

## تجزیه بای پلات داده‌های تلاقی دی آلل تیپ آلودگی زنگ زرد گندم Biplot Analysis of Diallel Cross Data for Infection Type of Wheat Stripe Rust

حمید دهقانی، محمد ترابی، محمد مقدم و محمدرضا قنادها

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۳/۵/۱۵

### چکیده

دهقانی، ح.، ترابی، م.، مقدم، م.، قنادها، م.، ر. ۱۳۸۶. تجزیه بای پلات داده‌های تلاقی دی آلل تیپ آلودگی زنگ زرد گندم. نهال و بذر ۲۱: ۱۲۳-۱۲۸.

تلاقی دی آلل در مطالعات ژنتیکی برای تعیین نحوه توارث صفات مهم در بین مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌ها برای تشخیص والدین برتر در تولید هیبرید و یا اصلاح ارقام استفاده می‌شود. کنترل ژنتیکی صفت تیپ آلودگی زنگ زرد در یک تلاقی دی آلل یک طرفه برای شش رقم گندم شامل، Tiritea (شاهد حساس)، Tancred، Kotare، Otane، Karamu و Briscard مورد مطالعه قرار گرفت. این ارقام به همراه ۱۵ نتاج دورگ آن‌ها برای سه پاتوتیپ زنگ زرد  $38E0A^+$ ،  $7E18A^-$  و  $134E134A^+$  ارزیابی شدند. برای هر پاتوتیپ یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای ۲۱ تیمار استفاده شد. روش بای پلات که براساس دو مولفه اصلی روی داده‌های متمرکز دی آلل بنا شده است، برای این مطالعه به کار گرفته شد. تجزیه واریانس اختلافات معنی‌دار بین ۲۱ تیمار برای صفت تیپ آلودگی نشان داد. تغییر پاتوتیپ‌ها دلیل پدیده برگشت غالبیت در اکثر تلاقی‌ها بود. رقم Briscard برای پاتوتیپ‌های  $38E0A^+$  و  $134E134A^+$  و رقم Kotare برای پاتوتیپ  $7E18A^-$  دارای بیشترین اثر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای صفت تیپ آلودگی بودند، بنا بر این در والدین مذکور به دلیل بزرگی GCA، اثر افزایشی در کنترل صفت تیپ آلودگی نقش مهمی دارند، لذا می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی برای تولید ارقام مقاوم به زنگ زرد استفاده نمود. بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) منفی در تلاقی  $Kotare \times Karamu$  برای پاتوتیپ  $7E18A^-$ ، در تلاقی  $Tiritea \times Otane$  برای پاتوتیپ  $38E0A^-$  و در تلاقی  $Briscard \times Kotare$  برای پاتوتیپ  $134E134A^+$  مشاهده شد. مقادیر SCA نشان‌دهنده اثر غالبیت برای مقادیر پایین صفت تیپ آلودگی بود. نتایج نشان داد که تیپ آلودگی به عنوان یک جزء مقاومت تحت کنترل ژنتیکی است و انتخاب برای این صفت می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی گندم مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: گندم، زنگ زرد، تیپ آلودگی، بای پلات، ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی، مولفه اصلی.

مقدمه

زنگ زرد (Yellow rust) یا زنگ نواری (Stripe rust) که عامل آن قارچ *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* می باشد، از بیماری های مهم گندم به شمار می آید. این بیماری اولین بار در ایران توسط اسفندیاری (۱۳۲۶) شناسایی شد. میزان خسارت این بیماری در سال زراعی ۱۳۷۱-۱۳۷۲ در بسیاری از مزارع ایران متجاوز از ۳۰ درصد بود و متوسط کاهش محصول در سطح ملی حدود ۱۵ درصد برآورد گردید که این مقدار معادل ۱/۵ میلیون تن گندم بود (Torabi et al., 1995).

مکانیزم اساسی کنترل زنگ زرد به کارگیری صحیح مقاومت ژنتیکی و استفاده از رقم مقاوم شناخته شده است (Johnson, 1981; Ghannadha et al., 1995; Moghaddam et al., 2002; Roelfs et al., 1992; دهقانی، ۱۳۸۰؛ نقوی و همکاران ۱۳۷۷)، اما به دلیل این که مقاومت اختصاصی پایدار نیست، محققین در جستجوی انواع دیگر مقاومت، از جمله مقاومت تدریجی (Slow rusting resistance) می باشند (Wiese, 1991). در ارقام با مقاومت تدریجی، دوره نهان طولانی تر، تیپ آلودگی پایین تر، مقدار اسپور تولیدی کمتر و جوش های تولید شده روی آن ها کوچک تر می باشد (Tsomin et al., 1990). در گزارش های متعددی همبستگی مقاومت مزرعه ای با اندازه گیری مقاومت تدریجی در برگ های

ارقام مورد مطالعه در گلخانه ارائه شده است (Wilcoxson et al., 1975; Broers, 1997). یکی از اجزای مقاومت، تیپ آلودگی می باشد که اثر متقابل میزبان و بیمارگر تعریف می شود و تحت تأثیر شرایط محیطی، سن میزبان، بافت میزبان و تراکم اسپور و زمان ارزیابی گیاه قرار می گیرد (Roelfs et al., 1992). محققین مختلفی نیز گزارش کرده اند که با کاهش تیپ آلودگی میزان مقاومت افزایش می یابد (Park and Rees, 1989; Broers, 1997). تنوع برای صفت تیپ آلودگی زرد توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است (Line et al., 1974; Broers, 1997; Ma and Singh, 1996; Moghaddam et al., 2002; Chen and Line, 1992a, b and 1993).

بنابراین استفاده از تنوع ژنتیکی موجود نیازمند تعیین نحوه عمل ژن (های) کنترل کننده مقاومت و مشخص نمودن سهم هر کدام از اجزای واریانس ژنتیکی می باشد تا با بهره برداری از قدرت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی به دست آمده و به کارگیری روش های اصلاحی متناسب از مقاومت مزبور در اصلاح برای مقاومت به زنگ زرد استفاده گردد. در این راستا چن و لاین (Chen and Line, 1995b) در یک آزمایش دی آلل  $4 \times 4$  کامل به همراه والدین و نسل های  $F_1$ ،  $F_2$ ،  $Bc_1$  و  $Bc_2$ ، وراثت پذیری عمومی را

آلودگی حاصل از تلاقی دی آلل به روش بای پلات صورت گرفت. هر چند که روش بای پلات برای آزمایش‌های ناحیه‌ای طراحی شده (Yan, 1999; Cooper *et al.*, 1997)؛ اما (Yan *et al.*, 2001; Yan *et al.*, 2000) امکان کاربرد آن برای همه داده‌های دوطرفه که ساختار ژنوتیپ-تستر دارند، از جمله داده‌های آزمایش دی آلل که در آن هر والد هم انتری (Entry) هم یک تستر (Tester) می‌باشد، فراهم است (Yan and Hunt, 2002). هدف اول این مطالعه مهیا نمودن توصیف جزئیات ساختار روش بای پلات و تفسیر نتایج GGEbiplot و هدف دوم توضیح کاربرد بای پلات و تفسیر نتایج آزمایش دی آلل برای صفت تیپ آلودگی زنگ زرد است.

#### مواد و روش‌ها

##### میزبان، عامل بیماری و آزمایش‌های گلخانه‌ای

پنج رقم گندم به نام‌های Otane، Kotare، Karamu، Briscard و Tancred با یک رقم حساس (Tiritea) در یک طرح تلاقی دی آلل یک طرفه شامل، شش والد و پانزده دورگ، مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش سه پاتوتیپ  $38E0A^+$ ،  $7E18A^-$  و  $134E134A^+$  زنگ زرد گندم پس از تعیین نژاد و نامگذاری به روش جانسون و همکاران (Johnson *et al.*, 1972) برای مایه‌زنی مصنوعی گیاهچه‌ها و انجام آزمایش‌ها در گلخانه زنگ زرد واحد پاتولوژی غلات مؤسسه

۹۵٪ و وراثت‌پذیری خصوصی را ۸۶٪-۹۵٪ برآورد نمودند. در آزمایشی ما و همکاران (Ma *et al.*, 1997) برای استفاده از زمینه ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم durum در مقاومت به زنگ زرد، تلاقی دی آلل بین پنج رقم گندم مقاوم به زنگ زرد را با یک رقم حساس (Local Red)، انجام دادند، و نحوه عمل ژن‌های کنترل‌کننده تیپ آلودگی را افزایشی گزارش کردند. نقوی و همکاران (۱۳۷۷) به منظور مطالعه و ارزیابی نحوه توارث مقاومت در تعدادی از ارقام گندم، در یک آزمایش دی آلل یک طرفه با استفاده از دو نژاد زنگ زرد گزارش نمودند که برای نژاد اول نسبت واریانس افزایشی به غیرافزایشی دارای اهمیت بیشتری بود در حالی که در مورد نژاد دوم واریانس افزایشی نسبت به غیرافزایشی از اهمیت کمتری برخوردار بود. درصد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی را برای نژاد اول به ترتیب ۹۷٪ و ۶۳٪ و برای نژاد دوم به ترتیب ۹۷٪ و ۱۲٪ مشاهده کردند. مقدم و همکاران (Moghaddam *et al.*, 2002) با استفاده از تجزیه میانگین نسل‌ها در ارزیابی مقاومت به زنگ زرد پدیده بازگشت غالبیت در دو تلاقی مختلف برای دو نژاد متفاوت زنگ زرد را مشاهده نمودند و متوسط درصد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی را به ترتیب ۶۹ و ۴۸ درصد گزارش کردند. این مطالعه برای بررسی مقاومت ژنتیکی به زنگ زرد گندم با استفاده از داده‌های تیپ

**مدل ریاضی و تجزیه داده‌ها**

برای تجزیه داده‌های از روش گرافیکی بای پلات استفاده شد. بای پلات برای اولین بار توسط گابریل (Gabriel, 1971) تشریح شد و مدل رگرسیونی SREG2 که توسط یان و همکاران (Yan et al., 2001) معرفی شده بود، برای تجزیه داده‌های دی آلل به روش بای پلات براساس دو مولفه اصلی اول و دوم به صورت زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \xi_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \xi_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

در مدل فوق  $Y_{ij}$  ارزش ژنوتیپی هر ترکیب (والد یا دورگ) بین ژنوتیپ  $i$  ام و تستر زام برای صفت مورد نظر،  $\beta_j$  میانگین همه ترکیب‌های مربوطه تستر زام،  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  مقادیر منفرد مولفه اصلی اول و دوم،  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$  بردارهای مشخصه اول و دوم برای ژنوتیپ  $i$  ام و  $\xi_{j1}$  و  $\xi_{j2}$  بردارهای مشخصه مولفه اصلی اول و دوم برای تستر زام،  $\varepsilon_{ij}$  مقادیر باقیمانده مربوط به ترکیب ژنوتیپ  $i$  ام و تستر زام می‌باشد.

در نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 1996) مقادیر منفرد با بردارهای مشخصه ترکیب می‌شود که مدل فوق به صورت زیر در می‌آید:

$$Y_{ij} - \beta_j = (\lambda_1 \xi_{i1}) \eta_{j1} + (\lambda_2 \xi_{i2}) \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

برای نمایش مولفه اصلی اول ( $PC_1$ ) و مولفه اصلی دوم ( $PC_2$ ) در یک بای پلات، مدل فوق به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y_{ij} - \beta_j = \xi_{i1}^* \eta_{j1}^* + \xi_{i2}^* \eta_{j2}^* + \varepsilon_{ij}$$

تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال ۱۳۸۰ مورد استفاده قرار گرفتند. تکثیر اسپور بر روی رقم حساس بولانی که فاقد هر گونه زن (های) مقاومت به زنگ زرد است انجام شد. اسپور تولیدی در حجم کم، در شرایط فریزر ۷۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد تا به اندازه کافی برای مایه‌زنی مصنوعی ۲۱ ترکیب تیماری (والدین و نتاج  $F_1$ ) در دسترس باشد. موقع مایه‌زنی مصنوعی، اسپورهای ذخیره شده در فریزر تحت تیمار شوک حرارتی به مدت چهار دقیقه در درجه حرارت ۴۲ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا قدرت جوانه‌زنی خود را مجدداً به دست آورند (Roelfs et al., 1992).

برای هر پاتوتیپ مورد استفاده در آزمایش، ۱۵ بذر از هر ترکیب تیماری در داخل ژرمیناتور جوانه‌زده و سپس به گلدان منتقل شدند. عملیات کاشت و مایه‌زنی مصنوعی کاملاً مشابه با روش کار دهقانی و همکاران (Dehghani et al., 2002) بود. ترکیب‌های تیماری (۲۱ تیمار) با استفاده از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای هر پاتوتیپ، به صورت جداگانه و در شرایط کاملاً مشابه و ایزوله مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از مایه‌زنی مصنوعی در روز هفدهم با استفاده از روش مک‌نیل و همکاران (McNeal et al., 1971) تیپ آلودگی یادداشت‌برداری شد.

نهایتاً مقادیر مولفه اصلی اول و دوم در مقابل یکدیگر پلات شدند. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار GGEbiplot مورد تجزیه و تحلیل گرافیکی قرار گرفتند و تجزیه بای پلات برای نتایج حاصل از واکنش والدین و هیبریدهای  $F_1$  نسبت به سه پاتوتیپ  $38E0A^+$ ،  $7E18A^-$  و  $134E134A^+$  مورد استفاده قرار گرفت. تا با استفاده از روش بای پلات بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی تعیین گروه‌های هترو تیک صورت گیرد.

**نتایج و بحث**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر تیپ آلودگی در سطح احتمال ۱٪ برای سه پاتوتیپ زنگ زرد را نشان داد. بنابراین امکان ارزیابی ژنتیکی نتایج حاصل از تلاقی دی‌آلل یک طرفه برای بررسی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی فراهم بود. تنوع ژنتیکی برای صفت تیپ آلودگی توسط محققین مختلف (Cromey, 1992؛ Chen and Line, 1995a)؛ Moghaddam *et al.*, 2002؛ نقسوی و همکاران، ۱۳۷۷) گزارش شده است. میانگین تیپ آلودگی والدین و نتاج دورگ در جدول ۲ درج شده است. نتایج حاصل، واکنش‌های متفاوت از حساس تا نیمه مقاوم برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان داد، از جمله واکنش‌های متفاوت، وجود مقاومت برای پاتوتیپ  $7E18A^-$  و واکنش حساسیت برای

که  $\eta_{jk}^* = \lambda_k^{1/2} \eta_{jk}$ ،  $\xi_{ik}^* = \lambda_k^{1/2} \xi_{ik}$  می‌باشد که مقادیر  $k$  برابر با ۱ یا ۲ خواهد بود. در روش مقیاس متقارن (Symmetrical scale) برای به دست آوردن  $Pc_1$  و  $Pc_2$  با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 1996) ماتریس داده‌ها به صورت جدول دو طرفه ژنوتیپ (ردیف) و تستر (ستون)، مهیا شد تا تجزیه‌های لازم، انجام شود (Yan and Hunt, 2002).

مولفه‌های اصلی اول و دوم براساس ماتریس واریانس-کوواریانس محاسبه شدند. بردارهای مشخصه دو مولفه اصلی ( $Pc_s$ ) برای هر ژنوتیپ  $\lambda_1 \xi_{i1}$ ،  $\lambda_2 \xi_{i2}$  و هر تستر  $\eta_{j1}$ ،  $\eta_{j2}$  و مقادیر ریشه مشخصه برای  $Pc_1$  و  $Pc_2$  می‌باشد. مقادیر منفرد برابر با حاصل ضرب ریشه مشخصه در تعداد ژنوتیپ‌ها می‌باشد که به صورت زیر محاسبه می‌گردید:

$$\lambda_k^{1/2} = \left( x_{k n} \right)^{1/4}$$

$X_k$  برابر ریشه مشخصه مولفه اصلی  $k$ ام و  $n$  تعداد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. مقادیر بردارهای مشخصه در بای پلات با تقسیم کردن بردار مشخصه ژنوتیپ‌ها و ضرب کردن مقادیر بردار مشخصه تسترها در مقادیر منفرد مربوط محاسبه شدند:

$$\xi_{ik}^* = \lambda_k^{1/2} \xi_{ik} = (\lambda_k \xi_{ik})^{1/2}$$

$$\eta_{jk}^* = \lambda_k^{1/2} \eta_{jk} = \eta_{jk} \lambda_k^{1/2}$$

پاتوتیپ  $38E0A^+$  در رقم Kotare بود که بیانگر پدیده برگشت غالبیت می‌باشد. وجود واکنش‌های متفاوت دلیلی بر وجود تنوع و امکان انتخاب برای مقاومت به زنگ زرد می‌باشد (Chen and Line, 1992a and 1993)؛ Ghannadha et al., 1995؛ (Moghaddam et al., 2002). بنابراین برای برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و تعیین بهترین هیبرید و بهترین لاین از روش بای‌پلات استفاده شد.

با توجه به این که هنوز ژن (های) مقاومت در این ارقام شناسایی نشده‌اند، تغییرات نحوه عمل ژن به وسیله پاتوتیپ‌های متفاوت به دلیل اثر متقابل بین ژن‌های مقاومت در ارقام مورد مطالعه و ژن‌های بیماری‌زایی در پاتوتیپ‌های مورد استفاده، می‌باشد (Ghannadha et al., 1995)؛ (Chen and Line, 1992 a, b, 1993)؛ (Dehghani et al., 2002)؛ (Ghannadha et al., 1995)؛ (Robbelen and Sharp, 1978).

گزارشی برای استفاده از GGEbiplot برای مقاومت به زنگ تاکنون منتشر نشده است و فقط یان و هانت (Yan and Hunt, 2002)

گزارشی برای استفاده از GGEbiplot برای مقاومت به زنگ تاکنون منتشر نشده است و فقط یان و هانت (Yan and Hunt, 2002)

گزارشی برای استفاده از GGEbiplot برای مقاومت به زنگ تاکنون منتشر نشده است و فقط یان و هانت (Yan and Hunt, 2002)

جدول ۱- میانگین مربعات تیپ آلودگی برای سه پاتوتیپ زنگ زرد گندم

Table 1. Mean squares of infection type for three pathotypes of wheat stripe rust

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	Pathotype		
			7E18A <sup>-</sup>	38E0A <sup>+</sup>	134E134A <sup>+</sup>
Replication	تکرار	2	0.718 <sup>ns</sup>	0.444 <sup>ns</sup>	0.075 <sup>ns</sup>
Genotype	ژنوتیپ	20	18.213 <sup>**</sup>	3.691 <sup>**</sup>	5.575 <sup>**</sup>
Error	اشتباه آزمایشی	40	0.706	0.844	0.525
C.V.%	ضریب تغییرات		15.36	14.62	12.99

\*\* : Significant at 1% probability level.

\*\* : معنی‌دار در سطح احتمال 1٪.

ns: Non-significant.

ns: غیر معنی‌دار.

جدول ۲- میانگین تیپ آلودگی والدین و نتاج F<sub>1</sub> برای سه پاتوتیپ زنگ زرد گندم  
 Table 2. Mean of infection type for parents and F<sub>1</sub>s for three pathotypes of wheat stripe rust

Pathotype	Genotype	Entry						
		Tiritea	Briscard	Karamu	Otane	Kotare	Tancred	
7E18A <sup>-</sup>	Tiritea	8.67 a	7.67 ab	7.67 ab	7.67 ab	7.17 abc	6.50 bcde	
	Briscard	7.67	5.5 de	5.83 cde	5.67 cde	1.00 f	6.50 bcde	
	Karamu	7.67	5.83	5.33 e	6.5 bcde	1.00 f	6.50 bcde	
	Tester	Otane	7.67	5.67	6.50	7.00 bcd	7.00 bcd	8.00 ab
		Kotare	7.17	1.00	1.00	7.00	7.00	1.33 f
		Tancred	6.50	6.50	6.50	8.00	8.00	7.17 abc
	Mean	7.56	5.36	5.47	6.97	5.20	6	
38E0A <sup>+</sup>	Tiritea	7.67 a	7.00 ab	7.50 a	5.17 cdef	7.33 ab	6.50 abc	
	Briscard	7.00	3.67 f	4.67 def	4.5 ef	5.67 bcde	6.17abcde	
	Karamu	7.50	4.67	4.83 cdef	7.00 ab	6.50 abc	4.67 def	
	Tester	Otane	5.17	4.50	7.00	6.70 abcd	6.00 abcde	6.33 abcd
		Kotare	7.33	5.67	6.50	6.00	7.00 ab	6.17 abcde
		Tancred	6.50	6.17	4.67	6.33	6.17	5.17 cdef
	Mean	6.86	5.28	5.86	5.95	6.45	5.84	
134E134A <sup>+</sup>	Tiritea	6.67 abc	6.83 ab	6.67 abc	7.32 a	7.33 a	7.50 a	
	Briscard	6.83	4.00	4.50 de	5.67 bcd	1.33 f	5.17 de	
	Karamu	6.67	4.50	4.83 de	5.33 cde	5.00 de	5.67 bcd	
	Tester	Otane	7.33	5.67	5.33	5.83 bcd	5.33 cde	5.67 bcd
		Kotare	7.33	1.33	5.00	5.33	5.83 bcd	5.67 bcd
		Tancred	7.50	5.17	5.00	5.67	5.67	5.67 bcd
	Mean	7.06	4.58	5.22	5.86	5.08	5.28	

برای هر پاتوتیپ، میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means for each pathotype followed by the same letter are not significantly different at 1% probability level according to DMRT.

نتایج حاصل از تجزیه بای پلات برای تعیین واریانس مؤلفه‌های اصلی، سهم نسبی و سهم تجمعی مؤلفه‌های اصلی در بیان واریانس کل و برای هر پاتوتیپ به صورت جداگانه در جدول ۳ درج شده است. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که برای پاتوتیپ

ضمن توصیف این روش، از آن برای بررسی مقاومت به فوزاریوم در هفت ژنوتیپ گندم در تلاقی دی‌آلل استفاده نموده‌اند. در این تحقیق از روش، بای پلات در تفسیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در مقاومت به زنگ زرد بر مبنای مطالعه فوق‌الذکر استفاده شد.

Briscard>Karamu>Tancred≈Otane>Kotare>Tiritea  
 قرار می‌گیرند و در پاتوتیپ  $134E134A^+$   
 ژنوتیپ‌ها دارای رتبه‌بندی  
 Briscard>Kotare≈Karamu>Tancred>Otane>Tiritea  
 می‌باشند. اما از آن جایی که صفت مورد مطالعه  
 صفت تیپ آلودگی می‌باشد ژنوتیپ‌های قرار  
 گرفته در ربع دوم و چهارم صفحه مختصات  
 تستر متوسط (شکل ۱) قابلیت ترکیب‌پذیری  
 بهتری برای ایجاد مقاومت به رنگ زرد  
 (یعنی تیپ آلودگی پایین) را نشان دادند. بنابراین  
 شکل ۱ نشان می‌دهد برای پاتوتیپ  $7E18A^-$   
 رقم Kotare بیشترین میزان قابلیت  
 ترکیب‌پذیری عمومی برای تیپ آلودگی پایین  
 را دارد و این رقم دارای مقاومت خوبی به زنگ  
 زرد می‌باشد و می‌توان به عنوان یک رقم مقاوم  
 برای این نژاد انتخاب شود. ارقام  
 Otane و Tiritea دارای قابلیت ترکیب‌پذیری  
 بالا، برای تیپ آلودگی بالا (حساسیت) برای  
 نژاد  $7E18A^-$  می‌باشند. در پاتوتیپ‌های  
 $38E0A^+$  و  $134E134A^+$ ، والد  
 Briscard دارای بیشترین اثر GCA (منفی) نسبت به سایر  
 والدین برای مقاومت به زنگ زرد بود، یعنی  
 براساس شکل ۱ والد مزبور در ربع دوم، با  
 بیشترین فاصله نسبت به محور عمودی ATC  
 قرار گرفته است. رتبه‌بندی ارقام  
 براساس میانگین صفت تیپ آلودگی  
 برای پاتوتیپ  $7E18A^-$  به صورت  
 Kotare<Briscard≈Karamu>Tancred<Otane<Tiritea  
 می‌باشد. این رتبه‌بندی

$7E18A^-$ ، ۹۴٪ کل تغییرات به وسیله دو مؤلفه  
 اصلی اول (۷۲٪) و دوم (۲۲٪)، برای پاتوتیپ  
 $38E0A^+$ ، ۷۲٪ کل واریانس (با سهم نسبی  
 ۴۸٪ برای مؤلفه اصلی اول و ۲۴٪ برای مؤلفه  
 اصلی دوم) و برای پاتوتیپ  $134E134A^+$ ، ۹۳٪  
 کل تغییرات به ترتیب ۶۵٪ و ۲۸٪ به وسیله  
 مؤلفه اصلی اول و دوم توضیح داده می‌شود.  
 برای رسم بای‌پلات ابتدا مقادیر نمرات مؤلفه  
 اصلی قبل از مقیاس‌بندی محاسبه شدند  
 (جدول ۴)، سپس از نمرات مقیاس‌بندی  
 شده (جدول ۵) برای رسم نمودارهای  
 بای‌پلات استفاده گردید. یان و  
 هانت (Yan and Hunt, 2002) اثر قدرت  
 ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری  
 خصوصی (SCA) را برای ژنوتیپ‌های گندم  
 براساس تعریف مختصات تستر متوسط  
 Average Tester Coordinate: (ATC)  
 مشخص نمودند. تستر متوسط دارای نمرات  $Pc_1$   
 و  $Pc_2$  برابر با متوسط نمرات  $Pc_1$  و  $Pc_2$  در همه  
 تسترها می‌باشد (Yan and Hunt, 2002). در  
 روش بای‌پلات فاصله افقی لاین تا محور  
 عمودی مختصات تستر متوسط نشان‌دهنده  
 اثر GCA لاین‌ها می‌باشد و خطوط  
 موازی عمود بر محور افقی ATC  
 رتبه‌بندی لاین‌ها نشان‌دهنده اثر GCA  
 می‌باشد (Yan and Hunt, 2002). براین اساس  
 برای پاتوتیپ  $7E18A^-$  ژنوتیپ‌ها به صورت  
 Kotare>Briscard≈Karamu>Tancred>Otane>Tiritea  
 برای پاتوتیپ  $38E0A^+$  به ترتیب



جدول ۳- سهم نسبی، سهم تجمعی و واریانس ریشه‌های مشخصه برای سه پاتوتیپ زنگ زرد گندم  
 Table 3. Relative and cumulative proportion and variance of latent roots for three pathotypes of wheat stripe rust

Pathotype	ریشه مشخصه	واریانس ریشه مشخصه	سهم نسبی	سهم تجمعی
	Latent roots	Variance of latent root	Relative proportion	Cumulative proportion
7E18A <sup>-</sup>	First	19.39	0.72	0.72
	Second	6.04	0.22	0.94
	Third	0.86	0.03	0.97
	Fourth	0.69	0.03	1.00
	Fifth	0.05	0.00	1.00
	Sixth	0.00	0.00	1.00
38E0A <sup>+</sup>	First	2.78	0.48	0.48
	Second	1.46	0.24	0.72
	Third	1.21	0.21	0.93
	Fourth	0.39	0.07	1.00
	Fifth	0.01	0.00	1.00
	Sixth	0.00	0.00	1.00
134E134A <sup>+</sup>	First	6.20	0.65	0.65
	Second	2.71	0.28	0.93
	Third	0.57	0.06	0.99
	Fourth	0.10	0.01	1.00
	Fifth	0.01	0.00	1.00
	Sixth	0.00	0.00	1.00

جدول ۴- مقادیر نمرات مؤلفه‌های اصلی، قبل از مقیاس بندی برای تیپ آلودگی سه پاتوتیپ زنگ زرد گندم  
 Table 4. Principal components scores before scaling for three pathotypes of wheat stripe rust

Pathotype	Genotype	Entries		Testers	
		Pc <sub>1</sub>	Pc <sub>2</sub>	Pc <sub>1</sub>	Pc <sub>2</sub>
		$\lambda_{11}$	$\lambda_{22}$	$\eta_{j1}$	$\eta_{j2}$
7E18A <sup>-</sup>	Tiritea	4.758	2.090	0.081	0.126
	Briscard	-0.692	-2.132	0.474	-0.316
	Karamu	-0.745	-2.038	0.507	-0.247
	Otane	3.718	2.118	0.053	0.090
	Kotare	-7.682	2.497	0.535	0.820
	Tancred	0.643	-2.535	0.472	-0.378
38E0A <sup>+</sup>	Tiritea	2.749	0.430	0.128	0.608
	Briscard	-1.789	-0.393	0.594	0.461
	Karamu	-1.342	1.063	0.676	-0.478
	Otane	0.011	-2.208	-0.082	0.009
	Kotare	0.982	0.151	0.321	0.212
	Tancred	-0.611	0.957	0.254	-0.379
134E134A <sup>+</sup>	Tiritea	4.073	0.382	-0.018	-0.092
	Briscard	-3.289	2.020	0.557	0.744
	Karamu	-0.574	-0.020	0.284	-0.012
	Otane	0.757	0.619	0.245	0.130
	Kotare	-1.540	-2.994	0.674	-0.649
	Tancred	1.573	-0.006	0.306	-0.022

Pc<sub>1</sub> and Pc<sub>2</sub> are the first and second principal components, respectively.

Pc<sub>1</sub> و Pc<sub>2</sub> به ترتیب مؤلفه‌های اصلی اول و دوم می باشند.

جدول ۵- مقادیر نمرات مؤلفه‌های اصلی برای رسم نمودارهای بای پلات تیپ آلودگی سه پاتوتیپ زنگ زرد گندم

Table 5. Principal components scores used for generating the biplot for three pathotypes of wheat stripe rust

Pathotype	Genotype	Entries		Testers	
		x-axis	y-axis	x-axis	y-axis
		$\xi_{i1}^*$	$\xi_{i2}^*$	$\eta_{j1}$	$\eta_{j2}$
7E18A <sup>-</sup>	Tiritea	1.449	0.852	0.266	0.309
	Briscard	-0.211	-0.869	1.0557	-0.776
	Karamu	-0.227	-0.831	1.0665	-0.607
	Otane	1.132	0.863	0.174	0.221
	Kotare	-2.339	1.018	1.758	2.011
	Tancred	0.169	-1.033	1.549	-0.928
38E0A <sup>+</sup>	Tiritea	1.360	0.250	0.259	1.046
	Briscard	-0.885	-0.229	1.201	0.792
	Karamu	-0.664	0.619	1.365	-0.821
	Otane	0.005	-1.285	-0.165	0.016
	Kotare	0.486	0.088	0.648	0.365
	Tancred	-0.302	0.557	0.514	-0.652
134E134A <sup>+</sup>	Tiritea	1.649	0.19	-0.045	-0.185
	Briscard	-1.332	1.005	1.377	1.495
	Karamu	-0.232	-0.010	0.700	-0.024
	Otane	0.307	0.308	0.605	0.260
	Kotare	-0.624	-1.489	1.666	-1.305
	Tancred	0.232	-0.003	0.755	-0.044

می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی جهت به دست آوردن مقاومت بیشتر مورد استفاده قرار گیرند.

در هر حال اگر چه اختلافاتی از نظر رتبه‌بندی میانگین و GCA وجود دارد، اما بای پلات به صورت صحیح و دقیق ارقام دارای بزرگترین و کوچکترین اثر GCA را برای هر سه پاتوتیپ معرفی می‌نماید. بای پلات مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی را نیز برای دورگ‌های حاصل برای هر پاتوتیپ مورد مطالعه مشخص می‌نماید. از آن جایی که اثر ترکیب‌پذیری

برای پاتوتیپ 38E0A<sup>+</sup> از قرار  
Briscard<Karamu<Otane≈Tancred<Kotare<Tiritea  
و برای پاتوتیپ 134E134A<sup>+</sup> به ترتیب  
Briscard<Karamu<Otane≈Kotare<Tancred<Tiritea  
می‌باشند که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس میانگین‌ها در توافق با رتبه‌بندی با مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ارقام می‌باشد. نتایج به دست آمده مطابق با گزارش یان و هانت (Yan and Hunt, 2002) برای بیماری فوزاریوم سنبله گندم می‌باشد. با وجود این ارقام دارای GCA منفی برای پاتوتیپ‌های مختلف



بنابراین ژنوتیپ‌ها و دورگ‌های دارای مقادیر منفی به عنوان ارقام و هیبریدهای مقاوم انتخاب می‌شوند.

وقتی که درصد تغییرات توضیح دو مؤلفه اصلی اول کاهش می‌یابد میزان توانایی بای‌پلات در تعیین و تفسیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی کاهش می‌یابد. در این تناسب نسبت مستقیم برقرار است (Yan and Hunt, 2002). این مطلب برای پاتوتیپ  $38E0A^+$  که سهم نسبی دو مؤلفه اصلی اول و دوم ۷۲٪ از کل واریانس می‌باشد صادق است و قدرت ترکیب‌پذیری به خوبی قابل تمایز نیست.

در مجموع از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، رقم Briscard دارای اثر ترکیب‌پذیری بالایی در تلاقی با سایر ارقام برای پاتوتیپ  $134E134A^+$  می‌باشد و ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ Briscard  $\times$  Kotare، بیشترین مقاومت را نشان می‌دهد. به دلیل این که هر دو رقم در ربع دوم و چهارم قرار گرفته‌اند و دارای بیشترین فاصله از ATC می‌باشند و از طرفی برای کلیه ۲۱ ترکیب بیماری ۹۳٪ تغییرات را که سهم بسیار بالایی از کل تغییرات می‌باشد، دو مؤلفه اصلی توضیح می‌دهند و بنابراین ترکیب‌پذیری توسط بای‌پلات قابل توصیف است.

بر اساس بای‌پلات در پاتوتیپ  $7E18A^-$  دو گروه هتروتیک، یک گروه فقط شامل رقم Kotare و گروه دیگر شامل سه رقم Karamu

عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی اورتوگونال هستند، بنابراین فاصله ژنوتیپ با محور افقی ATC نشانگر اثر SCA برای ارقام مختلف در یک نمایش گرافیکی بای‌پلات می‌باشد (Yan and Hunt, 2002). بر این اساس برای پاتوتیپ  $7E18A^-$  دورگ حاصل از تلاقی رقم Kotare به ترتیب با ارقام Karamu، Tancred و Briscard دارای بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی برای تولید دورگ‌های دارای مقاومت بالا به زنگ زرد (تیپ آلودگی پایین) بود نشان دادند و دورگ حاصل از تلاقی Kotare با ارقام Otane و Tiritea دارای قدرت ترکیب‌پذیری بالایی برای حساسیت (تیپ آلودگی بالا) می‌باشد. برای پاتوتیپ  $38E0A^+$  دورگ  $Otane \times Tiritea$  دارای قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی برای تولید نتاج مقاوم به زنگ زرد و دورگ‌های  $Briscard \times Tiritea$  و  $Karamu \times Otane$  ترکیب خصوصی بالا برای حساسیت نشان دادند. دورگ  $Otane \times Tiritea$  به دلیل این که هردو والد میانگین تیپ آلودگی بالا با اختلاف غیر معنی‌دار با یکدیگر دارند ( $Otane = 6/7$  و  $Tiritea = 7/6$ ) و والدین حساس می‌باشند، اما نتاج دورگ حاصل ترکیب‌پذیری خصوصی بالا برای مقاومت می‌باشند که نشان‌دهنده هتروزیس منفی نسبت به متوسط والدین برای تولید نتاج مقاوم به زنگ زرد می‌باشد. نظر به این که منفی بودن مقادیر ترکیب‌پذیری بیانگر کاهش تیپ آلودگی (مقاومت بیشتر) می‌باشد

مؤلفه اصلی اول و دوم در توضیح واریانس کل (۷۲٪) می‌باشد.

به هر حال با وجود تنوع بین ارقام و دورگ‌های مورد مطالعه برای ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی می‌توان نتیجه گرفت که امکان انتخاب برای ترکیب‌پذیری در پاتوتیپ‌های مختلف از بین این ارقام وجود دارد و انتخاب آن‌ها می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی آتی برای مقاومت به زنگ زرد مفید باشد.

Tancred و Briscard می‌باشد، که دارای قابلیت بالایی برای تولید هیبریدهای با SCA منفی و تیپ آلودگی پایین و یا مقاومت بالا برای زنگ زرد، می‌باشند. برای پاتوتیپ  $134E134A^+$  دو گروه هتروتنیک که هر گروه فقط شامل یک رقم است، گروه اول شامل رقم Briscard و گروه دوم شامل رقم Kotrare می‌باشد. اما در پاتوتیپ  $38E0A^+$  تشخیص گروه‌های هتروتنیک به صورت کاملاً متمایز ممکن نیست، که احتمالاً به دلیل سهم پایین دو

## References

## منابع مورد استفاده

- مرکز اسفندیاری، ا. ۱۳۲۶. زنگهای غلات در ایران. نشریه شماره ۴ مؤسسه آفات و بیماریهای گیاهی، ص ۶۲-۷۲.
- دهقانی، ح. ۱۳۸۰. مطالعه نحوه توارث مقاومت به زنگ زرد در ارقام گندم. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- نقوی، م.، قنادها، م. ر.، و توایی، م. ۱۳۷۷. تجزیه دی آلل برای تیپ آلودگی زنگ نواری گندم. نهال و بذر ۱۴: ۱-۷.

- Broers, L. H. M. 1997. Components of quantitative resistance to yellow rust in ten spring bread wheat cultivars and their relation with field assessments. *Euphytica* 96: 215-223.
- Chen, X. M., and Line, R. F. 1992a. Inheritance of stripe rust resistance in wheat cultivars used to differentiate races of *Puccinia striiformis* in North America. *Phytopathology* 86: 633-637.
- Chen, X. M., and Line, R. F. 1992b. Identification of stripe resistance gene in wheat genotypes used to differentiate North American races of *Puccinia striiformis*. *Phytopathology* 82: 1428-1434.
- Chen, X. M., and Line, R. F. 1993. Inheritance of stripe rust (yellow rust) resistance in wheat cultivar Carstent V. *Euphytica* 71: 107-113.

- Chen, X. M., and Line, R. F. 1995a.** Gene action in wheat cultivars for durable, high temperature, adult-plant resistance and inheritance with race specific, seedling resistance to *Puccinia striiformis*. *Phytopathology* 85: 567-572.
- Chen, X. M., and Line, R. F. 1995b.** Gene number and heritability of wheat cultivars with durable, high-temperature, adult-plant (HTAP) resistance and interaction of HTAP and race-specific seedling resistance *Puccinia striiformis*. *Phytopathology* 85: 573-578.
- Cooper, M., Stucker, R. E., DeLacy, I. H., and Harch, B. D. 1997.** Wheat breeding nurseries, target environments, and indirect selection for grain yield. *Crop Science* 37: 1168-1176.
- Cromey, M. G. 1992.** Adult plant resistance to stripe rust in some New Zealand wheat cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 20: 413-419.
- Dehghani, H., Moghaddam, M., Ghannadha, M. R., Valizadeh, M., and Torabi, M. 2002.** Inheritance of the latent period of stripe rust in wheat. *Journal of Genetic and Breeding* 56: 155-163.
- Gabriel, K. R. 1971.** The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
- Ghannadha, M. R., Gordon, I. L., and Cromey, M. G. 1995.** Diallel analysis of the latent period of stripe rust in wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 90: 471-476.
- Johnson, R. 1981.** Durable disease resistance. pp. 55-63. In: Jenkyn, J. F., and Plumb, R. T. (eds.). *Strategies for Control of Cereal Disease*. Blackwell, Oxford.
- Johnson, R., Stubbs, R. W., Fuchs, E., and Chamberlain, N. H. 1972.** Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. *Transactions of the British Mycological Society* 58: 475-480.
- Line, R. F., Konzak, C. F., and Allan, R. E. 1974.** Evaluating resistance to *Puccinia striiformis* in wheat. pp. 125-132. In: *Induced Mutations for Disease Resistance in Crop Plants*. Published by International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Lupton, F. G. H., and Macer, R. C. F. 1962.** Inheritance of resistance to yellow rust (*Puccinia glumarum*) in seven varieties of wheat. *Transactions of the British Mycological Society* 45: 21-45.
- Ma, H., and Singh, R. P. 1996.** Expression of adult-plant resistance to stripe rust at different growth stage of wheat. *Plant Disease* 80: 375-379.

- Ma, H., Singh, R. P., and Abdalla, O. 1997.** Resistance to stripe rust in five durum wheat cultivars. *Plant Disease* 81: 27-30.
- McNeal, F. H., Konzak, C. F., Smith, E. P., Tate, W. S., and Russell, T. S. 1971.** A uniform system for recording and processing cereal research data. United State Department of Agricultural Research Service. pp. 34-121.
- Moghaddam, M., Dehghani, H., Ghannadha, M. R., Valizadeh, M., and Torabi, M. 2002.** Genetic analysis of infection type of stripe rust in wheat. The proceedings of EUCARPIA Cereal Section Meeting, 21-25 November, Salsomaggiore, Italy. pp.215.
- Park, R. F., and Rees, R. G. 1989.** Expression of adult plant resistance and its effect on the development of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in some Australian wheat cultivars. *Plant Pathology* 38: 200-208.
- Robbelen, G., and Sharp, E. L. 1978.** Mode of Inheritance, Interaction, and Application of Genes Conditioning Resistance to Yellow Rust. Paul Parey Verlag, Berlin and Hamburg. 88 pp.
- Roelfs, A. P., Singh, R. P., and Saari, E. E. 1992.** Rust Disease of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT: Mexico, D. F. 81 pp.
- SAS Institute 1996.** SAS/STAT User's Guide. SAS Inst., Cary, NC.
- Torabi, M., Mardoukhi, V., Nazari, K., Afshari, F., Forotan, A. R., Ramai, M. A., Golzar, H., and Kashani, A. S. 1995.** Effectiveness of wheat yellow rust genes in different parts of Iran. *Cereal Rusts and Powdery Mildew Bulletin* 23: 9-12.
- Tsomin, Y., Wenhua, S., and Kequan, S. 1990.** Monosomic analysis for stripe rust and leaf rust resistance genes in winter wheat Luqiyu and Yanter. *Euphytica* 100: 51-54.
- Wiese, M. V. 1991.** Compendium of Wheat Diseases. 2nd ed., APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 112 pp.
- Wilcoxson, R. D., Skovmand, B., and Atif, A. H. 1975.** Evaluation of wheat cultivars for ability to retard development of stem rust. *Annals of Applied Biology* 80: 275-281.
- Yan, W. 1999.** Methodology of cultivar evaluation based on yield trial data with special reference to winter wheat in Ontario. Ph.D. thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

- Yan, W., Cornelius, P. L., Crossa, J., and Hunt L.A. 2001.** Two types of GGEbiplots for analyzing mulit-environment trial data. *Crop Science* 41: 656-663.
- Yan, W., and Hunt, L.A. 2002.** Biplot analysis of diallel data. *Crop Science* 42: 21-31.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., and Szlavnic, Z. 2000.** Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGEbiplot. *Crop Science* 40: 597-605.

---

آدرس نگارندگان:

حمید دهقانی- گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.  
محمد ترابی- واحد پاتولوژی، بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ۴۱۱۹، کرج ۳۱۵۸۵.  
محمد مقدم- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.  
محمدرضا فناده- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.