دور الفطور الداخلية (Endophytic fungi) المعزولة من النباتات الصحراوية والأراضي الملحية في مقاومة نباتات الطماطم/البندورة لمرض الذبول الفيوزارمي المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

لينا كاظم مشحوت عواد* ومحمد عامر فياض

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة البصرة، البصرة، العراق.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل:Lina.kadhim@uobasrah.edu.iq

الملخص

عواد، لينا كاظم مشحوت و محمد عامر فياض. 2025. دور الفطور الداخلية (Endophytic fungi) المعزولة من النباتات الصحراوية والأراضي الملحية في مقاومة نباتات الطماطم/البندورة لمرض الذبول الفيوزارمي المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. مجلة وقاية النبات العربية، 43(3):404–413. https://doi.org/10.22268/AJPP-001331

أجريت هذه الدراسة خلال الفترة من 2022/10/15 إلى 2023/6/1 بهدف عزل الفطور من الأنسجة الداخلية للنباتات الصحراوية والنباتات النامية في الأراضي الملحية المنتشرة في عدّة مناطق حول مدينة البصرة جنوب العراق. تمّ عزل الفطر *Cephaliophora irregularis* من نبات الشويل (*Cressa cretica*)، وعزلة غير ممرضة من الفطر *Rhizoctonia solani* من نبات الكمبار (*Trachomitum venetum*)، والفطور *Xenomyrothecium tongaens* و *Thielavia basicola* من نبات الطرطيع (*Suaeda aegyptiace*)، والفطر *Chaetomium* sp. من نبات الجمبة/شويكة (*Fagonia bruguieri*). شُخِّصت الفطور اعتماداً على صفاتها المظهرية، وتمّ توصيف أربعةٌ منها جزيئياً عن طريق تضخيم المنطقة البينية للجين (Internal transcribed spacer, ITS) باستخدام البادئين الأمامي ITS1 والعكسي ITS4، وتمّ إيداع تسلسل النيوكليوتيدات للفطور الداخلية في بنك الجينات (NCBI) تحت رقم الانضمام Om245865.1 للفطر *Cephaliophora irregularis* بنسبة تطابق 99.82% و KX118360.1 للفطر *Rhizoctonia solani* بنسبة تطابق 95.61% و NR154511.1 للفطر *Xenomyrothecium tongaens* بنسبة تطابق 95.62%، و MT277121.1 للفطر *Thielavia basicola* بنسبة تطابق 96.65%، مع مثيلاتها المسجلة عالمياً. أظهرت نتائج الدراسة أن معاملة بذور الطماطم/البندورة بالمعلق الفطري لهذه الفطور لمدة 24 ساعة كانت ذات تأثير معنوي في خفض نسبة وشدة الإصابة بمرض الذبول الفيوزارمي، وأن أفضل معاملة كانت معاملة البذور بالفطر *R. solani* إذ انخفضت نسبة الإصابة وشدّتها من 85.0 و 55.00% في معاملة الفطر ومعاملة الشاهد الموجبة (الملقحة بالفطر الممرض فقط) إلى 45.0 و 31.0%، على التوالي. بينت النتائج أن معاملة شتلات البندورة/الطماطم بعمر 30 يوماً بالمعلق الفطري للفطور الداخلية قبل نقلها إلى البيت البلاستيكي أدى إلى انخفاض النسبة المئوية للإصابة وشدتها وبفروق معنوية مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة، حيث انخفضت من 80.0 و 52.0% إلى 25.0 و 23.0% ، على التوالي، في معاملة الشتلات الملقحة بالفطر *C. irregularis*. كما بينت النتائج ارتفاع أنزيم البيروكسيديز والكلوروفيل الكلي، وتحسّن بعض مؤشرات النمو في جميع المعاملات المعاملة بالفطور الداخلية وبفروق معنوية مقارنة مع معاملات الشاهد الموجبة، في التجربتين كلتيهما.

كلمات مفتاحية: النباتات الصحراوية، فطور داخلية، الذبول الفيوزارمي، بندورة/طماطم، كلوروفيل، PCR.

المقدمة

تعدّ الطماطم/ البندورة (*Solanum lycopersicum*) من أهم محاصيل الخضر نظراً لاستهلاكها العالمي على نطاق واسع، وهي عنصر حيوي في الغذاء اليومي لما تمتلكه من قيمة غذائية عالية (Magar *et al.*, 2023). يصاب نبات البندورة/الطماطم بالعديد من الأمراض، ومن أهمها مرض الذبول الفيوزارمي المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، وهو من الفطور المنقولة بالتربة ويسبب خسائراً كبيرة في الإنتاج في العديد من البلدان المنتجة للبندورة/للطماطم (Srinivas *et al.*, 2019). تعدّ مكافحة أمراض الذبول الوعائي، وبخاصة الذبول الفيوزارمي على البندورة/الطماطم، من الأمور الصعبة وذلك لقدرة المسبب على البقاء لمدة طويلة في التربة، وعدم توفر مبيدات كفوءة تصل إلى داخل النسيج النباتي (Agrios, 2005). ولدواعي بيئية وصحية متعلقة بأضرار المبيدات الكيمياوية على البيئة وصحة الأنسان، اتجه الباحثون في مختلف مراكز البحث العلمي إلى إيجاد نظم فعالة ومنخفضة

https://doi.org/10.22268/AJPP-001331
© 2025 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

التكلفة وصديقة للبيئة تزيد من قدرة النبات على تحمل الاجهاد والحفاظ على صحة النظام البيئي (Jacquet *et al.,* 2022).

تشكل المكافحة الحيوية طريقة فعالة وبديلة لمكافحة أمراض النبات والتي ليس لها تأثير سلبي على الإنسان والبيئة. تتميز الفطور الداخلية (Endophytic fungi) المعزولة من أجزاء النبات المختلفة، بما فيها النباتات الصحراوية والنباتات النامية في الأراضي الملحية التي لم تظهر عليها أعراض مرضية، بإمكانات واعدة في المكافحة الحيوية لأمراض النبات وتعزيز نمو النبات وتطوره من خلال آليات مباشرة، مثل التطفل والمنافسة وإنتاج المركبات الأيضية الثانوية أو المركبات المتطايرة أو الأنزيمات، أو بشكل غير مباشر من خلال تحفيز المقاومة الجهازية في النبات (Akram *et al.,* 2023).

هدفت هذه الدراسة إلى عزل الفطور الداخلية من النباتات الصحراوية والأراضي الملحية ودراسة دورها في تحفيز المقاومة الجهازية في نبات البندورة/الطماطم ضد مرض الذبول الفيوزارمي.

مواد البحث وطرائقه

عزل وتشخيص الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

قلعت نباتات البندورة/الطماطم التي ظهرت عليها أعراض الذبول الوعائي من عدة مزارع حول مدينة البصرة جنوب العراق. قطعت جذور وسوق النباتات التي ظهر عليها أعراض الذبول الوعائي إلى قطع صغيرة (0.5 سم)، عقمت بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) بتركيز 10% من المستحضر التجاري، بعدها زرعت القطع في أطباق بتري تحوي على الوسط الزرعي بطاطا–دكستروز– أجار (PDA) المعقم والمضاف له المضاد الحيوي Tetracycline بمعدل 100 مغ/ليتر، حضنت الأطباق عند درجة حرارة 25±2°س لمدة 5 أيام. نقيت العزلات الفطرية على الوسط الزرعي PDA.

جمع عينات النباتات الصحراوية والملحية

جمعت عينات النباتات الصحراوية والملحية من المناطق الصحراوية والملحية حول مدينة البصرة خلال شهر تشرين الأول/أكتوبر، وتضمنت النباتات: الشويل (*Cressa cretica*)، والكمبار (*Trachomitum venetum*)، الطرطيع (حمض) (*Suaeda aegyptiace*) والجمبة (شويكة) (*Fagonia bruguieri*) (جدول 1). صنّفت النباتات بمساعدة أخصائي تصنيف النبات في كلية الزراعة وكلية العلوم، جامعة البصرة. جمعت النباتات السليمة التي لم تظهر عليها أي أعراض مرضية. قلعت النباتات بشكل كامل من التربة ووضعت في أكياس من النايلون المعقم. كما جمعت أيضاً عينات تربة من منطقة نمو هذه النباتات بعمق 1–30 سم، بعد إزالة 1 سم من الطبقة السطحية بغرض قياس الملوحة ودرجة الحموضة فيها، وقدرت قيمة التوصيل الكهربائي لعينات التربة بواسطة جهاز من نوع JEWAY 4510 Conductivity Meter وعبر عنها بوحدة ديسيسيمنز/م.

عزل الفطور الداخلية من النباتات الصحراوية والملحية

غسلت النباتات بالماء الجاري جيداً لإزالة الأتربة العالقة بها. قطعت الأجزاء النباتية (الجذور، السوق والأوراق) إلى قطع صغيرة (0.5 سم) بواسطة مشرط معقم باللهب وعقمت القطع النباتية بشكل متسلسل، إذ وضعت في 70% ايثانول لمدة 1–3 دقيقة ثم نقلت إلى محلول 4% هيبوكلوريت الصوديوم تركيزه 6% لمدة 3–5 دقيقة ثم عقمت مرة أخرى في 70% إيثانول لمدة 5–10 ثواني. غسلت القطع بماء مقطر معقم ثلاث مرات للتخلص من بقايا مواد التعقيم وجففت بوضعها على ورق ترشيح معقم (Schulz *et al.,* 1993)، ثم زرعت كل 3 قطع من الأجزاء النباتية المعقمة في طبق بتري حاوي على الوسط الزرعي PDA المعقم والمضاف له المضاد الحيوي Tetracycline بمعدل 100 مغ/ليتر. حضنت الأطباق عند درجة حرارة 25±2°س لمدة 7–14 يوم لحين نمو الفطور الداخلية. نقيت العزلات الفطرية على الوسط الزرعي PDA. أخذت أجزاء من الغزل الفطري من المزارع النقية للفطور الداخلية وحفظت في 15% (حجم/حجم) جليسيرول عند درجة حرارة −20°س (Alsharari *et al.,* 2022) لحفظها لمدة طويلة.

التشخيص المظهري للفطور الداخلية

شخصت الفطور الداخلية التي عزلت من الأجزاء النباتية المختلفة للنباتات الصحراوية وفق الشكل المظهري لنمو المستعمرات الفطرية، شكل الأبواغ والتراكيب التكاثرية الأخرى.

التشخيص الجزيئي للفطور الداخلية

استخلص الحمض النووي DNA من عزلات الفطور الداخلية باستعمال طقم الاستخلاص (Plant Genomic DNA Mini Kit, GP100) من إنتاج شركة Geneaid– تايوان وحسب بروتوكول الشركة المصنعة. تم قياس كمية ونقاوة DNA (نانوغرام/ميكروليتر) بواسطة جهاز Nano Drop من شركة Thermo Scientific. حفظت العينات عند حرارة −20°س للتحليلات اللاحقة. وتم تضخيم المنطقة البينية للمورث باستخدام زوج البادئات الأمامي ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') والعكسي ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') باستخدام GoTaq Green Master Mix kit من إنتاج شركة Promega. تضمن برنامج التضخيم دورة واحدة لمدة 3 دقائق عند حرارة 94°س لخطوة التنشيط و 35 دورة مكونة من 40 ثانية عند حرارة 94°س ودقيقة واحدة عند حرارة 55°س

ودقيقة واحدة عند حرارة 72°س ودورة واحدة لمدة 10 دقائق عند حرارة 72°س للاستطالة النهائية لشريط DNA (Edel, 1998). تم تصوير ناتج تفاعل PCR (شكل 1) بعد الترحيل الكهربائي عند 85 فولت لمدة 50 دقيقة. ثم أرسلت نواتج تضخيم المورث إلى شركة Macrogen لتحديد التسلسل النيوكليوتيدي للمورثات ومطابقتها مع التسلسلات الموجودة في قاعدة بيانات بنك المورثات NCBI.

دراسة تأثير الفطور الداخلية في تحفيز المقاومة الجهازية في نمو نبات البندورة/الطماطم المصابة بالذبول الفيوزارمي في البيت البلاستيكي

نفذت التجربة في البيت البلاستيكي التابع لكلية الزراعة. غسلت بذور البندورة/الطماطم صنف جلنار (بلد المنشأ كينيا) بالماء المقطر المعقم للتخلص من المبيد ثيرام المغلف للبذور ومن ثم عقمت سطحياً بتركيز 10% من المستحضر التجاري هيبوكلورات الصوديوم تركيزه 6%. سحقت كمية من طين الكاؤلين وأضيفت إليه كمية من الماء المقطر للحصول على قوام مناسب ثم عقم بجهاز المؤصدة (Autoclave) عند درجة حرارة 121°س وضغط 15 باوند/انش^2 لمدة 15 دقيقة، واستخدم كمادة لاصقة للفطور الداخلية. حضر المعلق البوغي للفطور الداخلية بإضافة 10 مل من الماء المقطر المعقم إلى سطح طبق بتري نمت فيه مستعمرة الفطر، وتم قشط سطح المستعمرة بواسطة فرشاة ثم رشح العالق بواسطة قطعة قماش شاش لفصل الغزل الفطري. بعد ذلك جمع المعلق في أنبوبة اختبار وتم نبذها مركزياً، ثم أضيف إلى الأبواغ المترسبة في قعر الأنبوبة 100 مل ماء مقطر معقم، ونقل بعدها 1 مل من المعلق إلى شريحة العدّ (Haemocytometer). عند حساب عدد الأبواغ، تم استخدام التركيز 1×10^{-6} وخلط طين الكاؤلين مع المعلق بوغي بنسبة 1:1 (العيداني، 2010)، أما الفطر *R. solani*، فقد تمّ قشط الغزل الفطري لمستعمرة الفطر بإضافة 10 مل ماء مقطر معقم إلى طبق بتري نمى فيه الفطر، ومن ثم خلط الماء الحاوي على الغزل الفطري مع طين الكاؤلين بالنسبة السابقة نفسها. غلفت بذور البندورة/الطماطم بالفطور الداخلية بنقعها بالخليط السابق مدة 24 ساعة، ثم جففت البذور على ورق ترشيح معقم بدرجة حرارة المختبر. تضمنت معاملات الشاهد بذور مغلفة بطين الكاؤلين فقط (شملت معاملة الشاهد السالبة بذور سليمة بدون فطر داخلي والفطر الممرض، وشملت معاملة الشاهد الموجب بذوراً مع الفطر الممرض (*F. oxysporum* فقط). زرعت بذور أخرى أيضاً من الصنف نفسه، ولكن بدون معاملتها بالفطور الداخلية، في صواني فلينية تحتوي على البيتموس المعقم بجهاز المؤصدة، وفق ظروف التعقيم السابقة نفسها، وبعد شهر من الزراعة أضيف 10 مل من اللقاح الفطري لكل فطر داخلي إلى كل شتلة، وأضيف لقاح الفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* المحمل على بذور الدخن بمقدار 0.5 غ في المكان المخصص لكل شتلة، أما المكان المخصص لمعاملات الشاهد السالبة فلم يضف لها الفطر الممرض، وبعد يومين نقلت الشتلات إلى البيت البلاستيكي، والذي تبلغ مساحته 47 م طولاً و 9 م عرضاً، بعد حراثته وتعقيم التربة بالبسترة الشمسية خلال شهر تموز/يوليو، آب/أغسطس وأيلول/سبتمبر، وتسميده بالأسمدة العضوية. قسم البيت البلاستيكي إلى جزئين، خصص الجزء الأول لزراعة الشتلات التي عوملت بذورها بالمعلق الفطري، وكان الجزء الأخر لزراعة الشتلات المعاملة بالفطور الداخلية، وبثلاثة خطوط زراعية، وضمّ كل خط سبع معاملات ، وتضمنت التجربة المعاملات التالية: معاملة الشاهد السالبة= بذور سليمة بدون فطر داخلي أو الفطر الممرض، معاملة الشاهد الموجبة= بذور مصابة بالفطر الممرض *F. oxysporum* فقط، معاملة *F. oxysporum* + *Cephaliophora irregularis*، معاملة *F. oxysporum* + *Chaetomium* sp.، عزلة غير ممرضة من الفطر *F. oxysporum* + *Rhizoctonia solani*، معاملة *Thielavia basicola* + *F. oxysporum*، معاملة *Xenomyrothecium tongaens* + *F. oxysporum*. زرعت 10 شتلات في كل وحدة تجريبية، وكانت المسافة بين الشتلات 40 سم. نفذت التجربة حسب القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاثة مكررات. تم تحليل النتائج باستخدام برنامج GenStat ومقارنة الفروق بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 0.05. درست الصفات الكيموحيوية للنبات، وقدرت صبغات الكلوروفيل a وكلوروفيل b والكلوروفيل الكلي والكاروتين بعد 60 يوم من زراعة الشتلات، واستخلصت هذه الصبغات اعتماداً على طريقة Arnon (1949). وقدرت قيم الكلوروفيل حسب ما أشار إليه Asare-Boamah *et al.*(1986). قدر الكاروتين وفق المعادلة التي أشار إليها الشامي وآخرون (2017). قدرت الفعالية الكلية لأنزيم Peroxidase (POD) وفقاً للطريقة الموصوفة من قبل Muftugil (1985). وبعد ثلاثة أشهر من الزراعة، حسبت نسبة الإصابة بالفطر الممرض حسب المعادلة التالية:

$$\text{النسبة المئوية للإصابة} = \frac{\text{عدد النباتات المصابة}}{\text{عدد النباتات الكلية}} \times 100$$

وحسبت شدة الإصابة لكل نبات وفق مقياس مكون من خمس درجات: 0= نبات سليم، 1= الأوراق السفلية صفراء، 2= الأوراق السفلية ميتة والأوراق العلوية ذابلة، 3= موت فرع جانبي من النبات، 4= موت النبات بالكامل. وحسبت النسبة المئوية لشدة الإصابة وفق معادلة Mckinney (1923). قلعت ثلاثة نباتات بحذر من كل معاملة وبصورة عشوائية وتم حساب الوزن الطري والجاف للمجموعين الخضري والجذري. كما تم حساب حاصل النبات الواحد (كغ) حسب المعادلة التالية:

$$\text{حاصل النبات الواحد (كغ)} = \frac{\text{إنتاجية الوحدة التجريبية}}{\text{عدد النباتات فيها}}$$

جدول 1. أنواع النباتات التي تم جمعها من المناطق الصحراوية والملحية من منطقة البصرة.
Table 1. Plant species collected from desert and saline areas of Basrah region.

الاسم العلمي للنبات Plant scientific name	الاسم المحلي العربي للنبات Plant Arabic local name	العائلة Family	منطقة الجمع Collection site
Cressa cretica	الشويل	Convolvnlaceae	جامعة البصرة، كرمة علي، شمال مدينة البصرة Basra University, Karmat Ali, North Basra city
Trachomitum venetum	الكمبار	Apocynaceae	حمدان، جنوب مدينة البصرة Hamdan, south of Basrah city
Suaeda aegyptiace	الطرطيع (حمض)	Chenopodiaceae	الزبير، جنوب غرب مدينة البصرة
Fagonia bruguieri	الجمبة (شويكة)	Zygophyllaceae	Al-Zubeir, southwest of Basrah city

النتائج

عزل وتشخيص الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

عزل الفطر *F. oxysporum* من منطقة التاج لنباتات البندورة/الطماطم المصابة بالذبول الفيوزارمي، وشخص الفطر إلى مستوى النوع بالاعتماد على Booth (1971) و Lesile & Summerell (2006)، ومن أهم الخصائص المظهرية التي اعتمدت في تشخيص الفطر: لون المستعمرة وحوافها ونسجتها ووجود الأبواغ الكونيدية الكبيرة (Macroconidia) والصغيرة (Microconidia) وعدد الحواجز فيها. تميز الفطر بقوام قطني للمستعمرة، وكان سطحها العلوي ذو لون أبيض إلى وردي أما سطحها السفلي فيكون باللون الوردي، أما الأبواغ الكونيدية الكبيرة فكانت هلالية الشكل وتحتوي على ثلاثة حواجز، والأبواغ الكونيدية الصغيرة بيضوية الشكل. بينت النتائج (جدول 2) أن قيم pH للترب التي جمعت منها النباتات تراوحت بين 7.61– 7.93، أما قيم التوصيل الكهربائي فتراوحت بين 3.8 و 63.4 دسيسيمنز/م.

التشخيص المظهري والجزيئي للفطور الداخلية

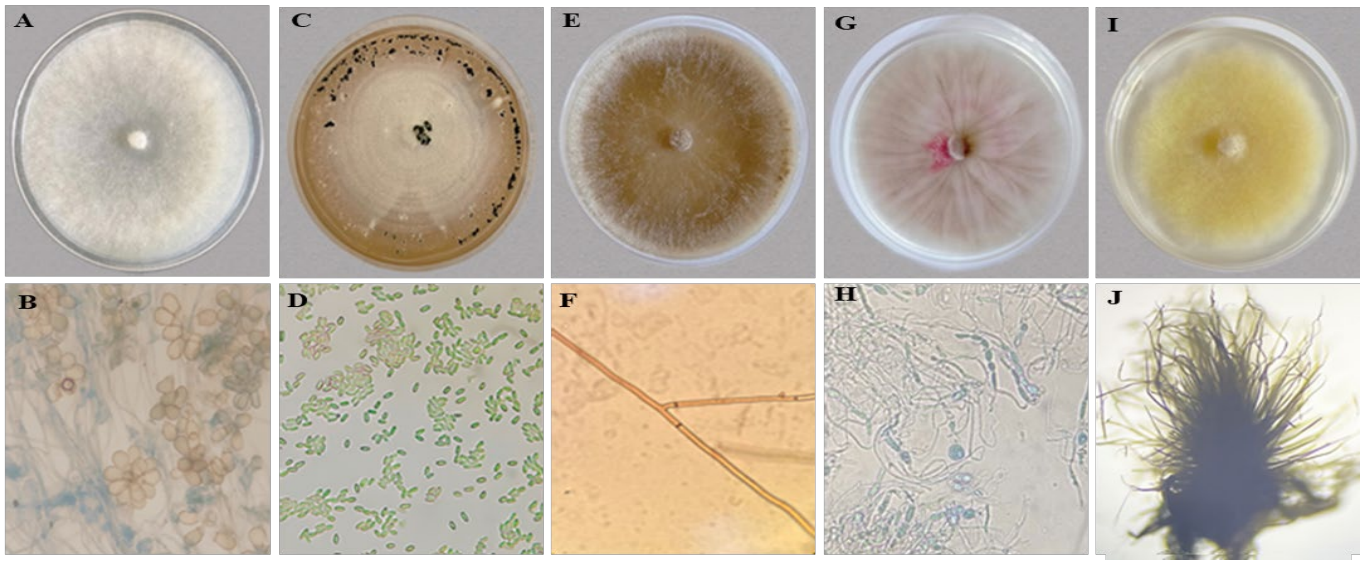
شخصت الفطور الداخلية المعزولة من النباتات الصحراوية مظهرياً إلى مستوى الجنس وحسب المفاتيح التصنيفية (Barnett & Hunter, 1972؛ Kedves *et al.,* 2021؛ Lombard *et al.,* 2016؛ Wang *et al.,* 2019) (شكل 1). وجزيئياً إلى مستوى النوع اعتماداً على تسلسل القواعد الآزوتية والترحيل الكهربائي لناتج تفاعل البلمرة المتسلسل (شكل 2) وتم تحليل التتابعات الواردة من شركة Macrogen ومطابقتها مع التسلسلات الموجودة في قاعدة بيانات National Center Biotechnology Information (NCBI)، وتم ايداع تسلسل القواعد الآزوتية لعزلات الفطور الداخلية في بنك المورثات (NCBI) وبرقم انضمام خاص بكل عزلة فطرية (جدول 3)، ثم رسمت الشجرة الوراثية (شكل 3) لبيان التقارب بين هذه القطور الداخلية مع مثيلاتها المسجلة عالمياً.

تأثير الفطور الداخلية في النسبة المئوية للإصابة وشدتها بمرض الذبول الفيوزارمي في نبات البندورة/الطماطم

أظهرت النتائج (جدول 4) أن معاملة بذور البندورة/الطماطم بالفطور الداخلية أدت إلى انخفاض النسبة المئوية للإصابة وشدتها وبفروق معنوية مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة (الملقحة بالفطر الممرض فقط)، إذ انخفضت نسبة الإصابة وشدتها من 85.0 و 55.0% في معاملة الشاهد الموجبة إلى 45.0 و 31.0% في معاملة البذور الملقحة بالفطر *R. solani*، على التوالي، والذي عزل من الأنسجة الداخلية لنبات *Trachomitum venetum*. كما أدت معاملة شتلات البندورة/الطماطم بالفطور الداخلية إلى انخفاض واضح في النسبة المئوية للإصابة وشدتها وبفروق معنوية مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة (الملقحة بالفطر الممرض فقط)، إذ انخفضت نسبة الإصابة وشدتها من 80.0 و 52.0% في معاملة الشاهد الموجبة إلى 25.0 و 23.0% في معاملة الشتلات الملقحة بالفطر *C. irregularis*، على التوالي، والذي عزل من الأنسجة الداخلية لنبات *Cressa cretica*.

جدول 2. درجة الحموضة pH والتوصيل الكهربائي لعينات التربة.
Table 2. pH values and electrical conductivity (EC) of soil samples.

موقع عينات التربة Soil sample location	درجة حموضة التربة Soil pH	التوصيل الكهربائي (ديسيسيمنز/م) Electrical conductivity (deciSiemens/m)
منطقة حمدان جنوب مدينة البصرة Hamdan region, South Basrah city	7.61	63.40
جامعة البصرة - شمال مدينة البصرة Basra University, North Basra city	7.93	8.32
الزبير- جنوب غرب مدينة البصرة Al-Zubair, Southwest Basra city	7.84	3.80



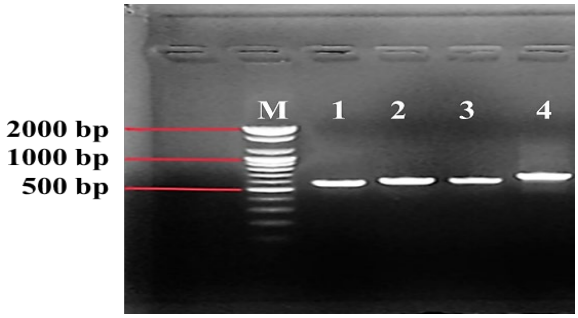
شكل 1. الشكل المظهري لمستعمرات الفطور الداخلية على الوسط الزرعي PDA المعزولة من النباتات الصحراوية. A= *Cephaliophora irregularis*؛ B= كونيديا الفطر *C. irregularis*، C= *Xenomyrothecium tongaens*، D= كونيديا الفطر *X. tongaens*، E= *Rhizoctonia solani*، F= الغزل الفطري للفطر *R. solani*، G= *Thielavia basicola*، H= كونيديا الفطر *T. basicola*، I= *Chaetomium* sp.، J= الجسم الثمري للفطر *Chaetomium* sp.

Figure 1. Colony morphology on PDA of endophytic fungi isolated from xerophyte plants. A= *Cephaliophora irregularis,* B= Conidia of *C. irregularis, C*= *Xenomyrothecium tongaens,* D= Conidia of *X. tongaens,* E= *Rhizoctonia solani,* F= Mycelium of *R. solani*, G= *Thielavia basicola,* H= Conidia of *T. basicola,* I= *Chaetomium* sp., J= Fruiting body of *Chaetomium* sp.

جدول 3. الفطور الداخلية المعزولة من النباتات الصحراوية والملحية ورقم التسجيل للعزلات في بنك المورثات.

Table 3. Endophytic fungi isolated from desert and saline plants and accession number for isolates in the GenBank.

نسبة المطابقة (%) Similarity (%)	الرقم المعرف لعزلة الفطر Identification number	العائلة Family	نوع الفطر Fungus species	الاسم العلمي للنبات Plant scientific name
99.82	Om245865.1	Ascodesmidaceae	*Cephaliophora irregularis*	*Cressa cretica*
95.61	KX118360.1	Agonomycetaceae	*Rhizoctonia solani*	*Trachomitum venetum*
95.62	NR-154511.1	Stachydotryaceae	*Xenomyrothecium tongaens*	*Suaeda aegyptiace*
96.65	MT277121.1	Chaetomiaceae	*Thielavia basicola*	

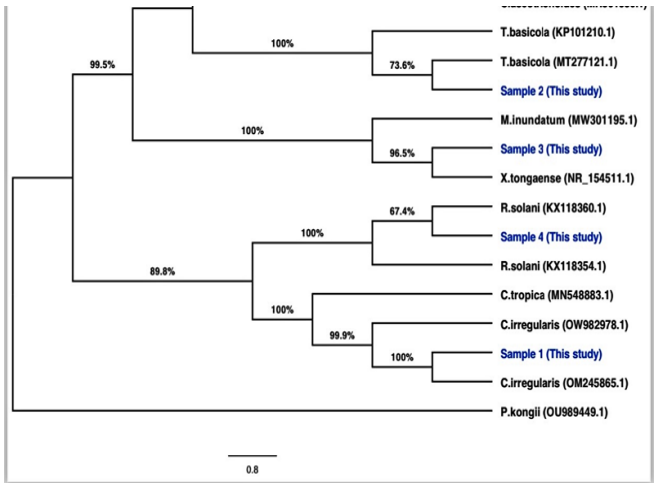


شكل 2. الترحيل الكهربائي للحمض النووي DNA للفطور الداخلية. 1= *Cephaliophora irregularis*، 2= *Thielavia basicola*، 3= *Xenomyrothecium tongaens*، 4= *Rhizoctonia solani*، M= سلم الحجم الجزيئي.

Figure 2. Electrophoresis of genomic DNA of endophytic fungi. 1= *Cephaliophora irregularis,* 2= *Thielavia basicola,* 3= *Xenomyrothecium tongaens*, 4= *Rhizoctonia solani,* M= Molecular ladder.

تأثير الفطور الداخلية في بعض الصفات البيوكيمياوية لنباتات البندورة/الطماطم المصابة بمرض الذبول الفيوزارمي

أوضحت النتائج (جدول 5) ارتفاع أنزيم البيروكسيديز عند المعاملة بجميع الفطور الداخلية وبفروق معنوية مقارنة مع معاملات المقارنة (الشاهد) الموجبة، مع تفوق الفطر *T. basicola* في كلا التجربتين، إذ سجلت معاملة البذور بالفطر *T. basicola* أعلى فعالية لأنزيم البيروكسيديز والتي بلغت 154.50 وحدة/مل مقارنة مع معاملات الشاهد السالبة والموجبة والتي كانت فيها فعالية الأنزيم 136.0 و 127.0 وحدة/مل، على التوالي.



شكل 3. شجرة القرابة الوراثية لعزلات الفطور الداخلية مع بعض الفطور المسجلة في بنك المورثات NCBI.

Figure 3. Genetic relatedness tree based on sequence homology of endophytic fungi with same fungi isolates registered in the NCBI GenBank.

أدت معاملة شتلات البندورة/الطماطم بالفطر *T. basicola* إلى ارتفاع نشاط أنزيم البيروكسيديز فيها إلى 144.0 وحدة/مل مقارنة مع معاملات الشاهد السالبة والموجبة والتي كانت فعالية فيها الأنزيم 132.0 و 125.0 وحدة/مل، على التوالي. أدى ارتفاع أنزيم البيروكسيديز إلى زيادة كمية الصبغات النباتية في المعاملات المعاملة بالفطور الداخلية وبفروق معنوية مقارنة مع معاملات الشاهد الموجبة والسالبة، إذ كانت أعلى زيادة في الكلوروفيل الكلي والكاروتينوئيدات في معاملة البذور بالفطر *X. tongaens* والتي بلغت 21.52 و 14.46 وحدة/مل، على التوالي، مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة والتي كانت فيها كمية الكلوروفيل والكاروتينوئيدات 7.19 و 8.83 على التوالي، ومعاملة الشاهد السالبة والتي كانت فيها كمية الكلوروفيل والكاروتينوئيدات 16.81 و 12.67 على التوالي. وبينت النتائج زيادة في الصبغات النباتية والكاروتينوئيدات في جميع الشتلات المعاملة بالفطور المدروسة مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة وأظهرت معاملة الفطر *T. basicola* تفوقاً معنوياً في زيادة كمية الكلوروفيل الكلي والكاروتينوئيدات والتي بلغت 9.97 و 10.99 مغ/غ، على التوالي، مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة التي بلغت 2.24 و 8.58 مغ/غ، على التوالي.

تأثير المعاملة بالفطور الداخلية في مؤشرات نمو نبات البندورة/الطماطم المصاب بمرض الذبول الفيوزارمي

بينت النتائج (جدول 6) زيادة الوزن الرطب والجاف للمجموعين الخضري والجذري في نباتات معاملة البذور بالفطور الداخلية مقارنة مع معاملة الشاهد الموجب (الملقحة بالفطر الممرض فقط) إذ كان أعلى وزن رطب وجاف للمجموعين الخضري والجذري في معاملة البذور بالفطر *T. basicola* والذي بلغ 1489، 289.1، 85.9 و 22.01 غ، على التوالي، وبفارق معنوي مقارنة بالشاهد الموجب، والتي كان فيها الوزن الرطب والجاف للمجموعين الخضري والجذري 699 و 128.0 و36.3 و 4.66 غ، على التوالي. كما بينت النتائج ارتفاع كمية الحاصل في معاملة البذور بالفطر *C. irregularis* إلى 5.713 كغ مقارنة مع معاملة الشاهد الملقحة بالفطر الممرض فقط، والتي بلغت فيها كمية حاصل أقل قيمة 564 غ. كما بينت النتائج زيادة الوزن الرطب والجاف للمجموعين الخضري والجذري للنباتات وبفروق معنوية مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة، وكانت أفضل معاملة هي معاملة الشتلات بالفطر *Chaetomium* sp.، والتي بلغ فيها الوزن الرطب والجاف للمجموعين الخضري والجذري 1737، 396.5، 119.70 و 17.53 غ مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة التي بلغت 1004، 271.5، 62.50 و 12.47 غ، على التوالي. كما أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي للفطور الداخلية في زيادة كمية الحاصل في جميع المعاملات مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة، إذ ارتفعت كمية الحاصل في معاملة الفطر *T. basicola* إلى 2.296 كغ مقارنة مع معاملة الشاهد الموجبة والتي بلغت كمية الحاصل فيها 879 غ وقابلها 1399 غ في معاملة الشاهد السالبة.

المناقشة

أظهرت نتائج الدراسة أن معاملة بذور البندورة/الطماطم لمدة 24 ساعة بالفطور الداخلية، والتي تم عزلها من الأنسجة الداخلية لبعض النباتات الصحراوية والنباتات النامية في الأراضي الملحية، أو معاملة الشتلات بعمر 30 يوم بـ 10 مل من المعلق الفطري لهذه الفطور وإعادة تلقيح هذه الشتلات بعد مرور 10 أيام من زراعتها في البيت البلاستيكي دور مهم في خفض نسبة الإصابة وشدتها بمرض الذبول الفيوزارمي المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، بالإضافة إلى ارتفاع نشاط أنزيم البيروكسيديز وزيادة كمية الصبغات النباتية والتأثير الإيجابي في نمو النبات المصاب، مما يدل على دور الفطور في تفعيل مسارات المقاومة الجهازية في النبات. تتفق هذه النتائج مع دراسات سابقة أوضحت أن إصابة نبات البندورة/الطماطم بالفطر *Fusarium oxysporum* يؤدي إلى انخفاض صبغة الكلوروفيل، وقد يعزى سبب هذا الانخفاض إلى العدد القليل من الأوراق وبالتالي قلة امتصاص الضوء والتمثيل الضوئي، أو زيادة في نشاط الأنزيمات المحطمة للكلوروفيل، وبالتالي انخفاض النمو الخضري للنبات المصاب (Rahman, 2019). وبينت دراسة أخرى أن إصابة نبات فول الصويا بالفطر *Fusarium oxysporum* يؤثر على وظائف الميتاكوندريا

والبلاستيدات الخضراء مما تسبب باضطراب التعبير الوراثي بعد يوم واحد من الإصابة، ورافقه انخفاض كبير في أنشطة cytochrome oxidase و(MDH) malate dehydrogenase في الأوراق المصابة بالذبول الفيوزارمي مما يشير إلى ضعف كبير في دورة حمض ثلاثي الكربوكسيل (TCA) وقدرة نقل الألكترون (Ibrahim, 2021). وتتفق نتائج هذه الدراسة أيضاً مع ما أشار إليه Magar (2023) حول فعالية الفطور الداخلية في خفض شدة الإصابة بمرض الذبول الفيوزارمي وتعزيز نمو النبات. فقد تعود فعالية الفطور الداخلية في المكافحة الحيوية لأمراض النبات إلى مقدرتها في زيادة فعالية نشاط NADPH oxidase وبالتالي تفعيل انتاج H_2O_2 أو عن طريق نشاط مضادات الأكسدة وبالتالي تنشيط أنظمة كبح Reactive oxygen species (ROS) في النبات (Zou *et al.,* 2021). ويعدّ أنزيم البيروكسيديز من أنزيمات الأكسدة الدفاعية، وله دور كبير في خفض مستوى H_2O_2 الفائض عن طريق التحويل الحيوي إلى H_2O (Rios-Gonzalez *et al.,* 2002).

جدول 4. تأثير الفطور الداخلية في نسبة الإصابة وشدتها بمرض الذبول الفيوزارمي في نبات البندورة/الطماطم.
Table 4. Effect of endophytic fungi on the incidence and disease severity of Fusarium wilt in tomato plants.

معاملة الشتلات Seedling treatments		معاملة البذور Seed treatments			
شدة الاصابة (%) Disease severity (%)	نسبة الاصابة (%) Incidence (%)	شدة الاصابة (%) Disease severity (%)	نسبة الإصابة (%) Incidence (%)	Treatment	المعاملات
0.00	0.00	0.00	0.00	Healthy control	معاملة الشاهد السالبة
52.00	80.00	55.00	85.00	*F. oxysporum*	معاملة الشاهد الموجبة
				Positive control: only *F. oxysporum*	
23.00	25.00	52.00	65.00	*C. irregularis* + *F. oxysporum*	
26.00	30.00	32.00	45.00	*Chaetomium* sp.+ *F. oxysporum*	
25.00	40.00	31.00	45.00	*R. solani* + *F. oxysporum*	
24.00	20.00	37.00	50.00	*F. oxysporum* +*T. basicola*	
26.00	30.00	49.00	40.00	*X. tongaens* + *F. oxysporum*	
2.09	11.93	3.97	11.46		$LSD_{0.05}$

جدول 5. تأثير الفطور الداخلية في بعض المؤشرات البيوكيميائية لنباتات البندورة/الطماطم.
Table 5. The effect of endophytic fungi on some biochemical parameters of tomato plants.

معاملة الشتلات Seedling treatments			معاملة البذور Seed treatments				
الكاروتينوئيدات (مغ/غ) Carotenoid (mg/gm)	الكلوروفيل الكلي (مغ/غ) Total Chlorophyll (mg/gm)	نشاط انزيم البيروكسيديز (وحدة /مل) Peroxidase enzyme activity (unit/ml)	الكاروتينوئيدات (مغ/غ) Carotenoid (mg/gm)	الكلوروفيل الكلي (مغ/غ) Total Chlorophyll (mg/gm)	نشاط أنزيم البيروكسيديز (وحدة /مل) Peroxidase enzyme activity (unit/ml)	Treatment	المعاملات
11.29	7.67	132.00	12.67	16.81	136.00	Healthy control	الشاهد السليم
8.58	2.24	125.00	8.83	7.19	127.00	*F. oxysporum*	الشاهد الموجب
						Positive control *F. oxysporum*	
9.77	4.21	140.00	12.45	16.64	138.50	*C. irregularis* + *F. oxysporum*	
10.86	9.11	143.50	12.39	14.57	135.00	*Chaetomium* sp.+ *F. oxysporum*	
8.83	7.44	143.00	11.57	14.67	136.00	*R. solani* + *F. oxysporum*	
10.99	9.97	144.00	11.86	17.78	154.00	*T. basicola* +*F. oxysporum*	
10.25	4.70	130.00	14.46	21.52	134.00	*X. tongaens* + *F. oxysporum*	
1.12	1.58	4.11	2.28	4.03	5.75		$LSD_{0.05}$

كل قيمة في الجدول تمثل معدل ثلاث مكررات Each value in the table represent the mean of three replicates

جدول 6. تأثير معاملة البذور والشتلات بالفطور الداخلية في مؤشرات نمو نباتات البندورة/الطماطم المصابة بمرض الذبول الفيوزارمي.

Table 6. Effect of seed and seedling treatments with endophytic fungi on growth indicators of tomato plants infected with Fusarium wilt.

معاملة الشتلات Seedling treatments					معاملة البذور Seed treatments					
كمية الحاصل/ نبات (كغ) Fruit yield/plant (Kg)	المجموع الجذري Root system		المجموع الخضري Shoot system		كمية الحاصل/ نبات (كغ) Fruit yield/plant (Kg)	المجموع الجذري Root system		المجموع الخضري Shoot system		المعاملات Treatments
	الوزن الجاف (غ) Dry weight (g)	الوزن الرطب (غ) Fresh weight (g)	الوزن الجاف (غ) Dry weight (g)	الوزن الرطب (غ) Fresh weight (g)		الوزن الجاف (غ) Dry weight (g)	الوزن الرطب (غ) Fresh weight (g)	الوزن الجاف (غ) Dry weight (g)	الوزن الرطب (غ) Fresh weight (g)	
1.399	13.23	91.17	324.2	1352.0	0.906	11.09	49.8	286.5	2000.0	معاملة الشاهد السليم (بدون اضافة) Healthy control
0.879	12.47	62.50	271.5	1004.0	0.564	4.66	36.3	128.0	699.0	معاملة الشاهد الموجبة *F. oxysporum* Positive control
1.584	6.06	23.87	198.5	996.0	5.713	14.86	53.6	153.2	803.0	*C. irregularis* + *F. oxysporum*
1.836	17.53	119.70	396.5	1737.0	0.760	16.32	62.0	128.3	728.0	*Chaetomium* sp.+ *F. oxysporum*
1.635	17.18	91.50	317.6	1350.0	0.633	10.77	42.0	215.6	1370.0	*R. solani* + *F. oxysporum*
2.296	9.47	50.25	313.7	1154.0	0.876	22.01	85.9	289.1	1489.0	*T. basicola* +*F. oxysporum*
2.175	6.23	42.67	195.5	1254.0	0.780	16.67	79.3	176.1	967.0	*X. tongaens* + *F. oxysporum*
0.615	1.398	2.862	63.50	125.3	0.326	6.602	20.16	38.20	159.3	$LSD_{0.05}$

Each value in the table represent the mean of three replications — تمثل كل قيمة في الجدول متوسط ثلاثة مكررات

Abstract

Awad, L.K.M. and M.A. Fayadh. 2025. The Role of Endophytic Fungi Isolated from Desert and Saline Soils in the Resistance of Tomato Plants to Fusarium Wilt Disease Caused by the Fungal Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Arab Journal of Plant Protection, 43(3):404-413. https://doi.org/10.22268/AJPP-001331

This study was conducted during the period from 15/10/2022 to 1/6/2023 and aimed to isolate endophytic fungi from desert and saline soils in several locations around the city of Basrah in southern Iraq. The fungus *Cephaliophora irregularis* was isolated from Al-Shawil plant, *Cressa cretica*; *Rhizoctonia solani* from Al-quampar plant, *Trachomitum venetum*, *Xenomyrothecium tongaens* and *Thielavia basicola* from Tartia plant, *Suaeda aegyptiace* and *Chaetomium* sp. from Jumba (Shweikeh) plant, *Fagonia bruguieri*. Fungi were identified based on its morphological features and molecularly based on the amplification of internal transcribed spacer (ITS) gene region, using the forward primer ITS1 and the reverse primer ITS4. The nucleotide sequence of endophytic fungi was deposited in the GenBank (NCBI) under the number OM245865.1 for *Cephaliophora irregularis* with a similarity rate of 99.82% and KX118360.1 for *Rhizoctonia solani* with a match rate of 95.61% and NR154511.1 for *Xenomyrothecium tongaens* with a match rate of similarity rate of 95.62% and MT277121.1 for *Thielavia basicola* with a similarity rate of 96.65% with global isolates deposited in the GenBank. Results obtained showed that the treatment of tomato seeds with fungal suspension of these fungi for 24 hours had a significant effect in reducing incidence and severity of Fusarium wilt disease, and that the best treatment was the treatment of seeds with a nonpathogenic isolate of *R. solani*, as the incidence and severity of infection decreased from 85.0 and 55.00% in the positive control treatment (inoculated with pathogenic fungus only) to 45.0 and 31.00%, respectively. The results also showed that the treatment of tomato seedlings at the age of 30 days with the fungal suspension of endophytic fungi before transferring them to the greenhouse led to a significant decrease in the infection rate and severity compared to the positive control treatment, as it decreased from 80.0 and 52.00% in the positive control treatment to 25.0 and 23.00% in the seedlings inoculated with *C. irregularis*. The results also showed a significant increase in the enzyme peroxidase activity and total chlorophyll and an improvement in some growth indicators in all treatments with endophytic fungi compared to the positive control.

Keywords: Xerophyte, endophytic fungi, Fusarium wilt, tomato, chlorophyll, PCR.

Affiliation of authors: *L.K.M. Awad* and M.A. Fayadh, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Basrah, Iraq.*
**Email address of the corresponding author: Lina.kadhim@uobasrah.edu.iq*

References

المراجع

Jacquet, F., M.H. Jeuffroy, J. Jouan, E. Le Cadre, I. Litrico, T. Malausa, X. Reboud and C. Huyghe. 2022**.** Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research. Agronomy for Sustainable Development, 42:8. https://doi.org/10.1007/s13593-021-00742-8

Kedves, O., S. Kocsubé, T. Bata, M.A. Andersson, J.M. Salo, R. Mikkola, H. Salonen, A. Szűcs, A. Kedves, Z. Kónya, C. Vágvölgyi, D. Magyar and L. Kredics. 2021. *Chaetomium* and *Chaetomium*-like species from european indoor environments include *Dichotomopilus finlandicus* sp. nov. Pathogens, 10(9):1133. https://doi.org/10.3390/pathogens10091133

Lombard, L., J. Houbraken, C. Decock, R.A. Samson, M. Meijer, M. Réblová, J.Z. Groenewald and P.W. Crous. 2016. Generic hyper-diversity in *Stachybotriaceae*. Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi, 36:156–246. https://doi.org/10.3767/003158516X691582

Magar, S.J., H.B. Nagargoje, V.G. Mulekar and S.D. Somwanshi. 2023. Exploration of endophytic microbes to manage Fusarium wilt of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Pharma Innovation, 12(3):5591–5597.

Mckinney, H.H. 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedling by *Helminthosporum sativum*. Journal of Agricultural Research, 26:195–217.

Muftugil, N. 1985. The peroxidase enzyme activity of some vegetables and its resistance to heat. Journal of the Science of Food and Agriculture, 36(9):877-880. https://doi.org/10.1002/JSFA.2740360918

Rahman, M.A. 2019. Rice (*Oryza sativa*) receptor for activated C kinase1b(OsRACK1B) regulates chlorophyll catabolism oxidative stress signaling and pollen development pathways. The FASEB Journal, 34(S1):1. https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.06651

Rios-Gonzalez, K., L. Erdei and S.H. Lips. 2002. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. Plant Science, 162(6):923-930. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00040-7

Schulz, B., U. Wanke and S. Draeger. 1993. Endophytes from herbaceous and shrubs: effectiveness of surface sterilization methods. Mycological Research, 97(12):1447-1450. https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80215-3

Srinivas, C., D. Nirmala Devi, K. Narasimha Murthy, C.D. Mohan, T.R. Lakshmeesha, B.P. Singh, N.K. Kalagatur, S.R. Niranjana, A. Hashem, A A. Alqarawi, B. Tabassum, E.F. Abd-Allah and S. Chandra Nayaka. 2019. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity– A review. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(7):1315-1324. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002

الشامي، رامز محمد، عماد داود اسماعيل وياسر علي حماد. 2017. تأثير بعض انواع البكتريا المحفزة لنمو النبات في المحتوى الفينولي وصبغات التركيب الضوئي لدى نباتات البندورة/الطماطم الملقحة بفيروس موزاييك الخيار. مجلة وقاية النبات العربية. 53(3):139-144.

***[Al-Shami, R.M., E.D. Ismail and Y.A. Hammad.** 2017. Effect bacterial species that promote plant growth and enhance phenolic content and photosynthetic pigments in tomato plants inoculated with cucumber mosaic virus. Arab Journal of Plant Protection, 53(3):139-144. (In Arabic)].*

العيداني، ماهر عبد الوهاب ناهي. 2010. التكامل في تأثير بعض العوامل الأحيائية والكيميائية في مكافحة مرض سقوط بادرات الطماطا المتسبب عن الفطر *Rhizoctonia solani* kuhn. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة البصرة، 86 صفحة.

***[Al-Edani, M.A. Nahi.** 2010. Integration of biological and chemical factors effects in the control of tomato seedlings damping off caused by Rhizoctonia solani Kuhn. M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture, University of Basra. 86 pp. (In Arabic)].*

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th edition. Academic Press, USA. 998 pp.

Akram, S., A. Ahmed, P. He, Y. Liu, Y. Wu, S. Munir and Y. He. 2023. Uniting the role of endophytic fungi against plant pathogens and their interaction. Journal of Fungi, 9(1):1–23. https://doi.org/10.3390/jof9010072

Alsharari, S.S., F.H. Galal and A.M. Seufi. 2022. Composition and diversity of the culturable endophytic community of six stress-tolerant dessert plants grown in stressful soil in a hot dry desert region. Journal of Fungi, 8(3):241. https://doi.org/10.3390/jof8030241

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24:1-15.

Asare-Boamah, N.K., G. Hofstra, R.A. Fletcher and E.B. Dumbroff. 1986. Triadimefon protects bean plants from water stress through its effects on abscisic acid. Plant and Cell Physiology, 27(3):383-390. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a077114

Barnett, H.L. and B.B. Hunter. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company. 209 pp.

Booth, C.C. 1971. The genus Fusarium. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK. 237 pp.

Edel, V. 1998. Polymerase chain reaction in mycology: an overview. Pp. 347- 366. In: Application of PCR in Mycology. P.D. Bridge, D.K. Arora, C.A. Reddy and R.P. Elander (eds.). CAB International, UK. https://doi.org/10.1017/S0953756299211987

Ibrahim, M., E. Oyebanji, M. Fowora, A. Aiyeolemi, C. Orabuchi, B. Akinnawo and A.A. Adekunle. 2021. Extracts of endophytic fungi from leaves of selected Nigerian ethnomedicinal plants exhibited antioxidant activity. BMC Complementary Medicine and Therapies, 21:98. https://doi.org/10.1186/s12906-021-03269-3

Leslie, J.F. and B.A. Summerell. 2006. The Fusarium Laboratory Manual. Blackwell Publishing, UK. 388pp.

Wang, X.W., F.Y. Bai, K. Bensch, M. Meijer, B.D. Sun, Y.F. Han, P.W. Crous, R.A. Samson, F.Y. Yang and J. Houbraken. 2019. Phylogenetic re-evaluation of *Thielavia* with the introduction of a new family *Podosporaceae*. Studies in Mycology, 93(1):155–252. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2019.08.002

Zou, Y.N., Q.S. Wu and K. Kuča. 2021. Unravelling the role of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating the oxidative burst of plants under drought stress. Plant Biology, 23(S1):50–57. https://doi.org/10.1111/plb.13161

Received: January 22, 2024; Accepted: May 28, 2024

تاريخ الاستلام: 2024/1/22؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/5/28