

مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۹، شماره ۱، سال ۱۳۹۲

هتروزیس و قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد اطلسی (*Petunia hybrida* Hort.) برای صفات زینتی

Heterosis and Combining Ability for Ornamental Traits in *Petunia (Petunia hybrida Hort.)* Inbred Lines

حسن بیات^۱، سیدحسین نعمتی^۲، عبدالرضا باقری^۳، علی تهرانی‌فر^۴ و مرجان ساعی^۵

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم باغبانی، استادیار، استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه
فردوسی مشهد

۵- کارشناس، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۴

چکیده

بیات، ح.، نعمتی، س. ح.، باقری، ع. ر.، تهرانی‌فر، ع. و ساعی، م. ۱۳۹۲. هتروزیس و قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد اطلسی
(*Petunia hybrida* Hort.) برای صفات زینتی. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۹: ۱۷۷-۱۵۹

به منظور بررسی هتروزیس و ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد اطلسی برای صفات زینتی، تلاقی‌های مستقیم و متقابل
بین چهار والد اطلسی با اسامی L5 (P1)، L8 (P2)، L11 (P3) و L17 (P4) انجام و در سال دوم هیبریدهای F₁ حاصل به
همراه والدین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کاشته شدند. صفات ارتفاع بوته تا اولین گل، تعداد
گل روی بوته، تعداد روز تا گلدهی، قطر گل، قطر لوله گل، طول لوله گل، طول جام گل، ماندگاری گل روی بوته و
عطر گل اندازه‌گیری شدند. معنی دار شدن اثر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) نقش توأم
ژن‌های با اثر افزایشی و غیر افزایشی را در کنترل اکثر صفات نشان داد. با این وجود، معنی دار نبودن نسبت
GCA/SCA و درجه غالبیت بیشتر از یک، نشان داد که نقش اثر فوق غالبیت از اثر افزایشی در کنترل صفات
بیشتر است. برای صفت قطر گل، لاین P2 و تلاقی P1 × P2 به ترتیب دارای بیشترین مقادیر GCA و SCA بودند. اثر
سیتوپلاسمی (RCA) در تمام صفات مورد بررسی به غیر از ماندگاری گل روی بوته و طول گل معنی دار بود. بیشترین
هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر برای صفات تعداد گل روی بوته و قطر گل از تلاقی‌های P1 × P3 و
P2 × P3 حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: اطلسی، اثر سیتوپلاسمی، اثر ژنی، تلاقی دای آلل، درجه غالبیت.

مقدمه

می‌توان گفت که تمامی بذر هیبرید با کیفیت از خارج کشور وارد می‌شود. با توجه به این که این بذرها در شرایط مناسب آن کشورها تولید شده‌اند، اغلب با شرایط آب و هوایی کشور ما سازگار نیستند و کیفیت مطلوب و مورد نظر را ندارند. از این رو ضرورت تولید بذر هیبرید اصلاح شده اطلسی در داخل کشور کاملاً احساس می‌شود، ضمن این که این اقدام اشتغال‌زایی و درآمد را به همراه داشته و از خروج ارز از کشور جلوگیری می‌کند.

کیفیت ظاهری گل به دلیل ارتباط مستقیم آن با ارزش اقتصادی محصول یکی از مهم‌ترین اهداف به‌نژادی در گلکاری به شمار می‌رود. در تعداد زیادی از گیاهان زینتی، خصوصیات ظاهری گل مانند شکل و رنگ به منظور جلب نظر مصرف‌کنندگان از نظر ژنتیکی اصلاح شده‌اند. امروزه اصلاح هیبریدهای F_1 در بسیاری از گل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که برای نیل به این هدف، اصلاح‌کنندگان و شرکت‌های به‌نژادی تعداد زیادی لاین را به عنوان والد تولید کرده‌اند که بهترین ترکیب‌ها را برای تولید هیبریدهای برجسته و جدید انتخاب می‌کنند. ظهور خصوصیات مطلوب و عملکرد بالای هیبریدهای F_1 منعکس‌کننده ترکیب‌پذیری خوب والدین تلاقی است. ارقام دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا با دارا بودن اثر افزایشی بیشتر، قادر هستند صفت مطلوب خود را به راحتی به نتاج منتقل کنند. از ارقام دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالا نیز می‌توان در

اطلسی (*Petunia spp.*) گیاهی گلدار و زینتی است که دارای ارقام گلدانی و ارقام مناسب برای کاشت در فضای سبز است. این گیاه مناسب کشت در فصول گرم سال است و به دلیل تنوع بسیار بالا در شکل، رنگ و اندازه گل و دوره گلدهی طولانی به طور وسیعی در فضای سبز کشت می‌شود و یکی از مهم‌ترین و محبوب‌ترین گیاهان فصلی به شمار می‌آید (Dole and Wilkins, 2004). اطلسی گیاهی دیپلوئید بوده و تعداد کروموزم‌های آن $(2n = 2x = 14)$ است. این گیاه دگرگشن است و گرده‌افشانی در آن به طور معمول به وسیله حشرات انجام می‌شود (Alexander and Chua, 1993). جنس اطلسی دارای ۳۵ گونه است (Wijsman and Jong, 1985) که بومی نواحی نیمه‌گرمسیری آمریکای جنوبی (بین عرض‌های جغرافیایی ۲۲ تا ۳۹ درجه) هستند (Dole, 2004؛ Armitage, 2001).

امروزه مطالعه ژنتیکی و اصلاح گیاهان زینتی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بذر اصلاح شده گیاهان زینتی که توسط محققان اصلاح نباتات تولید می‌شود نسبت به بذرها معمولی از عملکرد، تنوع، کیفیت و زیبایی بالاتری برخوردار بوده و نسبت به آفات، بیماری‌ها و تنش‌های محیطی متحمل‌ترند. متأسفانه در کشور ما صنعت تولید بذر اصلاح شده و هیبرید گیاهان زینتی وجود ندارد و تقریباً

که صفات مورد بررسی به وسیله سیستم‌های چند آلی غالییت-افزایشی کنترل می‌شوند. علاوه بر این میزان هتروزیس نسبت به والد برتر در بین هیبریدهای حاصل از تلاقی‌ها برای زمان گلدهی (۹/۷-۱۳/۳ درصد)، ارتفاع گیاه (۱۳/۶- تا ۲۰/۳- درصد) و قطر گل (۲/۵ تا ۱۶/۰ درصد) برآورد شد. نعمتی و ساعی (Neamati and Saei, 2005) در تحقیقی نحوه توارث صفات زینتی اطلسی را با استفاده از تلاقی فاکتوریل (دو مورفوتیپ ایرانی و سه مورفوتیپ خارجی) برای صفات طول ساقه اصلی، طول گل، قطر گل و تعداد گل مورد بررسی قرار دادند که نتایج آن‌ها بروز هتروزیس را در صفات مورد بررسی نشان داد. آوکی و هاتوری (Aoki and Hattori, 1991) چهار صفت طول لوله گل، قطر لوله گل، قطر و طول جام گل را برای تعیین شکل جام گل پیشنهاد کردند که این پارامترها تحت تاثیر محیط و ژنوتیپ قرار می‌گیرند. در اطلسی رنگیزه‌های ایجادکننده رنگ از نوع فلاونوئیدها هستند. این رنگیزه‌ها به دو گروه آنتوسیانین‌ها (پلارگونیدین، سیانیدین، پئونیدین، دلفینیدین، پتیونیدین و مالونیدین) و رنگیزه‌های همراه طبقه‌بندی می‌شوند (Gonzales et al., 2001). فاکتور دیگری که به طور موثری رنگ گل اطلسی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اسیدیت و واکوئل (محل ذخیره آنتوسیانین‌ها) است. در اطلسی اسیدیت و واکوئل بین ۵/۲ تا ۶/۵ متغیر است که توسط ژن‌های ph ($ph1$ و $ph2$)

برنامه‌های دورگ‌گیری و تولید بذر هیبرید استفاده کرد. روش‌های دای آلل پیشنهاد شده توسط گریفینگ (Griffing, 1956) و هیمن (Hayman, 1954) اطلاعات جامعی را در زمینه ارزش اصلاحی و توانایی ژنتیکی والدین برای استفاده در برنامه‌های به نژادی و همچنین برتری ژنتیکی نتاج فراهم می‌کند. کشف پدیده هتروزیس که امروزه از دیدگاه متخصصان اصلاح نباتات به صورت یک پدیده بیولوژیک و به صورت برتری نتاج نسبت به میانگین والدین یا والد برتر تعریف می‌شود، یکی از مباحث با اهمیت در طول دوره اصلاح نباتات است (Shull, 1952؛ Birchler et al., 2010). در اطلسی، روش‌های اصلاحی تا قبل از دهه ۱۹۳۰ بیشتر از طریق انتخاب توده‌ای و حفظ کلون‌های برتر از طریق رویشی بود (Weddle, 1976؛ Ewart, 1984). بعد از آن روش‌های اصلاحی به سمت انتخاب گیاهان منحصر به فرد و خاص متمرکز شد که با خودگشنی اجباری و تکثیر بذری نژادهای برتر، ارقام اینبرد حاصل شدند (Griesbach, 2007). از دیگر پیشرفت‌های مهم در اصلاح اطلسی، گسترش هیبریدهای F_1 بود و اولین اطلسی مولتی فلورای اصلاح شده در سال ۱۹۴۹ روانه بازار شد (Weddle, 1976). حسین و میسیحا (Hussein and Misiha, 1978) قطر گل، زمان گلدهی و ارتفاع گیاه اطلسی را با استفاده از روش تلاقی دای آلل ۵×۵ مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد

داخل گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۶ سانتی متر منتقل شدند. با شروع گلدهی، تلاقی‌ها بین چهار لاین اطلسی در قالب طرح دای آلل 4×4 کامل (مستقیم و متقابل) انجام شد.

بذر هیبرید F_1 حاصل از تلاقی‌های دای آلل به همراه والدین آن‌ها، در بهمن ماه ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در داخل سینی‌های پلاستیکی حاوی کوکوپیت، کاشته شدند و نشاهای حاصل در تاریخ ۹۰/۳/۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه مشاهده در هر تکرار در زمین اصلی واقع در مزرعه گروه علوم باغبانی با فواصل $50 \times 60 \times 90$ سانتی متر کاشته شدند.

با شروع گلدهی، ارتفاع بوته تا اولین گل، تعداد گل روی بوته، تعداد روز تا گلدهی، قطر گل، قطر لوله گل، طول لوله گل، طول جام گل و ماندگاری گل روی بوته اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای اندازه‌گیری عطر گل، بر اساس شدت عطر و رایحه گل از اعداد ۱ تا ۵ به گل‌ها امتیاز داده شد (برای انجام این کار، ۳ نفر به ژنوتیپ‌ها امتیاز دادند که میانگین آن‌ها محاسبه شد) به طوری که گل‌های دارای عطر بیشتر امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند.

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نسخه ۲۰۰۲ نرم افزار Diallel 98 بر اساس روش ۳ گریفینگ مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی آن‌ها محاسبه شد.

کنترل می‌شود (Tsuda *et al.*, 2004). پژوهش‌های زیادی برای تعیین ترکیب‌پذیری و هتروزیس صفات مهم زراعی مانند عملکرد (El-Hady *et al.*, 2007)؛ مقاومت به بیماری‌ها (Hall *et al.*, 2001؛ Du *et al.*, 1999) و مقاومت به انجام شده است، اما پژوهش‌های اندکی در زمینه ترکیب‌پذیری و هتروزیس صفات زینتی در گلکاری و گیاه اطلسی وجود دارد. تحقیق حاضر با هدف بررسی هتروزیس و ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد اطلسی به منظور استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و همچنین امکان به دست آوردن ارقام جدید هیبرید اطلسی با خصوصیات زینتی برتر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی و مزرعه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به مدت دو سال (۱۳۸۹-۱۳۹۰) انجام شد.

در این مطالعه از چهار لاین اینبرد اطلسی مولتی فلورا (این لاین‌ها در طی چند سال خودگشتی در گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد حاصل شده اند) استفاده شد. بذر لاین‌ها در فروردین ماه سال ۱۳۸۹ در سینی‌های کشت پلاستیکی حاوی بستر کشت کوکوپیت در داخل گلخانه تحقیقاتی کاشته شدند. پس از جوانه زنی و رشد، گیاهچه‌ها در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی به

هتروزیس نسبی نسبت به والد برتر:

$$HPH = \left(\frac{F1 - HighParentValue}{HighParentValue} \right) \times 100$$

که در آن MPV میانگین ارزش والدین و HPV ارزش والد برتر هستند.

نتایج و بحث

مشخصات لاین های اینبرد اطلسی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای محاسبه اثر سیتوپلاسمی (Reciprocal combining ability) از رابطه

زیر استفاده شد (Farshadfar, 1998):

$$RCA = 1/2 (Y_{ij} - Y_{ji})$$

که در آن Y_{ij} و Y_{ji} به ترتیب مقادیر هیبریدهای حاصل از تلاقی های مستقیم و متقابل بین والدین هستند. علاوه بر این برای برآورد هتروزیس از معادله های زیر استفاده شد (Hallauer and Miranda, 1988):

هتروزیس نسبی نسبت به میانگین والدین:

$$MPH = \left(\frac{F1 - MeanParentValue}{MeanParentValue} \right) \times 100$$

جدول ۱- مشخصات لاین های اینبرد اطلسی (نوع مولتی فلورا) مورد استفاده در آزمایش
Table 1. Characteristics of petunia inbred lines (multiflora type) used in the experiment

لاین های اینبرد Inbred lines	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	رنگ گل Flower color	قطر گل Flower diameter (cm)
L5 (P1)	137	Purple	5.2
L8 (P2)	126	Violet	5.5
L11 (P3)	133	White	5.0
L17 (P4)	116	Red	5.5

(جدول ۲). معنی دار شدن اثر GCA و SCA نشان می دهد که اکثر صفات به صورت توام توسط ژن های با اثر افزایشی و غیر افزایشی کنترل می شوند. با این وجود، معنی دار نشدن نسبت GCA/SCA و درجه غالبیت بیشتر از یک برای تمام صفات مورد بررسی نشان

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ترکیب پذیری عمومی (GCA) برای تمام صفات مورد بررسی (به غیر از ماندگاری گل روی بوته) معنی دار بود (جدول ۲). میانگین مربعات اثر ترکیب پذیری خصوصی (SCA) نیز برای تمام صفات مورد مطالعه معنی دار بود

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف اطلسی بر اساس روش ۳ گریفینگ
 Table 2. Analysis of variance for different traits of petunia based on the method 3 of Griffing

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS								
		ارتفاع بوته تا اولین گل Plant height at first flower	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد گل روی بوته Flower per plant	قطر گل Flower diameter	قطر لوله گل Flower tube diameter	طول لوله گل Flower tube length	طول گل Flower length	عطر گل Flower fragrance	عمر گل Flower longevity
GCA	3	44.70**	365.60**	993.10**	0.20**	0.13**	0.07*	0.69**	0.70**	0.20 ^{ns}
SCA	2	148.90**	83.50**	53.20**	6.00**	0.01**	0.13**	0.31**	2.90**	0.95*
RCA	6	7.79**	77.40**	450.80**	0.16**	0.01**	0.06*	0.05 ^{ns}	0.93**	0.25 ^{ns}
Error	22	0.12	7.00	4.92	0.03	0.001	0.02	0.04	0.11	0.23
GCA/SCA		0.30 ^{ns}	4.40 ^{ns}	18.70 ^{ns}	0.03 ^{ns}	13.00 ^{ns}	0.53 ^{ns}	2.20 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.21 ^{ns}
درجه غالبیت (D)		1.96	2.50	5.80	12.80	3.52	1.50	2.22	1.10	1.05

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

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

معنی دار بود و تلاقی‌های $P2 \times P3$ و $P1 \times P2$ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ارتفاع تا اولین گل بودند که از تلاقی $P1 \times P2$ می‌توان در گسترش هیبریدهای پاکوتاه در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد (جدول ۴). بیشترین اثر مثبت و معنی‌دار سیتوپلاسمی نیز در تلاقی $P1 \times P4$ مشاهده شد که می‌توان از والد $P1$ به عنوان والد مادری در افزایش این صفت استفاده کرد (جدول ۴). در بین هیبریدها، مقادیر هتروزیس نسبت به میانگین والدین ($37/2$ - تا $68/4$) و والد برتر ($55/5$ - تا $39/5$) از تنوع بسیار بالایی برخوردار بود به طوری که تلاقی‌های $P2 \times P3$ و $P4 \times P1$ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر بودند (جدول ۵). حسین و میسیحا (۱۹۷۸)، نعمتی و ساعی (۲۰۰۵) بروز هتروزیس در اطلسی و میسرا و همکاران (Misra et al., 2001) ظهور هتروزیس در گیاه گلایل را برای صفت ارتفاع گیاه گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. علاوه بر این کومار و همکاران (Kumar et al., 1984) بیشترین هتروزیس نسبت به والد برتر را در گیاه جعفری (*Tagetes patula*) هیبرید $L4 \times L1$ مشاهده کردند در حالی که گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2001) بیشترین هتروزیس را از هیبرید $MS7 \times Sel 14$ به دست آوردند.

می‌دهد که نقش اثر غیر افزایشی در کنترل این صفات از اثر افزایشی بیشتر است (جدول ۲). حسین و میسیحا (۱۹۷۸)، لو و همکاران (Lou et al., 2010) و همانت کومار و همکاران (Hemanthkumar et al., 2008) به ترتیب نتایج مشابهی را در گیاهان اطلسی، آهار (*Zinnia elegans*) و گلایل (*Gladiolus hybrida Hort.*) برای صفات قطر گل، تعداد گل روی بوته، ارتفاع و تعداد روز تا گلدهی گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. اثر سیتوپلاسمی (RCA) در تمام صفات مورد بررسی به غیر از طول گل و ماندگاری گل روی بوته معنی‌دار بود که نشان می‌دهد علاوه بر ژن‌های هسته‌ای، پلاسموژن نیز نقش موثری در کنترل صفات زینتی اطلسی دارد.

ارتفاع بوته تا اولین گل

نتایج به دست آمده از مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که دامنه تغییرات GCA در بین لاین‌های اینبرد از $0/58$ - تا $2/33$ متغیر بود (جدول ۳). لاین‌های $P2$ و $P3$ به دلیل دارا بودن مقادیر مثبت و معنی‌دار GCA پتانسیل استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش صفت ارتفاع بوته تا اولین گل را دارند. در مقابل والدین $P1$ و $P4$ با اختصاص دادن مقادیر منفی و معنی‌دار GCA قابلیت خود را در کاهش ارتفاع بوته تا اولین گل در هیبریدها نشان دادند (جدول ۳). مقادیر SCA در همه هیبریدها

جدول ۳- مقادیر ترکیب پذیری عمومی صفات مختلف در لاین های اینبرد اطلسی

Table 3. Estimates of general combining ability effects for different traits in petunia inbred lines

والدین	ارتفاع بوته تا اولین گل	تعداد روز تا گلدهی	تعداد گل روی بوته	قطر گل	قطر لوله گل	طول لوله گل	طول گل	عطر گل	عمر گل
Parents	Plant height at first flower	Days to flowering	Flower per plant	Flower diameter	Flower tube diameter	Flower tube length	Flower length	Flower fragrance	Flower longevity
P1	-0.58**	-5.96**	-2.04**	0.04 ^{ns}	0.02**	-0.05 ^{ns}	-0.13**	0.19*	0.01 ^{ns}
P2	0.52**	0.29**	-4.96**	0.16**	0.09**	0.09**	0.35**	-0.19*	0.10 ^{ns}
P3	2.33**	7.29**	13.38**	-0.11**	-0.15**	0.04 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.22**	-0.18 ^{ns}
P4	-2.28**	-1.63**	-6.38**	-0.09*	0.04**	-0.08**	-0.19**	-0.22**	0.08 ^{ns}

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

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

جدول ۴- اثر ترکیب پذیری خصوصی (SCA) و سیتوپلاسمی (RCA) هیبریدها برای صفات مختلف اطلسی

Table 4. Specific combining ability and reciprocal combining ability effects of petunia hybrids for different traits

تلاقی ها Crosses	ارتفاع بوته تا اولین گل		تعداد روز تا گلدهی		تعداد گل روی بوته		قطر گل		قطر لوله گل	
	Plant height at first flower		Days to flowering		Flower per plant		Flower diameter		Flower tube diameter	
	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
P1 × P2	-1.05**	0.47**	-0.08 ^{ns}	2.33*	-0.08 ^{ns}	3.00**	0.12**	0.05 ^{ns}	0.02**	0.04**
P1 × P3	0.25**	-0.10 ^{ns}	-2.58**	3.50**	1.86**	12.83**	-0.15**	-0.23**	-0.06**	-0.02*
P1 × P4	0.42**	1.13**	-1.31*	-0.50 ^{ns}	-3.14**	-2.67**	0.07*	0.00 ^{ns}	0.05**	-0.02*
P2 × P3	2.32**	-2.33**	3.75**	-7.00**	2.47**	-14.17**	0.10**	0.27**	0.01*	0.10**
P2 × P4	-0.92**	0.37**	-3.47**	-3.17**	-5.69**	-4.50**	-0.11**	0.10 ^{ns}	0.03**	0.01 ^{ns}
P3 × P4	-1.02**	0.83**	3.69**	0.67 ^{ns}	4.58**	-7.00**	-0.02 ^{ns}	0.12*	-0.06**	-0.02*

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

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

Table 4. Continued

ادامه جدول ۴

تلاقی ها Crosses	طول لوله گل		طول گل		عطر گل		عمر گل	
	Flower tube length		Flower length		Flower fragrance		Flower longevity	
	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
P1 × P2	0.02 ^{ns}	0.15**	-0.01 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.46**	0.00 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.18 ^{ns}
P1 × P3	-0.11**	0.05 ^{ns}	-0.17**	-0.03 ^{ns}	0.19**	0.00 ^{ns}	-0.35**	-0.23 ^{ns}
P1 × P4	0.05*	0.17**	0.08*	0.15 ^{ns}	-0.52**	0.00 ^{ns}	0.28**	0.07 ^{ns}
P2 × P3	0.14**	-0.04 ^{ns}	0.29**	0.14 ^{ns}	-0.50**	-0.95**	0.22*	0.33 ^{ns}
P2 × P4	-0.11**	-0.07 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.00 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.17 ^{ns}	-0.23*	-0.08 ^{ns}
P3 × P4	0.00 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.16**	-0.07 ^{ns}	0.45**	0.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.20 ^{ns}

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

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

تعداد روز تا گلدهی

در مورد این صفت، مقادیر GCA برای والدین P1 (**۵/۹۶-) و P4 (**۱/۶۳-)، منفی و معنی‌دار تخمین زده شد که توانایی این لاین‌ها را در کاهش تعداد روز تا گلدهی در هیبریدها نشان می‌دهد (جدول ۳). در بین هیبریدها مقادیر مثبت و منفی SCA مشاهده شد که به ترتیب دلیلی بر اهمیت اثر غیر افزایشی ژن‌ها در کاهش و افزایش تعداد روز تا گلدهی در هیبریدهای مورد مطالعه بود. تلاقی‌های $P2 \times P3$ و $P2 \times P4$ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر SCA بودند (جدول ۴). همچنین بیشترین اثر منفی و معنی‌دار سیتوپلاسمی از تلاقی $P2 \times P3$ حاصل شد که می‌توان از والد P2 به عنوان والد مادری در کاهش تعداد روز تا گلدهی استفاده کرد (جدول ۴). میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر در تمامی هیبریدها در جهت منفی و معنی‌دار بود که نشان‌دهنده کاهش تعداد روز تا گلدهی نسبت به میانگین والدین و والد برتر است. کمترین هتروزیس ($۳۰/۲-$) از تلاقی $P3 \times P1$ حاصل شد (جدول ۵). معنی‌دار شدن اثر GCA و SCA نشان می‌دهد که صفت تعداد روز تا گلدهی به صورت توأم توسط اثر افزایشی و غیر افزایشی کنترل می‌شود که با نتایج حسین و میسیحا (۱۹۷۸) مطابقت دارد. این محققین همچنین بروز هتروزیس را در این گیاه برای صفت تعداد روز تا گلدهی گزارش کردند.

تعداد گل روی بوته

نتایج GCA نشان داد که در بین لاین‌های مورد استفاده در این آزمایش، فقط لاین P3 دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بود و سایر لاین‌ها دارای مقادیر منفی بودند (جدول ۳). با توجه به این که تعداد گل روی بوته از مهم‌ترین صفات در اصلاح گیاهان زینتی و اطلسی به شمار می‌رود، می‌توان از این لاین در برنامه‌های به‌نژادی در جهت افزایش تعداد گل در هیبریدهای اطلسی استفاده کرد. تلاقی‌های $P3 \times P4$ ، $P2 \times P3$ و $P1 \times P3$ با برخورداری از مقادیر مثبت و معنی‌دار SCA در زمره بهترین هیبریدها در جهت افزایش تعداد گل به شمار آمدند (جدول ۴). بیشترین اثر سیتوپلاسمی و هتروزیس نیز در تلاقی $P1 \times P3$ مشاهده شد (جدول‌های ۴ و ۵). روند افزایش تعداد گل بر روی بوته برای لاین‌ها و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها در طی ۵۰ روز پس از انتقال نشا به زمین اصلی در شکل ۱ آورده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است اختلاف تعداد گل بین تلاقی‌ها و والدین، پس از روز سی‌ام شروع شده و در ادامه این اختلاف به شدت افزایش یافته و روند صعودی داشت. در ۵۰ روز پس از انتقال نشا، تلاقی‌های $P1 \times P3$ ، $P2 \times P3$ و $P3 \times P4$ به ترتیب با ۷۴، ۶۳ و ۵۹ گل دارای بیشترین تعداد گل بر روی بوته، و لاین‌های P2، P4 و P1 به ترتیب با ۱۰، ۱۴ و ۱۸ گل، دارای کمترین تعداد گل بودند (شکل ۱). همان‌ت کومار و همکاران (۲۰۰۸)

جدول ۵- درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین (MPH) و والد برتر (HPH) در صفات مختلف اطلسی
 Table 5. Percentage of heterosis relative to mid (MPH) and high (HPH) parents for different traits in petunia

تلافی ها Crosses	ارتفاع بوته تا اولین گل Plant height at first flower		تعداد روز تا گلدهی Days to flowering		تعداد گل روی بوته Flower per plant		قطر گل Flower diameter		قطر لوله گل Flower tube diameter	
	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH
P1 × P2	-3.5 ^{ns}	-14.4 ^{**}	-17.4 ^{**}	-20.7 ^{**}	177.2 ^{**}	172.4 ^{**}	35.8 ^{**}	32.1 ^{**}	27.5 ^{**}	21.1 ^{**}
P1 × P3	15.1 ^{**}	6.4 ^{ns}	-17.1 ^{**}	-18.2 ^{**}	277.5 ^{**}	439.3 ^{**}	25.2 ^{**}	24.8 ^{**}	-5.0 ^{**}	-7.8 ^{**}
P1 × P4	28.5 ^{**}	-8.9 ^{ns}	-18.5 ^{**}	-24.6 ^{**}	69.5 ^{**}	78.6 ^{**}	31.3 ^{**}	28.0 ^{**}	22.9 ^{**}	26.8 ^{**}
P2 × P3	40.4 ^{**}	16.3 ^{**}	-13.6 ^{**}	-16.0 ^{**}	63.0 ^{**}	127.6 ^{**}	37.3 ^{**}	33.9 ^{**}	23.5 ^{**}	14.0 ^{**}
P2 × P4	5.7 ^{ns}	-18.2 ^{**}	-15.4 ^{**}	-18.5 ^{**}	3.3 ^{ns}	6.9 ^{ns}	27.7 ^{**}	28.0 ^{**}	25.1 ^{**}	22.4 ^{**}
P3 × P4	19.3 ^{**}	-19.2 ^{**}	-5.3 ^{**}	-11.3 ^{**}	119.3 ^{**}	213.8 ^{**}	29.6 ^{**}	26.8 ^{**}	-5.6 ^{**}	-11.0 ^{**}
P2 × P1	-25.1 ^{**}	-33.6 ^{**}	-20.9 ^{**}	-24.1 ^{**}	114.0 ^{**}	110.3 ^{**}	34.0 ^{**}	30.3 ^{**}	17.8 ^{**}	11.8 ^{**}
P3 × P1	18.9 ^{**}	9.9 [*]	-22.3 ^{**}	-23.4 ^{**}	85.0 ^{**}	164.3 ^{**}	34.2 ^{**}	33.8 ^{**}	1.5 ^{ns}	-1.5 ^{ns}
P3 × P2	68.4 ^{**}	39.5 ^{**}	-2.8 ^{ns}	-5.5 ^{**}	272.8 ^{**}	420.7 ^{**}	27.3 ^{**}	24.2 ^{**}	-4.5 ^{**}	-11.8 ^{**}
P4 × P1	-37.2 ^{**}	-55.5 ^{**}	-17.7 ^{**}	-23.8 ^{**}	123.7 ^{**}	135.7 ^{**}	31.3 ^{**}	28.0 ^{**}	28.6 ^{**}	24.8 ^{**}
P4 × P2	-19.5 [*]	-38.1 ^{**}	-10.2 ^{**}	-13.5 ^{**}	93.3 ^{**}	100.0 ^{**}	24.0 ^{**}	23.6 ^{**}	22.9 ^{**}	20.2 ^{**}
P4 × P3	-23.5 ^{**}	-48.1 ^{**}	-6.4 ^{**}	-12.3 ^{**}	220.5 ^{**}	155.8 ^{**}	25.0 ^{**}	22.4 ^{**}	1.2 ^{ns}	-4.6 ^{**}

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

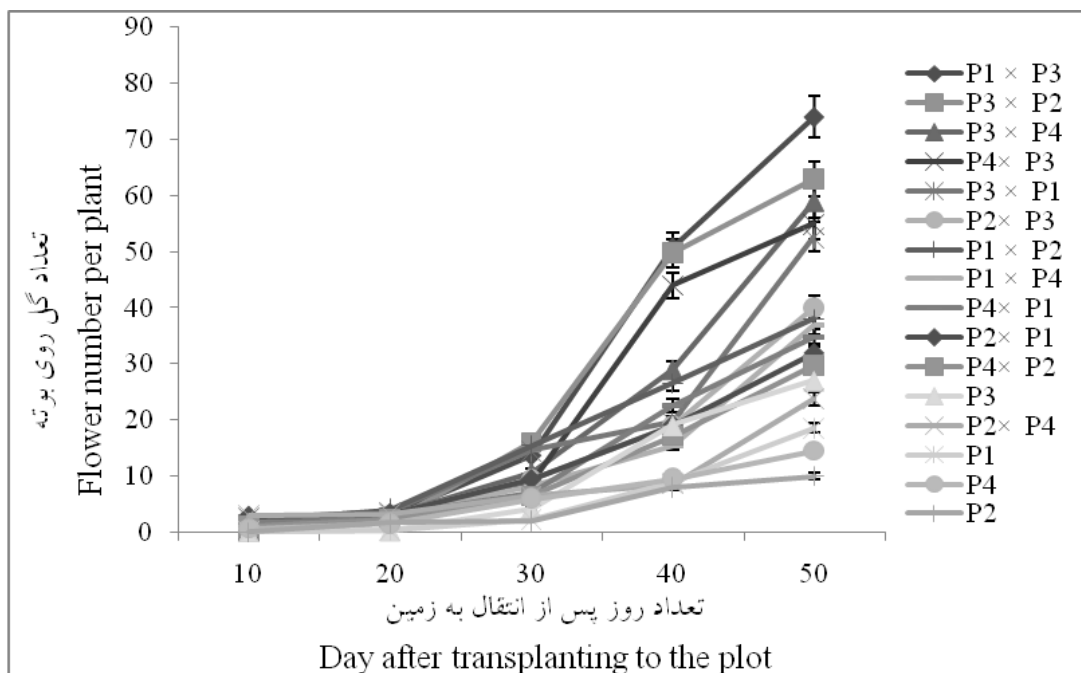
ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

Table 5. Continued

ادامه جدول ۵

تلاقی ها Crosses	طول لوله گل		طول گل		عطر گل		عمر گل	
	Flower tube length		Flower length		Flower fragrance		Flower longevity	
	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH	MPH	HPH
P1 × P2	7.9**	6.7**	8.8**	8.8**	60.0**	0.0 ^{ns}	27.8**	13.3*
P1 × P3	3.9 ^{ns}	-0.4 ^{ns}	1.5 ^{ns}	-2.9 ^{ns}	9.1 ^{ns}	0.0 ^{ns}	19.5*	11.1 ^{ns}
P1 × P4	13.7**	4.9*	10.9**	4.4 ^{ns}	-14.3*	-25.0**	15.8*	-8.5 ^{ns}
P2 × P3	12.3**	8.7**	23.3**	17.9**	-2.6 ^{ns}	-36.7**	30.5**	24.0**
P2 × P4	6.3*	-0.9 ^{ns}	11.6**	5.1 ^{ns}	66.7**	11.1 ^{ns}	-5.7 ^{ns}	-17.5*
P3 × P4	16.2**	11.7**	6.5*	-9.0**	26.3**	20.0**	4.5 ^{ns}	-12.5*
P2 × P1	-0.2 ^{ns}	-1.3 ^{ns}	5.1 ^{ns}	5.1 ^{ns}	60.0**	0.0 ^{ns}	39.8**	25.0**
P3 × P1	1.2 ^{ns}	-3.1 ^{ns}	3.1 ^{ns}	-1.5 ^{ns}	9.1 ^{ns}	0.0 ^{ns}	30.7**	21.5**
P3 × P2	14.6**	10.9**	16.8**	11.7**	84.6**	20.0**	16.5*	10.7 ^{ns}
P4 × P1	4.1 ^{ns}	-4.0*	3.9 ^{ns}	-2.2 ^{ns}	-14.3**	-25.0**	13.3*	-10.5 ^{ns}
P4 × P2	10.2**	2.7 ^{ns}	11.6**	5.1 ^{ns}	50.0**	0.0 ^{ns}	-2.9 ^{ns}	-15.0*
P4 × P3	12.1**	7.8**	9.8**	8.0*	26.3**	20.0**	-2.7 ^{ns}	-18.5**

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.
ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.



شکل ۱- روند افزایش تعداد گل روی بوته لاین های اینبرد و هیبریدهای اطلسی حاصل از تلاقی دای آلل
 Fig. 1. The trend of increasing in number of flower per plant for parents and their 12 hybrid combinations generated using a diallel cross design

با استفاده از این والد در تلاقی ها افزایش داد. همچنین مقادیر مثبت و معنی دار SCA از تلاقی های $P1 \times P2$ و $P1 \times P4$ و $P2 \times P3$ حاصل شدند که به عنوان بهترین هیبریدها در افزایش قطر گل هستند (جدول ۴). با توجه به معنی داری اثر سیتوپلاسمی برای این صفت می توان بهترین هیبریدهای دارای بیشترین میزان اثر مثبت سیتوپلاسمی را تعیین کرد که در مورد قطر گل، تلاقی $P2 \times P3$ در رتبه بالاتری نسبت به سایر تلاقی ها قرار داشت (جدول ۴). میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر در تمامی هیبریدها مثبت و معنی دار برآورد شد و بیشترین برتری هیبرید نسبت به میانگین والدین ($37/3^{***}$) و والد برتر ($33/9^{**}$) در تلاقی

افزایش تعداد گلچه را در هیبریدهای گلایل نسبت به والد برتر و لو و همکاران (۲۰۱۰) افزایش تعداد گل را در هیبریدهای آهار نسبت به میانگین والدین و والد برتر گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

قطر گل

در اصلاح گیاهان زینتی، قطر گل یکی از مهم ترین صفات زینتی است که همیشه مورد توجه به نژادگر قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که قابلیت ترکیب پذیری مثبت و معنی دار فقط از لاین P2 حاصل شد (جدول ۳) که نشان دهنده اثر افزایشی ژن ها در لاین مذکور است و می توان قطر گل در نتاج را

$P2 \times P3$ مشاهده شد (جدول ۵). نتایج به دست آمده از این تحقیق با یافته‌های حسین و میسیحا (۱۹۷۸) که گزارش کردند غالبیت در اکثر مکان‌های ژنی کنترل‌کننده قطر گل اطلسی است، مطابقت دارد.

قطر لوله گل

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی والدین برای صفت قطر لوله گل بین $0/15$ تا $0/09$ متغیر بود به طوری که لاین‌های $P1$ ، $P2$ و $P4$ دارای مقادیر GCA مثبت و معنی‌داری بودند (جدول ۳) که این امر نشان‌دهنده اهمیت اثر افزایشی ژن‌ها در بهبود این صفت در لاین‌های مذکور است. علاوه بر این نتایج SCA نشان داد که تلاقی‌های $P1 \times P3$ و $P1 \times P4$ به ترتیب بهترین هیبریدها برای افزایش و کاهش قطر لوله گل هستند (جدول ۴). بیشترین اثر سیتوپلاسمی نیز در تلاقی $P2 \times P3$ مشاهده شد (جدول ۴). میزان هتروزیس برای این صفت نسبت به میانگین والدین بین $5/6$ تا $28/6$ و نسبت به والد برتر بین $11/8$ تا $26/8$ متغیر بود و بیشترین هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر از تلاقی‌های $P2 \times P4$ ، $P1 \times P4$ و $P1 \times P2$ حاصل شد (جدول ۵).

طول لوله گل

در گل اطلسی، طول لوله گل یکی از شاخص‌های زینتی بسیار مهم است که در مورفولوژی گل تاثیرگذار است. نتایج GCA

نشان داد که در بین والدین، لاین‌های $P2$ و $P4$ دارای مقادیر مثبت و معنی‌دار GCA بودند که می‌توان از این لاین‌ها در بهبود صفت طول لوله گل استفاده کرد (جدول ۳). در مقابل لاین $P4$ ($0/08^{**}$) با دارا بودن ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار قابلیت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای کاهش طول لوله گل را دارد (جدول ۳). مقادیر SCA در بین هیبریدها بین $0/11$ تا $0/14$ متغیر بود و تلاقی‌های $P2 \times P3$ و $P1 \times P3$ به ترتیب به عنوان بهترین ترکیب شونده‌ها در افزایش و کاهش طول لوله گل بودند (جدول ۴). اثر مثبت و معنی‌دار سیتوپلاسمی نیز فقط در تلاقی‌های $P1 \times P2$ و $P1 \times P4$ نمایان شدند که با استفاده از لاین $P1$ به عنوان والد مادری می‌توان طول لوله گل را در نتایج افزایش داد (جدول ۴). میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین در تمام هیبریدها (به غیر از هیبرید $P2 \times P1$) برای صفت طول لوله گل مثبت بود که این امر نشان‌دهنده نقش بیشتر اثر غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است. بیشترین هتروزیس نسبت به والد برتر نیز در تلاقی $P3 \times P4$ ($11/7^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵).

طول گل

همانند صفت طول لوله گل، لاین‌های $P2$ ($0/35^{**}$) و $P4$ ($0/19^{**}$) به ترتیب دارای

ژن‌ها در افزایش عطر گل در هیبریدها است (جدول ۵).

ماندگاری گل روی بوته

در مورد این صفت، اثر GCA معنی‌دار نبود (جدول ۲) با این وجود میزان GCA در لاین P2 (۰/۱۱) در جهت مثبت و بیشترین بود (جدول ۳). نتایج SCA نشان داد که تلاقی‌های P1 × P4 و P1 × P3 به ترتیب به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌ها در جهت افزایش و کاهش ماندگاری گل روی بوته هستند (جدول ۴). بیشترین هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین ($39/8^{**}$) و والد برتر ($25/0^{**}$) در تلاقی P2 × P1 مشاهده شد (جدول ۵). اثر سیتوپلاسمی معنی‌دار نبود (جدول ۴).

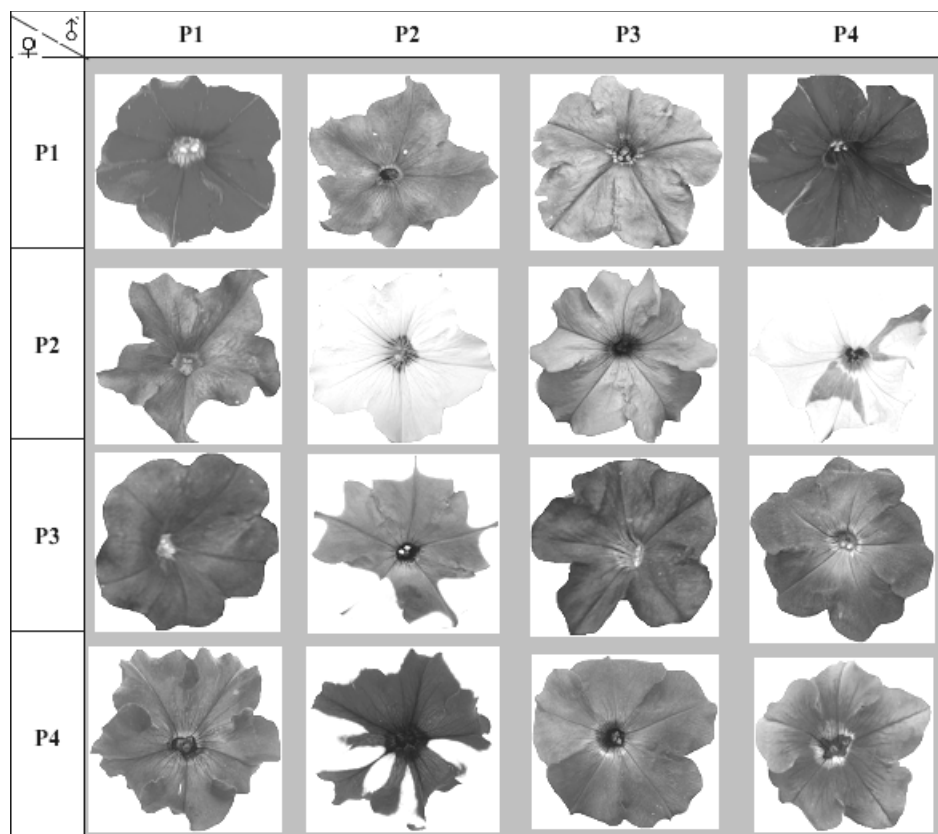
در شکل ۲ تصاویر هیبریدهای اطلسی، حاصل از تلاقی‌های دای آلل به همراه والدین آن‌ها آورده شده است. در این تصویر والدین بر روی قطر اصلی، تلاقی‌های مستقیم در قسمت بالای قطر و تلاقی‌های متقابل در قسمت پایین قطر آورده شده‌اند (شکل ۲).

به عنوان نتیجه‌گیری کلی در مورد نتایج این تحقیق می‌توان گفت که معنی‌دار شدن مقادیر GCA و SCA در اکثر صفات مورد بررسی حاکی از نقش توأم اثر افزایشی و غیر افزایشی در کنترل صفات مورد بررسی در اطلسی است. با این وجود معنی‌دار نبودن نسبت GCA/SCA و درجه غالبیت بیشتر از یک در تمام صفات مورد بررسی نشان

بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند (جدول ۳). علاوه بر این تلاقی‌های P2 × P3 و P1 × P3 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر SCA بودند (جدول ۴). هتروزیس نسبت به میانگین والدین در تمام تلاقی‌ها در جهت مثبت مشاهده شد و تلاقی P2 × P3 بیشترین هتروزیس را نسبت به میانگین والدین ($23/3^{**}$) و والد برتر ($17/9^{**}$) نشان داد (جدول ۵). برای این صفت اثر سیتوپلاسمی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

عطر گل

در ارتباط با این صفت، مقادیر GCA برای والدین P1 ($0/19^{**}$) و P3 ($0/22^{**}$) در جهت مثبت و معنی‌دار برآورد شد که این لاین‌ها با بهره‌گیری از اثر افزایشی ژن‌ها، پتانسیل بهبود عطر گل را در هیبریدها دارند و می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شوند (جدول ۳). بیشترین میزان SCA در تلاقی P1 × P2 ($0/46^{**}$) مشاهده شد و هیبریدهای P3 × P4 ($0/45^{**}$) و P1 × P3 ($0/19^{**}$) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). بیشترین اثر سیتوپلاسمی نیز در تلاقی P2 × P4 مشاهده شد که نشان‌دهنده آن است که علاوه بر ژن‌های هسته‌ای، پلاسموژن نیز در کنترل این صفت نقش دارد (جدول ۴). بیشترین هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین ($84/6^{**}$) و والد برتر ($20/0^{**}$) در تلاقی P3 × P2 مشاهده شد که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر اثر غیر افزایشی



شکل ۲- تصاویر گل‌های لاین‌ها (قطر اصلی) و ۱۲ هیبرید اطلسی حاصل از تلاقی‌های دای‌آل. P1 تا P4 لاین‌های مورد استفاده در تلاقی‌های دای‌آل

Fig. 2. Flowers of the four parents (on the diagonal) and of the 12 progenies of diallel crosses. The letters P1 to P4 indicate the four parental lines of the diallel cross

می‌توان نتیجه گرفت که پلاسماژن نقش موثری در کنترل صفات زینتی اطلسی دارد. نتایج هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر، نشان‌دهنده بروز هتروزیس در تمام صفات مورد بررسی است و در مجموع این گیاه هتروزیس خوبی نشان داده است. بیشترین هتروزیس برای صفات تعداد گل روی بوته و قطر گل از تلاقی‌های $P1 \times P3$ و $P2 \times P3$ حاصل شد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به اجرای فعالیت‌های به‌نژادی مدون و کارا تر در گیاه اطلسی کمک کند.

می‌دهد که نقش اثر فوق‌غالبیت در کنترل این صفات از اثر افزایشی بیشتر است. برای صفات قطر گل و لوله گل، طول لوله گل و جام گل و ماندگاری گل لاین P2 و برای صفات عطر گل و تعداد گل روی بوته لاین P3 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند. مقادیر SCA نشان داد که تلاقی‌های $P1 \times P2$ و $P3 \times P4$ به ترتیب به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌ها در افزایش تعداد گل روی بوته و قطر گل بودند. با توجه به معنی دار شدن اثر سیتوپلاسمی در تمام صفات مورد بررسی به غیر از ماندگاری گل روی بوته،

References

- Alexander, I., and Chua, N. H. 1993.** Flower development in petunia. *The Plant Cell* 5: 1195-1203.
- Aoki, C., and Hattori, K. 1991.** Attempt to classify *Petunia* species on the basis of corolla shape. *Japanese Journal of Breeding*, 41: 433-442.
- Armitage, A. M. 2001.** *Armitage's Manual of Annuals, Biennials, and Half-Hardy Perennials*. Portland, Timber Press, USA.
- Birchler, J. A., Yao, H., Chudalayandi, S., Vaiman, D., and Veitiac, R. A. 2010.** Heterosis. *The Plant Cell* 22: 2105-2112.
- Dole, J. M., and Wilkins, H. F. 2004.** *Floriculture: Principles and Species*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Du, C. G., Nelson, L. R., and McDaniel, M. E. 1999.** Diallel analysis of gene effects conditioning resistance to *Stagonospora nodorum* (Berk.) in wheat. *Crop Science* 9: 686-690.
- El-Hady, M. M., Rizk, A. M., Omran, M. M., and Regheb, S.B. 2007.** Genetic behaviour of some faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes and its crosses. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor* 45: 49-60.
- Ewart, L. 1984.** *Petunia*. pp. 180-202. In: Sink, K. C. (ed.) *Plant Breeding*. Springer-Verlage. Berlin, Germany.
- Farshadfar, E. 1998.** *Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding*. Vol 1. Razi University Publications, Kermanshah, Iran (in Persian).
- Griesbach, R. J. 2007.** *Petunia*. pp. 301-336. In: Anderson, N.O. (ed.) *Flower Breeding and Genetics*. Springer, The Netherlands.
- Griffing, B. 1956.** Concept of general and specific combining ability in relative to diallel systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- Gonzales, E., Eougerousse, A., and Brouillard, R. 2001.** Two acylated malvidin glycosides from *Petunia hybrida* flowers. *Phytochemistry* 5: 1257-1262.
- Gupta, Y. C., Raghava, S. P. S., and Misra, R. L. 2001.** Heterosis in African marigold. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 61: 65-68.
- Hall, M., Kennedy, B., and Van Sanford, D. 2001.** Diallel analysis of resistance to

fusarium head blight in soft red winter wheat. National Fusarium Head Blight Forum, Holiday Inn Cincinnati-Airport, Erlanger, KY, pp. 239-243.

Hallauer, A. R., and Miranda, J. B. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, IOWA, USA.

Hayman, B. Y. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39: 789-809.

Hemanthkumar, P., Kulkarni, B. S., Jagaesha, R. C., Reddy, B. S., Shirol, A. M., and Mulge, R. 2008. Combining ability and heterosis for growth characters in gladiolus (*Gladiolus hybrida*. Hort). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 21: 544-547

Hussein, H. A. S., and Misiha, A. 1978. Diallel analysis for some quantitative characters in *Petunia hybrida* Hort. *Theoretical and Applied Genetics* 54: 17-25.

Kumar, S., Shanmugavelu, K. G., and Irulappan, I. 1989. Hybrid vigour in marigold for economic characters. *South Indian Horticulture* 38: 173-174.

Lou, X. Y., Shi Hu, Q., Bao, M. Z., and Mei Ye, Y. 2010. Analysis of combining ability of two-types of male sterile and four restorer lines of *Zinnia elegans*. *Euphytica* 174: 91-103.

Misra, R. L., De, R. C., and Saint, H. C. 2001. Manifestation of heterosis in exotic × indigenous crosses of gladiolus. *Journal of Ornamental Horticulture, New Series* 4: 11-16.

Neamati, H., and Saie, M. 2005. The study on morphological variation and valuable ornamental traits of hybrids derived from hybridization between Iranian and imported petunia varieties. *Proceedings of the 4th Congress of Horticultural Sciences Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*. P. 352 (in Persian).

Rainey, K. M., and Griffiths, P. D. 2005. Diallel analysis of yield components of snap beans exposed to two temperature stress environments. *Euphytica* 142: 43-53.

Shull, G. 1952. Beginning of the hetrosis concept. In: *Monographs on Theoretical and Applied Genetics*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. 6: 260-261.

Tsuda, S., Fukui, Y., Nakamura, N., Katsumoto, Y., Yonekura-Sakakibara, K., Fukuchi-Mizutani, M., Ohira, K., Ueyama, Y., Ohkawa, H., Holton, T. A., Kusumi, T., and Tanaka, Y. 2004. Flower color modification of *Petunia hybrida* commercial varieties by metabolic engineering. *Plant Biotechnology* 21: 377-386.

Weddle, C. L. 1976. Petunias. pp. 252-265. In: Mastaler, L. (ed.) *Bedding Plants*. Pennstate Manual, State College, USA.

Wijsman, H. J. W., and Jong, J. H. 1985. On the interrelationships of certain species of Petunia IV. Hybridization between *P. linearis* and *P. calycina* and nomenclatorial on sequences in petunia group. Acta Botanica Nede 34: 337-349.