

مقدمه

برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های به‌نژادی در جهت بهبود عملکرد گیاهی مستلزم آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی، روابط بین صفات، میزان اثر و عمل ژن‌ها روی تظاهر صفات و همچنین میزان توارث‌پذیری صفات است (Basel and Torgot, 2005). انتخاب روش اصلاحی مناسب برای بهره‌برداری از پتانسیل ژنتیکی صفات مختلف زراعی در یک گیاه بستگی به نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده یک صفت و نحوه توارث آنها دارد (Akhtar and Chowdhry, 2006). کومار و گوپتا (Kumar and Gupta, 2003) در تجزیه ژنتیکی صفات تعداد روز تا ظهور گل تاجی، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال و عملکرد دانه در اینبرد لاین‌های ذرت دریافتند که اجزای واریانس غالبیت و افزایشی نقش مهم و معنی‌داری در کنترل کلیه صفات به جز عملکرد دانه دارند. نتایج آزمایش اولاکوجو و اولاوی (Olakojo and Olaoye, 2005) نشان داد که برای ارتفاع بوته در ذرت، اثرات افزایشی ژن نقش مهمی داشت. گارسسیا و همکاران (Garcia et al., 2005) نشان دادند که درجه وراثت‌پذیری برای ارتفاع بوته و ارتفاع بلال متنوع می‌باشد.

تجزیه لاین \times تستر یک رویکرد مناسب برای تشخیص لاین‌های برتر برای تلاقی صفات مورد نظر می‌باشد. در بسیاری از مطالعات برای تعیین والدین مناسب از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) صفات و برای برآورد تلاقی از قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) صفات استفاده می‌شود. اکبر و همکاران (Akbar et al., 2008) نشان دادند که اثرات GCA و SCA برای انتخاب لاین‌ها بسیار حایز اهمیت بوده و اثر GCA در وزن هزار دانه در شرایط دمایی بالا غیر معنی‌دار می‌باشد. برآوردهای ترکیب‌پذیری واریانس‌های افزایشی و غالبیت عمدتاً براساس تلاقی‌های دی‌آلل انجام می‌شود، ولی روش تلاقی

لاین \times تستر که در سال ۱۹۵۷ توسط کمپتورن (Kempthorn, 1957) ارائه شد، گسترش روش تاپ-کراس است که در آن بیش از یک تستر به کار برده می‌شود (Sing, 1998). با این روش می‌توان اجزای واریانس ژنتیکی یعنی واریانس افزایشی (σ_A^2) و واریانس غالبیت (σ_D^2) را نیز برآورد کرد (Farshadfar, 1997). برای ارزیابی ترکیب‌پذیری، روش‌های مختلفی وجود دارد و در صورت زیاد بودن تعداد لاین‌ها کار چندان ساده‌ای نیست. از روش لاین \times تستر خصوصاً برای ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین استفاده می‌گردد. برای برآورد اثرات ژن نیز از این روش می‌توان استفاده نمود.

دستیابی به لاین‌های نر عقیم می‌تواند گرده‌افشانی را به صورت اقتصادی کنترل کند. اخیراً در بسیاری از گونه‌های گیاهی بذر هیبریدهای F_1 با استفاده از نر عقیمی ایجاد می‌شود (He et al., 2009) برای ارزیابی و تعیین بهترین هیبرید بایستی ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی را بدست آورد، به این معنی که در تهیه هیبریدها باید از هر دو واریانس افزایشی و غیرافزایشی استفاده شود (Sing et al., 1998)، در حالی که توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی انعکاس اهمیت اثر غیرافزایشی در ترکیب هیبریدهای حساس است (Basal and Turgut, 2005). برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی به اصلاحگران کمک می‌کند تا در مورد برنامه‌های اصلاحی و استراتژی‌های گزینش ژنوتیپ‌ها تصمیم‌گیری نمایند (De la Vega and Chapman, 2006). پراساد و ساستری (Prasad and Sastry, 1987) از این روش برای شناسایی والدین و هیبریدهای قابل استفاده در برنامه‌های اصلاحی ذرت استفاده نمودند. پس از معرفی این روش محققان زیادی از آن استفاده کرده و نتایج ارزشمندی به دست آوردند (Shree et al., 1992; Choukan, 1999).

هدف از اجرای این آزمایش، برآورد ترکیب‌پذیری

در ۳۰ لاین ذرت و مطالعه نحوه عمل ژن‌های موثر در تظاهر صفات گیاهی مرتبط با عملکرد دانه بوده است.

۷۵ سانتی‌متر، با سه بذر در هر کپه کشت و در مرحله سه تا پنج برگی تنک و در هر کپه یک بوته نگهداری شد. پس از تهیه زمین به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (P_2O_5) از منبع فسفات آمونیوم و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) استفاده شد. کل کود فسفات و نیمی از کود نیتروژن در زمان کاشت و نیمی دیگر از آن در مرحله هفت برگی به صورت سرک استفاده شد. این تحقیق در دو آزمایش جداگانه با شرایط کاشت یکسان و با آبیاری متفاوت انجام شد، در حالت اول، آبیاری معمول به صورت هفتگی و در آزمایش دوم آبیاری هر ۱۴ روز یکبار انجام شد. در هر آبیاری میزان آب آبیاری استفاده از کنتورهای هیدروفلوم اندازه‌گیری شده و رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد (Soltani, 1998).

به منظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نوع اثرات ژن، تعداد ۳۰ لاین خالص با تسترهای K19, K18, MO17 و K19/1 که لاین‌های اینبرد تجاری متوسط و دیررس هستند (جدول ۱) از طریق تلاقی لاین × تستر مورد مطالعه قرار گرفتند. در مجموع ۱۲۰ هیبرید حاصل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، عمق دانه، ارتفاع بلال، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه بلال و تعداد دانه در ردیف بلال بودند. هر هیبرید در یک خط ۳۲ کپه‌ای به فاصله ۸ سانتی‌متر و فاصله خطوط

مواد و روش‌ها

جدول ۱ - اسامی لاین‌های ذرت مورد استفاده در آزمایش

Table 1. The name of maize lines used in the experiment

| No. | Maize lines | No. | Maize lines | No. | Maize lines |
|-----|------------------------|-----|--------------------------|-----|-------------|
| 1 | K166B | 11 | KLM77007/7-3-1-2-1-2-1-2 | 21 | K1263/14-2 |
| 2 | A679 | 12 | KLM77020/1-1-2-1-1-1-1 | 22 | K3544/4 |
| 3 | K3615/2 | 13 | KLM77021/4-1-2-1-2-3-1 | 23 | K3544/3 |
| 4 | K3640/5 | 14 | KLM76012/1-3-1-1-1-2-1-1 | 24 | K3547/3 |
| 5 | K3653/2 | 15 | K47/2-2-1-3-1-1-1-1 | 25 | K3615/1 |
| 6 | K3651/2 | 16 | K47/2-2-1-4-1-1-1-1 | 26 | K3640/2 |
| 7 | K3547/5 | 17 | K47/2-2-1-19-1-1-1-1 | 27 | K3640/3 |
| 8 | K3493/1-1 | 18 | K47/2-2-1-21-2-1-1-1 | 28 | K3640/5-1 |
| 9 | KLM77007/7-2-6-3-1-3-1 | 19 | K47/2-2-1-21-3-1-1-1 | 29 | K3640/6 |
| 10 | KLM77007/7-3-1-2-1-1-1 | 20 | K48/3-1-2-7-1-1-1-1 | 30 | K3640/8 |

هیبریدها برای کلیه صفات در هر دو شرایط مشاهده شد که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی بین تلاقی‌ها از نظر صفات مزبور بود.

بر اساس اطلاعات جدول‌های ۲ و ۳ صفاتی که بین لاین‌ها و تسترهای آنها تفاوت معنی‌دار داشت، نشان‌دهنده اثرات افزایشی برای کنترل آن صفات بود و تفاوت غیر معنی‌دار بین لاین‌ها و تسترها در صفات

نتایج و بحث

نتایج تجزیه وایانس، اختلاف معنی‌داری را بین هیبریدها برای تمام صفات مورد بررسی به استثنای تعداد دانه در ردیف در شرایط آبیاری معمول نشان داد (جدول ۲) (برای صفت تعداد دانه در ردیف در شرایط آبیاری معمول به علت غیر معنی‌دار بودن هیبریدها تجزیه لاین × تستر انجام نشد). اختلاف معنی‌دار بین

جدول ۲- تجزیه واریانس لاین × تستر برای صفات گیاهی ذرت در شرایط آبیاری معمول

Table 2. Analysis of variance for line×tester for plant characteristics in normal irrigation condition

| SOV | منابع تغییر | درجه آزادی d.f | میانگین مربعات (MS) | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|---|--------------------------|-------------------------------------|
| | | | عملکرد دانه Kernel yield | ارتفاع بوته Plant height | ارتفاع بلال Ear height | تعداد دانه در ردیف بلال Kernel.row ⁻¹ | تعداد ردیف دانه در بلال Kernel row.ear ⁻¹ | عمق دانه Kernel depth | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight |
| Replication | تکرار | 2 | 3.930 ^{ns} | 311.34 ^{**} | 0.14 ^{ns} | 7.2898 ^{ns} | 7.952 ^{**} | 0.048 ^{ns} | 447.35 ^{**} |
| Hybrid | هیبرید | 119 | 12.830 ^{**} | 656.27 ^{**} | 344.78 ^{**} | 14.058 ^{**} | 1.011 ^{ns} | 0.031 ^{**} | 2364.0 ^{**} |
| Line | لاین | 29 | 11.608 ^{ns} | 517.12 ^{ns} | 131.41 ^{ns} | 18.870 ^{ns} | 0.878 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 2152.3 ^{ns} |
| Tester | تستر | 3 | 29.463 ^{ns} | 2711.57 ^{**} | 1777.07 ^{**} | 0.788 ^{ns} | 0.713 ^{ns} | 0.005 ^{ns} | 3315.3 ^{ns} |
| Line×Tester | لاین × تستر | 87 | 12.66 ^{**} | 631.79 ^{**} | 366.52 ^{**} | 12.912 [*] | 1.066 ^{ns} | 0.029 ^{**} | 2401.8 ^{**} |
| Error | خطا | 238 | 1.507 | 57.27 | 21.2 | 5.059 | 1.059 | 0.019 | 82.86 |
| SEσ ² _A | انحراف معیار افزایشی | | 0.0037 | 0.6825 | -1.075 | 0.068 | - | 0.0001 | 2.224 |
| SEσ ² _D | انحراف معیار غیر افزایشی | | 44.62 | 2298 | 1381.2 | 31.41 | - | 0.047 | 9275.7 |
| σ ² _{aca} /σ ² _{sca} | | | 0.00008 | 0.0002 | -0.001 | 0.002 | - | 0.0028 | -0.0002 |

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس لاین × تستر برای صفات گیاهی ذرت در شرایط تنش خشکی

Table 3. Analysis of variance for line× tester for plant characteristics in drought stress condition

| SOV | منابع تغییر | درجه آزادی d.f | میانگین مربعات (MS) | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|---|--------------------------|-------------------------------------|
| | | | عملکرد دانه Kernel yield | ارتفاع بوته Plant height | ارتفاع بلال Ear height | تعداد دانه در ردیف بلال Kernel.row ⁻¹ | تعداد ردیف دانه در بلال Kernel row.ear ⁻¹ | عمق دانه Kernel depth | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight |
| Replication | تکرار | 2 | 0.55 ^{ns} | 108.54 ^{**} | 271.28 ^{**} | 38.5 ^{ns} | 1.62 ^{ns} | 0.0001 ^{ns} | 7.26 ^{ns} |
| Hybrid | هیبرید | 119 | 2.78 ^{**} | 167.16 ^{**} | 745.15 ^{**} | 42.53 ^{**} | 5.58 ^{**} | 0.0311 ^{**} | 3523.99 ^{**} |
| Line | لاین | 29 | 2.09 ^{ns} | 162.50 ^{ns} | 933.08 ^{ns} | 92.54 ^{ns} | 3.86 ^{ns} | 0.0479 ^{**} | 2384.87 ^{ns} |
| Tester | تستر | 3 | 27.73 ^{**} | 57.011 ^{ns} | 773.96 ^{ns} | 67.17 ^{**} | 79.97 ^{**} | 0.0297 ^{ns} | 3575.03 ^{**} |
| Line×Tester | لاین × تستر | 87 | 2.15 ^{**} | 172.50 ^{**} | 681.51 ^{**} | 63.48 ^{**} | 3.58 ^{**} | 0.02566 ^{**} | 2812.28 ^{**} |
| Error | خطا | 238 | 0.57 | 17.262 | 34.84 | 72.6 | 0.7399 | 0.004234 | 130.72 |
| SEσ ² _A | انحراف معیار افزایشی | | 0.027 | -0.263 | 3.568 | 0.35 | 0.087 | 0.003 | 29.32 |
| SEσ ² _D | انحراف معیار غیر افزایشی | | 6.321 | 620.99 | 2586.6 | 167.65 | 11.38 | 0.086 | 10726.2 |
| σ ² _{aca} /σ ² _{sca} | | | 0.004 | -0.0004 | 0.001 | 0/002 | 0.008 | 0.004 | 0.002 |

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

در بیشتر تحقیقات نقش اثرات غیرافزایشی ژن (ها) برای وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه گزارش شده است (Choukan, 1998; Konak *et al.*, 1999; Nestares *et al.*, 1999; Singh *et al.*, 1998). رایس و همکاران (Rissiet *al.*, 1991) برای عملکرد دانه نقش اثرات افزایشی را مهم تر ذکر کرده‌اند. این اختلاف در نتایج می‌تواند ناشی از روش آزمون مواد آزمایشی، تفاوت‌های بین مواد ژنتیکی و یا استفاده از پارامترهای مختلف برای برآورد عمل ژنی باشد (Konak, 1999). وجود هر دو اثرات افزایشی و غیرافزایشی واریانس ژنتیکی نشان دهنده لزوم بهره‌گیری از هر دو اجزای تثبیت‌پذیر و غیر تثبیت‌پذیر واریانس ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی ذرت می‌باشد.

با توجه به اینکه اثر تلاقی‌ها برای صفات (به استثنای تعداد ردیف دانه در شرایط آبیاری معمول) معنی‌دار بود، مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی برای کلیه لاین‌ها و تستر‌ها در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی برآورد گردید (جدول‌های ۴ و ۵). نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها برای هر صفت وجود داشت. از آنجا که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثرات افزایشی ژن‌ها می‌باشد، وجود تفاوت بین اثرات ترکیب‌پذیری عمومی نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی در منشاء لاین‌ها برای صفات مورد نظر می‌باشد، بنابراین لاین‌هایی که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی نسبتاً بالاتری هستند، برای صفات مزبور مناسب‌تر به نظر می‌رسند. برای صفات عملکرد دانه لاین ۱۸، ارتفاع بوته لاین ۲۵، ارتفاع بلال لاین ۳۰ و وزن هزار دانه لاین‌های ۹ و ۱۱ در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی ترکیب‌پذیری عمومی بالایی را نشان دادند. در شرایط تنش خشکی برای صفت عملکرد دانه، لاین‌های ۶، ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۳۰ ارتفاع بوته لاین‌های شماره ۲، ۴، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۱، ۲۴، ۲۵ و ۳۰ برای ارتفاع بلال لاین‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۳، ۲۱ و ۳۰ برای صفت تعداد دانه در ردیف لاینهای

مورد بررسی نشان‌دهنده اثرات غیرافزایشی بود. در اصلاح نباتات گزینش برای اثرات افزایشی مطمئن‌تر بوده و در نتیجه انتقال صفات دارای واریانس افزایشی به نسل‌های بعدی آسان‌تر است. معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین \times تستر نشان داد که واکنش لاین‌ها با تسترهای مختلف برای صفات مربوطه متفاوت بوده و حاکی از نقش اثر ژن غالبیت و غیرافزایشی در کنترل صفات مزبور بوده و ترکیب‌پذیری خصوصی بین تلاقی‌ها را نشان می‌دهد، بنابراین به نظر می‌رسد که هر دو اثر ژن افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات نقش داشتند. لازم به ذکر است که برای معنی‌دار شدن قوی اثر تلاقی‌های مربوط به یک صفت، لازم نیست که همه اجزای آن (لاین‌ها، تسترها و لاین \times تستر) معنی‌دار شوند، بلکه معنی‌دار شدن حتی فقط یک جزء می‌تواند باعث معنی‌دار شدن آن گردد. البته عکس این مطلب صادق نیست (Kemptrorn, 1975)

اگر نسبت $\sigma_{gca}^2 / \sigma_{sca}^2$ بزرگتر از یک باشد، نشان دهنده واریانس ژنتیکی افزایشی و در صورت کمتر بودن از یک، نشان دهنده اهمیت واریانس غیرافزایشی می‌باشد. برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، عمق دانه، وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه بلال در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی نقش واریانس غیرافزایشی (SCA) نسبت به واریانس افزایشی (GCA) بیشتر بوده و برآورد منفی یا صفر برای اجزای واریانس بر اساس نظر ماتر و جینکز (Mather and Jinks, 1982) و روی (Roy, 2000) می‌تواند ناشی از عدم کفایت مدل آماری و ژنتیکی، عدم کفایت نمونه‌برداری از جمعیت مرجع، خطای نمونه‌برداری در برآوردها و ضعف طرح آزمایشی باشد. در ذرت نقش بیشتر اثرات غیرافزایشی برای ارتفاع بوته توسط سینگ و سینگ (Singh and Singh, 1998) گزارش گردیده، در حالیکه کونا و همکاران (Konak *et al.*, 1999) اثرات افزایشی گزارش کرده‌اند.

جدول ۴- مقادیر ترکیب پذیری عمومی لاین های ذرت برای صفات مورد ارزیابی در شرایط آبیاری معمولی

Table 4. General combining ability of maize lines and testers for evaluated traits in normal irrigation condition

| شماره لاین No. | عملکرد دانه Kernel yield | ارتفاع بوته Plant height | ارتفاع بلال Ear height | تعداد دانه در ردیف بلال Kernel.row ¹ | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight | عمق دانه Kernel depth |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 | -0.918 | -12.113 | -2.686 | 1.669** | 6.722** | -0.147 |
| 2 | -0.941 | 8.886** | 1.230 | 2.252** | -8.02* | 0.009 |
| 3 | 0.198 | 2.052 | 0.980 | 1.586 | 16.138** | 0.003 |
| 4 | -1.459 | 1.636 | 1.397 | -0.830 | -14.694 | 0.0008 |
| 5 | 0.904** | -11.363 | -3.8527 | 0.086 | 1.3648 | 0.0342 |
| 6 | 0.36 | 1.969 | -1.186 | -0.580 | -12.777 | 0.0508 |
| 7 | -1.2058 | -3.197 | 0.147 | 0.0027 | 16.055** | -0.007 |
| 8 | -0.932 | 5.052** | 0.730 | -0.913 | -1.44 | -0.039 |
| 9 | -0.922 | -2.613 | 2.147 | -0.163 | 20.722** | 0.096** |
| 10 | 1.476** | -4.947 | -2.769 | 0.336 | 3.305 | -0.011 |
| 11 | 0.138 | 4.469* | 3.147** | 1.086 | 9.805** | -0.053 |
| 12 | 0.812** | -12.947 | -1.852 | 0.002 | 0.888 | 0.048 |
| 13 | -1.109 | 4.302* | 1.647 | 1.586** | 18.888** | -0.0157 |
| 14 | -0.549 | 6.969** | -0.602 | -0.413 | 3.138* | -0.0032 |
| 15 | 0.175 | 10.05** | 4.813** | -2.830 | -20.027 | -0.069 |
| 16 | 1.116** | 2.2194 | -3.019 | 0.669* | -8.527* | 0.012 |
| 17 | -0.199 | 3.552 | -5.436 | -1.580 | -0.027 | 0.055 |
| 18 | 1.026** | -1.113 | -0.686 | -1.497 | -10.194 | -0.018 |
| 19 | 1.5173** | -0.780 | -7.102 | -0.663 | 9.888** | -0.119 |
| 20 | -0.115 | -3.197 | 0.813 | -0.247 | 3.305 | -0.097 |
| 21 | -1.369 | 14.80** | 1.313 | -1.747 | 9.722** | 0.080* |
| 22 | -0.374 | -7.780 | 1.480 | 0.336 | -15.777 | 0.046 |
| 23 | 1.575** | -0.530 | 2.730* | 0.252 | 1.888 | 0.006 |
| 24 | -1.034 | 1.719 | 6.147** | 1.502** | -1.861 | -0.011 |
| 25 | -1.278 | 7.386** | 3.897** | -1.163 | 8.0556** | 0.042 |
| 26 | 0.859** | -3.697 | -3.102 | 1.336* | 11.472** | 0.021 |
| 27 | 0.852** | -8.697 | -3.769 | -1.997 | 16.055** | -0.011 |
| 28 | -0.577 | -1.280 | 2.397 | -0.413 | -15.611 | 0.04672 |
| 29 | 0.907** | 0.802 | -4.602 | 0.919 | -21.694 | 0.063* |
| 30 | 1.060** | -1.613 | 5.647** | 1.419* | 6.805** | 0.04672 |
| SE _{gi} | 0.306 | 1.891 | 1.151 | 0.562 | 2.275 | 0.034 |
| SE (g _i -g _j) | 0.434 | 2.675 | 1.628 | 0.795 | 3.218 | 0.049 |
| Tester 1 | 0.806** | -0.2638 | -2.380 | -0.091 | -0.1 | -0.011 |
| Tester 2 | -0.32 | 0.5805 | 1.8861** | -0.069 | -4.51 | 0.004 |
| Tester 3 | -0.475 | 6.54722** | 5.2417** | 0.0861 | 8.611** | 0.002 |
| Tester 4 | -0.007 | -6.86389 | -4.747 | 0.075 | -4 | 0.003 |
| SE _{gi} | 0.09831 | 0.6059 | 0.368 | 0.18009 | 0.7287 | 0.0111 |
| SE(g _i -g _j) | 1.3903 | 0.85688 | 0.52138 | 0.25468 | 1.0306 | 0.01583 |

*and** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

"برآورد ترکیب پذیری اثر ژن در لاین‌های ذرت"

جدول ۵- مقادیر ترکیب پذیری عمومی لاین‌های ذرت برای صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش خشکی

Table 5. Genera combining ability of maize lines and testers for evaluated traits in drought stress condition

| شماره لاین No. | عملکرد دانه Kernel yield | ارتفاع بوته Plant height | ارتفاع بلال Ear height | تعداد دانه در ردیف Kernel.row ⁻¹ | تعداد ردیف دانه Kernel row.ear ⁻¹ | عمق دانه Kernel depth | وزن هزاردانه 1000 Kernel weight |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|---|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | -0.0123 | -12.052 | -4.4388 | 1.8464** | 0.5060* | 0.075** | 7.525** |
| 2 | -0.4923 | 12.613** | 2.8111** | -2.4202 | 0.6393** | -0.0152 | 4.1917 |
| 3 | 0.0081 | -10.969 | -0.4388 | -1.1368 | 0.3393 | 0.0284 | -20.3917 |
| 4 | -0.2198 | 13.363** | 3.7277** | -2.2035 | 0.8060** | -0.0727 | 9.6083** |
| 5 | -0.1048 | -6.969 | -5.7722 | 4.2214** | 0.2393 | -0.0119 | -7.0583 |
| 6 | 0.7056** | 1.6139 | 5.9777** | 2.0739** | 0.6727** | 0.0198 | -8.3083 |
| 7 | 0.0101 | -2.1361 | -2.6055 | 0.9797 | -0.3106 | -0.0373 | 4.9417 |
| 8 | 0.0262 | 6.0306** | 3.4777** | -2.3785 | -0.6356 | -0.0377 | -3.725 |
| 9 | -0.5856 | -2.969 | -1.6055 | 1.4964** | -0.8606 | -0.0102 | 24.608** |
| 10 | -0.2323 | 19.280** | 6.0611** | -0.2702 | -0.7272 | -0.1036 | 1.6917 |
| 11 | 0.3376 | -2.8028 | -3.5222 | 0.1131 | -1.3106 | -0.4902 | 25.1917** |
| 12 | 0.1821 | -2.2194 | 0.4777 | -1.0952 | 0.6393 | 0.0222 | -3.3083 |
| 13 | -0.5713 | 2.6972 | 3.0611** | -2.0785 | -0.0772 | 0.01557 | 15.441** |
| 14 | -0.0098 | -0.8861 | -1.8555 | 1.8214** | 0.4810 | 0.0772** | -17.475 |
| 15 | 0.6162** | 6.8639** | -7.5222 | 0.8464 | 0.7893** | 0.02973 | -12.475 |
| 16 | 0.4949** | -6.3028 | -1.0222 | -0.2368 | -0.1772 | 0.01723 | -12.0583 |
| 17 | 0.1427 | -2.8861 | -1.438 | 1.3131** | 0.4560 | 0.0422** | -7.6417 |
| 18 | 0.8330** | -1.6361 | 1.894 | 0.6922 | 0.1477 | 0.0930** | 6.275* |
| 19 | 0.0214 | 0.0306 | -2.3555 | 3.1297** | 0.3560 | -0.0261 | -31.475 |
| 20 | -0.1981 | -4.2194 | 1.9777 | -0.9502 | -0.1772 | 0.0414* | -18.1417 |
| 21 | -1.0446 | 5.7806** | 3.3944** | -0.6868 | 0.1060 | 0.1355 | -7.8917 |
| 22 | -0.1117 | -9.9694 | 1.9777 | 2.3131** | 0.6727** | 0.0784** | 20.858** |
| 23 | 0.4815* | -0.4694 | -0.8555 | 0.6131 | 0.1560 | -0.0386 | 7.4417** |
| 24 | -0.0915 | 13.1139** | -3.3555 | 0.3072 | -0.2722 | -0.0706 | 8.441** |
| 25 | -0.1008 | 13.7806** | -3.1055 | 0.4406 | -0.2389 | 0.0409* | 1.025 |
| 26 | -0.2359 | -4.3028 | 0.5611 | -0.1868 | -0.4606 | -0.004 | 9.1917** |
| 27 | 0.1091 | -8.6361 | 1.1444 | -1.2702 | 0.1393 | -0.0596 | 16.358** |
| 28 | -0.5898 | -17.6361 | -2.5222 | 0.5506 | -0.4772 | 0.0151 | 11.27** |
| 29 | 0.1750 | -7.4694 | -2.68889 | -7.4243 | -0.9772 | -0.1713 | -19.558 |
| 30 | 0.4572** | 9.3639** | 8.5611** | -0.4202 | -0.4439 | -0.0244 | -4.558 |
| se _{gi} | 0.1898 | 1.4757 | 1.03867 | 0.6483 | 0.0512 | 0.0162 | 2.583 |
| Se (g _i -g _j) | 0.26852 | 2.08697 | 1.46891 | 0.9169 | 0.3041 | 0.0230 | 4.0422 |
| Tester 1 | 0.79715** | -3.4527 | 0.6388 | -0.5282 | -1/2577 | -0.0094 | 17.2528** |
| Tester 2 | -0.0968 | -0.8305 | -1.0611 | 0.9776** | 0/1007 | 0.0267** | -9.3917 |
| Tester 3 | -0.2186 | 3.5583 | -0.1611 | 3.0245** | 0/1287 | -0.0042 | 15.5083** |
| Tester 4 | -0.4816 | 0.7250 | 0.5833 | 1.2896** | 1/0282** | -0.013 | -23.3694 |
| Seg _i | 0.0608 | 0.4726 | 0.3326 | 0.2367 | 0/0785 | 0.0520 | 0.91540 |
| Se(g _i -g _j) | 0.0859 | 0/6683 | 0/4704 | 0.3348 | 0/1110 | 0.7367 | 1.29457 |

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶- مقادیر ترکیب پذیری خصوصی تلاقی لاین تستر برای صفات گیاهی ذرت در شرایط آبیاری معمول

Table 6. Specific combining ability of lines and testers for plant characteristics in normal irrigation condition

| Line | Kernel yield in stress condition | | | | Kernel yield in normal condition | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|---------|---------|---------|
| | Tester | | | | Tester | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0.57585 | 0.08215 | -0.1746 | -0.48333 | 4.581** | -1.740° | 0.0985 | -2.939 |
| 2 | 0.22727 | 0.48923 | -0.8975° | 0.18109 | -0.150 | 1.769 | -0.851 | -0.767 |
| 3 | -0.9422° | -0.2362 | 1.3085** | -0.13008 | 2.587** | -0.311 | -0.827 | -1.447 |
| 4 | -0.4479 | 0.63765 | -0.3941 | 0.20451 | -0.175 | -0.182 | 0.56 | -0.202 |
| 5 | 0.06077 | -0.1819 | -0.0470 | 0.16826 | 1.514** | -3.453 | -1.383 | 3.322** |
| 6 | 0.60785 | -1.3631** | 0.32466 | 0.43067 | -1.568 | 0.29 | -0.063 | 1.33** |
| 7 | -1.2226** | -0.5733 | 0.99983** | 0.79617° | -0.040 | -1.338 | 0.847 | 0.531 |
| 8 | -0.1554 | -0.2791 | 0.27141 | 0.16309 | -1.138 | -0.698 | 2.911** | -1.073 |
| 9 | -0.3271 | 0.29615 | -0.0806 | 0.11167 | 0.297 | -0.77 | 0.461 | 0.014 |
| 10 | -0.6507 | -0.6417 | 0.44574 | 0.84676° | -0.245 | -3.131 | 3.906** | -0.529 |
| 11 | 0.84093° | -1.0501** | -0.1715 | 0.38076 | 0.057 | -1.698 | 3.219** | -1.578 |
| 12 | -0.1049 | -0.5249 | -0.0284 | 0.65826 | 2.225** | -2.293 | -1.902 | 1.971** |
| 13 | -0.1508 | -0.4671 | 0.38499 | 0.23301 | 1.821** | -1.782 | 0.244 | -0.28 |
| 14 | 0.33677 | -0.5172 | -0.2200 | 0.40059 | 0.020 | 0.037 | 0.071 | -0.129 |
| 15 | -0.5444 | 1.8919** | -0.2725 | -1.0749** | -0.127 | 2.709** | -1.77 | -0.808 |
| 16 | -0.2570 | 1.01357** | -0.6525 | -0.10391 | -0.971 | 3.369** | -0.511 | -1.886 |
| 17 | -1.0059** | 1.34773** | 0.23358 | -0.57541 | -0.330 | 1.770** | -1.015 | -0.424 |
| 18 | 1.73052** | -0.1275 | -0.5353 | -1.0676** | 0.860 | -2.217 | 2.368** | -1.011 |
| 19 | 0.17443 | -0.0312 | -0.1680 | 0.02492 | -0.040 | -2.93 | 2.807** | 0.164 |
| 20 | -0.4306 | 1.19232** | -0.4195 | -0.34216 | 1.789** | -0.299 | -0.740 | -0.749 |
| 21 | 0.07552 | -0.0118 | -0.7993° | 0.73567 | -0.3740 | 0.218 | -3.305 | 3.461** |
| 22 | 1.0616** | -0.8057** | 0.03108 | -0.28691 | -0.592 | -0.735 | -1.265 | 2.593** |
| 23 | 0.89835° | 1.90232** | -1.4441** | -1.3564** | -3.010 | 3.764** | -1.456 | 0.702 |
| 24 | -0.5029 | 0.04407 | 0.01191 | 0.44692 | -0.148 | -0.241 | -1.310 | 1.702** |
| 25 | -0.3759 | -0.0476 | 0.58658 | -0.16308 | -1.360 | 3.015** | -2.24 | 0.593 |
| 26 | 1.14652** | 0.97882** | -1.6746** | -0.45066 | -0.164° | 1.298 | -1.698 | 0.563 |
| 27 | -0.2355 | 0.02607 | -0.00009 | 0.20959 | -0.787 | 1.460** | -2.470 | 1.797** |
| 28 | -0.2742 | -0.7042 | 0.41591 | 0.56259 | -1.344 | 0.081 | 0.673 | 0.589 |
| 29 | 0.55618 | -0.5415 | 0.84999 | -0.86466° | -1.215 | 3.005** | 1.163** | -2.958 |
| 30 | -0.6640 | -1.7971° | 2.11641** | 0.34476 | -1.970 | 1.030 | 3.488** | -2.548 |
| Sesij | 0.613 | | | | 1.124 | | | |
| Se(S _{ij} -S _{kl}) | 0.868 | | | | 1.590 | | | |

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

و*: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

کرد. در فرآیند اصلاحی ذرت نبایستی هدف یافتن بهترین لاین خالص باشد، بلکه هدف یافتن بهترین ترکیب هیبریدی است که از نظر ژنوتیپی و فنوتیپی مناسب باشد، زیرا مشاهده شده است که ترکیب بهترین لاین‌ها به لحاظ قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی همیشه بهترین هیبرید را تولید نخواهد کرد. در گیاهانی مانند ذرت که هدف نهایی عمدتاً عملکرد دانه است، تاکید بر عملکرد دانه و نیز نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به این صفت می‌تواند به عنوان

۱، ۵، ۶، ۹، ۱۴، ۱۷، ۱۹ و ۲۲، برای صفت تعداد ردیف دانه لاین‌های ۲، ۴، ۶، ۱۵ و ۲۲، برای صفت عمق دانه لاین‌های ۱، ۱۴، ۱۷، ۱۸ و ۲۲ و وزن هزار دانه لاین‌های ۱، ۴، ۹، ۱۱، ۱۳، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۶، ۲۷ و ۲۸ در سطح احتمال یک درصد تفاوت مثبت و معنی‌داری را نشان دادند. چوکان (Choukan., 1998) نیز معنی‌داری ترکیب‌پذیری عمومی عملکرد دانه را متأثر از ترکیب‌پذیری عمومی اجزای عملکرد، بخصوص تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال اعلام

تلاقی‌ها را نشان می‌دهد و در این آزمایش برای عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب هیبریدهای حاصل از تلاقی $T1 \times L1$ و $T2 \times L23$ و $T3 \times L10$ و $T4 \times L21$ و در شرایط تنش خشکی تلاقی‌های $T1 \times L18$ و $T2 \times L23$ و $T3 \times L3$ بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشتند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای مهندس معینی و کارکنان محترم بخش ذرت و گیاهان علوفه‌ای موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و از تمام کسانی که نگارندگان را در انجام این تحقیق یاری رساندند، سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

یکی از کارآمدترین ابزارها مورد استفاده قرار گیرد، ولی در مواردی که عملکرد علوفه یا سایر مصارف گیاه مورد نظر باشد و به‌نژادگر با چندین صفت با طبیعت متفاوت مواجه باشد، تنها با تأکید بر یک صفت، امکان تهیه یک هیبرید مناسب نیست و صفات و ویژگی‌های گیاهی متفاوتی ممکن است مورد توجه قرار گیرند که ممکن است هر یک ساختار ژنتیکی خاص خود را داشته باشند. به عنوان نمونه صفاتی نظیر طول بلال، ارتفاع بلال و قطر بلال در افزایش و کاهش عملکرد موثر هستند. دارا بودن عملکرد بالا مستلزم مثبت بودن ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی در این صفات است، درحالی که گاهی این صفات با یکدیگر همخوانی ندارند. ترکیب‌پذیری خصوصی واریانس غیرافزایشی (غالبیت و اپیستازی)

References

منابع مورد استفاده

- Akbar, M., M. Saleem, F. M. Azhar, M. Yasin Ashraf, and R. Ahmad. 2008. Combining ability analysis in maize under normal and high temperature conditions. J. Agric. Res. 46(1): 27-38.
- Akhtar, N. and M. A. Chowdhry. 2006. Genetic analysis of yield and some other quantitative traits in bread wheat. Int. J. Agric. Biol. 4: 523-527.
- Basal, H. and I. Turgut. 2005. Genetic analysis of yield components and fiber strength in upland cotton (*G. hirsutum* L). Asian J. Plant Sci. 4: 3. 293-298.
- Choukan, R. 1999. Estimation of combining ability, additive and dominance variance in corn lines using line x tester cross. Seed Plant J. 15:65-73.
- De la Vega, A. J. and S. C. Chapman. 2006. Multivariate analysis to display interactions between environment and general or specific combining ability in hybrid crops. Crop Sci. 46: 957-967.
- Farshadfar, E. 1997. Plant Breeding Methodology. Razi University Press, Kermanshah, Iran. (in Persian).
- Garcia, S. A, A. C. Thuillet, J. Yu, G. Pressoir, S. M. Romero, S. E. Mitchell, J. Doebley, S. Kresovich, M. Goodman and E. S. Buckler. 2005. Maize association population: a high – resolution platform for quantitative trait locus dissection. The Plant J. 44: 1054-1064.
- He.Y., H. G. Qi, Y. C. Sun YL, and M. Z. Bao. 2009. Identification of a SCAR marker linked to a recessive male sterile gene and its application in breeding of marigold (*Tagetes erecta*). Plant Breed. 128: 92-96.
- Kempthorn, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. Jhon Wiley and Nordskog Inc. London.
- Konak, C., A. Unay, E. Serter and H. Basal. 1999. Estimation of combining ability effects, heterosis and

- heterobeltiosis by line \times tester method in maize . Turk. J. Field Crops. 4: 1-9.
- Kumar, P. and S. C. Gupta. 2003.** Genetic analysis in maize. J. Res. Birsa Agric. Univ. 15: 107-110.
- Mather, K. and J. L. Jinks. 1982.** Biometrical genetics. The study of continuous variation: (3th Ed.) Chapman and Hall, London, New York, pp. 396.
- Nestares, G., E. Frutos and G. Eyherabide. 1999.** Combining ability evaluation in orange flint lines of maize . Pesquisa Agropecua Yia Brasileira. 34: 1399-1406.
- Olakojo, S. A. and G. Olaoye .2005.** Combining ability for grain yield, agronomic traits and *Strigalutea toiernceof* maize hybrids under artificial striga infestation. Afr. J. Biotechnol. 4(9): 984- 988.
- Prasad, G. S. V, and M. V. S. Sastry. 1987.** Line \times tester analysis for combining ability and heterosis in brown planthopper-resistant varieties . Indian Agric. 31: 257-265.
- Rissi, R. De. and A. R. Hallauer. 1991.** Evaluation of four testers for evaluation maize (*Zea mays* L.) lines in a hybride development program. Revista Brasileira de Genetica, 14:467-481.
- Roy, D. 2000.** Plant Breeding, Analysis and Exploitation of variation. Alpha Science International Ltd., Pangbourne, U.K: 701pp.
- Shree, P. S., T. Henry, M. Albeiro and G. J. Ariel. 1992.** Combining ability for seed yield and it's components in common bean of Andean origin. Crop Sci.32: 81-84.
- Singh, D. N. and I. S. Singh. 1998.** Line \times tester analysis in maize (*Zea mays* L.) J. Res. Birsa Agric. Univ. 10: 177-182.
- Soltani, A. 1998.** Application of Statistical Analysis . Mashhad University Press.182 pp. (In Persian).

Estimation of combining ability and gene effect in maize lines using line × tester analysis under drought stress conditions

Hosseini, S. F.,¹ R. Choukan², M. R. Bihamta³ and A. Mohammadi⁴

ABSTRACT

Hosseini, S. F., R. Choukan, M. R. Bihamta and A. Mohammadi. 2013. Estimation of combining ability and gene effect in maize lines using line × tester under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 15(1): 60-70. (In Persian).

To estimate general combining ability, specific combining ability and gene effect, 30 maize inbred lines were crossed with four male sterile testers. One hundred and twenty developed hybrids were planted in randomized complete block design with three replications in research field station of Seed and Plant Improvement Institute of Iran (SPII), Karaj, in 2009. Kernel yield, plant height, ear height, kernel number.row⁻¹, row number.cob⁻¹, kernel depth and 1000 kernel weight were measured. Analysis of variance, in both irrigation conditions, showed significant difference among hybrids for all characteristics except the row number.cob⁻¹ in normal irrigation condition. Significant mean-square for line × tester implied that responses of lines and testers differed in two irrigation conditions. Evaluation of $\frac{\sigma_{GCA}^2}{\sigma_{SCA}^2}$ indicated that there was greater dominance variance (SCA) than additive variance (GCA) for all traits. K3651/2, K47/2-2-1-3-1-1-1-1, K47/2-2-1-4-1-1-1-1, K47/2-2-1-21-2-1-1-1, and K3640/8 inbred lines showed the highest GCA in the moisture stress condition. The highest SCA in the moisture stress condition was observed for T1 × L18, T3 × L30, T2 × L23 and T4 × L10 and the lowest SCA for T1 × L7, T2 × L30, T3 × L26, T4 × L23 combinations. Overall both additive and non-additive gene effects were involved in controlling of measured traits.

Key word: Gene effect, General combining ability, Specific combining ability, Maize, and Line × Tester.

Received: September, 2011 Accepted: March, 2013

1-MSc. Student, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2-Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: r_choukan@yahoo.com)

3-Professor, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Assistant Prof., Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran