ارزیابی پتانسیل ژنتیکی لاین‌های ذرت ایرانی
با استفاده از روش دای‌آلل گریفینگ و مدل امی

رجب چوکان[1]، خداداد مصطفوی[2*]، محمد تائب[3]، محمدرضا بی‌همتا[4] و اسلام مجیدی هروان[5]

1- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ایران
2- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران
3- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تهران، ایران
4- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
5- استاد مؤسسه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج، ایران
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: mostafavi@kiau.ac.ir

چکیده

به منظور برآورد پتانسیل ژنتیکی لاین‌های ذرت ایرانی با استفاده از روش دای‌آلل و مدل امی (AMMI)، چهارده لاین اینبرد ذرت به صورت دای‌آلل با یکدیگر تلاقی داده شدند. والدین و هیبریدهای حاصل طی سال زراعی 1386 در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بنابر این داده‌ها به روش 2 و مدل 1 گریفینگ تجزیه و تحلیل گردید. واریانس‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نسبت واریانس افزایشی به غالبیت نشان داد که در کنترل صفات تعداد ردیف دانه در بلال و وزن صد دانه نقش اثر افزایشی ژن‌ها بیشتر از اثر غیر افزایشی می‌باشد ولی برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر میانی بلال و تعداد دانه در بلال نقش اثر غیر افزایشی بیشتر از اثر افزایشی و برای طول بلال و وزن دانه در بلال نقش اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها تقریبا یکسان بود. مدل امی برازش یافته برای عملکرد دانه AMMI3 بود که 75/6 درصد از واریانس اثر متقابل را توجیه کرد. بهترین ترکیب شونده‌های عمومی برای عملکرد دانه لاین‌های K166B، K3615/2 و K3653 بودند. بیشترین میزان ترکیب پذیری خصوصی و هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای عملکرد دانه بر اساس نتایج روش گریفینگ و مؤلفه‌های اول و دوم امی مربوط به دورگ‌های MO17 × K3653، K166B × K3653، K166B × K3653، A679 × K3544/1 و K3493/1 ×K3653 بود.

کلمات کلیدی: ذرت، ترکیب پذیری، وراثت پذیری، هتروزیس

مقدمه

ذرت سومین غله دنیا پس از گندم و برنج می‌باشد. بررسی وضعیت ژنتیکی گیاهان از جمله ذرت یکی از عوامل اصلی انتخاب بهترین روش به نژادی و موفقیت برنامه اصلاحی محسوب می‌شود. برای برآورد پارامترهای ژنتیکی روش‌های مختلفی بکار می‌رود که تجزیه دای‌آلل یکی از مهمترین این روش‌ها می‌باشد (15، 17، 19). بسیاری از پارامترهای صفات کمی از جمله ترکیب پذیری عمومی و خصوصی، هتروزیس، توارث پذیری عمومی و خصوصی با روش دای‌آلل قابل برآورد می‌باشند. تلاقی‌های دای‌آلل اطلاعات با ارزشی جهت تعیین توارث صفات کمی برای اصلاح

کنندگان گیاه فراهم می‌کنند. داده‌های حاصل از آمیزش‌های دای‌آلل همچنین این اجازه را می‌دهند تا توسط اثر اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) تجزیه و تحلیل شوند.

طالعی و همکاران (7) با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل در ذرت نشان دادند که اثر ترکیب پذیری عمومی و خصوصی برای اغلب صفات در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. میسویک (22) در مطالعه‌ای روی هفت واریته آزاد گرده افشان ذرت نشان داد که سهم غالبیت ژن‌ها برای عملکرد دانه و ارتفاع بوته مهمتر از اثر افزایشی است. مطالعه روی ذرت از طریق تلاقی‌های دای‌آلل نشان داد که سهم اثر افزایشی ژن‌ها برای تمامی صفات از جمله عملکرد دانه مهم‌تر از سهم اثر غیرافزایشی می‌باشد (25). رود و ماگرو (24) هشت لاین اینبرد ذرت را در گلخانه و مزرعه مطالعه کردند. این محققان مشاهده نمودند که اثر ژن برای ارتفاع بوته، عملکرد دانه و دوام برگ از نوع فوق غلبه و برای طول بلال و تعداد برگ از نوع غلبه کامل می‌باشد. در این تحقیق وراثت پذیری عمومی در گلخانه برای ارتفاع بوته و عملکرد به ترتیب 88 و 74 درصد گزارش شد. همچنین در این تحقیق برای هیچکدام از صفات اثر تلاقی‌های معکوس معنی‌دار نبود. بکتاش و همکاران (12) نشان دادند که اثر ترکیب پذیری عمومی برای عملکرد و اجزای عملکرد ذرت مهم‌تر از اثر ترکیب‌پذیری خصوصی می‌باشد. شیرمحمدعلی (6) گزارش نمود که هتروزیس حاصل از تلاقی دای‌آلل 9 اینبرد لاین ذرت برای عملکرد، طول بلال و ارتفاع بوته به ترتیب 74/2، 3/9 و 16/9 درصد می‌باشد. حداد (3) واریانس‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی 8 لاین اینبرد ذرت را با استفاده از آزمایش دای‌آلل مورد بررسی قرار داد و نشان داد این دو پارامتر برای کلیه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. وضعیت ژنتیکی عملکرد و اجزای آن در ذرت توسط محققان زیادی مطالعه شده است (10، 13، 18، 26). عزیزی (8) طی آزمایشی بر روی 8 جامعه آزاد گرده افشان ذرت به روش تلاقی‌های دای‌آلل در منطقه اصفهان با محاسبه وراثت پذیری خصوصی، درجه غالبیت و نسبت میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی به میانگین مربعات ترکیب پذیری خصوصی گزارش نمود که اثر غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی تعداد ردیف دانه در بلال و ارتفاع بلال و برای سایر صفات اثر افزایشی ژن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

ارتیز و همکاران (23) برای اولین بار مدلی از امی را برای آنالیز داده‌های دای‌آلل ارائه نمودند. در این مدل هر ژنوتیپ یا لاین مورد بررسی در دای‌آلل هم به عنوان والد ماده در نظر گرفته می‌شود هم به عنوان والد نر. این محققان در آزمایشی روی عملکرد 8 لاین خالص گندم با استفاده از نتایج تجزیه گریفینگ و مدل امی توانستند لاین‌ها را به گروه‌های هتروتیک تقسیم‌بندی نمایند.

طبق نظر بسیاری از محققان با استفاده از روش امی می‌توان ژنوتیپ‌های مشابه را تشخیص و ترکیب‌پذیری خصوصی و هتروزیس را تخمین زد و به تولید سریع‌تر هیبریدهای مناسب کمک کرد (13، 16، 23).

هدف از این پژوهش تعیین تنوع ژنتیکی، برآورد ترکیب‌پذیری، وراثت پذیری، هتروزیس و تعیین ارزش اصلاحی برای عملکرد دانه و سایر صفات با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل و روش امی در لاین‌های ذرت ایرانی بود. این روش مرکب به تعیین هیبریدهایی که هتروزیس بالایی نشان می‌دهند و دارای پتانسیل خوبی برای تولید واریته‌های هیبرید هستند کمک فراوانی می‌کند.

مواد و روش‌ها

مواد مورد آزمایش در این تحقیق 14 لاین خالص ذرت به نام‌های Mo17، B73، K18، K19/1، K166B، A679، K3615/2، K3640/5، K3653/2، K3651/1، K3547/5، K3544/1، K3545/6 و K3493/1 و 91 هیبرید F1 حاصل از تلاقی دای‌آلل یک طرفه آن‌ها بود. این 105 ژنوتیپ در سال زراعی 1386 در مزرعه مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و ارزیابی شدند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی هر کدام در یک کرت شامل یک ردیف 20 کپه‌ای کشت شد. فاصله کپه‌ها 35 سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها 75 سانتی‌متر انتخاب شد. در هر کپه 4 بذر کشت شد و در زمان حدود 5 برگه شدن بوته‌ها، بوته‌های اضافی تنک و فقط دو بوته در هر کپه نگهداری شد. عملیات داشت طبق روال معمول صورت گرفت. صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول بلال، قطر میانی بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه و وزن دانه در بلال برای ژنوتیپ‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد. پس از تعیین درصد رطوبت، عملکرد، وزن صد دانه و وزن دانه در بلال بر اساس 14% رطوبت دانه تصحیح گردید. داده‌های حاصل طبق روش دوم و مدل یک گریفینگ توسط نرم افزار D2 و نرم‌افزار SAS مورد بررسی قرار گرفتند (27). آنالیز امی طبق روش پیشنهادی توسط نرم‌افزار SAS صورت گرفت (23). جهت ارزیابی نقش اثر افزایشی و غیر افزایشی از نسبت بیکر استفاده شد (11).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس روش دای‌آلل برای صفات مورد بررسی در جدول 1 آمده است. میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات از نظر آماری معنی‌دار بود. این موضوع نشان دهنده وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین لاین‌ها و دورگ‌های ذرت از نظر صفات مورد بررسی است، بنابر این می‌توان تغییرات ژنتیکی موجود بین ژنوتیپ‌ها را به دو جزء واریانس افزایشی و غیر افزایشی تفکیک نمود. معنی‌دار شدن میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی مشخص کرد که لاین‌ها از لحاظ ترکیب پذیری عمومی و خصوصی متفاوت هستند (جدول 1). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (2، 5، 9، 14، 20، 21).

متوسط میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای تمامی صفات مثبت بود (جدول 1). بیشترین مقدار متوسط درصد هتروزیس برای عملکرد دانه به میزان 4/03 درصد بدست آمد. بررسی نسبت بیکر برای صفات مختلف نشان داد که بهره‌گیری از پدیده هتروزیس برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر میانی بلال و تعداد دانه در بلال با استفاده از روش‌های اصلاحی دورگ‌گیری برای لاین‌های مورد بررسی فوق امکان‌پذیر می‌باشد (جدول 1). چنانچه این نسبت برابر یک شود به مفهوم این است که تمامی اثر، ناشی از اثر افزایشی می‌باشد. چنانچه این نسبت برابر 0/5 شود به مفهوم این است که واریانس اثر افزایشی و غیرافزایشی برابرند. چنانچه این نسبت از 0/5 کوچکتر شود نشان دهنده نقش بیشتر اثر غیرافزایشی (غالبیت، فوق غالبیت و اپیستازی) در کنترل این صفات می‌باشد (11). این نسبت برای وزن صد دانه بیشترین مقدار (0/73) و برای ارتفاع بوته کمترین مقدار (0/05) را داشت. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که برای صفات تعداد ردیف دانه در بلال و وزن صد دانه نقش اثر افزایشی ژن‌ها بیشتر از نقش اثر غیرافزایشی می‌باشد، لذا استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود صفات فوق مؤثر خواهد بود. چنین نتایجی توسط رضائی و همکاران (5)، حداد (3)، دهقانپور (4) و عزیزی (8) نیز گزارش شده است. مقادیر توارث پذیری عمومی و خصوصی نیز در جدول 1 ارائه شده است. دامنه تغییرات توارث پذیری عمومی از 62 درصد تا 85 درصد بود که به ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه و تعداد ردیف دانه در بلال بود. دامنه تغییرات توارث پذیری خصوصی نیز از 9 درصد برای ارتفاع بوته تا 56 درصد برای تعداد ردیف دانه در بلال متغیر بود (جدول 1).

جدول 1- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس روش 2 گریفینگ برای 14 لاین اینبرد ذرت

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن دانه در بلال	وزن صد دانه	تعداد دانه در بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	قطر بلال	طول بلال	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
بلوک	2	2/68**	2/42**	6/33**	4/56**	0/14ns	23/25**	4/09**	26/16**
ژنوتیپ	104	1/71**	1/96**	1/83**	7/95**	1/82**	8/92**	1/81**	14/36**
ترکیب پذیری عمومی	13	1/78**	9/57**	3/11**	38/75**	4/22**	31/57**	1/37**	18/02**
ترکیب پذیری خصوصی	91	1/69**	0/87**	1/64**	3/54**	1/98**	2/11**	1/88**	13/84**
خطا	208	0/61	0/49	0/52	1/36	0/69	2/22	0/55	5/50
متوسط هتروزیس		1/39	0/23	1/40	1/36	0/89	2/69	1/68	4/03
نسبت بیکر		0/45	0/73	0/14	0/67	0/42	0/52	0/05	0/06
قابلیت توارث عمومی		0/63	0/79	0/72	0/85	0/64	0/75	0/68	0/62
قابلیت توارث خصوصی		0/11	0/53	0/20	0/56	0/26	0/44	0/09	0/11
ضریب تغییرات		21/00	11	28/50	6/55	9/70	8/21	19/00	23/36

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 2- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس مدل امی برای 14 لاین اینبرد ذرت

منابع تغییر	میانگین مربعات								
	درجه آزادی	وزن دانه در بلال	وزن صد دانه	تعداد دانه در بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	قطر بلال	طول بلال	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
ماده	13	0/33**	1/27**	3/89**	0/33**	0/30**	0/29**	0/05**	14/49**
نر	13	0/33**	0/33**	3/89**	0/33**	0/30**	0/29**	0/05**	14/49**
ماده × نر	169	0/25**	0/13**	1/99**	0/3**	0/09**	0/04**	0/06**	11/44**
اولین مولفه اثر متقابل	25	0/57**	0/24**	4/42**	0/06**	0/17**	0/08**	0/12**	30/51**
دومین مولفه اثر متقابل	23	0/47**	0/21**	2/92**	0/05**	0/16**	0/07**	0/09**	16/73**
سومین مولفه اثر متقابل	21	0/21**	0/17**	2/44**	0/04**	0/10**	0/04**	0/09**	14/95**
چهارمین مولفه اثر متقابل	19	0/17*	0/11ns	1/82**	0/03**	0/07ns	0/04*	0/06**	7/34ns
پنجمین مولفه اثر متقابل	17	0/18*	0/12*	1/39**	0/03**	0/07ns	0/03ns	0/05**	6/76ns
ششمین مولفه اثر متقابل	15	0/13ns	0/09ns	1/25*	0/02ns	0/05ns	0/02ns	0/04**	4/11ns
باقی‌مانده	49	0/08ns	0/05ns	0/63ns	0/01ns	0/03ns	0/01ns	0/02ns	3/18ns
خطا	390	0/11	0/07	0/71	0/01	0/05	0/02	0/02	5/69

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

در تجزیه واریانس امی اثر متقابل ماده × نر برای تمامی صفات معنی‌دار بود که امکان بررسی این صفات را از طریق آنالیز مؤلفه‌های اثر متقابل فراهم نمود (جدول 2). مدل برازش یافته برای عملکرد دانه AMMI3 بود که سه مؤلفه اصلی اثر متقابل اول 75/6 (به ترتیب 39/45، 19/90، 16/25) درصد از واریانس اثر متقابل را توضیح داد. بنابر این تفسیر نتایج مربوط به عملکرد بیشتر به مؤلفه‌های معنی‌دار بویژه مؤلفه اول و مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی این صفت مربوط می‌شود.

مدل مناسب برای صفات ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه و وزن دانه در بلال به ترتیب AMMI6، AMMI5، AMMI3، AMMI5، AMMI6، AMMI5 و AMMI5 بود که به ترتیب 88/88، 75/77، 68، 86/10، 90/78، 82/37 و 85/74 درصد از واریانس اثر متقابل را توضیح دادند (جدول 2).

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی والدین، اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل لاین‌ها به عنوان والد نر یا ماده (IPCA1M, IPCA1F) و مقادیر هتروزیس نسبت به میانگین والدین به ترتیب در جداول 3 و 4 ارائه شده‌اند.

دامنه تغییرات اثر ترکیب پذیری عمومی عملکرد دانه بین 1/13- برای والد شماره 8 تا 1/06 برای والد شماره 5 متغیر بود (جدول 3). اثر ترکیب پذیری عمومی لاین‌های 5، 7 و 9 در جهت مثبت و برای لاین‌های 4، 8 و 14 در جهت منفی معنی‌دار بود که بیانگر نقش بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در لاین‌های مزبور می‌باشد. بنابر این می‌توان از لاین‌های 5، 7 و 9 که دارای ترکیب پذیری عمومی مثبت هستند جهت افزایش عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب استفاده نمود. نتایج مشابهی توسط چوکان (1) چوکان و مساوات (2) گزارش شده است. این محققان در مطالعه‌ای روی لاین‌های محک ذرت با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل نقش اثر ترکیب پذیری عمومی و نیز نقش اثر ترکیب پذیری خصوصی را در کنترل عملکرد دانه معنی‌دار گزارش کردند.

لاین‌هایی که دارای IPCA1 چشمگیری هستند (از صفر فاصله دارند) معنی‌دار بودن اثر متقابل روش گریفینگ را نشان می‌دهند. از طرفی وجود اثر متقابل ضرب پذیر وجود تنوع ژنتیکی غیرافزایشی از قبیل غالبیت و اپیستازی را نشان می‌دهند که هر دوی این اثر در والدین باعث هتروزیس می‌شوند. چنین حالتی برای عملکرد دانه لاین‌های 1، 3، 9، 11، 13 و 14 مشاهده شد (جدول 3). با ترکیب اطلاعات مربوط به GCA، IPCAF و IPCAM این امکان وجود دارد تا تلاقی‌هایی را که نتاج آنها هتروتیک هستند را مشخص کنیم. بر این اساس، لاین‌هایی که دارای GCA مثبت و معنی‌دار هستند و همچنین دارای IPCA 1, 2 بالائی هستند (قدر مطلق آنها زیاد باشد) می‌توانند در تلاقی با یکدیگر هتروزیس را ظاهر کنند. به این ترتیب به عنوان مثال تلاقی‌های F1/M9 و F5/M14 هتروتیک هستند. مشاهده می‌شود که این هیبریدها دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین هم هستند (جدول 4). به طور کلی بر اساس دو مؤلفه اول (IPCA1, IPCA2) لاین‌هایی که دارای مؤلفه‌های هم علامت هستند هتروتیک هستند که برای نتیجه گیری نهائی به GCA و هتروزیس یا SCA آنها نیز مراجعه می‌شود.

لاین‌هایی که دارای GCA مثبت و معنی‌دار و IPCA نزدیک به صفر هستند، دارای ژن‌های زیادی با اثر افزایشی هستند که می‌توانند آنها را به نسل بعد منتقل کنند زیرا این لاین‌ها دارای اثر ضرب‌پذیر پائینی هستند. هیبرید نر یک لاین با ماده آن لاین مثلاً F1/M1 پتانسیل خوبی برای بروز هتروزیس ندارند، چون اعداد IPCA آنها دقیقاً مشابه و غیر هم علامت هستند. اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل در رابطه با عملکرد 39/45 درصد از واریانس اثر متقابل را توضیح می‌دهد، این امر سبب تقسیم شدن لاین‌ها به دو گروه هتروتیک شده است، یکی شامل لاین‌های 1، 3، 4، 6، 7، 12 و 14 و دیگری شامل لاین‌های 2، 5، 8، 9، 10، 11 و 13. بهترین هیبرید هم که قبلاً اشاره شد (F5/M4, F1/M9) از ترکیب لاین‌های دو گروه مختلف حاصل شده‌اند.

جدول 3- ترکیب‌پذیری عمومی و اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA1) صفات مورد بررسی برای 14 لاین ذرت مورد استفاده (نر یا ماده) در تلاقی دای‌آلل

لاین	عملکرد دانه			ارتفاع بوته			طول بلال			قطر بلال		
	GCA	IPCA1F	IPCA1M	GCA	IPCA1F	IPCA1M	GCA	IPCA1F	IPCA1M	GCA	IPCA1F	IPCA1M
1	-0/01^{ns}	1/52	-1/52	0/04 ^{ns}	0/26	-0/26	1/18**	0/09	-0/09	-0/54**	0/76	-0/76
2	-0/17^{ns}	-0/26	0/26	0/27**	0/36	-0/36	-1/48**	-0/31	0/31	0/47**	0/08	-0/08
3	-0/03 ^{ns}	1/65	-1/65	-0/14 ^{ns}	-0/06	0/06	0/75**	0/07	-0/07	-0/28**	0/27	-0/27
4	-0/13*	0/11	-0/11	0/08 ^{ns}	-0/01	0/01	0/81**	0/49	-0/49	-0/12^{ns}	-0/16	0/16
5	1/06**	-0/56	0/56	0/03 ^{ns}	-0/42	0/42	0/78**	0/004	-0/004	-0/08^{ns}	-0/01	0/01
6	-0/25 ^{ns}	0/10	-0/10	0/08 ^{ns}	0/51	-0/51	-0/09^{ns}	0/06	-0/06	-0/07^{ns}	0/12	-0/12
7	0/78*	0/15	-0/15	0/27**	0/04	-0/04	0/02 ^{ns}	0/28	-0/28	-0/14^{ns}	-0/25	0/25
8	1/13**	-0/84	0/84	-0/14 ^{ns}	-0/16	0/16	0/37 ^{ns}	0/37	-0/37	-0/06^{ns}	-0/39	0/39
9	0/71*	-1/48	1/48	-0/19 ^{ns}	0/20	-0/20	-0/75**	-0/31	0/31	-0/21^{ns}	-0/17	0/17
10	0/05 ^{ns}	-0/01	0/01	-0/01 ^{ns}	0/18	-/18	0/64**	0/01	-0/01	-0/10^{ns}	-0/21	0/21
11	0/45 ^{ns}	-1/27	1/27	-0/08 ^{ns}	-0/34	0/34	-1/16**	-0/21	0/21	-0/49**	-0/28	0/28
12	-0/53 ^{ns}	0/89	0/89	-0/05 ^{ns}	-0/29	0/29	-0/15 ^{ns}	-0/14	0/14	-0/19^{ns}	0/16	-0/16
13	0/18 ^{ns}	-1/61	1/61	-0/32**	-0/26	0/26	-0/26 ^{ns}	-0/17	0/17	-0/39**	-0/16	0/16
14	-0/86*	1/61	-1/61	-0/15 ^{ns}	-0/003	0/003	-0/67**	-0/24	0/24	-0/12^{ns}	0/27	-0/27
S. E.	0/33	-	-	0/11	-	-	0/21	-	-	0/11	-	-

جدول 3- ادامه

لاین	تعداد ردیف دانه در بلال			تعداد دانه در بلال			وزن صد دانه			وزن دانه در بلال		
	GCA	IPCA1F	IPCA1M	GCA	IPCA1F	IPCA1M	GCA	IPCA1F	IPCA1M	GCA	IPCA1F	IPCA1M
1	-1/99**	0/08	-0/08	-0/32**	-0/59	0/59	0/71**	-0/32	0/32	0/16^{ns}	0/77	-0/77
2	0/47**	-0/25	0/25	-0/18^{ns}	-0/38	0/38	-0/22*	-0/05	0/05	-0/12^{ns}	0/16	-0/16
3	-0/91**	-0/16	0/16	-0/21*	-0/99	0/99	0/53**	0/17	-0/17	0/13^{ns}	0/58	-0/58
4	-0/82**	0/23	-0/23	-0/29**	0/44	-0/44	0/12^{ns}	0/16	-0/16	0/03^{ns}	-0/07	0/07
5	-1/02**	-0/08	0/08	-0/31**	0/25	-0/25	0/72**	0/08	-0/08	0/24*	-0/28	0/28
6	0/68**	-0/14	0/14	0/28**	-0/56	0/56	0/12^{ns}	-0/61	0/61	0/25*	0/43	-0/43
7	0/18^{ns}	0/01	-0/01	0/02^{ns}	0/16	-0/16	0/07^{ns}	-0/01	0/01	-0/11^{ns}	-0/26	0/26
8	0/21^{ns}	-0/01	0/01	0/06^{ns}	0/66	-0/66	-0/30**	-0/02	0/02	-0/12^{ns}	-0/61	0/61
9	1/30**	0/53	-0/53	0/34**	1/35	-1/35	-0/49**	0/02	-0/02	-0/09^{ns}	-0/07	0/07
10	0/35*	0/02	-0/02	0/38**	0/60	-0/60	-0/65**	0/23	-0/23	-0/02^{ns}	-0/29	0/29
11	-0/75**	0/13	-0/13	0/03^{ns}	0/39	-0/39	-0/12^{ns}	-0/21	0/21	0/03^{ns}	-0/37	0/37
12	-0/36*	0/22	-0/22	-0/19^{ns}	-0/31	0/31	0/37**	0/68	-0/68	-0/16^{ns}	0/14	-0/14
13	0/70**	-0/15	0/15	0/29**	0/05	-0/05	-0/35**	-0/44	0/44	0/22*	-0/41	0/41
14	0/46**	-0/41	0/41	0/09^{ns}	-01/06	01/06	-0/43**	0/32	-0/32	-0/44*	0/29	-0/29
S. E.	0/16	-	-	0/11	-	-	0/10	-	-	0/11	-	-

GCA: ترکیب‌پذیری عمومی؛ IPCAIF: مؤلفه اصلی اثر متقابل (نر)؛ IPCAIM: مؤلفه اصلی اثر متقابل (ماده)

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

درصد از دورگ‌ها دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین در ارتباط با عملکرد دانه بودند (جدول 4)، بیشترین مقدار مربوط به دورگ‌های 12 × 6 و 9 × 3 به ترتیب برابر با 8/10 و 7/15 بود. رضائی و همکاران (5) و دهقان‌پور (4) نیز نتایج مشابهی را برای عملکرد دانه در مطالعاتشان گزارش کردند.

دامنه تغیرات اثر ترکیب پذیری عمومی برای ارتفاع بوته بین 0/32- برای لاین شماره 13 تا 0/27 برای لاین‌های 2 و 7 متغیر بود (جدول 3). والدهای 2 و 7 دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و والد شماره 13 دارای

ترکیب پذیری عمومی منفی و معنی‌دار برای این صفت بودند. بنابر این می‌توان در برنامه‌های اصلاحی به منظور افزایش یا کاهش ارتفاع بوته از والدهای دارای اثر ترکیب پذیری عمومی معنی‌دار استفاده کرد. رضایی و همکاران (5) دامنه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های ذرت را برای ارتفاع بوته بین 10/30- تا 12/87 برآورد نمودند.

تمامی دورگ‌ها بجز دورگ‌های 11× 5، 13× 5 و 13×11 برای ارتفاع بوته نسبت به میانگین والدین دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار بودند (جدول 4). بیشترین مقدار هتروزیس مربوط به دورگ‌های 12 × 6 و 6 × 5 به ترتیب به میزان 3/12 و 3/02 درصد بود. برای این صفت هیچکدام از دورگ‌ها هتروزیس منفی نشان ندادند.

برای طول بلال لاین‌های 1، 3، 4، 5 و 10 دارای ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و لاین‌های 2، 9، 11، و 14 دارای ترکیب پذیری عمومی منفی و معنی‌دار بودند (جدول 3). همچنین برای طول بلال 87 درصد از تلاقی‌ها نسبت به میانگین والدین دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار بودند که بیشترین مقدار مربوط به دورگ‌های 10 × 6، 10 × 3، 8 × 1 و 6 × 5 بود (جدول 4). این نتایج با نتایج نیکخواه کوچکسرایی (1373) مطابقت دارد.

نتیجه آزمون t برای قطر بلال نشان داد که در 5 والد ترکیب پذیری عمومی معنی‌دار می‌باشد. ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های 2 و 13 در جهت مثبت و برای لاین‌های 1، 3 و 11 در جهت منفی معنی‌دار بود (جدول 3). بنابر این در برنامه‌های به نژادی جهت افزایش قطر بلال می‌توان از والدهای 2 و 13 استفاده کرد. 55 درصد از دورگ‌ها نسبت به میانگین والدین هتروزیس مثبت و معنی‌دار نشان دادند که بیشترین مقدار مربوط به دورگ‌های 8 × 1 و 14 × 11 بود (جدول 4). بنابر این استفاده از این دورگ‌ها بویژه دورگ 14 × 11 در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری جهت بهبود قطر بلال می‌تواند مفید باشد.

در ارتباط با صفت تعداد ردیف دانه در بلال مقادیر ترکیب پذیری عمومی از 1/30 برای والد 9 تا 1/99- برای والد 1 متغیر بود (جدول 3). بنابر این والد 9 و نیز والدین 2، 6، 10، 11، 13 و 14 که دارای مقادیر ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار هستند می‌توانند جهت افزایش تعداد ردیف دانه در بلال در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش استفاده شوند. رضایی و همکاران (5) دامنه ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های ذرت مورد بررسی را بین 1/4- تا 1/51 گزارش نمودند. نتیجه آزمون t نشان داد که 57 درصد از دورگ‌ها دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین بودند، بیشترین این مقدار مربوط به دورگ 14 × 9 به میزان 4/27 بود (جدول 4).

تعداد دانه در بلال نیز یکی از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد. برای این صفت لاین‌های 6، 9، 10 و 13 دارای اثر ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بودند، بنابر این به عنوان بهترین ترکیب شونده‌ها برای افزایش تعداد دانه در بلال معرفی می‌شوند و استفاده از این لاین‌ها در برنامه‌هایی که مبتنی بر گزینش هستند می‌تواند سودمند باشد. در 79 عدد از دورگ‌ها هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین مشاهده گردید که بیشترین این مقدار مربوط به تلاقی 14 × 9 بود (جدول 4). نکته جالب توجه برای این صفت اینکه تلاقی 14 × 9 هم دارای بالاترین اثر ترکیب پذیری خصوصی و هم دارای بالاترین میزان هتروزیس نسبت به والد برتر می‌باشد.

وزن صد دانه نیز از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، هر چند با سایر اجزای عملکرد رابطه منفی دارد اما افزایش وزن صد دانه تا اندازه‌ای که در مجموع سبب کاهش دیگر اجزای عملکرد نشود مطلوب می‌باشد. در بین والدین، لاین‌های 1، 3، 5 و 12 برای وزن صد دانه دارای ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بودند (جدول 3). 24 درصد از دورگ‌ها دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به میانگین والدین بودند که بیشترین مقدار مربوط به دورگ‌های 9 × 4 و 10 × 6 به ترتیب به میزان 1/54 و 1/77 بود (جدول 4). بنابر این در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری از این تلاقی‌ها می‌توان استفاده نمود. حداد (3) در مطالعه‌ای روی لاین‌های اینبرد ذرت متوسط هتروزیس نسبت به میانگین والدین را برای این صفت به ترتیب 0/54 گزارش نمود.

جدول 4- هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای عملکرد دانه و سایر صفات مربوطه در دورگ‌های حاصل از تلاقی 14 لاین اینبرد ذرت

تلاقی‌ها	عملکرد دانه	ارتفاع بوته	طول بلال	قطر بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	وزن دانه در بلال
1×2	6/37**	1/29**	3/37**	1/05*	0/60ns	1/99**	0/08ns	2/31**
1×3	2/33*	1/31**	3/93**	0/10ns	3/40**	1/72**	0/65ns	1/21**
1×4	3/47**	1/37**	0/85ns	1/99**	1/93**	1/14**	0/48ns	1/73**
1×5	4/19**	2/71**	3/27**	1/28**	0/93ns	0/73*	0/16**	1/92**
1×6	6/23**	1/56**	3/25**	0/93*	1/33*	1/60**	0/16ns	1/13**
1×7	2/53*	0/76*	3/02**	1/31**	3/20**	2/27**	0/75*	1/72**
1×8	5/94**	2/60**	4/78**	2/14**	1/93**	2/27**	1/46**	2/92**
1×9	6/05**	1/60**	2/42**	1/84**	2/13**	2/50**	0/30ns	2/08**
1×10	4/53**	1/37**	2/96**	1/57**	2/07**	1/69**	0/69*	2/11**
1×11	5/77**	1/17**	2/75**	1/69**	1/60**	1/43**	0/88*	1/99**
1×12	4/06**	1/43**	2/73**	0/01ns	0/07ns	0/59ns	1/24**	1/40**
1×13	6/38**	1/52**	3/82**	2/04**	0/80ns	1/54**	1/20**	2/60**
1×14	3/02**	1/27**	2/40**	1/15**	2/00**	1/29**	1/15**	1/39**
2×3	4/69*	2/24**	3/03**	0/17ns	0/80ns	1/81**	-0/33ns	1/68**
2×4	6/81**	2/30**	3/71**	1/78**	1/60**	2/35**	0/31ns	2/81**
2×5	3/69**	2/03**	3/13**	0/65ns	1/40*	1/43**	0/17ns	1/54**
2×6	2/28**	1/49**	1/98**	0/26ns	1/00ns	1/54**	-0/08ns	0/60ns
2×7	3/69**	2/05**	2/52**	0/01ns	0/47ns	1/64*	-0/21ns	1/25**
2×8	5/77**	1/87**	3/38**	0/43ns	0/87ns	1/93**	-0/44ns	1/49**
2×9	3/17**	0/90*	0/25ns	0/48ns	2/20**	1/63**	-0/88*	0/69ns
2×10	3/20**	1/37**	1/90*	0/82*	1/33*	1/56**	0/01ns	1/10**
2×11	4/91**	2/41**	1/72*	1/60**	0/20ns	1/38**	-0/20ns	2/14**
2×12	5/95**	2/48**	2/53**	0/58ns	1/47*	1/14**	0/08ns	1/43**
2×13	4/24**	1/20**	2/66*	0/29ns	-1/40*	0/41ns	0/16ns	1/34**
2×14	4/40**	1/78**	1/57*	0/88*	-1/40*	0/55ns	-0/06ns	1/16**
3×4	0/36ns	1/74**	2/82**	-0/72ns	0/80ns	0/83*	-0/54ns	0/61ns
3×5	5/69**	1/77**	4/14**	0/28ns	1/67**	1/35**	-0/29ns	1/59**
3×6	1/94ns	1/92*	3/62*	1/16**	1/40*	1/33**	0/29ns	1/55**
3×7	3/51**	0/90*	3/55**	1/16**	1/13ns	1/28**	-0/29ns	1/77**
3×8	5/50**	1/47**	3/07**	1/53**	3/67**	2/17**	-0/43ns	2/32**
3×9	7/15**	2/07**	3/72**	0/34ns	3/27**	2/80**	-0/85*	2/17**
3×10	5/57**	2/12**	4/47**	1/69**	2/80**	1/98**	0/31ns	1/76**
3×11	2/74*	1/15**	3/48**	0/72ns	2/07**	1/68**	-0/93**	1/54*
3×12	2/38*	1/33**	3/07**	-0/16ns	2/27**	1/21**	-0/68ns	0/98*
3×13	6/22**	1/31**	3/09**	0/59ns	0/73ns	1/09**	0/62ns	2/65**
3×14	1/74ns	1/33**	2/50**	0/80ns	1/53**	0/57ns	-0/02ns	0/76*
4×5	4/81**	1/57*	2/32**	0/08ns	1/27*	0/62ns	0/46ns	0/83*
4×6	3/54**	2/00**	2/87**	1/25**	0/60ns	1/07**	1/14**	1/88**
4×7	0/47ns	1/73**	1/13ns	0/31ns	-0/33 ns	0/27ns	-0/17ns	0/05ns
4×8	3/06**	1/56**	-0/13ns	0/91*	1/93**	0/39ns	0/41ns	0/80*
4×9	2/72**	1/98**	2/53**	-0/04ns	-2/13**	0/09ns	1/54**	1/91**
4×10	4/61**	2/78**	2/65**	1/00*	1/60**	0/89*	0/47ns	1/46**
4×11	2/24ns	1/38**	3/33*	0/91*	2/20**	1/78**	-0/06ns	1/48**
4×12	5/25**	2/10**	2/38**	0/70ns	1/47*	1/15**	-0/43ns	1/46**
4×13	3/36**	2/16**	2/71**	0/99*	1/53**	1/73**	0/58ns	1/95**
4×14	5/52**	1/52**	4/15**	1/29**	-0/47ns	0/76*	1/49**	1/53**
5×6	3/31**	3/02**	4/18**	1/11**	1/07ns	2/05**	0/46 ns	2/21**
5×7	2/11ns	1/29**	3/58**	0/84*	0/27ns	0/33 ns	-0/13 ns	0/16 ns
5×8	1/56ns	0/83*	2/62*	0/68ns	0/93ns	1/04**	-0/08 ns	0/51 ns
5×9	3/81**	1/16**	2/02**	1/08**	2/27**	1/15**	-0/30 ns	0/89*

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 4 (ادامه)- هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای عملکرد دانه و سایر صفات مربوطه در دورگ‌های حاصل از تلاقی 14 لاین اینبرد ذرت

تلاقی‌ها	عملکرد دانه	ارتفاع بوته	طول بلال	قطر بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	وزن دانه در بلال
5×10	3/99*	2/15**	2/60**	1/57**	0/60ns	0/38 ns	0/87*	1/11**
5×11	0/72ns	0/70ns	2/75**	0/72ns	0/67ns	1/04**	-0/40 ns	0/94*
5×12	3/20**	1/37**	2/67**	0/49ns	2/07**	0/94**	-0/20 ns	0/97*
5×13	2/87*	0/35ns	3/26**	1/14**	0/67 ns	0/93**	0/44 ns	1/48**
5×14	3/15**	1/51**	2/67**	0/95*	0/27 ns	0/79*	0/65 ns	1/27**
6×7	3/73**	1/24**	2/43**	1/55**	0/40 ns	1/07**	0/87*	1/09**
6×8	4/12**	1/62**	4/09**	1/30**	1/60**	2/12**	0/14 ns	1/69**
6×9	4/27**	1/66**	4/27**	1/28**	2/80**	2/89**	0/49 ns	1/45**
9×10	5/08**	2/42**	4/42**	0/99*	-0/20 ns	1/41**	1/77**	1/99**
6×11	5/20**	2/30**	4/40**	0/75ns	2/80**	2/64**	-0/07 ns	2/33**
6×12	8/10**	3/12**	3/98**	0/82*	1/80**	1/49**	1/49**	2/37**
6×13	6/02**	1/75**	2/57**	0/09ns	0/40 ns	1/30**	0/12 ns	1/33**
6×14	5/22**	2/05**	2/12**	0/77ns	0/67 ns	2/08**	1/03**	1/23**
7×8	0/68ns	0/95**	1/43ns	-0/03ns	0/53 ns	0/93**	-0/94**	0/08 ns
7×9	4/87**	1/89**	3/37**	0/71ns	1/33*	2/30**	0/13 ns	1/16**
7×10	4/74**	2/80**	1/65*	0/76ns	0/73 ns	0/90*	1/17**	1/24**
7×11	4/43**	2/02**	3/67**	1/24**	2/53**	1/58**	-0/56 ns	1/41**
7×12	3/29**	1/34**	2/45**	0/17ns	1/67**	1/17**	-0/35 ns	0/98*
7×13	1/41ns	1/38**	1/31ns	-0/31ns	0/67 ns	0/89*	-0/99**	-0/02 ns
7×14	2/92*	2/77**	2/42**	1/34**	1/60**	1/45**	0/41 ns	0/14 ns
8×9	3/75**	1/69**	2/50**	1/10**	1/47 ns	1/85**	-0/04 ns	1/52**
8×10	2/72*	1/79**	1/92*	0/13ns	1/00 ns	0/97**	0/43 ns	0/27 ns
8×11	2/77*	1/52**	3/10**	0/34ns	0/53 ns	1/66**	-0/99**	0/74 ns
8×12	4/04**	1/80**	2/92**	-0/21ns	3/27**	1/98**	0/04 ns	1/93**
8×13	2/30*	0/84*	3/11**	0/74ns	-0/13 ns	1/08**	-0/77*	1/01**
8×14	5/21**	1/23**	2/25**	1/09**	1/20*	1/61**	-0/58 ns	1/02**
9×10	3/90**	1/78**	1/88*	1/08**	1/13 ns	0/97**	0/32 ns	1/11**
9×11	2/77*	1/98**	2/27**	0/89*	1/47*	1/71*	-0/84*	0/99*
9×12	6/43**	1/89**	0/65ns	-0/34ns	2/07**	1/66**	-0/43 ns	1/34**
9×13	2/17ns	1/46**	0/74ns	0/91*	1/33*	1/24**	0/12 ns	0/86*
9×14	6/80**	2/01**	0/98ns	1/86**	4/27**	3/37**	0/11 ns	0/21 ns
10×11	6/34**	2/19**	1/82*	1/93**	2/60**	1/29**	1/43**	1/71**
10×12	3/60**	1/73**	2/40**	0/75ns	2/27**	0/56 ns	0/68 ns	1/06**
10×13	4/48**	1/85**	2/39**	0/88*	0/72ns	0/50 ns	1/06**	1/15**
10×14	4/84**	1/87**	3/17**	1/73**	1/80**	1/95**	0/78*	1/85**
11×12	4/39**	0/98**	3/82**	1/69**	2/33**	2/38**	0/59 ns	1/87**
11×13	-0/81ns	0/52ns	0/94ns	1/09**	0/80 ns	0/76*	-0/01 ns	0/74 ns
11×14	6/65**	2/15**	2/58**	3/02**	3/47**	2/10**	0/61 ns	2/24**
12×13	4/66**	1/29**	1/22ns	0/11ns	1/67**	0/90*	1/43**	4/26**
12×14	3/41**	0/98**	0/87ns	0/04ns	3/40**	1/33**	-0/71*	1/42**
13×14	5/96**	1/73**	1/99**	0/64ns	0/27 ns	1/03**	0/73*	1/45**
S.E.	1/17	0/37	0/75	0/42	0/59	0/36	0/35	0/39

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

لاین‌های 4، 5 و 13 دارای اثر ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار برای وزن دانه در بلال بودند (جدول 3)، بنابر این استفاده از این لاین‌ها در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند سبب افزایش سهم آثار افزایشی ژن‌ها شده و بازدهی انتخاب برای این صفت را بالا ببرد. 86 درصد از دورگ‌ها دارای هتروزیس مثبت و معنی‌دار بودند که بیشترین مقدار باز هم مربوط به دورگ‌های 8 × 1 و 4 × 2 بود (جدول 4). نتایج مشابهی توسط چوکان و مساوات (2) گزارش شده است.

بر اساس نتایج این تحقیق عملکرد دانه بیشتر توسط آثار غیر افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود و از طرفی این صفت

دارای وراثت پذیری خصوصی پائین (11 درصد) می‌باشد (جدول 1)، بنابر این انتخاب مستقیم برای عملکرد چندان موفقیت آمیز نخواهد بود و انتخاب غیر مستقیم با استفاده از صفاتی که دارای وراثت پذیری بالا می‌باشند می‌تواند مؤثر باشد. لاین‌های 5، 7 و 9 به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی برای عملکرد دانه شناخته شدند که جهت افزایش آثار افزایشی ژن‌ها و بالا بردن بازده انتخاب می‌توان از این لاین‌ها استفاده نمود. همچنین استفاده از لاین‌هایی که دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی می‌باشند و نیز دورگ‌هایی که هتروزیس بالایی نشان داده‌اند می‌تواند در تحقیقات آینده و برنامه‌های اصلاحی جهت تولید واریته‌های هیبرید مدنظر باشد. صفات طول بلال و قطر بلال دارای وراثت پذیری خصوصی متوسط و صفات تعداد ردیف دانه در بلال و وزن صد دانه دارای وراثت پذیری خصوصی نسبتا بالایی می‌باشند که جهت انتخاب غیر مستقیم به منظور افزایش عملکرد دانه می‌توانند استفاده شوند. استفاده از لاین 13 در برنامه‌های اصلاحی جهت کاهش ارتفاع بوته مفید می‌باشد، چرا که این لاین دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار می‌باشد. کاهش ارتفاع نیز از طریق کاهش ورس و امکان استفاده بیشتر از کود و مواد مغذی می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. افزایش طول بلال باعث افزایش عملکرد می‌شود، استفاده از لاین‌های 1، 3، 4، 5، و 10 در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش می‌تواند طول بلال را افزایش دهد چرا که این لاین‌ها دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار برای این صفت می‌باشند. همچنین دورگ‌های 8 × 1 و 14 × 4 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای طول بلال می‌باشند که استفاده از این هیبرید در تلاقی‌ها جهت افزایش طول بلال و کمک به افزایش عملکرد توصیه می‌شود. وزن صد دانه نیز رابطه مستقیمی با عملکرد دارد، طبق نتایج مربوط به وزن صد دانه استفاده از لاین‌های 1، 3، 5 و 12 جهت افزایش این صفت مفید می‌باشد.

منابع

1. **چوکان، ر.** 1381. تجزیه ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت. مجله نهال و بذر، 18 (2): 178-170.
2. **چوکان، ر. و مساوات، س. ا.** 1384. بررسی نحوه عمل ژن صفات مختلف لاین‌های محک ذرت. با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل. نهال و بذر. جلد 21 (4): 560 - 547.
3. **حداد، ر.** 1369. بررسی پاره‌ای از خصوصیات ژنتیکی لاین‌های ذرت به روش دای‌آلل. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، 122 صفحه.
4. **دهقانپور، ز.** 1373. بررسی و تعیین هتروزیس و ترکیب پذیری در ذرت دانه سفید. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. 164 صفحه.
5. **رضایی، ع.، یزدی صمدی، ب.، زالی، ع.، رضایی، ع.، طالعی، ع. و زینالی، ح.** 1384. برآورد هتروزیس و ترکیب‌پذیری در ذرت به روش تلاقی‌های دای‌آلل. مجله علوم کشاورزی ایران، 36 (2): 397 - 385.
6. **شیر محمد علی، ع. ا.** 1367. بررسی ترکیب پذیری لاین‌های ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، 164 صفحه.
7. **طالعی، ع. و نیکخواه کوچکسرایی، ج.** 1378. بررسی میزان ترکیب‌پذیری و آثار سیتوپلاسمی به روش دای‌آلل در ذرت، مجله علوم کشاورزی ایران، 3 (4): 769 – 761.

8. **عزیزی، ا.** 1376. ارزیابی پتانسیل ژنتیکی 8 جامعه آزاد گرده افشان ذرت به روش تلاقی‌های دای‌آلل. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، 105 صفحه.

9. **نیکخواه کوچکسرائی، ح.** 1373. بررسی میزان ترکیب پذیری صفات سیتوپلاسمی و هتروزیس به روش دای‌آلل در ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، 78 صفحه.

10. **Aydin, U., Basal, H. and Konak, C. 2004.** Inheritance of Grain Yield in a Half-Diallel Maize Population. Turkish Journal of Agriculture, 28: 239-244.

11. **Baker, R. J. 1978.** Issues in diallel analysis. Crop Science, 18: 533-537.

12. **Baktash, F. Y., Younis, M. A., Al – Younis, A. H. and Al – Ithawi, B. H. 1980**. Diallel crosses of corn inbred lines for grain yield and ear characters. Plant Breeding, 56: 234-239.

13. **Daurte, B. J. and Pinto, R. M. C.** 2002. Biplot AMMI graphic representation of specific combining ability. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 2(2): 161-170.

14. **Debnath, S. C., Sarker, K. K. and Singh, D. 1989.** Combining ability estimates in maize (*Zea mays* L.). Journal of Agriculture Research, 9(1): 37-42.

15. **Gardner, C. P. and Eberhart, S. A. 1966.** Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. Biometrics, 22: 439 – 452.

16. **Gauch, H. G. 2006.** Statistical analysis of regional yield traits: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amweterdam.

17. **Griffing, B. 1956.** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Australian Journal of Biology Science, 9: 463-493.

18. **Hallauer, A. R. and Eberhart, S. A. 1966.** Evaluation of synthetic varieties of maize for yield. Crop Science, 6: 423 – 427.

19. **Hayman, B. I. 1954.** The analysis of variance of diallel crosses. Biometrics, 10: 235-244.

20. **Lee, T. C. 1984.** Test cross and diallel cross analysis of maize. Plant Breeding Abstract, 54: 58.

21. **Liao, S. S. 1989.** Analysis of combining ability for major quantitative character in some maize inbred lines. Maize Abstract, 5 (6) 3556.

22. **Misevic, D. 1990.** Genetic analysis of crosses among maize populations representing different heterotic patterns. Crop Science, 30: 997 – 1001.

23. **Ortiz, S., Madsen, W. W. And Hill, J. 2001**. Additive main effect and multiplicative interaction model for a diallel-cross analysis. Theor Apply Genet. 102:1103-1106.

24. **Rood, S. B., and Major, D.J. 1981.** Diallel analysis of the photoperiodic response of maize. Crop Science, 21: 535-541.

25. **Spaner, D., Brthwait, R. A. I. and Mather, D. E. 1996.** Diallel study of open pollinated maize varieties in Trinida. Euphytica, 90: 65-72.

26. **Stuber, C. W., Moll, R. H. and Hanson, W. D. 1966.** Genetic variance and interrelationships of six traits in a hybrid population of *Zea mays* L. Crop Science, 6: 455-458.

27. **Zhang, Y., Kang, M. S. and Lamkey, K. R. 2005.** DIALLEL – SAS05: A Comprehensive Program for Griffin's and Gardner – Eberhart Analyses. Agronomy Journal, 97: 1097 – 1106.