مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٦) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (6) 2026

تحديد السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدأ الأصفر على القمح في سوريّة خلال موسمي 2023 و 2024

عصام علاف*

شعلة خاروف**

يمان جبور ***

ريم حمدان****

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٦/٢/٣ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٦/٣/٢٦)

□ ملخّص □

تمثّل السلالات الفيزيولوجية لمرض الصدأ الأصفر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* تهديداً للأمن الغذائي. وبناءً على ذلك، هدف هذا البحث إلى رصد وتوصيف السلالات المرضية لفطر الصدأ الأصفر على القمح في البيئة السوريّة. أجريت عملية المسح الحقلي للفطر في أماكن زراعة القمح في المناطق الشمالية، الساحلية، الوسطى، الجنوبية، الداخلية والمراكز البحثيّة التابعة لها خلال موسمي النمو 2022-2023 و 2023-2024. تمّ توصيف السلالات الفيزيولوجية باستخدام مجموعة متباينة من الأصناف التفريقية بعد عزل الفطر من العينات الورقية المصابة الممثلة لكل منطقة و إكثاره على الصنف Morocco.

أظهرت النتائج تعريف خمس عشرة سلالة خلال الموسمين، من بينهم خمس سلالات جديدة حديثة التسجيل، سلالتين في الموسم 2023 " 247E48، 246E44 "، وثلاث سلالات في الموسم 2024 "254E143، 207E148، 230E254 "، مما يشير إلى تغيير في تركيبة الفطر وقدرة هذه السلالات على مهاجمة أغلبية مورثات/جينات المقاومة في طور البادرة (APR ,7+, 2+, 3N 1, 5, 7, 6, 8, 9, 18, A, SU (2, 3V, 10, CV, SD,)، وبالتالي لم يبقَ سوى مورث المقاومة الرأسية Yr15 فاعلة إزاء المجتمع الطبيعي السائد للفطر في سورية.

إذ تؤكد هذه الدراسة على ضرورة برامج الرصد المستمرة وتطوير أصناف مقاومة ذات أساس وراثي واسع لمواجهة هذا التهديد المتطور والحفاظ على إنتاجية القمح في سورية.

الكلمات المفتاحية: القمح ، *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*، سلالات ، مقاومة رأسية، سورية.

* دكتور، أستاذ في قسم وقاية النبات، أمراض فطرية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.
asam.allaf@latakia-univ.edu.sy

** دكتور، أستاذ مساعد، قسم وقاية النبات، أمراض فطرية و تقانات حيوية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، دير الزور، سورية.
shoula-kharouf@yahoo.com

*** باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث المحاصيل، حلب، سورية.
Yaman.jab@gmail.com

****طالبة دراسات عليا (دكتوراه) في قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.
hamdanreem958@gmail.com

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٦) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (6) 2026

Determining of physiological races of yellow rust on wheat in Syria during 2023 and 2024 seasons

Essam Allaf [*]
oula Kharouf[**]
Yaman Jabour[***]
Reem Hamdan[****]

(Received 3/2/2026 . Accepted 26/3/2026)

ABSTRACT

The physiological races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* are a threat to food security. Accordingly, this study aimed to monitor and characterize the pathological races of yellow rust on wheat in the Syrian environment. The field survey of pathogenic fungi was performed in the areas where wheat was grown in the northern, western, central and southern regions, and research centers during the 2022-2023 and 2023-2024 growth seasons. The physiological races were marked by using a contrasting combination of differential varieties after the insolation of the infected leaf samples representing each region and its propagation on the Morocco variety.

The results showed the definition of fifteen races during the two seasons, of which five new races were recorded, two races in the 2023 season "247E48, 246E44", and three in the 2024 season "254E143", 207E148, 230E254", indicating changes in the pathogenic fungus and the ability of these races to attack the majority of the resistance genes/gene at the seedling (18, A, Su Apr, 7+, 2+, 3n 1, 5, 7, 6, 8, 9, 2, 3V, 10, CV, SD,), and therefore we have only the R15 vertical resistance gene remains effective against the natural population prevailing in the fungus in Syria.

This study emphasizes the necessity of continuous monitoring programs and the development of resistant varieties with a broad genetic basis to confront this advanced threat and preserve the productivity of wheat in Syria.

Keywords: Wheat, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, Races, Vertical resistance, Syria.

[*] Professor, Department of Plant Protection, Fungal diseases, Faculty of Agriculture, Lattakia University, Lattakia, Syria. asam.allaf@latakia-univ.edu.sy

[**] Lecturer in the Department of Plant Protection, Fungal diseases and biotechnology, Faculty of Agriculture, AL-Furat University, Deir ez-Zor, Syria. shoula-kharouf@yahoo.com

[***] Researcher, Crops Research Department, General Commission for Agricultural Scientific Research, Aleppo, Syria. Yaman.jab@gmail.com

[****] Graduate Student (PhD), Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lattakia University, Lattakia, Syria hamdanreem958@gmail.com

المقدمة: Introduction

يعدّ القمح (*Triticum* spp) من أهمّ الحبوب المزروعة عالميّاً، ويحتلّ المرتبة الثالثة من حيث الإنتاج، إذ بلغ الإنتاج العالميّ من القمح عام 2023 حوالي 800 مليون طن (FAO, 2025). في سورية، قُدرّت المساحة الإجماليّة المزروعة بالقمح بنوعيّه الطريّ والقاسي في عام 2023 تقريباً 1.3 مليون هكتار، أنتجت حوالي 3.08 مليون طن، بإنتاجية قدرها 2306 كغ/هكتار (المجموعة الإحصائيّة الزراعيّة السوريّة السنويّة، 2023).

تواجه زراعة القمح تحدّيات جسيمة أبرزها الأمراض الفطرية وخاصةً أمراض الصدأ بأنواعها الثلاثة، حيث تسببّت بخسائر على القمح الطريّ والقاسي تقدّر حوالي 15.4 مليون طن سنوياً على مستوى العالم (CIMMYT, 2015). يأتي مرض الصدأ الأصفر على القمح، الذي يسببه الفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* في طليعة هذه التهديدات (Schwessinger, 2017).

يفضل الفطر درجات الحرارة المنخفضة نسبياً 10- 12 سْ (حكيم، 2005) ورطوبة عالية 75-85 % (Uauy *et al.*, 2005)، لكنّه تحور مع التغيرات المناخية، وأصبح متكيفاً مع ارتفاع درجات الحرارة الأعلى قليلاً 18–20 مْ (Milus and Seyran, 2004)، مما أدى إلى اتساع نطاق انتشاره (الدخيل، 2012).

خلال السنوات الأخيرة، أُعتمدت في سورية أصناف قمح طريّة عالية الإنتاجية، تستجيب للريّ، وبخاصة الريّ التكميلي، حيثُ توزعت المساحة خلال موسم 2022-2023 ما بين مناطق زراعة بعلية (306065) هكتار، إنتاج 433 ألف طن وغلة 1415 كغ/هـ وزراعة مروية (244967) هكتار، إنتاج 847 ألف طن وغلة 3460 كغ/هـ (المجموعة الإحصائيّة الزراعيّة السوريّة السنويّة، 2023)، ومنه تهيئة بيئة مناسبة لانتشار و تطور المرض (Chen *et al.*, 2014).

سُجّلت خسائر فادحة في المحصول في آسيا (Liu *et al.*, 2022)، وأمريكا (Chen, 2005)، وأوروبا (Johnson and Taylor, 1972). تنتقل أبواغ الفطر اليوريديني بواسطة الرياح من منطقة جغرافية لأخرى (Hu *et al.*, 2022 ;Zheng *et al.*, 2018)، ويتميز بكونه قادر على تجديد العدوى عدة مرات في الموسم الزراعي (Wang *et al.*, 2016).

يتميز الصدأ الأصفر بوجود تنوع كبير في السلالات الفيزيولوجية ودرجة شراستها، إذ قُدّر عدد السلالات في سورية حوالي 40 سلالة خلال موسمي 2005/ 2006 و 2006/ 2007 (خاروف، ٢٠٠٩). وفي عام 2019 تمكن المجتمع الطبيعي للفطر من مهاجمة عدد من مورثات المقاومة، ولم يبقَ سوى مورث المقاومة الرأسية Yr15 فاعلة إزاء المجتمع السائد في سورية، إذ تمّ تعريف عشرة سلالات فيزيولوجية، كان منها خمس سلالات جديدة حديثة التسجيل" 130E230، 497E230، 231E134، 163E150، 234E238 (حكيم وآخرون، 2020).

يتمّثل التحديّ الأكبر في مكافحة مرض الصدأ الأصفر على القمح في التغيير السريع للفطر وتطور سلالات فيزيولوجية جديدة، وبالتالي كسر في مقاومة بعض الأصناف المعتمدة المزروعة على نطاق واسع، مما يجعلها عرضة للإصابة ويتسبب في ظهور أوبئة مدمرة (خاروف، ٢٠٠٦; Nazari, 2010). بيّنت الدراسات شراسة السلالة YR5 في سورية (Kharouf *et al.*, 2021)، تركيا (Tekin *et al.*, 2021) والصين (Zhang, 2020). وأوضحت نتائج دراسة أجراها Akan وآخرون (2025) ضرورة المراقبة المستمرة للسلالة

PSTr-27 وسلالات الصدأ الأصفر الأخرى، نظراً لأنّها قد تُشكّل تهديداً خطيراً لإنتاج القمح في تركيا والدول المجاورة.

أهميّة البحث: Importance of Research

تأتي أهمية البحث من أهميّة محصول القمح *Tritticum* spp. لكونه من المحاصيل الزراعيّة الأساسيّة في العالم ومن أهم صمامات الأمن الغذائيّ والتنميّة الاقتصاديّة في الجمهوريّة العربيّة السوريّة. كما يعد مرض الصدأ الأصفر (المخطط) (yellow rust) من الأمراض الخطيرة التي تهدد محصول القمح ويسبب خسائر اقتصاديّة فادحة في الإنتاج بسبب الانتشار الواسع والسّريع، حيث تكرر انتشار المرض على القمح وان لم يكن بشكل وبائي كل عام، لمقدرة سلالات الفطر على تغيير تركيبها الوراثي وبالتالي كسر جينات المقاومة في النبات العائل. ومن هنا، تدرس عالميّاً مدى تطور وانتشار سلالات الأصداء ومدى تأثيرها، إضافةً لتحديد السلالات الفيزيولوجية السائدة للفطر في المنطقة الجغرافية التي يربى من أجلها الصنف ومعرفة مدى شراستها.

أهداف البحث: Objectives of Research

١. تقصي انتشار مرض الصدأ الأصفر في مناطق زراعة القمح السورية المختلفة خلال موسمي النمو2023 و 2024.

٢. تعريف السلالات الفيزيولوجيّة ضمن المجتمع الطبيعي للفطر وتحديد مورثات قدرتها الإمراضية.

المواد والطرائق: Materials and Methods

أجريت عملية المسح الحقلي خلال الفترة الممتدة بين شهريّ نيسان وأيّار في المناطق الجنوبيّة، الساحليّة، الشماليّة، الداخليّة، والوسطى خلال الموسمين 2023 و2024، إذ شملت حقول بعليّة وحقول مرويّة، توزعت ما بين حقول المزارعين ومراكز البحوث العلميّة الزراعيّة، جدول (1)، وحسبت النسبة المئويّة بالاعتماد على مقياس Cobb المعدل (0-١٠٠)%، وأيضاً مقياس نمط الإصابة أو ردّ فعل النبات (Reaction type) (Peterson *et al*., 1948)، حيث:

R= مقاوم (بقع صفراء نكروزية مرئية بدون وجود أبواغ يوريدنية)، MR= متوسط المقاومة (وجود أبواغ يوريدينية صغيرة الحجم محاطة بهالات مصفرة أو نخرية)، MS= متوسط القابلية للإصابة (وجود أبواغ يوريدينية متوسطة الحجم أصغر قليلاً من القابل للإصابة محاطة بهالات مصفرة)، S= قابل للإصابة (وجود أبواغ يوريدنية كبيرة الحجم بغزارة مه قليل من الاصفرار أو بدونه، وبدون نخر)، وقد أخذت عيّنات ورقيّة عشوائيّة ممثّلة للمرض والتي ظهرت عليها أعراض الإصابة، وضعت ضمن مغلّفات ورقية وسجّل عليها اسم المرض، النسبة المئوية لشدة الإصابة، الطراز الوراثي للقمح ونوعه (طريّ أو قاسي)، مكان وتاريخ الجمع، نوع الزراعة بعلية أم مروية واسم آخذ العينة، وبعد التجفيف الهوائي لمدة يوم واحد، حُفظت في درجة حرارة ٤ مْ لحين استخدامها لإكثار الأبواغ اليوريدنية وتعريف السلالة الفيزيولوجية.

جدول (1). نتائج المسح الحقلي لمرض الصدأ الأصفر على القمح في سورية خلال موسمي النمو 2023 و2024.

موسم 2023							موسم 2024						
المنطقة	تاريخ المسح	عدد الحقول الممسوحة					المنطقة	تاريخ المسح	عدد الحقول الممسوحة				
		الطري		القاسي					الطري		القاسي		
		مروي	بعل	مروي	بعل				مروي	بعل	مروي	بعل	
المنطقة الجنوبية	2023/٥/٩	٧	٣	٤	٣		المنطقة الجنوبية	٢٠٢٤/٥/٣	٥	٣	٣	٢	
المنطقة الساحلية	٢٠٢٣/٤/١٩	٣	٢	٦	٢		المنطقة الساحلية	٢٠٢٤/٤/٢٧	٤	٢	٢	٢	
المنطقة الداخلية	٢٠٢٣/٥/٢	٤	٧	٣	٤		المنطقة الداخلية	٢٠٢٤/٤/١٢	٦	٤	٦	٣	
المنطقة الشمالية	٢٠٢٣/٥/٢	٨	٥	٤	٥		المنطقة الشمالية	٢٠٢٤/٤/٤	١٠	٤	٥	٥	
المنطقة الوسطى	٢٠٢٣/٤/٢٣	4	3	2	2		المنطقة الوسطى	٢٠٢٤/٤/٩	5	1	3	2	
المجموع		47		35			المجموع		43		33		

عزل وإكثار الابواغ اليوريدينية للفطر:

أُجريت عملية عزل وإكثار الأبواغ اليوريدينية بطريقة Cat وآخرون (2023)، بعد جمع العينات الورقية الممثلة للمرض في طور الاستطالة من مراكز البحوث العلمية المختلفة وحقول المزارعين التي غطّت كافة مناطق زراعة القمح في سورية للموسمين 2023/2022 و 2024/2023. أُحضِرت إلى المختبر، حيث تمّ عزل الأبواغ اليوريدينية من الأوراق المصابة المجموعة وإكثارها على بادرات الصنف القابل للإصابة Morocco المزروع في أصص بلاستيكية صغيرة ملئت بخليط معقم من تربة طينية ورمل و ببتيموس بنسبة ١:١,٣:٢,٧ على التوالي (Lorys *et al.*, 2002)، وبعد الإنبات مباشرة أضيف إلى ماء السقاية محلول مالايك هيدرازايد بتركيز ٠,٢٥ غ/ل (Kolmer *et al.*, 2009)، وذلك للحدّ من تطور البادرات وإبقائها في طور الورقة الأولى والثانية لإضفاء اللون الأخضر القاتم على الورقة الأولى واستخدم في إعداء البادرات أبواغ يوريدينية تؤخذ من بثرة يوريدينية مفردة تمثل أوراق النبات المصابة التي أخذت منه سواء كان أصناف تفريقية أو حقولاً إنتاجية بإبرة خاصة لهذا الغرض وتحكّ أوراق النبات القابل للإصابة بها وذلك بعد ترطيبه بالماء، ثمّ وضعت البادرات تحت غطاء بلاستيكي خاص لهذه الغاية، وتمّت التنمية في حاضنة خاصة تحت ظروف متحكم بها من حرارة (١٠ ± ٢) سْ ورطوبة نسبية (٧٠-٨٠%) ونظام إضاءة متناوب ١٦ ساعة إضاءة (١٠,٠٠٠ لوكس) و٨ ساعات ظلام لمدة ٢٤ ساعة، نقلت بعد ذلك إلى حاضنة أخرى درجة حرارتها (١٥ ± ٢) سْ ذلك يساعد البوغة على النمو ودخول أنبوبة العدوى في النسيج النّباتي، ومن ثمّ رُفِعَ عنها الغطاء ضمن نفس ظروف الرطوبة والإضاءة وتركت في الحاضنة لمدة ١٧ يوماً و تمت عملية الريّ بشكل منتظم، وبعد ١٧ يوماً من الإعداء تمّ البدء بجمع الأبواغ اليوريدينية وإعادة إكثارها من جديد وذلك للحصول على الكمية الكافية لتحديد السلالة (Shahin *et al.*, 2015).

تعريف السلالات الفيزيولوجية للفطر وتحديد مورثات قدرتها الإمراضية:

زرعت مجموعة الأصناف التفريقية في أصص بلاستيكية صغيرة بواقع 7 بذور/أصيص في مخبر الهيئة العامة للتقانة الحيوية/جامعة دمشق، إذ ملئت بخليط معقم من تربة طينية ورمل و بيتموس بنسبة ١:١,٣:٢,٧(Johanson *et al.*, 1972)، وأضيفَ إلى التجربة الأصناف المكملة Cham1 Federation4/Kavkaz ,Anza ,Sonalika ، رويت الأصص بفترات منتظمة/ كل يومين رية وبعد ثمانية أيام من الزراعة أعديت البادرات المرطبة بالماء بأبواغ الفطر المجموعة حديثاً والمخلوطة ببودرة التالك باستخدام فرشاة ناعمة، ثم وضعت تحت غطاء بلاستيكي داخل حاضنة لمدة ٢٤ ساعة توافرت فيها نفس الظروف البيئية السابقة من حرارة ورطوبة وضوء وتركت لمدة ١٧ يوماً وتمّ تعريف السلالات، وتقييم رد الفعل في مرحلة البادرة باعتماد على سلم تقيس (0-٩) (Mc Neal *et al.*, 1971)، حيث:

0–1= منيع، ١-٢ (R) = مقاوم، ٣ (MR)= متوسط المقاومة، 4–٦ (M) = متوسط، ٧(MS) = متوسط القابلية للإصابة، ٨-٩ (S) = قابل للإصابة حساس. اعتبرت العزلة غير شرسة (Avirulent) عندما كان رد فعل النبات إزاءها ما بين 0–٦ و شرسة (Virulent) إذا كان رد فعل النبات تجاهها ما بين ٧–٩ (Johnson *et al.*, 1972). ، وحُددّت السلالات الفيزيولوجية للموسمين بناءً على مجموع القيم الأسيّة لردّ فعل مورثات المقاومة في مجموعتي الأصناف التفريقية الأوربيّة العالميّة (Shahin *et al.*, 2015)، جدول(2).

جدول (2). الأصناف التفريقية المستخدمة في تعريف السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدأ الأصفر على القمح..

الأصناف التفريقية Host cultivars	جينات المقاومة Resistance genes
الاصناف التفريقية العالمية World differentials	
1. Chinese 166	Yr1
2. Lee	Yr7
3. Heines Kolben	Yr6, Yr2
4. Vilmorin	Yr3V
5. Moro	Yr10
6. Strubes Dickopf	YrSD
7. Suwon92 × Omar	YrSU
8. Clement	Yr9, Yr2+
9. Triticum spelta	Yr5
الاصناف التفريقية الأوروبية European differential set	
10. Hybrid 46	Yr4+
11. Reichersberg42	Yr7+
12. Heines Peko	Yr6, Yr2+
13. Nord Deprez	Yr3N
14. Compair	Yr8, YrAPR
15. Carstens V	YrCV
16. Spaldings prolific	YrSP
17. Heines VII	Yr2+
الاصناف التفريقية المكملةSupplemental differential set	
18. Sonalika	Yr2, YrA
19. Anza	YrA, Yr18
20. Fed. 4/Kavkaz	Yr9
21. Gereck 79	–
22. Cham 1	–

Source: ICARDA **المصدر: إيكاردا**

النتائج والمناقشة: Results and Discussion

يوضح الجدول (٣) نتائج المسح الحقلي لمرض الصدأ الأصفر على القمح في المناطق السورية لزراعة القمح بنوعيه الطريّ والقاسي، حيثُ لوحظ الانتشار الواسع لمرض الصدأ الأصفر على القمح في كل من حقول المزارعين ومراكز البحوث العلمية الزراعية خلال الموسمين 2023 و2024، مع تفاوت في نسبة التوزع والانتشار للمرض.

جدول (٣). انتشار مرض الصدأ الأصفر على القمح في المناطق السورية المختلفة خلال موسمي النمو 2023 و2024.

المنطقة	مناطق زراعة القمح 2023				مناطق زراعة القمح 2024			
	المروية		البعلية		المروية		البعلية	
	الطري	القاسي	الطري	القاسي	الطري	القاسي	الطري	القاسي
الشمالية	+++	+	+++	−	+++	+	+++	+
الجنوبية	+++	−	+++	−	+++	+	+++	−
الساحلية	++	+	+	−	++	+	++	−
الوسطى	++	−	+	−	++	+	+++	−
الداخلية	+++	−	++	−	+++	+	++	−

−غائب، + منخفض، ++ متوسط الانتشار، +++واسع الانتشار.

تبيّن في الجدول (3) إصابة جميع الحقول الممسوحة من القمح الطري في الزراعات البعلية والمروية ويعود ذلك للتفضيل العائلي، بينما نسبة الإصابة لحقول القمح القاسي لم تتجاوز 15% من عدد الحقول وبشكل خاص في الزراعات المروية، إذ سجلت أعلى نسبة إنتشار للمرض في المناطق الشمالية التي تعتبر المنشأ الأساسي للمرض بسبب الظروف المناخية الباردة الرطبة، كما لوحظ الانتشار الواسع في كل من مراكز البحوث العلمية الزراعية في الغاب، حماه، درعا وقرحتا.

ويظهر الجدول (4) بعض المعطيات المناخية (درجتي الحرارة العظمى والصغرى، الرطوبة النسبية الكبرى، وكمية الهطول المطري/الشهر) خلال موسم النمو 2023.

جدول (٤). بعض المعطيات المناخية خلال شهري آذار ونيسان/2023.

المنطقة	آذار				نيسان			
	حرارة عظمى مْ	حرارة صغرى مْ	الرطوبة %	الهطول المطري ملم	حرارة عظمى مْ	حرارة صغرى مْ	الرطوبة %	الهطول المطري ملم
الغاب	19.8	10.2	85	57	21.3	10.8	83	33.5
حمص	18.5	9.1	98	45.3	21.2	9.9	100	27.5
طرطوس	20.6	13.5	91	81.4	22.7	15	91	73.8
حلب	19	13	88	٦٥	21	17	90	18.4
درعا	18	15	85	64.5	20	15	87	36.7

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد والمناخ في سورية.

بينما لوحظ تطور المرض وانتشاره في الحقول المروية ضمن مركز بحوث الجمّاسة في محافظة طرطوس، بالرغم من ارتفاع درجة الحرارة في شهري شباط وآذار جدول (4)، وأكدّ ذلك أيضاً نتائج دراسات

سابقة أنّ أقصى شدة للمرض تكون عند درجات حرارة دنيا وعظمى تتراوح ما بين 13.7-16.7 و 23.5-27.65 سْ على التوالي، رطوبة تتراوح بين 52–64%، و كميّة هطول مطريّ بين 5.7-21.99 ملم/شهر (Ali *et al.*, 2017)، وهذا يتفق أيضاً مع دراسة Ali وآخرون (2022) مؤكداً زيادة انتشار مرض الصدأ الأصفر على القمح خلال موسمي النمو 2018 و 2019 بارتفاع درجات الحرارة القصوى خلال شهري شباط 20سْ و آذار ٢١ سْ، وزيادة الرطوبة نتيجة هطول الأمطار.

كما أظهرت نتائج المسح الحقلي تباين استجابة الطرز الوراثية " الأصناف المعتمدة والسلالات المبشرة" من القمح الطريّ للإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح في الحقول الاختبارية تحت الظروف الطبيعية السائدة خلال موسمي 2023 و 2024، ويعود ذلك إلى التفضيل العوائلي للفطر واختلاف المواصفات الشكلية والتشريحية لأنسجة النبات، أو اختلاف الخصائص البيو كيميائية والعوامل الداخليّة للخلايا المكونة لأجزاء النبات الحساسة للإصابة بالمرض، وهذا يتّفق هذا مع العديد من الدّراسات المرتبطة بالمقاومة النباتية لأمراض الصدأ عموماً في القمح وغيره من النجيليات الأخرى(Qayoum and Line, 1985; Coakley *et al.*, 1988)، إضافة إلى تأثير العوامل البيئية التي تسرع أو تبطئ من انتشار المرض (الشيخ وآخرون، ٢٠١٣).

حيثُ سجلت أعلى نسبة وشدة إصابة 100S على الأصناف (شام 8، شام 10، بحوث 6، دوما 2) في الزراعات المروية في البرقوم ، مطار كويرس ودير حافر، وكانت نسبة وشدة الإصابة 100S على السلالتين تيربول وأطلس في مركز بحوث ازرع في الزراعة المروية و البعلية، و 10MS، 20MS على السلالتين دوما 68165، دوما ٦٨١٥٠، في الزراعات البعلية على التوالي.

أبدى الصنف دوما4 استجابة حساسة للمرض 10S في الزراعات البعلية، بينما أبدت بعض أصناف القمح القاسي المدروسة قابلية للإصابة بالفطر الممرض ، حيث تراوح رد فعلها من حساسية 5MSمتوسطة في الصنف شام 1 إلى قابل للإصابة في الأصناف (ازرع 13، شام 3، بحوث 9، شام 7) بنسبة وشدة إصابة (5S، 10S، 15S، 20S) على التوالي، مما يستدعي الخوف من ازدياد حساسيّة الأصناف مع تطور شراسة السلالات بالتزامن مع توفر ظروف بيئيّة مثالية.

وهذا ما تمّت ملاحظته خلال موسم 2018-2019 من تطور لشراسة العامل الممرض على الأصناف المعتمدة من القمح الطريّ (شام10، شام8، شام6، بحوث10، دوما4، دوما2، جولان2)، والتي أعطت ردّ فعل قابل للإصابة تراوح ما بين (70S-30S) في ظروف الإصابة الطبيعية بالرغم من عدم توفر الكثافة النباتية العالية، وذلك نتيجة لعدم امتلاكها مورثات مقاومة، بالإضافة إلى وتوفر الظروف البيئية الملائمة من حرارة معتدلة ورطوبة مناسبة خلال الأشهر الثلاث (آذار–نيسان–أيّار) ومع هطول أمطار متفرقة وتشكل لقطرات الندى مما ساعد على ازدياد شدة الإصابة، بينما كان الصنف دوما 6 كصنف متوسط المقاومة لامتلاكه مورثات المقاومة التي سيستفاد منها لاحقاً في برامج التربية (العساف وآخرون، 2022).

ويتضح من القراءات الحقلية للأصناف التفريقية في كل من مراكز البحوث العلمية الزراعية (ازرع، الغاب، طرطوس) خلال الموسمين أنّ أغلبية الأصناف قد أبدت رد فعل تراوح من 7–9 لدى الأصناف " Reichersberg 42 (W; Yr7+one)، Clement (W; Yr9+1)، Avocet S 6* /8 Yr، Oxley (Yr6+APR)، Avocet S 6* /7 Yr، Corella (Yr6+Yr7)، Corella (Yr6+Yr7)، Sonalika، Lee (S;Yr7)، Avocet S 3* / YrSk، Cook، Seri 82 " ويتبين مما سبق أنّ مورثات الفطر الممرض كان لديها القدرة على تثبيط فعل مورثات المقاومة لدى الأصناف السابقة الذكر.

السلالات الفيزيولوجية وموروثات القدرة الإمراضية:

يبين الجدول (5) توزع السلالات الفيزيولوجية لمرض الصدأ الأصفر على القمح وموروثات قدرتها الإمراضية خلال موسمي النمو 2023 و 2024، حيثُ لوحظ وجود تنوع في السلالات الفيزيولوجية لمرض الصدأ الأصفر في حقول القمح، والتي بلغ عددها خمس عشرة سلالة مرضية، و من ضمنها خمس سلالات جديدة حديثة التسجيل في سورية (207E148، 230E254، 247E48، 254E143، 246E44).

جدول(5). توزع السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدأ الأصفر على القمح وموروثات قدرتها الإمراضية في سورية خلال موسمي النمو 2023 و 2024.

الرقم No	السلالة Race	موروثات المقاومة Yr genes	السلالات المسجلة من الصدأ الأصفر خلال الموسمين		المنطقة/الموقع
			الموسم 2023	الموسم 2024	
1	0E0	No resistance genes affected	6E16, 0E0, 246E44	0E18, 0E0, 207E148	جزرايا
2	0E18	7^+, 8, APR, 18, A	6E16	0E0, 7E150	خان شيخون
3	6E16	7, 6, 2, 8, APR, 18, A	6E16, 247E48	6E16, 207E148	بحوث تل حديا
4	12E6	6, 2, 3V, 7^+, 2^+, 18, A, 9	12E6	110E182, 230E254	برقوم
5	46E46	7, 6, 2, 3V, SD, 7^+, 2^+, 3N, CV, 18, A	46E46, 166E158	32E130	كويرس
6	7E150	1, 7, 6, 2, 7^+, 2^+ ,8, APR, 18, A, 9	110E182	7E150, 166E158	دير حافر
7	32E130	SD, 7^+, 2^+, 18, A, 9	246E44, 0E18, 110E182,	6E16, 166E158, 207E148,	بحوث الغاب
8	206E22	7, 6, 2, 3V, SU, 2^+, 9, 7+, 8, APR, 18, A	46E46, 206E22	32E130, 110E182	بحوث حماه
9	110E182	7, 6, 2, 3V, SD, SU, CV, 8, APR, 7^+, 2^+, 18, A	12E6, 46E46	6E16,	جب رملة
10	166E158	7, 6, 2, 9, 5, SD, ,3N, 8, APR, 2^+, 7^+, 18, A	6E16	32E130	مركز بحوث حمص
11	207E148 *	1, 7, 6, 2, SD, SU, 9, 8, APR, 2^+, 18, A	0E18,	32E130	**الدوير**
12	247E48*	1, 7, 6, 2, 10, SD, SU, 9, CV, 8, APR, 2^+, 18, A	247E48	6E16	ميعار شاكر
13	254E143 *	7, 6, 2, 3V, 10, SD, SU, 9, 8, APR, 2^+, 7^+, 18, A	32E130,	6E16, 254E143	محطة بحوث الجماسة
14	230E254 *	6, 2, 9, SU, SD, 7^+, 2^+, 3N, 8, APR, CV, SP, 18, A	-	6E16	**محطة بحوث صنوبر**
15	246E44*	7, 6, 2, 10, SD, SU, 9, 2^+, 3N, CV, 18, A	-	12E6	**عين العروس**
* سلالة تسجّل لأولّ مرة New race recorded for the first time *			6E16, 166E158	7E150, 7E150	**جلين**

خربة غزالة	32E130, 230E254	247E48	
مركز بحوث ازرع	6E16, 166E158	46E46	
بحوث قرحتا	166E158, 0E18	110E182, 12E6	

المصدر: نتائج تعريف السلالات بالاعتماد على نظام التسمية العالميّ.

وقد يعود ظهور السلالات الجديدة إما لتطور المجتمع الطبيعي للسلالات الفيزيولوجية الموجودة بشكل مسبق وانتشرت عند توفر الظروف المناخية المناسبة، أو بسبب دخول تلك السلالات من مناطق ودول مجاورة لسورية بعدة طرق مثل الرياح أو العينات النباتية، كما يبين الجدول المذكور تواجد معظم السلالات في المنطقة الشمالية كونها تمثل منطقة انتشار ملائمة لتطور المرض "Hot spot" (Stubbs *et al*., 1989).

يلاحظ تواجد السلالة 0E0 التي لم تؤثر على أيّة مورثة من مورثات المقاومة باعتبارها منشأ السلالات الأخرى (Danial, 1995)، أما السلالة 0E18 أبدت شراسة منخفضة من خلال كسر مورثات المقاومة " 7^{+}, 8, APR "، بينما استطاعت السلالة 6E16 كسر مورثات المقاومة " 7, 6, 2, 8,18, A ,APR "، وهذا يتفق مع نتائج عدة دراسات (حكيم والأحمد، 1998؛ الأحمد وآخرون، ١٩٩٠؛ خاروف، ٢٠٢٠)، وقد كانت السلالة الأكثر تردداً وانتشاراً في مختلف مناطق زراعة القمح، من بينها المنطقة الشمالية ممثلة بمركز بحوث تل حديا، كويرس، خان شيخون، والبرقوم وفي المنطقة الساحلية ضمن مركز بحوث الجماسة، وميعار شاكر، إضافة لإنتشارها في منطقة الغاب ضمن مركز بحوث الغاب وجب رملة، وقد يعود ذلك إلى انتقال أبواغ هذه السلالة من المنطقة الشمالية إلى باقي المناطق الأخرى بواسطة الرياح، تمّ تحديد السلالة 6E16 خلال موسم 2024 فقط، بينما لم يسجل في مركز بحوث صنوبر في اللاذقية أيّة إصابات للمرض خلال موسم 2023. ولقد أبدت السلالة 12E6 درجة شراسة أعلى بقليل من السلالة 6E16 حيثُ أثرت على المورثات " 6, 2, 3V, 7^{+},18, A, 2^{+}".

كما لوحظ ازدياد عدد في مورثات المقاومة المكسورة بسبب شراسة السلالة 230E254 المعزولة من مركز بحوث الغاب، إذ أثرت على العديد من مورثات مقاومة " 6, 2, 9, SU, SD, 7^{+}, 2^{+}, 3N, 8, 18, A, APR, CV, SP "، كذلك الأمر بالنسبة للسلالات الخمس التالية " 247E48، 246E44، 110E182، 254E143 ، 166E158 "، حيثُ أعطت درجة شراسة عالية قريبة جداً من السلالة السابقة، وتعتبر السلالات 230E254، 207E148، 254E143" حديثة التسجيل خلال موسم 2024، بينما كانت السلالتان 246E44، 247E48 خلال عام 2023.

يتبيّن مما سبق أنّ تطور شراسة فطر الصدأ الأصفر أمرٌ مخيف بسبب مهاجمة أغلبية مورثات المقاومة في طور البادرة (APR ,7^{+}, 2^{+}, 3N 1, 5, 7, 6, 8, 9, 2, 3V, 10, CV, SD, 18, A, SU)، كما تبين دراسات سابقة لعدد من الباحثين أن السلالة 6E16 المعروفة منذ عام ١٩٩٠ لم تستطع أن تهاجم أكثر من ٤ مورثات بينما تجاوز ذلك الضعف عند بقية السلالات، ويعزى ذلك إلى زراعة أصناف جديدة دفعت المرض إلى تطوير قدراته المرضية ومهاجمة تلك الاصناف، وبالتالي لم يبقَ سوى مورث المقاومة الرأسية Yr15 فاعلة إزاء المجتمع الطبيعي السائد للفطر في سورية (Brar *et al*., 2019).

دلّت دراسة Kassem وآخرون (2018) أنّ المورث Yr4a قد فقد فعاليته كمورث مقاومة رأسي منذ بداية عام 2017 مع انتشار السلالة الفيزيولوجية 462E136 في بعض مناطق زراعة القمح المرويّة. في الصين، تم تحديد ٨٦ جيناً من جينات Yr رسمياً لمقاومة صدأ القمح المخطط (من Yr1 إلى Yr86)؛ ومن بينها، فقط Yr15 وYr45 وYr61 فعالة ضد سلالات فطر الصدأ الأصفر الصينية السائدة (Zhu *et al*., 2023; Feng *et al*., 2022; Zhang *et al*., 2020).

تبدأ الإصابة الوبائية عادة بظهور سلالة جديدة لها القدرة على كسر المقاومة لدى صنف شائع الاستخدام، ومن ثمّ تزايد لقاحها المعدي في السنوات التالية فتزداد معها الإصابة وشدتها إلى أن تتحول إلى إصابة وبائية مع توفر الظروف المناخية المناسبة، مما يستدعي النظر والتركيز في القاعدة الوراثية للأصناف واسعة الانتشار في العالم.

إلاّ أنّ اعتماد برامج التربية على المورثات الرئيسية فقط قد يؤدي إلى كسر فعلها بسرعة ومن ثمّ تبديل تلك الأصناف خلال فترة قصيرة. لذلك، فإنّ الاتجاه الجديد نحو المقاومة الأفقية والاعتماد عى جمع عدد من المورثات الرئيسية والثانوية في صنف واحد بهدف الحصول على مقاومة طويلة الأمد " المقاومة البطيئة " بحيث يتضمن استمرار زراعة الصنف لفترة طويلة دون حدوث تدهور في الإنتاج " الطريقة المفضلة عند إنتاج أصناف جديدة" **(**Brown and Saari, 1992**).**

الاستنتاجات Conclusions

١. انتشار مرض الصدأ الأصفر على القمح في جميع المناطق الشمالية، الوسطى، الداخلية، الساحلية، والجنوبية بنسب انتشار مختلفة الشدة.

٢. تفضيل فطر الصدأ الأصفر القمح الطريّ على القمح القاسي ضمن ظروف الزراعة المروية.

٣. تعريف خمس عشرة سلالة من بينها خمس سلالات حديثة التسجيل في سورية (207E148، 230E254، 247E48، 254E143، 246E44)، حيث كانت السلالة 6E16 هي السلالة الأكثر تردداً في أغلبية المناطق، بينما كانت السلالة 230E254 المسجلة حديثاً في عام 2024 هي الأكثر شراسةً.

٤. قدرة السلالات المدروسة على مهاجمة أغلبية مورثات المقاومة في طور البادرة (18, A, APR ,7^{+}, 2^{+}, 3N 1, 5, 7, 6, 8, 9, 2, 3V, 10, CV, SD, SU)، وبالتالي بقاء مورثة المقاومة الرأسية Yr15 الوحيد فاعلة إزاء المجتمع الطبيعي السائد للفطر في سورية.

المقترحات والتوصيات: Suggestions and Recommendations

١. إجراء مسح حقلي سنويّ لرصد وتتبع السلالات الفيزيولوجيّة للصدأ الأصفر السّائدة حالياً في سورية.

٢. التعاون الاقليمي لمتابعة حركة سلالات الصدأ الجديدة وإدارتها على مستوى أوسع، وتحديد مصادر المقاومة الوراثيّة في القمح الفعّالة ضد السلالات الممرضة.

٣. توجيه برامج تربيّة القمح نحو إطلاق أصناف مستقبليّة مقاومة " بالاعتماد على المقاومة الأفقية" لاستخدامها كآباء في برامج التربيّة.

٤. الاستثمار في أنظمة الإنذار المبكر والتنبؤ بالمرض بناءً على البيانات المناخية المحليّة، لتوفر الظروف المناخية المناسبة (حرارة–رطوبة–أمطار) كعامل أساسي لتطور وانتشار المرض.

٥. دعم المزارعين، من خلال توفير حزم تحفيزية (بذار مقاومة، مبيدات متخصصة) قبل بداية الموسم، وعقد ورش عمل للمزارعين حول كيفية التعرف على المرض وتحديد "نافذة المكافحة المثلى ".

المراجع References

المراجع العربية:

١. الأحمد، أحمد؛ حكيم، محمد شفيق؛ المملوك، عمر فاروق؛ قطاطة، حبيب.١٩٩٠، *عزل وتحديد سلالتين من الفطر المسبب لمرض الصدأ الأصفر على القمح في المناطق الشمالية السورية*. مجلة بحوث جامعة حلب، 15: ص 41-٤٥.

٢. الأحمد، أحمد؛ حكيم، محمد شفيق. ١٩٩٨، *السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدأ الأصفر P. Striiformis على القمح في سورية خلال الفترة ما بين 1994-1996*. مجلة وقاية النبات العربية، 16(1) ص 7-11.

٣. حكيم، محمد شفيق. 2005، *الوبائية والمقاومة الوراثية لمرض الصدأ الأصفر على القمح في سورية*. مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الزراعية، العدد 53.

٤. حكيم، محمد شفيق؛ قاسم، محمد ؛ الحسين، نعيم؛ أسعد، نادر؛ السليمان، بسام. 2020، تطور *القدرة الإمراضية لفطر الصدأ الأصفر على القمح في سورية خلال موسم 2018-2019*. مجلة وقاية النبات العربية، 38(3): 208-216.

٥. خاروف، شعلة. ٢٠٢٠، *رصد سلالات جديدة من فطر الصدأ المخطط (الأصفر) على القمح وتقدير تأثيره على إنتاجية بعض أصناف القمح المحلية في سورية للموسمين 2016 و 2017*. مجلة جامعة ذي قار للبحوث الزراعية، المجلد (9) العدد (2) 2020 ، البحث رقم : 11255.

٦. خاروف، شعلة. 2009، *دراسة التباين الوراثي لفطر الصدأ Puccinia striiformis f. sp. tritici (الأصفر) المخطط في القمح باستخدام المؤشرات الجزيئية لـ DNA*. رسالة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية (وقاية النبات)، قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، ١٩٦ صفحة.

٧. خاروف، شعلة؛ العظمة، محمد فواز؛ يحياوي، عمر؛ حكيم، محمد شفيق. 2006، *انتشار مرض الصدأ المخطط على القمح Puccinia striiformis West f. sp. Tritici وسلالاته الفيزيولوجية خلال مسمي 1999-2000 و2000 - 2001*. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 22 (1): 363-373.

٨. الدخيل، حسين. 2012 ، *أمراض المحاصيل الحقلية*. منشورات جامعة الفرات، كلية الهندسة الزراعية، ص433.

٩. الشيخ، عباس علي؛ حكيم، محمد شفيق؛ قدور، أحمد الشيخ. ٢٠١٣، *تربية النبات (الجزء النظري)*. منشورات مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب، ١٩٧ صفحة.

١٠. العساف، محمد نور؛ حكيم، محمد شفيق؛ العساف، عبد اللطيف؛ اليوسف، عبدالله. ٢٠٢٢، *أبحاث المؤتمر ال13 للبحوث العلمية الزراعية*. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 249-٢٦١-2022.

١١. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2023، وزارة الزارعة والإصلاح الزراعي السورية، مديرية التخطيط والتعاون الدولي. دمشق، سورية.

المراجع الأجنبية:

1. AKAN, K.; CAT, A.; YURDUSEVEN, M.; TEKIN, Y.S.; YEKEN, M.Z. ; TEKIN, M. 2025, *Evaluation of the Potential Risk Posed by Emerging Yr5-Virulent and Predominant Races of Puccinia striiformis f. sp. tritici on Bread Wheat (Triticum aestivum L.) Varieties Grown in Türkiye*. J. Fungi 2025, 11, 635.

2. ALI, S., KHAN, M.; SHAHBAZ, M.; NABI, G.; ZEESHAN, M.; ALEEM, S. ; HUSSAIN, M. 2022, *Environmental Factors and Yellow Rust Epidemic on Wheat Varieties in Punjab, Pakistan*. Journal of Agriculture and Food 3, 86-96.

3. ALI,Y.; KHAN, M.; ATIQ, M.; SABIR, W.; HAFEEZ, A. ; TAHIR, F. 2017, *Optimization of environmental factors conducive for stripe rust of wheat.* Pakistan Journal of Phytopathology 29, 239-245.

4. BRAR, S.; FETCH, B.; MCCALLUM, P.; HUCL, H. ; KUTCHER, R. 2019, *Virulence dynamics and breeding for resistance to stripe, stem, and leaf rust in Canada since 2000*. Plant Disease, 103: 2981-2995. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0866-FE

5. BROWN, H. ; SAARI, E. 1992, *An assessment of the potential of Puccinia striiformis to cause yield losses in wheat in the Anatolian plateau of Turkey*. Pages 121-123, In: Proceedings of the 8th European and Mediterranean cereal rust and mildews conference. Bonn (Germany), 1992.

6. CAT, A.; TEKIN, M.; AKAN, K.; AKAR, T. ; CATAL, M. 2023, *Virulence characterization of the wheat stripe rust pathogen, Puccinia striiformis f. sp. tritici, in Turkey from 2018 to 2020*. Can. J. Plant Pathol. 45, 158–167.

7. CHEN,W.; WELLINGS, C.; CHEN, X.; KANG, Z. ; LIU, T. 2014, W*heat stripe (yellow) rust caused by Puccinia striiformis f. sp. tritici*. Mol Plant Pathol. 15(5):433–446. https://Doi.org10.1111/mpp.12116

8. CHEN, X. 2005, *Epidemiology and control of stripe rust on wheat [Puccinia striiformis f. sp. tritici] on wheat.* Can J Plant Pathol., 27:314-337. https://doi.org/10.1080/07060660509507230

9. CIMMYT. 2015, *Increasing risk of stripe (yellow) rust outbreaks from North Africa to South Asia*. https://rusttracker.cimmyt.org/?p=6600.2015/3/20

10. COAKLEY, S.; LINE, R. ; MCDANIEL, L. 1988, *Predicting stripe rust severity on winter wheat using an improved method for analyzing meteorological and rust data*. Phytopathology 78:543-550.

11. DANIAL, D.; BROERS, L. ; PARLEVLITEIT, J.1993, *Does interplot interference affect the screening of wheat for yellow rust resistance.* Euphytica 70: 417- 224.

12. FAOSTAT. 2025, *Crops and Livestock Products* Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (accessed on 24 February 2025).

13. FENG, J.; WANG, F.; LIN, R.; XU, S. ; CHEN, W. 2022, R*esearch progress on genetics of wheat stripe rust resistance and distribution of resistant genes in inoculum source areas.* J. Plant Prot, 49, 263–275. https://doi.org/10.1094/PDIS-93-5-0538 https://doi.org/10.3390/jof11090635

14. HU, X.; HU, X.; MA, L.; HUANG, C. ; ZHOU, Y. ; XU, X. 2022, *Research progress of crop diseases on monitoring and prediction*. Acta Phytophy, Sin. 49, 298-315.

15. JOHNSON, R.; STUBBS, R.; FUCHS, E. ; CHAMBERLIN, N. 1972, *Nomenclature for physiologic races of Puccinia striiformis infecting wheat. Trans.* Br. Mycol. Soc.58 ،475-480.

16. KASSEM, M.; SOULIMAN, B.; EL-HOUSIEN, N.; HAKIM, S. ; NACHIT, M. 2018, *A new warrior race of Puccinia striiformis f. sp. tritici in Syria*. Paper presented at; Borlaug Global Rust Initiative (BGRI) conference, Marrakesh, Morocco, 14-17 April, 2018.

17. KHAROUF, S.; HAMZEH, S. ; AZMEH, F. 2021, *Races identification of wheat rusts in Syria during the 2019 growing season.* Arab. J. Plant Prot, 39, 1–13.

18. KOLMER, J.; LONG, D. ; HUGHES, M. 2009, *Physiologic specialization of Puccinia triticina on wheat in the United States in 2007*. Plant Disease, 93: 538-544. https://doi.org/10.1094/PDIS-93-5-0538

19. LORYS, M.; VILLAREAL, A.; CHRISTIAN, L.; CLAUDE DE VALLA, V.; CLARIE, N. 2002, *Genetic variability in Puccinia striiformis f.sp tritici populations sampled on a local scale during natural epidemics.* Applied and Environmental Microbiology, 68: 6138–6145. https://doi.org/10.1128/AEM.68.12.6138-6145.2002

20. LIU, W.C.; ZHAO, Z.H.; WANG, B.T.; LI, Y.; WANG, X.J. ; KANG, Z.S. 2022, *Analysis on the contribution rate of plant protection to the control of wheat stripe rust in China*. China Plant Prot. 42, 5–9+53.

21. MCCALLUM, B.; SETO-GOH, P. ; XUE, A. 2011, *Physiologic specialization of Puccinia triticina, the causal agent of wheat leaf rust, in Canada in 2008.* Canadian Journal of Plant Pathology, 33: 541–549. https://doi.org/10.1080/07060661.2011.627950

22. MCNEAL, E.; KNOZAK, H.; SMITH, C.; PTATE, E. ; RUSSEL, T. 1971, *A uniform system for recording and processing cereal research data, Agr, Res, Ser, publ, ARS*. 34-121, U.S .Dept of Agriculture ،Washington.

23. MILUS, E. ; SEYRAN, E. 2004, *New races of Puccinia striiformis f. sp. tritici more aggressive than older races at18 °C.* In Proceedings of the 11th

International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference. 22–27 August 2004, John Innes Centre, Norwich, UK. European and Mediterranean Cereal Rust Foundation, Wageningen, Netherlands. Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin, Abstr. A2.50. http://www.crpmb.org/icrpmc11/abstracts

24. NAZARI, K. 2010, *Status of wheat stripe in CWANA: analysis of current outbreaks*. In: Proceedings of the International Wheat Stripe Rust Symposium, ICARDA, Aleppo, Syria, 18-20, April 2011.

25. PETERSON, R.; CAMPBELL, A. ; HANNAH, A. 1948, *A diagrammatic scale of estimating rust intensity on leaves and Stems of Cereals*. Can. J, Res. 26. 496-500.

26. QAYOUM, A. ; LINE, R. 1985, H*igh-temperature adult-pant resistance to stipe rust of wheat. Phytopathology*. 75:1121-1125.

27. SCHWESSINGER, B. 2017, *Fundamental wheat stripe rust research in the 21st century*. New Phytol. 213, 1625–1631

28. SHAHIN, A.; ABU ALY, A.; SHAHIN, A. 2015, *Virulence and diversity of wheat stripe rust pathogen in Egypt*. Journal of American Science, 11: 47-52. http://www.jofamericanscience.org

29. STUBBS, R.; PRESCOTT, J.; DUBIN, E. 1986, *Cereal Diseases Methodology Manual International Maize and Wheat Important Center (CIMMYT) in Cooperation with Research Institute for Plant Protection (IPO).* Wageningen the Nether land, 46.

30. TEKIN, M.; CAT, A.; AKAN, K.; CATAL, M .; AKAR, T. 2021, A *new virulent race of wheat stripe rust pathogen (Puccinia striiformis f. sp. tritici) on the resistance gene Yr5 in Turkey*. Plant Dis. 105, 3292.

31. UAUY, C.; BREVIS, X.; CHEN, I.; KHAN, L.; JACKSON, O.; CHICAIZA, A.; DISTELFELD, T.; FAHIM, A.; DUBCOVSKY, J. 2005, *High-temperature adult plant (HTAP) stripe rust resistance gene Yr36 from Triticum turgidum. is closely linked to the grain protein content locus Gpc-B1*. Theor. Appl. Genet., 112:97–105.

32. WANG, H.; QIN, L.; RUAN, R.; WANG, Q.; LIU, Z.; MA, X.; LI, P.; CHENG, H. ; WANG, H. 2016, I*dentification and severity determination of wheat stripe rust and Wheat leaf rust based on hyperspectral data acquired using a black-paper-based measuring method.* Plos One, 11: e0154648. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154648

33. ZHANG, G.; ZHAO, Y.; KANG, Z. ; ZHAO, J. 2020, *First report of a Puccinia striiformis f. sp. tritici race virulent to wheat stripe rust resistance gene Yr5 in China*. Plant Dis. 104, 284–285

34. ZHENG, Q.; HUANG, W. ; CUI, X.; SHI, Y. ; LIU, L. 2018, *New spectral index for detecting wheat yellow rust using sentinel-2 multispectral imagery*. Sensors, 18, 840-868

35. ZHU, Z.; CAO, Q.; HAN, D.; WU, J.; WU, L.; TONG, J.; XU, X.; YAN, J.; ZHANG, Y. ; XU, K. 2023, *Molecular characterization and validation of adult-plant stripe rust resistance gene Yr86 in Chinese wheat cultivar Zhongmai 895*. Theor. Appl. Genet. 136, 142.