

تجزیه ژنتیکی صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در نه لاین گوجه فرنگی
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) با استفاده از تلاقی دای آلل

Genetic Analysis of Traits Associated with Yield and Earliness in Nine
Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Lines Using Diallel Crossing
Method

اکرم فرزانه^۱، حسین نعمتی^۲، حسن آروئی^۲ و امین میرشمسی کاخکی^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم باغبانی و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۹

چکیده

فرزانه، ا.، نعمتی، ح.، آروئی، ح. و میرشمسی، ا. ۱۳۹۲. تجزیه ژنتیکی صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در نه لاین گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) با استفاده از تلاقی دای آلل. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۹: ۷۱۱-۶۹۳

به منظور بررسی ترکیب پذیری نه لاین گوجه‌فرنگی به روش دای آلل کامل، در آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار بوته در هر تکرار، صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی مورد مطالعه قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس روش هیمن و گریفینگ با استفاده از نرم‌افزار دای آلل (Diallel) انجام شد. برای همه صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. اثرهای توأم افزایشی و غیر افزایشی در کلیه صفات به جز صفت تعداد میوه در بوته وجود داشت. در بین تمامی صفات مورد مطالعه صفت تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین، بیشترین مقدار هتروزیس را با علامت مثبت و در جهت زودرسی محصول نشان داد. لاین Prg با کوچک‌ترین مقدار ترکیب پذیری عمومی در صفات تعداد روز از جوانه‌زنی تا ظهور اولین گل آذین و تعداد روز از جوانه‌زنی تا اولین رنگ‌گیری میوه، در تلاقی با سایر لاین‌ها باعث زودرسی هیبریدها شد. لاین Mb3 با داشتن بالاترین ترکیب پذیری عمومی در صفات مرتبط با عملکرد، به عنوان بهترین والد برای افزایش عملکرد شناسایی شد. پنج هیبرید برتر از نظر صفات عملکرد و زودرسی محصول، شامل Supc×Ptk، Pte12×Ptk، Mb3×Vfj، Sps×Csh74 و Supl44×Csh74 بودند.

واژه‌های کلیدی: گوجه‌فرنگی، ترکیب پذیری، هیبرید، عملکرد، زودرسی.

مقدمه

هتروزیس در ترکیبات مختلف F_1 با شدت‌های مختلف بروز پیدا کرده و به طور کامل و دقیق از قبل قابل پیش بینی نیست (Burdik, 1954). حنان و همکاران (Hannan *et al.*, 2007) گزارش دادند که بیشترین مقدار هتروزیس در صفت عملکرد گوجه فرنگی در نتاج حاصل از تلاقی $\text{Deshy} \times \text{Ratan}$ مشاهده شد. سخار و همکاران (Sekhar *et al.*, 2010) نیز بیشترین مقدار هتروزیس در صفت عملکرد گوجه فرنگی را در نتایج حاصل از تلاقی $\text{JK-Desi} \times \text{Sasya}$ گزارش دادند. بنابراین مقدار هتروزیس به میزان تنوع و اختلاف بین والدین بستگی دارد. استفاده از بینه هتروزیس برای عملکرد گوجه فرنگی و اجزای تشکیل دهنده آن (متوسط عملکرد میوه در بوته، متوسط وزن میوه، تعداد میوه در بوته، تعداد گل در بوته و غیره) و همچنین صفات مرتبط با زوردسی (تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین و تعداد روز از جوانه زنی بذر تا اولین رنگ گیری میوه) توسط بسیاری از محققین از جمله میتال و سینگ (Mital and Singh, 1977)، جانسون و هراندز (Johnson and Hernandez, 1980)، داد و همکاران (Dod *et al.*, 1992)، سیرواستاوا و همکاران (Srivastava *et al.*, 1998)، حنان و همکاران (Hannan *et al.*, 2007)، میرشمسی کساخکی و همکاران (Mirshamsi Kakhki *et al.*, 2008) و

گوجه فرنگی ($2n = 2x = 24$) یکی از مهم‌ترین سبزیجات تیره سولاناسه (Solanaceae) است که در حال حاضر به عنوان دومین سبزی رایج و یک منبع غنی از ویتامین‌ها و مواد معدنی در دنیا مطرح است (Shekari *et al.*, 2006). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه اصلاح ارقام گوجه فرنگی انجام شده است و اغلب این مطالعات در زمینه مقاومت در برابر بیماری‌ها، اندازه، شکل، رنگ و کیفیت میوه بوده است (Mohsenifard *et al.*, 2011)؛ (Mirshamsi Kakhki *et al.*, 2006)؛ (Hannan *et al.*, 2007)؛ (Sekhar *et al.*, 2010). همچنین ارقامی گزینش شده‌اند که برای فصل رشد کوتاه یا کاشت گلخانه‌ای مناسب بودند. با آن که در کشورهایی مانند ژاپن سال‌هاست که بذر دو رگه گوجه فرنگی تولید می‌شود ولی تا زمانی که ارقام نر عقیم تولید نشده بودند، این کار هزینه سنگینی در بر داشت. البته امروزه با استفاده از ارقام نر عقیم، تولید بذر دورگه به نسبت ارزان است و این ارقام عملکرد زیادی دارند (Shekari *et al.*, 2006). با کشف پدیده هتروزیس در سال ۱۹۰۷، مطالعات بسیاری در ارتباط با روش‌های دورگ گیری، تخمین هتروزیس و قابلیت ترکیب پذیری در گوجه فرنگی انجام شد (Mirshamsi Kakhki *et al.*, 2006). اثر

خصوصی نه لاین گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای به منظور دستیابی به هیبریدهای برتر تجاری از نظر زودرسی و عملکرد میوه بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با طول جغرافیایی "۳۹° ۵۹°، عرض جغرافیایی "۲۰° ۳۶° و ارتفاع ۹۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده در مطالعه شامل نه ژنوتیپ خودگشن گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای به نام‌های (P₁) Supc، (P₂) Pte12، (P₃) Mb3، (P₄) Supl44، (P₅) Vfj، (P₆) Ptk، (P₇) Sps، (P₈) Csh74 و (P₉) Prg بود. بذر لاین‌ها از کشورهای روسیه و کانادا خریداری شدند. انتخاب این لاین‌ها بر اساس مقدار عملکرد و زودرسی بود. در سال اول عملیات تلاقی روی نه لاین گوجه‌فرنگی به صورت تلاقی دای آلل کامل (۹×۹) در گلخانه انجام شد. در سال دوم به منظور بررسی اثر هتروزیس و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، بذرها حاصل از تلاقی دای آلل (۷۲ هیبرید F₁ شامل بذرها حاصل از تلاقی‌های مستقیم F₁ و معکوس RF₁) به همراه ۹ والد) در ظروف سینی کاشت، کشت شدند. برای کاشت از محیط کشت کوکوپیت در سینی‌های کاشت استفاده شد. در مرحله ۲-۳ برگی، نشاها به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر و به منظور رشد بهتر نشا منتقل

همکاران (Ahmad *et al.*, 2009) و سخار و همکاران (Sekhar *et al.*, 2010) مورد بررسی قرار گرفته شده است. عملکرد و زودرسی، صفات کمی پیچیده‌ای هستند که توسط ژن‌های بسیار زیادی کنترل می‌شوند (Mirshamsi Kakhki *et al.*, 2008)؛ (Hannan *et al.*, 2007). نتایج مطالعات محققین نشان داده است که تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز تا اولین رنگ‌گیری میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته توسط اثر افزایشی و غیرافزایشی کنترل می‌شود (Johnson and Hernandez, 1980)؛ (Srivastava *et al.*, 1998).

روش دای آلل ابزاری مناسبی برای به دست آوردن اطلاعات توارثی از جمله چگونگی توزیع آلل‌ها، میانگین درجه غالبیت، نوع عمل ژن، تعداد گروه‌های ژنی موثر، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی و غالبیت است.

علی‌رغم مطالعات گسترده در زمینه تولید هیبرید گوجه‌فرنگی در سایر کشورها، در داخل کشور به دلیل نیاز به صرف زمان و هزینه‌های مربوط به عملیات دورگ‌گیری و اصلاح، تا کنون تحقیقات کمتری در این زمینه انجام شده است و عمده بذر مورد استفاده زارعین از خارج از کشور وارد می‌شود. بیشتر برنامه‌های به‌نژادی روی بذر گوجه‌فرنگی‌های گلخانه‌ای انجام شده است و در زمینه اصلاح گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای تحقیقات ناچیز است. هدف از این تحقیق مطالعه و بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و

تجزیه دای آلل و رسم گراف‌ها با روش هیمن (Hayman, 1954) با استفاده از برنامه Diallel 98 (Ukai, 2006) انجام شد. مقایسه میانگین مربعات (تجزیه واریانس مرکب) با استفاده از روش (۱) گریفینگ (Grifiting, 1956) انجام شد. با انجام تجزیه دای آلل پارامترهای ژنتیکی کنترل کننده صفات از جمله نوع عمل ژن، درجه غالبیت، نسبت ژن‌های دارای اثر مثبت و منفی و فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب برای هر یک از والدین برآورد شد. مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA)، اثر سیتوپلاسمی (CE) و هتروزیس مطلق براساس میانگین والدین (H) و والد برتر (Hp)، هتروزیس کل (TH) با استفاده از فرمول‌های ذیل در نرم‌افزار Excel 2007 محاسبه شد:

شدند. در مرحله ۵-۴ برگی (۱/۵ ماه پس از انتقال نشا به گلدان) نشاهای گوجه‌فرنگی به زمین اصلی انتقال داده شدند. فاصله بین ردیف‌های کشت ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۳۵ سانتی‌متر بود. این طرح در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار بوته در هر تکرار انجام شد. در تمام طول دوره رشد بوته‌های گوجه‌فرنگی، عملیات داشت شامل آبیاری، تغذیه، کنترل علف هرز و غیره برای همه ژنوتیپ‌ها به طور یکسان انجام شد. در طی دوره رشد نشا تا مرحله باردهی و تولید میوه صفاتی مانند تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه‌زنی تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه‌زنی تا ظهور اولین میوه، تعداد میوه کل و عملکرد بوته اندازه‌گیری شد.

$$GCA = F_1 - \bar{X}_{ij}$$

$$SCA_{ij} = X_{ij} - g_i - g_j - \bar{X}_{ij}$$

$$CE = |X_{ij} - X_{jk}|$$

$$H = F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$Hp = F_1 - P$$

$$TH = \frac{\sum P_1}{n} - \frac{\sum P_2}{m}$$

F_1 = میانگین هیبریدهای یک والد

\bar{X}_{ij} = مقدار متوسط هیبرید

X_{ij} = مقدار هیبرید

g_i = ترکیب‌پذیری عمومی والد مادری

g_j = ترکیب‌پذیری والد پدری

P = والد (لاین مورد تلاقی)

n = تعداد هیبرید

m = تعداد والدین

(Grifiting, 1956) در جدول ۲ ارائه شده است.

معنی دار شدن اثر ترکیب‌پذیری عمومی GCA (به جز صفت تعداد میوه در بوته) و خصوصی SCA کلیه ژنوتیپ‌ها (در سطح احتمال ۰.۵٪) بیانگر وجود تفاوت معنی دار بین ژنوتیپ‌های

نتایج و بحث

ویژگی‌های نه لاین گوجه‌فرنگی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف دای آلل بر اساس روش گریفینگ

جدول ۱- ویژگی‌های لاین‌های گوجه‌فرنگی مورد استفاده در تلاقی دای‌آلل
Table 1. Characteristics of tomato lines used in diallel crossing

لاین	زودرسی	عملکرد	لاین	زودرسی	عملکرد	لاین	زودرسی	عملکرد
Line	Earliness	Yield	Line	Earliness	Yield	Line	Earliness	Yield
Supc(P ₁)	Late	Good	Supl44 (P ₄)	Early	Medium	Sps(P ₇)	Early	Good
Pte12(P ₂)	Late	Good	Vfj (P ₅)	Late	Good	Csh74(P ₈)	Early	Good
Mb3(P ₃)	Early	Good	Ptk (P ₆)	Early	Medium	Prg(P ₉)	Early	Good

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ترکیب پذیری برای صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در تلاقی دای‌آلل گوجه‌فرنگی
Table 2. Analysis of variance (mean squares) of combining ability for yield components and earliness characters in a diallel cross of tomato

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین Number of leaf to first flowering	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین گلدهی Days to first flowering	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه Days to first fruit coloring	تعداد میوه در بوته Number of fruit per plant	عملکرد میوه در بوته Yield per plant
Replication	تکرار	2	0.70**	66.48 ^{ns}	125.37 ^{ns}	305.33 ^{ns}	22.49**
GCA	ترکیب پذیری عمومی	8	1.30*	741.06**	644.16**	689.94 ^{ns}	4.47**
SCA	ترکیب پذیری خصوصی	27	0.56**	131.78**	187.81**	371.72**	1.04*
Reciprocal	اثر سیتوپلاسمی	36	0.95**	228.88**	280.33**	266.68*	1.49**

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

همچنین والد Csh74 با داشتن کمترین تعداد روز (۸۴/۶۷ روز) زودرس‌ترین والد در بین نه لاین بود. دیرس‌ترین و زودرس‌ترین هیبریدها با توجه به بیشترین و کمترین تعداد روز از جوانه‌زنی تا اولین رنگ‌گیری میوه در بوته (۱۱۴ و ۷۷/۳۵ روز) به ترتیب تلاقی‌های Sps × Supc و Mb3 × Ptk بودند (جدول ۳). بیشترین و کمترین تعداد میوه در بوته (۵۷ و ۳۱/۳۳ عدد) به ترتیب در والدهای Ptk و Pte12 مشاهده شد. همچنین هیبرید Mb3 × Vfj با دارا بودن بیشتر تعداد میوه (۷۶/۲۲ عدد) در بین ۷۲ هیبرید، بیشترین اثر در جهت افزایش تعداد میوه و هیبرید Sps × Supc با کمترین تعداد میوه (۲۵ عدد) اثر کاهش در تعداد میوه داشتند. در بررسی عملکرد میوه در بوته، والد Mb3 دارای بیشترین عملکرد (۳/۶۹ کیلوگرم) و والد Pte12 از کمترین عملکرد (۱/۲۵ کیلوگرم) برخوردار بود. عملکرد در کلیه نتاج حاصل از تلاقی نه لاین، بیشتر از والد Pte12 بود. بیشترین و کمترین عملکرد (۴/۳۳ و ۱/۵۳ کیلوگرم) به ترتیب در نتاج حاصل از تلاقی‌های Csh74 × Supl44 و Vfj × Supc مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۴ ماکزیمم و مینیمم مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) و هتروزیس بر اساس میانگین والدین (H)، هتروزیس بر اساس والد برتر (Hp)، هتروزیس کل (TH) و اثر سیتوپلاسمی (CE) را در کلیه صفات نشان می‌دهد.

مورد مطالعه در کلیه صفات ارزیابی شده بود. نتایج مقایسه میانگین صفات (جدول ۳) نشان داد که متوسط تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین برای ژنوتیپ‌های والدی از ۶/۸۳ تا ۸/۵۰ متغیر بود. افزایش تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین و همچنین افزایش تعداد روز از جوانه‌زنی تا ظهور اولین گل آذین و یا اولین رنگ‌گیری میوه موجب دیررسی محصول و تولید محصول در تمام طول فصل رشد می‌شود (Mirshamsi Kakhki *et al.*, 2008؛ Hannan *et al.*, 2007؛ Shekari, *et al.*, 2006). بنابراین تلاقی Sps × Csh74 با بیشترین تعداد برگ (۹/۱۷) به عنوان دیررس‌ترین هیبرید و والد Supc با کمترین تعداد برگ، به عنوان زودرس‌ترین والد تا ورود نشاء به مرحله گلدهی شناخته شد. بیشترین تعداد روز تا ظهور اولین گل آذین (۸۱ روز) در والد Vfj و کمترین تعداد روز (۴۷ روز) در والد Csh74 مشاهده شد. لاین Csh74 نسبت به کلیه هیبریدها و والدین دوره رویشی را زودتر طی کرد، به طوری که تعداد روز از جوانه‌زنی تا گلدهی کمتری (۴۷ روز) داشت. بیشترین تعداد روز تا اولین ظهور گل آذین (۸۱/۶۷ روز) در نتاج حاصل از تلاقی Mb3 × Csh74 و کمترین تعداد روز (۵۰) در تلاقی Pte12 × Vfj مشاهده شد. والد Vfj با داشتن بیشترین تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا اولین رنگ‌گیری میوه (۱۱۲/۵۰ روز) دیررس‌ترین والد نسبت به سایر لاین‌ها بود.

جدول ۳- میانگین صفات مرتبط با عملکرد زودرسی در والدین و هیبریدهای F1 گوجه‌فرنگی در تلاقی
دای‌آلل (۹ × ۹)

Table 3. Means of yield and earliness characters of parents and F1 hybrids of tomato in
a diallel cross (9 × 9)

هیبرید	تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین گلدهی	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه	تعداد میوه در بوته	عملکرد میوه در بوته
Hybrid	Number of leaf to first flowering	Days to first flowering	Days to first fruit coloring	Number of ruit per plant	Yield per plant
Supc × Pte12	7.50	80.50	111.50	42.33	2.81
Supc × Mb3	8.17	79.00	112.75	28.50	1.82
Supc × Supl44	7.17	66.33	99.00	54.33	3.23
Supc × Vfj	7.33	77.00	108.67	31.50	1.53
Supc × Ptk	7.50	74.00	108.50	48.25	3.48
Supc × Sps	7.75	71.00	114.00	25.00	2.06
Supc × Csh74	7.00	76.00	109.00	30.95	1.85
Supc × Prg	7.72	68.67	95.50	29.33	1.57
Pte12 × Mb3	8.17	70.00	102.33	40.78	1.83
Pte12 × Supl44	7.67	62.00	98.83	43.67	2.19
Pte12 × Vfj	8.50	50.00	82.00	39.97	1.71
Pte12 × Ptk	8.55	64.67	101.00	48.04	3.64
Pte12 × Sps	8.50	51.00	85.33	49.77	2.52
Pte12 × Csh74	7.50	70.33	109.67	38.19	2.20
Pte12 × Prg	8.50	68.33	96.67	43.42	2.66
Mb3 × Supl44	7.83	74.50	106.50	75.71	3.41
Mb3 × Vfj	7.33	66.67	101.00	76.22	3.40
Mb3 × Ptk	9.00	74.00	77.35	42.22	3.06
Mb3 × Sps	8.50	66.00	103.00	26.92	1.84
Mb3 × Csh74	7.83	81.67	110.67	40.50	1.80
Mb3 × Prg	7.50	79.00	101.00	75.00	2.90
Supl44 × Vfj	8.67	55.33	85.00	39.80	2.12
Supl44 × Ptk	8.50	55.67	88.67	50.89	2.15
Supl44 × Sps	8.67	61.67	95.17	31.33	2.82
Supl44 × Csh74	7.58	77.00	113.00	59.00	4.33
Supl44 × Prg	8.29	63.10	95.04	45.22	2.32
Vfj × Ptk	8.39	72.33	104.00	35.44	2.64
Vfj × Sps	8.17	60.67	89.67	39.00	3.11
Vfj × Csh74	8.17	56.33	89.00	55.13	2.92
Vfj × Prg	7.83	62.33	96.33	44.50	2.78
Ptk × Sps	8.33	68.00	107.00	32.99	2.08
Ptk × Csh74	8.50	52.67	83.33	59.00	2.36
Ptk × Prg	9.00	53.67	85.33	35.50	1.72
Sps × Csh74	9.17	69.67	105.33	45.75	3.33
Sps × Prg	8.83	52.00	84.33	41.19	2.28
Csh74 × Prg	8.83	67.33	102.67	43.55	2.04
Parents					
Supc	6.83	74.00	106.00	43.00	1.39
Pte12	7.67	72.33	106.67	31.33	1.25
Mb3	8.33	59.33	91.33	32.33	3.69
Supl44	8.33	62.67	94.33	43.33	1.79
Vfj	7.39	81.00	112.50	45.25	2.40
Ptk	8.33	54.33	86.00	57.00	1.64
Sps	8.50	55.00	89.33	47.50	2.48
Csh74	7.33	47.00	84.67	45.55	2.40
Prg	8.00	53.67	91.33	48.00	2.11
LSD5%	0.60	7.64	12.42	21.36	2.09
LSD1%	0.79	10.08	16.39	28.20	2.75

جدول ۴- حداقل و حداکثر برای مقدار ترکیب پذیری خصوصی (SCA)، هتروزیس بر اساس میانگین والدین (H)، هتروزیس بر اساس والد برتر (Hp)، درصد هتروزیس (H%) و هتروزیس کل (TH) در صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در تلاقی دای آلل گوجه‌فرنگی

Table 4. Minimum (Min) and maximum (Max) for specific combining ability (SCA), heterosis over mid-parents (H), heterosis over better parents (Hp), heterosis percentage (H%) and total heterosis (TH) for yield components and earliness characters in a tomato diallel cross

Characters	صفات	SCA		H		Hp		TH	CE	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min
تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین	Number of leaf to first flowering	0.92	-0.94	1.47	-1.17	1.44	-1.16	0.15	1.83	0.00
تعداد روز از جوانه زنی تا اولین گلدهی	Days to first flowering	15.42	-13.33	28.50	-26.67	22.34	-30	2.64	29.33	0.66
تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه	Days to first fruit coloring	17.97	-26.30	23.50	-41.58	19.34	-54.80	0.11	46.33	0.50
تعداد میوه در بوته	Number of fruit per plant	20.50	-17.90	40.66	-20.20	32.83	-24.01	0.95	41.30	0.33
عملکرد میوه در بوته	Yield per plant	1.83	-1.08	2.87	-1.25	2.71	-2.70	0.37	2.49	0.02

بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی (۰/۹۲)، ۱۵/۴۲، ۱۷/۹۷، ۲۰/۵۰ و ۱/۸۳) به ترتیب در صفات تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه‌زنی تا اولین ظهور گل آذین، تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا اولین رنگ‌گیری میوه، تعداد میوه و عملکرد مربوط به نتایج حاصل از تلاقی $Prg \times Supc$ ، $Supc \times Mb3$ ، $Prg \times Supl44$ و $Mb3 \times Prg$ ، $Ptk \times Sps$ بود (جدول ۴).

دامنه هتروزیس براساس میانگین والدین در صفت تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین (۱/۱۷- تا ۱/۴۷)، تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین (۲۶/۶۷- تا ۲۸/۵۰)، تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا اولین رنگ‌گیری میوه (۴۱/۵۸- تا ۲۳/۵۰)، تعداد میوه در بوته (۲۰/۲۰- تا ۴۰/۶۶) و عملکرد میوه در بوته (۰/۰۲- تا ۰/۶۶، ۰/۵، ۰/۳۳ و ۰/۰۲) به ترتیب در

بیشترین مقدار اثر ستوپلاسمی (جدول ۴)، بیشترین مقادیر اثر ستوپلاسمی (۱/۸۳، ۲۹/۳۳، ۴۶/۳۳، ۴۱/۳۰ و ۲/۴۹) و کمترین مقادیر (۰، ۰/۶۶، ۰/۵، ۰/۳۳ و ۰/۰۲) به ترتیب در

می‌شود در این مطالعه هتروزیس مثبت و منفی بر اساس متوسط والدین و والد برتر و درصد هتروزیس برای تمام صفات مطالعه شده وجود داشت. نتایج مشابهی توسط حنان و همکاران (Hannan et al., 2007) و میرشمسی کاخکی و همکاران (۲۰۰۸) مبنی بر مثبت و منفی بودن هتروزیس در صفات فوق‌الذکر گزارش شده است. بیشترین مقدار هتروزیس کل (۲/۶۴) در بین کلیه صفات مربوط به تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین بود (جدول ۴).

بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی (۰/۹۲)، ۱۵/۴۲، ۱۷/۹۷، ۲۰/۵۰ و ۱/۸۳) به ترتیب در صفات تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه‌زنی تا اولین ظهور گل آذین، تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا اولین رنگ‌گیری میوه، تعداد میوه و عملکرد مربوط به نتایج حاصل از تلاقی $Prg \times Supc$ ، $Supc \times Mb3$ ، $Prg \times Supl44$ و $Mb3 \times Prg$ ، $Ptk \times Sps$ بود (جدول ۴).

دامنه هتروزیس براساس میانگین والدین در صفت تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین (۱/۱۷- تا ۱/۴۷)، تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین (۲۶/۶۷- تا ۲۸/۵۰)، تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا اولین رنگ‌گیری میوه (۴۱/۵۸- تا ۲۳/۵۰)، تعداد میوه در بوته (۲۰/۲۰- تا ۴۰/۶۶) و عملکرد میوه در بوته (۰/۰۲- تا ۰/۶۶، ۰/۵، ۰/۳۳ و ۰/۰۲) به ترتیب در

شدن اثر ترکیب پذیری عمومی و خصوصی (جدول ۲)، نقش توام افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه و عملکرد میوه در بوته مشاهده شد.

معنی دار شدن واریانس افزایشی D ، غالبیت H_1 و نیز شکل دیگر واریانس غیر افزایشی H_2 نیز بیانگر وجود اثر افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی صفت است. اما شدت و ضعف هر یک از این اثر با توجه به مقادیر D ، H_1 و H_2 و رابطه بین D و H_1 می تواند متفاوت باشد. مقدار درجه غالبیت بیشتر از یک ($H_1/D > 1$) دلالت بر وجود اثر فوق غالبیت ژن ها و مقدار درجه غالبیت کمتر از یک ($H_1/D < 1$) بیانگر نقش غالبیت ناقص ژن های عامل در صفت است (Sharaifi *et al.*, 2010). معنی دار شدن مقادیر D و H_1 در کلیه صفات (جدول ۶) دلالت بر وجود اثر توام افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی تمامی صفات داشت، اما به دلیل این که در کلیه صفات مقدار درجه غالبیت ژن ها بیشتر از یک بود، می توان به نقش قابل توجه اثر فوق غالبیت ژن ها در کنترل ژنتیکی کلیه صفات اشاره کرد. این نتایج حاصل با نتایج سایر محققین نیز همسو است (Mital and Singh, 1977؛ Srivastava *et al.*, 1998؛ Dod *et al.*, 1992). مثبت بودن علامت جبری F و همچنین برآورد

صفات تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین، تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه، تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه در بوته مشاهده شد. معنی دار شدن اثر سیتوپلاسمی در کلیه صفات (جدول ۲) بیانگر این است که علاوه بر ژن های هسته ای، ژن های سیتوپلاسمی (میتو کندری و کلروپلاست) و اثر متقابل ژن های هسته ای - سیتوپلاسمی در کنترل صفات موثر بوده اند (Sharifi *et al.*, 2010).

جدول ۵ مقدار ترکیب پذیری عمومی کلیه لاین ها را در صفات مورد بررسی نشان می دهد. لاین های $Sup144$ و Ptk (تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین)، $Supc$ (تعداد روز از جوانه زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین و تعداد روز از جوانه زنی بذر تا اولین رنگ گیری میوه) و $Mb3$ (تعداد میوه و عملکرد میوه در بوته) دارای بیشترین مقدار ترکیب پذیری عمومی و یا به عبارت دیگر بیشترین اثر در افزایش صفات فوق الذکر را داشتند. معنی دار شدن اثر ترکیب پذیری عمومی (GCA) بیانگر وجود نقش اثر افزایشی و معنی داری اثرات ترکیب پذیری خصوصی (SCA) نیز بیانگر نقش اثرات غیر افزایشی در کنترل صفات است، بنابراین در صورت معنی داری توام GCA و SC ، علاوه بر اثر افزایشی اثر غیر افزایشی نیز در کنترل صفت موثر است (Dod *et al.*, 1992؛ Srivastava *et al.*, 1998؛ Ahmad *et al.*, 2009). با توجه به معنی دار

جدول ۵- ترکیب پذیری عمومی والدین در صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در تلاقی دای آلل گوجه فرنگی

Table 5. General combining ability (GCA) of parents for yield components and earliness characters in a tomato diallel cross

Characters	صفات	Parents والدین								
		Supc	Pte12	Mb3	Supl44	Vfj	Ptk	Sps	Csh74	Prg
تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین	Number of leaf to first flowering	-0.49	0.17	0.02	0.28	-0.07	0.28	0.24	-0.10	-0.32
تعداد روز از جوانه زنی تا اولین گلدهی	Days to first flowering	9.27	-1.92	8.15	-1.65	2.09	-2.71	-4.69	-0.42	-8.12
تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه	Days to first fruit coloring	11.46	0.80	5.12	0.04	2.22	-4.01	-3.84	-4.26	-7.53
تعداد میوه در بوته	Number of fruit per plant	-8.30	0.66	9.79	1.04	-2.61	0.99	-2.37	1.30	-0.50
عملکرد میوه در بوته	Yield per plant	-0.20	-0.06	0.29	-0.03	0.11	-0.24	0.12	-0.17	0.18

جدول ۶- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای صفات مختلف در گوجه فرنگی
 Table 6. Estimate of genetic parameters for some traits in tomato

Genetic parameters	پارامترهای ژنتیکی	تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین Number of leaf to first flowering	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین گلدهی Days to first flowering	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه Days to first fruit coloring	تعداد میوه در بوته Number of fruit per plant	عملکرد میوه در بوته Yield per plant
D	واریانس افزایشی	0.29±0.09	120.49±20.77	88.14±31.41	9.15±3.03	36.28±24.56
H1	واریانس غالبیت	0.38±0.10	186.58±27.13	167.48±42.92	189.31±25.43	57.51±32.43
H2	فرم دیگر واریانس غیر افزایشی	0.28±0.06	105.19±14.32	103.63±24.44	136.59±10.81	40.11±20.10
F	میانگین کواریانس اثر افزایشی و غالبیت	0.27±0.13	145.29±32.05	107.50±49.82	44.32±12.04	51.69±39.23
H ₁ /D	درجه غالبیت	1.15±0.15	1.24±0.09	1.38±0.19	4.55±1.21	1.26±0.34
Kd/(kd+kr)	نسبت ژن های غالب	0.70±0.04	0.74±0.02	0.72±0.04	0.77±0.03	0.78±0.05

اولین گل آذین نقش داشت. همچنین در تجزیه گرافیکی (شکل ۲) به دلیل عدم حضور هیچ یک از نقاط در خارج از منحنی، نقش اپیستازی در مقایسه با اثر فوق غالبیت در بروز این صفت کم‌رنگ‌تر و یا می‌توان گفت بدون اثر بود. در تجزیه گرافیکی صفات تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین (شکل ۲) و تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا اولین رنگ‌گیری میوه (شکل ۳)، والد‌های Csh74 و Vfj با بیشترین فاصله نسبت به مبدا مختصات دارای بیشترین فراوانی آلل‌های مغلوب نسبت به سایر والد‌ها بود و نتایج فوق با نتایج ارائه شده در جدول برآورد نسبت‌های غالبیت (جدول ۷) مطابقت دارد.

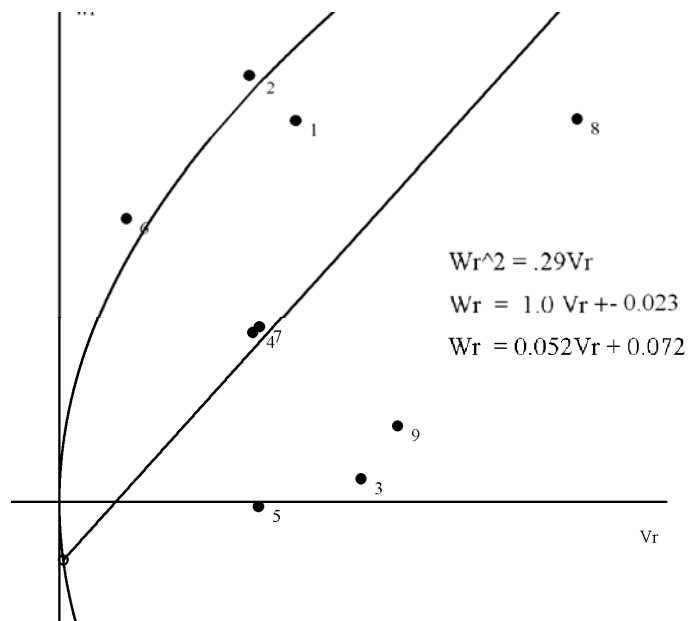
از طرفی در این لاین‌ها (Csh74 و Vfj) که دارای کمترین تعداد روز در صفات تعداد روز تا ظهور اولین گل آذین و اولین رنگ‌گیری میوه و در مقایسه با سایر لاین‌ها دارای بیشترین فراوانی آلل‌های مغلوب هستند، می‌توان استنباط کرد که افزایش فراوانی آلل‌های مغلوب، موجب زودرسی محصول می‌شود.

در تجزیه گرافیکی صفت تعداد میوه در بوته (شکل ۴)، قرار گرفتن نقاط مربوط به والد‌های Supc، Ptk، Sps و Csh74 در خارج از سهمی نیز بیانگر نقش روابط بین ژنی (اپیستازی) در بروز این صفت بود. والد‌های Supc، Ptk، Sps و Csh74 به دلیل نزدیکی به مبدا مختصات دارای بیشترین فراوانی آلل‌های غالب و والد Mb3 به دلیل قرار گرفتن در دورترین نقطه

نسبت‌های ژن‌های غالب ($Kd > 0/5$) در تمامی صفات (جدول ۶) بیانگر بالاتر بودن نسبت فراوانی آلل‌های غالب نسبت به فراوانی آلل‌های مغلوب در والد‌های مورد استفاده بود (Sharafi et al., 2010).

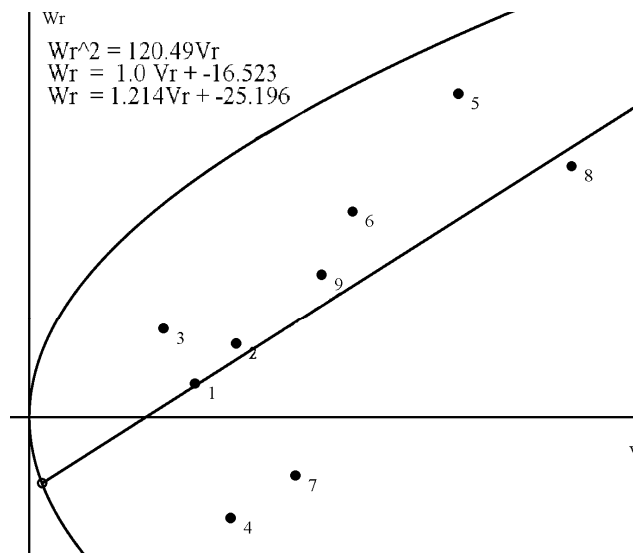
در بررسی گرافیکی صفات، قطع شدن سهمی توسط خط رگرسیون در قسمت منفی محور WI (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴)، تاکید بر وجود پدیده فوق غالبیت در کلیه صفات است و با نتایج حاصل از جدول ۶ مطابقت دارد. در تجزیه گرافیکی صفت تعداد برگ (شکل ۱) والد‌های Mb3، Sup144، Vfj و Sps به دلیل داشتن کمترین فاصله نسبت به مبدا مختصات دارای بیشترین فراوانی آلل‌های غالب و والد Csh74 با بیشترین فاصله نسبت به مبدا مختصات، در مقایسه با سایر والد‌ها دارای بیشترین فراوانی آلل‌های مغلوب بود که نتایج حاصل با نتایج حاصل از جدول برآورد نسبت‌های غالبیت (جدول ۷) مطابقت دارد. با توجه به این که میزان تولید برگ در والد Vfj بیشتر از والد Csh74 بود، بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که آلل‌های غالب در افزایش تعداد برگ و آلل‌های مغلوب در کاهش تعداد برگ نقش دارند (Kaveh, 2009).

در بررسی صفت تعداد روز از جوانه‌زنی بذر تا ظهور اولین گل آذین مقادیر با توجه به قطع شدن سهمی توسط خط رگرسیون در قسمت پایین و منفی مبدا مختصات (شکل ۲)، پدیده فوق غالبیت در بروز صفت تعداد روز تا ظهور



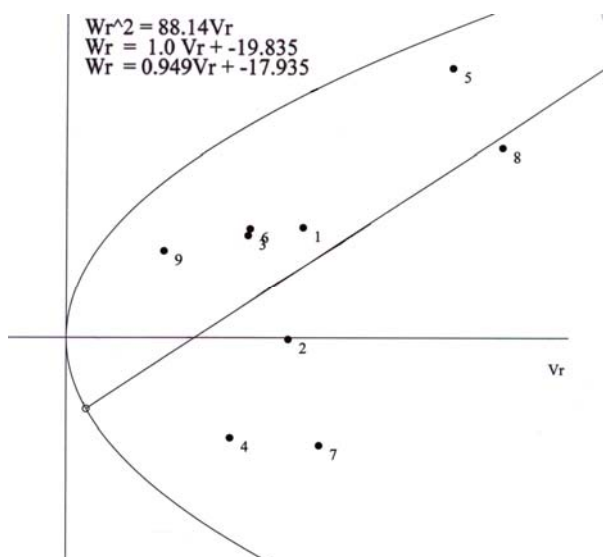
شکل ۱- رگرسیون Wr روی Vr برای تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین

Fig. 1. Regression of Wr to Vr for number of leaf to first flowering {Supc (P_1), Pte12 (P_2), Mb3 (P_3), Supl44 (P_4), Vfj (P_5), Ptk (P_6), Sps (P_7), Csh74 (P_8) and Prg (P_9)}

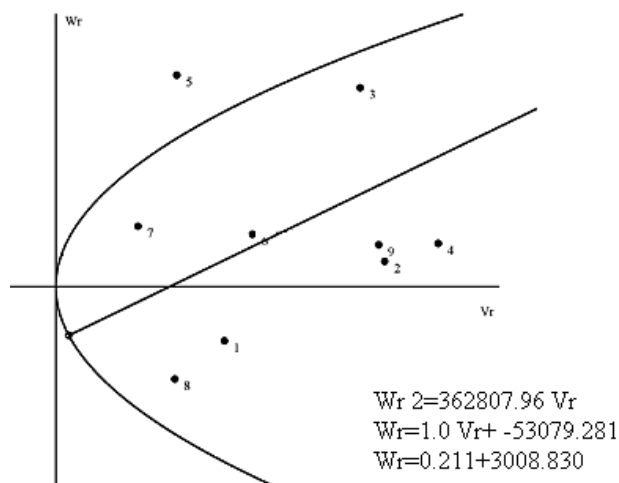


شکل ۲- رگرسیون Wr روی Vr در صفت تعداد روز از جوانه زنی تا ظهور اولین گل آذین

Fig. 2. Regression of Wr to Vr for days to first flowering {Supc (P_1), Pte12 (P_2), Mb3 (P_3), Supl44 (P_4), Vfj (P_5), Ptk (P_6), Sps (P_7), Csh74 (P_8) and Prg (P_9)}



شکل ۳- رگرسیون Wr روی Vr برای تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ گیری میوه
 Fig. 3. Regression of Wr to Vr for days to first fruit coloring {Supc (P₁), Pte12 (P₂), Mb3 (P₃), Supl44 (P₄), Vfj (P₅), Ptk (P₆), Sps (P₇), Csh74 (P₈) and Prg (P₉)}



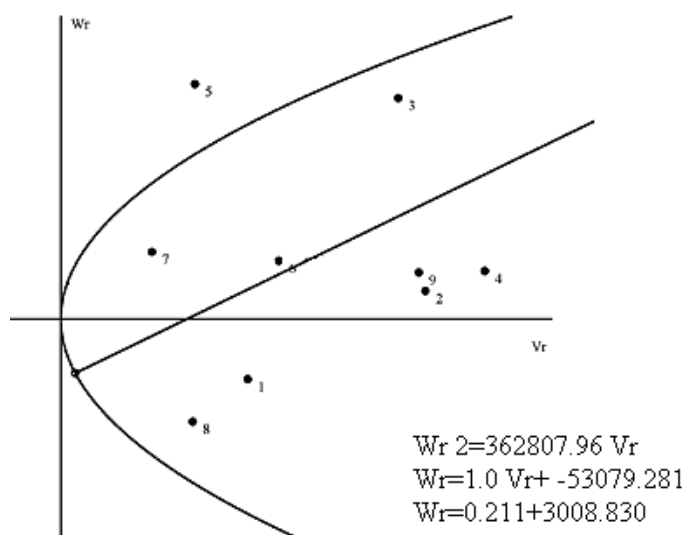
شکل ۴- رگرسیون Wr بر روی Vr برای تعداد میوه در بوته
 Fig. 4. Regression of Wr to Vr for number of fruit per plant {Supc (P₁), Pte12 (P₂), Mb3 (P₃), Supl44 (P₄), Vfj (P₅), Ptk (P₆), Sps (P₇), Csh74 (P₈) and Prg (P₉)}

این که والد Mb3 دارای تعداد میوه کل کمتری نسبت به سایر والدها است، می‌توان استنباط کرد که آلل‌های غالب در جهت افزایش تعداد میوه

نسبت به مبدأ مختصات دارای کمترین فراوانی آلل‌های غالب و بیشترین فراوانی آلل‌های مغلوب بود. با توجه به نتایج فوق و با توجه به

گرافیکی (شکل ۵) نیز با نتایج فوق مطابقت دارد. والد Mb3 با بیشترین مقدار عملکرد نسبت به سایر لاین‌ها، به دلیل داشتن بیشترین فراوانی آلل‌های مغلوب در دورترین نقطه نسبت به مبدأ مختصات واقع شد (شکل ۵). بنابراین افزایش عملکرد با افزایش فراوانی آلل‌های مغلوب همراه است و با افزایش فراوانی آلل‌های غالب، مقدار عملکرد کاهش می‌یابد.

نقش موثری دارند. قرار گرفتن والد Vfj در خارج از سهمی (شکل ۵) نیز می‌تواند نشان دهنده اثر جزئی اپیستازی (روابط بین ژنی) در کنترل صفت عملکرد میوه در بوته باشد. مقادیر نسبت غالبیت ژن‌ها (جدول ۷) نشان‌دهنده این است که والد Supc، Csh74 و Sps دارای بیشترین فراوانی ژن‌های غالب هستند و نتایج حاصل از تجزیه



شکل ۵- رگرسیون Wr روی Vr برای عملکرد میوه در بوته

Fig. 5. Regression of Wr to Vr for yield per plant {Supc (P₁), Pte12 (P₂), Mb3 (P₃), Supl44 (P₄), Vfj (P₅), Ptk (P₆), Sps (P₇), Csh74 (P₈) and Prg (P₉)}

در بوته مربوط به تلاقی Mb13 × Prg بود. پنج هیبرید برتر در صفات عملکرد و زودرسی محصول، شامل Supc × Ptk، Pte12 × Ptk، Mb3 × Vfj، Csh74 × Supl44 و Sps × Csh74 بودند. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی در تعداد میوه و عملکرد در بین نه والد را لاین Mb13 داشت. والد Prg نسبت

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق می‌توان اظهار داشت که در مقایسه زودرسی بین ۷۹ هیبرید حاصل از تلاقی نه لاین، تلاقی Mb13 × Ptk با کمترین تعداد روز تا اولین رنگ‌گیری میوه و به عنوان زودرس‌ترین هیبرید شناخته شد. بیشترین هتروزیس و ترکیب‌پذیری خصوصی در صفت تعداد میوه

جدول ۷- برآورد نسبت‌های غالبیت در والدین برای صفات مختلف در گوجه‌فرنگی
Table 7. Estimate of dominance ratios of parents for some different traits in tomato

والدین Parents	تعداد برگ تا ظهور اولین گل آذین Number of leaf to first flowering	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین گلدهی Days to first flowering	تعداد روز از جوانه زنی تا اولین رنگ‌گیری میوه Days to first fruit coloring	تعداد میوه در بوته Number of fruit per plant	عملکرد میوه در بوته Yield per plant
Supc	0.62	0.85	0.69	0.77	0.93
Pte12	0.64	0.80	0.81	0.64	0.76
Mb3	0.77	0.83	0.73	-0.14	0.59
Sup144	0.76	0.94	0.94	1.14	0.71
Vfj	0.85	0.51	0.44	0.51	0.67
Ptk	0.77	0.65	0.72	0.93	0.80
Sps	0.75	0.87	0.89	0.90	0.85
Csh74	0.44	0.51	0.48	0.83	0.99
Prg	0.72	0.71	0.80	1.31	0.75

منظور کاهش هزینه‌های کشت و پرورش گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای، پیشنهاد می‌شود مطالعات جامع‌تری در زمینه تلاقی این دو لاین با یک دیگر و با سایر لاین‌های برتر (از نظر عملکرد و زودرسی) به منظور دستیابی به هیبریدهای تجاری زودرس با عملکرد بالا صورت پذیرد.

به سایر والدها دارای بیشترین ترکیب پذیری عمومی با علامت منفی در صفات مرتبط با زودرسی بود. بنابراین با توجه به مطالب فوق لاین‌های Mb13 و Prg به عنوان بهترین والدها به ترتیب جهت افزایش عملکرد و زودرسی شناسایی شدند و با توجه به شرایط آب و هوایی ایران و لزوم استفاده از ارقام مزرعه‌ای با دوره رشد کوتاه و عملکرد بالا به

References

- Ahmad, S., Quamruzzaman, A. K. M., and Nazim Uddin, M. 2009. Combining ability estimates of tomato (*Solanum lycopersicum*) in late summer. SAARC Journal of Agriculture 7(1): 43-56.
- Burdik, E. 1954. Genetics of heterosis for earliness in tomato. Genetics 39: 488-505.
- Dod, V. N., Kale, B. P., and Wankhade, V. R. 1992. Combining ability study in tomato. Haryana Journal of Horticultural Sciences 21: 296-302.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Science 9: 463-493.

- Hannan, M. M., Ahmed, M. B., Roy, U. K., Razvy, M. A., Haydar, A., Rahman, M. A., Islam, M. A., and Islam, R. 2007.** Heterosis, combining ability and genetics for Brix%, days to first fruit ripening and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Middle-East Journal of Scientific Research 2 (3-4): 128-131.
- Hayman, B. Y. 1954.** The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39: 789-809.
- Johnson, C. E., and Hernandez, T.P. 1980.** Heritability studies of early and total yield in tomatoes. HortScience 15: 280-287.
- Kaveh, H. 2009.** Evaluation of heterosis and combining ability for high quality tomato lines with valuable agronomic traits, M.S. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi, University of Mashhad, Mashhad, Iran (in Persian).
- Mirshamsi Kakhki, A., Farsi, M., Shahriari Ahmadi, F., and Nemati, H. 2006.** Estimate of heterosis and combining ability for yield component and earliness in seven tomato lines (*Lycopersicon esculentum* Mill.) using diallel crossing method. Agricultural Science and Technology 20 (3): 3-12 (in Persian).
- 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): 499-507.
- Mital, R. K., and Singh, H. N. 1977.** Genetic of fruit characteristics in tomato. Indian Journal of Agricultural Research 11: 104-114.
- Mohsenifard, A., Farsi, M., Nemati, H., and Malekzadeh, K. H. 2011.** An SSR-based assessment of genetic diversity in 16 tomato (*Lycopersicon esculentum*) lines and its correlation with heterosis. Iranian Journal of Horticultural Sciences 2: 185-192 (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):706-711.
- Sharifi, P., Deghani, H., Momeni, A., and Moghaddam, M. 2010.** Diallel analysis for heterosis study and estimation of genetic parameters for some morphological traits in rice. Seed and Plant Improvement Journal. 26-1 (1): 77-104 (in Persian).
- Shekari, F., Masiha, S., and Esmailpour, B. 2006.** Vegetable Physiology. Zanjan University Publications, Zanjan, Iran. 394 pp. (in Persian).

Srivastava, J. P., Singh, H., Srivastava, P. B., and Verma, H. P. S. 1998. Heterosis in relation to combining ability in tomato. *Vegetable Science* 25: 43-47.

Ukai, Y. 2006. DIAL98. A package of programs for the analyses of a full and half diallel table with the methods by Hayman (1954), Griffing (1956) and others. Available from: <http://lbm.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~ukai/dial98.html>.

