مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد ٤٠ العدد ٤ (٢٠٢٥): ١٢٧-١٤٢

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 40 No.4 (2025): 127-142

عزل وتوصيف الفطريات المسببة لأمراض التفحم على الذرة البيضاء وتقييم قابلية بعض الطرز الوراثية المدخلة والمزروعة للإصابة

ردينا غانم[1]* جودة فضول[2] محمد فواز العظمة[3]

[1]* عضو هيئة فنية- قسم وقاية النبات- كلية الهندسة الزراعية- جامعة تشرين.

[2 3] أستاذ دكتور- قسم وقاية النبات- كلية الهندسة الزراعية- جامعة دمشق.

الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى عزل وتعريف مسببات التفحم على نباتات الذرة البيضاء (Poaceae) في الحقول المزروعة بها في دمشق وريفها واختبار قدرتها على إحداث العدوى على عدة طرز وراثية مدخلة من الذرة البيضاء السكرية واثنين من الأصناف المحلية (رزينية ١٧ وذرة المكانس)، وقد بينت الدراسة وجود ٤ أنواع من التفحمات وهي التفحم المغطى Sporisorium sorghi الذي عزل من ذرة المكانس، والتفحم الرأسي Sporisorium reilianum والسائب Sporisorium cruentum من نباتات الرزين المصابة وأخيراً التفحم الطويل Sporisorium ehrenbergii من نباتات الذرة البيضاء السكرية والحبية المصابة، وقد أظهرت نتائج اختبار قابلية الأصناف للإصابة في الحقل خلال ثلاثة مواسم نمو أن نباتات ذرة المكانس والصنف رزينية ١٧ أصيبت بالتفحم المغطى فقط بينما لم تبد طرز الذرة السكرية أي أعراض للتفحم المغطى أو الرأسي أو السائب. كما تبين أن متوسط نسبة الإصابة وشدتها بالتفحم المغطى على نباتات رزينية ١٧ كانت أعلى بالمقارنة مع نباتات ذرة المكانس المصابة بفروق غير معنوية.

الكلمات المفتاحية: الذرة البيضاء، التفحم، قابلية الأصناف للإصابة، نسبة الإصابة، شدة الإصابة.

تاريخ الايداع:٢٠٢٣/٣/٦
تاريخ القبول: ٢٠٢٣/٥/٧

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص **CC BY-NC-SA 04**

Isolation and Characterization of Sorghum Smut Fungi and Assessment of Some Introduced and Local Sorghum Genotypes for Infection

Rudaina Ghanem[1]* Joudeh Faddoul[2] Mouhamad Fawaz Al-Azmah[3]

[1*]Teaching Assistant, faculty of Agriculture, Tishreen University.

[2 3]Professor in the Department of Plant Protection,Faculty of Agriculture, Damascus University.

Received: 6/3/2023
Accepted: 7/5/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

This study aimed to isolate and identify smut pathogens from infected sorghum plants (Poaceae) in its growing fields of Damascus and its countryside and test their ability to infect several introduced genotypes of sweet sorghum and the tow local cultivars (Razineah 17 and broom corn). The study showed that there are 4 types of smut: covered kernel smut (*Sporisorium sorghi*) that was isolated from infected broom corn plants, head smut (*Sporisorium reilianum*) and loose kernel smut (*Sporisorium cruentum*) from infected johnsongrass plants, finally long smut (*Sporisorium ehrenbergii*) from infected sweet and grain sorghum plants. The results of cultivars susceptibility test in the field during three growing seasons showed that plants of broom corn and Razineah 17 cultivars were infected only by covered smut, while all genotypes of sweet sorghum did not show any symptoms of covered kernel smut, head smut or loose smut. It was also found that the average of covered kernel smut incidence and severity on Razineah 17 plants were higher compared to smutted broom corn plants with non-significant differences.

Keywords: Sorghum, Smut, Susceptibility, Incidence, Severity

المقدمة والدراسات المرجعية:

تعد الذرة البيضاء sorghum bicolor [L.] moench ssp. Bicolor (Snowden, 1955) من المحاصيل الغذائية والعلفية ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة فهي تصنف في المرتبة الخامسة بعد القمح والأرز والذرة والشعير .(FAO, 2018; Rashwan, et al. 2021)، إذ تقدر المساحة المزروعة عالمياً ٤١ مليون هكتاراً، تنتج سنوياً حوالي ٦١ مليون طناً وتُعد الولايات المتحدة الأميركية من أكبر الدول المنتجة لهذا المحصول (FAO, 2021) حيث يستهلك جزء بسيط منه كغذاء للإنسان والجزء الأكبر يستخدم كمحصول علفي رئيسي، وبالمقابل تعتبر الغذاء الأساسي لحوالي خمسمائة مليون إنسان في أكثر من ثلاثين بلداً ضمن المناطق المدارية شبه الجافة خاصةً في القارة الإفريقية إضافةً لاستخدامها في تغذية الحيوانات.(Rooney and Waniska, 2000)

تمتاز الذرة البيضاء بأنها خالية من الغلوتين بصورة طبيعية إضافةً لغناها بعناصر مغذية عديدة وبشكل خاص أصناف الذرة البيضاء السكرية .(Sweet sorghum) Sorghum bicolor (L.) Moench ssp. Bicolor (synonym: Sorghum dochna var. saccharatum) والتي تتصدر محاصيل الحبوب الأخرى لتكون البديل الغذائي المناسب للأرز في العديد من البلدان بسبب تزايد معوقات إنتاجه وتكاليفه الباهظة مع ازدياد الطلب عليه(Rizvi *et al.,* 2021) ، كما أن قدرة الذرة البيضاء على تحمل ظروف الجفاف وملوحة الترب والعديد من الضغوط الحيوية وغير الحيوية جعلها محصول مثالي للأمن الغذائي العالمي Thilakarathna) (*et al.,* 2022 وبالإضافة لأهميته في مجال التغذية فإن له دور في الكثير من المجالات الصناعية مثل إنتاج الكحول الحيوي وإنتاج الميتان وإنتاج الورق ومواد الطلاء والمواد اللاصقة وكذلك في مجال الأسمدة (Hasibuan and Nazir, 2017; Dar *et al.,* 2018).

وبالرغم من أن المساحة المزروعة في بعض المناطق وخاصة في افريقيا كبيرة إلا أن إنتاجيتها منخفضة بسبب عدد من المؤثرات الحيوية وغير الحيوية حيث تعتبر الأمراض إحدى العوامل الحيوية الهامة (Kutama *et al.,* 2011) وتعد أمراض التفحم من بين أكثر هذه الأمراض تأثيراً في إنتاجية الذرة البيضاء لأنها تصيب الكثير من الأصناف التقليدية والمحسنة حيث يتركز الضرر على عثاكيل الذرة مما يحدّ من إنتاجية المحصول (حبوب الذرة) وقيمته التسويقية وبالتالي فقد تهدد الأمن الغذائي في المناطق التي تعتمد عليها كمحصول غذائي أساسي كما في غرب إفريقيا .(Louis *et al.,* 2007)

يوجد أربعة أنواع من فطور التفحم تصيب الذرة البيضاء وتسبب كل منها المرض (التفحم) بشكل مختلف (Frowd, 1980; Pande *et al.,* 1993; Marley, 2004)، وجميعها تتبع الجنس Sporisorium والفصيلة Ustilaginaceae من الرتبة Ustilaginales والصف Basidiomycetes من شعبة الفطريات الدعامية Basidiomycota (فضول ونفاع ٢٠٠٦)؛ (Cai *et al.,* 2011; Toh and Perlin, 2016) وهي مسجلة في القطر العربي السوري بحسب التقرير الوطني عن التنوع البيولوجي للموارد الوراثية للأغذية والزراعة بدولة الجمهورية العربية السورية لعام ٢٠١٦.

ينتج التفحم الحبي المغطى Covered Kernel Smut عن النوع (Sporisorium sorghi Ehrenb. ex Link, syn. Sphacelotheca sorghi (Ehrenb. ex-Link) إذ تحدث العدوى بصورة جهازية في مرحلة البادرة عن طريق الحبوب الملوثة بالأبواغ التيلية حيث تنبت عند توفر الظروف المناسبة بالتزامن مع إنبات حبوب الذرة البيضاء وتعطي دعامة أولية من ٤ خلايا تتشكل عليها السبوريدات والتي تنبت بدورها وتتشكل المشيجة الثنائية وتخترق البادرة النامية تحت سطح التربة، ثم تنمو مشيجة الفطر جهازياً داخل البادرة ملازمةً للقمة النامية حتى موعد خروج النورات الزهرية، عندها يهاجم الفطر الحبوب أثناء تشكلها، ويحولها إلى كتلة من الأبواغ التيلية (Gwary *et al.,* 2009) وتتزايد الإصابة في الترب الرطبة وبدرجة حرارة مابين ١٥.٥°س –

٣٢°س (Schwartz *et al.,* 2005) ويعتبر التفحم المغطى من أكثر أمراض الذرة البيضاء أهمية لانتشاره في جميع مناطق زراعتها على اختلاف طبيعتها الجغرافية مسبباً خسائر حادة في الإنتاج وبشكل خاص عندما تكون الظروف ملائمة للعدوى وعند عدم اتخاذ إجراءات لمكافحة المرض.(Yilma and Brehane, 1979; Doggett, 1988; Thakur *et al.,* 2010)

وهناك التفحم الرأسي (Head Smut) الذي يسببه الفطر Sporisorium reilianum (J.G. Kühn) (synonym: Sphacelotheca reiliana (J.G. Kühn) Clinton) كما ويوجد تحت نوعين شكليين (formae speciales) الأول يصيب الذرة الصفراء بشراسة لكن لا يؤدي لتفحم الرأس (العثاكيل) فيما لو أصاب الذرة البيضاء Sphacelotheca reiliana f.sp. Zeae والآخر يصيب الذرة البيضاء بشدة وبالمقابل لا ينتج أبواغ على نباتات الذرة الصفراء Sphacelotheca reiliana f. sp. reiliana (Halisky, 1963; Zuther *et al.,* 2012) وتصاب النباتات بالتفحم الرأسي في مرحلة البادرة بواسطة البذور أو التربة الملوثة بأبواغ الفطر التيلية وبنفس آلية حدوث التفحم المغطى حيث تبقى مشيجة الفطر ملازمة للقمة النامية حتى موعد تشكل النورات الزهرية حيث يتحول العثكول بالكامل إلى كتلة كبيرة من التفحم محاطة بغشاء أبيض يتمزق بسهولة لتنطلق كتلة من الأبواغ التيلية السوداء التي كانت ممتزجة مع شبكة من الخيوط الطويلة الرفيعة الداكنة من بقايا الأوعية الناقلة والتي تشبه المكنسة، وقد تترافق الإصابة مع تقزم أو تأخر في النمو لدى بعض الأصناف.(Zuther *et al.,* 2012)

وكذلك هناك التفحم السائب (Loose kernel Smut) الذي يسببه الفطر Sporisorium cruentum (J.G. Kühn) (synonym: Sphacelotheca cruenta) الذي يعتبر أيضاً أحد أمراض التفحم الهامة على الذرة البيضاء وتحدث العدوى عن طريق البذور الملوثة بالأبواغ التيلية بنفس آلية حدوث التفحم المغطى، إلا أنه أقل انتشاراً (Kutama *et al.,* 2011) وتؤدي الإصابة إلى انخفاض في إنتاج الحبوب بسبب استبدالها بالأكياس البوغية للفطر، وكذلك العثاكيل السليمة أقل إضافة إلى تقزم النبات المصاب وبالتالي تأثر إنتاجية المجموع الخضري، وبشكل عام فإن نسبة حدوثه أقل من التفحم المغطى والرأسي وقد سجلت دراسات مبكرة خسارة في الإنتاجية تراوحت بين ٢-٤٠٪ بسبب التفحم السائب في مناطق زراعة الذرة البيضاء في افريقيا (King, 1972) كما تراوحت الإصابة بين ١-٢٠٪ في نيجيريا .(Marley and Aba, 1999) وأخيراً التفحم الطويل Long smut الناتج عن الفطر Sporisorium ehrenbergii (J.G. Kühn) (synonym: Tolyposporium ehrenbergii (J.G. Kühn)) وخلافاً للتفحمات السابقة فهو منقول بالهواء إذ تحدث العدوى في مرحلة الاشطاء (booting stage) وحتى ظهور البراعم الزهرية (anthesis) وليس بعد ذلك (Hassan *et al.,* 1970; Kollo, 2000) حيث يدخل البوغ التيلي المنقول بالهواء إلى الإشطاء وينبت ليعطي سبوريدات والتي بدورها تصيب السنيبلات منفردة (سعد الدين وآخرون ٢٠٠٤) وتظهر الأعراض على قمة النبات بعد ١١ – ١٤ يوم من العدوى بشكل أكياس بوغية اسطوانية متطاولة ومنحنية قليلاً، وتكون الإصابة بالتفحم الطويل أكثر حدة في السنوات الجافة وقد يسبب خسائر في الإنتاج تتراوح من ٢٠-٦٠ % (Parlak and Karaca, 1976; Prom *et al.,* 2014).

أشارات الكثير من الدراسات السابقة إلى أهمية أمراض التفحمات على جميع المحاصيل الحبية ومنها الذرة البيضاء الذي ازداد الطلب عليه في الأسواق العربية المجاورة والعالمية خاصةً في المناطق البعلية وفي ظل محدودية مياه الري في بلدنا وقلة احتياجه المائي مقارنةً مع محاصيل حقلية أخرى تبرز إمكانية التوسع في زراعته كمحصول ملائم في المناطق الجافة حيث يحتاج إلى نصف عدد الريات اللازمة لمحصول صيفي آخر مثل الذرة الصفراء مما يتيح لنا إمكانية الاستثمار الأمثل للمياه المتاحة بشكل محدود في التربة.

كما وتعتبر مجموعة أصناف الذرة البيضاء السكرية Sweet Sorghum من الأصناف الجديدة الواعدة لكونها تمثل جيلاً جديداً من محاصيل الطاقة الحيوية، حيث تحوي ساق النبات على السكريات بنسبة ١٠-١٥ % (وهذا مشابه لنسبة السكر في سوق قصب السكر)، فبعد أن يتم استخلاص العصارة السكرية من السوق يمكن استخدام البقايا كعلف للحيوانات أو تحول إلى كومبوست أوتستخدم لتوليد الطاقة. ومع كل هذه الميزات يظهر هذا المحصول كبديل مثالي لإنتاج السكر وتوليد الطاقة الحيوية وتغذية الحيوانات وغيرها، وهنا في هذا البحث نحاول دراسة كيفية وقاية هذا المحصول من أمراض التفحمات التي تسبب خسائر هامة في معدل إنتاجه وذلك من خلال التعرف على المسببات الممرضة وقابلية الأصناف للإصابة بها .

المواد والطرائق:

١ - العينات النباتية:

تمت الاختبارات على عدة أصناف من الذرة البيضاء السكرية المدخلة sweet sorghum (المدخل ٤ -٦ -٧ -٩ -١١) هندية المصدر والصنف السوري (رزينية ١٧) إضافة لذرة المكانس Sorghum vulgare var. technicum (Körn.) والتي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

٢ -عينات الفطر الممرض:

جمعت الأبواغ التيلية لفطور التفحم السائب والرأسي من نباتات الرزين (Sorghum halepense) المصابة بصورة طبيعية من مزرعة أبي جرش، وبالنسبة للتفحم المغطى وجدت عينة من ذرة المكانس (Sorghum vulgare var. technicum) مصابة بالتفحم المغطى في منطقة جيرود خلال صيف ٢٠١٥. أما التفحم الطويل فقد ظهرت الإصابة بصورة تلقائية على عثاكيل الذرة البيضاء الحبية والسكرية التي كانت تزرع سنوياً في مزرعة أبي جرش بهدف انتخاب أفضل الأصناف واعتمادها للزراعة.

وضعت العينات النباتية في مغلفات ورقية حتى جفت بشكل كامل بدرجة حرارة الغرفة وكتب على كل منها نوع النبات والأعراض ومكان وتاريخ الجمع، ثم أخذت الأبواغ التيلية من كل عينة ووضعت في طبق بتري ووضعت في البراد. وتم تعريف عينات فطور التفحم التي جمعت من نباتات مصابة بصورة طبيعية من خلال الصفات الشكلية للأبواغ التيلية من كل عينة بالفحص تحت عدسة مجهر مركب مزودة بمسطرة لقياس الأبعاد وسجلت أبعاد الأبواغ ومواصفاتها كذلك مواصفات الكيس البوغي والأعراض واعتمد عليها لتعريف عينات التفحم وذلك بحسب المفتاح التصنيفي الذي استخدمه Vánky وAbbasi (٢٠١٣) والذي يعتمد على تصنيف العائل النباتي. وتم تسمية العينات كما هو موضح بالجدول (١).

جدول (١): أسماء عينات التفحم التي جمعت من نباتات الجنس Sorghum مصابة بصورة طبيعية.

B	عينة الأبواغ التيلية المأخوذة من ذرة مكانس وتبدي أعراض التفحم المغطى
S	عينة الأبواغ التيلية المأخوذة من الرزين وتبدي أعراض التفحم السائب
A	عينة الأبواغ التيلية المأخوذة من الرزين وتبدي أعراض التفحم الرأسي
L	عينة الأبواغ التيلية المأخوذة من الذرة السكرية وتبدي أعراض التفحم الطويل

٣- عزل فطور التفحم:

أخذت الأبواغ التيلية التي جمعت من كل نوع من عينات التفحم وعقمت أولاً بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم التجاري تركيزه ٠.٢٥ % لمدة ٣ دقائق يتبعها عملية تثفيل ليتم جمع الأبواغ مجدداً بسرعة 13000 rpm مدة دقيقة واحدة ثم غسلت بماء مقطر معقم مرة واحدة ثم ثفلت تبع ذلك تعقيم بالكحول ١٪ مدة ٣ دقائق ثم غسلت مرتين بإضافة الماء المقطر المعقم ثم ثفلت، وفي النهاية تم تحضير سلسلة تراكيز مخففة من المعلقات البوغية باستخدام ماء مقطر معقم وزرعت الأبواغ من المعلق الأقل تركيز ٥-١٠ على وسط أغار الماء (20 غرام أغار مضافة إلى لتر ماء مقطر) وحضنت ٢٠ ساعة على حرارة ٢٨°س ثم فحصت الأطباق تحت المكبرة داخل غرفة العزل ضمن ظروف عقيمة وأخذت منها أبواغ نابتة مفردة باستخدام أنابيب باستور الزجاجية إلى أطباق بتري جديدة فيها وسط آغار البطاطا والدكستروز PDA التي أضيف لها penicillin بمقدار ٣٠ مغ/لتر و streptomycin بمقدار ٢٠٠ مغ/لتر. وحضنت أسبوع على حرارة ٢٨°س للحصول على مزارع وحيدة البوغ ثم أعيد نشرها على أطباق PDA جديدة لحفظ العزلات حسب (moharam, *et al.,* 2012).

٤- اختبار قابلية الطرز الوراثية للاصابة:

نفذت التجارب خلال الفترة بين ٢٠١٦ و٢٠١٨ على مدى ثلاثة مواسم في الأرض الزراعية ضمن حرم كلية الزراعة في دمشق والتي تقع عند التقاء خط عرض (٣٣.٣٣ درجة شمال) ، وخط طول (٣٦.١٨ درجة شرق) ، وارتفاع ٦٩٠ متر وهي منطقة استقرار رابعة حيث تمت الزراعة بين شهر أيار وحزيران من كل موسم الجدول (٢).

الجدول (٢): المعاملات التجريبية للاختبارات الحقلية خلال مواسم البحث الثلاثة.

الموسم	الأصناف المستخدمة	مصادر العدوى	معدل العدوى	المرجع
٢٠١٦	**سكرية مدخل ٤- رزينية ١٧**	B+S+A	**٢ بالألف (وزن/وزن)**	**Abera and Alemayehu,2012**
٢٠١٧	**سكرية مدخل ٦ -٧ -٩ -١١** **رزينية ١٧ – ذرة مكانس**	B	**٣ بالألف (وزن/وزن)**	**moharam, *et al.*, 2010**
٢٠١٨	**رزينية ١٧ – ذرة مكانس**	B+A	**٥ بالألف (وزن/وزن)**	**moharam, *et al.*, 2012**

5- خطوات العدوى الصنعية:

عقمت بذور الأصناف المستخدمة سطحياً باستخدام الكحول ٧٠٪ لدقيقة واحدة تبعها غسل بماء معقم ثم نقعت لمدة ٦ ساعات وجففت هوائياً قبل خلطها بالأبواغ التيلية للعينات (B-S-A) (محمود وآخرون ٢٠١٩) باستخدام معدلات مختلفة للعدوى كما يوضح الجدول (٢) واستخدمت بذور غير معداة كشاهد، وقد تمت زراعة الحبوب يدوياً في الحقل بعد حراثة الأرض في سطور (طول السطر ٤م) على عمق ٢ سم وتركت مسافة ٥٠ سم بين السطر والآخر و٢٥ سم بين النبات والآخر ضمن السطر الواحد

وزرعت الطرز الوراثية بمعدل ٥ سطور لكل طرز ضمن قطعة تجريبية وكان لكل معاملة ثلاث قطع تجريبية، وصممت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية.

وقد تم ري النباتات بالراحة خلال كامل مراحل النمو حسب احتياجات المحصول المائية تقريباً ٦ ريات، وفي نهاية الموسم تم تحديد نسبة الاصابة وشدتها حيث يعتبر النبات مصاب إذا وجد كيس بوغي واحد على الأقل في العثكول وحسبت نسبة الاصابة بالمعادلة التالية (Marley and Aba, 1999):

نسبة الإصابة = عدد النباتات المصابة × ١٠٠/ عدد النباتات الكلي.

كذلك حسبت شدة الإصابة بالمعادلة التالية (McKinney, 1923):

شدة الإصابة = مجموع (عدد النباتات في كل درجة × قيمة الدرجة) × ١٠٠/ العدد الكلي× قيمة أعلى درجة

بالاعتماد على سلم للإصابة من خمس درجات (moharam, *et al.,* 2012) كالتالي:

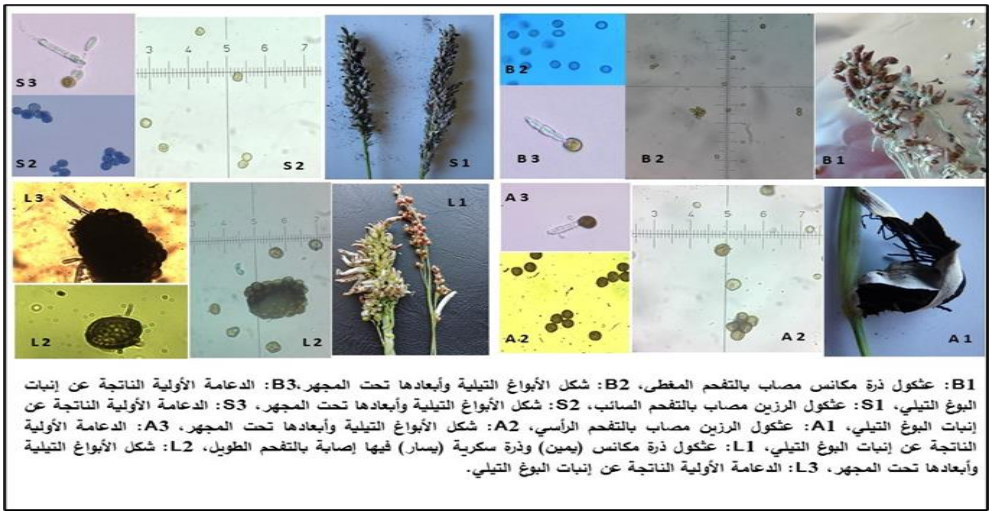
القليل من النورات الزهرية متفحم (١) ، ٢٥٪ –٥٠٪ متفحم (٢) ، ٥٠٪ –٧٥٪ متفحم (٣) ، القليل سليم (٤).

النتائج والمناقشة:

١- عزل فطور التفحم على الذرة البيضاء وتحديد المواصفات الشكلية:

اعتماداً على المفتاح التصنيفي الذي استخدمه Vánky وAbbasi (٢٠١٣) عرفت العينة B بأنها Sporisorium sorghi حيث وجد أكياس بوغية على عثاكيل ذرة المكانس Sorghum vulgare بلون بني بيضاوية الشكل متطاولة ذات غلاف متماسك يتراوح طولها من ٣ –٧ ملم وعند فحص الأبواغ التيلية تحت المجهر كان قطرها ٥ µm، كروية الشكل، ملساء، بلون بني فاتح وأعطت عند إنباتها دعامة مقسمة لأربع خلايا ثم أعطت سبوريدات جانبية الشكل (١)، وهذه الصفات توافق صفات الفطر Sporisorium sorghi Ehrenb. ex Link, Linné's Species Plantarum, Ed. 4, 6(2): 86, 1825 والذي عرف بتسميات أخرى الجدول (٣)، وهو مسجل على أنواع الذرة البيضاء المختلفة S. bicolor، S. cernuum، S. halepense، S. Caffrorum، S. dochna و S. sudanense (Thakur, *et al.,* 2010).

بينما عرفت العينة S بأنها Sporisorium cruentum فالأبواغ التيلية كانت كروية ملساء بلون بني فاتح قطرها ٧.٥ –٩ µm عند فحصها تحت عدسة المجهر والأكياس البوغية حلت مكان البذور في جميع السنيبيلات ذات غشاء أبيض وردي يتمزق بسهولة فتخرج كتلة الأبواغ التيلية لتغطي الاكياس البوغية من الخارج، أنتجت الأبواغ التيلية عند إنباتها على وسط آغار الماء دعامة مقسمة لأربع خلايا الشكل (١) وهذا يتوافق مع صفات الفطر Sporisorium cruentum (J.G. Kühn) Vánky, Symb. Bot. Upsal. 24(2): 115, 1985a. المذكورة والذي عرف بتسميات أخرى الجدول (٣) وقد سجل على نباتات الذرة البيضاء Sorghum bicolor (L.) Moench (Poaceae) في مصر (Moharam, 2018) وتسجيل لمرة واحدة في ايران (Khabiri,1956) كما أنه مسجل على الرزين Sorghum halepense (L.) Pers. وأنواع أخرى من الجنس Sorghum (Anitha, *et al.,* 2020).



B1: عثكول ذرة مكانس مصاب بالتفحم المغطى، **B2**: شكل الأبواغ التيلية وأبعادها تحت المجهر.**B3**: الدعامة الأولية الناتجة عن إنبات البوغ التيلي، **S1**: عثكول الرزين مصاب بالتفحم السائب، **S2**: شكل الأبواغ التيلية وأبعادها تحت المجهر، **S3**: الدعامة الأولية الناتجة عن إنبات البوغ التيلي، **A1**: عثكول الرزين مصاب بالتفحم الرأسي، **A2**: شكل الأبواغ التيلية وأبعادها تحت المجهر، **A3**: الدعامة الأولية الناتجة عن إنبات البوغ التيلي، **L1**: عثكول ذرة مكانس (يمين) وذرة سكرية (يسار) فيها إصابة بالتفحم الطويل، **L2**: شكل الأبواغ التيلية وأبعادها تحت المجهر، **L3**: الدعامة الأولية الناتجة عن إنبات البوغ التيلي.

الشكل (١): الصفات الشكلية للأبواغ التيلية والأكياس البوغية لعينات التفحمات الأربعة المختبر

المصدر: العينات المصابة بالتفحم التي جمعت خلال البحث وتم تحديد مواصفات الأبواغ الشكلية

وبالنسبة للعينة A وجد كيس بوغي طويل واحد مكان العثكول بأكمله ذو غشاء أبيض رمادي أعطى عند تمزقه كتلة من الأبواغ التيلية ذات لون أسود أو بني مسود إضافة لمجموعة من الخيوط الطويلة المتعرجة والتي تشبه المكنسة ضمن الكيس البوغي وأوضح الفحص المجهري للأبواغ التيلية أنها ذات شكل بيضاوي غير منتظم سطحها غير أملس وبلون بني داكن وتراوح قطرها من ١٠ – ١٢.٥ µm وبناءً عليه عرفت العينة A بأنها Sporisorium reilianum (J.G. Kühn) Langdon & Full., Mycotaxon 6: 452, 1978. الذي عرف أيضاً بأسماء أخرى الجدول (٣) وهو مسجل على أنواع الذرة البيضاء Sorghum bicolor و S. halepense و S. vulgare وأيضاً نباتات الذرة الصفراء Zea mays (Ramasamy, *et al.,* 2007; Anitha, *et al.,* 2020).

أما بالنسبة للعينة L فقد وجد أعداد قليلة متفرقة من الأكياس البوغية الاسطوانية الطويلة وكل كيس بوغي تشكل مكان حبة واحدة، وكانت ذات غشاء بني مصفر مائل للأبيض أنتج عند تمزقه أبواغ تيلية بلون بني مسود غير منتظمة الشكل وغير ملساء قطرها ١٢.٥ µm وبالتالي عرفت العينة L بأنها Sporisorium ehrenbergii (J.G. Kühn) Vánky, Mycotaxon 38: 270, 1990 الذي كان له التسميات أخرى الجدول (٣) وهو مسجل على أنواع الذرة البيضاء Sorghum bicolor (L.) Moench و S. vulgare (Anitha, *et al.,* 2020).

٢- قابلية الطرز الوراثية للعدوى بأمراض التفحم:

تم اختبار قابلية عدة طرز من الذرة البيضاء (الجنس Sorghum) للإصابة بأبواغ التفحم لكل من S. sorghi و S. cruentum و S. reilianum التي عزلت من نباتات (الجنس Sorghum) مصابة بصورة طبيعية خلال ثلاث مواسم ٢٠١٨-٢٠١٧-٢٠١٦ وبحسب البيانات الموضحة في الجدول(٤) فقد اختلفت الطرز المختبرة في الاستجابة للعدوى حيث ظهرت أعراض الإصابة بالتفحم المغطى على نباتات الصنف رزينية ١٧ وذرة المكانس فقط بينما لم تبد نباتات الذرة البيضاء السكرية خلال المواسم الثلاث أي

أعراض للإصابة بأبواغ انواع التفحم الثلاثة المختبرة وقد يكون السبب كما أظهرته عدة أبحاث إلى أن أصناف الذرة البيضاء تتباين كثيراً في استجابتها للعدوى بأبواغ التفحم فقد وجد Mahmoud وآخرون (٢٠١٨) أن صنف جيزة ١٥ قابل للإصابة بشدة حيث سجلت عليه أعلى نسبة إصابة وقدرها ٩٣.٢٥٪ وأعلى شدة إصابة وقدرها ٢٢.٩٣٪ وكان الصنف دورادو متوسط القابلية للإصابة بينما اعتبر الصنف شندويل ٣٠٦ متوسط المقاومة بنسبة إصابة قدرها ١٧.٥٠٪ وشدة إصابة ٣.٦٣٪، كما أظهرت اختبارات العدوى بالتفحم المغطى على ١٢ صنف من الذرة البيضاء (أصناف محلية ومحسنة) أن الصنف Tetron ذو مقاومة عالية للإصابة بينما تباينت بقية الأصناف المختبرة في متوسط نسبة حدوث الإصابة التي كانت بين ٢١٪-٤٧٪ وفي متوسط شدة الإصابة التي كانت بين ٤٠٪-٥٣٪ (Abera and Alemayehu, 2012) وقد سجلت نتائج مشابهة لذلك في وقت مبكر (Abbas 1991; Mirza *et al.,* 1982).

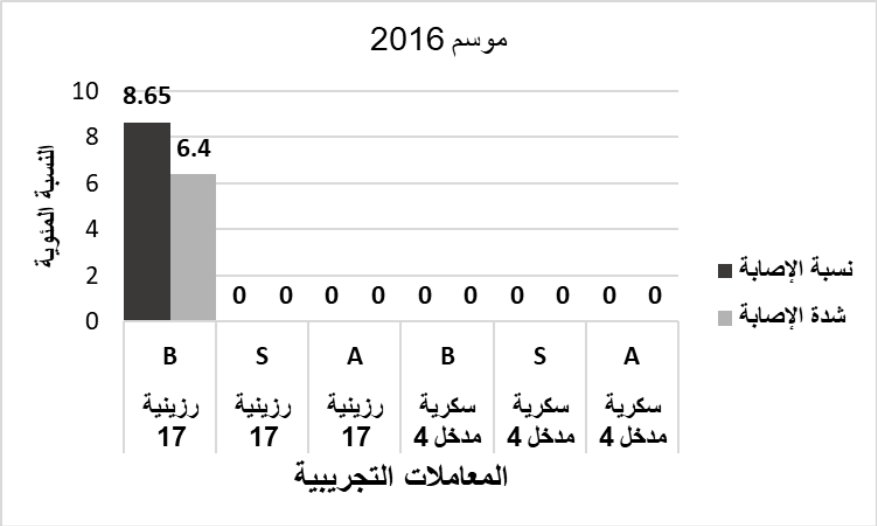
وبالاعتماد على نتائج الإصابة في الحقل سجلت نسبة الإصابة بالتفحم المغطى B على نباتات الطراز رزينية ١٧ خلال المواسم الثلاث بمتوسط قدره ٨.٦٥٪، ١١.٤٦٪، ١٤.٦١٪ على التوالي من ٢٠١٦ حتى ٢٠١٨ وكان متوسط شدة الإصابة ٦.٤٪، ٨.٩٪، ١٢.٣٪ على التوالي، بينما تم اختبار قابلية الاصابة على نباتات ذرة المكانس خلال الموسمين ٢٠١٧ و٢٠١٨ فقط وكان متوسط نسبة الاصابة بالتفحم المغطى خلال الموسمين ٨.٤٩٪، ١٢.٩٢٪ على التوالي ومتوسط شدة الإصابة ٧.٨٪، ١٠.١٣٪ على التوالي.

وقد أظهرت النتائج أن متوسط نسبة الإصابة بالتفحم المغطى B وشدتها كانت أعلى في الطراز رزينية١٧ مقارنةً مع ذرة المكانس دون فروق معنوية عند مستوى ثقة ٩٣٪ وذلك في كل من الموسمين ٢٠١٧ و ٢٠١٨ حيث كان متوسط نسبة الإصابة وشدتها في الرزينية١٧ موسم ٢٠١٧ (١١.٤٦% - ٨.٩٪ على التوالي) بينما كان متوسط نسبة الإصابة على ذرة المكانس وشدتها خلال موسم ٢٠١٧ (٨.٤٩٪ - ٧.٨٪ على التوالي) الشكل (٣) أما في موسم ٢٠١٨ الشكل (٤) كانت نسبة الإصابة وشدتها على الذرة رزينية١٧ (١٤.٦١٪ - ١٢.٣٪ على التوالي) بينما كان متوسط نسبة الإصابة وشدتها على ذرة المكانس (١٢.٩٢٪ ١٠.١٣٪ على التوالي) وقد يعزى ذلك لكونها من الأصناف القصيرة ومبكرة النضج وهذا ما وجده Okongo وآخرون (٢٠١٩) عند مسح ١٠٠ حقل من حقول الذرة البيضاء في ست محافظات في كينيا، حيث وجد أن معدل الإصابة بالتفحم المغطى كانت أعلى في الأصناف الأقصر والمبكرة النضج مقارنةً مع الأصناف الأخرى.

كذلك لوحظت زيادة في كل من نسبة الإصابة بالتفحم المغطى وشدتها في كل من ذرة المكانس والذرة الرزينية١٧ في الموسم ٢٠١٩ مقارنة مع الموسمين السابقين لنفس الصنف دون فروق معنوية على مستوى ثقة ٩٣٪ وقد يعود هذا الأمر إلى زيادة معدل اللقاح بأبواغ التفحم إلى ٠.٥٪ (وزن أبواغ/وزن حبوب) بدلاً من ٠.٣٪ (وزن أبواغ/وزن حبوب) كما بينت نتائج صالح وآخرون (٢٠١٢) حيث ارتفعت نسبة الإصابة بالتفحم المغطى مع زيادة نسبة اللقاح بالأبواغ التيلية (وزن أبواغ/وزن حبوب)وهذا ما أكدت عليه أيضاً نتائج Mahmoud وآخرون (٢٠١٨) ، ذلك لأن الزيادة في عدد الأبواغ التيلية في اللقاح سيزيد من فرصة وجود الأبواغ النشطة في وضع ملائم لحدوث التهجين بين السبوريدات المتوافقة معاً وتشكل الميسيليوم المعدي القادر على اختراق البشرة الخارجية للنبات العائل والتطفل عليه وبالتالي حدوث العدوى (Al-Sohaily, 1960).

وبالمقابل لم تكن أبواغ التفحم السائب والرأسي المأخوذة من نباتات الرزين المصابة بالتفحم قادرة على إحداث الإصابة على أيٍ من الطرز المختبرة وعلى مدى المواسم الثلاثة الشكل (٤-٣-٢)، وكما أشارت عدة أبحاث فإن ذلك يعزى إلى وجود طرز مرضية

Pathotype ضمن النوع الواحد وهي إحدى ميزات أنواع فطريات التفحم (بلال وآخرون ٢٠١٤) حيث تم تعريف الطرازين الجديدين P5 وP6 بين عزلات التفحم الرأسي التي جمعت في جنوب تكساس عام ٢٠١١ إضافة للطرز المرضية P1 و P2 و P3 و P4 وذلك بعد التعرف على الأعراض المرضية التي تبديها مجموعة من الأصناف التفريقية بعد إجراء العدوى عليها بطريقة الحقن بالسيرنغ إضافة لتطبيق تقنية AFLP على عزلات التفحم الرأسي المختبرة (Prom, 2011) ولاحقاً اختبر Ahn وآخرون (٢٠٢٢) الطراز المرضي P5 على ٣٦ صنف من الذرة البيضاء (Sorghum) لم تختبر استجابتها للإصابة به سابقاً إضافة لصنفين من الرزين وباستخدام عدة طرائق للعدوى فكانت طريقة الحقن بالسيرنغ هي الأفضل فقد زادت نسبة حدوث (نجاح) العدوى من ١٪ عند العدوى بصورة طبيعية إلى ٤٤٪-٥٥٪ عند العدوى بطريقة الحقن بالسيرنغ في الأصناف الستة والثلاثون المختبرة بينما تظهر أعراض الإصابة على صنفي الرزين. وبنفس الإطار لم تنجح العدوى بأبواغ التفحم السائب التي جمعت من نباتات رزين مصابة في إحداث العدوى على ٤ أصناف من Sorghum vulgare و٣ أصناف من Sudangrass بينما ظهرت الإصابة على ٦٠٪ من نباتات الرزين المختبرة وذلك باستخدام طريقة السوق المقطوعة للعدوى (Massion and Lindow, 1986).



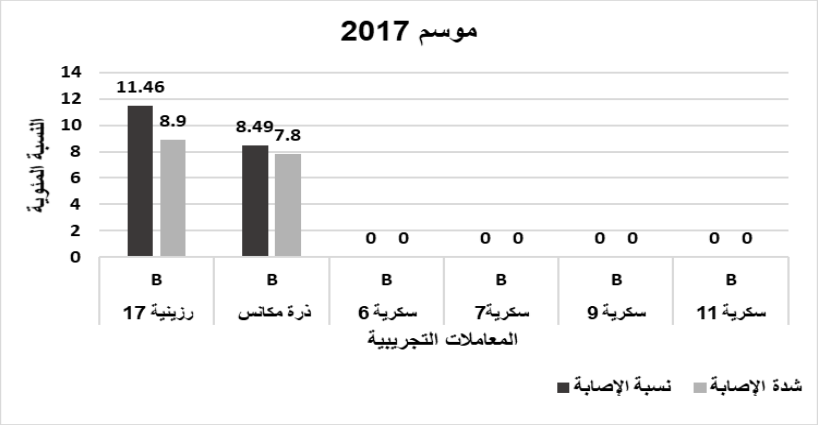
الشكل (٢): مخطط نتائج العدوى الصنعية لمدخلات الذرة السكرية والرزينية خلال ٢٠١٦.

الجدول (٤): قابلية إصابة أصناف الذرة البيضاء المختبرة بأمراض التفحم المغطى والسائب والرأسي.

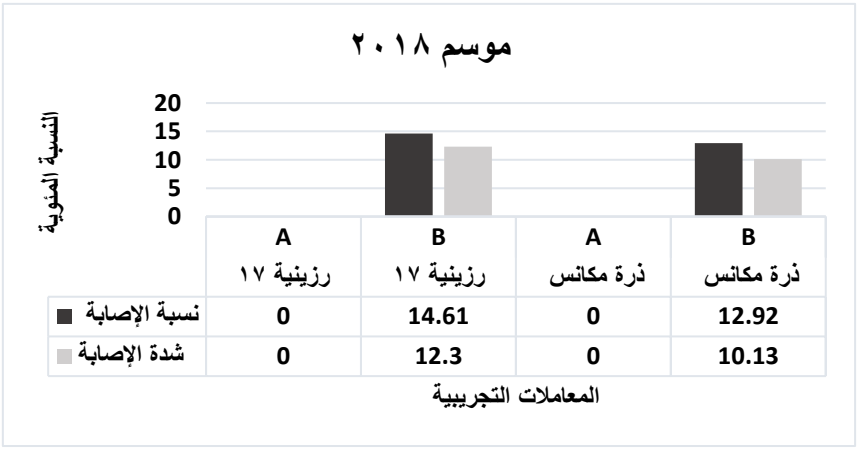
الموسم	الأصناف التي لم تصب بالتفحم	الأصناف التي أصيبت بالتفحم المغطى
٢٠١٦	سكرية مدخل ٤	رزينية ١٧
٢٠١٧	سكرية مدخل ٦ -٧ -٩ -١١	رزينية ١٧- ذرة المكانس
٢٠١٨	لا يوجد	رزينية ١٧- ذرة المكانس

الجدول (٣): التسميات الأخرى لأنواع التفحم الأربعة التي تصيب الذرة البيضاء حسب Vánky وAbbasi (٢٠١٣)

التسميات الأخرى	التصنيف المعتمد
Sphacelotheca sorghi (Ehrenb. ex Link) G.P. Clinton 1902. *Cintractia sorghi* (Ehrenb. ex Link) Hirschh. 1939b. *Ustilago sorghicola* Speg. 1902. *Sphacelotheca sorghicola* (Speg.) Zundel 1930b. *Tilletia sorghi-vulgari*s Tul. & C. Tul. 1847. *Cintractia sorghi-vulgaris* (Tul. & C. Tul.) G.P. Clinton 1897. *Ustilago tulasnei* J.G. Kühn 1874 (nom. nov. superfl. pro T. orghi-vulgaris)	*Sporisorium sorghi* Ehrenb. ex Link, Linné's Species Plantarum, Ed. 4, 6(2): 86, 1825
Ustilago cruenta J.G. Kühn 1872. *Sphacelotheca cruenta* (J.G. Kühn) Potter 1912. *Ustilago sorghi Passerini*, in Thümen 1873. *Endothlaspis sorghi* Sorokin 1890. *Cintractia sorghi* (Sorokin) de Toni, in Sacc. 1888. *Sphacelotheca sorokiniana* (Sorokin) Cif. 1928 (nom. nov.). *Sphacelotheca holci* H.S. Jacks. 1934 (n.v.)	*Sporisorium cruentum* (J.G. Kühn) Vánky, Symb. Bot. Upsal. 24(2): 115, 1985.
Ustilago reiliana J.G. Kühn, in Rabenhorst 1875. *Cintractia reiliana* (J.G. Kühn) Clinton 1900. *Sphacelotheca reiliana* (J.G. Kühn) Clinton 1902. *Sorosporium reilianum* (J.G. Kühn) McAlpine 1910. *Ustilago holci-sorghi* Rivolta 1873 (nom. dub.). *Sphacelotheca holci-sorghi* (Rivolta) Cif. 1938. *Sorosporium holci-sorghi* (Rivolta) Moesz 1950. *Sporisorium holci-sorghi* (Rivolta) Vánky 1985. *Ustilago reiliana* J.G. Kühn f. zeae Pass., in Rabenhorst 1876. *Ustilago pulveracea* Cooke 1876. *Ustilago abortifera* Speg. 1899. *Sorosporium simii* Pole-Evans 1916. *Ustilago reiliana f. sorghi* Geschele 1927 (nom. nud.). *Sorosporium holci-sorghi f. sorghi* (Geschele) Săvul. 1957 (comb. illegit.).	*Sporisorium reilianum* (J.G. Kühn) Langdon & Full., Mycotaxon 6: 452, 1978.
Sorosporium ehrenbergii J.G. Kühn 1877. *Tolyposporium ehrenbergii* (J.G. Kühn) Pat. 1903. *Tolyposporium filiferum* Busse 1905. *Sorosporium filiferum* (Busse) Zundel 1930. *Sorosporium andropogonis-sorghi* S. Ito 1935.	*Sporisorium ehrenbergii* (J.G. Kühn) Vánky, Mycotaxon 38: 270, 1990.



الشكل (٣): مخطط نتائج العدوى الصنعية لمدخلات الذرة السكرية والرزينية وذرة المكانس ٢٠١٧.



الشكل (٤): مخطط نتائج العدوى الصنعية لذرة المكانس والرزينية خلال ٢٠١٨.

الاستنتاجات:

أظهرت هذه الدراسة اختلافاً كبيراً في استجابة الأصناف المختبرة من الذرة البيضاء الجنس Sorghum للعدوى بأبواغ التفحم المغطى والرأسي والسائب وقد بينت عدم قدرة الأبواغ التيلية من عينات التفحم السائب والرأسي من نباتات رزين مصابة على إحداث العدوى على الأصناف المختبرة بينما أصيبت ذرة المكانس وصنف رزينية ١٧ بالتفحم المغطى فقط وخلال مواسم الدراسة الثلاث.

وبالمقابل لم تصب أي من طرز الذرة البيضاء السكرية المدروسة بأي من أنواع التفحم المختبرة وهذا يزيد على ميزاتها البيئية والزراعية بكونها مقاومة للإصابة بصورة طبيعية بالأنماط المرضية المسببة للتفحم المغطى والسائب والرأسي المدروسة في هذه المنطقة ويجعلها أكثر تفضيلاً من الصنف الحبي المحلي رزينية ١٧ للزراعة على نطاق واسع ولأغراض تجارية وصناعية.

مع الحاجة لعمل مسح لحقول الذرة البيضاء على اختلاف مناطق زراعتها في القطر بهدف الاستقصاء عن أنماط ممرضة أخرى من التفحمات ودراستها واختبار قدرتها على إحداث العدوى.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

١. التقرير الوطني عن التنوع البيولوجي للموارد الوراثية للأغذية والزراعة بدولة الجمهورية العربية السورية. (٢٠١٦). الهيئة العامة للبحوث الزراعية، وزارة الزراعة، وزارة البيئة والإدارة المحلية، وزارة التعليم العالي، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، وهيئة الطاقة الذرية. سورية. ٢٠٩.

٢. بلال، حمزة، قبرصلي، ريم، ومهنا، محمد أحمد. (٢٠١٤) آفات المحاصيل الحقلية (الجزء النظري). منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية. ٤٢٣.

٣. سعد الدين، شمس الدين سعد الدين، أحمد، محمد ياسين، ناصر، أحمد رحيم، وداود، هديل بدري. (٢٠٠٤). تقويم طرق عدوى وحساسية أصناف من الذرة البيضاء لمرض التفحم الطويل (Sporisorium ehrenbergii vanky). مجلة وقاية النبات العربية. ١٥٢-١٥١:٢٢.

٤. صالح، محمد محي الدين، عبود، هادي مهدي، كشمر، حسين نعيمة، ابراهيم، ماجد، وعبد الكريم، محمد خلف. (٢٠١٢). تحديد المستوى الأمثل من اللقاح بالأبواغ التيلية للفطر Sphacelotheca sorghi (link) Clinton في إحداث أفضل إصابة بمرض التفحم المغطى على الذرة البيضاء. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، ٤(١):١٥١-١٤٨.

٥. فضول، جودة توفيق، ونفاع ، وليد غازي. (٢٠٠٦). المرجع في علم الفطريات (Mycology). منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية. ١٠٤٤.

٦. محمود، عامر علي محمود، عسران، محمود رزق الله، الأسيوطي، الهامي محمد مصطفى، ومحرم، مصطفى حمدان أحمد. (٢٠١٩). تأثير بعض المبيدات الفطرية في تطور الإصابة بمرضي تفحم الحبوب المغطى والتفحم الطويل والفاقد في المحصول في حبوب الذرة الرفيعة. المجلة السورية للبحوث الزراعية. ٦(١):٤٨٤-٤٧٠.

7. Abbas A. (1991). **Screening for resistance to smuts of some new sorghum varieties and efficacy of seed dressing fungicides against covered kernel smut (*Sphacelotheca sorghi*)**. M.Sc.Thesis. E1-Jabry street, Damascus, Syria: Plant Protection Ministry of Agriculture.

8. Abera, M., and Alemayehu, G. (2012). **Evaluation of improved and local/landrace/sorghum varieties for covered kernel smut.** Archives Of Phytopathology And Plant Protection. 45(6): 717-723.

9. Ahn, E.; Prom, L.K.; Fall, C., and Magill, C. (2022). **Response of Senegalese Sorghum Seedlings to Pathotype 5 of Sporisorium reilianum**. Crops 2: 142–153**.**

10. Al-Sohaily, I.A. (1960). **Physiologic Specialization within Sphacelotheca reiliana (Kühn) clint. On Sorghum and the Biology of its Clamydospores in the Soil**. Ph.D. thesis, S. Dakota State College. 90p.

11. Anitha, K., Das, I.K., Holajjer, P., Sivaraj, N., Reddy, C.R., and Balijepalli, S.B. (2020). Sorghum Diseases: Diagnosis and Management. In: Tonapi, V.A., Talwar, H.S., Are, A.K., Bhat, B.V., Reddy, C.R., Dalton, T.J. (eds) **Sorghum in the 21st Century: Food – Fodder – Feed – Fuel for a Rapidly Changing World** Springer, Singapore. pp 565–619.

12. Cai, L., Giraud, T., Zhang, N., Begerow, D., Cai, D., Shivas, R.G. (2011). **The evolution of species concepts and species recognition criteria in plant pathogenic fungi.** Fungal Diversity 50: 12.

13. Dar, R.A., Dar, E.A., Kaur, A., and Phutela, U.G. (2018). **Sweet sorghum-a promising alternative feedstock for biofuel production**. Renew. Sust. Energ. Rev. Elsevier, 82(p3): 4070-4090.

14. Doggett, H. (1988). **Sorghum: Sorghum diseases of panicle**. 2nd ed. Tropical Agriculture Series. IDRC, Canada, pp:360-367.
15. FAO. (2018). **Food and Agricultural Organization Statistics**. Available @www.fao.org//faostat.
16. FAO. (2021). **Food and Agricultural Organization Statistics**. Available @www.fao.org//faostat.
17. Frowd, J.K., (1980). Sorghum Smuts. In: Williams, R.J., R.A. Frederiksen, L.K. Mughogho and G.D. Bengston (eds.), **Sorghum Diseases: A world Review**, Pp: 331–41. ICRISAT, India.
18. Gwary, D.M., Bdliya, B. S. and N., Bwatanglang. (2009)**. Integration of fungicides, crop varieties and sowing dates for the management of sorghum smuts in Nigerian Savanna**. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 42(10): 988-999.
19. Halisky, P.M. 1963. **Head smut of sorghum, sudan grass, and corn, caused by *Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clint**. Hilgardia, 34: 287–304.
20. Hassan, S.F., Khan Zia, N.A., Khan, M.A., Ubaidul Islam, A.N.M., and Khan, M.A. (1970). **Floral infection of sorghum with long smut *Tolyposporium ehrenbergii* (Kühn)** Pat. J. Agric. Res. 8:411–412.
21. Hasibuan, S., and Nazir, N. (2017). **The development strategy of sustainable bioethanol industry on iconic Sumba Island, eastern Indonesia.** Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol. 7(1):276-283.
22. King, S.B. (1972). **Sorghum diseases and their control, Sorghum in the Feventies**. (eds. N.G.P. Rao and L.R. House), p.411-434, New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co.
23. Khabiri, E. (1956). **Contribution à la mycoflore de l' Iran. Deuxième liste**. Revue. Mycol. 21:174–176.
24. Kollo, A.I., (2000). **Long Smut. In: Compendium of Sorghum Diseases,** Frederiksen, R.A. and G.N. Odvody (Eds.). 2nd Edn., American Phytopathological Society, St. Paul, MN., USA., pp: 22-23.
25. Kutama, A.S., Aliyu, B.S., and A.M., Emechebe. (2011). **Screening of sorghum genotypes for resistance to loose smut in Nigeria.** BAJOPAS. 4(2):199-203.
26. Langdon RFN, Fullerton RA. (1978). **The genus Sphacelotheca (Ustilaginales): criteria for its delimitation and the consequences thereof**. Mycotaxon 6, 421–456.
27. Link, H.F. (1825). **Cryptogamia. Gymnomycetes**. In Linné's Species plantarum. Ed. 4, 6(2), 1–128. Berolini, Impensis G.C. Nauk.
28. Louis, K.P., Ndiaga, C., and Ndoye, O. (2007). **Assessing the vulnerability of selected sorghum line from the united states of America to long smut (*Soroposporium ehrenberghii* Vanky).** Crop Protection, 26:1771-1776.
29. Mahmoud A.A.A., Moharam, M.H.A., Asran, M.R., and Al-Asuity, E.M.M. (2018). **Factors affecting development of covered kernel and long smut diseases and yield losses of grain sorghum.** Journal of Sohag Agriscience (JSAS). (2): 1-22.
30. Marley, P.S. (2004). **Diseases of Sorghum bicolor in West and Central Africa and their Management Approaches**. Tropical Agric., 6: 11–9.
31. Marley, P.S., and Aba, D.A. (1999). **Current status of sorghum smuts in Nigeria**. Journal of Sustainable Agriculture. 15(2-3):119-132.

32. Massion, C., and Lindow, S. (1986). **Effects of *Sphacelotheca holci* Infection on Morphology and Competitiveness of Johnsongrass (*Sorghum halepense*)**. Weed Science. 34(6): 883-888.
33. McKinney, H.H. (1923). **Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*.** J. Agric Res 26(5):195–218
34. Mirza, M.S., Hamid, S.J., and Hassan, S.F. (1982). **Resistance of sorghum varieties to covered kernel smut**. Pak. J. Agric. Res. 3(1): 31–35.
35. Moharam, H.A.M. (2010). **Biological control of kernel smut of sorghum caused by *Sporisorium sorghi***. Ph.D. thesis, Fac. of Agric., Minia Univ., 154 pp.
36. Moharam, M.H.A., Leclerque, A., and Koch, E. (2012). **Cultural characteristics of *Sporisorium sorghi* and detection of the pathogen in plant tissue by microscopy and polymerase chain reaction**. Phytoparasitica. 40:475-483.
37. Moharam, M.H.A. (2018). **First report of loose kernel smut of sorghum caused by *Sporisorium cruentum* in Egypt**. New Disease Reports. 37, 9.
38. Ngugi, H.K., King, S.B., Abayo, G.O., and Reddy, Y.V.R. (2002). **Prevalence, incidence, and severity of sorghum diseases in western Kenya.** Plant Disease 86:65-70.
39. Okongo C., Ouma E., and Gudu, S. (2019). **A survey of sorghum covered kernel smut disease infection in Western Kenya.** International journal of science and research, 8(2), pp.1349-1353.
40. Pande, S., R. Harikrishnan, M.D. Alegbejo, L.K. Mughogho, R.I. Karunakar and O., Ajayi. (1993). **Prevalence of sorghum diseases in Nigeria**. Int. J. Pest Manage., 39: 297–303.
41. Parlak, Y., and Karaca, L. (1976). **Investigations on the biology of long smut [*Tolyposporium ehrenbergii* (Ku¨ hn) Pat.] of sorghum in Southeast Anatolia**. J. Turkish Phytopathol. 5: 61–69.
42. Prom, L. K., Perumal, R., Erattaimuthu, S. R., Erpelding, J. E., Montes, N., Odvody, G. N., Greenwald, C., Jin, Z., Frederiksen, R., and Magill, C. W. (2011). **Virulence and molecular genotyping studies of *Sporisorium reilianum* isolates in sorghum.** Plant Dis. 95:523-529.
43. Prom, L.K., R. Perumal, N. Cisse and Little, C. (2014). **Evaluation of selected sorghum lines and hybrids for resistance to grain mold and long smut fungi in Senegal**, West Africa. Plant Health Progr., 15: 74-77.
44. Ramasamy, P., Frederiksen, R.A., Prom, L.K., and Magill, C.W. (2007). Head Smut. Pages 58-63 in: **Screening Techniques for Sorghum Diseases**. R. Thakur, B. Reddy, and K., Mathur, eds. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, India.
45. Rashwan, A.K., Yones, H.A., Karim, N., Taha, E.M., and Chen, W. (2021). **Potential processing technologies for developing sorghum- based food products: An update and comprehensive review**. Trends Food Science and Technology.110:168–182.
46. Rizvi, A., Ahmed, B., Khan, M.S.,Umar. S., and Lee, J. (2021). **Sorghum-Phosphate Solubilizers Interactions: Crop Nutrition, Biotic Stress Alleviation, and Yield Optimization**.Front. Plant Sci. 12:746780. Pp19.

47. Rooney, L.W., and Waniska, R.D. (2000). **Sorghum food and industrial utilization**, In: Smith CW, Pp:689-729.

48. Schwartz, H.F., Gent, D.H., and Brown, W.M. (2005). **Covered Kernel Smut. High Plains IPM Guide, a cooperative effort of the University of Wyoming,** University of Nebraska, Colorado State University and Montana State University.

49. Snowden, J.D. (1955). **The wild fodder sorghums of the genus Eu-Sorghum**, J. Linn. Soc. Lond. pp:55-191.

50. Thakur, R.P., Gunjotikar, G.A., and Rao, V.P. (2010). **Safe Movement of ICRISAT's Seed Crops Germplasm.** Information Bulletin no. 81. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 244 pp.

51. Thilakarathna, R.C.N., Madhusankha, G.D.M.P., and Navaratne, S.B. (2022). **Potential food applications of sorghum (*Sorghum bicolor*) and rapid screening methods of nutritional traits by spectroscopic platforms**. J. Food Sci.87(1):36-51.

52. Toh, S.S., Perlin, M.H. (2016). **Resurgence of Less-Studied Smut Fungi as Models of Phytopathogenesis in the Omics Age.** Phytopathology. 106(11):1244-1254.

53. Vánky, K. and M., Abbasi. (2013)**. Smut fungi of Iran**. Mycosphere .4(3): 363–454.

54. Vánky K. (1990). **Taxonomical studies on Ustilaginales**. VI. Mycotaxon 38, 267–278.

55. Vánky K. (1985)**. Carpathian Ustilaginales**. Acta Univ. Upsal., Symb. Bot. Upsal. 24(2), 1–309.

56. Yilma, K., and Brehane, G. (1979). **Some important diseases of sorghum in Ethiopia. Scientific Phytopathological Laboratory (SPL).** Paper presented to the First Conference of Diseases, Pest, and Weeds of Cereal and Horticultural Crops in Ethiopia and Methods of their control. IAR June 1979. Ambo, Ethiopia, pp:12-18.

57. Zuther, K., Kahnt, J., Utermark, J., Imkampe, J., Uhse, S., and Schirawski, J. (2012). **Host Specificity of *Sporisorium reilianum* Is Tightly Linked to Generation of the Phytoalexin Luteolinidin by *Sorghum bicolor*.** MPMI. 25(9): 1230–1237.