



"مقاله پژوهشی"

شناسایی والدین و هیبرید برتر گوجه فرنگی برای برخی صفات کمی و کیفی میوه در شرایط تنش خشکی به روش لاین × تستر

مریم نوری^۱، علیرضا مطلبی آذر^۲، مهدی صیدی^۳، جابر پناهنده^۲ و شهناز فتحی^۴

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

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

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۴- استادیار گروه گیاهان دارویی و معطر، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوب، دانشگاه ارومیه، ایران، (نویسنده مسول: sh.fathi@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۷

صفحه: ۳۳ تا ۴۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: گوجه فرنگی حساسیت بالایی به انواع تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی دارد، بنابراین انتخاب هیبریدهای سازگار به کم‌آبی و دارای عملکرد مناسب از طریق بررسی و مطالعه اثرات GCA، SCA و پاسخ فیزیولوژیکی مربوط به والدین و هیبریدهای گوجه‌فرنگی در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند به درک بهتر مکانیسم‌های مقاومت به خشکی و استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاح گوجه‌فرنگی زراعی کمک کند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق دوازده هیبرید حاصل از تلاقی ۳ لاین تجاری و ۴ تستر گوجه‌فرنگی از نظر واکنش به تنش کم‌آبی و ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در سه سطح تنش (FC %۱۰، FC %۶۰ و FC %۴۰) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام از طریق روش لاین × تستر مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های مورد استفاده شامل: L1: Bitstok، L2: LA2080 (S. pimpinellifolium)، T1: LA1607 (S. pimpinellifolium)، T2: LA2656 (S. pimpinellifolium)، T3: LA2080 (S. pimpinellifolium) و T4: LA1579 (S. pimpinellifolium) بودند. صفات عملکرد گیاه، متوسط وزن میوه، طول و قطر میوه، ضخامت پریکارپ، تعداد حجره، اسیدیته کل، pH و مواد جامد محلول اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: در بررسی اجزای واریانس ژنتیکی، واریانس غیر افزایشی (غالبیت) نقش بیشتری در بروز صفات مورد بررسی داشت. در شرایط تنش و بدون تنش برای صفات مورد بررسی نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی برای والدین و هیبریدها و معنی‌داری اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی (GCA و SCA) برای این صفات بود. اثر لاین در شرایط بدون تنش برای اسیدیته کل و مواد جامد محلول معنی‌دار نشد. در شرایط تنش شدید بهترین والد در ترکیب‌پذیری عمومی برای عملکرد گیاه و متوسط وزن میوه لاین Bitstok (به ترتیب ۰/۸۳ کیلوگرم و ۱/۲۶ گرم) و در شرایط بدون تنش LA2656 از نظر عملکرد بوته و متوسط وزن میوه (۰/۳۲۱ کیلوگرم و ۲/۱۸ گرم) بودند. در شرایط تنش خشکی هیبرید LA1579 × Petoeary (۰/۸۳ کیلوگرم) دارای بهترین ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای عملکرد گیاه و در شرایط بدون تنش Bitstok × LA2656 دارای بهترین عملکرد گیاه بودند.

نتیجه‌گیری: این نتایج می‌توانند جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی و توسعه هیبریدهای گوجه فرنگی متحمل به کم‌آبی به‌عنوان ارقام آزمایشی مناسب در برنامه‌های تولید هیبرید در شرایط تنش استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: اثرات ژن، اسیدیته کل میوه، ضخامت پریکارپ، قابلیت ترکیب‌پذیری، مواد جامد محلول

مقدمه

گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) یکی از مهمترین سبزی‌ها در سرتاسر جهان و سرشار از مواد معدنی، آنتی‌اکسیدانت‌ها، ویتامین‌ها و مواد آلی است که علاوه بر مصرف تازه خوری دارای رتبه نخست در بین سبزی‌های فراوری شده می‌باشد. ایران با میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر در بین کشورهای خشک جهان قرار دارد. آب از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان به‌خصوص در مناطق خشک است. حساسیت بالای گوجه فرنگی به تنش محیطی موجب انجام 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 شده است (۲۰). انتخاب والدین مناسب به‌منظور طراحی یک برنامه به‌نژادی موفق مانع هدر رفتن وقت و انرژی در مراحل بعدی می‌شود. در برنامه‌های اصلاح گیاهان بررسی ترکیب‌پذیری به‌دلیل فراهم کردن اطلاعات لازم جهت گزینش والدین و شناسایی ماهیت و اهمیت اثر ژن درگیر در بروز صفات مدنظر مهم است (۱۲). شناخت ساختار ژنتیکی و نحوه توارث صفات مختلف به‌نژادگران برای

انتخاب والدین و روش اصلاحی مناسب جهت توسعه آنها کمک می‌کند (۲۲). ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) (General Combining Ability) به‌عنوان متوسط عملکرد نتاج یک فرد در تلاقی با سایر افراد موجود در جمعیت است. ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) (Specific Combining Ability) به‌عنوان متوسط عملکرد نتاج حاصل از تلاقی بین دو والد ویژه که نشان‌دهنده وضعیت یک لاین مخصوص در یک تلاقی و متفاوت از ترکیب‌پذیری عمومی آنهاست تعریف می‌شود (۱۲). بر اساس آزمون ترکیب‌پذیری برای خصوصیات مختلف، واریانس SCA نشان‌دهنده سهم اثرات غیر افزایشی ژن‌ها و واریانس GCA شامل اثرات افزایشی و افزایشی × افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده 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 (۱۲). از بین روش‌های مختلف ژنتیک کمی جهت شناخت ساختار ژنتیکی گیاهان، انتخاب دقیق‌تر لاین‌های والدینی و همچنین تعیین ترکیب‌پذیری آنها، تجزیه لاین × تستر پیشنهاد شده توسط (کمپتون) می‌باشد که به‌عنوان یک روش مناسب، سریع و

در گلخانه کشت شدند. عملیات انتقال نشاء گوجه فرنگی دو ماه بعد انجام شد. در مزرعه تعداد خطوط کشت در هر پلات نه عدد بود و در هر تکرار ۱۰ گیاه با فواصل ۳۰×۷۵ سانتی متر کشت شد. آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ انجام شد. اعمال تنش پس از استقرار کامل گیاهان (مرحله ۴-۶ برگه) در مزرعه صورت گرفت.

نحوه تنظیم تیمارهای رطوبتی

رطوبت خاک تا زمان استقرار گوجه فرنگی در مزرعه 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 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 به دست آمد. در هر گلدان دو حسگر جهت قرائت مقاومت قرار داده شد، با میانگین‌گیری از دو حسگر رطوبت هر گلدان تعیین گردید. اعمال تیمارهای آبیاری در سه سطح تنش (۱۰۰٪ FC، ۶۰٪ FC و ۴۰٪ FC) انجام شد.

صفات عملکرد گیاه، وزن میوه، طول و قطر میوه، تعداد حجره، اسیدیته کل میوه، pH و مواد جامد محلول اندازه‌گیری شدند. محاسبه عملکرد گیاه با جمع نمودن وزن محصول حاصل از برداشت‌های متوالی برای بوته‌های هر تکرار و تقسیم آن بر تعداد بوته‌های موجود در هر تکرار (۱۰ بوته) محاسبه شد (۲۳).

از هر ۱۰ بوته ۵ بوته را انتخاب و برای اندازه‌گیری ضخامت پریکارپ، در ابتدا، اواسط، انتهای دوره برداشت و در مرحله‌ی رسیده‌گی کامل طول و قطر حداقل ۵ میوه از هر پنج بوته به طور تصادفی انتخاب که با استفاده از کولیس اندازه‌گیری گردید و با ایجاد یک برش عرضی تعداد حجره درون میوه شمارش و ضخامت دیواره در ضخیم‌ترین بخش آن اندازه‌گیری شد. مقدار کل مواد جامد محلول میوه با ریختن یک قطره از آب حداقل سه میوه از هر بوته انتخابی روی منشور رفراکتومتر دستی به روش صیدی و همکاران (۲۲) اندازه‌گیری شد. اسیدیته کل آب میوه بوسیله تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و تا رسیدن pH به ۸/۲ محاسبه گردید. ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه صاف شده تهیه گردید. پس از ثبت pH آن، بوسیله آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شده و بوسیله سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH به ۸/۲ تیتراسیون میزان سود مصرفی، میزان اسیدیته کل قابل تیتراسیون عصاره را نشان داد (۲۳). تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هر سطح رطوبتی 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 (۱۳) محاسبه گردید. تجزیه واریانس بر اساس رابطه ۱ انجام و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها تعیین شد:

مطمئن برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و هیبریدهای حاصل، محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی، واریانس قابلیت ترکیب‌عمومی و خصوصی، نحوه عمل ژن‌های دخیل در تظاهر صفات کمی و تعیین تلاقی‌های مطلوب قابل استفاده در زمینه اصلاح گوجه فرنگی و گیاهان دیگر است (۴). برآورد ترکیب‌پذیری عملکرد و اجزای مرتبط به آن در گوجه فرنگی به روش لاین × تستر توسط صیدی و همکاران (۲۲) و نیز توسط شانکار و همکاران (۲۶) انجام شده است. تخمین قابلیت ترکیب، هتروزیس و شناسایی هیبریدهای برتر والدین برای عملکرد و بهبود کیفیت میوه در تعدادی از لاین‌های گوجه فرنگی به روش لاین × تستر توسط سلطان (۳۱) انجام شد. پدپتی و همکاران (۱۹) به روش لاین × تستر قابلیت ترکیب را برای عملکرد میوه، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با تحمل تنش را در ۸ والد گوجه فرنگی بررسی و سه لاین والدینی EC162516، EC249505 و EC168096 را به‌عنوان لاین‌های مناسب جهت برنامه‌های اصلاحی آینده معرفی کردند. کومار و همکاران (۱۴) با مطالعه تظاهر ژن و واریانس ژنتیکی مربوط به عملکرد و اجزای آن در گوجه فرنگی تحت تیمار تنش خشکی، اثر افزایشی ژن را برای وزن میوه و اثر غیر افزایشی را برای مواد جامد محلول کل در گوجه فرنگی گزارش و نشان دادند که دورگه‌گیری بین لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری بالا، ضمن افزایش تحمل به تنش‌های مختلف منجر به تولید هیبریدهای جدید با عملکرد بالا در شرایط تنش خواهد شد. هدف از این مطالعه بررسی اثرات GCA و SCA مربوط به والدین و هیبریدهای گوجه فرنگی به‌منظور انتخاب هیبریدهای سازگار به کم‌آبی و با عملکرد مناسب در شرایط تنش کم آبی در مزرعه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال ۹۳-۹۵ انجام شد. ژنوتیپ‌های گوجه فرنگی مورد استفاده در این طرح پژوهشی شامل ارقام (L1: Bitstok، L2: Kingstone و L3: Petoearly) و تسترهای متحمل به کم‌آبی (S. pimpinellifolium LA1607، T1: S. LA2080، T2: LA2656 pimpinellifolium، T3: LA1579 (S. lycopersicum var. cerasiforme)، T4: pimpinellifolium) بودند که به‌روش لاین × تستر تلاقی داده شدند. لاین‌ها و تسترهای مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب از گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و مرکز تحقیقات ژنتیک گوجه فرنگی در آمریکا (TGRC Tomato Genetics Resource Center) تهیه شدند. طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه سطح تنش (S1: ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی خاک، S2: ۴۰٪ رطوبت زراعی) و (S3: ۶۰٪ رطوبت زراعی) انجام شد. ابتدا عملیات کاشت بذور مورد نظر در شاسی انجام شد و در مرحله ۲-۴ برگه نشاهای گوجه فرنگی به گلدان منتقل شدند. با شروع دوره گلدهی تلاقی بین لاین‌ها و تسترهای مختلف در فروردین ماه انجام شد و بذور حاصل جمع‌آوری شدند. بذور نگهداری شده برای تهیه نشاء در اسفند ماه در کیسه‌های نشاء

و تستر برای عملکرد با گزارش شلی (۲۸) و دیانی و همکاران (۸) همخوانی نداشت. اثر تسترها در شرایط بدون تنش برای pH معنی‌دار و در شرایط تنش برای عملکرد گیاه و pH معنی‌دار شد. اثر معنی‌دار لاین‌ها برای صفات وزن میوه و طول میوه با گزارش سلیم و همکاران (۲۴) و تسترها برای عملکرد در شرایط بدون تنش با گزارشات تیگی (۳۳)، بجاج (۴) و اسکوریچ و همکاران (۲۷) مطابقت داشت. اثر معنی‌دار تستر برای متوسط وزن میوه و همچنین اثرات معنی‌دار لاین×تستر برای متوسط وزن میوه و عملکرد در گوجه فرنگی توسط صیدی و همکاران (۲۱) گزارش شد. عملکرد گوجه فرنگی با گزارش سینگ و آسانی (۲۶) و اثرات معنی‌دار تلاقی‌ها و لاین‌ها×تسترها برای وزن میوه، طول و عرض میوه و عملکرد با گزارش سلیم و همکاران (۲۴) و وینای راجو (۳۴) مطابقت داشت. اثرات معنی‌دار لاین×تستر برای تعداد حجره، ضخامت پریکارپ، اسیدیته کل و TSS و غیرمعنی‌دار برای لیکوپن را می‌توان نشان‌دهنده قابلیت ترکیب خصوصی و تنوع ژنتیکی والدین در تلاقی‌های آنها و امکان انجام گزینش تلاقی برتر بین هیبریدهای حاصل برای این صفات دانست (۲۶) شانکار و همکاران (۲۶) اثرات معنی‌دار لاین‌ها برای عملکرد هر گیاه و معنی‌دار نشدن اثر تسترها برای تعداد حجره‌ها هر میوه را گزارش و وجود اثرات متفاوت را نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی قابل توجه والدین برای این صفات بیان کردند. اثرات متقابل لاین × تستر در شرایط نرمال برای pH غیر معنی‌دار، در حالی که در شرایط تنش تنها برای pH معنی‌دار شد که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در ترکیب‌پذیری خصوصی والدین برای این صفات می‌باشد. معنی‌دار شدن اثرات لاین×تستر برای متوسط وزن میوه و عملکرد میوه گوجه فرنگی با گزارش کومار و گودا (۱۵) و برای TSS و عملکرد گوجه‌فرنگی با گزارش نرسیم هارموسی و گودا (۱۷) مطابقت داشت. احمد (۲) والد VRT-002 را بهترین ترکیب‌پذیر عمومی برای درجه بریکس و والد TM(S)-017 را برای تعداد حجرات، طول میوه و عملکرد گیاه گوجه فرنگی معرفی کرد. همچنین هیبریدهای VRT-002 × TM(S)-011 و TM(S)-013 × VRT-001 را به‌عنوان بهترین ترکیب‌پذیر خصوصی معنی‌دار و منفی برای درجه بریکس معرفی کرد. نرسیم هارموسی و گودا (۱۷)، اثرات معنی‌دار لاین × تستر برای متوسط وزن میوه و عملکرد را ناشی از غالبیت اثر غیر افزایشی ژن در کنترل ژنتیکی صفات مذکور گزارش کردند. نتایج بررسی وینای راجو (۳۴) وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گوجه فرنگی را برای وزن میوه، طول و قطر میوه، ضخامت پریکارپ، TSS و عملکرد گیاه نشان دادند. شلی (۲۵) اثر معنی‌دار لاین×تستر را برای متوسط وزن میوه، سفیدی و TSS و غیر معنی‌دار برای عملکرد در گوجه فرنگی را گزارش کرد.

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها

طبق نتایج برآورد ترکیب‌پذیری عمومی والدین در گوجه فرنگی (جدول ۲) ترکیب‌پذیری عمومی لاین در شرایط بدون تنش برای اسیدیته تیتراسیون غیرمعنی‌دار و در شرایط تنش لاین L₁ بالاترین مقدار را داشت. تستر T₁ در شرایط بدون

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

در این رابطه Y_{ij} : میانگین فوتوپ اندازه‌گیری شده برای ij ژنوتیپ در k تکرار، μ : میانگین جمعیت، g_{ii} : ترکیب‌پذیری عمومی i : والد پدری، g_{jj} : ترکیب‌پذیری عمومی j والد مادری، s_{ij} : 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 (g_{ii} و g_{jj}) و ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر تلاقی (s_{ij}) برآورد شد (روابط ۲، ۳، ۴). بعد از محاسبه مقادیر واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (δ^2g) و خصوصی (δ^2s)، مقادیر واریانس افزایشی (δ^2A) و غالبیت (δ^2D) با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه شدند و بر اساس این مقادیر، وراثت‌پذیری خصوصی با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد. در این روابط، t : تعداد لاین، t : تعداد تستر، r : تعداد تکرار، $MSI \times t$: میانگین مربعات لاین×تستر، MSE : میانگین مربعات خطای آزمایشی، F : ضریب خویشاوندی و MP : میانگین والدین (لاین‌ها و تسترها) هر تلاقی است (۱۸). محاسبات بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات در طرح بلوک‌های کامل تصادفی بوده است. آزمون اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها با استفاده از آزمون t انجام گردید. در این بررسی از نرم‌افزارهای SPSS، SAS و EXCEL استفاده گردید (۱۳، ۲۲).

$$(Lines): g_{ii} = (X_{i..}/tr) - (X_{...}/ltr) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$(Testers): g_{jj} = (X_{.j.}/lr) - (x_{...}/ltr) \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$S_{ij} = (x_{ij.}/r) - (x_{i..}/lr) - (x_{.j.}/ltr) \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\delta^2 sca = [1 + F/2]^2 6^2 D \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$Cov H.S.(line) = (ML - MLT)/rt$$

$$Cov H.S.(tester) = (MT - MLT)/rt \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$Cov H.S.(average) = 1/r(2lt - t) [(1 - l) ML + (t - l) MT] / 1 + t - 2 - ML \times T$$

$$\delta^2 gca = Cov H.S. = [1 + F/4] 26^2 A \quad (\text{رابطه ۷})$$

نتایج و بحث

تجزیه لاین×تستر

با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ، برای کلیه صفات تجزیه لاین × تستر انجام شد (جدول ۱). اثر والدین در شرایط بدون تنش و در شرایط تنش برای تمامی صفات معنی‌دار شد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین والدین تحت شرایط آبی متفاوت است. معنی‌دار شدن اثر تلاقی‌ها برای تمامی صفات در شرایط بدون تنش و در شرایط تنش می‌تواند نشان‌دهنده وجود تفاوت بالا بین هیبریدها از نظر صفات فوق باشد. با تجزیه اثر تلاقی‌ها به اجزای خود شامل اثر لاین‌ها، تسترها و لاین در تستر معلوم شد که اثر لاین‌ها در شرایط تنش برای تمامی صفات به جز pH و قطر میوه، معنی‌دار و در شرایط بدون تنش برای اسیدیته کل، TSS (Total Soluble Solids) و pH معنی‌دار نشد که بیانگر تفاوت معنی‌دار بین‌لاین‌ها از نظر صفات زراعی و فیزیولوژیکی است. نرسیم هارموسی و گودا (۱۷) اثر معنی‌دار لاین را برای TSS گزارش کردند. معنی‌دار شدن اثرات لاین

والدین L_2 ، L_3 و T_1 با داشتن بیشترین مقدار GCA می‌توانند جهت بهبود TSS (Total Soluble Solids) میوه در تلاقی‌ها استفاده شوند. ترکیب‌پذیری عمومی بالای لاین‌ها و تسترها در شرایط بدون تنش برای TSS و عملکرد گیاه توسط نرسیم هارموسی و گودا (۱۷)، برای اسیدیته کل و TSS توسط شانکر و همکاران (۲۶)، برای تعداد حشرات میوه، طول و عرض میوه توسط سعید و همکاران (۲۱) گزارش شده است. پرمالاتا و همکاران (۱۹) گزارش کردند که بهترین هیبریدها حداقل یک والد با اثرات GCA بالا دارند که می‌توانند به‌عنوان گزینه نهایی برای معرفی ژنوتیپ‌های برتر استفاده شوند (۲۷).

برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها و تسترها

هیبرید $L_1 \times T_2$ دارای بیشترین SCA در شرایط بدون تنش و شرایط تنش S_2 برای pH بود. هیبرید $L_1 \times T_3$ دارای بالاترین مقدار SCA در شرایط بدون تنش و شرایط تنش S_2 برای قطر میوه و در تنش S_3 برای متوسط وزن میوه و طول میوه بود (جدول ۳). بالاترین SCA در هیبرید $L_1 \times T_3$ در سطح S_1 برای قطر میوه، در سطح تنش S_2 برای وزن متوسط میوه در هیبرید $L_3 \times T_2$ طول میوه در هیبرید $L_1 \times T_1$ ، عملکرد گیاه در هیبریدهای $L_1 \times T_1$ و $L_3 \times T_4$ ، در S_1 برای طول میوه در هیبرید $L_1 \times T_4$ و در تنش S_3 برای قطر میوه مشاهده شد. هیبریدهای $L_2 \times T_1$ و $L_1 \times T_3$ در شرایط تنش S_1 بیشترین مقدار SCA را برای ضخامت پریکارپ و متوسط وزن میوه داشتند. بالاترین مقدار SCA را هیبریدهای $L_3 \times T_4$ در تنش S_3 برای عملکرد گیاه و TSS، در $L_3 \times T_1$ در شرایط S_1 و تنش S_2 برای TSS، در تنش S_3 برای اسیدیته تیتراسیون، در شرایط تنش S_3 هیبرید $L_3 \times T_3$ برای تعداد حجره، $L_3 \times T_2$ برای pH و طول میوه و $L_3 \times T_4$ برای ضخامت پریکارپ در شرایط S_1 داشتند. اثرات مثبت و معنی‌دار GCA و SCA برای تعداد حجره در میوه با گزارش احمد (۱) مطابقت داشت. سینگ و آساتی (۲۸)، هیبریدهای $KT-15 \times BT-207$ ، $KT-15 \times Type-I$ و $FEB-2 \times BT-1$ را ترکیب‌پذیرهای بسیار ارزشمندی برای عملکرد گوجه فرنگی معرفی کردند. سلیم و همکاران (۲۴)، نشان دادند که هیبرید $CC-Haus \times Tibrido$ بیشترین اثرات مثبت و معنی‌دار SCA را برای وزن میوه و هیبریدهای $CC-Haus \times Nagina$ و $H-24 \times Tibrido$ بالاترین مقدار SCA را برای طول و عرض میوه دارا بودند. اسلام (۱۱) نشان‌داد هیبرید $Megha \times CLN2768A$ بهترین ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد میوه گیاه، طول میوه، TSS، اسید اسکوربیک و هیبرید $Picdeneto \times Riograndis$ بیشترین مقدار منفی و معنی‌دار را برای متوسط وزن میوه گوجه فرنگی داشت.

تنش و تنش آبی بیشترین مقدار GCA را دارا بود. بالا بودن مقدار اسیدیته گوجه فرنگی در کاهش فساد میوه و افزایش عمر ماندگاری آن نقش دارد. از اینرو L_1 و T_1 به جهت ترکیب‌پذیری بالا در شرایط تنش می‌توانند به‌عنوان والدین مناسب برای کاهش اثرات تنش معرفی شوند. نتایج جدول (۲) نشان داد که لاین L_1 و تستر T_1 در شرایط بدون تنش و لاین L_2 و تستر T_2 بیشترین میزان GCA را در شرایط تنش برای pH داشتند و نظر به اهمیت pH آب میوه در حفظ کیفیت آن می‌توانند به‌عنوان والدین مناسب انتخاب شوند. تستر T_1 و T_2 و لاین L_1 در تمامی شرایط رطوبتی با داشتن بیشترین مقدار GCA بهترین والد برای عملکرد گیاه جهت افزایش عملکرد در شرایط تنش بودند. لاین‌های 88572 و UC-134 و تستر Nagina با داشتن بیشترین GCA به‌عنوان ترکیب‌پذیر مناسب برای عملکرد و اجزای آن توسط سلیم و همکاران (۲۴) و لاین‌های والدینی LA-2662 و CLN-2418A توسط سعید و همکاران (۲۱) معرفی شدند. دالیوال و همکاران (۷)، شارما و همکاران (۲۷)، سینگ و همکاران (۲۸) و شانکر و همکاران (۲۶) تعدادی ترکیب‌پذیر عمومی خوب برای عملکرد گوجه فرنگی معرفی کردند. لاین‌های L_1 و L_3 و تسترهای T_1 و T_2 در شرایط تنش و بدون تنش بیشترین مقدار GCA را برای طول میوه دارا بودند. سلطان (۳۱)، سوسیک (۳۲) و احمد (۱) نیز تعدادی ترکیب‌پذیر عمومی خوب برای طول میوه گزارش کردند. برای متوسط وزن میوه لاین L_1 و تستر T_2 در شرایط بدون تنش و لاین L_3 و تستر T_3 در شرایط بدون تنش رطوبتی بیشترین میزان GCA را داشتند. آلورز (۳) هیبرید $INCA1 \times INCA3$ را به‌عنوان هیبرید برتر برای متوسط وزن میوه گزارش کرد. والدین L_3 و T_2 در شرایط بدون تنش و L_1 و T_4 در شرایط تنش بیشترین مقدار GCA را برای قطر میوه و لاین L_2 در شرایط رطوبتی متفاوت و تستر T_3 در شرایط تنش برای تعداد حجره بیشترین مقدار GCA را دارا بودند. لاین FLA7156 برای TSS و MNS1 برای عملکرد و متوسط وزن میوه ترکیب‌پذیر عمومی مناسب بودند (۱۰). محققین دیگری همچون صیدی و همکاران (۲۲)، دارماتی و همکاران (۸) نیز تعدادی ترکیب‌پذیر عمومی خوب برای تعداد لوکوس در میوه گوجه فرنگی و سلطان (۳۱) برای تعداد حشرات و وزن متوسط میوه معرفی کردند. طبق نتایج جدول (۲)، برای ضخامت پریکارپ لاین L_3 و تستر T_1 در شرایط تنش و بدون تنش با داشتن بیشترین میزان GCA می‌توانند به‌عنوان ترکیب‌پذیر عمومی مناسب جهت بهبود ضخامت پریکارپ و افزایش سفتی میوه در تلاقی‌ها استفاده شوند. تنش خشکی موجب بهبود خواص کیفی از جمله مواد جامد محلول، اسیدیته کل و ماندگاری میوه می‌شود (۲۶). از اینرو

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×tester

طول میوه (میلی متر)		متوسط وزن میوه (گرم)			عملکرد بوته (کیلوگرم)			درجه آزادی	منبع تغییرات	
S ₃	S ₂	S ₁	S ₃	S ₂	S ₁	S ₃	S ₂	S ₁		
۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۴۱۵ ^{ns}	۰/۳۶۵ ^{ns}	۱/۴۴۳*	۸/۵۹ ^{ns}	۸/۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۲	بلوک
۲/۷۲۳*	۳/۹۶۹**	۸/۴۶۲**	۲۷/۷۸*	۶۳/۲۷**	۳۶۳/۳۰**	۰/۰۳۱**	۰/۰۳۱**	۰/۲۰۵**	۱۸	ژنوتیپ
۶/۰۷**	۹/۶**	۲۱/۴**	۶۸/۷**	۱۵۳/۹**	۷۲۰/۴**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۰**	۶	والدین
۱/۱۶**	۲/۷۷**	۶/۰۳**	۳۰/۸۶**	۵۱/۵۷**	۸۰/۸**	۰/۱۱۲**	۰/۱۱۲**	۰/۷۸۱**	۱۱	تلاقی‌ها
۷/۷۹**	۲/۶۹**	۱/۷۱**	۲/۰۰۷**	۳/۲۹۳**	۹۱۸/۸**	۰/۰۷۷**	۰/۰۷۷**	۰/۲۹۴**	۱	والدین در مقابل تلاقی‌ها
۰/۴۸۳**	۰/۳۷۲**	۲/۱۴۸**	۱۴/۸۲**	۲/۸۸۸**	۱۳/۶۳۳**	۰/۰۲۱**	۰/۰۲۱**	۰/۴۱۲**	۲	لاین
۰/۱۱۲**	۱/۳۷۷**	۱/۸۱۶**	۱۳/۳۴**	۲۸/۵۶۸**	۴۱/۴۲۷**	۰/۱۵**	۰/۱۵**	۰/۰۷۵**	۳	تستر
۰/۵۴۷**	۱/۰۲۹**	۲/۰۷۰**	۲/۶۸**	۲۰/۱۱**	۲۵/۷۳۸**	۰/۲۱۲**	۰/۲۱۲**	۰/۸۸۲**	۶	لاین×تستر
۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۱۷۱	۰/۱۷۳	۰/۴۵۶	۶/۵۵	۶/۵۵e ^{-۵}	۵/۶۷e ^{-۵}	۳۶	اشتباه آزمایشی

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

ادامه جدول ۱-

Continued Table 1.

TSS (°Brix)		اسیدیته کل٪			pH		درجه آزادی	منبع تغییرات		
S ₁	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₁	S ₃	S ₂	S ₁		
۱/۱۷ ^{ns}	۱/۰۴۶ ^{ns}	۳/۱۶ ^{ns}	۰/۶۳*	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۱۰ ^{ns}	۰/۲۶۷*	۰/۰۲۹ ^{ns}	۰/۱۱۱**	۲	بلوک
۹۴/۹۱*	۶۴/۳۱**	۵۴/۸**	۷/۶۹*	۴/۵۷**	۵/۴۱**	۷/۶۹*	۰/۰۶۳ ^{ns}	۰/۰۳۱**	۱۸	ژنوتیپ
۱۷۹/۹**	۱۵۲/۵**	۱۳۶**	۵/۳**	۵/۳۷**	۱/۴۱**	۰/۱۳۸**	۰/۱۰۲*	۰/۰۳۹**	۶	والدین
۱۷۶/۱**	۴۹/۷**	۴۳/۰**	۱۶**	۸/۳۱**	۷/۷۳**	۰/۲۲۱**	۰/۱۴۵*	۰/۰۷۸**	۱۱	تلاقی‌ها
۲۸/۹۲**	۵۰/۶۵**	۱/۱ ^{ns}	۲۴**	۸/۸۶**	۵*	۰/۰۹۵**	۰/۰۸۳ ^{ns}	۰/۰۴۲*	۱	والدین در مقابل تلاقی‌ها
۲۶/۶۳**	۰/۶۵۰**	۲/۴ ^{ns}	۰/۹۸**	۰/۵۵۵**	۰/۱۴۳ ^{ns}	۰/۰۳۰**	۰/۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۲*	۲	لاین
۱۱۶/۹۰**	۳۴/۷۴**	۲۶/۲**	۲/۸**	۲/۱۶۷**	۳/۱۰۳**	۰/۰۹۶**	۰/۰۴۱ ^{ns}	۰/۰۳۴*	۳	تستر
۳۲/۶۳**	۱۴/۳۷**	۱۴/۴**	۱۲/۲**	۵/۵۸**	۴/۲۱**	۰/۰۴۶ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۰/۰۴۶**	۶	لاین×تستر
۱/۲۴۲	۲/۸۵۶	۱/۴۱	۲۴**	۸/۸۶**	۵۴**	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۸	۳۶	اشتباه آزمایشی

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

ادامه جدول ۱-

Continued Table 1.

تعداد حجره			ضخامت پریکارپ (میلی متر)mm			قطر میوه (میلی متر) mm			درجه آزادی	منبع تغییرات
S ₁	S ₂	S ₃	S ₃	S ₂	S ₁	S ₃	S ₂	S ₁		
۰/۳۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۵۶۹ ^{ns}	۰/۰۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۲	بلوک
۱۰/۷۶ ^{**}	۱۲/۹۷ ^{**}	۲۵/۹۵ ^{**}	۱۵/۲۰ ^{**}	۲۵/۴۱ ^{**}	۳۰/۳۷ ^{**}	۲/۴۳ [*]	۲/۷۶ ^{**}	۶/۶۵۳ ^{**}	۱۸	ژنوتیپ
۲۱/۴۲ ^{**}	۲۹/۳ ^{**}	۵۸/۸ ^{**}	۳۴/۷ ^{**}	۶۴/۴ ^{**}	۷۷/۳ ^{**}	۳/۳۳ ^{**}	۳/۲۸ ^{**}	۱۴/۸ ^{**}	۶	والدین
۹/۸۱ ^{**}	۶/۵۷ ^{**}	۱۲/۴۹ ^{**}	۲۳/۲ ^{**}	۲۱/۷ ^{**}	۳۲/۴۷ ^{**}	۰/۷۹۵ ^{**}	۱/۷۲ ^{**}	۸/۴۷ ^{**}	۱۱	تلاقی‌ها
۳۴/۱ ^{**}	۳۴/۵۶ ^{**}	۷۴/۱ ^{**}	۱۰/۰۰ ^{**}	۱۹/۹۱ ^{**}	۱۱/۴۴ ^{**}	۲۰/۳۲ ^{**}	۲۳/۶۲ ^{**}	۱۱/۲۳ ^{**}	۱	والدین در مقابل تلاقی‌ها
۳/۹۰ ^{**}	۱/۹۶ ^{**}	۶/۶۳ ^{**}	۲۰/۰۴ ^{**}	۱۸/۷۵ ^{**}	۲۷/۹۸ ^{**}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۹۷۳ ^{**}	۷/۷۷ ^{**}	۲	لاین
۴/۰۳۹ ^{**}	۲/۹۷ ^{**}	۲/۷۹ [*]	۱/۸۸۱ ^{**}	۱/۴۵۰ ^{**}	۳/۶۲ ^{**}	۰/۴۰۷ ^{**}	۰/۰۳۵ ^{**}	۰/۱۰۱ ^{**}	۳	تستر
۱/۸۸ ^{**}	۱/۶۳ ^{**}	۳/۰۵ ^{**}	۱/۳۳۰ ^{**}	۱/۵۰۶ ^{**}	۰/۸۷۰ ^{**}	۰/۳۸۳ ^{**}	۰/۷۲۱ ^{**}	۰/۵۹۴ ^{**}	۶	لاین × تستر
۰/۲۴۴	۰/۱۱۸ ^{**}	۰/۷۴۲	۰/۰۶۵	۰/۰۹۲ ^{**}	۰/۱۲۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	۳۶	اشتباه آزمایشی

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

جدول ۲- برآورد ترکیب پذیری عمومی لاین‌ها، تسترها و اجزای واریانس صفات مختلف در گوچه فرنگی در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بر اساس تلاقی لاین × تستر

Table 2. Estimate of GCA effects of lines, testers and variation for different characters in tomato under normal and water deficit stress conditions by line×tester

منابع تغییرات		عملکرد بوته (کیلوگرم)			تعداد حجره‌ها			ضخامت پریکارپ میلی متر (mm)			%TSS			اسیدیته کل %			
S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	
۰/۰۹۳ ^{ns}	-۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{**}	۰/۴۱۳ ^{ns}	۰/۱۲ ^{**}	-۰/۱۲۸ ^{ns}	۰/۹۲۶ ^{**}	۰/۲۲۲ [*]	۰/۴۵۰ ^{**}	۱/۸۱ ^{**}	۱/۳۸ [*]	۲/۹۶ ^{**}	۰/۴۵۰ ^{**}	۰/۶۷۲ ^{**}	۰/۵۹۴ ^{**}	T1		
۰/۳۲۱ ^{**}	۰/۰۲۸ ^{**}	۰/۰۳۹ ^{**}	-۰/۷۵۱ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{**}	۰/۱۶۰ [*]	-۰/۵۰۰ ^{ns}	-۰/۵۸۳ [*]	-۰/۱۸۸ ^{ns}	۰/۶۹۰ ^{**}	-۰/۱۸۸ ^{ns}	-۱/۵۶ ^{ns}	-۰/۱۸۸ ^{ns}	-۰/۴۹ ^{ns}	-۰/۷۷۲ ^{ns}	T2		
-۰/۱۱۹ ^{ns}	-۰/۰۲۶ ^{ns}	-۰/۰۵۳ ^{ns}	۰/۴۳۴ ^{ns}	۱/۲۹ ^{**}	۰/۹۶۷ ^{**}	-۰/۲۸۹ [*]	۰/۰۵۶ ^{ns}	۰/۲۹۴ ^{**}	-۲/۲۰ ^{ns}	-۲/۲۰ ^{ns}	-۴/۳۶ ^{**}	۰/۲۷۲ ^{**}	-۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۸۳ ^{ns}	T3		
-۰/۱۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ [*]	-۰/۰۳۳ ^{ns}	-۰/۰۹۹ ^{ns}	۰/۵۹۳ ^{**}	-۰/۵۲۹ [*]	-۰/۱۳۱ ^{ns}	۰/۲۵۷ ^{**}	-۰/۵۵۰ ^{ns}	۱/۵۲ [*]	-۰/۲۹۸ ^{ns}	۲/۹۴ ^{**}	۰/۱۶۱ [*]	-۰/۱۶۱ [*]	۰/۰۹۴ ^{ns}	T4		
۰/۱۷۶	۰/۴۹۰	۰/۰۹۹	۰/۲۸۷	۰/۰۶۵	۰/۱۱۷	۰/۱۰۱	۰/۳۷۱	۰/۵۶۳	۰/۱۰۹	۰/۱۰۱	۰/۰۸۶	۰/۱۰۱	۰/۱۰۱	اشتباه معیار			
۰/۱۳۸ ^{**}	۰/۳۸ ^{**}	۰/۰۸۳ ^{**}	-۰/۵۶۸ ^{ns}	۰/۱۲۸ ^{ns}	-۰/۱۲۳ ^{ns}	-۱/۲۱ ^{ns}	-۱/۴۳ ^{ns}	-۰/۵۰۲ ^{ns}	۰/۱۴۲ ^{ns}	۰/۱۴۲ ^{ns}	-۰/۵۰۲ ^{ns}	۰/۱۷۸ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	L1			
-۰/۰۷۷ ^{**}	-۰/۰۴۵ ^{ns}	-۰/۰۷۳ ^{ns}	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۹۳۴ ^{**}	-۰/۱۲۵ [*]	-۰/۰۶۸ ^{ns}	-۰/۱۶۸ ^{ns}	-۰/۱۶۸ ^{ns}	۱/۴۵ ^{**}	۱/۴۵ ^{**}	-۰/۱۶۸ ^{ns}	۰/۱۳۳ ^{ns}	-۰/۲۴ ^{ns}	L2			
۰/۰۳۲ ^{**}	۰/۰۰۷ ^{**}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۵۷۳ ^{**}	۰/۴۷۳ ^{**}	-۰/۱۳۵ ^{ns}	۱/۲۸ ^{**}	۱/۲۸ ^{**}	۱/۶۰ ^{**}	-۱/۵۲ ^{ns}	-۱/۵۲ ^{ns}	-۰/۲۶۶ [*]	۰/۱۴۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	L3			
۰/۰۸۶	۰/۴۲۴	۰/۲۴۹	۰/۰۹۹	۰/۱۴۳	۰/۰۷۴	۰/۰۸۸	۰/۰۱۰	۰/۲۲۲	۰/۴۸۸	۰/۴۸۸	۰/۳۴۳	۰/۰۹۴	۰/۰۸۷	اشتباه معیار			

S1 شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns: * و ** به ترتیب: غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪
Testers: T1:LA1607, T2:LA2656, T3:2080, T4:LA1579 Lines: L1:Bitstoik, L2:Kingstone, L3:Petoearly

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2.

pH		طول میوه (میلی متر) mm				قطر میوه (میلی متر) mm				متوسط وزن میوه (گرم) gr		منابع تغییرات
S1	S2	S3	S2	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S1	
۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۴۳ ^{ns}	۰/۰۷ ^{**}	۰/۰۵۴ ^{**}	- ۰/۲۹۸ ^{ns}	- ۰/۳۶۳ ^{ns}	- ۰/۲۱۷ ^{ns}	- ۰/۰۴۶ ^{ns}	- ۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۹۷۴ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{ns}	- ۲/۰۱ ^{ns}	T1
۰/۱۶۹ ^{**}	۰/۰۱۸ ^{ns}	- ۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{**}	۰/۵۶۲ ^{**}	۰/۶۲۶ ^{**}	- ۰/۱۲۸ ^{ns}	- ۰/۰۵۷ ^{ns}	۰/۱۷۵ ^{**}	۱/۱۱ ^{**}	۰/۰۲۸ ^{**}	۲/۱۸ ^{**}	T2
- ۰/۰۱۱ ^{ns}	- ۰/۰۶۴ ^{ns}	- ۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۶۷ ^{**}	- ۰/۲۳۱ [*]	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۹۴ ^{**}	۰/۰۷۰ ^{**}	- ۰/۰۴۳ ^{ns}	- ۰/۸۸۶ ^{ns}	- ۰/۰۲۶ [*]	۱/۴۷ ^{**}	T3
- ۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	- ۰/۱۶۶ ^{ns}	- ۰/۰۳۱ ^{ns}	- ۰/۲۸۶ [*]	۰/۲۵۱ ^{**}	۰/۰۳۶ ^{**}	- ۰/۰۵۴ [*]	- ۱/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	- ۱/۶۷ ^{ns}	T4
۰/۰۶۷	۰/۰۶۶	۰/۰۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۲۸	۰/۱۳۸	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	اشتباه معیار
۰/۰۹۹ ^{ns}	- ۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{**}	۰/۲۰۹ ^{**}	۰/۱۰۲ ^{**}	- ۰/۲۲۸ ^{ns}	- ۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۳۱۰ ^{**}	- ۰/۳۸۵ ^{ns}	۱/۲۶ ^{**}	۰/۰۳۸ ^{**}	۰/۱۳۸ ^{**}	L1
۰/۱۷۴ ^{**}	۰/۰۹۳ ^{ns}	۰/۰۵۱ ^{ns}	- ۰/۱۹۱ ^{ns}	- ۰/۲۰۳ [*]	- ۰/۲۶۳ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{**}	- ۰/۰۵۸ ^{**}	- ۰/۵۴۳ ^{ns}	- ۰/۴۳ ^{ns}	- ۰/۰۴۵ [*]	- ۰/۱۷۰ ^{ns}	L2
- ۰/۰۲۵ ^{ns}	- ۰/۰۰۲ [*]	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۱۰۲ ^{**}	۰/۴۸۷ ^{**}	- ۰/۰۲۰ [*]	- ۰/۲۵۰ ^{ns}	۰/۹۲۳ ^{**}	- ۸۲ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{**}	۰/۰۳۳ ^{**}	L3
۰/۰۵۸	۰/۰۵۷	۰/۰۲۶	۰/۰۹۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۲۴	۰/۰۳۷	۰/۰۲۴	۰/۱۱۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	اشتباه معیار

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

لاین‌ها: L1:Bitstok ، L2:Kingstone ، L3:Petoearyly و تسترها: T1:LA1607 ، T2:LA2656 ، T3:2080 ، T4:LA1579

جدول ۳- برآورد ترکیب پذیری خصوصی (SCA) تلاقی‌ها برای عملکرد و اجزای آن در گوجه فرنگی در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بر اساس تلاقی لاین × تستر
 Table 3. Estimate of specific combining ability (SCA) effects of hybrids for yield and related characters tomato under drought and non-drought stress by line×tester

TSS%			تعداد حجرات			عملکرد کل (تن/هکتار)			منابع تغییرات
S3	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S1	تلاقی‌ها
۱/۳۳*	-۱/۹۶ ^{ns}	-۱/۱۶۹ ^{ns}	۰/۵۹۷*	-۰/۳۶۲ ^{ns}	-۰/۳۸۷ ^{ns}	-۰/۰۵۹ ^{**}	-۰/۰۶۸ ^{ns}	۰/۰۸۳ ^{**}	L1×T1
-۰/۰۹۹ ^{ns}	۰/۹۵ ^{ns}	-۰/۶۰۲ ^{ns}	۰/۶۷۸*	۰/۰۵۷ ^{ns}	۱/۱۰*	۰/۰۲۳ ^{**}	-۰/۰۳۵ ^{ns}	۰/۲۰۹ ^{**}	L1×T2
۰/۴۹۹ ^{ns}	۱/۲۵ ^{ns}	۱/۰۶ ^{ns}	-۰/۵۵۸*	-۱/۰۲ ^{ns}	-۰/۴۰۹ ^{ns}	۰/۰۳۱ ^{**}	-۰/۰۰۴ ^{ns}	-۰/۰۱ ^{ns}	L1×T3
-۱/۷۱ ^{ns}	-۰/۲۵۴ ^{ns}	-۰/۳۹۷ ^{ns}	-۰/۷۴۳*	-۰/۷۲۳ ^{ns}	-۰/۳۰۹ ^{ns}	-۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۹۹ ^{ns}	-۰/۱۹۲ ^{ns}	L1×T4
-۲/۸۹ ^{ns}	-۰/۵۰۵ ^{ns}	-۱/۹۳ ^{ns}	۰/۰۳۶ ^{ns}	-۰/۴۶۷*	۰/۸۴۴ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	-۰/۰۴۳ ^{ns}	-۰/۰۴۹ ^{ns}	L2×T1
-۲/۳۸ ^{ns}	-۱/۷۵ ^{ns}	-۱/۲۷ ^{ns}	-۰/۰۱۶ ^{ns}	-۰/۹۷۳ ^{ns}	-۰/۶۸۳*	۰/۰۱۸ ^{**}	۰/۰۲۵ ^{**}	-۰/۰۶۶ ^{ns}	L2×T2
۰/۲۲۳ ^{ns}	-۰/۲۳۹ ^{ns}	۱/۵۲*	۰/۳۵۳ ^{ns}	-۰/۹۷۱ ^{ns}	-۰/۸۴۵*	-۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۶۳*	۰/۰۴۱*	L2×T3
۵/۰۷ ^{**}	۲/۴۹ ^{**}	۱/۶۸*	۰/۳۰۶ ^{ns}	۰/۳۶۳ ^{ns}	۰/۶۸۸ ^{ns}	-۰/۰۳۳ ^{ns}	-۰/۰۴۶ ^{ns}	۰/۰۷۳ ^{**}	L2×T4
۱/۵۸*	۲/۵۴ ^{**}	۲/۱۰ ^{**}	-۰/۶۵۳ ^{ns}	-۰/۷۰۷*	-۰/۴۵۴*	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۰۲۷ ^{ns}	-۰/۰۳۴ ^{ns}	L3×T1
۲/۴۹ ^{**}	-۰/۹۹ ^{ns}	۱/۸۷*	-۰/۶۸۳ ^{ns}	-۰/۶۲۱ ^{ns}	-۰/۴۲۴*	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۰۶ ^{ns}	-۰/۱۴۴ ^{ns}	L3×T2
-۰/۷۰۷ ^{ns}	-۱/۰۱ ^{ns}	-۲/۵۹ ^{ns}	۰/۸۹۳ ^{**}	۰/۴۵۷*	۱/۲۵ ^{ns}	-۰/۰۰۶ ^{ns}	-۰/۰۵۹ ^{ns}	-۰/۰۵۹ ^{**}	L3×T3
-۳/۳۴ ^{ns}	-۲/۲۴ ^{ns}	-۱/۳۹ ^{ns}	۰/۴۱۷ ^{ns}	-۱/۱۱ ^{ns}	-۰/۳۷۶ ^{ns}	۰/۰۸۳ ^{**}	۰/۱۴۶ ^{**}	۰/۱۱۸ ^{**}	L3×T4
-۱/۶۴۳	-۱/۹۷۶	-۱/۶۸۳	-۱/۲۸۵	-۱/۱۹۸	-۱/۴۹۷	-۱/۰۰۵	۱/۰۰۴	-۱/۱۱۸	اشتباه معیار
۴/۸۸ ^{ns}	۴/۱۶ ^{ns}	۲/۵۹ ^{ns}	-۰/۰۸۳ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	-۰/۰۰۱ ^{ns}	-۰/۰۱۱ ^{ns}	σ ² A
۰/۹۴۴ ^{**}	۰/۱۳۲ ^{**}	۰/۰۹۹ ^{**}	۰/۰۴۱*	۰/۰۱۸*	۰/۰۲۵*	۰/۰۰۱*	-۰/۰۰۱*	-۰/۰۰۶*	σ ² GCA
۴/۴۶*	۳/۸۴ ^{**}	۲/۳۳*	۰/۵۴۵*	۰/۵۰۶*	۰/۷۷۲*	۰/۰۰۵*	-۰/۰۰۹*	-۰/۰۲۵*	σ ² D
۴/۴۶ ^{**}	۳/۸۴*	۲/۳۳*	۰/۵۴۵*	۰/۵۰۶*	۰/۷۷۲*	۰/۰۰۵*	-۰/۰۰۹*	-۰/۰۲۵*	σ ² SCA
-۱/۲۱*	-۱/۰۳ ^{**}	-۱/۰۴*	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۲*	۰/۱۱*	-۱/۲۴*	σ ² GCA/SCA

شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2:تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns، * و ** به ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪
 لاین‌ها: L1:Bitstoik، L2:Kingstone، L3:Petoeearly و تسترها: T1:LA1607، T2:LA2656، T3:2080، T4:LA1579

ادامه جدول ۳ -

Continued Table 3.

منابع تغذیه			متوسط وزن میوه (گرم)			اسیدیته کل %			pH		
تلافی‌ها	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S1	S2	S3
L1×T1	-۲/۲۵ ^{NS}	-۲/۶۷ ^{NS}	-۰/۸۸۱ ^{NS}	-۰/۹۰۸ ^{NS}	-۰/۷۲۶ ^{NS}	-۱/۳۱ ^{NS}	-۰/۰۰۸ ^{NS}	-۰/۰۱۲ ^{NS}	-۰/۰۶۱ ^{NS}		
L1×T2	-۱/۵۲ ^{NS}	-۱/۰۷ ^{NS}	-۰/۹۰۶ ^{NS}	-۰/۹۱۴ ^{**}	۰/۵۵۳ ^{**}	۰/۱۵۶ ^{NS}	۰/۱۱۸ ^{**}	۰/۲۴۴ [*]	-۰/۰۹۴ [*]		
L1×T3	۲/۲۶ ^{**}	۲/۹۱ ^{**}	۱/۰۱ ^{**}	۰/۹۳۶ ^{**}	۰/۹۸۶ ^{**}	۲/۳۰ ^{**}	۰/۰۴۶ ^{NS}	-۰/۰۰۷ ^{NS}	۰/۰۷۳ ^{NS}		
L1×T4	۱/۵۳ ^{**}	-۰/۸۲۷ ^{**}	-۰/۷۷۰ ^{NS}	-۰/۹۳۱ ^{NS}	-۰/۶۸۱ ^{NS}	-۱/۱۴ ^{NS}	-۰/۱۵۲ [*]	-۰/۱۴۹ ^{NS}	-۰/۰۶۴ ^{NS}		
L2×T1	۰/۲۲۵ ^{NS}	۱/۶۴ ^{**}	-۰/۸۴۱ ^{**}	-۰/۴۱۷ ^{NS}	-۱/۲۶ ^{NS}	-۱/۱۹ ^{NS}	-۰/۰۱۱ ^{NS}	-۰/۰۳۷ [*]	-۰/۰۷۴ [*]		
L2×T2	۳/۲۷ ^{**}	-۱/۶۷ ^{NS}	-۰/۴۴۳ ^{NS}	-۰/۰۰۶ ^{NS}	۰/۲۳۶ ^{NS}	-۰/۳۲۰ ^{NS}	-۰/۰۷۱ [*]	-۰/۰۱۵ ^{NS}	-۰/۱۳۵ ^{NS}		
L2×T3	-۰/۱۶۰ ^{NS}	-۰/۱۴۹ ^{NS}	-۰/۸۱۹ ^{NS}	-۰/۲۹۴ ^{NS}	۰/۵۰۳ ^{**}	-۰/۳۸۴ ^{NS}	-۰/۰۴۶ ^{NS}	۰/۰۳۷ ^{NS}	۰/۱۷۵ ^{NS}		
L2×T4	-۳/۳۱ ^{NS}	-۰/۱۸۴ ^{NS}	-۰/۴۶۲ ^{NS}	-۰/۱۲۸ ^{NS}	۰/۷۰۳ ^{**}	۱/۸۸ ^{**}	۰/۱۱۲ ^{**}	۰/۰۱۵ ^{NS}	۰/۰۰۹ ^{NS}		
L3×T1	۲/۰۴ ^{**}	۱/۰۲۶ ^{**}	۰/۰۴۲ ^{NS}	۱/۳۳ ^{**}	۲/۰۳۳ ^{**}	۲/۴۹ ^{**}	۰/۰۲۳ ^{NS}	۰/۰۲۵ ^{NS}	-۰/۰۰۵ ^{NS}		
L3×T2	-۱/۷۳ ^{NS}	۲/۷۴ ^{**}	۰/۴۶۴ ^{NS}	-۰/۹۱۱ ^{NS}	-۰/۷۰۱ ^{NS}	۰/۱۶۴ ^{NS}	-۰/۰۴۴ [*]	-۰/۱۲۹ [*]	۰/۲۳۶ [*]		
L3×T3	-۲/۰۹ ^{NS}	-۲/۷۶ ^{NS}	-۰/۱۹۸ ^{NS}	-۱/۲۳ ^{NS}	-۱/۴۱ ^{NS}	-۱/۹۳ ^{NS}	۰/۰۰۴ ^{NS}	-۰/۰۳۰ ^{NS}	-۰/۱۲۶۶ [*]		
L3×T4	۱/۷۹ ^{**}	-۱/۰۱ ^{NS}	-۰/۳۰۷ ^{NS}	-۰/۸۱۱ ^{**}	۰/۰۶۶ ^{NS}	-۰/۷۳۶ ^{NS}	۰/۰۲۳ ^{NS}	۰/۱۳۴ ^{NS}	۰/۰۴۳ ^{NS}		
اشتباه معیار	۰/۳۹۰	۰/۲۴۰	۰/۲۳۹	۰/۱۴۹	۰/۱۷۴	۰/۱۸۸	۰/۰۵۲	۰/۱۱۴	۰/۱۱۷		
σ ² A	-۰/۵۵۱	۰/۳۴۰	۰/۳۳۸	-۰/۱۴۵ ^{NS}	۰/۱۵۹ ^{NS}	۰/۴۰۱ ^{NS}	-۰/۰۰۲ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۲ ^{NS}		
σ ² GCA	-۰/۴۷۹	۰/۳۵۵	۰/۴۴۱	۰/۰۰۱ [*]	۰/۰۸۰ ^{**}	۰/۲۰۱ [*]	۰/۰۰۱ [*]	۰/۰۰۱ [*]	۰/۰۰۱ [*]		
σ ² D	-۰/۰۹۰	۰/۰۴۶	۰/۲۲۱	۱/۵۸ ^{**}	۱/۸۳ [*]	۳/۹۷ ^{**}	۰/۰۰۹ [*]	۰/۰۰۱ [*]	۰/۰۱۵ [*]		
σ ² SCA	۷/۴۲	۴/۴۵	۰/۸۳۷	۱/۵۸ ^{**}	۱/۸۳ ^{**}	۳/۹۷ ^{**}	۰/۰۰۹ [*]	۰/۰۰۱ [*]	۰/۰۱۵ [*]		
σ ² GCA/SCA	۷/۴۲ [*]	۴/۴۵	۰/۸۳۷	۰/۰۰۶ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}	۰/۰۵ [*]	-۰/۱۱ [*]	۱ [*]	۰/۰۶ [*]		

S1: شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns، * و ** به ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪
 لاین‌ها: L1:Bitstok ، L2:Kingstone ، L3:Petoeary و تسترها: T1:LA1607 ، T2:LA2656 ، T3:2080 ، T4:LA1579

ادامه جدول ۳-۳

منابع تغییرات			طول میوه (سانتی‌متر)			قطر میوه (سانتی‌متر)			ضخامت پریکارپ (میلی‌متر)		
S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
L1×T1	-۱/۲۷ ^{ns}	-۰/۶۰۲ ^{**}	-۰/۲۴۵ ^{ns}	-۰/۶۵۹ ^{**}	-۰/۳۴۱ ^{**}	-۰/۵۹۵ ^{**}	-۰/۸۴۱ [*]	-۰/۱۵۶ ^{ns}	-۱/۲۷ ^{ns}	-۰/۶۰۲ ^{**}	-۰/۲۴۵ ^{ns}
L1×T2	-۰/۱۲۸ ^{ns}	-۰/۱۶۲ ^{ns}	-۰/۵۲۸ ^{ns}	-۰/۰۸۵ [*]	-۰/۳۶۳ ^{ns}	-۰/۴۲۹ [*]	-۰/۴۴۸ [*]	-۰/۴۳۷ [*]	-۰/۱۲۸ ^{ns}	-۰/۱۶۲ ^{ns}	-۰/۵۲۸ ^{ns}
L1×T3	-۰/۶۲۳ ^{**}	-۰/۶۳۱ ^{**}	-۰/۵۴۲ ^{**}	-۰/۴۸۵ ^{**}	-۰/۳۱۳ ^{ns}	-۰/۶۴۴ ^{**}	-۰/۳۱۳ ^{ns}	-۰/۱۷۸ ^{ns}	-۰/۶۲۳ ^{**}	-۰/۶۳۱ ^{**}	-۰/۵۴۲ ^{**}
L1×T4	-۰/۷۷۳ ^{**}	-۰/۱۲۳ ^{**}	-۰/۱۷۵ ^{**}	-۰/۰۹۶ ^{ns}	-۰/۳۹۵ ^{**}	-۰/۱۹۱ [*]	-۰/۵۸۴ ^{**}	-۰/۷۷۷ ^{ns}	-۰/۷۷۳ ^{**}	-۰/۱۲۳ ^{**}	-۰/۱۷۵ ^{**}
L2×T1	-۰/۷۳۰ ^{**}	-۰/۴۰۳ ^{**}	-۰/۱۱۵ ^{**}	-۰/۱۹۹ ^{**}	-۰/۱۹۹ ^{**}	-۰/۰۲۸ ^{ns}	-۰/۸۰۵ ^{**}	-۰/۴۲۵ [*]	-۰/۷۳۰ ^{**}	-۰/۴۰۳ ^{**}	-۰/۱۱۵ ^{**}
L2×T2	-۰/۱۰۸ ^{ns}	-۰/۴۷۷ ^{**}	-۰/۰۳۵ ^{ns}	-۰/۱۵۷ ^{**}	-۰/۱۷۲ [*]	-۰/۱۷۲ [*]	-۰/۵۰۳ ^{**}	-۰/۴۲۷ ^{ns}	-۰/۱۰۸ ^{ns}	-۰/۴۷۷ ^{**}	-۰/۰۳۵ ^{ns}
L2×T3	-۰/۱۸۴ ^{ns}	-۰/۰۶۴	-۰/۲۵۸ ^{ns}	-۰/۰۲۳ [*]	-۰/۱۱۲ ^{**}	-۰/۳۸۱ ^{ns}	-۰/۳۰۴	-۰/۱۸۱ ^{ns}	-۰/۱۸۴ ^{ns}	-۰/۰۶۴	-۰/۲۵۸ ^{ns}
L2×T4	-۰/۶۴۸ ^{ns}	-۰/۱۳۶ ^{**}	-۰/۰۴۳ ^{ns}	-۰/۰۱۲	-۰/۲۶۳ ^{ns}	-۰/۱۴۶ [*]	-۰/۰۰۵ ^{**}	-۰/۱۷۵ ^{**}	-۰/۶۴۸ ^{ns}	-۰/۱۳۶ ^{**}	-۰/۰۴۳ ^{ns}
L3×T1	-۰/۵۴۷ ^{**}	-۰/۲۰۰ ^{**}	-۰/۰۸۰ ^{**}	-۰/۴۶۶ ^{**}	-۰/۱۴۳ ^{**}	-۰/۳۸۶ ^{**}	-۰/۲۱۵ ^{**}	-۰/۵۸۶ ^{**}	-۰/۵۴۷ ^{**}	-۰/۲۰۰ ^{**}	-۰/۰۸۰ ^{**}
L3×T2	-۰/۰۲۳ ^{ns}	-۰/۶۴۰ ^{**}	-۰/۴۵۳ [*]	-۰/۰۷۷ ^{ns}	-۰/۱۸۷ ^{**}	-۰/۲۳۱ ^{**}	-۰/۱۱۷ ^{**}	-۰/۰۰۵ ^{**}	-۰/۰۲۳ ^{ns}	-۰/۶۴۰ ^{**}	-۰/۴۵۳ [*]
L3×T3	-۰/۴۳۳ ^{ns}	-۰/۵۶۷ ^{**}	-۰/۳۳۳ ^{**}	-۰/۴۵۷ ^{**}	-۰/۲۰۲ ^{**}	-۰/۲۸۹ ^{ns}	-۰/۳۱۱ ^{ns}	-۰/۳۶۴ ^{ns}	-۰/۴۳۳ ^{ns}	-۰/۵۶۷ ^{**}	-۰/۳۳۳ ^{**}
L3×T4	-۰/۱۳۱ [*]	-۰/۲۶۷ ^{ns}	-۰/۲۶۷ [*]	-۰/۰۷۹ ^{ns}	-۰/۱۲۷ ^{ns}	-۰/۳۶۳ ^{ns}	-۰/۱۰۰ ^{ns}	-۰/۹۴۸ ^{**}	-۰/۱۳۱ [*]	-۰/۲۶۷ ^{ns}	-۰/۲۶۷ [*]
اشتباه معیار	-۰/۰۵۸	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۲	-۰/۰۴۸	-۰/۰۴۸	-۰/۰۷۳	-۰/۱۷۵	-۰/۱۴۷	-۰/۰۵۸	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۲
σ ² A	-۰/۰۱۵ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	-۰/۰۱۰ ^{ns}	-۰/۰۲۵ ^{ns}	-۰/۰۱۵ ^{ns}	-۰/۴۹۰ ^{ns}	-۰/۴۴۶ ^{ns}	-۰/۰۱۵ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}
σ ² GCA	-۰/۰۰۲ [*]	-۰/۰۰۵ ^{**}	-۰/۰۰۶ [*]	-۰/۰۰۱ ^{**}	-۰/۰۰۳ [*]	-۰/۰۰۱ ^{**}	-۰/۲۴۵ ^{**}	-۰/۲۲۱ ^{**}	-۰/۰۰۲ [*]	-۰/۰۰۵ ^{**}	-۰/۰۰۶ [*]
σ ² D	-۰/۱۱۷ [*]	-۰/۱۴۳ ^{**}	-۰/۱۹۰ [*]	-۰/۶۸۸ ^{**}	-۰/۱۵۵ ^{**}	-۰/۲۳۵ [*]	-۰/۴۷۱ ^{**}	-۰/۴۲۳ [*]	-۰/۱۱۷ [*]	-۰/۱۴۳ ^{**}	-۰/۱۹۰ [*]
σ ² SCA	-۰/۱۱۷ ^{**}	-۰/۱۴۲ [*]	-۰/۱۹۰ ^{**}	-۰/۶۸۸ ^{**}	-۰/۱۵۵ ^{**}	-۰/۲۳۵ [*]	-۰/۴۷۱ ^{**}	-۰/۴۲۳ [*]	-۰/۱۱۷ ^{**}	-۰/۱۴۲ [*]	-۰/۱۹۰ ^{**}
σ ² GCA/SCA	-۰/۰۲ [*]	-۰/۰۴ ^{**}	-۰/۰۳ [*]	-۰/۰۷ ^{**}	-۰/۰۲ [*]	-۰/۰۴ ^{**}	-۰/۹۸ ^{**}	-۰/۵۲ ^{**}	-۰/۰۲ [*]	-۰/۰۴ ^{**}	-۰/۰۳ [*]

S1: شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، S2: تنش ملایم (۶۰٪ ظرفیت زراعی)، S3: تنش شدید (۴۰٪ ظرفیت زراعی)، ns، * و ** به ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪
 Lاین‌ها: L1:Bitstoik ، L2:Kingstone ، L3:Petoearly و تسترها: T1:LA1607 ، T2:LA2656 ، T3:2080 ، T4:LA1579

اجزای واریانس ژنتیکی

مطابقت داشت. غالبیت اثر غیر افزایشی ژن برای صفات مختلف در گوجه فرنگی توسط چاندها و همکاران (۶)، دارماتی و همکاران (۸)، بایومی (۵) و غباری و همکاران (۱۰) نیز گزارش شده است. دارماتی و همکاران (۸) دریافتند که نسبت‌های GCA-SCA کمتر از یک نشان‌دهنده اثر غیر افزایشی ژن برای عملکرد گیاه گوجه فرنگی بود. توارث اثر غیر افزایشی ژن برای مواد جامد محلول کل در گوجه فرنگی توسط دالیوال و همکاران (۷) گزارش شد.

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به نتایج این پژوهش لاین Bitstok و تسترهای LA1607 و LA2656 در شرایط مختلف رطوبتی بهترین ترکیب‌پذیر عمومی برای عملکرد گیاه و صفات وابسته به آن بودند که می‌توانند جهت توسعه هیبریدهای گوجه فرنگی متحمل به کم‌آبی به عنوان ارقام آزمایشی مناسب در برنامه‌های تولید هیبرید در شرایط تنش استفاده شوند. Kingstone \times LA1579 بهترین هیبرید برای عملکرد گیاه و اجزای آن در تنش شدید بود. با توجه به شرایط آب و هوایی ایران و اهمیت مطالعه تنش کم‌آبی پیشنهاد می‌شود مطالعات جامع‌تری در زمینه تلاقی لاین‌های والدینی متحمل به کم‌آبی با توده‌های بومی دارای عملکرد مطلوب جهت تولید هیبریدهای متحمل و دارای عملکرد بالا در شرایط مزرعه‌ای ایران مورد بررسی قرار گیرند.

معنی‌داری واریانس غالبیت در سطح احتمال ۱٪ (جدول ۳) و در نتیجه بزرگتر بودن واریانس غالبیت (δ^2D) از واریانس افزایشی (δ^2A) و همچنین نسبت واریانس δ^2D/δ^2A کوچکتر از یک نشان‌دهنده سهم بیشتر اثر غیر افزایشی ژن برای عملکرد گیاه و دیگر صفات مورد مطالعه بود. دالیوال و همکاران (۷) با گزارش نقش اثرات افزایش و غیر افزایشی در توارث وزن میوه، بیشتر بودن اثر افزایشی ژن برای وزن میوه را تایید کردند. طبق نتایج (جدول ۳)، نسبت واریانس GCA به SCA برای صفات اسیدیته تیتراسیون، عملکرد گیاه، متوسط وزن میوه، طول و قطر میوه، تعداد حجرات، ضخامت پریکارپ و TSS کمتر از یک شد. کومار و همکاران (۱۶) اثر افزایشی ژن برای متوسط وزن میوه گوجه فرنگی را گزارش کردند. اثر غیر افزایشی ژن برای صفات عملکرد گیاه در گوجه فرنگی با نتایج صیدی و همکاران (۲۲)، خلف‌اله (۱۴)، سریواستوا و همکاران (۳۰) همخوانی داشت. اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار برای متوسط وزن میوه و اثر افزایشی ژن برای طول میوه گوجه فرنگی گزارش و غالبیت اثر واریانس GCA نسبت به SCA حاکی از نقش اثر افزایشی ژن در توارث این صفات بود بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از روش انتخاب بین نسل‌ها برای بهبود این صفات بهتر خواهد بود وونگ و همکاران (۳۵). مقدار کمتر واریانس σ^2_{gca} از واریانس σ^2_{sca} برای متوسط وزن میوه، عملکرد گیاه، تعداد حجرات و TSS با گزارش غباری و همکاران (۱۰)

منابع

- 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.
- Ahmed, S.M.D. 2006. Study on combining ability and heterosis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Thesis M. Sc, Sher-e-Bangla, Agricultural University. Dhaka, 130 pp.
- Alvarez, S., A. Navarro, E. Nicolas and M.J. Sanchez-Blanco. 2011. Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in *Callistemon* plants during drought conditions. *Scientia Horticultural*, 129: 306- 312.
- Bajaj, R.K., K.K. Aujla and G.S. Chahal. 1997. Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal. Crop Improvement*, 24(1): 50-54.
- Bayomy, K.E.M. 2002. Heterosis and gene action in varietal crosses of tomato under North Sinai Conditions. M.Sc. Thesis, Fac. Environmental Agriculture. Sciences. Suez Canal Univ, Egypt.
- Chandha, S., J. Kumar and V. Vidyasagar. 2001. Combining ability over environments in tomato. *Indian Journal. Agricultural. Research*, 35(3): 171-175.
- 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.
- Dharmatti, P.R., B.B. Madalgeri, R.V. Patil, I.M. Mannikeri and G. Patil. 2001. Diallel system. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9: 463-493.
- Dhyani, S., A.C. Misra, V. Panday and S. Sajwan. 2017. Evaluation of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) hybrids for fruit yield characters in Hill Region of Uttarakhand, India. *International Journal Current Microbiological applied Sciences*, 6(9): 1622-1633.
- Ghobary, H.M.M. and K.Y. Ibrahim. 2010. Combining ability and heterosis for some economic traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.). *Journal of Plant Production*, 1(5): 757-768.
- Islam, M.R., S. Ahmed and M.M., Rahman. 2012. Heterosis and qualitative attributes in winter tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Hybrids. *Bangladesh. Journal Agricultural. Research*, 37(1): 39-48.
- Kaveh, H., H. Nemati, M.M. Farsi, 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.
- Kempton, O. 1957. An introduction to genetic statistics. New York: Jhon Wiley and Nordskog. Inc; London: Chapman & Hall, Ltd.

14. Khalf-Allah, A.M. and L.C. Pierce. 1963. A comparison of selection methods for improving earliness, fruit size and yield in the tomato. Proc. American Society Horticultural Scientia, 82:414.
15. 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. Internationa. Journal Applied Ayurved Research, 3(9):10-19.
16. Kumar, T.P., R.N. Tiwaari and D.C. Pachauri. 1997. Line×tester analysis for processing characters in tomato. Journal Vegetable Science, 24: 34-38.
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. 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.
19. Premalatha, N., N. Kumaravadivel and P. Veerabadhiran. 2006. Heterosis and combining ability for grain yield and its components in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench. Indiann Journal Genetics, 66(2): 123-126.
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. Saeed, A., N. Hasan, A. Shakeel, M.F. Saleem, N.H. Khan, K. Ziaf, R.A.M. Khan and N. Saeed. 2014. Genetic analysis to find suitable parents for development oftomato hybrids. Journal Life Science, 11: 12.
22. Saidi, M., S.D. Warade and T. Prabu. 2008. Combining ability estimates for yield and its contributing traits in tomato (*Lycopersicon esculentum*). Int. Journal Agriculture Biology, 10(2): 238-240.
23. 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.
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. 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.
26. 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.
27. Sharma, D.K.D.R. and P.P. ChaudharySharma. 1999. Line x tester analysis for study of combining ability of quantitative traits in tomato. Indian Journal of Horticulture, 56(2): 163-168.
28. Singh, A.K. and B.S. Asati. 2011. Combining ability and heterosis studies in tomato under bacterial wilt condition. Bangladesh Journal Agriculture Resereach, 36(2): 313-318.
29. Skoric, D., S. Jovic and I. Molnar. 2000. General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in louse, France, 2: E23-E30.
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 Sciences, 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 pp.
32. Susic, Z. 1998. Effects of parental germplasm on inheriting the characteristics of F1 generation of tomato hybrids. Review Research Work the Faculty Agricultural Belgrade, 43(2):63-73.
33. Tyagi, A.P. 1988. Combining ability analysis for yield components and maturity traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Proc. 12th Inter. Sunflower Conference. Yugoslavia, 2: 489-493.
34. 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 pp.
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.

Identification of Superior Parents and Hybrids of Tomato (*Solanum Lycopersicum L.*) Genotypes for Some Quantitative and Qualitative Traits of Fruit under Drought

Maryam Noori¹, Alireza Motallebi Azar², Mehdi Saidi³, Jaber Panahandeh² and Shahnaz Fathi⁴

1- Graduated Ph.D. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

2- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

3- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran

4- Assistant Professor of Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran,

(Corresponding author: Sh.fathi@urmia.ac.ir)

Received: 5 February, 2022 Accepted: 17 May, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Tomatoes are highly sensitive to a variety of environmental stresses, including drought stress, so the selection of hybrids adapted to dehydration and have good performance by studying the effects of GCA, SCA and physiological response of parents and tomato hybrids in conditions of dehydration It can help to better understand the mechanisms of drought resistance and their use in tomato breeding programs.

Material and Methods: In this study, 12 hybrids obtained from the combining four testers and three commercial lines of tomato in terms of response to water deficit stress and evaluation of cross combinations in the layout split plots according to randomized complete block design with three replications and three stress levels (100% FC, 60% FC and 40% FC) in the research farm of the Faculty of Agriculture of Ilam University. Dates were evaluated by line × tester method. The studied genotypes were L1: Bitstoik, L2: Kingstone, L3: Petoearly, as lines, and T1: LA1607, T2: LA2656, T3: LA2080 and T4: LA1579 as Testers. Plant yield traits, average fruit weight, fruit length and diameter, pericarp thickness, Number of Locules, total acidity, pH and total soluble solids were measured.

Results: The analysis of genetic variance indicated the more contribution of non-additive variances in the occurrence of the studied traits. The analysis of variance indicated that genotype, parents, crosses and line×tester effects were significant for all of the studied traits, which showed high differences between general combinig ability of parents and specific combinig ability of hybrids. The effect of the line under stress-free conditions was not significant for total acidity and soluble solids. For plant yield and average fruit weight, the parental line Bitstoik under severe drought stress conditions (0.83 kg and 1.26 g, respectively) and the tester LA2656 in non-drought stress (0.321 Kg and 2.18 g, respectively) were found to be the best general combiner. The crosses Kingstone×LA157 under drought stress condition (0.083 kg) and Petoearly×LA1579 in non-drought stress conditions were the best combination for plant yield, which can be suggested for use in drought stress breeding programs.

Conclusion: These results can be used in breeding programs and develop tolerate tomato hybrids as suitable experimental cultivars in hybrid production programs under stress conditions.

Keywords: Combiner ability, Gene affects, Pericarp thickness, Soluble solids concentration, Titratable acidity