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 دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۳۰

چکیده

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

به منظور بررسی هتروزیس و ترکیب پذیری لاین های اینبرد اطلسی برای صفات زینتی، تلاقی های مستقیم و متقابل بین چهار والد اطلسی با اسامی L5 (P1)، L8 (P2)، L11 (P3) و L17 (P4) انجام و در سال دوم هیبرید های F_1 حاصل به همراه والدین در قالب طرح بلوک های 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 اندازه گیری شدند. معنی دار شدن اثر ترکیب پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) نقش توام 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 تلاقی های P1 × P3 و P2 × P3 حاصل شد.

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

نویسنده مسئول: hassanbayat55@gmail.com تلفن: ۰۹۳۵۷۵۰۰۹۲۳

مقدمه

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 می شود و یکی از مهم‌ترین و محبوب ترین گیاهان فصلی به شمار می آید (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 نیمه گرمسیری آمریکای جنوبی (بین عرض‌های جغرافیایی ۲۲ تا ۳۹ درجه) هستند (Armitage, 2001؛ Dole, 2004).

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

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 مصرف کنندگان از نظر ژنتیکی اصلاح شده‌اند. امروزه اصلاح هیبریدهای F_1 در بسیاری از گل‌ها مورد استفاده قرار می گیرد که برای نیل به این هدف، اصلاح کنندگان و شرکت‌های به‌نژادی تعداد زیادی لاین را به عنوان والد تولید کرده‌اند که بهترین ترکیب‌ها را برای تولید هیبریدهای برجسته و جدید انتخاب می کنند. ظهور خصوصیات مطلوب و عملکرد بالای هیبریدهای F_1 منعکس کننده 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

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 (Birchler *et al*., 2010؛ Shull, 1952).

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 که صفات مورد بررسی به وسیله سیستم‌های چند آللی غالبیت- افزایشی کنترل می‌شوند. علاوه براین میزان هتروزیس نسبت به والد برتر در بین هیبریدهای حاصل از تلاقی ها 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 مالوینیدین) و رنگیزه‌های همراه طبقه‌بندی می‌شوند (Gonzales *et al*., 2001). فاکتور دیگری که به طور موثری رنگ گل اطلسی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اسیدیته واکوئل (محل ذخیره آنتوسیانین‌ها) است. در اطلسی اسیدیته واکوئل بین ۵/۲ تا ۶/۵ متغیر است که توسط ژن‌های *ph* (*ph1* و *ph2*)

کنتـرل مـی‌شـود(Tsuda *et al.*, 2004). پژوهش‌های زیادی برای تعیین ترکیب‌پـذیری و هتـروزیس صـفات مهـم زراعـی ماننـد عملکـرد (El-Hady *et al.*, 2007؛ Rainey and Griffiths, 2005) و مقاومـت بـه بیمـاری‌هـا (Du *et al.*, 1999؛ Hall *et al.*, 2001) انجام شـده اسـت، امـا پـژوهش‌هـای انـدکی در زمینه ترکیب‌پذیری و هتـروزیس صـفات زینتـی در گلکاری و گیاه اطلـسی وجـود دارد. تحقیـق حاضـر بـا هـدف بررسـی هتـروزیس و ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد اطلسی بـه منظـور استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و همچنـین امکـان به دست آوردن ارقـام جدیـد هیبریـد اطلـسی بـا خصوصیات زینتی برتر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانـه تحقیقـاتی و مزرعـه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانـشگاه فردوسی مشهد به مدت دو سـال (۱۳۸۹-۱۳۹۰) انجام شد.

در این مطالعـه از چهـار لایـن اینبـرد اطلـسی مـولتی فلـورا (ایـن لایـن هـا در طـی چنـد سـال خودگـشنی در گـروه علـوم باغبـانی دانـشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد حاصـل شـده اند) استفاده شد. بذر لایـن هـا در فـروردین مـاه سـال ۱۳۸۹ در سـینی هـای کـشت پلاسـتیکی حاوی بستر کشت کوکوپیت در داخـل گلخانـه تحقیقـاتی کاشـته شـدند. پـس از جوانـه زنـی و رشـد، گیاهچـه هـا در مرحلـه ۸ تـا ۱۰ برگـی بـه داخل گلدان‌هایی بـا قطـر دهانـه ۱۶ سـانتی متـر منتقل شدند. بـا شـروع گلـدهی، تلاقـی هـا بـین چهار لاین اطلسی در قالب طرح دای آلل ۴ × ۴ کامل (مستقیم و متقابل) انجام شد.

بذر هیبرید F_1 حاصل از تلاقی های دای آلل به همراه والـدین آن‌هـا، در بهمـن مـاه ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانـشکده کـشاورزی دانـشگاه فردوسی مشهد در داخل سـینی هـای پلاسـتیکی حـاوی کوکوپیـت، کاشـته شـدند و نـشاهای حاصـل در تـاریخ ۹۰/۳/۵ در قالـب طـرح بلوک‌های کامـل تـصادفی بـا سـه تکـرار و سـه مشاهده در هـر تکـرار در زمـین اصـلی واقـع در مزرعه گروه علوم باغبانی با فواصل ۹۰×۶۰×۵۰ سانتی متر کاشته شدند.

با شروع گلدهی، ارتفاع بوته تـا اولـین گـل، تعداد گل روی بوته، تعداد روز تا گلدهی، قطـر گل، قطر لوله گل، طول لوله گل، طول جام گل و ماندگاری گل روی بوته اندازه گیـری و ثبـت شدند. برای اندازه گیـری عطـر گـل، بـر اسـاس شدت عطر و رایحه گل از اعداد ۱ تـا ۵ بـه گـل ها امتیاز داده شد (برای انجام این کار، ۳ نفـر بـه ژنوتیپ ها امتیاز دادند که میانگین آن‌ها محاسبه شد) به طوری کـه گـل هـای دارای عطـر بیـشتر امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند.

داده هـای حاصـل از آزمـایش بـا اسـتفاده از نـسخه ۲۰۰۲ نـرم افـزار Diallel 98 بـر اسـاس روش ۳ گریفینـگ مـورد تجزیـه واریـانس قـرار گرفتنـد و مقـادیر ترکیـب‌پـذیری عمـومی و خـصوصی آن‌هـا محاسـبه شـد.

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 براین برای برآورد هتروزیس از معادله های زیر استفاده شد (Hallauer and Miranda, 1988):

هتروزیس نسبی نسبت به میانگین والدین:

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

هتروزیس نسبی نسبت به والد برتر:

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

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

نتایج و بحث

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

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	ارغوانی	5.2
L8 (P2)	126	Violet	بنفش	5.5
L11 (P3)	133	White	سفید	5.0
L17 (P4)	116	Red	قرمز	5.5

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای تمام صفات مورد بررسی (به غیر از ماندگاری گل روی بوته) معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین مربعات اثر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نیز برای تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر GCA و SCA نشان می‌دهد که اکثر صفات به صورت توام توسط ژن‌های با اثر افزایشی و غیر افزایشی کنترل می‌شوند. با این وجود، معنی‌دار نشدن نسبت GCA/SCA و درجه غالبیت بیشتر از یک برای تمام صفات مورد بررسی نشان

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

		میانگین مربعات MS								
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df.	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.

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 ۰/۵۸- تا ۲/۳۳ 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 معنی‌دار بود و تلاقی‌های P3 × P2 و P2 × P1 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ارتفاع تا اولین گل بودند که از تلاقی P2 × P1 می‌توان در گسترش هیبریدهای پاکوتاه در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد (جدول ۴). بیشترین اثر مثبت و معنی‌دار سیتوپلاسمی نیز در تلاقی P4 × P1 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 (۳۷/۲- تا ۶۸/۴) و والد برتر (۵۵/۵- تا ۳۹/۵) از تنوع بسیار بالایی برخوردار بود به طوری که تلاقی‌های P3 × P2 و P4 × 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 براین کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 1984) بیشترین هتروزیس نسبت به والد برتر را در گیاه جعفری (*Tagetes patula*) هیبرید L4 × L1 مشاهده کردند در حالی که گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 2001) بیشترین هتروز یس را از هیبرید MS7 × Sel 14 به دست آوردند.

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

Table 3. Estimates of general combining ability effects for differemt 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**	0.04ns	0.02**	-0.05ns	-0.13**	0.19*	0.01ns
P2	0.52**	0.29**	-4.96**	0.16**	0.09**	0.09**	0.35**	-0.19*	0.10ns
P3	2.33**	7.29**	13.38**	-0.11**	-0.15**	0.04ns	-0.04ns	0.22**	-0.18ns
P4	-2.28**	-1.63**	-6.38**	-0.09*	0.04**	-0.08**	-0.19**	-0.22**	0.08ns

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.

جدول ۴- اثر ترکیب‌پذیری 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

تلاقی‌ها 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	
	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 معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

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

ادامه جدول ۴

Table 4. Continued

تلاقی‌ها Crosses	طول لوله گل Flower tube length		طول گل Flower length		عطر گل Flower fragrance		عمر گل 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 معنی‌دار، معنی‌دار 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 × P3 و P2 × P4 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر SCA بودند (جدول ۴). همچنین بیشترین اثر منفی و معنی‌دار سیتوپلاسمی از تلاقی P2 × 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 P1 × P3 حاصل شد (جدول ۵). معنی‌دار شدن اثر GCA و SCA نشان می‌دهد که صفت تعداد روز تا گلدهی به صورت توام 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 P4× P3، P3 × P2 و P3 × P1 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 P3 × P1 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 P3 × P1، P3 × P2 و P4× P3 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

تلاقی 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 معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

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

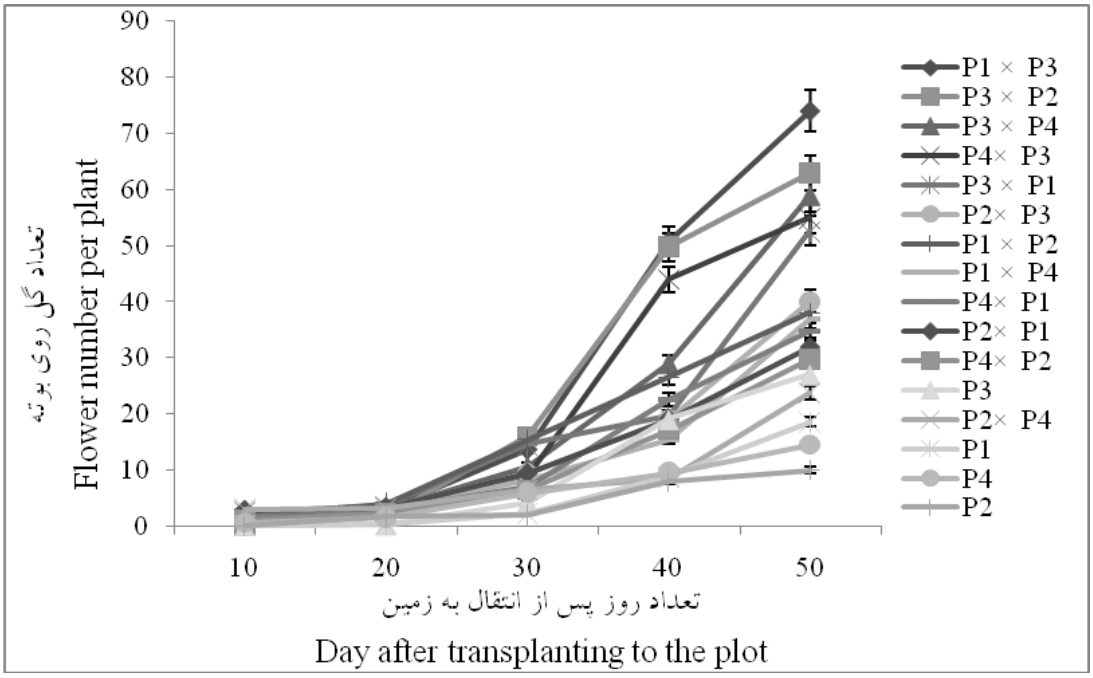
Table 5. Continued

ادامه جدول ۵

تلاقی ها Crosses	طول لوله گل Flower tube length		طول گل Flower length		عطر گل Flower fragrance		عمر گل 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 معنی‌دار، معنی‌دار 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 لاین‌های اینبرد و هیبریدهای اطلسی حاصل از تلاقی دای‌آلل
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

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 مهم‌ترین صفات زینتی است که همیشه مورد توجه به‌نژادگر قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار فقط از لاین P2 حاصل شد (جدول ۳) که نشان‌دهنده اثر افزایشی ژن‌ها در لاین مذکور است و می‌توان قطر گل در نتاج را با استفاده از این والد در تلاقی‌ها افزایش داد. همچنین مقادیر مثبت و معنی‌دار SCA از تلاقی‌های P2 × P1 و P4 × P1 و P2 × P3 حاصل شدند که به عنوان بهترین هیبریدها در افزایش قطر گل هستند (جدول ۴). با توجه به معنی‌داری اثر سیتوپلاسمی برای این صفت می‌توان بهترین هیبریدهای دارای بیشترین میزان اثر مثبت سیتوپلاسمی را تعیین کرد که در مورد قطر گل، تلاقی P2 × P3 در رتبه بالاتری نسبت به سایر تلاقی‌ها قرار داشت (جدول ۴). میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر در تمامی هیبریدها مثبت و معنی‌دار برآورد شد و بیشترین برتری هیبرید نسبت به میانگین والدین (۳۷/۳**) و والد برتر (۳۳/۹**) در تلاقی

P2 × 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 ۰/۱۵- تا ۰/۰۹ 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 براین نتایج SCA نشان داد که تلاقی‌های P4 × P1 و P3 × P1 به ترتیب بهترین هیبریدها برای افزایش و کاهش قطر لوله گل هستند (جدول ۴). بیشترین اثر سیتوپلاسمی نیز در تلاقی P3 × P2 مشاهده شد (جدول ۴). میزان هتروزیس برای این صفت نسبت به میانگین والدین بین ۵/۶- تا ۲۸/۶ و نسبت به والد برتر بین ۱۱/۸- تا ۲۶/۸ متغیر بود و بیشترین هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر از تلاقی‌های P4 × P2، P4 × P1 و P2 × P1 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 (۰/۰۸**-) 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 ۰/۱۱- تا ۰/۱۴ متغیر بود و تلاقی‌های P3 × P2 و P3 × P1 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 P2 × P1 و P4 × P1 نمایان شدند که با استفاده از لاین P1 به عنوان والد مادری می‌توان طول لوله گل را در نتاج افزایش داد (جدول ۴). میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین در تمام هیبریدها (به غیر از هیبرید P2 × 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 P4 × P3 (۱۱/۷**) مشاهده شد (جدول ۵).

طول گل

همانند صفت طول لوله گل، لاین‌های P2 (۰/۳۵**) و P4 (۰/۱۹**-) به ترتیب دارای

بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند (جدول ۳). علاوه براین 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 (۲۳/۳**) و والد برتر (۱۷/۹**) نشان داد (جدول ۵). برای این صفت اثر سیتوپلاسمی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

عطر گل

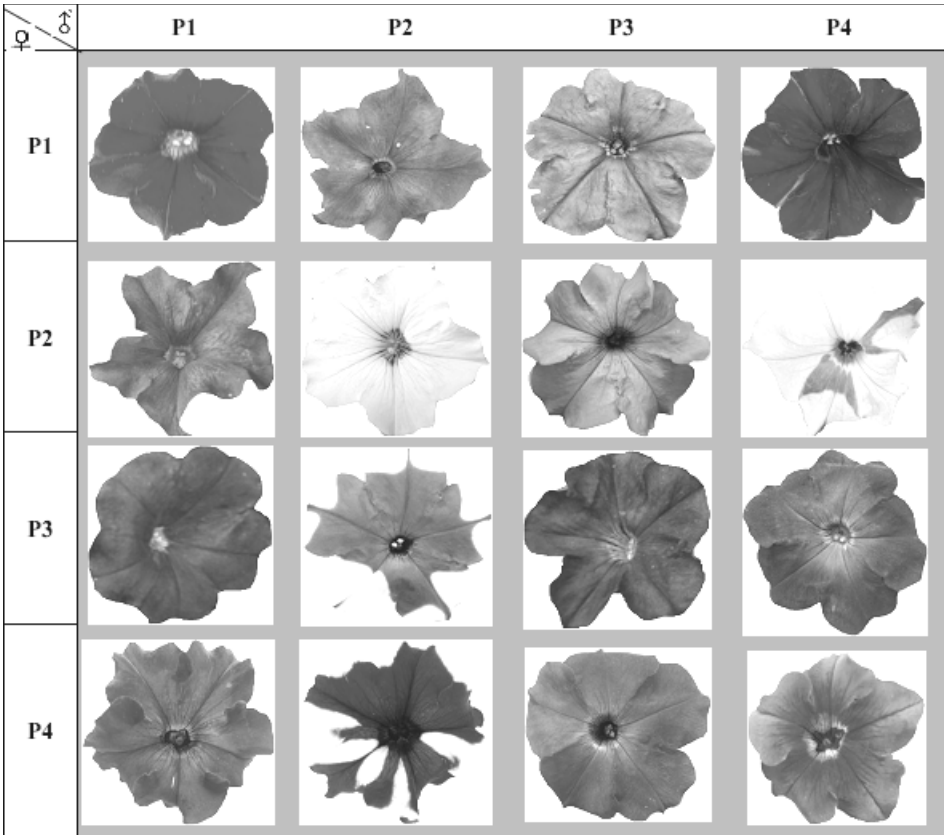
در ارتباط با این صفت، مقادیر GCA برای والدین P1 (۰/۱۹*) و P3 (۰/۲۲**) در جهت مثبت و معنی‌دار برآورد شد که این لاین‌ها با بهره‌گیری از اثر افزایشی ژن‌ها، پتانسیل بهبود عطر گل را در هیبریدها دارند و می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شوند (جدول ۳). بیشترین میزان SCA در تلاقی P1 × P2 (۰/۴۶**) مشاهده شد و هیبریدهای P3 × P4 (۰/۴۵**) و P1 × P3 (۰/۱۹**) 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 (۸۴/۶**) و والد برتر (۲۰/۰**) در تلاقی P2 × P3 مشاهده شد که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر اثر غیر افزایشی 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 (۳۹/۸**) و والد برتر (۲۵/۰**) در تلاقی P2 × P1 مشاهده شد (جدول ۵). اثر سیتوپلاسمی معنی‌دار نبود (جدول ۴).

در شکل ۲ تصاویر هیبریدهای اطلسی، حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل 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 توام 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



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

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

می‌دهد که نقش اثر فوق غالبیت 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 P4 × P3 و P1 × P2 به ترتیب به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌ها در افزایش تعداد گل روی بوته و قطر گل بودند. با توجه به معنی‌دار شدن اثر سیتوپلاسمی در تمام صفات مورد بررسی به غیر از ماندگاری گل روی بوته، می‌توان نتیجه گرفت که پلاسموژن 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 P3 × P1 و P3 × P2 حاصل شد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به اجرای فعالیت‌های به‌نژادی مدون و کاراتر در گیاه اطلسی کمک کند.

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., Jagaeesha, 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 Theorical 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.