DOI: 10.22092/spj.2026.372068.1465

"نهال و بذر"
جلد ۴۱، شماره ۱، سال ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

برآورد تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات مورفولوژیکی و عملکرد لاین‌های پیشرفته گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای برای انتخاب لاین‌های والدینی با عملکرد زودرس

Estimation of Genetic Variability and Heritability of Morphological Traits and Yield of Advanced Greenhouse Tomato Lines for Selection of Early Yield Parental Lines

شهربانو وکیلی بسطام[۱*]، محمدرضا ایمانی[۲] و محمدعلی آقاجانی[۳]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
۲- استادیار، پژوهشکده گلخانه و محیط‌های کنترل‌شده، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- دانشیار، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۳۱

چکیده

وکیلی بسطام، ش.، ایمانی، م. ر. و آقاجانی، م. ع. ۱۴۰۴. برآورد تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات مورفولوژیکی و عملکرد لاین‌های پیشرفته گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای برای انتخاب لاین‌های والدینی با عملکرد زودرس. **نهال و بذر ۴۱:** ۱۱۴-۹۵

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از مهمترین سبزی‌های میوه‌ای در سراسر جهان است. یکی از مهمترین عوامل در افزایش کمیت و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، معرفی ارقام جدید پرعملکرد و هیبرید است. جهت تولید بذور هیبرید اولین گام تولید و انتخاب لاین‌های والدینی است. در این پژوهش ۴۹ لاین پیشرفته گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای که در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در گرگان تولید شده اند، مورد ارزیابی قرار گرفتند تا لاین‌های با عملکرد زودرس در برداشت یک‌ماهه جهت ورود به برنامه بهنژادی تولید ارقام هیبرید داخلی با عملکرد پیش‌رس انتخاب شوند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌دار بین لاین‌ها برای صفات مورد بررسی وجود داشت. اغلب این صفات در لاین‌های مورد مطالعه دارای وراثت‌پذیری عمومی بالا بودند. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت بین عملکرد میوه با تعداد میوه، وزن میوه با قطر میوه، و همبستگی منفی بین مواد کل جامد محلول و pH مشاهده شد. تجزیه خوشه‌ای ۴۹ لاین مورد بررسی را به چهارگروه تقسیم کرد. لاین شماره‌ی ۱۵ از گروه سوم، زودرس و با عملکرد میوه بالا، وزن میوه‌ی متوسط، لاین شماره‌ی ۳۶ از گروه چهارم با عملکرد میوه مناسب با وزن تک‌میوه‌ی بالا و میزان مواد کل جامد محلول حدود ۵٪ و pH کمتر از ۴/۵، لاین ۵۴ از گروه اول با وزن میوه‌ی بالای ۱۵۰ گرم و طول بوته مناسب به عنوان لاین‌های والدینی مناسب برای استفاده در برنامه های بهنژادی گوجه فرنگی گلخانه‌ای شناسایی و انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: گوجه فرنگی، تعداد میوه، وزن میوه، طول گیاه، وراثت‌پذیری عمومی.

* نگارنده مسئول: sh.vakili@areeo.ac.ir تلفن: ۰۱۷۳۲۱۷۹۰۶۳

2025© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

مقدمه

گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از محبوب‌ترین و پرمصرف‌ترین سبزی‌های میوه‌ای در سراسر جهان است. گوجه فرنگی یک گیاه مهم تجاری و غذایی است و به دلیل ارزش صادراتی آن جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات سبزیجات دارد (Singh *et al*., 2014). کشت این گیاه را می‌توان در فضای باز و یا در گلخانه تحت شرایط کنترل شده انجام داد. افزایش جمعیت، نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی و محدودیت منابع آب، بشر را به سمت کشت‌های گلخانه‌ای سوق داده است. به دلیل مسائل اقتصادی امروز، کشت‌های گلخانه‌ای سبزی و صیفی، به جهت تولید عملکرد پایدار درحال توسعه هستند (Rodica *et al*., 2015).

از آنجایی‌که در کشت‌های گلخانه‌ای سامانه کشت، انرژی و سایر هزینه‌های اجرایی متأثر از پتانسیل ارقام هستند، ادعا شده است رقم یکی از مهمترین عوامل دانش محور تولید است و بخش عمده‌ای از فناوری کشت را شامل می‌شود (Becherescu *et al*., 2015). انتخاب رقم مناسب همراه با مدیریت صحیح تولید و سامانه‌های مناسب گلخانه برای موفقیت تولید ضروری هستند (Hochmuth and Hochmuth, 2012). در دو دهه گذشته پژوهش‌های مختلفی برای اصلاح و بهبود عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی انجام شده است (Mirshamsi-Kakhki *et al*., 2008; Sekhar *et al*., 2010; Mohsenifard *et al*., 2011; Hassan *et al*., 2021).

مهمترین اهداف به‌نژادگران افزایش عملکرد محصول گوجه‌فرنگی، زودرسی، مقاومت به بیماری‌ها، و بهبود صفات مربوط به کیفیت میوه بوده است (Golcheshmeh *et al*., 2022). یکی از مهمترین عوامل در افزایش کمیت و کیفیت تولید میوه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، معرفی ارقام جدید پرعملکرد و هیبرید است که سازگار به فناوری‌های نوین گلخانه و شرایط خاص هر منطقه باشند (Gavrish *et al*., 2022; Bakhtiyarovna Dyamurshayeva *et al*., 2017 and Ali *et al*., 2015).

تاکنون صدها رقم گوجه‌فرنگی با استفاده از روش‌های مدرن بهنژادی معرفی شده‌اند. از میان این روش‌ها، تولید بذر هیبرید گوجه‌فرنگی به دلیل افزایش عملکرد و امکان محافظت طبیعی از حقوق به‌نژادگر بسیار مورد توجه مؤسسات تولید بذر سبزیجات قرار گرفته است (Najib *et al*., 2017). عمده‌ی بذور گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در ایران وارداتی هستند. استفاده از بذور هیبرید خارجی، ضمن ایجاد وابستگی، موجب خروج میزان قابل توجهی ارز از کشور می‌شود. بنابراین، برای قطع واردات و جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی، تولید بذور هیبرید سازگار با شرایط اقلیمی کشور یکی از ضروریات اجتناب ناپذیر است. برای تولید بذر هیبرید نیاز به تولید لاین‌های خالص با قدرت ترکیب‌پذیری بالا می‌باشد (Najib *et al*., 2017). ارقام تجاری هیبرید گوجه‌فرنگی می‌توانند به عنوان منبع ژرم‌پلاسم مفید برای تولید لاین‌های اینبرد باشند

(Hernandez *et al*., 2019). با توجه به بالا بودن هزینه‌های تولید در گلخانه، تولید محصول در زمان اوج تقاضا در اول فصل، بسیار مهم و گاهی تعیین کننده اقتصادی بودن تولید است. بسیاری از ارقام گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای موجود پتانسیل عملکرد میوه بالایی دارند ولی از لحاظ زودرسی و زمان شروع برداشت ممکن است ایده آل نباشند. بنابراین تولید ارقام هیبرید با عملکرد میوه زودرس می تواند از اهداف مهم برنامه بهنژادی تولید لاین‌های والدینی باشد.

در بررسی پارامترهای ژنتیکی ۲۸۴ ژنوتیپ F_2 گوجه‌فرنگی، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی برای میانگین وزن میوه و عملکرد کل میوه گزارش شد درصورتی‌که این ضرایب برای ارتفاع بوته و اولین گلدهی در ۵۰٪ بوته‌ها پایین بود (Sharanappa and Mogali, 2014). در بررسی ۴۰ ژنوتیپ گوجه فرنگی در شرایط گلخانه، تنوع بسیار زیادی بین ژنوتیپ‌ها گزارش شد. همچنین نسبت ضریب تنوع ژنتیکی به فنوتیپی بالا برای ارتفاع بوته، میانگین وزن میوه و عملکرد میوه گزارش شد (Lekshmi and Celine, 2017). تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه یک گیاه از نظر ژنتیکی و جغرافیایی و تعیین والدین در هیبریداسیون مفید است (Farahani and Arzani, 2009). در پژوهشی ۱۹ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی نامحدودرشد با تجزیه خوشه‌ای به ۵ گروه تقسیم شدند و ژنوتیپ‌های سه گروه برای عملکردمیوه بالا، زود گل‌دهی و بیماری پیچیدگی برگ گوجه‌فرنگی پیشنهاد شدند (Meena and Bahadur, 2015).

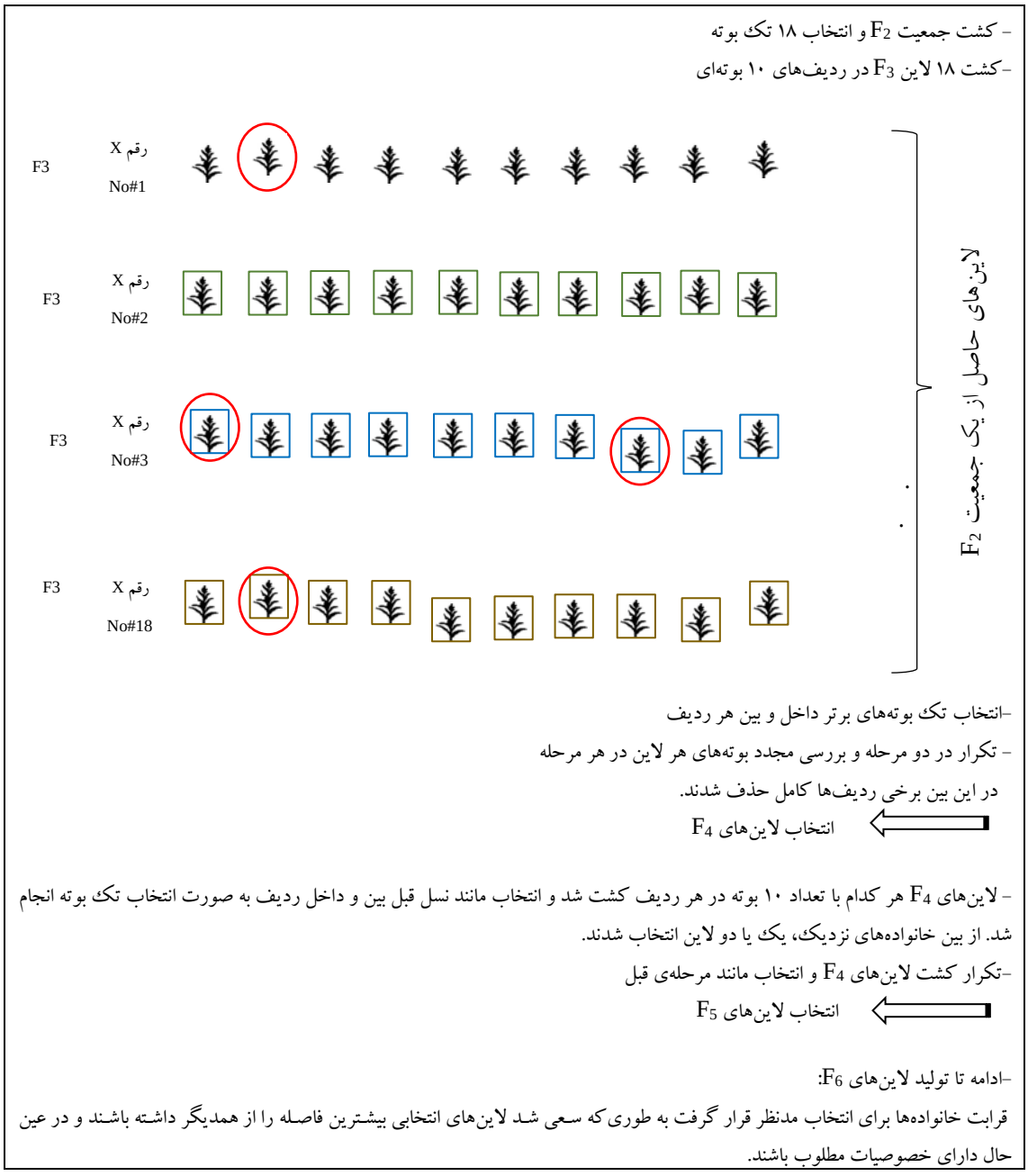
در این پژوهش تعداد ۴۹ لاین پیشرفته که از ارقام تجاری هیبرید گوجه‌فرنگی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در گرگان خالص‌سازی و انتخاب شده‌اند، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند تا علاوه بر ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات عملکردی و مورفولوژیکی لاین‌های پیشرفته گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، لاین‌های والدینی با عملکرد میوه زودرس و سایر ویژگی‌های مطلوب عملکردی جهت استفاده در برنامه بهنژادی و تولید بذور هیبرید داخلی شناسایی و انتخاب شوند. در این پژوهش با تمرکز بر شناسایی و انتخاب لاین‌های والدینی با عملکرد میوه زودرس، صفات عملکردی لاین‌ها در یک دوره برداشت یک‌ماهه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش با هدف ارزیابی لاین‌های پیشرفته گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و شناسایی و انتخاب لاین‌های والدینی جهت تولید بذر هیبرید، تعداد ۴۹ لاین خالص پیشرفته (F5) در گلخانه‌ی بستر خاک در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان درگرگان کشت شدند. تعداد نه هیبرید تجاری خارجی گوجه‌فرنگی برای تولید این لاین‌ها در نظر گرفته شد.

پس از بذرگیری از میوه‌های F_1، در جمعیت F_2 حداقل ۱۰۰ بوته، در لاین‌های F_3 حاصله تعداد

۳۰ بوته، در لاین‌های F_4 تعداد ۲۰ بوته و در لاین‌های F_5 تعداد ۱۵ بوته برای تولید لاین‌های F_6 کشت گردید. انتخاب در نسل‌های در حال تفرق بر اساس صفات مدنظر به صورت شجره‌ای و با انتخاب تک بوته‌های برتر در هر نسل انجام شد. تعداد ۴۹ لاین F_5 برای ارزیابی صفات مربوط به عملکرد میوه زودرس در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. مراحل و نحوه‌ی انتخاب لاین‌ها به طور شماتیک برای نتاج حاصل از یک رقم در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- نمودار شماتیک انتخاب لاین‌ها در جمعیت حاصل از رقم تجاری X

Fig. 1. Schematic diagram of line selection in the population resulting from commercial cultivar X.

ارزیابی و مقایسه لاین‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و با چهار بوته در هر واحد آزمایشی انجام شد. برای تهیه نشا بذرها در سینی نشا در بستر کوکوپیت-پرلیت کشت شدند. نشاها پس از حدود ۳۰ روز که چهار تا شش برگ حقیقی تولید کردند در هفته اول شهریور ۱۴۰۲ به بستر اصلی گلخانه انتقال داده شدند. کشت به صورت دوردیفه در گلخانه‌ی بستر خاک با فاصله‌ی بین ردیف ۱۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر و با فاصله‌ی روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. هرس و تربیت بوته‌ها (به صورت تربیت تک شاخه‌ای) و گرده‌افشانی مکانیکی به طور روزانه انجام شد.

با به‌کارگیری سامانه‌های گرمایشی و سرمایشی دمای روزانه بین ۲۰ تا ۲۸ و دمای شبانه بین ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد، و رطوبت حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد برای گلخانه در نظر گرفته شد. برای انجام تهویه و خنک‌سازی از دریچه‌های جانبی، فن‌های اگزاست و سیرکوله و برای گرمایش از هیتر کابینتی استفاده شد.

در این پژوهش ۴۹ لاین پیشرفته گوجه فرنگی از لحاظ عملکرد در دوره برداشت یک ماهه (با هدف شناسایی و انتخاب لاین‌های زودرس)، تعداد میوه بازارپسند (از لحاظ اندازه و بدون عوارض فیزیولوژیک)، میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه، فاصله اولین خوشه گل از طوقه، طول بوته در آخرین برداشت، تعداد برگ تا اولین گل‌آذین، مواد جامد محلول و pH آب میوه، یادداشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. به علت تمرکز این پژوهش بر شناسایی و انتخاب لاین‌های والدینی زودرس، صفات تجاری مهم نظیر سفتی بافت میوه و ماندگاری میوه در انتخاب لاین‌ها در این پژوهش مورد بررسی قرار نگرفت.

یکنواختی لاین‌ها از لحاظ صفات رویشی و شکل و اندازه میوه به طور مشاهده‌ای در طی نسل‌های در حال تفکیک در نظر گرفته شد و لاین‌های دارای غیریکنواختی در آزمایش وارد نشدند. دوره یک ماهه برداشت از اولین برداشت در نظر گرفته شد و در این دوره تعداد شش برداشت انجام شد. این آزمایش با تمرکز بر انتخاب لاین‌های زودرس انجام شد تا لاین‌های انتخابی برای استفاده در برنامه‌های دورگ‌گیری با سایر لاین‌های انتخابی قبلی وارد شوند.

عملکرد میوه در بوته، تعداد میوه بازارپسند، فاصله اولین خوشه گل از طوقه، طول بوته در آخرین برداشت و تعداد برگ تا اولین گل‌آذین در هر چهار بوته در هر واحد آزمایشی یادداشت شد و میانگین صفات برای هر تیمار در نظرگرفته شد. برای اندازه‌گیری خصوصیات میوه، خصوصیات سه میوه به طور تصادفی در هر واحد آزمایشی در هر برداشت اندازه‌گیری شد و از میانگین برداشت‌ها برای تجزیه‌های آماری استفاده شد.

برای صفات مورد بررسی نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو (Shapiro) در نرم‌افزار R بررسی شد. همچنین نمودارهای مانده‌ها در

مقابل برآوردها، نمودار Q-Q، نمودار مانده‌های استاندارد شده و خطای تفکیک شده‌ی تیمار، فرضیات مدل تجزیه واریانس را تأیید کردند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نقشه‌ی همبستگی و تجزیه خوشه‌ای میانگین استاندارد شده صفات به روش وارد با نرم‌افزار آماری R 4.4.2 انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برآورد اجزای واریانس های فنوتیپی و ژنتیکی بر اساس جدول ۱ انجام شد.

جدول ۱- فرمول‌های مورد استفاده برای برآورد اجزای واریانس‌های فنوتیپی و ژنتیکی

Table 1. The formula used for estimating the phenotypic and genetic variance components

Variance	واریانس	فرمول Formula	منبع Reference
Environmental Variance(σ_e^2)	واریانس محیطی	$\sigma_e^2 = MSe$	Burton and De Vane, 1953
Genotypic Variance (σ_g^2)	واریانس ژنتیکی	$\sigma_g^2 = \frac{MSg - MSe}{r}$	Burton and De Vane, 1953
Phenotypic Variance (σ_p^2)	واریانس فنوتیپی	$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$	Burton and De Vane, 1953
Genotypic Coefficient of Variation (GCV)	ضریب تغییرات ژنتیکی	$GCV=\frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\breve{x}} \times 100$	Burton and De Vane, 1953
Phenotypic Coefficient of Variation (PCV)	ضریب تغییرات فنوتیپی	$PCV=\frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\breve{x}} \times 100$	Burton and De Vane, 1953
Broad sense heritability (h^2)	وراثت‌پذیری عمومی	$h^2=\frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100$	Singh and Chaudhary, 1985

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که لاین‌های مختلف گوجه‌فرنگی برای کلیه‌ی صفات در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول۲). وجود تفاوت معنی‌دار بین لاین‌ها برای صفات مورد بررسی، نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی از لحاظ صفات مورد مطالعه در بین لاین‌های تفکیک‌شده از جمعیت‌های اولیه است. همچنین نشان می‌دهد که انتخاب در طی نسل‌های خالص‌سازی موجب تولید لاین‌های با تنوع ژنتیکی بالایی شده است که از این تنوع می‌توان در برنامه های بهنژادی برای تولید ارقام هیبرید استفاده کرد.

واریانس‌های فنوتیپی، ژنتیکی و محیطی

واریانس‌های ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی و همچنین ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری برای صفات مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج نشان داد که عملکرد میوه دارای بالاترین واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی بود. بالاترین ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برای تعداد میوه مشاهده شد و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برای طول میوه و pH بود (جدول ۲).

جدول۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آزمایش و برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و فنوتیپی برای لاین‌های پیشرفته گوجه فرنگی گلخانه‌ای

Table 2. Analysis of variance for studied traits and estimation of genetic phenotypic variance components for advanced glasshouse tomato lines

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df	Y	FN	FW	FD	FL	PL	LN	FID	TSS	pH
Line	لاین	48	168231.00**	15.54**	1142.00**	150.87**	49.78**	486.40**	9.21**	391.50**	1.73**	0.44**
Error	خطا	98	30666.00	3.24	170.00	12.54	12.51	215.1	1.67	94.00	0.29	0.05
Genetic variation	واریانس ژنتیکی		45855.00	4.10	324.00	46.11	12.42	90.43	2.51	99.17	0.48	0.13
Phonotypic variation	واریانس فنوتیپی		76521.00	7.34	494.00	58.65	24.93	305.40	4.18	193.17	0.77	0.18
Genetic coefficient variation	ضریب تغییرات ژنتیکی		38.63	58.01	17.29	12.54	6.98	11.45	28.08	16.24	16.86	7.85
Phonotypic coefficient variation	ضریب تغییرات فنوتیپی		49.90	77.63	21.35	14.12	9.90	21.05	36.24	22.67	21.36	9.24
Broad sense heritability	وراثت پذیری عمومی		59.92	55.85	65.58	78.62	49.82	29.61	60.05	51.34	62.34	86.67

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

عملکرد میوه: Y، تعداد میوه: FN، وزن میوه: FW، قطر میوه: FD، طول میوه: FL، طول بوته: PL، تعداد برگ تا اولین گل‌آذین: LN، فاصله اولین خوشه از طوقه: FID، مواد کل جامد محلول: SS و اسیدیته: pH.

Y: Fruit yield, FN: Fruit number, FW: Fruit weight, FD: Fruit diameter, FL: Fruit length, PL: Plant length, LN: Leaf number below first cluster, FID: First inflorescence distance, TSS: Total soluble solids, and pH: Acidity.

ضـــرایـب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برای تعیین وجود یا عدم وجود تنوع برای صفات مورد نظر استفاده می‌شود. مقایسه این ضـــرایب، تأثیر عوامل محیطی را بر روی ویژگی مورد بررسی نشان می‌دهد. نزدیک بودن ضـــریب تغییرات ژنتیکی به ضـــریب تغییرات فنوتیپی برای صـــفات مورد بررســـی (جدول ۲) نشان می‌دهد که بخش عمده تنوع مشاهده شده ناشی از تفـــــاوت ژنوتیپکی لاین‌ها می‌باشد و محیـــط تأثیر اندکی دارد که با توجه به شرایط یکنواخت محیط گلخانه دور از انتظار نبود.

وراثت‌پذیری اغلب صفات مورد ارزیابی در آزمایش، در حد بالایی بوده و ضـــرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی نیز از روند تغییرات مشـــابهی برخوردار بودنـد (جـدول ۲). وراثـت‌پـذیری معیاری اســـت که نوع روش بهنژادی و قابلیت توارث هر ویژگی را برای گیاه مشخص می‌کند و در واقع بیان‌کننده سهم تغییرات ژنتیکی از کل تغییرات موجود اســـت. گزینش هر ویژگی به میزان تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی در بروز آن ویژگی بستگی دارد. هرگاه سهم عوامل ژنتیکی بیشتر از عوامل محیطی باشد، نقش آن در نمود فنوتیپ بیشتر است و اگر سهم عوامل محیطی بیشـــتر باشـــد، گزینش بر اســـاس آن ویژگی نتیجه‌بخش نخواهد بود.

استانسفیلد (Stansfield, 1991) بیان داشت که چنانچه توارث‌پذیری صـــفت بیشـــتر از ۵۰٪ باشـــد، دارای توارث‌پذیری بالا اســـت و چنانچه توارث‌پذیری عمومی صفت بین ۲۰ تا ۵۰٪ باشد، توارث‌پذیری متوسط و چنانچه این مقدار کمتر از ۲۰٪ باشد، دارای توارث‌پذیری پایین است. اغلب صفات مورد بررسی در لاین‌های آزمایشی دارای توارث‌پذیری بالا بودند و میزان وراثت‌پذیری اغلب صـــفات بیش از ۵۰ درصـــد (عملکرد میوه، تعداد میوه، وزن تک‌میوه، عرض میوه، تعداد برگ تا اولین گل‌آذین، فاصـــله اولین خوشـــه از طوقه، مواد کل جامد محلول) بود. عملکرد میوه که یک صفت کمی است و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود دارای وراثت‌پذیری بالایی بود. وراثت‌پذیری بالا برای صـــفت عملکرد میوه در گوجه‌فرنگی قبلاً نیز توســـط ســـایر پژوهشـــگران گزارش شده است (Daftarian and Golabadi, 2018). وراثت‌پذیری بالا برای تعداد میوه و وزن تک‌میوه و انتخاب این صـــفات بـــرای بهبـــود عملکرد میوه گوجه‌فرنگی نیز گزارش شده است (Joshi *et al*., 2004).

مقایســـه میانگین ها نشـــان داد که لاین‌های شماره‌ی ۱۵، ۴۰، ۱۶، ۳۷، ۱۱، ۱۰، ۳۶، ۴۷ و ۳۰ بـه‌ترتیـب عملکرد میوه بـالاتری داشـــتنـد (جدول ۳). بیشترین عملکرد میوه در لاین شماره ۱۵ بـا حـدود ۱/۵ کیلوگرم در بوتـه در دوره برداشت یک‌ماهه مشاهده شد. عملکرد میوه ۱/۵ کیلوگرم در بوته در این لاین در تراکم ۲۵ هزار بوتـه در هکتـار بـدین معنی اســـت کـه در مـاه اول برداشت محصول ۳۷/۵ تن عملکرد میوه که نسبت به لاین‌های دیررس که کمتر از ۳۰۰ گرم در بوته عملکرد داشـــتند بیش از ۳۰ تن عملکرد بیشـــتری در شـــروع برداشـــت محصـــول

جدول ۳- مقایسه میانگین برای صفات کمی و کیفیت میوه لاین‌های پیشرفته گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

Table 3. Mean comparison for quantative and fruit quality traits of advanced greenhouse tomato lines

Line شماره لاین	Y (g)	FN	FW (g)	FL (mm)	FD (mm)	pH	TSS (%)	FID (cm)	PL (cm)	LN
1	363.1e-i	2.0e-g	118.0b-e	55.3a-e	64.9bc	4.51d-g	3.8c-j	88.7a	106.2ab	4.7d-h
2	289.8e-i	2.0e-g	80.3f-i	48.7cd-i	44.5p-r	4.3d-g	3.7c-j	55.6c-h	83.3a-f	7.0a-f
3	285.0e-i	2.0e-g	114.0b-f	55.1a-e	55.8f-m	4.3e-g	3.4fg-j	56.0c-h	89.0a-f	6.0b-h
4	202.5f-i	1.0g	96.0d-i	50.1a-i	44.8p-r	4.4d-g	4.1b-i	37.0gh	51.5f	5.0d-h
7	431.6e-i	3.0c-g	86.3f-i	49.0c-i	49.6n-r	4.6c-g	3.9bc-j	60.0b-h	95.0a-e	4.3e-h
8	217.5f-i	1.0g	90.0e-i	48.2c-i	48.1o-r	4.8c-e	4.3b-i	72.0a-e	99.0a-d	9.0ab
10	1094.2b-d	6.0b-d	78.6f-i	49.4b-i	50.2m-r	4.6c-g	3.9b-j	41.0fgh	80.5a-f	4.0fgh
11	1102.1b-d	6.6a-c	109.4b-g	49.5bc-i	53.2h-p	4.5d-g	3.8c-j	73.6a-d	102.6-c	3.6f-h
12	217.8f-i	1.0g	120b-d	56.1a-d	59.1c-i	5.3b	3.8c-j	69.5a-e	85.0a-f	10.0a
13	478.0d-i	3.3c-g	98.5d-h	47.2d-i	58.7c-i	4.6c-g	3.2g-j	70.0a-e	70.6b-f	8.0a-d
14	565.9d-h	3.3c-g	123.2bc	52.4a-g	65.4b-e	4.6c-g	3.1h-j	55c-h	76.0b-f	4.0f-h
15	1470.1a	10.0a	117.6b-e	54.3a-f	60.9b-h	4.7c-f	2.8j	60.3b-g	88.0a-f	5.3c-h
16	1180.3bc	8.2ab	106.6c-g	48.7c-i	57.0d-j	5.1bc	4.0b-j	59.6b-h	109.3a	4.0f-h
17	461.2d-i	2.5d-g	132.0bc	49.5b-i	54.3g-o	4.8c-e	5.7a	40.0f-h	63.0d-f	4.0f-h
18	701.4c-g	4.0c-g	106.1c-g	44.3g-i	47.9o-r	4.7c-f	4.2b-i	52.0d-h	88.5a-f	5.0d-h
19	420.0e-i	2.0e-g	123.0bc	47.3d-i	43.3r	4.3d-g	3.3f-j	60.6b-g	81.7a-f	5.3c-h
25	182.7f-i	1.5fg	73.4g-i	45.6f-i	47.4o-r	4.7c-f	3.5e-j	83.0ab	81.7a-f	8.5a-c
26	842.5c-e	4.6b-f	126.4bc	55.7a-e	63.3b-d	4.5d-g	4.1b-i	75.5a-d	91.3a-e	8.0a-d
27	485.0d-i	3.6c-g	105.8-g	53.4a-g	60.1b-h	4.9b-d	3.8c-j	73.0a-d	96.3a-e	6.0b-h
29	240.0e-i	2.0e-g	96.0d-i	54.0a-f	52.7j-q	4.9b-d	3.5e-j	70.5a-e	96.5a-e	6.5b-g
30	926.2b-e	5.5b-e	123.8bc	56.6a-c	59.4b-h	4.7c-f	4.2b-i	64.0a-f	86.0a-f	10.0a
31	651.5c-g	4.3c-g	77.3f-i	46.3e-i	45.8p-r	4.4d-g	4.7a-f	62.0b-g	90.6a-e	4.0f-h
32	408.7e-i	4.3c-g	67.1g-i	49.7b-i	48.6o-r	4.4d-g	4.5a-g	51.6d-h	75.0b-f	6.0b-h
33	484.0d-i	3.0c-g	87.5f-i	47.9c-i	49.9n-r	4.6c-g	4.7a-f	47.0e-h	64.3c-f	8.0a-d
34	716.2c-g	6.0b-d	73.1g-i	53.2a-g	48.3o-r	4.4d-g	4.7a-f	63b-f	89.6a-f	6.0b-h
35	705.7c-g	5.3b-e	91.8ef-i	52.9a-g	55.3f-n	4.2.0fg	5.1a-c	59.0b-h	80.6a-f	7.6a-de
36	973.5b-e	4.0c-g	194.7a	54.3a-f	75.7a	4.4d-g	4.95a-d	71.0a-de	59.0ef	8.0a-d
37	1115.1bc	6.0b-d	131.0bc	48.7c-i	60.8b-h	4.3efg	4.8a-f	61.0b-g	89.6a-f	5.0d-h
38	60.0i	1.0g	50.0i	42.7i	42.9r	4.4d-g	4.1b-i	79.0a-c	71.0b-f	3.5gh
39	131.2g-i	1.0g	60.0hi	42.8i	46.7o-r	4.4d-g	3.4fg-j	69.0a-e	63.0d-f	4.0fgh
40	1270.5a	10.5a	85.9f-i	54.7a-f	57.3c-i	4.5d-g	4.7a-f	58.0b-h	82.0a-f	4.0f-h
41	234.1e-i	1.5fg	124.8bc	54.4a-f	61.8b-f	4.5d-g	5.3ab	47.0e-h	84.3a-f	4.0f-h
42	663.3c-g	2.3d-g	191.4a	45.3f-i	55.5f-n	4.6c-g	4.2bc-i	68.5a-e	82.3a-f	5.5c-h
43	219.2f-i	1.5fg	116.9b-e	53.4a-g	58.3c-i	4.5c-g	4.9a-e	54.5c-h	89.5a-f	6.0b-h
44	621.1d-h	4.0c-g	97.7d-h	47.4d-i	49.7n-r	4.6c-g	3.6d-j	51.6d-h	96.3a-e	6.3b-h
47	966.0b-e	6.0b-d	108.8b-g	57.2ab	55.3f-n	4.6c-g	4.3b-i	71.0a-e	69.5b-f	3.0h
48	596.6d-h	4.0c-g	102.8c-h	52.0a-i	56.1e-l	4.6c-g	4.0b-j	68.0a-e	97.5a-e	4.5e-h
49	799.1c-f	5.0b-e	119.1b-d	50.4a-i	54.7g-o	4.7c-f	4.4a-h	63.0b-f	91.0a-e	6.3b-h
50	637.5d-h	3.3.0c-g	136.8bc	58.5a	61.0b-g	4.6c-g	4.5a-g	67a-e	88.3a-f	4.0f-h
51	337.7e-i	2.0e-g	90.1e-i	49.9b-i	42.8qr	4.6c-g	5.1a-c	59.5b-h	90.0a-f	7.0a-f
52	528.3d-h	3.6c-g	105.8c-g	50.8a-i	55.7f-n	4.3d-g	4.8a-f	50.6d-h	78.6b-f	4.6d-h
53	367.2e-i	3.6c-g	70.2g-i	47.0e-i	57.7d-k	4.3d-g	4.5a-g	53.3c-h	86.0a-f	5.0d-h
54	232.5e-i	1.0g	156.0ab	54.2a-f	68.1ab	4.1g	4.2b-i	57.0c-h	92.5a-e	5.0d-h
55	105.0hi	1.0g	84.0f-i	51.2a-i	53.1h-p	4.2d-g	4.7a-f	35.0h	62.0d-f	4.0f-h
60	375.0e-i	2.0e-g	111.0b-f	43.0hi	47.6o-r	4.5d-g	4.9a-d	60.0b-h	76.0b-f	4.0f-h
61	858.7c-e	3.5c-g	66.8g-i	44.6g-i	51.5l-r	4.33d-g	4.1b-i	68a-e	69.0b-f	4.0f-h
62	45.6i	1.0g	50.0i	46.0e-i	42.0r	6.7a	1.2k	64.0a-f	83.0a-f	7.0a-f
64	345.6ei	2.0e-g	120.2b-d	52.1a-h	60.5b-h	4.8c-f	3.0ij	67.0a-e	85.6a-f	6.3b-h
66	812.5c-f	5.0b-f	97.6d-h	46.6e-i	50.2m-r	4.6c-g	4.2b-i	71.0a-e	103.3a-c	6.3b-h

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test

عملکرد میوه: Y، تعداد میوه: FN، وزن میوه: FW، قطر میوه: FD، طول میوه: FL، طول بوته: PL، تعداد برگ تا اولین گل‌آذین: LN، فاصله اولین خوشه از طوقه: FID، مواد کل جامد محلول: TSS و اسیدیته: pH.

Y: Fruit yield, FN: Fruit number, FW: Fruit weight, FD: Fruit diameter, FL: Fruit length, PL: Plant length, LN: Leaf number below first cluster, FID: First inflorescence distance, TSS: Total soluble solids, and pH: Acidity.

و در اوج تقاضای بازار و قیمت محصول حاصل خواهد بود. این عملکرد میوه در طول دوره تولید نیز افزایش خواهد یافت.

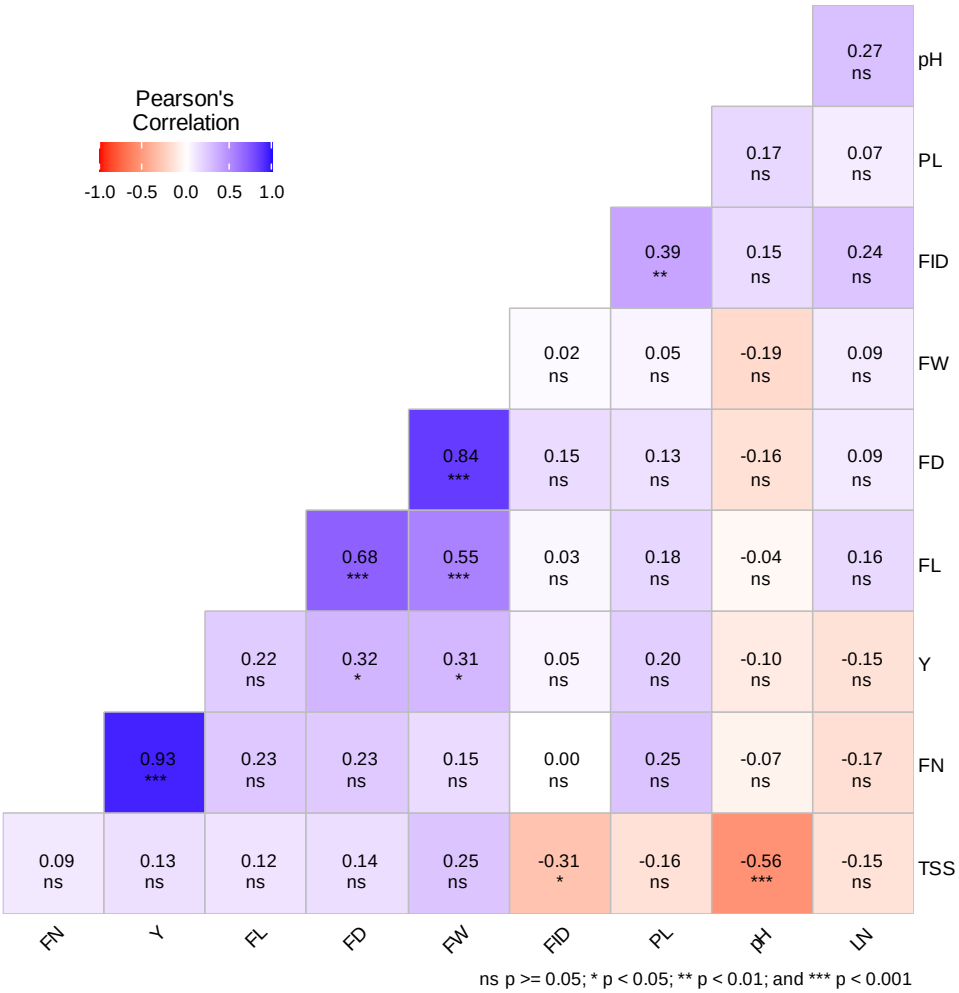
امروزه زودرسی و عملکرد زودرس به یک ویژگی مهم و بسیار جذاب در ارقام جدید گوجه‌فرنگی تبدیل شده است، زیرا زودرسی در گوجه‌فرنگی به طور غیرمستقیم عملکرد میوه را افزایش می‌دهد و با افزایش بازه تولید، فرصت‌های عرضه بیشتری را فراهم می‌کند (Bautista *et al*., 2020). در این پژوهش به علت تمرکز بر انتخاب لاین‌های زودرس، یافته‌ها فقط به عملکرد زودرس در ماه اول و تعداد شش برداشت اول فصل محدود است و قابل تعمیم به عملکرد کل نیست. قابل ذکر است جهت شناسایی و انتخاب لاین‌ها بر اساس عملکرد کل نیاز به ارزیابی کامل عملکرد میوه در کل دوره رشد دارد که در این پژوهش انجام نشد.

در بین لاین‌های مورد بررسی، لاین شماره ۱۵ دارای عملکرد میوه زودرس بالاتر نسبت به سایر لاین‌ها بود. بالاترین وزن تک میوه (حدود ۱۹۵ گرم) به لاین شماره‌ی ۳۶ تعلق داشت (جدول ۳). در بین لاین‌های پرعملکرد، لاین شماره‌ی ۱۵ با وزن میوه‌ی متوسط حدود ۱۲۰ گرم، لاین‌های شماره‌ی ۱۰ و ۴۰ وزن کمتر از ۹۰ گرم و لاین‌های ۱۶، ۳۷، ۱۱، ۴۷ و ۳۰ وزن میوه‌ی متوسط (حدود ۱۱۰ تا ۱۳۰ گرم) داشتند. بیشترین تعداد میوه به لاین‌های شماره‌ی ۴۰ و ۱۵ و بیشترین ماده کل جامد محلول به لاین شماره‌ی ۴۱ تعلق داشت (جدول ۳).

روابط بین صفات

به منظورکارایی بیشتر در شناسایی و انتخاب ژنوتیپ های برتردر برنامه‌های بهنژادی، توجه به روابط بین صفات از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد میوه در بوته با تعداد میوه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری (r = 0.93**) داشت (شکل ۲). این همبستگی قوی نشان می‌دهد که تعداد میوه بر عملکرد میوه در بوته بسیار تأثیرگذار است. همچنین همبستگی عملکرد میوه با وزن میوه و قطر میوه نیز مثبت و بسیار معنی‌دار (r = 0.84**) بود. قوی‌ترین همبستگی مثبت بین عملکرد میوه با تعداد میوه، وزن میوه با قطر میوه، و همبستگی منفی بین مواد کل جامد محلول و pH مشاهده شد (شکل ۳).

همبستگی عملکرد میوه با تعداد میوه، وزن میوه و قطر میوه در گوجه‌فرنگی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Bujarian *et al*., 2018; Dhankhar, and Dhankhar, 2006; Kumar *et al*., 2013; Kumari and Sharma, 2013; Mahmood, 2008; Srivastava *et al*., 2013). وکیلی و زمانی (Vakili and Zamani, 2023) گزارش کردند در ارزیابی و مقایسه صفات کمی و کیفیت میوه ۱۵ رقم هیبرید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، بالاترین ضریب همبستگی مثبت بین عملکرد میوه و تعداد میوه بود. اسلام و همکاران (Islam *et al*., 2010) نیز نشان دادند که تعداد میوه در بوته بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد میوه گوجه فرنگی داشت.



شکل ۲- شدت میزان همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های پیشرفته گوجه فرنگی گلخانه ای

Fig. 2. Heat map of Pearson's correlation coefficients between studied traits of advanced greenhouse tomato lines

عملکرد میوه: Y، تعداد میوه: FN، وزن میوه: FW، قطر میوه: FD، طول میوه: FL، طول بوته: PL، تعداد برگ تا اولین گل‌آذین: LN، فاصله اولین خوشه از طوقه: FID، مواد کل جامد محلول: TSS و اسیدیته: pH.

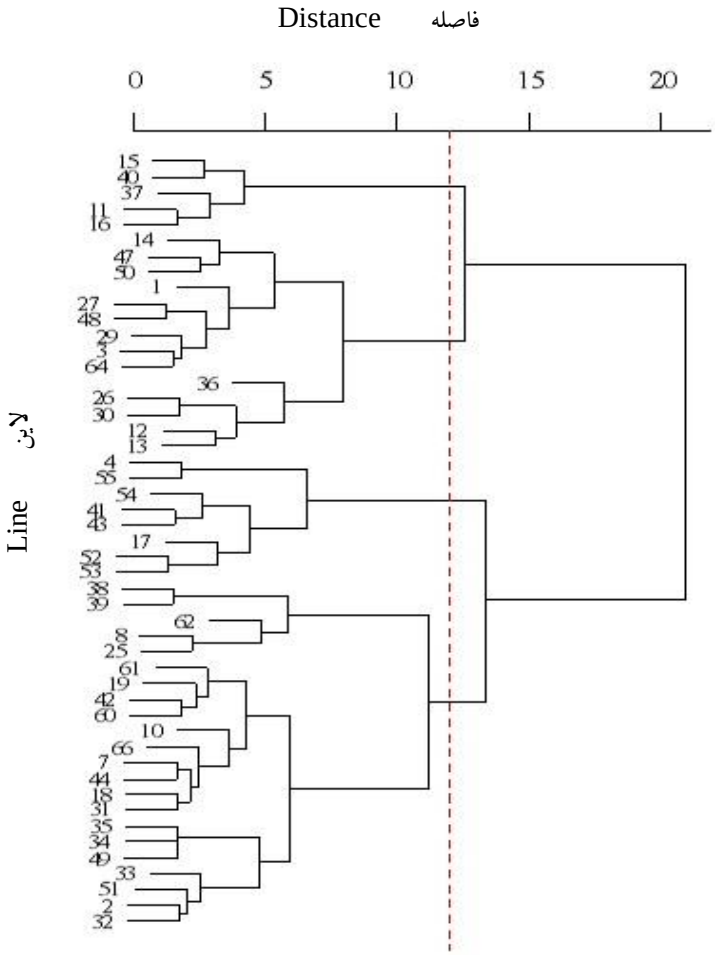
Y: Fruit yield, FN: Fruit number, FW: Fruit weight, FD: Fruit diameter, FL: Fruit length, PL: Plant length, LN: Leaf number below first cluster, FID: First inflorescence distance, TSS: Total soluble solids, and pH: Acidity.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای، ابزار مفیدی برای گروه‌بندی وگزینش ژنوتیپ ها در برنامه‌های بهنژادی است. این روش تجزیه به طور موفقیت‌آمیزی در برنامه‌های بهنژادی برای سنجش تنوع صفات در گیاهان زراعی و گروه‌بندی ژنوتیپ های مورد ارزیابی به کار گرفته شده است (Alam *et al.*, 2020). تجزیه خوشه‌ای توسط پژوهشگران مختلف در توصیف خصوصیات ژنتیکی لاین‌های گوجه‌فرنگی برای عملکرد و کیفیت میوه به‌کار گرفته شده است (Al-Aysh *et al.*, 2012; Osie *et al.*, 2014; Tembe *et al.*, 2018,

Golcheshmeh *et al.*, 2022).

با توجه به اینکه تولید بذر هیبرید بر اساس انجام تلاقی بین والدین صورت می‌گیرد، دانستن میزان شباهت والدین اهمیت زیادی دارد.بنابراین در این مطالعه تعداد ۴۹ لاین پیشرفته با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، گروه‌بندی شدند. تجزیه خوشه‌ای بر اساس میانگین صفات انجام شد و به صورت دندروگرام نشان داده شده است (شکل ۳). نتایج نشان داد که ۴۹ لاین گوجه فرنگی مورد مطالعه به چهار گروه تقسیم شدند. قرار گرفتن لاین‌ها در یک گروه نشان‌دهنده شباهت آنها است، بنابراین لاین‌های والدینی که در گروه‌های دورتر از یکدیگر قرار دارند، احتمال وجود هتروزیس در هیبریدهای حاصل از آنها بیشتر است (Mahmoud and El-Eslamboly, 2014; Saljooghianpour *et al.*, 2021).



شکل۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد برای صفات مورد مطالعه لاین های پیشرفته گوجه فرنگی گلخانه‌ای

Fig. 3. Dendrogram of cluster analysis for studied traits of advanced greenhouse tomato lines -using Ward's method

لاین شماره‌ی ۱۵ از گروه ۱، دارای عملکرد زودرس میوه بالاتر نسبت به سایر لاین‌ها، وزن میوه‌ی متوسط، اندازه‌ی میوه‌های یکسان روی خوشه و رسیدگی هم‌زمان و با فرم مناسب خوشه‌بندی بود. لاین شماره‌ی ۳۶ از گروه ۲، با عملکرد میوه مناسب و وزن تک‌میوه‌ی بالا بود. میزان مواد کل جامد محلول آب میوه در این لاین حدود ۵٪ و pH کمتر از ۴/۵ خصوصیات مناسبی برای این لاین بود. لاین ۵۴ از گروه ۳، دارای وزن میوه بالای ۱۵۰ گرم و طول بوته مناسب بود. این لاین‌ها می‌توانند در برنامه‌های بهنژادی آتی، جهت تولید ارقام هیبرید گوجه فرنگی گلخانه‌ای برای اهداف مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

این مقاله با استفاده از داده های پروژه تحقیقاتی با عنوان "تولید لاین‌های والدینی از هیبریدهای تجاری گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای به منظور تولید ارقام جدید هیبرید" با شماره مصوب "۹۹۱۳۹۰-۱۵۵-۳۳-۵۷-۲" استخراج شده است. نگارندگان بدینوسیله از موسسه تحقیقات علوم باغبانی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در گرگان برای فراهم کردن شرایط اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌کنند.

عدم تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافعی با یکدیگر و با سایر اشخاص حقیقی/ حقوقی ندارند.

References

Alam, M.S., Hossain, S., Ali, M.A., Hossain, M.G. and Islam, M.F. 2020. Assessment of genetic divergence in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) through clustering and principal component analysis. *Journal of Agricultural Science & Engineering Innovation*, *1*(1), pp.10-14. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.605.197

Al-Aysh, F., Kutma, H., Al-Zouabi, A., Muhammad, S.H. and Ibn-Ishak, M.B. 2012. Genetic variation, heritability and interrelationships of some important characteristics in Syrian tomato landraces (*Solanum lycopersicum* L.). *Academia Arena*, *4*(10), 1-5.

Ali, A., Ijaz, H., Humaira, G., Shah, M., Ayub, K., Fazli, W. and Junaid, K. 2015. Effect of different doses of foliar fertilizer on yield and physiochemical characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars under the agroclimatic condition of Peshawar. *International Journal of Botany*, *7*(1), pp.58- 65. DOI: 10.12692/ijb/7.1.58-65

Bakhtiyarovna Dyamurshayeva, E., Iskendirovich Kudiyarov, R., Aleksandrovich

Bobrenko, I., Zykriyaevna Sauytbayeva, G., Zhetkergenovich Urazbayev, N., Evgenyevna Dyamurshayeva, G. and Izbaskanovna Sadybekova, S. 2017. Variety trial on tomato hybrids in greenhouse conditions of the PreAral area of Kazakhstan. *Online Journal of Biological Sciences, 17*(2), pp.26-34. DOI: 10.3844/ojbsci.2017.26.34

Bautista, A.H., Ortiz, R.L., Zavala, J.G., Izquierdo, S.C., Servia, J.L.C., Rodriguez, M.R., Ramirez, Y.R.M., Leal, E.H. and Rodriguez, D.R.L. 2020. Prediction accuracy of genomic selection models for earliness in tomato. *Chilean Journal of Agricultural Research, 80*(4), pp.505- 514. DOI: 10.4067/S0718-58392020000400505

Becherescu, A., Horgoş, A., Popa, D., Hoza G. and Ienciu, A. 2015. Study on the impact of culture substratum and fertilization system upon the productive potential of some tomato hybrids cultivated in industrial greenhouses. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, *19*, pp.52-58. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.659.55

Bujarian, M., Asadi Gharneh, H.A. and Golabadi. M. 2018. Evaluation of yield relationships, traits related to yield and fruit quality using correlation coefficients and cluster analysis in some tomato lines. *Horticultural Science, 9*, pp.801-811 (in Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2018.240633.1311

Burton, G.W. and Devane, E.H. 1953. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal, 45*, pp.478-481. DOI:10.2134/agronj1953.00021962004500100005x

Daftarian, F. and Golabadi, M. 2018. Evaluation of fruit yield and quality in some greenhouse tomato genotypes. *Journal of Crop Production and Processing*, *8*(1), pp.113- 126 (in Persian). DOI: 10.29252/jcpp.8.1.113

Dhankhar, S.K. and Dhankhar. B.S. 2006. Variability, heritability, correlation and path coefficient studies in tomato. *Journal of Horticultural Science, 35*, pp.179-181. DOI: doi.org/10.1080/19315260.2012.726701

Farahani, E. and Arzani, A. 2009. Evaluation of genetic variation of durum wheat genotypes using multivariate analyses. *Electronic Journal of Crop Production, 1*(4), pp.51-64 (in Persian). DOI: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.25.1

Gavrish, S.F. Redichkina T.A. and Topinskiy A.I. 2022. Source material creation for high content of dry soluble substances F1 cherry tomato hybrids breeding. *Vegetable Crops of Russia, 6*, pp.5-10. DOI: 10.18619/2072-9146-2022-6-5-10

Golcheshmeh, S., Kiani, G., KazemiTabar, S.K. and Navabpour. S. 2022. Investigation of morphological diversity and evaluation of tomato lines yield using multivariate statistical

analysis. *Journal of Horticultural Science, 36*(2), pp.415-427 (in Persian). DOI: 10.22067/JHS.2021.70173.1048

Hassan, Z., Ul-Allah S., Khan A.A., Shahzad U., Khurshid M., Bakhsh A., Amin H., Jahan M.S., Rehim A. and Manzoor Z. 2021. Phenotypic characterization of exotic tomato germplasm: An excellent breeding resource. *PLoS One, 16*(6), pp.1-12. DOI: 10.1371/journal.pone.0253557

Hernandez-Leal, E., Ricardo Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J.J., Hernández-Bautista, A., Reyes-López, D. and Bonilla-Barrientos, Olga. 2019. Stability and breeding potential of tomato hybrids. *Chilean Journal of Agricultural Research, 79*(2), pp.181-189. DOI: 10.4067/S0718-58392019000200181

Hochmuth, G. and Hochmuth, R. 2012. Production of greenhouse tomatoes. Florida greenhouse vegetable production handbook. University of Florida. Florida, USA. https://journals.flvc.org/edis/article/view/136446

Islam, B., Ivy, N., Rasul, M. and Zakaria, M. 2010. Character association and path analysis of exotic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics, 23*, pp.13-18. DOI: 10.3329/bjpbg.v23i1.9313

Joshi, A., Vikram, A. and Thakur, M.C. 2004. Studies on genetic variability, correlation and path analysis for yield and physico -chemical traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Progressive Horticulture, 36*(1), pp.51 -58.

Kumar, D., Kumar, R., Kumar, S., Bhardwaj, M.L., Thakur, M.C., Kumar, R., Thakur, K. S., Dogra, B., Vikram, S., Thakur, A. and Kumar. P. 2013. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis in tomato. *International Journal of Vegetable Science, 19*, pp.313-323.

Kumari, S. and Sharma, M.K. 2013. Genetic variability studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetable Science, 40*, pp.83-86.

Lekshmi, S.L. and V.A. Celine 2017. Genetic variability studies of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) under protected conditions of Kerala. *Asian Journal of Horticulture, 12*(1), pp.106-110. DOI: 10.20456/ijcmas.2016.504.026

Mahmood, T. 2008. Path coefficient analysis of yield component in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pakistan Journal of Botany, 40*, pp.627-635.

Mahmoud, A.M.A. and El-Eslamboly, A.A.S.A. 2014. Genetic analysis to find suitable parents for development of cherry tomato hybrids under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Plant Breeding, 19*(1), pp.55-70. DOI: 10.12816/0011699

Meena, O.P. and Bahadur, V. 2015. Breeding potential of indeterminate tomato (*Solanum lycopersicum* L.) accessions using D^2 analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 47*(1), pp.49-59.

Mirshamsi-Kakhki, A., Farsi, M., Shahriari Ahmadi, F. and Nemati, H. 2008. Use of random amplified polymorphic DNA markers to estimate heterosis and combining ability in tomato hybrids. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 11*(4), pp.499-507. DOI: 10.3923/pjbs.2008.499.507

Mohsenifard, E., Farsi, M., Nemati, H. and Malekzade, K. 2011. An SSR-based assessment of genetic diversity in 16 Tomato (*Lycopersicon esculentum*) lines and it's correlation with heterosis. *Iranian Journal of Horticultural Science, 42*(2), pp.185-192 (in Persian).

Najib, R., Farsi, M., Mirshamsi Kakhki, A. and Vessal, S.R. 2017. Determining cytological developments of microspore in four varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Journal of Horticultural Science, 30*(4), pp.634-642 (in Persian). DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.36609

Rodica, S., Apahidean, S.A., Apahidean, M., Maniuţiu, D. and Paulette, L. 2015. Yield, physical and chemical characteristics of greenhouse tomato grown on soil and organic substratum. Pp.439-443. In: Proceedings of the 43 Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture. Opatija, Croatia.

Saljooghianpour, M. and Rasouli, M. 2021. Investigation of morphological –agronomic diversity in some of tomato cultivars in Khash region. *Sustainable Agricultural Research, 1*(1), pp. 16-26 (in Persian).

Sekhar, L., Prakash, B.G., Salimath, P.M., Hiremath, P., Sridevi, O. and Patil, A.A. 2010. Implications of heterosis and combining ability among productive single cross hybrids in tomato. *Electronic Journal of Plant Breeding, 1*(4), pp.706-711.

Sharanappa, K.P. and Mogali, S.C. 2014. Studies on genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield components in F_2 segregating population of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Science, 27*(4), pp.524-525.

Singh, R. and Chaudhary, B. 1985. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publishers. Ludhiana, India. 304 pp.

Singh, T., N. Singh, A. Bahuguna, M. Nautiyal and Sharma, V.K. 2014. Performance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrids for growth, yield and quality inside polyhouse under mid hill condition of Uttarakhand. *American Journal of Drug Discovery and Development, 4*, pp.202-209. DOI: 10.3923/ajdd.2014.202.209

Srivastava, K., Kumari, K., Singh, S. and Kumar, R. 2013. Association studies for yield and its component traits in tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). *Plant Archives*, *13*, pp.105-112. https://www.researchgate.net/publication/257410511

Stansfield, W.D. 1991. Theory and problems in genetics. McGraw -Hill, New York, USA. 457 pp.

Tembe, K.O., Chemining'wa, G., Ambuko, J. and Owino, W. 2018. Evaluation of African tomato landraces (*Solanum lycopersicum*) based on morphological and horticultural traits. *Agriculture and Natural Resources*, *52*(6), pp.536-542. DOI: 10.1016/j.anres.2018.11.014

Vakili, SH. and Zamani, S. 2023. Quantitative and qualitative evaluation and comparison of indeterminate tomato hybrid genotypes in Golestan province of Iran. *Journal of Crop Production and Processing*, *13*(1), pp.67- 82. DOI: 10.47176/jcpp.13.1.37611

RESEARCH ARTICLE

DOI: 10.22092/spj.2026.372068.1465

Estimation of Genetic Variability and Heritability of Morphological Traits and Yield of Advanced Greenhouse Tomato Lines for Selection of Early Yield Parental Lines

Sh. Vakili Bastam[1*], M. R. Imani[2] and M. A. Aghajani[3]

1. Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran.

2. Assistant Professor, Greenhouse and Controlled Environment Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

3. Associate Professor, Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran.

ABSTRACT

Vakili Bastam, Sh., Imani, M. R. and Aghajani, M. A. 2025. Estimation of genetic variability and heritability of morphological traits and yield of advanced greenhouse tomato lines for selection of early yield parental lines**.** *Seed and Plant, 41,* pp.95-114 (in Persian).

In this study, 49 advanced greenhouse tomato lines obtained at the Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in Gorgan were evaluated to identify and select early yield lines in one-month harvest for being used in the breeding program for development of new early yield hybrid cultivars. The results revealed significant differences between tomato advanced lines for the studied traits, which indicates the existence of genetic diversity among the lines selected from the initial populations. All traits had high broad sense heritability. The highest positive correlation coefficient was observed between fruit yield and fruit number, fruit weight and fruit diameter, and correlation coefficient between total soluble solids and pH was negative. Cluster analysis grouped 49 tomato lines into four groups. Line number 15 from the third group, line 36 from the fourth group, and lines 54 from the first group were identified and selected as parental lines in the tomto breeding program for development of new hybrids for different purposes.

Keywords: Tomato**,** plant length**,** fruit number, fruit weight, broad sense heritability.

Introduction

Choosing suitable cultivar, application of proper crop management and appropriate greenhouse systems are essential for successful greenhouse tomato production. In the past two decades, various researches have been conducted for tomato breeding (Hassan *et al.*, 2021). One of the most important factors in increasing the fruit yield and quality of greenhouse tomato is the introduction of new high yielding hybrid cultivars that are adapted with modern technologies and the specific conditions of each region. In this study, 49 advanced greenhouse tomato lines that were obtained at the Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in Gorgan were evaluated to identify and select early yield lines for being used in the breeding program for the development of new early yield hybrids.

Materials and Methods

A total of 49 advanced greenhouse tomato lines were grown in a soil-bed greenhouse at Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in Gorgan, Iran. Different yield related traits were evaluated and recorded for the studied advanced pure lines during the one-month harvest period (with the aim of selecting early-maturing lines). These traits included: number of marketable fruits, average fruit weight, fruit length and diameter, first inflorescence distance, plant length at the last harvest, leaf number below first cluster, total soluble solids, and juice pH. Data analysis and drawing heat map of correlation coefficients and cluster dendrogram were performed using R 4.4.2 statistical software. Duncan's multiple range test at the 5% probability level was used for mean comparison.

Results and Discussion

Analysis of variance showed significant differences between tomato lines for all studied traits at the 1% probability level, which indicates the existence of genetic diversity among studied tomato lines. The heritability of most studied traits was high. The fruit yield, which is a quantitative trait controlled by many genes, had high broad sense heritability. Similar results have been reported for the heritability of fruit yield trait in tomato by other researchers (Daftarian and Golabadi, 2018). Fruit yield plant^{-1} had positive and highly significant correlation coefficients with fruit number, fruit weight, and fruit diameter. The significant correlation coefficients of fruit yield with fruit number, fruit weight, and fruit diameter in tomato have been reported in othetr studies (Bujarian *et al*., 2018; Kumari and Sharma, 2013). Cluster analysis was performed based on the

standardized means of traits. The result showed that 49 advanced tomato lines were grouped into four groups. Line number 15 from the third group, line number 36 from the fourth group, and lines 54 from the first group were identified and selected as potential as parental lines. These lines can be used in tomato breeding programs for development of new hybrid cultivars for different purposes.

References

Bujarian, M., Asadi Gharneh, H.A. and Golabadi. M. 2018. Evaluation of yield relationships, traits related to yield and fruit quality using correlation coefficients and cluster analysis in some tomato lines. *Horticultural Science*, *9*, pp.801-811 (in Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2018.240633.1311

Daftarian, F. and Golabadi, M. 2018. Evaluation of fruit yield and quality in some greenhouse tomato genotypes. *Journal of Crop Production and Processing*, *8*(1), pp.113- 126 (in Persian). DOI: 10.29252/jcpp.8.1.113

Hassan, Z., Ul-Allah S., Khan A.A., Shahzad U., Khurshid M., Bakhsh A., Amin H., Jahan M.S., Rehim A. and Manzoor Z. 2021. Phenotypic characterization of exotic tomato germplasm: An excellent breeding resource. *PLoS One*, *16*(6), pp.1-12. DOI: 10.1371/journal.pone.0253557

Kumari, S. and Sharma, M.K. 2013. Genetic variability studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetable Science*, *40*, pp.83-86.

*Corresponding author: sh.vakili@areeo.ac.ir Tel.: +981732179063

Received: 03 February 2025
Accepted: 21 May 2025

2025© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.