



## مقدمه

امروزه با محدود شدن پایه ژنتیکی ژرم پلاسما مورد استفاده در برنامه‌های به نژادی ذرت مناطق معتدله، توجه و گرایش شدیدی جهت استفاده از ژرم پلاسما خارجی (Exotic) به ویژه ژرم پلاسما مناطق حاره‌ای وجود دارد. در اکثر برنامه‌های تحقیقاتی محققین در مناطق معتدله و حتی در مناطق حاره‌ای در خصوص استفاده از این ژرم پلاسما و شناسایی منابع مناسب متمرکز شده است (Choukan *et al.*, 2005 a,b; Fan *et al.*, 2002, 2004, 2010; Nelson and Goodman, 2008; Simic *et al.*, 2003). بهره‌برداری مداوم از منابع ژنتیکی ذرت در مناطق معتدله و محدود شدن تعداد لاین‌های مناسب مورد استفاده در برنامه‌های به نژادی تولید هیبریدهای تجارتي ذرت در مناطق معتدله موجب کاهش تنوع و پایه ژنتیکی ژرم پلاسما ذرت در این مناطق گردیده است (Simic *et al.*, 2003). ژرم پلاسما خارجی ذرت به ویژه ژرم پلاسما مناطق حاره‌ای و نیمه حاره‌ای، به عنوان منبعی برای افزایش تنوع و توسعه ژنتیکی در برنامه‌های اصلاح ذرت مناطق معتدله پیشنهاد گردیده است (Stuber, 1987; Goodman, 1985). گوسنارد و همکاران (Gouesnard *et al.*, 1996) تلاقی‌های ذرت حاره‌ای با معتدله را در بهبود عملکرد ذرت اروپا مورد بررسی قرار دادند. عدم سازگاری این ژرم پلاسما در مناطق معتدله مشکلات زیادی را در استفاده از این مواد جهت افزایش پایه ژنتیکی ذرت‌های مورد استفاده در برنامه‌های اصلاح ذرت در مناطق معتدله ایجاد کرده است. فرانسس (Francis, 1972) مشکل عدم سازگاری ژرم پلاسما حاره‌ای و نیمه حاره‌ای در مناطق معتدله را ناشی از طول روز بلند مناطق معتدله اعلام کرد.

واسال و همکاران (Vasal *et al.*, 1992 a, b) ۹۲ لاین حاره‌ای و ۸۸ نیمه حاره‌ای را در تلاقی با چهار لاین تستر در دو محیط (ترکیبات حداقل دو سال - منطقه) مورد ارزیابی قرار دارند و دو گروه هتروپلیکی

حاره‌ای و دو گروه نیمه حاره‌ای را شناسایی و تشکیل دادند. شلیم‌الدین و همکاران (ShalimUddin *et al.*, 2008) بمنظور تعیین ترکیب پذیری عمومی و خصوصی، تعداد ۱۲ لاین S4 را با سه تستر تلاقی داده و نتایج حاصل نشان داد که پنج لاین در ترکیب با یکی از تسترها بهترین ترکیب پذیری خصوصی را دارا بود.

ژرم پلاسما ذرت سیمیت (CIMMYT) متنوع‌ترین منبع ژنتیکی در جهان است و کاربرد آن در افزایش پایه ژنتیکی ژرم پلاسما معتدله ذرت در حال افزایش است (Fan *et al.*, 2010). لاین‌های اینبرد از سیمیت (CIMMYT) دارای درجه بالایی از تنوع ژنتیکی در مقایسه با لاین‌های معتدله ذرت هستند (Liu *et al.*, 2003). در طی دهه گذشته، ژرم پلاسما ذرت سیمیت (CIMMYT) تبدیل به بهترین منبع ژنتیکی متنوع در دنیا شده است (Nelson and Goodman, 2008; Fan *et al.*, 2002, 2003a,b, 2008a,b)

در چین، ژرم پلاسما حاره‌ای و حاره‌ای زیادی در برنامه اصلاح ذرت وارد شده و به طور وسیعی از نظر سازگاری، ترکیب پذیری و پتانسیل ژنتیکی در توسعه پایه ژنتیکی ژرم پلاسما برگزیده چین و گروه بندی هتروپلیکی مورد مطالعه قرار گرفته است (Chen *et al.*, 2011; Liu, 2000; Fan *et al.*, 2002, 2003 a,b, 2004, 2005, 2008 a,b, 2009; Li, *et al.*, 2001, 2007; Liu *et al.*, 2005).

ژرم پلاسما ذرت حاره‌ای و نیمه حاره‌ای تولیدی توسط سیمیت به صورت هیبریدها، خزانه‌ها و جمعیت‌ها، در گذشته نیز به صورت پراکنده دریافت و مورد بررسی قرار گرفته‌اند، ولی امکان بهره‌برداری از این منابع تنوع به طور دقیق مطالعه نشده بود تا اینکه در آزمایشی طی چهار سال در چهار منطقه کرج، گرگان، داراب و دزفول، سازگاری این نوع ژرم پلاسما مورد مطالعه قرار گرفت (Choukan and Moeini, 2005; Choukan *et al.*, 2005a, b) و لاین‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر از منابع با سازگاری نسبی این ژرم پلاسما

نگهداری شد. مساحت برداشت محصول نیز ۹/۷۲ مترمربع بود. میزان کود اوره و فسفات آمونیم بر اساس تجزیه خاک و توصیه فنی در هر منطقه بود که کل کود فسفات و نیمی از کود اوره در زمان کاشت و نیمی دیگر از اوره در زمان هفت بر گه شدن بوته‌ها به صورت سرک مصرف شد. بر اساس اصول تجزیه لاین × تستر (Choukan, 2008; Kempthorne, 1957)، تجزیه واریانس بر اساس مدل زیر انجام و ترکیب پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها تعیین شد:

$$Y_{ij} = \mu + g_{ii} + g_{jj} + s_{ij} + r_k + e_{ijk}(1)$$

$Y_{ij}$ : میانگین فنوتیپی اندازه‌گیری شده برای  $ij^{th}$  ژنوتیپ در  $k^{th}$  تکرار،  $\mu$ : میانگین جمعیت،  $g_{ii}$ : ترکیب پذیری عمومی  $i^{th}$  والد پذیری،  $g_{jj}$ : ترکیب پذیری عمومی  $j^{th}$  والد مادری،  $s_{ij}$ : ترکیب پذیری خصوصی تلاقی بین  $i^{th}$  والد پذیری  $j^{th}$  والد مادری،  $r_k$ : اثر  $k^{th}$  تکرار،  $e_{ijk}$ : اثرات تصادفی خطای مرتبط با  $ij^{th}$  ژنوتیپ در  $k^{th}$  تکرار می‌باشند.

تجزیه واریانس، تجزیه لاین × تستر مرکب مناطق بر اساس روش آرون چالام (Arunachalam, 1974) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در هر سال به صورت جداگانه و همچنین برای هر دو سال و مناطق به صورت توأم با استفاده از ۲۸ ترکیب اولیه‌ای که در هر دو سال مشترک بودند (پس از حذف ترکیبات جدید اضافه شده در سال دوم) با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت.

### نتایج و بحث

در تجزیه مرکب سال و منطقه، اثر سال، اثر منطقه، اثر متقابل سال در منطقه، اثر هیبرید و اثر متقابل هیبرید در سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل منطقه در سال و اثر متقابل سال در منطقه در هیبرید غیرمعنی‌دار بودند. در تجزیه مرکب مناطق مختلف در هر یک از سال‌ها، اثر منطقه، اثر هیبرید و اثر متقابل منطقه و هیبرید در سطح احتمال یک درصد

به طور مستقیم یا پس از تلاقی اولیه با لاین‌های معتدله استخراج گردیدند. این آزمایش به منظور بررسی امکان استفاده از ژرم پلاسما حاره‌ای و نیمه حاره‌ای پس از خودگشتی و گزینش مستقیم یا تلاقی قبل از گزینش جهت استخراج لاین‌های جدید به منظور افزایش تنوع مورد نیاز برنامه به‌نژادی ذرت کشور و افزایش عملکرد اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۹۱ تعداد ۲۸ ترکیب حاصل از تلاقی چهار لاین معتدله (MO17, K18, K166B, A679) ذرت با هفت لاین استخراجی از ژرم پلاسما ذرت سیمیت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار از نظر عملکرد دانه در هفت منطقه (کرج، شیراز، دزفول، جیرفت، مغان، گرگان و کرمانشاه) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در همین سال بذر تکثیر شده شش لاین دیگر از منشاء ژرم پلاسما سیمیت نیز دورگ گیری شده و ترکیبات چهار لاین معتدله با ۱۳ لاین استخراجی (هفت لاین سال قبل با اضافه شش لاین جدید) از منشاء سیمیت تلاقی داده شده و در سال ۱۳۹۲، تعداد ۵۲ ترکیب حاصل (۲۸ ترکیب سال قبل و ۲۴ ترکیب جدید) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). منابع ژرم پلاسما مورد استفاده در قالب آزمایشات بین‌المللی در سال ۱۳۸۱ از سیمیت دریافت گردید و سپس بطور مستقیم یا پس از تلاقی اولیه با لاین‌های معتدله (به منظور القاء سازگاری بیشتر به اقلیم معتدله) در طی سال‌های بعد از طریق خودگشتی و گزینش اقدام به استخراج لاین‌های سازگار گردید. هر رقم در هر کرت شامل دو خط کاشت بود که هر خط در ۳۶ کپه به فاصله ۱۸ سانتی‌متر بود که با احتساب ۷۵ سانتی‌متر فاصله خطوط کاشت و احتساب یک بوته در هر کپه، تراکم کشت حدود ۷۴ هزار بوته در هکتار بود. در هر کپه جهت اطمینان از سبز شدن کافی سه بذر کشت شد که پس از تنک کردن در مرحله ۴-۵ برگی یک بوته در هر کپه

جدول ۱ - فهرست ترکیبات مورد بررسی ذرت دانه‌ای در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 1. List of studied maize hybrids in 2012 and 2013

شماره هیبرید	۱۳۹۱ و ۱۳۹۲	شماره هیبرید	۱۳۹۲
Hybrid No.	2012 and 2013	Hybrid No.	2013
1	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × MO17	29	4-CHTSEY, 2002/1390/5 × MO17
2	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × MO17	30	4-CHTSEY, 2002/1390/9 × MO17
3	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × MO17	31	7-CHTSEY, 2002/1390/41 × MO17
4	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × MO17	32	20-CHTSEY,2002/1390/45 × MO17
5	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × MO17	33	20-CHTSEY,2002/1390/53 × MO17
6	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × MO17	34	MO17 / 6-CHTHEY, 2002/1390/69 × MO17
7	XT03 × MO17	35	4-CHTSEY, 2002/1390/5 × K18
8	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × K18	36	4-CHTSEY, 2002/1390/9 × K18
9	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × K18	37	7-CHTSEY, 2002/1390/41 × K18
10	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × K18	38	20-CHTSEY,2002/1390/45 × K18
11	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × K18	39	20-CHTSEY,2002/1390/53 × K18
12	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × K18	40	MO17 / 6-CHTHEY, 2002/1390/6 × K18
13	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × K18	41	4-CHTSEY, 2002/1390/5 × A679
14	XT03 × K18	42	4-CHTSEY, 2002/1390/9 × A679
15	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × A679	43	7-CHTSEY, 2002/1390/41 × A679
16	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × A679	44	20-CHTSEY,2002/1390/45 × A679
17	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × A679	45	20-CHTSEY,2002/1390/53 × A679
18	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × A679	46	MO17 / 6-CHTHEY, 2002/1390/69 × A679
19	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × A679	47	4-CHTSEY, 2002/1390/5 × K166B
20	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × A679	48	4-CHTSEY, 2002/1390/9 × K166B
21	XT03 × A679	49	7-CHTSEY, 2002/1390/41 × K166B
22	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × K166B	50	20-CHTSEY,2002/1390/45 × K166B
23	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × K166B	51	20-CHTSEY,2002/1390/53 × K166B
24	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × K166B	52	MO17 / 6-CHTHEY, 2002/1390/69 × K166B
25	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × K166B		
26	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × K166B		
27	K18 / 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × K166B		
28	XT03 × K166B		

معنی دار بود. اثر منطقه در هر دو سال در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. در سال ۱۳۹۲، اثر متقابل تستر با منطقه و اثر متقابل سه گانه منطقه در لاین‌دست‌تر در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. فان و همکاران (Fan *et al.*, 2010) گزارش کردند که وقتی اثر متقابل لاین در منطقه معنی دار بود، لاین‌های انتخابی توسط یک تستر در یک منطقه الزاماً مشابه منطقه دیگر نمی‌باشد. معنی دار نبودن اثر ساده لاین/تستر واکنش یکسان تسترها / لاین‌ها را نشان می‌دهد. بعبارت دیگر، بنظر نمی‌رسد که بین لاین‌ها تفاوت قابل توجهی وجود داشته باشد، هر چند این موضوع می‌تواند ناشی از توزیع یکنواخت اثرات در دو طرف میانگین باشد. فان و همکاران (Fan *et al.*, 2010) با ارزیابی تلاقی ۲۵ لاین خارجی با چهار تستر اینبرد لاین اعلام کردند که لاین‌های از گروه‌های هتروتیکی مختلف، تفاوت معنی داری در شناسایی بهترین ژرم پلاسما خارجی

معنی دار بود. مقایسه میانگین هیبریدها در سال‌ها و مکان‌های مورد بررسی برای عملکرد دانه نشان داد که دو هیبرید شماره ۲۸ و ۱۰ بترتیب با میانگین ۱۰/۱۶۰ و ۹/۸۶۷ تن در هکتار و همچنین هیبرید شماره ۲۳ با میانگین ۹/۸۲۲ تن در هکتار از هیبریدهای پر محصول می‌باشند (جدول ۲). هیبریدهای شاهد شماره‌های ۳۰ و ۲۹ نیز بترتیب با میانگین ۹/۹۱۳ و ۹/۸۹۵ تن در هکتار بترتیب دومین و سومین رتبه را بعد از هیبرید شماره ۲۸ از نظر عملکرد دانه دارا بودند. هیبرید شماره ۱۴ نیز با ۹/۷۷۴ تن در هکتار از هیبریدهای پر محصول بود.

تجزیه واریانس لاین × تستر با حذف رقم شاهد انجام گرفت. در سال ۱۳۹۱ چهار تستر با هفت لاین و در سال ۱۳۹۲، چهار تستر با ۱۳ لاین ترکیب و نتایج با روش لاین × تستر تجزیه شدند. در هیچیک از دو سال مورد بررسی اثر ساده لاین و تستر معنی دار نبود، ولی اثر متقابل لاین × تستر در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در سال‌ها و مکان‌های مورد آزمایش

Table 2. Mean of grain yield in maize hybrids over years and locations

شماره هیبرید Hybrid No.	ترکیب Combination	عملکرد دانه Grain yield (t.ha <sup>-1</sup> )
1	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × MO17	8.728 e-i
2	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × MO17	8.790 d-i
3	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × MO17	9.248 a-h
4	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × MO17	8.286 hij
5	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × MO17	8.205 ij
6	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × MO17	8.695 f-i
7	XT03 × MO17	8.282 hij
8	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × K18	9.061 b-i
9	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × K18	9.145 b-i
10	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × K18	9.867 abc
11	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × K18	9.346 a-g
12	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × K18	6.266 k
13	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × K18	7.551 j
14	XT03 × K18	9.774 a-d
15	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × A679	9.106 b-i
16	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × A679	9.506 a-f
17	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × A679	8.898 b-i
18	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × A679	8.440 g-j
19	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × A679	9.003 b-i
20	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × A679	9.339 a-g
21	XT03 × A679	9.719 a-e
22	4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13 × K166B	9.098 b-i
23	4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21 × K166B	9.822 abc
24	7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33 × K166B	9.716 a-e
25	7-CHTSEY,2002/1389/35=1390/37 × K166B	8.881 c-i
26	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73 × K166B	8.672 f-i
27	K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77 × K166B	9.305 a-g
28	XT03 × K166B	10.16 a
Check	KSC704	9.913 ab

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

ترکیب پذیری عمومی معنی‌داری نشان ندادند. این موضوع با توجه به اینکه بخش اعظم ژرم پلاسم سیمیت بعلت سازگار نبودن به شرایط معتدله در مراحل مختلف گزینش حذف گردیده بودند و در واقع لاین‌های باقیمانده مورد مطالعه فقط از سه منبع مختلف بودند، غیر قابل انتظار نبود.

نشان ندادند. در بررسی ترکیب پذیری عمومی هر یک از لاین‌ها و تسترها (جدول ۳) در سال ۱۳۹۱ اثر ترکیب پذیری عمومی هر یک از لاین‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در حالیکه هیچیک از تسترها اثر ترکیب پذیری عمومی معنی‌داری نشان ندادند. در سال ۱۳۹۲، هیچیک از لاین‌ها و تسترها

جدول ۳- ترکیب پذیری عمومی لاین‌ها و تسترهای ذرت در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 3. General combining ability of maize lines and testers in 2012 and 2013

لاین / تستر ذرت Maize Line / Tester	۱۳۹۲ 2013	۱۳۹۱ 2012
Line1: 4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13	0.08435 ns	0.08737**
Line2: 4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21	0.1220 ns	-0.1609**
Line3: 7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33	0.07503 ns	-0.1922**
Line4: 7-CHTSEY,2002/1389/35	-0.06788 ns	0.1873**
Line5: K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73	-0.1036 ns	0.04376**
Line6: K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77	-0.02832 ns	0.1375**
Line7: XT03	0.01182 ns	-0.1028**
Line8: 4-CHTSEY, 2002/1390/5	0.01519 ns	
Line9: 4-CHTSEY, 2002/1390/9	0.02867 ns	
Line10: 7-CHTSEY, 2002/1390/41	0.1140 ns	
Line11: 20-CHTSEY,2002/1390/45	0.03692 ns	
Line12: 20-CHTSEY,2002/1390/53	-0.2215 ns	
Line13:MO17 × 6-CHTHEY, 2002/1390/69	-0.06674 ns	
Tester 1: MO17	-0.04657 ns	-0.2467 ns
Tester 2: K18	0.09364 ns	-0.07848 ns
Tester 3: A679	-0.04759 ns	0.01405 ns
Tester 4: K166B	0.00052 ns	0.3111 ns

ns و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and \*\*: Not significant and significant at 1% probability level, respectively

ترکیب پذیری مثبت و با لاین شماره ۱۲ ترکیب پذیری منفی و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. تستر K18 با لاین شماره ۱۳ و تستر A679 با لاین شماره ۸ ترکیب پذیری منفی و معنی‌داری نشان دادند. این موضوع با نتایج اسپراگ و تاتوم (Sprague and Tatum,1942) مطابقت دارد.

تجزیه مرکب لاین × تستر در سال‌ها و مکان‌های مورد بررسی نیز نشان داد که اثر منطقه، اثر متقابل لاین × تستر و اثر متقابل چهارگانه سال × منطقه × لاین × تستر در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تستر × منطقه و اثر متقابل سال × منطقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل لاین × تستر در کلیه تجزیه‌ها نه تنها به مفهوم تغییر واکنش هر لاین / تستر در ترکیب با تستر / لاین دیگر است، بلکه سهم عمده اثرات ژنی غیر افزایشی در کنترل صفت عملکرد دانه است. محققان هر دو منبع ترکیب پذیری عمومی و خصوصی را برای عملکرد دانه ذرت معنی‌دار گزارش

اسپراگ و تاتوم (Sprague and Tatum,1942) دریافته‌اند که برای صفات مورد بررسی از جمله عملکرد، ترکیب پذیری خصوصی برای لاین‌های گزینش شده قبلی بسیار مهم‌تر از ترکیب پذیری عمومی است، در حالیکه برای لاین‌های گزینش نشده ترکیب پذیری عمومی کمتر از ترکیب پذیری خصوصی است.

بررسی ترکیب پذیری خصوصی لاین‌ها و تسترها در سال ۱۳۹۱ نشان داد که تستر K166A با لاین شماره ۲ و تستر K18 با لاین شماره ۷ ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۴). تستر A679 در ترکیب با لاین شماره ۴ و تستر K18 در ترکیب با لاین شماره پنج، ترکیب پذیری خصوصی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند.

در سال ۱۳۹۲، تستر K18 با لاین شماره ۱ ترکیب پذیری مثبت و تستر MO17 با لاین شماره ۵ ترکیب پذیری منفی و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان دادند (جدول ۵). تستر MO17 با لاین شماره ۱۰

جدول ۴- ترکیب پذیری خصوصی لاین ها و تسترهای ذرت در سال ۱۳۹۱

Table 4. Specific combining ability of maize lines and testers in 2012

تستر Tester	شماره لاین Line No.						
	1	2	3	4	5	6	7
MO17	-0.4620 <sup>ns</sup>	-0.00367 <sup>ns</sup>	0.4482 <sup>ns</sup>	-0.4775 <sup>ns</sup>	0.3917 <sup>ns</sup>	-0.3245 <sup>ns</sup>	-0.4838 <sup>ns</sup>
K18	-0.04102 <sup>ns</sup>	0.4563 <sup>ns</sup>	0.5628 <sup>ns</sup>	0.3700 <sup>ns</sup>	-1.3054**	-0.9886**	0.6559*
A679	0.02521 <sup>ns</sup>	0.2386 <sup>ns</sup>	0.006331 <sup>ns</sup>	-0.8771**	0.2073 <sup>ns</sup>	0.3400 <sup>ns</sup>	0.1115 <sup>ns</sup>
K166B	-0.2368 <sup>ns</sup>	0.6250*	0.5548 <sup>ns</sup>	-0.5476 <sup>ns</sup>	0.3485 <sup>ns</sup>	-0.1519 <sup>ns</sup>	0.5574 <sup>ns</sup>

Numbers for lines are equal to table 3

شماره لاین ها معادل شماره های ذکر شده در جدول ۳ می باشد

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

جدول ۵- ترکیب پذیری خصوصی لاین ها و تسترهای ذرت در سال ۱۳۹۲

Table 5. Specific combining ability of maize lines and testers in 2013

تستر Tester	شماره لاین Line No.						
	1	2	3	4	5	6	7
MO17	0.0884 <sup>ns</sup>	0.2513 <sup>ns</sup>	0.5610 <sup>ns</sup>	-0.6408 <sup>ns</sup>	-0.7865*	0.3454 <sup>ns</sup>	-0.0937 <sup>ns</sup>
K18	0.7902*	0.1728 <sup>ns</sup>	0.5528 <sup>ns</sup>	0.1497 <sup>ns</sup>	-0.2705 <sup>ns</sup>	0.2236 <sup>ns</sup>	0.2850 <sup>ns</sup>
A679	0.7169 <sup>ns</sup>	1.1344 <sup>ns</sup>	-0.2203 <sup>ns</sup>	-0.3676 <sup>ns</sup>	0.009224 <sup>ns</sup>	-0.7390 <sup>ns</sup>	-0.6662 <sup>ns</sup>
K166B	-0.5470 <sup>ns</sup>	-0.0418 <sup>ns</sup>	0.03927 <sup>ns</sup>	0.0148 <sup>ns</sup>	-0.2398 <sup>ns</sup>	-0.1822 <sup>ns</sup>	0.6219 <sup>ns</sup>

ادامه جدول ۵- ترکیب پذیری خصوصی لاین ها و تسترهای ذرت در سال ۱۳۹۲

Table 5 (Continued). Specific combining ability of maize lines and testers in 2013

تستر Tester	شماره لاین Line No.					
	8	9	10	11	12	13
MO17	0.3280 <sup>ns</sup>	0.5051 <sup>ns</sup>	1.2627**	-0.2193 <sup>ns</sup>	-2.9760**	0.05111 <sup>ns</sup>
K18	0.9123 <sup>ns</sup>	-0.02705 <sup>ns</sup>	0.5033 <sup>ns</sup>	0.5665 <sup>ns</sup>	-0.3279 <sup>ns</sup>	-0.8697*
A679	-1.1481**	0.04001 <sup>ns</sup>	0.06888 <sup>ns</sup>	-0.1462 <sup>ns</sup>	0.1925 <sup>ns</sup>	-0.2270 <sup>ns</sup>
K166B	0.0967 <sup>ns</sup>	-0.1616 <sup>ns</sup>	-0.4174 <sup>ns</sup>	0.2580 <sup>ns</sup>	0.3580 <sup>ns</sup>	0.2159 <sup>ns</sup>

Numbers for lines are equal to table 3

شماره لاین ها معادل شماره های ذکر شده در جدول ۳ می باشد

ns و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

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

تلاقی های آزمایشی را شامل می شود. در آزمایش اهرابید و گونزالس (Eyherabide and Gonzalez, 1997) نیز مهم ترین منبع تغییرات برای عملکرد دانه ذرت در تلاقی های آزمایشی را ترکیب پذیری عمومی اعلام کردند.

در بررسی ترکیب پذیری خصوصی، تستر K18 در ترکیب با لاین شماره ۵ ترکیب پذیری منفی و معنی داری در سطح احتمال یک درصد و تستر K166A در ترکیب با لاین شماره ۷ ترکیب پذیری مثبت و معنی داری در سطح احتمال پنج درصد نشان دادند (جدول ۷). زامبزی و همکاران (Zambezi et al, 1994)

کرده اند (Zambezi et al., 1994; Eyherabide and Gonzalez, 1997; Castellanos et al., 1998)

همکاران (Soengaset al., 2003) در نتایج تحقیقات خود گزارش کردند که تغییرات ژنتیکی بین تلاقی ها در وهله اول افزایشی است که منطبق با نتایج فوق الذکر است. در این مطالعه، فقط ترکیب پذیری عمومی تسترها معنی دار بود که ۷۲ درصد از تغییرات بین

جدول ۶- ترکیب پذیری عمومی لاین ها و تسترها در سال ها و مناطق مورد آزمایش

Table 6. General combining ability of lines and testers over years and locations

لاین ها Lines	GCA	تسترها Testers	GCA
Line1: 4-CHTSEY,2002/1389/9=1390/13	0.04191 <sup>ns</sup>	Tester 1: MO17	0.2638**
Line2: 4-CHTSEY,2002/1389/19=1390/21	0.1803 <sup>ns</sup>	Tester 2: K18	-0.1463**
Line3: 7-CHTSEY,2002/1389/33=1390/33	0.1421 <sup>ns</sup>	Tester 3: A679	0.06170**
Line4: 7-CHTSEY,2002/1389/35	-0.1612 <sup>ns</sup>	Tester 4: K166B	-0.1792**
Line5: K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/59=1390/73	-0.1430 <sup>ns</sup>		
Line6: K18 × 2-CHTHIY, 2002/1389/61=1390/77	-0.09904 <sup>ns</sup>		
Line7: XT03	0.03891 <sup>ns</sup>		

ns و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns and \*\*: Not significant and significant at 1% probability level, respectively

جدول ۷- ترکیب پذیری خصوصی لاین ها و تسترها در سال ها و مناطق مورد آزمایش

Table 7. Specific combining ability of lines and testers over years and locations

تستر Tester	شماره لاین Line No.						
	1	2	3	4	5	6	7
MO17	-0.1916 <sup>ns</sup>	-0.0687 <sup>ns</sup>	0.2691 <sup>ns</sup>	-0.4042 <sup>ns</sup>	-0.1499 <sup>ns</sup>	0.0558 <sup>ns</sup>	-0.3559 <sup>ns</sup>
K18	0.3150 <sup>ns</sup>	0.1101 <sup>ns</sup>	0.3271 <sup>ns</sup>	0.3293 <sup>ns</sup>	-0.6575**	-0.2792 <sup>ns</sup>	0.3241 <sup>ns</sup>
A679	0.3236 <sup>ns</sup>	0.4512 <sup>ns</sup>	-0.2477 <sup>ns</sup>	-0.4363 <sup>ns</sup>	0.1437 <sup>ns</sup>	-0.1081 <sup>ns</sup>	-0.324 <sup>ns</sup>
K166B	-0.2963 <sup>ns</sup>	0.1554 <sup>ns</sup>	0.1624 <sup>ns</sup>	-0.06826 <sup>ns</sup>	0.1498 <sup>ns</sup>	-0.0245 <sup>ns</sup>	0.4956*

ns و \*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

ns and \*: Not significant and significant at 5% probability level, respectively

مثل چین که از این نظر در شرایط مشابهی با ایران قرار دارد، می تواند امکان دستیابی به منابع برتر و سازگارتر را تسهیل نماید (منابع دریافتی از تلاقی های ژرم پلاسیم سیمیت با چین که در مراحل اولیه گزینش در برنامه اصلاح ذرت ایران قرار دارد، این موضوع را تأیید می کند). برتری عملکرد تلاقی سه تستر از چهار تستر مورد استفاده در این آزمایش (تسترها K18، A679 و K166B) با لاین XT03 (جدول ۲) که لاین استخراجی از منبع ناشناخته چینی در ایران می باشد، ارجحیت استفاده از ژرم پلاسیم حاصل از برنامه سیمیت در چین را نسبت به سایر منابع سیمیت نشان می دهد. هوانگ و لی (Huang and Li, 2002)، در آزمایش تلاقی لاین های با منشأ چین، آمریکا و مناطق حاره ای گزارش کردند که ژرم پلاسیم محلی چین از نظر ژنتیکی متفاوت از ژرم پلاسیم آمریکایی و ژرم پلاسیم حاره ای متفاوت از ژرم پلاسیم آمریکایی و چینی می باشد. فان و همکاران

گزارش کردند که برآورد واریانس اجزاء برای ترکیب پذیری عمومی به طور قابل توجهی بیش از اثر ترکیب پذیری خصوصی بوده است و ترکیب پذیری عمومی مهم ترین منبع تغییرات برای عملکرد دانه در تلاقی های آزمایش مورد مطالعه بود.

با توجه به ناشناخته بودن واکنش هتروتیکی ژرم پلاسیم حاره ای و نیمه حاره ای در تلاقی با لاین های گروه های مختلف هتروتیکی معتدله، استفاده از تسترهای مختلف با تنوع بیشتر ضرورت دارد. از طرف دیگر، ژرم پلاسیم سیمیت به عنوان منبع استخراج لاین ها در این آزمایش هنوز از سازگاری کافی به اقلیم معتدله برخوردار نبودند و بخش اعظم منابع اولیه حذف و فقط محدود به سه منبع شدند. نتایج امید بخش در برخی از تلاقی ها از جمله K166B × XT03 نشان داد که استفاده از ژرم پلاسیم حاره ای و نیمه حاره ای به ویژه استفاده از منابع ایجاد شده توسط سیمیت در شرایط کشرهایی

موضوع ضرورت استفاده بیش از یک تستر از هر گروه هتروتیکی را در شناسائی منابع مناسب از بین تعداد زیادی از ژرم پلاسما حاره ای و نیمه حاره ای نشان می دهد. در این آزمایش انجام تلاقی ژرم پلاسما حاره ای و نیمه حاره ای قبل از آغاز خودگشنی و گزینش تأثیری در موفقیت لاین های استخراجی از این منابع نداشت و به نظر می رسد می توان مستقیماً از طریق خودگشنی و گزینش، به طور مستقیم لاین های سازگار را تولید نمود.

(Fan *et al.*, 2008c) گزارش کردند که سابقه ژنتیکی ژرم پلاسما استان یون آن چین متفاوت از ژرم پلاسما سیمیت بوده است. انتخاب تسترهای متنوع و بیش از یک تستر از هر گروه می تواند به شناسائی منابع جدید کمک نماید. از بین چهار تستر مورد مطالعه، بیشترین ترکیبات امید بخش مربوط به تسترهای K18 و K166B بود و این در حالی است که تستر MO17 که از همان منبع K18 می باشد، و تستر A679 که از همان منبع K166B می باشند، واکنش قابل توجهی نشان ندادند. این

## Reference

## منابع مورد استفاده

- Arunachalam, V. C.** 1974. The fallacy behind the use of a modified line x tester design. *Indian J. Genet.* 34: 280-287.
- Castellanos, J. S., A. R. Hallauer and H. S. Cordova.** 1998. Relative performance of testers to identify elite lines of corn (*Zea mays* L.). *Maydica*, 43:217-226.
- Choukan, R.** 2008. *Methods of Genetical Analysis of Quantitative Traits in Plant Breeding.* Seed and Plant Improvement Institute. 270 p. (In Persian).
- Choukan, R. and R. Moeini.** 2005. Study of the possibility of using sub-tropical maize germplasm in temperate regions of Iran. *Iran. J. Crop Sci.* 7(1): 69-85. (In Persian with English abstract).
- Choukan, R., S. A. Mosavat, A. Afarinesh, A. Estakhr and R. Moeini.** 2005a. Study of the possibility of using tropical highland maize hybrids in temperate regions of Iran. *Iran. J. Crop Sci.* 7(2): 146-158. (In Persian with English abstract).
- Choukan, R., A. Estakhr, S. A. Mosavat, A. Afarinesh and R. Moeini.** 2005b. Study of the possibility of using tropical and sub-tropical maize hybrids in temperate regions of Iran. *Iran. J. Crop Sci.* 7(2): 159-171. (In Persian with English abstract).
- Chen, H-M., Y.F., Wang, W-H., Yao, L-M., Luo, J-L., Li, C-X., X-M., Fan and H-C., Gho.** 2011. Utilization potential of the temperate maize inbreds integrated with tropical germplasm. *ACTA Agronomica Sinica*, 37(10): 1785-1793.
- Eyherabide, G. H. and A. S. Gonzalez.** 1997. Interactions between testers and Argentine maize landraces. *Maydica*, 42: 29-38.
- Fan, X. M., Y. D. Zhang, L., Liu, H. M. Chen, W. H. Yao, M. Kang and J. Y. Yang.** 2010. Screening tropical germplasm by temperate inbred testers. *Maydica*, 55: 55-63.
- Fan, X. M., J. Tan, J. Y. Yang, F. Liu, B. H. Huangh and Y.X. Huangh.** 2002. Study on combining ability for yield and genetic relationship between exotic tropical, subtropical maize inbreds and domestic temperate

- maize inbreds. (In Chinese with English abstract.) *Sci. Agric. Sinica*. 35: 743-749.
- Fan, X. M., J. Tan, S. H. Zhang, M. S. Li, Y. X. Huang, J. Y. Yang, Z. B. Peng and X. H. Li. 2003a.** Heterotic grouping for 25 tropical maize inbreds and 4 temperate maize inbreds by SSR markers. *Acta Agronomy Sinica*. 29: 835-840. (in Chinese with English abstract).
- Fan, X.M., S.H. Zhang, J. Tan, M. S. Li and X.H. Li. 2003b.** Heterotic grouping of quality protein maize inbreds by SSR markers. *Acta Agronomy Sinica*. 29: 105-110. (in Chinese with English abstract).
- Fan, X. M., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, Y. M. Zhang, Y. X. Huang and M. S. Kang. 2008a.** A new maize heterotic pattern between temperate and tropical germplasms. *Agron. J.* 100: 917-923.
- Fan, X. M., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, Y. D. Zhang, L. M. Luo, Y. X. Huang, M. S. Kang. 2008b.** Combining abilities for yield and yield components in maize. *Maydica*, 53: 39-46.
- Fan, X. M., H. M. Chen., J. Tan, C. X. XU, W. Yao and Y.D. Zhang. 2008c.** Combining ability analysis for yield and yield components among Yunnan local maize cultivars and germplasm from CIMMYT. Proceeding of 10<sup>th</sup> Asian regional maize workshop. 20-23 Oct. 2008, Makassar, Indonesia.
- Fan, X. M., J. Tan, M. S. Li, J. Y. Yang and H. M. Chen. 2004.** Genetic diversity of Chinese temperate and exotic tropical, subtropical quality protein maize inbreds by SSR markers. *Agric.Sci. China*. 32: 94-100.
- Fan, X.M., H.M. Chen, J. Tan, J.Y. Yang, Y. X. Huang and Z.L. Duan. 2005.** Combining ability of elite protein maize inbreds for main agronomic characters. *Acta Agronomy Sinica*. 31: 540-544. (in Chinese with English abstract).
- Fan, X. M., Y. M. Zhang, W. H. Yao, H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, X. L. Han, L. M. Luo and M. S. Kang. 2009.** Classifying maize inbred lines into heterotic groups using a factorial mating design. *Agron. J.* 101: 102-106.
- Francis, C. A. 1972.** Photoperiod sensitivity and adaptation in maize. *Proceeding of Annual Corn and Sorghum Research Conference* 27: 119-131.
- Goodman, M. M. 1985.** Exotic maize germplasm: Status, prospect, and remedies. *Iowa State Journal of Research*. 59: 497-527.
- Gouesnard, B., J. Sanou, A. Panouille, V. Bourion and A. Boyat. 1996.** Evaluation of agronomic traits and analysis of exotic germplasm polymorphism in adapted x exotic maize crosses. *Theor. Appl. Genet.* 92: 368-374.
- Holland, J. B. and M. M. Goodman. 1995.** Combining ability of tropical maize accessions with US germplasm. *Crop Sci.* 35: 767-773.
- Huang, Y. Q. and J. S. Li. 2002.** Classification of heterotic groups among maize germplasms in China using molecular markers. P. 43-49. In: G. Srinivasan et al (Ed.) *Proc. 8<sup>th</sup> Asian Regional Maize Workshop: New Technologies for the New Millennium*. Bangkok, Thailand. 5-8 Aug. 2002. CIMMYT, Mexico, D. F.
- Kempton, P. 1957.** *An Introduction to Genetic Statistics*, New York. John Wiley and Sons, Inc. 545 p.
- Liu, K. J., M. M. Goodman, S. Muse, J. S. Smith, E. Bucker and J. Doebley. 2003.** Genetic structure and

- diversity among maize inbred lines as inferred from DNA microsatellites. *Genetics*, 165: 2117-2128.
- Nelson, P. T., M. M. Goodman. 2008.** Evaluation of elite exotic maize inbreds for use in temperate breeding. *Crop Sci.* 48:85-92.
- ShalimUddin, M., M. Amiruzzaman, B. R. Bank, S. A. Bagum and M. H.Rashid. 2008.** Line  $\times$  tester analysis of early generation maize inbred lines. Proceeding of the 10<sup>th</sup> Asian Regional Maize Workshop. 20-23 October, 2008. Makassar, Indonesia.
- Simic, D., T. Presterl, G. Seitz and H. H. Geeiger. 2003.** Comparing methods for integrating exotic germplasm into European forage maize breeding programs. *Crop Sci.* 43: 1952- 1959.
- Soengas, B. P. Ordas, R. A. Malvar, P. Revilla and A. Ordas. 2003.** Performance of flint maize in crosses with testers from different heterotic groups. *Maydica*, 48: 85-91.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942.** General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34: 923 – 932.
- Stuber, C. W. 1978.** Exotic sources for broadening genetic diversity in corn breeding programs. *Annual Corn Sorghum Research Conference Proceeding.* 33: 34–47.
- Tallury, S. P. and M.M. Goodman. 1999.** Experimental evaluation of the potential germplasm for temperate maize improvement. *Theor. Appl. Genet.* 98: 54-61.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, G. C. Hanm and F. Gonzales. 1992a.** Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica*, 37: 319-327
- Vasal, S. K., G. Srinivasa, S. Pandey, H. S. Cordova, G. C. Hanm and F. Gonzales. 1992b.** Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. *Maydica*, 37: 259-270
- Zambezi, B. T., E. S. Horner and F. G. Martin. 1994.** Inbred lines as testers for general and combining ability in maize. *Crop Sci.* 26: 908-910.

## Combining ability of tropical maize lines derived from CIMMYT germplasm in crossing with temperate lines

Choukan, R.<sup>1</sup>, A. Estakhr<sup>2</sup>, A. Afarinesh<sup>3</sup>, Gh. R. Afsharmanesh<sup>4</sup>,  
M. R. Shiri<sup>5</sup>, A. Mosavat<sup>6</sup> and Sh. Fareghei<sup>7</sup>

### ABSTRACT

Choukan, R., A. Estakhr, A. Afarinesh, Gh. R. Afsharmanesh, M. R. Shiri, A. Mosavat and Sh. Fareghei. 2014. Combining ability of tropical maize lines derived from CIMMYT germplasm in crossing with temperate lines. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 16(4): 334-345. (In Persian).

Twenty eight crosses of four temperate maize testers (MO17, K18, K166B and A679) with seven lines originated from CIMMYT germplasm were evaluated using a randomized complete block design with three replications, at seven locations (Karaj, Shiraz, Dezful, Jiroft, Moghan, Gorgan and Kermanshah), Iran, in 2012. In 2013, number of lines were increased to 13, and 52 crosses were obtained with the same testers as in 2012. Hybrids No. 28 (XT02 × K166B), 10 and No. 23 had 10.160, 9.867 and 9.822 t.ha<sup>-1</sup> grain yield, respectively, that revealed to be of high yield potential hybrids. Combined analysis of Line × Tester showed no significant differences between lines and testers, but significant line × tester interaction effect was observed. Significant general combining ability (GCA) effects were obtained for the four testers, but none of the lines showed significant GCA. Results showed the possibility of germplasm enhancement in temperate maize program, using CIMMYT germplasm (tropical and subtropical), especially those sources produced under similar conditions as Iran (such as CIMMYT program in China). This experiment revealed that crossing these germplasm with temperate maize germplasm prior to selfing, has no significant effect on derived lines. Using more sources, as well as testers, from each group is necessary to facilitate the success in development of adapted maize germplasm.

**Key words:** CIMMYT, Grain yield, Hybrid, Maize and Tester × Line.

**Received: May, 2014**

**Accepted: December, 2014**

1- Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran. (Corresponding author) (Email: r\_choukan@yahoo.com)

2- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Fars Province, Zarghan, Iran

3- Faculty member, Safiabad Agricultural Research Center, Dezful, Iran

4- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Jiroft and Kahnooj, Jiroft, Iran

5- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardebil Province, Moghan, Iran

6- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan Province, Gorgan, Iran.

7- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kermanshah Province, Kermanshah, Iran