دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

# تخمین قابلیت ترکیب‌پذیری برخی صفات عملکردی در گوجه‌فرنگی به روش لاین در تستر

**مریم نوری[۱]، علیرضا مطلبی آذر[۲]، مهدی صیدی[۳]، جابر پناهنده[۲]، داوود زارع حقی[۴] و سیامک رسولی آذر[۵]**

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران، (نویسنده مسوول: m77_noori@yahoo.com)
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران
۳ و ۵- دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران
۴- دانشیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۹
صفحه: ۲۲ تا ۳۲

**چکیده**

**دوازده سینگل کراس ($F_1$) حاصل از تلاقی ۳ لاین تجاری و ٤ تستر گوجه‌فرنگی از نظر واکنش به تنش کم آبی و ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و سه سطح تنش (FC، ٦٠٪FC و ٤٠٪ FC) در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام درطی سال‌های ۹۳-۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های مورد استفاده شامل: L1:Bitstoik ،L3:Petoearly ،L2:Kingstone و تسترها شامل T1:LA1607 (*S. pimpinellifolium*)، T3:LA2080 (*S. lycopersicum* var. cerasiforme)، T4:LA1579 (*S. pimpinellifolium*) و T2:LA2656 (*S.(pimpinellifolium*) بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تلاقی‌ها، تسترها، لاین×تستر و همین‌طور میانگین مربعات والدین در مقابل تلاقی در شرایط تنش و بدون تنش برای تمامی صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار GCA والدین و SCA هیبریدها بود. برای عملکرد کل تستر T2 در شرایط بدون تنش و تنش ٤٠٪FC و T1 در تنش ٦٠٪FC بهترین ترکیب‌پذیر عمومی (GCA) بودند. تستر T2 ترکیب‌گر مناسب برای عملکرد بالقوه در شرایط بدون تنش و تنش ٦٠٪FC بود. لاین L1 ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار و مثبت برای عملکرد بالقوه، عملکرد کل و تعداد کل میوه در شرایط تنش و بدون تنش آبی داشت. هیبریدهای (L3T4) Petoearly×LA1579 در شرایط بدون تنش و (L1T1)Bitstoik× LA1607 و (L2T4)Kingstone×LA157 در تنش سطح FC ٤٠٪ و ٦٠٪FC بهترین ترکیب‌پذیر خصوصی (SCA) برای عملکرد کل بودند. در صفات زراعی مورد مطالعه اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بزرگتر از اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی بود. نسبت واریانس $\delta^2A/\delta^2D$ نشان‌دهنده کنترل صفات مورد مطالعه با اثرات غیر افزایشی ژن بود.**

**واژه‌های کلیدی: اثرات ژن، تنش خشکی، قابلیت ترکیب‌پذیری، گوجه فرنگی**

## مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) یکی از محصولاتی است که در بین سبزیجات، بیشترین مصرف آب را به خود اختصاص داده است. بر اساس گزارش فائو، سطح زیر کشت این گیاه در ایران در سال ۲۰۱۴ میلادی به ۱۱۹۰۰۰ هکتار و عملکرد آن به ۲۶/۸۲ تن در هکتار رسید در حالی که متوسط عملکرد در کشور آمریکا به ۶۶/۶۹ تن در هکتار در همین سال رسیده است (۱). علاوه بر شرایط محیطی عوامل دیگری نظیر آبیاری، تغذیه، پرورش نشاء و سایر عملیات به زراعی در اختلاف عملکرد دخالت دارند (۳۵). خشکی به عنوان شایع‌ترین تنش غیرزیستی در گیاه، با محدود کردن تولید محصول در ٪ ۲۵ از زمین‌های کشاورزی جهان، عامل اصلی کاهش عملکرد در گیاهان زراعی محسوب می‌شود و به‌طور متوسط ۵۰ درصد از عملکرد گیاهان زراعی می‌کاهد (۲۲). گوجه‌فرنگی به تنش محیطی بسیار حساس است. اصلاح گوجه‌فرنگی جهت ایجاد سازگاری به تنش‌های محیطی و قابلیت کاشت در مناطق مختلف، تقریباً از ۲۰۰ سال پیش در اروپا شروع و تاکنون مطالعات به‌نژادی زیادی توسط محققین کشورهای مختلف در زمینه اصلاح و تولید ارقام جدید دارای مقاومت به انواع آفات و بیماری‌ها، تنش‌های محیطی مختلف و بهبود عملکرد ارقام اصلاحی جهت کاشت در محیط گلخانه و مزرعه انجام شده است (۲۰).

انتخاب والدهای مناسب به‌منظور طراحی یک برنامه به‌نژادی موفق مانع هدر رفتن وقت و انرژی در مراحل بعدی می‌شود. ظهور ویژگی‌های مطلوب و عملکرد بالای هیبریدهای F1 منعکس‌کننده ترکیب‌پذیری مناسب والدین تلاقی‌ها است. ارقام *L. pennellii*، *L. cheesmanii* و *L. pimpinellifoliume* از منابع مقاومت به تنش خشکی در گوجه فرنگی می‌باشند که در برنامه‌های اصلاحی برای تولید هیبریدهای مقاوم به کم آبی می‌توانند استفاده شوند (۳۴).

از بین روش‌های مختلف ژنتیک کمی قابل استفاده جهت شناخت ساختار ژنتیکی گیاهان، انتخاب دقیق‌تر لاین‌های والدینی و همچنین تعیین قابلیت ترکیب‌پذیری آنها تجزیه لاین در تستر پیشنهاد شده توسط (۱۱) می‌باشد که به‌عنوان یک روش مناسب، سریع و مطمئن برای ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و هیبریدهای حاصل، محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی، واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، نحوه عمل ژن‌های دخیل در تظاهر صفات کمی و تعیین تلاقی‌های مطلوب قابل استفاده در زمینه اصلاح گوجه‌فرنگی و گیاهان دیگر است (۴). از ویژگی‌های مهم این روش به‌دست آوردن اطلاعات ژنتیکی کافی از طریق استفاده از تعداد بیشتری از ارقام و اجرای تعداد کمتری تلاقی در مقایسه با دیگر روش‌های ژنتیک کمی نظیر تجزیه دای آلل است (۱۰).

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

قابلیت ترکیب تحت‌عنوان شایستگی یک لاین یا رقم برای استفاده به‌عنوان والد در تولید نتاج برتر از والدین یا از والد برتر در تلاقی با سایر والدین تعریف می‌شود (۳). برآورد میزان قابلیت ترکیب‌پذیری و اجزای واریانس ژنتیکی لاین‌های والدینی روشی قابل اعتماد به‌منظور معرفی بهترین ترکیب‌پذیر است که توسط اصلاحگران گیاهی در تلاقی‌ها برای کشف سهم مشارکت والدین و هیبریدها، برآورد میزان هتروزیس و شناسایی اثرات ژن در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان جهت تولید واریته‌های جدید مقاوم به انواع تنش‌های محیطی و غیرمحیطی استفاد می‌شود (۱۲).

قابلیت ترکیب عمومی (General Combining Ability) به‌عنوان متوسط عملکرد نتاج یک فرد در تلاقی با سایر افراد موجود در جمعیت، و قابلیت ترکیب خصوصی (Specific Combining Ability) به متوسط عملکرد نتاج حاصل از تلاقی بین دو والد ویژه اشاره و نشان‌دهنده وضعیت یک لاین مخصوص در یک تلاقی می‌باشد و متفاوت از قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی آنها است. بر اساس آزمون ترکیب‌پذیری برای خصوصیات مختلف، مقادیر بالاتر SCA حاکی از سهم بیشتر اثرات غالبیت ژن‌ها و اثرات بالاتر GCA بیانگر وجود سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده این خصوصیات در گیاهان مورد بررسی است به‌طوری که شناسایی ساختار ژنتیکی والدین موجود در برنامه‌های دورگ‌گیری و برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی آنها جهت تولید هیبریدهایی با عملکرد مطلوب از اهداف مهم تمامی برنامه‌های اصلاحی گیاهان مختلف است (۱۰). روش تلاقی لاین × تستر جهت برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عملکرد و اجزای مرتبط به آن در گوجه‌فرنگی توسط صیدی و همکاران (۲۱) و نیز توسط شانکار و همکاران (۲۹) و سلطان (۳۱) به‌منظور تخمین قابلیت ترکیب، هتروزیس و شناسایی هیبریدهای برتر F1 برای عملکرد و بهبود کیفیت میوه در تعدادی از لاین‌های گوجه‌فرنگی استفاده شد. کومار و همکاران (۱۴) با مطالعه تظاهر ژن و واریانس ژنتیکی مربوط به عملکرد و اجزای آن در گوجه فرنگی تحت تیمار تنش، غالبیت اثر افزایشی ژن را برای وزن میوه و اثر غیر افزایشی را برای TSS در گوجه‌فرنگی گزارش نمودند که دورگه‌گیری بین لاین‌هایی با قابلیت ترکیب‌پذیری بالا ضمن افزایش تحمل به تنش‌های مختلف منجر به تولید هیبریدهای جدید با عملکرد بالا در شرایط تنش خواهد شد. اثر شرایط محیطی روی قابلیت ترکیب ارقام اصلاح‌شده گوجه‌فرنگی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که ارقام و لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری بالا، این ویژگی را در شرایط اکولوژیک مختلف حفظ کرده و اثرات بالای هتروزیس را به‌ویژه در مورد زودرسی ازخود نشان می‌دهند (۱۸). واریانس معنی‌دار GCA و SCA برای روز تا گلدهی و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش گرمایی توسط کوماری و شارما (۱۳) گزارش شد. کاوه و همکاران (۱۰) گزارش کردند که بهترین لاین گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شوری دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات مرتبط با تحمل به تنش شوری بود. پداپتی و همکاران (۱۹) لاین‌های EC162516، EC249505 و EC168096 را به‌عنوان ترکیب‌پذیر عمومی خوب با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی جهت توسعه برنامه‌های اصلاحی تحمل به کم آبی معرفی کردند. هدف از این مطالعه بررسی اثر تلاقی والدین حساس و متحمل به کم آبی و اجزای آنها و برآورد میزان نقش لاین، تستر و لاین × تستر روی خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی تحت تنش کم آبی و استفاده از نتایج حاصل به‌منظور انتخاب هیبریدهای سازگار به کم آبی و با عملکرد مناسب در شرایط مزرعه بود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام طی سال‌های ۹۵-۹۳ انجام شد. ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی مورد استفاده در این طرح پژوهشی شامل لاین‌های (L1:Bitstoik، L2:King stone ،L3:Peto early) و تسترهای متحمل به کم آبی T1: LA1607، T2: LA2656، T3: LA2080 و T4: LA1579 بودند که به‌روش لاین×تستر تلاقی داده شدند. لاین‌ها و تسترهای مورد استفاده در این تحقیق به‌ترتیب از محل گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و مرکز تحقیقات ژنتیک گوجه‌فرنگی در آمریکا (TGRC) تهیه شد. این تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده به‌عنوان فاکتور اصلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌عنوان فاکتور فرعی در سه سطح تنش (S1: ظرفیت زراعی خاک، S2: ۴۰٪ رطوبت زراعی و S3: ۶۰٪ رطوبت زراعی) و در سه تکرار انجام شد. ابتدا عملیات کاشت بذور مورد نظر در شاسی انجام شد و در مرحله ۲-۴ برگی نشاهای گوجه‌فرنگی به گلدان منتقل شدند. با شروع دوره گلدهی تلاقی بین لاین‌ها و تسترهای مختلف در فروردین ماه انجام شد و بذور حاصل برای تهیه نشا در اسفند ماه در کیسه‌های نشا در گلخانه کشت شدند. عملیات انتقال نشاء گوجه‌فرنگی دو ماه بعد انجام شد. تعداد خطوط کشت در هر پلات نه عدد بود و در هر تکرار ۱۰ گیاه با فواصل ۷۵×۳۰ سانتی‌متر کشت شد. آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ انجام شد. اعمال تنش پس از استقرار کامل گیاهان در مزرعه صورت گرفت.

### نحوه تنظیم تیمارهای رطوبتی

رطوبت در خاک تا زمان استقرار گوجه‌فرنگی در گلدان‌ها در محدوده ظرفیت مزرعه‌ای نگه‌داشته شد. پس از اطمینان از استقرار گیاه، تیمارهای رطوبتی اعمال گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت در گلدان‌ها از حسگرهای با طول۲ سانتی‌متر، عرض ۱ میلی‌متر و ارتفاع ۷ سانتی‌متر (حسگر بلوک) و دستگاه اهم‌متر استفاده شد و منحنی کالیبره تبدیل مقاومت حسگر به رطوبت برای خاک مورد تحقیق رسم گردید. با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با دستگاه اهم‌متر و قرار دادن آن در منحنی کالیبره مقدار رطوبت خاک به‌دست آمد. در هر گلدان دو حسگر جهت قرائت مقاومت قرار داده شد، با میانگین‌گیری از دو حسگر رطوبت هر گلدان تعیین گردید. مثلا برای رطوبت ۰/۷۵FC-۰/۵FC زمانی‌که میانگین مقاومت به‌دست آمده از حسگرها به مقدار مربوط به

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

رطوبت FC ۰/۵ رسید آبیاری آن تیمار انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری به شرح زیر انجام شد:

الف- نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده ظرفیت مزرعه‌ای۰(FC-FC ۰/۸۵) بماند

ب- نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده (FC۰/۶FC-۰/۵) آبیاری در این تیمار رطوبتی موقعی صورت گرفت که رطوبت خاک به حد پایین دامنه تعیین شده یعنی ۰/۵FC رسید.

ج- نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده (۰/۳FC- /۴ FC) آبیاری در این تیمار رطوبتی موقعی صورت گرفت که رطوبت خاک به حد پایین دامنه تعیین شده یعنی ۰/۳FC رسید.

صفات عملکرد کل، عملکرد بالقوه، عملکرد تک بوته، ارتفاع گیاه، تعداد کل میوه و روز تا ۵۰ درصد گلدهی اندازه‌گیری شدند. محاسبه عملکرد کل با جمع نمودن وزن محصول حاصل از برداشت‌های متوالی برای تمام بوته‌های هر تکرار و تقسیم آن بر تعداد بوته‌های موجود در هر تکرار (۱۰ بوته) محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد بالقوه از جمع وزن محصول حاصل از تمامی برداشت‌ها برای پنج بوته منتخب از هر تکرار استفاده شد (۲۲). ارتفاع بوته‌های انتخابی در انتهای دوره برداشت بر حسب متر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از زمان انتقال نشاها به مزرعه تا زمانی که ۵ بوته از ده بوته هر تیمار به گلدهی رفتند شمارش شد.

تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد و در صورت معنی‌دار بودن واریانس بین ژنوتیپ‌ها، اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای هر والد، ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر هیبرید و اجزای واریانس ژنتیکی با تجزیه لاین× تستر با روش پیشنهادی کمپتورن (۱۱) محاسبه گردید. تجزیه واریانس بر اساس رابطه ۱ انجام و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها تعیین شد:

رابطه (۱) $Y_{ij}=\mu+g_{ii}+g_{ij}+s_{ij}+r_k+e_{ijk}$

در این رابطه $Yi_j$: میانگین فنوتیپ اندازه‌گیری شده برای ij ژنوتیپ در k تکرار، μ: میانگین جمعیت، gii ترکیب‌پذیری عمومی i والد پدری، gij ترکیب‌پذیری عمومی j والد مادری، sij: ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی بین i والد پدری و j والد مادری، $r_k$: اثر k تکرار، $e_{ijk}$: اثرات تصادفی خطای مرتبط با ij ژنوتیپ در k تکرار می‌باشند. تأثیرات ترکیب‌پذیری عمومی برای والدین (gii و gij) و ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر تلاقی (sij) برآورده شد (روابط ۲، ۳، ۴). بعد از محاسبه مقادیر واریانس ترکیب‌پذیری عمومی ($\delta^2g$) و خصوصی ($\delta^2s$) مقادیر واریانس افزایشی ($\delta^2A$) و غالبیت ($\delta^2D$) با فرض F=1 (اینبرد لاین بودن والدین) و عدم وجود اپیستازی، به‌ترتیب با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه شد. و بر اساس این مقادیر، وراثت‌پذیری خصوصی با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد. در این روابط، l: تعداد لاین، t: تعداد تستر، r: تعداد تکرار، MSl×t: میانگین مربعات لاین×تستر، MSe: میانگین مربعات خطای آزمایشی، F: ضریب خویشاوندی و MP: میانگین والدین (لاین‌ها و تسترها) هر تلاقی است (۱۸).

(Lines): $gii=(Xi../tr)-(X…/ltr)$ (۲)

(Testers): $gi=(X.j./lr)-(x…/ltr)$ (۳)

$Sij=(xij./r)-(xi../lr)-(x…/ltr)$ (۴)

$\delta^2sca=[1+F/2]^2\ \sigma^2D$ (۵)

$CovH.S.(line)=(Ml-Ml\times t)/rt$ (۶)

$CovH.S.(tester)=(Mt-Ml\times t)/rt$ (۷)

$CovH.S.(average)=l/t(2lt-l-t)\ [(l-l)(Ml)/l+t-2-Ml\times t]$ (۸)

$\delta^2\ gca=Cov\ H.S.=[l+F/4]^2\sigma^2A$ (۹)

## نتایج و بحث

با توجه به اثر معنی‌دار ژنوتیپ، برای کلیه صفات تجزیه لاین× تستر انجام شد (جدول ۱). میانگین مربعات والدین در مقابل تلاقی در شرایط تنش و بدون تنش کم آبی برای صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. با تجزیه اثر تلاقی‌ها به اجزای خود شامل اثرات لاین، تستر و لاین × تستر (جدول ۱) معلوم شد که اثر لاین‌ها برای تمامی صفات به‌جز روز تا ۵۰ درصد گلدهی در شرایط تنش رطوبتی معنی‌دار شد. معنی‌داری اثر لاین برای ارتفاع و عملکرد گیاه گوجه فرنگی توسط دیانی و همکاران ( ۸) و اثر معنی‌دار تستر برای تعداد میوه هر گیاه توسط سلیم و همکاران (۲۴) گزارش شد.

میانگین مربعات تسترها در شرایط تنش و غیر تنش آبی برای تمامی صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد که بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها از نظر صفات زراعی و فیزیولوژیکی مذکور و نقش مؤثر اثرات افزایشی در کنترل این صفات می‌باشد. معنی‌دار شدن اثر لاین برای عملکرد، وزن میوه و طول میوه و همچنین اثر تستر برای تعداد میوه هر گیاه با نتایج شانکر و همکاران (۲۴) هم‌خوانی داشت. معنی‌دار بودن اثر تستر برای ارتفاع گیاه و و عملکرد هر بوته با نتایج نرسیم هامورسی و گودا ( ۱۷) و برای عملکرد کل در شرایط بدون تنش با گزارشات تیاگی (۳۲)، بجاج (۴) و اسکوریچ و همکاران (۲۷) مطابقت داشت. اثرات متقابل لاین در تستر برای تمامی صفات در تمامی شرایط (جدول ۱) معنی‌دار شد که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ترکیب‌پذیری خصوصی والدین برای این صفات بود. معنی‌داری اثرات لاین×تستر برای ارتفاع گیاه، تعداد میوه هر گیاه، وزن تک میوه و عملکرد کل میوه گوجه‌فرنگی توسط کومار و گودا (۱۲) و برای عملکرد توسط وینای راجو (۲۳) گزارش شد. اثر والدین و والدین در مقابل تلاقی‌ها برای کلیه صفات در شرایط تنش و غیر تنش معنی‌دار شد. اثرات معنی‌دار والدین در مقابل تلاقی‌ها برای عملکرد تک بوته، ارتفاع گیاه، روز تا گلدهی، تعداد میوه در هر بوته با نتایج چاندها و همکاران (۶) و دلیول و همکاران (۷) مطابقت داشت. معنی‌دار شدن اثر والدین به معنای آن است که در صورت انتخاب درست والدین با تنوع کافی می‌توان مقدار صفت در هیبرید را بهبود داد. اثر تلاقی‌ها برای کلیه

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

صفات در محیط تنش و غیرتنش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی کافی بین هیبریدهای به‌دست آمده از نظر صفات فوق و آزادی عمل بیشتر اصلاحگر در انتخاب هیبرید برتر می‌شود. انتخاب درست والدین در شرایط مختلف تنش خشکی با داشتن تنوع ژنتیکی موجب معنی‌داری اثر والدین در تجزیه لاین در تستر و وجود دامنه تغییرات برای صفات مختلف می‌شود (۱). نظر به معنی‌دار شدن میانگین مربعات تلاقی و اجزای آن برای صفات مذکور می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اثر غالبیت در معنی‌دار شدن ژنوتیپ‌ها نقش داشته و بسته به نوع صفت مورد بررسی و سطح تنش آبی اعمال شده اجزای ژنتیکی مربوط به صفات نیز متفاوت خواهد بود.

با توجه به برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی والدین (جدول ۲) در بین لاین‌ها، L1 درتمامی شرایط تنش و بدون تنش بیشترین مقدار مثبت و معنی‌دار GCA را برای تعداد کل میوه، عملکرد کل، عملکرد بالقوه و عملکرد تک‌بوته، لاین‌های L3 و L2 در شرایط تنش شدید کم آبی (S3) و بدون تنش (S1) برای ارتفاع گیاه و L2 و L1 برای درصد میوه‌بندی در شرایط مختلف تنش کم آبی بیشترین مقدار مثبت و معنی‌دار GCA را داشتند. در حالی‌که از بین تسترها، T4 و T2 بیشترین GCA مثبت و معنی‌دار را در شرایط تنش و بدون تنش برای برای تعداد کل میوه، تستر T2 برای عملکرد کل و برای عملکرد بالقوه در شرایط بدون تنش و تنش شدید و T1 در تنش ملایم بیشترین GCA مثبت و معنی‌دار داشتند و می‌توانند به‌عنوان والد ترکیب‌گر مناسب جهت افزایش عملکرد در شرایط تنش انتخاب شوند. اثر مثبت و معنی‌دار GCA برای عملکرد تک بوته مشاهده شد. برای درصد میوه‌بندی تستر T3 در شرایط تنش شدید و بدون تنش بیشترین GCA مثبت و معنی‌دار و تستر T1 برای ارتفاع گیاه در شرایط بدون تنش و T2 در تنش ملایم بیشترین GCA مثبت و معنی‌دار را داشتند. اثر معنی‌دار تسترها برای عملکرد کل در شرایط بدون تنش با گزارشات (۳۲،۲۷،۴) هم‌خوانی داشت.

معنی‌دار شدن اثرات متقابل لاین×تستر در شرایط نرمال برای صفات مختلف و اثرات غیر معنی‌دار در شرایط تنش را می‌توان به‌وجود تفاوت معنی‌دار در قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی والدین برای کنترل صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق نسبت داد. سینگ و استی (۲۶)، هامورسی و گودا (۱۷)، شلبی (۲۸) و راجو (۳۳) معنی‌دار شدن اثرات متقابل لاین×تستر را برای عملکرد، ارتفاع گیاه، طول، قطر و وزن میوه و روز تا ۵۰ درصد گلدهی را در گوجه‌فرنگی نشان‌دهنده غالبیت اثر غیرافزایشی ژن در کنترل ژنتیکی صفات گزارش کردند. وجود اثر معنی‌دار لاین×تستر برای ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، تعداد میوه هر گیاه، وزن تک میوه و عملکرد کل میوه گوجه‌فرنگی توسط کومار و گودا (۱۲) نیز گزارش شد.

سلیم و همکاران (۲۴) لاین‌های 88572 و UC-134 و تستر Nagina با داشتن GCA معنی‌دار و مثبت به عنوان ترکیب‌گر مناسب برای عملکرد تک بوته گوجه‌فرنگی در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. پداپتی و همکاران (۱۹) دلیول و همکاران (۷) و شارما و همکاران (۲۵) تعدادی ترکیب‌گر عمومی مناسب با قابلیت ترکیب‌پذیری معنی‌دار و مثبت برای عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی معرفی کردند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی و فیزیولوژیکی در گوجه فرنگی در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بر اساس تلاقی لاین در تستر

Table 1. Analysis of variance for different agronomical and physiological characters in tomato under drought and non drought stress by line×

| منبع تغییرات | درجه آزادی | تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی | | | عملکرد بالقوه کیلوگرم/ هکتار Kg/ha | | | عملکرد کل (تن/ هکتار) Ton/ha | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $S_3$ | $S_2$ | $S_1$ | $S_3$ | $S_2$ | $S_1$ | $S_3$ | $S_2$ | $S_1$ |
| بلوک | ۲ | ۱/۱۰۵$^{ns}$ | ۱/۰۰۴$^{ns}$ | ۰/۳۶۸$^{ns}$ | ۰/۰۳۰$^{ns}$ | ۰/۳۲۳$^{ns}$ | ۰/۲۷۹$^{ns}$ | ۰/۰۱۸$^{ns}$ | ۱/۳$^{ns}$ | ۰/۰۱۳$^{ns}$ |
| ژنوتیپها | ۱۸ | ۸۶/۰۳۳$^{*}$ | ۵۲/۴۹$^{**}$ | ۵۵/۹۹$^{**}$ | ۴۷/۰۹$^{**}$ | ۷۲/۲۱$^{**}$ | ۳۲۵/۷۰$^{**}$ | ۳۶/۸۶$^{**}$ | ۵۵/۲$^{**}$ | ۰/۰۱۴$^{**}$ |
| والدین | ۶ | ۶۳/۰۴$^{**}$ | ۵۸/۶$^{**}$ | ۱۹۱/۹$^{**}$ | ۶/۸۷$^{**}$ | ۵/۸$^{**}$ | ۹۹/۱۸$^{**}$ | ۶/۲۵$^{**}$ | ۳/۴۷$^{**}$ | ۱۱۲/۶$^{**}$ |
| تلاقی | ۱۱ | ۶۶/۱۶$^{**}$ | ۵۲/۳$^{**}$ | ۴۴/۳$^{**}$ | ۱۶۶/۸$^{*}$ | ۱۳۵/۸$^{**}$ | ۱۱۳۸/۹$^{**}$ | ۱۸۵/۹$^{**}$ | ۱۵۸/۵$^{**}$ | ۷۲۲/۵$^{**}$ |
| لاین | ۲ | ۲۸/۵۸$^{ns}$ | ۲۱/۴۳$^{**}$ | ۱۹$^{**}$ | ۱۰۷/۴۲$^{**}$ | ۶۹/۰۸$^{**}$ | ۴۷۷/۳۵$^{**}$ | ۱۲۷/۱$^{**}$ | ۱۳۷/۷$^{**}$ | ۲۱۱/۶$^{**}$ |
| تستر | ۳ | ۲۱/۶۶$^{**}$ | ۲۳/۵۲$^{**}$ | ۱۵/۶۳$^{**}$ | ۴۴/۲۹$^{**}$ | ۳۶/۸۴$^{**}$ | ۵۴۲/۲۲$^{**}$ | ۵۱/۱۷$^{**}$ | ۷/۸۵$^{ns}$ | ۴۰۵/۱$^{**}$ |
| لاین×تستر | ۶ | ۷/۹۲$^{**}$ | ۷/۲۸$^{**}$ | ۹/۷۴۱$^{**}$ | ۱۵/۱۶$^{**}$ | ۲۹/۹۲$^{**}$ | ۱۱۹/۳۸$^{**}$ | ۷/۷۱$^{**}$ | ۱۲/۹۵$^{**}$ | ۲۸۶/۱$^{**}$ |
| والدین در مقابل تلاقی | ۱ | ۶۱۰/۷$^{*}$ | ۴۳۵/۷$^{**}$ | ۴۲۵/۸$^{**}$ | ۳۶۷/۵$^{**}$ | ۸۳۶/۳$^{**}$ | ۱۹۶۹$^{**}$ | ۱۷۱/۹$^{**}$ | ۵۹۶/۱$^{**}$ | ۱۲۷۷$^{**}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۳۶ | ۲/۵۹۳ | ۰/۳۸۴ | ۰/۶۴۶ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۹۷ | ۰/۴۲۴ | ۰/۰۸۹ | ۰/۲۲۹ | ۰/۲۷۹ |

S1: شاهد: ( ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی، ns ، * و **: به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ادامه جدول ۱

Continue of Table 1

| منبع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)cm | | | تعداد کل میوه | | | عملکرد تک بوته (گرم) Kg | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $S_3$ | $S_2$ | $S_1$ | $S_3$ | $S_2$ | $S_1$ | $S_3$ | $S_2$ | $S_1$ |
| بلوک | ۲ | ۰/۵۶۶$^{ns}$ | ۰/۲۴۲$^{ns}$ | ۴/۷۳$^{*}$ | ۰/۱۴۸$^{ns}$ | ۰/۲۲۷$^{ns}$ | ۰/۱۲۱$^{ns}$ | ۸/۶e$^{-5ns}$ | ۰/۰۰۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۰$^{ns}$ |
| ژنوتیپها | ۱۸ | ۳۰۳۷/۵۸$^{**}$ | ۴۱۱۰/۶$^{**}$ | ۶۱۵۶/۲۵$^{**}$ | ۳۳۰۳/۳۶$^{**}$ | ۵۵۵۷/۰۱$^{**}$ | ۱۲۸۰۷/۵$^{**}$ | ۰/۰۳۱$^{*}$ | ۰/۰۳۱$^{**}$ | ۰/۲۰۵$^{**}$ |
| والدین | ۶ | ۶۱۲۷/۱$^{**}$ | ۱۰۳۷۲/۶$^{**}$ | ۱۳۹۳۹/۷$^{**}$ | ۷۸۳۷/۰۸$^{**}$ | ۱۱۸۵۹/۵$^{**}$ | ۵۷۲۲۸/۳$^{**}$ | ۰/۰۰۶$^{**}$ | ۰/۰۱$^{**}$ | ۰/۰۹۰$^{**}$ |
| تلاقی | ۱۱ | ۲۷۷۳/۱$^{**}$ | ۲۰۷۱/۸$^{**}$ | ۱۵۵۸/۲$^{**}$ | ۴۴۰۵/۴$^{**}$ | ۹۸۶۶/۳$^{**}$ | ۱۶۴۴۲/۴$^{**}$ | ۰/۱۱۳$^{**}$ | ۰/۱۶۲$^{**}$ | ۰/۷۸۱$^{**}$ |
| لاین | ۲ | ۵۷۴/۳$^{**}$ | ۱۰۸۴/۹$^{**}$ | ۷۴۵/۸۷$^{**}$ | ۳۱۵۹/۳$^{**}$ | ۵۸۱۹/۲۴$^{**}$ | ۷۶۵۷/۰۵$^{**}$ | ۰/۰۷۷$^{**}$ | ۰/۱۳$^{**}$ | ۰/۲۹۴$^{**}$ |
| تستر | ۳ | ۱۳۰۳/۲$^{**}$ | ۷۶۵/۵$^{**}$ | ۳۴۹/۶۳$^{**}$ | ۵۳۰/۷۲$^{**}$ | ۲۳۶۲/۳۰$^{**}$ | ۴۹۷۸/۵$^{**}$ | ۰/۰۲۱$^{**}$ | ۰/۰۰۵$^{**}$ | ۰/۴۱۲$^{**}$ |
| لاین×تستر | ۶ | ۸۹۵/۴$^{**}$ | ۲۲۱/۲۹$^{**}$ | ۴۶۲/۷۶$^{**}$ | ۷۱۵/۳۸$^{**}$ | ۱۶۸۴/۷۷$^{**}$ | ۳۸۰۶/۸$^{**}$ | ۰/۱۵$^{**}$ | ۰/۰۲۷$^{**}$ | ۰/۰۷۵$^{**}$ |
| والدین در مقابل تلاقی | ۱ | ۷۴۸۲/۶$^{**}$ | ۵۹۶۰/۷$^{**}$ | ۱۲۴۰۶$^{**}$ | ۲۳۴/۸$^{**}$ | ۳۴/۸۹$^{**}$ | ۶۰۱۰/۸$^{**}$ | ۰/۲۱$^{**}$ | ۰/۲۸$^{**}$ | ۰/۸۸$^{**}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۳۶ | ۱/۲۲۳ | ۱/۲۵۵ | ۱/۴۰۳ | ۰/۵۹۹ | ۰/۴۹۱ | ۲/۰۴۷ | ۶/۵e$^{-5}$ | ۵/۶۷e$^{-5}$ | ۰/۰۰۱ |

S1: شاهد: ( ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2:تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی، ns ، * و **: به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

جدول ۲- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای عملکرد و اجزای آن در گوجه‌فرنگی بر اساس تلاقی لاین×تستر

Table 2. Estimate of general combining ability effects of parents for yield and related characters in tomato in three levels of stresses

| ژنوتیپ‌ها | ارتفاع گیاه (سانتی متر) cm | | | تعداد کل میوه | | | تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 |
| LA1607 | ۱۵/۶۲ ** | ۷/۸۲ ** | ۱۵/۰۸ ** | ۹/۴۱ ** | -۶/۱۰ ns | ۱/۶۲ ** | -۱/۱۰ ns | -۱/۲۳ ns | -۰/۹۴۱ ns |
| LA2656 | -۳/۶۸ ns | ۰/۱۱۱ ns | ۳/۰۳ ** | ۱۹/۲۴ ** | ۹/۴۵ ** | ۹/۲۷ ** | ۰/۴۴۸ ns | -۰/۱۲ ns | -۰/۹۴۱ ns |
| LA2080 | -۲۶/۴۳ ns | -۱۲/۹۸ ns | −۱۳/۱۶ ns | −۳۴/۲ ns | -۱۹/۷۷ ns | -۹/۲۴ ns | ۱/۶۷ ** | ۲/۳۲ ** | ۲/۷۲ ** |
| LA1579 | ۱۴/۵۰ ** | ۵/۰۴ ** | −۴/۹۴ ns | ۵/۵۴ ** | ۱۶/۴۲ ** | -۱/۶۵ ns | -۰/۹۹۷ ns | -۰/۹۵۷ ns | -۰/۸۳۰ ns |
| اشتباه معیار | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۵۸ | ۰/۶۷۴ | ۰/۳۳ | ۰/۳۶۵ | ۰/۳۷۹ | ۰/۲۹۲ | ۰/۷۵۹ |
| Bitstoik | ۱/۳۳ ** | -۲/۰۳ ns | ۳/۱۹ ** | ۲۲/۲ ** | ۲۲/۱۵ ** | ۱۲/۹۱ ** | -۱/۳۳ ns | ۱/۱۷ ** | -۰/۸۳۲ ns |
| Kingstone | ۷/۱۳ ** | -۸/۳۳ ns | -۷/۹۳ ns | −۲۷/۴۸ ns | −۲۱/۸۸ ns | −۱۸/۲۱ ns | ۱/۱۷ ** | ۱/۵۴ ns | ۰/۵۸۷ ns |
| Petoearly | -۸/۴۶ ns | ۱۰/۳۵ ** | ۴/۷۴ ** | ۵/۲۸ ** | -۰/۲۷۵ ns | ۵/۳۰ ** | ۰/۱۷۰ ns | -۰/۷۰۷ ns | -۱/۷۴ ns |
| اشتباه معیار | ۰/۴۵۱ | ۰/۴۵۷ | ۰/۴۸۴ | ۰/۵۸۴ | ۰/۲۸۶ | ۰/۳۱۶ | ۰/۳۲۸ | ۰/۲۵۳ | ۰/۶۵۷ |

S1: شاهد: ( ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی، ns ، * و ** به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ادامه جدول ۲

Continue of Table 2

| ژنوتیپ‌ها | عملکرد کل(تن/هکتار) (Ton/ha) | | | عملکرد بالقوه (کیلوگرم/هکتار) Kg/ha | | | عملکرد تک بوته (گرم) Kg | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 |
| LA1607 | -۲/۲۲ ns | ۰/۱۴۸ ns | ۲/۰۳ ** | -۲/۲۹ ns | ۲/۳۳ ** | ۱/۷۳ ** | -۰/۰۹۳ ns | -۰/۰۰۵ ns | ۰/۰۳۹ ** |
| LA2656 | ۸/۰۶ ** | ۱/۱۴ ** | ۱/۸۳ ** | ۱۱/۲۹ ** | ۰/۳۷۶ * | ۲/۱۰ ** | ۰/۳۲۱ ** | ۰/۰۲۸ ** | ۰/۰۳۹ ** |
| LA2080 | -۴/۹۶ ns | -۱/۱۱ ns | -۱/۰۶ ns | -۶/۴۱ ns | -۰/۱۰۳ ns | −۱/۹۵ ns | -۰/۱۱۹ ns | -۰/۰۲۶ ns | -۰/۰۵۳ ns |
| LA1579 | -۰/۸۹۳ ns | -۰/۱۹۰ ns | -۲/۹۰ ns | -۲/۵۷ ns | -۲/۵۸ ns | −۱/۸۷ ns | -۰/۱۰۸ ns | ۰/۰۰۳ ns | -۰/۰۳۳ ns |
| اشتباه معیار | ۰/۲۴۹ | ۰/۶۹۳ | ۰/۱۴۱ | ۰/۳۰۷ | ۰/۲۰۹ | ۰/۱۵۷ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۴ |
| Bitstoik | ۴/۸۹ ** | ۳/۸۹ ** | ۳/۵۰ ** | ۵/۲۲ ** | ۱/۳۸ ** | ۳/۲۴ ** | ۰/۱۳۸ ** | ۰/۰۳۸ ** | ۰/۰۸۳ ** |
| Kingstone | -۶/۴۱ ns | -۲/۲۴ ns | −۲/۹۱ ns | −۷/۰۴ ns | −۲/۷۶ ns | −۲/۶۵ ns | -۰/۱۷۰ ns | -۰/۰۴۵ n | -۰/۰۷۷ ns |
| Petoearly | ۱/۵۱ ** | −۱/۶۵ ns | −۰/۶۵۶ ns | ۱/۷۸ ** | ۱/۳۹ ** | -۰/۵۸۲ ns | ۰/۰۳۲ ** | ۰/۰۰۷ ** | ۰/۰۱۳ ns |
| اشتباه معیار | ۰/۲۱۶ | ۰/۶ | ۰/۱۲۲ | ۰/۲۶۶ | ۰/۱۸۱ | ۰/۱۳۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ |

S1: شاهد: ( ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2:تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns، * و **: به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

با بررسی نتایج ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها و تسترها (جدول ۳)، هیبرید L3×T4 در شرایط بدون تنش و هیبریدهای L1×T1 در تنش ملایم و L2×T4 در تنش شدید بیشترین SCA معنی‌دار و مثبت را داشتند. برای عملکرد بالقوه بیشترین SCA معنی‌دار و مثبت را هیبرید L3×T4 در شرایط بدون تنش و L3×T1 در تنش ملایم و L2×T4 در تنش شدید داشتند. هیبرید L1×T2 در شرایط بدون تنش و L3×T4 در تنش ملایم و شدید بیشترین SCA معنی‌دار و مثبت را برای عملکرد تک بوته داشتند.

در حالی‌که هیبریدهای L1×T2 و L3×T4 برای عملکرد تک‌بوته، L3×T1 و L3×T2 برای ارتفاع گیاه، L2×T4 و L1×T3 برای تعداد کل میوه و L2T3 و L3×T1 برای روز تا ۵۰٪ گلدهی بودند. در بررسی اجزاء واریانس ژنتیکی نیز واریانس غالبیت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار (جدول ۳) و به تبع آن بزرگتر بودن واریانس غالبیت ($\delta^2D$) از واریانس افزایشی ($\delta^2A$) و همچنین نسبت واریانس $\delta^2D/\delta^2A$ کوچکتر از یک نشان دهنده غالبیت اثر غیر افزایشی ژن برای عملکرد کل، عملکرد بالقوه و دیگر صفات مورد مطالعه بود. اثر غالبیت ژن برای صفات عملکرد کل و عملکرد هر بوته در گوجه‌فرنگی با نتایج صیدی و همکاران (۲۱)، سریواستوا و همکاران (۳۰)، دلیول و همکاران (۷)، سلطان (۳۱) و بات و همکاران (۵) مطابقت داشت. غالبیت اثر غیر افزایشی ژن برای ارتفاع گیاه با نتایج رای و سیامل (۲۰) و احمد (۲) هم‌خوانی داشت. نرسیم هارموسی و گودا (۱۷) گزارش کردند که نسبت واریانس افزایشی به غالبیت کمتر از یک مشارکت اثرات غیر افزایشی ژن را حمایت می‌کند.

باتوجه به نتایج این پژوهش لاین Bitstoik و تسترهای LA1607 و LA2656 در شرایط رطوبتی مختلف بهترین ترکیب‌پذیر عمومی برای تعداد کل میوه، عملکرد کل، عملکرد بالقوه و عملکرد تک بودند که به‌عنوان ارقام آزمون گر مناسب جهت استفاده در برنامه‌های تولید هیبرید در شرایط تنش شناسایی شدند که می‌توانند جهت توسعه هیبریدهای

گوجه‌فرنگی متحمل به کم آبی در برنامه‌های اصلاحی آینده استفاده شوند. هیبرید Kingstone×LA1579 بهترین هیبرید برای عملکرد کل و بالقوه در تنش شدید بودند. با توجه به اهمیت مطالعه تنش کم آبی و وجود اثرات متقابل محیط با ژنوتیپ بهتر است که در آزمایش‌های بعدی هیبریدها، تسترها و لاین‌ها، طی آزمایش‌های منطقه‌ای و در برنامه تلاقی والدین متحمل به کم آبی با توده‌های بومی دارای عملکرد مطلوب جهت تولید هیبریدهای متحمل و دارای عملکرد بالا در شرایط مزرعه‌ای ایران مورد بررسی قرار گیرند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

جدول ۳- برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تلاقی‌ها برای عملکرد و اجزای آن در گوجه‌فرنگی بر اساس تلاقی لاین×تستر

Table 3. Estimate of specific combining ability (SCA) effects of hybrids for agronomic characters in tomato in three levels of stresses

| ژنوتیپ‌ها | عملکرد کل (تن/هکتار) (Ton/ha) | | | عملکرد بالقوه (کیلوگرم/هکتار) Kg/ha | | | عملکرد تک بوته (گرم) Kg | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 |
| Bitstoik ×LA1607 | ۲/۴۸$^{**}$ | ۲/۵۲$^{*}$ | ۰/۲۳۳$^{ns}$ | ۳/۸۵$^{**}$ | ۰/۴۳۷$^{*}$ | ۰/۶۷۱$^{**}$ | ۰/۰۸۳$^{**}$ | ۰/۰۶۸$^{ns}$ | ۰/۰۵۹$^{**}$ |
| Bitstoik ×LA2656 | ۲/۸۵$^{**}$ | -۰/۵۳۹ | ۱/۰۶$^{**}$ | ۶/۴۳$^{**}$ | ۱/۷۰$^{**}$ | ۱/۶۰$^{**}$ | ۰/۲۰۹$^{**}$ | ۰/۰۳۵$^{ns}$ | ۰/۰۲۹$^{**}$ |
| Bitstoik ×LA2080 | -۱/۹۶$^{ns}$ | -۲/۳۷$^{ns}$ | ۱/۱۳$^{**}$ | -۱/۷۸$^{ns}$ | -۲/۴۵$^{ns}$ | ۱/۱۳$^{**}$ | -۰/۱۰۱$^{ns}$ | −۰/۰۰۴$^{ns}$ | ۰/۰۳۱$^{**}$ |
| Bitstoik × LA1579 | -۳/۳۶$^{ns}$ | ۰/۳۹۸$^{ns}$ | -۳۳$^{ns}$ | -۸/۵۱$^{ns}$ | ۰/۲۹۹$^{ns}$ | -۳/۴۱$^{ns}$ | -۰/۱۹۲$^{ns}$ | -۰/۰۹۹$^{ns}$ | -۰/۱۰۹$^{ns}$ |
| Kingstone ×LA1607 | -۲/۹۱$^{ns}$ | -۲/۵۹$^{ns}$ | -۰/۸۱۷$^{ns}$ | -۲/۶۹$^{ns}$ | −۴/۰۷$^{ns}$ | -۱/۰۸$^{ns}$ | -۰/۰۴۹$^{ns}$ | -۰/۰۴۲$^{ns}$ | -۰/۰۱۲$^{ns}$ |
| Kingstone ×LA2656 | ۰/۳۱۶$^{ns}$ | ۱/۴۰$^{ns}$ | ۰/۵۴۸$^{**}$ | -۰/۷۱۴$^{ns}$ | ۱/۸۴$^{**}$ | ۰/۴۳۲$^{**}$ | -۰/۰۴۹$^{ns}$ | ۰/۰۲۵$^{**}$ | ۰/۰۱۸$^{**}$ |
| Kingstone × LA2080 | ۲/۲۵$^{**}$ | ۱/۷۹$^{*}$ | -۰/۹۱۸$^{ns}$ | ۲/۴۶$^{**}$ | ۱/۴۶$^{**}$ | -۱/۵۰$^{ns}$ | ۰/۰۴۱$^{*}$ | ۰/۰۶۳$^{**}$ | -۰/۰۳۰$^{ns}$ |
| Kingstone × LA1579 | ۰/۳۵۶$^{ns}$ | -۰/۵۹۳$^{ns}$ | ۱/۲۸$^{**}$ | ۰/۹۳۲$^{**}$ | ۰/۷۵۴$^{**}$ | ۲/۱۴$^{**}$ | ۰/۰۷۳$^{**}$ | −۰/۰۴۶$^{ns}$ | -۰/۰۳۳$^{ns}$ |
| Petoearly ×LA1607 | ۰/۴۴۴$^{ns}$ | ۰/۰۷۷$^{ns}$ | ۰/۶۵۶$^{**}$ | -۱/۱۶$^{ns}$ | ۳/۶۲$^{**}$ | ۰/۴۰۷$^{*}$ | -۰/۰۳۴$^{ns}$ | −۰/۰۲۷$^{ns}$ | -۰/۰۴۰$^{ns}$ |
| Petoearly ×LA2656 | -۳/۱۶$^{ns}$ | -۰/۸۵۶ | -۱/۵۲$^{ns}$ | -۵/۷۲$^{ns}$ | −۳/۵۵$^{ns}$ | -۲/۰۴$^{ns}$ | -۰/۱۴۴$^{ns}$ | −۰/۰۶۰$^{ns}$ | -۰/۰۴۰$^{ns}$ |
| Petoearly × LA2080 | -۰/۲۸۴$^{ns}$ | ۰/۵۸۶$^{ns}$ | -۰/۱۴۴$^{ns}$ | -۰/۶۹۴$^{ns}$ | ۰/۹۷۷$^{**}$ | ۰/۳۶۱$^{*}$ | ۰/۰۵۹$^{**}$ | −۰/۰۵۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۶$^{ns}$ |
| Petoearly × LA1579 | ۳/۰۱$^{**}$ | ۰/۲۰۲$^{ns}$ | ۱/۱۲$^{**}$ | ۷/۵۷$^{**}$ | -۱/۰۶$^{ns}$ | ۱/۲۷$^{**}$ | ۰/۱۱۸$^{**}$ | ۰/۱۴۶$^{**}$ | ۰/۰۸۳$^{**}$ |
| اشتباه معیار | ۰/۳۰۵ | ۰/۸۴۸ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۷۶ | ۰/۲۵۶ | ۰/۱۹۲ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ |
| $\delta^2_A$ | ۱۵/۵۶$^{*}$ | ۱/۸۳$^{*}$ | ۱۵/۵۶$^{*}$ | ۱۵/۵۶$^{*}$ | ۱/۷۷$^{*}$ | ۲/۱۳$^{*}$ | ۰/۰۰۱$^{*}$ | ۰/۰۰۱$^{*}$ | ۰/۰۰۱$^{*}$ |
| $\delta^2_D$ | ۳۹/۷۰$^{ns}$ | ۳/۵۹$^{ns}$ | ۳۹/۷۰$^{ns}$ | ۳۹/۶۵$^{ns}$ | ۹/۹۰$^{ns}$ | ۵/۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۲۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۵$^{ns}$ |
| $\delta^2_A/\ \delta^2_D$ | ۰/۳۹$^{*}$ | ۰/۵۱$^{*}$ | ۰/۳۹$^{*}$ | ۰/۳۹$^{*}$ | ۰/۱۸$^{*}$ | ۰/۴۳$^{*}$ | ۰/۴۴$^{*}$ | ۰/۱۱$^{*}$ | ۰/۲$^{*}$ |

S1: شاهد: ( ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns، * و **: به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ادامه جدول ۳

Continue of Table 3

| ژنوتیپ‌ها | ارتفاع گیاه (سانتی متر) cm | | | تعداد کل میوه | | | تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 |
| Bitstoik ×LA1607 | ۶/۹۶$^{**}$ | -۱۰/۵۹$^{ns}$ | ۶/۹۶$^{**}$ | -۵/۸۱$^{ns}$ | -۱۴/۳۳$^{ns}$ | -۲۳/۴۵$^{ns}$ | -۰/۲۲۶$^{ns}$ | ۰/۹۴۳$^{*}$ | ۰/۶۰۸$^{ns}$ |
| Bitstoik ×LA2656 | -۶/۵۷ | ۳/۹۵$^{**}$ | -۶/۵۷$^{ns}$ | ۲۲/۴۹$^{**}$ | ۳۵/۹۰$^{**}$ | ۶/۹۵$^{**}$ | -۱/۱۱$^{**}$ | -۱/۱۶$^{**}$ | −۰/۳۹۲$^{ns}$ |
| Bitstoik ×LA2080 | ۶/۶۹$^{**}$ | ۹/۲۹$^{**}$ | ۶/۶۹$^{**}$ | ۳۱/۲۳$^{**}$ | ۲/۱۶$^{**}$ | ۱۷/۶۱$^{**}$ | ۰/۶۶۳$^{ns}$ | -۰/۰۵۴$^{ns}$ | -۱/۳۹$^{ns}$ |
| Bitstoik × LA1579 | -۶/۹۵ | -۲/۶۴$^{ns}$ | -۶/۹۵$^{ns}$ | −۴۷/۹۰$^{ns}$ | -۲۳/۷۳$^{ns}$ | -۱/۱۱$^{ns}$ | ۰/۶۶۳$^{ns}$ | ۰/۱۶۵$^{ns}$ | ۱/۱۶$^{ns}$ |
| Kingstone ×LA1607 | ۳/۲۸$^{**}$ | ۴/۶۱$^{**}$ | ۳/۲۸$^{**}$ | −۱۱/۷۰$^{ns}$ | -۰/۴۶۳$^{ns}$ | ۱۱/۶۳$^{**}$ | -۲/۰۵$^{**}$ | -۲/۰۹$^{**}$ | -۱/۱۴$^{ns}$ |
| Kingstone ×LA2656 | -۷/۸۰$^{ns}$ | -۲/۵۸$^{ns}$ | -۷/۸۰$^{ns}$ | ۲۶/۳۵$^{**}$ | -۲۱/۴۱$^{ns}$ | -۷/۳۵$^{ns}$ | ۰/۷۱۹$^{ns}$ | ۰/۴۵۷$^{ns}$ | -۰/۸۰۹$^{ns}$ |
| Kingstone × LA2080 | -۹/۶۰$^{ns}$ | -۹/۱۸$^{ns}$ | -۹/۶۰$^{ns}$ | ۴/۹۵$^{**}$ | ۲/۷۲$^{**}$ | -۹/۰۶$^{ns}$ | ۱/۴۹$^{*}$ | ۱/۶۷$^{**}$ | ۲/۵۲$^{*}$ |
| Kingstone × LA1579 | ۱۴/۰۷$^{**}$ | ۷/۱۵$^{**}$ | ۱۴/۰۷$^{**}$ | ۳۳/۱۰$^{**}$ | ۱۹/۱۳$^{**}$ | ۴/۷۸$^{**}$ | -۰/۱۷۰$^{ns}$ | −۰/۰۴۳ | -۰/۵۸۷$^{ns}$ |
| Petoearly ×LA1607 | -۱۰/۲۸$^{ns}$ | ۵/۹۸$^{**}$ | -۱۰/۲۸$^{ns}$ | ۱۷/۵۲$^{**}$ | ۱۴/۷۹$^{**}$ | ۱۱/۸۲$^{**}$ | ۲/۲۷$^{**}$ | ۱/۱۵$^{**}$ | ۰/۵۲۳$^{ns}$ |
| Petoearly ×LA2656 | ۱۴/۵۲$^{**}$ | -۱/۳۶$^{ns}$ | ۱۴/۵۲$^{**}$ | ۳/۸۶$^{**}$ | -۱۴/۴۹$^{ns}$ | ۰/۳۹۸$^{ns}$ | ۰/۳۸۶$^{ns}$ | ۰/۷۰۷$^{*}$ | ۱/۱۹$^{ns}$ |
| Petoearly × LA2080 | ۲/۸۷$^{**}$ | -۰/۱۰۹$^{ns}$ | ۲/۸۷$^{**}$ | -۳۶/۱۸$^{ns}$ | -۴/۹۰$^{ns}$ | -۸/۵۴$^{ns}$ | -۲/۱۷$^{*}$ | −۱/۷۳$^{ns}$ | -۱/۱۴$^{ns}$ |
| Petoearly × LA1579 | −۷/۱۶$^{ns}$ | −۴/۵۰$^{ns}$ | -۱۲/۴۳$^{ns}$ | ۱۴/۸۰$^{**}$ | ۴/۵۹$^{**}$ | -۳/۶۶$^{ns}$ | -۰/۵۰۳$^{ns}$ | -۰/۱۲۷$^{ns}$ | -۰/۵۸۷$^{ns}$ |
| اشتباه معیار | ۰/۹۶۷ | ۰/۹۱۵ | ۰/۹۰۳ | ۱/۱۶ | ۰/۵۷۲ | ۰/۶۳۲ | ۰/۶۵۶ | ۰/۵۰۶ | ۱/۳۱ |
| $\delta^2_A$ | ۲۶/۳۵$^{ns}$ | ۲۶/۳۵$^{ns}$ | ۲۶/۳۵$^{ns}$ | ۸۸/۹۶$^{ns}$ | ۸۲/۷۹$^{ns}$ | ۳۳/۹۹$^{ns}$ | ۰/۸۳۶$^{ns}$ | ۰/۶۰۴$^{ns}$ | ۰/۲۸۳$^{ns}$ |
| $\delta^2_D$ | ۱۵۳/۷$^{*}$ | ۷۳/۳$^{*}$ | ۱۵۳/۷$^{*}$ | ۱۲۶۸/۲۶$^{*}$ | ۵۶۱/۴۲$^{*}$ | ۲۳۸/۲۶$^{*}$ | ۱/۷۷$^{**}$ | ۲/۳۰$^{*}$ | ۳/۰۳$^{*}$ |
| $\delta^2_A/\ \delta^2_D$ | ۰/۰۷$^{*}$ | ۰/۳۵$^{*}$ | ۰/۰۷$^{*}$ | ۰/۰۷$^{*}$ | ۰/۱۵$^{*}$ | ۰/۱۴$^{*}$ | ۰/۴۷$^{*}$ | ۰/۲۶$^{*}$ | ۰/۰۹$^{*}$ |

S1: شاهد: ( ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns ، * و **: به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

## منابع


1. Abedini Esfahlani, M., R. Fotovat, M. Soltani Najafabadi and A. Tavakoli. 2018. Evaluation of Combining Ability and Gene Action of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Lines under Water Stress. Iranian Journal of Crop Sciences, 1: (20) (In Persian).
2. Ahmad, S. 2002. Genetics of fruit set and related traits in tomato under hot-humid conditions. Ph.D. Thesis. Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University. Salna, Gazipur, 236 pp.
3. Al-Daej, M.I. 2018. Line×Tester analysis of heterosis and combining ability in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit quality traits. Pakistan Journal of Biological Sciences, ISSN 1028-8880.
4. Bajaj, R.K., K.K. Aujla and G.S. Chalal. 1997. Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal. Crop Improvement, 24(1): 50-54.
5. Bhatt, R.P., V.R. Biswas and N. Kumar. 2001a. Heterosis, combining ability and genetics for vitamin C, total soluble solids and yield in tomato (*Ycopersicon esculentum* L.) at 1700m altitude. Journal. Agriculture. Science, 137(2): 71-75.
6. Chandha, S., J. Kumar and Vidyasagar. 2001. Combining ability over environments in tomato. Ind. Journal. Agriculture. Research, 35(3): 171-175.
7. Dhaliwal, M.S., S. Singh and D.S. Cheema. 2003. Line x tester analysis for yield and processing attributes in tomato. Journal. Research, 40(1): 49-53.
8. Dhyani, S., A.C. Misra, V. Panday and Sajwan. 2017. Evaluation of Tomato (*Solanum lycopersicon* L.) Hybrids for Fruit Yield Characters in Hill Region of Uttarakhand. India Int J. Curr. Microbiol. App. Sci, 6(9): 1622-1633.
9. Fehr, W.R. 1993. Principles of cultivar development: development of hybrid cultivars. MacMillan Publ. Co. Vol 1.
10. Kaveh, H., H. Nemati, M. FarsiM, S. Vatandoost and T. Jalali. 2013. Evaluation of heterosis and combining ability using diallel cross in tomato lines for salinity tolerance during seedling stage. *Current* Opinion in Agriculture, 2(1): 28-31.
11. Kemptorn, O. 1957. An introduction to genetic statistics. New York: Jhon Wiley and Nordskog. Inc; London: Chapman & Hall. Ltd.
12. Kumar, S and R. Gowda. 2016. Estimation of heterosis and combining ability in tomato for fruit shelf life and yield component traits using line x tester method. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 3(9): 10-19.
13. Kumari, S. and M.K. Sharma. 2013. Genetic variability studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Vegetable Science, 40(1): 83-86.
14. Kumar, T.P., R.N. Tiwaari and D.C. Pachauri. 1997. Line×tester analysis for processing characters in tomato. Journal of Vegetable. Science, 24: 34-38.
15. Masiha, S., M. Moghadam and A. Motallebi Azar. 2002. Vegetables Breeding (translate). No. 1. University of Tabriz Press. 492 pp (In press).
16. Moghaddam, M. and H. Amiri Oghan. 2010. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Publication of Tabriz University, Tabriz, Iran, 415 pp (In Persian).
17. Narsimhamurthy, Y.K. and P.H.R. Gowda. 2013. Line×Tester analysis in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Identification of superior parents for fruit quality and yield-attributing traits. International Journal of Plant Breeding, 7(1): 50-54.
18. Nemati, S.H. 2000. Evaluation of Combining Ability Male Sterility and Fertility Tomato Lines for Averege Weight and Ripening fruit Time. 2th Iranian Horticultural Sciences, 374 pp (In Persian).
19. Pedapati, A., R.V.S.K. Reddy, J.D. Babu, S.S. Kumar and N. Sunil. 2013. Combining ability analysis for yield and physiological drought related traits in tomato (*solanum lycopersicum* L.) under moistures stress. The Bioscan, 8(4): 1537-1544.
20. Rai, A.K., A. Vikram and A. Pandav. 2016. Genetic Variability Studies in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for Yield and Quality Traits. Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 9(5): 739-744.
21. Saidi, M., S.D. Warade and T. Prabu. 2008. Combining ability estimates for yield and its contributing traits in tomato (*ycopersicon esculentum.* L.). Int. Journal. Agriculture. Biology, 10(2): 238-240.
22. Sajedinia, H., M. Saidi, F. Ghanbari and M. Bagnazari. 2018. Effects of Superabsorbent Polymer on Yield and Some characteristics of Tomato under Various Irrigation Regimes. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(40): 163-174.
23. Salari, Z. 2004. Combining Ability Study in Six Tomato tomato (*solanum lycopersicum* L.) Lines. M.Sc. Thesis. Mashhad University, 102 pp (In Press).
24. Saleem, M.Y., M. Asghar, M. Ashanul Haq, T. Rafique, A. Kamran and A. Ali Khan. 2009. Genetic analysis to identify suitable parents for hybrid seed production in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Pak. Journal of. Botanic, 41(3): 1107-1116.
25. Sharma, D.K., D.R. Chaudhary and P.P. Sharma. 1999. Line x tester analysis for study of combining ability of quantitative traits in tomato. Ind. Journal of. Horticulture, 56(2): 163-168.
26. Singh, A.K. and B.S. Asati. 2011. Combining ability and heterosis studies in tomato under bacterial wilt condition. Bangladesh Journal. Agriculture. Research, 36(2): 313-318.


[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

27. Skoric, D., S. Jocic and I. Molnar. 2000. General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in louse, France, 2: E23- E30.
28. Shalaby, T.A. 2012. Line×Tester analysis for combininig ability and heterosis in tomato under late summer season conditions. Journal of. Plant Production, Mansoura Univ, 3(11): 2857-2865.
29. Shankar, A., A. Rvsk Reddy, M. Sujatha and M. Pratap. 2014. Combining Ability Analysis to Identify Superior F1 Hybrids for Yield and Quality Improvement in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Agrotechnol, 2: 3.
30. Srivastava, J.P., S. Hamveer, B.P. Srivastava, H.P.S. Verma and H. Singh. 1998. Heterosis in relation to combining ability in tomato. Journal of Vegetable Science, 25(1): 43-47.
31. Sultana, Sh. 2014. Study on combining ability and heterosis in tomato lines. An M.Sc. Thesis. Bangladesh Agricultural University. Sher-e-Bangla, 1-87.
32. Tyagi, A.P. 1988. Combining ability analysis for yield components and maturity traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Proc. 12th Inter. Sunflower Conference. July 25-29.Novi Sad. Yugoslavia, 2: 489-493.
33. Vinay Raju, K. 2011. Heterosis and combinig ability studies in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Line×Tester analysis. An M.S. Thesis. Indian Agricultural University. Andhra Pradesh, 1-108.
34. Walker, M.A., D.M. Smith, K.P. Pauls and B.D. McKersie. 1990. A chlorophyll fluorescence screening test to evaluate chilling tolerance in tomato. Hort. Science, 25: 334.
35. Wang, W., B. Vinocur and A. Altman. 2003. Plant response to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 218: 1-14.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]

# Combining Ability Estimates for Yield Some Traits in Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by Line×Tester

**Maryam Noori[1], Alireza Motallebi Azar[2], Mehdi Saidi[3], Jaber Panahandeh[2], Davood Zare Hghi[4] and Siamak Rasuli Azar[5]**

1- Ph.D. graduated, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran (Corresponding author: m77_noori@yahoo.com)
2- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran,
3 and 5- Associate Professor and M.Sc. Graduated, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran,
4- Associate Professor, Department of Pedology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran,
Received: March 18, 2019 Accepted: October 1, 2019

**Abstract**

12 single crosses (F1) achieved by combining four testers and three commercial lines of tomato were evaluated for their response to water deficit stress and the combining ability of yield and some yield components. The layout was split plots according to randomized complete block design with three replications and three irrigation levels (FC, 60%FC and 40%FC). Crossing among lines and testers, seedling production and field evaluation, were conducted in greenhouses and field of Ilam University during 2014-2016. The studied genotypes were L1: Bitstoik, L2: Kingstone, L3: Petoearly, as lines, and T1: LA1607, T2: LA2656, T3: LA2080 and T4: LA1579 as Testers. The studied traits consisted of total yield, potential yield, yield per plant, number of fruits per plant, plant height and days to 50% flowering. The analysis of variance indicated that significant differences existed among, genotypes, parents, parents vs. crosses, crosses, lines, testers and line × tester for all studied traits on both non- stress and water deficit stress, which showed a significant difference between general combining ability (GCA) of parents and specific combining ability (SCA) of hybrids. In general, the parental testers, LA2656 (T2), LA1607 (T1) and Line L1 (Bitstoik) were found to have the highest GCA for total yield and potential yield, and the number of fruits per plant in both conditions. The Petoearly×LA1579 in non-stress, Bitstoik× LA1607 and Kingstone×LA1579 in mild and severe-stresses had the highest SCA for total yield. Analysis of variance for combining ability manifested the predominance of dominance gene action for total yield, yield per plant and potential yield. The general combining ability (GCA) effects were generally found higher than SCA effects in terms of the agronomic traits. As a result, the low ratio of $\delta^2A/\ \delta^2D$ showed that non-additive effects controlled the studied traits.

**Keywords:** Combining Ability, Drought Stress, Gene Effect, Tomato

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOI: 10.29252/jcb.11.32.22 ]