

مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳، 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 ۱-۳: 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 ۱۳۹۰ مورد 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 Burley TMV3، B، B 16A و 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 ترکیب‌پذیری خصوصی، تلاقی‌های BA1 × BNC21-3 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 نر عقیم مورد استفاده
قرار گیرند.

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

مقدمه

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.

کـــــــارا و اســـــــندال (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 18B-40 را به عنوان بهترین ترکیب‌شونده و سه تلاقی را به عنوان بهترین هیبرید با هتروزیس بالا معرفی کردند.

کـــــــوروبین و میتـــــــرسکی (Korubin and Mitreski, 1996)

کشورهای چین، برزیل، ایالات متحده آمریکا، ترکیه، زیمبابوه و مالای 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 آلوتراپلوئید 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 می‌شود. 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

ارزیابی هتروزیس و ترکیب پذیری در ارقام توتون (*Nicotiana tabacum L.*) ...

در تجزیه لاین × تستر برای عملکرد و کیفیت توتون، شش لاین نرعیتم سیتوپلاسمی و چهار تستر را ارزیابی و گزارش کردند واریانس ترکیب پذیری عمومی معنی دار بوده ولی واریانس ترکیب پذیری خصوصی معنی دار نبود که می تواند نشان دهنده نقش بیشتر ژن های افزایشی در توارث صفات مورد بررسی باشد. بیشترین ترکیب پذیری عمومی برای عملکرد مربوط به لاین GT5 بود. هتروزیس بر اساس والد برتر برای عملکرد معنی دار 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 نرعیتم با سیتوپلاسم های متفاوت با شش لاین نر بارور به روش تلاقی لاین × تستر و مطالعه این هیبریدها در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در دو سال گزارش کردند تفاوت بین والدین و هیبریدها برای عملکرد و اجزای آن معنی دار بود. تفاوت بین هیبریدهای بارور و نرعیتم و هیبریدهای نرعیتم با سیتوپلاسم های متفاوت معنی دار نبود. همچنین هتروزیس معنی داری برای کلیه صفات دیده شد، اگرچه مقدار آن برای صفات مختلف متفاوت بود.

ونکاتا و ناراسیمهایا (Venkata and Narasimhayya, 1976) با بررسی ترکیب پذیری در توتون های گرمخانه ای گزارش کردند یکی از دو لاین نرعیتم مورد بررسی بهتر از دیگری بود.

ترکیب پذیری عمومی و خصوصی را برای تعداد برگ و عملکرد برگ خشک در سه رقم و هیبرید آنها بررسی و گزارش کردند ترکیب پذیری عمومی و خصوصی برای صفت برگ معنی دار بود به طوری که نسبت ترکیب پذیری عمومی و ترکیب پذیری خصوصی معادل ۷/۰۲ درصد بود که بیانگر این بود که این صفت کاملاً تحت اثر ژن های افزایشی است. نسبت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد معادل ۷/۳۳ بود که نشان می داد این صفت تحت اثر ژن های 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 وراثت پذیری مقاومت به ویروس موزاییک توتون (TMV) به روش دیالال در سه سال انجام شد، با توجه به بالابودن نسبت واریانس ترکیب پذیری عمومی به واریانس ترکیب پذیری خصوصی، مشخص شد ژن های افزایشی نقش مهم تری در شیوع و درصد آلودگی به TMV داشتند. در نهایت با توجه به تجزیه ترکیب پذیری، ترکیب (کوکر ۳۱۹ × 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)

نرعقیم ۲ و توتم ۳۲۵ × کا ۳۲۶ نرعقیم ۲ 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 Burley White IV Geel، BCE، B، B16A، BA1، Burley Orumieh9، Burley Semperant، Burley TMV3، TN86، T1024 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 نتایج 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.

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 توتم ۳۲۳ و توتم ۳۲۵ و نرعقیم‌های کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۱، کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۲ و کا ۳۲۶ نرعقیم ۲ 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 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

بر اساس روش لاین × تستر انجام شد (Singh and Chaudhary, 1977)؛ در (Farshadfar, 1998؛ Farshadfar, 1997). 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 ترکیب پذیری عمومی و خصوصی لاین ها و تسترها از آزمون t استفاده شد. کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و برنامه لاین × تستر انجام شد. برای محاسبه درصد هتروزیس مقدار عملکرد هیبریدها و درجه غالبیت به ترتیب از فرمول های ۱ (Tavasoli, 2007) و ۲ استفاده شد:

در این بررسی صفات تعداد برگ، طول و عرض برگ (سانتی متر)، طول ساقه (سانتی متر)، عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، درصد قند و درصد نیکوتین بر اساس دستورالعمل شرکت دخانیات ایران (Radfar, 1997)؛ (Vafae, 1972) اندازه گیری شدند. تجزیه واریانس صفات بر اساس مدل آماری طرح بلوک های کامل تصادفی برای کلیه صفات مزرعه ای (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 ترکیب پذیری عمومی و خصوصی

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

$$= \frac{2b^2d}{b^2 + d^2}$$

(فرمول ۲)

نتایج و بحث

طول و عرض برگ، طول ساقه، عملکرد و درصد نیکوتین اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. برای تلاقی ها نیز از نظر صفات طول و عرض برگ، عملکرد و درصد نیکوتین اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. برای والدین در مقابل تلاقی ها طول و عرض برگ، طول ساقه، عملکرد و درصد قند اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد که این امر نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی بین ارقام والدینی و تلاقی های آن ها از نظر صفات

تلاقی های انجام شده بین لاین ها و تسترهای توتون در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف برای تیمارها شامل والدین، تلاقی ها و والدین در مقابل تلاقی ها 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 معنی دار وجود داشت. بین والدین از نظر صفات تعداد برگ،

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	تلاقی	شماره تلاقی	تلاقی
Cross No.	Cross	Cross No.	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 اختلاف معنی داری وجود نداشت.

ولی بین تسترها و اثر متقابل بین لاین‌ها و تسترها از نظر عملکرد اختلاف معنی دار 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 معنی دار و Burley White IV، Geel، Burley Semparant، T1024 و TN86 دارای ترکیب‌پذیری منفی و معنی دار بودند. از این رو لاین‌ها و رقم‌های BA1، BCE، B. B 16A و Burley TMV3 به دلیل دارا بودن 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 توتم ۳۲۳ و توتم ۳۲۵ و نرعقیم‌های کوکر ۳۴۷ نرعقیم ۱، کوکر ۳۴۷

مورد بررسی بود.

تجزیه لاین‌ها × تستر برای صفاتی که منبع تلاقی آن‌ها معنی دار بود، نشان داد که بین لاین‌ها از نظر طول و عرض برگ، عملکرد و درصد نیکوتین اختلاف معنی دار 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 معنی دار شد که این امر می‌تواند حاکی از واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف باشد (جدول ۲). صلواتی میبیدی 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 معنی داری وجود داشت. همچنین در تجزیه اثر تلاقی‌ها به اجزای خود بین لاین‌ها از نظر صفات

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, respectively.

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 ^{**}
	Iraborbon	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

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, respectively.

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

نرعمیم ۲ و کا ۳۲۶ نرعمیم ۲ 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 و T1024 و TN86 به علت دارا بودن 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،

تلاقی‌های BA1 × BC21-103 و BNC21-3 × Iraburbon به علت ترکیب پذیری خصوصی منفی و معنی دار از نظر عملکرد و T1024 × BC21-103 به دلیل ترکیب پذیری خصوصی منفی و معنی دار 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 BC21-103 × Iraburbon به ترتیب ۱۸ و ۵/۳ درصد نسبت به والد برتر هتروزیس داشت. در مورد تلاقی‌های B. B16A × BC21-103 و BNC21-3 × BCE به ترتیب ۱۲/۶ و ۵/۳ درصد هتروزیس مشاهده شد و ترکیب پذیری 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 نر عقیم ۲، توتم ۳۲۳ × کوکر ۳۴۷ نر عقیم ۱، توتم ۳۲۴ × کوکر ۳۴۷ نر عقیم ۱، توتم ۳۲۵ × کوکر ۳۴۷ نر عقیم ۲ و توتم ۳۲۵ × کا ۳۲۶ نر عقیم ۲ را که دارای ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی دار بوده و نسبت به برترین والد از هتروزیس عملکرد مثبت و بالاتری برخوردار بودند، به عنوان توتون‌های

لاین T1024 به دلیل ترکیب پذیری عمومی منفی و معنی دار در طول برگ، عملکرد نتاج کاهش یافت. این رقم همچنین به علت ترکیب پذیری عمومی منفی و معنی دار 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 معنی دار بودند و از نظر این صفات می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند. تستر BC21-103 دارای ترکیب پذیری عمومی مثبت و غیر معنی دار از نظر عرض برگ، عملکرد و درصد نیکوتین و تستر BNC21-3 دارای ترکیب پذیری عمومی منفی و غیر معنی دار 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 معنی دار 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 نر عقیم که بر پایه واریانس ژنتیکی استوار است، مورد توجه قرار گیرند.

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, respectively.

جدول ۵- درصد هتروزیس بیست هیبرید نر عقیم سیتوپلاسمی توتون هوا خشک 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	Iraborbon× BC21-103	5.3
20	Iraborbon× BNC21-3	-21.4

دارند (صلواتی میبیدی و همکاران، گزارش منتشر نشده). بیشترین مقدار وراثت پذیری خصوصی برای صفت درصد نیکوتین (۱۸/۵ درصد) برآورد شد که امکان گزینش نتاج با نیکوتین بالا را در نسل های در حال تفکیک فراهم می کند، بنابراین برای بهبود این صفت در نتاج می توان از روش های شجره ای و بالک تک بذری استفاده کرد. برای سایر صفات سهم واریانس افزایشی ژن ها کم بود که نشان می دهد پتانسیل انتخاب برای این صفات زیاد نخواهد بود و برای بهبود این صفات، دورگ گیری و استفاده از هتروزیس مناسب تر است (جدول ۶).

هیبرید نر عقیم معرفی شدند (صلواتی میبیدی و همکاران، گزارش منتشر نشده).
برآورد اجزای واریانس ژنتیکی روی صفات مورد بررسی نشان داد که فقط در صفت درصد نیکوتین، نسبت واریانس افزایشی ژن ها به غیر افزایشی بیشتر از یک می باشد که این امر نشان دهنده قابلیت انتقال مطلوب این صفت است. در تحقیق مشابهی با توجه به بالابودن نسبت واریانس ترکیب پذیری عمومی به واریانس ترکیب پذیری خصوصی، گزارش شد که ژن های افزایشی نقش مهم تری در شیوع و درصد آلودگی به ویروس موزائیک توتون

جدول ۶- سهم اجزای واریانس ژنتیکی روی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ های 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

واریانس کل بسیار ناچیز بود. در مورد تعداد برگ سهم لاین ها و اثر متقابل لاین × تستر یکسان بود (جدول ۷).
در مجموع، در این بررسی ترکیب های BNC21-3 × BA1 و

بررسی سهم نسبی لاین ها، تسترها و اثر متقابل لاین × تستر نشان داد که از نظر اکثر صفات سهم لاین ها از واریانس کل بیشتر از سهم تسترها و اثر متقابل لاین × تستر بود. سهم لاین × تستر در رتبه دوم و سهم تسترها از

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 (%)
لاین‌ها Line	41.0	62.7	77.0	62.0	67.6	86.8	89
تسترها Tester	5.4	0.0	0.4	0.3	1.9	0.5	1
لاین × تستر Line × Tester	53.6	27.3	22.6	37.7	30.5	12.7	10

BCE × BNC21-3 نیز به دلیل ترکیب‌پذیری
خصوصی مثبت و درصد هتروزیس عملکرد
۱۲/۶ و ۵/۳ درصد به عنوان هیبریدهای نرعیتم
مطلوب انتخاب شناسائی شدند.

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 ترکیب‌های B. B 16A × BC21-103 و

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 Publications, New Delhi, India. 304 pp.
- Tavasoli, A. 2007.** Plant Breeding Principles and Applications. Published by Seed and Plant Improvement Institute, 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 \times tester analysis of combining ability in flue-cured tobacco. Indian Journal of Agricultural Research 10: 32-38.
- Vafae, R. 1972.** Survey of European Standards in the Field of Tobacco. Iran 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).