Archive of SID

"نهال و بذر"
جلد ۲۲ ، شماره ٤، سال ۱۳۸۵

وراثت مقاومت به عامل بیماری زنگ زرد (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) در تعدادی از ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم

Inheritance of Resistance to Stripe Rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in some Cultivars and Promising Lines of Wheat

فرزاد افشاری

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۹/۲۰

چکیده

افشاری، ف. ۱۳۸۵. وراثت مقاومت به عامل بیماری زنگ زرد (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) در تعدادی از ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم. **نهال و بذر** ۲۲: ۵۰۱-٤۸۹.

بیماری زنگ زرد یکی از بیماری‌های مهم گندم در ایران است. در این تحقیق وراثت مقاومت به بیماری زنگ زرد در شش رقم گندم نان شامل چمران، مرودشت، شیرودی، دز، پیشتاز و شیراز و چهار لاین پیشرفته N-75-15 ، C-78-7 ، C-78-18 و N-75-16 که با رقم حساس "Avocet "S تلاقی یافتند. مورد بررسی قرار گرفت. گیاهان نسل F_1 ، F_2 و بذرهای نسل F_3 به شکل تک بوته برداشت شدند. در سال‌های زراعی ۸۳-۱۳۸۲ و ٨٤-۱۳۸۳ در شرایط مزرعه و گلخانه کرج با استفاده از پاتوتایپ $^{+}$134E134A واکنش بوته‌های F_2 و فامیل‌های F_3 ارزیابی شدند. نتایج حاصل نشان داد که یک ژن مقاومت غالب مؤثر در مرحله گیاهچه‌ای به نژاد $^{+}$134E134A بیماری زنگ زرد در رقم چمران و لاین N-75-16 وجود دارد. در ارقام مرودشت، شیرودی، پیشتاز، شیراز و دز حضور دو ژن در هر رقم که یک ژن مربوط به مرحله گیاهچه‌ای و ژن دوم از ژن‌های مرحله گیاه کامل هستند، تعیین شد. دو لاین C-78-7 و C-78-18 که در مرحله گیاهچه‌ای حساس و در نتیجه فاقد ژن مؤثر مرحله گیاهچه‌ای بودند، در مرحله گیاه کامل با توجه به نسبت‌های ژنتیکی به دست آمده، برای هر یک دو ژن مقاومت مرحله گیاه کامل مشخص شد. لاین N-75-15 دارای سه ژن مقاومت به نژاد عامل بیماری زنگ زرد بود که به ترتیب یک ژن مؤثر در مرحله گیاهچه‌ای و دو ژن مؤثر در مرحله گیاه کامل بودند.

واژه‌های کلیدی: گندم، بیماری زنگ زرد، مقاومت، تعداد ژن.

این مقاله بر اساس نتایج به دست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی مصوب شماره ۸۱۱۳۶-۱۲-۱۰۷ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

از میان زنگ‌های گندم در ایران زنگ نواری یا زنگ زرد (Yellow or stripe rust) از همه شایع‌تر و خسارت ناشی از آن بیشتر است. عامل این بیماری *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst.*) می‌باشد. ترابی و همکاران (Torabi *et al*., 1995) میزان خسارت ناشی از بیماری زنگ زرد را در ایران در طی سال زراعی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ برابر ۱/۵ میلیون تن که معادل ۱۵٪ کل گندم تولیدی بود تخمین زدند. در آمریکا بر روی رقم حساس در منطقه مونتانا کاهش محصول برابر ۸۰-۲۳ ٪ در اثر زنگ زرد بر روی ارقام نیمه حساس تا حساس گزارش شده است (McNeal and Sharp, 1963). ماندی (Mundy, 1973) گزارش داد در اثر شکسته شدن مقاومت گیاه کامل (Adult Plant Resistance) در رقم Joss Cambier در اثر زنگ زرد در انگلستان کاهش محصول برای ۳۴٪ بوده است. استفاده از ارقام مقاوم یکی از مؤثرترین، اقتصادی‌های و از نظر محیط زیست مطمئن‌ترین روش کنترل بیماری‌ها به خصوص بیماری زنگ زرد گندم است. تحقیقات وسیعی بر روی بیماری زنگ زرد گندم برای سالیان متمادی انجام گرفته است و عموماً منجر به ایجاد ارقام مقاوم گردیده است. اگر چه هر چند سال یک بار مسئله شکسته شدن مقاومت ارقام مطرح است، از جمله شکسته شدن مقاومت رقم فلات در ایران با ژن‌های اختصاصی (Race-Specific) شامل *Yr7* و *Yr9* . برای ژن *Yr7* از قبل در ایران ویرولانس وجود داشته و مقاومت این رقم از زمان معرفی تا سال ۱۳۷۲ (زمان بروز همه‌گیری زنگ زرد گندم در سطح وسیع) فقط با تک ژن *Yr9* صورت می‌گرفت. از آن جایی که از مقاومت مرحله گیاهچه‌ای و به خصوص مقاومت تک ژنی نمی‌توان انتظار پایداری مطلوبی نسبت به نژادهای جدید و موتاسیون یافته عامل بیماری داشت، انجام برنامه اصلاحی به منظور ترکیب حداقل دو تا سه ژن مقاومت مؤثر در ارقام ضروری است. در این راستا تجزیه ژنتیکی ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم که از دیر باز جهت تعیین تعداد ژن‌های مقاومت در ارقام صورت می‌گرفته است اهمیت به سزایی در روند تولید ارقام مقاوم دارد. هر چه تعداد ژن‌های مقاومت مؤثر در میزبان بیشتر باشد شانس شکسته شدن مقاومت در بلند مدت کمتر است. اولین گزارش تجزیه ژنتیکی توسط بیفن (Biffen, 1905) در ارتباط با مقاومت در رقم گندم Rivet بوده که توسط یک ژن مقاوم کنترل می‌شد. وجود تنوع بیماریزایی (Pathogenic variation) در نقاط مختلف دنیا سبب این می‌شد که یک رقم در آمریکا مقاوم ولی درآلمان حساس باشد (Wellings, 1986)، لذا مطالعات فوق در هر منطقه می‌تواند نقش ارزنده‌ای در پیش‌بینی پایداری مقاومت لاین‌ها و ارقام داشته باشد. اغلب مطالعات ژنتیکی در ارتباط با وراثت‌پذیری نسبت به بیماری زنگ

www.SID.ir

Archive of SID

در ارتباط با استفاده آن‌ها در برنامه‌های به نژادی صورت می‌گیرد(Moghaddam *et al*., 2002).

در یک بررسی بر روی ارقام پاکستانی شامل ۲۷ رقم گندم با استفاده از ۱۸ پاتوتیپ زنگ زرد گندم در انگلستان، وجود ژن‌های *Yr*6 ، *Yr*7 و *Yr*9 و احتمالاً *Yr*2 به تنهایی و یا همراه با سایر ژن‌ها و همچنین تعدادی ژن ناشناخته عامل مقاومت را تعیین شد (Perwaiz and Johnson, 1986). ولینگز (Wellings, 1992) در یک مطالعه بر روی بیست و دومین خزانه بین‌المللی گندم نان مرکز سیمیت (22nd IBWSN) نسبت به بیماری زنگ زرد به این نتیجه رسید که حدود ۳۵٪ لاین‌ها حامل ژن مقاومت *Yr*27 (*Yr* Sk) به تنهایی و یا همراه با سایر ژن‌های مقاومت هستند. بادیبو و همکاران (Badebo *et al*., 1990) در مطالعه‌ای بر روی ۴۲ رقم گندم از اتیوپی با استفاده از ۱۹ پاتوتیپ زنگ زرد، ژن‌های *Yr*2، *Yr*3 ، *Yr*4 ، *Yr*6 ، *Yr*7 ، *Yr*9 و *Yr*A را به تنهایی و یا همراه با سایر ژن‌های مقاومت گزارش نمودند. افشاری و همکاران (Afshari *et al*., 2001) در بررسی ارقام و لاین‌های پنج خزانه سیمیت نسبت به بیماری زنگ زرد گندم حضور ژن *Yr*9 را در ۶۵٪ این لاین‌ها به تنهایی و یا همراه با سایر ژن‌ها گزارش نمود و ضمناً وجود ژن‌های *Yr*6 ، *Yr*7 و *Yr*27 و یکسری ژن‌های مقاومت ناشناخته را یادآوری کرد. در جهت مطالعات ژنتیکی، نات و اندرسون (Knott and Anderson, 1956) استفاده از دو روش دای آلل کراس میان والدین مقاوم و روش بک‌کراس یک رقم مقاومت در یک رقم حساس (تست کراس) پیشنهاد کرده‌اند. در روش دوم رقم مقاوم با یک رقم حساس تلاقی داده شده و سپس مجدداً با همان رقم حساس تلاقی برگشتی می‌خورد. چن و لاین (Chen and Line, 1993) در مطالعات وراثت‌پذیری رقم Carstens V نسبت به زنگ زرد، وجود سه ژن مقاوم را بر اساس ارزیابی نسل‌های F_2 و F_3 با استفاده از نژادهای زنگ زرد آمریکای شمالی در مرحله گیاهچه‌ای گزارش کردند. در مطالعه تعدادی از ارقام گندم در مکزیک مشخص شد که مقاومت گیاه کامل درارقام Parula ، Cook، Trap ، Sonoita 81 ، Yaco به وسیله ژن *Yr*18 و دو تا سه ژن با اثرهای کوچک کنترل می‌شود. واکنش نیمه مقاوم در ارقام Pavon79 و Attila نیز توسط دو تا سه ژن با اثرهای کوچک کنترل می‌شود ولی اثری از ژن *Yr*18 در آن‌ها دیده نمی‌شود (Singh *et al*., 2002). در مطالعاتی توسط باریانا و مکینتاش (Bariana and McIntosh, 1995) بر روی ژنتیک مقاومت گیاه کامل نسبت به زنگ زرد گندم در چهار رقم استرالیایی و یک رقم فرانسوی به نام Hybrid-de-Bersee با استفاده از نسل‌های F_2 و F_3 حاصله از این ارقام که با رقم حساس "S" Avocet تلاقی داده شده بودند، مشخص کرد که حد متوسط مقاومت

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه کامل (APR) نسبت به زنگ زرد در ارقام و یا لاین‌های Harrier ، Flinders و M2435 توسط یک ژن صورت می‌پذیرد، در حالی که در رقم King دو ژن مقاوم نقش داشته است. ارقام Harrier و M2435 یک ژن مشابه را دارا بودند و همچنین ارقام King و Flinders دارای یک ژن مقاومت مشابه بودند و به علاوه مشخص شد که مقاومت بسیار بالا در رقم Bersee توسط چهار ژن کنترل می‌شود.

افشاری (Afshari, 2000) گزارش نموده که در سه رقم تجن، داراب ۲ و نیک‌نژاد حداقل یک ژن مرحله گیاهچه‌ای و حداقل یک ژن مرحله گیاه کامل در ایجاد مقاومت نسبت به بیماری زنگ زرد گندم در شرایط منطقه‌ای استرالیا نقش داشته است. رقم مهدوی یک ژن *Yr*9 در مرحله گیاهچه‌ای را داشته است و رقم اترک حاوی دو ژن *Yr*9 و *Yr*27 (Selkirk gene) در مرحله گیاهچه‌ای بود. از طرفی ارقام الوند، الموت و زرین فاقد هر گونه ژن مقاومت در مرحله گیاهچه‌ای بوده ولی هر کدام یک ژن مرحله گیاه کامل با واکنش نیمه مقاوم داشتند. این خطر وجود دارد که مقاومت این ارقام که در سطح وسیع در ایران کاشته می‌شوند با یک موتاسیون و یا هیبریداسیون در عامل بیماری و یا پیدایش نژاد جدید با ویرولانس بالا شکسته شود و باعث همه‌گیری و خسارت سنگین در مناطق مورد کشت آن‌ها شود. در ایران تا کنون مطالعات ژنتیکی بر روی این ارقام انجام نشده است و اطلاعات موجود در ارتباط با ارزیابی آن‌ها در استرالیا است. اخیراً در استان آذربایجان شرقی وجود حساسیت در رقم الوند گزارش شده است (ترابی، ۱۳۸۰ مکاتبات شخصی). در این تحقیق، هدف مطالعه نحوه توارث مقاومت به زنگ زرد در ده لاین و رقم تجاری گندم از نظر ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای و گیاه کامل بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ده رقم و لاین پیشرفته گندم آبی شامل ارقام چمران، مرودشت، شیرودی، پیشتاز، شیراز و دز و لاین‌های C-78-7 ، N-75-16 ، N-75-15 و C-78-18 با توجه به اهمیت سطح زیر کشت و نیز در دست نامگذاری بودن، از چهار اقلیم کشور انتخاب شدند. ارقام و لاین‌های مذکور با رقم حساس Avocet "S" در شرایط مزرعه در خطوط یک متری در دو تاریخ کاشت در فصل زراعی ۸۱-۱۳۸۰ کاشته شدند، تلاقی بین ارقام و لاین‌های فوق با رقم حساس Avocet "S" داده شدند و بذرهای هیبرید تهیه شد.

بذرهای هیبرید حاصله پس از برداشت در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ جهت تهیه بذرهای نسل F_2 در مزرعه به تعداد ده بذر برای هر تلاقی کاشته شدند. بذر تک بوته‌های F_2 به طور جداگانه برداشت شدند و در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ به عنوان فامیل F_3 مربوطه کاشته شدند. در مطالعات گلخانه‌ای از ده لاین و رقم

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد ۱۲-۱۰ بذر برای هر یک در گلدان‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر کاشته و پس از ظهور برگ دوم ۱۲-۱۰ گیاهچه با استفاده از اسپور قارچ نژاد $134E134A^+$ که دارای قدرت بیماریزایی بالایی است با پودر تالک به نسبت ۱:۴ مایه‌زنی شده و در دمای ۱۰-۸ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی برای مدت ٢٤ ساعت نگهداری شدند. گیاهچه‌ها به محیط گلخانه در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد در زیر سرپوش شفاف انتقال یافته و پس از ١٤ تا ۱۸ روز بسته به واکنش رقم حساس شاهد، یادداشت‌برداری براساس مقیاس 0-9 (McNeal *et al.*, 1971) انجام شد. در شرایط مزرعه بر روی دو خط یک متری، میزان ده گرم بذر از هر لاین و رقم به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر همراه با رقم حساس بولانی کاشته شدند. آلودگی مصنوعی مزرعه در چند نوبت در اواخر پاییز هر سال، اواخر زمستان و اواسط بهار با نژاد $134E134A^+$ انجام شد. این نژاد بر روی گیاهان با ژن‌های *Yr*9 ، *Yr*7 ، *Yr*6 ، *Yr*2 و *Yr*A بیماریزایی دارد. یادداشت‌برداری برای درصد آلودگی در مرحله ظهور برگ پرچم و زمانی که رقم حساس آلودگی ۱۰۰-۹۰٪ را داشت براساس روش اصلاحی کو (The Modified Cobb Scale) (Peterson *et al.*, 1948) و همچنین تیپ آلودگی براساس روش (Roelfs *et al.*, 1992) انجام شد.

از گیاهان نسل F_2 و فامیل‌های F_3 ، برای هر تلاقی ۱۰۵-۶۹ گیاهچه در گلدان‌هایی به قطر ده سانتی‌متر به تعداد بیست بذر در هر گلدان در شرایط گلخانه کاشته و جهت تعیین تعداد ژن‌های مرحله گیاهچه‌ای با نژاد $134E134A^+$ مایه‌زنی شدند. همچنین در شرایط مزرعه از هر جمعیت F_2 برای هر تلاقی در خطوط چهار متری با فاصله تقریبی بوته‌ها ۱۵-۱۲ سانتی‌متر کاشته شدند. گیاهان F_3 حاصله از هر جمعیت F_2 روی دو خط یک متری به تعداد ۳۵-۳۰ بذر به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند. والدین و لاین حساس به عنوان شاهد در کنار هر خانواده کاشته شدند. مزرعه آزمایشی با نژاد $134E134A^+$ در چندین نوبت از پاییز تا اوایل بهار در کرج مایه‌زنی شد و در مرحله ظهور برگ پرچم یادداشت‌برداری از بوته‌های نسل F_2 انجام شد و آن‌ها در دو گروه مقاوم (R) و حساس (S) قرار داده شدند. گیاهان نسل F_3 حاصل از هر جمعیت F_2 در سه گروه حساس، تفکیک یافته برای مقاومت و مقاوم خالص (Non-segregating Susceptible ، Segregating، Non-segregating Resistant) قرار گرفته و نسبت‌های حاصله با روش آماری کای- اسکور آزمون شدند (Knott, 1989).

نتایج و بحث

براساس نتایج گلخانه‌ای در ارزیابی نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ مشخص شد که تمام ارقام تجاری در این تحقیق دارای مقاومت گیاهچه‌ای بودند با واکنش 5C- 0 و از میان لاین‌های امیدبخش فقط دو لاین C-78-7 و

www.SID.ir

Archive of SID

C-78-18 دارای واکنش حساس (9-8) بودند که در نتیجه فاقد ژن مقاومت مؤثر در مرحله گیاهچه‌ای هستند (جدول ۱). در شرایط مزرعه واکنش ارقام و لاین‌های مذکور بین 5R-20MR و در نتیجه مقاوم بودند (جدول ۱). حساسیت دو لاین C-78-7 و C-78-18 در مرحله گیاهچه‌ای و مقاومت آن‌ها در مرحله گیاه کامل نشان‌دهنده وجود ژن‌های مرحله گیاه کامل در آن‌ها است که در مرحله ظهور برگ پرچم به بعد اثر آن‌ها نمایان می‌شود.

در بررسی نسل F_2 در شرایط گلخانه به جز F_2 حاصل از دو لاین C-78-7 و C-78-18 با رقم حساس "S" Avocet که حساس بودند سایر ارقام و لاین‌های مورد مطالعه با نسبت ژنتیکی محاسبه شده ۳ مقاوم و ۱ حساس (3 Resistant: 1 Susceptible) مطابقت داشتند که نشان‌دهنده وجود یک ژن مقاومت مرحله گیاهچه‌ای در هر لاین و رقم بود (جدول ۲) و کای اسکورهای محاسبه شده با یک درجه آزادی غیرمعنی‌دار بودند.

تعداد معدودی از بذرهای کاشته شده در مزرعه با وجود تمام دقت‌های انجام شده یا جوانه نزدند و یا توسط پرندگان از بین رفتند که اختلاف تعداد گیاهان در شرایط مزرعه و گلخانه به این امر برمی‌گردد. نتایج نسل F_2 در شرایط مزرعه (گیاه کامل) نشان‌دهنده وجود یک ژن مقاوم برای رقم چمران و لاین N-75-16 بود و با توجه به حضور تک ژن مقاومت مرحله گیاهچه‌ای که از مرحله گیاهچه‌ای شروع و تا مرحله گیاه کامل ادامه دارد می‌توان چنین استنباط کرد که مقاومت فوق از نوع مقاومت گیاهچه‌ای است. این نوع مقاومت معمولاً شکننده است و در اثر نژاد جدید عامل بیماری و یا موتاسیون در عامل بیماری در کوتاه مدت شکسته خواهد شد. نمونه این مورد شکسته شدن مقاومت رقم فلات در سال ۱۳۷۲ بود، که مقاومت آن در اثر ژن *Yr*9 کنترل می‌شود و با ظهور نژاد جدید عامل بیماری با قدرت بیماریزایی بر روی این ژن مقاومت آن شکسته شد(Torabi *et al*., 1995). مثال دوم شکسته شدن مقاومت رقم چمران در طی دو سال گذشته است که ابتدا به شکل پراکنده در بعضی مزارع استان فارس ولی در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ به شکل گسترده در این استان مشاهده شد (Afshari, 2004). در ارقام مرودشت، شیرودی، دز، پیشتاز و شیراز با توجه به نسبت‌های ژنتیکی به دست آمده وجود دو ژن غالب در مرحله گیاه کامل در هر کدام پیش‌بینی می‌شود که یک ژن آن مربوط به مرحله گیاهچه‌ای و ژن دوم مربوط به مرحله گیاه کامل است. دورگ C-78-7/Avoset "S" در نسل F_2 ۸۸ بوته مقاوم و چهار بوته حساس (88R:4S) تولید کرد که نشان‌دهنده وجود احتمالی دو ژن غالب مرحله گیاه کامل است و با نسبت ژنتیکی 15R:1S مطابقت دارد (جدول ۳). از بوته‌های F_2 حاصل از تلاقی لاین C-78-18 با لاین "S" Avocet تعداد ۵۰ بوته

www.SID.ir

Archive of SID

مقاوم و ۴۰ بوته حساس به دست آمد که با نسبت 9R:7S برای دو ژن به شکل اثر متقابل تکمیل‌کننده در مرحله گیاه کامل مطابقت داشت و برای اطمینان از نتایج حاصله آزمایش نسل F_3 انجام شد.

از تعداد ۹۲ گیاه نسل F_2 حاصل از تلاقی "S" N-75-15/Avoset در مزرعه، تعداد ۹۰ گیاه مقاوم و فقط ۲ گیاه حساس نسبت به عامل بیماری بودند و با توجه به نسبت‌های ژنتیکی می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالاً برای سه ژن مقاومت، که یک ژن از مرحله گیاهچه‌ای و دو ژن دیگر از مرحله گیاه کامل آمده است تفرق حاصل نمود و با نسبت 63R:1S هماهنگی دارد (جدول ۳).

در بررسی نسل‌های F_3 حاصل از تلاقی‌های انجام شده، در مرحله گیاهچه‌ای که تکمیل‌کننده نتایج نسل F_2 بود به جز مواد F_3 مرتبط با دو لاین حساس مرحله گیاهچه‌ای C-78-7 و C-78-18، سایر مواد حاصل از تلاقی‌های دیگر برای یک ژن مقاومت با نسبت ژنتیکی 1R:2Seg:1S تفرق یافتند و کای اسکورهای محاسبه شده غیرمعنی‌دار بودند (جدول ٤).

نتایج حاصل از تلاقی‌های انجام شده با لاین "S" Avocet در نسل F_3 در شرایط مزرعه در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج تأییدکننده نتایج نسل F_2 در سال زراعی قبل بود و رقم چمران لاین N-75-16 برای یک ژن با نسبت 1Non-Seg. Res, 2Seg., 1 Non-Seg Sus. مطابقت داشت و نسبت فوق برای آن‌ها به ترتیب 17:48:19 و 11:43:21 یادداشت‌برداری و محاسبه شد. تفرق ارقام مرودشت، شیرودی، پیشتاز، شیراز، دز و لاین C-78-7 با نسبت 7R:8Seg:1S مطابقت داشت و می‌توان گفت هر یک برای دو ژن تفرق داشته‌اند، بنابراین می‌توان تخمین زد به جز لاین C-78-7 که فقط دارای ژن مقاومت گیاه کامل است، سایر ارقام دارای یک ژن مقاومت گیاهچه‌ای و یک ژن مقاومت مرحله گیاه کامل هستند. در مطالعه‌ای بر روی مقاومت رقم Tonichi 81 مشخص گردید که اثر افزایشی ژن *Yr*18 با دو ژن دارای واکنش نیمه مقاوم بوده و فاقد ژن مقاومت در مرحله گیاهچه‌ای است با این وجود مقاومت گیاه کامل آن در سطح دنیا بسیار مؤثر بوده است، این مقاومت را به نام *Yr*18 complex نام می‌برند (Singh *et al*., 2002). از آن جایی که ژن *Yr*18 یکی از ژن‌های مرحله گیاه کامل است و در اکثر ارقام سیمیت از آن به عنوان یک مقاومت پایدار نام می‌برند، احتمال حضور این ژن در ارقام آزمایش شده دور از انتظار نیست و با توجه به مؤثر بودن ژن *Yr*18 در ایران (افشاری و ترابی، ۱۳۸۴) در شرایط مزرعه احتمال حضور ژن *Yr*18 همراه با سایر ژن‌های ناشناخته داده می‌شود. واکنش مقاومت ارقام و لاین‌ها با ترکیب ژن‌های مختلف می‌تواند پایداری (Durability) آن‌ها را در درازمدت بیشتر کند (Singh *et al*., 2004).

www.SID.ir

Archive of SID

لاین C-78-18 با تفرق 4R:44Seg:37Sus برای نسبت ژنتیکی 1:8:7 با $P_{2d.f.}$>0.80 غیرمعنی‌دار بود و چنین استنباط می‌شود دو ژن مرحله گیاه کامل به شکل مکمل ایجاد مقاومت را در این لاین به عهده دارند (جدول ۵).

جدول ۱- عکس‌العمل ده لاین و رقم گندم و رقم حساس "Avocet "S نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل

Table 1. The responses of 10 wheat cultivars/ lines and Avocet "S" line to *Pst*. Pathotype $134E134A^+$ in seedling and adult plant stages

لاین/. رقم Cultivar/ line	شجره Pedigree	گیاهچه‌ای Seedling	گیاه کامل Adult plant
Chamran	CM858336-50Y-0M-0Y-3M-0Y	0;	5R
Marvdasht	HD2172/BLOUDAN//AZADI	5C	5R
Dez	Kauz*2/OPATA//KAUZ	0;	10R
Shiraz	GV/D630//ALD"S"/3/AZD	; CN	10R
Pishtaz	ALVAND//ALDAN/LA58	; CN	5R
Shirodi	CM85836-4Y-0M-0Y-8M-0Y-OPZ	5C	5R
C-78-7	BOF13367//P102/3/STRAMPELLI	9	5R
C-78-18	VATA	8	20MR
N-75-16	SHANGHIA7//HAHN"S"*2/PRL"S"CM95119-3Y-0M-0Y	0	5R
N-75-15	NA160/HN7/SY SWM70053-2Y-1Y-0Y-2AP	0	10R
Avocet"S" (Susceptible Check)	Australian line	8	100R

جدول ۲- عکس‌العمل تلاقی‌های ارقام و لاین‌ها پیشرفته گندم با لاین "Avocet"S در نسل F_2 نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای

Table 2. F_2 seedling responses to *Pst*. pathotype $134E134A^+$ among crosses of some wheat cultivars and advanced lines with Avocet "S"

تلاقی Cross	مقاوم Resistant	حساس Susceptible	کااسکور X^2	P value[ns]
Chamran/ Avocet S	65	22	$X^2_{3:1} = 0.38$	$P_{1d.f.}$> 0.50
Marvdasht/ Avocet S	75	30	$X^2_{3:1} = 0.72$	$P_{1d.f.}$> 0.30
Dez/ Avocet S	70	25	$X^2_{3:1} = 0.10$	$P_{1d.f.}$> 0.70
Shiraz/ Avocet S	73	20	$X^2_{3:1} = 0.60$	$P_{1d.f.}$> 0.30
Pishtaz/ Avocet S	69	19	$X^2_{3:1} = 0.55$	$P_{1d.f.}$> 0.30
Shirodi/ Avocet S	61	25	$X^2_{3:1} = 0.76$	$P_{1d.f.}$> 0.30
C-78-7/ Avocet S	–	–	–	–
C-78-18/ Avocet S	–	–	–	–
N-75-16/ Avocet S	55	18	$X^2_{3:1} = 0.01$	$P_{1d.f.}$> 0.90
N-75-15/ Avocet S	70	26	$X^2_{3:1} = 0.23$	$P_{1d.f.}$> 0.90

ns: غیرمعنی‌دار، جهت معنی‌دار بودن در سطح P=0.05 با یک درجه آزادی برابر ۳/۸۴ است.

ns: Not significant.
Value for significance, at P=0.05 and 1d.f. is 3.84.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- عکس‌العمل تلاقی‌های ارقام و لاین‌ها پیشرفته گندم با لاین "Avocet"S در نسل F_2 نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ زنگ زرد در مرحله گیاه کامل

Table 3. F_2 adult plant responses to *Pst*. pathotype $134E134A^+$ among crosses of some wheat cultivars and adavanced lines with Avocet"S"

تلاقی Cross	مقاوم Resistant	حساس Susceptible	کااسکور X^2	P value[ns]
Chamran/ Avocet S	62	25	$X^2_{3:1} = 0.64$	$P_{1d.f.} > 0.30$
Marvdasht/ Avocet S	98	3	$X^2_{15:1} = 0.71$	$P_{1d.f.} > 0.30$
Dez/ Avocet S	84	5	$X^2_{15:1} = 0.06$	$P_{1d.f.} > 0.70$
Shiraz/ Avocet S	90	4	$X^2_{15:1} = 0.64$	$P_{1d.f.} > 0.30$
Pishtaz/ Avocet S	87	4	$X^2_{15:1} = 0.53$	$P_{1d.f.} > 0.30$
Shirodi/ Avocet S	68	3	$X^2_{15:1} = 0.50$	$P_{1d.f.} > 0.30$
C-78-7/ Avocet S	88	4	$X^2_{15:1} = 0.57$	$P_{1d.f.} > 0.30$
C-78-18/ Avocet S	50	40	$X^2_{7:9} = 0.02$	$P_{1d.f.} > 0.80$
N-75-16/ Avocet S	55	26	$X^2_{3:1} = 0.17$	$P_{1d.f.} > 0.10$
N-75-15/ Avocet S	90	2	$X^2_{63:1} = 0.23$	$P_{1d.f.} > 0.50$

ns: غیرمعنی‌دار، جهت معنی‌دار بودن در سطح P=0.05 با دو درجه آزادی برابر ۵/۹۹ است.

ns: Not significant.
Value for significance, at P=0.05 and 1d.f. is 5.99.

جدول ۴- عکس‌العمل تلاقی‌های ارقام و لاین‌ها پیشرفته گندم با لاین "Avocet"S در نسل F_3 نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای

Table 4. F_3 seedling responses to *Pst*. pathotype $134E134A^+$ among crosses of some wheat cultivars and adavanced lines with Avocet"S"

تلاقی Cross	مقاوم Non-segregating resistant	تفرق یافته Segregating	حساس Non-segregating susceptible	کااسکور X^2	P value[ns]
Chamran/ Avocet S	20	41	24	$X^2_{1:2:1} = 0.48$	$P_{2d.f.} > 0.70$
Marvdasht/ Avocet S	29	49	21	$X^2_{1:2:1} = 1.31$	$P_{2d.f.} > 0.50$
Dez/ Avocet S	17	48	20	$X^2_{1:2:1} = 1.63$	$P_{2d.f.} > 0.30$
Shiraz/ Avocet S	29	41	20	$X^2_{1:2:1} = 2.50$	$P_{2d.f.} > 0.20$
Pishtaz/ Avocet S	25	38	26	$X^2_{1:2:1} = 1.92$	$P_{2d.f.} > 0.30$
Shirodi/ Avocet S	18	30	21	$X^2_{1:2:1} = 1.43$	$P_{2d.f.} > 0.30$
C-78-7/ Avocet S	–	–	–	–	–
C-78-18/ Avocet S	–	–	–	–	–
N-75-16/ Avocet S	24	33	20	$X^2_{1:2:1} = 1.99$	$P_{2d.f.} > 0.30$
N-75-15/ Avocet S	19	44	25	$X^2_{1:2:1} = 0.82$	$P_{2d.f.} > 0.50$

ns: غیرمعنی‌دار، جهت معنی‌دار بودن در سطح P=0.05 با یک درجه آزادی برابر ۳/۸۴ است.

ns: Not significant, Value for significance, at P=0.05 and 1d.f. is 3.84.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- عکس‌العمل تلاقی‌های ارقام و لاین‌ها پیشرفته گندم با لاین "Avocet"S در نسل F_3 نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ زنگ زرد در مرحله گیاه کامل

Table 5. F_3 adult plant responses to *Pst*. pathotype $134E134A^+$ among crosses of some wheat cultivars and adavanced lines with Avocet"S"

تلاقی Cross	مقاوم Non-segregating resistant	تفرق یافته Segregating	حساس Non-segregating susceptible	کااسکور X^2	P value[ns]
Chamran/ Avocet S	17	48	19	$X^2_{1:2:1} = 1.81$	$P_{2d.f.} > 0.30$
Marvdasht/ Avocet S	34	58	6	$X^2_{7:8:1} = 3.51$	$P_{2d.f.} > 0.10$
Dez/ Avocet S	30	51	3	$X^2_{7:8:1} = 4.13$	$P_{2d.f.} > 0.10$
Shiraz/ Avocet S	40	43	7	$X^2_{7:8:1} = 0.44$	$P_{2d.f.} > 0.80$
Pishtaz/ Avocet S	28	51	7	$X^2_{7:8:1} = 4.43$	$P_{2d.f.} > 0.10$
Shirodi/ Avocet S	33	27	3	$X^2_{7:8:1} = 1.92$	$P_{2d.f.} > 0.30$
C-78-7/ Avocet S	32	46	8	$X^2_{7:8:1} = 2.34$	$P_{2d.f.} > 0.30$
C-78-18/ Avocet S	4	44	37	$X^2_{1:8:7} = 0.37$	$P_{2d.f.} > 0.80$
N-75-16/ Avocet S	11	43	21	$X^2_{1:2:1} = 4.28$	$P_{2d.f.} > 0.10$
N-75-15/ Avocet S	59	26	1	$X^2_{45:18:1} = 0.24$	$P_{2d.f.} > 0.80$

ns: غیرمعنی‌دار، جهت معنی‌دار بودن در سطح P=0.05 با دو درجه آزادی برابر ۵/۹۹ است.

ns: Not significant, Value for significance, at P=0.05 and 1d.f. is 5.99.

جدول ۶- تخمین تعداد ژن‌های مؤثر نسبت به بیماری زنگ زرد گندم در تجزیه میانگین نسل F_3 در مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل ده رقم و لاین پیشرفته گندم با لاین "Avocet"S نسبت به پاتوتیپ $134E134A^+$ زنگ زرد

Table 6. Estimated number of stripe rust resistance genes segregating at the seedling and adult plant stages to *Pst*. pathotype $134E134A^+$ in F_3 populations of ten crosses between six cultivars and four advanced lines with Avocet"S"

	تعداد ژن‌های مقاومت No. of resistance genes		
تلاقی Cross	گیاهچه‌ای Seedling	گیاه کامل Adult plant	مجموع Total
Chamran/ Avocet S	1	–	1
Marvdasht/ Avocet S	1	1	2
Dez/ Avocet S	1	1	2
Shiraz/ Avocet S	1	1	2
Pishtaz/ Avocet S	1	1	2
Shirodi/ Avocet S	1	1	2
C-78-7/ Avocet S	–	2	2
C-78-18/ Avocet S	–	2*	2*
N-75-16/ Avocet S	1	–	1
N-75-15/ Avocet S	1	2	3

*: دو ژن غالب مکمل

*: Two complementary dominant genes

www.SID.ir

Archive of SID

لاین N-75-15 برای سه ژن ($P_{2d.f.}$>0.80 ، $X^2_{45:18:1}$59:26:1=0.24) براساس محاسبات انجام شده تفرق نشان داد که یک ژن از مرحله گیاهچه‌ای و دو ژن مربوط به مرحله گیاه کامل است. مطالعات ژنتیکی نسبت به زنگ زرد گندم در چند رقم استرالیایی و یک رقم فرانسوی مشخص نمود که در ارقام Harrier ، Flinders و M2435 مقاومت توسط یک تک ژن کنترل می‌شود در حالی که در رقم King دو ژن مقاومت نقش داشت و مقاومت بسیار بالای رقم Hybrid-de-Bersee توسط چهار ژن کنترل می‌شود (Bariana and McIntosh, 1995) به همین دلیل از آن به عنوان یک منبع مقاومت به بیماری زنگ زرد استفاده می‌شود. به مشابه آن، لاین N-75-15 نیز می‌تواند با توجه به تعداد ژن‌های مؤثر در آن، به عنوان یک منبع مقاومت در ایران مورد توجه قرار گیرد. در کار مشابهی بر روی تعدادی از ارقام شامل تجن، داراب ۲ و نیک‌نژاد نتایج نشان داد که در این ارقام حداقل یک ژن مرحله گیاهچه‌ای و حداقل یک ژن مرحله گیاه کامل در ایجاد مقاومت نسبت به بیماری زنگ زرد گندم در شرایط منطقه‌ای استرالیا نقش داشته است، در حالی که رقم مهدوی یک ژن و رقم اترک حاوی دو ژن در مرحله گیاهچه‌ای بودند (Afshari, 2000). ارقام و لاین‌ها استفاده شده در این بررسی طی ۱۵ سال گذشته از مواد برنامه‌های اصلاحی بخش تحقیقات غلات انتخاب شده‌اند و انتخاب آن‌ها براساس ارزیابی‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای استوار بوده است، بنابراین وجود حداقل یک یا دو ژن مقاومت به بیماری زنگ زرد در این ارقام و لاین‌های دور از انتظار نباید باشد. در مجموع براساس نتایج نسل‌های F_2 و F_3 می‌توان چنین نتیجه گرفت که در رقم چمران و لاین N-75-16 یک ژن غالب مقاومت به بیماری زنگ زرد وجود دارد. ارقام مرودشت، شیرودی، پیشتاز، شیراز، دز و لاین C-78-7 دارای دو ژن غالب و لاین C-78-18 دارای دو ژن تکمیل‌کننده غالب (Two complementary dominant genes) بود. نتایج این بررسی همچنین احتمال وجود سه ژن مقاومت غالب نسبت به پاتوتیپ مورد مطالعه زنگ زرد را در لاین N-75-15 نشان داد (جدول ٦). لاین‌ها و ارقامی که دارای بیش از یک ژن مقاومت هستند شانس شکسته شدن مقاومت ژن‌های آن‌ها در یک زمان کوتاه کاهش می‌یابد و می‌توان حداقل در یک دوره زمانی ٥-٤ ساله از آن‌ها با توجه به سایر صفات و شرایط رقم به خوبی استفاده کرد. با این وجود زیر نظر بودن نژادهای عامل بیماری و ارقام در کنترل هرچه بهتر این عامل خسارت‌زا بسیار ضروری است. بررسی‌های تکمیلی در جهت تعیین مشابهت ژن‌های مقاومت در این ارقام و شناسایی مارکرهای ملکولی مناسب جهت ردیابی این ژن‌های مقاومت در آینده ضروری به نظر می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده **References**

افشاری، ف.، و ترابی، م. ۱۳۸۴. بررسی مقدماتی روی تعدادی از ژن‌های مؤثر در مرحله گیاه کامل به عنوان منابع مقاومت به عامل بیماری زنگ زرد گندم (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*). نهال و بذر ۲۱: ۳۳۷-۳۳۱.

Afshari, F. 2000. Studies on rust resistance in wheat with particular emphasis on stripe rust. Ph. D. Thesis, University of Sydney, Australia, 252 pp.

Afshari, F. 2004. Chalange of new race of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Iran. Second Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa. 22-26 Mrach, Islamabad, Pakistan. P. 19.

Afshari, F., McIntosh, R. A., Wellings, C. R. 2001. Identificantion of yellow (Stripe) rust resistance genes in a group of international nurseries. First Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa, Karaj, Iran. P. 74.

Badebo, A., Stubbs, R. W., Van Ginkel, M., and Gebeyehu, G. 1990. Identification of resistance genes to *Puccinia striiformis* in seedlings of Ethiopian and CIMMYT bread wheat varieties and lines. The Netherlands Journal of Plant Pathology 96: 199-210.

Bariana, H. S., and McIntosh, R. A. 1995. Genetics of adult plant resistance in four Australian wheats and the French cultivar Hybride de Bersee. Plant Breeding 114: 485-491.

Biffen, R. H. 1905. Mendel's laws of inheritance and wheat breeding. Journal of Agricultural Sciences 1: 4-48. (Cited from Knott, 1989).

Chen, X., and Line, R. F. 1993. Inheritance of stripe rust resistance in wheat cultivar Carstens V. Euphytica 71: 107-113.

Knott, D. R. 1989. The Wheat Rusts-Breeding for Resistance. Monographs on Theoretical and Applied Genetics: 12. Springer-Verlag, Berlin. 201 pp.

Knott, D. R., and Anderson, R. G. 1956. The inheritance of stem rust resistance in ten varieties of common wheat. Canadian Journal of Agricultural Science 36: 174-195.

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 Services, pp. 34-121.

McNeal, F. H., and Sharp, E. L. 1963. Effect of stripe rust on yield and test weight of white spring wheat varieties at Bozeman, Montana in 1962. Plant Disease Reporter 47: 763-765.

www.SID.ir

Archive of SID

Moghaddam, M. 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. P. 215.

Mundy, E. J. 1973. The effect of yellow rust and its control on the yield of Joss Cambier winter wheat. Plant Phathology 22: 171-176.

Perwaiz, M. S., and Johnson, R. 1986. Genes for resistance to yellow rust in seedlings of wheat cultivars from Pakistan tested with British isolates of *Puccinia striiformis*. Plant Breeding 97: 289-296.

Peterson, R. F., Campbell, A. B., and Hannah, A. E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. Canadian Journal of Research. 26: 496-500.

Roelfs, A. P., Singh, R. P., and Saari, E. E. 1992. Rust Disease of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT. Mexico. 81 pp.

Singh, R. P., Duveiller, E., and Huerta-Espino, J. 2004. Virulence to yellow rust resistance gene *Yr*27: A new threat to stable wheat productions in Asia. Second Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa, 22-26 March, Islamabad, Pakistan. pp. 16-17.

Singh, R. P., J. Huerta-Espind, and M. William. 2002. Additive genes for durable resistance to yellow rust in wheat: Genetics, Molecular mapping and breeding at CIMMYT.Meeting the Challenge of yellow rust in cereal crops. ICARDA Published. pp. 4-12.

Torabi, M., Mardoukhi, V., Nazari, K., Afshari, F., Forootan, A. R., Ramai, 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. R. 1986. Host: Pathogen Studies of Wheat Stripe Rust in Australia. Ph. D. Thesis, University of Sydney, Australia. 237 pp.

Wellings, C. R. 1992. Resistance to stripe (yellow) rust in selected spring wheats. Vortrage für pflanzenzuchtung 24: 273-275.

آدرس نگارنده:

فرزاد افشاری- واحد پاتولوژی، بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ٤١١٩، کرج ٣١٥٨٥.

www.SID.ir