



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

مریم نوری<sup>۱</sup>، علیرضا مطلبی آذر<sup>۲</sup>، مهدی صیدی<sup>۳</sup>، جابر پناهنده<sup>۴</sup>، داود زارع حقی<sup>۵</sup> و سیامک رسولی آذر<sup>۶</sup>

(m77\_noori@yahoo.com)

۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران، (نویسنده مسؤول: ۰۷۷۷\_noori@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه علوم باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

۳ و ۵- دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۴- دانشیار، گروه حاکمیتی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۷

صفحه: ۲۲ تا ۳۲

### چکیده

دوازده سینگل کراس (F<sub>1</sub>) حاصل از تلاقی ۳ لاین تجاری و ۴ تستر گوجه‌فرنگی از نظر واکنش به تنش کم آبی و ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و سه سطح تنش (FC) ۶۰٪ و ۴۰٪ FC در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در طی سال‌های ۹۵-۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های مورد استفاده شامل: L1:Bitstoik، L3:Petoeearly، L2:Kingstone و تسترها شامل T1:LA1607 و T4:LA1579 (*S. pimpinellifolium*)، T3:LA2080 (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*)، T2:LA2656 (*S. pimpinellifolium*) بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تلاقی‌ها، تسترها، لاین×تستر و همین‌طور میانگین مربعت والدین در مقابل تلاقی در شرایط تنش و بدون تنش برای تمامی صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار GCA والدین و هیریدهای SCA بود. برای عملکرد کل تستر T2 در شرایط بدون تنش و تنش ۴۰٪ FC در تنش ۶۰٪ FC بهترین ترکیب‌پذیر عمومی (GCA) بودند. تستر T2 ترکیب‌گر مناسب برای عملکرد بالقوه در شرایط بدون تنش و تنش ۶۰٪ FC بود. لاین L1 ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار و مثبت برای عملکرد کل و تعداد کل میوه در شرایط تنش و بدون تنش آبی داشت. هیریدهای L3T4 (L3T4) در شرایط بدون تنش و T1 در تنش ۴۰٪ FC و (L1T1)Bitstoikx LA1607 در تنش سطح ۴۰٪ FC و (L2T4)Kingstone×LA157 در تنش ۶۰٪ FC بهترین ترکیب‌پذیر خصوصی (SCA) برای عملکرد کل بودند. در صفات زراعی مورد مطالعه اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بزرگ‌تر از اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی بود. نسبت واریانس D<sup>2</sup>/A<sup>2</sup> نشان‌دهنده کنترل صفات مورد مطالعه با اثرات غیر افزایشی ۰ نبود.

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

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

از بین روش‌های مختلف ژنتیک کمی قابل استفاده جهت شناخت ساختار ژنتیکی گیاهان، انتخاب دقیق تر لاین‌های والدینی و همچنین تعیین قابلیت ترکیب‌پذیری آنها تجزیه لاین در تستر پیشنهاد شده توسط (۱۱) می‌باشد که به عنوان یک روش مناسب، سریع و مطمئن برای ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و هیریدهای حاصل، محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی، واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، نحوه عمل ژن‌های دخیل در ظاهر 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).

### 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 ۱۱۹۰۰ 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 نظری 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 به طور 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).

همکاران (۱۶) لاین‌های EC162516 و EC249505 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 متتحمل به کم آبی و اجزای آنها و برآورده میزان نقش لاین، تستر و لاین  $\times$  تستر روی خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی تحت تنش کم آبی و استفاده از نتایج حاصل به منظور 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 ۹۳-۹۵ انجام شد. ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی مورد استفاده در این طرح پژوهشی شامل لاین‌های L2:King stone, L3:Peto early, L1:Bitstoik LA1579, T2: LA2656, T1: LA1607, T4: بودند که بهروش لاین  $\times$  تستر تلاقی داده شدند. لاین‌ها و تسترهای مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب از محل گروه باگانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و مرکز تحقیقات ژنتیک گوجه‌فرنگی در آمریکا (TGRC) تهیه شد. این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده به عنوان فاکتور اصلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به عنوان 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 ۴-۲ برگی نشاها گوجه‌فرنگی به گلدان منتقل شدند. با شروع دوره گله‌ی تلاقی بین لاین‌ها و تسترهای مختلف در فوردهن 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 خلوط کشت در هر پلات نه عدد بود و در هر تکرار ۱۰ گیاه با فواصل ۳۰×۷۵ 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 طول ۲ سانتی‌متر، عرض ۱ میلی‌متر و ارتفاع ۷ سانتی‌متر (حسگر بلوک) و دستگاه اهمتر استفاده شد و منحنی کالیبره تبدیل مقاومت حسگر به رطوبت برای خاک مورد تحقیق رسم گردید. با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با دستگاه اهمتر و قرار دادن آن در منحنی کالیبره مقدار رطوبت خاک به دست آمد. در هر گلدان دو حسگر جهت قرائت مقاومت قرار داده شد، با میانگین گیری از دو حسگر رطوبت هر گلدان تعیین گردید. مثلاً برای رطوبت ۰/۵FC-۰/۷۵FC زمانی که میانگین مقاومت به دست آمده از حسگرها به مقدار مربوط به

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

قابلیت ترکیب عمومی (General Combining Ability) به عنوان 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 به طوری که شناسایی ساختار ژنتیکی والدین موجود در برنامه‌های دورگ‌گیری و برآورده ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی آنها جهت تولید هیبریدهایی با عملکرد مطلوب از اهداف مهم تمامی برنامه‌های اصلاحی گیاهان مختلف است (۱۰). روش تلاقی لاین  $\times$  تستر جهت برآورده 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) به منظور 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 گوجه‌فرنگی تحت تیمار تنش، غالیت اثر افزایشی ژن را برای وزن میوه و اثر غیر افزایشی را برای TSS در گوجه‌فرنگی گزارش نمودند که دورگ‌گیری 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 ارقم اصلاح شده 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 به ویژه در مورد زودرسی از خود نشان می‌دهند (۱۸)، واریانس معنی دار 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. پداتی و

$$\begin{aligned} & \text{MP: میانگین والدین (لاین‌ها و تسترهای) هر تلاقی است} \\ & .(18) \\ & (\text{Lines}): g_{ii} = (X_{i..}/\text{tr}) - (X_{...}/\text{ltr}) \quad (2) \\ & (\text{Testers}): g_i = (X_{j..}/\text{lr}) - (x_{...}/\text{ltr}) \quad (3) \\ & S_{ij} = (x_{ij..}/r) - (x_{i..}/\text{lr}) - (x_{...}/\text{ltr}) \quad (4) \\ & \delta^2 \text{sca} = [1 + F/2]^2 \delta^2 D \quad (5) \\ & \text{CovH.S.(line)} = (\text{MI} - \text{ML} \times t)/\text{rt} \quad (6) \\ & \text{CovH.S.(tester)} = (\text{MT} - \text{ML} \times t)/\text{rt} \quad (7) \\ & \text{CovH.S.(average)} = l/t(2l-t - [(l-l)(\text{MI})]/l+t-2-\text{ML} \times t) \quad (8) \\ & \delta^2 \text{gca} = \text{Cov H.S.} = [1+F/4]^2 \delta^2 A \quad (9) \end{aligned}$$

### 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 به جز روز تا ۵۰ درصد گلدهی در شرایط تنش رطبوبتی 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 تسترهای 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 تسترهای 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 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 اسکوریج 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 (۲۰) 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

روطوبت FC /۵٪ رسید آبیاری آن تیمار انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری به شرح زیر انجام شد:  
الف- نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده ظرفیت مزرعه‌ای (۰/۸۵ FC-FC) بماند  
ب- نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده (۰/۵-FC /۶ FC) ۰/۴ آبیاری در این تیمار رطبوبتی موقعی صورت گرفت که رطوبت خاک به حد پایین دامنه تعیین شده یعنی ۰/۵ FC رسید.

ج- نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده (۰/۳ FC- /۴ FC) آبیاری در این تیمار رطبوبتی موقعی صورت گرفت که رطوبت خاک به حد پایین دامنه تعیین شده یعنی ۰/۳ FC 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 متواالی 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 اختخابی 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 رفته 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 کمپتون (۱۱) محاسبه گردید. تجزیه واریانس بر اساس رابطه ۱ انجام و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترهای تعیین شد:

$$Y_{ij} = \mu + g_{ii} + g_{ij} + s_{ij} + r_k + e_{ijk} \quad (1)$$

در این رابطه  $Y_{ij}$ : میانگین فنوتیپ اندازه‌گیری شده برای  $i$  ز ژنوتیپ در  $k$  تکرار،  $\mu$ : میانگین جمعیت،  $g_{ii}$  ترکیب‌پذیری عمومی ۱ والد پدری،  $g_{ij}$  ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی بین ۱ والد پدری و ۲ والد مادری،  $s_{ij}$  ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی بین ۱ والد پدری و ۲ والد مادری،  $r_k$  تکرار،  $e_{ijk}$ : اثرات تصادفی خطای مرتبط با  $i$  ز ژنوتیپ در  $k$  تکرار می‌باشند. تأثیرات ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر برای والدین ( $g_{ii}$  و  $g_{ij}$ ) و ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر تلاقی ( $s_{ij}$ ) برآورده شد (روابط ۲، ۳، ۴). بعد از محاسبه مقادیر واریانس ترکیب‌پذیری عمومی ( $\delta^2 g$ ) و خصوصی ( $\delta^2 s$ ) ( $\delta^2 A$ ) و غالیت ( $\delta^2 D$ ) با فرض  $F=1$  (اینبرد لاین بودن والدین) و عدم وجود اپیستازی، به ترتیب 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،  $1$ : تعداد لاین،  $t$ : تعداد تستر،  $MSe$ : تعداد تکرار،  $MSI \times t$ : میانگین مربعات لاین × تستر،  $F$ : ضریب خویشاوندی و

و معنی دار GCA برای عملکرد تک بوته مشاهده شد. برای درصد میوه بندی تستر T3 در شرایط تنش شدید و بدون تنش بیشترین GCA مثبت و معنی دار و تستر T1 برای ارتفاع گیاه در شرایط بدون تنش و T2 در تنش ملایم بیشترین GCA مثبت و معنی دار را داشتند. اثر معنی دار تسترهای برای عملکرد کل در شرایط بدون تنش با گزارشات (۲۷، ۲۸، ۴) هم خوانی داشت.

معنی دار شدن اثرات متقابل لاین $\times$ تستر در شرایط نرمال برای صفات مختلف و اثرات غیر معنی دار در شرایط تنش را می توان به وجود تفاوت معنی دار در قابلیت ترکیب پذیری خصوصی والدین برای کنترل صفات اندازه گیری شده در این تحقیق نسبت داد. سینگ و استی (۲۶)، هامورسی و گودا (۱۷)، شلی (۲۸) و راجو (۳۳) معنی دار شدن اثرات متقابل لاین $\times$ تستر را برای عملکرد، ارتفاع گیاه، طول، قطر و وزن میوه و روز تا ۵۰ درصد گلدهی را در گوجه فرنگی نشان دهنده غالبیت اثر غیرافزایشی ژن در کنترل ژنتیکی صفات گزارش کردند. وجود اثر معنی دار لاین $\times$ تستر برای ارتفاع گیاه، تعداد شاخه ها، تعداد میوه هر گیاه، وزن تک میوه و عملکرد کل میوه گوجه فرنگی توسط کومار و گودا (۱۲) نیز گزارش شد. سلیم و همکاران (۲۴) لاین های ۸۸۵۷۲ و UC-134 و Nagina با داشتن GCA معنی دار و مثبت به عنوان تستر T1 با داشتن GCA مثبت و معنی دار GCA مثبت و معنی دار شرایط تنش خشکی گزارش کردند. پدایپتی و همکاران (۱۹) دلیول و همکاران (۷) و شارما و همکاران (۲۵) تعدادی ترکیب گر عمومی مناسب با قابلیت ترکیب پذیری معنی دار و مثبت برای عملکرد گیاه گوجه فرنگی معرفی کردند.

صفات در محیط تنش و غیرتنش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد که نشان دهنده نوع ژنتیکی کافی بین هیبریدهای به دست آمده از نظر صفات فوق و آزادی عمل بیشتر اصلاحگر در انتخاب هیبرید برتر می شود. انتخاب درست والدین در شرایط مختلف تنش خشکی با داشتن تنوع ژنتیکی موجب معنی داری اثر والدین در تجزیه لاین در تستر و وجود دامنه تغییرات برای صفات مختلف می شود (۱). نظر به معنی دار شدن میانگین مرباعات تلاقي و اجزای آن برای صفات مذکور می توان نتیجه گیری نمود که اثر غالبیت در معنی دار شدن ژنوتیپ ها 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 برآورده اثرات ترکیب پذیری عمومی والدین (جدول ۲) در بین لاین ها، L1 در تمامی شرایط تنش و بدون تنش بیشترین مقدار مثبت و معنی دار GCA را برای تعداد کل میوه، عملکرد کل، عملکرد بالقوه و عملکرد تک بوته، لاین های L3 و L2 در شرایط تنش شدید کم آبی (S3) و بدون تنش (S1) برای ارتفاع گیاه و L1 و L2 برای درصد میوه بندی در شرایط مختلف تنش کم آبی بیشترین مقدار مثبت و معنی دار GCA را داشتند. در حالی که از بین تسترهای T2 و T4 بیشترین GCA مثبت و معنی دار 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 معنی دار داشتند و می توانند به عنوان والد ترکیب گر مناسب جهت افزایش عملکرد در شرایط تنش انتخاب شوند. اثر مثبت

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی و فیزیولوژیکی در گوجه فرنگی در شرایط نتش و بدون نتش 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<sup>x</sup>

عملکرد کل (تن/ هکتار) Ton/ha			عملکرد بالقوه کلوگرم / هکتار) Kg/ha			تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی			درجه آزادی	متبوع تغییرات
S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>		
•/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۱/۳ <sup>ns</sup>	•/۰۱۸ <sup>ns</sup>	•/۲۷۹ <sup>ns</sup>	•/۲۲۴ <sup>ns</sup>	•/۰۳۰ <sup>ns</sup>	•/۳۶۸ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۱/۱۰۵ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
•/۰۱۴ <sup>**</sup>	۵۵/۴ <sup>**</sup>	۳۶/۸ <sup>**</sup>	۳۲۵/۷ <sup>**</sup>	۷۲/۲۱ <sup>**</sup>	۴۷/۰۹ <sup>**</sup>	۵۵/۹۹ <sup>**</sup>	۵۲/۴۹ <sup>**</sup>	۸۶/۰۳۳ <sup>**</sup>	۱۸	زنوبیها
۱۱۲/۸ <sup>**</sup>	۳/۴۷ <sup>**</sup>	۶/۲۵ <sup>**</sup>	۹۹/۱۸ <sup>**</sup>	۵/۸ <sup>**</sup>	۶/۱۸ <sup>**</sup>	۱۹۱/۹ <sup>**</sup>	۵۸/۶ <sup>**</sup>	۶۳/۰۴۰ <sup>**</sup>	۶	والدین
۷۲۲/۵ <sup>**</sup>	۱۵۸/۵ <sup>**</sup>	۱۸۵/۹ <sup>**</sup>	۱۱۳۸/۹ <sup>**</sup>	۱۳۵/۸ <sup>**</sup>	۱۶۶/۸ <sup>*</sup>	۴۴/۳ <sup>**</sup>	۵۲/۳ <sup>**</sup>	۶۶/۱۶ <sup>**</sup>	۱۱	تلاقی
۲۱۱/۸ <sup>**</sup>	۱۳۷/۷ <sup>**</sup>	۱۲۷/۱ <sup>**</sup>	۴۷۷/۳۵ <sup>**</sup>	۶۹/۰۸ <sup>**</sup>	۱۰/۷/۴۲ <sup>**</sup>	۱۹ <sup>**</sup>	۲۱/۴۲ <sup>**</sup>	۲۸/۵۸ <sup>ns</sup>	۲	لاین
۴۰/۵ <sup>**</sup>	۷/۸۵ <sup>ns</sup>	۵۱/۱۷ <sup>**</sup>	۵۴۲/۲۲ <sup>**</sup>	۳۶/۸۴ <sup>**</sup>	۴۴/۲۹ <sup>**</sup>	۱۵/۵ <sup>**</sup>	۲۲/۵۱ <sup>**</sup>	۲۱/۵۶ <sup>**</sup>	۳	تستر
۲۸۶/۱ <sup>**</sup>	۱۲/۹۵ <sup>**</sup>	۷/۷۱ <sup>**</sup>	۱۱۹/۳۸ <sup>**</sup>	۲۹/۹۲ <sup>**</sup>	۱۵/۱۶ <sup>**</sup>	۹/۷۴۱ <sup>**</sup>	۷/۲۸ <sup>**</sup>	۷/۹۱ <sup>**</sup>	۶	لاین <sup>x</sup> تستر
۱۲۷۷ <sup>**</sup>	۵۵۶/۱ <sup>**</sup>	۱۷۱/۹ <sup>**</sup>	۱۹۶۹ <sup>**</sup>	۸۳۶/۳ <sup>**</sup>	۳۶۷/۵ <sup>**</sup>	۴۲۵/۸ <sup>**</sup>	۴۳۵/۷ <sup>**</sup>	۶۱۰/۷ <sup>*</sup>	۱	والدین در مقابل تلاقی
•/۲۷۹	•/۲۲۹	•/۰۸۹	•/۴۲۴	•/۱۹۷	•/۱۱۱	•/۸۴۶	•/۳۸۴	۲/۵۹۳	۳۶	اشتباه آزمایشی

۱: شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: نتش مالایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: نتش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns: بنتریب: غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

## ادامه جدول ۱

Continue of Table 1

عملکرد تک بوته (گرم) Kg (g)			تعداد کل میوه			ارتفاع گیاه (سانسی متر) cm			درجه آزادی	متبوع تغییرات
S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>		
•/۰۰۰ <sup>ns</sup>	•/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۸/۸۰ <sup>-۵ns</sup>	•/۱۲۱ <sup>ns</sup>	•/۲۲۷ <sup>ns</sup>	•/۱۴۸ <sup>ns</sup>	۴/۲۳ <sup>*</sup>	•/۲۳۲ <sup>ns</sup>	•/۵۶۵ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
•/۲۰۵ <sup>**</sup>	•/۰۳۱ <sup>**</sup>	•/۰۳۱ <sup>*</sup>	۱۲۸/۷/۵ <sup>**</sup>	۵۵۵۷/۰۱ <sup>**</sup>	۳۳۰/۳۴۶ <sup>**</sup>	۶۱۵۶/۸ <sup>**</sup>	۴۱۰/۶ <sup>**</sup>	۳۰۳۷/۰۸ <sup>**</sup>	۱۸	زنوبیها
•/۰۹۰ <sup>**</sup>	•/۰۱ <sup>**</sup>	•/۰۰۶ <sup>**</sup>	۵۷۲۲۸/۳ <sup>**</sup>	۱۱۸۵۹/۵ <sup>**</sup>	۷۸۳۷/۰۸ <sup>**</sup>	۱۳۹۳۹/۷ <sup>**</sup>	۱۰۳۷۲/۶ <sup>**</sup>	۶۱۲۷/۱ <sup>**</sup>	۶	والدین
•/۷۸۱ <sup>**</sup>	•/۱۶۲ <sup>**</sup>	•/۱۱۳ <sup>**</sup>	۱۶۴۴۲/۴ <sup>**</sup>	۹۸۶۶/۳ <sup>**</sup>	۴۴/۰/۴ <sup>**</sup>	۱۵۵۸/۲ <sup>**</sup>	۲۰/۷۱/۸ <sup>**</sup>	۲۷۷۳/۱ <sup>**</sup>	۱۱	تلاقی
•/۲۹۴ <sup>**</sup>	•/۱۱۳ <sup>**</sup>	•/۰۷۷ <sup>**</sup>	۷۶۵۷/۰۵ <sup>**</sup>	۵۸۱۹/۲۴ <sup>**</sup>	۳۱۵۹/۳ <sup>**</sup>	۷۴۵/۸۷ <sup>**</sup>	۱۰۸۴/۹ <sup>**</sup>	۵۷۴/۳ <sup>**</sup>	۲	لاین
•/۴۱۱ <sup>**</sup>	•/۰۰۵ <sup>**</sup>	•/۰۲۱ <sup>**</sup>	۴۹۷۸/۰۵ <sup>**</sup>	۲۲۶۵۲/۱ <sup>**</sup>	۵۰/۰/۷۲ <sup>**</sup>	۳۹۹/۶ <sup>**</sup>	۷۶۵/۵ <sup>**</sup>	۱۳۰/۷/۱ <sup>**</sup>	۳	تستر
•/۰۷۵ <sup>**</sup>	•/۰۲۷ <sup>**</sup>	•/۱۵ <sup>**</sup>	۳۸۰/۶/۸ <sup>**</sup>	۱۶۸۴/۷۷ <sup>**</sup>	۷۱۵/۳۸ <sup>**</sup>	۴۶۲/۷۶ <sup>**</sup>	۲۲۱/۲۹ <sup>**</sup>	۸۹۵/۴ <sup>**</sup>	۶	لاین <sup>x</sup> تستر
•/۸۸ <sup>**</sup>	•/۰۲۸ <sup>**</sup>	•/۲۱ <sup>**</sup>	۶۰۱۰/۸ <sup>**</sup>	۳۴/۸۹ <sup>**</sup>	۲۳۴/۸ <sup>**</sup>	۱۲۴/۶ <sup>**</sup>	۵۹۶۰/۷ <sup>**</sup>	۷۴۸۲/۵ <sup>**</sup>	۱	والدین در مقابل تلاقی
•/۰۰۱	۵/۵۷۰ <sup>-۵</sup>	۶/۵۰ <sup>-۵</sup>	۲/۰۴۷	۰/۴۹۱	۰/۵۹۹	۱/۴۰۳	۱/۲۵۵	۱/۲۲۳	۳۶	اشتباه آزمایشی

۱: شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: نتش مالایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: نتش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns: بنتریب: غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- برآورد ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای عملکرد و اجزای آن در گوجه‌فرنگی بر اساس تلاقي لاین‌تستر

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

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی				تعداد کل میوه				ارتفاع گیاه (سانتی متر) cm		زنویپها
S3	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S1		
-۰/۹۴ ns	-۱/۲۸ ns	-۱/۱۰ ns	۱/۶۲ **	-۶/۱۰ ns	۹/۴۱ **	۱۵/۱۰ **	۷/۱۷ **	۱۵/۶۲ **	LA1607	
-۰/۹۴ ns	-۰/۱۷ ns	-۰/۴۴ ns	۹/۲۷ **	۹/۴۵ **	۱۹/۱۴ **	۳/۰۳ **	-۰/۱۱ ns	-۳/۶۸ ns	LA2656	
۲/۷۱ **	۲/۰۲ **	۱/۵۷ **	-۰/۱۴ ns	-۱۹/۷۷ ns	-۳۴/۱۴ ns	-۱۳/۱۰ ns	-۱۷/۸۸ ns	-۲۶/۴۳ ns	LA2080	
-۰/۸۳ ns	-۰/۹۵ ns	-۰/۹۹ ns	-۱/۶۵ ns	۱۶/۴۲ **	۵/۵۴ **	-۴/۴۴ ns	۵/۰۴ **	۱۴/۵۰ **	LA1579	
-۰/۷۵	-۰/۲۹۲	-۰/۳۷۹	-۰/۳۶۵	-۰/۳۳	-۰/۶۷۴	-۰/۵۵۸	-۰/۵۲۸	-۰/۵۲۱	اشتباه معیار	
-۰/۸۳ ns	۱/۱۷ **	-۰/۱۳ ns	۱۲/۹۱ **	۲۲/۱۵ **	۲۲/۱۰ **	۳/۱۹ **	-۲/۰۳ ns	۱/۱۳ **	Bitstoik	
-۰/۵۸ ns	۱/۰۴ ns	۱/۱۷ **	-۱۸/۲۱ ns	-۲۱/۱۸ ns	-۳۷/۴۳ ns	-۷/۹۳ ns	-۸/۲۳ ns	۷/۱۳ **	Kingstone	
-۰/۷۴ ns	-۰/۷۰۷ ns	-۰/۱۷ ns	۵/۳۰ **	-۰/۲۷۵ ns	۵/۲۸ **	۴/۷۴ **	۱۰/۳۵ **	-۸/۴۶ ns	Petoeary	
-۰/۸۵	-۰/۲۵۳	-۰/۳۲۸	-۰/۳۱۶	-۰/۲۸۶	-۰/۵۸۴	-۰/۴۸۴	-۰/۴۵۷	-۰/۴۵۱	اشتباه معیار	

S1: شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش مایلیم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns: بهترین: غیر معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ادامه جدول ۲

Continue of Table 2

عملکرد تک بوته (گرم) Kg				عملکرد بالقوه (کلوگرم/هکتار) Kg/ha				عملکرد کل (تن/هکتار) (Ton/ha)		زنویپها
S3	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S1		
-۰/۳۹ **	-۰/۰۰۵ ns	-۰/۰۹ ns	۱/۷۳ **	۲/۲۳ **	-۲/۲۹ ns	۲/۰۳ **	-۰/۱۴ ns	-۲/۲۲ ns	LA1607	
-۰/۳۹ **	-۰/۰۲۸ **	-۰/۳۲۱ **	۲/۱۰ **	-۰/۳۷۶ *	۱۱/۱۹ **	۱/۸۳ **	۱/۱۴ **	۸/۰۶ **	LA2656	
-۰/۰۵۳ ns	-۰/۰۲۶ ns	-۰/۱۱۹ ns	-۱/۹۵ ns	-۰/۱۰۳ ns	-۶/۴۱ ns	-۱/۰۶ ns	-۱/۱۱ ns	-۴/۶۵ ns	LA2080	
-۰/۰۳۳ ns	-۰/۰۰۳ ns	-۰/۱۰۸ ns	-۱/۸۷ ns	-۲/۵۸ ns	-۲/۵۷ ns	-۲/۹۰ ns	-۰/۱۹۰ ns	-۰/۸۹۳ ns	LA1579	
-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۱۵	-۰/۱۷	-۰/۰۹	-۰/۰۷	-۰/۱۴	-۰/۹۹۳	-۰/۴۹	اشتباه معیار	
-۰/۰۳**	-۰/۰۳۸ **	-۰/۱۳۸ **	۲/۲۴ **	۱/۲۸ **	۵/۲۲ **	۳/۵۰ **	۳/۱۸۹ **	۴/۸۹ **	Bitstoik	
-۰/۰۷۷ ns	-۰/۰۴۵ n	-۰/۱۷۰ ns	-۲/۶۵ ns	-۲/۷۶ ns	-۷/۴۳ ns	-۲/۹۱ ns	-۲/۲۴ ns	-۶/۴۱ ns	Kingstone	
-۰/۰۱۳ ns	-۰/۰۰۷ **	-۰/۰۳۲ **	-۰/۵۸۳ ns	۱/۳۹ **	۱/۷۸ **	-۰/۶۵ ns	-۱/۶۵ ns	۱/۵۱ **	Petoeary	
-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۱۳	-۰/۱۳۶	-۰/۱۸۱	-۰/۲۶۶	-۰/۱۲۲	-۰/۶	-۰/۲۱۶	اشتباه معیار	

S1: شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش مایلیم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns: بهترین: غیر معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

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 غالیبت 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 به عنوان ارقام آزمون گر مناسب جهت استفاده در برنامه‌های تولید هیبرید در شرایط تنفس شناسایی شدند که می‌توانند جهت توسعه هیبریدهای

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

با بررسی نتایج ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها و تسترهای (جدول ۳)، هیبرید L3×T4 در شرایط بدون تنفس و هیبریدهای L1×T1 در تنفس ملایم و L2×T4 در تنفس شدید بیشترین SCA معنی‌دار و مثبت را داشتند. برای عملکرد بالقوه بیشترین SCA معنی‌دار و مثبت را هیبرید L3×T4 در شرایط بدون تنفس و L3×T1 در تنفس ملایم و L2×T4 در تنفس شدید داشتند. هیبرید L1×T2 در شرایط بدون تنفس و L3×T4 در تنفس ملایم و شدید بیشترین SCA معنی‌دار و مثبت را برای عملکرد تک بوته داشتند. در حالی که هیبریدهای L1×T2 و L3×T4 برای عملکرد تک بوته، L3×T1 و L3×T2 برای ارتفاع گیاه، L1×T3 و L2×T4 برای تعداد کل میوه و L2T3 و L1×T3 برای روز تا ۵٪ گلدهی بودند. در بررسی اجزاء واریانس ژنتیکی نیز واریانس غالیبت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار (جدول ۳) و به تبع آن بزرگتر بودن واریانس غالیبت ( $\delta^2 D$ ) از واریانس افزایشی ( $\delta^2 A$ ) و همچنین نسبت واریانس  $\delta^2 D/\delta^2 A$  کوچکتر از یک نشان دهنده غالیبت اثر غیر افزایشی ژن برای عملکرد کل، عملکرد بالقوه و دیگر صفات موردنظر مطالعه بود. اثر غالیبت ژن برای صفات عملکرد کل و عملکرد هر بوته در گوجه‌فرنگی با نتایج صیدی و همکاران (۲۱)، سری‌استوا و همکاران (۳۰)، دلیول و همکاران (۷)، سلطان (۳۱) و بات و همکاران (۵) مطابقت داشت. غالیبت

جدول ۳- برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تلاقي‌ها برای عملکرد و اجزای آن در گوجه‌فرنگی بر اساس تلاقي لاین‌تستر

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

عملکرد تک بوته (گرم)			عملکرد بالقوه (کیلوگرم/هکتار)			عملکرد کل (تن/هکتار)			نوتیپ‌ها
S3	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S1	
-/-۰۵**	-/-۰۶۸ns	-/-۰۸۷**	-/-۰۸۷۱**	-/-۰۴۲۷*	۳/۰۸۵**	-/-۰۲۳۳ns	۲/۰۵۲*	۲/۰۴۱**	Bitstoik × LA1607
-/-۰۹**	-/-۰۳۰ns	-/-۰۹**	۱/۰۲**	۱/۰۷**	۶/۰۴۳**	۱/۰۵**	-/-۰۵۳۹	۲/۰۸۵**	Bitstoik × LA2656
-/-۰۳**	-/-۰۰۴ns	-/-۰۰۱ns	۱/۰۳**	-۲/۰۴۵ns	-۱/۰۸ns	۱/۰۳**	-۲/۰۷ns	-۱/۰۶ns	Bitstoik × LA2080
-/-۰۰۰۹ns	-/-۰۰۹ns	-/-۰۱۹ns	-۳/۰۴۱ns	-۰/۰۹۹ns	-۰/۰۵۱ns	-/-۰۳ns	-۰/۰۳۸ns	-۳/۰۶ns	Bitstoik × LA1579
-/-۰۰۱۷ns	-/-۰۴۳ns	-/-۰۴۹ns	-۰/۰۸ns	-۰/۰۷ns	-۲/۰۶۹ns	-/-۰۱۱ns	-۰/۰۵۸ns	-۲/۰۵ns	Kingstone × LA1607
-/-۰۰۰۸**	-/-۰۲۵**	-/-۰۴۹ns	-۰/۰۳۳**	۱/۰۸**	-۰/۰۱۴ns	-۰/۰۴۸**	۱/۰۰ns	۰/۰۳۶ns	Kingstone × LA2656
-/-۰۰۰۳**	-/-۰۶۳**	-/-۰۰۱*	-۰/۰۱**	-۰/۰۵**	۲/۰۴**	-۰/۰۹۱ns	۱/۰۹**	۲/۰۵**	Kingstone × LA2080
-/-۰۰۰۳ns	-/-۰۴۶ns	-/-۰۷1**	۲/۰۱**	-۰/۰۵۷	-۰/۰۲۳**	-۰/۰۹۱ns	-۰/۰۹۱ns	-۰/۰۴۵ns	Kingstone × LA1579
-/-۰۰۰۴ns	-/-۰۲۷ns	-/-۰۳۴ns	-۰/۰۴**	۳/۰۶**	-۰/۰۱۶ns	-۰/۰۶۵**	-۰/۰۷۷ns	-۰/۰۴۴ns	Petoearly × LA1607
-/-۰۰۰۴ns	-/-۰۰۶ns	-/-۰۱۴ns	-۰/۰۴**	-۰/۰۵**	-۳/۰۵ns	-۰/۰۱۵ns	-۰/۰۸۶	-۰/۰۱۶ns	Petoearly × LA2656
-/-۰۰۰۵ns	-/-۰۵۹ns	-/-۰۰۸**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۷۷**	-۰/۰۶۹ns	-۰/۰۱۴ns	-۰/۰۵۸ns	-۰/۰۲۸ns	Petoearly × LA2080
-/-۰۰۰۸**	-/-۰۱۴**	-/-۰۱۸**	۱/۰۲**	-۰/۰۶ns	۷/۰۵**	۱/۰۲**	-۰/۰۲۰ns	۳/۰۱**	Petoearly × LA1579
-/-۰۰۰۵	-/-۰۰۴	-/-۰۱۸	-۰/۱۹۲	-۰/۲۵	-۰/۱۷۶	-۰/۰۱۰	-۰/۰۴۸	-۰/۰۳۰	اشتاه میار
-/-۰۰۰۰*	-/-۰۰۱*	-/-۰۰۱*	۲/۰۱*	۱/۰۷*	۱/۰۷*	۱/۰۱*	۱/۰۱*	۱/۰۱*	$\delta_A^2$
-/-۰۰۰۵ns	-/-۰۰۹ns	-/-۰۲۵ns	۰/۰۱ns	۹/۰۹ns	۳/۰۶ns	۳/۰۷ns	۳/۰۷ns	۳/۰۷ns	$\delta_D^2$
-/-۰۲*	-/-۱۱*	-/-۰۴۶	-۰/۰۴*	-۰/۰۴*	-۰/۰۱*	-۰/۰۱*	-۰/۰۱*	-۰/۰۱*	$\delta_A^2/\delta_D^2$

S1: شاهد: (۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۴۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۶۰٪ رطوبت زراعی)، ns: نهضت شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، \*: بهترین: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

Continue of Table 3

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی			تعداد کل میوه			ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)			نوتیپ‌ها
S3	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S1	
-/-۰۱۰ns	-/-۰۱۳**	-/-۰۲۴ns	-۲/۰۴۵ns	-۱/۰۳۳ns	-۰/۰۸۱ns	۶/۰۶**	-۱/۰۵۹ns	۶/۰۶**	Bitstoik × LA1607
-/-۰۱۹۳ns	-/-۰۱۶**	-/-۰۱۱**	۶/۰۵**	۳/۰۹۰**	۲۲/۰۹**	-۰/۰۵۷ns	۳/۰۵**	-۶/۰۵Y	Bitstoik × LA2656
-/-۰۱۴۹ns	-/-۰۰۵ns	-/-۰۶۴ns	۱/۰۶۱**	۱/۰۱۳**	۱/۰۱۳**	۶/۰۹**	۹/۰۹**	۶/۰۹**	Bitstoik × LA2080
۱/۱۶ns	-/-۰۱۶ns	-/-۰۱۶ns	-۰/۰۱۱ns	-۰/۰۷۷ns	-۰/۰۷۷ns	-۰/۰۹۰ns	-۰/۰۹۰ns	-۶/۰۹۵	Bitstoik × LA1579
-/-۰۱۱۴ns	-/-۰۲۰۹**	-/-۰۲۰۰**	۱/۰۶۲**	-۰/۰۴۳ns	-۰/۰۱۷ns	۳/۰۸**	-۰/۰۸۰ns	۳/۰۸**	Kingstone × LA1607
-/-۰۱۰۳ns	-/-۰۲۵۰ns	-/-۰۱۹۳ns	-۰/۰۱۳ns	-۰/۰۳۵ns	-۰/۰۱۴ns	۲/۰۳**	-۰/۰۸۰ns	-۰/۰۸۰ns	Kingstone × LA2656
۲/۰۵۲*	۱/۰۶۷**	۱/۰۴۹*	-۰/۰۶ns	۲/۰۷**	۴/۰۹**	-۰/۰۶ns	-۰/۰۱۸ns	-۰/۰۶ns	Kingstone × LA2080
-/-۰۰۸۷ns	-/-۰۰۴۳	-/-۰۱۷ns	۴/۰۷*	۱/۰۱۳**	۳/۰۱**	۳/۰۱**	۱/۰۱۰**	۱/۰۱۰**	Kingstone × LA1579
-/-۰۰۲۴ns	۱/۰۱۵**	۲/۰۷۷**	۱/۰۱۵**	۱/۰۱۹**	۱/۰۱۹**	-۰/۰۷۸ns	-۰/۰۹۸ns	-۰/۰۸۰ns	Petoearly × LA1607
۱/۰۱۹ns	-/-۰۰۷*	-/-۰۰۷*	-۰/۰۷*	-۰/۰۲۸ns	-۰/۰۲۸ns	-۰/۰۴۰ns	-۰/۰۴۰ns	-۰/۰۴۰ns	Petoearly × LA2656
-/-۰۱۳ns	-/-۰۱۷*	-/-۰۱۷*	-۰/۰۲۸ns	-۰/۰۲۸ns	-۰/۰۲۸ns	-۰/۰۱۰ns	-۰/۰۱۰ns	-۰/۰۱۰ns	Petoearly × LA2080
-/-۰۰۸۷ns	-/-۰۱۲۷ns	-/-۰۰۴۳ns	-۰/۰۴۳ns	-۰/۰۴۵ns	-۰/۰۱۸ns	-۰/۰۱۴ns	-۰/۰۱۴ns	-۰/۰۱۴ns	Petoearly × LA1579
۱/۳۱	-/-۰۵۶	-/-۰۶۴	-۰/۰۲۲	-۰/۰۷۷	۱/۱۶	-۰/۰۰۳	-۰/۰۱۵	-۰/۰۶۷	اشتاه میار
-/-۰۲۸۷ns	-/-۰۰۴ns	-/-۰۰۳۴ns	۳/۰۹۹ns	۸۲/۰۹ns	۸۸/۰۹۶ns	۲۶/۰۲۵ns	۲۶/۰۲۵ns	-۰/۰۵۷ns	$\delta_A^2$
۳/۰۳*	۲/۰۳*	۱/۰۷۷**	۲۲۸/۰۲۶*	۰۵۱/۰۴۲*	۱۲۶۸/۰۲۶*	۱۰۳/۰۷*	۷۲/۰۳*	۱۰۳/۰۷*	$\delta_D^2$
-/-۰۹*	-/-۰۲۶*	-/-۰۳*	-۰/۱۳*	-۰/۱۵*	-۰/۰۷*	-۰/۰۷*	-۰/۰۳۵*	-۰/۰۷*	$\delta_A^2/\delta_D^2$

S1: شاهد: (۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۴۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۶۰٪ رطوبت زراعی)، ns: نهضت شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، \*: بهترین: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

## 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. Kempthorn, 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 Average Weight and Ripening fruit Time. 2<sup>th</sup> 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.

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 combinining 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. Stujatha 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.

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

Maryam Noori<sup>1</sup>, Alireza Motallebi Azar<sup>2</sup>, Mehdi Saidi<sup>3</sup>, Jaber Panahandeh<sup>2</sup>,  
Davood Zare Hghi<sup>4</sup> and Siamak Rasuli Azar<sup>5</sup>

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: Petoeearly, 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 Petoeearly×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  $\delta^2 A / \delta^2 D$  showed that non-additive effects controlled the studied traits.

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