

بررسی منابع مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی عملکرد ذرت از طریق تجزیه علیت

محمد یزدان دوست همدانی^۱ و عبدالمجید رضایی^۲
۱- کارشناس ارشد زراعت مرکز تحقیقات کشاورزی همدان
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۱۱/۱۹

خلاصه

به منظور شناخت مبانی مرفولوژیکی - فیزیولوژیکی اختلاف عملکرد و تعیین مهم ترین صفات موثر بر عملکرد در هیبریدهای ذرت دانه‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۷۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد اجرا گردید. سیزده هیبرید ذرت دانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنوع ژنوتیپی زیادی برای صفات مختلف در هیبریدهای مورد مطالعه مشاهده شد. عملکرد دانه با ارتفاع و سطح برگ بوته، تجمع ماده خشک، طول دوره رشد، دوره قبل از کاکل‌دهی، دوره پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه، تعداد و وزن دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت. افزایش متوسط سرعت رشد و سرعت پر شدن از طریق افزایش اجزای عملکرد یعنی تعداد و وزن دانه، باعث افزایش عملکرد دانه شد. همبستگی شاخص برداشت با عملکرد دانه منفی و بسیار معنی‌دار بود. تجزیه رگرسیون مرحله‌ای و تجزیه علیت نشان داد که حداکثر اختلاف در عملکرد دانه بین هیبریدها را می‌توان به متوسط سرعت پر شدن دانه نسبت داد. همچنین بر اساس نتایج حاصل از تجزیه علیت در بین اجزای عملکرد، تعداد دانه در بلال بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت و مهم‌ترین جز عملکرد دانه بود. وزن دانه تحت تاثیر دوره و سرعت پر شدن دانه و تعداد دانه در بلال واقع شد. با این حال، سرعت پر شدن دانه مهم‌ترین عامل موثر بر وزن دانه بود. در مجموع به نظر می‌رسد که متوسط سرعت پر شدن دانه به دلیل ارتباط با کلیه عوامل موثر در عملکرد و اثر تعیین کننده‌ای که بر عملکرد دانه دارد، معیاری مناسب جهت بررسی توان تولید در ژنوتیپ‌های ذرت دانه‌ای است و در برنامه‌های به نژادی برای بهبود عملکرد دانه باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، رگرسیون مرحله‌ای، سرعت رشد، ضرایب همبستگی.

و فیزیولوژیکی که زمینه‌ساز این افزایش در عملکرد بوده‌اند به خوبی شناخته نشده‌اند (۲۱). اگر منابع تنوع در عملکرد و اجزای آن شناخته شوند ممکن است بتوان راههایی را برای بهبود پتانسیل عملکرد از طریق اصلاح گیاهان زراعی و یا بهبود عملیات زراعی مشخص نمود (۱۳). در این رابطه والاس و همکاران (۲۳) بیان داشته‌اند که به نظر می‌رسد موثرترین روش اصلاح برای عملکرد بیشتر شناخت دلایل مرفولوژیکی - فیزیولوژیکی اختلاف عملکرد و پیدا کردن کنترل ژنتیکی آنها باشد.

مقدمه

عملکرد دانه خصوصیت پیچیده‌ای است که تحت تاثیر تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌باشد. نمود قابل اندازه‌گیری این فرآیندها در صفات نمودی، مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی تجلی می‌یابد (۱۵). کنترل ژنتیکی عملکرد به طور غیر مستقیم و از طریق اجزای فیزیولوژیکی است که با عملکرد اقتصادی همبستگی دارند (۲۳). اگر چه عملکرد گیاهان زراعی طی دهه‌های قبل افزایش یافته است اما فرآیندهای مرفولوژیکی

گیاه همبستگی مثبت بالایی با عملکرد دانه داشت و اختلاف عملکرد بین جمعیت‌های مورد مطالعه عمدتاً ناشی از تنوع در تعداد دانه در گیاه بود. این محققین اظهار داشتند که اصلاح‌گران ذرت به جای انتخاب مستقیم برای عملکرد دانه باید، انتخاب برای تعداد دانه در گیاه را در نظر بگیرند. همچنین تلاش‌هایی در جهت شناخت روابط بین صفات و مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد در سایر گیاهان زراعی نیز به عمل آمده است (۲، ۴ و ۱۵).

مطالعه حاضر با هدف شناخت مهم‌ترین صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک موثر در عملکرد دانه و تعیین سهم نسبی آنها به منظور دستیابی به معیارهای گزینش در برنامه‌های به نژادی انجام گردید.

مواد و روشها

این آزمایش در سال ۱۳۷۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان و در منطقه لوک شهرستان نجف آباد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی اجرا گردید. ارتفاع مزرعه از سطح دریا حدود ۱۶۳۰ متر می‌باشد و طبق تقسیم‌بندی کوپن در اقلیم خشک بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک جای دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی است. زمین محل آزمایش در سال قبل آیش بود. در بهار عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم بهاره و دوبار دیسک عمود بر هم انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۸/۵ متر و با فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل ۱۳ هیبرید ذرت دانه‌ای (سینگل کراس‌های ۱۰۸، ۲۰۴، ۳۰۱، ۳۰۳، ۳۰۵، ۴۶A، ۶۰۴، ۶۴۷، ۷۰۴، ۷۱۱ و هیبریدهای آزمایشی با شماره‌های ۳ و ۵ و نیز دابل کراس ۳۷۰) بودند که بذر آنها از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید.

عملیات کاشت بصورت هیرم‌کاری و در تاریخ ۴ خرداد ماه انجام شد. بذور ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پس از ضدعفونی با سم

اکثر برنامه‌های به نژادی گیاهان زراعی در درجه اول بر مبنای انتخاب تک بوته‌های برتر از نظر عملکرد و در درجه دوم ترکیب خصوصیات مطلوب زراعی مانند مقاومت به بیماری‌ها، حشرات، خوابیدگی و غیره انجام می‌شوند. از آنجا که این روش‌ها پر هزینه و وقت‌گیر هستند و علاوه بر این انتخاب مستقیم برای عملکرد چندان موفقیت‌آمیز نمی‌باشد و منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در اجزای عملکرد نمی‌گردد، استفاده از اجزای عملکرد و صفات مرفولوژیک یا فیزیولوژیک مناسب به عنوان شاخص‌های غیر مستقیم انتخاب جهت حصول پیشرفت بیشتر در افزایش عملکرد پیشنهاد شده است (۱۰، ۱۱ و ۲۵). دونالد در ۱۹۶۸ اصطلاح تیپ ایده‌آل را برای توصیف ارقام حاصل از این روش به کار برد (۹). نخستین گام در جهت استفاده از این خصوصیات در برنامه‌های به نژادی، شناخت مهم‌ترین صفاتی است که پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌ها را افزایش می‌دهند. یکی از روش‌های مناسب برای تعیین و شناسایی خصوصیات یا فرایندهای موثر بر افزایش عملکرد، مقایسه فیزیولوژیک بین ژنوتیپ‌های پر محصول و کم محصول است. روش دیگر برای شناسایی صفات گیاهی مرتبط با عملکرد تعیین همبستگی‌های فنوتیپی بین آنها و عملکرد است. صفاتی که همبستگی معنی‌داری با عملکرد نداشته باشند، دارای کاربرد عملی در برنامه‌های اصلاحی نیستند (۲۰ و ۲۳).

در مطالعات متعددی (۱۰، ۱۱، ۲۴ و ۲۵) صفات مختلف مرفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد دانه ذرت شناسایی شده‌اند. گاردنر و همکاران (۱۴) برتری عملکرد هیبریدهای جدید ذرت را به افزایش سطح برگ، تعداد و وزن دانه، سرعت و دوره پر شدن دانه و سرعت رشد نسبت داده‌اند.

ویلمن و همکاران (۲۴) گزارش کردند که عملکرد دانه بیشتر هیبریدهای جدید ذرت در ارتباط با مقاومت به خوابیدگی ساقه، افزایش دوره پر شدن دانه، پیری دیررس، کاهش اندازه گل آذین نر و آرایش عمودی برگ‌ها می‌باشد. دویر و همکاران (۱۱) با بررسی ۹ هیبرید تجاری ذرت از سه گروه رسیدگی گزارش کردند که دوره پر شدن دانه و شاخص برداشت بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه دارند و پیشنهاد کردند که در نظر گرفتن این صفات در انتخاب موثر ژنوتیپ‌های ذرت مفید خواهد بود. در مطالعه کرک و کاننبرگ (۶) تعداد دانه در

(GDD) تجمعی طول فصل رشد از فرمول زیر محاسبه گردید (۳ و ۱۱):

$$GDD = \sum \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \right]$$

در این فرمول GDD شاخص حرارتی تجمعی طی فصل رشد، T_{min} و T_{max} حداکثر و حداقل درجه حرارت روزانه با حد بالایی ۳۰ و پایینی ۱۰ درجه سانتی‌گراد، و T_b درجه حرارت پایه می‌باشد که برای ذرت ۱۰ درجه سانتی‌گراد منظور گردید (۳ و ۱۰). متوسط سرعت رشد و متوسط سرعت پر شدن دانه بر حسب گرم در متر مربع در ۱۰ درجه - روز رشد بصورت زیر محاسبه گردیدند:

۱۰ × (مجموع درجه روز رشد طی فصل رشد / عملکرد بیولوژیکی) = متوسط سرعت رشد

۱۰ × (مجموع درجه روز رشد دوره پر شدن دانه / عملکرد دانه یک متر مربع) = متوسط سرعت پر شدن دانه

اعداد حاصل از هر واحد آزمایشی به عنوان نمود فنوتیپی هیبریدها محسوب گردیدند و در محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفتند. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی به ترتیب از نسبت جذر میانگین مربعات ژنوتیپها (تیمار) و جزء متشکله واریانس ژنوتیپها به میانگین به دست آمدند. ضرایب همبستگی بین صفات و تجزیه رگرسیون مرحله‌ای بین عملکرد دانه و سایر صفات (۱) با استفاده از برنامه کامپیوتری اس - آ - اس (SAS) محاسبه گردید. به منظور درک بهتر روابط میان صفات مختلف تجزیه علیت (۸) انجام شد و ضرایب همبستگی به اثر مستقیم و غیر مستقیم تجزیه شدند.

نتایج و بحث

ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، دامنه تغییرات و میانگین صفات مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده‌اند. ضریب تغییرات ژنوتیپی جزئی از ضریب تغییرات فنوتیپی می‌باشد و از این رو مقدار آن همواره کمتر از ضریب تغییرات فنوتیپی است. اختلاف ناچیز موجود بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای صفات مورد مطالعه نشان می‌دهد که بخش عمده تنوع موجود ناشی از تفاوت ژنوتیپی می‌باشد و محیط تاثیر اندکی دارد. وجود تنوع ژنتیکی در برنامه‌های به نژادی به منظور اصلاح برای صفات برتر در گیاهان زراعی ضروری است. دامنه تغییرات و ضریب تغییرات ژنوتیپی موجود، اختلاف بین هیبریدها را نمایان می‌سازد.

کاربوکسین تیرام در عمق تقریبی ۵ سانتی‌متر با دست بر روی پشته‌ها کاشته شدند. آبیاری بصورت نشتی و بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت.

حدوداً در زمان انتقال از رشد رویشی به زایشی (مرحله ۵ تا ۶ برگ) معادل ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بین ردیف‌های کاشت پخش شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. طی دوره رشد و در مواقع لازم، وجین علفهای هرز با دست انجام شد. برای مبارزه با آفات از سموم اکامت و دیازینون استفاده گردید.

تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور کاکل در ۵۰ درصد گیاهان هر کرت و تا وقوع رسیدگی فیزیولوژیکی (بر مبنای تشکیل لایه سیاه در پایه دانه‌ها) به ترتیب به عنوان زمان کاکل دهی و طول دوره رشد تعیین گردید. تفاوت طول این دو مرحله به عنوان دوره پر شدن دانه در نظر گرفته شد. در زمان کاکل‌دهی، با در نظر گرفتن حاشیه، ۱۰ بوته متوالی از هر کرت بطور تصادفی برداشت شده و پس از اندازه‌گیری ارتفاع (از محل طوقه تا انتهای انشعاب اصلی گل آذین نر) و سطح برگ بوته [از رابطه: بزرگترین عرض برگ × طول برگ × ۰/۷۵ = سطح برگ (۱۲)] وزن خشک گیاه اندازه‌گیری و سپس برای یک بوته میانگین‌گیری شد. برای خشک کردن نمونه‌های گیاهی از آن تهویه‌دار با دمای حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. توزین نمونه‌ها با دقت ۰/۰۱ گرم انجام گردید. به منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی و اجزا عملکرد، پس از وقوع رسیدگی فیزیولوژیکی برای هر هیبرید، سطحی معادل یک متر مربع از هر کرت برداشت و وزن خشک کل به عنوان عملکرد بیولوژیکی اندازه‌گیری گردید. متوسط تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در هر ردیف تعیین شد و تعداد دانه در بلال از حاصل ضرب این دو صفت بدست آمد. عملکرد دانه برای سطحی معادل ۴ متر مربع از ۲ ردیف میانی هر کرت و با رعایت حاشیه تعیین شد و بر مبنای ۱۴ درصد رطوبت تنظیم گردید. وزن صد دانه با ۶ مرتبه نمونه‌برداری از عملکرد دانه هر کرت به دست آمد و شاخص برداشت با استفاده از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی محاسبه شد.

با استفاده از آمار درجه حرارت روزانه هوا که از ایستگاه هواشناسی نجف آباد تهیه شد میزان درجه - روز رشد^۱

جدول ۱- ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، دامنه تغییرات و میانگین صفات مختلف در ۱۳ هیبرید ذرت دانه‌ای

ضریب تغییرات				
ژنوتیپی	فنوتیپی	دامنه تغییرات	میانگین	
۲۸/۳۰	۲۸/۴۱	۸۱۵/۲-۱۸۹۹/۵	۱۳۳۴/۹	وزن خشک در کاکل دهی (گرم در مترمربع)
۲۴/۰۶	۲۴/۲۱	۰/۳۲-۰/۶۹	۰/۵۰	سطح برگ در کاکل دهی (مترمربع در بوته)
۹/۱۲	۹/۳۶	۲۴۳/۸-۳۱۶/۳	۲۸۱/۸	ارتفاع بوته (سانتیمتر)
۸/۰۰	۸/۱۱	۱۰۶-۱۳۷/۳	۱۲۵/۴	طول دوره رشد (روز)
۷/۴۵	۷/۵۳	۵۹-۷۴	۶۸/۲	طول دوره قبل از کاکل دهی (روز)
۹/۴۶	۹/۵۴	۴۷-۶۳/۳	۵۷/۲	دوره پرشدن دانه (روز)
۶/۹	۷/۱	۱۵/۲-۱۸/۳	۱۷	تعداد ردیف دانه
۷/۸۵	۸/۱۱	۲۵/۵-۳۴/۲	۳۰/۲	تعداد دانه در ردیف
۱۱/۷۵	۱۱/۹۲	۳۹۲/۹-۵۹۴	۵۱۶/۴	تعداد دانه در بلال
۶/۴۹	۶/۵۲	۲۰/۲-۲۴/۹	۲۳/۱	وزن صد دانه (گرم)
۱۵/۷۴	۱۵/۹۹	۹۰۵۶/۳-۱۵۹۷۱/۶	۱۳۴۱۶/۶	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۲۰/۹۹	۲۱/۶۳	۱۵۵۵/۸-۳۳۳۸/۱	۲۴۹۳/۶	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)
۶/۱۱	۶/۲۴	۴۱/۹-۵۱/۲	۴۷/۷	شاخص برداشت (درصد)
۱۱/۵۰	۱۱/۹۵	۱۳/۶-۱۹/۹	۱۷/۵۳	متوسط سرعت پرشدن دانه (گرم در مترمربع در ۱۰ درجه - روز رشد)
۱۵/۱۸	۱۵/۵۲	۱۱/۳-۱۹/۳	۱۵/۴۲	متوسط سرعت رشد محصول (گرم در مترمربع در ۱۰ درجه - روز رشد)

معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. هانتز (۱۶) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ با یکدیگر و با عملکرد دانه گزارش کرد. ساقه‌های بلندتر با سطح سبز بیشتر در جذب نور و فتوسنتز برتری دارند و از طریق بهبود فراهمی مواد پرورده در عملکرد نهایی موثر خواهند بود. در این مطالعه نیز ارتفاع بوته و سطح برگ بوته همبستگی بالایی ($r=0.95^{**}$) با یکدیگر داشتند. طالبیان (۳) همبستگی طول دوره رشد، سطح برگ و سرعت رشد محصول را با عملکرد دانه مثبت و

بررسی ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده روی هیبریدهای مورد مطالعه (جدول ۲) نشان داد که ارتفاع بوته، سطح برگ بوته، وزن خشک بوته در زمان کاکل‌دهی، طول دوره قبل از کاکل‌دهی، دوره پر شدن دانه، کل دوره رشد، عملکرد بیولوژیکی، متوسط سرعت رشد محصول و متوسط سرعت پر شدن دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. در بین اجزای عملکرد، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف دانه و وزن دانه همبستگی مثبت و

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات در هیبریدهای مورد مطالعه^۱

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱- عملکرد دانه															
۲- شاخص برداشت	۰/۸۷														
۳- عملکرد بیولوژیکی	۰/۹۸	۰/۹۵													
۴- دوره کاشت تا کاکل دهی	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۹۳												
۵- دوره پرشدن دانه	۰/۹۰	۰/۸۳	۰/۹۰	۰/۸۱											
۶- طول دوره رشد	۰/۹۶	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۵										
۷- وزن خشک در کاکل دهی	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۸۶	۰/۹۵	۰/۹۵									
۸- سطح برگ در کاکل دهی	۰/۹۶	۰/۸۹	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۸۴	۰/۹۴	۰/۹۷								
۹- ارتفاع بوته	۰/۹۰	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۷۵	۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۹۵							
۱۰- تعداد ردیف دانه	۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۵۱	۰/۶۳	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۴						
۱۱- تعداد دانه در ردیف	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۲۶					
۱۲- تعداد دانه در بلال	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۷۹	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۷۶	۰/۸۲	۱				
۱۳- وزن صد دانه	۰/۸۱	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۱۰۷	۰/۵۸	۱			
۱۴- متوسط سرعت پرشدن دانه	۰/۹۶	۰/۸۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۶۳	۰/۸۴	۰/۷۲	۱		
۱۵- متوسط سرعت رشد محصول	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۴۶	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۲	۰/۹۵	۱

۱- ضرایب همبستگی بزرگتر از ۰/۵۵۳ و کوچکتر از ۰/۵۵۳- در سطح احتمال ۵ درصد و ضرایب همبستگی بزرگتر از ۰/۶۸۴ و کوچکتر از ۰/۶۸۴- در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می‌باشند.

رشد بالاتری داشتند، تعداد دانه بیشتری تولید کردند (**۰/۹۰ \leq r). این رابطه توسط تولنار و همکاران (۲۲) نیز بیان شده است. افزایش متوسط سرعت رشد در هیبریدهای مورد مطالعه، افزایش وزن دانه را در پی داشت (**۰/۸۲ \leq r). سرعت رشد بیشتر بیانگر تولید بیشتر مواد پرورده در گیاه است و با وزن دانه ارتباط دارد. در مطالعه کرک و کانبرگ (۶) نیز به همبستگی مثبت وزن دانه و عملکرد اشاره گردیده است.

همبستگی شاخص برداشت با طول دوره رشد (**۰/۸۸ \leq r) و عملکرد دانه (**۰/۸۷ \leq r) منفی و بسیار معنی دار بود. نتایج مشابهی توسط طالبیان (۳) و پریهار و استوارت (۱۹) گزارش شده است.

به منظور شناخت مهم‌ترین صفات توجیه کننده عملکرد، از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای استفاده گردید. در این تجزیه که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است، عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات مورد بررسی به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. در مدل حاصل، متوسط سرعت پر شدن دانه نخستین متغیری بود که وارد مدل شد و به تنهایی ۹۱/۵ درصد از تغییرات عملکرد بین هیبریدها را توجیه نمود.

معنی دار گزارش کرد. در مطالعات انجام شده (۳، ۱۱ و ۲۲) همبستگی مثبتی بین تجمع ماده خشک و عملکرد دانه مشاهده شده است. تولنار (۲۱) نیز با بررسی ۹ هیبرید معرفی شده از ۱۹۵۹ تا ۱۹۸۸ همبستگی بین شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول با عملکرد دانه را مثبت و معنی دار گزارش کرد. کرک و کانبرگ (۶) گزارش کردند که با افزایش دوره قبل از کاکل دهی ارتفاع و سطح برگ بوته افزایش یافت که منجر به افزایش عملکرد شد. افزایش طول دوره قبل از کاکل دهی از طریق افزایش سطح برگ (**۰/۹۴ \leq r) و تامین مواد پرورده بیشتر طی دوره پر شدن دانه می‌تواند عملکرد دانه را افزایش دهد. از طرف دیگر چون نمو بلال در دوره قبل از کاکل دهی انجام می‌شود، افزایش طول این دوره تعداد دانه در بلال را افزایش داد (**۰/۹۵ \leq r). تعداد دانه تابعی از تجمع ماده خشک است. تولنار و همکاران (۲۲) بهبود عملکرد هیبریدهای جدید ذرت نسبت به هیبریدهای قدیمی را به تجمع بیشتر ماده خشک و افزایش تعداد دانه در گیاه نسبت دادند. همبستگی مثبت بین تعداد دانه و عملکرد دانه در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۶ و ۲۴). هیبریدهایی که متوسط سرعت

بنابراین در برنامه‌های به نژادی جهت افزایش عملکرد باید مورد توجه قرار گیرد. وزن دانه اثر مستقیم کمتری بر عملکرد داشت. آگرا (۵) نیز گزارش نمود که تعداد دانه در بلال و وزن دانه، بزرگترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه دارند و می‌توانند به عنوان صفات بالقوه در اصلاح ذرت جهت بدست آوردن لاین‌های مطلوب سودمند باشند.

وزن دانه طی دوره پر شدن دانه و در نتیجه تجمع مواد پرورده در دانه‌ها تعیین می‌شود. تجزیه علیت برای وزن دانه (جدول ۶) نشان داد که سرعت پر شدن دانه بزرگترین اثر مستقیم را بر وزن دانه دارد و بنابراین مهم‌ترین عامل در تنوع وزن دانه است. اثر مثبت سرعت پر شدن دانه باعث افزایش وزن دانه می‌شود. طول دوره پر شدن دانه نیز اثر مستقیم و مثبتی بر وزن دانه داشت. در این مورد نیز با ثابت ماندن دو عامل دیگر، افزایش دوره پر شدن دانه باعث افزایش وزن دانه می‌گردد. تعداد دانه در گیاه علیرغم همبستگی مثبتی که با وزن دانه داشت، اما اثر مستقیم آن بر وزن دانه منفی و بسیار قابل ملاحظه بود. بدین معنی که اگر دوره و سرعت پر شدن دانه در حد ثابتی باقی بمانند، افزایش تعداد دانه در گیاه وزن دانه را کاهش می‌دهد که با احتساب مقدار کمتر ماده پرورده برای هر دانه قابل توجیه است.

از آنجا که اثر مستقیم و مثبت سرعت و دوره پر شدن دانه نسبت به اثر منفی تعداد دانه بزرگتر بود، افزایش همزمان این سه عامل که در هیبریدهای دارای عملکرد بیشتر مشاهده شد، وزن دانه را افزایش می‌دهد. این نتایج با یافته‌های اوتاوینو و کاموسی (۱۷) و پونه لیت و اگلی (۱۸) مطابقت دارد. این محققین گزارش کردند که تنوع در وزن دانه به طور عمده به سرعت پر شدن دانه بستگی دارد و قسمت کمتری از تنوع در این صفت ناشی از دوره پر شدن دانه است. همچنین اثر منفی اندازه بلال بر وزن دانه نیز گزارش شده است (۱۷ و ۱۸).

به طور کلی و با توجه به نتایج حاصل، حداکثر تنوع عملکرد هیبریدها را می‌توان به سرعت پر شدن دانه نسبت داد و طول دوره پر شدن دانه در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه سرعت پر شدن دانه وابسته به دوره قبل از کاکل‌دهی و متاثر از اندازه منبع و فراهمی مواد پرورده است، به نظر می‌رسد که افزایش طول دوره قبل از کاکل‌دهی نسبت به دوره پر شدن

پس از آن در مرحله دوم، طول دوره پر شدن دانه به مدل اضافه گردید و همراه با متوسط سرعت پر شدن دانه ۹۹/۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. عملکرد دانه ذرت را می‌توان حاصل ضرب سرعت پر شدن دانه (گرم در متر مربع در روز) در طول دوره پر شدن دانه به شمار آورد. دوویر و همکاران (۱۱) و گاردنر و همکاران (۱۴) نیز همبستگی مثبت سرعت پر شدن دانه با عملکرد را گزارش کرده‌اند. در مطالعه کرک و کانبرگ (۶) ژنوتیپ‌هایی که سرعت پر شدن دانه بیشتری داشتند هر چند که دوره پر شدن دانه آنها کوتاهتر بود، اما عملکردهای بیشتری تولید کردند. داینارد و همکاران (۷) ارتباط خطی معنی‌داری را بین طول دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه برای سه هیبرید ذرت در تراکم‌های مختلف مشاهده کردند و ۷۰ تا ۸۰ درصد اختلاف عملکرد هیبریدها را به تفاوت در طول دوره پر شدن دانه نسبت دادند.

به منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج حاصل از همبستگی‌های ساده و رگرسیون مرحله‌ای، متغیرهای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون مرحله‌ای مورد تجزیه علیت قرار گرفتند (جدول ۴). نتایج تجزیه علیت نیز تأیید نمود که متوسط سرعت پر شدن دانه اثر مستقیم بزرگتری (** ۰/۶۳۳) بر عملکرد دانه دارد. بدین ترتیب تنوع در عملکرد دانه بین هیبریدهای مورد مطالعه عمدتاً به سرعت پر شدن دانه بستگی دارد و این صفت مهم‌ترین عامل توجیه کننده عملکرد است. اوتاوینو و کاموسی (۱۷) نیز در رابطه با هیبریدهای مختلف ذرت در محیط‌های متفاوت نتیجه گرفتند که سرعت و دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه در ارتباط هستند، اما سرعت پر شدن دانه نقش مهم‌تری دارد.

نتایج تجزیه علیت برای عملکرد دانه و اجزای آن در جدول ۵ آورده شده است. اجزای عملکرد ذرت شامل تعداد بلال در گیاه، تعداد دانه در بلال و وزن دانه می‌باشند، اما به دلیل اینکه تعداد بلال بین هیبریدهای مورد مطالعه متغیر نبود و هیچ ارتباطی با تنوع عملکرد هیبریدها نداشت وارد مدل نگردید. اثر مستقیم و مثبت تعداد دانه در بلال و وزن دانه بر عملکرد نشان می‌دهد که افزایش هر یک از این دو جزء در افزایش عملکرد دانه موثر بوده است. تعداد دانه در بلال بزرگترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (** ۰/۶۹۳) و مهم‌ترین جز عملکرد بود،

جدول ۳- تجزیه رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه

متغیر	عرض از مبدأ		ضرائب رگرسیون	ضریب تشخیص
	b1	b2		
متوسط سرعت پرشدن دانه	-۳/۷۷	/۹۸	-	۰/۹۱۵
دوره پرشدن دانه	-۷/۸۲	۰/۱۷	/۶۵	۰/۹۹۸
مقدار F برای ضرائب در معادله نهائی	۱۰۸۵/۱۲*** . ۷۷۹/۲۰***		۱۶۶۵/۳۲***	

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۴- تجزیه ضرایب همبستگی سرعت و دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیر مستقیم

اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق		ضریب همبستگی
	متوسط سرعت پرشدن دانه	دوره پرشدن دانه	
متوسط سرعت پرشدن دانه	۰/۶۳۳***	-	۰/۹۵***
دوره پرشدن دانه	۰/۴۳۴***	۰/۴۶۸	۰/۹۰***

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۵- تجزیه ضرایب همبستگی اجزای عملکرد با عملکرد دانه به اثر مستقیم و غیر مستقیم

اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق		ضریب همبستگی
	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	
تعداد دانه در بلال	۰/۶۹۳***	-	۰/۹۳***
وزن صد دانه	۰/۴۰۷***	۰/۴۰۲	۰/۸۱***

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۶- تجزیه ضرایب همبستگی به اثر مستقیم و غیر مستقیم برای وزن صد دانه

اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			ضریب همبستگی
	(1)	(2)	(3)	
(1) دوره پرشدن دانه	۰/۸۳۷***	۰/۹۶۴	-۱/۰۲۳	۰/۷۸***
(2) سرعت پرشدن دانه	۱/۳۰۳***	-	-۱/۲۰۴	۰/۷۲***
(3) تعداد دانه در بلال	-۱/۲۹۵***	۱/۲۱۲	-	۰/۵۸***

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

تعداد دانه بیشتری را نیز دارا باشند. از این نتایج استنباط می‌شود که پتانسیل قابل توجهی برای بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش راندمان سرعت پر شدن دانه وجود دارد و باید در برنامه‌های به نژادی مورد توجه واقع شود.

دانه می‌تواند مزیتی در افزایش عملکرد باشد. سرعت پر شدن دانه مهم‌ترین نقش را در افزایش وزن دانه داشت و با تعداد دانه هم در ارتباط بود، بدین طریق که تعداد دانه و سرعت پر شدن دانه هر دو محصول فراهمی مواد پرورده بوده و بنابراین می‌توان انتظار داشت که ژنوتیپ‌های دارای سرعت پر شدن دانه بیشتر

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. رضائی، ع.، و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. شهسوار، م. ر.، و غ. ح. شیر اسماعیلی. ۱۳۷۶. تجزیه همبستگی صفات مختلف در نه رقم سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) به روش علیت. نهال و بذر. جلد ۱۳. شماره ۳: ۸-۱.
۳. طالبیان. مشهدی، م. ۱۳۷۲. اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد سه هیبرید ذرت در منطقه اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۴. نخفروش، ع. ر.، ع. کوچکی و ع. ر. باقری. ۱۳۷۷. بررسی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک موثر بر عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف عدس. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱. شماره ۱: ۳۶-۲۰.
5. Agrama, H. A. S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. *Plant Breeding* 115: 343-346.
6. Corke, H., and L. W. Kannenberg. 1989. Selection for vegetative phase and actual filling period duration in short season maize. *Crop Sci.* 29: 607-612.
7. Daynard, T. B., J. W. Tanner, and W. G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. *Crop Sci.* 11: 45-48.
8. Dewey, D. R., and K. H. Lu. 1959. A correlation and path – coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51: 515-518.
9. Donald, C. M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17: 385-403.
10. Dwyer. L. M., R. I. Hamilton, H. N. Hayhoe, and W. Royds. 1991. Analysis of biological traits contributing to grain yield of short – to mid – season corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 71: 535-541.
11. Dwyer. L. M., B. L. Ma, L. Evenson and R. I. Hamilton. 1994. Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid – to short season environments. *Crop Sci.* 34: 985-992.
12. Fakorde, M. A. B., and J. J. Mock. 1978. Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. *Euphytica* 27: 397-409.
13. Fraser, J., and G. W. Eaton. 1983. Applications of yield component analysis to crop research. *Field Crop Abst.* 36: 787-797.
14. Gardner, F. P., R. Valle, and D. E. McCloud. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agron. J.* 82: 864-868.
15. Hobbs, S. L. A., and J. D. Mahon. 1982. Variation, heritability, and relationship to yield of physiological characters in peas. *Crop Sci.* 22: 773-779.
16. Hunter, R. B. 1980. Increased leaf area (source) and yield of maize in short – season areas. *Crop Sci.* 20: 571-574.
17. Ottaviano, E., and A. Camussi. 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. *Euphytica* 30: 601-609.
18. Poneleit, C G., and D. B. Egli. 1997. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. *Crop Sci.* 19: 385-388.
19. Prihar, S. S., and B. A. Stewart. 1990. Using upper – bound slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agron. J.* 82: 1160-1165.

20. Slafer, G. A., and F. H. Andrade. 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world. A review. *Euphytica* 58: 37-52.
21. Tollenaar, M. 1991. Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 31: 119-124.
22. Tollenaar, M., L. M. Dwyer, and D. W. Stewart. 1992. Ear and Kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32: 432-438.
23. Wallace, D. H., J. L. Ozburn, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. *Adv. Agron.* 24: 97-146.
24. Willman, M. R., F. E. Below, R. J. Lambert, A. E. Howey, and D. W. Mies. 1987. Plant traits related to productivity of maize. I. Genetic variability, environmental variation, and correlation with grain yield and stalk lodging. *Crop Sci.* 27: 1116-1121.
25. Willman, M. R., F. E. Below, R. J. Lambert, A. E. Howey, and D. W. Mies. 1987. Plant traits related to productivity of maize. II. Development of multiple trait models. *Crop Sci.* 27: 1122-1126.

A Study of Morphological and Physiological Basis of Corn Yield through Path Analysis

M.YAZDAN DOOST HAMEDANI¹ AND A.REZAI²

1-M.Sc. in Agronomy, Ag. Res. Center of Hamedan, Iran.

2-Prof., Isfahan University of Technology, Iran.

Accepted Feb. 7, 2001

SUMMARY

In order to identify the morphological and physiological basis for yield variation and to determine the most important traits affecting yield in grain corn hybrids, an experiment was conducted in Agricultural Research Farm, Isfahan University of Technology in 1996. Thirteen corn hybrids were studied in a randomized complete block design with three replications. High genotypic variation was observed for all different traits in the studied hybrids. Grain yield had positive significant correlation with plant height and leaf area, dry matter accumulation, growth period, days to silking, grain filling period duration, grain filling rate, kernel number per ear, and kernel weight. The increase in average growth and grain filling rates increased grain yield. The coefficient of correlation between harvest index and grain yield was negative and significant. Stepwise regression and path analysis indicated that the maximum grain yield differences observed among hybrids, can be attributed to average grain filling rate. Also, path analysis revealed that the number of kernel per ear was the most important yield component. Kernel weight was affected by grain filling period and important rate, as well as the number of kernels per ear, but grain filling rate was the most important determining factor in kernel weight. In general, it seems that average grain filling rate, because of its relationship with all of the yield components and its determinant effect on grain yield, is a suitable criterion for evaluating the productivity of corn genotypes.

Key words: Correlation coefficients, Growth rate, Stepwise regression, Yield components.