انتشار مرض تعفن جذور وتيجان الخيار في البيوت المحمية لمحافظة السليمانية، العراق والتشخيص الجزيئي لمسبباتها المرضية

فريد بدران الكنعاني[1]، عماد محمود المعروف[2*] وصالح محمد اسماعيل[1]

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة تكريت، العراق؛ (2) قسم علوم التحليلات المرضية، كلية العلوم، جامعة الكتاب، كركوك، العراق.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: emad.ghaleb@uoalkitab.edu.iq

الملخص

الكنعاني، فريد بدران، عماد محمود المعروف وصالح محمد اسماعيل. 2026. انتشار مرض تعفن جذور وتيجان الخيار في البيوت المحمية لمحافظة السليمانية، العراق والتشخيص الجزيئي لمسبباتها المرضية. مجلة وقاية النبات العربية، 44(2):155-167.

https://doi.org/10.22268/AJPP-001385

أظهرت نتائج المسح الحقلي لمرض تعفن جذور وتيجان الخيار في البيوت المحمية لمحافظة السليمانية أن نسبة الإصابة بالمرض تراوحت بين 2.40 و 100% في موسم 2022. تم تسجيل أعلى نسبة إصابة بالمرض مقدارها 100% في البيوت المحمية المزروعة بالهجين Sayff F1 في منطقة تنيال (Tn-A)، وتباينت نسب الإصابة بالمرض بين المناطق لأسباب عديدة. بينت نتائج عزل وتشخيص مسببات المرض من جذور وتيجان هجن الخيار المزروعة أن الفطر *Rhizoctonia solani* سجل أعلى نسبة تردد ومقدارها 30-60% في العينات النباتية المصابة، وتلاه الفطران *Fusarium oxysporum* و *F. solani* بنسبة 10-35%. أظهرت نتائج اختبار القدرة المرضية للعزلات على بذور الخيار عن تباين إمراضية العزلات الفطرية، حيث تفوقت عزلات الفطر *R. solani* (Rs1، Rs13، 14Rs و 15Rs) معنوياً على جميع عزلات الفطر الأخرى مسبباً الفشل التام في نسبة إنبات بذور الخيار في المختبر ونسبة بزوغ بادرات الخيار في غرفة النمو بنسبة 86.11-100%، تلتها عزلات الفطر *Fusarium* التي أدت إلى انخفاض بلغ 40-73% من نسبة الانبات في المختبر و 22.2-33.1% في غرفة النمو. أثبتت العزلة Rs14 للفطر *R. solani* قدرتها العالية على إحداث تعفن كامل للبذور في اختبار الأطباق وموت الشتلات بنسبة 100% في اختبار تلويث التربة. أظهرت العزلة Rs14 قابلية عالية على تحمل ظروف بيئية متباينة، حيث تراوحت الاحتياجات البيئية المثلى من درجات الحرارة والأس الهيدروجيني والملوحة لهذه العزلة بين 20-30°س، 5-8 و 0-50 ملي مولز، على التوالي. أظهرت نتائج تحليل تسلسل القواعد النتروجينية للمورث ITS-rDNA أن العزلة Rs14 كانت مطابقة لعزلات الفطر *R. solani* المودعة في بنك الجينات العالمي (NCBI) مع نسبة تطابق 99%، وتم تسجيل العزلة Rs14 في بنك الجينات تحت الرقم PP777510.1.

كلمات مفتاحية: *Cucumis sativus*، *Rhizoctonia solani*، أمراض منقولة بالتربة، PCR، فطور.

المقدمة

ينتمي الخيار (*Cucumis sativus* L.) إلى العائلة القرعية (Cucurbitaceae)، ويعدّ محصولاً اقتصادياً مهماً وشائعاً في جميع أنحاء العالم. يزرع المحصول صيفاً تحت ظروف الزراعة المكشوفة وعلى مدار السنة في الزراعة المحمية (Pal *et al.*, 2020؛ Sharma *et al.*, 2016). بلغ إجمالي إنتاج الخيار في العراق 40775 طناً في مساحة قدرها 13728 دونماً لعام 2020، باستثناء إقليم كردستان العراق (الجهاز المركزي للإحصاء، 2020). بينما بلغ معدل إنتاج إقليم كردستان العراق 115314 طناً في مساحة مزروعة 34156 دونماً خلال الأعوام 2014-2017 (Ministry of Agriculture & Water Resources, 2019). تستهلك ثمار الخيار عموماً بشكل طازج أو تدخل في صناعة المخللات أو كمادة طبيعية علاجية أو تجميلية (Muruganantham *et al.*, 2016). يتعرض المحصول للإصابة بالعديد من المسببات المرضية المستوطنة في التربة مستهدفة المجموع الجذري مما يؤدي إلى تعفنه، مما ينعكس سلباً على امتصاص الماء والعناصر الغذائية وأحياناً تنتقل المسببات المرضية إلى منطقة التاج والساق مما يؤدي إلى ذبول النبات. كما تساهم تراكم السموم التي تفرزها النباتات المصابة في محيط جذورها (Huang *et al.*, 2013). يعدّ مرض تعفن جذور وتيجان الخيار من الأمراض الشائعة في العديد من البيوت البلاستيكية المزروعة بالخيار وواسعة الانتشار في معظم بلدان العالم (El Komy *et al.*, 2021؛ Cercauska *et al.*, 2001؛ Vatchev, 2007). أسفر المسح الحقلي للمرض في العراق على مدى تسع سنوات في 175 بيت بلاستيكي إلى بيان أن نسبة الإصابة بالمرض كانت في حدود 0-50%

https://doi.org/10.22268/AJPP-001385
© 2026 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

(Al-Sadi *et al.,* 2011). وفي دراسة أخرى في بعض مناطق العراق كانت النسبة المئوية للإصابة بمرض تعفن جذور الخيار في حدود 77.7– 100% (علوان، 2014). يعدّ الفطر *Rhizoctonia solani* من بين أهم المسببات الفطرية لمرض تعفن جذور تيجان الخيار في العالم (Cao *et al.,* 2004). أظهرت الدراسات الحديثة بأن المرض يقلل من الإنتاج الصالح للتسويق بنسبة 45% (Xing *et al.,* 2017). لوحظ مؤخراً انتشار المرض بشكل كبير في بعض البيوت البلاستيكية في محافظة السليمانية.

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد نسبة الإصابة بمرض تعفن جذور وتيجان الخيار في البيوت المحمية لمحافظة السليمانية وعزل وتشخيص مسبباتها المرضية مظهرياً وتقييم إمراضيتها وتشخيص المسببات الأكثر ضراوةً على المستوى الجزيئي.

مواد البحث وطرائقه

المسح الحقلي وجمع العينات

أجري المسح الحقلي في البيوت البلاستيكية في المناطق المشهورة بزراعة الخيار في السليمانية، وذلك للكشف عن الإصابات بمرض تعفن الجذور وتيجان نباتات الخيار في ظروف الزراعة المحمية خلال الفترة الممتدة من تموز/يوليو ولغاية أيلول/سبتمبر عام 2022، جمعت عينات الجذور ومنطقة التاج والسوق المصابة من نباتات الخيار البالغة التي ظهرت عليها أعراض الإصابة بالمرض خلال مرحلة الإثمار من 16 بيت بلاستيكي، ووضعت في أكياس بولي اثيلين وحفظت في صندوق مبرد ونقلت إلى المختبر وحفظت في الثلاجة. تمّ توثيق جميع البيانات الخاصة بمنطقة الجمع وتاريخه وصنف هجين الخيار المزروع ونسبة الإصابة بالمرض مع تحديد الموقع الجغرافي لكل بيت، حسبت نسبة الإصابة بالمرض وفقا للمعادلة أدناه:

$$\text{الإصابة (\%)} = \frac{\text{عدد النباتات المصابة}}{\text{عدد النباتات الكلية المفحوصة}} \times 100$$

عزل وتشخيص الفطور الممرضة من جذور وتيجان الخيار

غسلت عينات النباتات التي تم جمعها تحت ماءٍ جارٍ لمدة 30 دقيقة لإزالة الأتربة العالقة، ثم جففت على ورق ترشيح وأخذت قطع صغيرة من الجذور والتيجان التي ظهرت عليها أعراض التعفن والذبول بطول 0.5| سم، عقمت سطحياً في محلول هيبوكلورات الصوديوم بنسبة 1% لمدة دقيقتين، وبعدها غسلت بالماء المقطر المعقم لإزالة المحلول المعقم ثم جففت على ورق ترشيح معقم. وضعت القطع في أطباق بتري قطر 90 مم تحوي على 20 مل من الوسط الزرعي PDA المضاف إليه المضاد الحيوي Chloramphenicol 250 مغ/ليتر لمنع نمو البكتريا (Brook, 2016)، وذلك قبل تعقيم الوسط بجهاز المؤصدة عند حرارة 121°س وضغط 15 باوند/انش^2 لمدة 20 دقيقة. زرعت خمس قطع نباتية في كل طبق وبواقع أربعة أطباق لكل عينة نباتية، ثم حضنت الأطباق عند درجة حرارة 25±2°س لمدة 7 أيام.

بعد ظهور المستعمرات الفطرية حول القطع المصابة، نقيت وشخصت حسب الصفات المظهرية والمجهرية لكل مستعمرة وباستخدام المفاتيح التصنيفية (Barnett & Hunter, 1972؛ Sneh *et al.,* 1996). حفظت العزلات المنقاة في أنابيب اختبار تحوي وسطاً زرعياً مائلاً وبحجم 30 مل تحوي تربة رملية أو وسطاً غذائياً معقماً بجهاز المؤصدة. حضنت الأنابيب الحاوية على الوسط في الحاضنة عند درجة حرارة 25±2°س ولمدة 15 يوماً، بعدها وضعت في الثلاجة عند درجة حرارة 4°س لحين إجراء الاختبارات اللاحقة. حسبت النسبة المئوية لتردد كل فطر في العينات وفق المعادلة التالية:

$$\text{ظهور الفطر في العينة (\%)} = \frac{\text{عدد القطع النباتية المصابة بالفطر}}{\text{العدد الكلي للقطع المزروعة}} \times 100$$

القدرة الإمراضية للفطور المعزولة في الوسط الزرعي PDA

اختبرت القدرة الإمراضية لـ 34 عزلة من الفطور المعزولة حسب طريقة Bolkan & Butler (1974) في أطباق بتري 90 مم حاوية على الوسط الزرعي PDA، حيث تمّ وضع أقراص بقطر 5 ملم من المستعمرات الفطرية بعمر 5 أيام في وسط الأطباق، وحضنت عند درجة حرارة 25±2°س، وبعد مرور يومين على نمو مستعمرة الفطر، زرعت بذور الخيار المحلي المعقمة سطحياً بمحلول هيبوكلورات الصوديوم بتركيز 1% لمدة دقيقتين والمغسولة بالماء المقطر المعقم ثلاث مرات. تم اختيار البذور المتجانسة مسبقاً والناضجة فسيولوجياً، وذلك عن طريق تغطيسها في قدح زجاجي وإزالة الطافي منها لضمان نسبة عالية من الإنبات. وزعت البذور بشكل دائري وعلى بعد 10 مم تقريباً من حافة الطبق بمعدل 10 بذور/طبق وثلاثة أطباق لكل عزلة، مع مراعاة ترك معاملة بدون تلقيح بأي عزلة (معاملة مقارنة). حضنت الأطباق عند درجة حرارة 25±2°س.

وحسبت نسبة إنبات البذور بعد 8 أيام وفق المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الإنبات (\%)} = \frac{\text{عدد البذور النابتة}}{\text{العدد الكلي للبذور}} \times 100$$

وحددت ضراوة (Virulence) العزلات على ضوء النسبة المئوية للبذور غير النابتة وفقاً لدليل الضراوة المقترحة من قبل (Krnjaja *et al.,* 2007) مع إجراء بعض التحويرات (جدول 1).

القدرة الإمراضية للفطور المعزولة على البادرات

حُضر اللقاح الفطري للفطور المعزولة باستعمال بذور الدخن بعد غسلها ونقعها لمدة 6 ساعات، وتجفيفها، ثم وضع 50 غ منها في دوارق معقمة سعة 250 مل وعُقمت في جهاز المؤصدة عند درجة حرارة 121°س وضغط 15 باوند/إنش² لمدة 20 دقيقة.

لُقحت الدوارق بثلاثة أقراص فطرية بقطر 5 مم، وحضنت عند درجة حرارة 25±2°س لمدة أسبوعين مع الرج لضمان توزيع اللقاح. تمّ مزج تربة رملية مع تربة مخصبة بنسبة 1:2، ووضع المزيج في أكياس نايلون حرارية بقياس 25×38 سم وبوزن 2 كغ، ثم عُقمت في جهاز المؤصدة بنفس ظروف التعقيم أعلاه.

أضيف اللقاح الفطري بنسبة 2% إلى التربة المزيجية المعقمة بعد التبريد، ووزعت في صواني تحتوي على 32 أصيصاً بسعة 100 غ/أصيص، وزُرعت بثلاثة هجن من الخيار Seegreen F1، Sayff F1 و Captain F1 بواقع 3 بذور/أصيص على عمق 2.5 سم، وذلك وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD) وبأربعة مكررات لكل هجين. تمت الزراعة في غرفة النمو عند درجة حرارة 25±2°س ورطوبة نسبية 90–95%. حسبت النسبة المئوية لسقوط البادرات قبل وبعد البزوغ.

جدول 1. المقياس المستخدم في حساب درجة ضراوة الفطور المستعملة في اختبار القدرة المرضية.

Table 1. The scale used to assess fungal pathogens virulence in the pathogenicity test.

السلم Scale	نسبة البذور غير النابتة (%) Germination failure rate (%)	الضراوة Virulence
1	0	غير ممرض (-) Non-pathogenic (-)
2	19-1	ضعيفة جداً (+) Very weak (+)
3	39-20	ضعيفة (++) Weak (++)
4	59-40	متوسطة (+++) Medium (+++)
5	79-60	عالية (++++) High (++++)
6	100-80	عالية جداً (+++++) Very high (+++++)

تأثير بعض العوامل الفيزيائية في نمو العزلة Rs14

تمّت دراسة تأثير بعض العوامل الفيزيائية في معدل النمو القطري للعزلة Rs 14 وبعدة مستويات لكل عامل في أطباق بتري. استخدمت درجات الحرارة 5، 10، 15، 20، 25 و 30°س (Harikrishnan & Yang, 2004) والأس الهيدروجيني بعدة مستويات مختلفة من 4.0 إلى 9.0 وفقاً لطريقة Pathak *et al.* (2021)، والملوحة بتراكيز مختلفة (0، 50، 150، 200، 250 و 400 ملي مولز حسب طريقة Lynch (2018).

التشخيص الجزيئي لعزلات الفطر *Rhizoctonia solani*

تمّ تشخيص عزلات الفطر *R. solani* التي أثبتت ضراوتها العالية في اختبارات القدرة المرضية جزيئياً. استخلص الحمض النووي للعزلة الفطرية باستخدام عدة الاستخلاص Master Mix وفقاً للطريقة الموصى بها من قبل الشركة المصنعة، واستعمل زوج البادئات الأمامي (ITS1) 5′-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3′ والعكسي (ITS4) 5′-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3′ للمنطقة المستهدفة في الفطر الممرض *R. solani* التي ضخمت باستعمال تقنية تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) (White *et al.,* 1990). حدّدت تتابعات القواعد النيتروجينية باستعمال جهاز Genetic Analyzer Seqstudio في شركة وهج الدنا. تم الرجوع إلى المعلومات الوراثية في الموقع العالمي للمركز الوطني لمعلومات التقنية الحيوية (NCBI) أو ما يسمى بالبنك العالمي للجينات (GenBank) ضمن النافذة الفرعية Blast. أجريت عملية المحاذاة والتطابق مع السلالات المسجلة في البنك الوراثي العالمي، ثم رسمت الشجرة الوراثية لبيان قرابة العزلة مع مثيلاتها المسجلة عالمياً باستخدام برنامج MEGA X (Kumar *et al.,* 2018).

تصميم التجربة والتحليل الاحصائي

نفذت التجارب المختبرية وفقاً للتصميم العشوائي الكامل (CRD)، وحلّلت البيانات باستعمال برنامج SAS، وحددت معنوية البيانات وفق اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05 (Gupta *et al.,* 2016).

النتائج والمناقشة

المسح الحقلي

بينت نتائج المسح الحقلي (جدول 2) الانتشار الواسع لمرض تعفن جذور وتيجان الخيار في البيوت المحمية في جميع المناطق المشمولة بالمسح خلال موسم 2022 في محافظة السليمانية. تراوح معدل نسبة الإصابة بالمرض في حدود 2.40–100%. سُجّلت أعلى نسبة إصابة بالمرض ومقدارها 100% على الهجين Sayff F1 في منطقة تنيال (Tn-A)، وتلتها بالمرتبة الثانية منطقة Gw وبنسبة 45.12%، ثم منطقة Sg بنسبة 40.16%، في حين انخفضت نسبة الإصابة بالمرض في مناطق أخرى مثل: شوان كاره (Shk–A و Shk-B) وهالة مام قادر (Hq–B) وهرمني (Hm–B) حيث بلغت 5.60، 2.40، 9.76 و 17.44%، على التوالي. ظهرت أعراض المرض على شكل اصفرار

المجموع الخضري للنباتات وبدرجات متفاوتة، وعند قلع النباتات لوحظ تلون الجذور المصابة والتيجان بدرجات مختلفة. وقد تعزى زيادة نسبة الإصابة بالمرض وانتشارها في السليمانية إلى تكرار زراعة المحصول في الأرض نفسها ولعدة مواسم، بالإضافة إلى التركيز على زراعة الهجن التجارية غزيرة الإنتاجية والحساسة للإصابة بالمرض، مما يؤدي إلى تراكم اللقاح الفطري واستيطان المرض في الحقل. بيّن Din *et al.* (2020) أن إصابات تعفن الجذور وتيجان نباتات الخيار في البيوت البلاستيكية المزروعة بهجن الخيار تراوحت في حدود 10–60% في ماليزيا، وأشار Shen *et al.* (2008) إلى أن تكرار زراعة الخيار أدت إلى زيادة نسبة الإصابة إلى 70% مع انخفاض الحاصل بنسبة 50–100%. كما قد يعود إلى استخدام صواني شتل مستخدمة سابقاً وغير معقمة من قبل المشاتل عند تجهيز المزارعين للشتلات مما يؤدي إلى انتشار الإصابة، لا سيما عند وجود طلبيات تجهيز الشتلات بأعداد كبيرة ولمساحات واسعة خلال الموسم، مما يؤثر في كفاءة العمل وعدم الاهتمام بالتعقيم ويسهم بذلك في تلوث الحقول.

جدول 2. نسبة الإصابة بمرض تعفن جذور وتيجان الخيار في بعض البيوت البلاستيكية بمحافظة السليمانية خلال الموسم الزراعي 2022.
Table 2. Incidence of cucumber root and stem rot disease in some greenhouses of Sulaymaniyah Governorate during 2022 growing season.

رقم العينة Sample No.	منطقة جمع العينات Sampling area	إحداثيات الموقع GPS	رمز العينة Sample code	تاريخ الجمع Collection date	الهجين المزروع Cultivated hybrid	نسبة الاصابة (%) Disease incidence (%)
1	كيله سبي- طاسلوجة Kela Spi/ Tasluja	E045°16.640 N35°34.212	Ks	2022/7/06	Sayff F1	32.56
2	هالة مام قادر- بازيان Hala Mam Qadir/ Bazyan	E045°11.003 N35°31.549	Hq–A	2022/7/14	Sayff F1	20.48
3	شوان كاره- بازيان Shwan Kara/Bazyan	E045°11.051 N35°32.046	Shk–A	2022/7/26	Saba F1	5.60
4	شوان كاره- بازيان Shwan Kara/Bazyan	E045°11.051 N35°32.046	Shk–B	2022/7/26	Sayff F1	2.40
5	هاله حاجي رشيد- بازيان Hala Haji Rasheed/ Bazyan	E045°10.200 N35°31.864	Hr–A	2022/7/26	Seegreen F1	33.84
6	هالة مام قادر- بازيان Hala Mam Qadir/ Bazyan	E045°11.051 N35°32.046	Hq–B	2022/7/26	Sayff F1	9.76
7	شوان كاره- بازيان Shwan Kara/Bazyan	E045°11.591 N35°33.863	Shk–C	2022/8/01	Sayff F1	22.40
8	هاله حاجي رشيد- بازيان Hala Haji Rasheed/ Bazyan	E045°11.157 N35°31.559	Hr–B	2022/8/01	Lider F1	22.00
9	كوماتاكاج – بازيان Komatakaj/Bazyan	E045°08.532 N35°35.617	Gm	2022/8/01	Roni F1	23.20
10	محمودية- بازيان Mahmodiya/Bazyan	E045°11.917 N35°31.398	My	2022/8/01	Saba F1	24.00
11	هرمني- شاربازير Hermeni/Sharbazher	E045°34.828 N35°40.667	Hm–A	2022/8/21	Roni F1	31.52
12	هرمني- شاربازير Hermeni/Sharbazher	E045°35.317 N35°40.001	Hm–B	2022/8/21	Waseem F1	17.44
13	سوركا – رابرين Surka/Raperin	E045°17.975 N35°37.590	Sg	2022/8/30	Sayff F1	40.16
14	كاواني- بازيان Kawani/Raperin	E045°15.094 N35°29.970	Gw	2022/8/30	Waseem F1	45.12
15	تينال- بازيان Taynal/Bazyan	E045°06.439 N35°36.645	Tn–A	2022/9/19	Sayff F1	100.00
16	تينال- بازيان Taynal/Bazyan	E045°05.686 N35°37.482	Tn–B	2022/9/19	Sayff F1	38.88

علاوة على جهل أغلبية المزارعين بطبيعة المرض وكيفية إدارته مما أدى إلى تفاقمه وانتشاره في محافظة السليمانية. كما قد يعود تفاوت الإصابة إلى اختلاف القدرة الإمراضية للعزلات الفطرية المختلفة، أو لوجود خلل في إدارة المحصول وخدمته كعدم انتظام الري أو الاستعمال المفرط للأسمدة الكيماوية، مما يؤدي إلى زيادة الملوحة وبالتالي يضيف إجهاداً آخر للنبات بالإضافة إلى الإجهاد الحيوي. كما أن انخفاض نسب الإصابة في بعض المناطق المذكورة آنفاً، يمكن أن يعود إلى استعمال بعض المبيدات المعتمدة والفعالة، أو إلى الخدمة الجيدة، أو اعتماد الدورات الزراعية المناسبة، أو اعتماد بعض المزارعين على أنفسهم في تهيئة الشتلات وتجنب مصادر التلوث (Al-Maaroof *et al.,* 2025).

عزل وتشخيص الفطور الممرضة من جذور وتيجان الخيار

أسفرت نتائج العزل والتشخيص عن تحديد تسعة أنواع فطرية تعود لخمسة أجناس (*R. solani*، *F. solani*، *F. oxysporum*، *F. semitectum*، *F. culmorum*، *Cylinolrocarpon* spp.، *Gliocladium*، *Mycelia sterilia* و *Rhizopus* مرافقة لعينات جذور وتيجان نباتات الخيار المصابة في الموسم الزراعي 2022 (جدول 3). تمّ تشخيص الفطر *R. solani* مظهرياً وجزيئياً كونه يسجل لأول مرة على جذور وتيجان النباتات البالغة لمحصول الخيار في السليمانية. تراوحت نسبة ظهور الأنواع الفطرية في العينات في حدود 5–60%، وتصدّر الفطر *R. solani* بأعلى نسبة ظهور في العينات مسجلاً أعلى نسبة في العينة رقم 14 (Gw) ومقدارها 60%، وتلتها العينة رقم 15 (Sg) بنسبة 50%، ثم العينة رقم 1 (Ks) بنسبة 35% وأخيراً العينة رقم 15 (Tn–A) بنسبة ظهور 30%. تقاربت نسب ظهور الفطر *R. solani* مع نتائج دراسة سابقة وجد فيها بأن نسبة تردد الفطر في جذور وتيجان نباتات الخيار المصابة في الحقول كانت 58.3 و 41.6% على التوالي (Karim & Shams-Allah, 2020). أما بالنسبة لتفاوت نسب تكرار الفطر بين المناطق فكانت مشابهة لما ذكره Mohammed (2023) الذي وجد تفاوتاً في نسبة تكرار الفطر *R. solani* في البيوت البلاستيكية لمناطق قوشتبه وتندورا ودربان وجومان من محافظة أربيل، والتي ظهرت فيها إصابة بمرض تعفن جذور بادرات الخيار بنسبة 29.59، 15.9، 6.66 و 3.84%، على التوالي. من المحتمل أن يكون للفطر الممرض قابلية للتكيف على مدى واسع من درجات الحرارة، حيث أن درجة الحرارة الملائمة لنمو أو نشاط الفطر تتراوح في حدود 15–25°س (Orozco-Avitia *et al.,* 2013)، مما يجعل بيئة المناطق التابعة لمحافظة السليمانية الباردة نسبياً ملائمة لنشاط الفطر، وقد يكون هذا السبب جلياً في ارتفاع نسبة الإصابة في العينات 13، 14 و 15 وبخاصةٍ عند انخفاض درجات الحرارة مع تاريخ جمع العينات المذكورة في جدول المسح الحقلي، بينما تكررت أنواع الفطر *Fusarium* spp. بنسب متفاوتة، حيث ظهر الفطر *F. culmorum* في عينة واحدة وبنسبة 15%، والفطر *F. semitectum* في عينتين وبنسب 5 و 15%، أما الفطور *F. oxysporum* و *F. solani* فوجدت في ثمانِ عينات وبنسب ظهور تراوحت بين 10–35%. إن تفاوت نسب تردد الفطر *F. solani* سبق وأن وجد من قبل Mohammed (2023) في نفس المناطق المذكورة سابقاً وبنسب 14.79، 16.8، 3.59 و 14.42%، على التوالي. وقد يعود سبب انتشار هذين الفطرين إلى امتلاكها العديد من الأبواغ اللاجنسية، مثل الكونيديا الكبيرة (Macroconidia) والكونيديا الصغيرة (Microconidia) والأبواغ الكلاميدية (Chlamydospores)، وبعبارة أخرى إلى تعدد مصادر اللقاح، في حين أن العامل المحدد هو اختلاف الاحتياجات الحرارية لهذين النوعين عن ما هو عليه في الفطر *R. solani*، إذ ينمو الفطر *F. oxysporum* بصورةٍ مثاليةً بدرجات حرارة في حدود 24–32°س (Chung, 1998)، بينما يفضل الفطر *F. solani* درجات حرارة أكثر دفئاً (Yan & Nelson, 2020). أما ارتفاع نسب تكرار الفطور في الدراسة الحالية في محافظة السليمانية مقارنةً بالدراسات السابقة في مناطق أخرى من كردستان العراق مثل محافظة أربيل، فقد يعزى إلى زيادة النشاط الزراعي في محافظة السليمانية وخصوصاً زراعة الخيار في منطقة بازيان المشهورة بزراعة هذا المحصول، وربما يعود تردد انتشار الفطر *Cylinolrocarpon* spp. في أغلب العينات (ثلاث عشرة عينة)، في مناطق جمع العينات إلى وجود غابات الصنوبريات التي تحوي أشجار السرو (*Cupressus semperviens*) بنوعيه الأفقي والعمودي وأشجار الصنوبر (*Pinus* spp.) مما يجعل نبات الخيار عائلاً محتملاً لهذا الفطر. فقد ذكر Seifert *et al.* (2003) أن هذا الفطر ينتقل عن طريق التربة ويسبب تعفن الجذور في مدى من العوائل النباتية، مثل الصنوبريات، في المناطق الشمالية من أمريكا المتسمة بالبرودة.

تميزت عزلات الفطر *R. solani* المعزول من جذور وتيجان نباتات الخيار بصفات تشخيصية مماثلة للعزلة الأصلية الموصوفة، حيث تغير لون المستعمرة من الكريمي إلى أصفر بني فاتح ثم إلى البني ثم إلى البني الغامق مع تقدم عمر المستعمرة لأكثر من 10 أيام. وتميز الغزل الفطري بكونه مقسماً ذا تفرعات عديدة، ويشكل زاوية قائمة عند تفرعه مع وجود تخصّر واضح في تلك المنطقة، بالإضافة إلى الحواجز المستعرضة الموجودة قرب التفرع. فضلاً عن عدم وجود الأبواغ الجنسية واللاجنسية مع ملاحظة الخلايا البرميلية (Barrel-shaped cells) أو ما يسمى بأحادية الشكل (Monilloid cells) وأحياناً تسمى بخلايا الأجسام الحجرية (Sclerotial cells) التي قد تتكون وتتجمع بالتدريج لتكوين الأجسام الحجرية (Sclerotia) (شكل 1). تنطبق هذه الميزات مع ما ذكر في دراسات تشخيصية سابقة للفطر (Gondal *et al.,* 2019).

جدول 3. النسبة المئوية لتردد الفطور المرافقة لتيجان وجذور نبات الخيار في البيوت البلاستيكية بمحافظة السليمانية خلال موسم 2022.

Table 3. The frequency percentage of associated fungi with the stems and roots of cucumber in greenhouses of Sulaymaniyah Governorate during 2022 season.

معدل ظهور الفطر في العينة (%) Different fungi frequency in the tested samples (%)									رقم العينة
Ms	*Rz*	*Rs*	*Gl*	*Fs*	*Fo*	*Fm*	*Fc*	*Cy**	Sample No.
0.00	10.00	35.00	10.00	25.00	0.00	0.00	0.00	20.00	1
0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	35.00	0.00	0.00	15.00	2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	15.00	3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	4
5.00	5.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00	15.00	10.00	5
0.00	20.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	6
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00	5.00	7
0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	8
0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	9
10.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10
0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	25.00	11
0.00	15.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	10.00	5.00	0.00	10.00	13
0.00	0.00	60.00	0.00	10.00	15.00	0.00	0.00	5.00	14
0.00	0.00	30.00	10.00	10.00	35.00	0.00	0.00	15.00	15
0.00	15.00	0.00	10.00	35.00	10.00	0.00	0.00	15.00	16
0.93	**5.93**	**10.93**	**2.81**	**8.75**	**9.06**	**1.25**	**0.93**	**11.25**	**المعدل Mean**

أرقام العينات تمثل مناطق جمع العينات المشار إليها في فقرة المسح الحقلي.

Sample numbers represent the sampling areas referred to in the field survey section.

*الأحرف تمثل مختصر اسم الفطر على الشكل التالي:

*Letters represent fungal names as follows

Cy= Cylindrocarpon spp.*; Fc= F. culmorum; Fm= F. semitectum; Fo= F. oxysporum; Fs= F. solani; Gl= Gliocladium; Rs= Rhizoctonia solani; Rz= Rhizopus* spp.*; Ms=Mycelia sterilia.*

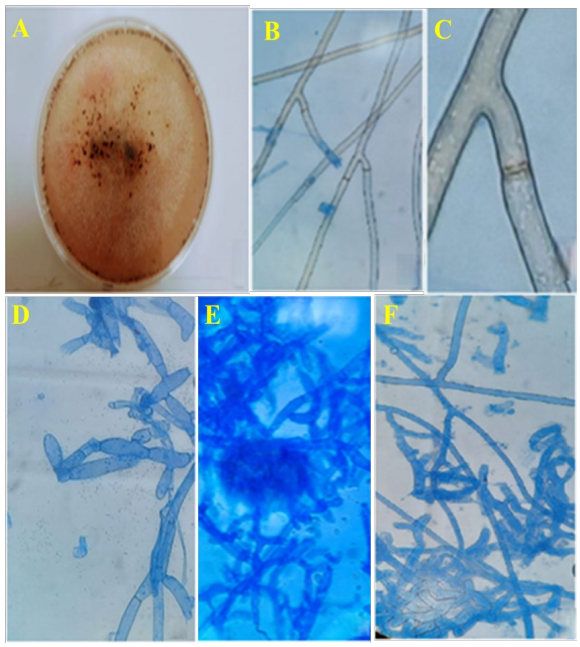
القدرة الإمراضية للفطور المعزولة على الوسط الزرعي PDA

بينت نتائج اختبار تأثير العزلات الفطرية في النسبة المئوية لإنبات بذور الخيار المحلي على الوسط الزرعي PDA في ظروف المختبر تفاوتاً في نسبة الإنبات في حدود 0.00−100%، حيث أحدثت جميع عزلات الفطر *R. solani* (Rs1، Rs13، Rs14 و Rs15) خفضاً معنوياً عالياً في النسبة المئوية لإنبات البذور ومقدارها 100% مقارنة بمعاملة الشاهد عند مستوى احتمال 5% (Krnjaja *et al.,* 2007). تباينت درجة ضراوة العزلات الفطرية المختبرة بين غير ممرض إلى الإمراضية العالية جداً (جدول 4)، وأحدثت عزلات الفطر *R. solani* تعفناً للبذور (شكل 2). وهذا ما أكدته العديد من الدراسات السابقة بأن بعض عزلات هذا الفطر تصيب البذور وتسبب تعفنها (Ali & Kadhim, 2018؛ Mustafa *et al.,* 2021) حيث يغطي الغزل الفطري بذور الخيار بشكل كامل، فقد ذكر Mustafa *et al.* (2021) بأن الفطر *R. solani* يكون بأقصى ضراوته عندما يغزو ويغطي البذور بغزله الفطري ويمنعها من الإنبات. يعدّ هذا الفطر من الفطور النخرية إذ يقوم بإفراز السموم والأنزيمات المؤثرة في مقاومة النبات، كالسموم والأنزيمات التي تمثل عوامل ضراوة الفطر (Dölfors *et al.,* 2018). وقد تعزى الضراوة إلى المواد الأيضية السامة مثل Phenyl acetic Acid ومشتقاته الهيدروكسيلية مثل β hydroxy acetic acid و Para- hydroxy acetic acid التي تؤدي إلى قتل أجنة البذور (Mandava *et al.,* 1980)، أو إلى إفراز أنزيمات الأميلاز التي تؤدي إلى قتل الخلايا النباتية وتلون البذور باللون البني الداكن نتيجة لتحلل أغلفة البذور وتحطيم الخلايا النباتية التي من شأنها أن تؤدي إلى فشل الإنبات (Mahmoud *et al.,* 2007). وقد يعزى التأثير إلى أنزيم البروتياز الذي يحدد إمراضية وضراوة الفطر (Ramezani, 2008). كما قد يكون السبب في انخفاض نسبة الانبات بشكل نهائي إلى تكيف هذه العزلات مع إنتاج المزيد من الأنزيمات أو المركبات السامة بسبب زراعة العائل بشكل متكرر متحدياً وجود الفطر مما يؤثر في ضراوته ليجعلها عالية جداً مقارنة ببقية العزلات الفطرية، أو قد يرجع إلى سرعة نموه بحيث تستعمر البذور قبل إنباتها. أما بالنسبة للعزلات العائدة لأنواع مختلفة من الفطر *Fusarium* spp. فقد وردت بالمرتبة الثانية من ناحية تأثيرها في الإنبات بنسبة 40-73%، إذ بلغت نسبة الإنبات بتأثير العزلتين Fo14 و Fo16 40%، تلتها العزلتان Fs2 و Fs15 التي بلغت 43.33%. وقد يرجع سبب ذلك إلى السلوك التغذوي للفطر *Fusarium* spp. الذي يتميز بكونه شبه حيوي (Hemibiotrophic) ويتم على مرحلتين، المرحلة الحيوية (Biotrophic stage) والمرحلة النخرية (Necrotrophic stage) (Duba *et al.,*

2018). إن بعض أنواع هذا الفطر يمكن أن تقلل من إنبات البذور بشكل ملحوظ، ويمكن أن يرجع هذا الفشل في الإنبات إلى المنتجات الأيضية الفطرية السامة (Garuba *et al.*, 2014). لقد وجد Tahmasebi *et al.* (2023) أن الاصابة ببعض أنواع الفطر مثل *F. solani* أدت إلى خفض نسبة الإنبات إلى ما يقارب 55%، ونشاط مضادات الأكسدة ومحتوى الفينول الكلي والبروتين والسكر وبعض الأحماض الأمينية مثل Glutamine، Serine و Arginine، وفي المقابل ازدادت بعض المنتجات الأيضية في حالة إصابة البذور، مثل Alanine، إلى الضعفين وبعض الأحماض الدهنية مما غير في التركيب الكيميائي في البذور وهو أحد العوامل المساهمة في فشل الانبات.

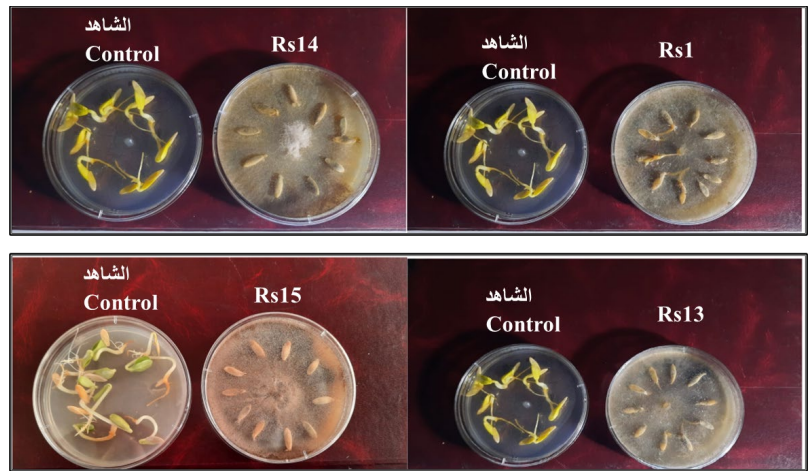
إمراضية بعض عزلات الفطور المعزولة على بعض هجن الخيار في غرفة النمو

أظهرت نتائج اختبار تلويث التربة (جدول 5) أن عزلات الفطر *R. solani* Rs1، Rs13، Rs14 و Rs15 خفضت نسبة بزوغ وموت بادرات الخيار بنسبة 86.11–100%، بينما خفضت العزلة Fo14 النسبة إلى 36.11% والعزلة Fs2 إلى 22.22%. وكان الهجين Captain F1 أكثرها حساسية بنسبة 41.66%، في حين لم تختلف الحساسية بين الهجينين Segreen F1 و Sayff F1 بصورة معنوية. اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسات سابقة أشارت إلى نسبة موت البادرات في حدود 80–100% (Al-Khafaji & Al-Fadhal, 2019؛ Almaghasla *et al.*, 2023؛ Hassan *et al.*, 2021). أدى ارتفاع نسبة موت البادرات قبل البزوغ إلى انخفاض حاد في موتها بعد البزوغ التي بنسبة بلغت 0.00–13.33%. أظهرت عزلات الفطر *F. oxysporum* و *F. solani* تفاوتاً في ضراوتها بسبب التغاير الوراثي الذي يمنح العزلات قوة فسيولوجية تؤثر في التعبيرات الوراثية (Brown, 2023)، مما يفسر تفرع وانتشار الخيوط الفطرية استجابةً للإشارات البيئية، بما في ذلك المنافسة على موقع الإصابة.



شكل 1. الصفات التشخيصية للفطر *R. solani* المعزول من جذور وتيجان الخيار في محافظة السليمانية، (A) لون وشكل مستعمرة الفطر مع ظهور الأجسام الحجرية السوداء، (B) الغزل الفطري المقسم والتفرعات ذات الزاوية القائمة، (C) تعدد الأنوية مع وجود الحواجز المستعرضة من نوع Dolipore، (D) تكون الخلايا البرميلية من الخيوط الفطرية،(E) تجمع الخلايا البرميلية في مناطق تكوين الأجسام الحجرية، (F) تكوّن الأجسام الحجرية.

Figure 1. Diagnostic features of *R. solani* isolated from cucumber root and crown in Sulaimaniya province. (A) Morphology and color of the fungal colony in the presence of black sclerotia, (B) septate mycelium with a right angle branches, (C) multiple nuclei with transverse septa of dolipore type, (D) formation of barrel cells from fungal hyphae, (E) clustering of barrel cells in the area of sclerotia formation, (F) formation of sclerotia.



شكل 2. تأثير عزلات الفطر *R. solani* في إنبات بذور الخيار المحلي تحت ظروف مُحكمة.

Figure 2. Effect of *R. solani* isolates on the germination of local cucumber seeds under controlled conditions.

جدول 4. تأثير بعض العزلات الفطرية المعزولة من جذور وتيجان الخيار في إنبات بذور الخيار المحلي ودرجة ضراوتها.

Table 4. Effect of some fungal isolates from cucumber roots and stem bases on the germination rate of the local cucumber seeds and their virulence.

نسبة الإنبات (%) Germination rate (%)	الضراوة Virulence	رمز العزلة Isolate Code	رقم العينة Sample No.	نسبة الإنبات (%) Germination rate (%)	الضراوة Virulence	رمز العزلة Isolate Code	رقم العينة Sample No.
40.00 j	++++	Fo16	18	63.33 cdef	++	Cy1	1
66.66 cde	++	Fs1	19	46.66 hij	+++	Cy2	2
43.33 ij	+++	Fs2	20	46.66 hij	+++	Cy3	3
73.33 c	++	Fs14	21	53.33 fghi	+++	Cy4	4
43.33 ij	+++	Fs15	22	70.00 cd	++	Cy5	5
70.00 cd	++	Fs16	23	60.00 defg	+++	Cy6	6
100.00 a	-	Gl1	24	66.66 cde	++	Cy7	7
93.33 ab	+	Gl6	25	60.00 defg	+++	Cy13	8
100.00 a	-	Gl15	26	66.66 cde	++	Cy14	9
90.00 b	+	Gl16	27	63.33 cdef	++	Cy15	10
00.00 k	+++++	Rs1	28	56.66 efgh	+++	Fc 5	11
00.00 k	+++++	Rs13	29	50.00 ghij	+++	Fm7	12
00.00 k	+++++	Rs14	30	53.33 fghi	+++	Fm13	13
00.00 k	+++++	Rs15	31	53.33 fghi	+++	Fo2	14
70.00 cd	++	St1	32	53.33 fghi	+++	Fo3	15
63.33 cdef	++	St10	33	56.66 efgh	+++	Fo13	16
100.00 a		Control	الشاهد	40.00 j	++++	Fo14	17

القيم التي تتبعها حروف متشابهة في نفس العمود لا توجد بينها فروق معنوية حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 5%.

Values followed by similar letters in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at P=0.05.

جدول 5. تأثير بعض العزلات الفطرية المعزولة من جذور وتيجان الخيار في النسبة المئوية لموت بادرات ثلاثة هجن خيار في غرفة النمو عند درجة حرارة 25ºس.

Table 5. Effect of some fungal isolates isolated from the roots and crown of three different cucumber hybrids seedlings on damping off rate (%) in the growth room at 25ºC.

النسبة المئوية لموت البادرات (%) Damping off								
المعدل	بعد البزوغ Post-emergence			المعدل	قبل البزوغ Pre-emergence			العزلة
Mean	Captain F1	Sayff F1	Segren F1	Mean	Captain F1	Sayff F1	Segren F1	Isolate
0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c	11.11 cd	25.00 def	8.33 ef	00.0 f	Cy2
8.33 c	16.67 bc	8.33 bc	0.00 c	22.22 bc	33.33 def	16.67 ef	16.67 ef	Fs2
5.55 c	0.00 c	16.67 bc	0.00 c	94.44 a	100.00 a	83.33 ab	100.00 a	Rs1
2.77 c	0.00 c	8.33 bc	0.00 c	97.22 a	100.00 a	91.67 ab	100.0 a	Rs13
13.88 abc	0.00 c	8.33 bc	33.33 ab	86.11 a	100.00 a	91.67 ab	66.67 bc	Rs15
0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c	100.00	100.00 a	100.00 a	100.00 a	Rs14
5.55 c	16.67 bc	0.00 c	0.00 c	36.11 b	41.67 cde	16.67 ef	50.00 cd	Fo14
22.22 ab	16.67 bc	25.00 bc	25.00 bc	11.11 cd	16.67 ef	0.00 f	16.67 ef	Fo16
11.11 c	16.67 bc	16.67 bc	0.00 c	8.33 cd	25.00 def	0.00 f	0.00 f	Fs14
2.77 c	0.00 c	0.00 c	8.33 bc	8.33 cd	25.00 def	0.00 f	0.00 f	Fm7
24.99 a	8.33 bc	16.67 bc	50.00 a	13.88 cd	33.33 def	8.33 ef	0.00 f	Fo2
5.55 c	16.67 bc	0.00 c	0.00 c	0.00 d	0.00 f	0.00 f	0.00 f	St10
5.55 c	16.67 bc	0.00 c	0.00 c	5.55 cd	16.67 ef	0.00 f	0.00 f	Fs16
2.77 c	0.00 c	0.00 c	8.33 bc	5.55 cd	16.67 ef	0.00 f	0.00 f	Fc15
0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c	19.44 c	33.34 def	16.67 ef	8.33 ef	Fo13
0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 d	0.00 f	0.00 f	0.00 f	الشاهد Control
	6.77 a	**6.25 a**	**7.81 a**		**41.66 a**	**27.08 b**	**28.46 b**	**المعدل Mean**

إن القيم التي يتبعها نفس الحروف في نفس العمود لا يوجد بينها فرق معنوي بناء لاختبار دنكن عند مستوى احتمال 5%.

Valued followed by the same letters in the same column are not significantly different based on Duncan's multiple range test at P=0.05.

تأثير بعض العوامل الفيزيائية في نمو العزلة Rs14 من الفطر *R. solani*

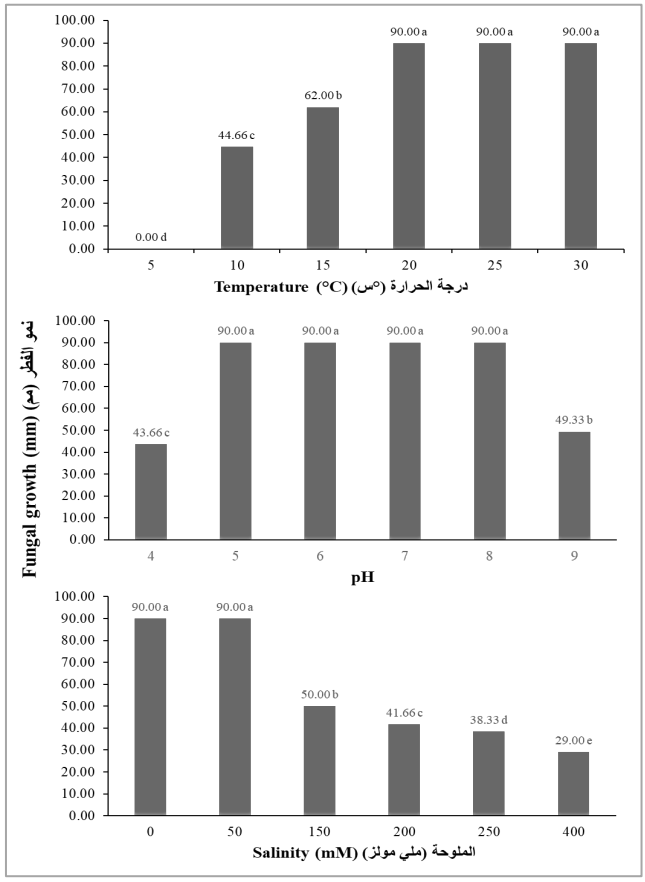
أظهرت نتائج دراسة تأثير بعض العوامل الفيزيائية في معدل نمو عزلات الفطر *R. solani* بأن درجة الحرارة المثلى لنمو العزلة RS14 كان في حدود 20–30°س، والذي تفوق معنوياً على بقية درجات الحرارة المختبرة، بينما انخفض معنوياً إلى 62 مم عند درجة حرارة 15°س، وتوقف تماماً عند درجة حرارة 5°س (شكل 3). أشارت الدراسات السابقة إلى أن درجات الحرارة المثلى لنمو الفطر هي في حدود 20–30°س (Grosch & Kofoet, 2003)، بينما أظهرت دراسات أخرى نتائجاً مختلفة، مما يعكس التباين الوراثي لعزلات الفطر *R. solani*. إن هذا التباين يساعد الفطر على التكيف مع مدى متباين من درجات الحرارة ويعزز قدرته على استعمار العوائل في بيئات متنوعة. كما أسفرت النتائج عن أن المستوى الأمثل لنمو الفطر حصل عند مستويات ملوحة 5–8 ملي مولز وبدون فروقات معنوية، بينما انخفض معدل النمو عند المستويات 4 و 9 (شكل 3). كما أشارت دراسات سابقة إلى أن الـ pH المتعادل (7) هو الأفضل لنمو العزلات الفطرية. إن قدرة الفطر على التكيف مع تغيرات الـ pH قد تعكس قدرته في تعديل عملياته الأيضية، بما في ذلك إفراز الميلانين لحمايته من الإجهادات البيئية (Alajeeli *et al.*, 2023؛ Sun *et al.*, 2024). . أظهرت النتائج أيضاً أن معدل نمو مستعمرة الفطر تتناقص تدريجياً مع زيادة تركيز الملوحة (شكل 3)، بينما لم يتأثر النمو عند 50 ملي مولز (900 مم). وتتوافق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسات سابقة بأن بعض العزلات تتحمل الملوحة عبر آليات تنظيم الأسموزية التي تحمي الوظائف الخلوية، مثل تخليق مواد حماية مثل الجليسرول (Blomberg & Adler, 1992).

التشخيص الجزيئي لعزلات الفطر *Rhizoctonia solani*

استخدم في التشخيص تضخيم الجينات الفاصلة الداخلية (ITS) للحمض النووي الدنا (DNA) المستخلص من الغزل الفطري لعزلات الفطر *R. solani* بواسطة تقانة PCR، والتي حدد موقعها ضمن المورث الرايبوسومي 5.8s rRNA باستعمال البادئ الأمامي (Forward primer) لتضاعف المورث ITS1 و البادئ التشخيصي العكسي (Reverse primer) لتضاعف المورث ITS4 والذي نتج عنه جزء مجيني بحجم 600 زوج قاعدي المرحّل على هلام الآجاروز بتقنية الترحيل الكهربائي. عند استعمال الأشعة فوق البنفسجية ظهرت حزم (Bands) لعزلات الفطر *R. solani* RS1، RS13، RS15 و RS14 (شكل4).

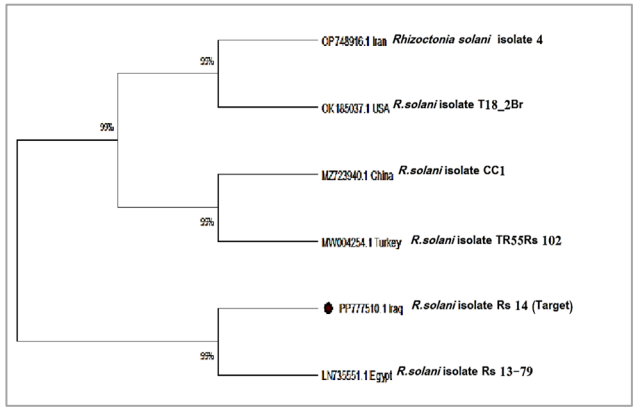
حدّد تتابع القواعد النيتروجينية لنواتج تفاعل البلمرة لمنطقة المورث ITS (5.8s rRNA) لعزلات الفطر RS1، RS13، RS15 و RS14 في شركة وهج الدنا بوساطة جهاز Genetic Analyzer Seqstudio ورسم تردد القواعد النيتروجينية. دعم نتائج تحليلBLAST لبيانات تسلسل ITS-rDNA نتائج التشخيص الشكلي لعزلات الفطر *R. solani* والتي تطابقت بنسبة 99% مع عزلات الفطر *R. solani* العالمية المسجلة في بنك الجينات العالمي GenBank (NCBI). وتم تسجيل العزلة العراقية Rs14 من الفطر *R. solani* في بنك الجينات تحت رقم PP777510.1 (جدول 6).

اقترحت شجرة القرابة الوراثية وفقا لبرامج MEGA X والاعتماد على طريقة Maximum likelihood Method من خلال تطبيق الخوارزميات في درجة القرابة Neighbor-Joining and BioNJ Algorithms (Nei & Kumar, 2000) على وجود مجموعتين رئيسيتين من عزلات الفطر موزعة عبر مخطط الشجرة بغض النظر عن حالتها الجغرافية. كانت المجموعة الأولى غير متجانسة، وضمت العزلات OP748916.1، OK185037.1، MZ723940.1 و MW004254.1، بينما ضمت المجموعة الثانية عزلة الفطر *R. solani* العراقية PP777510.1 مع عزلة الفطر المصرية LN735551.1 (شكل 5).



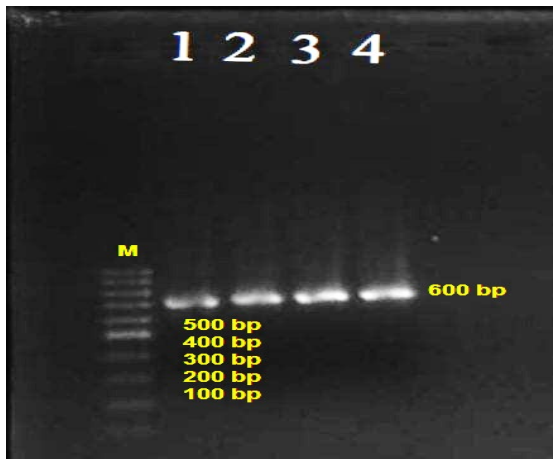
شكل 3. تأثير درجات حرارة مختلفة ومستويات مختلفة من الأس الهيدروجيني وتراكيز مختلفة من الملوحة في معدل نمو العزلة Rs14 للفطر *R. solani*.

Figure 3. Effect of different temperatures and different pH levels and different salinity concentrations on the growth rate of *R. solani* isolate Rs14.



شكل 5. شجرة القرابة الوراثية للعزلة Rs14 للفطر *R. solani* العراقية وعلاقتها الوراثية بعزلات الفطر الأخرى المسجلة في بنك الجينات العالمي وفقاً لطريقة Neighbor-joining.

Figure 5. Phylogenetic tree of the Iraqi *R. solani* isolate Rs14 and its genetic relationship to other fungal isolates registered in NCBI according to the neighbor-joining method.



شكل 4. الترحيل الكهربائي لنواتج تضاعف الحمض النووي DNA لعزلات الفطر *R. solani* المعزولة من جذور وتيجان الخيار في محافظة السليمانية.

Figure 4. Electrophoresis of DNA replication products of *R. solani* isolates isolated from the roots and crown of cucumber in Sulaymaniyah Governorate.

نستنتج مما سبق بأن مرض تعفن جذور وذبول نباتات الخيار منتشر في معظم البيوت البلاستيكية لمحافظة السليمانية، حيث تراوحت نسبة الإصابة في حدود 2.40–100%، وبلغت أعلى نسبة إصابة 100% على هجين الخيار Sayff F1 في منطقة تينال. تم عزل وتشخيص تسعة أنواع فطرية تعود لخمسة أجناس متباينة. سجل الفطر *R. solani* أعلى تردد، وبخاصةٍ العزلة Rs14 للفطر بنسبة بلغت 60%. تمّ تشخيص عزلات *R. solani* جزيئياً، مع تسجيل العزلة Rs14 للفطر في بنك الجينات العالمي تحت الرقم PP777510.1. أثّرت العزلات الفطرية في نسب إنبات البذور، حيث تفوقت عزلات الفطر *R. solani* في التسبب بفشل إنبات بذور الخيار بشكل كامل. أثبتت العزلة Rs14 قدرتها العالية على إحداث تعفن كامل للبذور وموت الشتلات بنسبة 100%. يمكن أن تعود الضراوة العالية للعزلة Rs14 للفطر *R. solani* إلى قابليتها على تحمل الظروف والعوامل المتغيرة من درجات الحرارة وحموضة وملوحة التربة.

جدول 6. التشخيص الجزيئي لعزلات الفطر *R. solani* ودرجة تطابقها مع العزلة RS14 المعزولة من جذور وتيجان الخيار في محافظة السليمانية.

Table 6. The molecular diagnosis of *R. solani* isolates and their degree of similarity to isolate RS14 from cucumber roots and crown in Sulaymaniyah Governorate.

العزلة الأعلى تطابقاً The most similarity isolate	الرقم العالمي Locus	الدولة Country	نسبة التطابق % Similarity %
Rhizoctonia solani Isolate 4	OP748916.1	Iran	99.00
Rhizoctonia solani Isolate T18_Br	OK185037.1	USA	99.00
Rhizoctonia solani Isolate CC1	MZ723940.1	China	99.00
Rhizoctonia solani Isolate TR55Rs102	MW004254.1	Türkiye	99.00
Rhizoctonia solani Isolate Rs13-79	LN735551.1	Egypt	99.00
Rhizoctonia solani Isolate Rs14	PP777510.1	Iraq	---

Abstract

Al-Kanaani, F.B., E.M. Al-Maaroof and S.M. Ismail. 2026. Distribution of Cucumber Root and Crown Rot Disease in Plastic Houses in Sulaymaniyah Governorate, Iraq and Molecular Diagnosis of the Causal Agents. Arab Journal of Plant Protection, 44(2):155-167. https://doi.org/10.22268/AJPP-001385

Results obtained from the field survey on cucumber root and crown rot disease in greenhouses of Sulaymaniyah Governorate, showed that disease incidence range was 2.40-100% during the 2022 growing season. The highest disease incidence of 100%, was recorded on Sayff F1 hybrid in the Tainal (Tn-A) location. Isolation and diagnosis of pathogens from the roots and stem bases of cultivated cucumber hybrids showed the presence of *Rhizoctonia solani* at 30-60% in the diseased samples, followed by *Fusarium oxysporum* and *F. solani* (10-35%). Pathogenicity test of the isolates on cucumber seeds showed that *R. solani* isolates (Rs1, Rs13, Rs14 and Rs15) significantly outperformed all other fungal isolates, and caused complete failure in the cucumber seeds germination in the laboratory and cucumber seedlings emergence in the growth chamber at a rate of 86.11-100%, followed by Fusarium isolates (40-73% in the laboratory and 22.22-33.11% in the growth

chamber). Isolate Rs14 of *R. solani* proved its high potential in inciting complete seed rot and seedlings death. The virulence of isolate Rs14 can be attributed to its high ability to withstand environmental conditions such as temperature, pH, and salinity. The optimal environmental needs of temperature, pH and salinity for this isolate was in the range 20-30°C, 5-8 and 0-50 mM, respectively. The results of BLAST analysis of ITS-rDNA sequence data supported the results of phenotypic diagnosis of the fungal isolates with a 99% similarity to the fungus R. solani. Isolate Rs14 was registered in the Global GenBank (NCBI) under the number PP777510.1.
Keywords: *Cucumis sativus, Rhizoctonia solani*, soil borne diseases, PCR, fungi.

Affiliation of authors: *F.B. Al-Kanaani[1], E.M. Al-Maaroof[2*] and S.M. Ismail[1]. (1) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Tikrit University, Iraq; (2) Pathological Analysis Department, College of Science, Alkitab University, Iraq. *Email address of the corresponding author: emad.ghaleb@uoalkitab.edu.iq*

References

Barnett, H.L. and B.B. Hunter. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN, USA. 241 pp.

Blomberg, A. and L. Adler. 1992. Physiology of osmotolerance in fungi. Pp. 145-212. *In:* Advances in Microbial Physiology. A.H. Rose (ed.). Academic Press, London, UK.

Bolkan, H.A. and E.E. Butler. 1974. Studies of heterokaryosis and virulence of *Rhizoctonia solani*. Phytopathology, 64(4):513-522.

Brook, I. 2016. Antimicrobial therapy of anaerobic infections. Journal of Chemotherapy, 28(3):143-150. https://doi.org/10.1179/1973947815y.0000000068

Brown, A.J.P. 2023. Fungal resilience and host-pathogen interactions: future perspectives and opportunities. Parasite Immunology, 45(2):e12946. https://doi.org/10.1111/pim.12946

Cao, L., Z. Qiu, J. You, H. Tan and S. Zhou. 2004. Isolation and characterization of endophytic *Streptomyces* strains from surface-sterilized tomato (*Lycopersicon esculentum*) roots. Letters in Applied Microbiology, 39(5):425-430. https://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2004.01606.x

Cercauskas, R.F., J. Brown and G. Ferguson. 2001. First report of stem and root rot of greenhouse cucumber caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* in Ontario. Plant Disease, 85(9):1028. https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.9.1028A

Chung, W.C., J.W. Huang and J.C. Sheu. 1998. Fusarium root rot of periwinkle in Taiwan. Plant Protection Bulletin (Taipei), 40:177-184.

Din, H.M., O. Rashed and K. Ahmad. 2020. Prevalence of Fusarium wilt disease of cucumber (*Cucumis sativus* Linn.) in Peninsular Malaysia caused by *Fusarium oxysporum* and *F. solani*. Tropical Life Sciences Research, 31(3):29-45. https://doi.org/10.21315/tlsr2020.31.3.3

Dölfors, F., L. Holmquist, P.N. Moschou, C. Dixelius and G. Tzelepis. 2018. The *Rhizoctonia solani* RsLysM and RsRlpA effector proteins contribute to virulence by suppressing chitin-triggered immunity and hypersensitive response. bioRxiv, 1-87. https://doi.org/10.1101/254896

Duba, A., K. Goriewa-Duba and U. Wachowska. 2018. A review of the interactions between wheat and wheat pathogens: *Zymoseptoria tritici*, *Fusarium* spp., and *Parastagonospora nodorum*. International Journal of

المراجع

الجهاز المركزي للإحصاء. 2020. انتاج المحاصيل الثانوية والخضراوات حسب المحافظات لسنة 2020. وزارة التخطيط، جمهورية العراق. 31 صفحة.

*[**Statistics Central Division**. 2020. Production of secondary crops and vegetables in different governorates for the year 2020. Ministry of Planning, Iraq. 31 pp. (In Arabic)].*

علوان، كوثر فاضل. 2014. فاعلية بعض عوامل المكافحة الإحيائية ضد الفطرين *F. solani* و *Macrophomina phaseolina* المسبب لمرض تعفن جذور الخيار في محافظة بابل. مجلة المثنى للعلوم الزراعية، 2(2):101-107.

*[**Alwan, K.F.** 2014. Effectiveness of some biological control factors against the fungal pathogens F. solani and Macrophomina phaseolina the causal agents of cucumber root rot in Babel Governorate. Al-Mothana Journal of Agricultural Sciences, 2(2):101-107. (In Arabic)].*

Ali, K.H. and J.H. Kadhim. 2018. The use of *Aspergillus niger* to resist cucumber seed rot and damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and some parameters of plant growth. Euphrates Journal of Agricultural Science, 10(1):191-199.

Alageeli, F., A.M. Abdullah, H.H. Al-Kaabi, A.A Fahad and G.Y Matalak. 2023. Identifying the role played by climate change in agricultural productivity: evidence from Iraq**.** Agbioforum, 25(2):51-60.

Al-Khafaji, D.A. and F.A. Al-Fadhal. 2019. Effect of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* in reducing cucumber seed rot and seedling death caused by *Rhizoctonia solani* and *Fusarium solani* under greenhouse conditions. Kufa Journal for Agricultural Sciences, 11(1):12-25.

Almaghasla, M.I., S.M. El-Ganainy and A.M. Ismail. 2023. Biological activity of four *Trichoderma* species confers protection against *Rhizoctonia solani*, the causal agent of cucumber damping-off and root rot diseases. Sustainability, 15(9):7250. https://doi.org/10.3390/su15097250

Al-Maaroof, E.M and S.H. Ali. 2025. Monitoring and control of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in wheat fields under rain-fed conditions. Arab Journal of Plant Protection, 43(3):344-352. https://doi.org/10.22268/ajpp-001323.

Al-Sadi, A.M., F.A. Al-Said, K.S. Al-Kiyumi, R.S. Al-Mahrouqi, I.H. Al-Mahmooli and M.L. Deadman. 2011. Etiology and characterization of cucumber vine decline in Oman. Crop Protection, 30(2):192-197. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.10.013

Mahmoud, Y.G., R.M. Gaafar and H.M. Mubarak. 2007. Genetic diversity among Nile Delta isolates of *Rhizoctonia solani* Kühn based on pathogenicity, compatibility, isozyme analysis, and total protein pattern. Turkish Journal of Botany, 31(1):19-29.

Mandava, N.B., R.G. Orellana, J.D. Warthen, J.F. Worley, S.R. Dutky, H. Finegold and B.C. Weathington. 1980. Phytotoxins in *Rhizoctonia solani*: isolation and biological activity of *m*-hydroxy- and *m*-methoxyphenylacetic acids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 28(1):71-75.

Ministry of Agriculture and Water Resources. 2019. Review of the Agricultural Sector in the Kurdistan Region of Iraq: Analysis on Crops, Water Resources and Irrigation, and Selected Value Chains. 95 pp.

Mohammed, S.H. 2023. Isolation, identification and ecofriendly management of cucumber damping-off disease under greenhouse condition in Erbil Province. Master's thesis, Salahaddin University-Erbil, College of Agricultural Engineering Sciences, Erbil, Kurdistan, Iraq. 132 pp.

Muruganantham, N., S. Solomon and M.M. Senthamilselvi. 2016. Anti-cancer activity of *Cucumis sativus* (cucumber) flowers against human liver cancer. International Journal of Pharmacy and Clinical Research, 8(1):39-41.

Mustafa, A.A., M.H. Abass and K.M. Awad. 2021. Responses of tomato to *Rhizoctonia solani* infection under salinity stress. International Journal of Agriculture and Biology, 26(6):707-716. https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1886

Nei, M. and S. Kumar. 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics. Oxford University Press, New York, NY, USA. 350 pp.

Orozco-Avitia, A., M. Esqueda, A. Meza, M. Tiznado, A. Gutiérrez and A. Gardea. 2013. Temperature effect on *Rhizoctonia solani* analyzed by microcalorimetry. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 8(2):162-166. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.162.166

Pal, A., R. Adhikary, T. Shankar, A.K. Sahu and S. Maitra. 2020. Cultivation of cucumber in greenhouse. Pp. 139-145. *In:* Protected Cultivation and Smart Agriculture. D.J. Gaikwad and T.S. Sagar Maitra (eds.). New Delhi Publishers, New Delhi, India.

Pathak, S., S. Dutta, A. Roybarman, K. Ray, D.R. Shri Bharati, K. Sen and S.K. Ray. 2021. Effect of temperature and pH on growth and sclerotia production of *Rhizoctonia solani*. Journal of Mycopathological Research, 59(2):161-164.

Ramezani, H. 2008. Biological control of root rot of eggplant caused by *Macrophomina phaseolina*. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 4(2):218-220.

Seifert, K.A., C.R. McMullen, D. Yee, R.D. Reeleder and K.F. Dobinson. 2003. Molecular differentiation and detection of ginseng-adapted isolates of the root rot fungus *Cylindrocarpon destructans*. Phytopathology, 93(12):1533-1542. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.12.1533

Molecular Sciences, 19(4):1138. https://doi.org/10.3390/ijms19041138

El Komy, M.H., R.M. Al-Qahtani, A. Widyawan, Y.Y. Molan and A. Almasrahi. 2021. First report of Fusarium root and stem rot caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, a destructive disease on greenhouse cucumbers in Saudi Arabia. Plant Disease, 105(11):3758.

Garuba, T., A. Abdulrahaman, G. Olahan, K. Abdulkareem and J. Amadi. 2014. Effects of fungal filtrates on seed germination and leaf anatomy of maize seedlings (*Zea mays* L., Poaceae). Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 18(4):662-667. https://doi.org/10.4314/jasem.v18i4.15

Gondal, A.S., A. Rauf and F. Naz. 2019. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* associated with tomato foot rot in Pothohar Region of Pakistan. Scientific Reports, 9:3910.

Grosch, R. and A. Kofoet. 2003. Influence of temperature, pH and inoculum density on bottom rot of lettuce caused by *Rhizoctonia solani*. Journal of Plant Diseases and Protection, 110(4):366-378.

Gupta, V.K., R. Prasad, L. Bhar and B.N. Mandal. 2016. Statistical Analysis of Agricultural Experiments: Part I: Single Factor Experiments. ICAR-Indian Agricultural Statistics Research Institute, New Delhi, India. 396 pp.

Harikrishnan, R. and X.B. Yang. 2004. Recovery of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* from different latitudinal positions and influence of temperature on their growth and survival. Plant Disease, 88(8):817-823. https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.8.817

Hassan, M., H. Ahmed, S. Kamel, A. El-Hamed and H. Yousef. 2021. Biological control of damping-off and root rot disease caused by *Rhizoctonia solani* on cucumber plants. Fayoum Journal of Agricultural Research and Development, 35(3):525-541. https://doi.org/10.21608/fjard.2021.225257

Huang, L.F., L.X. Song, X.J. Xia, M.H. Mao, K. Shi, Y.H. Zhou and J.Q. Yu. 2013. Plant-soil feedbacks and soil sickness: from mechanisms to application in agriculture. Journal of Chemical Ecology, 39(2):232-242. https://doi.org/10.1007/s10886-013-0231-9

Karim, A.A. and S.A. Shams-Allah. 2020. Performance of endophytic fungi and bacteria in resistance of cucumber root rot disease caused by pathogens *Pythium aphanidermatum* and *Rhizoctonia solani*. Plant Archives, 20(2):4701-4715.

Krnjaja, V., J. Lević, S. Stanković and Z.M. Tomić. 2007. Pathogenicity and diversity of vegetative compatibility of *Fusarium verticillioides*. Proceedings of the Natural Sciences, Matica Srpska Novi Sad, 113:103-111.

Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz and K. Tamura. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. Molecular Biology and Evolution, 35(6):1547-1549. https://doi.org/10.1093/molbev/msy096

Lynch, D.C. 2018. Evaluating the effect of increasing salinity on the growth of root rot pathogens of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). MSc thesis, Delaware State University, USA. 54 pp.

Tahmasebi, A., T. Roach, S.Y. Shin and C.W. Lee. 2023. *Fusarium solani* infection disrupts metabolism during the germination of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds. Frontiers in Plant Science, 14:1225426. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1225426

Vatchev, T.D. 2007. First report of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* in Bulgaria. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 13:151-152.

White, T.J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. Pp. 315-322. *In:* PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White (eds.). Academic Press, San Diego, CA, USA.

Xing, F., H. Li, Q. Zhang, Y. Wang, B. Liu and X. Liu. 2017. Effects of cucumber root exudates on growth and gene expression of *Rhizoctonia solani*. PLOS ONE, 12(11):e0188136.

Yan, H. and B. Nelson. 2020. Effect of temperature on *Fusarium solani* and *F. tricinctum* growth and disease development in soybean. Canadian Journal of Plant Pathology, 42(4):527-537. https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1745893

Sharma, S., S. Pradhan, P. Khajuria and A.A. Dar. 2017. Genetic diversity studies in cucumber (*Cucumis sativus* L.) using RAPD markers. Vegetable Science, 44(01):34-37. https://doi.org/10.61180/tc34nf13

Shen, W., X. Lin, N. Gao, H. Zhang, R. Yin, W. Shi and Z. Duan. 2008. Land use intensification affects soil microbial populations, functional diversity, and related suppressiveness of cucumber Fusarium wilt in China's Yangtze River Delta. Plant and Soil, 306(1-2):117-127. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9560-3

Sneh, B., S. Jabaji-Hare, S. Neate and G. Dijst. 1996. Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 559 pp.

Sun, M., H. Wang, G. Ye, S. Zhang, Z. Li, L. Cai and F. Wang. 2024. Biological characteristics and metabolic phenotypes of different anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* strains. BMC Microbiology, 24(1):217. https://doi.org/10.1186/s12866-024-03363-9

Received: October 17, 2024; Accepted: November 14, 2024

تاريخ الاستلام: 2024/10/17؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/11/14