

واقع صدأ ساق القمح في سورية خلال الفترة 2018-2021

محمد قاسم

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. البريد الإلكتروني للباحث المراسل: agromohammad@gmail.com

المخلص

قاسم، محمد. 2023. واقع صدأ ساق القمح في سورية خلال الفترة 2018-2021. مجلة وقاية النبات العربية، 41(4): 339-347.

<https://doi.org/10.22268/AJPP-41.4.339347>

يعد مرض صدأ ساق القمح المتسبب عن الفطر *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* من أهم التحديات التي تواجه زراعة القمح عالمياً، وبدأت أهميته تزداد في سورية إذ تكرر ظهوره من عام لآخر في العقد الأخير. هدفت هذه الدراسة إلى تقصي واقع تطور انتشار هذا المرض في حقول القمح السورية، وشراسة المجتمع السائد من خلال تقييم رد فعل الأصناف التقليدية والأصناف المعتمدة للزراعة في سورية إزاء مجتمع الفطر السائد. أظهرت نتائج المسح الحقلي انتشار مرض صدأ ساق القمح في مناطق الدراسة في سورية كافة (الشمالية، الوسطى والساحلية) خلال السنوات 2018-2021 دون انقطاع، وبلغت النسبة المئوية للحقول المصابة خلال هذه الفترة 59، 75، 67 و 59%، على التوالي، وتباينت نسب الحقول المصابة من عام لآخر ومن منطقة لأخرى تبعاً للرطوبة المتاحة (هطل مطري/ري) ومتوسط درجات الحرارة. ظهرت الإصابة بشكل مبكر عن المعتاد سابقاً في سورية (منتصف أيار/مايو)، إذ رصدت الإصابة مع بداية شهر نيسان/أبريل في المنطقة الساحلية، ومن منتصف نيسان/أبريل حتى أواخره في المنطقتين الوسطى والشمالية. تميّز مجتمع الفطر السائد في سورية بتزايد شرسته عاماً تلو الآخر، حتى وصلت نسبة المورثات القابلة للإصابة 77% في عام 2021 بعد أن كانت 47.7% في 2018، وبذلك لم يبق سوى مورث المقاومة الرأسية Sr13 فاعلاً، أما باقي المورثات في القمح فقد تباين سلوكها، فمنها من حافظ على رد فعله خلال أعوام الدراسة، وكان أغلبها قابلاً ومتوسط القابلية للإصابة، ومنها من فقد مقاومته تدريجياً. فعلى سبيل المثال بدأت المورثات 9e، 24 و 31 التي كانت مقاومة في عام 2018 بفقدان مقاومتها منذ عام 2019. تأثر رد فعل الأصناف المعتمدة للزراعة في سورية بشراسة مجتمع الفطر، فكانت نسبة الأصناف القابلة للإصابة 66.6%، ومتوسطة القابلية للإصابة 20.8%، وأما متوسطة المقاومة 12.5% وضمت ثلاثة أصناف (دوما، 6، شام 9 وبحوث 9)، في حين غابت صفة المقاومة في جميع تلك الأصناف.

كلمات مفتاحية: أصناف تفريقية، شام 9، بحوث 9، صدأ ساق القمح، Sr13، Sr2، سورية.

المقدمة

وبائي (انتشار سلالات فيزيولوجية شرسة على أصناف قابلة للإصابة)، حيث يمكن خسارة حقولها (Kosgey et al., 2021). أما في سورية، كان مرض صدأ ساق القمح يُدرج اعتيادياً ضمن قائمة الأمراض الثانوية، التي تظهر سنوياً في حقول القمح دون أن تسبب فقداً ملحوظاً في الإنتاج، نظراً لتطوره على ما تبقى من نباتات خضراء في نهاية موسم النمو. إلا أنه مع مطلع العقد الماضي بدأ هذا المرض بالتكشف بشكل مبكر في حقول القمح والظهور كمرض رئيس، ويعود ذلك إلى تأخير المزارعين لموعد الزراعة والاعتماد على الري التكميلي أو التحول من الزراعة المطرية إلى الزراعة المروية في بعض الحالات، وذلك نتيجة ظاهرة الاحتراز الحاصلة في سورية المتمثلة بارتفاع درجة الحرارة خلال موسم نمو القمح بحدود 2-3^oس عن معدلها العام وفقاً لتقرير الفريق الحكومي الدولي للتغيرات المناخية (IPCC, 2021)، مترافقة مع عدم انتظام الهطل المطري وشحّه منذ مطلع شهر نيسان/أبريل، إضافة إلى التطور السريع في شراسة مجتمع الفطر السائد في سورية والبلدان

تعد أمراض أصدنة القمح من أهم الإجهادات الحيوية التي تهدد استقرار واستدامة زراعة القمح عالمياً، وبخاصة عند تطور أحد أنواعها (الصدأ الأصفر، صدأ الورقة وصدأ ساق القمح) بشكل وبائي في حقول القمح المزروعة بالأصناف القابلة للإصابة (Aboukhaddour et al., 2020). ويعتد مرض صدأ ساق القمح المتسبب عن الفطر *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (Pgt) من أكثرها انتشاراً ونباتية في مناطق زراعة القمح عالمياً، ونتيجة لهذا الانتشار الثابت، يسبب هذا المرض فقداً كبيراً في الإنتاج كما ونوعاً بخسارة تصل إلى ملايين الدولارات سنوياً على المستوى العالمي، (Donkor et al., 2018). وتتراوح نسب الفقد في الإنتاج من 20% في حدها الأدنى إلى 50% عند توفر الظروف المناسبة لتطور الإصابة بشكل شديد ومتكرر خلال موسم النمو (Bukhari et al., 2020)، وقد تصل أحياناً إلى 80-100% عند انتشار المرض بشكل

المجاورة، وانتشار سلالات فيزيولوجية أشدّ شراسة من السلالة Ug99 كمجموعة سلالات الـ TTT المسجلة في العديد من مناطق زراعة القمح في العالم (Patpour et al., 2020)، والمتكيفة مع مدى حراري واسع (15-30°س)، حيث انتشرت في دول أفريقيا والعديد من دول أوروبا حتى الباردة منها (السويد، إسبانيا، روسيا وغرب سيبيريا) (Shamanin et al., 2016؛ Kjellström, 2021).

وبناءً على ما تقدم من تزايد تهديد مرض صدأ ساق القمح لزراعة القمح في سورية، ولغياب الدراسات حول تطور ديناميكية مجتمع الفطر في سورية، فقد هدف هذا البحث المتسلسل خلال أربع سنوات (2018-2021) إلى رصد واقع انتشار هذا المرض في حقول القمح السورية وتحديد تأثير تطور شراسته في فعالية مورثات المقاومة المتاحة في أصناف القمح التقليدية والأصناف المعتمدة للزراعة في سورية.

مواد البحث وطرائقه

نفذت الجولات الحقلية/المسح الحقلية خلال الأعوام الأربعة 2018، 2019، 2020 و 2021 في حقول القمح القاسي والطرقي؛ المطرية والمروية في المنطقة الشمالية (حلب) والوسطى (حمّاه والغاب) والشريط الساحلي السوري (اللاذقية وطرطوس). تركزت الحقول المدروسة في كلّ من المناطق التالية: محافظة حلب (السفيرة، مسكنة، الذهبية، تل عرن، الذكية، دير حافر، تل عابور، أم غرين، النيرب، جبرين، عين جمجمة، العقولة الشرقية، أم عدسة)؛ محافظة حمّاه (حلفايا، الحمرا، طيبة الامام، قمحانة، خطاب، الظاهرية، كازو، معرة شحور، الكريم، الجيد، عين الكروم، نهر البارد، طاحونة الحلاوة، حورات عمورين، السقبيلية، المحروسة، كنفو، جب رملة، طريق محردة)؛ محافظة حمص (تومين، الدار الكبيرة، المختارية، سهل الحولة، برج قاعي)؛ اللاذقية (ستخريس، الدروقيات، بستان الباشا، جبلة، ستمرخو)؛ محافظة طرطوس (المنظار، الهيشة، سهل عكار، الجميسة)، وذلك خلال شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو من كل عام خلال فترة الدراسة، وذلك لتقصي مدى انتشار مرض صدأ ساق القمح.

سُجّلت نسبة الحقول المصابة بالعامل الممرض للحصول على سلسلة مرجعية لنسبة الحقول المصابة بصدأ الساق في سورية نظراً لغياب هذه المعلومات في الدراسات المرجعية، كما تمّت مراقبة تطور شراسة مجتمع الفطر في مناطق الدراسة، من خلال زراعة مجموعة الأصناف التفرّيقية/مجموعة السلالات الشبيهة (Near-Isogenic Lines) NIL الخاصة بفطر Pgt خلال المواسم الزراعية الأربعة (2017/2018، 2018/2019، 2019/2020 و 2020/2021)، فضلاً عن أصناف القمح المعتمدة في الزراعة السورية المتحصّل عليها من المؤسسة العامة

لإكثار البذار والتي تشمل أصناف القمح القاسي (شام1، شام3، شام5، شام7، شام9، دوما1، دوما3، بحوث7، بحوث9، بحوث11 واكساد65)، أصناف القمح الطري (شام4، شام6، شام8، شام10، بحوث4، بحوث6، بحوث8، بحوث10، دوما2، دوما4، دوما6 وجولان2) في الموسم الزراعي (2020/2021) في محطة تجارب وطى البلسيس-اللاذقية، إذ تعدّ هذه المنطقة بمثابة بؤرة مرضية ساخنة لمرض صدأ ساق القمح، حيث إنّ أكثر من 95% من السلالات الفيزيولوجية السائدة في سورية مسجلة في الشريط الساحلي السوري (اللاذقية)، وأن ما يغيب من سلالات فيزيولوجية هي من السلالات ضعيفة الشراسة والتي تتبع لمجموعة السلالات --BBB وإنّ فعلها في مهاجمة القليل من مورثات المقاومة تقوم به السلالات الفيزيولوجية الشرسة (منكولية وآخرون، 2021).

زرعت الأصناف المختبرة بدءاً من منتصف شهر كانون الأول/ديسمبر وحتى منتصف شهر كانون الثاني/يناير من كل موسم زراعي، وفقاً لواقع الظروف المناخية السائدة في كل منطقة آنذاك، بمعدل 25 غ لكل صنف، وبواقع خطين بطول 2 م وبمسافة 25 سم بين الخط والآخر. أحيطت كامل التجارب بالصنف القابل للإصابة Morocco، كما كُزرت زراعته بين خطوط التجربة كشاهد سلبي لأضرار أصداء القمح وكعامل مساعد على نشر الإصابة وتوزيعها بشكل متجانس تحت ظروف العدوى الطبيعية (Gebreslasie et al., 2020). حُدّمت التجارب من حيث التسميد المناسب والتعشيب.

تمّت مراقبة نباتات كلّ صنفٍ إفرادياً، وقِيَمَ ردّ فعلها في طور النبات البالغ من حيث شدة الإصابة (Disease Severity, DS) دورياً بفارق أسبوع بين القراءة والأخرى (Randhawa et al., 2018)، واعتمدت في مناقشة النتائج على شدة الإصابة النهائية (Final Disease Severity, FDS) وفق مقياس Cobb المعدل، وأسقطت هذه القيم على سلم التقييس المرضي 1-9 لتقييم ردّ فعل الأصناف التفرّيقية (Huerta-Espino et al., 2020). وأمّا الأصناف المحلية (المعتمدة في سورية) فقيّمَ ردّ فعلها بإسقاط قيم شدة إصابتها النهائي على سلم التقييس المرضي المقترح من قبل Lafarga et al. (2019) والمعدّل في هذا البحث، ليتوافق مع السلم الأول (جدول 1).

وجاء هذا التحول في نظام تقييم ردّ فعل النباتات إزاء أمراض أصداء القمح في طور النبات البالغ بناءً على توصية المركز المرجعي الدولي لأصداء القمح (Global Rust Reference Center) بإيجاد مقياس تقييم مرضي أوروبي لنظام إنذار مبكر لكل أمراض أصداء القمح. جُمعت 3-5 أوراق/قطع من السوق الخضراء الحاملة لبثرات يوريدينية منفصلة عن بعضها، ووضعت في أكياس مشمّعة من الجلايسين (Glycine) لتعزيز التجفيف ومنع فقدان الأبواغ اليوريدينية لقدرتها الإمراضية، وذلك من القطع التجريبية في المحطات البحثية

وحقول المزارعين في جميع مناطق المسح الحقلية المشار إليها أعلاه خلال الأعوام 2018، 2019، 2020 و 2021.

جدول 1. سلم تقييم ردّ فعل الأصناف التفريرية والأصناف المحلية إزاء صدأ ساق القمح في طور النبات البالغ.

Table 2. Scale of reaction type of differential lines and local cultivars against wheat stem rust in the wheat adult plant stage.

رد الفعل	شدة الإصابة النهائية	درجة السلم المرضي
Reaction type	Final disease severity	Diseases scale
سلم التقييم المرضي للأصناف التفريرية*		
Disease scale of differential lines*		
Immune (NI)	منيع	1-5
Resistant (R)	مقاوم	5-10
	مقاوم متوسط المقاومة	10-20
Resistant to moderately resistant (RMR)		
Moderately resistant (MR)	متوسط المقاومة	20-30
	متوسط المقاومة متوسط القابلية للإصابة	30-40
Moderately resistant to moderately susceptible (MRMS)		
	متوسط القابلية للإصابة	50-40
Moderately susceptible (MS)		
	متوسط القابلية للإصابة قابل للإصابة	60-50
Moderately susceptible to susceptible (MSS)		
Susceptible (S)	قابل للإصابة	80-60
Very susceptible (VS)	شديد القابلية للإصابة	100-80
سلم التقييم المرضي للأصناف المحلية**		
Disease scale of local cultivars**		
Immune (NI)	منيع	5-1
Resistant (R)	مقاوم	10-5
Moderately resistant (MR)	متوسط المقاومة	30-10
	متوسط القابلية للإصابة	50-30
Moderately susceptible (MS)		
Susceptible (S)	قابل للإصابة	80-50
		8
Very susceptible (VS)	شديد القابلية للإصابة	100-80

* سلم التقييم المرضي 1-9 لتقييم ردّ فعل الأصناف التفريرية (Huerta-Espino et al., 2020).

** سلم التقييم المرضي 1-9 لتقييم ردّ فعل الأصناف المحلية (المعتمدة في سورية) (Lafarga et al., 2019).

* 1-9 disease scale for the evaluation of differential varieties reaction (Huerta-Espino et al., 2020).

** 1-9 disease scale of local varieties (certified in Syria) reaction (Lafarga et al., 2019).

نقلت العينات إلى مختبر أمراض القمح، وكوثرت الأبواغ اليوريدينية لكلّ عزلة على بادرات الصنف القابل للإصابة Morocco المعامل بمحلول 0.35 Maleic hydrazide غ/ل، بمعدل 15 مل لكل أصيص،

للحصول على كمية كافية من الأبواغ اليوريدينية (Liu et al., 2013). مُرّجت الأبواغ اليوريدينية لكل عزلة بمعدل 5 ميكروغرام/100 ميكروغرام بودرة تالك جافة للحصول على تمثيل حقيقي لمجتمع الفطر السائد في سورية، وأعدت بها بادرات أصناف القمح القاسية والطرية المعتمدة في الزراعة السورية (المذكورة أعلاه). قُيّم ردّ فعل البادرات وفق سلم Stakman (0-4) على الشكل التالي: 0= منيع، 1= مقاوم، 2= متوسط المقاومة، 3= متوسط القابلية للإصابة، 4= قابل للإصابة (Jin et al., 2007).

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج المسح الحقلية انتشار مرض صدأ ساق القمح في سنوات الدراسة الأربع، وفي حقول القمح القاسي والطري المطرية والمروية على حدّ سواء، مع ارتفاع نسبة الحقول المصابة المروية قياساً بالمطرية وبخاصة في المنطقة الشمالية (حلب). بلغت النسبة المئوية للحقول المصابة 59، 75، 67، 59% خلال الأعوام 2018، 2019، 2020 و 2021، على التوالي، وذلك بشكل عام على مستوى المناطق المدروسة في سورية. ويمكن تفسير ارتفاع نسب الحقول المصابة، كنتيجة لتضافر عدّة عوامل مهّدت لهذا الانتشار الواسع لمرض صدأ ساق القمح، ومنها: غياب وندرة تطور مرض فطر صدأ الأوراق في حقول القمح، مما أتاح توفر نسيج ورقي أخضر سليم لتطور الفطر الممرض، وبخاصة مع ارتفاع متوسط درجات الحرارة خلال شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو بمعدل 2-3°س عن معدلها العام (جدول 2)، إضافة إلى عدم انتظام الهطل المطري وانحباسه في الكثير من مناطق زراعة القمح خلال شهري آذار/مارس ونيسان/أبريل، مما دفع المزارعين إلى الاعتماد على الري التكميلي، وبالتالي زيادة الرطوبة المحفزة لتطور المرض. بدأ تكشّف مرض صدأ ساق القمح مبكراً خلال جميع سنوات الدراسة دون استثناء، وذلك خلافاً للمألوف سابقاً تحت ظروف الزراعة السورية، إذ لوحظ انتشاره مع بداية شهر نيسان/أبريل، في حين أنه، حتى منتصف العقد الثاني من القرن الحالي، كان يظهر في منتصف شهر أيار/مايو من كل عام.

رُصدت البثرات اليوريدينية الخاصة بالفطر الممرض (بثرات بنية غامقة متطاولة مترافقة مع تمزق لنسيج العائل) في هذه الدراسة في المنطقة الساحلية وخاصة في سهل عكار والجميسة (طرطوس) ومحطة وطى البليس (اللاذقية) على الصنف القابل للإصابة دوما 1 في بداية شهر نيسان/أبريل، في حين لم يسجل المرض في حقول المزارعين في المنطقة الوسطى والشمالية في تلك الفترة. تابع المرض تطوره في المنطقة الساحلية وتراوحت شدة الإصابة 60-70 في بعض حقول القمح (بخاصة على الأصناف دوما 1، دوما 3 و 5) في نهاية شهر نيسان/أبريل.

جدول 2. متوسط درجات الحرارة لشهري نيسان/أبريل وأيار/مايو في مناطق الدراسة السورية خلال الأعوام 2018-2021*.

Table 2. Average of temperature during April and May in Syrian surveyed area during 2018-2021*

متوسط درجة الحرارة (°س) في المناطق السورية المدروسة				
Average temperature (°C) in the surveyed Syrian regions				
الشهر-العام Month- Year	الشمالية (حلب) North (Aleppo)	الوسطى (حمّاه والغاب) Central (Hama & Ghab)	حمص Homs	الساحلية (اللاذقية وطرطوس) Costal (Latakia & Tartous)
4- 2018	18	23	12	25
5- 2018	27	30	17	22.4
4- 2019	17	22	17	25
5- 2019	27	33	22	35
4- 2020	22	21	11	24
5- 2020	33	29	14	26
4- 2021	24	23	10	26
5- 2021	34	33	16	33

*From General Authority of Scientific Agricultural Research, Syria

*عن الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية

الحقول المصابة في حلب أعلى مما كانت عليه في الشريط الساحلي، حيث ارتفعت درجات الحرارة في المنطقة الساحلية خلال شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو إلى حدود 25 و 35°س، بينما كانت في حلب 17° و 27°س وهي أكثر ملاءمة لتطور المرض. ومن جهة أخرى، كانت نسبة الحقول المصابة بأدنى معدلاتها في مناطق حمص، وذلك بسبب انخفاض درجات الحرارة نسبياً خلال شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو مما أتاح الفرصة لتطور مرض صدأ القمح الأصفر بشكل وبائي وحرمان مرض صدأ ساق القمح من الأنسجة الخضراء ليتطور عليها؛ وأما في منطقة الغاب، فقد كان لتطور مرض تبقع القمح السببوري وأمراض اللفحات البكتيرية والصدأ الأصفر الدور المعيق لحدوث تطور وبائي لمرض صدأ ساق القمح.

ويُعدُّ هذا الانتشار الواسع لمرض صدأ ساق القمح في معظم مناطق زراعة القمح المدروسة في سورية وينسب إصابة مرتفعة، مؤشراً ودليلاً واضحاً على تحول مرض صدأ ساق القمح إلى مرض رئيس يهدد إنتاجية القمح في سورية بعد أن كان مرضاً ثانوياً غير مهم يظهر قرب نهاية الموسم، أي في منتصف شهر أيار/مايو في المناطق الشمالية (حلب وإدلب)، والمنطقة الشرقية (دير الزور والرقّة) والشمالية الشرقية (الحسكة والقامشلي)، وعند بداية شهر أيار/مايو في بعض الحالات كما في عين الزرقا (طرطوس) (علوان، 2010).

ارتبط تأقلم الفطر الممرض وانتشاره الواسع بتطور ديناميكية مجتمع الفطر السائد في سورية، وزيادة شرسته، حيث تجلت هذه الشراسة المطلقة من خلال ردّ فعل الأصناف التقليدية في طور النبات البالغ، وتدهور صفة المقاومة في العديد من مورثات المقاومة الرأسيّة والتي كانت فاعلة حتى مطلع عام 2011.

بدأ تسجيل المرض في حقول القمح المروية في المنطقة الشمالية (حلب: مسكنة، دير حافر والسفيرة) والوسطى (الغاب: نهر البارد، حورات عمورين؛ حمص: برج قاعي، الدارة الكبيرة وسهل الحولة) في منتصف شهر نيسان/أبريل وعلى الأصناف القابلة للإصابة/متوسطة القابلية للإصابة. وكان من اللافت للانتباه خلال عامي 2020 و 2021 في منطقة الغاب وحمص أنّ الإصابات بدأت بالتكشف على سوق النباتات قبل تطورها على الأوراق ويعزى ذلك لانتشار مرض التخطيط البكتيري على القمح والذي يتطور على المجموع الورقي في تلك المنطقة. وفي جميع الحالات استمر تطور المرض على كافة الأجزاء الخضريّة من سوق وأوراق وعصافات وسفا في الحقول المروية حتى نهاية شهر أيار/مايو.

أظهرت نتائج الدراسة الحقلية وجود تباين في موعد تطور المرض من منطقة لأخرى، كما تباينت أيضاً نسبة الحقول المصابة من منطقة لأخرى، خلال أعوام الدراسة (جدول 3). سجّلت أعلى نسبة حقول مصابة في المنطقة الساحلية (اللاذقية وطرطوس)، وبلغت 68، 75، 87 و 55% في السنوات الأربع المدروسة، على التوالي. يعود هذا الانتشار الواسع للمرض إلى توفر الظروف المناسبة لتطور المرض من درجات حرارة ورطوبة؛ في حين أنه حتى نهاية العقد الأول من القرن الحالي كانت أعلى نسبة حقول مصابة في الساحل السوري لا تتجاوز 40% (علوان، 2010). تلا المنطقة الساحلية في انتشار المرض حقول محافظة حلب، حيث كانت النسب المئوية للحقول المصابة خلال أعوام الدراسة الأربعة 67.5، 84، 60 و 52%، على التوالي، وقد أسهم في ذلك اعتماد معظم المزارعين على الزراعة المروية بشكل كامل وبخاصة في حقول مسكنة ودير حافر والسفيرة، حتى أنه في العام 2019 كانت نسبة

جدول 3. النسبة المئوية للحقول المصابة بصدأ ساق القمح في مناطق الدراسة في سورية (2018-2021).

Table 2. Prevalence of infected wheat fields with wheat stem rust in the studied area in Syria (2018-2021).

المناطق المدروسة والمحافظات						
Studied areas and Governate						
المجموع الكلي Total	الوسطى Central		الساحلية Coastal	الشمالية Northern	العام Year	
	الغاب وحماه Ghab & Homs	حمص Homs	اللاذقية وطرطوس Latakia & Tartous	حلب Aleppo		
2018						
78	24	15	22	17	No. of studied fields	عدد الحقول المدروسة
46	15	3	15	13	No. of infected fields	عدد الحقول المصابة
58.9	62.5	20	68.1	76.5	% Infected fields	% للحقول المصابة
2019						
64	27	13	24	19	No. of studied fields	عدد الحقول المدروسة
48	10	4	18	16	No. of infected fields	عدد الحقول المصابة
75	37	30.7	75	84.2	% Infected fields	% للحقول المصابة
2020						
68	29	16	23	20	No. of studied fields	عدد الحقول المدروسة
46	19	7	20	12	No. of infected fields	عدد الحقول المصابة
67.4	65.5	43.7	86.9	60	% Infected fields	% للحقول المصابة
2021						
71	31	13	27	25	No. of studied fields	عدد الحقول المدروسة
42	10	4	15	13	No. of infected fields	عدد الحقول المصابة
59.1	32.2	30.7	55.5	52	% Infected fields	% للحقول المصابة

الجنسي أو الطفرات أو تبادل الأنوية أثناء عملية التحام هيفات الفطر (Leonard & Sazbo, 2005). سلكت مورثات المقاومة المدروسة في طور النبات البالغ وفقاً لرد فعلها، المرتكز على شدة الإصابة النهائية، سلوكين متغايرين: الأول، حافظت فيه مورثات المقاومة على رد فعلها (وإن اختلفت شدة الإصابة النهائية) خلال سنوات الدراسة الأربع؛ أما الثاني، تغير رد فعلها من عام لآخر وخاصة في عامي 2020 و 2021، (جدول 4)، وبذلك أمكن إدراجها ضمن مجموعتين متميزتين: المجموعة الأولى، وفيها عدة مستويات، وفقاً لرد فعلها، ضم المستوى الأول واحداً وعشرين مورث مقاومة رأسية (5، 6، 7a، 8b، 9a، 9b، 9d، 9f، 14، 17، 21، 22، 25، 27، 28، 30، 33، Gt، Tmp، Wld-1 و 44) فاقد الفاعلية إزاء مجتمع فطر Pgt، أي أن رد فعلها كان ثابتاً (VS/S) خلال أعوام الدراسة 2018-2021 إزاء مجتمع الفطر السائد في اللاذقية (محطة وطى البسليس). ويبرز من بين هذه المورثات مورث المقاومة Sr25 الذي كان فاعلاً في مقاومته إزاء مجتمع فطر Pgt في معظم مناطق زراعة القمح عالمياً، غير أنه فقد مقاومته في سورية عام 2014 (قاسم، 2015)، وقد اعتمد عليه في برامج التربية العالمية منذ عام 2005، إذ يرتبط هذا المورث أيضاً بمورث المقاومة الرأسي لصدأ الأوراق Lr19، حيث حُدّد في العديد من أصناف القمح القاسي (Azeghar2، Rutucha1 و Icasyr1 و Ammar9) والتي أدخلت في العديد من الهجن

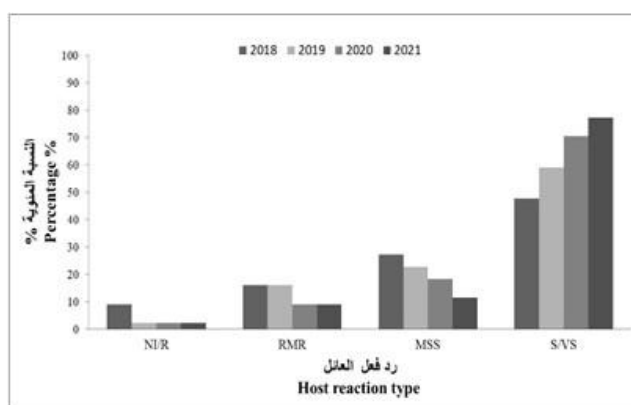
يوضح الشكل 1 كيف تدنت النسبة المئوية لمورثات المقاومة الرأسية الفاعلة المنيعة/المقاومة (NI/R) من 9% عام 2018 إلى 2% في الأعوام الثلاثة التالية (2019، 2020 و 2021)، وعليه، فقد ازدادت النسبة المئوية لمورثات المقاومة الرأسية الفاعلة لمقاومتها لمجتمع الفطر السائد في سورية عاماً تلو الآخر، حيث كانت نسبتها عام 2018 في حدود 47.7%، لترتفع إلى 59% عام 2019، وأما في عام 2020، فلابد من التنويه بحدوث تطور كبير في شراسة السلالات الفيزيولوجية لفطر Pgt، إذ وصلت نسبة مورثات المقاومة الرأسية غير الفاعلة إلى 70%، كما استمر تطور شراسة مجتمع الفطر السائد في سورية خلال 2021 ليتغلب على مقاومة 77% من مورثات المقاومة المدروسة (34 مورثاً من أصل 44 مورث مدروس).

ويعزى هذا التحور الكبير في انتشار وشراسة مجتمع فطر صدأ ساق القمح في سورية إلى جملة التغيرات المناخية الحاصلة كما سلف ذكره في مقدمة البحث، ولكون سورية مفتوحة على التيارات الهوائية متعددة المنشأ والمحملة بالسلالات الفيزيولوجية الجديدة الوافدة، إضافة إلى الانتشار الطبيعي للعوائل المناوبة (Alternate hosts) مثل *Berberis Vulgaris* على الحدود السورية التركية و *Berberis libanotica* على الحدود السورية اللبنانية، مما يتيح فرصة مواتية لتنوع السلالات الفيزيولوجية من خلال اكتمال دورة حياة الفطر وحدوث النكاث

عام 2018 لتغدو قابلة للإصابة S/VS بدءاً من عام 2019 (جدول 4)، وهي مدخلة في معظم أصناف القمح التجارية عالمياً لأن لها ارتباطات وراثية مع مورثات مقاومة أخرى، فالمورث Sr24 يرتبط بشكل كبير مع مورث المقاومة الرأسية لصدأ الورقة Lr24، والمورث Sr31 مرتبط مع المورث Lr26 و Yr9 (Mago et al., 2005).

انعكس تطوّر شراسة مجتمع الفطر الممرض Pgt في سورية (عمّا كان مسجلاً في العقود الماضية) خلال سنوات الدراسة على ردّ فعل الأصناف المعتمدة للزراعة في سورية، وذلك في طوري البادرة والنبات البالغ (جدول 5)، ولم يكن هناك أي تباين في سلوك الأصناف المدروسة من حيث ردّ فعلها إزاء مجتمع الفطر Pgt السائد في سورية خلال سنوات الدراسة بين طوري البادرة والنبات البالغ؛ ولم يبد أي صنف منها ردّ فعل مقاوم، وبالتالي فهي لا تملك في مكوناتها الوراثية مورث المقاومة الرأسية Sr13 الفاعل الوحيد في سورية. بلغت نسبة الأصناف القابلة للإصابة/عالية القابلية للإصابة 66.6%، وإنّ الأصناف التي أبدت ردّ فعل "4" في طور البادرة (شام 1، شام 3، شام 5، دوما 1، دوما 3، بحوث 5، أكساد 65، شام 4، شام 6، شام 8، شام 10، دوما 2، دوما 4، بحوث 4، بحوث 8، بحوث 10 و جولان 2) بلغت قيم شدة الإصابة النهائية فيها عند طور النبات البالغ 70 فما فوق، أي أن صفة المقاومة لدى هذه الأصناف كانت تعتمد على مورثات المقاومة الرأسية التي فقدت فعاليتها تحت تأثير شراسة مجتمع الفطر الممرض، في حين كانت نسبة الأصناف متوسطة القابلية للإصابة 20.8%، ولا يمكن لهذه الأصناف (شام 7، بحوث 7، بحوث 11، دوما 2 وبحوث 6) متوسطة القابلية للإصابة في طور البادرة أن تملك أي عنصر من عناصر إبطاء الصدأ لأن شدة تطور المرض لم تتباطأ في طور النبات البالغ وكان ردّ فعلها VS/S. بينما اقتصر ردّ فعل متوسطة المقاومة على ثلاثة أصناف (شام 9، بحوث 9 و دوما 6)، وبنسبة 12.5%، وعلى الرغم من كون هذه النسبة قليلة نسبياً، إلاّ أنه يمكن الاعتماد على الصنفين شام 9 وبحوث 9 في برامج تربية القمح لأنها تحوي في مكوناتها الوراثية توليفة إبطاء الصدأ Lr34/Yr18/Sr57/Pm18 (Nachit & Kassem, 2012). عكست نتائج هذه الدراسة الحقلية، مدى التطور الحاصل في شراسة السلالات الفيزيولوجية المكوّنة لمجتمع الفطر Pgt السائدة في سورية وبخاصة انطلاقاً من عام 2020، والتي سببت خروج العديد من مورثات المقاومة الرأسية من دائرة مورثات المقاومة الفاعلة باستثناء مورث المقاومة Sr13 الذي ما زال فاعلاً إزاء مجتمع الفطر الشرس السائد في سورية؛ إلاّ أنّه لا يمكن الاتكال على هذا المورث لأن فعاليته متعلقة بدرجة الحرارة السائدة (Megerssa et al., 2020)، ولذلك يتوجب التوجه نحو الاعتماد على مورثات المقاومة المحدّدة لصفة إبطاء الصدأ كمورث المقاومة Sr2.

عالمياً (Kassem et al., 2011)؛ وبقيت المورثات الخمس (8a، 15، 26، 32 و 39) ضمن مستوى المورثات متوسطة القابلية للإصابة (MSS) خلال السنوات الأربع؛ والمورثات الثلاث (2، Sr و 29) ضمن مستوى المورثات متوسطة المقاومة (MR) وأكثرها أهمية مورث المقاومة Sr2 الذي يعدّ من أهم مورثات إبطاء الصدأ (slow rusting) والذي تظهر فعاليته في طور النبات البالغ حيث يخفض من شدة إصابة المرض، وعادةً ما يكون ردّ فعل الصنف الذي يمتلك هذا المورث في مكوناته الوراثية متوسط المقاومة، ويبرز دوره في تقليل عدد دورات الممرض وعدد وحجم البثرات اليوريدينية، يترافق وجود هذا المورث مع صفة شكلية تتمثل بالتلون الأرجواني على عصابات القمح (Huerta-Espino et al., 2020).



شكل 1. النسبة المئوية لتوزع ردّ فعل مورثات المقاومة لصدأ القمح الأسود في سورية خلال الأعوام 2021-2018.

Figure 1. Distribution of reaction type (%) of wheat stem rust resistance genes in Syria during 2018-2021.

في حين ضمت المجموعة الثانية مورثات المقاومة الرأسية التي تدهورت مقاومتها خلال أعوام الدراسة؛ أبدت ثمانية منها (7b، 9g، 36، 37، 38، 40، dp-2 و McN) ردّ فعل متوسط القابلية للإصابة في عامي 2018 و 2019 ليكون ردّ فعلها ما بين عامي 2020 و 2021 قابل للإصابة وفي بعض الأحيان عالي القابلية للإصابة. أما مورث المقاومة الرأسية Sr10 الذي كان فاعلاً في عام 2018 وبشدة إصابة نهائية 5 والتي ارتفعت إلى 20، أي برّد فعل MRR، في عام 2019، لتتمكن السلالات الفيزيولوجية السائدة في منطقة الدراسة خلال عامي 2020 و 2021 من التطور بشدة إصابة نهائية 30، أي برّد فعل متوسط المقاومة (MR)، وكذلك بالنسبة لمورث المقاومة Sr11 فقد تطورت شدة الإصابة النهائية من 20 في عام 2018 إلى 50 خلال الأعوام 2019-2021 أي تغير ردّ فعله من MR إلى MS. أما التبدل المقلق، فكان في ردّ فعل ثلاث مورثات مقاومة رأسية فاعلة مقاومة (9e، 24 و 31) في

جدول 4. شدة الإصابة النهائية ورد فعل الأصناف التفريقية في طور النبات البالغ في اللاذقية، سورية خلال الفترة 2018-2021.

Table 4. Final disease severity and reaction type of differential lines in the adult plant stage in Latakia, Syria, during the period 2018-2021.

رد فعل الأصناف التفريقية Reaction type of differential lines				شدة الإصابة النهائية Final disease severity				مورث المقاومة Sr gene
2021	2020	2019	2018	2021	2020	2019	2018	
S	S	S	S	80	70	70	80	Sr 5
VS	VS	S	S	90	85	80	80	Sr 6
S	VS	S	S	70	85	70	70	Sr 7a
S	S	MS	MS	70	70	40	40	Sr 7b
MS	MS	MS	MS	40	50	50	40	Sr 8a
S	VS	S	S	80	90	70	70	Sr 8b
VS	S	S	S	90	70	70	80	Sr 9a
VS	VS	S	S	90	90	70	80	Sr 9b
S	S	S	S	70	70	50	70	Sr9d
S	S	S	RMR	80	70	70	10	Sr 9e
S	VS	VS	S	80	85	85	70	Sr9f
S	S	MS	MS	70	80	50	40	Sr 9g
MR	MR	RMR	R	30	30	20	5	Sr 10
MS	MS	MS	MR	50	50	50	20	Sr 11
NI	NI	NI	NI	1	1	1	1	Sr 13
S	VS	S	S	80	85	70	70	Sr14
MS	MS	MS	MS	50	50	50	40	Sr15
VS	VS	VS	S	90	90	90	80	Sr17
VS	S	S	S	90	70	70	70	Sr 21
VS	S	S	S	90	80	70	70	Sr 22
S	S	RMR	R	80	70	10	5	Sr 24
S	VS	S	S	70	85	80	70	Sr25
MS	MSS	MS	MS	40	55	50	40	Sr 26
S	S	S	S	70	80	80	70	Sr 27
S	VS	VS	VS	70	90	90	90	Sr28
MR	MR	MR	RMR	20	20	20	10	Sr 29
S	VS	VS	S	80	85	85	70	Sr 30
S	S	RMR	R	80	70	10	5	Sr 31
MS	MS	MS	MS	50	50	40	50	Sr 32
S	S	S	S	70	70	70	70	Sr 33
VS	S	MR	MR	85	70	20	30	Sr 35
VS	VS	VS	MSS	90	85	90	50	Sr 36
VS	VS	VS	MSS	90	85	90	50	Sr 37
S	MS	MS	MS	70	40	40	50	Sr 38
VS	MS	MS	MS	90	50	50	50	Sr 39
VS	S	S	MSS	90	70	70	50	Sr 40
VS	VS	VS	S	90	85	90	70	Sr 44
VS	MSS	MS	MRMS	85	50	40	40	Sr dp-2
VS	S	S	S	85	70	70	80	Sr Gt
VS	VS	VS	S	85	90	85	70	Sr Tmp
S	S	S	S	70	70	70	70	Sr Wld-1
MR	MR	MR	MR	20	20	30	20	Sr2
MR	MR	MR	MR	20	30	20	20	Sr
S	S	S	MSS	70	70	60	50	SrMcN

Table 5. Reaction Type of Syrian Varieties in Seedling and Adult Stage in Wata Elbaslies/Latakia in Syria in 2021.

طور النبات البالغ		طور البادرة		طور النبات البالغ		طور البادرة					
Adult Plant		Seedling Stage		Adult Plant		Seedling Stage					
رد الفعل	شدة الإصابة	رد الفعل	نمط الإصابة	رد الفعل	شدة الإصابة	رد الفعل	نمط الإصابة				
Reaction	النهائية	Reaction	Infection	Reaction	النهائية	Reaction	Infection				
type	FDS	type	Type	Variety	السنف	type	FDS	type	type	Variety	السنف
S	70	S	4	Cham4	شام4	VS	80	S	4	Cham1	شام1
S	70	S	4	Cham6	شام6	S	65	S	4	Cham3	شام3
VS	80	S	4	Cham8	شام8	VS	80	S	4	Cham5	شام5
S	70	S	4	Cham10	شام10	MS	50	MS	3	Cham7	شام7
VS	80	S	4	Doma2	دوما2	MR	30	MR	2	Cham9	شام9
VS	80	S	4	Doma4	دوما4	VS	90	S	4	Doma1	دوما1
MR	25	MR	2	Doma6	دوما6	S	70	S	4	Doma3	دوما3
S	70	S	4	Bohoth4	بحوث4	S	70	S	4	Bohoth5	بحوث5
MS	50	MS	3	Bohoth6	بحوث6	MS	40	MS	3	Bohoth7	بحوث7
VS	80	S	4	Bohoth8	بحوث8	MR	30	MR	2	Bohoth9	بحوث9
VS	90	S	4	Bohoth10	بحوث10	MS	40	MS	3	Bohoth11	بحوث11
VS	90	S	4	Joulan2	جولان2	S	70	S	4	Acsad65	اكساد65

Abstract

Kassem, M. 2023. The Status of Wheat Stem Rust in Syria During the Period 2018-2021. Arab Journal of Plant Protection, 41(4): 339-347. <https://doi.org/10.22268/AJPP-41.4.339347>

Wheat stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (Pgt) is an important disease of wheat in the world. This disease is also observed in Syria and repeatedly increased from one year to another during the last decade. This study aimed to investigate the status of the distribution of the disease in the Syrian wheat fields, in addition to its virulence by evaluating the reaction type of differential lines and local varieties. The results of the field survey showed that the spread of wheat stem rust disease in all studied regions in Syria (northern, central and coastal regions) during the period 2018-2021. The prevalence of infected fields reached 59, 75, 67, 59%, respectively, with some variability among regions based on the moisture level (rainfall/irrigation) and average temperature. In general, the infection with Pgt appeared in wheat fields earlier than usual in Syria (mid-May), with coastal wheat field infection observed at the beginning of April, whereas from mid to late April in the central and northern regions. The dominant bulk of Pgt characterized by increased virulence, year after year in Syria. The percentage of susceptible genes reached 77% in 2021, whereas it was 47.7% in 2018. One major gene Sr13 was still effective against Pgt population. Reaction type of resistance genes varied, some of them maintained the reaction type during the study period, but most of them was susceptible and moderately susceptible, and the others lost its resistant. For example, genes 9e, 24 and 31 that were resistant in 2018 began to lose resistance in 2019. The reaction type of Syrian local cultivars was affected by the virulence of the Pgt bulk. The percentage of susceptible cultivars was 66.6%, the moderately susceptible was 20.8%, and the moderately resistant was 12.5% and restricted to three varieties (Doma 6, cham 9 and Bohouth9), whereas resistant varieties were absent.

Keywords: Differential lines, Cham 9, Bohouth 9, wheat stem rust, Sr2, Sr13, Syria.

Affiliation of author: M. Kassem, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Syria, Email address of corresponding author: agromohammad@gmail.com

References

[Kassem, M. Wheat Leaf Rust, Warrior Disease in Syria 2015. Research Journal of Aleppo University. Agricultural Science Series. No. 115:1-12. (In Arabic)].

منكولية، علي، محمد شفيق حكيم، محمد قاسم ونعيم الحسين. 2021. القدرة الإراضية للسلاسل الفيزيولوجية لفطر الصدأ الأسود على ساق القمح في سورية عام 2019. سلسلة العلوم الزراعية، مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الزراعية، 1: 147-17.

[Mankolieh, A., M.S. Hakim, M. Kassem and N. Alhussen. Virulence of Physiological Races of Wheat Stem Rust in Syria during 2019. Research Journal of Aleppo

علوان، إسراء. 2010. دراسة وتحديد مورثات المقاومة لفطر الصدأ الأسود على الساق في القمح الطري. *Triticum aestivum* L. أطروحة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية. 98 صفحة.

[Alwan, I. 2010. A study to identify resistance genes for the stem rust fungal pathogen which attack bread wheat *Triticum aestivum* L. M.Sc. thesis, field crops Department, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Aleppo, Syria. 98 pp. (In Arabic)].

قاسم، محمد. مرض صدأ أوراق القمح خطر دائم في سورية. 2015. مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الزراعية، 1: 115-12.

- S. Randhawa and M. N. Rouse.** 2021. Mapping and validation of stem rust resistance loci in spring wheat line ci 14275. *Frontiers in Plant Science*, 11:609659. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.609659>
- Lafarga, A., C. Virto and N. Arias.** 2019. A European early-warning system for wheat rust. Recommendations for coordinated and harmonized wheat rust surveillance in Europe based on input from stakeholders. Aarhus University, Denmark.
- Leonard, K. and L. Szabo.** 2005. Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *Molecular Plant Pathology*, 6(2):99-111. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00273.x>
- Liu, B., J. Zhang, T. Liu, L. Gao and W. Chen.** 2013. Effect of maleic hydrazide on parasitic fitness of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in wheat. *European Journal of Plant Pathology*, 136:231-236. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0176-9>
- Mago, R., H. Miah, G.J. Lawrence, C.R. Wellings, W. Spielmeyer, H.S. Bariana R.A. McIntosh, and J.G. Pryor Ellis.** 2005. High-resolution mapping and mutation analysis separate the rust resistance genes Sr31, Lr26 and Yr9 on the short arm of rye chromosome 1. *Theoretical and Applied Genetics*, 112(1):41-50. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0098-9>
- Megerssa, S.H., K. Ammar, M. Acevedo, G. Brown-Guedira, B. Ward, A.G. Degete, M.S. Randhawa and M.E. Sorrells.** 2020. Multiple-race stem rust in durum wheat using genome-wide resistance loci identified association mapping *Frontiers in Plant Science*, 11:598509. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.598509>
- Nachit, M. and M. Kassem.** 2012. Genetic analysis of resistance gene(s) against leaf rust in durum wheat. Proceedings of the 13th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference, Beijing, 28 August-1 September 2012, China Agricultural Science and Technology Press,
- Patpour, M., A.F. Justesen, A.W. Teclé, M. Yazdani, M. Yasaie and M. S. Hovmøller** 2020. First report of race TTRTF of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) in Eritrea. *Plant Disease*, 104(3):973. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2133-PDN>
- Randhawa, M.S., R.P. Singh, S. Dreisigacker, S. Bhavani, J. Huerta-Espino, M.N. Rouse, J. Nirmala and M. Sandoval-Sanchez.** 2018. Identification and Validation of a common stem rust resistance locus in two bi-parental populations. *Frontiers in Plant Science*, 9:1788. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01788>
- Shamanin, V., E. Salina, R. Wanyera, Y. Zelenskiy, P. Olivera and A. Morgounov.** 2016. Genetic diversity of spring wheat from Kazakhstan and Russia for resistance to stem rust Ug99. *Euphytica*, 212:287-296. <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1769-0>
- University. Agricultural Science Series. No. 147:1-17. (In Arabic)].*
- Aboukhaddour, R., T. Fetch, B.D. McCallum, M.W. Harding, B.L. Beres and R.J. Graf.** 2020. Wheat diseases on the prairies: A Canadian story. *Plant Pathology*, 69(3):418-432. <https://doi.org/10.1111/ppa.13147>
- Bukhari, S.A., G. Mustafa, S. Bashir, N.A. Akra, M.U. Rahman, B. Sadia, M.N. Alyemeni and P.Ahmad.** 2020. Genetic transformation of Sr22 gene in a high yielding susceptible cultivar of commercial wheat (*Triticum aestivum* L.). *3 Biotechnology*, 10(5):197. <https://doi.org/10.1007%2Fs13205-020-02185-6>
- Donkor, A., A. Hafi, L. Randall, P. Tennant, T. Arthur and J. Gomboso.** 2018. Potential economic impacts of the wheat stem rust strain Ug99 in Australia. Research report 18.9. Australian Government. Department of Agriculture and Water Resource. available at: <http://agriculture.gov.au/abares/publications>, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.17341.72164>
- Gebreslasie, Z.S., S. Huang, G. Zhan, A. Badebo, Q. Zeng, J. Wu, Q. Wang, S. Liu, L. Huang, X. Wang, Z. Kang and D. Han.** 2020. Stripe rust resistance genes in a set of Ethiopian bread wheat cultivars and breeding lines. *Euphytica*, 216:17. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2541-z>
- Huerta-Espino, J., R. Singh, L.A. Crespo-Herrera, H. E. Villaseñor-Mir, M.F. Rodríguez-García, S. Dreisigacker, D. Barcenás-Santana and E. Lagudah.** 2020. Adult plant slow rusting genes confer high levels of resistance to rusts in bread wheat cultivars from Mexico. *Frontiers in Plant Science*, 11:824. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00824>
- IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change).** 2021. The state of the global climate 2020. World Meteorological Organization (WMO) No. 1264.
- Jin, Y., R.P. Singh, R.W. Ward, R. Wanyera, M. Kinyua, P. Njau, T. Fetch, Z.A. Pretorius and A. Yahyaoui.** 2007. Characterization of Seedling Infection Types and adult plant infection responses of monogenic sr gene lines to race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease*, 91(9):1096-1099. <http://doi.org/10.1094/PDIS-91-9-1096>
- Kassem, M., A. El-Ahmed, M.S. Hakim, A. Al-Saleh, M. kalifia and M. Nachit.** 2011. Identifying leaf rust resistance gene Lr19 in durum wheat genotypes using SSR marker. *African Journal of Biotechnology*, 10(44):8716-8719. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1526>
- Kjellström, C.** 2021. Population structure of *Puccinia Graminis*, the cause of stem rust on wheat, barley, and rye in Sweden. M. Sc. thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, SLU. 41 pp.
- Kosgey, Z. C., E. A. Edae, R. Dill-Macky, Y. Jin, W. D. Bulbula, A. Gemechu, G. Macharia, S. Bhavani M.**

Received: September 26, 2022; Accepted: February 2, 2023

تاريخ الاستلام: 2022/9/26؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2023/2/2