گزارش علمی کوتاه

اولین گزارش از پرآزاری عامل زنگ زرد گندم (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) برای ژن‌های مقاومت *Yrsp* ، *Yr1* و *Yr3* در اردبیل، شمال‌غرب ایران

صفرعلی صفوی[1*] و فرزاد افشاری[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۷)

زنگ زرد گندم با عامل *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های گندم در جهان است. این بیماری یک تهدید دایمی برای تولید گندم در بیشتر کشورهای تولید کننده این محصول می‌باشد. تعداد زیادی از پاتوتیپ-های (نژادهای) زنگ زرد با دارا بودن فاکتورهای بیماریزایی (ویرولانس= پرآزاری) جدید به‌طور پیوسته در نواحی مختلف جهان تکامل یافته و موجب شکسته شدن مقاومت منابع مورد استفاده می‌شوند (Chen 2005). از این رو دانش وآگاهی در خصوص کارایی ژن‌های مقاومت در این نواحی، به‌نژادگران را قادر می‌سازد تا ژن‌های موثر و مفید را جهت بهره‌برداری در برنامه‌های به‌نژادی شناسایی کنند. از طرف دیگر، اطلاعات جامع درباره فاکتورهای بیماریزایی بیمارگر وتغییرات سالیانه آن و اطلاعات اپیدمیولوژیکی درباره مسیرهای حرکت بیمارگر، پایه و اساس توسعه سیستم‌های هشدار برای مدیریت بیماری می‌باشند (Yahyaoui *et al.* 2001). با توجه به اهمیت بیماری زنگ زرد، درطی فصل‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ به منظور تعیین فاکتورهای بیماریزائی عامل زنگ زرد گندم وکارائی ژن‌های مقاومت به بیماری، پروژه‌ای با کاشت ارقام افتراقی و لاین‌های ایزوژنیک گندم در خزانه تله تحت شرایط مزرعه‌ای اجرا و مطالعه شد. این بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل (با مشخصات جغرافیایی: عرض شمالی ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه، طول شرقی ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۶۵ متر) انجام شد. هر ژنوتیپ در ردیف‌های یک متری روی دو خط به فاصله ۳۰ سانتی متر کاشته شدند. فاصله پشته‌ها از یکدیگر نیز ۶۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. رقم حساس (موروکو) در اطراف خزانه وحد فاصل ارقام به فاصله هر ده رقم کاشته شد. تمام عملیات زراعی مورد نیاز در اثنای اجرای پژوهش انجام شدند. تعیین شدت بیماری (درصد پوشش زنگ زرد روی برگ پرچم) بر اساس روش اصلاح شده کب (Cobb) در مقیاس صفر تا ۱۰۰ درصد انجام شد (Peterson *et al.* 1948). از تیپ آلودگی ((Infection Type (IT) ارقام به بیماری به‌صورت تیپ‌های مصون (Immune= 0)، مقاوم (Resistant= R)، نیمه مقاوم (Moderately Resistant= MR)، بینابین یاحد واسط (Moderately

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Safaralisafavi@yahoo.com

۱. بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل

۲. بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

شکل ۱. واکنش حساسیت لاین‌های ایزوژنیک گندم دارای ژن *Yrsp* (سمت راست) و *Yr1* (سمت چپ) در اردبیل - سال ۱۳۹۶

Figure 1. Susceptible reaction of wheat isogenic lines having resistance genes *Yrsp* (right) and *Yr1* (left) in Ardabil, 2017

Susceptible=) و حساس (Moderately Susceptible= MS)، نیمه حساس (Resistant to Moderately Susceptible= M S) براساس روش رولفز و همکاران (Roelfs *et al.* 1992)، زمانی که بیماری روی برگ پرچم رقم شاهد به میزان 80- 100S رسید یادداشت‌برداری شد. وجود فاکتورهای بیماریزایی بر اساس مقایسه واکنش (تیپ آلودگی و شدت آلودگی) ارقام افتراقی با رقم حساس تعیین شد. به عبارت دیگر ژن‌هایی از ارقام افتراقی به‌عنوان ژن‌های غیر موثر در مقابل فاکتورهای بیماریزایی بیمارگر در نظر گرفته شدند که بیماریزایی روی آنها وجود داشت وتیپ آلودگی آنها بیشتر از 60MSS یا 50S بود. در مقابل ژن‌هایی از ارقام افتراقی که برای آنها فاکتورهای بیماریزایی از جانب بیمارگر وجود نداشت، به‌عنوان ژن‌های مقاومت موثر در نظر گرفته شدند. واکنش گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌ها نیز بر اساس روش لاین و کیوم (Line & Qayoum 1992) طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ تحت شرایط مزرعه‌ای ارزیابی شد. نتایج بررسی بیانگرآلودگی و وجود پرآزاری (Virulence) زنگ زرد روی برخی از ژن‌های مقاومت به زنگ زرد (Yellow rust resistance genes) مانند *Yr1*، *Yr3* و *Yrsp* که قبلاً مقاوم و موثر گزارش شده بودند (Safavi *et al.* 2013)، در خزانه تله زنگ زرد در اردبیل بود. در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۵ آلودگی بیشتری مشاهده شد (شکل ۱). در سال ۱۳۹۶، در مرحله گیاهچه‌ای تیپ آلودگی ۷ تا ۹ روی ارقام و لاین‌های ایزوژنیک دارای ژن‌های مقاومت *Yr1*، *Yr2*، *Yr3*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr17*، *Yr25*، *Yr32* و *Yrsp* تحت شرایط مزرعه‌ای در اردبیل مشاهده شد. در سال‌های اخیر، نژادی از زنگ زرد که عموماً Warrior نامیده می‌شود و اولین بار در سال ۲۰۱۱ در انگلیس تشخیص داده شد با فراوانی بالائی در بیشتر کشورهای اروپائی، شمال آفریقا (Hovmoller *et al.* 2016) و برخی کشورهای آسیائی (Hovmoller *et al.* 2017, Mert *et al.* 2016) گسترش یافته است. طیف دارای پرآزاری در جمعیت نژادهای زنگ زرد گندم در اردبیل مشابه نژاد Warrior یا تغییر یافته‌های آن بود که از لحاظ ماهیت از جمعیت نژادهای تشخیص داده شده قبلی اردبیل متفاوت بود (Afshari 2013, Safavi *et al.* 2013)، زیرا

شکل ۲. واکنش حساسیت مرحله گیاه کامل (سمت راست) و گیاهچه‌ای (سمت چپ) در رقم گندم زمستانه اروم نسبت به جمعیت نژادی جدید در اردبیل، سال ۱۳۹۶

Figure 2. Susceptible reaction of winter wheat cultivar Urom to new race population of yellow rust at adult plant (right) and seedling (left) stages in Ardabil, 2017

دارای فاکتورهای بیماریزائی برای ژن‌های *Yr1*، *Yr3*، *Yr17*، *Yr32*، *Yrsp* و غیر بیماریزائی روی ژن‌های *Yr8* و *Yr27* بودند. به‌جز ژن‌های *Yr8* و*Yr27*، جمعیت نژادی رایج اردبیل عموماً روی ژن‌های *Yr1*، *Yr3* و *Yrsp* پرآزاری نداشتند. این اولین گزارش از جمعیت نژادی مشابه با نژاد Warrior یا تغییر یافته‌های آن در اردبیل و ایران می‌باشد که روی ژن‌های*Yr1* ، *Yr3* و *Yrsp* دارای پرآزاری می‌باشند. ارزیابی اولیه ارقام زمستانه و ژرم پلاسم گندم زمستانه در برنامه‌های به نژادی ملی گندم، آسیب پذیری برخی از ارقام گندم زمستانه را نشان داد (شکل ۲)، در حالی که ارقام گندم بهاره غالباً نسبت به جمعیت نژادی جدید مقاوم بودند. این تفاوت بواسطه غیر بیماریزا بودن نژادهای جدید و احتمالاً Warrior روی منابع مقاومت دارای ژن *Yr27* در اردبیل است. این در حالی است که پرآزاری برای ژن مذکور در بسیاری از مناطق گندم‌خیز ایران گزارش شده است (Afshari 2013). ژن مذکور یک ژن مقاومت رایج در ارقام بهاره گندم نسبت به زنگ زرد در بیشتر کشورهای شمال آفریقا، آسیای مرکزی و غربی (CWANA)، ناحیه قفقاز و شرق آفریقا است (Mert *et al.* 2016). با توجه به مسیر وزش باد (از غرب به شرق) در جهت انتقال بیمارگر زنگ زرد گندم انتظار می‌رود انتشار نژاد Warrior مهمترین چالش کشاورزان در بیشتر کشورهای تولید کننده گندم باشد. بروز پرآزاری وکسب توانایی بیماریزائی برای ژن مقاومت *Yr27* توسط بیمارگر زنگ زرد بایستی در آینده بیشتر مورد توجه قرار بگیرد. با این توصیف پایش پرآزاری برای ژن *Yr27* توسط نژاد Warrior یا تغییر یافته‌های آن در ناحیه CWANA از اهمیت بالائی برخوردار است.

کلیدواژه ها: ***زنگ زرد، نژاد، پرآزاری، بیماری زایی، ژن‌های مقاومت Yr1 ، Yr3 و Yrsp***.

First report of virulence for resistance genes *Yrsp, Yr1* and *Yr3* by wheat yellow rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in Ardabil, Northwest of Iran

S. Safavi[1*] and F. Afshari[2]

(Received: 19.8.2017; Accepted: 19.12.2017)

Stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis f. sp. tritici* is the most devastating disease of bread wheat (*Triticum aestivum*) in the world. The disease represents a constant threat to wheat production in many wheat-producing countries. A wide range of virulent yellow rust pathotypes (races) is evolving in different regions of the world causing the breakdown of widely utilized sources of resistance in wheat (Chen 2005). On the other hand, comprehensive information on pathogen virulences and its variation and also epidemiological information on pathogen movements provides a basis for the development of an early effective warning system (Yahyaoui *et al.* 2001). Hence, the knowledge of virulence factors of pathogen and determining of effective resistance genes in the region will enable breeders to target those useful genes in their breeding programs. Considering the importance of wheat yellow rust, virulence of the pathogen was investigated by planting differential cultivars and isogenic lines in a trap nursery located in Ardabil Agricultural Research Station under field conditions during cropping seasons of 2015-2016 and 2016-2017. The above station is geographically characterized by 38.17°N, 48.39° E and 1365 m Height that is situated in North West of Iran. Each entry was planted on two 1 meter rows which were spaced 30 cm apart. The Plots were spaced by 65 cm apart. A susceptible spreader (Morocco) row was sown around the borders of the experiment and also after each 10 entries. The required cultural and agronomy practices were carried out during the experiment. Disease severity was estimated according to the modified Cobb,s scale; from 0% = immune to 100% = fully susceptible, when the disease was well-developed (80-100S) on flag leaf of the susceptible check (Peterson *et al.* 1948). The infection types (IT_s) of the disease (Immune (0), Resistant (R), Moderately Resistant (MR), Moderately Resistant to Moderately Susceptible (M), Moderately Susceptible (MS) and Susceptible (S)) were also recorded based on the method of Roelfs *et al.* (1992). The presence of virulence was determined by comparing the responses (infection types and severities) of differential cultivars with those of susceptible check while monitoring the disease in the nursery. In other words, any of corresponding genes in differential cultivars were considered ineffective against the virulence of pathogen when the disease responses of their differential cultivars were higher than 50S or 60MSS. In contrast the effective genes against avirulence factors of the pathogen were those that the diseases responses of their differential cultivars were less than 50S or 60MSS. Seedling reactions of the genotypes were recorded based on the method of Line and Qayoum (1992) under natural field infection during 2016-2017. The results showed the occurrence of virulence of stripe rust for some of the previously resistant genes (Safavi *et al.* 2013) including of *Yr1*, *Yr3*, and *Yrsp* in the yellow rust trap nursery in Ardabil, northwest of Iran. Disease severity was higher in 2017 than that of 2016 (Fig. 1). The susceptible infection types of 7 to 9 were observed on the genotypes carried *Yr1, Yr2, Yr3, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17, Yr25, Yr32*, and *Yrsp* at seedling stage under natural field infection. In recent years, a stripe rust race commonly termed "Warrior," first identified in 2011 in the United Kingdom, has already spread at high frequencies in most European countries, North Africa (Hovmøller *et al.* 2016) and some Asian countries (Hovmøller *et al.* 2017, Mert *et al.* 2016). The

* Corresponding author's E-mail: Safaralisafavi@yahoo.com
1. Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardabil, Iran.
2. Department of Cereal Research, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

virulence spectrum of race population in Ardabil was identical to the Warrior race or its variants which is identically different from characterized races in Ardabil by carrying virulence combination for *Yr1, Yr3, Yr17, Yr32*, and *Yrsp* and avirulence combination for *Yr8* and *Yr27*. Except *Yr8*, and *Yr27*, the common races in Ardabil are generally avirulent on *Yr1, Yr3*, and *Yrsp* (Afshari 2013, Safavi *et al.* 2013). This is the first report of race population in Ardabil (Iran) which is similar to the Warrior race or its variants. Initial assessment of Iranian wheat cultivars and winter wheat germplasm from winter wheat breeding program showed vulnerability of some of the winter- type wheat cultivars (Fig. 2), whereas the spring- type wheat cultivars were more resistant to the new race population of stripe rust. This difference is due to the occurrence of new races or probably Warrior race of stripe rust which are avirulent on *Yr27*, while virulence for this gene has been reported from many wheat-producing areas of Iran (Afshari 2013), a common resistance gene carried by the spring- type wheat cultivars in Central and West Asia and North Africa (CWANA), the Caucasus region, and East Africa (Mert *et al.* 2016). Considering the predominant west-east wind trajectory of rusts pathogens, it is expected that the spread of the Warrior race will be the next challenge of growers in many wheat-producing countries. Future acquisition of virulence for *Yr27* by the Warrior race would be a concern and thus monitoring for the potential development of virulence for *Yr27* in the Warrior race in the CWANA is very important.

Keywords: Yellow rust, race, virulence, pathogenecity, resistance genes *Yr1*, *Yr3* and *Yrsp*.

منابع

Afshari F. 2013. Race analysis of *Puccinia striiformis f. sp. tritici* in Iran. Archives of Phytopathology and Plant Protection 46: 1785-1796.

Chen X. M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*) on wheat. Canadian Journal of Plant Pathology 27: 314-337.

Hovmoller M. S., Walter S., Bayles R. A., Hubbard A., Flath K., Sommerfeldt N., Leconte M., Czembor P., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Hansen J. G., Lassen P., Justsen A. F., Ali S. and de Vallavieille-Pope C. 2016. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the center of diversity in the near-Himalayan region. Plant Pathology 65: 402-411.

Hovmøller M. S., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Justesen A. F. and Hansen J. G. 2017. Report for *Puccinia striiformis* race analyses and molecular genotyping, Global Rust Reference Center (GRRC), Aarhus University, Denmark. http://wheatrust.org/fileadmin/www.grcc.au.dk/InternationalServices/Pathotype YR_results/ SummaryofPucciniastriiformisraceanalysis2016.pdf

Line R. and Qayoum A. 1992. Virulence, aggressiveness, evolution, and distribution of races of *Puccinia striiformis* (the cause of stripe rust of wheat) in North America, 1968-87. USDA-ARS Technical. Bulletin. 1788. 44 p.

Mert Z., Nazari K., Karagöz E., Akan K., Öztürk İ., and Tülek A. 2016. First Incursion of the Warrior Race of Wheat Stripe Rust (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*) to Turkey in 2014. Plant disease 100: p. 528.

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 Section C 26: 496-500.

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

Safavi S. A., Afshari F. and Yazdansepas A. 2013. Effective and ineffective resistance genes to wheat yellow rust during six years monitoring in Ardabil. Archives of Phytopathology and Plant Protection 46: 774-780.

Yahyaoui A. H., Hakim M. S., Nazari K., Torabi M. and Wellings C. R. 2001. Yellow rust (Puccinia striformis f. sp. tritici) in central and western Asia. Pp 49-50. In: Proceedings of the First regional yellow rust conference, 8-14 May, Karaj, Iran.