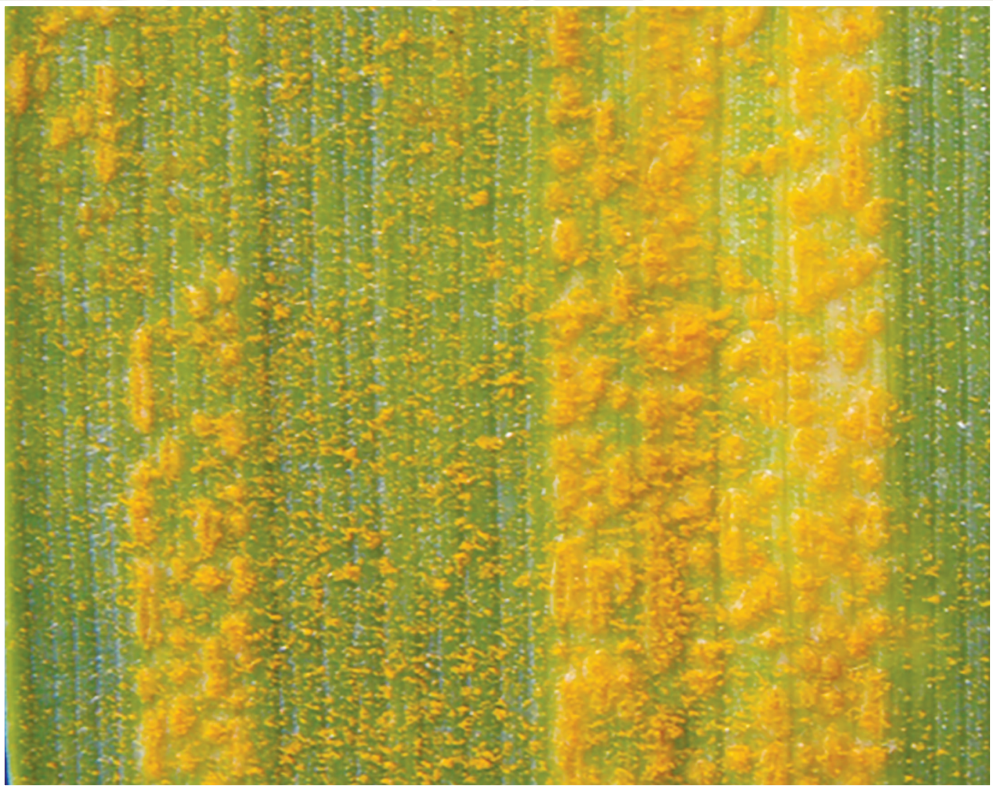
الجمهورية العربية السورية
وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي
مديرية الإرشاد الزراعي
قسم الإعلام



أمراض الصدأ على القمح وطرائق مكافحتها

رقم النشرة (503)
عام 2021

الجمهورية العربية السورية
وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي
مديرية الإرشاد الزراعي
قسم الإعلام

أمراض الصدأ على القمح وطرائق مكافحتها

إعداد

مديرية الإرشاد الزراعي

المادة العلمية

د. صلاح الشعبي، د.إياد المحمد، م. حازم الزيلع، م.خالد حينون

أمراض الصدأ على القمح وطرائق مكافحتها

أخي الفني والمزارع: يعدّ القمح محصولاً رئيساً في الكثير من دول العالم كونه يستخدم في صناعة الخبز والمعكرونة والمعجنات والحلويات بصورها المختلفة. ويتعرض محصول القمح أثناء نموه لإجهادات أحيائية أو غير أحيائية أو لكليهما، الأمر الذي ينتج عنه خفض في الإنتاج أو تدهور نوعيته. ويعتمد مقدار الفاقد في الإنتاج على قدرة تحمل أو مقاومة الصنف المزروع لهذه الإجهادات، وفوعة المسبب الممرض وعدوانيتها، والظروف البيئية السائدة.

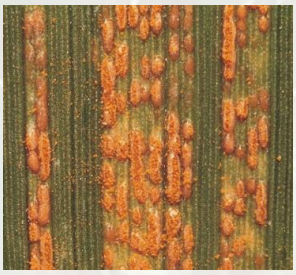
يزرع القمح الصلب والطري في سورية بدرجة متساوية تقريباً من حيث المساحة، لا سيما في المناطق المروية والبعلية (استقرار أولى وثانية)، بينما يزيد إنتاج القمح الطري حوالي 50% مقارنة بالصلب.

تذكر أخي الفني والمزارع أن القمح يصاب بثلاثة أنواع مختلفة من أمراض الصدأ: الصدأ الأصفر (الصدأ المخطط)، وصدأ الورقة (الصدأ البني)، وصدأ الساق (الصدأ الأسود). وقد تم تسجيلها جميعاً على الأقماح الصلبة والطرية في سورية بدرجات متباينة تبعاً للصنف المزروع ونوعه، والموسم ومكان الزراعة، وظهور سلالات وبيلة أكثر.

أولاً – الصدأ المخطط Stripe rust (الصدأ الأصفر Yellow rust):

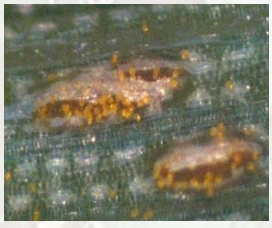
أعراض المرض: مرض واسع الانتشار على الأقماح، لا سيما في المناطق التي يكون ربيعها بارداً نسبياً (2-15 °م)، ويتخذ حدوثه الوبائي طابعاً متناوباً. يصيب المرض الأوراق والسنابل (العصافات والسفا) بصورة رئيسة على أصناف القمح القابلية للإصابة، وبدرجة أقل أغماد الأوراق. يبدو الصدأ الأصفر على هيئة كتل من الأبواغ اليوريدية، كروية إلى بيضاوية الشكل (متوسط أبعادها 21.6-24.5 ميكرون، أو 23-35×20-35 ميكرون)، صفراء إلى برتقالية اللون تنبثق من البثرات (Pustules) التي يتراوح متوسط أبعادها بين 0.4-0.7 مم، يكون توضعها غير منتظم على السطح العلوي للأوراق الفتية لنباتات القمح، بينما تكون مرتبة في أشرطة ضيقة (خطوط طويلة) بين العروق على الأوراق الناضجة. الأبواغ التيلية ثنائية الخلية والأنوية، بنية داكنة اللون، وقمتها مفلطحة، أبعادها 12-24×35-63 ميكرون.

توضع بثرات الصدأ المخطط على الأوراق الفتية لنبات القمح

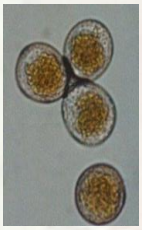


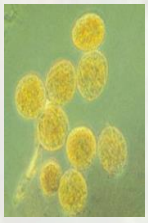
توضع بثرات الصدأ المخطط على الأوراق الناضجة لنبات القمح في أشرطة ضيقة

تبوغ الفطر الممرض على عصافات الحبوب في السنابل



البثرات اليوريدية (Uredium) للفطر Pst على أوراق القمح





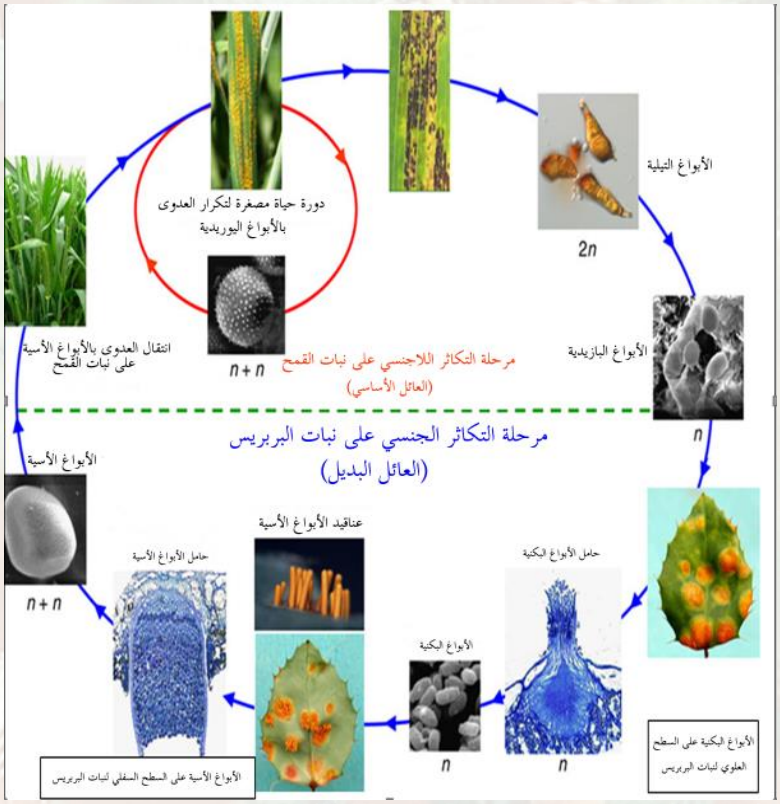
الأبواغ اليوريدية (20-35×23-35 ميكرون)

أضرار المرض: يسبب المرض تقزماً في نمو نباتات القمح عندما تصاب البادرات في بداية موسم النمو، ويخفض من عدد إشطاءاتها. يبلغ الفاقد في الإنتاج حوالي 50%، بسبب ضمور حبوب النباتات المصابة بالمرض، وقد يُفقدّ الإنتاج كلياً في حالة الإصابة الشديدة.

الفطر الممرض: يعدّ الفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (Pst)، المسبب لمرض الصدأ الأصفر (ينتمي لعائلة Pucciniaceae، ورتبة Uredinales، وصف Urediniomycetes)، وهو يصيب الأقماح الطرية والصلبة بدرجات متباينة، لكنه أكثر انجذاباً لأصناف القمح الطرية، كما يصيب الفطر الممرض التريتيكالي وبعض أصناف الشعير والشيلم، لكنه لا يحدث ضرراً ملموساً بأصناف الشعير والشيلم التجارية المزروعة، لانخفاض درجة إصاباته، علماً أن الفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* (Psh) هو المسبّب الرئيس لمرض الصدأ الأصفر على الشعير في أمريكا وأوروبا وأسيا وأفريقيا وأستراليا، والفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *pseudohordei* هو المسبب الرئيس للمرض على الشعير البري في أستراليا، وكلا الفطرين الأخيرين قد يصيبا بصورة استثنائية الشيلم والقمح. وقد أثبتت البحوث الحديثة إمكانية حدوث تهجينات بين كلا الشكلين Pst وPsh. سجلت مناطق انتشار واسعة للمرض في السنوات الأخيرة بسبب ظهور سلالات جديدة (Warrior strains) من الفطر الممرض أكثر عدائية ومتحملة للحرارة العالية (15–25 °م)، كالسلالتين PstS1 وPstS2، حيث سجلت الأخيرة في كل من

سورية ولبنان والعراق وتركيا. كما ظهرت سلالات أخرى تمكّنت من التغلب على مورثات المقاومة Yr17 وYr27 عند أصناف القمح المزروعة.

الدورة الحياتية للفطر الممرض: خلال الدورة الحياتية غير الجنسية للفطر الممرض، يتكوّن على نباتات القمح الطورين: اليوريدي والتيلي. في معظم الحالات، تصاب نباتات القمح (العائل الرئيس للممرض Primary host) في المراحل الأولى لنموها بالأبواغ اليوريدينية أو اليوريدية (Urediniospores أو Urediospores)، وهي تحمل بواسطة التيارات الهوائية إلى مسافات بعيدة، كما يتكرر حدوث الإصابات بالأبواغ اليوريدية في معظم مناطق العالم مرات ومرات خلال موسم النمو الواحد في الظروف الجوية المناسبة. من ناحية أخرى، تستطيع الأبواغ الأسية (Aesiospores) المتكونة على نباتات البربريس *Berberis* sp. عند حدوث الأطوار الجنسية للفطر الممرض (الطور البكني والطور الأسي)، ولا سيما على نباتات النوع *B. chinensis* (العائل المناوب Alternate host) أن تصيب نباتات القمح في مراحل نموها المبكرة في بعض مناطق الصين والباكستان ودول أخرى (الشكل 1).



الشكل 1. الدورة الحياتية للفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (Pst) المسبب لمرض الصدأ المخطط

تعدّ الأبواغ اليوريدية اللقاح الوحيد للعدوى الأولية والمتكررة على نباتات القمح في معظم المناطق المزروعة بالقمح في العالم، وتعرف باسم الدورة الصغرى للفطر Pst. ونظراً لاكتشاف المضيف النباتي المناوب مؤخرًا، فقد صار معروفاً إلى حد كبير دور التكاثر الجنسي في حدوث التباين الوراثي وتطور سلالات جديدة للفطر الممرض.

الشروط الملائمة لحدوث الإصابة وتطور المرض:

الجدول 1. المتطلبات البيئية اللازمة لحدوث الإصابة بالفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (Pst)، **وتبوغه**

المرحلة	درجات الحرارة (°م)			الضوء	الماء الحر
	الدنيا	المثالية	العظمى		
إنبات الأبواغ اليوريدية	0	13-9	23	منخفض	ضروري
الاختراق	2	13-8	23	منخفض	ضروري
نمو الفطر الممرض	3	15-12	20	عالي	غير ضروري
تبوغ الفطر الممرض	5	15-12	20	عالي	غير ضروري

الشروط المناسبة لحدوث المرض:

1. حرارة معتدلة (10-15 °م).
2. رطوبة جوية مرتفعة.
3. زراعة أصناف قابلة للإصابة ولا سيما من الأقماح الطرية.
4. وجود السلالات الوبيلة من الفطر الممرض.
5. زيادة الكثافة النباتية.
6. التسميد الآزوتي الزائد.

قابلية أصناف القمح للإصابة بمرض الصدأ المخطط: أبدت معظم أصناف القمح الطري المعتمدة، مثل: شام 4، شام 6، شام 8، شام 10، بحوث 6، بحوث 8، جولان 2، ودوما 4، وبعض السلالات المبشرة، مثل: D 17322، D 40306، D 40697، D 40700، D 42064، D 42151، و D 42828 قابلية عالية أو متوسطة للإصابة بالمرض تحت ظروف العدوى الطبيعية والاصطناعية. وكان الصنف دوما 2 متوسط المقاومة إلى مقاوم في معظم المراكز البحثية،ووفقاً لنتائج تقويمه في ايكاردا أيضاً (2017-2018)، بينما كان أداءه متوسط إلى عالي القابلية للإصابة بالمرض في مركز بحوث الينبوع بالمالكية خلال موسم 2010، وعالي القابلية للإصابة في درعا وحلب عامي 2019-2020، وكان أداء الصنف السابق، بينما كان تفاعل الصنف دوما /6/ ما بين المقاوم ومتوسط

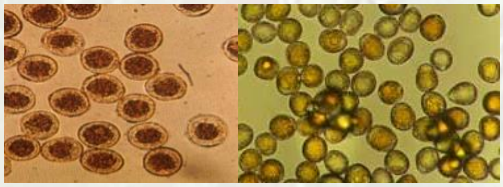
القابلية للإصابة في معظم مناطق زراعته خلال موسمي 2019-2020، وتراوح أداء الصنف بحوث 4 ما بين متوسط المقاومة ومتوسطة القابلية للإصابة وفقاً لنتائج البحوث العلمية الزراعية لموسم 2010، وصار عالي القابلية للإصابة في حلب وحماة والغاب ودرعا في موسمي 2019-2020،وكان الصنف جواهر 14 مقاوم إلى متوسط المقاومة وفقاً لنتائج ايكاردا (2017-2018). ويحتاج الصنفان دوما 6 وبحوث 10 لإعادة تقييم نظراً لتضارب نتائج أداءهما إزاء المرض ما بين ايكاردا والمؤسسة العامة لإكثار البذار. كان تفاعل بعض سلالات القمح المبشرة، مثل:3 Babaqa، ACSAD 1133، ACSAD 1149، ACSAD 1240، D 48114، D 58574، D 58585، D 58847، D 66037، D 64453، D 64473، D 66990، D 66993، D 66996، D 66997، و1 Promising مقاوماً أو متوسطة المقاومة، بينما كان تفاعل السلالة ACSAD 1071 بين متوسطة المقاومة ومتوسطة القابلية للإصابة. وكانت معظم أصناف القمح الصلب المعتمدة والمبشرة: شام 1، شام 3، شام 5، شام 7، شام 9، بحوث 5، بحوث 7، بحوث 9، بحوث 11، دوما 1، أكساد 65، أكساد 1367، أكساد 1451، أكساد 1469، حوراني، D 45414، D 47625، D 55673، D 55768، Bezater، وIcambel مقاومة أو متوسطة المقاومة أو متوسطة القابلية للإصابة بالمرض.

ثانياً – صدأ الورقة Leaf rust (الصدأ البني Brown rust):

أعراض المرض: مرض واسع الانتشار على الأقماح الصلبة والطرية والتريتيكالي لا سيما في المناطق التي يكون ربيعها معتدلاً (10-30 °م). يصيب المرض عادة الأوراق وبدرجة أقل أغمادها. تتكون البثرات اليوريدية على الأنسجة المصابة، وهي برتقالية اللون لامعة أو بنية محمرة رقائقيه، مع تقدم المرض تتمزق بشرة الورقة فوق البثرات ويخرج منها بودرة برتقالية اللون يمكن إزالتها بسهولة بواسطة الرياح والأمطار أو بالاحتكاك، هي عبارة عن أبواغ الفطر اليوريدية. في بداية موسم النمو،تظهر بثرات المرض على الأوراق السفلية لنباتات القمح، لكنها تتكون لاحقاً وبأعداد كبيرة على الأوراق العلوية بعد طور الإزهار، وقد تجف الأوراق المصابة كلياً في حالة الإصابة الشديدة بالمرض. في نهاية موسم النمو، تستبدل البثرات اليوريدية وأبواغها على نباتات القمح المصابة ببثرات أخرى سوداء بنية اللون تغطيها بشرة غير ممزقة، هي الطور التيلي للممرض.

أعراض الإصابة بالفطر *Puccinia triticina* المسبب لمرض صدأ الورقة على القمح، ويظهر توضع البثرات اليوريدية بصورة عشوائية على السطح العلوي للأوراق

تكون الأبواغ اليوريدية كروية الشكل، برتقالية محمرة اللون إلى بنية اللون، ويبلغ متوسط قطرها حوالي 20 ميكرون (16–28 ميكرون)، وهي تتكون في بثرات صغيرة دائرية الشكل أو بيضاوية، قطرها حوالي 1.5 مم. تتوضع عادة على السطح العلوي للأوراق. يمكن للبوغ اليوريدي الواحد أن يغزو الورقة في الظروف المناسبة مكوناً بثرة ممتلئة بآلاف الأبواغ الجديدة خلال 7–10 أيام، الأمر الذي يتيح إمكانية تكرار حدوث الإصابات الجديدة مرات ومرات خلال موسم النمو وانتشار المرض بسرعة كبيرة محدثاً أضراراً اقتصادية فادحة بالمحصول خلال فترة قصيرة.



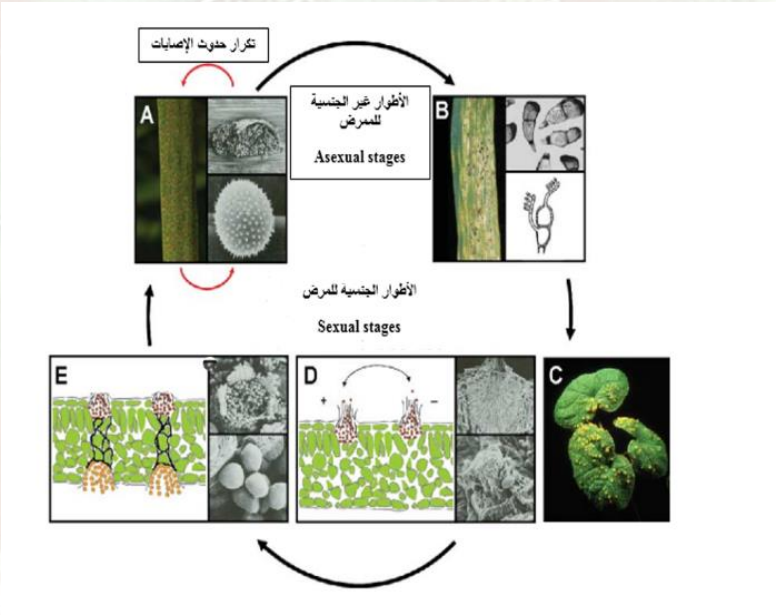
صورة مجهرية للأبواغ اليوريدية (إلى اليسار)، وإنبات الأبواغ اليوريدية (إلى اليمين، 100×) العائدة للفطر *Puccinia triticina* المسبب لمرض صدأ الورقة على القمح (16-20 أو 28 ميكرون)

أضرار المرض: يسبب مرض صدأ الورقة فقداً في مواقع الإزهار المخصبة على النباتات المصابة، كما يخفض عدد الاشطاءات عندما تصاب البادرات في بداية موسم النمو. يبلغ الفاقد في الإنتاج أقل من 10% بسبب ضمور الحبوب في حالة الإصابة المعتدلة، وقد يبلغ الفاقد في الإنتاج أكثر من 60% في الحالات الوبيلة للمرض عندما تصاب الورقة العلمية قبل طور التأبير. يرتبط مقدار الضرر الناتج عن المرض بموعد حدوث الإصابة وتطورها، وبدرجة قابلية الصنف المزروع للإصابة، وكلما كانت الإصابة مبكرة كلما كان مقدار الضرر أكبر.

الفطر الممرض: يعدّ الفطر *Puccinia triticina* (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) المسبب لمرض صدأ الورقة على القمح، وهو أكثر انجذاباً لإصابة أصناف القمح الصلبة مقارنة بالأقماح الطرية، علماً أنه يعدّ واحداً من أخطر الأمراض التي تصيب القمح الطري في مصر.

سجلت حديثاً في سورية (2015–2019) سلالات جديدة للفطر الممرض، كالسلالة BKLP، تمكنت من التغلب على مقاومة بعض مورثات المقاومة عند الأصناف المزروعة ول سيما المورثين Ir9 و Ir24.

الدورة الحياتية للفطر الممرض: يتواجد على نباتات القمح (المضيف الرئيس) خلال موسم النمو طورين للفطر الممرض، يظهران بالتتابع: الطور اليوريدي الذي يتشكل على الأوراق الخضراء أثناء موسم النمو، ويكرر نفسه مرات ومرات في الظروف المناسبة، والطور التيلي الذي يتشكل في نهاية موسم النمو، وكلاهما من الأطوار غير الجنسية للممرض، بينما ينشأ الطور البكني والأسي، وهي الأطوار الجنسية للممرض على نباتات العائل/المضيف المناوب (Alternate hosts) من غير القمح (*Thalictrum* spp.، *Anchusa* spp.، *Isopyrum* spp.، *Clematis* spp.). وتلعب العوائل النباتية المناوبة دوراً مهماً في إكمال دورة التكاثر الجنسية للممرض، وفي نشوء سلالات وطرز ممرضة جديدة قد تتغلب على مورثات المقاومة لبعض أصناف القمح الشائعة. كما تلعب نباتات القمح النامية من المتساقطات في غير موسمها دوراً مهماً في حفظ مادة لقاح الفطر الممرض على هيئة أبواغ يوريدية من موسم لآخر مشكلة جسراً أخضراً Green bridge (الشكل 2).



الشكل 2. الدورة الحياتية والإمراضية للفطر *Puccinia triticina* المسبب لمرض صدأ الورقة على القمح

(A) – البثرات اليوريدية على ورقة القمح (الطور اليوريديني) وتضم أبواغاً أحادية الخلية، ثنائية الأنوية. (B) – الطور التيلي للفطر الممرض يتشكل تحت سطح بشرة الورقة في نهاية موسم النمو، ويكون لون البثرات أسوداً، وهي تطلق أبواغاً تيلية ثنائية الخلية والأنوية. (C) –الطور البكني وينشأ من إنبات ونمو الأبواغ البازيدية على العائل النباتي المناوب. (D) – مقطع شاقولي في البثرات البكنية المتوضعة على الجهة العلوية لورقة النبات المناوب. (E) – مقطع في البثرات البكنية (على السطح العلوي للورقة) والأسية (على السطح السفلي للورقة) على ورقة النبات المناوب.

تستطيع البثرة اليوريدية الواحدة إنتاج حوالي 3000 بوغاً يوريدياً في اليوم الواحد، ويستمر هذا الإنتاج لمدة 20 يوماً. وتحتاج دورة حضانة المرض وتطوره على النباتات القابلة للإصابة إلى حوالي 10 أيام (من وقت حدوث الإصابة وحتى بداية تشكل أبواغ الفطر الممرض في البثرة المتكونة حديثاً). كما تستطيع البثرة اليوريدية الواحدة أن تحدث حوالي 1000 إصابة جديدة خلال 10 أيام من تشكلها، و2000 بثرة جديدة خلال 11 يوماً، وأكثر من مليون بثرة جديدة خلال 21 يوماً، وهذا يفسر الطبيعة الانفجارية/الوبائية للمرض عندما تكون الظروف البيئية مناسبة. عادة تنقل الأبواغ اليوريدية للفطر الممرض بواسطة التيارات الهوائية لمسافات بعيدة، ولا يكون بذار القمح المنتج في مناطق موبوءة سبباً في انتقال المرض.

الشروط الملائمة لحدوث الإصابة وتطور المرض: تعدّ الرطوبة النسبية المرتفعة و/أو وجود الماء الحر، والحرارة الجوية بين 10–25 °م ظروفاً مناسبة لحدوث مرض صدأ الورقة وتطوره. في مثل هذه الظروف المناسبة يمكن أن تحدث الإصابة خلال 6–8 ساعات. تسهم حركة الرياح النشطة في الأيام الجافة في نشر أبواغ الممرض في الحقل ذاته أو إلى حقول القمح الأخرى، وإذا ما تبعها ليالٍ باردة مع وجود الندى لمدة لا تقل عن 3 ساعات تكون الظروف أيضاً مهيأة لحدوث إصابات جديدة ولتطور المرض بصورة وبائية.

المتطلبات البيئية اللازمة لحدوث الإصابة بالفطر *Puccinia triticina* وتبوغه

المرحلة	درجات الحرارة (°م)			الضوء	الماء الحر
	الدنيا	المثالية	العظمى		
إنبات الأبواغ اليوريدية	2	20	30	منخفض	ضروري
الاختراق	10	20	30	لا يتأثر	ضروري
نمو الفطر الممرض	2	25	35	عالي	غير ضروري
تبوغ الفطر الممرض	10	25	35	عالي	غير ضروري
تكوين عضو الإلتصاق		20–15		غير ضروري	ضروري

الشروط المناسبة لحدوث الحالة الوبائية

1. حرارة معتدلة (10–25 °م).
2. رطوبة جوية مرتفعة.
3. زراعة أصناف قابلة للإصابة ولا سيما من الأقماح الصلبة.
4. وجود السلالات الوبيلة من الفطر الممرض.
5. زيادة الكثافة النباتية.
6. التسميد الآزوتي الزائد.

قابلية أصناف القمح للإصابة بمرض صدأ الورقة: أبدت معظم أصناف القمح الصلبة، مثل: شام 1، شام 3، شام 5، بحوث 9، بحوث 11، دوما 1، أكساد65، وحوراني خلال موسم النمو 2010 قابلية عالية للإصابة بالمرض تحت ظروف العدوى الطبيعية. وكان الصنفان: بحوث 7 وشام 7 متوسطا المقاومة أو متوسطا القابلية للإصابة، بينما كان تفاعل الصنف شام 9 مقاوماً. كان تفاعل بعض السلالات المبشرة من القمح الصلب، مثل: D 37163، D 41239، D 41240، D 43404 متوسطة القابلية للإصابة إزاء المرض، وكان أداء السلالة D 43505

متوسط المقاومة إلى متوسط القابلية للإصابة، بينما كانت السلالة D 45367 مقاومة. وتراوح أداء بعض أصناف القمح الطرية والسلالات المبشرة، مثل: شام 6، شام 8، شام 10، D 40697، D 40700، D 40765 بين متوسطة القابلية للإصابة ومتوسطة المقاومة، وكان بعضها الآخر عالي القابلية للإصابة، مثل: شام 4، بحوث 6، بحوث 8، ببغاء 3، و D 48335، بينما كان تفاعل السلالتان D 40306 و D 42828 مقاومة.

ثالثاً – صدأ الساق Stem rust (الصدأ الأسود Black rust):

أعراض المرض: مرض واسع الانتشار عالمياً، يصيب الأقماح الصلبة والطرية على حد سواء إضافة إلى التريتيكالي والشعير. لا سيما في المناطق التي يكون ربيعها رطباً وحاراً (15–35 °م). ويكون حدوث المرض وبائياً متناوباً (Sporodic) اعتماداً على توفر الظروف البيئية المناسبة، وقابلية الصنف المزروع للإصابة، ووجود مادة اللقاح ولا سيما الفوعة الوبيلة. وتعدّ السلالة Ug99 من أحدث وأخطر سلالات الممرض المكتشفة مؤخراً، وهي أكثر انجذاباً للأقماح الطرية مقارنة بالأقماح الصلبة، كما تصيب الشعير والتريتيكالي.

تصاب الأصناف القابلة للإصابة عادة في وقت مبكر من موسم النمو، وتظهر البثرات اليوريدية على الأسطح العلوية والسفلية لأوراق نباتات القمح إضافة إلى أغماد الأوراق وسوق النباتات وسنابلها (العصافات والسفا). تكون البثرات اليوريدية بيضاوية الشكل متطاولة، لونها بني محمر أو بني داكن، وأطرافها متقجرة/ممزقة، وهي أكبر حجماً وأطول من بثرة صدأ الورقة. في مرحلة متقدمة من المرض، يتكون داخل البثرة أبواغ الفطر الممرض (Uredospores = Urediniospores)، وهي ذات لون قرميدي محمر، بيضاوية الشكل شائكة. كما تبدو مناطق الإصابة على سوق وأوراق نباتات القمح خشنة (غير ملساء) ومنتفخة.

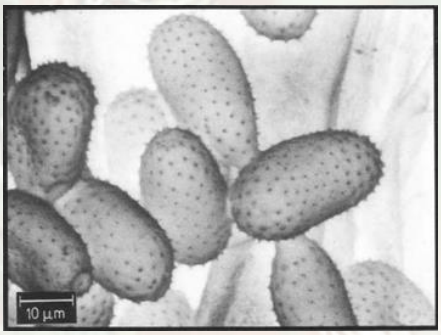
توضع البثرات اليوريدية الخاصة بمرض صدأ الساق على الأسطح العلوية والسفلية لأوراق نباتات القمح وأغمادها

البثرات اليوريدية الخاصة بمرض صدأ الساق على السطح السفلي لورقة القمح

توضع البثرات اليوريدية لصدأ الساق على سوق نباتات القمح

توضع بثرات صدأ الساق على سنبلة القمح

توضع بثرات صدأ الساق على عصافات الحبوب والسفا



صورة للأبواغ اليوريدية للفطر *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* بواسطة المجهر الإلكتروني

شكل الأبواغ اليوريدية العائدة للفطر Pgt (25-30 × 15-20 ميكرون)

الأبواغ التيلية للفطر Pgt (15-20×40-60 ميكرون)

أضرار المرض: يبلغ فاقد إنتاج القمح حوالي 50% بسبب ضمور الحبوب في حالة الإصابة المعتدلة بصدأ الساق، وقد يفقد الإنتاج كلياً (100%) في الحالات الوبائية الحادة للمرض، عندما تكون الأصناف عالية القابلية للإصابة، وتصاب النباتات في وقت مبكر من موسم النمو.

الفطر الممرض: يسبب الفطر: *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Eriks. E. Henn (Pgt) مرض الصدأ الساق أو الصدأ الأسود على نباتات القمح، وهو أكثر انجذاباً لأصناف القمح الطرية مقارنة بالأقماح الصلبة. وهو يتبع من الناحية التصنيفية لعائلة Pucciniaceae، ورتبة Uredinales، وصف Teliomycetes، وقسم/قبيلة Basidiomycota، مملكة الفطريات Fungi.

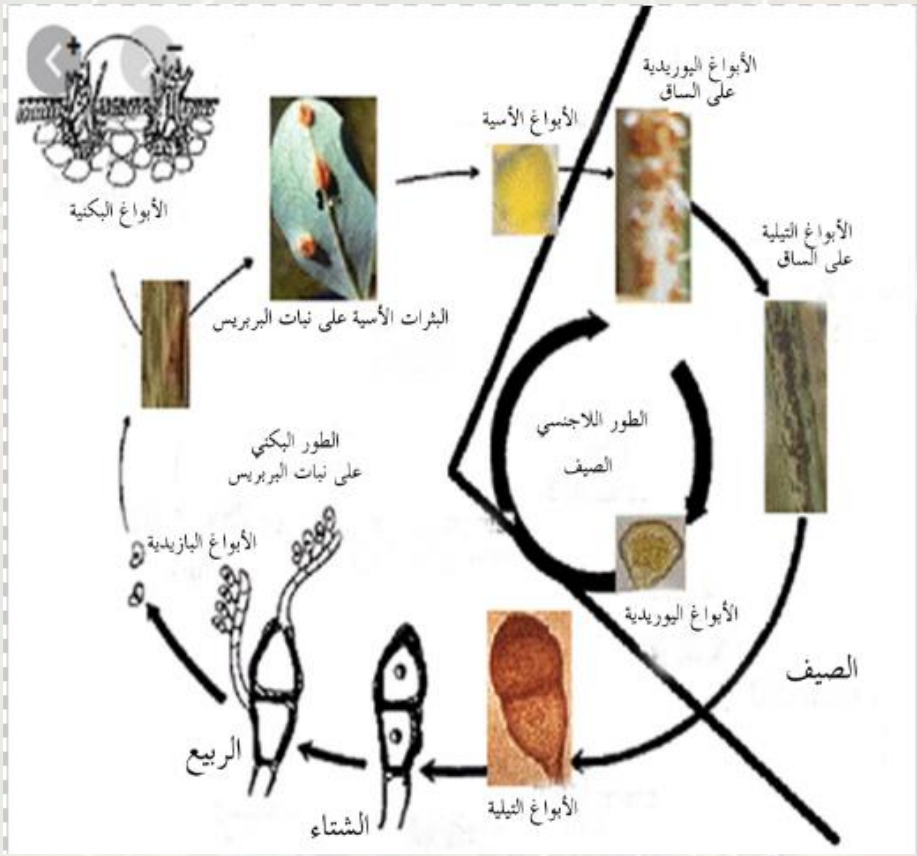
في عام 1999، ظهرت في أوغندا سلالة جديدة من صدأ الساق (Ug99) تمكنت من التغلب على الكثير من مورثات المقاومة عند أصناف القمح المزروعة، ودمرت في حينه محصول القمح في البلاد الموبوءة (كينيا وأثيوبيا). وتداعت المؤسسات العلمية لاحقاً للحيلولة دون انتشار المرض إلى الدول الأخرى، وقامت بغربلة مخزوناتها من أصناف القمح والشعير والسلالات المستنبطة إزاء هذه السلالة في ظروف الضغط المرضي العالي بهدف انتخاب مادة وراثة مقاومة يمكن اعتمادها في برامج التربية للتغلب على هذه السلالة والسلالات المنبثقة منها.

إصابات مدمرة لنباتات القمح بالسلالة الجديدة من سلالات Ug99

كما ظهرت في السنوات الأخيرة أيضاً سلالة جديدة (TTRTF) من صدأ الساق في أثيوبيا، حيث أمكنها التغلب على بعض مورثات المقاومة في أصناف القمح المزروعة، وأحدثت هذه السلالة لاحقاً وباءً شديداً على القمح الصلب في إيطاليا خلال موسم 2016–2017، وفي مصر عام 2018، وهنغاريا عام 2019.

الدورة الحياتية للفطر الممرض: يتواجد طورين مميزين للفطر الممرض على نباتات القمح (الطور اليوريدي الذي يتكرر حدوثه خلال موسم النمو، والطور التيلي الذي يتشكل على الأعضاء المصابة في نهاية موسم النمو)، بينما يتشكل الطورين البكني والآسي على العائل المناوب، وهو نبات البربريس، الذي يلعب دوراً مهماً في إكمال دورة التكاثر الجنسي للفطر الممرض، وفي نشوء سلالات وطرز ممرضة قادر بعضها على كسر بعض مورثات المقاومة لدى بعض أصناف القمح (شكل 3).

يتكرر حدوث الطور اليوريدي غير الجنسي على نباتات القمح وبعض الأنواع العشبية تحت الظروف المناسبة خلال موسم النمو، مرة واحدة كل 14–20 يوماً، معطياً دفعات جديدة من الأبواغ اليوريدية أحادية الخلية وثنائية النواة. يتشكل الطور التيلي للفطر الممرض في الصيف أو الخريف على الأجزاء المصابة من نباتات القمح عندما تنضج الأخيرة مكوناً بثرات تيلية وأبواغاً تيلية ثنائية الخلايا والأنوية.



الشكل 3. الدورة الحياتية للفطر *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* لمسبب مرض صدأ الساق على القمح

يحدث الاندماج النووي في خليتي البوغ التيلي عند نضجها، ويبدأ الانقسام المنصف للنواة ثنائية الصيغة الصبغية (2n) قبل دخول البوغ التيلي طور السكون في الشتاء، ويكتمل حدوثه في الربيع. تنبت الأبواغ التيلية في الربيع مكونة حامل بازيدي يحمل أربعة أبواغ بازيدية أحادية الخلية وأحادية الصيغة الصبغية (n)، اثنان منها لها شارة موجبة (−)، واثنان آخران لهما شارة سالبة (−).

تصيب الأبواغ البازيدية نبات البربريس – العائل المناوب للفطر الممرض مكونة على أوراقه (السطح العلوي) أوعية بكنية أحادية الصيغة الصبغية (n) والشارة. يتم إنتاج الأبواغ البكنية (Pycniospores) في عسل لزج جاذب للحشرات، الأمر الذي يساعد على ضمان حدوث التلقيح الناجح بين بوغتين مختلفتين بالشارة من خلال تكوين هيفا مغزليه بينهما. خلال عدة الأيام، ينمو الميسيلليوم الذي خلاياه تحتوي على نواتين خلال ورقة البرباريس حتى يكون هيكل جديد، وهو البثرة الأسية (Aecium)، التي تفتح على السطح السفلي لورقة البربريس مطلقاً أبواغاً أسية أحادية الخلية ثنائية النواة (dikaryotic aeciospores) قادرة على إصابة أوراق القمح وسنابله كما هو حال الأبواغ اليوريدية.

تشكل البثرات الأسية للفطر المسبب لمرض صدأ ساق القمح على السطح السفلي لورقة نبات البربريس

قد يمضي الفطر الممرض الشتاء في الطور اليوريدي غير الجنسي على نباتات المحاصيل النجيلية المزروعة باكراً في بداية فصل الخريف أو على نباتات القمح النامية بصورة تلقائية من حبوب متساقطة أو على الأعشاب النجيلية في المناطق التي يكون صيفها رطباً وشتاءها معتدلاً.

تختلف مدة ووقت حدوث كل طور وتردده في دورة تطور الفطر الحياتية من منطقة لأخرى اعتماداً على حدوث طور التكاثر الجنسي، وموسم زراعة الأقماح، ووجود الجسر الأخضر الحافظ لمادة اللقاح على هيئة أبواغ يوريدية. تنقل عادة الأبواغ اليوريدية للممرض بواسطة التيارات الهوائية لمسافات بعيدة، ولا يلعب بذار القمح المأخوذ من مناطق موبوءة بالمرض أي دور في انتقاله.

الظروف الملائمة لحدوث الإصابة بمرض صدأ الساق والحالة الوبائية:

يحتاج تطور صدأ الساق إلى درجات حرارة أعلى مقارنة بأمراض الصدأ الأخرى، أيام حارة (25–30 °م)، ولياليٍ معتدلة (15–20 °م). كما يتطلب إنبات الأبواغ اليوريدية والأسية وجود ماء حر (نقاط الندى، المطر أو رذاذ مرشات السقاية) على الأجزاء النباتية القابلة للإصابة، بينما يتطلب حدوث الإصابة الجديدة للنبات حوالي 6 –8 ساعات ترطيب. ويحتاج تكون البثرات اليوريديةالجديدة للفطر الممرض على الأجزاء النباتية القابلة للإصابة إلى حوالي 10 – 20 يوماً من لحظة حدوث الإصابة. تستطيع البثرة اليوريدية الواحدة في الظروف المناسبة أن تنتج حوالي 10000 بوغاً يومياً، علماً أن الإصابة تتم من خلال إختراق ميسيلليوم الإنبات للثغور التنفسية. كما يعدّ زراعة

الصنف القابل للإصابة، وانتشار السلالات الوبيلة للفطر الممرض، وزيادة الكثافة النباتية، والتسميد الآزوتي المفرط عوامل مشجعة لحدوث الحالة الوبائية للمرض.

المتطلبات البيئية اللازمة لحدوث الإصابة بالفطر *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* وتبوغه

المرحلة	درجات الحرارة (°م)			الضوء	الماء الحر
	الدنيا	المثالية	العظمى		
إنبات الأبواغ اليوريدية	2	24-15	30	منخفض	ضروري
الاختراق	15	29	35	عالي	ضروري
نمو الفطر الممرض	5	30	40	عالي	غير ضروري
تبوغ الفطر الممرض	15	30	40	عالي	غير ضروري
تكوين عضو الإلتصاق		27-16		غير ضروري	ضروري

قابلية أصناف القمح للإصابة بمرض صدأ الساق: أبدت بعض أصناف القمح الطرية المعتمدة عند اختبارها تحت ظروف العدوى الطبيعية في مركز بحوث جلين (درعا) في موسم 2010 قابلية عالية للإصابة بالمرض، ومنها الأصناف: شام 4، شام 6، بحوث 4، بحوث 6، وجولان 2. كما كان تفاعل بعض السلالات المبشرة من القمح الطري، مثل: D 40444، D 40447، D 42151، D 48114، و ACSAD 981 إزاء المرض عالية القابلية للإصابة أيضاً، بينما كانت أصناف أخرى، مثل: بحوث 8، شام 8، شام 10، ودوما 2، وسلالات مبشرة، مثل: D 17322، D 42064، و ACSAD 1133 أكثر مقاومة للمرض.

تراوح تفاعل بعض سلالات القمح الطري، مثل: D 40409، D 40733، D 40748، D 40765، D 46336، و ACSAD 1071 بين متوسطة المقاومة ومتوسطة القابلية للإصابة بسلالة صدأ الساق Ug99 تحت ظروف العدوى الاصطناعية في كينيا في موسم 2009، بينما كانت جميع أصناف القمح الطري المعتمدة في حينه في سورية (جولان 2، دوما 2، دوما 4، شام 4، شام 6، شام 8، شام 10، بحوث 4، بحوث 6، بحوث 8، وبعض السلالات المبشرة من القمح الطري) عالية القابلة للإصابة. في الموسم ذاته، أبدى بعض أصناف القمح الصلب، مثل: شام 1، شام 3، بحوث 1، بحوث 11، حوراني، لحن، شهبا، Ombit-1، ACSAD 1229، والسلالة D 41008 مقاومة عالية للمرض. وتراوح تفاعل الأصناف: Senatore، Adnan-2، Beltagy-2، شام 5، بحوث 7، بحوث 9، دوما 1، أكساد 65، والسلالة 33427 بين مقاوم ومتوسط المقاومة، بينما كان الصنف حوراني 27 متوسط القابلية للإصابة.

كانت الطرز السورية المبشرة من القمح الطري: D 56222، D 56230، D 56232، D 56240، D 56287، و D 56468 متوسطة المقاومة إزاء السلالة Ug99 تحت ظروف العدوى الاصطناعية في اثيوبيا في موسم 2010، بينما كان تفاعل السلالة D 56472 مقاوماً. واستخدم الصنف ببغاء 3 كناشر للمرض في تلك التجارب (عالي القابلية للإصابة). ومن أصناف القمح السورية الصلبة المختبرة أيضاً، كانت الأصناف: حوراني، دوما 1، وبحوث 7، حيث أبدت مقاومة متوسطةأو قابلية متوسطة للإصابة، بينما كان الصنف أكساد 1371 مقاوماً. ويعزى تباين اداء الصنف أكساد 1133إزاء السلالة Ug99 في كينيا (قابل للإصابة) وأثيوبيا (مقاوم) إلى وجود تراكيب وراثية مختلفة ضمن السلالة Ug99 بين البلدين، تختلف في قدراتها الإمراضية "فوعتها" تجاه بعض مورثات المقاومة، مثل: Sr 24، Sr 31، Sr 36 (أمكن تمييز 11 سلالة حتى الآن، منها: TTKSK، TTKST، TTKSF، TTKSP، TTTSK، +TTKSF، TTKTT، TTKTK، TTHSK، PTKSK، وPTKST، وهي جميعاً نشأت من السلالة الأم (TTKSK).

أمراض صدأ القمح، عوائلها الرئيسة والمناوبة، ولون الأبواغ اليوريدية، وتوضع الإصابة على الأوراق ونموذجها

المرض	الفطر الممرض	العائل الرئيس	العائل المناوب	لون الأبواغ اليوريدية	مكان توضع البثرات اليوريدينية ونموذجها
صدأ الورقة	*Puccinia triticina*	القمح الصلب والطري والتريتيكالي	*Thalictrum, Anchusa, Isopyrum, Clematis*	بني خفيف إلى فاتح	تتواجد البثرات بصورة مبعثرة على السطح العلوي للورقة ونادراً على أغماد الأوراق، وهي متوسطة الحجم
صدأ الورقة طراز دوري	*Puccinia triticiduri*	القمح الصلب والطري في الزراعات التقليدية	*Anchusa italica*	بني خفيف	تتواجد البثرات على السطح السفلي للورقة بصورة مبعثرة، وتتطور الأبواغ التيلية بسرعة
صدأ الساق	*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*	القمح الصلب والطري، الشعير، والتريتيكالي	*Berberis vulgaris*	بني داكن	تتواجد البثرات على كلا سطحي الورقة إضافة إلى السوق والسنابل، وهي كبيرة الأبعاد
الصدأ المخطط	*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*	القمح الصلب والطري، التريتيكالي، وبعض أصناف الشعير	*Berberis* spp.	أصفر	تتواجد البثرات على السطح العلوي للأوراق في أشرطة ضيقة بين العروق، وعلى السنابل، ونادراً على أغماد الأوراق

مقارنة ما بين حجم وطول البثرات اليوريدية لصدأ الورقة وصدأ الساق على ورقة القمح

إجراءات المكافحة المطبقة على أمراض الصدأ:

1. الاستبعاد التدريجي لأصناف القمح القابلة للإصابة بمرض الصدأ الأصفر أو غيره من أمراض الصدأ الأخرى من الزراعة الواسعة، مثل: شام 8 وشام 10 على سبيل المثال، واستبدالها بالأقماح الصلبة أو زراعة أصناف القمح الطرية الأكثر تحملاً للمرض عند الضرورة، مثل: دوما 4.
2. تطبيق حزمة عناصر الإدارة المتكاملة للمرض (IDM) بما فيها استخدام المبيدات الفطرية على بؤر الإصابة عند زراعة أصناف القمح الطرية القابلة للإصابة، وأن لا تتعدى نسبتها 20% مقارنة بالأصنافالأخرى الطرية أوالصلبة الأكثر مقاومة للمرض.
3. تسريع اعتماد السلالات المبشرة من الأقماح الطرية التي أبدت مقاومة مقبولة إزاء مرض الصدأ الأصفر.
4. متابعة تقييم أداء الأصناف المعتمدة والسلالات المبشرة للقمح بنوعيه الطري والصلب إزاء السلالات الجديدة لمسببات أمرض الصدأ، ولا سيما الصدأ الأصفر تحت ظروف الضغط المرضي العالي (العدوى الاصطناعية والطبيعية).
5. متابعة تقييم أداء أصناف وسلالات القمح والشعير المحلية إزاء السلالة الجديدة (Ug99) من صدأ الساق في بؤر انتشارها في الدول الموبوءة (كينيا وأثيوبيا).
6. مراقبة حالة محصول القمح في الحقول بصورة دورية بدءاً من شهر شباط وطوال موسم النمو من خلال لجان مختصة في المحافظات للوقوف على حالتها الصحية ولا سيما ظهور بؤر الإصابة الأولية بالأصداء، واتخاذ الإجراءات المناسبة لمكافحتها.

7. زراعة الأصناف الصائدة للأصداء Trap cross (5-6 أصناف) ولا سيما الصدأ الأصفر في المناطق الرئيسة المزروعة بالقمح في كل محافظة، ومراقبتها بصورة دورية خلال موسم النمو للمساعدة على التنبؤ بالمرض، ومتابعة تطوره، وإتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع انتشاره وتفشيه.
8. استخدام طريقة الشرائح في الكشف عن وجود الأبواغ اليوريدية ونوع الفطر العائدة إليه (متوسط عدد الأبواغ في الحقل المجهري عند تكبير محدد "10×40 أو 10×20"، ونوع الفطر الممرض الذي تعود له هذه الأبواغ) في الحقول الممثلة للمنطقة.
9. استخدام المبيدات الفطرية الأكثر كفاءة في مكافحة بؤر أمراض الصدأ حال ظهورها والحيلولة دون تفشيها، ونورد في الجدول التالي المبيدات الفطرية المعتمدة في سورية لمكافحة أمراض الصدأ:

المبيدات الفطرية المنصوح بها لمكافحة أمراض الصدأ على القمح ومعدلات استخدامها

الرقم المتسلسل	الاسم التجاري للمبيد	المادة الفعالة	معدل الاستخدام/هكتار
1	ايميرالد 125	Tetraconazole 125g/L	1 ل/هكتار
2	ناتيفو	Trifloxystrobin 250g/kg +Tebuconazole 500g/kg	250 غ/هكتار
3	بايدون	Triadiminole 250g/L	500 مل/هكتار
4	فوليكيور، تيبوكيور	Tebuconazole 250g/L	0.5 ل/هكتار
5	ثيوكار	Flusilazole 400g/L	200-300 مل/هكتار
6	لورد	Difenoconazole 250g/L	300-500 مل/هكتار
7	اوبرماكس	Pyraclostrobin 50%	2 ل/هكتار
8	كوميت	Pyraclostrobin 200g/L	1.1 ل/هكتار

10. توفير حوالي 10% من حاجة القطر للمبيدات الفطرية الفعالة في مكافحة أمراض الصدأعلى القمح ولا سيما التركيب (أزوكسي ستروبين + سايبروكونازول) لاستخدامها في مكافحة بؤر المرض حال ظهورها. والاستمرار في اختبار المبيدات الفطرية الجديدة إزاء الأصداء لاختيار المناسب منها، مع ضرورة تقدير مردوديتها.
11. زراعة بذار القمح المعامل بالمبيدات الفطرية، والحرص أن يكون مصدر البذار موثوقاً (المؤسسة العامة لإكثار البذار)، وتوعية المزارعين بضرورة معاملة بذارهم المؤمن ذاتياً بالمبيدات الفطرية المنصوح بها.

12. متابعة تحديد وبالات مسببات أمراض الصدأ (الصدأ الأصفر وصدأ الورقة وصدأ الساق) والسبتوريا على القمح في سورية وتحديد سلالاتها بالتعاون مع مراكز البحوث الدولية والعربية، وزراعة الأصناف التفريقية في المناطق الرئيسة لزراعة القمح في سورية.
13. تبادل المعلومات مع الجهات المحلية والدولية حول انتشار أمراض الصدأ وغيرها، والتواصل معها من خلال الانترنيت.
14. الاستفادة من محطة تل حديا الواقعة في ايكاردا والتابعة لهيئة البحوث في مجال غربلة أصناف القمح المبشرة والمعتمدة إزاء أمراض الصدأ تحت ظروف العدوى الاصطناعية.

تقييم إصابة أصناف القمح بأمراض الصدأ:

يتم تقييم إصابة أصناف القمح بأمراض الصدأ في ظروف الحقل خلال المدة ما بين الطور العجيني وبداية طور تصلب الحبوب (75 – 87 وفقاً لمقياس Zadoks). ويستخدم مقياس عالمي (شدة المرض وطراز تفاعل الصنف) عند تسجيل القراءات:

1. شدة المرض Disease severity: وتعبر عن نسبة تغطية سطح الأوراق بالبثرات اليوريدينية للفطر الممرض (0–100%).
2. طراز تفاعل الصنف Reaction type: وهو قيمة وصفية يعبر عنها بحرف أو أكثر يكتب إلى يمين قيمة شدة المرض، ويتكون من الدرجات التالية:

0– الصنف منيع، لا وجود لبثرات الصدأ اليوريدية على الأوراق أو أي شكل من طرز الإصابة.

R–الصنف مقاوم، تتكون نقاط أو خطوط شاحبة أو أنسجة متماوته أو بثرات يوريدية صغيرة جداً على الأوراق، محاطة بهالة من الأنسجة المتماوتة، ولا يوجد تبوغ للفطر الممرض.

TR– الصنف مقاوم أثر، تكون البثرات اليوريدية على هيئة نقاط صغيرة أو على هيئة خطوط شاحبة أو أنسجة متماوتة على الأوراق، يكون عددها محدود جداً، دون وجود أي تبوغ للفطر الممرض في البثرات.

MR – الصنف متوسط المقاومة، تكون البثرات اليوريدية صغيرة إلى متوسطة الأبعاد ومحاطة غالباً بأنسجة متماوتة أو شاحبة مع وجود تبوغ ضعيف جداً للفطر الممرض في البثرات.

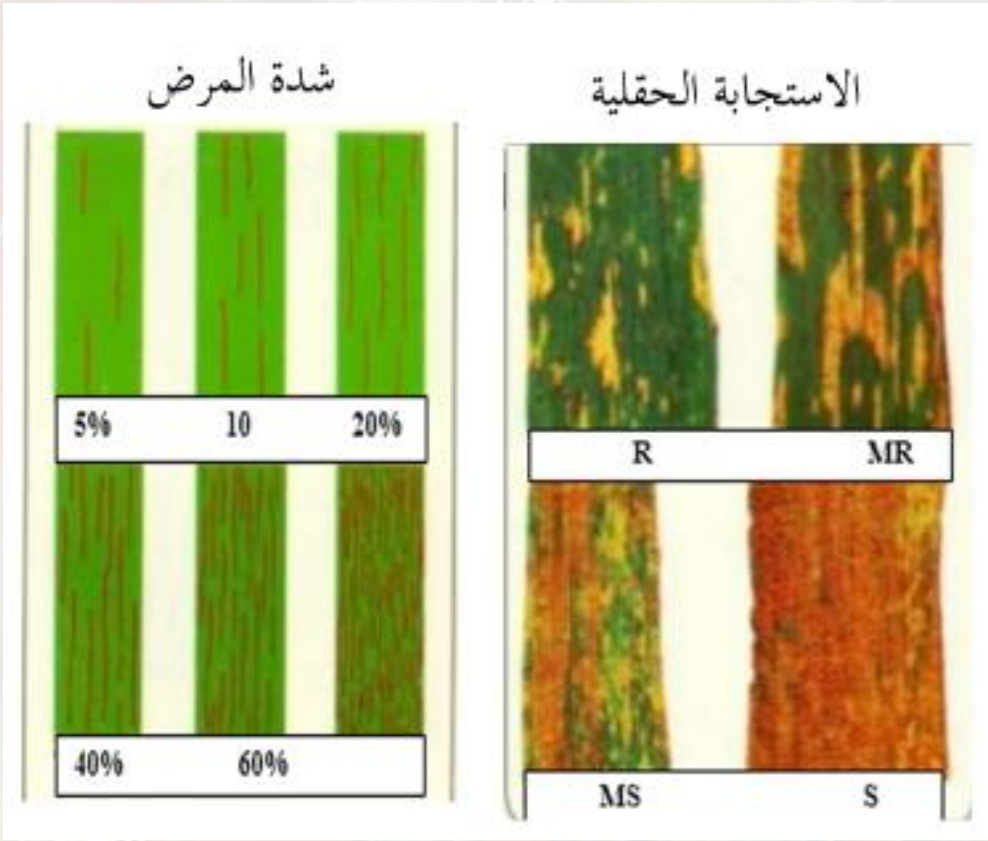
MS – الصنف متوسط القابلية للإصابة، تكون البثرات اليوريدية متوسطة الأبعاد وتحاط بهالة شاحبة أو من الأنسجة المتماوتة، ويكون تبوغ الفطر الممرض في البثرات متوسط إلى غزير.

M– الصنف متوسط أو مشترك ما بين متوسط المقاومة ومتوسط القابلية للإصابة.

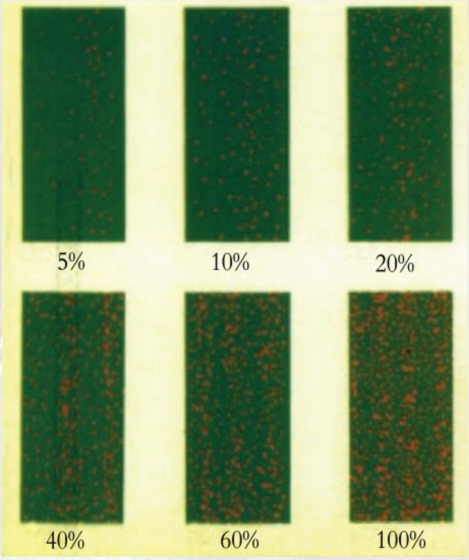
MSS – الصنف متوسط القابلية للإصابة إلى قابل للإصابة.

S– الصنف قابل للإصابة، تكون البثرات اليوريدية كبيرة ومحاطة بهالة شاحبة أو لا وجود للهالة الشاحبة، ويكون تبوغ الفطر الممرض في البثرات غزيراً.

TS– الصنف قابل للإصابة أثر، تكون البثرات اليوريدية على الأوراق كبيرة ومحاطة بهالة شاحبة أو لا وجود للهالة الشاحبة، ويكون تبوغ الفطر الممرض غزيراً في البثرات، إلا أن عدد البثرات على الأوراق محدود جداً.

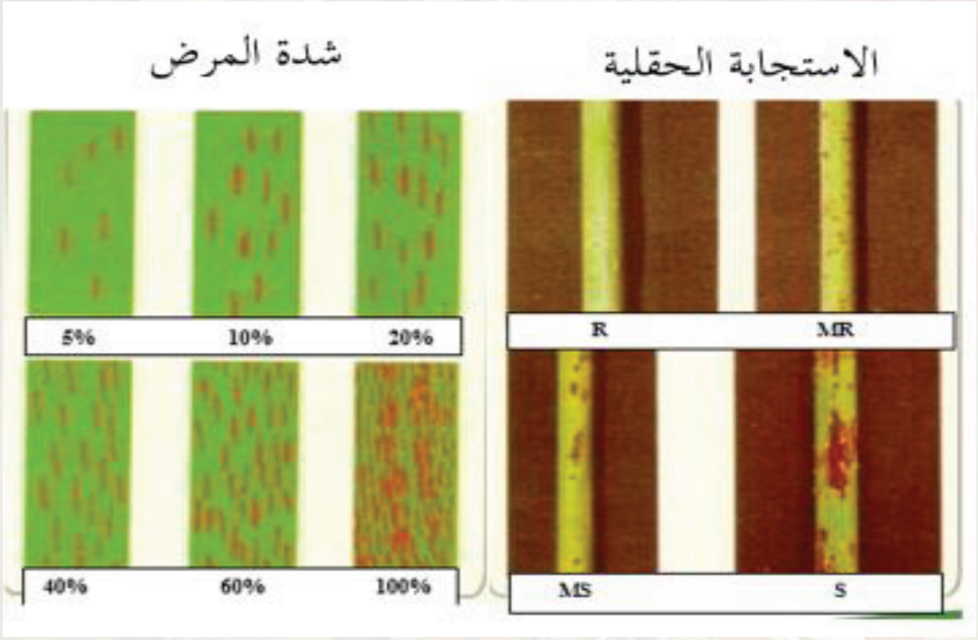


تقييم شدة إصابة أصناف القمح بمرض الصدأ الأصفر ودرجات تفاعلها مع الفطر الممرض



تقييم شدة إصابة أصناف القمح بمرض صدأ الورقة

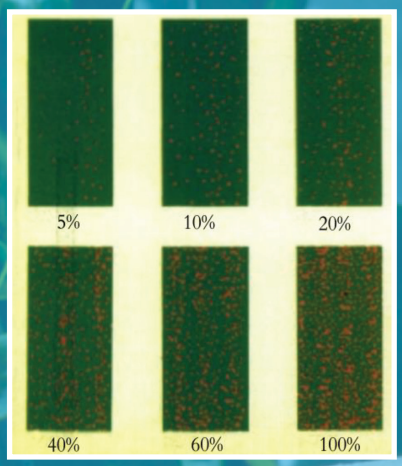
تقييم درجة تفاعل أصناف القمح مع الفطر المسبب لمرض صدأ الورقة



تقييم شدة إصابة أصناف القمح بمرض صدأ الساق ودرجات تفاعلها مع الفطر الممرض

تذكر أخي الفني والمزارع:

إن الإرشاد الزراعي في خدمتك، ولمزيد من المعلومات حول أمراض الصدأ على القمح وطرائق مكافحتها لا تتردد في الاتصال بأقرب وحدة إرشادية في منطقتك.


5%
10%
20%
40%
60%
100%