

تعريف سلالات أمراض الصدأ على القمح في سورية خلال موسم 2019

شعلة خاروف^{1,2}، شادي حمزة¹ ومحمد فواز العظمة^{3,1}

(1) مخبر التنوع الحيوي، الهيئة العامة للثقافة الحيوية، دمشق، البريد الإلكتروني: shoula_kharouf@yahoo.com

(2) كلية الزراعة، جامعة الفرات، سورية؛ (3) كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية

الملخص

خاروف، شعلة، شادي حمزة ومحمد فواز العظمة. 2021. تعريف سلالات أمراض الصدأ على القمح في سورية خلال موسم 2019. مجلة وقاية النبات العربية، 39(1): 1-13.

تعد أمراض الصدأ على القمح المتسببة عن أنواع الفطور الثلاثة *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (الصدأ المخطط أو الأصفر) و *P. triticina* f. sp. *tritici* (صدأ الورقة أو البني) و *P. graminis* f. sp. *tritici* (صدأ الساق أو الأسود)، من أهم العوامل المؤثرة في محصول القمح بنوعيه القاسي والطرقي في سورية. تسببت هذه الأمراض، وبخاصة الصدأ المخطط، بخسائر كبيرة على مستوى الغلة بلغت في العام 2010 في سورية ما يزيد عن مليون طن من مجمل الإنتاج الذي كان متوقعاً بحوالي 5 مليون طن. لذلك كان لا بد من العمل على رصد وتتبع السلالات المحلية، وتلك المنتشرة في الجوار والعالم، والتي قد تتطور وتتسبب بحدوث وباء. ولدراسة توزيع وانتشار وتطور السلالات الفيزيولوجية لأنواع الصدأ الثلاثة المذكورة سابقاً، أجري مسح حقلي شمل معظم مناطق زراعة القمح في سورية لموسم 2019، حيث بلغ عدد الحقول الممسوحة 165 حقلاً أخذت منها 312 عينة. أفضت الدراسة إلى تعريف 10 سلالات من الصدأ المخطط في 10 مواقع، منها 4 سلالات جديدة (16E154، 69E150، 264E46، 258E64) تسجل لأول مرة في سورية. كما تم تعريف 4 سلالات من صدأ الورقة في 4 مواقع، واحدة منها جديدة تسجل لأول مرة (السلالة BKLP). كذلك تم تعريف 3 سلالات من صدأ الساق في 3 مواقع مسجلة سابقاً في سورية. وتجدر الإشارة إلى أن السلالات الجديدة من الصدأ المخطط التي تم تعريفها كسرت مورثات/جينات المقاومة *Yr1* و *Yr5* التي كان يعول عليها مما تبقى من مورثات/جينات مقاومة ضد هذا المرض، وتسببت هذه السلالات بكسر مقاومة أصناف من القمح القاسي مثل شام 3، حيث بلغت شدة الإصابة في بعض المناطق 40S. ومن الجدير الإشارة إلى أن سلالة الصدأ المخطط 462E128 (warrior) لم تظهر في العزلات المدروسة، كما أنه لم يتم رصد سلالة صدأ الساق Ug99 في هذه الدراسة، إلا أن خطورة هذه السلالة ومشتقاتها تتطلب متابعة المسح الحقلية واختبارات الأمراض في المواسم المقبلة للتحري عنها.

كلمات مفتاحية: الصدأ المخطط (الأصفر)، صدأ الورقة (البني)، صدأ الساق (الأسود)، تعريف السلالات، قمح، سورية

المقدمة

القمح القاسي (النعمي والمملوك، 1995)، وقد بين Johnson (1988) من خلال دراساته الموسعة على المكافحة المتكاملة للصدأ المخطط، أن أصناف القمح الطري تصاب بالصدأ المخطط بشكل كبير جداً خصوصاً إذا كانت الظروف البيئية ملائمة (Chen, 2017)، إذ إن الصدأ المخطط وصدأ الساق ينتشران عموماً على القمح الطري أكثر من القاسي والعكس صحيح بالنسبة لصدأ الورقة. يعد الصدأ المخطط أو الأصفر والذي يحدثه الفطر *P. striiformis* f. sp. *tritici* من أهم الأمراض التي تصيب القمح في مختلف مناطق زراعته في العالم، وبخاصة ذات المناخ البارد والرطوبة العالية (Johnson, 1988؛ Wellings, 2011). ينتقل هذا الفطر، كما في صدأ الساق وصدأ الورقة، هوائياً لمسافات بعيدة على صورة أبواغ يوريدينية مسبباً فقداً كبيراً في الإنتاج إذا كانت الظروف البيئية ملائمة (Stubbs et al., 1986)، ويمكن لهذا الفطر أن يسبب

تؤثر العديد من العوامل في وبائية أمراض النبات، ومن أهمها توافر العائل القابل للإصابة بالمرض والظروف البيئية المناسبة والعامل الممرض الشرس. تعد أمراض الصدأ على القمح المتسببة عن أنواع الفطور الثلاثة *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (الصدأ المخطط أو الأصفر)، *P. triticina* f. sp. *tritici* (صدأ الورقة أو البني) و *P. graminis* f. sp. *tritici* (صدأ الساق أو الأسود)، من أهم الأمراض على محصول القمح بنوعيه القاسي والطرقي في العالم وفي سورية، حيث تتسبب بخسائر تقدر بـ 15.04 مليون طن سنوياً على مستوى العالم (CIMMYT, 2015). لوحظ أن مجتمعات الصدأ المخطط تطورت وتكاثرت بشكل واسع على أصناف القمح الطري بالمقارنة مع أصناف

المخطط لوحظت في المواسم الرطبة (1993، 1994، 1995، 1988، 2010)، حيث بلغ الفقد في الغلة في بعض الحقول عام 1998 أكثر من 705 خصوصاً على صنف القمح الطري مكسيبيك في منطقة الجزيرة. أما في موسم 2010/2009، فقد ظهرت الإصابة بشكل مبكر جداً وبلغ الفقد في الغلة أكثر من 80% في بعض حقول الجزيرة على الصنف شام 8، وأكثر من 40% على مجمل الأقماع الطرية في سورية (حكيم ويحياوي، 2003)، علماً أن أصناف القمح الطري معرضة للإصابة عموماً أكثر من الأصناف القاسية (خاروف وآخرون، 2010). إن الحل الأمثل للحد من خطر أمراض الصدا على القمح بشكل عام والصدا المخطط بشكل خاص هو إدخال مورثات/جينات المقاومة المتاحة إلى أصناف القمح المحسن (Rajaram & Yahyaoui, 2010)، كما أن استعمال المبيدات الفطرية الجهازية على محصول القمح المصاب بصدا الورقة يعطي زيادة معنوية في الغلة (Danial et al., 1993). غير أن استخدام المكافحة الكيميائية كثيراً ما يعد طريقة غير مجدية اقتصادياً نظراً لارتفاع تكاليفها إذا طبقت على مساحات واسعة، وكذلك بسبب الحاجة إلى إعادة تطبيقها عدة مرات في الموسم الواحد (خاروف وآخرون، 2010؛ Johnson 1992) ولتأثيرها السلبي في البيئة. لذا من المهم اختبار استجابة أصناف القمح المختلفة لهذه الأمراض بهدف اعتماد الأصول المقاومة منها كأبء في برامج التربية (Brown & Saari, 1992).

مواد البحث وطرائقه

المسح الحقلي

للقوف على الانتشار الوبائي لأمراض الصدا خلال موسم 2019، ولتحديد سلالاتها الفيزيولوجية، وأماكن انتشارها، وشدة الإصابة بها، تم القيام بمسح حقلي شمل 165 حقلاً، وبلغ عدد العينات 312 عينة في مختلف مناطق زراعة القمح في سورية. كما بلغ عدد الحقول المرورية 83 حقلاً والبعلية 82 حقلاً (جدول 1).

تم تقويم إصابة القمح بالصدا المخطط حسب مقياس Cobb المعدل الذي يعتمد على النسبة المئوية لشدة الإصابة (Zadoks, 1965)، ونمط الاستجابة (Reaction type) حيث R=مقاوم، MR=معتدل المقاومة، MS=معتدل القابلية للإصابة، S=قابل للإصابة (Peterson et al., 1948). وقد قدر حدوث المرض ومدى انتشاره بحساب تكرار ظهور الإصابة في الحقول الممسوحة (النسبة المئوية للحقول المصابة). وشمل المسح كلاً من حقول المزارعين وحقول مراكز هيئة البحوث العلمية الزراعية. أخذت عينات ورقية عشوائية ممثلة للمرض عليها أعراض الإصابة، ووضعت في مغلفات ورقية خاصة لهذه الغاية، وكتب عليها اسم المسبب المرضي، والموقع الذي أخذت منه

خسائر جسيمة على محصول القمح (Hovmøller et al., 2011). ويعود التفاوت في نسبة الخسارة إلى مقدار الضرر الذي يحدثه الممرض أثناء مراحل نمو النبات المختلفة، وإلى موعد حدوث العدوى الأولية، وكذلك موقع الإصابة من الجزء الخضري للنبات (Chen et al., 2013)، ومدى توافر الظروف البيئية المناسبة لتطوره (Brown & Saari et al., 1992)؛ فالضرر يكون أعظمياً عند وصول الإصابة إلى الورقة الأخيرة (العلمية) لأنها تسهم بدور أساسي في امتلاء الحبوب (Zadoks, 1965). وعند الإصابة ينخفض محتوى الحبوب من البروتينات وتزداد نسبة الكربوهيدرات بصورة عامة، وينضج النبات مبكراً نتيجة تسريع جفاف الأوراق (المعروف وآخرون، 2001). أما الإصابة المبكرة فتسبب نقصاً في نمو المجموع الجذري وفي عدد الأشتاء وموت النبات قبل تشكل السنابل، وبخاصة عند الإصابة الشديدة، مما يضعف من قدرتها على التلقيح وتكوين الحبوب، وإن تكونت الحبوب تصبح ضعيفة جداً وهشة (Amin et al., 2007).

من المعروف أن صفة مقاومة القمح إزاء فطور الصدا لا تدوم أكثر من بضعة سنوات نتيجة التغير الوراثي الذي يحدث في مجتمع الفطر. فمثلاً مقاومة المورثين Yr9 و Yr27 قد كُسر مفعولهما بعد عدة سنوات (خاروف وآخرون، 2006؛ Nazari, 2010). ففي الفترة ما بين 1980-2000 تم كسر المورث Yr9 في كل من الأصناف Mexipak في سورية (حكيم ويحياوي، 2003)، و Dashen في أثيوبيا، و Falat في إيران، و Pak8 في باكستان، و Seri82 في تركيا (Amin et al., 2007؛ Nazari & Hodson, 2018). ومن خلال الدراسات المستفيضة في فرنسا فقد تبين أنه تم كسر المورث Yr17 في عام 1998 (Bayles et al., 2000). وفي موسم 2009-2010 تم كسر جين المقاومة Yr27 في كل من الأصناف شام 8 في سورية، و Sardari في إيران، و Inquilab 91 في باكستان، و PBW343 في الهند، و Gerek في تركيا، و Akhtar في المغرب (Nazari, 2010)، كما تم كسر الجينين Yr24 و Yr26 في الصين (Liu et al., 2010).

اعتمدت في سورية العديد من الأصناف العالية الإنتاجية، إلا أنها تميزت بتشابها قاعدتها الوراثية، إذ أتى معظمها من آباء مكسيكية المنشأ، وأدخلت في برامج التربية عن طريق المركز الدولي لتحسين القمح والذرة CIMMYT (Seek et al., 1988)، واكتسب الممرض أهميته في سورية بسبب التغير الحاصل في النظام الزراعي، حيث كان يزرع القمح عادة تحت الظروف البعلية، لكن في السنوات الأخيرة ومع إدخال الأصناف عالية الإنتاجية والتي تستجيب للري، أصبح الاعتماد كبيراً على الري التكميلي، مما أدى إلى تهيئة بيئة مناسبة لتطور الممرض وانتشاره، حيث تبين أن الفقد في الإنتاج قد يصل إلى 29% عند معدل إصابة 73S (Hovmøller et al., 2011). لكن أعلى شدة إصابة سببها الصدا

العينة، والصنف المزروع، وشدة الإصابة ونسبتها، وتاريخ الجمع واسم أخذ العينة (Chen et al., 2012). أحضرت هذه العينات إلى الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق لإجراء الفحوصات المناسبة.

الدراسة المخبرية

عزل وإكثار الأبواغ اليوريدينية - أخذت عينات ورقية عشوائية ممثلة للمرض تم جمعها من طور الاستطالة (Feek 9-10) حتى طور الإنبال (Feek 10.4) (Knott, 1989). تم عزل الأبواغ اليوريدينية من الأوراق المصابة وإكثارها على بادرات الصنف الحساس القابل للإصابة Morocco. تمت زراعة الصنف المذكور مسبقاً في أصص بلاستيكية صغيرة بقطر 10 سم ملئت بخليط معقم من تربة طينية ورمل وبيتموس بنسبة 1:1:2 حجماً، على التوالي. بعد الإنبات مباشرة أضيف إلى ماء السقاية محلول malic hydrazide بتركيز 0.25 غ/ل للحد من تطور البادرات وإبقائها في طور الورقة الأولى والثانية وإضافة اللون الأخضر القائم على الورقة. أجريت العدوى الاصطناعية على البادرات بأبواغ يوريدينية أخذت من بثرة مفردة باستخدام إبرة تشريح، حيث تم حك أوراق النبات القابل للإصابة بها بعد ترطيبه بالماء، ثم جرى تغطية النبات بغطاء بلاستيكي. وضعت البادرات المعدة في حجرة نمو خاصة تحت ظروف متحكم بها حيث تم ضبط الحرارة عند 2 ± 10 °س والرطوبة النسبية 70-80% وظلام تام لمدة 24 ساعة، ثم عدلت الحرارة بعد ذلك إلى 15 ± 2 °س والرطوبة النسبية 70-80% ونظام إضاءة متناوب 16 ساعة إضاءة (10.000 لوكس) و8 ساعات ظلام، ورفع عنها الغطاء وتركت في الحجرة لمدة 17 يوماً مع مراعاة ريهها بشكل منتظم. وبعد 17 يوماً من إجراء العدوى الاصطناعية، تم البدء بجمع الأبواغ اليوريدينية وإعادة إكثارها من جديد (Chen, 2005)، وذلك للحصول على الكمية الكافية لاستخدامها في تحديد السلالات.

تحديد السلالات الفيزيولوجية والقدرة الإراضية للصدأ المخطط - زُرعت الأصناف التفرقية (Johnson et al., 1972) في ربيع موسم 2019، وأضيفت إليها الأصناف المكملة Cham 1، Federation4/Kavkaz، Anza و Sonalika في أصص بلاستيكية صغيرة قطرها 10 سم ملئت بخليط معقم من تربة طينية ورمل وبيتموس بنسبة 1:1:2 حجماً. وزرعت البذار بواقع 10 بذور/أصيص. رُويت الأصص مباشرة رياً خفيفاً مع مراعاة الري بفترات منتظمة (كل يومين). وبعد ثمانية أيام من الزراعة أعدت البادرات بعد ترطيبها بالماء بأبواغ الفطر التي تم جمعها حديثاً (والناجمة عن العدوى الاصطناعية) بعد مزجها بمسحوق التالك باستخدام فرشاة ناعمة، ثم وضعت تحت غطاء بلاستيكي داخل حاضنة لمدة 24 ساعة توافرت فيها الظروف البيئية السابقة نفسها من حرارة ورطوبة

وإضاءة وتركت لمدة 17 يوماً. تم تعريف السلالات بناء على تقويم رد الفعل في مرحلة البادرة بالاعتماد على سلم القياس (0-9) (McNeal et al., 1971)، حيث: 0 = (I) منيع، 1-2 = (R) مقاوم، 3 = (MR) معتدل المقاومة، 4-6 = (M) معتدل، 7 = (MS) معتدل القابلية للإصابة، 8-9 = (S) قابل للإصابة. واعتبرت العزلة غير شرسة (avirulent) عندما كان رد فعل النبات إزاءها ما بين 0-6، واعتبرت شرسة (virulent) إذا كان رد فعل النبات تجاهها ما بين 7-9 (Johnson et al., 1972).

تحديد السلالات الفيزيولوجية والقدرة الإراضية لصدأ الورقة وصدأ الساق - استخدم في الدراسة 37 صنفاً تقريبياً، وهي مجموعة من أصناف شبه متماثلة وراثياً Near Isogenic Lines (NILs) تختلف فيما بينها بمورث مقاومة واحد (Ma & Singh, 1996؛ McVey et al., 2004a, 2004b). استُخدم منها 16 صنفاً وفقاً لنظام شمال أميركا الحديث (Long et al., 2002)، وأضيف إليها الصنف TC*6/Carina (RL6019) الذي يمتلك المورث *Lr2b* وفق نظام التسمية القياسية الدولية (Mains & Jackson, 1926). زُرعت تلك الأصناف في أصص بلاستيكية صغيرة بقطر 10 سم احتوت على ذات الخلطة الترابية سابقة الذكر. حضنت البادرات عند ظهور الورقة الحقيقية الثانية تحت ظروف متحكم بها من حرارة (17 ± 2 °س) ورطوبة نسبية عالية. مزجت الأبواغ اليوريدينية الحديثة الجمع لكل عزلة على حدة بمسحوق التالك، ثم أعدت البادرات بهذا الخليط باستخدام فرشاة ناعمة. أخذت قراءات رد الفعل بعد 10-12 يوماً من تاريخ العدوى (Stubbs et al., 1986)، وذلك وفق سلم قياس 0-4 (Stakman et al., 1962)، حيث: 0 = (منيع) لا يوجد أية آثار مرئية للإصابة؛ 1 = (مقاوم) أعراض نكرزة أو بداية تشكل بثرات صغيرة جداً؛ 2 = (معتدل المقاومة) بثرات يوريدينية صغيرة أو متوسطة الحجم محاطة بهالة صفراء؛ 3 = (معتدل القابلية) بثرات يوريدينية متوسطة الحجم غير محاطة بنكرزة أو هالة صفراء؛ 4 = (قابل للإصابة) بثرات يوريدينية كبيرة الحجم غير محاطة بهالة صفراء.

اعتبرت العزلة منخفضة لشراسة (Low infection type L) عندما كان رد فعل النبات 0-2، كما اعتبرت عالية الشراسة (High infection type H) عندما كان رد فعل النبات 3-4 (Long & Kolmer 1989)؛ (Long et al., 2002؛ Wamish et al., 2004). تم تحديد السلالات الفيزيولوجية لفطر *P. triticina* وفق نظام شمال أميركا الحديث (Long & Kolmer 1989)، كما تم تحديد السلالات الفيزيولوجية للفطر *P. graminis* وفق النظام السابق الذكر من خلال مجموعة مختلفة من الأصناف التفرقية (Roelfs & Martens, 1984).

جدول 1. نتائج المسح الحقلية للصدأ المخطط (Yr) وصدأ الورقة (Lr) وصدأ الساق (Sr) على القمح لموسم 2019 في سورية.

Table 1. Survey results for stripe Rust (Yr), leaf rust (Lr) and stem rust (Sr) survey of wheat during the growing season 2019 in Syria.

متوسط شدة الإصابة (%) على القمح الطري Mean of disease severity (%) on bread wheat	متوسط شدة الإصابة % على القمح القاسي Mean of disease severity % on durum wheat	نوع القمح المزروع والري Wheat type and irrigation method				نسبة الحقول المصابة % Infected fields %	عدد الحقول حسب نوع الصدأ No. fields according to rust type		عدد الحقول الممسوحة No. of surveyed fields	المحافظة Governorate
		قمح طري Bread wheat		قمح قاسي Durum wheat			نوع الصدأ Rust type			
		بعل Non irrigated	مروي Irrigated	بعل Non irrigated	مروي Irrigated					
16.2	10.0	7	6	2	2	85.0	17	Yr	20	حلب
13.6	6.3	2	5	4	0	55.0	11	Lr		Aleppo
13.6	10.0	2	5	1	0	40.0	8	Sr		
25.6	23.8	7	0	5	0	100.0	11	Yr	11	حمص
5.0	5.0	1	0	1	0	9.1	1	Lr		Homs
5.0	5.0	1	0	1	0	9.1	1	Sr		
14.6	6.4	4	0	3	0	100.0	5	Yr	5	حماء
18.8	10.0	3	0	3	0	60.0	3	Lr		Hamah
18.8	0.0	4	0	0	0	60.0	3	Sr		
4.3	3.8	7	0	4	0	68.8	11	Yr	16	اللاذقية
2.5	25.0	2	0	4	0	37.5	6	Lr		Lattakia
2.5	15.0	2	0	2	0	25.0	4	Sr		
20.0	7.5	5	0	3	0	100.0	7	Yr	7	طرطوس
5.0	12.5	0	0	2	0	28.6	2	Lr		Tartous
5.0	10.0	1	0	2	0	28.6	2	Sr		
19.1	12.1	10	8	11	16	100.0	44	Yr	44	الحسكة
22.5	10.8	2	0	4	2	18.2	8	Lr		Hasaka
16.7	20.0	2	1	1	0	9.1	4	Sr		
18.0	21.3	1	20	0	9	93.5	29	Yr	31	الرقبة
26.7	13.3	0	7	0	5	35.5	11	Lr		Raqqa
23.8	10.0	0	6	0	3	25.8	8	Sr		
35.0	15.0	0	6	2	5	100.0	13	Yr	13	دير الزور
10.0	10.0	0	1	0	1	15.4	2	Lr		Deir-Ezzor
10.0	0.0	0	2	0	0	15.4	2	Sr		
10.0	12.0	0	1	2	3	100.0	6	Yr	6	درعا
0.0	10.0	0	0	1	0	16.7	1	Lr		Daraa
0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0	Sr		
16.3	16.7	4	0	1	2	100.0	7	Yr	7	السويداء
0.0	5.0	0	0	1	1	28.6	2	Lr		Sweida
0.0	5.0	0	0	1	0	14.3	1	Sr		
17.0	8.0	0	1	0	5	100.0	5	Yr	5	دمشق وريفها
10.0	5.0	0	1	0	1	20.0	1	Lr		Damascus &
10.0	0.0	0	1	0	0	20.0	1	Sr		countryside
17.8	12.4	المتوسط العام						Yr	165	المجموع الكلي
10.4	10.3	العام						Lr		Total
9.6	6.8	Total mean						Sr		

المسح الثاني في شهر نيسان/أبريل. سجلت أول إصابة بالصدأ المخطط للموسم 2019 في المنطقة الجنوبية الشرقية في محافظة الرقة - مزرعة ربيعة، وبلغت شدة الإصابة 100S، وفي المنطقة الشمالية في محافظة حلب- تل عرن ومسكنة (غرب حلب)، وسجلت الإصابة بشكل مبكر في المنطقة الشمالية الشرقية في محافظة الحسكة - هيمو. أظهر المسح الأول أعلى شدة إصابة في مزرعة ربيعة في الرقة حيث بلغت 100S، تلتها محطة بحوث طرطوس في المنطقة الساحلية حيث تجاوزت 80S، وفي حقول المزارعين المجاورة 75S، وكانت الإصابة متوسطة في منطقة تل عرن - حلب 85MS، وأخفض شدة إصابة في اللاذقية حيث كانت

النتائج والمناقشة

الدراسة الحقلية

أجري المسح الحقلية لعدة مرات خلال الموسم، وذلك لمعرفة مدى انتشار المرض وتاريخ ظهوره ومدى تطوره، بينت النتائج ظهور الصدأ المخطط في 155 حقلاً من أصل 165 من الحقول التي شملها المسح في موسم 2019، بالإضافة إلى رصد كل من صدأ الورقة وصدأ الساق حيث كان عدد الحقول المصابة بكل منهما 47 و34 حقلاً على الترتيب موزعة على مواقع المسح. أجري المسح الأول في شهر آذار/مارس بينما أجري

سلالات مختلفة تم اختبارها في معهد أبحاث وقاية النبات (IPO) في هولندا (Singh *et al.*, 2005). ونظراً لزراعة هذا الصنف في مساحات واسعة وبقائه مقاوماً خلال سنوات الانتشار الواسع للمرض في سورية وغيرها من بلدان الشرق الأوسط فمن المرجح أن يتسم الصنف Cham1 بمستوى جيد من المقاومة المستمرة (durable resistance) (Chen, 2013؛ Solh *et al.*, 2012). ومن المعروف أن الظهور المبكر للمرض يعطي الفرصة لانتشاره بشكل واسع إذا توافرت الظروف المناخية المناسبة، فقد لاحظنا حدوثاً كبيراً للمرض في ربيع 2019، إذ سُجّلت شدات إصابة وصلت حوالي 80S في طرطوس على كل من الأصناف Avocet Yr7، Avocet Yr8، Federation، Cranbrook Yr7 و Avocet R YrA، Avocet S و Corella Yr6+Yr7 (جدول 2).

وقد أظهرت القراءات الحقلية لطرز وشدة الإصابة خلال الموسم 2019 قابلية الإصابة لكل من الأصناف التالية: Heines Kolben Avocet، Jupatico S (95S)، Avocet S Yr7 (95S)، Yr6+ (80S)، S (95S)، Avocet S Yr6 (95S)، Avocet S Yr18 (90S)، Fed.4/Kavkaz Yr9 (85S)، Federation (95S)، Gereck79 (70S) و Cranbrook Yr7 (85S). وذلك في مواقع طرطوس وحمص والغاب. ومن النتائج الحقلية يتضح أن مورثات/جينات الأمراض لسلاسل الفطر السائدة في المواقع المذكورة كانت قادرة على تثبيط فعل مورثات/جينات المقاومة الموجودة في الأصناف السابقة الذكر (جدول 2).

الدراسة المخبرية

الصدأ المخطط *P. striiformis*

تعريف السلالات الفيزيولوجية للصدأ المخطط على الأصناف التفرقية - أشارت نتائج تحليل السلالات الفيزيولوجية إلى وجود عدد من هذه السلالات في حقول القمح في سوريا حيث تم تعريف عشر سلالات للصدأ المخطط خلال موسم 2019 وهي 6E16، 16E154، 70E130، 230E150، 69E150، 264E46، 0E0، 102E130، 38E150 و 258E64، منها أربع سلالات جديدة غير مسجلة سابقاً تم اكتشافها خلال هذا الموسم وهي 16E154، 69E150، 264E46، 258E64 (جدول 3).

يشير جدول 3 أن السلالة 6E16 كانت أكثر السلالات تردداً خلال الموسم، حيث وجدت في كل من المنطقة الشمالية ممثلة في حلب - تل عرن والمنطقة الساحلية ممثلة بمركز بحوث طرطوس، وظهرت في المنطقة الشرقية في منطقة الشامية شرق دير الزور، مما يؤكد على أن هذه السلالة واسعة الانتشار في مناطق زراعة القمح في سوريا وهي السلالة التي سببت جائحة 1988.

بحدود آثار للإصابة TR. كما أظهر المسح الثاني أعلى شدة إصابة في منطقة تل عرن - حلب حيث وصلت إلى 60S، وكانت الإصابة متوسطة الشدة في منطقة التبنّي - دير الزور من المنطقة الشرقية وفي منطقة سمومة ومسكنة (شرق حلب) حيث بلغت 45S، وأخفض شدة إصابة في منطقة ازرع من المنطقة الجنوبية (آثار TR). تعطي هذه القراءات تصوراً عن أن هناك مورثات/جينات لم تستطع مقاومة الممرض في مرحلة النبات البالغ وتم كسرها تحت العدوى الطبيعية (Chen, 2013).

يظهر جدول 1 أن نسبة الحقول المصابة بالصدأ المخطط لموسم 2019 بلغت 100% من الحقول الممسوحة في بعض المحافظات مثل حمص وحماه ودير الزور، بينما بلغت 60% بالنسبة لصدأ الورقة وصدأ الساق في حماه. كما يبين الجدول أن أقل متوسط شدة إصابة بالصدأ المخطط على القمح القاسي والطرّي كان في اللاذقية حيث بلغ 3.8% والقاسي 23.8% في حمص، أما أعلى متوسط شدة إصابة بالصدأ المخطط على القمح الطري فبلغ 35% في دير الزور. وكان المتوسط العام لشدة المرض في جميع المحافظات 30.2%.

وفيما يتعلق بصدأ الورقة وصدأ الساق فقد سُجّل أعلى متوسط شدة إصابة على القمح الطري في الرقة حيث بلغ 26.7% و 23.8% لكل من نوعي الصدأ، على التوالي، وعلى القمح القاسي سجل أعلى متوسط شدة إصابة بصدأ الورقة في اللاذقية حيث بلغ 25%، بينما بلغ أعلى متوسط شدة إصابة بصدأ الساق 20% في الحسكة. وكان المتوسط العام لشدة المرض في جميع المحافظات لصدأ الورقة 20.7% ولصدأ الساق 16.4%.

ولقد لوحظ أن أصناف القمح القاسي المزروعة في سورية كانت قد أصيبت بالصدأ المخطط بدرجة عالية نسبياً في هذا الموسم حيث بلغ متوسط شدة الإصابة على الأصناف القاسية 40S وذلك في حقل مزروع بالقمح القاسي شام 3 في حقول مزرعة كلية الزراعة بدمشق والتابعة للهيئة العامة للتقانة الحيوية. وهذا يشير إلى وجود سلالة شرسة استطاعت أن تكسر مورثات/جينات المقاومة في عدد من الأصناف القاسية التي هي عادة ما تكون أكثر مقاومة للصدأ المخطط (شكل 1). ويعزى ذلك إلى نوع من التفضيل العائلي للفطر (host preference) (Wang *et al.*, 2016). اعتمدت برامج التربية في الفترة السابقة على الأصناف المحسنة من القمح القاسي بشكل واسع، فحل الصنف Cham1 في كثير من المناطق التي كانت تزرع الصنف الطري "مكسيياك"، وهذا ما شكل عاملاً إيجابياً في الحد من الخسارة الممكن حصولها. كما يزرع الصنف Cham1 حالياً في العديد من بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فقد أثبتت مقاومة ممتازة للصدأ المخطط في كل الاختبارات وفي مختلف مراحل تطور النبات من البادرة وحتى مرحلة الحصاد إزاء عشر

جدول 3. توزع السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدأ المخطط على القمح في سورية المسجلة خلال الموسم 2019.

Table 3. Distribution of wheat stripe rust physiological races in Syria recorded during 2019 growing season.

السلالات الفيزيولوجية Physiological races	Area name/ Location	المنطقة/ الموقع
6E16	Tell Aran/Aleppo	تل عرن/ حلب
16E154*	Izra'a/ Daraa	ازرع/ درعا
70E130	Coyres/ Aleppo	كويرس/ حلب
230E150, 6E16	Tartous	طرطوس
69E150*	Al-Ghab/ Hama	الغاب/ حماه
264E46*	Buqras/ Deir-Ezzor	بقرص/ دير الزور
0E0, 6E16	Shumaytayah/ Deir-Ezzor	شميطية/ دير الزور
102E130	Amouda/ Hasaka	عامودا/ الحسكة
38 E150	Himo/ Hasaka	هيمو/ الحسكة
258E64*	Rabia farm/ Raqqa	مزرعة ربيعة/ الرقة

* New race recorded for the first time * سلالة تسجل لأول مرة

ويبين جدول 4 توزع السلالات في مناطق انتشارها بالإضافة إلى مورثات/جينات المقاومة التي تأثرت بها. حيث لوحظ أن السلالة السابقة الذكر (6E16) استطاعت كسر فعل مورثات/جينات المقاومة $Yr6, Yr8$ ، $Yr7$ ، وهذا يتفق مع ما وجدته باحثون آخرون (حكيم وأحمد، 1998؛ حكيم ويحيوي، 2003)، أما السلالة 230E150 فقد وجدت في المنطقة الساحلية في مركز بحوث طرطوس، وقد عزلت من نباتات القمح القاسي، وكانت من السلالات ذات الشراسة العالية حيث أثرت في مورثات/جينات المقاومة $Yr9, YrA, Yr2+, Yr2, Yr8, Yr6+, Yr7, Yr9+, YrSU, YrSD, Yr6$. وكانت السلالة 38E150 التي وجدت في المنطقة الشمالية بهيمو قريبة من سابقتها من حيث الشراسة وأثرت في مورثات/جينات المقاومة $Yr7, YrSU, YrSD, Yr2+, YrA, Yr9, Yr6$. أما السلالة 16E154 فقد سجلت فقط في المنطقة الجنوبية بمركز بحوث ازرع وهي سلالة جديدة ذات شراسة تسجل لأول مرة، حيث أثرت على كل من الجينات $Yr10, Yr8, Yr2+, YrA+, Yr9+, Yr27$. في حين أن السلالة 69E150 والتي عزلت من القمح القاسي في منطقة الغاب، وهي من السلالات الشراسة أيضاً، أثرت في كل من جينات المقاومة $Yr1, Yr6+, Yr1+, Yr7+, Yr8, Yr2+, YrA+$. تجدر الإشارة إلى أن التسجيل الأول لـ $Yr27$ كان في موسم 2010 (Nazari, 2010)، بينما $Yr5$ تسجل لأول مرة (شكل 1). وكانت أقل هذه السلالات شراسة السلالة 0E0 والتي وجدت في موقع الشميطية في المنطقة الشرقية بدير الزور، إذ إنها لم تؤثر في أي من جينات المقاومة وتعتبر هذه السلالة منشأ السلالات الفيزيولوجية (Danial et al., 1993).

جدول 2. تفاعل مجموعة الأصناف التفريقية الـ 49 (شدة الإصابة بالصدأ المخطط ونمط العدوى) في مراكز البحوث الزراعية للموسم 2019 في سورية.

Table 2. Reaction of 49 differential cultivars (severity and infection type of stripe rust) in different Agricultural Research Centers' stations during the growing season 2019 in Syria.

الرقم المتسلسل Serial No.	الأصناف التفريقية وجيناتها Differential hosts and Yr genes	طرطوس Tartous	الغاب Ghab	حمص Homs
1	Chinese 166 $Yr1$	5MR	1R	1R
2	Lee $Yr7$	70S	60S	80S
3	Heines Kolben $Yr6+$	10S	30S	40MS
4	Vilmorin 23 $Yr3V$	5MS	5MS	1R
5	Moro $Yr10$	10MS	1R	1R
6	Strubes Dickopf $YrSD$	40S	5R	85MS
7	Suwon 92 x Omar $YrSU$	5S	5MR	1R
8	Clement $Yr9$	10S	1R	1R
9	Hybrid 46 $Yr3b, 4b$	1R	1R	1R
10	Reichersberg 42 $Yr7$	5S	5R	85MS
11	Heines peko $Yr6$	15S	5R	1R
12	Nord Despres $Yr3N$	5R	1R	1R
13	Compare $Yr8$	20MR	1R	1R
14	Carstens V	1R	1R	1R
15	Spaldings prolific $YrSp$	5R	1R	1R
16	Heines VII $Yr2$	5R	1R	40MS
17	Avocet S $Yr1$	5R	1R	1R
18	Avocet S $Yr5$	5R	5R	1R
19	Avocet S $Yr6$	75S	85S	75S
20	Avocet S $Yr7$	80S	90S	75S
21	Avocet S $Yr8$	80S	5MS	1R
22	Avocet S $Yr9$	70S	25S	1R
23	Avocet S $Yr10$	25MR	1R	1R
24	Avocet S $Yr11$	75S	30S	30S
25	Avocet S $Yr12$	60S	25MS	30S
26	Avocet S $Yr15$	10R	1R	1R
27	Avocet S $Yr17$	1R	1R	1R
28	Avocet S $Yr18$	35MS	20MS	85MS
29	Avocet $Yr24$	85S	TR	TR
30	Avocet $Yr26$	75M S	TR	TR
31	Avocet S $YrSp$	1R	1R	1R
32	Avocet S $YrSk$	10MS	10MS	85MS
33	Avocet R YrA	85S	90S	30S
34	Avocet S	85S	85S	30S
35	Jupateco R $Yr18$	75S	85MS	1R
36	Jupateco S	50S	35S	1R
37	kalyansona $Yr2$	40S	50MS	0S
38	Federation	80S	85S	1R
39	Fed.4/Kavkaz $Yr9$	20S	85S	1R
40	Cranbrook $Yr7$	80S	50S	30S
41	Corella $Yr6+Yr7$	75S	10MS	30S
42	Oxley $Yr6+APR$	5S	10MR	30S
43	Cook	50S	1R	30S
44	Anza $YrA+$	45S	30S	0S
45	Sonalika	20S	15MR	30S
46	Triticum spelta $Yr5$	5R	1R	1R
47	Gereck 79	50S	25S	85MS
48	Cham 1	5R	1R	1R
49	Seri 82	10MS	30MS	5MS

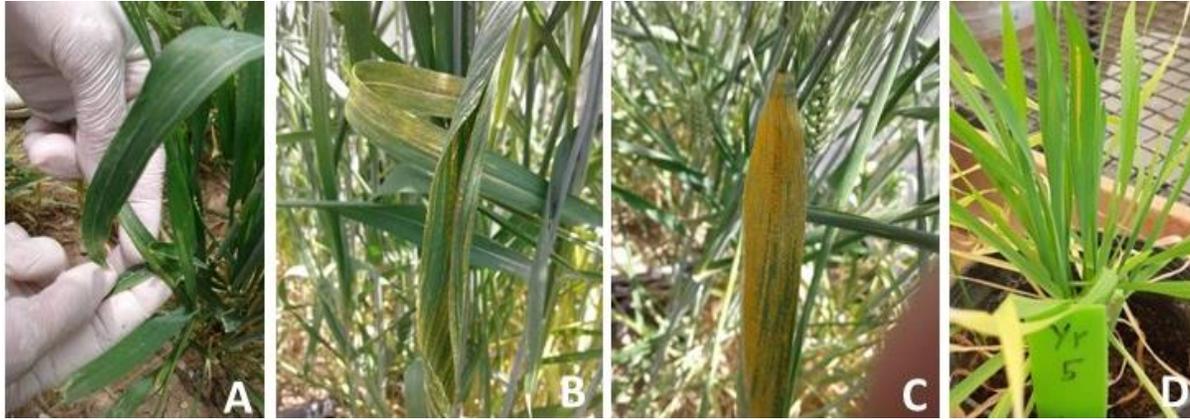
جدول 4. التوزيع الجغرافي لسلاطات الصدأ المخطط وجينات المقاومة التي تأثرت بها.

Table 4. Geographic distribution of stripe rust races and the affected Yr genes.

السلالات races	المنطقة الجنوبية Southern Area	المنطقة الشرقية Eastern Area	المنطقة الشمالية Northern Area	المنطقة الوسطى Central Area	المنطقة الساحلية Coastal Area	جينات المقاومة Yr Genes for resistance
6E16		*	*		*	7,6+, 8, A+, 9+, Gereck 79
16E154	*					10, 8, 2+, A+, 9+, 27
70E130			*			7, 6+, 1+, 7+, 2+, A+, 9+, Gereck79, Cham1
230E150					*	7, 6+, 2+, 1+, 9+, 7+, 8, 27
69E150				*		1, 6+, 1+, 7+, 8, 2+, A+, 27
264E46		*				3a, 4a+, 5, 6+, CV, A+, 9+, Gereck79, 27
0E0		*				
102E130		*				7, 6+, 2+, 1+, 7+, A+
38 E150		*				7, 6+, 2+, 7+, 8, A+, 27
258E64		*				7, 5, SP, Sonalika, A+, 9+, 27

* Region where the race was found

* موقع وجود السلالة



شكل 1. (A) رد الفعل المقاوم الذي أظهره الصنف شام 1، (B و C) كسر مورثات/جينات المقاومة في صنف القمح القاسي شام 3، (D) كسر جين مورث المقاومة Yr5 على الصنف التقريبي *Triticum spelta*.

Figure 1. (A) Resistant reaction exhibited by cham 1 cultivar, (B and C) Yr genes broken in durum wheat cultivar (Cham 3), (D) Yr5 gene broken in differential cultivar *Triticum spelta*.

وعلى الرغم من تأثر عدد من جينات المقاومة للصدأ المخطط إلا أنه يوجد الكثير من الجينات غير المعروفة والتي لاتزال مقاومة، وهي الأساس الذي يركز عليه مربو النبات للوصول إلى أصناف مقاومة للصدأ المخطط (Riaz & Wang 2017). هذا بالإضافة إلى المصادر الوراثية الموجودة في الأقارب البرية مثل الجنس *Aegilops* (Ram et al., 2016) الذي أثبت مقاومته للعديد من أمراض القمح، والذي يمكن استعماله في برامج تربية القمح لإدخال صفة المقاومة للصدأ المخطط وغيره من الأمراض التي تصيب هذا المحصول.

وذكر أن انتقال السلالة 6E16 من شمال أفريقيا إلى جنوب وجنوب غرب أوروبا قد سهل حملها فيما بعد بالتيارات الهوائية القادمة من الغرب باتجاه شرق وشمال حوض البحر المتوسط ومنها إلى سورية (Mamluk & Al-Naimi, 1992). مما تقدم فإن حركة الرياح من أماكن

تميزت المنطقتان الشرقية والشمالية الشرقية بوجود أكبر عدد من السلالات الفيزيولوجية مقارنة بالمناطق الأخرى، وقد يفسر ذلك بأن المجتمع الطبيعي للفطر في هذه المناطق يمثل معظم السلالات المنتشرة في القطر لكونها بؤراً لانتشار المرض بشكل متكرر Hot spot (Stubbs et al., 1989) في سورية لأعوام طويلة خلت. واستخدمت هذه السلالات في العدوى الاصطناعية لتحديد مصادر وراثية مقاومة لهذا المرض، حيث تم في المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) تحسين قرابة 166 مدخلاً من الأقماح القاسية والطرية التي تتسم بمقاومة جيدة للصدأ المخطط في مناطق غربي آسيا، إنما لم تعرف مورثاتها/جيناتها بعد، كما يتسم بعض من هذه المدخلات بمقاومة أمراض أخرى.

(Stubbs et al., 1986). لكن المهم في الأمر هو ضرورة مراقبة هذه السلالة خوفاً من تطورها على الأصناف المزروعة في سورية، إذ أن السلالات حديثة النشوء (Buchenau, 1975) هي أكثر شراسة من السلالات التي كانت موجودة في المنطقة مما يؤدي إلى انتشار المرض بشكل وبائي نتيجة تحول الصنف المقاوم إلى صنف قابل للإصابة. أما ما يفسر غياب بعض السلالات في عام 2019 هو أن تلك السلالات كانت ذات تردد منخفض جداً، ومن المحتمل عدم ظهورها في المسح الحقلية دورياً بسبب سيطرة السلالات الأكثر شراسة. وبالرغم من ضعف شراسة السلالة BBDL، فقد ظهرت خلال كل الأعوام السابقة بتردد عالي في سورية، وربما يعود ذلك لقدمها إذ إنها مستوطنة في المنطقة ومسجلة في أكثر من دولة من الدول المجاورة (McCallum et al., 2011).

القدرة الإراضية لسلالات فطر صدأ الورقة على القمح (*P. triticina*) المرصودة في موسم 2019 - يوضح جدول 6 أن السلالة PBPT تمكنت من كسر 18 جين مقاومة هي: *Lr1*، *Lr2c*، *Lr3*، *Lr3Ka*، *Lr3Bg*، *Lr10*، *Lr11*، *Lr12*، *Lr14a*، *Lr14b*، *Lr18*، *Lr22a*، *Lr22b*، *Lr23*، *Lr30*، *Lr33*، *Lr35*، و *Lr36*. أما السلالة PBTT فاستطاعت كسر 18 جين مقاومة أيضاً هي: *Lr3*، *Lr3Ka*، *Lr10*، *Lr11*، *Lr12*، *Lr13*، *Lr14a*، *Lr14b*، *Lr18*، *Lr21*، *Lr22a*، *Lr22b*، *Lr23*، *Lr30*، *Lr33*، *Lr34*، *Lr35*، و *Lr36*. وبشكل هذا العدد عند كل من السلالتين نصف عدد جينات المقاومة المختبرة، وهي 36 مورثاً متوافراً في مجموعة الأصناف التقليدية. وبذلك تعتبر هاتان السلالتان الأكثر شراسة بين السلالات المحددة خلال الدراسة. بينما تميزت السلالة BBDL بقدرتها على مهاجمة الجين *Lr17*، وبالمجمل كانت هذه السلالة قادرة على كسر أربعة جينات مقاومة فقط هي *Lr9*، *Lr24*، *Lr17*، و *Lr22b*، لذا عدت الأضعف شراسة. وقد وجد أن السلالة BKLP التي عرفت لأول مرة كما ذكر سابقاً في منطقة يحمول شمال حلب قد أثرت في 7 جينات مقاومة هي *Lr16*، *Lr9*، *Lr24*، *Lr22b*، *Lr10*، *Lr14a*، و *Lr2b**. إلا أنه لازال هناك 8 جينات مقاومة لم يتمكن العامل الممرض من كسرها، حيث أبدت الجينات *Lr9*، *Lr15*، *Lr19*، *Lr24*، *Lr25*، *Lr27+31*، *Lr28*، و *Lr29* مقاومة لجميع السلالات المسجلة في الدراسات السابقة.

وبناء على تلك النتائج فإنه لمن الضروري إدخال واحد أو أكثر من جينات المقاومة السابقة في برامج التربية (Krishna et al., 2017)، إذ إن مقاومتها ظهرت ثابتة إزاء جميع السلالات الفيزيولوجية المحددة عند الممرض. ولا بد أن يترافق ذلك مع ضرورة اختبار رد فعل تلك الجينات إزاء السلالات الأخرى المحتمل انتشارها مستقبلاً في المنطقة. كما أنه من الممكن عملياً القيام بتربية أصناف مقاومة بالاعتماد على

وجود هذه السلالات باتجاه سورية تعطي باستمرار إمكانية ظهور سلالات جديدة في سورية نظراً إلى أن أبواغ الفطر اليوريدينية تنتقل إلى مسافات بعيدة بوساطة الرياح وهذا الانتقال لا يتم دفعة واحدة. بل يتم على مراحل قد تستغرق عدة سنوات (Wan & Chen, 2014).

صدأ الورقة *P. triticina*

تعريف السلالات الفيزيولوجية لصدأ الورقة *Puccinia triticina* لموسم 2019 - تم تعريف أربع سلالات لصدأ الورقة وهي السلالة الشرسة PBPT والسلالتين BBDL و PBTT، كما تم تعريف سلالة واحدة جديدة وهي BKLP في منطقة يحمول شمال حلب. وأظهرت نتائج تحديد السلالات الفيزيولوجية خلال موسم 2019 أنها تتبع لأربع عشرة مجموعة وذلك تبعاً لنظام أمريكا الشمالية الحديث. ويشير جدول 5 إلى تلك السلالات التي توزعت في حقول المزارعين ومراكز البحوث في مواقع الدراسة في سورية حيث وجدت السلالة PBPT في حقول الرقة، بينما تركز انتشار السلالتين BBDL و PBTT في مواقع سهل الغاب واللاذقية.

جدول 5. السلالات الفيزيولوجية لفطر *P. triticina* المسجلة في سورية خلال 2019.

Table 5. Physiological races of *P. triticina* recorded in Syria during the season 2019.

السلالات الفيزيولوجية	الموقع/ المنطقة	Location/ area name	Physiological races
	يحمول/ حلب	Yahmoul/ Aleppo	BKLP*
	الغاب/ حماه	Al-Ghab/ Hama	BBDL
	الرقة	Al-Raqqqa	PBPT
	اللاذقية	Lattakia	PBTT
*سلالة جديدة			*New race

ومن الواضح أن هاتين السلالتين (PBTT، BBDL) هما الأكثر تردداً بالمقارنة مع السنوات السابقة، وقد يعزى انتشارهما الواسع إلى بعض التشابه في القاعدة الوراثية للأصناف المزروعة. ومن المهم الانتباه إلى أن السلالة PBTT الشرسة التي رصدت في موسم 2019 بموقع اللاذقية استطاعت كسر 18 مورث/جين مقاومة. ولا يمكن معرفة فيما إذا كانت هذه السلالة وافدة إلى المنطقة محمولة بالتيارات الهوائية أم أنها ناشئة محلياً نتيجة طفرة أثناء التكاثر اللاجنسي أو من خلال تكاثر الفطر جنسياً، إذ أن نوعي العائلين المناوبين *Thalictrum spp.* و *Anchusa spp.* موجودة في سورية مع ملاحظة عدم توافر دراسات محلية حول دور هذين النوعين كمضيفين مناوبين لصدأ الورقة في سورية. ومن المعروف أن السلالة الجديدة تنشأ نتيجة حدوث تظفر لإحدى السلالات المنتشرة في المنطقة، فتكتسب شراسة أكثر تمكنها من التغلب على جين المقاومة المتوافر في الصنف المزروع

الموسم في جينات المقاومة *Sr5*، *Sr6*، *Sr7a*، *Sr7b*، *Sr8a*، *Sr8b*، *Sr9a*، *Sr9b*، *Sr9c*، *Sr9d*، *Sr9e*، *Sr9g*، *Sr10*، *Sr11*، *Sr13*، *Sr17*، *Sr21*، *Sr30*، *Sr36*، *SrTmp* و *SrMcn*.
قسمت هذه السلالات حسب قدرتها على إحداث الإصابة إلى المجموعات التالية:

- سلالة تابعة للمجموعة BB: وقد تم تحديد سلالة منها في طرطوس هي BBCC تتميز بأنها الأقل شراسة حيث استطاعت هذه السلالة مهاجمة جينين للمقاومة فقط هما *SrMcn* و *SrTmp*.
- سلالة تابعة للمجموعة GB: حيث سجلت منها سلالة فيزيولوجية في منطقة الغاب هي GBHM واستطاعت هذه السلالة كسر فعل عدد أكبر من جينات المقاومة، وذلك بمهاجمتها لجينات كانت مقاومة لسلالات المجموعة الأولى وهي: (*Sr13*، *9d*، *7a*، *21*).
- سلالة تابعة للمجموعة J: تم تحديد سلالة منها في منطقة تل بيدر - الحسكة وهي JDBCC، وتميزت بقدرتها على كسر جينات المقاومة (*Sr9e*، *8a*، *Mcn*، *21*) والتي لم تكسر في المجموعتين السابقتين.

يظهر جدول 7 أن جميع جينات المقاومة المتوفرة في مجموعة الأصناف التفريقية المحددة للسلالات الفيزيولوجية قد كسرت باستثناء الجين *Sr36* الذي أظهر مقاومة لجميع السلالات الفيزيولوجية المحددة، وتباينت السلالات في قدرتها على مهاجمة جينات المقاومة في الأصناف التفريقية، فقد استطاعت السلالة الفيزيولوجية (JDBCC) مهاجمة الجين *Sr9e*. وظهرت هذه السلالة في منطقة الحسكة (تل بيدر - شمال سورية) مما يدل على أن هذا الجين كسر على الرغم من مقاومته لجميع السلالات الفيزيولوجية التي رصدت في المنطقة.

جدول 7. القدرة الإمراضية للسلالات الفيزيولوجية لفطر صدأ الساق المحددة في المواقع السورية المدروسة خلال موسم 2019 في سورية.
Table 7. Pathogenicity of the physiological races of the stem rust fungus identified in Syrian locations studied during 2019 growing season in Syria.

السلالة الفيزيولوجية	الموقع/ المنطقة	شراسة السلالات الفيزيولوجية إزاء جينات المقاومة
Physiological races	Location/ Area name	Sr gene (s) Virulence/Avirulence
BBCC	طرطوس Tartous	Mcn, Tmp
GBHM	الغاب/ حماه Al-Ghab/ Hama	Mcn, 7a, 9b, 9d, 17, 21, Tmp
JDBCC	تل بيدر/ الحسكة Tal Baydar/ Al Hasakah	Mcn, 8a, 9e, 21

الأثر التراكمي للجينات المقاومة (Roelfs, 1988). فوجود جينين مثل *Lr1* و *Lr2a* أو أكثر في الصنف الواحد تحصنه من أخطار هجوم العديد من السلالات. فالجين *Lr1* لم يكسر في هذه الدراسة إلا من قبل السلالة الفيزيولوجية PBPT، وكان مقاوماً للسلالات الأخرى المنتشرة. إضافة إلى ذلك فإن تلك السلالات التي تمكنت من مهاجمة الجين *Lr1* عجزت في الوقت ذاته عن التأثير في مقاومة الجين *Lr2a*. وبذلك فإنه بتجميع هذين الجينين معاً يمكن الحصول على مقاومة جيدة إزاء تلك السلالات الفيزيولوجية المحددة في هذه الدراسة (Milus et al., 2009).

جدول 6. القدرة الإمراضية للسلالات الفيزيولوجية لسلالات فطر صدأ الورقة على القمح المحددة في المواقع السورية المدروسة خلال عام 2019.

Table 6. Pathogenicity of physiological races identified in Syrian locations surveyed during 2019 growing season in Syria.

السلالة الفيزيولوجية	المنطقة/ الموقع	شراسة السلالات الفيزيولوجية إزاء جينات المقاومة
Physiological races	Location/ Area name	Lr gene(s) Virulence/Avirulence
BKLP	حلب/ يحمول Yahmoul / Aleppo	16, 9, 24, 22b, 10, 14a, 2b
BBDL	منطقة الغاب/ حماه Al-Ghab/ Hama	22b, 13, 17, 22a / 1, 2a, 2b, 2c, 3, 3Ka, 3Bg, 9, 10, 11, 12, 14a, 14b, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27+31, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36
PBTT	اللاذقية Lattakia	22b, 3, 3Ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 18, 21, 22a, 23, 30, 33, 34, 35, 36 / 2a, 2b, 2c, 3bg, 9, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 27+31, 28, 29, 32
PBPT	الرقّة Al-Raqqqa	22b, 1, 2c, 3, 3Ka, 3Bg, 10, 11, 12, 14a, 14b, 18, 22a, 23, 30, 33, 35, 36 / 2a, 2b, 9, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27+31, 28, 29, 32, 34

صدأ الساق *P. graminis*
تعريف السلالات الفيزيولوجية لفطر صدأ الساق SR على القمح في سورية لموسم 2019 - لتحديد شراسة السلالات الفيزيولوجية استخدمت مجموعة من سلالات القمح شبه المتماثلة وراثياً Near Isogenic Lines (NILs). حيث تم بالاعتماد عليها تعريف ثلاث سلالات لصدأ الساق وهي GBHM في منطقة الغاب (حماه)، JDBCC في منطقة تل بيدر (الحسكة)، وBBCC في منطقة طرطوس وكانت السلالة BBCC الأقل شراسة. وتبين أن السلالات التي تم تعريفها خلال هذا الموسم معرفة سابقاً في سورية. أثرت سلالات صدأ الساق التي تم تعريفها لهذا

ومن كل ما تقدم يتضح بأن إيجاد الأصناف المقاومة لسلالة ما ليس حلاً نهائياً للمرض بمعزل عن الإلمام بشراسة مجتمع الممرض، ومدى التباين في سلالاته الفيزيولوجية، والإلمام بعمل الجينات في مدى منحها للنبات مقدرة لمقاومة الصدا المخطط على نبات القمح مثلاً في كلا مرحلتين نموه، بل يتعلق أيضاً بما يسمى بالجينات الرئيسية (major gene) أو الجينات الصغرى (minor gene). بالإضافة إلى وجود الجينات التراكمية التي تساعد مربي النبات بالعمل عليها (Chen et al., 2012)، ومن المرجح أن يتسم الصنف Cham1 بنوع من المقاومة المستمرة (durable resistance) (Sundeeep et al., 2001). حيث ثبت ومن خلال كل الدراسات مقاومته للممرض في كل أطواره، وكان رد فعله 0-2 في مرحلة البادرة، و R في مرحلة النبات البالغ لذا ينصح بتوسيع زراعته ودراسته أكثر لمعرفة ما هو الجين الذي يحتويه ويقاوم مرض الصدا المخطط، وإدخاله في الأصناف القابلة للإصابة. وكذلك التركيز على المقاومة المستمرة لكل من صدا الورقة وصدا الساق، وخصوصاً بعد إصابة أصناف القمح القاسية بالصدا المخطط بنسبة عالية مما يدق ناقوس الخطر على محصول القمح. وهذا ما يدعو إلى النظر إلى القاعدة الوراثية للأصناف المعتمدة، فكما اتسعت القاعدة الوراثية لأصناف القمح كلما قل تأثير جائحات صدا محتملة قد تؤدي إلى حدوث كوارث على مستوى الاقتصاد الوطني.

شكر وتقدير

يتقدم الباحثون بالشكر والتقدير لكل من الزملاء عدنان نحلاوي ورياض بليش ونادر أسعد وسمير محفوظ وأحمد الخلف وجلال عبود وسلطان يحيى من مراكز بحوث الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في مختلف المحافظات على ما قدموه من عون وتسهيلات في مراكزهم ولمرافقتهم لنا في الجولات الحقلية.

على الرغم من مهاجمة العديد من السلالات الفيزيولوجية لجينات المقاومة المتوفرة في أصناف القمح إلا أنه مازال هناك عدد من جينات المقاومة لم تستطع السلالات الفيزيولوجية التي تم تحديدها في سورية مهاجمتها وهي الجينات (24,25, 26, 31, 33, 36). Sr. وبذلك يمكن الاعتماد على هذه الجينات في برامج التربية لإنتاج أصناف مقاومة لمرض صدا الساق على القمح. مع التنكير أنه لم يعد ممكناً الاعتماد مستقبلاً على الجينين Sr24 و Sr31 بعد أن تم كسر مقاومتهما من قبل السلالة Ug99 المنتشرة حالياً في دول شرق أفريقيا تحسباً من وصولها إلى سورية منقولة بالتيارات الهوائية، كما يمكن الحصول على مقاومة جيدة عند جمع الجينين Sr40 و Sr32 أو Sr40 و Sr22 أو Sr9e و Sr29 في صنف واحد. إذ يعتقد أن هناك أثراً تراكمياً لفعل هذه الجينات، مما يعطي مقاومة طويلة الأمد ضد السلالات الفيزيولوجية المدروسة (Johnson, 1988).

وعلى الرغم من التسجيل السابق لعدد من السلالات الفيزيولوجية المعرفة في هذه الدراسة إلا أن هذا لا ينفي أن هناك تطوراً في السلالات الفيزيولوجية في سوريا لأن ظهور هذا العدد من السلالات دليل كبير على قدرتها على التكاثُر وإصابة الأصناف الموجودة ولو توافرت الظروف البيئية المناسبة لكان هناك انتشار وبائي ناتج عن تكاثر السلالات الموجودة أصلاً أو القدرة على كسر فعل جينات المقاومة في أحد الأصناف الشائعة الانتشار (Worku et al., 2013). ذلك أن الإصابة الوبائية تبدأ عادة بظهور سلالة جديدة لديها القدرة على كسر المقاومة لدى صنف شائع الانتشار ويزداد لقاها المعدى في السنوات التالية، فتزداد شدة الإصابة بشكل تدريجي وبخاصة إذا كان هذا الصنف يغطي مساحات واسعة إلى أن تتحول إلى إصابة وبائية في حال توافر ظروف مناخية مناسبة (حكيم ويحيوي، 2003) مؤدياً ذلك إلى خفض الإنتاجية كما ونوعاً.

Abstract

Kharouf, Sh., Sh. Hamzeh and M.F. Azmeh. 2021. Races Identification of Wheat Rusts in Syria during the 2019 Growing Season. Arab Journal of Plant Protection, 39(1): 1-13.

Wheat rust diseases, caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (stripe or yellow rust), *P. triticina* f. sp. *tritici* (leaf or brown rust) and *P. graminis* f. sp. *tritici* (stem or black rust) are important factors affecting both durum and bread wheat production in Syria. Considerable losses were caused by these diseases, especially stripe rust, estimated at more than one million metric tons, in the 2010 season, out of 5 million anticipated production. Therefore, it is essential to monitor and follow the movement of these three rust physiological races. In the 2019 growing season, 165 wheat fields were surveyed, and 312 samples were collected and characterized. Ten races of stripe rust were identified in ten locations, of which, four represent new record in Syria, namely the races 16E154, 69E150, 264E46 and 258E64. In addition, four races of leaf rust were identified in four locations, one of which (BKLP) is a new record in Syria. In addition, three previously recorded stem rust races were identified from three different locations. It should be mentioned that the newly recorded races of stripe rust are able to overcome resistance genes Yr1 and Yr5, on which the resistance of durum wheat cultivars such as "Cham3" depended, with a disease severity of 40S recorded in the same locations. It is also worth noting that the stripe rust race 462E128 (warrior) was not detected in the isolates studied. Likewise, the stem rust race Ug99 was also not identified, and because of the aggressiveness of this race, continuous inspection through field surveys accompanied with pathogenicity tests is essential during the coming seasons.

Keywords: Stripe (yellow) rust, Leaf (brown) rust, stem (black) rust, race identification, wheat, Syria.

Affiliation of authors: Sh. Kharouf^{1,2}, Sh. Hamzeh¹ and M.F. Al-Azmeh^{1,3}. (1) Biodiversity Laboratory, National Commission of Biotechnology, Damascus, Syria, Email: shoula_kharouf@yahoo.com; (2) Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Furat University, Syria; (3) Faculty of Agriculture, University of Damascus, Syria.

- Amin, K., P.F. Robert, P. Colin, R. Wellings and S.B. Harbans. 2007. The expression and genetics of resistance to stripe (yellow) rust in three European and four New Zealand wheat cultivars. *Journal of Applied Genetics* 48: 199-210.
<https://doi.org/10.1007/BF03195214>
- Bayles, R.A., K. Flath, M.S. Hovmoller and C. de Vallavieille-Pope. 2000. Breakdown of the Yr17 resistance to yellow rust of wheat in northern Europe—a case study by the yellow rust sub-group of COST 817. *Agronomie*, 20: 805–811.
- Brown, H.J. and E.E. Saari. 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.
- Buchenau, G.W. 1975. Relationship between yield loss and area under the wheat stem rust and leaf rust progress curves. *Phytopathology*, 62: 944-946
- Chen, W.Q., Z.S. Kang, Z. H. Ma, S.C. Xu, S.L. Jin and Y. Y. Jiang. 2013. Integrated management of wheat stripe rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 46: 4254-4262.
<https://doi.org/10.3864/j.issn.0578-1752.2013.20.008>
- Chen, X. 2005. Epidemiology and control of yellow rust [*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*] on wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27(3): 314-337.
<https://doi.org/10.1080/07060660509507230>
- Chen, X. 2017. First forecast of stripe rust for 2017 and 2016 fungicide and variety yield loss tests. Washington State University.
<https://striperust.wsu.edu/2017/12/04/stripe-rust-update-first-forecast-of-stripe-rust-for-2017-and-2016-fungicide-and-variety-yield-loss-tests/>
- Chen, X.M. 2013. High-temperature adult-plant resistance, key for sustainable control of stripe rust. *American Journal of Plant Science*, 4: 608-627.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2013.43080>
- Chen, X.M., M.N. Wang, A.M. Wan, P. Cheng and J.J. Cheng. 2012. Sexual or asexual reproduction, which one is more important for stripe rust. Pages 36-37. In: Disease Risk and Food Security. W.Q. Chen (ed.). Proceedings of the 13th International Cereal Rust and Powdery Mildew Conference, China Agricultural Science and Technology Press, Beijing, China, 28 August - 1 September, 2012.
- CIMMYT. 2015. Increasing risk of stripe (yellow) rust outbreaks from North Africa to South Asia.
<https://rusttracker.cimmyt.org/?p=6600.2015/3/20>
- Danial, D.L., L.H.M. Broers and J.E. Parlevliet. 1993. Does inter-plot interference affect the screening of wheat for yellow rust resistance? *Euphytica*, 70: 417-224.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00023762>
- حكيم، محمد شفيق وأحمد الأحمد. 1998. السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدأ الأصفر على القمح *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici* في سورية خلال الفترة 1994-1996. مجلة وقاية النبات العربية، 16(1): 7-11.
- [Hakim, M.S. and A. El-Ahmed. 1998. The physiological races of wheat yellow rust *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Syria during the Period 1994-1996. *Arab Journal of Plant Protection*, 16(1): 7-11. (in Arabic).]
- حكيم، محمد شفيق وعمر يحيوي. 2003. السلالات الفيزيولوجية والقدرة الإمراضية لفطر الصدأ المخطط على القمح *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* Eriks. مجلة وقاية النبات العربية، 21(1): 12-18.
- [Hakim, M.Sh. and A. Yahyaoui. 2003. The physiological races of wheat yellow rust *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* Eriks and their virulences in Syria and Lebanon. *Arab Journal of Plant Protection*, 21(1): 12-18. (in Arabic).]
- خاروف، شعلة، محمد فواز العظمة، عمر يحيوي وشفيق الحكيم. 2006. انتشار مرض الصدأ المخطط على القمح *Puccinia striiformis* West f. sp. *tritici* وسلالاته الفيزيولوجية خلال موسمي 2000-1999 و 2001-2000، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 22(1): 363-373.
- [Kharouf, Sh., M.F. Azmeh. A. Yahyaoui and Sh. Al-Hakim. 2006. Distribution and physiologic races of wheat yellow rust *Puccinia striiformis* West f. sp. *tritici* in Syria during the cropping seasons 1999-2000 and 2000-2001. *Damascus University Journal for Agricultural Sciences*, 22(1): 363-373. (in Arabic).]
- خاروف، شعلة، محمد فواز العظمة وعمر يحيوي. 2010. دراسة ردود فعل بعض أصناف القمح الطري إزاء سلالات محددة من الصدأ المخطط *Puccinia striiformis* West f. sp. *tritici* في طوري البادرة والنبات البالغ. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 22(1): 212-224.
- [Kharouf, Sh., M.F. Azmeh and A. Yahyaoui. 2010. Interaction of specific (selected) races of yellow rust fungus *Puccinia striiformis* West f. sp. *tritici* with bread wheat varieties at seedling and adult plant stages. *Damascus University Journal for Agricultural Sciences*, 26(1): 367-383. (in Arabic).]
- المعروف، عماد محمود، إسكندر فرنسيس إبراهيم وعلي عباس خريبط. 2001. استجابة بعض الطرز الوراثية من القمح الطري لمرض الصدأ المخطط المتسبب عن الفطر *Puccinia striiformis* West f. sp. *tritici* في العراق. مجلة وقاية النبات العربية، 19(1): 12-18.
- [Al-Maarouf, E.M., I.F. Ibrahim and A.A. Kraibit. 2001. Response of some bread wheat genotypes to stripe rust disease caused by *Puccinia striiformis* West f. sp. *tritici* in Iraq. *Arab Journal of Plant Protection* 19(1): 12-18. (in Arabic).]
- النعمي، منذر وعمر فاروق المملوك. 1995. انتشار أصداء القمح في سورية وفوعات مسبباتها المرضية، مجلة وقاية النبات العربية، 13(2): 76-82.
- [Al-Naimi and O.F. Mamluk. 1995. Occurrence and virulence of wheat rusts in Syria. *Arab Journal of Plant Protection*, 13(2):76 -82. (in Arabic).]

- 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>
- McNeal, F.H., C. F. Konzak, E.P. Smith, W.S. Tate and T.S. Russell.** 1971. A uniform system for recording and processing cereal research data. US Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Washington DC, ARS 34:121.
- McVey, D.V., M. Nazim and K.J. Leonard.** 2004a. Postulated genes for resistance to leaf rust of 25 Egyptian bread and six durum wheat cultivars. *Cereal Rust and Powdery Mildews Bulletin* 2004:1-9.
- McVey, D.V., M. Nazim, K.J. Leonard and D.L. Long.** 2004b. Patterns of virulence diversity in *Puccinia triticina* on wheat in Egypt and the United States in 1998-2000. *Plant Disease*, 88: 271-279.
<https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.3.271>
- Milus, E.A., K. Kristensen and M. Hovmoller.** 2009. Evidence of increased aggressiveness in a recent wide spread strain of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* causing Yellow rust of wheat. *Phytopathology*, 99(1): 89-94. <https://doi.org/10.1094/phyto-99-1-0089>
- 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.
- Nazari, K. and D. Hodson.** 2018. GRRC annual report on wheat yellow rust 2017 released.
<https://rusttracker.cimmyt.org>
- Peterson, R.F., A.B. Campbell and A.E. Hannah.** 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 26(5): 496-500.
<https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- Rajaram, S. and A. Yahyaoui.** 2010. Yellow rust: threat to global wheat production. In: Proceedings of International Wheat Stripe Rust Symposium, ICARDA, Aleppo, Syria, 18-20, April 2011.
- Ram, S., K. Nazari, A. Amanov, Z. Ziyaev and A. U. Jalilov.** 2016. Reduction of winter wheat yield losses caused by yellow rust through fungicide management. *Journal of Phytopathology*, 164: 671–677.
<https://doi.org/10.1111/jph.12490>
- Riaz, M. and Y. Wang.** 2017. Estimation of yield losses due to leaf rust and late seeding on wheat (*Triticum aestivum* L.) variety Seher-06 in Faisalabad district, Punjab, Pakistan. *Advances in Biotechnology and Microbiology*, 5(2): 555657.
<https://doi.org/10.19080/AIBM.2017.05.555657>
- Roelfs, A. P.** 1988. Resistance to leaf and stem rusts in wheat. Pp. 10–22 In: N. W. Simmonds and S. Rajaram (Eds.), *Breeding Strategies for Resistance to the Rust of Wheat*. CIMMYT, Mexico D. F.
- Roelfs, A.P. and J.W. Martens.** 1984. Proposal for an international system of race nomenclature for *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. Pages 99-102. In: Proceedings of the 6th European and Mediterranean Cereal Rusts Conference, Grignon, France.
- Seek, M.A., P. Roelfs and P.S. Teng.** 1988. Effect of leaf rust (*Puccinia recondite* f. sp. *tritici*) on yield of four isogenic wheat lines. *Crop Protection*, 7: 39.
- Hovmøller, M.S., C.K. Sørensen, S. Walter and A.F. Justesen.** 2011. Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annual Review of Phytopathology*, 49: 197-217.
<https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095230>
- Johnson, R.** 1988. Durable resistance to yellow (stripe) rust in wheat and its implication in plant breeding. Pages 63-75. In: *Breeding Strategies for Resistance to Rusts of Wheat*. N.W. Simmonds and S. Rajaram (eds.). CIMMYT, Mexico.
- Johnson, R.** 1992. Past, present and future opportunities in breeding for disease resistance with examples from wheat. *Euphytica*, 63: 3-22.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00023908>
- Johnson, R., R. W. Stubbs, E. Fuch and N.H. Chamberlain.** 1972. Nomenclature for physiologic races of *P. striiformis* infecting wheat. *Transactions of the British Mycological Society*, 58: 475-480.
[https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(72\)80096-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(72)80096-2)
- Knott, D.R.** 1989. *The Wheat Rusts – Breeding for Resistance*. Springer – Verlag, Berlin, New York, London, Paris, Tokyo. 2001 pp.
- Krishna, D.J., U. Ghulam, U.R. Attiq, M.J. Muhammad, A. Javad, H. Makhdoom, P. Angella, A.K. Ibni and B. Amanullah.** 2017. Wheat yield response to foliar fungicide application against leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Journal of Agriculture Science and Technology A*, 7: 160-168.
<https://doi.org/10.17265/2161-6256/2017.03.003>
- Liu, T.G., Y.L. Peng, W.Q. Chen and Z.Y. Zhang.** 2010. First detection of virulence in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China to resistance genes Yr24/Yr26 present in wheat cultivar Chuanmai 42. *Plant Disease*, 94: 1163.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-94-9-1163C>
- Long, D. L., J.A. Kolmer, K.J. Leonard and M.E. Hughes.** 2002. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2000. *Plant Disease*, 86: 981-986.
<https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.9.981>
- Long, D.L. and J.A. Kolmer.** 1989. A North American System of Nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *Phytopathology*, 79: 525-529.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-79-525>
- Ma, H. and R.P. Singh.** 1996. Contribution of adult plant resistance gene *Yr18* in protecting wheat from yellow rust. *Plant Disease*, 80: 66-69.
<https://doi.org/10.1094/PD-80-0066>
- Mains, E.B. and H.S. Jackson.** 1926. Physiologic specialization in the leaf rust on wheat, *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology*, 16: 89-119.
- Mamluk, O.F. and M. Al-Naimi.** 1992: Occurrence and virulence of wheat yellow rust in Syria. Pages 115-117. In: *Proceedings of the European and Mediterranean Cereal Rusts and Mildews Conference*. F.J. Zeller and G. Fischbeek (eds.). 8-11 September 1992, Weighed Stephan, Germany.
- McCallum, B.D., P. Seto-Goh and A. Xue.** 2011. Physiologic specialization of *Puccinia triticina*, the

- Wamishe, Y.A., K.C. Thompson and E.A. Milus.** 2004. A computer program to improve the efficiency and accuracy of postulating race-specific resistance genes. *Plant Disease*, 88: 545-549.
<https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.5.545>
- Wan, A. and X. Chen.** 2014. Virulence characterization of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* using a new set of Yr single-gene line differentials in the United States in 2010. *Plant Disease*, 98(11): 1534-1542.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-01-14-0071-RE>
- Wang, H., F. Qin, L. Ruan, R. Wang, Q. Lium, Z. Ma, X. Li, P. Cheng and H. Wang.** 2016. Identification and severity determination of wheat stripe rust and wheat leaf rust based on hyper spectral data acquired using a black-paper-based measuring method. *PLoS ONE*.11(4):e0154648.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154648>
- Wellings, C.R.** 2011. Global status of wheat stripe rust: a review of historical and current threats. *Euphytica*, 179: 129-141.
<https://doi.org/10.1007/s10681-011-0360-y>
- Worku, D., B. Ayele and A. Tameru.** 2013. Evaluation of Ethiopian commercial wheat cultivars for resistance to stem rust of wheat race 'UG99'. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(1): 15-24.
- Zadoks, J.C.** 1965. Epidemiology of wheat rusts in Europe. *FAO Plant Protection Bulletin*, 13: 1-12.
- Singh R.P., J. Huerta-Espino and H. M. William.** 2005. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turkish Journal for Agriculture and Forestry*, 29: 121-127.
- Solh, M., K. Nazari, W. Tadesse and C. R. Wellings.** 2012. The growing threat of stripe rust worldwide. Paper presented at Borlaug Global Rust Initiative (BGRI) conference, Beijing, China, 1-4 September 2012.
- Stakman, E.C., D.M. Stewart and W.Q. Logering.** 1962. Identification of Physiologic Races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service. E-617. 53 pp.
- Stubbs, R.W., J.M. Prescott, E.E. Sari and H.J. Dubin.** 1986. Cereal diseases methodology manual. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), in cooperation with Research Institute for Plant Protection (IPO), Wageningen, the Netherlands. 46 pp.
- Subba Rao, K.V., J. P. Snow and G.T. Berggren.** 1989. Effect of growth stage and initial inoculum level on leaf rust development and yield loss caused by *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Journal of Phytopathology*, 127: 200-210.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1989.tb01130.x>
- Sundeep, K., J. Kumari, R. Bansal, B.R. Kuri, A.K. Singh, D.P. Wankhede, J. Achar and Z. Khan.** 2001. Slow rusting-an effective way to achieve durable resistance against leaf rust in wheat. ICAR-National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi-110012, India.

Received: September 20, 2020; Accepted: January 15, 2021

تاريخ الاستلام: 2020/9/20؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2021/1/15