

برآورد قابلیت ترکیب پذیری و هتروزیس برای صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در هفت لاین گوجه فرنگی با استفاده از روش تلاقی دای آلل

امین میرشمسی کاخکی - محمد فارسی - فرج ا... شهریاری - حسین نعمتی^۱

تاریخ دریافت ۸۲/۱۲/۱۶

چکیده

این مطالعه به منظور برآورد هتروزیس، قابلیت ترکیب پذیری و واریانس ژنتیکی برای صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی، در هفت لاین گوجه فرنگی انجام شد. بذور ۲۱ هیبرید حاصله از تلاقیهای مستقیم به همراه والدین تلاقیها در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با دو تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد کشت شدند و صفات ارتفاع گیاه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز از گلدهی تا رسیدن میوه، وزن و تعداد میوه، تعداد برگ تا اولین خوشه و عملکرد تک بوته اندازه گیری شد. تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بسیار معنی داری بین ژنوتیپهای و ترکیبات F_1 مورد بررسی از نظر صفات مورد مطالعه وجود دارد. بنابراین از تجزیه دای آلل برای تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات استفاده شد. واریانس اثرات ترکیب پذیری خصوصی برای کلیه صفات به جز تعداد برگ تا اولین خوشه، تعداد روز تا گلدهی و تعداد میوه معنی دار شد که نشان دهنده وجود اثرات غالبیت در کنترل صفات عملکرد تک بوته، ارتفاع گیاه، وزن میوه، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی میوه می باشد. همچنین نتایج نشان داد که در اکثر مکانهای ژنی صفات، اثرات فوق غالبیت وجود دارد. علاوه بر این تخمین اثرات ترکیب پذیری نشان داد که لاینهای F_{1a} و B_3 به ترتیب بیشترین قابلیت ترکیب پذیری را در جهت افزایش صفت عملکرد و زودرسی داشته و بنظر می رسد با توجه به مقادیر قابلیت ترکیب پذیری خصوصی و هتروزیس، تلاقی $F_{1a} \times B_3$ می تواند به عنوان بهترین ترکیب شونده ها برای افزایش عملکرد و زودرسی معرفی شود.

واژه های کلیدی: گوجه فرنگی - دای آلل - هتروزیس - قابلیت ترکیب پذیری خصوصی و عمومی

مقدمه

با ظهور پدیده هتروزیس در سال ۱۹۰۷، مطالعات بسیاری در

ارتباط با روشهای دورگ گیری، تخمین هتروزیس و قابلیت ترکیب پذیری در گوجه فرنگی آغاز گردید. امروزه به خوبی کاربردها و اثرات هتروزیس در هیبریدهای گوجه فرنگی از نظر بنیه، سرعت رشد و تکامل بهتر، زودرسی و عملکرد و مقاومت به بیماریها و شرایط نامطلوب محیطی، شناخته شده است (۱۶).

در اوایل قرن ۲۰، هندریک و بوث (۸) اولین بار پدیده هتروزیس را برای صفات عملکرد و تعداد میوه در گوجه فرنگی گزارش کردند. چندی بعد، نتایج تحقیقات سایر محققین نشان داد، که هیبریدهای بین ارقام گوجه فرنگی به طور محسوسی نسبت به والدین از نظر عملکرد کل و زودرسی برتری دارند و به دلیل سادگی تلاقی می تواند از نظر کاربردی، سودمند باشد. از سال

گوجه فرنگی *Lycopersicon esculentum* Mill. یکی از مهمترین سبزیجات تیره سولاناسه است که در حال حاضر به عنوان دومین سبزی رایج مورد کشت و یک منبع غنی از ویتامین و مواد معدنی در دنیا مطرح است. در کشور ما نیز، این محصول با سطح زیر کشت حدود ۱۱۰ هزار هکتار و تولید تقریبی $10^5 \times 3/1$ تن، از نظر تولید، سطح زیر کشت و ارزش اقتصادی نسبت به سایر سبزیجات از اهمیت بیشتری برخوردار است. علی رغم مطالعات گسترده در زمینه تولید هیبرید گوجه فرنگی در سایر کشورها، در داخل کشور توجهی به اصلاح و به نژادی آن نشده و عمده بذر مورد استفاده زراعتین از خارج از کشور وارد می شود (۴).

۱- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

جدول (۱) لاینها و ارقام گوجه فرنگی مورد استفاده

شماره	نام لاین	زمینه ژنتیکی	منبع
۱	Flavv۷۷ (Fla)	-	IFAS
۲	B۳	ارقام روسی	VIR
۳	KalGN۳	ارقام ایتالیایی	Falat
۴	LA۰۶۱۱	کوندین رد	TGRC
۵	LA۱۷۹۳	ارقام ایتالیایی	TGRC
۶	R۲۲	ارقام روسی	VIR
۷	LA۳۸۹۸	FM۶۲۰۳	TGRC

تلاقی های دای آلل: کلیه تلاقی های ممکن بین هفت لاین در قالب یک طرح دای آلسل (۷×۷) یک طرفه مورد بررسی قرار گرفت. تلاقی ها، روی خوشه دوم به بعد و در سه تکرار مختلف از نظر زمانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و دمای $28^{\circ}\text{C}/18$ (روز/شب)، دوره روشنایی ۱۶ ساعت و رطوبت نسبی محیط ۷۰-۳۰٪ صورت گرفت. اخته کردن گل و گرده افشانی بطور منظم و روزانه بین ساعات ۱۱-۸ صبح انجام شد. پیش از شروع دورگ گیری، گل‌های باز شده در کلاستر روی پایه های مادری حذف گردید. اخته کردن تنها روی گل‌هایی که زاویه بین محور گل با گلبرگها کمتر از 45° درجه بود، و رنگ گلبرگها به زرد روشن تغییر پیدا نکرده بود، انجام شد.

استخراج بذر: از روش تخمیر برای حذف و تجزیه لایه ژلاتینی پوشاننده بذر استفاده شد. برای این منظور میوه ها بطور عرضی برش داده شد و توده ژلاتینی حاوی بذر آن خارج گردید. توده ژلاتینی حاوی بذر هر تلاقی، به مدت ۳ روز در دمای $30^{\circ}\text{C}-25$ در یک بشر امتریل حاوی آب گوجه فرنگی برای انجام فرآیند تخمیر قرار داده شد. برای تسریع فرآیند تخمیر، مخلوط حاوی بذور، هر روز ۲-۱ بار همزده شد. بعد از جدا شدن و تجزیه لایه ژلاتینی، بذرها در یک صافی کامل شستشو داده شده و سپس روی کاغذ صافی خشک شدند. بذور خشک شده بعد از ثبت مشخصات تلاقی، در دمای 4°C و رطوبت پایین نگهداری گردید.

آزمون عملکرد: به منظور آزمون عملکرد، کلیه تلاقی های مستقیم بین هفت لاین که بصورت تصادفی گزینش شده بودند (۲۱ هیبرید) همراه با والدین در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در

۱۹۲۲ به بعد بر اساس مطالعات انجام شده ایجاد ارقام هیبرید پیشنهاد شد و سایر محققین مطالعات تکمیلی در زمینه هتروزیس و جنبه های کاربردی آن در گوجه فرنگی را انجام داده و فواید انکارناپذیر هیبریدهای F_1 را به اثبات رساندند (۱۶).

بعدها مطالعات انجام شده توسط برخی از محققین نظیر بوردیک (۵)، پاورز (۱۰، ۱۱) نقش قابل توجهی در توضیح و روشن شدن جزئیات و اثرات هتروزیس داشت. این دیدگاه که یک محصول خود گرده افشان مانند گوجه فرنگی نمی تواند اثرات هتروزیس بالا مشابه گیاهان دگر گرده افشان بروز دهد، با نتایج بدست آمده در طول این سالها رد شد. استینز (۱۵) و ریک (۱۳) شواهدی مبنی بر وجود هتروزیس در گیاهان خود گرده افشان ارائه دادند.

پیشرفت در علوم آماری و ژنتیک کمی منجر به ابداع روشهایی برای گزینش ارقام و لاینهای والدی مورد استفاده در تلاقی ها شده است. یکی از روشهای تجزیه ژنتیکی که می تواند نحوه کنترل صفات مهم زراعی به خصوص صفات کمی را روشن سازد، تجزیه تلاقی دای آلل می باشد. علاوه بر این نتایج و اطلاعات به دست آمده از این روش می تواند برای پیش بینی عملکرد هیبریدهای حاصل از والدین مختلف به کار رود. با استفاده از تجزیه دای آلل می توان ماهیت و تعداد پارامترهای ژنتیکی و ترکیب پذیری عمومی و خصوصی والدین و نتایج حاصل از آنها را تخمین زد (۱). هدف از این آزمایش بررسی قابلیت ترکیب پذیری ارقام موجود و تخمین اجزای واریانس ژنتیکی به منظور شناسایی والدین مناسب در تولید بذر هیبرید گوجه فرنگی می باشد.

مواد و روشها

مواد گیاهی: در این مطالعه پس از انجام آزمون اولیه سازگاری و عملکرد، و بررسی صفات مقاومت و خصوصیات شجره ای لاینها، از میان ۲۹ لاین و رقم دریافت شده از کلکسیونهای بذر دانشگاه فلوریدا، کالیفرنیا و برخی لاینها و ارقام روسی، هفت لاین انتخاب گردید. لاینها و ارقام دریافت شده در صفاتی مانند عملکرد، مقاومت به آفات و بیماری های قارچی و ویروسی، مقاومت به تنشهای محیطی، زودرسی، غلظت مواد محلول جامد، اسیدیته میوه و وجود مارکرها مورفولوژیک مناسب، تنوع نشان می دادند (جدول ۱).

$$g(i) = \text{اثر قابلیت ترکیب پذیری عمومی برای دومین والد}$$

$$s(i,j) = \text{اثر قابلیت ترکیب پذیری خصوصی والدین (i,j)}$$

$$r(i,j) = \text{اثرات تلاقی معکوس بین والدین (i,j)}$$

$$b(k) = \text{اثرات بلوک}$$

$$e(ijk) = \text{خطا}$$

همچنین با تعیین نسبت GCA/SCA برای صفاتی که هر دو جز آنها معنی دار شده بود، و با استفاده از آزمون آماری F اهمیت نسبی هر کدام از اثرات در کنترل صفات مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این با توجه به فرضیات زیر واریانس افزایشی و واریانس غالبیت و مقدار درجه غالبیت برای هر صفت محاسبه شد (۱).

$$\sigma^2 G = 2\sigma^2 g + \sigma^2 s$$

$$\sigma^2 A = 2\sigma^2 g \quad \text{یا} \quad \sigma^2 gca = 1/2 \sigma^2 A$$

$$\sigma^2 D = \sigma^2 s \quad \text{یا} \quad \sigma^2 sca = \sigma^2 D$$

$$D = \sqrt{2\sigma^2 D / \sigma^2 A} = \sqrt{\sigma^2 sca / \sigma^2 gca}$$

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس اختلاف بسیار معنی داری ($p < 0.01$) بین ژنوتیپهای مورد آزمایش از نظر صفات مورد بررسی نشان داد (جدول ۲). با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تجزیه دای آکل براساس مدل گریفینگ (۶) برای بررسی ماهیت ژنتیکی صفات و همچنین برآورد اثرات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی و تخمین هتروزیس صورت گرفت. واریانس بین ژنوتیپها از نظر صفات مورد بررسی معنی دار بود ($p < 0.05$) که به اثرات مربوط به قابلیت ترکیب پذیری عمومی (GCA) و قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (SCA) تفکیک گردید. میانگین مربعات GCA برای کلیه صفات مورد بررسی معنی دار ($p < 0.05$) گردید. علاوه

گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد کشت شدند. برای این منظور ابتدا بذور در جعبه های پلاستیکی حاوی ۵۰٪ خاکبرگ + ۵۰٪ ماسه نرم کشت گردید. برای جلوگیری از اثرات ناشی از تراکم و تسریع فرایندهای رشد، گیاهچه ها در مرحله ۲-۳ برگی به گلدانهای پلاستیکی ۹۰۰ gr حاوی یک سوم خاک زراعی + یک سوم ماسه نرم + یک سوم خاک برگ، منتقل شدند. محلول پاشی با کود کامل فوسامکروسه در هزار به فاصله هر ۱۰ روز یکبار تکرار شد. سپس گیاهچه ها به واحد گلخانه تحقیقاتی با فواصل کشت $40 \times 35 \times 70$ و دمای $18/28^\circ C$ (روز / شب)، و دوره روشنائی ۱۶ ساعت منتقل شدند. در طی این مدت صفات تاریخ سبزی شدن، تعداد برگ تا اولین خوشه، تعداد روز تا گل دهی، زمان رسیدن میوه، ارتفاع تک بوته، و عملکرد تک بوته، وزن میوه، تعداد میوه در بوته در چهار چین اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: داده های بدست آمده مربوط به هر صفت براساس طرح آماری بلوک های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. بعد از انجام تجزیه واریانس مقدماتی برای هر صفت در صورت وجود تفاوت معنی دار بین ترکیبات F_1 تجزیه واریانس ترکیب پذیری عمومی و خصوصی براساس روش شماره دو گریفینگ (۶) و نرم افزار Diallel انجام شد و مقادیر هتروزیس نسبت به میانگین والدین و هتروزیس نسبت به والد برتر و قابلیت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی با توجه به مدل ریاضی زیر محاسبه شد.

$$x_{(i,j,k)} = \mu + g(i) + g(j) + s(i,j) + r(i,j) + b(k) + e(ijk)$$

که در آن:

$$\mu = \text{میانگین جمعیت}$$

$$g(i) = \text{اثر قابلیت ترکیب پذیری عمومی برای اولین والد}$$

جدول (۲) تجزیه واریانس تلاقی دای آکل برای بررسی اثرات قابلیت ترکیب پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) در عملکرد و صفات مرتبط

منابع تغییرات	df	MS							
		تعداد روز از گلدهی تا رسیدن اولین میوه	تعداد میوه	وزن میوه (gr)	تعداد روز تا رسیدن میوه	تعداد روز تا گلدهی	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد برگ تا اولین خوشه	عملکرد تک بوته (gr)
GCA	۶	۵۲۹٫۴*	۱۱٫۹*	۱۳۹۰٫۲*	۶۲۵٫۱*	۵۳٫۲*	۲۵۲۷٫۳*	۳٫۳۴*	۵۰۴۷۹٫۳*
SCA	۲۱	۷۶٫۱*	۳٫۹ ^{NS}	۱۴۸٫۳*	۱۰۳٫۲*	۵٫۷۱ ^{NS}	۶۳۷٫۸*	۱٫۱۰ ^{NS}	۱۷۹۳۵٫۴*
Error	۲۷	۱۵٫۰	۲٫۲	۵۴٫۴	۱۳٫۸	۴٫۷۳	۸۰٫۷	۰٫۱۷	۳۲۸۲٫۸
GCA/SCA		۶٫۹*	-	۹٫۰۳*	۶٫۰۹*	-	۳٫۹۶*	-	۲٫۸۱*

* $P \leq 0.05$

NS = تفاوت معنی دار آماری وجود ندارد.

این صفت می باشد (جدول ۲). بررسی نحوه کنترل صفات و اثرات ژنی با توجه به نتایج ترکیب پذیری (جدول ۲)، و مقادیر اجزای واریانس ژنتیکی (جدول ۶)، حاکی از وجود اثرات افزایشی در کنترل صفت تعداد روز تا گلدهی می باشد.

تخمین مقادیر اثرات ترکیب پذیری عمومی برای تعداد روز از گلدهی تا رسیدن میوه نشان داد که لاینهای LA1793 و B3 به ترتیب بیشترین سهم را در افزایش و کاهش این صفت دارند (جدول ۴). میانگین تعداد روز از گلدهی تا رسیدن میوه در هیبریدهای مورد بررسی و والدین به ترتیب ۶۱/۷۵ و ۶۶/۶۵ بود و متوسط هتروزیس ۴/۹۰- تخمین زده شد. علاوه بر این نتایج SCA نشان داد که تلاقی لاینهای LA0611 × Fla بهترین ترکیب شونده ها برای افزایش و تلاقی LA1793 × KalG بهترین ترکیب شونده ها برای کاهش صفت مورد بررسی می باشند (جدول ۵). همچنین مقدار درجه غالبیت برای این صفت (D=1/1) برآورد گردید (جدول ۶). معنی دار شدن توأم مقادیر

بر این واریانس اثرات SCA برای کلیه صفات به جز تعداد برگ تا اولین خوشه، تعداد روز تا گلدهی، و تعداد میوه در بوته معنی دار ($p < 0.05$) شد. با توجه به معنی دار شدن توأم اثرات GCA و SCA برای برخی از صفات، نسبت GCA / SCA محاسبه و معنی دار بودن نسبتهای بدست آمده توسط آزمون آماری F مورد بررسی قرار گرفت، که می تواند بیانگر اهمیت نسبی هر کدام از اثرات ژنی افزایشی یا غالبیت باشد، به طوری که معنی دار بودن این نسبت حاکی از اهمیت بیشتر اثرات افزایشی و معنی دار نبودن آن نشان دهنده اثرات غالبیت و اپیستازی در کنترل صفات می باشد (جدول ۲). همچنین اثرات ترکیب پذیری عمومی برای صفات اندازه گیری شده تخمین زده شد (جدول ۳).

نتایج بدست آمده در مورد تعداد روز تا گلدهی نشان داد که لاین Fla بیشترین اثر را در افزایش این صفت و لاین B3 بیشترین اثر را در کاهش این صفت دارا می باشد (جدول ۴). علاوه بر این نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی دار نشدن اثرات SCA برای

جدول (۳) مقادیر ترکیب پذیری عمومی هیبریدهای مورد بررسی برای عملکرد و صفات مرتبط به آن

والدین	عملکرد تک بوته (gr)	تعداد برگ تا اولین خوشه	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدن میوه	وزن میوه (gr)	تعداد میوه	تعداد روز از گلدهی تا رسیدن اولین میوه
۱	۸۳/۸	۰/۱۶	۱۴/۲	۲/۷۵	-۰/۸۶	۱۷/۰۴	-۰/۹۲	-۳/۴۷
۲	۱۴/۸	۰/۲۵	-۰/۱۵	-۲/۷۶	-۹/۷۶	-۱/۳۱	۰/۷۳	-۶/۸۵
۳	-۱۳/۵	۰/۲۴	۱۰/۶	۰/۹۴	۱/۱۸	۱/۹۹	-۰/۳۱	۰/۶۴
۴	۱۶/۷	-۰/۸۲	-۴/۱۸	-۰/۱۱	۱/۳۴	۱/۵۰	۱/۰۵	۱/۵۷
۵	۱۷/۶	۰/۳۷	-۴/۰۲	-۱/۲۰	۱۰/۲	-۴/۷۱	-۰/۷۶	۱۰/۵
۶	-۸۸/۴	۰/۱۲	-۲۱/۵	۰/۱۰	-۰/۳۴	-۱۱/۵	۰/۷۲	-۰/۳۵
۷	-۳۱/۰	-۰/۳۴	۴/۹۹	۰/۲۸	-۱/۸۳	-۲/۹۲	-۰/۵۱	-۲/۰۳

شماره لاینهای شرکت کننده در تلاقی: ۱=Flavv۷۱، ۲=B3، ۳=KalGN3، ۴=LA0611، ۵=LA1793، ۶=R22، ۷=LA 3898

جدول (۴) رتبه بندی لاینها بر اساس مقادیر اثرات ترکیب پذیری عمومی برای صفات مورد بررسی

عملکرد تک بوته (gr)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد برگ تا اولین خوشه	وزن میوه (gr)	تعداد روز تا رسیدن میوه	تعداد روز تا رسیدن میوه	تعداد روز از گلدهی تا رسیدن اولین میوه	تعداد روز تا گلدهی
۱	۱	۵	۱	۴	۵	۵	۱
۵	۳	۲	۳	۲	۴	۴	۳
۴	۷	۳	۴	۶	۳	۳	۷
۲	۶	۱	۲	۳	۶	۶	۶
۳	۴	۶	۷	۷	۱	۷	۴
۷	۵	۷	۵	۵	۷	۱	۵
۶	۲	۴	۶	۱	۲	۲	۲

جدول (۵) مقادیر قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (SCA)، هتروزیس نسبت به میانگین والدین (MPH) و هتروزیس نسبت به والد برتر (HPH) محاسبه شده برای صفات مورد بررسی در هر تلاقی

تلاقی	مقادیر و																				
	مقادیر ک تا اولین نموت			وزن صفات (w)			تعلق به			مقدار و تا رسیدن اولین نموت			مقدار و تا کلگی			ارتفاع گیاه (cm)			مشکر در (0/0)		
	HPH	MPH	SCA	HPH	MPH	SCA	HPH	MPH	SCA	HPH	MPH	SCA	HPH	MPH	SCA	HPH	MPH	SCA	HPH	MPH	SCA
183	-1.26	-0.25	0.72	1.22	0.83	0.83	-0.20	0.87	0.11	0.21	0.02	-0.20	-0.20	0.83	0.28	0.87	0.11	-0.13	0.87	0.11	0.21
184	-0.24	-0.19	-0.19	0.19	0.29	0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19	-0.19
185	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
186	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
187	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
188	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
189	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
190	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
191	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
192	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
193	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
194	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
195	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
196	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
197	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
198	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
199	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
200	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
201	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
202	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87
203	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87	-0.87

$$v = Fla vvv \quad , \quad \gamma = Br \quad , \quad \tau = KalGNr \quad , \quad \epsilon = LA \quad , \quad \delta = LA \quad , \quad \theta = LA \quad , \quad \phi = Rrr \quad , \quad \nu = LA \quad , \quad \zeta = 498$$

شماره آزمایش شرکت کننده در تلاقی :

جدول (۶) واریانس ترکیب پذیری عمومی، ترکیب پذیری خصوصی، درجه غالبیت، واریانس افزایشی و واریانس غالبیت

	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز از گلدهی تا رسیدن اولین میوه	تعداد روز تا رسیدن میوه	تعداد میوه	وزن میوه (gr)	تعداد برگ تا اولین خوشه	ارتفاع گیاه (cm)	عملکرد نلک بوته (gr)
σ^2_{GCA}	۲,۶۳	۲۵,۱	۲۸,۹	۰,۴۴	۶۸,۹	۰,۱۲	۱۰۴,۹	۱۸۰۷,۵
σ^2_{SCA}	۰,۴۸	۳۰,۵	۴۴,۶	۰,۸۷	۴۶,۹	۰,۴۶	۲۷۸,۵	۷۳۲۶,۲
D	۰,۴۲	۱,۱۰	۱,۲۴	۱,۴۰	۰,۸۲	۱,۹۵	۱,۶۲	۲,۰۱
σ^2_A	۱,۳۱	۱۲,۵	۱۴,۴	۰,۲۲	۳۴,۴	۰,۰۶	۵۲,۴	۹۰۳,۷
σ^2_D	۰,۴۸	۳۰,۵	۴۴,۶	۰,۸۷	۴۶,۹	۰,۴۶	۲۷۸,۵	۷۳۲۶,۲

زودرسی نشان داد که لاین B۳ می تواند به عنوان یک لاین در اصلاح صفت زودرسی مورد استفاده قرار گیرد. با این حال به دلیل وجود همبستگی قوی منفی بین زودرسی و اندازه میوه، لاینهای زودرس عموماً دارای میوه های کوچک هستند. بنابراین استفاده از تلاقی برگشتی مضاعف برای شکستن این همبستگی توصیه می شود. علاوه بر این با توجه به نتایج بدست آمده در ارتباط با صفات تعداد روز تا رسیدن میوه و تعداد روز از گلدهی تا رسیدن میوه، می توان لاین LA ۱۷۹۳ را به عنوان یک لاین مناسب جهت بهبود صفت ماندگاری و انبار داری توصیه نمود.

نتایج نشان داد که میانگین مربعات GCA برای صفت تعداد میوه در بوته (FN) معنی دار بوده ($p < ۰,۰۵$)، در حالی که مقادیر SCA برای این صفت معنی دار نمی باشد (جدول ۲). نتایج بدست آمده نشان داد که لاینهای Fla و LA ۰۶۱۱ به ترتیب بیشترین اثر را در کاهش و افزایش صفت تعداد میوه در بوته دارند (جدول ۴). معنی دار نبودن اثرات SCA برای تعداد میوه در بوته نشان می دهد که این صفت تنها با اثرات افزایشی کنترل شده و اثرات غیر افزایشی نظیر غالبیت در کنترل آن نقشی ندارند. نتایج بدست آمده با یافته های میتال و همکاران (۹) در خصوص نحوه کنترل و اثرات ژنی در این صفت مطابقت دارد.

در ارتباط با وزن میوه (FW) نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی دار بودن ($p < ۰,۰۵$) مقادیر GCA و SCA می باشد (جدول ۲). مقادیر ترکیب پذیری عمومی (GCA) برای وزن میوه (FW) نشان داد که لاینهای Fla و R۲۲ به ترتیب نقش بیشتری در افزایش و کاهش وزن میوه دارند (جدول ۴). علاوه بر این مقادیر محاسبه شده اثرات ترکیب پذیری خصوصی (SCA) نشان داد که لاینهای R۲۲ × LA ۰۶۱۱ و Fla × R۲۲ به ترتیب بهترین ترکیب شونده ها برای کاهش و افزایش وزن میوه (FW) می باشند

GCA و SCA برای تعداد روز از گلدهی تا رسیدن میوه نیز نشان می دهد که این صفت توسط اثرات توأم افزایشی و غیر افزایشی کنترل می شود. همچنین مقدار درجه غالبیت با توجه به جدول ۶ ($D=۱,۱$)، وجود اثرات فوق غالبیت در اکثر مکانهای ژنی کنترل کننده صفت را نشان می دهد. با این وجود، معنی دار شدن نسبت GCA/SCA توسط آزمون F نشان دهنده سهم بیشتر اثرات افزایشی در کنترل این صفت می باشد.

نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی دار شدن اثرات GCA و SCA ($p < ۰,۰۵$) برای صفت تعداد روز تا رسیدگی می باشد (جدول ۲). میانگین هیبریدها و میانگین والدینی برای صفت مورد نظر به ترتیب ۱۶۵,۸۳ و ۱۷۲,۹۱ و متوسط هتروزیس ۷,۰۷- مشاهده شد. نتایج بدست آمده از اثرات ترکیب پذیری عمومی نشان داد که لاینهای LA ۱۷۹۳ و B۳ به ترتیب بیشترین سهم را در افزایش و کاهش این صفت دارا می باشند (جدول ۴). همچنین برآورد میزان SCA نشان داد که $KalGN_p \times LA ۱۷۹۳$ و $B3 \times LA ۰۶۱۱$ به ترتیب بهترین ترکیب شونده ها برای افزایش و کاهش صفت مورد بررسی می باشند (جدول ۵). با توجه به داده های جدول ۲ بنظر می رسد که صفت تعداد روز تا رسیدگی میوه بصورت توأم، توسط اثرات افزایشی و غیر افزایشی کنترل می شود و معنی دار بودن نسبت GCA/SCA توسط آزمون آماری F، حاکی از اهمیت بیشتر اثرات افزایشی ژنی در کنترل صفت مربوطه می باشد. علاوه بر این درجه غالبیت برای این صفت ($D=۱,۲۴$) نشان داد که اثرات فوق غالبیت در مکانهای ژنی کنترل کننده این صفت نیز نقش دارند. نتایج بدست آمده در ارتباط با نحوه کنترل این صفت با نتایج سینگ و همکاران (۱۴) و بترجی و همکاران (۳) مطابقت دارد. بطور کلی نتایج بدست آمده از بررسی سه صفت دخیل در

درجه غالبیت برای صفت فوق ($D=2/01$) برآورد گردید (جدول ۶). همچنین مقادیر SCA نشان داد که تلاقی لاینها Fla×B3 می تواند به عنوان بهترین ترکیب شونده ها در جهت افزایش عملکرد مورد استفاده قرار گیرد. میزان هتروزیس مشاهده شده نسبت به میانگین والدین (MPH) در تلاقی مذکور ۱۰۳/۱ و هتروزیس مشاهده شده نسبت به والد برتر (HPH) ۲۹/۵۵ بدست آمد. با این وجود مقادیر MPH و HPH برای وزن میوه نشان داد که وزن میوه نسبت به میانگین والدین افزایش و نسبت به والد برتر کاهش نشان داده است. لیکن مقادیر MPH و HPH برای تعداد میوه حاکی از افزایش این صفت نسبت به میانگین والدین و والد برتر می باشد. همچنین نتایج نشان داد که در ارتباط با زودرسی، هیبرید مذکور برای تعداد روز تا گلدهی (DFL) و تعداد روز تا رسیدن میوه (DRP) نسبت به والد برتر خود (زودرس ترین لاین مورد استفاده در این مطالعه) زودرس تر است (جدول ۵). علاوه بر این معنی دار بودن مقادیر اثرات ترکیب پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) حاکی از نقش توأم اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل صفت می باشد. با این وجود، معنی دار شدن نسبت GCA/SCA، سهم نسبی بیشتر اثرات افزایشی ژنی را در کنترل عملکرد نشان می دهد. همچنین نتایج مقادیر درجه غالبیت ($D=2/01$) برای عملکرد وجود اثرات شدید فوق غالبیت را در مکانهای کنترل کننده این صفت تأیید نمود. نتایج بدست آمده با نتایج جانسون و همکاران (۸)، میتال و همکاران (۹) و سینگ و همکاران (۱۴)، و پرانا و همکاران (۱۲) هماهنگی دارد. با توجه به مقادیر هتروزیس مشاهده شده نسبت به میانگین والدین ($MPH=103/1$) و هتروزیس مشاهده شده نسبت به والد برتر ($HPH=29/55$) و مقدار SCA، تلاقی لاینهای Fla×B3 به عنوان بهترین ترکیب شونده ها در جهت افزایش عملکرد بوده و این ترکیب می تواند به عنوان یک هیبرید امیدبخش برای ارزیابی های بیشتر در مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفته و معرفی گردد. همچنین نتایج نشان داد که تعداد میوه اهمیت نسبی بیشتری در افزایش عملکرد نسبت به وزن میوه دارا می باشد.

در مجموع نتایج بدست آمده نشان داد که برای کلیه صفات به جز تعداد روز تا گلدهی، تعداد برگ تا اولین خوشه و تعداد میوه، اثرات ژنی غیر افزایشی یعنی غالبیت، بصورت توأم با اثرات

(جدول ۵). میانگین وزن میوه در هیبریدها و والدین به ترتیب ۲۹/۸۹ و ۳۷/۵۱ بوده و متوسط هتروزیس در هیبریدها ۷/۶۱- مشاهده شد. با توجه به معنی دار شدن مقادیر SCA و GCA می توان نقش توأم اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل این صفت دخیل دانست. با این وجود معنی دار شدن نسبت GCA / SCA نشان داد که اثرات افزایشی سهم بیشتری در کنترل وزن میوه دارا می باشند. همچنین درجه غالبیت ($D=0/48$) حاکی از وجود غالبیت ناقص برای اکثر مکانهای ژنی کنترل کننده وزن میوه (FW) می باشد. نتایج بدست آمده با یافته های سینگ و همکاران (۱۴) و آتاسوا و همکاران (۲) مطابقت دارد.

نتایج آنالیز واریانس برای صفت تعداد برگ تا اولین خوشه نشان داد که مقادیر SCA برای این صفت معنی دار نمی باشد (جدول ۲). علاوه بر این برای تعداد برگ تا اولین خوشه (LI) لاینهای LA۱۷۹۳ و LA۰۶۱۱ به ترتیب بیشترین مقادیر قابلیت ترکیب پذیری عمومی را برای افزایش و کاهش صفت مورد نظر نشان دادند (جدول ۴). نتایج نشان داد که برای تعداد برگ تا اولین خوشه تنها اثرات افزایشی ژنی در کنترل این صفت شرکت دارند. نتایج برای صفت ارتفاع گیاه (PLH) نشان داد که اثرات GCA و SCA بسیار معنی دار ($p < 0/01$) بوده (جدول ۲) و لاینهای Fla و R22 به ترتیب بیشترین نقش را در افزایش و کاهش صفت دارا می باشند (جدول ۴). تخمین مقادیر SCA نشان داد که تلاقی لاینهای $R22 \times LA3898$ و $KalGN_p \times LA3898$ به ترتیب به عنوان بهترین ترکیب شونده ها در جهت افزایش و کاهش ارتفاع می باشند (جدول ۵). معنی دار شدن مقادیر SCA و GCA نقش توأم اثرات افزایشی و غیر افزایشی را در کنترل صفت ارتفاع گیاه نشان می دهد. با وجود این محاسبه GCA/SCA و معنی دار شدن آن با آزمون F نشان می دهد که اثرات افزایشی ژنی نسبتاً سهم بیشتری در کنترل ارتفاع گیاه دارند. نتایج بدست آمده در ارتباط با درجه غالبیت ($D=1/62$) وجود اثر فوق غالبیت را در اکثر مکانهای ژنی کنترل کننده صفت تأیید نمود.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات GCA و SCA برای عملکرد تک بوته بسیار معنی دار ($p < 0/01$) می باشد (جدول ۲). تخمین اثرات ترکیب پذیری عمومی (GCA) نشان داد که لاینهای Fla و R22 به ترتیب بیشترین ترکیب پذیری را در جهت افزایش و کاهش عملکرد داشته اند (جدول ۴). بعلاوه میزان

تا اولین خوشه و تعداد میوه تنها با اثرات افزایشی کنترل می گردد، لذا برای بهبود این صفات می توان از روشهای اصلاحی که در ارتباط با جزء افزایشی واریانس ژنتیکی می باشد استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقای پروفسور John Warner Scott از انستیتوی علوم غذایی و کشاورزی دانشگاه فلوریدا (IFAS) به خاطر راهنمایی ها و در اختیار قرار دادن بخشی از لاینهای مورد مطالعه در این تحقیق تشکر و قدردانی می شود.

افزایشی در کنترل این صفات نقش دارند. همچنین وجود اثرات غالبیت و فوق غالبیت در اکثر مکانهای ژنی صفات مورد بررسی تأیید شد. نظر به اینکه عمل ژن برای عملکرد تک بوته و بسیاری از صفات مورد بررسی به صورت فوق غالبیت می باشد، لذا گزینش برای این صفات بدون استفاده از اثرات غالبیت ژنی چندان مؤثر نمی باشد. بنابراین تولید واریته های هیبرید با استفاده از پدیده هتروزیس توصیه می شود معذالک چون یکی از فاکتورهای موثر بر عملکرد، تعداد میوه در بوته می باشد، لذا استفاده از روشهای اصلاحی برای تجمع آلل های مطلوب می تواند موثر باشد. همچنین با توجه به اینکه صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد برگ

منابع

۱. فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. (جلد اول). انتشارات دانشگاه رازی
2. Atanassova, B. and L. Shtereva. 2002. Estimation of heterosis for Productivity and Early yield in F_1 hybrids of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mutants differing in the vitality. In "Proc. 2nd Balkan Symp. On veg. & Potatoes (Eds. G. Paroussi). Pp.45-48. Acta Hort.579, ISHS
3. Banerjee, MK K. 1989. The inheritance of earliness and fruit weight in crosses between cultivated tomatoes and two wild species of *lycopersicon*. Plant Breed. 102: 148-152
4. Benton, J.J. 1999. Tomato plant Culture: In field greenhouse and home garden. CRC Press.
5. Burdick, A. 1954. Genetics of heterosis for earliness in tomato. Genetics 39: 488-505.
6. Griffing, B.A., 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to Diallel Crossing Systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-443.
7. Hedric, UP. and NO, Booth. 1907. Mendelian characters in tomatoes. Proc. Am. Sco. Horti Sci. 5:19-24
8. Johnson, C.E. and T.P. Hernandez. 1980. Heritability Studies of early and total yield in tomatoes. HortScience, 15: 280-287.
9. Mittal, R.K. and H.N. Singh. 1977. Genetic of fruit characteristics in tomato, Indian J. Agria Res. 11: 104-114.
10. Powers, L. 1945. Relative hybrid yields of inbred lines and F_1 hybrid of tomatoes. Bot. Gaz. 106: 247-268.
11. Powers, L. 1952. Gene recombination and Heterosis. In: Gorven, J. (ed) Heterosis. Iowa. State. Coll. Press Ames, Iowa.
12. Pratta, G., R. Zorzoli, and L.A. Picardi. 2003. Diallel analysis of production trait among domestic, exotic and mutant germplasm of *lycopersicon*. Genet. and Mol. Res. 2: 206-213

13. Rick, CM. 1950. Pollination relations of lycopersicon esculentum in native and foreign regions. *Evolution* 4: 110-122
14. Singh, R.P., and S. Singh. 1984. A study of interaction of additive, dominance and epistatic gene effects with micro and macro environments in two triple test crosses. *J. Agric. Sci.*, 103: 53-61.
15. Stebbins, GL. 1950. Variation and evolution in plants. In "Monographs on Theoretical and Applied Genetics, Vol.6. Heterosis"(ed. R. Franke) PP. 188-214. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
16. Yordanov, M. 1983. Heterosis in tomato. In "Monographs on Theoretical and Applied Genetics, Vol.6. Heterosis"(ed. R. Frankel) PP. 188-214. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

Estimation of heterosis and combining ability for yield components and earliness in seven tomato lines (*Lycopersicon esculentum* Mill.) using diallel crossing method

A. Mirshamssi – M. Farsi – F. Shahriari – H. Nemati¹

Abstract

This study was conducted to estimate the heterosis, combining ability and the components of genetic variance for yield components and earliness in seven tomato lines. The 21 F_1 hybrids derived from direct diallel crosses of seven selected tomato lines and their parents grown in a glasshouse using a randomized complete block design with two replications. The measured traits consisted of plant height, days to flowering, days from flowering to ripening, days to ripening, fruit weight, fruit number, leaf numbers to first inflorescence and yield/plant. Analysis of variance showed a highly significant difference between F_1 hybrids for all traits ($p < 0.05$). Effect of general combining ability (GCA) was also highly significant for all traits, showing the role of additive effects of genes. In most traits, over-dominance was estimated as the mode of inheritance. The analysis of components of genetic variance for yield components showed that the main part of genetic variance was due to additive effect. Estimation of GCA for yield and earliness showed that Fla line had the highest combining ability for increasing of yield, B3 line had the highest combining ability for both earliness and decreasing fruit ripening time. The hybrid Fla×B3 had the highest SCA for yield among all hybrids.

Key words: *Tomato, Diallel cross, Heterosis, SCA, GCA*