مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۰، شماره ۳، سال ۱۳۹۳

توارث و ترکیب‌پذیری مقاومت به زنگ زرد در تعدادی از ارقام تجاری و لاین‌های پیشرفته گندم نان

Inheritance and Combining Ability of Yellow Rust Rresistance in some Bread Wheat Commercial Cultivars and Advanced Lines

منوچهر خدارحمی[۱]، سیدابوالقاسم محمدی[۲]، محمدرضا بی‌همتا[۳]، اسلام مجیدی‌هروان[۴] و محمدرضا جلال‌کمالی[۵]

۱- دانشجوی سابق دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه اصلاح نباتات، تهران
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴- استاد، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج
۵- محقق ارشد گندم، دفتر بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) در ایران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۱

چکیده

خدارحمی، م.، محمدی، س. ا.، بی‌همتا، م. ر.، مجیدی‌هروان، ا. و جلال‌کمالی، م. ر.۱۳۹۳. توارث و ترکیب‌پذیری مقاومت به زنگ زرد در تعدادی از ارقام تجاری و لاین‌های پیشرفته گندم نان. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۰: ۵۴۴ - ۵۳۱.**

زنگ زرد گندم با عامل *Puccinia striifomis* Westend f. sp. *tritici* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های قارچی گندم از نظر اقتصادی در ایران و بسیاری از کشورهای جهان است. به منظور تعیین قابلیت ترکیب‌پذیری، عمل ژن و برآورد سایر پارامترهای ژنتیکی شش رقم و لاین پیشرفته گندم نان (پیشتاز، بهار، مغان۳، MV17، SERI/KAUZ و KAUZ//KAUZ/PVZ) به همراه رقم حساس بولانی، در قالب یک طرح دای آلل ۷ × ۷ به صورت یک طرفه تلاقی داده شدند. ارزیابی F1 و والدین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌های بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. روش مایه‌زنی اسپور زنگ به صورت گرده‌پاشی با پودر تالک با نژاد $^{+}$134E134A انجام شد. چهار جزء مقاومت شامل دورهٔ کمون، تیپ آلودگی، تراکم و اندازهٔ جوش اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری با روش گریفینگ نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) برای چهار صفت مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود که بیانگر نقش توام اثرهای افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات بود. رقم MV17 با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالا برای هر چهار صفت به عنوان والدی مطلوب جهت استفاده در تلاقی‌ها به منظور افزایش مقاومت به زنگ زرد شناسایی شد. بیشترین مقدار GCA بعد از MV17 در جهت ایجاد حساسیت مربوط به رقم بولانی بود. تلاقی‌های MV17 به ترتیب با ارقام بولانی، پیشتاز و لاین KAUZ//KAUZ/PVZ دارای بیشترین SCA (منفی) برای صفات تیپ آلودگی، تعداد جوش و اندازه جوش و بیشترین مقدار مثبت برای صفت دوره کمون در جهت افزایش مقاومت بود که بیانگر نقش اثر غیر افزایشی ژن‌ها (غالبیت و اپیستازی) در این تلاقی بود .تجزیه گرافیکی V_r و W_r از نظر موقعیت قرار گرفتن والدین نسبت به مبدأ مختصات، نشان داد کنترل این اجزاء مقاومت در برخی از ارقام به صورت مغلوب و در تعدادی دیگر از نوع غالب بود. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی در کلیه صفات تقریبا بالا بود، بنا براین انتخاب بر اساس این صفات در جهت افزایش مقاومت برای این نژاد مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: گندم، تلاقی دی‌آلل، توارث‌پذیری، زنگ زرد، اجزای مقاومت.

نویسنده مسئول: khodarahmi_m@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۱۱۰۵

مقدمه

گندم غذای اصلی در بسیاری از کشورهای جهان مخصوصا مرکز و غرب آسیا و شمال آفریقا (منطقه CWANA) محسوب می‌شود که دارای بالاترین سرانه مصرف در کل جهان است. گندم به طور متوسط ۴۰ درصد کالری سرانه مردم این مناطق را تامین می‌کند. سطح زیر کشت گندم در دنیا تقریبا ۲۳۰ میلیون هکتار و میزان تولید در سال بالغ بر ۶۵۰ میلیون تن است. سطح کشت گندم در این منطقه (CWANA) به ۵۰ میلیون هکتار می‌رسد اما متوسط میزان تولید در این منطقه ۱/۵ تن در هکتار است که نصف متوسط عملکرد جهانی است (Yahyaoui and Rajaram, 2012). زنگ‌ها، سفیدک پودری و سیاهک‌ها مهم‌ترین بیماری‌های گندم در این منطقه هستند. در میان زنگ‌ها، زنگ زرد با عامل *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* مهم‌ترین بیماری قارچی گندم است (Wellings, 2011). بروز اپیدمی زنگ زرد در دهه ۱۹۹۰ در این منطقه (CWANA) باعث کاهش محصول و افزایش هزینه کنترل بیماری شد. جدیدترین اپیدمی در سال ۱۰-۲۰۰۹ مربوط به شکسته شدن مقاومت ژن *Yr*27 بود که اثر مخربی در تولید گندم در سرتاسر منطقه غرب و مرکز آسیا داشت به طوری که کشور سوریه تقریباً نصف گندم خود را در سال ۲۰۱۰ از دست داد (Yahyaoui and Rajaram, 2012). شکسته شدن مقاومت ژن *Yr*27 در سال ۲۰۰۴ توسط چندین محقق گزارش شده بود (Singh *et al.*, 2012). ویرولانس برای این ژن در ایران روی رقم چمران در سال ۲۰۰۳ گزارش شد (Afshari *et al.*, 2004). در ایران اولین گزارش در مورد این بیماری مربوط به سال ۱۳۲۶ است (Esfandiari, 1947). بنا به گزارش نیمان و همکاران (Niemann *et al.*, 1968) میزان خسارت ناشی از این بیماری در ایران ۴/۵ ٪ کل محصول بوده است. زنگ زرد در سال‌های ۱۳۶۰-۱۳۴۱ در مناطق زنگ‌خیز کشور مانند مازندران، خراسان، مغان و سیستان به صورت اپیدمی درآمد. همچنین به علت مساعد بودن شرایط محیطی درسال ۱۳۵۵ درنقاط جنوبی به خصوص جنوب شرقی کشور بیماری مزارع گندم را آلوده و تا ۹۰ درصد به محصول خسارت وارد کرد (Bamdadian and Torabi, 1978). بنا بر گزارش ترابی و همکاران (Torabi *et al.*, 1995) خسارت ناشی از زنگ زرد در سال زراعی ۷۲-۱۳۷۱ در ایران ۱۵ درصد کل محصول بود. میزان خسارت ناشی از این بیماری در همان سال حدود ۱/۵ میلیون تن گندم تخمین زده شد. تاکنون ۵۴ ژن مقاومت به زنگ زرد شناسایی و در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Basnet *et al.*, 2013؛ McIntosh *et al.*, 2010). مکانیسم اساسی کنترل زنگ زرد به کار گیری صحیح مقاومت ژنتیکی و استفاده از ارقام مقاوم شناخته شده

است (Knot, 1989؛ Marasis *et al*., 2005).

به منظور مطالعه اثر ژن‌ها و قابلیت ترکیب پذیری، ده لاین گندم به همراه F1 آن‌ها با دو نژاد $134E134A^+$ و $4E0A^+$ مورد ارزیابی قرار گرفتند و تیپ آلودگی و دوره کمون اندازه‌گیری شد. متوسط درجه غالبیت از غالبیت ناقص تا فوق غالبیت برآورد شد (Razavi *et al.*, 2009).

پنج لاین پیشرفته گندم به همراه یک رقم حساس در قالب طرح دی‌آلل یک طرفه تلاقی داده شدند و والدین و F1 آن‌ها در شرایط گلخانه با دو نژاد $134E134A^+$ و $6E134A^+$ مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه دی آلل نشان داد والدین M-78-1 و M-78-10 دارای بالاترین قدرت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت دوره کمون بودند. توارث‌پذیری عمومی برای هر دو نژاد ۹۸ درصد محاسبه شد (Zahravi and Bihamta, 2010).

به منظور بررسی نحوه توارث به زنگ زرد در یک آزمایشی دیالل، پنج رقم گندم و ده نتاج F1 حاصل از آن‌ها با دو نژاد $174E\ 174\ A^+$ و $134\ E\ 134\ A^+$عامل بیماری زنگ زرد در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفتند. رقم Kotari در میان والدین دارای بیشترین GCA در جهت افزایش مقاومت بود. برای هر دو نژاد، حالت غالبیت برای اکثر آلل ها وجود داشت. در کاهش تیپ آلودگی، جز افزایشی دارای اهمیت بیشتری نسبت به جز غیر افزایشی بود، در حالی که جز غیر افزایشی نسبت به جز افزایشی در افزایش اندازه جوش (مقاومت کمتر) و تعداد جوش‌ها دارای اهمیت بیشتری بود (Bihamta *et al.*, 2013).

پنج رقم گندم نان در قالب طرح دی‌آلل یک طرفه تلاقی داده شدند. والدین و ده F1 آنها در شرایط گلخانه در ایران با سه نژاد $134E134A^+$، $7E18A^-$ و $38E0A^+$ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه گرافیکی دی‌الل نشان داد والد Ruapuna دارای بهترین ترکیب در شرایط تمام نژادها بود و با داشتن تیپ الودگی پایین مقاومت خوبی نسبت به زنگ زرد نشان داد (Dehghani *et al.*, 2013).

یکی از عوامل موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی، اطلاع از نحوهٔ توارث صفت به واسطهٔ تعیین نوع روش اصلاحی و امکان ارزیابی در نسل‌های مختلف است، لذا تعیین اجزاء ژنتیکی شرکت‌کننده در مقاومت ارقام از عوامل اصلی و پایه‌ای برای موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی است. برای دستیابی به این اطلاعات می‌توان از روش پیشنهادی Griffing (1956 a,b) و Hayman (1954 a,b) به نام دای‌آلل استفاده کرد. در این تحقیق به منظور محاسبهٔ ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، توارث پذیری عمومی و خصوصی و برآورد سایر پارامترهای ژنتیکی در ارقام گندم هفت والد با درجات مختلف مقاومت به زنگ زرد (شامل یک رقم کاملاً حساس) در یک طرح تلاقی دای آلل ۷×۷ یک طرفه در مرحله گیاهچه‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

هفت رقم و لاین گندم (پیشتاز، MV17، بهار، مغان۳، لاین MKH3 با شجره SERI/KAUZ، لاین MKH4 با شجره KAUZ//KAUZ/PVZ و بولانی به عنوان رقم حساس) در قالب طرح آمیزشی دای‌آلل تلاقی داده شدند. این تحقیق در گلخانه‌های واحد بیماری‌های غلات بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال ۱۳۸۵ انجام شد. به منظور ارزیابی F1 و والدین از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار استفاده شد. بدین صورت که ۲۱ ترکیب یا هیبرید F1 و هفت والد، با نژاد A^{+} 134E134 در گلخانه مایه‌زنی شدند. در این آزمایش ۴۵ بذر از هر رقم و تلاقی داخل تشتک پتری روی کاغذ صافی مرطوب و دمای ۲۰°C در داخل ژرمیناتور برای جوانه‌زنی قرار داده شدند. چهل و هشت ساعت بعد از جوانه‌زدن ۱۵-۱۰ بذر از هر رقم و تلاقی که رشد یکسانی داشتند انتخاب و در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر حاوی ۲ قسمت خاک، ۱ قسمت خاک برگ و ۱ قسمت ماسه کشت و در دمای ۲۰°C-۱۵ نگهداری شدند. مایه‌زنی در مرحلهٔ رشدی ۱۲ در مقیاس زادوکس و همکاران (Zadoks *et al*., 1974) انجام شد. روش مایه‌زنی به صورت گرده‌پاشی با پودر تالک به نسبت ۴:۱ انجام شد. بعد از مایه‌زنی ابتدا گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت به تاریک‌خانه با ۱۰°C و رطوبت در حد اشباع منتقل و سپس به گلخانه با دمای ۱۵°C منتقل و نگهداری شدند. اولین جزء مقاومت، دورهٔ کمون، براساس تعداد روز از زمان مایه‌زنی تا ظهور اولین جوش‌های زنگ ۸ روز بعد از مایه‌زنی، شروع و تا ۲۰ روز بعد از مایه‌زنی ادامه داشت. روز بیستم، دومین جزء مقاومت، تیپ آلودگی به روش مک نیل (McNeal *et al*., 1971) یادداشت‌برداری شد. برای اندازه‌گیری تراکم و اندازهٔ جوش بعد از یادداشت‌برداری تیپ آلودگی، تعدادی از برگ‌های آلودهٔ هر تکرار در هر تیمار را با قیچی جدا کرده و پس از قطعه قطعه کردن در شیشه‌های حاوی محلول لاکتوفنل قرار داده تا برگ‌ها بی‌رنگ شده و جوش‌ها روی برگ به وضوح دیده شوند. سپس در زیر میکروسکوپ برای هر میلی‌مترمربع سطح برگ تعداد جوش‌ها برای هر تیمار شمارش شد. برای اندازه جوش به کمک میکرومتر چشمی و با لنز ۴، طول و عرض جوش‌ها اندازه‌گیری و در نهایت مساحت جوش‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{اندازه جوش} = a \times b \times \frac{1}{4}\pi$$

که در آن a طول جوش، b عرض جوش و π =۳/۱۴ بود. قبل از تجزیه دی‌آلل به روش گریفینگ (Griffing, 1956 a,b) و روش هیمن (Hayman, 1954 a,b) تبدیل داده با استفاده از ($\sqrt{X}$ Arc sin) انجام شد. و سپس تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Dial98 و Diallel انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۲) اختلاف معنی‌داری را بین F1ها و والدین از نظر صفات تیپ آلودگی (IT) ،دوره کمون (LP)، اندازه جوش (PS) و تعداد جوش (PD) نشان داد. در نتیجه تجزیه ژنتیکی انجام شد. ضریب تغییرات آزمایش نسبتاً پایین برای صفات مورد ارزیابی نشان‌دهنده دقت آزمایش بود. پایین‌ترین ضریب تغییرات مربوط به صفت دوره کمون بود. شانرو فی نی (Shaner and Finney, 1980) گزارش کردند که دوره کمون بیماری آسان‌ترین جزء مقاومت در اندازه‌گیری مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف است و با کمترین خطا همراه است. با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه، تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری با روش گریفینگ (جدول ۳) انجام شد. مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) برای چهار صفت مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود که بیانگر نقش توام اثرهای افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات تیپ آلودگی (IT)، دوره کمون (LP)، اندازه جوش (PS) و تعداد جوش (PD) نسبت به نژاد $134E134A^{+}$ برای هفت والد و ۲۱ F1 آن‌ها در شرایط گلخانه

Table 1. Analysis of variance for infection type (IT), latent period (LP), pustule size (PS) and pustule density (PD) for seven parents and their 21 F1 to race $134E134A^{+}$ in greenhouse

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات صفات MS			
			IT	LP	PS	PD
Replication	تکرار	2	0.33^{ns}	0.19^{ns}	1.47^{ns}	0.022^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	27	28.57^{**}	25.90^{**}	24.08^{**}	2.68^{**}
Error	اشتباه	54	0.26	0.36	0.44	0.09
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		10.20	3.80	16.20	19.60

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪.

ns and **: Not significant and significant at 1% levels of probability, repectively.

برآورد اثر تقریبی ژن‌ها، نسبت بیکر (Baker, 1978) و نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی در جدول ۳ درج شده است. هر چه نسبت بیکر به یک نزدیک‌تر باشد بیانگر اهمیت بیشتر اثر افزایشی نسبت به اثرات غیر افزایشی می‌باشد در نتیجه عمل انتخاب در نسل‌های اولیه برنامه‌های اصلاحی می‌تواند مفید واقع گردد.

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی (جدول ۴) برای صفات تیپ آلودگی، اندازه جوش و تعداد

جدول ۲- مقایسه میانگین برای صفات مختلف (تیپ آلودگی، دوره کمون، اندازه جوش و تعداد جوش) والدها و تلاقی‌های آن‌ها در شرایط گلخانه

Table 2. Mean comparison for different traits (PD, PS, LP and IT) of parents and their progenies in greenhouse condition

Cross	IT	LP	PS	PD
Bolani	9.00a	12.30i	6.96ab	2.68a
Bolani × Mv17	1.00jk	20.00a	0.00g	0.00i
Bolani ×Pishtaz	9.00a	12.60hi	7.75a	2.33abc
Bolani × Moghan 3	9.00a	12.80ghi	6.38abcd	2.22abc
Bolani × MKH3	9.00a	13.00ghi	6.36abcd	2.24abc
Bolani × MKH4	9.00a	12.80ghi	7.22a	2.74a
Bolani × Bahar	7.27bc	13.67efghi	4.93cdef	1.64cdefg
MV17	0.00k	20.00a	0.00g	0.00i
MV17 ×Pishtaz	1.00jk	20.00a	0.00g	0.00i
MV17 × Moghan 3	1.00jk	20.00a	0.00g	0.00i
MV17 × MKH3	1.00jk	20.00a	0.00g	0.00i
MV17 × MKH4	0.00k	20.00a	0.00g	0.00i
MV17 × Bahar	1.67j	20.00a	0.00g	0.00i
Pishtaz	6.00de	13.67efghi	4.39ef	1.17efgh
Pishtaz × Moghan 3	5.37fe	13.90defgh	5.08cef	0.95gh
Pishtaz × MKH3	7.67b	13.10ghi	7.72a	2.03abcd
Pishtaz × MKH4	6.23cde	14.67bcdef	4.46ef	1.44defgh
Pishtaz × Bahar	5.96de	15.00bcde	4.46ef	1.02fgh
Moghan3	5.20fe	13.70efghi	4.71ef	1.45defgh
Moghan 3 ×MKH3	7.07bcd	13.27fghi	5.54bcde	1.79bcde
Moghan 3 × MKH4	4.23fg	15.10bcde	3.69f	0.78h
Moghan 3 × Bahar	3.67hg	16.00b	4.46cf	0.70hi
MKH3	8.00ab	13.00ghi	7.18a	2.49ab
MKH3 × MKH4	7.27bc	14.30cdefg	6.50abc	1.87bcde
MKH3 × Bahar	3.67hg	15.67bc	4.80def	0.81h
MKH4	2.00ji	20.00a	0.00g	0.00i
MKH4 × Bahar	5.77e	15.23bcd	6.72ab	1.72cdef
Bahar	3.00hj	14.67bcdef	4.22cf	0.71hi

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% probability level(Duncan`s multiple range test).

جدول ۳- تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نسبت بیکر برای صفات مختلف در شرایط گلخانه

Table 3. Analysis of variance for general and specific combining ability and Baker ratio of different traits in greenhouse condition

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات MS			
S.OV.	df.	IT	LP	PS	PD
GCA	6	35.39**	31.86**	27.44**	3.03**
SCA	21	2.13**	2.02**	2.56**	0.28**
Erorr	54	0.08	0.12	0.18	0.03
Baker Ratio	-	0.97	0.96	0.95	0.95
GCA/SCA	-	16.61**	15.75**	10.70**	10.72**

**: Significant at 1% levels of probability.

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۴- ترکیب‌پذیری عمومی (قطر اصلی) و خصوصی (خارج قطر) برای صفات مختلف در گلخانه

Table 4. General (on diagonal) and specific (above diagonal) combining ability effects for different traits in greenhouse condition

تیپ آلودگی IT	Bolani	MV17	Pishtaz	Moghan 3	MKH3	MKH4	Bahar
Bolani	2.51**	-2.69**	0.69**	1.42**	0.20ns	1.89**	0.43*
MV17		-3.78**	-1.02**	-0.29ns	-1.51**	-0.82**	-1.12**
Pishtaz			0.83**	-0.54**	0.54**	0.79**	0.80**
Moghan3				0.11ns	0.66**	-0.48**	-0.76**
MKH 3					1.33**	1.33**	-1.99**
MKH4						-0.36**	1.79**
Bahar							-0.64**
دوره کمون LP	Bolani	MV17	Pishtaz	Moghan 3	MKH3	MKH4	Bahar
Bolani	-1.75**	2.23**	-0.35**	-0.35ns	0.19ns	-1.87**	-0.20ns
MV17		3.86**	1.45**	1.24**	1.59**	-0.27ns	0.52**
Pishtaz			-0.96**	-0.04ns	-0.49ns	-0.79**	0.35ns
Moghan 3				-0.76**	-0.53**	-0.56**	1.14**
MKH3					-1.11**	-1.10**	1.15**
MKH4						0.76**	-1.41**
Bahar							-0.04 ns
اندازه جوش PS	Bolani	MV17	Pishtaz	Moghan 3	MKH3	MKH4	Bahar
Bolani	1.54**	-1.99**	1.51**	1.44ns	-0.67*	2.05**	-0.93**
MV17		-3.64**	-1.07**	-0.77*	-1.85**	0.005ns	-0.69*
Pishtaz			0.61**	0.06ns	1.62**	0.22ns	-0.48**
Moghan 3				0.32*	-0.26ns	-0.26ns	0.82**
MKH3					1.39**	1.47**	-0.92**
MKH4						-0.46**	2.86**
Bahar							0.23ns
تعداد جوش PD	Bolani	MV17	Pishtaz	Moghan 3	MKH3	MKH4	Bahar
Bolani	0.79**	-0.93**	0.28*	0.25ns	-0.21ns	0.86**	-0.09ns
MV17		-1.04**	-0.21ns	-0.13ns	-0.62**	-0.04ns	0.09ns
Pishtaz			0.08ns	-0.29*	-0.29*	0.27*	-0.009ns
Moghan 3				0.002ns	0.14ns	-0.30ns	-0.24ns
MKH3					0.48**	0.31**	-0.62**
MKH4						-0.09ns	0.86**
Bahar							-0.23ns

ns، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

جوش در بعضی از ارقام منفی به دست آمد که حاکی از مناسب بودن این ارقام برای استفاده در

برنامه‌های به‌نژادی در جهت کاهش تیپ آلودگی، اندازه جوش و تعداد جوش است. در مورد دوره کمون بیشتر بودن مقدار GCA مطلوب است. در بین ارقام، MV17 برای هر چهار صفت بیشترین مقدار (قدر مطلق) GCA را داشت و درنتیجه مطلوب‌ترین والد بود. بیشترین مقدار GCA بعد از MV17، مربوط به رقم بولانی بود ولی با توجه به علامت آن، این رقم بیشترین GCA در جهت ایجاد حساسیت را داشت. در تحقیق مشابهی دهقانی و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی پنج رقم گندم در قالب طرح دی‌آلل یک طرفه نسبت به زنگ زرد رقم روپانا را بهترین والد از نظر ترکیب‌پذیری معرفی کردند.

تلاقی MV17× بولانی بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی (منفی) را برای صفات تیپ آلودگی، تعداد جوش و اندازه جوش و بیشترین مقدار مثبت را برای صفت دوره کمون در جهت افزایش مقاومت داشت که بیانگر نقش اثر غیر افزایشی ژن‌ها (غالبیت و اپیستازی) در این تلاقی است. تلاقی‌های پیشتاز ×MV17 و MV17 × MKH3 در رتبه بعدی از نظر SCA قرار داشتند (جدول ۴).

در آزمون یکنواختی V_r, W_r مقدار t برای صفات تیپ آلودگی، دوره کمون، اندازه جوش و تعداد جوش به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۱۸، ۰/۳۶ و ۰/۲۱ برآورد شد که از نظر آماری معنی‌دار نبود و دلالت بر فراهم بودن فرضیات تجزیه ژنتیکی هیمن بود.

تجزیه رگرسیونی V_r (واریانس نتاج و والد) و W_r (کواریانس نتاج با والد غیر مشترک) نشان داد که تفاوت شیب خط رگرسیون با صفر معنی‌دار ولی با یک غیر معنی‌دار بود (جدول ۵). که بیانگر وجود اثر غالبیت و عدم وجود آثار متقابل غیر آللی (اپیستازی) بود. این نتایج با نتایج حاصل از تجزیه واریانس W_r- V_r مغایر بود. قنادها و همکاران (Ghannadha *et al.*, 1995) نیز چنین عدم توافقی را بین نتایج تجزیه واریانس W_r- V_r و آزمون انحراف ضریب رگرسیون از مقدار یک، گزارش کردند. بنابه نظر متروجینکز (Mather and Jinks, 1982) علت این عدم تطابق می‌تواند ناشی از اشکال در مدل مورد بررسی باشد.

برآورد پارامترهای ژنتیکی به روش جینکر و هیمن در جدول ۵ درج شده است. برای صفات تیپ آلودگی، دوره کمون و تعداد جوش واریانس افزایشی (D) تقریباً برابر واریانس غالبیت H2, H1 بود که بیانگر اهمیت توام آثار افزایشی و غالبیت در جهت مقاومت بیشتر بود. واریانس افزایش (D) برای صفت اندازه جوش کمتر از واریانس غالبیت H1 برآورد شد که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر جزء غالبیت نسبت به جزء افزایشی در کنترل این صفت بود. در بررسی پنج رقم گندم در قالب طرح دی‌آلل یک طرفه نسبت به زنگ زرد توسط بی‌همتا و همکاران (۲۰۱۳)، در کاهش تیپ آلودگی جز افزایشی دارای اهمیت بیشتری نسبت به جزء

جدول ۵- تجزیه آماری ژنتیکی برای صفات مختلف در شرایط گلخانه
Table 5. Genetic statistic analysis of different traits in greenhous condition

Genetic Parameter	IT	LP	PS	PD
b	0.82±0.13	0.97±0.14	0.82±0.19	0.81±0.22
$D \pm S_{E(D)}$	10.5±0.85	10.53±0.65	8.39±1.05	1.14±0.13
$H_1 \pm S_{E(H1)}$	10.3±2.05	10.74±1.50	12.9±2.5	1.36±0.33
$H_2 \pm S_{E(H2)}$	6.65±1.80	5.3±1.39	7.2±2.20	0.82±0.29
$F \pm S_{E(F)}$	-3.84±2.05	-0.42±1.58	-0.38±1.53	0.16±0.30
$\sqrt{H_1/D}$	0.99	1.009	1.23	1.09
$H_2/4H_1$ ($\overline{UV}$)	0.16	0.12	0.14	0.15
$r(P, W_r + V_r)$	0.59	-0.33	0.16	0.35
KD/KR	0.69	0.96	0.96	1.14
h^2_{NS}	0.83	0.84	0.78	0.76
h^2_{BS}	0.99	0.98	0.97	0.97
$W_r + V_r$	109.20**	94.80**	97.46**	1.40**
$W_r - V_r$	3.69**	2.30**	6.99**	0.14**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

**: Significant at 1% levels of probability.

غیرافزایشی بود. در حالیکه جز غیر افزایشی نسبت به جزء افزایشی در افزایش اندازه جوش (مقاومت کمتر) و تعداد جوش‌ها دارای اهمیت بیشتری بود.

مقدار میانگین کواریانس اثر افزایشی و غالبیت (F) برای صفات مورد مطالعه منفی ولی غیر معنی‌دار بود. مقادیر مثبت F نشان می‌دهد که فرآوانی آلل‌های غالب بیشتر از مغلوب و برعکس مقادیر منفی آن نشان‌دهنده این است که آلل‌های مغلوب فراوانی بیشتری دارد. بررسی مقدار F والدین نشان داد که والد MV17 دارای بیشترین فراوانی آلل غالب (F مثبت) و بعد از آن رقم بهار نیز دارای F مثبت بود در حالی که سایر والدها دارای F منفی بودند، بنابراین در مجموع میانگین F مقدار کوچکی به دست آمد که از نظر آماری معنی‌دار نشد. نتایج تجزیه گرافیکی نیز تاییدکننده این مطلب بود. میانگین درجه غالبیت در کلیه صفات تقریباً معادل یک به دست آمد که نشان‌دهنده غالبیت کامل و اهمیت اثر غالبیت ژن‌های کنترل کننده این صفات بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نتایج میانگین درجه غالبیت $\sqrt{H1/D}$ با نتایج تجزیه رگرسیون $W_r - V_r$ و تفاوت مقدار وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی هماهنگی داشت. نسبت توزیع آلل‌های مثبت (غالب) و منفی (مغلوب) در والدها($\overline{UV}$) در کلیه صفات به مقدار زیاد از ۰/۲۵ انحراف داشت. در صورتی که فراوانی آلل‌های مثبت و منفی در والدین برابر باشد (u=v=۰/۵) این نسبت ۰/۲۵ خواهد بود. بنابراین انحراف این نسبت از ۰/۲۵ دلیل بر نا مساوی بودن فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در تمامی مکان‌های ژنی والدین است. مقایسه مقادیر F والدین نشان داد که والد MV17 در کلیه

صفات دارای بیشترین آلل غالب و والد MKH4 دارای بیشترین آلل مغلوب بود.

ضریب همبستگی بین میانگین والد مشترک و کمیت ($W_r + V_r$) برای تمامی صفات به جز دوره کمون مثبت بود که بیانگر آن است که آلل‌های مغلوب در جهت افزایش صفات فوق یعنی حساسیت و آلل‌های غالب جهت کاهش این صفات عمل می‌کنند. کوهن و همکاران (Kuhn *et al*., 1978) و لی و شانر (Lee and Shaner, 1985) نیز چنین نتایجی را گزارش کردند.

وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای تمامی صفات نسبتاً بالا بود، که بیانگر این است که انتخاب در جهت افزایش مقاومت برای این نژاد بازدهی بالایی خواهد داشت. چن و لاین (Chen and Line, 1995) نیز در ارزیابی مقاومت به زنگ زرد گندم وراثت‌پذیری بالایی را برای صفت مورد مطالعه برآورد کردند.

از نظر موقعیت قرار گرفتن والدین نسبت به مبدأ مختصات، نمودار V_r و W_r (شکل ۱)، والدین MV17 و بهار در کلیه صفات به مبدأ مختصات نزدیک‌تر بود این نشان می‌دهد که این والدین دارای بیشترین آلل‌های غالب بودند. والد MKH4 نسبت به بقیه والدها نسبت به مبدأ مختصات دورتر بود که نشان‌دهنده وجود آلل‌های مغلوب بیشتر در این ژنوتیپ است.

ضرایب همبستگی اجزاء مقاومت در جدول ۶ درج شده است. همبستگی تیپ آلودگی با اندازه جوش و تعداد جوش مثبت و با دوره کمون منفی و در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. مطالعات انجام شده نیز نشان دهنده همبستگی منفی بالا بین دوره کمون و تیپ آلودگی است (Broers and Lopez- Atilano, 1993؛ Ma and Singh, 1996).

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات مختلف برای والدین و F1 های مربوط به آن‌ها
Table 6. Correlation of coefficients among the different traits for parents and their F1s

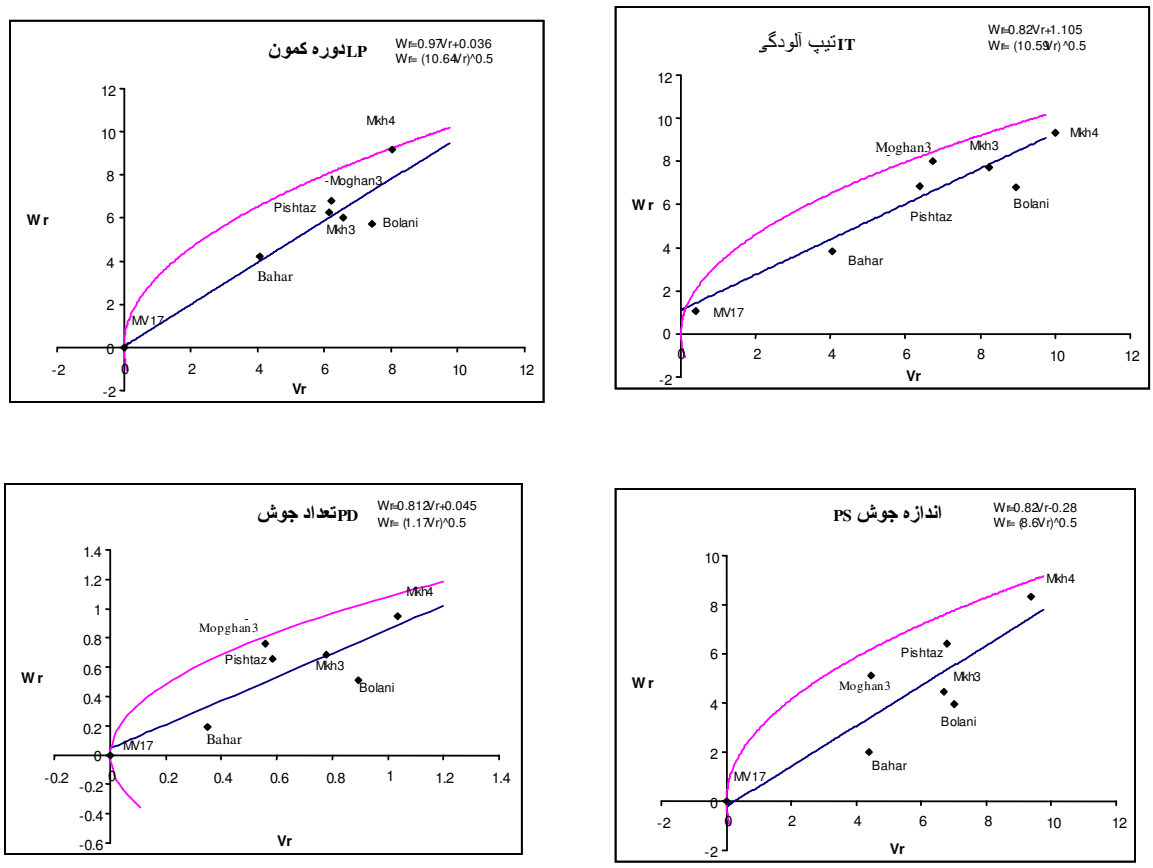
صفات Traits	LP	PS	PD
IT	-0.94**	0.92**	0.95**
LP		-0.96**	-0.92**
PS			0.94**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

**: Significant at 1% levels of probability.

لی و شانر (Lee and Shaner, 1985) همبستگی منفی بین دوره کمون و اندازه جوش گزارش کردند. آن‌ها اظهار داشتند که احتمالاً ژن‌های مشترکی، این اجزای مقاومت را کنترل می‌کنند.

به طور کلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که نتایج تجزیه واریانس، تجزیه رگرسیونی و برآورد پارامترهای ژنتیکی برای تمام صفات بر



شکل ۱- رگرسیون بین V_r (واریانس نتاج هر والد) و W_r (کواریانس نتاج هر والد با والدین غیرمشترک)برای صفات مختلف لاین‌های دی آلل

Fig. 1. Regression between Vr (variance of the progeny of each parent) and Wr(covariance of the progeny of each parent with non-common parents) for the different traits of diallel lines

اهمیت اثر غالبیت همراه با افزایشی دلالت داشت. میانگین فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب تقریباً یکسان بود. هرچند که آلل‌های غالب در والدین MV17 و بهار دارای بیشترین فراوانی و آلل‌های مغلوب در سایر والدین بیشتر بود. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی در کلیه صفات تقریباً بالا به دست آمد. در نتیجه انتخاب در جهت افزایش مقاومت برای این نژاد مفید خواهد بود. رقم MV17 دارای بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری در جهت افزایش مقاومت به زنگ زرد بود. از این رو می‌توان از این رقم در برنامه به‌نژادی مقاومت به زنگ استفاده کرد. در بین تلاقی‌های موجود تلاقی بولانی × MV17 بهترین تلاقی از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تشخیص داده شد.

References

Afshari, F., Torabi, M., and Malihipour, A. 2004. Appearance of a new race of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Iran. Seed and Plant 19: 543-545 (in Persian).

Baker, R.J. 1978. Issues in diallel analysis. Crop Science 18: 533-536.

Bamdadian, A., and Torabi, M. 1978. Wheat and Barely Diseases in Iran, Methods of Scoring. Plant Pests and Diseases Research Institute Publications, Tehran, Iran. 67 pp. (in Persian).

Basnet, B. R., Singh, R. P., Ibrahim, A. M. H., Herrera-Foessel, S. A., Huerta-Espino, J., Lan, C., and Rudd, J. C. 2013. Characterization of *Yr*54 and other genes associated with adult plant resistance to yellow rust and leaf rust in common wheat Quaiu 3. Molecular Breeding 33: 385-399.

Bihamta, M. R., Ebrahimi, A., and Dashtaki, M. 2013. Genetic analysis of resistance components in some hexapoloeid wheat varieties to yellow rust pathotypes 134E134A$^+$ and 174E174A$^+$. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 316-326 (in Persian).

Broers, L. H. M., and Lopez-Atilano, R. M. 1993. Component of adult plant resistance in bread wheat to stripe rust (abstr.) Proceedings of the 6th International Conference of Plant Pathology, Canada. Page 85.

Chen, X. M., and Line, R. F. 1995. Gene number and heritability of wheat cultivars with durable high-temperature adult plant (HTAP) resistance interaction of HTAP and race specific seedling resistance to *Puccinia striiformis*. Phytopathology 85: 573-578.

Dehghani, H., Moghadam, M., Sabaghnia, N., and Mohammadi, R. 2013. Biplot analysis of diallel data in stripe stripe rust of wheat. Australasian Plant Pathology 42: 601-608.

Esfandiari, E. 1947. Cereal rusts in Iran. Entomologie et Phytopathology Appliquees 4: 67-76 (in Persian).

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: 471-76.

Griffing, B. 1956a. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Science 9**:** 463- 93.

Griffing, B. 1956b. Generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity 10**:** 37-50.

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

Hayman, B. I. 1954b. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39: 789-805.

Knott, D. R. 1989. The Wheat Rusts-Breeding for Resistance. Monographs on Theoretical and Applied Genetics. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. 201 pp.

Kuhn, R. C., Ohm, H. W., and Shaner, G. E. 1978. Slow-rusting resistance in wheat against twenty-two isolates of *Puccinia recondite*. Phytopathology 68: 651-656.

Lee, T. S., and Shaner, G. 1985. Oligogenic inheritance of length of latent period in six slow leaf-rusting wheat cultivars. Phytopathology 75: 636-643.

Ma, H., and Singh, R. P. 1996. Expression of adult resistance to stripe rust at different growth stages of wheat. Plant Disease 80: 375-379.

Marasis, G. F., Marasis, A. S., Pretorius, Z. A., McCallum, B., and Snyman, J. E. 2005. Leaf rust resistance gene *Lr*54 and *Yr*37 transferred to wheat from *Agilops kotcchyi*. Plant Breeding 124: 538-541.

Mather, K., and Jinks, J. L. 1982. Biometrecal genetics. Tha Study of Continuous Variation . 3rd edition. Chapman and Hall, New York, USA. 396 pp.

McIntosh, R., Dubcovsky, J., Rogers, J., Morris, C., Appels, R., and Xia, X. 2010. Catalogue of gene symbols for wheat: 2010 supplement. Annual Wheat Newsletter 56: 273-282

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 Agriculture, Washington, Agricultural Research Service Bulletin, pp.34-121.

Niemann, E., Scharif, G., and Bamdadian, A. 1968. Die getreide roste in Iran. Wirtsbereich, untercheidung Bedeutung Bekampfung. Entomologie et Phythopathologie Appliquees 27: 25-41.

Razavi, A. R., Taeb, M., Afshari, F., Khavari, S., and Abbaspoor, M. 2009. Gene effects and combining ability in some bread wheat genotype to yellow rust disease. Pakistan Journal of Biological Sciences 12: 146-151.

Singh, R. P., Duveiller, E., and Huerta-Espino, J. 2012. Virulence to yellow rust resistance gene *Yr27*: a new threat to stable wheat production in Asia. Proceedings of the 2nd, 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust in the Central and West Asia and North Africa (CWANA) Region. ICARDA, Aleppo, Syria.

Shaner, G., and Finney, R.E. 1980. New sourses of slow rusting in wheat. Phytopathology 70: 1183-1186.

Torabi, M., Mardoukhi, V., Nazari, K., Afshari, F., Forootan, A. R., Ramani, M. A., Golzar, H., and Kashani, A. S. 1995. Effectiveness of wheat yellow rust resistance genes in different parts of Iran. Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin 23: 9-12.

Wellings, C. 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. Euphytica 179: 129–141.

Yahyaoui, A., and Rajaram, S. 2012. Meeting the challenge of yellow rust in cereal crops. Proceedings of the 2nd, 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust in the Central and West Asia and North Africa (CWANA) Region. ICARDA, Aleppo, Syria.

Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Zahravi, M., and Bihamta, M. R. 2010. Estimation of gene effects and combining ability of latent period of stripe rust in advanced lines of wheat. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding 1:52-58 (in Persian).