وضعیت استقرار و بیماری‌های برگی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد وجود دارد که این امر نشان‌دهنده وجود تنوع وسیع در بین ارقام مورد بررسی برای صفات اندازه‌گیری شده می‌باشد. هم‌چنین، نتایج به‌دست آمده از تجزیه ژنتیکی صفات، اجزای واریانس ژنتیکی و واریانس محیطی نشان داد که وضعیت استقرار و بیماری‌های برگی دارای وراثت‌پذیری عمومی کم و بیماری‌های ساقه و ارزشیابی بوته دارای وراثت‌پذیری متوسط و سایر صفات دارای وراثت‌پذیری بالایی بودند (جدول

۲). برای صفات وزن هزاردانه، تاریخ ظهور گرده و تاریخ ظهور کاکل، وراثت‌پذیری عمومی بالا بود. در مطالعات مشابهی، سریانی و همکاران (۲۰۰۳)، رافی و همکاران (۱۹۹٤) و فانتین و هالوئر (۱۹۹٦) وراثت‌پذیری عمومی بالایی را برای تاریخ ظهورگرده و تاریخ ظهور کاکل گزارش کردند. برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته و ارتفاع بلال وراثت‌پذیری عمومی بالایی به‌دست آمد که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده از مطالعه سریانی و همکاران (۲۰۰۳) برای ارتفاع بوته و عملکرد دانه مطابقت داشت. محمود و همکاران (۱۹۹۰) و اسمیت و همکاران (۱۹۹۸) نیز وراثت‌پذیری عمومی بالایی را برای ارتفاع بوته و ارتفاع بلال به‌دست آوردند. هم‌چنین، صالح و همکاران (۲۰۰۲) وراثت‌پذیری عمومی متوسطی را برای عملکرد دانه گزارش نمودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان استنباط کرد صفاتی که در آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، وراثت‌پذیری بالایی را از خود نشان دادند که از این صفات می‌توان برای اصلاح هیبریدهای ذرت در جهت افزایش عملکرد دانه استفاده نمود. برآورد وراثت‌پذیری عمومی برای یک محیط معمولاً بالا است و به همین علت برای به‌دست آوردن وراثت‌پذیری واقعی و معتبر لازم است از تجزیه داده‌های چند محیط (سال و مکان) استفاده شود. تا اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط در محاسبه وراثت‌پذیری مدنظر قرار گیرد (جعفری و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۱- هیبریدهای ذرت دانه‌ای مورد استفاده در تحلیل عملکرد دانه و اجزای آن.

شماره ردیف	ترکیب
۱	*K59×K1263/1*
۲	*K56×K1263/1*
۳	*K45×K1263/1*
٤	*K28×K1263/1*
٥	*K27×K1263/1*
٦	*K46×K1263/1*
۷	*KE 720/12/12×K1264/5-1*
۸	*K56×K1264/5-1*
۹	*KE 720/12/12×K2325/1*
۱۰	*BC304*
۱۱	*BC504*
۱۲	*BC408*
۱۳	*OSSK499*
۱٤	*KSC340*
۱٥	*KSC400*

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس و سطح معنی‌دار بودن میانگین مربعات تیمار، جزء واریانس ژنتیکی (σ^2_g)، جزء واریانس اشتباه (σ^2_e) و وراثت‌پذیری عمومی (h^2_b) در ۱۷ صفت مورد مطالعه در هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای.

صفات	میانگین مربعات (MS)	جزء واریانس ژنتیکی (σ^2_g)	جزء واریانس اشتباه (σ^2_e)	وراثت‌پذیری عمومی (h^2_b)
تاریخ ظهور گرده (روز)	٦/٢٢**	١/٣١	٠/٩٩	٠/٨٤±٠/٢٤
تاریخ ظهور کاکل (روز)	٦/٦٧**	١/٤٦	٠/٨٣	٠/٨٨±٠/٢٦
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	٧٣٥/٦**	١٥٧/٧	١٠٤/٥	٠/٨٦±٠/٢٥
ارتفاع بلال (سانتی‌متر)	٣٠٥/٤**	٦٤/٨١	٤٦/١٩	٠/٨٥±٠/٢٤
وضعیت استقرار	٣/٦٧ns	٠/٠٠	٨/٨١	٠/٠٠±٠/٠٨
بیماری‌های برگی (نمره)	٠/٢٨ns	٠/٠١	٠/٢٣	٠/١٧±٠/١١
بیماری‌های ساقه (نمره)	٠/٤١*	٠/٠٥	٠/٢٢	٠/٤٧±٠/١٤
ارزشیابی بوته (نمره)	١/٢٥*	٠/١٨	٠/٥٣	٠/٥٧±٠/١٦
پوشش بلال (نمره)	١/٦٩**	٠/٣٤	٠/٣٢	٠/٨١±٠/٢٣
تاریخ رسیدن (روز)	٥٦/٣**	١٣/٥٢	٢/٢٧	٠/٩٦±٠/٣٢
عمق دانه (میلی‌متر)	١/٥٥**	٠/٣١	٠/٢٩	٠/٨١±٠/٢٣
وزن هزاردانه (گرم)	٣٥١٨**	٨٣١/٧	١٩١/١	٠/٩٥±٠/٣٠
تعداد دانه در ردیف	٤٦/٦**	١٠/٩٦	٢/٨٤	٠/٩٤±٠/٣٠
تعداد ردیف در بلال	٦/٨١**	١/٦٣	٠/٣٠	٠/٩٦±٠/٣١
سبزمانی گیاه (نمره)	١/٠٩**	٠/٢٢	٠/٢٠	٠/٨١±٠/٢٣
درصد چوب بلال	٦/١٢**	١/٣٠	٠/٩٣	٠/٨٥±٠/٢٤
عملکرد دانه (کیلوگرم در کرت)	١١/٨**	٢/٠٤	٣/٦٨	٠/٦٩±٠/١٩

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار بودن میانگین مربعات تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار بودن.

نتایج تجزیه همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین کلیه صفات در جدول‌های ۳ و ٤ نشان داده شده است. در تجزیه واریانس و کوواریانس داده‌ها، واریانس و کوواریانس بین ژنوتیپ‌های مربوط به دو صفت وضعیت استقرار و بیماری‌ها برگی معنی‌دار نشد و به همین دلیل، ضریب همبستگی ژنتیکی برای هیبریدهای آن‌ها محاسبه نشد. ضرایب همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، عمق دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال مثبت و معنی‌دار بود اما رابطه آن با صفات وزن هزاردانه، پوشش بلال، درصد چوب بلال و میزان سبزمانی گیاه منفی و معنی‌دار بود. هم‌چنین، همبستگی بین زمان ظهور کاکل و زمان رسیدن با صفات میزان سبزمانی گیاه و بیماری‌های

برگی، منفی و معنی‌دار و با صفات ارتفاع بلال، عمق دانه و پوشش بلال مثبت و معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، ارقام دیررس‌تر عملکرد دانه بالاتر و مقاومت بیشتری به بیماری‌ها داشتند. در مطالعه سدک و همکاران (٢٠٠٦) نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد که در آن، عملکرد دانه با ارتفاع بوته، ارتفاع بلال و تعداد ردیف دانه در بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند. به‌طورکلی، صفات مهم اقتصادی عملکرد دانه با اغلب اجزای عملکرد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بودند. که نشانگر تأثیر تعیین‌کننده هر یک از اجزا در تغییرات عملکرد دانه می‌باشد.

با استفاده از رگرسیون چندمتغیره گام به گام، میانگین عملکرد به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه رگرسیونی نشان داد که صفات وزن هزاردانه و درصد چوب بلال با ضرایب منفی و عمق دانه، وضعیت استقرار و ارتفاع بوته، با ضرایب مثبت، ٥٢ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند و به‌عنوان صفات مؤثر در افزایش عملکرد دانه شناخته شدند (جدول ٥).

مقایسه ضرایب رگرسیونی با ضرایب همبستگی (جدول‌های ٣ و ٤) نشان‌دهنده مطابقت تجزیه همبستگی با تجزیه رگرسیونی بود. زینالی و همکاران (٢٠٠٤) در تجزیه رگرسیونی عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل بقیه صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل، نشان دادند که صفات ارتفاع بوته، وزن ٣٠٠ دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد روز از کاشت تا ظهور کاکل و تعداد برگ، مجموعاً ٧٢/٥ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند که از لحاظ صفات ارتفاع بوته و وزن هزاردانه با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول ۳- نتایج تجزیه همبستگی ژنتیکی بین ۱۷ صفت مورد مطالعه در هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای.

نام صفات	تاریخ ظهور کاکل (روز)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	ارتفاع بلال (سانتی‌متر)	وضعیت استقرار	بیماری برگی (نمره)	بیماری ساقه (نمره)	ارزشیابی بوته (نمره)	پوشش بلال (نمره)	تاریخ رسیدن (روز)	عمق دانه (میلی‌متر)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	سبز مانی گیاه (نمره)	درصد چوب بلال	عملکرد دانه (کیلوگرم در کرت)
عملکرد دانه (کیلوگرم در کرت)	۰/۳۷	۰/۴۸#	۰/۴۵#	α	۰/۲۹	-۰/۸۰#	۰/۳۵	۰/۲۳	۰/۱۲	۱/۲۰#	۰/۳۴	-۰/۳۱	۰/۲۶	-۰/۸۳#	-۰/۴۶#	-۰/۷۹#
درصد چوب بلال	-۰/۳۷	-۰/۰۵	-۰/۳۶	α	۰/۱۲	-۰/۲۷	-۰/۱۹	-۰/۱۷	-۰/۱۷	۰/۴۷#	۰/۲۷					
سبز مانی گیاه (نمره)	-۰/۸۹#	-۰/۹۱#	-۰/۷۹#	α	۰/۲۱	-۰/۶۳#	-۰/۴۳#	-۰/۸۳#	۰/۳۵	۰/۰۸						
تعداد ردیف در بلال	-۰/۱۳	-۰/۱۸	۰/۵۱#	α	۰/۳۸#	-۰/۹۲#	۰/۲۶	-۰/۴۳	-۰/۴۱#							
تعداد دانه در ردیف	۰/۱۲	۰/۱۳	-۰/۳۴	α	-۰/۱۰	۰/۶۲#	-۰/۳۱	-۰/۲۰								
وزن هزاردانه (گرم)	-۰/۰۸	-۰/۰۲	۰/۰۷	α	-۰/۱۸	-۰/۷۷#	-۰/۲۱									
عمق دانه (میلی‌متر)	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۶۱#	α	۰/۶۱#	۰/۴۲#	-۰/۲۵									
تاریخ رسیدن (روز)	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۲۹	α	۰/۴۴#	-۰/۹۷#										
پوشش بلال (نمره)	۰/۲۵	۰/۳۰	-۰/۳۵	α	-۰/۱۸											
ارزشیابی بوته (نمره)	-۰/۵۸#	-۰/۶۷#	-۱/۰۹#	α	-۰/۶۶#											
بیماری ساقه (نمره)	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۸۰#	α	۱/۲۵#											
بیماری برگی (نمره)	α	α	α	α												
وضعیت استقرار	α	α	α													
ارتفاع بلال (سانتی‌متر)	۰/۵۶#	۰/۵۹#	۰/۶۵#													
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۰/۴۱	۰/۴۵#														
تاریخ ظهور کاکل (روز)	۱/۰۲#															

#= ضرایب همبستگی بزرگتر از دو برابر اشتباه معیار است.

α= میانگین مربعات و حاصل ضرب‌ها معنی‌دار نشده است.

جدول ٤- تجزیه همبستگی فنوتیپی بین ۱۷ صفت مورد مطالعه در هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای.

نام صفات	تاریخ ظهور کاکل (روز)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	ارتفاع بلال (سانتی متر)	وضعیت استقرار	بیماری برگی (نمره)	بیماری ساقه (نمره)	ارزشیابی بوته (نمره)	پوشش بلال (نمره)	تاریخ رسیدن (روز)	عمق دانه (میلی متر)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	سبزمانی گیاه (نمره)	درصد چوب بلال	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)
تاریخ ظهور کاکل (روز)	۰/۹٤**															
ارتفاع بوته (سانتی متر)	۰/۱٤	۰/۲۱														
ارتفاع بلال (سانتی متر)	۰/۲۱	۰/۳۱*	۰/٦۹**													
وضعیت استقرار	۰/۱۷	-۰/۲۲	-۰/۱٦	-۰/۱۲												
بیماری برگی (نمره)	-۰/۳۳**	-۰/۲۹*	-۰/۱۲	-۰/۰٦	-۰/۰٤											
بیماری ساقه (نمره)	-۰/۱۲	-۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۲۵*	-۰/۰٤	۰/٦۲**										
ارزشیابی بوته (نمره)	-۰/۰۵	-۰/۱۳	-۰/۷٤**	-۰/۵۹**	۰/۲٦*	۰/۰۵	-۰/۱٤									
پوشش بلال (نمره)	۰/۲۵*	۰/۲۰	-۰/۲۰	-۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۰	-۰/۰۸	۰/۲۳								
تاریخ رسیدن (روز)	۰/۱٦	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۳۱*	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱٦	-۰/۱۷	۰/۱۷							
عمق دانه (میلی متر)	-۰/۰۹	-۰/۰٤	۰/٥۲**	۰/٤۰**	۰/۰۰	-۰/۰٤	-۰/۱٦	-۰/۲۹*	-۰/۱۵	۰/۲۵*						
وزن هزاردانه (گرم)	-۰/۱٦	-۰/۱۲	۰/۰۵	-۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۱٦	-۰/۱۰	۰/۳۰*	-۰/۰۲	۰/۲٤					
تعداد دانه در ردیف	۰/۰۵	۰/۰۳	-۰/۱۲	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۰	-۰/۱٦	-۰/۳۰*	-۰/۰٤	۰/۳۳**				
تعداد ردیف در بلال	-۰/۱٦	-۰/۱۲	۰/۳٤**	۰/۲۸*	-۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۲۳	-۰/۵۰**	۰/۲۲	۰/۲۷**	۰/۲۲**				
سبزمانی گیاه (نمره)	-۰/۳۰**	-۰/۳۸**	-۰/۳۲**	-۰/۳۵**	۰/۰۵	۰/۰٤	-۰/۱٤	۰/۳۵**	-۰/۱۵	-۰/۵۸**	-۰/۲۹*	-۰/۱٦	-۰/۱۵			
درصد چوب بلال	۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۲۳	-۰/۲۵*	۰/۲۳	-۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۱۳	۰/۲۵*		
عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)	-۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۳٤**	۰/۲۸*	۰/۱۱	-۰/۰۵	۰/۱۱	-۰/۱۷	-۰/۱٦	۰/۲۲	۰/۲۸*	-۰/۳۹**	۰/۲۵*	۰/۲٦*	۰/۲۹*	-۰/۱۹

*معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۵ درصد. **معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۵- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل.

متغیر اضافه شده به مدل	مراحل رگرسیون گام به گام				
	۱	۲	۳	٤	٥
عدد ثابت	۱۷/۰۸	۸/٤۳	۱٤/۱۲	٦/٤۷	۲/٥۲
وزن هزاردانه (گرم)	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰٤۰	-۰/۰۳
عمق دانه (میلی‌متر)		۰/۹۹	۰/۹٤	۰/۹٤	٦۱
درصد چوب بلال			-۰/۳۰	-۳۳۰	-۳۳۰
وضعیت استقرار				۰/۱۲	۰/۱٥
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)					۰/۰۳
ضریب تبیین (R^2) (درصد)	۲۱/۲۲	۳۷/۷۱	٤۳/٤۲	٤٦/۸۸	٥۱/٥٦

نتایج تجزیه علیت برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی به‌عنوان متغیر مستقل در جدول ٦ ارایه شده است. براساس این نتایج، صفت وزن هزاردانه و درصد چوب بلال به‌ترتیب از بیشترین اثر مستقیم و منفی بر عملکرد دانه برخوردار بودند. در مقابل، صفات عمق دانه، وضعیت استقرار و ارتفاع بوته، اثرات مستقیم مثبت برروی عملکرد دانه داشتند. چون اثرات مستقیم صفات با اثر کل (همبستگی) مطابقت داشتند و تأثیر آن‌ها در یک جهت بود بنابراین هرگونه تلاش به‌منظور کاهش چوب بلال از یک طرف و افزایش عمق دانه، وضعیت استقرار و ارتفاع بوته از طرف دیگر، به افزایش عملکرد دانه منجر خواهد شد. در گزارش منتشر شده توسط واعظی و همکاران (۱۹۹۹)، وزن بلال اثر مستقیم و منفی (۱/۰۲-) بر عملکرد دانه داشت اما به‌واسطه آثار غیرمستقیم، به‌خصوص از طریق وزن ۳۰۰ دانه (۱/۰٦) و عمق دانه (۰/۹۲)، در افزایش عملکرد دانه مؤثر بود. چوگان (۲۰۰۰) با انجام تجزیه علیت نشان داد که بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه به صفات اندازه دانه (۰/٤۲) و تعداد دانه در ردیف (۰/۲۷) و کمترین آن به تعداد دانه در بلال ۳ درصد مربوط می‌باشد. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد در گیاه ذرت ویژگی پیچیده‌ای است و برای رسیدن به تولید بیشتر و بهبود ژنتیکی، علاوه‌بر شناخت روابط با استفاده از تجزیه علیت نبایستی عامل مهم میزان توارث‌پذیری صفات را نیز از نظر دور داشت، به‌عبارت دیگر، هرچه صفات دارای منشاء اشتراکی کمتری باشند به همان میزان موفقیت اصلاح عملکرد از طریق اجزا نیز موفقیت‌آمیزتر خواهد بود.

جدول ٦- تجزیه علیت همبستگی بین عملکرد دانه با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام روی میانگین هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای.

نام صفات	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق					
		وزن هزاردانه	عمق دانه	چوب بلال	وضعیت استقرار	ارتفاع بوته	اثر کل همبستگی
وزن هزاردانه	-٠/٥٣		٠/٠٦	٠/٠٤	٠/٠٢	٠/٠١	-٠/٣٩
عمق دانه	٠/٢٤	-٠/١٣		٠/٠٣	٠/٠٠	٠/١٣	٠/٢٨
درصد چوب بلال	-٠/٢٦	٠/٠٩	-٠/٠٣		٠/٠٤	-٠/٠٢	-٠/١٩
وضعیت استقرار	٠/٢٥	-٠/٠٤	٠/٠٠	-٠/٠٤		-٠/٠٤	٠/١٤
ارتفاع بوته	٠/٢٦	-٠/٠٣	٠/١٣	٠/٠٢	-٠/٠٤		٠/٣٤

اثر باقی‌مانده ٠/٧٤= خطا.

منابع

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

2.Arzani, A. 2005. Breeding Field Crops. Isfahan university of technology. 4th Edition, 606p. (Translated In Persian)

3.Chugan, R. 2000. General and specific combining ability of ten maize inbred lines for different traits in diallel crosses. J. Res. Seed and Plant, 15: 3. 280-295. (In Persian)

4.Crosbine, T.M., and Mock, J.J. 1981. Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in three maize breeding programs. Crop Sci. 21: 255-258.

5.Croos, H.Z. 1991. Leaf expansion rate effects on yield and yield components in early maturing maize. Crop Sci. 31: 579-583.

6.Falconer, D.S., and Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th edition Longman Inc. New York, 464p.

7.Farshadfar, E. 1999. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding (1,2). Razi University, Tagh boston, 924p. (In Persian)

8.Fountain, M.O., and Hallauer, A.R. 1996. Genetic variation within maize breeding populations. Crop Sci. 36: 26.

9.Hallauer, A.R., and Miranda, J.B. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. 468p.

10.Jafari, A.A., Connolly, V., and Walsh, E.J. 2003. Genetic analysis of yield and quality in Full-sib families of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) managements. Irish J. Agric. Food Res. 42: 275-292.

11.Jamshidiyan, A.R., and Nourizadeh, M. 2005. Design and Analysis of Experiments with Minitab14. Isfahan Arkan Press, 260p. (In Persian)
12.Lamkey, K.P., and Hallauer, A.R. 1982. Performance of high×high, high×low and low×low crosses of lines from the bsss maize synthetic. Crop Sci. 26: 1114-1118.
13.Mahmoud, I.M., Rashed, M.A., Fahmy, E.M., and Abo, D.M.H. 1990. Heterosis combining ability and types of gene action in a 6×6 diallel of maize. Proceedings of the third conference of agriculture development research, 22-24 Dec, Cairo, Egypt.
14.Mir-Hadi, M. 2002. Maize. Res. org. Agric. Eyten and Educate, 131p. (In Persian)
15.Rafii, M.Y., Saleh, G.B., and Yap, T.C. 1994. Response to simple and full sib reciprocal recurrent selection in sweet corn varieties Bakti-1 and MAS Madu. Malays. APPl. Biol. 22: 173-180.
16.Nasiri, R. 2006. SAS Stage to Stage Education. Tehran Nashr Gostar. Press 294p. (In Persian)
17.Sadek, S.E., Ahmed, M.A., and Abdel-Ganeey, H.M. 2006. Correlation and path coefficient analysis in five parents inbred lines and their six white maize (*Zea mayse* L.) single crosses develobed and grown egypt. J. Appl. Sci. Res. 2: 3. 159-167.
18.Saleh, G.B., Abdullah, D., and Anuar, A.R. 2002. Performance, heterosis and heritability in selected tropical maize single. double and three-way cross hybrids. J. Agric. Sci. Cambarjdge, 130: 21-28.
19.Sharma, S.K., Dhilon, A.S., and Malhra, V.V. 1984. Evaluation of lines of maize crossed in a dialle system, plant Breed. Abs. 54p.
20.Sharma, B.C., and Makherjee, B.K. 1985. Analysis of heterosis for number of grains in maize. Indian J. gen. 45: 240.246.
21.Smith, S.E., Kuehl, R.O., Ray, I.M., Hui, R., and Soleri, D. 1998. Evaluation of simple methods for estimating broad sense heritability in stands of randomly planted genotypes. Crop Sci. 38: 1125-1129.
22.Sriani, S.G., Saleh, B., and Ali, E.S. 2003. Heritability, Performance and correlation studies on single cross hybrids of tropical maize. Asian J. Plant Sci. 2: 51-57.
23.Vaezi, SH., Abd-Mishani, C., Yazdi-samadi, B., and GHannadha, M.R. 1999. Correlation and path analysis of grain yield and its components in maize. Iranian, J. Agric. Sci. 31: 1. 71-83. (In Persian)
24.Zinali, H., Naser-Abadi, E., Hossein-zadeh, H., Chugan, R., and sabokdast, M. 2004. Factor analysis on hybrid of cultivar grain maize. Iranian, J. Agric. Sci. 36: 4. 895-902. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Correlation, regression and path analysis for grain yield and yield components on early maturing hybrids of grain corn

***S. Amiri[1], S. Noormohamadi[2], A.A. Jafari[3] and R. Chugan[4]**

[1]Instructor, Dept. of Agronomy, Payam Noor University, [2]Instructor, Researcher of Lorestan Agricultural and Natural Resources Center Respectiviely, [3]Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, [4]Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj

Abstract

In order to investigate genetic correlation and path analysis between grain yield and yield components, fifteen early maturing hybrids of grain corn (*Zea. mays*) using a randomized complete block design with 4 replications were evaluated in Khoramabad agricultural research center, Iran. The data were collected and analyzed for ear emergence date, anthesis date, maturity date, plant height, ear height, plant stand, ear cover, grain number per row, row number per ear, grain depth, 1000- grain weight, plant value, cob percent, grain yield, stay green, stem and leaf resistante to disease. The results showed grain yield was positively correlated with plant height, ear height, grain depth, row number per ear, grain number per row, but negatively with 1000-grain weight, ear cover, cob percent and stay green. Between emergence date and maturity date and It was observed significant negative correlation stay green and leaf disease and positive significant correlation with ear height, grain depth and ear cover, suggested that late maturing hybrids with higher productivity were more resistante to diseases. The results of regression and path analysis showed that 1000-grain weigh and cob percent were correlated with yield negatively, and grain depth, plant height and plant stand were positively (R^2=0.52) and had higher effects on grain yield.

Keywords: Grain yield, Yield components, Genetic correlation, Path analysis, Regression

* Corresponding Author; Email: amiri_saeed59@yahoo.com