

## وراثت مقاومت به بیماری زنگ زرد در تعدادی از ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های انتخابی امیدبخش گندم استان فارس\*

### INHERITANCE OF RESISTANCE TO STRIPE RUST IN SEVERAL COMMERCIAL CULTIVARS AND SELECTED ELITE GENOTYPES OF WHEAT FROM FARS PROVINCE

عبدالکریم ذاکری<sup>1\*</sup>، فرزاد افشاری<sup>2</sup>، ساسان رجایی<sup>1</sup>، محسن یاسایی<sup>1</sup>، احمدرضا نیکزاد<sup>1</sup>  
و فضل الله حسینی<sup>1</sup>

(تاریخ دریافت: 1392/4/3؛ تاریخ پذیرش: 1393/3/13)

#### چکیده

به منظور مشخص شدن نحوه توارث مقاومت به بیماری زنگ زرد و تعداد ژن‌های دخیل در مقاومت به بیماری در ۱۷ لاین انتخابی امیدبخش گندم مربوط به اقلیم معتدل کشور، دو لاین انتخابی S-78-11 و S-79-10 از ژنوتیپ‌های امیدبخش اقلیم گرم و چهار رقم گندم تجاری داراب ۲، نیک نژاد، بهار و استار، تلاقی‌های بسیاری از این ارقام و لاین‌ها با رقم حساس استاندارد Avocet S انجام شده و بذره‌های F1، F2 و F3 از هر تلاقی تولید شدند. جهت انجام تجزیه ژنتیکی، از عکس‌العمل دو جمعیت F3 منتج از همه تلاقی‌ها در مرحله گیاه کامل، یک جمعیت F3 حاصل از تلاقی رقم بهار با Avocet S در مرحله گیاهچه‌ای، والدین و ارقام شاهد نسبت به پاتوتیپ (نژاد) غالب زنگ زرد استان فارس (پاتوتیپ 166E138A<sup>+</sup>) یادداشت برداری شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های امیدبخش M-79-4, M-79-5, M-79-13, M-79-18, M-80-13, M-80-20, M-81-5, S-78-11 و S-79-10 از اقلیم معتدل، دو ژنوتیپ M-79-17, M-80-6, M-80-12, M-81-8, M-81-13, M-81-15 هر کدام دارای دو ژن مقاومت مرحله گیاه کامل و ژنوتیپ‌های امیدبخش M-81-3 و M-79-13 فاقد هر گونه ژن مقاومت نسبت به پاتوتیپ مذکور بودند. تجزیه ژنتیکی در مراحل گیاهچه و گیاه کامل برای این ژنوتیپ بود. رقم استار و Avocet S نشان‌دهنده وجود یک ژن مقاومت از نوع گیاهچه‌ای و نیز یک ژن مقاومت از نوع گیاه کامل برای این ژنوتیپ بود. رقم استار و ژنوتیپ‌های امیدبخش M-81-3 و M-79-13 فاقد هر گونه ژن مقاومت نسبت به پاتوتیپ مذکور بودند. تجزیه ژنتیکی گذشته در ارتباط با زنگ‌های گندم دلالت بر این دارد که تکیه بر مقاومت‌های تک ژنی به خصوص از نوع مقاومت مرحله گیاهچه‌ای که در برخی از ارقام و لاین‌های امیدبخش تحقیق حاضر نیز تعیین شد کم دوام بوده و اغلب با خطر شکسته شدن مقاومت در یک برهه زمانی کوتاه (۴-۵ سال) مواجه می‌باشد. به کارگیری ژن‌های مقاومت رقم نیک‌نژاد و لاین‌های امیدبخشی که دارای دو ژن مقاومت مرحله گیاه کامل بودند در برنامه‌های اصلاحی جهت تولید ارقام مقاوم به زنگ زرد گندم توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گندم، زنگ زرد، پاتوتیپ (نژاد)، تجزیه ژنتیکی، مقاومت

\* این مقاله بر اساس نتایج به‌دست آمده از اجرای طرح‌های تحقیقاتی شماره‌های 11-8301-83033، 4-049-120000-11-8301-00000 و 1-100-120000-0-03-03-91286 موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شده است.

\*\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی [zakeriabd@yahoo.com](mailto:zakeriabd@yahoo.com)

1. استادیار، مربی، استادیار و مربیان پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس  
2. استاد پژوهش، بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

## مقدمه

در سال زراعی 1371-1372 معادل 1/5 میلیون تن که معادل 15% کل گندم تولیدی آن سال بود تخمین زده شد. از آن زمان به بعد نیز ظهور نژادهای جدید زنگ زرد (افشاری و همکاران، 1382؛ افشاری و همکاران 1391) موجب شکسته شدن مقاومت برخی از ارقام تجاری مهم به خصوص چمران و شیرودی شد (Zakeri 2007). در این ارتباط زیان‌های اقتصادی به محصول گندم در کشور و استان فارس در برخی از سال‌ها قابل توجه بوده است (مشاهدات مزرعه‌ای نگارندگان اول و دوم).

استفاده از ارقام مقاوم به عنوان بهترین و مؤثرترین روش کنترل این بیماری از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی به شمار می‌رود (Chen 2005, Chen et al. 2004, Rajaram et al. 1988, Sui et al. 2009). تجربیات گذشته نشان داده است که منابع مقاومت تک ژنی بخصوص آنهایی که دارای مقاومت مرحله گیاهچه‌ای هستند دارای پایداری مقاومت کوتاه (4-5 سال) بوده و اکثراً با ظهور پاتوتیپ‌های جدید و فراهم بودن شرایط جوی و محیطی مناسب بی تأثیر و حساس می‌شوند (Dyck & Kerber 1985, Johnson & Bimb 1996). مقاومت گندم رقم فلات که به عنوان یک رقم عملکرد و دارای سازگاری بالا با شرایط مختلف آب و هوایی ایران در اوایل دهه هفتاد شمسی معرفی شد چند سال پس از کشت وسیع و گسترده آن در مناطق مختلف کشور، در اثر پیدایش نژادهای جدیدی از قارچ عامل بیماری شکسته شد. هم‌چنین، همه‌گیری‌هایی موضعی تا متوسط و نسبتاً محدود از بیماری در استان فارس به وقوع پیوسته که نه تنها باعث خسارت اقتصادی شده است بلکه موجب شکسته شدن مقاومت برخی از ارقام تجاری گندم از قبیل چمران، شیرودی، شیراز، داراب 2، بهار، استار، کراس عدل، کویر، شهریار، زرین، الوند و الموت شده‌اند

زنگ زرد گندم ناشی از قارچ *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriks. این محصول در جهان و ایران است (Chen 2005, McIntosh et al. 1995, Stubbs 1985). در چند دهه اخیر بروز همه‌گیری‌های بسیاری از این بیماری سبب خسارت قابل توجه اقتصادی در بسیاری از مناطق دنیا شده است (McIntosh et al. 1995, Chen et al. 2004, Saari and Prescott 1985). وقوع همه‌گیری شدید زنگ زرد در 11 استان چین در سال 2002 مقدار  $6/6 \times 10^6$  هکتار از مزارع گندم را تحت تأثیر قرار داد که خسارت وارده معادل  $1/3 \times 10^6$  تن از محصول گندم برآورد شد (Wan et al. 2004). هم‌چنین خسارت ناشی از این بیماری در 12 ایالت شمالی و جنوبی مرکزی آمریکا در سال‌های 2000 تا 2003 که 3 تا بیش از ده درصد از محصول مزارع گندم بود، موجب نقصان محصول به ترتیب معادل 1198480، 5240498، 1056687 و 11746401 تن گندم تخمین زده شد. در این ارتباط میزان زیان اقتصادی به واسطه افت عملکرد و هزینه کاربرد قارچ‌کش‌ها در سال 2003 معادل 300 میلیون دلار برآورد شد (Chen et al. 2004). شایان ذکر است که خسارت ناشی از این بیماری در همه‌گیری‌های شدید و وجود رقم حساس گندم می‌تواند از 50 تا 100% از محصول را شامل شود (McIntosh et al. 1995, Roelfs et al. 1992).

بروز همه‌گیری ناشی از بیماری زنگ زرد گندم در ایران نیز در سال‌هایی که شرایط جوی برای توسعه بیماری مساعد می‌شود موجب خسارت اقتصادی در محصول گندم در مناطق مختلف کشور از جمله استان فارس می‌گردد. بر اساس گزارش ترابی و همکاران (Torabi et al. 1995)، میزان خسارت ناشی از بیماری زنگ زرد گندم

( Knott 1989, McIntosh 1992b, McIntosh 1998, )  
 .(McIntosh & Brown 1997, Rajaram *et al.* 1988  
 به‌طور مثال موفقیت در کنترل زنگ سیاه گندم در استرالیا و  
 مناطق دیگر از طریق ترکیب نمودن ژن‌های مقاومت  
 اختصاصی به همراه یک ژن مقاومت پایدار و موثر در  
 مرحله گیاه کامل مانند *Sr2* صورت گرفته است  
 .(McIntosh 1992a, McIntosh & Watson 1982)  
 هم‌چنین ترکیب ژن‌های مرحله گیاه کامل نظیر *Lr13* یا  
*Lr34* همراه با سایر ژن‌های مقاومت موثر، نقش مهمی در  
 کنترل زنگ قهوه‌ای گندم در سراسر جهان داشته است  
 Kolmer 1996, McIntosh 1992a, McIntosh *et al.* )  
 .(1995, Singh & Rajaram 1994

کسب اطلاع از اساس ژنتیکی مقاومت در لاین‌ها و  
 ژنوتیپ‌هایی که در برنامه‌های اصلاحی گندم قرار داشته و  
 در آینده به‌صورت ارقام تجاری معرفی و تولید می‌شوند،  
 حائز اهمیت فراوانی است. به‌طوریکه تولید و معرفی رقم  
 بدون اطلاع از تعداد ژن‌های مقاومت و نحوه عمل و  
 توارث آنها کاری ناقص است ( Badebo *et al.* 1990, )  
 Knott, 1989, McIntosh & Brown, 1997, Wellings *et*  
 2000 *al.*). داشتن چنین اطلاعاتی می‌تواند به نحو مؤثری  
 در ترکیب نمودن ژن‌های مقاومت مورد نظر در یک رقم  
 مفید واقع شود ( McIntosh, 1992b, Rajaram *et al.* )  
 .(1996, Wellings & McIntosh, 1998

تاکنون مطالعات متعددی در ارتباط با تعیین تعداد  
 ژن‌های مقاومت و نحوه توارث آنها در ارقام تجاری و  
 لاین‌های امیدبخش گندم نسبت به زنگ‌های گندم  
 صورت گرفته است. براساس گزارش سینگ و راجرام  
 (Singh & Rajaram 1994) برخورداری از مقاومت  
 متوسط مرحله گیاه کامل نسبت به زنگ زرد در ارقامی  
 مانند 62 Penjamo, 64 Lerma Rojo, 76 Nacozeni,

(Zakeri 2007, Afshari *et al.* 2012). در کل، تولید و  
 معرفی ارقام دارای مقاومت تک‌ژنی و کشت آنها در سطح  
 وسیع به‌دلیل افزایش میزان جهش در جمعیت پاتوژن و  
 بروز پاتوتیپ‌های با قدرت بیماری‌زایی بالا که موجب  
 تسریع در شکسته شدن مقاومت این ژن‌ها می‌گردد، توصیه  
 نمی‌شود (Johnson 1988, McIntosh 1992a).

تاکنون 53 ژن مقاومت به زنگ زرد از نوع ژن مقاومت  
 گیاهچه‌ای (Seedling resistance gene) و گیاه کامل  
 (Adult plant resistance gene). در ارقام مختلف گندم  
 در دنیا شناسایی و به‌طور رسمی نام‌گذاری شده‌اند. علاوه  
 براین بیش از 40 ژن مقاومت دیگر نیز به‌طور غیر رسمی  
 نام‌گذاری شده‌اند (Chen 2005, Chen *et al.* 2013, Chen  
 2009, McIntosh *et al.* 1995, 2010, Sui *et al.* 2009).  
 پرازاری (Virulence) برای اغلب ژن‌های مقاومت  
 گیاهچه‌ای و تعدادی از ژن‌های مقاومت گیاه کامل گزارش  
 شده است (McIntosh *et al.* 1995, Sharma-Poudyal )  
 .(2013, Wellings *et al.* 2000, Wellings *et al.* 2009  
 شدت و قدرت بیماری‌زایی برای ایجاد همه‌گیری و  
 شکستن ژن‌های مقاومت به‌کار گرفته شده در مناطق  
 مختلف دنیا از نظر زمانی متفاوت بوده و به مقدار زیادی  
 تحت تأثیر عوامل محیطی، سطح زیر کشت ارقام حساس  
 و مدیریت زراعی می‌باشد ( McIntosh & Brown 1997, )  
 .(Rajaram *et al.* 1996). تحقیقات نشان داده است ارقامی  
 از گندم که دارای چند ژن مقاومت گیاه کامل (حداقل دو  
 ژن) همراه با آثار افزایشی (additive effects) مقاومت  
 بوده‌اند از پایداری بیشتری به زنگ زرد گندم برخوردارند  
 (Ma & Singh 1996, McIntosh & Brown 1997, Singh & )  
 .(Rajaram 1994). استفاده مداوم از ترکیب ژن‌ها و انتقال آنها  
 به ارقام دلخواه و نیز در نظر گرفتن تنوع ژنتیکی، می‌تواند  
 بهترین راهکار در اطمینان از پایداری مقاومت باشد

15 دارای یک ژن مقاومت گیاهچه‌ای و دو ژن مقاومت گیاه کامل نسبت به پاتوتیپ مذکور بودند (Afshari 2006).

با توجه به اهمیت اقتصادی خسارت ناشی از زنگ زرد گندم در ایران لازمست که اساس ژنتیکی مقاومت در ژنوتیپ‌های انتخابی امید بخش قبل از اینکه به صورت رقم تجاری معرفی شوند مشخص شود. در دسترس بودن این اطلاعات در تعیین نهایی ارقام چند ژنی و دارای مقاومت مطلوب به زنگ زرد و ایجاد تنوع ژنتیکی در مناطق گندم خیز به منظور کاهش یا تاخیر در ظهور پراآزاری‌های (ویرولانسی‌های) جدید تأثیر قابل توجهی خواهد داشت. هدف از این بررسی، تعیین تعداد ژن‌های مقاومت در برابر زنگ زرد گندم و نحوه وراثت‌پذیری مقاومت به بیماری در تعدادی از ژنوتیپ‌های انتخابی امیدبخش و ارقام تجاری گندم استان فارس بود.

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی

برای انجام این تحقیق، 17 لاین انتخابی امیدبخش مربوط به اقلیم معتدل کشور شامل M-79-4, M-79-5, M-79-13, M-79-17, M-79-18, M-80-4, M-80-5, M-80-6, M-80-12, M-80-13, M-80-20, M-81-3, M-81-5, M-81-8, M-81-13, M-81-15, M-81-18) و دو لاین

انتخابی S-78-11 و S-79-10 از ژنوتیپ‌های امیدبخش اقلیم گرم و چهار رقم گندم تجاری داراب 2، نیک نژاد، بهار و استار مورد استفاده قرار گرفتند (جدول 1). در خزانه‌های آزمایشی زنگ زرد به منظور اطمینان از سطح کافی بیماری در آزمایش‌ها، پنج رقم چمران، مرودشت، شیراز، فلات و بولانی به‌عنوان شاهد استفاده شدند.

Wheaton و Tesia 79 نتیجه عمل ژن مقاومت *Yr18* بوده است. علت مقاومت رقم Pavon 76 نیز که سال‌ها در مکزیک و مناطق دیگر به صورت یک رقم با مقاومت قابل قبول در برابر زنگ زرد باقی مانده است وجود دو ژن ناشناخته القاکننده مقاومت و آثار افزایشی آنها بوده است (Singh & Rajaram 1994). هم‌چنین در تحقیقات مذکور مشخص شد که مقاومت رقم Tonichi 81 نسبت به زنگ زرد در مرحله گیاه کامل توسط دو ژن با خواص افزایشی که یکی از آنها *Yr18* می‌باشد، کنترل می‌شود.

این نوع مقاومت ترکیبی موثر در سراسر دنیا به‌نام ترکیب *Yr18* (*Yr18 complex*) خوانده شده است (Rajaram et al. 1996). مطالعات ذاکری (Zakeri 2002) در استرالیا نشان داد که منابع مقاومت به زنگ زرد شامل *Yr18*, *YrFalco* و *YrAlba* هر کدام توسط یک ژن مقاومت مرحله گیاه کامل کنترل می‌شوند و هر سه ژن از یکدیگر متفاوت و مستقل هستند. در مطالعه دیگری در استرالیا مشخص شد که ارقام داراب 2 و نیک نژاد هر کدام حداقل دارای یک ژن مقاومت گیاهچه‌ای و یک ژن مقاومت گیاه کامل نسبت به زنگ زرد هستند (Afshari 2000). مطالعات انجام شده در ایران نشان داد که رقم چمران و لاین N-75-16 هر کدام دارای یک ژن مقاومت موثر در مرحله گیاهچه نسبت به پاتوتیپ 134E134A<sup>+</sup> (Afshari et al. 2003) از زنگ زرد می‌باشند (Afshari 2006). برای مقاومت ارقام مرودشت، شیروودی، پیشتاز، شیراز و دز در برابر پاتوتیپ فوق، حضور دو ژن مقاومت که یکی از آنها در مرحله گیاهچه‌ای و دیگری در مرحله گیاه کامل موثر بود تعیین شد. هم‌چنین، لاین‌های C-78-7 و C-78-18 هر کدام دارای دو ژن مقاومت گیاه کامل و لاین N-75-

جدول 1. عکس‌العمل ژنوتیپ‌های منتخب امیدبخش و تعدادی از ارقام تجاری گندم نسبت به پاتوتیپ  $166E138 A^+$  زنگ زرد در مراحل گیاهچه‌ای و گیاه کامل

**Table 1. Response of selected genotypes of elite wheat and some commercial cultivars to yellow rust pathotype  $166E138 A^+$  at seedling and adult plant stages**

لاین/رقم line/ cultivar	شجره pedigree	عکس‌العمل نسبت به زنگ زرد Response to yellow rust	
		مرحله گیاه کامل adult plant stage	مرحله گیاهچه‌ای seedling stage
M-79-4	Anza/3/Pi/Nar//Hys/4/Alborz/5/1-66-75	40MS	7
M-79-5	4777//Fkn/Gb/3/Vee"S"/4/Buc"S"/5/1-66-44	30MR	7+
M-79-13	1-67-78/5/Cnn Knakoy//KC66/3/SKP35/4/Vee"s"	80S	7+
M-79-17	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6	60MS	-
M-79-18	W3918A/Jup/GRU90-201739	70MS	7
M-80-4	Azd/HD 2172//N-83035	50MR	4+C
M-80-5	Azd/HD 2172//N-83035	50MS	6+C
M-80-6	Azd/HD 2172//N-Kuze"s"	40MS	7+
M-80-12	Bow"s"/Nkt"s"/5/Huac"s"/Ti-R/3/Art*2/7c//Nac/	40MS	7+
M-80-13	1-65-55/5/Pewee"s"/Azd/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys	40MS	7
M-80-20	SHUHA"s"/SER182	50MS	7
M-81-3	Flt/Tjn	70S	7
M-81-5	Ures 81//HD 2206/Hork"S"/3/1-67-78	40MS	7
M-81-8	Ures 81//HD 2206/Hork"S"/3/1-67-78	50MR	7
M-81-13	Hahn"S"/Mjl/Lira//Rsh2	60MS	7
M-81-15	Hahn"S"/Mjl/Lira//Rsh2	20MS	7
M-81-18	CHAM 4/SHUHA"S"	20MS	0
S-78-11	Bow"s"/Cm34798/3/snb/..	70MS	7
S-79-10	Pbw 343 Oind	60MS	7
استار	LFN/SDY//PVN	90S	7
داراب 2	Maya"S"/Nae	70MS	7
نیک‌نژاد	F134-71/Crow"S"	R	0
بهار	BLOYKA ICW84-0008-013AP-300L-3AP-300L-0AP	30MR	0;2C
Avocet S	WW119/WW15//Egret	100S	8
بولانی (شاهد)	-	100S	8
مرو دشت	HD2172/Bloudon//Azd	50MR-MS	7
شیراز	GV/D630//AID"S"/3/Azd	70MR-MS	7
فلات	KVZ/BUHO//KAL/BB	90S	8
چمران	Attila	80MS-S	7

## انجام تلاقی‌ها و ایجاد جمعیت F3

آلودگی به ترتیب با استفاده از روش اصلاحی مقیاس کاب (Peterson *et al.* 1948) (The Modified Cobb's scale) و روش رولفز و همکاران (Roelfs *et al.* 1992) در بهار 1385 در دو نوبت به فاصله 10 روز روی برگ پرچم و هنگامی که تیپ و شدت آلودگی روی رقم شاهد حساس (بولانی) 100S بود، صورت گرفت.

## ارزیابی مقاومت گیاهچه‌ای

واکنش ژنوتیپ‌های امیدبخش، ارقام تجاری و یک جمعیت F3 حاصل از تلاقی رقم بهار با Avocet S در مرحله گیاهچه نسبت به پاتوتیپ  $166E138A^+$ ، در گلخانه‌های واحد پاتولوژی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بر اساس روش مک‌ایتاش و همکاران (McIntosh *et al.* 1995) تعیین شد. برای این منظور، از هر کدام از لاین‌های امیدبخش و ارقام تجاری تعداد 25 بذر در یک گلدان و در مورد جمعیت F3 یاد شده از هر لاین حدود 50 بذر در دو گلدان کوچک پلاستیکی به قطر 10 سانتی‌متر کشت و در گلخانه با حرارت 20-15 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. تلقیح مصنوعی زنگ زرد در مرحله دو برگی گیاهچه‌ها صورت گرفت. برای این منظور یک گرم از اسپورهای پاتوتیپ  $166E138A^+$  با پنج گرم پودر تالک مخلوط شده و توسط دستگاه پودر پاش به‌طور یکنواخت روی گیاهچه‌ها اسپورپاشی شد. بعد از مایه‌زنی، گیاهچه‌ها برای مدت 24 ساعت به اطاق سرد با حرارت 10 درجه سانتی‌گراد، شرایط تاریکی و رطوبت نسبی در حالت اشباع قرار داده شدند. نمونه‌ها سپس در زیر سرپوش‌های کریستالی در حرارت  $17 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و دوره نوری 14 ساعت روشنایی با شدت 16000 لوکس و 10 ساعت تاریکی در گلخانه نگهداری شدند. یادداشت برداری از عکس‌العمل و

هر ژنوتیپ آزمایشی در پاییز سال 1381 در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان روی یک خط یک متری کشت شد و اواسط بهار سال 1382 با رقم Avocet S به عنوان والد حساس (فاقد ژن مقاومت به زنگ زرد) تلاقی شد. بذره‌های هیبرید هر تلاقی در اوایل تیر ماه 1382 برداشت شدند. در پاییز 1382 پنج بذر هیبرید از هر تلاقی برای تشکیل بوته‌های F1 از آنها کشت شده و در تیر ماه 1383 بذره‌های F2 از دو بوته مختلف F1 مربوط به هر تلاقی برداشت شدند. در پاییز 1383 تعداد حداقل 150 بذر از هر کدام از دو جمعیت F2 در نظر گرفته شده برای هر تلاقی کشت شد و در تیر ماه 1384 بذره‌های F3 از آنها برداشت شدند.

## ارزیابی مقاومت گیاه کامل

به منظور انجام آزمایش‌های مرحله گیاه کامل در مزرعه، حدود 240 لاین F3 تولید شده از دو جمعیت F2 مربوط به هر تلاقی (حدود 120 لاین از هر جمعیت و 70 بذر از هر لاین) به همراه والدین خود و نیز ارقام شاهد، در پاییز 1384 روی دو خط یک متری کاشته شدند. به منظور توسعه بیشتر بیماری، در اطراف خزانه مخلوطی از چند رقم حساس به زنگ زرد گندم (بولانی، موراکو و قدس) کاشته شدند. اسپورپاشی مصنوعی با استفاده از نمونه زنگ زرد جمع‌آوری شده از مزارع منطقه زرقان و مرودشت که پاتوتیپ آنها توسط واحد پاتولوژی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تحت عنوان  $166E138A^+$  تشخیص داده شده بود طی سه نوبت در فاصله اواسط زمستان 1384 تا اوایل بهار 1385 صورت گرفت. یادداشت برداری از عکس‌العمل لاین‌ها نسبت به بیماری بر اساس درصد پوشش آلودگی روی برگ و تیپ

معتدل دارای عکس‌العمل نیمه‌حساسیت، سه ژنوتیپ دارای عکس‌العمل نیمه‌مقاومت و دو ژنوتیپ دارای عکس‌العمل حساسیت نسبت به پاتوتیپ مذکور در مرحله گیاه کامل در مزرعه هستند. رقم داراب 2 و لاین‌های S-78-11 و S-79-10 دارای عکس‌العمل نیمه‌حساسیت و ارقام نیک نژاد و بهار به‌ترتیب دارای واکنش مقاومت و نیمه‌مقاومت در این مرحله بودند. در مقابل، رقم استار، والد حساس Avocet S و شاهد حساس بولانی نسبت به پاتوتیپ ذکر شده عکس‌العمل حساسیت نشان دادند. در مرحله گیاهچه در گلخانه اکثر ژنوتیپ‌های امیدبخش دارای واکنش حساسیت نسبت به پاتوتیپ مذکور بودند. به هر حال، یک ژنوتیپ دارای واکنش مصون و دو ژنوتیپ دارای واکنش نیمه‌مقاوم بودند. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم نیک نژاد مصون، رقم بهار نیمه مقاوم و ارقام استار و داراب 2 و ژنوتیپ‌های امیدبخش S-78-11 و S-79-10 همگی حساس بودند. بذره‌های ژنوتیپ M-79-17 به دلیل آلودگی احتمالی خاک گلدان به بیماری خاکبرد قارچی سبز نشدند و لذا واکنش آن نسبت به زنگ زرد در مرحله گیاهچه مطالعه نشد.

نتایج حاصل از تجزیه ژنتیکی در جمعیت‌های F3 به‌دست آمده از تلاقی ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارقام تجاری گندم با رقم Avocet S در مرحله گیاه کامل در مزرعه نسبت به پاتوتیپ  $166E138A^+$  در جدول 2 منعکس شده است. نسبت‌های ژنتیکی به‌دست آمده از واکنش جمعیت‌های F3 مشتق شده از تلاقی ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم M-79-4, M-79-5, M-79-18, M-80-13, M-81-5, M-80-20, S-78-11, S-79-10 و رقم داراب 2 با رقم حساس Avocet S مطابقت قابل قبولی با نسبت‌های پیش‌بینی شده 1 (مقاوم تفرق نیافته)، 2 (مقاوم تفرق یافته) و 1 (حساس تفرق نیافته) داشتند که دلالت بر وجود یک

تیپ آلودگی مواد نسبت به زنگ زرد بعد از 14 الی 17 روز با استفاده از روش مک‌نیل و همکاران (McNeal et al. 1971) صورت گرفت.

### تجزیه داده‌ها

با توجه به واکنش لاین‌های F3 مشتق شده از کلیه تلاقی‌ها در مرحله گیاه کامل و در مرحله گیاهچه (فقط برای یک جمعیت حاصل از تلاقی رقم بهار با Avocet S) نسبت به زنگ زرد، هر جمعیت به سه گروه مقاوم تفرق نیافته (non-segregating resistant)، مقاوم تفرق یافته (segregating resistant) و حساس تفرق نیافته (non-segregating susceptible) تقسیم شدند. با مقایسه نسبت‌های ژنتیکی به‌دست آمده با نسبت‌های پیش‌بینی شده آنها از طریق آزمون آماری مربع کای (Chi-square) مطابق فرمول زیر (Little & Hills 1978, LeClerg et al. 1962) تعداد ژن‌ها و نیز نحوه توارث آنها در ژنوتیپ‌های آزمایشی مشخص شد:

$$c2(n-1)d.f. = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

O: تعداد لاین‌های دیده شده با عکس‌العمل مشابه نسبت به زنگ زرد در یک گروه از یک جمعیت.

E: تعداد لاین‌های پیش‌بینی شده (از نظر تئوری) با عکس‌العمل مشابه نسبت به زنگ زرد برای گروه فوق‌الذکر در همان جمعیت.

### نتایج و بحث

عکس‌العمل والدین در مرحله گیاه کامل در مزرعه و مرحله گیاهچه نسبت به پاتوتیپ  $166E138A^+$  از زنگ زرد در جدول 1 منعکس شده است. نتایج نشان داد که تعداد 12 ژنوتیپ از ژنوتیپ‌های امیدبخش مربوط به اقلیم

جدول 2. عکس العمل لاین های F3 و آزمون نسبت های ژنتیکی در جمعیت های حاصل از تلاقی ژنوتیپ های منتخب امیدبخش و تعدادی از ارقام تجاری گندم با رقم Avocet S نسبت به پاتوتیپ 166E138A<sup>+</sup> زنگ زرد در مرحله گیاه کامل

**Table 2. Responses of F3 lines and genetic ratios test in populations derived from the crosses of selected genotypes of elite and some commercial wheat cultivars with Avocet S to yellow rust pathotype 166E138 A<sup>+</sup> at seedling and adult plant stages**

تلاقی Cross	خانواده Family	F3 فراوانی لاین های Frequency of F3 lines			مربع کای $\chi^2$	مقدار احتمال P value <sup>ns</sup>	آزمون همگنی Contingency chi- squared table
		مقاوم تفرق نیافته Non-segregating resistant	مقاوم تفرق یافته Segregating resistant	حساس تفرق نیافته Non-segregating susceptible			
M-79-4/ Avocet S	1	24	70	26	$\chi^2$ 1:2:1= 3.4	P 2 d.f.> 0.10	$\chi^2$ Con. =3.51, P 2 d.f.> 0.10
	2	32	66	22	$\chi^2$ 1:2:1= 2.86	P 2 d.f.> 0.10	
M-79-5/ Avocet S	1	26	70	24	$\chi^2$ 1:2:1= 3.4	P 2 d.f.> 0.10	$\chi^2$ Con. =0.44, P 2 d.f.> 0.75
	2	29	68	23	$\chi^2$ 1:2:1= 2.7	P 2 d.f.> 0.25	
M-79-13/ Avocet S	1	0	0	120	*		*
	2	0	0	120	*		
M-79-17/ Avocet S	1	50	64	6	$\chi^2$ 7:8:1= 0.68	P 2 d.f.> 0.50	$\chi^2$ Con. =0.98, P 2 d.f.> 0.50
	2	53	57	10	$\chi^2$ 7:8:1= 1.78	P 2 d.f.> 0.25	
M-79-18/ Avocet S	1	37	58	25	$\chi^2$ 1:2:1= 2.53	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =-0.42, P 2 d.f.> 0.75
	2	34	59	27	$\chi^2$ 1:2:1= 0.85	P 2 d.f.> 0.50	
M-80-4/ Avocet S	1	50	59	11	$\chi^2$ 7:8:1= 1.76	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =1.59, P 2 d.f.> 0.25
	2	48	64	8	$\chi^2$ 7:8:1= 0.68	P 2 d.f.> 0.50	
M-80-5/ Avocet S	1	56	59	5	$\chi^2$ 7:8:1= 1.08	P 2 d.f.> 0.50	$\chi^2$ Con. =0.53, P 2 d.f.> 0.75
	2	58	56	6	$\chi^2$ 7:8:1= 1.71	P 2 d.f.> 0.25	
M-80-6/ Avocet S	1	46	64	10	$\chi^2$ 7:8:1= 1.90	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =5.07, P 2 d.f.> 0.05
	2	56	58	6	$\chi^2$ 7:8:1= 0.60	P 2 d.f.> 0.50	
M-80-12/ Avocet S	1	49	66	5	$\chi^2$ 7:8:1= 1.66	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =4.21, P 2 d.f.> 0.10
	2	55	56	9	$\chi^2$ 7:8:1= 0.68	P 2 d.f.> 0.50	
M-80-13/ Avocet S	1	33	63	24	$\chi^2$ 1:2:1= 1.65	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =3.14, P 2 d.f.> 0.10
	2	27	62	31	$\chi^2$ 1:2:1= 0.40	P 2 d.f.> 0.75	
M-80-20/ Avocet S	1	23	62	35	$\chi^2$ 1:2:1= 2.53	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =2.24, P 2 d.f.> 0.25
	2	27	65	28	$\chi^2$ 1:2:1= 0.85	P 2 d.f.> 0.50	
M-81-3/ Avocet S	1	0	0	120	*		*
	2	0	0	120	*		
M-81-5/ Avocet S	1	28	70	22	$\chi^2$ 1:2:1= 0.40	P 2 d.f.> 0.75	$\chi^2$ Con. =3.52, P 2 d.f.> 0.10
	2	22	58	20	$\chi^2$ 1:2:1= 2.64	P 2 d.f.> 0.25	
M-81-8/ Avocet S	1	45	68	7	$\chi^2$ 7:8:1= 2.97	P 2 d.f.> 0.10	$\chi^2$ Con. =0.59, P 2 d.f.> 0.50
	2	49	46	7	$\chi^2$ 7:8:1= 0.53	P 2 d.f.> 0.75	
M-81-13/ Avocet S	1	45	43	3	$\chi^2$ 7:8:1= 2.08	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =3.08, P 2 d.f.> 0.10
	2	46	56	6	$\chi^2$ 7:8:1= 0.19	P 2 d.f.> 0.90	
M-81-15/ Avocet S	1	46	70	4	$\chi^2$ 7:8:1= 4.10	P 2 d.f.> 0.10	$\chi^2$ Con. =0.46, P 2 d.f.> 0.75
	2	48	67	5	$\chi^2$ 7:8:1= 2.03	P 2 d.f.> 0.25	
M-81-18/ Avocet S	1	40	53	5	$\chi^2$ 7:8:1= 0.72	P 2 d.f.> 0.50	$\chi^2$ Con. =4.21, P 2 d.f.> 0.10
	2	60	56	4	$\chi^2$ 7:8:1= 2.97	P 2 d.f.> 0.10	
S-78-11/ Avocet S	1	17	42	27	$\chi^2$ 1:2:1= 2.37	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =2.03, P 2 d.f.> 0.25
	2	12	33	15	$\chi^2$ 1:2:1= 0.90	P 2 d.f.> 0.50	
S-79-10/ Avocet S	1	13	33	14	$\chi^2$ 1:2:1= 0.63	P 2 d.f.> 0.50	$\chi^2$ Con. = 3.37, P 2 d.f.> 0.10
	2	23	43	28	$\chi^2$ 1:2:1= 1.21	P 2 d.f.> 0.50	
Star/ Avocet S	1	0	0	120	*		*
	2	0	0	120	*		
Darab 2/ Avocet S	1	34	58	28	$\chi^2$ 1:2:1= 0.74	P 2 d.f.> 0.50	$\chi^2$ Con. =4.93, P 2 d.f.> 0.05
	2	11	28	9	$\chi^2$ 1:2:1= 1.50	P 2 d.f.> 0.25	
NickNejad/ Avocet S	1	45	68	7	$\chi^2$ 7:8:1= 2.17	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =0.36, P 2 d.f.> 0.75
	2	47	65	8	$\chi^2$ 7:8:1= 1.02	P 2 d.f.> 0.25	
Bahar/ Avocet S	1	57	59	4	$\chi^2$ 7:8:1= 2.03	P 2 d.f.> 0.25	$\chi^2$ Con. =2.20, P 2 d.f.> 0.25
	2	49	66	5	$\chi^2$ 7:8:1= 1.66	P 2 d.f.> 0.25	



نژاد - اختصاصی (Race specific resistance gene) باشد، یک نقیصه بزرگ است. تجربیات چند دهه اخیر در کشورهای تولید کننده گندم که با مشکل زنگ زرد روبه‌رو هستند، بیانگر این امر بوده که مقاومت اکثر ارقام تجاری که متأثر از یک ژن مقاومت از نوع مقاومت اختصاصی بوده‌اند، معمولاً پس از چند سال در اثر پاتوتیپ‌های جدید زنگ زرد شکسته شده و در بسیاری از موارد این ارقام از خط تولید حذف شده‌اند (Johnson 1988, 1992, McIntosh 1992a, Wellings *et al.* 2000).

رقم فلات از جمله ارقام دارای مقاومت تک ژنی در برابر زنگ زرد بوده که اوایل دهه هفتاد شمسی در ایران معرفی شده است. این رقم دارای ژن مقاومت از نوع گیاهچه‌ای و با نام *Yr9* بوده و واکنش آن نسبت به پاتوتیپ‌های زنگ زرد به صورت نژاد - اختصاصی بوده است. مقاومت این رقم بلافاصله پس از کشت وسیع آن در ایران با ظهور پاتوتیپ‌های جدید زنگ زرد شکسته شد. علی‌رغم داشتن سازگاری بالا و دارا بودن صفات زراعی مطلوب در برخی از ارقام تجاری، محدود بودن تعداد ژن‌های مقاومت مؤثر نسبت به زنگ زرد، کشت آنها را با ریسک‌پذیری زیاد همراه می‌سازد (Johnson 1988, Johnson & Bimb 1996, Rajaram *et al.* 1996).

محققین دریافته‌اند که منابع مؤثر مقاومت گیاه کامل به زنگ زرد دارای دو یا تعداد بیشتری ژن مقاومت با اثرات افزایشی مقاومت هستند (McIntosh *et al.* 1995, Singh & Rajaram 1994). برنامه‌ریزی جهت ترکیب ژن‌های مقاومت مؤثر نسبت به زنگ زرد می‌بایست براساس داشتن اطلاعات کافی از اساس ژنتیکی مقاومت ارقام و نیز پیش‌بینی بروز پاتوتیپ‌های جدید (Park *et al.* 2009) که احتمال حمله آنها به ارقام جدید

ژن مقاومت غالب دارد. بر اساس مقادیر مربع کای، هر دو جمعیت منتج از هر تلاقی، از نسبت فنوتیپی 1:2:1 تبعیت می‌کنند. در ضمن آزمون همگنی مربع کای (Contingency chi-squared table) بیانگر همگنی مطلوب بین دو جمعیت هر تلاقی بود (جدول 2). با توجه به حساسیت تمامی ژنوتیپ‌های گفته شده در بالا به پاتوتیپ  $166E138A^+$  در مرحله گیاهچه (جدول 1)، به نظر می‌رسد ژن شناسایی شده در آنها از نوع ژن مقاومت گیاه کامل باشد. عکس‌العمل ژنوتیپ‌های گفته شده در مرحله گیاه کامل نسبت به پاتوتیپ مذکور از 30MR تا 70MS متغیر بوده و اکثر آنها واکنش نیمه‌حساسیت داشتند. این مقدار بیماری در شرایط مزارع تجاری عکس‌العمل قابل قبول و مطلوبی نبوده و گسترش و توسعه بیماری می‌تواند منجر به ایجاد خسارت و کاهش عملکرد شود. قبلاً برای رقم داراب 2 یک ژن مقاومت از نوع گیاهچه‌ای و یک ژن از نوع گیاه کامل نسبت به زنگ زرد تعیین شده بود (Afshari 2000).

در تحقیق حاضر مشخص شد که ژن مقاومت گیاهچه‌ای این رقم در برابر پاتوتیپ  $166E138A^+$  بی‌اثر بوده و این پاتوتیپ برای ژن مذکور بیماری‌زاست. هم‌چنین مشخص شد که ژن مقاومت مرحله گیاه کامل این رقم نیز نمی‌تواند آن را در حد قابل قبول تجاری در مقابل بیماری محافظت نماید. رقم استار و ژنوتیپ‌های M-13-79 و M-81-3 فاقد ژن مقاومت از نوع گیاهچه‌ای و گیاه کامل در برابر پاتوتیپ مورد مطالعه بودند. رقم استار در سال‌های اخیر دارای واکنش حساسیت (70-100S) در مزارع مناطق مختلف استان فارس بوده است. از این‌رو ادامه کشت آن در استان فارس قابل توصیه نیست. از این بررسی نتیجه‌گیری می‌شود که برخوردار بودن یک رقم از یک ژن مقاومت که مخصوصاً اگر از نوع ژن مقاومت

در مزرعه (جدول 2) دلالت بر وجود دو ژن مقاومت دارد که حداقل یکی از آنها از نوع مقاومت مرحله گیاهچه است. جهت روشن شدن بهتر موضوع نیاز به مطالعات بیشتر در جمعیت‌های  $F_3$  حاصله با پاتوتیپ مذکور در مرحله گیاهچه است. رقم نیک نژاد از بدو معرفی تاکنون دارای مقاومت مطلوب به زنگ زرد بوده است.

واکنش ارقام بهار و Avocet S در مرحله گیاهچه در گلخانه نسبت به پاتوتیپ  $166E138A^+$  به ترتیب 0;2C و 8 بود (جدول 1). نسبت‌های ژنتیکی به‌دست آمده از عکس‌العمل لاین‌های  $F_3$  مشتق شده از تلاقی این دو ژنوتیپ نسبت به پاتوتیپ مذکور در مرحله گیاهچه با نسبت‌های پیش‌بینی شده 1 (مقاوم تفرق نیافته)، 2 (مقاوم تفرق یافته) و 1 (حساس تفرق نیافته) مطابقت داشت (جدول 3) که دلالت بر وجود یک ژن مقاومت غالب دارد. مقایسه نتایج آزمایش مرحله گیاهچه‌ای در گلخانه با آزمایش مرحله گیاه کامل در مزرعه برای این ژنوتیپ دلالت بر وجود دو ژن مقاومت یکی از نوع گیاهچه‌ای و ژن دوم از نوع گیاه کامل داشت. در این ارتباط لاین‌هایی (برای جمعیت مورد آزمایش چهار لاین) که در مرحله گیاهچه در گلخانه نسبت به پاتوتیپ مذکور واکنش حساسیت داشتند در مرحله گیاه کامل در مزرعه نیز واکنش حساسیت از خود نشان دادند، ولی بقیه لاین‌هایی (تعداد 24 لاین) که در مرحله گیاهچه حساس بودند، در مرحله گیاه کامل در مزرعه دارای عکس‌العمل مقاومت از نوع گروه مقاوم تفرق نیافته یا از نوع گروه مقاوم تفرق یافته بودند. این موضوع دلالت بر این دارد که بروز مقاومت ناشی از ژن‌های مقاومت مرحله گیاه کامل بعد از پایان مراحل گیاهچه‌ای و معمولاً از بدو شروع بلوغ در گیاه پدیدار می‌شود. علی‌رغم اینکه این رقم دارای دو ژن مقاوم بود، ولی اخیراً مقاومت آن به زنگ زرد در اکثر

معرفی شده داده می‌شود، صورت پذیرد (McIntosh 1992a, McIntosh & Brown 1997, )

(Rajaram *et al.* 1988, Wellings & McIntosh 1998). توزیع فراوانی لاین‌های  $F_3$  در هر دو جمعیت منتج از تلاقی هر کدام از ژنوتیپ‌های امیدبخش M-80-6, M-80-12, M-81-8, M-81-13, M-81-15 با Avocet S در مرحله گیاه کامل نسبت به پاتوتیپ  $166E138A^+$  تطابق رضایت بخشی با نسبت‌های پیش‌بینی شده 7 (مقاوم تفرق نیافته)، 8 (مقاوم تفرق یافته) و 1 (حساس تفرق نیافته) داشت (جدول 2) که دلالت بر تغییرات ژنتیکی در دو مکان ژنی دارد. در این ارتباط، مقادیر مربع کای نشان از تبعیت هر دو جمعیت به‌دست آمده از هر تلاقی از نسبت فنوتیپی 7:8:1 داشت. بنابراین دو ژن غالب و مستقل در مرحله گیاه کامل در مقاومت لاین‌های گفته شده در بالا در برابر پاتوتیپ  $166E138A^+$  دخالت دارند. در ضمن بر اساس آزمون همگنی مربع کای در کلیه موارد همگنی رضایت بخشی بین دو جمعیت  $F_3$  به‌دست آمده از هر تلاقی وجود داشت (جدول 2). عکس‌العمل حساسیت ژنوتیپ‌های مذکور در مرحله گیاهچه به پاتوتیپ فوق (جدول 1) بیانگر عدم وجود ژن مقاومت مؤثر گیاهچه‌ای در آنها می‌باشد. عکس‌العمل نیمه‌حساسیت و با شدت متوسط در سه ژنوتیپ M-80-6, M-80-12, M-81-13 استفاده از آنها را در مناطقی که فشار و شدت بیماری زنگ زرد بالا می‌باشد با مشکل مواجه می‌سازد ولی از دو ژنوتیپ M-81-8 و M-81-15 می‌توان در برنامه‌های اصلاحی در راستای تولید ارقام مقاوم به زنگ زرد استفاده نمود.

بروز واکنش مقاومت در ژنوتیپ‌های امیدبخش M-80-4, M-80-5, M-81-18 و رقم نیک نژاد در مرحله گیاهچه (جدول 1) و نسبت‌های ژنتیکی دیده شده در جمعیت‌های  $F_3$  حاصل از تلاقی آنها با Avocet S در مرحله گیاه کامل

جدول 3. عکس‌العمل لاین‌های F3 و آزمون نسبت‌های ژنتیکی در یک جمعیت حاصل از تلاقی رقم گندم بهار با رقم Avocet S نسبت به پاتوتیپ  $166E138A^+$  زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای

**Table 3. Responses of F3 lines and genetic ratios test in a population derived from the cross of cultivar Bahar with Avocet S to yellow rust pathotype  $166E138A^+$  at seedling plant stage**

تلاقی	خانواده	فراوانی لاین‌های F3			مربع کای	مقدار احتمال
		Frequency of F3 lines				
Cross	Family	مقاوم تفرق نیافته	تفرق یافته	حساس تفرق نیافته	$\chi^2$	P value <sup>ns</sup>
		Non-segregating resistant	Segregating	Non-segregating susceptible		
Bahar/ Avocet S	40-5	26	60	28	$\chi^2_{1:2:1} = 0.38$	P 2 d.f. > 0.75

ns: غیر معنی‌دار، جهت معنی‌دار بودن در سطح  $P=0.05$  با دو درجه آزادی مقدار P برابر 5.99 است.

و جو تحت پوشش مبارزه شیمیایی علیه این بیماری قرار گرفت. با این توصیف، انجام اقدامات لازم و برنامه‌ریزی-های اصلاحی مطلوب در جهت جایگزینی ارقام حساس با ارقام جدید مقاوم و نیمه مقاوم به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی در ارقام مورد کاشت، رعایت اصول صحیح زراعی و در صورت لزوم مبارزه شیمیایی به موقع جهت کنترل بیماری و کاهش میزان خسارت بسیار ضروری است. اطلاع از اساس ژنتیکی مقاومت ژنوتیپ‌های مورد کاشت در برابر زنگ زرد در برنامه‌های اصلاحی گندم از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

اطلاعات به‌دست آمده نشان می‌دهد که مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌ها و بخصوص رقم نیک نژاد نسبت به زنگ زرد در حد قابل قبول تجاری بوده که از آنها می‌توان در برنامه‌های اصلاحی در جهت ایجاد مقاومت مطلوب و با پایداری بیشتر به زنگ زرد استفاده نمود، ولی اکثر ژنوتیپ‌ها دارای مقاومت نا کافی و غیر قابل قبول تجاری بودند که از آنها نمی‌توان در برنامه‌های اصلاحی و فرایند تولید و معرفی ارقام مقاوم استفاده نمود.

در سال 1389 و پاتوتیپ‌های مناطق ایران از جمله استان فارس با ظهور پاتوتیپ‌های  $66E0A^+$ ,  $Yr27$ ,  $134E158A^+$  و  $166E150A^+$  در سال 1390 شکسته شده است که نشان‌دهنده وجود بیماری‌زایی برای هر دو ژن مقاوم آن است. عکس‌العمل این رقم در مرحله گیاه کامل در خزانه زنگ زرد ایستگاه زرقان در سال‌های 1389 و 1390 به ترتیب 80MS و 60S بوده است (مشاهدات نگارندگان اول و دوم). ژنوتیپ‌های امیدبخش M-79-13 و M-81-3 و رقم استار فاقد ژن مقاومت نسبت به پاتوتیپ گفته شده در بالا بودند.

بروز شرایط محیطی مساعد در سال زراعی 1391-1392 همراه با گسترده‌گی کاشت ارقام حساس گندم مانند ارقام چمران و شیرودی که حدود 70 درصد از سطح کاشت گندم استان فارس را شامل بوده‌اند، موجب رخداد اپیدمی و خسارت اقتصادی در سطح وسیعی از مزارع گندم این استان شد. علاوه بر آن شیوع بیماری با شدت قابل توجه در مزارع جو در بسیاری از مناطق استان رؤیت شد (مشاهدات نگارنده اول). در همین ارتباط و بر اساس گزارش‌های مدیریت محترم حفظ نباتات این استان، در سال زراعی مذکور حدود 80 هزار هکتار از مزارع گندم

## سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات و همکاری‌های ارزنده آقایان محمد جواد مینو، عبدالرضا قشقایی و نگهدار وزیری علمدارلو در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس و خانم‌ها زهره بیات و معصومه طلایی در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

جهت ملاحظه به صفحات (73-76) متن انگلیسی مراجعه شود.