مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۳، سال ۱۳۹۴

تاثیر تنش خشکی بر اثر ژن و قابلیت ترکیب لاین‌های ذرت دانه‌ای

Drought Stress Effects on Gene Action and Combining Ability of Maize Inbred Lines

محمدرضا شیری[۱]، رجب چوکان[۲] و رامیرز تقی علی‌اف[۳]

۱- دانشجوی سابق دکتری، آکادمی ملی علوم آذربایجان و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل
۲- استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۳- استاد، آکادمی ملی علوم آذربایجان، باکو

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۱۰

چکیده

شیری، م. ر.، چوکان، ر. و علی‌اف، ر. ت. ۱۳۹۴. تاثیر تنش خشکی بر اثر ژن و قابلیت ترکیب لاین‌های ذرت دانه‌ای. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱:** ۴۴۰- ۴۲۱.

در این بررسی، ۳۶ ترکیب حاصل از تلاقی دو تستر K3653/2 (متحمل به خشکی) وK3615/1 (حساس به خشکی)) با ۱۸ لاین براساس مدل لاین× تستر، در دو شرایط آبیاری کامل و شرایط قطع آبیاری در دوره پر شدن دانه در دو آزمایش جدا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقاتی مغان مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج برآورد اثر ژن‌ها با تجزیه لاین × تستر نشان داد هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل عملکرد دانه و اکثر صفات زراعی نقش داشتند. برآورد نسبت ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی نشان داد نقش واریانس غالبیت در کنترل عملکرد دانه مهم‌تر است. تخمین ترکیب پذیری لاین‌ها و تسترها به منظور شناسایی ترکیب شونده مطلوب و مفید در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی نشان داد که لاین‌ها و تسترها برای عملکرد دانه، ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار و متفاوتی داشتند. در دو شرایط مختلف روند چندان مشابهی در ترکیب‌پذیری لاین‌ها مشاهده نشد. لاین‌های L8، L11 و L17 در شرایط آبیاری نرمال و لاین‌های L1، L16 و L17 در شرایط قطع آب در مرحله پرشدن دانه، از نظر عملکرد ترکیب‌پذیری عمومی مثبت معنی‌دار و بهتری داشتند. تستر K3653/2 در شرایط نرمال و تنش خشکی ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار داشت. تلاقی‌های L1×T1، L4×T1 و L8×T1 در شرایط نرمال و تلاقی L9×T2 در شرایط تنش از نظر عملکرد ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت معنی‌دار داشتند.

واژه‌های کلیدی: ذرت، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، هیبرید، تنش رطوبتی، اثر افزایشی، اثر غالبیت.

نویسنده مسئول: mohammadrezashiri52@gmail.com تلفن: ۰۴۵۳۲۷۵۰۱۰۱۳

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

کمی میزان نزولات جوی و پراکنش نامناسب آن در طول دوره رشد گیاهان زراعی بروز تنش خشکی را سبب شده و لزوم یافتن راه چاره‌ای برای این معضل را همواره گوشزد می‌کند، از طرف دیگر ذرت به علت عملکرد بالقوه و تنوع فرآورده‌های از آن همواره مورد بسیاری از کشورهای جهان بوده است (Shiri, 2013a). تولید محصول بالای این گیاه بیشتر به خاطر استفاده از ارقام هیبریدی است که عملکرد بالائی دارند (Choukan, 1999). در برنامه‌های به‌نژادی نحوه انتخاب والدین برای دو رگ‌گیری عامل اساسی در موفقیت برنامه به شمار می‌رود. برای تهیه ارقام هیبرید باید از لاین‌های خالص استفاده کرد. لذا در برنامه تولید ارقام هیبرید باید ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها تعیین شوند (Hosseini *et al*., 2013؛ Choukan, 1999).

از نظر اقتصادی عملکرد دانه مهم‌ترین صفت در گیاه ذرت است ولی وراثت‌پذیری آن از اکثر صفات کمتر است (Anees and Muhammad, 2003). استفاده از روش اصلاحی مناسب به منظور بالا بردن عملکرد دانه اهمیت ویژه‌ای دارد و انتخاب بهترین روش مستلزم شناخت کافی از وراثت‌پذیری صفات مربوط به عملکرد دانه جهت دستیابی به حداکثر پیشرفت ژنتیکی است. وراثت‌پذیری تابعی از میزان تنوع والدین، میزان خویش‌آمیزی قبل از تلاقی، نوع نتاج و نسل بعد از تلاقی است (Basal and Turgut, 2005).

هالوئر و میراندا (Hallauer and Miranda, 1988) با جمع‌بندی نتایج حاصله از حدود صد گزارش تحقیقی، دامنه وراثت‌پذیری را برای عملکرد دانه کمتر از ۳۰٪ و برای صفات وزن دانه و تعداد ردیف دانه بین ۳۰٪ تا ۵۰٪ و برای صفت تعداد ردیف دانه در بلال بین ۵۰٪ تا ۷۰٪ تعیین کردند. به نژادگران معتقدند که عملکرد صفتی بسیار پیچیده است و افزایش عملکرد بر اساس انتخاب به سختی حاصل می‌شود، اما می‌توان با اصلاح اجزای عملکرد دانه موجب بهبود عملکرد دانه نیز شد، هر چند که معمولاً این اجزا در عمل به صورت جبرانی عمل می‌کنند و افزایش یکی کاهش دیگری را در بر دارد. بر این اساس آگاهی از نحوه کنترل ژنتیکی و توارث اجزای عملکرد که موجب انتخاب بهترین روش اصلاحی برای آن‌ها و در نهایت موجب اصلاح عملکرد دانه نیز می‌شود، ضروری است.

در تمامی روش‌های ارزیابی اجزای واریانس ژنتیکی براساس شباهت بین والدین و نتاج و سایر خویشاوندان، امکان برآورد اجزای واریانس ژنتیکی به وجود می‌آید. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تجزیه دو والدی، رگرسیون والد- نتاج، تلاقی‌های دی‌آلل، طرح‌های کامستاک و رابینسون، تلاقی سه جانبه و تجزیه لاین× تستر اشاره کرد. طرح تلاقی لاین × تستر به عنوان یکی از روش‌های مناسب برآورد قابلیت ترکیب، جهت ارزیابی پتانسیل

www.SID.ir

ژنتیکی مواد آزمایشی در اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این روش اطلاعاتی را در مورد قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی فراهم آورده و از طرف دیگر در برآورد اثر مختلف ژنی مفید است (Choukan, 2008). به علاوه تجزیه لاین × تستر به روش کمپتورن (Kempthorne, 1957) برای غربال لاین‌ها جهت استفاده در تلاقی دارای درجه اعتماد معقول و سریعی است.

بسیاری از محققین اثر ژنی، واریانس‌های ژنتیکی، قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد دانه برآورد کرده‌اند. در بیشتر مطالعات نقش هر دو اثر افزایشی و غالبیت به طور معنی‌داری در کنترل صفات فوق گزارش شده است ولی برای بیشتر صفاتی که این واریانس ژنتیکی را داشتند نقش جزء غالبیت یا غیر افزایشی واریانس ژنتیکی بیشتر از نقش جزء افزایشی بود (Esmaili *et al*., 2005).

کوناک و همکاران (Konak *et al*., 1999) در آزمایشی با چهار تستر و شش لاین برگزیده ذرت به این نتیجه رسیدند که برای صفت تعداد دانه در بلال اثر افزایشی و برای صفات عملکرد دانه و وزن هزار دانه اثر غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. ولف و همکاران (Wolf *et al*., 2000) نیز نشان دادند برای عملکرد دانه واریانس غالبیت مهم‌تر از واریانس افزایشی است در حالی که برای صفات مرتبط با عملکرد دانه واریانس افزایشی مهم‌تر از واریانس غالبیت بود. در مطالعه دیگری در اسپانیا مالوار و همکاران (Malvar *et al*., 1996) نشان دادند واریانس غالبیت در کنترل تغییرات عملکرد دانه ذرت مهم‌تر است در حالی که برای صفت تعداد دانه در ردیف واریانس افزایشی معنی‌دار بود. از طرف دیگر گیوئی و واسون (Guei and Wasson, 1992)، کوسمین و همکاران (Cosmin *et al*., 1991) و اسپانر و همکاران (Spaner *et al*., 1996) نقش واریانس افزایشی در عملکرد دانه را بسیار مهم گزارش کرده‌اند.

تنش‌های محیطی باعث بروز دامنه وسیعی از واکنش‌ها در گیاهان زراعی از تغییر در سرعت رشد و عملکرد تا تغییر بیان و عمل ژن می‌شوند. بیتران و همکاران (Betran *et al*., 2003) در بررسی اثر ژن در شرایط تنش خشکی و نیتروژن پایین مشاهده کردند که اثر ژن‌ها در این دو شرایط متفاوت از هم است، به طوری که در شرایط تنش خشکی اثر افزایشی ژن‌ها و در شرایط نیتروژن پایین نقش اثر غالبیت ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه مهم‌تر بودند. حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2013) با برآورد اثر ژن در لاین‌های ذرت با تجزیه لاین × تستر در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی گزارش کردند که هرچند اهمیت هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل عملکرد دانه و اجزای عملکرد آن در هر دو شرایط معنی‌دار بود، با این حال واریانس غالبیت اهمیت بیشتری در کنترل عملکرد دانه و اجزای

www.SID.ir

آن داشت. همچنین آن‌ها نتیجه گرفتند که لاین‌ها در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی از قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی یکسانی برخوردار نبودند و این پارامترها تحت تاثیر تنش قرار گرفتند. چوکان (Choukan, 1999) واریانس افزایشی و غالبیت عملکرد دانه در دو تراکم بوته معمول و بالا را با استفاده از تلاقی لاین × تستر برآورد و گزارش کرد که در هر دو تراکم بوته هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل عملکرد دانه معنی‌دار بودند. همچنین در این بررسی، لاین‌ها قابلیت ترکیب متفاوتی در دو شرایط مذکور داشتند.

با جمع‌بندی نتایج مطالعات سایر محققین می‌توان گفت خصوصیات ژنتیکی صفات زراعی تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، بنابراین برای برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های تحقیقاتی به منظور بهبود عملکرد دانه در محیط‌های دارای تنش، آگاهی کافی از میزان اثر و عمل ژن‌ها در مورد صفات مختلف و همچنین اطلاع از ترکیب‌پذیری لاین‌ها و منابع ژنتیکی در شرایط تنش ضروری است. به همین منظور این تحقیق جهت تعیین نوع عمل ژن، قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی لاین‌ها و برآورد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی در دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه و همچنین بررسی تاثیر تنش خشکی بر این پارامترها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت دو فصل زراعی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی مغان واقع در شمالی‌ترین نقطه استان اردبیل (بین ۳۹ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۴۵ تا ۵۰ متر از سطح دریای آزاد) اجراء شد. دشت مغان به علت شرایط توپوگرافی خاص، اصولاً آب و هوای مغایر با سایر مناطق آذربایجان و حتی نواحی جنوبی آن دارد. براساس آمار آب و هوایی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک پارس‌آباد، این منطقه جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف بوده و دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم است. تیر و مرداد گرم‌ترین ماه‌های سال و دی و بهمن سردترین ماه‌های سال است. متوسط بارندگی در فصل پاییز ۷۸/۵، زمستان ۸۲، بهار ۱۰۶/۵ و تابستان ۳۲ میلی‌متر است. بیش ترین میزان بارندگی مطابق آمار هواشناسی پارس آباد از فروردین تا آخر خرداد است. بر اساس آمار ۲۵ ساله پارس آباد متوسط بارندگی ۲۷۱/۲ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالانه ۱۴۸۶/۵ میلی‌متر گزارش شده است. بر اساس این آمار، در ایستگاه پارس آباد بیش‌ترین مقدار تبخیر متعلق به ماه‌های تیر و مرداد و کم‌ترین میزان تبخیر در ماه‌های دی و بهمن رخ می‌دهد.

در سال اول اجرای آزمایش (سال ۱۳۹۰)، میانگین دمای بیشینه، دمای کمینه، رطوبت نسبی و کل بارندگی به ترتیب برابر با

www.SID.ir

۲۰/۷ سانتی‌گراد، ۹/۸ سانتی‌گراد، ۷۰/۳ درصد و ۲۱۶/۸ میلی‌متر بود. این اعداد در طول دوره رشد ذرت (از زمان کاشت تا رسیدن فیزیولوژیکی) به ترتیب برابر با ۳۰/۶ سانتی‌گراد، ۱۸/۹ سانتی‌گراد، ۶۳/۹ درصد و ۶۴/۴ میلی‌متر بود. در این سال بیشتر بارندگی، حدود ۷۰ درصد بارندگی سالانه، در خارج از دوره رشد ذرت و ۳۰ درصد آن در طول دوره رشد ذرت اتفاق افتاد. از ۳۰ درصد بارندگی اتفاق افتاده در محدوه زمانی رشد ذرت، تنها ۱۲ درصد آن در طول دوره پرشدن دانه بود. در سال ۱۳۹۱وضعیت مشابهی با سال ۱۳۹۰ در منطقه مغان مشاهده شد. به دلیل شرایط اقلیمی منطقه، زراعت ذرت به میزان زیادی به آبیاری احتیاج دارد. دور آبیاری بر اساس عرف منطقه بین ۷ تا ۱۰ روز است.

در سال ۱۳۸۸ برای تهیه مواد ژنتیکی لازم، برای تعیین میزان تحمل به خشکی لاین‌های ذرت و همچنین انتخاب لاین‌های حساس و متحمل به خشکی به عنوان تستر، به منظور استفاده در برنامه هیبریداسیون، تعداد هشت لاین تجاری ذرت (B73، MO17، K3653/2، K3615/1، K18، K74/1، K19 و K19/1) در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در دو آزمایش جداگانه و هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این تحقیق، بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه و نتایج تجزیه بای پلات لاین‌های K3653/2 و K3615/1 به ترتیب به عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین لاین به تنش خشکی شناخته شدند (Shiri *et al*., 2013b).

در سال دوم آزمایش این دو لاین (K3653/2 و K3615/1) به عنوان تستر بر اساس مدل تلاقی لاین × تستر با ۱۸ لاین مادری جدید تلاقی داده شدند و در نتیجه ۳۶ هیبرید از این تلاقی به دست آمد. مواد آزمایشی مورد استفاده در این مطالعه در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد.

در سال‌های سوم و چهارم (سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) هیبریدهای حاصل از تلاقی‌ها در دو شرایط آبیاری کامل (آبیاری براساس نیاز آبی گیاه و عرف منطقه) و شرایط قطع آبیاری در دوره پر شدن دانه (آبیاری تا مرحله اتمام گرده‌افشانی و قطع آبیاری بعد از اتمام گرده‌افشانی تا آخر دوره رشد) مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور سبز شدن یکنواخت، آبیاری اول برای تمام آزمایش‌ها انجام شد و میزان آب ورودی و خروجی به آزمایش‌ها برای تعیین مقدار آب مصرفی با استفاده از فلوم W.S.C. (Washington State College Flume) اندازه‌گیری شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۵ متر بود که در روی هرخط برای اطمینان از سبز شدن دو بذر در ۲۵ نقطه به فاصله ۲۰سانتی‌متر به صورت دستی کاشته شد. پس از تنک کردن در

www.SID.ir

مرحله ۵-۴ برگی (حدود ۱۸ روز بعد از کاشت) فقط یک بوته در هر نقطه نگه داشته شد. بر این اساس تراکم کشت در حدود ۶۷ هزار بوته در هکتار بود. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی و در دو نوبت انجام شد. برای مبارزه با آفات از جمله آگروتیس، پیرائوستا، هلیوتیس و کارادرینا و نیز کنه از سموم توصیه شده توسط کارشناسان آفات استفاده شد. از زمان کاشت تا برداشت کلیه مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل آبیاری بر اساس تیمارهای آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، کودهی و غیره به عمل آمد. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک محل آزمایش تعیین شد، به طوری‌که، ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره قبل از کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم اوره نیز به صورت سرک مصرف شد. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه (بلال‌های دو خط وسط بعد از حذف بوته‌های حاشیه‌ای هر خط برداشت و با ترازوی حساس ۰/۰۰۵ توزین شد، سپس عملکرد بلال با درصد چوب بلال، رطوبت ۱۴ درصد و تعداد بوته، تصحیح و میزان عملکرد دانه در هکتار (تن در هکتار) مشخص شد. صفات زراعی اندازه‌گیری شده عبارت بودند از تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در هر ردیف بلال، وزن هزار دانه، قطر بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد روز تا کاکل‌دهی (تعداد روز از زمان کاشت تا زمانی که در ۵۰ درصد بوته‌های دو خط وسط هر کرت، طول کاکل بلال‌ها به ۲-۳ سانتی‌متر رسید به عنوان تعداد روز تا کاکل‌دهی برای هر کرت ثبت شد)، تعداد روز تا گرده‌افشانی (تعداد روز از زمان کاشت تا زمانی که ۵۰ درصد بوته‌های دو خط وسط هر کرت در حال آزاد کردن گرده بودند، به عنوان تعداد روز تا گرده‌افشانی برای هر کرت ثبت شد، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (تعداد روز از زمان کاشت تا زمانی که در ۵۰ درصد بوته‌های دو خط وسط هر کرت، برگ‌های پایین بلال و برگ‌های محافظ بلال، خشک و بقیه برگ‌ها نیز زرد شدند به عنوان تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی در نظر گرفته شد. در این زمان علاوه بر علایم بالا، در نوک دانه لایه سیاه نیز تشکیل می‌شود)، طول دوره پر شدن دانه (فاصله زمانی از قهوه‌ای شدن کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیکی بر حسب روز به عنوان طول دوره پر شدن دانه در نظر گرفته شد)، سرعت پرشدن دانه (از تقسیم کردن طول دوره پر شدن دانه به وزن دانه به دست آمد).

برای تعیین میزان کلروفیل بر اساس روش پیشنهادی پورا و همکاران (Porra *et al.*, 1989) در هر کرت آزمایشی در مرحله ظهور گل تاجی، به طور تصادفی تعداد پنج برگ پائین برگ پرچم از پنج بوته برداشت و از هر برگ تعداد سه حلقه (در هر کرت ۱۵ حلقه) به قطر ۰/۵ سانتی‌متر از پهنک برگ تهیه شد. سپس نمونه‌های برگ به لوله‌های آزمایشی استریل شده که یکی حاوی پلی‌اتیلن گلایکول و دیگری آب خالص بود، منتقل

Archive of SID

www.SID.ir

شدند. بعد از نگهداری به مدت ۲۴ ساعت در دمای اطاق، نمونه‌های برگ از لوله‌های آزمایشی خارج و در کاغذ صافی خشک شدند. نمونه‌های برگی خشک شده را در لوله آزمایشی محتوی ۵ میلی‌لیتر اتیل اسپرتی ۹۰٪ قرار داده و در شرایط دمای اطاق به مدت پنج روز تا زمانی که همه کلروفیل‌ها از نمونه‌های برگ جدا شدند، نگه داری شدند. پس از آن لوله‌های آزمایشی محتوی کلروفیل نمونه برگ در داخل دستگاه اسپکتروفتومتر گذاشته شده و غلظت محلول در طول موج‌های E665 و E649 نانومتر قرائت شد و نهایتاً میزان کلروفیل a، b و a+ b با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$Chlo_a\,(\mu g/ml) = 13.70\,E_{665} - 5.76\,E_{649}$$

$$Chlo_b\,(\mu g/ml) = 25.80\,E_{649} - 7.60\,E_{665}$$

$$Chlo_{a+b}(\mu g/ml) = 6.10\,E_{665} + 20.04\,E_{649}$$

به منظور برآورد قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی و نوع اثر ژن از هر خط تعدا ده بوته به طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس برای صفات مذکور انجام شد. برای تجزیه واریانس تلاقی‌ها به اجزا تشکیل دهنده و همچنین محاسبه واریانس افزایشی و غیر افزایشی از روش پیشنهادی کمپتورن (۱۹۵۷) استفاده شد. آزمون اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها با استفاده از آزمون t انجام و محاسبات و تجزیه‌های آماری لاین × تستر با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزاری Excel انجام شد.

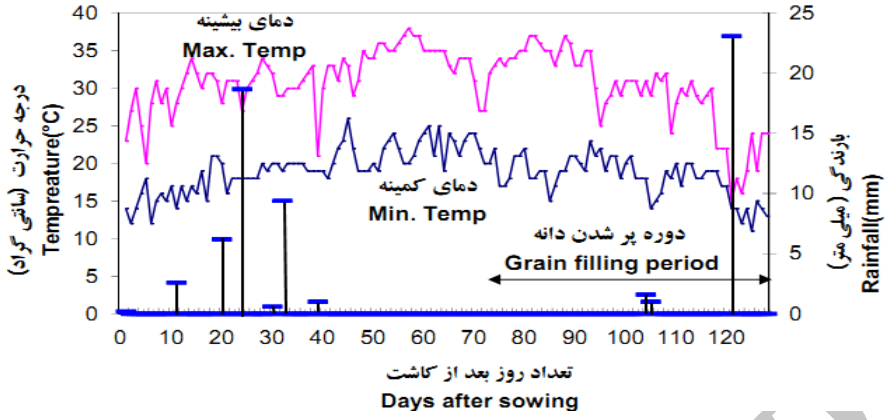
نتایج و بحث

تغییرات دما و بارندگی در دوره رشد ذرت در منطقه مغان در شکل ۱ و اسامی لاین‌های والدینی ذرت استفاده شده در برنامه تلاقی بر اساس مدل لاین × تستر در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی اثر تلاقی از نظر صفات عملکرد دانه (در هر دو سال)، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد روز تا گرده‌افشانی و کاکل‌دهی و رسیدن فیزیولوژیکی، طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه، میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل‌های a و b معنی‌دار بود. اثر تلاقی در مورد صفت وزن هزار دانه فقط در شرایط آبیاری کامل معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳)، بنابراین شرایط لازم برای انجام تجزیه لاین × تستر و تجزیه اثر تلاقی به اجزای آن (اثر لاین، اثر تستر و اثر متقابل لاین × تستر) برای صفات مذکور وجود داشت.

تجزیه اثر تلاقی به اجزای آن بر مبنای تجزیه لاین × تستر برای عملکرد دانه نشان داد که اثر لاین‌ها و تستر در هر دو شرایط مورد مطالعه و در هر دو سال در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌دار مشاهده شده بین تسترها و بین لاین‌ها مبین نقش اثر افزایشی ژنی در کنترل عملکرد دانه می بود. میانگین مربعات لاین × تسترها نیز برای عملکرد دانه در

www.SID.ir



شکل ۱- دمای بیشینه، دمای کمینه و میزان بارندگی (میله های عمودی) در طول دوره رشد هیبرید های ذرت در منطقه مغان در سال‌های اجرای آزمایش

Fig. 1. Maximum temperature, minimum temperature and rainfall (vertical bars) during maize hybrids growth period at Moghan region in studied years

جدول ۱- اسامی لاین‌های والدینی ذرت استفاده شده در برنامه تلاقی بر اساس مدل لاین × تستر

Table 1. The name of maize lines used in hybridization program according to line × tester model

شماره No.	پدیگری لاین‌ها Pedigree	کد Code	شماره No.	پدیگری لاین‌ها Pedigree	کد Code
1	KLM77008/1-3-3-1-2-2-1	L1	11	K74/2-2-1-21-2-1-1-1	L11
2	KLM77012/4-1-1-4-1-2-1	L2	12	K74/2-2-1-21-3-1-1-1	L12
3	KLM77021/4-1-2-1-2-1-2	L3	13	K74/1	L13
4	KLM77029/8-1-1-1-2-1-5	L4	14	K3545/7	L14
5	KLM77029/8-1-1-1-2-2-2	L5	15	K3544/4	L15
6	KLM76004/3-5-1-2-2-1-1-1	L6	16	K3640/6	L16
7	KLM76012/1-3-1-1-1-2-1-1	L7	17	KLM75010/4-4-1-2-1-1-1	L17
8	K74/2-2-1-3-1-1-1-1	L8	18	KLM76010/1-13-1-2-1-1	L18
9	K74/2-2-1-4-4-1-1-1	L9	19	K3653/2(Tester)	T1
10	K74/2-2-1-19-1-1-1-1	L10	20	K3615/1(Tester)	T2

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین مربعات تجزیه واریانس لاین × تستر و اجزای واریانس ژنتیکی برای عملکرد دانه ذرت در دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در دو سال مورد بررسی

Table 2. Mean square and variance components for grain yield under normal irrigation and drought stress conditions according to line × tester analysis for two studied years

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	آبیاری کامل Normal Irrigation		تنش خشکی Drought stress conditions	
			سال اول First years	سال دوم Second years	سال اول First years	سال دوم Second years
Replication	تکرار	2	0.236	0.028	3.231	1.329
Cross (C)	تلاقی	35	3.156**	3.118**	0.768**	0.686**
Line (L)	لاین	17	3.189**	3.175**	0.808**	0.429**
Tester (T)	تستر	1	17.642**	13.23**	0.965**	5.782**
Line × Tester	لاین × تستر	17	2.271**	2.467**	0.717**	0.643**
Erorr	خطا	70	0.363	0.284	0.227	0.216
σ^2_A	واریانس افزایشی	-	0.022	0.016	0.001	0.001
σ^2_{GCA}	واریانس ترکیب‌پذیری‌عمومی	-	0.011	0.008	0.001	0.001
σ^2_{SCA}	واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی	-	0.636	0.728	0.163	0.142
σ^2_D	واریانس غالبیت	-	0.636	0.728	0.163	0.142
C.L.	سهم لاین‌ها	-	49.078	49.456	51.082	30.380
C.T.	سهم تسترها	-	15.971	12.116	3.589	24.086
C.L. × C.T.	سهم لاین × تستر	-	34.950	38.428	45.329	45.534
σ^2_{GCA} / σ^2_{SCA}		-	0.017	0.011	0.004	0.007
σ^2_G	واریانس ژنتیکی	-	0.930	0.940	0.180	0.160
σ^2_P	واریانس فنوتیپی	-	1.052	1.039	0.256	0.229
h^2_B	وراثت‌پذیری عمومی	-	0.885	0.909	0.704	0.685
h^2_N	وراثت‌پذیری خصوصی	-	0.021	0.015	0.005	0.004

**:Significant at 1% level of probability. σ^2_A: Additive variance, σ^2_{gca}: General combining ability variance, σ^2_{sca}: Specific combining ability variance, σ^2_D: Dominance variance, C. L: Contribution of lines of total variance, C. T.: Contribution of testers of total variance, C. L×T: Contribution of line×testers of total variance, $\sigma^2_{gca}/\sigma^2_{sca}$: The ratio of general combining ability variance to specific combining ability variance, σ^2_g: Genotypic variance, σ^2_P: Phenotypic variance, h^2_B: Broad sense heritability, h^2_N: Narrow sense heritability

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس لاین × تستر و اجزای واریانس ژنتیکی برای برخی از صفات زارعی در دو شرایط آبیاری کامل (NI) و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه (DS) در سال ۱۳۹۰

Table 3. Mean square and variance components for agronomic traits under normal irrigation(NI) and drought stress conditions (DS) according to line × tester analysis in 2010

S.O.V.			تعداد دانه در ردیف		تعداد ردیف دانه		وزن هزار دانه		ارتفاع بوته	
		درجه آزادی	Grain number per row		Grain-row number		1000-grain weight		Plant height	
	منابع تغییرات	df.	NI	DS	NI	DS	NI	DS	NI	DS
Replication	تکرار	2	6.003	27.530	0.463	7.566	871.067	675.309	591.437	191.886
Cross (C)	تلاقی	35	21.010**	21.730**	9.860**	7.500**	832.400**	643.400^{ns}	76.301**	80.869**
Line (L)	لاین	17	32.410**	25.890**	11.970**	7.020**	1039.500**	612.460^{ns}	108.064**	73.515**
Tester (T)	تستر	1	69.680**	54.460**	109.20**	66.430**	1790.900**	1427.900^{ns}	106.446*	457.810**
Line × Tester	لاین × تستر	17	6.740**	15.640**	1.910**	4.5200**	568.900**	628.200^{ns}	42.766 ^{ns}	66.050**
Erorr	خطا	70	3.329	3.429	0.571	0.875	247.835	418.963	27.600	18.956
σ^2_A	واریانس افزایشی	-	0.356	0.152	0.198	0.074	6.568	-	0.836	0.369
σ^2_{GCA}	واریانس ترکیب‌پذیری‌عمومی	-	0.178	0.076	0.099	0.037	3.284	-	0.418	0.185
σ^2_{SCA}	واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی	-	1.137	4.070	0.446	1.216	107.051	-	5.055	15.698
σ^2_D	واریانس غالبیت	-	1.137	4.070	0.446	1.216	107.051	-	5.055	15.698
C.L.	سهم لاین‌ها	-	74.940	57.876	58.963	45.443	60.655	-	68.790	44.154
C.L. × T	سهم تسترها	-	9.476	7.161	31.640	25.287	6.147	-	3.986	16.175
σ^2_{GCA}	سهم لاین × تستر	-	15.584	34.963	9.398	29.270	33.198	-	27.224	39.671
$\sigma^2_{GCA} / \sigma^2_{SCA}$		-	0.156	0.019	0.222	0.031	0.031	-	0.083	0.012
σ^2_G	واریانس ژنتیکی	-	5.890	6.100	3.100	2.210	194.880	74.820	16.230	20.640
σ^2_P	واریانس فنوتیپی	-	7.003	7.242	3.287	2.502	277.489	214.470	25.434	26.956
h^2_B	وراثت‌پذیری عمومی	-	0.842	0.842	0.942	0.883	0.702	0.349	0.638	0.766
h^2_N	وراثت‌پذیری خصوصی	-	0.051	0.021	0.060	0.030	0.024	0.000	0.033	0.014

For abbreviations, see Table 2

برای اختصارات به زیر نویس جدول ۲ مراجعه شود.

ns،* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

Table 3. Continued

ادامه جدول ۳

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	ارتفاع بلال Ear height NI	ارتفاع بلال Ear height DS	روز تا گرده‌افشانی Days to pollination NI	روز تا گرده‌افشانی Days to pollination DS	روز تا کاکل دهی Days to sillking NI	روز تا کاکل دهی Days to sillking DS	روز تا رسیدگی Days to maturity NI	روز تا رسیدگی Days to maturity DS
Replication	تکرار	2	548.719	318.431	12.704	1.593	8.398	2.509	19.704	13.398
Cross (C)	تلاقی	35	135.049**	51.817**	3.578**	9.679**	4.367**	13.799**	19.724**	28.657**
Line (L)	لاین	17	121.173**	42.352*	4.258**	10.879**	4.070**	12.174**	16.696**	34.970**
Tester (T)	تستر	1	1782.420**	248.430**	17.120**	118.230**	35.593**	231.150**	277.120**	60.750**
Line × Tester	لاین × تستر	17	52.020*	49.715**	2.101^{ns}	2.094*	2.828^{ns}	2.638*	7.611^{ns}	20.456**
Erorr	خطا	70	23.730	22.863	1.723	1.174	1.674	1.319	3.570	5.798
σ^2_A	واریانس افزایشی	-	2.070	0.052	0.037	0.189	0.038	0.278	0.302	0.204
σ^2_{GCA}	واریانس ترکیب‌پذیری‌عمومی	-	1.035	0.026	0.018	0.095	0.019	0.139	0.151	0.102
σ^2_{SCA}	واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی	-	9.430	8.951	0.126	0.307	0.385	0.440	1.347	4.886
σ^2_D	واریانس غالبیت	-	9.430	8.951	0.126	0.307	0.385	0.440	1.347	4.886
C.L.	سهم لاین‌ها	-	43.581	39.700	57.806	54.592	45.264	42.853	41.115	59.272
C.L. × T	سهم تسترها	-	37.710	13.698	13.672	34.900	23.285	47.861	40.143	6.057
σ^2_{GCA}	سهم لاین × تستر	-	18.709	46.602	28.523	10.508	31.451	9.286	18.743	34.671
$\sigma^2_{GCA} / \sigma^2_{SCA}$		-	0.110	0.003	0.146	0.308	0.050	0.316	0.112	0.021
σ^2_G	واریانس ژنتیکی	-	37.110	9.650	0.620	2.840	0.900	4.160	5.380	7.620
σ^2_P	واریانس فنوتیپی	-	45.016	17.272	1.193	3.226	1.456	4.600	6.575	9.552
h^2_B	وراثت‌پذیری عمومی	-	0.824	0.559	0.518	0.879	0.617	0.904	0.819	0.798
h^2_N	وراثت‌پذیری خصوصی	-	0.046	0.003	0.031	0.059	0.026	0.060	0.046	0.021

برای اختصارات به زیر نویس جدول ۲ مراجعه شود.

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

For abbreviations, see Table 2

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۳

Table 3. Continued

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period duration NI	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period duration DS	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate NI	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate DS	Cholo. a NI	Cholo. a DS	Cholo. b NI	Cholo. b DS	Cholo. a+b NI	Cholo. a+b DS
Replication	تکرار	2	8.620	1.231	1.208	19.052	0.005	0.012	0.040	0.027	0.007	0.022
Cross (C)	تلاقی	35	20.898**	19.478**	11.821**	6.348**	0.469**	0.550**	0.291**	0.447**	0.995**	1.115**
Line (L)	لاین	17	18.467**	27.200**	13.509**	6.705**	0.445**	0.447**	0.352**	0.403**	0.924**	0.906**
Tester (T)	تستر	1	330.750**	2.370^{ns}	5.567*	4.555^{ns}	0.071^{ns}	1.465**	0.032^{ns}	1.329**	0.188^{ns}	2.717**
Line × Tester	لاین × تستر	17	5.103^{ns}	12.763*	10.501**	6.098**	0.516**	0.600**	0.245**	0.439**	1.114**	1.229**
Erorr	خطا	70	4.935	6.536	1.269	1.878	0.063	0.072	0.051	0.069	0.123	0.139
σ^2_A	واریانس افزایشی	-	0.394	0.167	0.033	0.006	-0.001	-0.001	0.001	0.000	-0.003	-0.003
σ^2_{GCA}	واریانس ترکیب‌پذیری‌عمومی	-	0.197	0.084	0.016	0.003	-0.001	-0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001
σ^2_{SCA}	واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی	-	0.056	2.076	3.077	1.407	0.151	0.176	0.065	0.123	0.330	0.363
σ^2_D	واریانس غالبیت	-	0.056	2.076	3.077	1.407	0.151	0.176	0.065	0.123	0.330	0.363
C.L.	سهم لاین‌ها	-	42.921	67.826	55.507	51.297	46.106	39.447	58.776	43.796	45.094	39.480
C.L. × T	سهم تسترها	-	45.219	0.348	1.346	2.050	0.433	7.605	0.314	8.496	0.540	6.965
σ^2_{GCA}	سهم لاین × تستر	-	11.860	31.826	43.147	46.653	53.462	52.949	40.910	47.708	54.366	53.555
σ^2_{GCA} / σ^2_{SCA}		-	3.516	0.040	0.005	0.002	-0.004	-0.004	0.009	0.001	-0.004	-0.004
σ^2_G	واریانس ژنتیکی	-	5.320	4.310	3.520	1.490	0.140	0.160	0.080	0.130	0.290	0.330
σ^2_P	واریانس فنوتیپی	-	6.966	6.493	3.940	2.116	0.156	0.183	0.097	0.149	0.332	0.372
h^2_B	وراثت‌پذیری عمومی	-	0.764	0.664	0.893	0.704	0.866	0.869	0.825	0.846	0.876	0.875
h^2_N	وراثت‌پذیری خصوصی	-	0.057	0.026	0.008	0.003	-0.008	-0.007	0.012	0.001	-0.009	-0.008

برای اختصارات به زیر نویس جدول ۲ مراجعه شود.

ns،* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

For abbreviations, see Table 2

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین × تستر نشان دهنده واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف است که می‌تواند ناشی از واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترها از نظر قدرت انتقال صفات باشد. معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین × تستر نیز حاکی از نقش اثر غالبیت و غیر افزایشی در کنترل عملکرد دانه بود (Choukan, 2008)، بنابراین چنین نتیجه‌گیری می‌شود هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی در کنترل عملکرد دانه نقش داشتند (جدول ۲).

برای تعیین این که کدام اثر (افزایشی یا غیر افزایشی) در کنترل صفات نقش مهم‌تری دارد از نسبت واریانس GCA/SCA استفاده شد. برآورد نسبت واریانس GCA/SCA در هر دو شرایط برای عملکرد دانه کمتر از یک بود که اهمیت واریانس ژنتیکی غیر افزایشی را در کنترل این صفت نشان داد (جدول ۲). نتایج مشابهی توسط چوکان (Choukan, 1999) و اسماعیلی و همکاران (Esmaili *et al*., 2005) در دو شرایط کاشت با تراکم نرمال و تراکم بالا گزارش شده است. این موضوع به کرات توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است که هم اثر افزایشی و هم اثر غیر افزایشی در کنترل عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل نقش دارند (Iqbal *et al*., 2007).

میانگین مربعات لاین‌ها در سال ۱۳۹۰ برای صفات تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد روز تا گرده‌افشانی، کاکل‌دهی و رسیدن فیزیولوژیکی، طول دوره پرشدن دانه، سرعت پرشدن دانه، میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل a و b در هر دو شرایط و برای صفت وزن هزار دانه فقط در شرایط آبیاری کامل معنی‌دار بود. میانگین مربعات تسترها برای صفات تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد روز تا گرده‌افشانی، کاکل‌دهی و رسیدن فیزیولوژیکی در هر دو شرایط و برای صفات وزن هزار دانه، طول دوره و سرعت پرشدن دانه فقط در شرایط آبیاری کامل و برای صفات ارتفاع بوته، میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل a و b فقط در شرایط تنش خشکی معنی‌دار بود (جدول ۳). اختلاف معنی‌دار مشاهده شده بین تسترها و لاین‌ها مبین وجود نقش اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفات فوق بود.

میانگین مربعات اثر متقابل لاین × تسترها در هر دو شرایط مورد مطالعه برای صفات تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، ارتفاع بلال، سرعت پرشدن دانه، میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل a و b و برای صفت وزن هزار دانه فقط در شرایط آبیاری کامل و برای صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا گرده‌افشانی، کاکل دهی و رسیدن فیزیولوژیکی و طول دوره پرشدن دانه فقط در شرایط تنش خشکی معنی‌دار بود (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد صرف نظر از شرایط کشت (شرایط تنش و

Archive of SID

www.SID.ir

بدون تنش) هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل اکثر صفات مورد مطالعه دارای اهمیت هستند. هرچند در مورد برخی از صفات مانند ارتفاع بوته، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا کاکل‌دهی و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیکی در شرایط آبیاری کامل فقط اثر افزایشی و در شرایط تنش خشکی هر دو اثر مهم بود (جدول ۳).

برآورد نسبت واریانس GCA/SCA در هر دو شرایط برای تمام صفات مورد مطالعه به جز طول دوره پرشدن دانه در شرایط آبیاری کامل کمتر از یک بود و این اهمیت واریانس ژنتیکی غیر افزایشی (غالبیت) را در مورد صفات مذکور نشان می‌دهد. بنابراین فقط در مورد صفت طول دوره پرشدن دانه در شرایط آبیاری کامل نقش اثر افزایشی مهم تر از اثر غالبیت ژن‌ها بود (جدول۳).

نتایج حاصله از این تحقیق با بعضی از گزارش‌ها تطابق و با برخی دیگر مغایرت داشت به طوری که نقش هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی به وسیله کوناک و همکاران (۱۹۹۹) و لی هو و شانگ (Lee Ho and Shung, 1995) برای ارتفاع بوته، نستارز و همکاران (Nestares *et al*., 1999) و مندوزا و همکاران (Mendoza *et al*., 2000) برای تعداد روز تا ظهور کاکل؛ چوکان (۱۹۹۹) و سینگ و سینگ (Singh and Singh, 1998) برای تعداد دانه در ردیف، کومار و همکاران (Kumar *et al*., 1999) برای تعداد ردیف دانه در بلال، نستارز و همکاران (۱۹۹۹)، کوناک و همکاران (۱۹۹۹) و اقبال و همکاران (Iqbal *et al*., 2007)، برای وزن ۳۰۰ دانه و نستارز و همکاران (۱۹۹۹)، کوناک و همکاران (۱۹۹۹) و چوکان (۱۹۹۹) برای عملکرد دانه گزارش شده است. اثر بیشتر واریانس غیر افزایشی برای ارتفاع بوته توسط سینگ و سینگ (۱۹۹۸) گزارش شده است در حالی که چوکان (۱۹۹۹) اثر بیشتر افزایشی را برای این صفت گزارش کرده است. اهمیت بیشتر اثر افزایشی در کنترل صفت تعداد روز تا ظهور کاکل در نتایج کوناک و همکاران (۱۹۹۹) ذکر شده در حالی که برای این صفت اهمیت بیشتر اثر غیر افزایشی توسط اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۵)گزارش شده است. نقش بیشتر اثر غیر افزایشی برای وزن ۳۰۰ دانه در بیشتر تحقیقات گزارش شده است، با این حال بعضی از مطالعات از جمله گزارش اولیسینو و نارانجو (Aulicino and Naranjo, 2001) برای وزن ۳۰۰ دانه نقش اثر افزایشی را مهم‌تر ذکر کرده‌اند. این اختلاف در نتایج می‌تواند ناشی از روش بررسی، مواد آزمایشی، وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین مواد ژنتیکی و یا استفاده از پارامترهای مختلف برای برآورد عمل ژنی باشد. وجود هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی واریانس ژنتیکی نشان دهنده لزوم بهره‌گیری از هر دو اجزای تثبیت پذیر و غیرتثبیت پذیر واریانس ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی ذرت

Archive of SID

www.SID.ir

است.

در هر دو سال مورد بررسی واریانس ژنتیکی عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل بیشتر از واریانس ژنتیکی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بود. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی عملکرد دانه نیز در شرایط آبیاری کامل بیشتر بود (جدول ۲). در این خصوص نابوی سونگا و همکاران (Ngaboyisonga *et al*., 2009) اعلام کردند که کاهش در واریانس ژنتیکی نتیجه کاهش تنوع ژنتیکی در اثر تاثیر تنش خشکی است. هیفنی (Hefny, 2007) اعلام کرد که اجزای واریانس ژنتیکی و همچنین وراثت‌پذیری در شرایط نرمال در مقایسه با شرایط تنش بیشتر است که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. به طورکلی پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی می‌تواند به علت سهم بیشتر واریانس غالبیت در کنترل صفات مورد مطالعه باشد.

برآورد GCA و SCA لاین‌ها و تسترها به منظور شناسایی ترکیب شونده برتر انجام و نتایج در جدول‌های ۴ و ۵ ارایه شده است. لاین‌ها و تسترها برای اکثر صفات، GCA معنی‌دار و متفاوت در دو شرایط مورد مطالعه نشان دادند. همچنین تجزیه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای عملکرد دانه موید این نکته است که اختلاف ترکیب‌پذیری لاین‌ها در شرایط نرمال بیشتر است. همچنین در دو شرایط مختلف روند چندان مشابهی در ترکیب‌پذیری لاین‌ها مشاهده نشد، به طوری که لاین L8 در شرایط نرمال در هر دو سال مورد مطالعه از ترکیب‌پذیری عمومی، مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد برخوردار بود ولی در شرایط تنش ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار نشان داد. ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های L11 و L18 در شرایط نرمال مثبت و معنی‌دار در صورتی که لاین‌های مذکور در شرایط تنش خشکی ترکیب‌پذیری عمومی غیر معنی‌دار داشتند. در حالی که لاین‌های L2، L4، L13 و L14 بر عکس لاین‌های L11 و L18 در شرایط نرمال ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار و در شرایط تنش ترکیب‌پذیری عمومی غیر معنی‌دار داشتند. لاین L17 در هر دو شرایط دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین می‌تواند به عنوان یک لاین مناسب برای افزایش عملکرد در هر دو شرایط انتخاب شود. لاین‌های L6، L7 و L10 در هر دو شرایط از ترکیب‌پذیری عمومی منفی و غیرمعنی‌دار داشتند (جدول ۴). بنابراین می‌توان گفت لاینی که در شرایط آبیاری کامل ترکیب‌پذیری خوبی داشت، در شرایط تنش خشکی الزاماً ترکیب‌پذیری مشابهی نشان نداد و برعکس. چوکان (۱۹۹۹) و اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۵) نیز در مطالعه خود نتیجه گرفتند لاین‌ها در دو تراکم بوته بالا و معمولی، GCA مشابهی را برای صفات مورد مطالعه نشان نمی‌دهند و اختلاف ترکیب‌پذیری لاین‌ها در تراکم بوته بالا بیشتر از تراکم معمولی است. به طور کلی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای عملکرد دانه ذرت در دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در دو سال مورد مطالعه

Table 4. General combining ability (GCA) of lines and testers for grain yield under normal irrigation and drought stress conditions in two studied years

لاین ها Lines	Normal irrigation condition		Drought stress condition	
	First year	Second year	First year	Second year
L1	0.59*	0.41**	0.35 ns	0.52**
L2	-0.73**	-0.56**	0.22 ns	0.22 ns
L3	-1.35**	-0.76**	-0.67**	-0.08 ns
L4	-0.74**	-0.58**	0.05 ns	0.25 ns
L5	0.34ns	-0.66**	-0.41*	-0.44*
L6	-0.16ns	-0.24 ns	0.09 ns	-0.08 ns
L7	-0.15ns	-0.27 ns	-0.16 ns	-0.05 ns
L8	1.34**	1.11**	-0.67**	-0.42*
L9	-0.18 ns	0.49*	-0.08 ns	0.28 ns
L10	0.30 ns	0.30 ns	-0.21 ns	-0.20 ns
L11	0.78**	0.82**	-0.15 ns	0.24 ns
L12	0.46 ns	0.97**	0.11 ns	-0.15 ns
L13	-0.49*	-0.68**	-0.04 ns	-0.03 ns
L14	-0.60*	-1.02**	-0.22 ns	-0.41 ns
L15	0.07ns	-0.27 ns	0.51**	-0.07 ns
L16	-1.02**	-0.76**	0.50**	0.10 ns
L17	0.97**	0.47*	0.58**	0.24 ns
L18	0.55*	1.21**	0.21ns	0.10 ns
SE (gi)	0.25	0.22	0.19	0.19
SE (gi-gj)	0.35	0.31	0.27	0.2
تسترها	-	-	-	-
gT1	0.40**	0.35**	0.09 ns	0.23**
gT2	-0.40**	-0.35**	-0.09 ns	-0.23**
SE (gi)	0.08	0.073	0.06	0.063
SE (gi-gj)	0.12	0.103	0.09	0.089

ns، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها برای عملکرد دانه ذرت در دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در دو سال مورد مطالعه

Table 5. Specific combining ability (SCA) of crosses for grain yield under normal irrigation and drought stress conditions at two studied years

تلاقی ها Crosses	Normal irrigation condition				Drought stress condition			
	First year		Second year		First year		Second year	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
L1	1.05**	-1.05**	0.75*	-0.75*	-0.09ns	0.09ns	-0.13 ns	0.13 ns
L2	0.28ns	-0.28ns	0.29 ns	-0.29 ns	-0.19ns	0.19ns	-0.22 ns	0.22 ns
L3	-0.14ns	0.14ns	-0.21 ns	0.21 ns	-0.33ns	0.33ns	-0.46 ns	0.46 ns
L4	0.98**	-0.98**	1.12**	-1.12**	0.42ns	-0.42ns	0.18 ns	-0.18 ns
L5	0.27ns	-0.27ns	0.52 ns	-0.52 ns	0.45ns	-0.45ns	0.50 ns	-0.50 ns
L6	-0.79*	0.79*	-0.77*	0.77*	-0.47ns	0.47ns	-0.25 ns	0.25 ns
L7	-0.31ns	0.31ns	-0.11 ns	0.11 ns	0.43ns	-0.43ns	0.16 ns	-0.16 ns
L8	1.23**	-1.23**	1.27**	-1.27**	0.10ns	-0.10ns	0.31 ns	-0.31 ns
L9	0.22ns	-0.22ns	-0.15 ns	0.15 ns	-0.63*	0.63*	-0.62*	0.62*
L10	0.40ns	-0.40ns	0.46 ns	-0.46 ns	-0.46ns	0.46ns	-0.39 ns	0.39 ns
L11	-0.52ns	0.52ns	-0.85**	0.85**	0.10ns	-0.10ns	-0.09 ns	0.09 ns
L12	-0.43ns	0.43ns	-0.89**	0.89**	0.14ns	-0.14ns	0.48 ns	-0.48 ns
L13	-0.28ns	0.28ns	-0.07 ns	0.07 ns	0.05ns	-0.05ns	0.11 ns	-0.11 ns
L14	0.21ns	-0.21ns	-0.43 ns	0.43 ns	0.43ns	-0.43ns	-0.05 ns	0.05 ns
L15	-0.60ns	0.60ns	0.08 ns	-0.08 ns	-0.22ns	0.22ns	-0.15 ns	0.15 ns
L16	-0.62ns	0.62ns	-0.37 ns	0.37 ns	-0.26ns	0.26ns	-0.07 ns	0.07 ns
L17	-0.47ns	0.47ns	0.01 ns	-0.01 ns	0.30ns	-0.30ns	0.25 ns	-0.25 ns
L18	-0.47ns	0.47ns	-0.66 *	0.66*	0.23ns	-0.23ns	0.45 ns	-0.45 ns
S. E. (SCA)	0.348		0.308		0.275		0.268	
S. E. (s_{ij}-s_{kl})	0.492		0.435		0.389		0.379	

ns،* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

در مورد عملکرد دانه لاین‌های L8، L11 و L17 در شرایط آبیاری نرمال و لاین‌های L1، L16 و L17 در شرایط قطع آب در مرحله پرشدن دانه، ترکیب‌پذیری عمومی مثبت معنی‌دار و بهتری داشتند (جدول ۴) و ترکیب شونده‌های برتر برای عملکرد دانه بودند. به کرات در برنامه‌های به‌نژادی ذرت، محققین از نتایج ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها در گزینش لاین‌ها به منظور استفاده در تلاقی‌ها سود برده‌اند (Choukan, 1999؛ Esmaili *et al*., 2005).

Archive of SID

www.SID.ir

ترکیب‌پذیری عمومی تسترها در شرایط نرمال در هر دو سال در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و در شرایط تنش در سال اول غیر معنی‌دار و در سال

دوم معنی‌دار بود. تستر شماره ۱ (K3653/2) در شرایط نرمال در هر دو سال و در شرایط تنش فقط در سال دوم ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری داشت. بنابراین می‌توان گفت تستر K3653/2، ترکیب‌پذیری خوبی با لاین‌های مورد مطالعه داشته و باعث افزایش عملکرد دانه شده است (جدول ۴).

نتایج ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها نشان داد که در مورد عملکرد دانه تلاقی‌های L1×T1، L4×T1 و L8×T1 در شرایط نرمال و تلاقی L9×T2 در شرایط تنش از ترکیب‌پذیریخصوصی مثبت معنی‌دار و بهتری برخوردار بودند. همچنین دیده شد که در شرایط نرمال دامنه تغییرات SCA بین ترکیب‌ها بیشتر از شرایط تنش بود، به عبارتی در شرایط نرمال تعداد بیشتری از تلاقی‌ها ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری نشان دادند و در این شرایط اختلاف بین لاین بهتر نمایان شد (جدول۵).

چوکان (۱۹۹۹)و اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که در شرایط تراکم بوته بالا تعداد بیشتری از تلاقی‌ها ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری نشان می‌دهند و اظهار داشتند که در شرایط تنش تراکم بوته اختلاف بین تلاقی‌ها بهتر نمایان می‌شود.

در سال اول اجرای آزمایش، سهم لاین‌ها از تنوع موجود برای صفت عملکرد دانه (در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی به ترتیب ۴۹/۰۸ و ۵۱/۰۸ درصد) حداکثر بود. هرچند سهم لاین × تستر نیز (در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی به ترتیب ۳۴/۹۵ و ۴۵/۳ درصد) قابل توجه بود، در صورتی که سهم تسترها از این تنوع (در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی به ترتیب ۱۵/۹۷ و ۳/۵۹ درصد) نا چیز بود. در سال دوم نیز نتایج مشابهی در این خصوص به دست آمد (جدول‌های ۲ و ۳).

Archive of SID

References

Anees, A., and Muhammad, S. 2003. Combining ability analysis in *Zea mays* L. International Journal of Agricultural Biology 5: 239-244.

Aulicino, M. B., and Naranjo, C. A. 2001. Evaluation of combining ability of inbred maize lines for precocity and yield. Maize Genetics Cooperation Newsletter 71: 53-54.

www.SID.ir

Basal, H., and Turgut, I. 2005. Genetic analysis of yield components and fiber strength in upland cotton (*G. hirsutum* L). Asian Journal of Plant Science 4: 293-298.

Betran, F. J., Beck, D., Banziger, M., and Edmeades, G. O. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and non stress environments in tropical maize. Corp Science 43: 807-817.

Choukan, R. 1999. Estimation of combining ability, additive and dominance variance in corn lines using line × tester cross. Seed and Plant 15: 65-73 (in Persian).

Choukan, R., 2008. Methods of Genetical Analysis of Quantitative Traits in Plant Breeding. 1st edition. Agricultural research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. 270 pp. (in Persian).

Cosmin, O., Bica, N., and Bagiu, C. 1991. Study of combining ability in some inbred lines of maize. Problem de Genetical Aplicata 23 (3-4): 463-493.

Esmaili, A., Dehgani, H., Khavari-Khorasani, S., and Mirzaee, N. H. 2005. Estimation of combining ability and gene effects of early mature corn inbred lines at different plant densities by line × tester analysis. Iranian Journal of Agricultural Sciences 5: 917-929 (in Persian).

Guie, R. G., and Wassom, C. E. 1992. Inheritance of some drought adaptive traits in maize: 1. Interrelationships between yield, flowering, and ears per plant. Maydica 37: 157-164.

Hallauer, A. R., and Miranda, F.G.B. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 468 pp.

Hefny, M. M. 2007. Estimation of quantitative genetic parameters for nitrogen use efficiency in maize under two nitrogen rates. International Journal of Plant Breeding and Genetics 1: 54-66.

Hosseini, S. F., Choukan, R., Bihamta, M. R., and Mohammadi, A. 2013. Estimation of combining ability and gene effect in maize lines using line×tester under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 15(1): 60-70 (in Persian).

Iqbal, A. M. , Nehvi, F. A. , Wani, S. A., Rehana, Q., and Zahoor, A.D. 2007. Combining ability analysis for yield and yield related traits in maize (*Zea mays* L.). International Journal of Plant Breeding and Genetics 1: 101-105.

Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. 1st edition., John Wiley and Sons, New York, USA. 545 pp.

Archive of SID

www.SID.ir

Konak, C., Unay, A., Serter, E., and Basal, H. 1999. Estimation of combining ability effects, hetrosis and heterobeltiosis by line×tester method in maize. Turkish Journal of Field Crops 4: 1-9.

Kumar, M.N.V., Kumar, S.S., and Ganeh, M. 1999. Combining ability studies for oil improvement in maize (*Zea mays* L.). Crop Research Hissar 18: 93-99.

Lee Ho, S., and Shung Lu, H. 1995. Identification of heterotic patterns with inbred line testers in maize. Journal of Agricultural Research China 44: 242-250.

Malvar, R. A., Ordás, A., Revilla, P., and Cartea M. E., 1996. Estimates of genetic variances in two Spanish populations of maize. Crop Science 36 (2): 291-295.

Mendoza, M., Oyervides, A., and Lopez, A. 2000. New maize cultivars with agronomic potential for the humid tropics. Agronomia Meso Americana 11: 83-88.

Nestares, G., Frutos, E., and Eyherabide, G. 1999. Combining ability evaluation in organic flint lines of maize. Pesquisa Agropecua Yia Brasileria 34: 1399-1406.

Ngaboyisonga, C., Njoroge, K., Kirubi, D., and Githiri, S. M. 2009. Effects of low nitrogen and drought on genetic parameters of grain yield and endosperm hardness of quality protein maize. Asian Journal of Agricultural Research 3: 1-10.

Porra, R.J., Thompson W.A., and Kriedemann, P.E. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophyll a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochim Biophys Acta 975: 384-394.

Shiri, M. 2013a. Drought stress effects on combining ability of lines and genetic properties of hybrids in maize (*Zea mays* L.). Ph.D. Thesis, Azerbaijan National Academy of Sciences, Genetic Resources Institute, Baku, Azerbaijan. 201pp.

Shiri, M. 2013b. Grain yield stability analysis of maize (*Zea mays* L.) hybrids in different drought stress conditions using GGE biplot analysis. Crop Breeding Journal 3(2): 107-112.

Singh, D. N., and Singh, I. S. 1998. Line × tester analysis in maize (*Zea mays* L.). Journal of Research Birsa Agriculture University 10: 177-182.

Spaner, D., Brathwait, R. A. I., and Mather, D. E. 1996. Diallel study of open-pollinated maize varieties in Trinidad. Euphytica 90: 65-72.

Wolf, D. P., Peternelli, L. A., Hallauer, A. R. 2000. Estimates of genetic variance in an F2 maize population. The American Genetic Association 91: 384-391.

Archive of SID

www.SID.ir