مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۲، سال ۱۳۹۴

ارزیابی هتروزیس و ترکیب‌پذیری در ارقام توتون (*Nicotiana tabacum* L.) هواخشک با استفاده از روش لاین × تستر

Evaluating Heterosis and Combining Ability of Air Cured Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Genotypes Using Line × Tester Method

نقی حسین‌زاده فشالمی[۱]، عبدالرحیم مهدوی[۲]، محمدرضا صلواتی میبدی[۳]، حسن رحیم سروش[۴]، عبدالغفور قلی‌زاده[۵]، رضا علی‌نژاد[۶] و سید افشین سجادی[۷]

۱- محقق بخش اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات توتون، رشت
۲، ۳، ۵، ۶ و ۷- محقق، مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش
۴- مربی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴**

چکیده

حسین‌زاده فشالمی، ن.، مهدوی، ع.، صلواتی میبدی، م. ر.، رحیم سروش، ح.، قلی‌زاده، ع.، علی‌نژاد، ر. و سجادی، س. ا. ۱۳۹۴. ارزیابی هتروزیس و ترکیب‌پذیری در ارقام توتون (*Nicotiana tabacum* L.) هواخشک با استفاده از روش لاین × تستر. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱:** ۳۳۷ - ۳۲۵.

هیبریدهای نر عقیم سیتوپلاسمی به سرعت در حال تولید و توسعه هستند. به منظور تعیین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و هتروزیس ارقام و لاین‌های توتون هواخشک، ۲۰ هیبرید و ۱۲ ژنوتیپ والدینی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش در سال ۱۳۹۰مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس بر اساس روش لاین × تستر نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد برگ و درصد قند در سطح احتمال پنج درصد و از نظر طول و عرض برگ، طول ساقه، عملکرد و درصد نیکوتین در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تجزیه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها نشان داد که ژنوتیپ‌های B. B 16A، Burley TMV3، BA1 و BCE از نظر عملکرد دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بوده از این رو می‌توانند به عنوان یکی از والدین برای اصلاح عملکرد مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس نتایج ترکیب پذیری خصوصی، تلاقی‌های BNC21-3 × BA1 و Iraburbon × BC21-103 به دلیل ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار از نظر عملکرد و درصد هتروزیس عملکرد ۱۸ و ۵/۳ درصد نسبت به میانگین والد برتر و تلاقی‌های B. B 16A × BC21-103 و BCE × BNC21-3 نیز به دلیل ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و درصد هتروزیس عملکرد ۱۲/۶ و ۵/۳ درصد می‌توانند برای تولید توتون هیبرید نرعقیم مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: توتون، ترکیب‌پذیری، هتروزیس، لاین × تستر، عملکرد.

نویسنده مسئول: fashalami@yahoo.com تلفن: ۰۱۳۳۳۵۴۴۲۱۶

مقدمه

کشورهای چین، برزیل، ایالات متحده آمریکا، ترکیه، زیمبابوه و مالاوی ۸۰ درصد تولید توتون جهان را دارا هستند. در ایران استان‌های گلستان، مازندران، گیلان، آذربایجان غربی و کردستان مناطق مهم کشت توتون سیگارت هستند و سایر استان‌ها به کشت تنباکو اختصاص داده شده‌اند. توتون گیاهی است از خانواده بادمجانیان با نام علمی *Nicotiana tabacum* L. که یک آلوتتراپلوئید با ۴۸ کروموزوم است و به سه گونه تاباکوم (Tabacum)، روستیکا (Rustica) و پتونوئیدس (Petonoides) تقسیم می‌شود. از نظر صنعتی توتون‌ها برای تهیه سیگارت، سیگار برگ، پیپ، قلیان و چپق طبقه‌بندی می‌شوند. توتون‌هایی که برای تهیه سیگارت مورد استفاده قرار می‌گیرند، از گونه تاباکوم و شامل توتون‌های تیپ گرمخانه‌ای، تیپ هواخشک و آفتاب خشک هستند. از توتون‌های تیپ گرمخانه‌ای که مزه خاصی به دود سیگارت می‌دهند برای تهیه سیگارت استفاده می‌شود. خشکانیدن و عمل‌آوری توتون‌های گرمخانه‌ای در شرایط گرمخانه انجام می شود. از نظر خصوصیات ظاهری برگ، ارقام توتون گرمخانه‌ای جزء توتون‌های برگ درشت است. از توتون‌های گونه‌های روستیکا و بعضی از ارقام گونه تاباکوم برای مصرف به صورت قلیان و از توتون‌های گونه پتونوئیدس به عنوان ارقام دهنده صفات خاص در برنامه‌های به‌نژادی استفاده می‌شود (Zamani, 2010).

توان و کینت (Tuan and Kient, 2001) پس از بررسی تعداد زیادی از ارقام وارداتی توتون در ویتنام، ده ژنوتیپ خالص را با پنج رقم نرعقیم تلاقی داده و از روش لاین × تستر برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی استفاده و گزارش کردند که رقم نرعقیم RGH4 بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی را برای عملکرد داشته و سیزده تلاقی از پنجاه تلاقی انجام شده، هتروزیسی در حد استاندارد داشتند. در نهایت آنها چهار تلاقی را برای به دست آوردن حداکثر عملکرد پیشنهاد کردند بطوریکه دو تلاقی معادل ۱۰ درصد هتروزیس و مقاومت به ویروس موزائیک توتون (TMV) نشان دادند.

کارا و اسندال (Kara and Esendal, 1995) در تجزیه ترکیب‌پذیری و هتروزیس شش رقم و پانزده هیبرید آن‌ها گزارش کردند، متوسط هتروزیس جز برای میزان خاکستر کل برای کلیه صفات معنی‌دار بود. متوسط عملکرد هیبریدها ۱۵/۲ درصد از والدین آن‌ها بیشتر بود. واریانس ترکیب‌پذیری عمومی برای کلیه صفات ارزیابی شده معنی‌دار بود و در نهایت لاین 40-18B را به عنوان بهترین ترکیب‌شونده و سه تلاقی را به عنوان بهترین هیبرید با هتروزیس بالا معرفی کردند.

کوروبین و میترسکی (Korubin and Mitreski, 1996)

ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی را برای تعداد برگ و عملکرد برگ خشک در سه رقم و هیبرید آن‌ها بررسی و گزارش کردند ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفت برگ معنی‌دار بود به طوری که نسبت ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی معادل ۷/۰۲ درصد بود که بیانگر این بود که این صفت کاملاً تحت اثر ژن‌های افزایشی است. نسبت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد معادل ۷/۳۳ بود که نشان می‌داد این صفت تحت اثر ژن‌های افزایشی و غیرافزایشی است. در نهایت آن‌ها یک ترکیب را برای تعداد برگ و دو ترکیب را برای عملکرد معرفی کردند.

در تحقیقی که توسط صلواتی میبدی و همکاران در سال ۱۳۸۰ در مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش برای بررسی وراثت‌پذیری مقاومت به ویروس موزاییک توتون (TMV) به روش دیالل در سه سال انجام شد، با توجه به بالابودن نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی، مشخص شد ژن‌های افزایشی نقش مهم‌تری در شیوع و درصد آلودگی به TMV داشتند. در نهایت با توجه به تجزیه ترکیب‌پذیری، ترکیب (کوکر۳۱۹ × گات ۴) بهترین ترکیب برای ایجاد مقاومت نسبی به TMV شناخته شد (صلواتی میبدی و همکاران، گزارش منتشر نشده).

پاتاک و همکاران (Pathak *et al.*, 1996) در تجزیه لاین × تستر برای عملکرد و کیفیت توتون، شش لاین نرعقیم سیتوپلاسمی و چهار تستر را ارزیابی و گزارش کردند واریانس ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار بوده ولی واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار نبود که می‌تواند نشان‌دهنده نقش بیشتر ژن‌های افزایشی در توارث صفات مورد بررسی باشد. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی برای عملکرد مربوط به لاین GT5 بود. هتروزیس بر اساس والد برتر برای عملکرد معنی‌دار نبود. اما برای نیکوتین تا ۳۰ درصد هتروزیس دیده شد.

خیر و همکاران (Kher *et al.*, 1998) در بررسی هتروزیس برای عملکرد و اجزای عملکرد در توتون، با تلاقی نه لاین نرعقیم با سیتوپلاسم‌های متفاوت با شش لاین نربارور به روش تلاقی لاین × تستر و مطالعه این هیبریدها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال گزارش کردند تفاوت بین والدین و هیبریدها برای عملکرد و اجزای آن معنی‌دار بود. تفاوت بین هیبریدهای بارور و نرعقیم و هیبریدهای نرعقیم با سیتوپلاسم‌های متفاوت معنی‌دار نبود. همچنین هتروزیس معنی‌داری برای کلیه صفات دیده شد، اگرچه مقدار آن برای صفات مختلف متفاوت بود.

ونکاتا و ناراسیمهایا (Venkata and Narasimhayya, 1976) با بررسی ترکیب‌پذیری در توتون‌های گرمخانه‌ای گزارش کردند یکی از دو لاین نرعقیم مورد بررسی بهتر از دیگری بود.

پراسانا و همکاران (Prasanna *et al.*, 1990) در بررسی هتروزیس و ترکیب‌پذیری در توتون‌های گرمخانه‌ای به روش لاین × تستر، گزارش دادند اثر ترکیب‌پذیری عمومی برای کلیه صفات معنی‌دار بود و با توجه به مقدار زیاد آن نسبت به ترکیب‌پذیری خصوصی به نظر می‌رسد اثر افزایشی ژن‌ها نقش بیشتری در کنترل این صفات دارند.

در تحقیق دیگری که در سال ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش انجام شد، شش لاین اصلاح‌شده با شش لاین نرعقیم تلاقی داده و با روش لاین× تستر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین والدین و تلاقی‌ها برای صفات وزن سبز، عملکرد، طول و تعداد برگ و نیکوتین در سطح یک درصد و برای عرض برگ در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تجزیه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها نشان داد که ارقام توتم۳۲۳ و توتم۳۲۵ و نرعقیم‌های کوکر۳۴۷ نرعقیم۱، کوکر۳۴۷ نرعقیم۲ و کا۳۲۶ نرعقیم۲ از نظر عملکرد دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بودند که می‌توانند به عنوان یکی از والدین در برنامه به‌نژادی برای عملکرد مورد استفاده قرار گیرند. همچنین از هیبریدهای توتم۳۲۱ × کا۳۲۶ نرعقیم۲، توتم۳۲۳ × کوکر۳۴۷ نرعقیم۱، توتم۳۲۴ × کوکر۳۴۷ نرعقیم۱، توتم۳۲۴ × کوکر۳۴۷ نرعقیم۲، توتم۳۲۵ × کوکر۳۴۷ نرعقیم۲ و توتم۳۲۵ × کا۳۲۶ نرعقیم۲ می‌توان در تولید توتون هیبرید نرعقیم استفاده کرد (صلواتی میبیدی و همکاران، گزارش منتشر نشده). هدف از این آزمایش تعیین ترکیب‌پذیری بین ارقام و لاین‌های توتون و میزان هتروزیس بین هیبریدها از نظر صفات مورد بررسی بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق مواد گیاهی شامل دوازده تیمار بود که ده رقم و لاین توتون به اسامی B. B16A، BCE، Burley White IV Geel، BA1، Burley Orumieh9، Burley Semperant، Burley TMV3، T1024، TN86 و Iraburbon به عنوان لاین با دو رقم نرعقیم BC21-103 و BNC21-3 با عملکرد و کیفیت مطلوب به عنوان تستر مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه تلاقی‌ها بین ارقام و لاین‌های مورد استفاده با تسترها در سال ۱۳۸۹ انجام شد. هر یک از لاین‌ها و ارقام با هر یک از تسترها به طور جداگانه تلاقی داده شد و نتاج حاصل از ۲۰ تلاقی به همراه ۱۲ والد یعنی ده لاین و رقم و دو تستر در مجموع ۳۲ تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش در سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند. مساحت موثر برداشت هر کرت پس از حذف حاشیه، ۲۷/۵ متر مربع (شامل ۵۵ بوته) و فواصل کاشت ۵۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

در این بررسی صفات تعداد برگ، طول و عرض برگ (سانتی‌متر)، طول ساقه (سانتی‌متر)، عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، درصد قند و درصد نیکوتین بر اساس دستورالعمل شرکت دخانیات ایران (Radfar, 1997؛ Vafaee, 1972) اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس صفات بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای کلیه صفات مزرعه‌ای (به جز عملکرد) با استفاده از میانگین هر صفت که شامل میانگین ده بوته انتخابی به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی بود، انجام شد. تجزیه واریانس و برآوردهای ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بر اساس روش لاین × تستر انجام شد (Singh and Chaudhary, 1977؛ Farshadfar, 1997؛ Farshadfar, 1998). در تجزیه اثر تلاقی به اجزای آن و محاسبه واریانس ژنتیکی، افزایشی و غالبیت با فرض F = 1 از روش کمپتورن (Kempthorne, 1957) استفاده شد. برای آزمون اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها از آزمون t استفاده شد. کلیه محاسبات با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و برنامه لاین × تستر انجام شد. برای محاسبه درصد هتروزیس مقدار عملکرد هیبریدها و درجه غالبیت به ترتیب از فرمول‌های ۱ (Tavasoli, 2007) و ۲ استفاده شد:

(فرمول ۱) میانگین والد برتر/ میانگین والد برتر– میانگین F_1= هتروزیس نسبت به والد برتر

(فرمول ۲)

$$\pm\sqrt{\frac{2\theta^{2D}}{\theta^{2A}}}$$

نتایج و بحث

تلاقی‌های انجام شده بین لاین‌ها و تسترهای توتون در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف برای تیمارها شامل والدین، تلاقی‌ها و والدین در مقابل تلاقی‌ها نشان داد که بین تیمارها از نظر تعداد برگ و درصد قند در سطح احتمال پنج درصد و از نظر صفات طول و عرض برگ، طول ساقه، عملکرد و درصد نیکوتین در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بین والدین از نظر صفات تعداد برگ، طول و عرض برگ، طول ساقه، عملکرد و درصد نیکوتین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. برای تلاقی‌ها نیز از نظر صفات طول و عرض برگ، عملکرد و درصد نیکوتین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. برای والدین در مقابل تلاقی‌ها طول و عرض برگ، طول ساقه، عملکرد و درصد قند اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد که این امر نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی بین ارقام والدینی و تلاقی‌های آن‌ها از نظر صفات

جدول ۱- تلاقی‌های انجام شده بین ده لاین و رقم با دو تستر توتون بر اساس روش لاین در تستر در سال ۱۳۸۹

Table 1. Crosses between ten lines and cultivars and two testers of tobacco based on line × tester method made in 2010

شماره تلاقی Cross No.	تلاقی Cross	شماره تلاقی Cross No.	تلاقی Cross
1	B. B16A× BC21-103	11	Burley Semparant× BC21-103
2	B. B16A× BNC21-3	12	Burley Semparant × BNC21-3
3	BCE× BC21-103	13	Burley TMV3× BC21-103
4	BCE× BNC21-3	14	Burley TMV3× BNC21-3
5	Burley White IV Geel× BC21-103	15	T1024× BC21-103
6	Burley White IV Geel× BNC21-3	16	T1024× BNC21-3
7	BA1× BC21-103	17	TN86× BC21-103
8	BA1× BNC21-3	18	TN86× BNC21-3
9	Burley Orumieh9× BC21-103	19	Iraburbon× BC21-103
10	Burley Orumieh9× BNC21-3	20	Iraburbon × BNC21-3

مورد بررسی بود.

تجزیه لاین‌ها × تستر برای صفاتی که منبع تلاقی آن‌ها معنی‌دار بود، نشان داد که بین لاین‌ها از نظر طول و عرض برگ، عملکرد و درصد نیکوتین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. از نظر اثر متقابل لاین × تستر، عملکرد در سطح احتمال یک درصد و طول برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد که این امر می‌تواند حاکی از واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف باشد (جدول ۲). صلواتی میبدی و همکاران (گزارش منتشر نشده) بیان کردند که بین والدین و تلاقی‌ها برای عملکرد، طول برگ، تعداد برگ و درصد نیکوتین در سطح احتمال ۱ درصد و برای صفت عرض برگ در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین در تجزیه اثر تلاقی‌ها به اجزای خود بین لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ولی بین تسترها و اثر متقابل بین لاین‌ها و تسترها از نظر عملکرد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد.

تجزیه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها (جدول ۳) نشان داد که لاین‌ها و رقم‌های B. B 16A، Burley TMV3، BA1 و BCE از نظر عملکرد دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و Burley White IV Geel، Burley Semparant، T1024 و TN86 دارای ترکیب‌پذیری منفی و معنی‌دار بودند. از این رو لاین‌ها و رقم‌های BCE، BA1، B. B 16A و Burley TMV3 به دلیل دارابودن قابلیت ترکیب عمومی و توانایی خوب جهت انتقال صفت عملکرد، می‌توانند به عنوان یکی از والدین برای اصلاح عملکرد مورد استفاده قرار گیرند. صلواتی و همکاران نیز در سال ۱۳۸۹ گزارش کردند که ارقام توتم۳۲۳ و توتم۳۲۵ و نرعقیم‌های کوکر۳۴۷ نرعقیم۱، کوکر۳۴۷

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف ارقام و لاین‌های والدینی توتون و تلاقی‌های حاصل بر اساس لاین × تستر

Table 2. Variance analysis of different traits of parental lines and cultivars of tobacco and derived crosses based on line × tester

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS						
			تعداد برگ Number of leaves	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	طول ساقه Stem length	عملکرد Yield	درصد قند Sugar percent	درصد نیکوتین Nicotine percent
Replication	تکرار	2	37.3^{**}	23^{ns}	18.9^{*}	529^{**}	84708^{ns}	0.004^{ns}	0.803^{**}
Treatment	تیمار	31	8.0^{*}	35^{**}	26.0^{**}	408^{*v}	740879^{**}	0.013^{*}	1.589^{**}
Parents	والدین	11	15.0^{**}	30^{*v}	36.0^{**}	631^{**}	1086506^{**}	0.012^{ns}	1.601^{**}
Parents vs crosses	والدین در مقابل تلاقی‌ها	1	0.4^{ns}	308^{*v}	63.0^{**}	1769^{**}	1736319^{**}	0.136^{**}	0.246^{ns}
Crosses	تلاقی‌ها	19	4.7^{ns}	23^{**}	18.4^{**}	208^{ns}	488388^{**}	0.007^{ns}	1.653^{**}
Lines	لاین‌ها	9	-	31^{**}	2.9^{*v}	-	696858^{**}	-	3.107^{**}
Testers	تسترها	1	-	0.0001^{ns}	1.4^{ns}	-	172163^{ns}	-	0.315^{ns}
Line × Tester	لاین × تستر	9	-	18^{*}	8.8^{ns}	-	315054^{**}	-	0.347^{ns}
Error	اشتباه آزمایشی	62	4.346	8.8	5.563	138.93	76067	0.007	0.216

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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

جدول ۳- اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترهای توتون برای صفات مختلف
Table 3. General combining ability effects of tobacco lines and testers for different characteristics

	لاین‌ها و تسترها Lines and testers		طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	عملکرد Yield	درصد نیکوتین Nicotine percent
لاین‌ها Lines	B. B16A		1.46^{ns}	0.85^{ns}	419.9**	-0.40^{ns}
	BCE		1.80^{ns}	0.35^{ns}	357.4**	0.928**
	Burley White IV Geel		2.96*	2.183*	-387.6**	0.482*
	BA1		-1.20^{ns}	0.68^{ns}	464.9**	0.408*
	Burley Orumieh9		0.30^{ns}	-2.65*	-35.9^{ns}	0.427*
	Burley Semparant		1.96^{ns}	3.68**	-249.8*	0.357^{ns}
	Burley TMV3		-1.70^{ns}	-1.31^{ns}	228.1*	0.053^{ns}
	T1024		-2.53*	-1.31^{ns}	-376.6**	-1.087**
	TN86		-4.03**	**-3.60	-330.6*	-1.313**
	Iraburbon		0.96^{ns}	1.18^{ns}	-89.8^{ns}	0.145^{ns}
	S. E (gi-gj)	اشتباه معیار	1. 21	0.96	112.59	0.190
تستر Tester	BC21-103		0	0.15^{ns}	53.6^{ns}	0.072^{ns}
	BNC21-3		0	-0.15^{ns}	-53.6^{ns}	-0.072^{ns}
	S. E (gi-gj)	اشتباه معیار	0.543	0.431	50.355	0.085

ns ،* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.
ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

نرعقیم۲ و کا۳۲۶ نرعقیم۲ از نظر عملکرد دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بوده و می‌توانند به عنوان یکی از والدین در برنامه‌های به‌نژادی برای عملکرد مورد استفاده واقع شوند. اما لاین‌ها و رقم‌های Burley White IV Geel، Burley Semparant، T1024 و TN86 به علت دارابودن ترکیب‌پذیری عمومی منفی، قابل استفاده برای اصلاح عملکرد نیستند (گزارش منتشر نشده).

لاین BCE علاوه بر عملکرد، از نظر درصد نیکوتین نیز دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بود و از نظر این صفت می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد. لاین Burley Orumieh9 از نظر عرض برگ، T1024 از نظر طول برگ و درصد نیکوتین، TN86 از نظر طول و عرض برگ و درصد نیکوتین دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار بودند لذا قابلیت چندانی در انتقال صفات یاد شده نداشته و باعث کاهش مقادیر این صفات در نتاج حاصل از خود می‌شوند.

کاهش عملکرد در نتاج لاین T1024 ناشی از کاهش طول برگ، در TN86 و Burley White IV Geel به دلیل کاهش طول و عرض برگ و در رقم Burley Semparant به خاطر کاهش عرض برگ بود. رقم TN86 با ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار از طریق کاهش طول و عرض برگ، باعث کاهش عملکرد در نتاج خود شد. این رقم موجب کاهش میزان نیکوتین در نتاج خود نیز شد. در

لاین T1024 به دلیل ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار در طول برگ، عملکرد نتاج کاهش یافت. این رقم همچنین به علت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار درصد نیکوتین، موجب کاهش میزان نیکوتین در نتاج شد. ارقام و لاین‌های BCE از نظر درصد نیکوتین، Burley White IV Geel از نظر طول و عرض برگ و درصد نیکوتین، BA1 از نظر درصد نیکوتین و Burley Orumieh9 از نظر درصد نیکوتین دارای ترکیب پذیری مثبت و معنی‌دار بودند و از نظر این صفات می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند. تستر BC21-103 دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و غیر معنی‌دار از نظر عرض برگ، عملکرد و درصد نیکوتین و تستر BNC21-3 دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و غیر معنی‌دار از نظر این صفات بود.

بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی (جدول ۴) نتاج حاصل از تلاقی‌ها نشان داد که تلاقی‌های BA1 × BNC21-3 و Iraburbon × BC21-103 از نظر عملکرد و تلاقی T1024 × BNC21-3 از نظر طول و عرض برگ دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار بودند. با توجه به این که ترکیب‌پذیری خصوصی سهم غیر افزایشی واریانس ژنتیکی را بیان می‌کند، بنابراین تلاقی‌های مذکور می‌توانند در برنامه به‌نژادی و تولید توتون هیبرید نرعقیم که برپایه واریانس ژنتیکی استوار است، مورد توجه قرار گیرند.

تلاقی‌های BA1 × BC21-103 و Iraburbon × BNC21-3 به علت ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار از نظر عملکرد و T1024 × BC21-103 به دلیل ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار از نظر طول و عرض برگ موجب کاهش عملکرد در نتاج خود شدند.

بررسی درصد هتروزیس عملکرد هیبریدها نسبت به والد برتر نشان داد که تلاقی‌های BA1 × BNC21-3 و Iraburbon × BC21-103 به ترتیب ۱۸ و ۵/۳ درصد نسبت به والد برتر هتروزیس داشت. در مورد تلاقی‌های B. B16A × BC21-103 و BCE × BNC21-3 به ترتیب ۱۲/۶ و ۵/۳ درصد هتروزیس مشاهده شد و ترکیب‌پذیری خصوصی در این تلاقی‌ها نیز مثبت بود. تلاقی‌های Burley White IV Geel × BC21-10 و T1024 × BNC21-3 نیز کمترین میزان هتروزیس عملکرد را در بین تلاقی‌ها دارا بودند (جدول ۵). در تحقیقی دیگر در سال ۱۳۸۹، هیبریدهای توتم ۳۲۱ × کا ۳۲۶ نرعقیم ۲، توتم ۳۲۳ × کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۱، توتم ۳۲۴ × کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۱، توتم ۳۲۴ × کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۲، توتم ۳۲۵ × کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۲ و توتم ۳۲۵ × کا ۳۲۶ نرعقیم ۲ را که دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار بوده و نسبت به برترین والد از هتروزیس عملکرد مثبت و بالاتری برخوردار بودند، به عنوان توتون‌های

جدول ۴- اثر ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها و تسترها برای صفات معنی‌دار در ژنوتیپ‌های توتون

Table 4. Specific combining ability effects of tobacco lines and testers for significant characteristics

شماره تلاقی Cross No.	تلاقی Cross	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	عملکرد Yield	درصد نیکوتین Nicotine percent
1	B. B16A× BC21-103	1.83^{ns}	-0.31^{ns}	191.8^{ns}	-0.034^{ns}
2	B. B16A× BNC21-3	-1.83^{ns}	0.31^{ns}	-191.8^{ns}	0.034^{ns}
3	BCE× BC21-103	0.50^{ns}	0.85^{ns}	-94.7^{ns}	0. 151^{ns}
4	BCE× BNC21-3	-0.05^{ns}	-0.85^{ns}	94.7^{ns}	-0.151^{ns}
5	Burley White IV Geel× BC21-103	0.667^{ns}	1.02^{ns}	-124.7^{ns}	-0.156^{ns}
6	Burley White IV Geel× BNC21-3	-0.667^{ns}	-1.02^{ns}	124.7^{ns}	0.156^{ns}
7	BA1× BC21-103	1.50^{ns}	0.18^{ns}	499.9^{ns}	-0.009^{ns}
8	BA1× BNC21-3	-1.50^{ns}	-0.18^{ns}	499.9^{ns}	0.009^{ns}
9	Burley Orumieh9× BC21-103	-1.33^{ns}	-0.48^{ns}	38.3^{ns}	-0.317^{ns}
10	Burley Orumieh9× BNC21-3	1.33^{ns}	0.48^{ns}	-38.3^{ns}	0.317^{ns}
11	Burley Semparant× BC21-103	0.00	-0.18^{ns}	106.8^{ns}	0.389^{ns}
12	Burley Semparant × BNC21-3	0.00	0.18^{ns}	-106.8^{ns}	-0.389^{ns}
13	Burley TMV3× BC21-103	1.67^{ns}	0.18^{ns}	-31.4^{ns}	0.046^{ns}
14	Burley TMV3× BNC21-3	-1.67^{ns}	-0.18^{ns}	31.4^{ns}	-0.046^{ns}
15	T1024× BC21-103	-3.83*	-2.81*	13.9^{ns}	0.297^{ns}
17	T1024× BNC21-3	3.83*	2.81*	-13.9^{ns}	0.297^{ns}
15	TN86× BC21-103	-1.33^{ns}	-0.48^{ns}	-83.4^{ns}	-0.361^{ns}
18	TN86× BNC21-3	1.33^{ns}	0.48^{ns}	83.4^{ns}	0.361^{ns}
19	Matsukava Kanto201× BC21-103	0.33	1.68^{ns}	433.4**	-0.006^{ns}
20	Matsukava Kanto201× BNC21-3	-0.33^{ns}	-1.68^{ns}	-433.4**	0.006^{ns}
	S.E (sij-skl) اشتباه معیار	1.719	1.362	159.24	0.268

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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

جدول ۵- درصد هتروزیس بیست هیبرید نرعقیم سیتوپلاسمی توتون هواخشک نسبت به والد برتر از نظر عملکرد

Table 5. Heterosis percent of CMS twenty hybrids of air- cured tobacco compared to the superior parent

شماره هیبرید Cross No.	تلاقی Cross	درصد هتروزیس هیبریدها نسبت به والد برتر Heterosis percent compared to the superior parent
1	B. B16A× BC21-103	12.6
2	B. B16A× BNC21-3	-6.1
3	BCE× BC21-103	3.1
4	BCE× BNC21-3	5.3
5	Burley White IV Geel× BC21-103	-18.1
6	Burley White IV Geel× BNC21-3	-14.2
7	BA1× BC21-103	-3.7
8	BA1× BNC21-3	18.0
9	Burley Orumieh9× BC21-103	-4.0
10	Burley Orumieh9× BNC21-3	-9.1
11	Burley Semparant× BC21-103	-8.0
12	Burley Semparant × BNC21-3	-16.8
13	Burley TMV3× BC21-103	1.3
14	Burley TMV3× BNC21-3	0.05
15	T1024× BC21-103	-14.0
16	T1024× BNC21-3	-17.7
17	TN86× BC21-103	-15.4
18	TN86× BNC21-3	-13.8
19	Iraburbon× BC21-103	5.3
20	Iraburbon× BNC21-3	-21.4

هیبرید نرعقیم معرفی شدند (صلواتی میبدی و همکاران، گزارش منتشر نشده).

برآورد اجزای واریانس ژنتیکی روی صفات مورد بررسی نشان داد که فقط در صفت درصد نیکوتین، نسبت واریانس افزایشی ژن‌ها به غیر افزایشی بیشتر از یک می‌باشد که این امر نشان دهنده قابلیت انتقال مطلوب این صفت است. در تحقیق مشابهی با توجه به بالابودن نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی، گزارش شد که ژن‌های افزایشی نقش مهم‌تری در شیوع و درصد آلودگی به ویروس موزائیک توتون دارند (صلواتی‌میبدی و همکاران، گزرش منتشر نشده). بیشترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت درصد نیکوتین (۱۸/۵ درصد) برآورد شد که امکان گزینش نتاج با نیکوتین بالارا در نسل‌های در حال تفکیک فراهم می‌کند، بنابراین برای بهبود این صفت در نتاج می‌توان از روش‌های شجره‌ای و بالک تک بذری استفاده کرد. برای سایر صفات سهم واریانس افزایشی ژن‌ها کم بود که نشان می‌دهد پتانسیل انتخاب برای این صفات زیاد نخواهد بود و برای بهبود این صفات، دورگ‌گیری و استفاده از هتروزیس مناسب تر است (جدول ۶).

جدول ۶- سهم اجزای واریانس ژنتیکی روی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های توتون بر اساس روش لاین × تستر

Table 6. Genetic variance share on studied traits in tobacco genotypes based on line× tester

اجزای واریانس Variance components	تعداد برگ No. of leaves	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	طول ساقه Stem length	عملکرد yield	درصد قند Sugar percent	درصد نیکوتین Nicotine (%)
واریانس افزایشی additional variance	0.03	0.22	0.4	1.88	7841	0	0.06
واریانس غالبیت dominant variance	0.33	3.12	1.08	9.03	79662	0.002	0.04
درجه غالبیت degree of dominant	4.85	5.30	2.2	3.10	4.5	0	1.20
سهم واریانس غالبیت dominant variance share	7.36	10.40	15.3	6.00	26.8	22.2	13.80
سهم واریانس محیطی environmental variance share	92.00	85.50	78.6	92.70	70.5	77.8	67.70
سهم واریانس افزایشی dominant variance share	0.64	4.10	6.1	1.030	2.7	0.0	18.50

بررسی سهم نسبی لاین‌ها، تسترها و اثر متقابل لاین × تستر نشان داد که از نظر اکثر صفات سهم لاین‌ها از واریانس کل بیشتر از سهم تسترها و اثر متقابل لاین × تستر بود. سهم لاین × تستر در رتبه دوم و سهم تسترها از واریانس کل بسیار ناچیز بود. در مورد تعداد برگ سهم لاین‌ها و اثر متقابل لاین × تستر یکسان بود (جدول ۷).

در مجموع، در این بررسی ترکیب‌های BNC21-3 × BA1 و

جدول ۷- سهم نسبی لاین ها، تسترها و اثر متقابل آن‌ها در واریانس کل
Table 7. Relative share of lines, testers and their interaction in total variance

سهم واریانس کل Share from total variance		تعداد برگ No. of leaves	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	طول ساقه Stem length	عملکرد yield	درصد قند Sugar percent	درصد نیکوتین Nicotine (%)
Line	لاین‌ها	41.0	62.7	77.0	62.0	67.6	86.8	89
Terster	تسترها	5.4	0.0	0.4	0.3	1.9	0.5	1
Line × Tester	لاین × تستر	53.6	27.3	22.6	37.7	30.5	12.7	10

BC21-103 × Iraburbon به دلیل ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار از نظر عملکرد و درصد هتروزیس عملکرد ۱۸ و ۵/۳ درصد نسبت به میانگین والد برتر و ترکیب‌های B. B 16A × BC21-103 و BCE × BNC21-3 نیز به دلیل ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و درصد هتروزیس عملکرد ۱۲/۶ و ۵/۳ درصد به عنوان هیبریدهای نرعقیم مطلوب انتخاب شناسائی شدند.

References

Farshadfar, E. 1997. Plant Breeding Methodology. Razi University Press, Kermanshah, Iran. 616 pp. (in Persian).

Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding (Volume 1). Razi University Press, Kermanshah, Iran. 528 pp. (in Persian).

Kara, S. M., and Esendal, E. 1995. Heterosis and combining ability analysis of some quantitative characters in Turkish tobacco. Tobacco Research 21 (1-2): 16-22.

Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.

Kher, H. R., Pathak, H. C., and Patel, A. D. 1998. Heterosis for yield and yield components in Bidi tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) over diverse cytoplasm. Abstract Book of a Tobacco Symposium, India. Page 6.

Korubin-Aleksoska, A., and Mitreski, M. 1996. General and specific combining abilities, Bull. Spéc. CORESTA Congrès, Yokohama, Japan. Page 142.

Pathak, H. C., Patel, G. C., and Jadeja, R. 1996. Line × tester analysis for yield and quality in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Tobacco Research 22 (1): 7-13.

Prasanna, S., Rao, G. S. B., Ilyas Ahmed, M., and Subrahmanyam, G. S. V. 1990. Heterosis and combining ability in FCV tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Tobacco Research 16 (1): 9-16.

Radfar, D. 1997. Analytical Methods for Various Substances in Tobacco- Smoke. Iran Tobacco Company, Tehran, Iran. 32 pp. (in Persian).

Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. 1977. Biometrical Method in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Pubications, New Delhi, India. 304 pp.

Tavasoli, A. 2007. Plant Breeding Principles and Applications. Published by Seed and Plant Improvement Institue, Karaj, Iran. 244 pp. (in Persian).

Tuan, T. N., and Kient, D. 2001. Development of flue-cured tobacco hybrids in Vietnam, CORESTA Meeting Agro-Phyto Groups, Cape Town, South Africa.

Venkata, R. C., and Narasimhayya, G. 1976. Line × tester analysis of combining ability in flue-cured tobacco. Indian Journal of Agricultural Research 10: 32-38.

Vafaee, R. 1972. Survey of European Standards in the Field of Tobacco. Itan Tobacco Company, Tehran, Iran. 32 pp. (in Persian).

Zamani, P. 2010. Agronomy and Curing of Tobacco. Beh Andishan Publishers, Tehran, Iran. 160 pp. (in Persian).