دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"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 میاندواب، دانشگاه ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: 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 هیبریدحاصل از تلاقی۳ لاین تجاری و ۴ تستر گوجه‌فرنگی از نظر واکنش به تنش کم‌آبی و ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و در سه سطح تنش (۱۰۰٪ FC، ۶۰٪ FC و ۴۰٪ FC) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام از طریق روش لاین×تستر مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های مورد استفاده شامل: L1: Bitstoik، L2: Kingstone وL3: Petoearly و تسترها شامل: T1: LA1607 (S. pimpinellifolium)، T2: LA2656 (S. pimpinellifolium)، T3: LA2080 (S. lycopersicum var. cerasiforme) 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 Bitstoik (به‌ترتیب 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. درشرایط تنش خشکی هیبرید Petoearly × LA1579 (۰/۰۸۳ کیلوگرم) دارای بهترین ترکیب پذیری خصوصی (SCA) برای عملکرد گیاه و درشرایط بدون تنش Bitstoik × 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، آنتی اکسیدانت‌ها، ویتامین‌ها و مواد آلی است که علاوه بر مصرف تازه خوری دارای رتبه نخست در بین سبزی‌های فرآوری 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 والدهای 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 به به‌نژادگران برای انتخاب والدین و روش اصلاحی مناسب جهت توسعه آنها کمک می‌کند (۲۲). ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) (General Combining Ability) به عنوان متوسط عملکرد نتاج یک فرد در تلاقی با سایر افراد موجود در جمعیت‌است. 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 ترکیب پذیری 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 (کمپتورن) می‌باشد که به‌عنوان یک روش مناسب، سریع و

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. پداپتی 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 لاین های 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:Bitstoik، L2: Kingstone و L3: Petoearly) و تسترهای متحمل به کم‌آبی (S. pimpinellifolium) (S. ،T1: LA1607 T3: LA2080 (S. ،T2: LA2656 pimpinellifolium) T4: LA1579 (S. lycopersicum var. cerasiforme و 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 برگی 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 جمع آوری شدند. بذور نگهداری شده برای تهیه نشا در اسفند ماه در کیسه‌های نشا 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 ۷۵×۳۰ سانتی‌متر کشت شد. آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ انجام شد. اعمال تنش پس از استقرار کامل گیاهان (مرحله ۶-۴ برگی) در مزرعه صورت گرفت.

نحوه تنظیم تیمارهای رطوبتی

رطوبت خاک تا زمان استقرار گوجه‌فرنگی 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 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 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 اندازه گیری 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 رفرکتومتر دستی به روش صیدی و همکاران (۲۲) اندازه گیری 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 تیتر گردید. 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 کمپتورن (۱۳) محاسبه گردید. تجزیه واریانس بر اساس رابطه ۱ انجام و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین ها و تسترها تعیین شد:

(رابطه ۱) $Yij=\mu+gii+gjj+sij+rk+eijk$

در این رابطه Yij: میانگین فنوتیپ اندازه‌گیری شده برای ij ژنوتیپ در k تکرار، μ: میانگین جمعیت، gii: ترکیب‌پذیری عمومی i: والد پدری، gjj: ترکیب‌پذیری عمومی j والد مادری، sij: ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی بین i والد پدری و j والد مادری، rk: اثر k تکرار، eijk: 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) 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، l: تعداد لاین، t: تعداد تستر، r: تعداد تکرار، MSl×t: میانگین مربعات لاین×تستر، MSe: میانگین مربعات خطای آزمایشی، F: ضریب خویشاوندی وMP: 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).

(رابطه ۲) (Lines): gii= (Xi../tr)-(X…/ltr)

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

(رابطه ۳) Sij= (xij./r)-(xi../lr)-(x.j./ltr)

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

(رابطه ۶)
CovH.S.(line)= (ML-MLT)/rt
CovH.S.(tester)= (MT-MLT)/rt
CovH.S.(average)= l/r(2lt-l-t) [(l-l) ML+(t-l)MT/l+t-2-ML×T]

(رابطه ۷) δ^2 gca= Cov H.S.= [l+F/4]2δ^2A

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 نشان دهنده 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 به‌جز 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 هامورسی و گودا (۱۷) اثر معنی‌دار لاین را برای TSS گزارش کردند. معنی‌دار شدن اثرات لاین و تستر برای عملکرد با گزارش شلبی (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 تیاگی (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 آساتی (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-001را 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. شلبی (۲۵) اثر معنی‌دار لاین×تستر را برای متوسط وزن میوه، سفتی 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 L_1 بالاترین مقدار را داشت. تستر T_1 در شرایط بدون

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 ترکیب پذیری 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 به عنوان 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 L1 و L3 و تسترهای T2 و T1 در شرایط تنش و بدون تنش بیشترین مقدار GCA را برای طول میوه دارا بودند. سلطان (۳۱)، سوسیک (۳۲) و احمد (۱) نیز تعدادی ترکیب پذیر 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×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 L2 در شرایط رطوبتی متفاوت و تستر T3 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 حجرات 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 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 حجرات 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 L1×T2 دارای بیشترین SCA در شرایط بدون تنش و شرایط تنش S2 برای pH بود. هیبرید $L_1 \times T_3$ دارای بالاترین مقدار SCA در شرایط بدون تنش و شرایط تنش S2 برای قطر میوه و در تنش S3 برای متوسط وزن میوه و طول میوه بود (جدول ۳). بالاترین SCA در هیبرید $L_1 \times T_3$ در سطح S1 برای قطر میوه، در سطح تنش S2 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 L1×T4 و در تنش S3 برای قطر میوه مشاهده شد. هیبریدهای $L_2 \times T_1$ و $L_1 \times T_3$ در شرایط تنش S1 بیشترین مقدار SCA را برای ضخامت پریکارپ و متوسط وزن میوه داشتند. بالاترین مقدار SCA را هیبریدهای $L3 \times T_4$ در تنش S_3 برای عملکرد گیاه و TSS، $L_3 \times T_1$ در شرایط S_1 و تنش S2 برای TSS، در تنش S_3 برای اسیدیته تیتراسیون، در شرایط تنشS3 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 BT-207 × KT-15، KT-15 ×Type-I و FEB-2 × BT-117-5-3-1 را ترکیب‌پذیرهای بسیار ارزشمندی برای عملکرد گوجه فرنگی معرفی کردند. سلیم و همکاران (۲۴)، نشان دادند که هیبرید CC-Haus×Tibrido بیشترین اثرات مثبت و معنی‌دار SCA را برای وزن میوه و هیبریدهای CC-Haus×Nagina و H-24×Tibrido بالاترین مقدار SCA را برای طول و عرض میوه دارا بودند. اسلام (۱۱) نشان‌داد هیبرید Megha×CLN2768A بهترین ترکیب‌پذیر خصوصی برای عملکرد میوه گیاه، طول میوه، TSS، اسید اسکوربیک و هیبرید Picdeneto×Riogrands بیشترین مقدار منفی و معنی‌دار را برای متوسط وزن میوه گوجه فرنگی داشت.

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

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بوته (کیلوگرم)			متوسط وزن میوه (گرم)			طول میوه (میلی‌متر)		
		S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
بلوک	۲	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۸/۵۹^{ns}	۱/۴۴۳*	۰/۳۶۵^{ns}	۰/۴۱۵^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}
ژنوتیپ	۱۸	۰/۲۰۵**	۰/۰۳۱**	۰/۰۳۱**	۳۶۳/۳۰**	۶۳/۲۷**	۲۷/۷۸*	۸/۴۶۲**	۳/۹۶۹**	۲/۷۲۳*
والدین	۶	۰/۹۰**	۰/۰۱۰**	۰/۰۰۶**	۷۲۰/۴**	۱۵۳/۹**	۶۸/۷**	۲۱/۴**	۹/۶**	۶/۰۷**
تلاقی‌ها	۱۱	۰/۷۸۱**	۰/۱۶۲**	۰/۱۱۳**	۸۰/۸**	۵۱/۵۷**	۳۰/۸۶**	۶/۰۳**	۲/۷۷**	۱/۱۶**
والدین در مقابل تلاقی‌ها	۱	۰/۲۹۴**	۰/۱۳**	۰/۰۷۷**	۹۱۸/۸**	۳/۲۹۳**	۲/۰۰۷**	۱/۷۱**	۲/۶۹**	۷/۷۹**
لاین	۲	۰/۴۱۲**	۰/۰۰۵**	۰/۰۲۱**	۱۳/۶۳۴**	۲/۸۸۸**	۱۴/۸۲**	۲/۱۴۸**	۰/۳۷۲**	۰/۴۸۳**
تستر	۳	۰/۰۷۵**	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۱۵**	۴۱/۴۲۷**	۲۸/۵۶۸**	۱۳/۳۴**	۱/۸۱۶**	۱/۳۷۷**	۰/۱۱۲**
لاین×تستر	۶	۰/۸۸۲**	۰/۲۸۳**	۰/۲۱۲**	۲۵/۷۳۸**	۲۰/۱۱**	۲/۶۸**	۲/۰۷۰**	۱/۰۲۹**	۰/۵۴۷**
اشتباه آزمایشی	۳۶	۰/۰۰۱	۵/۶۷e$^{-۵}$	۶/۵۵e$^{-۵}$	۰/۴۵۶	۰/۱۷۳	۰/۱۷۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۲	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%

ادامه جدول ۱-

Continued Table 1.

منبع تغییرات	درجه آزادی	pH				اسیدیته کل٪			TSS (^{0}Brix)	
		S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
بلوک	۲	۰/۱۱۱**	۰/۰۲۹^{ns}	۰/۲۶۷*	۰/۱۱۰^{ns}	۰/۰۵۰^{ns}	۰/۶۳*	۳/۱۶^{ns}	۱/۰۴۶^{ns}	۱/۱۷^{ns}
ژنوتیپ	۱۸	۰/۰۳۱**	۰/۰۶۲^{ns}	۷/۶۹*	۵/۴۱**	۴/۵۷**	۷/۶۹*	۵۴/۸**	۶۴/۳۱**	۹۴/۹۱*
والدین	۶	۰/۰۳۹**	۰/۱۰۲*	۰/۱۳۸**	۱/۴۱**	۵/۳۷**	۵/۳**	۱۳۶**	۱۵۲/۵**	۱۷۹/۹**
تلاقی‌ها	۱۱	۰/۰۷۸**	۰/۱۴۵*	۰/۲۲۱**	۷/۷۳**	۸/۳۱**	۱۶**	۴۳/۰**	۴۹/۷**	۱۷۶/۱**
والدین در مقابل تلاقی‌ها	۱	۰/۰۴۲*	۰/۰۸۳^{ns}	۰/۰۹۵**	۵*	۸/۸۶**	۲۴**	۱/۱^{ns}	۵۰/۶۵**	۲۸/۹۲**
لاین	۲	۰/۰۰۲*	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۳۰**	۰/۱۴۲^{ns}	۰/۵۵۵**	۰/۹۸**	۲/۴^{ns}	۰/۶۵۰**	۲۶/۶۲**
تستر	۳	۰/۰۳۴*	۰/۰۴۱^{ns}	۰/۰۹۶**	۳/۱۰۳**	۲/۱۶۷**	۲/۸**	۲۶/۲**	۳۴/۷۴**	۱۱۶/۹۰**
لاین×تستر	۶	۰/۰۴۶**	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۰۴۶ ^{ns}	۴/۲۲**	۵/۵۸**	۱۲/۲**	۱۴/۴**	۱۴/۳۷**	۳۲/۶۲**
اشتباه آزمایشی	۳۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۸	۵۴**	۸/۸۶**	۲۴**	۱/۴۱	۲/۸۵۶	۱/۲۴۲

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-

Continued Table 1.

منبع تغییرات	درجه آزادی	قطر میوه (میلی‌متر) mm			ضخامت پریکارپ (میلی متر)mm			تعداد حجره	
		S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3	S_2	S_1
بلوک	۲	۰/۰۰۷ ns	۰/ ۰۰۳ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۵۴ns	۰/۰۰۵ns	۰/ ۰۶۹ns	۰/۰۰۱ns	۰/۳۰۳ns
ژنوتیپ	۱۸	۶/۶۵۳**	۲/۷۶**	۲/۴۳۸*	۳۰/۳۷**	۲۵/۴۱**	۱۵/۲۰**	۱۲/۹۷**	۱۰/۷۶**
والدین	۶	۱۴/۸**	۳/۲۸**	۳/۳۳**	۷۷/۳**	۶۴/۴**	۳۴/۷**	۲۹/۳**	۲۱/۴۲**
تلاقی‌ها	۱۱	۸/۴۷**	۱/۷۲**	۰/۷۹۵**	۳۲/۴۷**	۲۱/۷**	۲۳/۲**	۶/۵۷**	۹/۸۱**
والدین در مقابل تلاقی‌ها	۱	۱۱/۲۳**	۲۳/۶۲**	۲۰/۳۲**	۱۱/۴۴**	۱۹/۹۱**	۱۰/۰۰**	۳۴/۵۶**	۳۴/۱**
لاین	۲	۷/۷۷**	۰/۹۷۲**	۰/۰۰۶ns	۲۷/۹۸**	۱۸/۷۵**	۲۰/۰۴**	۱/۹۶**	۳/۹۰**
تستر	۳	۰/۱۰۱**	۰/۰۳۵**	۰/۴۰۷**	۳/۶۲**	۱/۴۵۰**	۱/۸۸۱**	۲/۹۷**	۴/۰۳۹**
لاین×تستر	۶	۰/۵۹۴**	۰/۷۲۱**	۰/۳۸۲**	۰/۸۷۰**	۱/۵۰۶**	۱/۳۳۰**	۱/۶۳**	۱/۸۸**
اشتباه آزمایشی	۳۶	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	۰/۱۲۳	۰/۰۹۲**	۰/۰۶۵	۰/۱۱۸**	۰/۲۴۴

S1شاهد: (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، :S2 تنش ملایم (۶۰٪ رطوبت زراعی)، :S3 تنش شدید: (۴۰٪ رطوبت زراعی)، ns ،* و ** به‌ترتیب: غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱ ٪

جدول ۲- برآورد ترکیب پذیری عمومی لاین‌ها، تسترها و اجزای واریانس صفات مختلف در گوجه 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 میلی‌متر (mm)			TSS٪			اسیدیته کل٪		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
T1	-۰/۰۹۳ns	-۰/۰۰۵ns	۰/۰۳۸**	۰/۴۱۲ns	۰/۱۲**	-۰/۱۲۸ns	۰/۹۲۶**	۰/۲۷۲*	-۰/۴۵۰**	۱/۸۱**	۱/۳۸*	۲/۹۶**	۰/۵۹۴**	۰/۶۷۲**	۰/۴۵۰**
T2	۰/۳۲۱**	۰/۰۲۸**	۰/۰۳۹**	-۰/۷۵۱ns	۰/۰۳۸**	-۰/۱۶۰*	-۰/۵۰۰ns	-۰/۵۸۳*	-۰/۱۸۸ns	۰/۶۹۰**	-۰/۱۸۸ns	-۱/۵۶ns	-۰/۷۷۲ns	-۰/۴۹ns	۰/۱۲۸**
T3	-۰/۱۱۹ns	-۰/۰۲۶ns	-۰/۰۵۳ns	۰/۴۳۴ns	۱/۲۹**	۰/۹۶۷**	- ۰/۲۸۹*	۰/۰۵۶ns	۰/۲۹۴**	-۲/۲۰ns	-۲/۷۰*	-۴/۳۶**	۰/۰۸۳ns	-۰/۰۱ns	۰/۲۷۲**
T4	-۰/۱۱۰ns	۰/۰۰۳*	-۰/۰۳۲ns	-۰/۰۹۹ns	۰/۵۹۳**	-۰/۵۲۹*	-۰/۱۳۱ns	۰/۲۵۷**	-۰/۵۵۰ns	-۰/۲۹۸ns	۱/۵۲*	۲/۹۴**	۰/۰۹۴ns	-۰/۱۶*	-۰/۸۶۱*
اشتباه معیار	۰/۱۷۶	۰/۴۹۰	۰/۰۹۹	۰/۲۸۷	۰/۰۱۵	۰/۱۶۵	۰/۱۱۷	۰/۱۰۱	۰/۰۸۵	۰/۳۹۶	۰/۵۶۳	۰/۳۷۱	۰/۱۰۹	۰/۱۰۱	۰/۰۸۶
L1	۰/۱۳۸**	۰/۳۸**	۰/۰۸۳**	-۰/۵۶۸ns	۰/۱۲۸ns	-۰/۶۶۸ns	-۱/۲۲ns	-۱/۲۱ns	-۱/۴۳ns	۰/۰۵۹ns	۰/۱۴۲ns	-۰/۵۰۲ns	۰/۰۰۸ns	۰/۱۱ns	۰/۱۷۸**
L2	-۰/۰۷۷**	-۰/۰۴۵ns	-۰/۰۷۳ns	۰/۰۱۶ns	۰/۹۳۴**	۰/۸۰۱**	-۰/۱۲۵*	-۰/۰۶۸ns	-۰/۱۶۸ns	۱/۴۵**	۰/۱۳۲ns	۰/۳۵۸**	-۰/۱۱۷ns	-۰/۲۴ns	۰/۱۵۳ns
L3	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۷**	-۰/۰۱۳ns	۰/۵۷۲**	۰/۴۷۳**	-۰/۱۳۵ns	۱/۳۵**	۱/۲۸**	۱/۶۰**	-۱/۵۲ns	-۰/۲۶۶*	۰/۱۴۷ns	۰/۱۰۰ns	۰/۱۵ns	-۰/۳۳۱ns
اشتباه معیار	۰/۰۸۶	۰/۴۲۴		۰/۲۴۹	۰/۰۹۹	۰/۱۴۳	۰/۰۷۴	۰/۰۸۸	۰/۱۰۱	۰/۳۲۲	۰/۴۸۸	۰/۳۴۳	۰/۰۷۵	۰/۰۸۷	۰/۰۹۴

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%

, Testers: T1:LA1607, T2:LA2656, T3:2080, T4:LA1579 Lines: L1:Bitstoik, L2:Kingstone, L3:Petoearly

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2.

منابع تغییرات	متوسط وزن میوه (گرم)gr			قطر میوه (میلی‌متر)mm			طول میوه (میلی‌متر)mm			pH		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S2	S2	S1
T1	-۲/۰۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۹۷۴**	-۰/۰۶۶^{ns}	-۰/۰۴۶^{ns}	-۰/۲۱۷^{ns}	-۰/۳۶۳^{ns}	-۰/۲۹۸^{ns}	۰/۰۵۴**	۰/۰۴۳^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}
T2	۲/۱۸**	۰/۰۲۸**	۱/۱۲**	۰/۱۷۵**	-۰/۰۵۷^{ns}	-۰/۱۲۸^{ns}	۰/۶۲۶**	۰/۵۶۲**	۰/۰۴۷**	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۱۶۹**
T3	۱/۴۷**	-۰/۰۲۶*	-۰/۸۸۶^{ns}	-۰/۰۴۳^{ns}	۰/۰۷۰**	۰/۰۹۴**	۰/۰۱۸^{ns}	-۰/۲۳۱*	۰/۰۶۷**	-۰/۰۶۴^{ns}	-۰/۰۱۱^{ns}
T4	-۱/۶۷^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	-۱/۲۱^{ns}	-۰/۰۵۴*	۰/۰۳۶**	۰/۲۵۲**	-۰/۲۸۶*	-۰/۰۳۱^{ns}	-۰/۱۶۶^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	-۰/۰۷۱^{ns}
اشتباه معیار	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۱۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۶۷
L1	۰/۱۳۸**	۰/۰۳۸**	۱/۲۶**	-۰/۳۸۵^{ns}	۰/۳۱۰**	-۰/۰۰۳^{ns}	-۰/۲۲۸^{ns}	۰/۱۰۲**	۰/۲۰۹**	-۰/۰۶۵^{ns}	۰/۰۹۹^{ns}
L2	-۰/۱۷۰^{ns}	-۰/۰۴۵*	-۰/۴۳^{ns}	-۰/۵۴۳^{ns}	-۰/۰۵۸**	۰/۰۲۳**	-۰/۲۶۳^{ns}	-۰/۲۰۳*	-۰/۱۹۱^{ns}	۰/۰۵۱^{ns}	۰/۱۷۴**
L3	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۷**	-۸۲^{ns}	۰/۹۲۳**	-۰/۲۵۰^{ns}	-۰/۰۲۰*	۰/۴۸۷**	۰/۱۰۲**	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	-۰/۰۲۵^{ns}
اشتباه معیار	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۱۱۹	۰/۰۲۴	۰/۰۳۷	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۹۱	۰/۰۲۶	۰/۰۵۸

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

لاین‌ها: L1:Bitstoik ، L2:Kingstone، L3:Petoearly 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

منابع تغییرات	عملکرد کل(تن/هکتار)			تعداد حجرات			TSS%		
تلاقی‌ها	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
L1×T1	۰/۰۸۳**	۰/۰۶۸^{ns}	۰/۰۵۹**	-۰/۳۸۷^{ns}	-۰/۳۶۲^{ns}	۰/۵۹۷*	-۰/۱۶۹^{ns}	-۱/۹۶^{ns}	۱/۳۳*
L1×T2	۰/۲۰۹**	-۰/۰۳۵^{ns}	۰/۰۲۳**	۱/۱۰*	۰/۰۵۷^{ns}	۰/۶۷۸*	-۰/۶۰۲^{ns}	۰/۹۵^{ns}	-۰/۰۹۹^{ns}
L1×T3	-۰/۱۰۱^{ns}	-۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۳۱**	-۰/۴۰۹^{ns}	-۱/۰۲^{ns}	-۰/۵۵۸*	۱/۰۶^{ns}	۱/۲۵^{ns}	۰/۴۹۹^{ns}
L1×T4	-۰/۱۹۲^{ns}	۰/۰۹۹^{ns}	-۰/۱۰۹^{ns}	-۰/۳۰۹^{ns}	-۰/۷۲۲^{ns}	-۰/۷۴۳*	-۰/۲۹۷^{ns}	-۰/۲۵۴^{ns}	-۱/۷۱^{ns}
L2×T1	-۰/۰۴۹^{ns}	-۰/۰۴۲^{ns}	-۰/۰۱۲^{ns}	۰/۸۴۴^{ns}	-۰/۴۶۷*	۰/۰۳۶^{ns}	-۱/۹۳^{ns}	-۰/۵۰۵^{ns}	-۲/۸۹^{ns}
L2×T2	–/۰۶۶^{ns}	۰/۰۲۵**	۰/۰۱۸**	-۰/۶۸۳*	-۰/۹۷۲^{ns}	-۰/۰۱۶^{ns}	-۱/۲۷^{ns}	-۱/۷۵^{ns}	-۲/۳۸^{ns}
L2×T3	۰/۰۴۱*	۰/۰۶۳*	-۰/۰۳۰^{ns}	-۰/۸۴۵*	-۰/۹۷۱^{ns}	۰/۳۵۳^{ns}	۱/۵۲*	-۰/۲۳۹^{ns}	۰/۲۲۳^{ns}
L2×T4	۰/۰۷۳**	-۰/۰۴۶^{ns}	-۰/۰۳۳^{ns}	۰/۶۸۸^{ns}	۰/۳۶۳^{ns}	۰/۳۰۶^{ns}	۱/۶۸*	۲/۴۹**	۵/۰۷**
L3×T1	-۰/۰۳۴^{ns}	۰–/۰۴۰^{ns}	-۰/۰۲۷^{ns}	-۰/۴۵۴*	-۰/۷۰۷*	-۰/۶۵۳^{ns}	۲/۱۰**	۲/۵۴**	۱/۵۸*
L3×T2	-۰/۱۴۴^{ns}	-۰/۰۶^{ns}	-۰/۰۴۰^{ns}	-۰/۴۲۴*	-۰/۶۲۱^{ns}	-۰/۶۸۲^{ns}	۱/۸۷*	۰/۷۹^{ns}	۲/۴۹**
L3×T3	-۰/۰۵۹**	-۰/۰۵۹^{ns}	-۰/۰۰۶^{ns}	۱/۲۵^{ns}	۰/۴۵۷*	۰/۸۹۲**	-۲/۵۹^{ns}	-۱/۰۱^{ns}	-۰/۷۰۷^{ns}
L3×T4	۰/۱۱۸**	۰/۱۴۶**	۰/۰۸۳**	-۰/۳۷۶^{ns}	-۱/۱۱^{ns}	۰/۴۱۷^{ns}	-۱/۳۹^{ns}	-۲/۲۴^{ns}	-۳/۳۴^{ns}
اشتباه معیار	۰/۱۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۴۹۷	۰/۱۹۸	۰/۲۸۵	۰/۶۸۳	۰/۹۷۶	۰/۶۴۳
σ^2A	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۵۰^{ns}	۰/۰۳۷^{ns}	۰/۰۸۲^{ns}	۲/۵۹^{ns}	۴/۱۶^{ns}	۴/۸۸^{ns}
σ^2GCA	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۵*	۰/۰۱۸*	۰/۰۴۱*	۰/۰۹۹**	۰/۱۳۲**	۰/۹۴۴**
σ^2D	۰/۰۲۵*	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۵*	۰/۷۷۲*	۰/۵۰۶*	۰/۵۴۵*	۲/۳۳*	۳/۸۴**	۴/۴۶*
σ^2SCA	۰/۰۲۵*	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۵*	۰/۷۷۲*	۰/۵۰۶*	۰/۵۴۵*	۲/۳۳*	۳/۸۴*	۴/۴۶**
σ^2GCA/SCA	۰/۲۴*	۰/۱۱*	۰/۰۲*	۰/۰۳*	۰/۰۴*	۰/۰۸*	۰/۰۴*	۰/۰۳**	۰/۲۱*

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 ٪

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

ادامه جدول ۳ -

Continued Table 3.

منابع تغییرات		متوسط وزن میوه (گرم)			اسیدیته کل٪			pH		
تلاقی‌ها	S1	S2	S3	S1	S2	S3	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
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 **	۰/۱۱۳ **	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	-۱/۲۲ ns	-۱/۴۱ ns	-۱/۹۳ ns	۰/۰۰۴ ns	-۰/۰۳۰ ns	-۰/۲۶۶ *
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^2A	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^2GCA	۰/۴۷۹	۰/۳۵۵	۰/۴۴۱	۰/۰۰۱ *	۰/۰۸۰ **	۰/۲۰۱ *	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
σ^2D	۰/۰۹۰	۰/۰۴۶	۰/۲۲۱	۱/۵۸ **	۱/۸۳ *	۳/۹۷ **	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۵*
σ^2SCA	۷/۴۲	۴/۴۵	۰/۸۳۷	۱/۵۸ **	۱/۸۳ **	۳/۹۷ **	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۵*
σ^2GCA/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 ** به‌ترتیب: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱ ٪

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

ادامه جدول ۳-

Continued Table 3.

منابع تغییرات	طول میوه (سانتی‌متر)			قطر میوه (سانتی‌متر)			ضخامت پریکارپ (میلی‌متر)		
تلاقی‌ها	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
L1×T1	-۱/۲۷^{ns}	-۰/۶۰۲**	-۰/۲۴۵^{ns}	-۰/۶۵۹**	-۰/۴۴۱^{ns}	-۰/۳۴۱**	-۰/۵۹۵**	-۰/۸۴۱*	۰/۱۵۶^{ns}
L1×T2	-۰/۱۲۸^{ns}	-۰/۱۶۲^{ns}	-۰/۵۳۸^{ns}	۰/۰۸۵*	-۰/۴۲۹*	-۰/۳۶۳^{ns}	۰/۳۰۷^{ns}	۰/۴۴۸*	۰/۴۳۷*
L1×T3	۰/۶۲۳**	۰/۶۳۱**	۰/۵۴۲**	۰/۴۸۵**	۰/۶۴۴**	۰/۳۱۴^{ns}	۰/۰۲۰^{ns}	-۰/۱۹۱^{ns}	۰/۱۷۸^{ns}
L1×T4	۰/۷۷۳**	۰/۱۳۳**	۰/۱۷۵**	۰/۰۹۶^{ns}	۰/۱۹۱*	۰/۳۹۵**	۰/۲۶۲^{ns}	۰/۵۸۴**	-۰/۷۷۷^{ns}
L2×T1	۰/۷۳۰**	۰/۴۰۳**	۰/۱۱۵**	۰/۱۹۹**	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۱۹۹**	۰/۸۰۵**	۱/۰۴**	۰/۴۲۵*
L2×T2	۰/۱۰۸^{ns}	−۰/۴۷۷	۰/۰۳۵^{ns}	-۰/۱۵۷	۰/۱۷۲*	۰/۱۷۷**	-۰/۵۰۳**	-۰/۳۳۲^{ns}	-۰/۴۳۷^{ns}
L2×T3	-۰/۱۸۴^{ns}	-۰/۰۶۴	-۰/۲۵۸^{ns}	-۰/۰۲۳*	-۰/۳۸۱^{ns}	-۰/۱۱۲**	-۰/۳۰۴	-۰/۱۲۱**	۰/۱۸۱^{ns}
L2×T4	-۰/۶۴۸^{ns}	۰/۱۳۶**	۰/۰۴۲^{ns}	-۰/۰۱۲	۰/۱۴۶*	-۰/۲۶۳^{ns}	-۰/۰۰۵**	-۰/۵۹۵**	-۰/۱۷۵**
L3×T1	۰/۵۴۷**	۰/۲۰۰**	۰/۰۸۰**	۰/۴۶۶**	۰/۳۸۶**	۰/۱۴۲**	−۰/۲۱۵**	-۰/۲۰۶^{ns}	-۰/۵۸۶**
L3×T2	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۶۴۰**	۰/۴۵۳*	۰/۰۷۷^{ns}	۰/۲۳۱**	۰/۱۸۷**	۰/۱۹۱^{ns}	-۰/۱۱۷**	-۰/۰۰۵**
L3×T3	-۰/۴۳۴^{ns}	-۰/۵۶۷**	-۰/۳۳۳**	-۰/۴۵۷**	-۰/۲۸۹^{ns}	-۰/۲۰۲**	۰/۲۸۰^{ns}	۰/۳۱۱^{ns}	-۰/۳۶۴^{ns}
L3×T4	-۰/۱۳۱*	-۰/۲۶۷^{ns}	-۰/۲۶۷*	-۰/۰۷۹^{ns}	-۰/۳۶۳^{ns}	-۰/۱۲۷^{ns}	-۰/۲۶۱^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۹۴۸**
اشتباه معیار	۰/۰۵۸	۰/۰۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۷۳	۰/۰۴۸	۰/۲۰۲	۰/۱۷۵	۰/۱۴۷
σ^2A	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۱۰۱^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۰/۴۹۰^{ns}	۰/۵۶۹^{ns}	۰/۴۴۶^{ns}
σ^2GCA	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۶*	۰/۰۵۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۳*	۰/۲۴۵**	۰/۲۷۵*	۰/۲۲۱**
σ^2D	۰/۱۱۷*	۰/۱۴۲**	۰/۱۹۰*	۰/۶۸۸**	۰/۲۳۵*	۰/۱۵۵**	۰/۲۴۹*	۰/۴۷۱**	۰/۴۲۲*
σ^2SCA	۰/۱۱۷**	۰/۱۴۲*	۰/۱۹۰**	۰/۶۸۸*	۰/۲۳۵**	۰/۱۵۵*	۰/۲۴۹**	۰/۴۷۱**	۰/۴۲۲*
σ^2GCA/SCA	۰/۰۲*	۰/۰۴**	۰/۰۳*	۰/۰۷**	۰/۰۰۴*	۰/۰۲*	۰/۹۸**	۰/۵۸**	۰/۵۲**

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 ٪

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

اجزا واریانس ژنتیکی

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 به‌نظر می‌رسد که استفاده از روش انتخاب بین نسل‌ها برای بهبود این صفات بهتر خواهد بود وونگ و همکاران (۳۵). مقدار کمتر واریانس σ^2gca از واریانس σ^2sca برای متوسط وزن میوه، عملکرد گیاه، تعداد حجرات و TSS با گزارش غباری و همکاران (۱۰) مطابقت داشت. غالبیت اثر غیر افزایشی ژن برای صفات مختلف درگوجه 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 ازیک 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 Bitstoik 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×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 کم آبی 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.

منابع

1. 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.
2. 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.
3. 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.
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. 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.
6. Chandha, S., J. Kumar and V. Vidyasagar. 2001. Combining ability over environments in tomato. Indian Journal. Agricultural. 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. 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.
9. 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 applyed Sciences, 6(9): 1622-1633.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Kemptorn, 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 SocietyHorticultural 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. Jocic 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 Noori[1], Alireza Motallebi Azar[2], Mehdi Saidi[3], Jaber Panahandeh[2] and Shahnaz Fathi[4]

1- Graduted 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