

تطور القدرة الإمبراضية لفطر الصدأ الأصفر على القمح في سورية خلال موسم 2019/2018

محمد شفيق حكيم¹، محمد قاسم¹، نعيم الحسين²، نادر أسعد² وبسام السليمان³

(1) كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب سورية، البريد الإلكتروني: agromohammad@gmail.com

(2) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية؛ (3) المؤسسة العامة لإكثار البذار، حلب، سورية.

الملخص

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

يُعدّ مرض الصدأ الأصفر على القمح الذي يحدثه الفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* من أهم الأمراض الفطرية التي تعترى هذا المحصول في سورية. هدفت الدراسة الحالية لمعرفة التغيرات في القدرة الإمبراضية لمجتمع الفطر في سورية من خلال تحديد السلالات الفيزيولوجية للفطر الممرض المنتشرة في حلب وسهل الغاب وحمص والمناطق الساحلية السورية خلال الموسم الزراعي 2019. جُمعت عينات ورقية مصابة من حقول المزارعين والمحطات البحثية. حُدّدت السلالات الفيزيولوجية وقدرتها الإمبراضية بالاعتماد على رد فعل مورثات المقاومة في مجموعة الأصناف التقريبية والسلالات الشبيهة. أظهرت النتائج انتشار عشر سلالات فيزيولوجية (مثلت 55 عزلة مدروسة من الممرض)، وكان منها خمسة سلالات حديثة التسجيل (130E230، 497E130، 231E134، 163E150 و 234E238)، في حين أن السلالات الخمس الباقية تراوح تسجيلها خلال الفترة الممتدة بين 2000 و 2017، تباينت هذه السلالات في نسبة تردها وانتشارها، حيث انتشرت السلالات العشر في المنطقة الوسطى (الغاب وحمص) فيما غاب بعضها في الساحل السوري وحلب. وبشكل عام كانت السلالات الأكثر تردداً هي (497E130، 462E136 و 230E150) إلا أنها لم تكن الأكثر شراسة، بل كانت السلالات (163E150، 238E234 و 230E134) بنسبة شراسة تجاوزت 55%. أظهرت الدراسة أيضاً وجود علاقة ارتباط سلبية متوسطة بين نسبة تردد السلالات المحددة وقدرتها الإمبراضية. قيمة $r = -0.55$ ، تمكن المجتمع الطبيعي للفطر السائد في سورية عام 2019 من مهاجمة مورثات المقاومة *Yr* (1، 2، 3a، 3b، 4a، 4b، 5، 6، 7، 8، 9، 9+، 10، 11، 12، 17، 18، 22، 23، 23V، 24، 26، 27، A، CK، Cle، CV، H، H Peko، Nd، Sd، Sp، Su) في طور البادرة. وبالتالي لم يبق لدينا سوى مورث المقاومة الرأسية *Yr15* فاعلاً إزاء مجتمع الفطر السائد في سورية، ولذلك لا بد من اعتماده كمصدر للمقاومة في الأصناف المبشرة، والتركيز مستقبلاً على البحث عن مورثات مقاومة جديدة في الأقارب البرية للقمح.

كلمات مفتاحية: الصدأ الأصفر على القمح، السلالات الفيزيولوجية، *Yr15*، *Yr5*، سورية.

المقدمة

مما يؤهلها لتشكيل خطراً حقيقياً وانتشاراً جغرافياً أوسع حتى في مناطق زراعة القمح الدافئة (Milus et al., 2009). يسبب مرض الصدأ الأصفر على القمح فقداً في الانتاج يتراوح ما بين (40-60%)، والتي تعادل مئات الملايين من الدولارات على المستوى العالمي سنوياً (Lin & Chen, 2007)، ويمكن أن تصل الخسارة إلى 100% في ظروف الإصابة المبكرة على الأصناف القابلة للإصابة (Chen, 2005). يعدّ مرض الصدأ الأصفر على القمح من أكثر أمراض الأصداء انتشاراً وضرراً في سورية، إذ بلغت الخسارة نتيجة انتشاره الوبائي عام 2010 حوالي مليون طن نتيجة كسر مورث المقاومة *Yr27* (Chen et al., 2013؛ Solh et al., 2012)، ويحدث هذا التطور الوبائي بشكل دوري في سورية والمناطق المجاورة حيث فقدت العديد من مورثات المقاومة الرأسية مقاومتها نتيجة تغير القدرة الإمبراضية لمجتمع الفطر السائد في تلك المناطق بعد عدة سنوات من استعمال الأصناف التي

يعدّ مرض الصدأ الأصفر الذي يسببه فطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* Eriks & Henn من أهم أصداء القمح في المناطق الباردة والرطوبة (Wellings, 2011). وتكمن خطورة المرض بتكوينه عدداً كبيراً من السلالات الفيزيولوجية، وقدرته على إحداث العدوى مرات عديدة في الموسم الزراعي (Wang et al., 2016)، مما يجعل عملية رش المبيدات الفطرية غير مجدية اقتصادياً، تؤثر سلباً في البيئة وتسبب ظهور سلالات فيزيولوجية مقاومة لهذه المبيدات (Singh et al., 2005). إضافة إلى أنه تم تسجيل العائل المناوب للفطر الممرض على الجنس *Berberis* وبالتالي القدرة على زيادة القدرة الإمبراضية لمجتمع الفطر بسبب ظهور سلالات فيزيولوجية جديدة (Jin, 2011). تشير الدراسات إلى قدرة هذه السلالات الفيزيولوجية الجديدة على التكيف مع مدى حراري واسع

تعتمد في مقاومتها على تلك المورثات، فعلى سبيل المثال لا الحصر، سبب كسر مقاومة المورث *Yr9* في أواخر التسعينيات وباءً في معظم دول آسيا بما فيها سورية (Singh et al., 2005). ولذلك فإن الاعتماد على المقاومة طويلة الأمد أو وجود أكثر من صنف يحمل مقاومة رأسية من مصادر وراثية متعددة هو الحل الأمثل لتفادي وبائية هذا المرض. يتطلب هذا الأمر إجراء مسح حقل سنوي، ورصد تغير القدرة الإراضية لمجتمع فطر الصدا الأصفر على القمح وتحديد مورثات المقاومة المتاحة والفاعلة من خلال تحديد السلالات الفيزيولوجية المنتشرة في المنطقة الجغرافية المراد تربية أصناف القمح لأجلها. وعليه فقد هدف هذا البحث إلى تحديد السلالات الفيزيولوجية للفطر *Puccinia striiformis f. sp. tritici* المنتشرة في مناطق زراعة القمح الرئيسية (المتاحة) ودراسة قدرتها الإراضية وتحديد مورثات المقاومة الفاعلة في سورية خلال عام 2019.

مواد البحث وطرائقه

أجري هذا البحث عام 2019، وتمت الأعمال الحقلية بين شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو في محافظات (حلب، حماه، حمص، طرطوس واللاذقية)، ونفذ العمل المختبري في مختبر المؤشرات الجزيئية لأمراض القمح بكلية الزراعة بجامعة حلب.

جمعت العينات الورقية الحاملة لأعراض الإصابة المميزة لمرض الصدا الأصفر على القمح بطوره اليورديني والتي بلغ عددها 55 عينة، خلال الموسم الزراعي 2019/2018 من حقول المزارعين في كل من محافظات حلب وحماه وحمص وطرطوس واللاذقية، والمحطات البحثية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في المحافظات المذكورة، وامتدت فترة جمع العينات من منتصف شهر نيسان/أبريل وحتى منتصف شهر أيار/مايو، وشملت عملية جمع العينات أصناف القمح القاسي والطري على حدٍ سواء، بحيث شملت كل عينة 3-4 أوراق تحمل البثرات اليوردينية، اعتبرت ممثلة للحقل المدروس أو للصنف/الطرز الوراثي (Kolmer et al., 2009). جففت الأوراق المجموعة هوائياً عند درجة حرارة المختبر بين أوراق صفح مدة 12-24 ساعة ثم حفظت عند 4°س (McCallum et al., 2011). زُرعت حبوب الصنف Morocco (القابل للإصابة) في أصص بلاستيكية صغيرة قطرها 7 سم متعبة من أسفلها، مملوءة بخليط معقم من تربة طينية ورمل وبنتموس بنسبة 1.3:2.7:1 (حجم: حجم: حجم)، على التوالي (Lorys et al., 2002)، وضعت الأصص في أحواض بلاستيكية تحتوي على الماء، وذلك عند درجة حرارة المختبر، ثم رويت البادرات مرة واحدة بعد خمسة أيام من بدء ظهورها فوق سطح التربة بمحلول Maleic Hydrazide تركيزه 0.36 غ/لتر (Kolmer et al., 2009)،

وذلك بمعدل 50 مل/أصيص. هدفت هذه المعاملة إلى إيقاف نمو البادرات عند الورقة الحقيقية الثالثة، وإكسابها اللون الأخضر الداكن، وكذلك المساعدة في عملية تشكل البثرات وإعطاء أبواغ يوردينية وفيرة (McCallum et al., 2011).

خُصنت البادرات عند تفتح الورقة الحقيقية الثانية مدة 24 ساعة في الظلام وتحت رطوبة نسبية تصل إلى 100% ودرجة حرارة مابين 10-13°س (Wan & Chen, 2014). نقلت الأبواغ اليوردينية الممثلة لكل عينة من بثرة واحدة فقط إلى بادرات الصنف القابل للإصابة بوساطة طرف إبرة مبللة بمزيج من الماء المقطر و Tween 20 (Sørensen et al., 2016). أحيطت كل مجموعة بادرات مُعدة بأبواغ يوردينية من بثرة واحدة باسطوانة من البولي إيثيلين الشفاف بارتفاع 25 سم لمنع عملية انتقال الأبواغ اليوردينية التي ستتشكل لاحقاً. غُطي القفص برقائيق بولي إيثيلين شفاف للمحافظة على نسبة رطوبة مرتفعة، ومن ثم وضعت في غرف نمو متحكم بها تحت نظام 16 ساعة إضاءة (10000 لوكس)/8 ساعات ظلام، ودرجة حرارة 15±1°س ورطوبة نسبية 80-90% (Shahin et al., 2015). وبعد 48 ساعة، أُزيلت الأغشية وتركت البادرات مدة 14 يوماً حتى ظهور البثرات اليوردينية. جمعت الأبواغ اليوردينية لكل عينة على حده، وجففت بضع ساعات على ورق ترشيح لسحب الرطوبة الزائدة منها للمحافظة على حيويتها فترة أطول، ثم خُفظت في أطباق بتري محكمة الإغلاق عند درجة حرارة 4°س (Ordoñez & Kolmer, 2007). أُعيد إكثار كل عينة عدة مرات على الصنف القابل للإصابة Morocco بخلط الأبواغ اليوردينية بمسحوق التالك بنسبة (1:3 حجم: حجم، على التوالي) (McVey et al., 2004) للحصول على كميات كافية من الأبواغ اليوردينية اللازمة للدراسة. أُعدت بادرات الأصناف التفريقية غير المعاملة بمحلول Maleic Hydrazide (Herrera-Foessel et al., 2006). والتي يبلغ عددها 49 صنفاً وسلالة، منها 15 صنفاً تفريقياً من المجموعة الدولية والأوروبية (جدول 1) استخدمت في تسمية السلالات الفيزيولوجية (Johnson et al., 1972)، في حين أن الأصناف/السلالات المتبقية والتي تندرج تحت مجموعة السلالات الشبيهة Near Isogenic Lines (جدول 2) استخدمت في تحديد القدرة الإراضية للسلالات الفيزيولوجية.

تركت البادرات المعدة في الظروف سابقة الذكر، قُدِر رد فعل البادرات بعد سبعة عشر يوماً من تاريخ الإعداد وفق سلم تقييم 0-9 (McGrann et al., 2013)؛ حيث: 0 = لا توجد أعراض إصابة مرئية، 9 = بثرات يوردينية كبيرة الحجم غير محاطة بهالة صفراء أو نكرزة. اعتبرت العزلة الفطرية شرسة إذا كان رد فعل البادرات 7-9 وغير شرسة ما بين 0-6، وحددت السلالات الفيزيولوجية بناء على مجموع القيم

الخضراء في كل من حلب (مزرعة كصكيص) والغاب (مركز بحوث الغاب) في نهاية شهر أيار/مايو مما يعكس وجود تطور كبير في مجتمع فطر الصدا الأصفر على القمح في سورية إذ تكيف هذا الممرض مع مدى حراري واسع تراوح ما بين 15-30 °س.

أظهرت نتائج تحديد السلالات الفيزيولوجية خلال العام 2019 تسجيل 10 سلالات فيزيولوجية مختلفة وفقاً لنظام التسمية المعتمد من قبل Johnson وآخرون (1972) (جدول 3) وهي: (130E230، 134E146، 230E134، 230E150، 231E134، 238E234، 239E107، 163E150، 462E136 و 497E130).

وبمتابعة تطور وانتشار السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدا الأصفر على القمح في سورية، نلمس وجود تغيرات جذرية في تركيبة مجتمع الفطر من حيث السلالات الفيزيولوجية السائدة، فمن أصل السلالات العشر التي تم تحديدها خلال العام 2019 في هذا البحث نجد أن ثلاثة منها (230E134، 230E150 و 134E146) من بين السلالات الفيزيولوجية السائدة والمعرفة في سورية منذ مطلع تسعينيات القرن الماضي وحتى عام 2005، حيث تم خلال الفترة المذكورة أعلاه تسجيل السلالات الفيزيولوجية (2E0، 4E0، 6E0، 6E16، 6E18، 6E20، 6E134، 6E144، 6E148، 6E150، 20E148، 38E0، 38E6، 38E128، 38E134، 38E150، 68E130، 70E130، 82E16، 134E16، 134E146، 134E150، 166E150 و 230E150) ومن الجدير ذكره أن السلالة الفيزيولوجية 230E150 والتي رصدت خلال عام 2019 في كافة مواقع الدراسة، كانت قد سجلت سابقاً بين عامي 2000 و 2002 في لبنان (Yahyaoui et al., 2002)، وتميزت هذه السلالة بقدرتها على مهاجمة مورثي المقاومة الرأسية Yr27 و Yr9 واستغرقت قرابة السبع سنوات لتنتشر وتعم معظم دول المنطقة بما فيها سورية مسببة حدوث وباء أدى إلى بالإنتاج وصل إلى 80% في بعض حقول القمح، بسبب ادخال هذين المورثين إلى معظم أصناف القمح المعتمدة في الزراعة (Solh et al., 2012)، كما اشتركت مجموعة السلالات المنتشرة خلال عام 2019 مع السلالات الجديدة التي تم تسجيلها بين عامي 2013 و 2017 (166E150، 230E142، 235E97، 239E107، 462E128 و 462E136) بسلاطين فقط (239E107 و 462E136) (Kassem et al., 2018). وعليه يمكن القول أن خمس سلالات فيزيولوجية (130E230، 134E146، 497E130، 231E134، 163E150 و 238E234) قد سجلت لأول مرة في سورية، إلا أنه ليس بوسعنا الجزم فيما إذا كانت هذه السنة الأولى (2019) لانتشارها في سورية أم انها انتشرت خلال عامي 2017 و 2018 أيضاً وتمّ رصدها لأول مرة في حقول القمح الرئيسة في سورية خلال عام 2019.

الأسية لرد فعل مورثات المقاومة في مجموعتي الأصناف التفرقية العالمية والأوروبية (Johnson et al., 1972؛ Shahin et al., 2015).

درس توزع السلالات الفيزيولوجية المحددة في ثلاث مناطق جغرافية (الشمالية: حلب، الوسطى: حماه وحمص، والساحلية: اللاذقية وطرطوس) ونسبة تردها وقدرتها الإمراضية وحددت مورثات المقاومة الفاعلة في طور البادرة.

جدول 1. الأصناف التفرقية المستخدمة في تحديد السلالات الفيزيولوجية لفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*.

Table 1. Differential set used in nomenclature of physiological races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*.

مورث المقاومة Resistance Gene(s)	الصنف التفرقي Differential Set
	مجموعة الأصناف التفرقية العالمية International Differential Set
Yr1	Chinese 166
Yr7, Yr22, Yr23	Lee
Yr2, Yr6	Heines Kolben
Yr3a, Yr4a, Yrv23	Vilmorin 23
Yr10	Moro
YrSd	Strubes Dickkopf
YrSu	Suwon 92 × Omar
Yr9, YrCle	Clement
Yr5	<i>Triticum spelta album</i>
	مجموعة الأصناف التفرقية الأوروبية European Differential Set
Yr3b, Yr4b	Hybrid 46
Yr7	Reichersberg 42
H Peko	Heines Peko
YrNd, Yr3a	Nord Desprez
Yr8	Compair Com
YrCV	Carstens V
YrSP	Spaldings Prolific
Yr2	Heines VII

النتائج والمناقشة

انتشر مرض الصدا الأصفر على القمح المتسبب عن الفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* خلال الموسم الزراعي 2019 في كافة حقول القمح القاسي والطري عند المزارعين بردود افعال ونسب إصابة مختلفة، في كل مناطق الدراسة الحقلية والمحطات البحثية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إذ سجل بدء ظهور المرض في منتصف شهر نيسان/أبريل في بعض حقول القمح الطري في كل من حلب (تل عابور) والغاب (حقول المزارعين) واللاذقية (وطى البسليس) واستمر انتشار المرض وتطوره في بعض المناطق بشكل وبائي إذ ظهرت أعراض الإصابة على سوق وعصافات وسفا أصناف القمح الطري (شام 6، بحوث 10 وجولان 2)، وسجلت آخر حالة لتطور المرض على الأوراق

جدول 2. مجموعة السلالات الشبيهة المستخدمة في دراسة القدرة الإمراضية لسلالات الفطر *Puccinia striiformis f. sp. tritici* في سورية عام 2019.
Table 2. Isogenic lines for virulence identification of physiological races of *Puccinia striiformis f. sp. tritici*

مورث المقاومة Resistance gene(s)	الطرز الوراثي Genotype	مورث المقاومة Resistance gene(s)	الطرز الوراثي Genotype
A	Avocet R	1	Yr 1/6* Avocet S
-	Avocet S	5	Yr 5/6* Avocet S
18	Jupateco R	6	Yr 6/6* Avocet S
-	Jupateco S	7	Yr 7/6* Avocet S
2	Kalyansona	8	Yr 8/6* Avocet S
-	Federation	9	Yr 9/6* Avocet S
9	Fed. 4/Kavkaz	10	Yr 10/6* Avocet S
7	Cranbrook	11	Yr 11/3* Avocet S
6, 7	Corella	12	Yr 12/3* Avocet S
CK	Oxley	15	Yr 15/6* Avocet S
CK	Cook	17	Yr 17/6* Avocet S
H	Anza	18	Yr 18/3* Avocet S
2, A	Sonalika	24	Yr 24/3* Avocet S
-	Gereck 79	26	Yr 26/3* Avocet S
-	Cham 1	SP	Yr Sp/6* Avocet S
9+	Seri 82	27	Yr 27/3* Avocet S

جدول 3. السلالات الفيزيولوجية لفطر *Puccinia striiformis f. sp. tritici* المحددة في سورية عام 2019.
Table 3. Physiological races of *Puccinia striiformis f. sp. tritici* identified in Syria during 2019.

رد فعل مورثات المقاومة										القيمة الأسية Decanery value	مورث المقاومة Resistance Gene	الصنف التفريقي Differential Set
Yr reaction type												
3	5	8	8	6	6	2	7	8	3	1	Yr1	Chinese 166
9	9	7	9	9	8	8	8	9	9	2	Yr7, Yr22, Yr23	Lee
8	8	4	7	7	9	8	8	7	8	4	Yr2, Yr6	Heines Kolben
6	5	6	8	8	7	2	4	4	5	8	Yr3a, Yr4a, Yrv23	Vilmorin 23
3	4	5	0	0	1	3	3	3	4	16	Yr10	Moro
8	6	8	9	9	5	8	7	9	8	32	YrSd	Strubes Dickkopf
8	0	3	9	9	8	9	7	8	8	64	YrSu	Suwon 92 × Omar
9	7	9	7	7	7	8	7	7	7	128	Yr9, YrCle	Clement
4	2	2	0	0	8	3	2	8	2	256	Yr5	Triticum spelta album
1	4	3	8	5	1	1	1	1	1	1	Yr3b, Yr4b	Hybrid 46
7	6	7	7	7	5	7	8	7	7	2	Yr7	Reichersberg 42
9	8	9	2	0	6	8	8	6	6	4	H Peko	Heines Peko
5	5	4	7	7	7	2	4	4	4	8	YrNd, Yr3a	Nord Desprez
8	9	8	3	0	4	2	3	3	4	16	Yr8	Compair Com
3	3	4	9	9	0	2	4	0	0	32	YrCV	Carstens V
2	4	3	9	7	2	5	3	2	2	64	YrSP	Spaldings Prolific
9	9	7	6	7	7	7	9	8	7	128	Yr2	Heines VII
230E150	134E146	163E150	239E107	238E234	462E136	230E134	231E134	497E130	130E230			السلالة الفيزيولوجية Physiological Race

السلالات دون استثناء في المنطقة الوسطى (الغاب وحمص) وغابت ثلاث سلالات فيزيولوجية فقط (230E134 و 130E230، 231E134)

تباينت السلالات العشرة المحددة في عام 2019 في مناطق انتشارها ونسبة تردها في كل منطقة (جدول 4)، حيث سجلت كافة

المنطقة منذ عشرات السنين غابت عن مناطق زراعة القمح في حلب. أما المجموعة الثالثة مجموعة السلالات الفيزيولوجية الضعيفة التردد فقد ضمت ثلاث سلالات تراوحت نسب ترددها ما بين 1.8 و 3.6% رغم أنها سلالات مسجلة منذ القدم في سورية حتى أن السلالة الفيزيولوجية 130E230 رصدت في عزلة واحدة تابعة لأحد حقول حمص (برج قاعي) ويمكن أن يكون هذا الانتشار المحدود لهذه السلالات بأن مكنونها الوراثي لا يسمح لها بالتكيف مع مدى حراري واسع أو تأثرت بشكل سلبي بالتغيرات المناخية التي حصلت في سورية خلال عام 2019، على العكس من السلالات حديثة التسجيل والتي تمكنت من التطور حتى تحت ظروف وصلت بها درجات الحرارة حقيلاً إلى 30 °C (Kassem et al., 2018).

وبما أن الأسس المعتمدة في تحديد السلالات الفيزيولوجية لفطر الصدا الأصفر على القمح تعتمد كغيرها من أمراض الأصداء على التفاعل ما بين العزلة الممرضة ومورث المقاومة فلا بد أن تتباين السلالات الفيزيولوجية المسجلة في عام الدراسة 2019 من حيث قدرتها على كسر مورثات المقاومة في مجموعة الأصناف التفرقية المستخدمة في تسمية السلالات الفيزيولوجية ومجموعة الأصناف/السلالات الشبيهة (جدول 5). حيث قسمت السلالات حسب قدرتها على كسر فعل مقاومة 34 مورثاً مقاوماً إلى ثلاث مجموعات أيضاً، فعدت السلالة الفيزيولوجية عالية الشراسة إن تمكنت من مهاجمة 17 مورثاً مقاوماً وأكثر، في حين أن السلالات التي تمكنت من مهاجمة 11-16 مورث مقاومة صنفت ضمن السلالات الفيزيولوجية متوسطة الشراسة، أما السلالات ضعيفة الشراسة فهي السلالات التي لم تتمكن من مهاجمة أكثر من 10 مورثات مقاومة فقط.

عن المنطقة الساحلية، لتسجل أربع سلالات فيزيولوجية في المنطقة الشمالية (462E136، 497E130، 230E150 و 238E234) وتعد هذه السلالات الأربع الأكثر سيادة في عام الدراسة. صنفت السلالات المحددة وفقاً لنسبة ترددها إلى ثلاثة مجموعات، حيث ضمت المجموعة الأولى مجموعة السلالات الفيزيولوجية ذات التردد العالي ثلاث سلالات فيزيولوجية كانت نسبة ترددها فوق 10% وهي (462E136، 497E130 و 230E150) كان أعلاها تردداً السلالة 462E136 والمسجلة لأول مرة في سورية عام 2016 حيث اقتصر انتشارها آنذاك في حقول المختارية (حمص) لتتمكن خلال ثلاث سنوات من التكيف والانتشار على مساحة جغرافية من سورية إذ تكرر ظهورها في كافة مناطق الدراسة كما ظهرت في 14 عزلة فطرية أي بنسبة تردد 25.5%، ثم تلتها السلالة 497E130 بنسبة تردد قرابة 22% حيث انتشرت في كافة مواقع الدراسة رغم تسجيلها للمرة الأولى في سورية، هذا الانتشار ملفت للانتباه إذ جاء بشكل واسع ويمكن تفسير ذلك أن هذه السلالة انتشرت قبل سنوات في بعض دول الجوار وتمكنت بمساعدة الظروف المناخية المناسبة وبغياب أصناف قمح تملك مورثات مقاومة الانتشار والتكيف والسيادة مقارنة مع باقي السلالات وحتى مع السلالة 230E150 الواقعة في مجموعة السلالات ذات التردد العالي والتي ترددت بنسبة (18.2%) علماً أنها مسجلة رسمياً في سورية منذ عام 2010 وفي لبنان منذ عام 2005 (حكيم، 2005). شملت مجموعة السلالات الفيزيولوجية المتوسطة التردد والتي تراوحت نسب انتشارها ما بين (5-10%) أربع سلالات فيزيولوجية (238E234، 231E134، 163E150 و 134E146) حيث سجلت السلالات الثلاثة الأولى من هذه المجموعة لأول مرة في سورية عام 2019 واختلفت في أماكن انتشارها (جدول 4) إلا أن السلالة الأخيرة السائدة 134E146 في

جدول 4. عدد وتوزع وتردد السلالات الفيزيولوجية لفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* في مناطق الدراسة.

Table 4. Number, frequency (%) and distribution of physiological races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in studied areas.

نسبة التردد % Frequency (%)	العدد الكلي No. of isolates	المناطق المدروسة في سورية Studied areas in Syria			السلالة الفيزيولوجية Physiological Race
		الساحلية Costal	الوسطى Central	الشمالية Northern	
25.5	14	3	6	5	462E136
21.8	12	2	4	6	497E130
18.2	10	3	5	2	230E150
9.1	5	2	1	2	238E234
5.5	3	0	3	0	231E134
5.5	3	1	2	0	163E150
5.5	3	1	2	0	134E146
3.6	2	0	2	0	230E134
3.6	2	1	1	0	239E107
1.8	1	0	1	0	130E230
	55	13	27	15	المجموع Total

جدول 5. القدرة الإمراضية للسلاسل الفيزيولوجية لفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* المحددة في سورية عام 2019.
Table 5. Virulence of physiological *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* races in Syria 2019.

السلاسل الفيزيولوجية										مورث المقاومة
Physiological races										Resistance gene
230E150	134E146	163E150	239E107	238E234	462E136	230E134	231E134	497E130	130E230	
2	5	8	8	2	2	2	7	9	0	1
8	8	7	6	7	8	7	8	7	9	2
5	4	4	2	7	8	8	6	5	6	3a
1	1	1	1	1	5	8	3	4	1	3b
5	4	4	2	7	8	8	6	5	6	4a
1	1	1	1	1	5	8	3	4	1	4b
4	0	0	5	1	7	0	0	7	0	5
7	1	1	6	1	7	1	0	7	7	6
8	7	7	8	7	7	8	8	7	9	7
8	4	7	6	3	4	3	3	6	4	8
2	8	8	7	8	2	8	7	7	1	9
4	9	9	8	9	4	7	9	9	5	9+
4	2	0	8	4	4	2	4	3	5	10
5	4	6	6	3	5	4	2	1	5	11
1	5	5	7	5	1	5	5	3	4	12
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	15
2	6	6	7	3	2	6	4	5	0	17
2	8	7	7	7	2	8	8	2	3	18
9	9	8	8	8	9	9	7	9	9	22
9	9	8	8	8	9	9	7	9	9	23
5	4	4	2	7	8	8	6	5	6	23V
5	9	8	7	7	3	8	8	9	5	24
2	7	8	9	8	2	9	5	8	3	26
7	7	7	6	8	5	8	7	5	1	27
5	7	9	6	7	5	9	6	5	8	A
6	7	7	3	7	6	7	8	7	1	Ck
7	7	7	8	7	7	7	9	7	9	Cle
0	0	4	2	0	9	9	4	3	3	CV
3	8	8	6	8	3	9	9	8	6	H
6	6	8	8	6	0	2	9	8	9	H Peko
4	4	4	2	7	7	7	4	5	5	Nd
8	9	7	8	5	9	9	8	6	8	Sd
3	2	2	8	7	3	4	3	0	1	Sp
8	8	7	9	8	9	9	3	0	8	Su

المورث Yr27 والذي اعتمد بشكل واسع كمصدر للمقاومة الرئيسية في معظم أصناف القمح الطري المنتجة من المراكز البحثية الدولية ICARDA و CIMMYT (Solh et al., 2012). أما السلالة 239E107 فقد رصدت في سورية في مطلع العقد الحالي، على كل السلالات الأربعة عالية الشراسة تشترك في قدرتها على التغلب على مقاومة مورثات المقاومة الرأسية (7، 9 و9+) والتي بدأ تسجيل غياب فعاليتها في المقاومة من مطلع العقد الماضي (Yahyaoui et al., 2002)، وتوافقت أيضاً في التغلب على مورث المقاومة Yr18 (مورث المقاومة في طور النبات البالغ) (حكيم، 2005) ولكن رد فعل هذا المورث بقي متوسط المقاومة في طور النبات البالغ. علاوة على ذلك، استطاعت هذه

وعليه فإننا نجد من أربعة من السلالات المسجلة في العام 2019 ضمن مجموعة السلالات عالية الشراسة (جدول 6) حيث تمكنت من كسر 50% من مجموع مورثات المقاومة في حدها الأدنى عند السلالة 239E107 لترتفع هذه النسبة إلى 55% عند السلالة 163E150 و58% عند السلالة 238E234، ولقرابة 77% عند السلالة 230E134 إذ تمكنت من التغلب على مقاومة 23 مورثاً مقاوماً في طور البادرة من أصل 34 مورثاً معتمداً في هذه الدراسة، وفي مجموعة السلالات عالية الشراسة نجد أن سلالتين مسجلة لأول مرة في سورية عام 2019 هما 238E234 و163E150 وسلالة ذات سيادة وانتشار مستوطن في سورية والمنطقة (230E134) والتي كانت سبباً في وباء عام 2010 نتيجة مهاجمة

الشراسة بأية صفة تدعو الى القلق من تطور انتشارها فكل المورثات التي تمكنت من مهاجمتها فقدت مقاومتها منذ وقت طويل باستثناء مقدره السلالة 230E150 على مهاجمة المورث Yr27. وبهذا الوضع المقلق لتطور شراسة مجتمع فطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* والذي تمكن فيه من مهاجمة ثلاثة وثلاثون مورثاً مقاوماً في طور البادرة (1)، 2، 3a، 3b، 4a، 4b، 5، 6، 7، 8، 9، 9+، 10، 11، 12، 17، 18، 22، 23، 23V، 24، 26، 27، A، CK، Cle، CV، H Peko، H، Nd، Sd، Su، Sp) أي أنه لم يبق سوى مورث المقاومة الرأسية Yr15 فاعلاً إزاء مجتمع الفطر السائد في سورية وكذلك لم يسجل كسر هذا المورث في أي منطقة من زراعة القمح عالمياً (Brar et al., 2019).

وبما أن خطورة السلالات الفيزيولوجية الجديدة ذات الشراسة العالية ترتبط بقدرتها على التكيف والتوسع في الانتشار في المناطق الجغرافية ذات المناخات المتباينة، وتشير كافة الدراسات المتعلقة بهذا الأمر لأمراض أصداء القمح الثلاثة، أن السلالات السائدة والأكثر تردداً هي الأضعف شراسة أي أن علاقة الارتباط تكون سلبية وعالية (Ismail et al., 2012)، وفي دراستنا هناك ما يتوافق مع هذه القاعدة (شكل 1)، حيث أظهرت نتائج الدراسة أن علاقة الارتباط بين الشراسة وتردد وانتشار السلالات المحددة في سورية عام 2019 كانت سلبية لكنها متوسطة إذ بلغت قيمة $r = -0.55$ ، فعلى سبيل المثال لا الحصر السلالة ضعيفة الشراسة 462E136 كانت من بين السلالات الأعلى انتشاراً وتردداً، وسلكت معظم السلالات هذا السلوك بالاتجاه نفسه أو بالاتجاه المعاكس أي الأكثر شراسة أقل تردداً كالسلالة 230E134.

السلالات الفيزيولوجية باستثناء 239E107 من مهاجمة مورثي المقاومة Yr27 و Yr4a حيث فقد هذا الأخير فعاليته كمورث مقاومة رأسي منذ بداية عام 2017 مع انتشار السلالة الفيزيولوجية 462E136 في بعض مناطق زراعة القمح في سورية عام 2017 (Kassem et al., 2018)، وانفردت السلالتان 239E107 و 238E234 في قدرتهما على التغلب على مقاومة المورث YrSp والذي بقي فاعلاً كمصدر للمقاومة الرأسية حتى عام 2017 قبل أن يتم كسر مقاومته بعدة سلالات فيزيولوجية ومنها السلالة 239E107 (Kassem et al., 2018).

أما بالنسبة لمجموعة السلالات الفيزيولوجية ذات الشراسة المتوسطة فقد ضمت أيضاً أربع سلالات فيزيولوجية؛ اثنتان ذات تسجيل وانتشار قديم في المنطقة وسورية (134E146 و 462E136) بنسب شراسة 47 و 41%، على التوالي، والسلالتين الباقيتين سجلتا لأول مرة في سورية (497E130 و 231E134) بنسبة شراسة 44 و 41%، على التوالي. والجدير ذكره أن سلالات هذه المجموعة يجب أن تبقى تحت المراقبة ومتابعة قدرتها على التوسع في الانتشار بسبب ما تملكه من قدرة على مهاجمة بعض مورثات المقاومة الرأسية التي كانت فاعلة لفترة وجيزة؛ فالسلالة 462E136 اشتركت مع السلالة الأشرس 230E134 بالقدرة على مهاجمة مورثي المقاومة YrND و YrCV، وكذلك مع السلالة 497E130 في كسر مقاومة مورث المقاومة Yr5 والذي اعتمد عليه في برامج تربية أصناف القمح الطري بعد خروج مورث المقاومة Yr27 من مجموعة مورثات المقاومة الرأسية الفاعلة، وهذا ما يفسر ما تم رصده حقلياً من تدهور صفة المقاومة لبعض أصناف القمح الطري المدخلة حديثاً في الزراعة كجولان 2 أو بعض الأصناف المبشرة وقبل اعتمادها. ولم تتميز السلالتان 230E150 و 130E230 من مجموعة السلالات الضعيفة

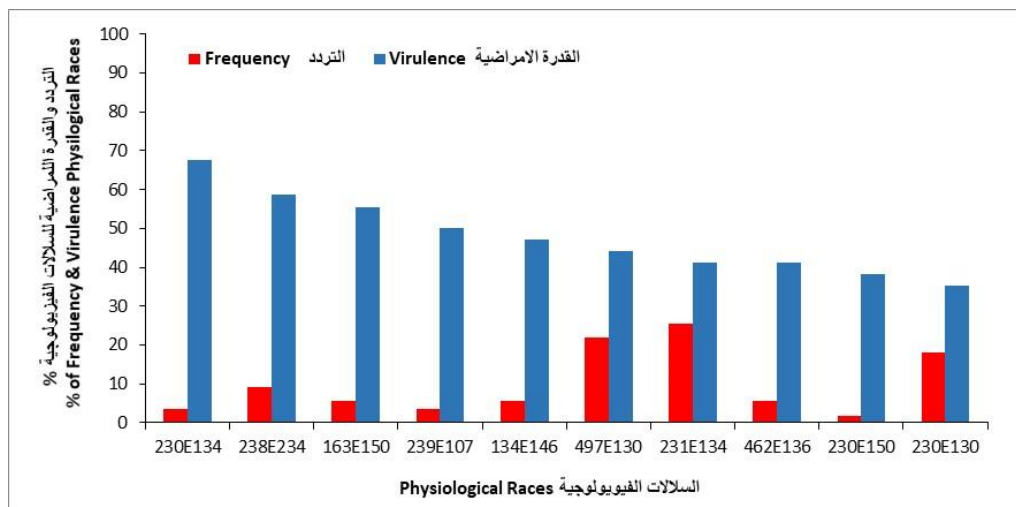
جدول 6. النسبة المئوية لشراسة السلالات الفيزيولوجية لفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* في سورية عام 2019.

Table 6. % Virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* races in Syria during 2019.

السلالة الفيزيولوجية Physiological races	الشراسة Virulence	% للشراسة %
230E134	Su، Sd، Nd، H، CV، Cle، CK، A، 27، 26، 24، 23V، 23، 22، 18، 9+، 9، 7، 4b، 4a، 3b، 3a، 2	67.64
238E234	Su، SP، Sd، H Peko، Cle، Ck، A، 27، 26، 24، 23V، 23، 22، 18، 9+، 9، 7، 4a، 3a، 2	58.82
163E150	Su، Sd، H Peko، Cle، Ck، A، 27، 26، 24، 18، 17، 12، 10، 9+، 9، 7، 6، 4 a، 3، 1	55.38
239E107	Su، SP، Sd، H Peko، Cle، Ck، 26، 24، 23، 22، 18، 17، 12، 10، 9+، 9، 7، 1	50.00
134 E146	Su، Sd، H، Cle، Ck، A، 27، 26، 24، 23، 22، 18، 9+، 9، 7، 2	47.05
497E130	H Peko، H، Cle، Ck، 27، 26، 24، 23، 22، 9+، 9، 7، 6، 5، 2، 1	44.11
231E134	Sd، H Peko، Cle، Ck، 27، 24، 23، 22، 18، 9+، 9، 7، 2، 1	41.17
462E136	Su، Sd، Nd، CV، Cle، 23V، 23، 22، 7، 6، 5، 4a، 3a، 2	41.17
230E150	Su، Sd، Cle، 27، 23، 22، 8، 7، 6، 2	29.41
130E230	Su، Sd، H Peko، Cle، 23، 22، 7، 6، 2	26.47

المجاورة، وبخاصة أنه لم يبقى لدينا في سورية إلا مورث واحد (*Yr15*) مقاوم لمجتمع الصدأ الأصفر في طوري البادرة والنبات البالغ؛ مما يشكل تحدياً مستقبلياً على درجة عالية من الأهمية لمربي النبات والعاملين في مجال إدارة هذا الممرض الخطير.

وعليه فمن المهم الإستمرار في رصد وحصر تطور مجتمع الفطر لمعرفة مدى انتشار هذه السلالات وما تسببه من خروج لمورثات المقاومة المعروفة من دائرة المقاومة وتزويد مربي النبات بهذه التطورات ليتمكن من الوصول إلى أصناف مقاومة للواقع الموجود في سورية والبلدان



شكل 1. علاقة الارتباط بين تردد السلالات الفيزيولوجية المحددة في سورية 2019 وقدرتها الإراضية. **Figure 1.** Relationship between virulence of identified races and its distribution frequency (%) in Syria during 2019.

Abstract

Hakim, M.S., M. Kassem, N. El Hosien, N. Asaad and B. El Souliman. 2020. Pathogenicity development of wheat yellow rust fungal pathogen in Syria during 2018/2019 season. Arab Journal of Plant Protection, 38(3): 208-216.

Wheat stripe (yellow) rust, caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* Eriks. and Henn, is the major disease problem in wheat production in most parts of Syria. This study aimed to find out the current changes in the virulence of *P. striiformis* f.sp *tritici* in Syria by identifying the prevalent physiological races and their virulence. Surveys of wheat fields were carried out in four durum and bread wheat growing regions (Aleppo, El-Ghab, Homs, Costal area) during 2019. A total of 55 samples of *P. striiformis* were collected. Single pustules from each collection were multiplied on the susceptible cultivar Morocco. Physiological races and their virulence were detected depending on the reaction type of *Yr* gene(s) which belong to Global/European differential set and near isogenic lines. Ten physiological races were identified, five of them (230E130, 497E130, 231E134, 163E150 and 238 E234) were recorded for the first time in Syria, and the rest were recorded earlier during the period 2000-2017. Races varied in their frequency and virulence. All races spread in El-Ghab and Homs, some of them disappeared in Aleppo and Syrian costal region. The most virulent races found in the study were 163E150, 230E134 and 238E234 (virulent up to 55 % of *Yr* genes), whereas the most frequent races 497E130, 462E136 and 230E150 showed a moderate negative correlation (-0.55) between the frequency ratio of races and their virulence *r* value. The bulk of the pathogen population in 2019 was aggressive against 30 *Yr* gene(s) (1, 2, 3a, 3b, 4a, 4b, 5, 6, 7, 8, 9, 9+, 10, 11, 12, 17, 18, 22, 23, 23V, 24, 26, 27, A, Ck, Cle, CV, H, H Peko, Nd, Sd, Su, Sp) at the seedling stage, and only *Yr15* was completely effective against all physiologic races identified. This gene is recommended for use by wheat breeders to improve the resistance for yellow rust in new wheat cultivars. Efforts in the future are needed to identify novel resistance genes from wheat wild relatives.

Keywords: Wheat yellow rust, physiological races, *Yr5*, *Yr15*, Syria.

Corresponding author: Mohammad Kassem, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Aleppo, Syria, Email: agromohammad@gmail.com

References

- Brar, S.G., T. Fetch, B.D. McCallum, P.J. Hucl and H.R. Kutcher. 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>
- Chen, X. 2005. Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* on wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27: 314-37. <https://doi.org/10.1080/07060660509507230>

المراجع

- حكيم، محمد شفيق وعمر يحيى. 2003. السلالات الفيزيولوجية والقدرة الإراضية لفطر الصدأ الأصفر على القمح *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* Eriks. في سوريا ولبنان. مجلة وقاية النبات العربية، 21: 12-18.
- حكيم، محمد شفيق. 2005. الوبائية والمقاومة الوراثية لمرض الصدأ الأصفر على القمح في سورية. مجلة بحوث جامعة حلب. سلسلة العلوم الزراعية، 53: 117-139.

- resistance gene Yr5. *Journal of Plant Science and Molecular Breeding*, 3: 1-11.
<https://doi.org/10.7243/2050-2389-3-2>
- McVey, D.V., M. Nazim, K.J. Leonard and D.L. Long.** 2004. 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.S. Hovmøller.** 2009. Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytopathology*, 99: 89-94. <https://doi.org/10.1094/PHTO-99-1-0089>
- Ordoñez, M.E. and J.A. Kolmer.** 2007. Virulence phenotypes of a worldwide collection of *Puccinia triticina* from durum wheat. *Phytopathology*, 97: 344-351. <https://doi.org/10.1094/PHTO-97-3-0344>
- Shahin A.A., A.A. Abu Aly and S.I. Shahin.** 2015. Virulence and diversity of wheat stripe rust pathogen in Egypt. *Journal of American Science*, 11: 47-52.
<http://www.jofamericanscience.org>
- 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 of 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.
- Sørensen, C.K., T. Thach Mogens and S. Hovmøller.** 2016. Evaluation of Spray and Point Inoculation Methods for the Phenotyping of *Puccinia striiformis* on Wheat. *Plant Disease*, 100: 1064-1070.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1477-RE>
- Wan, A.M. and X.M. 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: 1534-1542. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-14-0071-RE>
- Wang, H., F. Qin, L. Ruan, R. Wang, Q. Liu, Z. Ma, X. Li, P. Cheng and H. Wang.** 2016. Identification 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>
- Wellings, C.R.** 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. *Euphytica*, 179: 129-141.
<https://doi.org/10.1007/s10681-011-0360-y>
- Yahyaoui, A.H., M.S. Hakim, M. El Naimi and N. Rbeis.** 2002. Evolution of physiologic races and virulence of *Puccinia striiformis* on wheat in Syria and Lebanon. *Plant Disease*, 86: 499-50.
<https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.499>
- Chen, X., T. Coram, X. Huang, M. Wang and A. Dolezal.** 2013. Understanding molecular mechanisms of durable and non-durable resistance to stripe rust in wheat using a transcriptomic approach. *Current Genomics* 14: 111-126.
<https://doi.org/10.1080/07060660509507230>
- Herrera-Foessel, S.A., R.P. Singh and J. Huerta-Espino.** 2006. Effect of leaf rust on grain yield and yield traits of durum wheats with race-specific and slow-rusting resistance to leaf rust. *Plant Disease*, 90: 1065-1072.
<https://doi.org/10.1094/PD-90-1065>
- Ismail, S.G., M.G. Kinyua, A.M. Kibe and I.N. Wagara.** 2012. Wheat stem rust severity and physiological races in north Rift region of Kenya. *Asian Journal of Plant Pathology*, 6: 25-32.
<https://doi.org/10.3923/ajppaj.2012.25.32>
- Jin, Y.** 2011. Role of *Berberis* spp. as alternate hosts in generating new races of *Puccinia graminis* and *P. striiformis*. *Euphytica*, 179: 105-108.
<https://doi.org/10.1007/s10681-010-0328-3>
- 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 Mycology Society*, 58: 475-480.
- Kassem, M., B. Souliman, N. El-Housien, M.S. Hakim and M.M. Nachit.** 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.
- Kolmer, J.A., D.L. Long and M.E. Hughes.** 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>
- Lin, F. and X.M. Chen.** 2007. Genetics and molecular mapping of genes for race specific and all-stage resistance and non-specific high temperature adult-plant resistance to stripe rust in spring wheat cultivar Alpowa. *Theoretical and Applied Genetics*, 114: 1277-1287. <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0518-0>
- Lorys, M.M., A. Villareal, L. Christian, V. Claude De Valla and N. Clarie.** 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>
- McCallum, B.D., P. Seto-Goh and A. Xue.** 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>
- McGrann, G.R.D., H. Smith, B. Christopher, G. R. Mateos, N. T. Chama, R. MacCormack, E. Wessels, G. Agenbag and L. A. Boyd.** 2014. Genomic and genetic analysis of the wheat race specific yellow rust

Received: February 6, 2020; Accepted: August 30, 2020

تاريخ الاستلام: 2020/2/6؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2020/8/30