مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۲ ، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۸۹

مجله پژوهش‌های به زراعی

تجزیه و تحلیل همبستگی و روابط علّیت عملکرد دانه و صفات وابسته در ذرت دانه‌ای در شرایط تنش خشکی

محمد گلباشی[۱]، خداداد مصطفوی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی نانوبیوتکنولوژی دانشگاه تهران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش:۹۰/۰۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی، زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد ۳۴ رقم ذرت هیبرید و همچنین بررسی مهمترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط تنش خشکی (۸۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک) و آبیاری مطلوب (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک) درسال ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی بین هیبریدها از نظر کلیه صفات اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. در شرایط آبیاری مطلوب هیبرید تجاری سینگل کراس ۵۰۰ و در شرایط تنش خشکی هیبرید ۱۱ از بیشترین مقدار عملکرد دانه (به ترتیب ۱۳/۷۹ و ۵/۶۹ تن در هکتار) برخوردار بودند. نتایج تحقیق نشان داد که در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در ردیف بلال دارای بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه می‌باشد، در حالیکه در شرایط آبیاری مطلوب همبستگی قطر بلال با عملکرد دانه بیشتر از سایر صفات مورد مطالعه بود. در وضعیت تنش خشکی وزن ۱۰ بلال دارای بیشترین اثر مستقیم و وزن ۳۰۰ دانه دارای کمترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی بر عملکرد دانه مربوط به تعداد دانه در ردیف از طریق طول بلال بود.

واژه های کلیدی: تجزیه مسیر ، ذرت دانه‌ای، رگرسیون گام به گام، همبستگی ساده

---

*نگارنده مسئول (mostafavi@kiau.ac.ir)

مقدمه

در مناطق خشک کافی نبودن آب، وجود گرمای شدید و هوای بسیار خشک، تولید گیاهان را محدود می‌کند. استرس خشکی یکی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شود. ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی چهارکربنه است که در جهان سومین محصول مهم غذایی بعد از گندم و برنج می باشد و غذای اصلی میلیون‌ها انسان است (گلباشی و همکاران، ۱۳۸۸). ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می رود که در ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی ایران کاشته می شود و تولید ۲/۸ درصد از کل غلات را به خود اختصاص داده است (F.A.O., 2005). پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۲۰ تقاضا برای ذرت ۴۵ درصد افزایش یابد. ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلیمتر در زمره مناطق خشک طبقه بندی می‌شود (شعاع حسینی و همکاران، ۱۳۸۸). رایج‌ترین تعریف خشکی در کشاورزی توسط ادمیدز و همکاران (Edmeadds *et al*., 1989) مطرح شده است. آنها معتقدند که کمبود یا تنش رطوبت هنگامی افزایش می یابد که تقاضای تبخیر اتمسفر بالای برگ ها (تبخیر و تعرق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر و تعرق واقعی) بیشتر شود. از نظر فیزیولوژی این تعریف، رایج ترین تعریف خشکی می باشد. محقق دیگری مکانیزم های مقاومت به خشکی را به مکانیزم های گریز از خشکی، اجتناب از خشکی و تحمل به خشکی تقسیم کرده است که برای اصلاح آن، وجود تنوع ژنتیکی کافی برای صفات مرتبط با این مکانیزم ها جهت پاسخ به تنش خشکی لازم بوده و برای استفاده موثر از منابع ژرم‌پلاسم در اصلاح نباتات و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در جمعیت‌ها، تعیین ویژگی ها و ارزیابی آنها ضروری است (Levitte, 1972).

میزان آب مورد نیاز ذرت بسته به شرایط محیطی و غذایی بین ۴ الی ۷ و حداکثر ۹ هزار متر مکعب در هکتار است. کمبود آب در مدت ۳۰ تا ۴۰ روز پس از تشکیل دانه، یعنی زمانی که مواد غذایی به شدت در دانه ها ذخیره می گردد باعث کاهش عملکرد می گردد. عملکرد دانه کاربردی ترین شاخص برای شناسایی ارقام سازگار به محیط های واجد تنش است (شیری، ۱۳۷۹). با این حال در محیط های پر تنش عملکرد دانه به تنهایی همیشه مفیدترین و یا ساده ترین صفت انتخابی نیست. برای شناسایی ارقام سازگار به محیط های پر تنش ضمن ارزیابی عملکرد محصول استفاده از صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با عملکرد و موثر بر تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ های مختلف توصیه شده است (عبدمیشانی و شاه‌نجات بوشهری، ۱۳۷۶ و اهدائی، ۱۳۷۳). در تحقیقی بر روی ذرت بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری کامل بدست آمده و تنش آبی موجب ۴۰٪ کاهش محصول شده است (Caker, 2004). در آزمایش دیگری که برای بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای انجام دادند به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، طول بلال و تعداد دانه هر بلال از نظر آماری اختلاف معنی داری داشتند، ولی صفات تعداد ردیف هر بلال، وزن هزار دانه و شاخص برداشت اختلاف معنی داری نداشتند (شعاع‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) همچنین بیان کردند که تنش در مرحله رویشی و گل دهی، صفات مورد بررسی را بیشتر تحت تاثیر قرار داد و در بین اجزای عملکرد ذرت، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و قطر بلال بیشترین همبستگی را با عملکرد نشان دادند.

Shaozhang, *et al* (2000) طی آزمایشی بر روی ذرت نتیجه گرفتند که کمبود آب خاک در مرحله گیاهچه ای تاثیر معنی داری بر روی عملکرد دانه ندارد اما گیاهانی که در این مدت تحت تنش رطوبتی قرار گرفته اند نسبت به کمبود آب در مراحل بعدی رشد سازگاری بهتری پیدا کرده اند. در آزمایش دیگری که برای بهبود مقاومت به خشکی در ذرت انجام شد به این نتیجه دست یافتند که ذرت در مرحله گل دهی، زمان رشد خامه و گرده افشانی بیشتر به خشکی حساس است (Campose *et al*., 2004). آن ها گزارش کردند که عملکرد در شرایط تنش در مرحله گل دهی، همبستگی بسیار قوی با تعداد دانه در هر بلال دارد. محققین دیگری در بررسی اثر تنش خشکی در سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پرشدن دانه های ذرت به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در هر یک از مراحل فوق باعث کاهش معنی دار عملکرد ذرت می شود. تنش در مرحله گل دهی بیشترین خسارت را بر عملکرد دانه داشت و باعث کاهش ۴۲ درصدی عملکرد گیاه شد. تنش در مرحله پرشدن دانه ۱۵/۸ درصد و در مرحله قبل از گل دهی نیز ۱۲/۵ درصد کاهش عملکرد را به همراه داشت (جعفری و ایمانی، ۱۳۸۳). احمدزاده (۱۳۸۹) در بررسی تاثیر تنش رطوبتی بر میزان همبستگی بین عملکرد و اجزای آن به این نتیجه رسیدند که بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و نیز بین عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد. Wasson *et al* (2000) اثرحجم آبیاری را در سه مرحله از رشد و توسعه ذرت، بررسی و ملاحظه کردند که گیاه ذرت حساسیت بالایی نسبت به کمبود آب در مرحله گل دهی دارد تنش جزئی رطوبت در این مرحله از تشکیل آغازین های گل جلوگیری نموده و تعداد دانه ها را کاهش می دهد. کمبود آب در مرحله گل دهی باعث تأخیر در ظهور گل تاجی و ابریشم شده و منجر به افزایش فاصله بین ۵۰ درصد گرده افشانی و ۵۰ درصد ظهور کاکل (ASI) می گردد و در نهایت موجب می شود انتشار و دریافت دانه گرده تقریباً و یا کلاً انجام نشود. ابریشم های ظاهر شده، ممکن است در اثر کمبود آب و درجه حرارت بالا خشکیده و در نتیجه پذیرش دانه گرده و بدنبال آن جوانه زدن و رشد لوله گرده در کلاله و داخل تخمک ها تحت تاثیر قرار گرفته , باروری به خوبی صورت نگیرد و در نهایت تعداد دانه در بلال کاهش یابد .

در مطالعه دیگری مشخص شد که شدت خسارت خشکی بر عملکرد بسته به طول مدت و شدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است، بطوری که تنش خشکی پیش از گلدهی، هنگام گلدهی و پس از آن عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش داد (Osborn *et al*., 2002).

Angadi & Hentz (2002) روابط آبی را در ارقام پابلند و پاکوتاه آفتابگردان مورد بررسی قرار داده و اظهار داشتند که در شرایط آب کافی یک هیبرید پابلند علی رغم پتانسیل آب برگ کمتر همواره دارای بیشترین عملکرد است و ارقام پاکوتاه متحمل به خشکی برای تولید در شرایط کم آبیاری دارای اهمیت است. Pantuwan *et al* (2002) با مطالعه روی ۱۲۸ ژنوتیپ برنج و بررسی عکس العمل آنها به تنش های متفاوت خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه، مشاهده کردند که عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایط تنش به نسبت های مختلفی کاهش می یابند.

Martin *et al* (2001) با بررسی اثر زمان و شدت خشکی روی عملکرد یولاف بیان کردند که تنش خشکی از طریق کم شدن تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه در خوشه و کمی هم از طریق وزن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. استفاده از رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت می‌تواند صفات موثر بر عملکرد را از نظر اهمیت رتبه‌بندی نماید و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آنها را بر عملکرد روشن سازد (Mostafavi *et al*., 2011). این تحقیق عکس العمل تعدادی از هیبریدهای ذرت دانه‌ای در دو محیط تنش و بدون تنش با اهداف زیر انجام شد: بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن، بررسی اثرات تنش خشکی برای صفات مختلف ذرت دانه‌ای، بررسی تنوع صفات کمی بین هیبریدهای‌های مورد بررسی در هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی، دستیابی به الگوی مناسب جهت انتخاب برای عملکرد دانه بر مبنای سایر صفات در شرایط مساعد و غیرمساعد و بررسی و تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد و استفاده از آنها در افزایش بازدهی انتخاب انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اثر تنش خشکی بر خصوصیات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد ۲۸ رقم هیبرید جدید متحمل به گرما (که از بین جمعیت های اصلاحی آزاد گرده افشان غربال و در شرایط گرم خوزستان اصلاح شده اند) به همراه ۶ رقم تجاری و امید بخش به عنوان شاهد (جدول ۱) در ایستگاه طرق مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی در سال ۱۳۸۸ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. این ایستگاه در ۶ کیلومتری جنوب شرق مشهد در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول شرقی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۵ متر و متوسط بارندگی سالیانه آن ۲۸۶ میلی متر می باشد و بارندگی ها عمدتاً در دو فصل پاییز و زمستان صورت می گیرد. آب و هوای آن بر اساس روش آمبرژه خشک و سرد است.

جدول ۱- اسامی جمعیت های آزاد گرده افشان و هیبریدهای تجاری ذرت دانه‌ای مورد استفاده

نام جمعیت	نام جمعیت	نام جمعیت	هیبرید تجاری
Th 92B 6270-10-POb-44G2	Th 91A 1353-G 41 Q NTR-1	Th 91A 1354-G 42 O NTR-2	SC704
Th 89B 6324-Rio-Hater(1)-8561	Th 88A 1344-S87 P 69Q	Th 97B 6088-POb-91 CD	DC370
Th 93B 6020--Pob-47-cC5	Th 91A 1305 Comp-1-112	Th 94A 1126-Side-9245	SC250
PR 91B 5301 EDS 90620 Flint	PR 91A 1306 Comp-1-54	Th 94A 1128-Acress 9245	SC302
PR 93B 5212-c peel.16 C21	Th 94A 1122--E	Th 87B 6089-Pob-92 C0	SC400
Th 83A 1321 R-4-Acress -8569	Th 93A 1121- Sakha-9134	Th 94A 1128 Acress 9245	SC500

بذر هر یک از ارقام هیبرید در دو خط ۳/۱۵ متری با تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. برای هر یک از شرایط محیطی (آبیاری معمول و تنش

کم آبی) یک آزمایش جداگانه در نظر گرفته شد. در هر کپه ۳ بذر کاشته شد که پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه ها به یک بوته تقلیل یافت. کاشت در ۲۰ خرداد ماه ۱۳۸۸ انجام شد. کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری، کاملا برای هر دو آزمایش یکسان و طبق عرف منطقه و روش‌های علمی صورت گرفت. پس از آماده سازی بستر کاشت ۱۳۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم و ۸۸ کیلوگرم اوره در هکتار به زمین داده شد و ۸۸ کیلوگرم در هکتار اوره نیز در مرحله ۷ برگه شدن بوته ها به صورت سرک و به صورت ردیفی مصرف شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری، زمان آبیاری بر اساس نمونه گیری از خاک و بر مبنای ۵۰ درصد (آبیاری معمول) و ۸۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی از خاک (تنش کم آبی) تعیین و آبیاری بصورت شیاری سطحی انجام شد. در طی فصل رشد خصوصیات زراعی و ظاهری ارقام مد نظر قرار گرفت و سپس صفات فنولوژیک شامل تاریخ گرده افشانی و ظهور کاکل، فاصله بین گرده افشانی و ظهور کاکل (ASI[1]) و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک بر مبنای حداقل ۵۰ درصد تظاهر صفت در هر کرت آزمایشی ثبت شد. صفات زراعی مورد بررسی شامل ارتفاع بوته (سانتی متر)، ارتفاع محل بلال (سانتی‌متر)، طول گل آذین نر (سانتی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر)، تعداد کل برگ در بوته و تعداد برگ بالای بلال بودند که روی ۱۰ بوته رقابت کننده تصادفی در هر کرت اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آنها برای انجام تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت(Wasson *et al*., 2000).

در مرحله برداشت ابتدا بوته هر کرت آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه شمارش و برداشت بلالها به صورت جداگانه انجام شد. آنگاه صفات مرتبط با عملکرد دانه شامل طول بلال (سانتی متر)، قطربلال (میلی متر)، قطر چوب بلال (میلی متر)، عمق دانه (میلی متر)، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه در بلال و وزن ۳۰۰ دانه (گرم) روی ۱۰ بلال تصادفی در هر کرت اندازه گیری شد (Wasson *et al*., 2000) و پس از جدا کردن دانه ها با شیلر و تعیین درصد رطوبت دانه ها توسط رطوبت سنج دستی دیجیتال مدل Dicky John، میزان عملکرد نهایی دانه (تن در هکتار) در هر کرت آزمایشی بر اساس ۱۴ درصد رطوبت تصحیح و بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. پس از جمع آوری اطلاعات برداشتی، داده ها توسط نرم افزار Excel ثبت شدند. تجزیه واریانس داده‌ها همبستگی ساده بین صفات و مقایسات میانگین توسط آزمون چند دامنه ای داتکن با نرم افزار آماری SAS (ver 9.1) انجام شد. تجزیه علیت توسط نرم افزار آماری Path 2 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

قبل از انجام تجزیه واریانس، فرضیات مورد نیاز برای تجزیه واریانس بررسی و پس از اطمینان از برآورده شدن فرضیات مورد نظر، اقدام به تجزیه واریانس مشاهدات آزمایش گردید.

آبیاری مطلوب

نتایج تجزیه واریانس آماری نشان داد که بین هیبریدها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف بسیار معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۲). نتیجه مقایسه میانگین هیبریدها با روش آزمون چند دامنه ای دانکن نشان داد که

1-Anthesis Silking Interval

هیبرید تجاری سینگل کراس ۵۰۰ دارای بیشترین میزان ارتفاع بوته، طول تاسل و عملکرد کل دانه (۱۳/۷۹ تن در هکتار) می باشد، هرچند که از نظر عملکرد، تفاوت معنی داری بین این هیبرید و هیبریدهای تجاری سینگل کراس ۳۰۲ ، ۷۰۴ و ۲۵۰ و همچنین هیبریدهای شماره ۱۲، ۱۸، ۱۰، ۹، ۲۰، ۱۳، ۷، ۲، ۱۱، ۱۹، ۲۶ و ۱۷ ذرت دانه ای وجود نداشت (داده‌ها ارائه نشده‌اند). کمترین عملکرد دانه (۷/۶۹ تن در هکتار) مربوط به هیبرید شماره ۲۴ بود.

گلباشی و همکاران (۱۳۸۸) در دو آزمایش جداگانه بیان کردند که تحت شرایط آبیاری نرمال هیبریدهای تجاری سینگل کراس ۷۰۱ و ۷۰۴ دارای بیشترین مقدار عملکرد نسبت به سایرین می باشند. نتایج این آزمایش نشان داد که هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ هرچند که دارای بلندترین طول بلال و بالطبع بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال نسبت به سایر هیبریدها بود، ولیکن از نظر عملکرد کل دانه (۱۲/۸۳ تن در هکتار) در جایگاه سوم بعد از هیبریدهای SC500 (با عملکرد ۱۳/۷۹ تن در هکتار) و SC302 (با عملکرد ۱۲/۸۹ تن در هکتار) بود، از طرف دیگر هیبرید شماره ۴ نیز ازنظر صفات قطر ساقه، قطر بلال و چوب بلال، تعداد ردیف دانه و تعداد کل دانه در بلال حائز بالاترین مقادیر نسبت به سایر هیبریدها بود، ولیکن از عملکرد قابل توجهی برخوردار نبود (۱۰/۲۳ تن در هکتار) که دلیل آن را می توان در کم بودن عمق دانه (۱۰/۳۷ میلیمتر) و وزن ۳۰۰ دانه (۷۴/۱۵ گرم) این هیبرید بیان نمود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که هیبریدهای شماره ۳۰، ۲۰ و ۶ (به ترتیب با مقادیر ۲۷/۱۲ درصد و ۲۶/۲۱ درصد و ۲۳/۷۷ درصد) دارای بالاترین درصد چوب بلال نسبت به سایر هیبریدها بودند.

بررسی همبستگی ساده بین صفات نشان داد که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع برگ پرچم، ارتفاع بلال، میانگین تعداد بلال در بوته، وزن ۱۰ بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد کل دانه، قطر بلال، عمق دانه و درصد دانه بلال می باشد (جدول ۳). تنها عملکرد دانه با درصد چوب بلال بصورت منفی و بسیار معنی دار همبسته بود ($P \leq 0.01$). همبستگی عملکرد دانه با صفات تعداد کل برگ و تعداد برگ بالای بلال، وزن چوب ۱۰ بلال، وزن ۳۰۰ دانه و قطربلال غیرمعنی دار ($P \geq 0.05$) و با سایر صفات در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود که این نتیجه تا حدودی با گزارشات سایر محققین مطابقت دارد (گلباشی و همکاران، ۱۳۸۸). عملکرد دانه بالاترین همبستگی مثبت را با صفت قطر بلال (۰/۶۸) و پس از آن با صفت عمق دانه (۰/۶۱) داشت (جدول ۲). نتایج بررسی همبستگی بین سایر صفات در این آزمایش نشان داد که به ترتیب ارتفاع بوته و بلال با همبستگی مثبت و معنی دار ۰/۸۴ نسبت به سایر صفات دارای بیشترین همبستگی می باشند.

به منظور حذف اثر صفات غیر مؤثر یا کم تأثیر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه، از رگرسیون گام به گام استفاده شد. پس از بررسی هم راستایی[1] بر روی متغیرهای اندازه گیری شده در هر دو محیط نرمال و تنش رطوبتی، صفات مزاحم از ادامه محاسبات حذف (انتخاب براساس شاخص های تحمل[2] و عامل تورم واریانس[3] صورت گرفت) و پس از آن تجزیه رگرسیون گام به گام بر

1- Collinearity
2- Tolerabce index
3- Variance Inflation Factor

روی سایر صفات انجام شد. خلاصه نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیرهای مستقل در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد اولین صفت وارد شده به مدل قطربلال می باشد که به تنهایی بیش از ۴۶ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند، در مرحله بعدی صفت تعداد بلال در بوته به مدل وارد و همراه با قطر بلال بیش از ۵۵ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. پس از آن نیز به ترتیب صفات تعداد دانه در ردیف، ارتفاع برگ پرچم، درصد چوب بلال و در نهایت وزن بلال وارد مدل شده است و کل صفات وارد شده روی هم رفته بیش از ۷۴ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. نتایج حاصله با نتایج تجزیه همبستگی سادهٔ صفات کاملاً توافق دارد بطوری که قطر بلال دارای بالاترین همبستگی با عملکرد دانه می باشد (جدول ۳). به منظور بررسی و تعیین روابط علت و معلولی صفات وارد شده به مدل رگرسیونی با یکدیگر و با عملکرد بوته تجزیه مسیر انجام شد. نتایج تجزیه مسیر در شرایط بدون تنش در جدول ۶ ارائه شده است و در آن عناصر روی قطر اثرات مستقیم هر صفت بر روی عملکرد یا همان ضرائب رگرسیون استاندارد و سایر اجزاء هر ردیف اثرات غیرمستقیم آن صفت بر عملکرد از طریق سایر صفات را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول ۶ مشاهده می گردد بالاترین اثرمستقیم و مثبت بر عملکرد دانه مربوط به تعداد بلال در بوته می باشد و اثرات غیرمستقیم این صفت از طریق صفات قطر بلال، درصد چوب و وزن بلال مثبت و ازطریق صفات تعداد دانه در ردیف و ارتفاع برگ پرچم منفی می‌باشد. اثرمستقیم قطر بلال تقریبا برابر با اثر مستقیم تعداد بلال در بوته می باشد با این تفاوت که کلیه اثرات غیرمستقیم این صفت ازطریق سایر صفات مثبت می‌باشد. اثرمستقیم سومین صفت مهم و تاثیرگذار بر عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در ردیف بلال مشابه با همبستگی آن با عملکرد مثبت است و اثرات غیرمستقیم آن ازنظر تمامی صفات بجز تعداد بلال در بوته مثبت می باشد. نتایج این آزمایش نشان داد، هرچند که تعداد دانه در ردیف بلال جزئی از عملکرد دانه در ذرت محسوب می شود ولیکن دارای کمترین اثرمستقیم بر عملکرد نسبت به سایر صفات می باشد (جدول ۴). ارتفاع برگ پرچم و وزن بلال نیز دارای اثرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که تنها صفت درصد چوب بلال دارای اثرمستقیم منفی بوده و اثر غیرمستقیم آن از طریق صفات قطر بلال، تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در ردیف بلال و ارتفاع برگ پرچم منفی و از طریق صفت وزن بلال مثبت بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف هیبریدهای ذرت دانه‌ای تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

	آبیاری مطلوب				تنش خشکی				
صفت	تکرار	هیبرید	خطا	میانگین	تکرار	هیبرید	خطا	میانگین	درصد تغییرات
ارتفاع بوته	۱۱۴۰/۳۷**	۷۴۹/۱۹**	۱۴۰/۰۲	۲۳۲/۷۳	۴۲۴۲/۰۳**	۴۷۹/۰۵**	۸۹/۸۱	۱۵۶/۴	-۳۲/۸۰
ارتفاع بلال	۴۹/۲۳^{ns}	۴۹۴/۰۶**	۵۸/۴	۱۰۵/۹۷	۱۰۹۶/۷**	۲۳۱/۹**	۳۰/۷	۷۳/۵۷	-۳۰/۵۷
قطر ساقه	۲۲/۴۷**	۹/۹۸**	۳/۶۵	۱۹/۶۸	۱۳/۹۶*	۱۱/۳۱**	۲/۸۷	۱۶/۳۳	-۱۷/۰۲
تعداد کل برگ	۷/۰۴**	۲/۱۷**	۰/۱۸	۱۲/۹۴	۵/۴۵**	۲/۶۳**	۰/۱۷	۱۳/۱۱	۱/۳۱
تعداد برگ بالای بلال	۰/۰۵^{ns}	۰/۵۲**	۰/۰۳	۵/۸۲	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۳۵**	۰/۰۲	۵/۷۳	-۱/۵۵
تعداد بلال در بوته	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۴**	۰/۰۱	۱/۰۶	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۱۹**	۰/۰۲	۱/۳۴	۲۶/۴۲
وزن ۱۰ بلال	۱/۵۵**	۰/۲۲**	۰/۰۳	۲/۶۱	۰/۰۳^{ns}	۰/۱**	۰/۰۱	۰/۸۴	-۶۷/۸۲
وزن ۳۰۰ دانه	۳۶۴/۲۸**	۲۳۵/۵۹**	۶۹/۰۷	۸۳/۹۳	۱۷۵/۴۷*	۱۵۵/۴۵**	۴۸/۳۵	۷۲/۲۶	-۱۳/۹
تعداد ردیف دانه در بلال	۰/۱۱^{ns}	۵/۷۸**	۰/۵۵	۱۶/۳۸	۵/۴۶**	۴/۷۶**	۰/۸۳	۱۱/۹۶	-۲۶/۹۸
تعداد دانه در ردیف بلال	۹۰/۸۷**	۲۰/۰۹**	۳/۳	۹۳/۷۳	۴/۹۵^{ns}	۳۳/۸۸**	۵/۴۹	۱۷/۹۵	-۵۴/۸۲
تعداد کل دانه	۳۰۸۴۲/۸۲**	۹۳۹۶/۶۳**	۲۰۷۲/۳۶	۶۴۹/۷۷	۵۴۵۲/۰۸*	۹۹۶۵/۱۳**	۱۶۹۴/۳۷	۲۱۹/۲۴	-۶۶/۲۶
طول بلال	۱۴/۸۷**	۶/۴۲**	۰/۶	۱۶/۶۸	۳/۸۱*	۶/۹۲**	۰/۹۵	۱۲/۰۴	-۲۷/۸۲
قطر بلال	۳۲/۴۶**	۱۴/۳۷**	۱/۶۸	۴۹/۱	۹/۶۶^{ns}	۲۵/۰۳**	۹/۲۸	۳۷/۵۹	-۲۳/۴۴
قطر چوب بلال	۴/۸۸*	۹/۳۳**	۱/۳۸	۲۷/۹۹	۰/۰۸^{ns}	۱۶/۴۳**	۳/۸۸	۲۳/۲۲	-۱۷/۰۴
عمق دانه	۳/۰۴**	۲/۱۳**	۰/۵۱	۱۰/۵۵	۰/۹۹^{ns}	۲/۲۵**	۰/۳۹	۷/۲۵	-۳۱/۲۸
عملکرد کل	۲۸/۴۶**	۷/۱۲**	۲/۶۴	۱۰/۴	۴/۱۸**	۲/۵۸**	۰/۳۸	۲/۹۶	-۷۱/۵۴

* ، ** معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و ns : عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- همبستگی ساده بین عملکرد دانه و سایر صفات مورد ارزیابی در هیبریدهای ذرت دانه ای در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	قطر ساقه	تعداد کل برگ	تعداد برگ بالای بلال	بلال در بوته	وزن ۱۰بلال	وزن ۱۰چوب بلال	وزن ۳۰۰ دانه
عملکرد دانه (آبیاری مطلوب)	۰/۳۷**	۰/۲۹**	۰/۲۲*	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۴۳**	۰/۵۸**	۰/۱۲^{ns}	۰/۱۷^{ns}
عملکرد دانه (تنش خشکی)	۰/۱۹^{ns}	۰/۱۱^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	۰/۲۲*	۰/۴۹**	۰/۷۴**	۰/۱۷^{ns}	۰/۲۸**

ادامه جدول ۳

	تعدادردیف دانه در بلال	تعداددانه درردیف	تعدادکل دانه در بلال	طول بلال	قطر بلال	قطرچوب بلال	عمق دانه	درصد دانه بلال
عملکرد دانه (آبیاری مطلوب)	۰/۱۹*	۰/۳۹**	۰/٤٦**	۰/۱٦^{ns}	۰/٦٨**	۰/۲۲*	۰/٦۱**	۰/۲۹**
عملکرد دانه (تنش خشکی)	۰/۵۱**	۰/۷۹**	۰/۷۵**	۰/۵٤**	۰/۱۹*	۰/۰۵^{ns}	۰/۳**	۰/٦۱**

* ، ** معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و ns : عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۴- رگرسیون گام به گام در ۳۴ هیبرید ذرت دانه‌ای در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

		گام اول		گام دوم		گام سوم		گام چهارم		گام پنجم		گام ششم	
		رگرسیون	خطا	رگرسیون	خطا	رگرسیون	خطا	رگرسیون	خطا	رگرسیون	خطا	رگرسیون	خطا
	درجه آزادی	۱	۱۰۰	۲	۹۹	۳	۹۸	۴	۹۷	۵	۹۶	۶	۹۵
	صفت وارد شده	قطر بلال		تعداد بلال در بوته		تعداد دانه در ردیف		ارتفاع برگ پرچم		درصد چوب		وزن ۱۰ بلال	
	میانگین مربعات	۲۱۶/۳۶	۲/۵	۱۲۸/۵۳	۲/۱۱	۱۰۰/۴۵	۱/۶۸	۸۰/۰۵	۱/۵	۶۶/۵۸	۱/۳۹	۵۷/۶۱	۱/۲۷
شرایط آبیاری مطلوب	مقدار F	۸۶/۵		۶۰/۷۶		۵۹/۶۱		۵۳/۰۸		۴۷/۸۴		۴۵/۲۹	
	ضریب تبیین	۰/۴۶		۰/۵۵		۰/۶۴		۰/۶۸		۰/۷۱		۰/۷۴	
	صفت وارد شده	تعداد دانه در ردیف		تعداد بلال در بوته		وزن ۳۰۰ دانه		درصد دانه		وزن ۱۰ بلال		طول بلال	
	میانگین مربعات	۷۵/۹۶	۰/۴۳	۴۳/۴۰	۰/۳۲	۳۱/۱۵	۰/۲۶	۲۴/۴۵	۰/۲۱	۲۰/۰۷	۰/۱۹	۱۶/۸۸	۰/۱۸
شرایط تنش خشکی	مقدار F	۱۷۵/۹۱		۱۳۲/۹۴		۱۱۸/۹۱		۱۱۱/۱۹		۱۰۲/۸۴		۸۹/۹۵	
	ضریب تبیین	۰/۶۳		۰/۷۲		۰/۷۸		۰/۸۲		۰/۸۴		۰/۸۵	

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد * معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ns غیر معنی دار

جدول ۵- ضرایب معادله رگرسیون بین صفات مختلف و عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

	معادله رگرسیون (ضرائب استاندارد نشده)		معادله رگرسیون (ضرائب استاندارد شده)	
	محیط بدون تنش	محیط تنش	محیط بدون تنش	محیط تنش
عرض از مبدا	-۱۸/۴	-۵/۲۵	-	-
قطر بلال	۰/۲۸	-	۰/۳۳	-
ارتفاع برگ پرچم	۰/۰۲	-	۰/۱۹	-
درصد چوب	-۱۴/۲۳	-	-۰/۲۳	-
تعداد بلال در بوته	۴/۹۷	۱/۴۷	۰/۳۷	۰/۳۸
تعداد دانه در ردیف	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۳۲
وزن بلال	۱/۵	۲/۰۴	۰/۲۵	۰/۳۹
وزن ۳۰۰ دانه	-	۰/۰۱	-	۰/۱۳
درصد دانه	-	۴/۲۵	-	۰/۲۹
طول بلال	-	-۰/۰۹	-	-۰/۱۴

جدول ۶- ضرایب تجزیه مسیر و اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف برعملکرد در شرایط بدون تنش رطوبتی

	قطر بلال	تعداد بلال در بوته	تعداد دانه در ردیف	ارتفاع برگ پرچم	درصد چوب	وزن بلال	مقدار کل (همبستگی)
قطر بلال	۰/۳۳۷۲	۰/۰۷۸۱	۰/۰۲۰۴	۰/۰۷۰۸	۰/۰۲۰۰	۰/۱۵۴۵	۰/۶۸۱
تعداد بلال در بوته	۰/۰۷۰۴	۰/۳۷۴۱	-۰/۰۰۲۳	-۰/۰۳۱۱	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۸۲	۰/۴۳۱۱
تعداد دانه در ردیف	۰/۰۵۳۰	-۰/۰۰۶۶	۰/۱۲۹۸	۰/۰۵۹۴	۰/۰۵۶۶	۰/۱۰۳۵	۰/۳۹۵۸
ارتفاع برگ پرچم	۰/۱۲۳۶	-۰/۰۶۰۳	۰/۰۳۹۹	۰/۱۹۳۳	۰/۰۱۵۷	۰/۱۱۳۷	۰/۴۲۵۹
درصد چوب	-۰/۰۲۸۹	-۰/۰۱۸۹	-۰/۰۳۱۵	-۰/۰۱۳۰	-۰/۲۳۲۹	۰/۰۲۸۱	-۰/۲۹۷۲
وزن بلال	۰/۲۰۷۴	۰/۰۱۲۲	۰/۰۵۳۵	۰/۰۸۷۴	-۰/۰۲۶۰	۰/۲۵۱۲	۰/۵۸۵۷

اثر باقیمانده: ۰/۰۵۸

باتوجه به تجزیه مسیر برای صفات مرتبط با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف بر عملکرد در این محیط می توان نتیجه گرفت که برای اصلاح و افزایش عملکرد در این شرایط با استفاده از شش صفت ذکر شده، هیبریدهای با میانگین تعداد بلال بیشتر در بوته که دارای بلال قطورتر، سنگین تر و با تعداد دانه در ردیف بیشتر بوده و درعین حال از ارتفاع برگ پرچم کمتری برخوردار بوده و درصد چوب کمتری دارند، دارای عملکرد دانه بیشتری خواهند بود. سایرین نیز نتیجه گرفتندکه انتخاب براساس صفات ارتفاع گیاه، عمق دانه، تعداددانه درردیف بیشترین تاثیر را در شرایط نرمال بر افزایش عملکرد دانه دارد (شعاع‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۸).

تنش خشکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که بین هیبریدها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف بسیار معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۲). همچنین تکرارهای مختلف آزمایش تنها ازنظر تعداد برگ بالای بلال، میانگین تعداد بلال در بوته، وزن ۱۰ بلال، وزن چوب ۱۰ بلال، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، قطر چوب بلال و عمق دانه فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بودند ($P \geq 0.05$).

مقایسه میانگین هیبریدها با روش چند دامنه ای دانکن نشان داد که هیبرید شماره ۱۱ از نظر صفات وزن ۱۰ بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد کل دانه در بلال، درصد دانه بلال همچنین عملکرد کل دانه نسبت به سایر هیبریدها (حتی هیبریدهای تجاری) برتر می باشد. نتایج این آزمایش نشان داد که هیبرید شماره ۴ ذرت دانه ای هرچند که از نظر صفات قطر ساقه، قطر چوب بلال و درصد چوب بلال نسبت به سایر هیبریدها برتر بود ولیکن از نظر عملکرد دانه دارای کمترین مقدار (۱/۴۶ تن در هکتار) بعد از هیبرید تجاری سینگل کراس ۵۰۰ (۱/۱۹ تن در هکتار) می باشد. هیبرید تجاری سینگل کراس ۷۰۴ از نظر صفات طول بلال و عمق دانه برتر از سایر هیبریدها بود اما ازنظر عملکرد دانه (۳/۲۸ تن در هکتار) نسبت به سایر هیبریدهای تجاری (سینگل کراس ۲۵۰ و ۴۰۰ و ۳۰۲) بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که تنش خشکی باعث شد تا میانگین ارتفاع بوته ها در تیمار تنش خشکی (۱۵۶/۴ سانتیمتر) کاهش معنی داری نسبت به تیمار بدون تنش (۲۳۲/۷۳ سانتیمتر) داشته باشد. جزائری و رضایی (جزایری نوش آبادی و رضایی، ۱۳۸۶) بیان نمودند که طول دوره رشد گیاه در مواجه با تنش رطوبتی کاهش می یابد و درنتیجه هیبریدها نمی توانند توان خود را ازنظر ارتفاع نشان دهند. از طرفی در نتیجه کمبود آب میزان آبسیسیک اسید افزایش می‌یابد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱). از آنجایی که این هورمون بازدارنده رشد است لذا می توان اینگونه استنباط نمود که کاهش ارتفاع گیاه تحت تیمار تنش خشکی ممکن است ناشی از افزایش آبسیزیک اسید باشد. نتایج این آزمایش نشان داد که هیبریدهای شماره ۱۱ و ۱۲ به ترتیب بیشترین مقادیر را از نظر تعداد کل دانه در بلال و وزن ۳۰۰ دانه تحت تیمار تنش خشکی داشته اند. سپهری و همکاران (۱۳۸۱) در مطالعه خود روی اثر تنش خشکی بر ذرت دانه ای اعلام کردند که تاثیر تنش خشکی بر وزن هزار دانه بیشتر از تعداد دانه در بلال بود. میانگین عملکرد کلیه هیبریدها در شرایط آبیاری نرمال برابر ۱۰/۴ تن در هکتار و در شرایط تنش خشکی برابر ۲/۹۶ تن در هکتار مشاهده شد. دنمید و شاو این کاهش چشمگیر عملکرد را در شرایط تنش خشکی نتیجه نمو غیرطبیعی کیسه جنینی و عقیمی دانه گرده دانستند که به کاهش تعداد دانه های بارور منجر می شود توجیه نمودند (Denmead & Shaw, 1990).

بررسی همبستگی ساده بین صفات تحت تیمار تنش خشکی نشان داد که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی داری (در سطح احتمال ۱ درصد) با صفات میانگین تعداد بلال در بوته، وزن ۱۰ بلال، وزن ۳۰۰ دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد کل دانه، طول بلال، عمق دانه و درصد دانه می باشد (جدول ۲). همبستگی عملکرد دانه با صفات قطر ساقه (۰/۰۲ns-)، تعداد کل برگ (۰/۰۴ ns-) و درصد چوب بلال (** ۰/۶۱-) منفی بود. این آزمایش نشان داد که تعداد دانه در ردیف بلال دارای بالاترین همبستگی مثبت و معنی دار با عملکرد دانه می باشد درحالیکه تحت شرایط آبیاری نرمال همبستگی قطر بلال با عملکرد دانه بیشتر از سایر صفات مورد مطالعه بود (جدول ۳). شعاع حسینی و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند که تحت شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه دارای همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با صفات تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰ بلال می‌باشد. عملکرد دانه کمترین همبستگی مثبت و معنی دار با قطر بلال

(-۰/۱۹) داشت. بررسی همبستگی بین سایر صفات نشان داد که به ترتیب ارتفاع بوته و بلال با همبستگی مثبت و معنی دار ۰/۹۸ و پس از آن تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد کل دانه نیز با همبستگی معنی دار ۰/۹۵ نسبت به سایر صفات دارای بیشترین همبستگی هستند. نتایج مشابهی در این رابطه توسط گلباشی و همکاران گزارش شده است (Golbashy *et al*., 2010). خلاصه نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود اولین صفتی که وارد مدل شده است تعداد دانه در ردیف می باشد که به تنهایی بیش از ۶۳ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند، در مرحله بعدی صفت تعداد بلال در بوته به مدل اضافه شده است که این صفت همراه با تعداد دانه در ردیف بیش از ۷۲ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. پس از آن نیز به ترتیب صفات وزن ۳۰۰ دانه، درصد دانه، وزن ۱۰ بلال و در نهایت صفت طول بلال وارد مدل شده است و کل صفات وارد شده روی هم رفته بیش از ۸۵ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند (جدول ۴). گلباشی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه خود بر روی هیبریدهای ذرت دانه ای ۵ صفت وزن ده بلال، عمق دانه، قطر چوب بلال، درصد چوب بلال و تعداد کل برگ را بعنوان صفات وارد شده به مدل رگرسیونی گزارش نمودند. نتایج تجزیه مسیر بر روی صفات وارد شده به مدل رگرسیونی تحت شرایط تنش خشکی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- ضرایب تجزیه مسیر و اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف برعملکرد در شرایط تنش خشکی

	تعداد دانه در ردیف	تعدادبلال دربوته	وزن ۳۰۰ دانه	درصد دانه	وزن ۱۰ بلال	طول بلال	مقدارکل (همبستگی)
تعداد دانه درردیف	۰/۳۲۴۴	۰/۰۴۸۴	۰/۰۱۵۵	۰/۱۷۶۳	۰/۳۲۴۹	-۰/۰۹۱۰	۰/۷۹۸۵
تعدادبلال دربوته	۰/۰۴۰۳	۰/۳۸۹۷	-۰/۰۱۴۶	-۰/۰۱۶۶	۰/۰۵۰۹	-۰/۰۵۱۰	۰/۳۹۸۷
وزن ۳۰۰ دانه	۰/۰۳۶۱	-۰/۰۴۰۹	۰/۱۳۹	۰/۰۵۷	۰/۱۰۸۸	-۰/۰۱۴۲	۰/۲۸۵۸
درصد دانه	۰/۱۹۳۲	-۰/۰۲۱۸	۰/۰۲۶۷	۰/۲۹۶	۰/۱۳۷۸	-۰/۰۱۹۷	۰/۶۱۲۲
وزن ۱۰ بلال	۰/۲۷	۰/۰۵۰۸	۰/۰۳۸۷	۰/۱۰۴۵	۰/۳۹۰۴	-۰/۱۰۵۱	۰/۷۴۹۳
طول بلال	۰/۲۰۵۶	۰/۱۳۸۳	۰/۰۱۳۷	۰/۰۴۰۶	۰/۲۸۵۷	-۰/۱۴۳۶	۰/۵۴۰۴

اثر باقیمانده: ۰/۳۸۶

همانگونه که در جدول ۷ مشاهده می گردد و با توجه به جدول و معادله رگرسیونی که قبلا بدست آمد (جدول ۵) می توان اینگونه استنباط نمود که کنترل عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی ساده تر بوده و جزء های دیگر عملکرد دانه (وزن ۳۰۰ دانه، درصد دانه بلال و طول بلال) به مدل اضافه شده اند و درعین حال صفات قطر بلال، ارتفاع برگ پرچم و درصد چوب بلال حذف شده اند. در شرایط تنش خشکی وزن ۱۰ بلال بیشترین اثرمستقیم و وزن ۳۰۰ دانه کمترین اثرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه دارد. طول بلال نیز دارای اثرمستقیم منفی بر عملکرد می باشد طوری که نقش آن از وزن ۳۰۰ دانه بیشتر است. بالاترین اثر غیر مستقیم مثبت بر عملکرد مربوط به تعداد دانه در ردیف بلال از طریق وزن ۱۰ بلال باشد (جدول ۷)، همچنین بیشترین اثر غیر مستقیم منفی بر عملکرد دانه مربوط به تعداد دانه در ردیف از طریق طول بلال می باشد هرچند که مقدار این اثر اندک می باشد. در شرایط تنش رطوبتی اثر مستقیم تعداد بلال در بوته بر عملکرد دانه نسبتا زیاد است ولی بر خلاف شرایط بدون تنش اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد دانه در ردیف مثبت می باشد. با توجه به نتایج حاصله می توان گفت که تقریبا تمامی همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد بلال در بوته مربوط به اثر مستقیم این صفت بوده و مابقی اثرات غیر مستقیم نیز تاثیر اندکی دارند. تعداد دانه در ردیف نیز نسبت به سایر صفات دارای اثر مستقیم بالا می باشد و برخلاف محیط بدون تنش اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد بلال در بوته مثبت می باشد (جدول ۷). اثر غیر مستقیم تعداد دانه در ردیف بلال از طریق صفات وزن ۱۰ بلال و درصد دانه بلال نیز زیاد ولی اثر غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات تقریبا ناچیز است. اثر مستقیم وزن ۱۰ بلال بر عملکرد دانه بسیار زیاد و بیشترین مقدار است. عمده ترین اثر غیر مستقیمی که این صفت تولید می کند ازطریق تعداد دانه در ردیف بلال و پس از آن از طریق درصد دانه بلال می باشد. اثر غیر مستقیم این صفت از طریق وزن ۱۰ بلال منفی و بیشتر از اثر غیر مستقیم از طریق درصد دانه بلال می باشد. نتایج این مطالعه نشان داد هرچند که اثرمستقیم طول بلال بر عملکرد دانه منفی است ولیکن اثر غیر مستقیم این صفت از طریق سایر صفات مثبت می باشد که امری بدیهی به نظر می رسد. همچنین اثر غیرمستقیم این صفت از طریق تعداد دانه در ردیف بلال و وزن ۱۰ بلال تقریبا دو برابر اثر مستقیم آن می باشد. بعبارت دیگر در شرایط تنش رطوبتی با کاهش طول بلال، عملکرد دانه ابتدا از طریق افزایش وزن بلال و تعداد ردیف دانه در بلال و پس از آن از طریق تعداد بلال در بوته جبران می گردد. بیش از نیمی از همبستگی مشاهده شده بین وزن ۱۰ بلال و عملکرد دانه مربوط به اثر مستقیم وزن بلال بر عملکرد دانه و مابقی اثرات غیر مستقیم آن از طریق صفات تعداد دانه در ردیف و درصد دانه می باشد. هرچند که اثرمستقیم درصد دانه بلال بر عملکرد دانه نسبتا پایین است ولی اثر غیر مستقیم آن از طریق صفات وزن ۱۰ بلال و تعداد دانه در ردیف بلال اعمال می شود. یزدان‌دوست و رضائی (۱۳۸۰) نتیجه گرفتند که اثر مستقیم و مثبت تعداد دانه در بلال و وزن دانه بر عملکرد دانه موثر بوده است. ضمن آنکه تعداد دانه در بلال بزرگترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت و مهمترین جزء عملکرد بود بنابراین در بنامه های به نژادی جهت افزایش عملکرد باید مورد توجه قرار گیرد. آگراما (Agrama, 1996) گزارش نمود که تعداد دانه در بلال و وزن دانه، بزرگترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه دارند و می توانند به عنوان صفات بالقوه در اصلاح ذرت جهت بدست آوردن لاین‌های مطلوب سودمند باشند. با توجه به ضرائب تجزیه مسیر در شرایط تنش رطوبتی ملاحظه می شود که در این شرایط به منظور اصلاح و افزایش عملکرد دانه می توان با انتخاب هیبریدهایی که تعداد بلال در بوته بیشتر داشته و ضمنا دارای وزن بلال بالاتر همراه با تعداد دانه در ردیف بلال بیشتر هستند

این کار را انجام داد. هرچند به نظر می رسد که با افزایش وزن بلال ضمن افزایش تعداد دانه در ردیف بلال، مقدار طول بلال و درصد چوب بلال افزایش می یابد ولیکن بدلیل افزایش تعداد ردیف دانه در بلال و همچنین عمق دانه بیشتر این هیبریدها می توان گفت که از قابلیت تولید عملکرد بیشتری برخوردار هستند. با یک دید کلی به صفات تاثیرگذار بر عملکرد در دو محیط می توان نتیجه گرفت که در صورت عدم وجود محدودیت رطوبتی در محیط، چند صفت اصلی تعیین کننده عملکرد دانه خواهند بود ولی در صورت وجود محدودیت رطوبتی در اطراف گیاه، تعدادی صفت فرعی نیز تعیین کننده میزان عملکرد گیاه بوده و ایجاد محدودیت می نمایند. در واقع این صفات هستند که در اثر کمبود رطوبت به سرعت تحت تاثیر قرار گرفته و تعیین کننده محدودیت های گیاه در تولید دانه می باشند. با اصلاح این صفات می توان موانع موجود بر سر راه عملکرد را از میان برداشته و به هدف نهایی یعنی افزایش عملکرد دست یافت (فاضل‌نجف‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۸). از سوی دیگر تجزیه فاکتورهای فیزیولوژیکی موثر بر عملکرد که تحت تاثیر تنش خشکی قرار می گیرند می تواند ما را در امر اصلاح برای عملکرد بیشتر یاری نماید. صفات و قالب که برای اصلاح مقاومت به خشکی انتخاب می شوند به میزان و زمان تنش در منطقه بستگی دارد. اگر تنش شدید باشد اصلاح در شرایط نرمال نمی تواند برای بهبود مقاومت و عملکرد موفق باشد چون زنده ماندن گیاه در شرایط تنش سخت، یک ضرورت خواهد بود. برعکس انتخاب برای صفت عملکرد به تنهایی در شرایط تنش ملایم می تواند موجب ایجاد ژنوتیپ های با عملکرد بالاتر هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش ملایم شود. این امر نشان می دهد که مقاومت/ اجتناب گسترده نسبت به تنش های متوسط توسط صفاتی که در شرایط بدون تنش هم بیان می شوند ایجاد می گردد (Arraudeau, 1989).

منابع

احمدزاده، ا. ۱۳۶۹. تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های برگزیده ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

اهدائی، ب. ۱۳۷۳. گزینش برای تحمل به خشکی در گندم. اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران، کرج.

جزایری نوش آبادی م. و ع. رضایی. ۱۳۸۶. بررسی روابط بین صفات در ارقام زراعی یولاف در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۱): ۲۷۸- ۲۶۵.

جعفری، پ. و م. ر. ایمانی. ۱۳۸۳. چکیده مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه گیلان، رشت. صفحه ۲۳۵.

سپهری ع.، س. ع. مدرس ثانوی، ی. یمینی، و ب، قره یاضی. ۱۳۸۱. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزا عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران . ۴ (۳): ۲۰۱ – ۱۸۴.

سرمدنیا، ق.، ع. کوچکی. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی کشت دیم. چاپ سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحات ۲۳ الی ۷۹.

شعاع حسینی، م.، م. فارسی، س. خاوری‌خراسانی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تنش خشکی روی عملکرد و اجزای عملکرد در بعضی هیبریدهای ذرت با استفاده از تجزیه علیت. دانش کشاورزی. ۱۸ (۱): ۸۵- ۷۱.

شعاع حسینی، م.، م. گلباشی، م. فارسی، س. خاوری‌خراسانی، م. آشفته بیرگی. ۱۳۸۸. مطالعه همبستگی بین عملکرد و صفات وابسته در هیبریدهای سینگل کراس ذرت تحت شرایط تنش خشکی. اولین همایش منطقه‌ای تولید گیاهان گرمسیری تحت شرایط استرس‌های محیطی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز. صفحه ۷۲.

شیری، م. ر. ۱۳۷۹. بررسی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تحت شرایط تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل. ۱۴۳ صفحه.

شیرین زاده، ع.، ر. ضرغامی.، م. شیری. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به خشکی در هیبریدهای دیررس و متوسطرس ذرت با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی. مجله علوم زراعی ایران . ۱۰ (۴): ۴۲۷-۴۱۶.

عبدمیشانی، س.، و ع. ع. شاه‌نجات‌بوشهری. ۱۳۷۶. اصلاح نباتات تکمیلی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۵۰ ص.

فاضل نجف‌آبادی، م.، م. ر. بی‌همتا.، ح. م. نیکخواه.، و س. ع. پیغمبری. ۱۳۸۸. بررسی صفات تعیین کننده عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L) در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران). جلد ۴۰، شماره ۱، ۶۳-۵۵.

گلباشی، م.، م. شعاع‌حسینی.، س. خاوری خراسانی.، م. فارسی و م. ضرابی. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای سینگل‌کراس و تری وی کراس ذرت دانه‌ای. اولین کنفرانس ملی اصلاح الگوی مصرف در کشاورزی و منابع طبیعی. صفحه ۲۲۵.

یزدان دوست، م. و ا. رضائی. ۱۳۸۰. مطالعه برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ذرت با استفاده از تجزیه علیت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۲ (۳): ۶۸۰ – ۶۷۱.

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

Angadi, S. V. and Hentz, M. H. 2002. Water relations of standard height and dwarf sunflower cultivars. Crop Science. 42: 152 – 159

Arraudeau, M. A. 1989. Breeding Strategies for drought resistance. In: Proceedings of Baker, F. W. G. (Ed). Drought resistance in cereals. CAB International. 222P.

Caker, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89(1): 1-16

Campose, H., Cooper, M, Habben, J. E, Schussler, and J. R. 2004. Improving drought tolerance in maize : A view from Industry. Field Crops Research. 89 : 1-16.

Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1990. The effects of soil moisture stress at different stage of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52:272-274.

Edmeads, G. O., J .Bolanos, and Fisher, R. A. 1989. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. In: Proceedings of *Baker*, F. W. G. (Ed.). Drought resistance in cereals CAB International. PP: 27-52.

F.A.O. 2005. Production year book. Food and Agricultural Organization of United Nation, Rome, Italy. 51:209P.

Golbashy M., M. Ebrahimi, S. Khavari Khorasani, and R. Choukan. 2010. Evaluation of drought tolerance of some corn (*Zea mays* L.) hybrids in Iran. Afr. J. Agric. Res. 5(19): 2714-2719.

Levitte, J. 1972. *Responses of Plants to Environmental stresses.* New York: Academic press.

Martin, R. J., P. D. Jamieson, R. N. Gillespie, and S. Maley. 2001. Effect of timing and intensity of drought on the yield of Oats (*Avena sativa* L.). Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference. New Zealand Institute for Crop & Food Research Limited, Christchurch, New Zealand.

Mostafavi Kh., M. Shoahosseini, H. Sadeghi Geive. 2011. Multivariate analysis of variation among traits of corn hybrids traits under drought stress. Inter. J. AgriSci. 1(7): 416-422.

Osborne, S.L., Scheppers, J.S., Francis, D.D., and Schlemmer, M.R., 2002. Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water – stressed corn. Crop Sci. 42: 165-171.

Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereeku and J. C. O'Toole. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1. Grain yield and yield components. Field Crops Res. 73: 153-168.

Shaozhong, K., W. Shi. and Zhang. 2000. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. Field Crop Research. 67: 207-214.

Wasson, J., J. Reese, Schumacher, and T. E. Wicks. 2000. Maize water content and solute potential at three stages of development. University of Illinois. Dept. of Crop Sciences. Maydica. 45(1):67–72.

Yadav, O. P. and S. K. Bhatnagar. 2001. Evaluation of indices for identification of pear millet cultivars adapted to stress and non-stress conditions. Field Crops Res. 70: 201-208.