

## Efficacy of Selected Plant Extracts and Dried Plant Residues in Managing Tomato Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Abdulkhalig Moftah\*, Aboubakr Mansour Faraj and Abdallah Khalil

Department of Plant Protection, faculty of Agriculture, University of Omar Al-Mukhtar, Libya.

Received: 18 November 2025 / Accepted: 18 December 2025

DOI: <https://doi.org/10.58309/5pqzmd07>

### KEYWORDS:

Tomato  
Plant extracts  
Biological control  
Fusarium wilt of tomato  
*Fusarium oxysporum*.

### ABSTRACT:

Fusarium wilt of tomato, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, is a significant global agricultural constraint. The use of chemical pesticides poses environmental and health concerns, necessitating exploration of eco-friendly alternatives. This study evaluated the antifungal activity of eight plant extracts against *F. oxysporum* and their effect on disease severity index (DSI) of tomato plants under laboratory and greenhouse conditions. Ethanolic extracts of lettuce and cabbage demonstrated the highest antifungal activity, suppressing mycelial growth and reducing disease severity in tomato plants, comparable to the commercial fungicide Benlate. Dried leaf residues of these plants also showed marked reduction in DSI. These findings underscore the potential of lettuce and cabbage extracts as effective and sustainable biological alternatives for managing tomato Fusarium wilt. The use of plant-based products could contribute to reduced chemical pesticide application, promoting environmentally friendly and safe agricultural practices. Further research is needed to identify the bioactive compounds responsible for the antifungal activity and optimize their application.

فعالية مستخلصات نباتية مختارة وبقايا نباتية مجففة في مكافحة ذبول الفيوزاريوم في الطماطم الناتج عن فطر الفيوزاريوم أوكسيسبوروم  
سلالة ليكوبيرسيسبي

عبد الخالق مفتاح عمر، بوبكر منصور فرج، عبدالله محمد خليل

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

### المستخلص:

مرض الذبول الفيوزاريمي في الطماطم، الناجم عن *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، يشكل قيوداً زراعية عالمية كبيرة. استخدام المبيدات الكيميائية يثير مخاوف بيئية وصحية، مما يستدعي استكشاف بدائل صديقة للبيئة. قيمت هذه الدراسة النشاط المضاد للفطريات لثمانية مستخلصات نباتية ضد *F. oxysporum* وتأثيرها على مؤشر شدة المرض (DSI) لنباتات الطماطم تحت ظروف المختبر والصوبة. أظهرت المستخلصات الإيثانولية لل خس والكرب أعلى نشاط مضاد للفطريات، حيث أدى إلى تثبيط نمو الميسيليوم وتقليل شدة المرض في نباتات الطماطم، مقارنة بالمبيد الفطري التجاري Benlate. كما أظهرت بقايا الأوراق المجففة لهذه النباتات تقليلًا ملحوظًا في DSI. تؤكد هذه النتائج على إمكانية استخدام مستخلصات الخس والكرب كبديل بيولوجية فعالة ومستدامة لإدارة مرض الذبول الفيوزاريمي في الطماطم. يمكن أن يساهم استخدام المنتجات النباتية في تقليل استخدام المبيدات الكيميائية، مما يعزز الممارسات الزراعية الصديقة للبيئة والأمن. هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحديد المركبات الحيوية المسؤولة عن النشاط المضاد للفطريات وتحسين تطبيقها.

### الكلمات المفتاحية:

الطماطم، المستخلصات النباتية،  
المكافحة الحيوية، ذبول الطماطم  
الفيوزاريومي، *Fusarium*  
*oxysporum*.

## المقدمة

تعد الطماطم (*Solanum lycopersicum* L.) من أهم محاصيل الخضار على مستوى العالم، تنتمي إلى الفصيلة الباذنجانية وجنس *Solanum* (Joshi آخرون، 2013 و Mahalakshmi وآخرون، 2020) وتحتل مكانة بارزة في السلة الغذائية الدولية والقيمة الاقتصادية للعديد من الدول حيث يستعمل الطماطم طازجاً ومعلباً في الوجبات الغذائية (Hassanein وآخرون، 2010). تعود أصول الطماطم البرية إلى مناطق الأندلس في أمريكا الجنوبية (Jones، 2007)، حيث تم استئناسها قبل أن تنتشر منها إلى الفلبين وأوروبا والعالم (Hedrick، 1919 و Al-Shadiadeh وآخرون، 2012).

بلغ الإنتاج العالمي لمحصول الطماطم حسب إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة (FAOSTAT) حوالي 186.1 مليون طن متري في عام 2022، وتتم زراعة هذا المحصول على مساحة عالمية شاسعة تزيد عن 5.4 مليون هكتار (FAOSTAT، 2022). وعلى المستوى الإقليمي، تبرز أهمية الطماطم كمحصول استراتيجي في دول شمال أفريقيا والشرق الأوسط. تُعد جمهورية مصر العربية من أكبر المنتجين عالمياً، حيث احتلت المركز الخامس عالمياً بإنتاج قُدْر بحوالي 6.2 مليون طن. كما تُعتبر دول مثل الجزائر والمغرب وتونس من المنتجين الرئيسيين الذين يتجاوز إنتاجهم المليون طن سنوياً. وتساهم ليبيا بدورها في هذا الإنتاج الإقليمي، حيث بلغ إجمالي إنتاجها حوالي 225 ألف طن متري في عام 2022، مما يؤكد أهمية المحصول في تحقيق الأمن الغذائي المحلي (FAOSTAT، 2022).

تواجه زراعة الطماطم تحديات مرضية خطيرة، ويُعد مرض الذبول الفيوزاريومي الذي يسببه فطر *Fusarium oxysporum* (FOL) *f.sp. lycopersici* من أخطر الأمراض المنقولة عن طريق التربة، وقد ذكر (Agrios، 1997) أن هذا المرض يكون أكثر تدميراً في المناخات الدافئة والتربة الرملية الدافئة في المناطق المعتدلة. يخترق الفطر جذور النبات ويستعمر الأوعية الخشبية، مسبباً انسداداً وعائياً يؤدي إلى اصفرار الأوراق السفلية والذبول وقد يموت النبات. وعالمياً تتراوح نسبة الخسائر الاقتصادية الناجمة عن هذا المرض في محصول الطماطم بين 30 و 40% (Njiru، 2012 و Mishra وآخرون، 2014 و Yeole وآخرون، 2016 و Mihajlović وآخرون، 2017 و Nasrin وآخرون، 2018 و Carmona وآخرون، 2020 و Hatem وآخرون، 2020).

على الرغم من الفعالية الفورية للمبيدات الفطرية الكيميائية (مثل مشتقات البينوميل)، إلا أن استخدامها المستمر يؤدي إلى ظهور سلالات فطرية مقاومة، فضلاً عن تراكم بقاياها السامة في الثمار والتربة، ما يشكل تهديداً مباشراً لصحة المستهلكين وسلامة البيئة (Hassan، 2020). وفي ضوء التوجه العالمي للزراعة المستدامة والحد من استخدام المبيدات الكيميائية ذات الآثار السلبية على البيئة وصحة الإنسان، برزت المستخلصات النباتية كمصدر واعد للبحث عن بدائل طبيعية وفعالة لمكافحة مسببات الأمراض النباتية. يعود النشاط البيولوجي لهذه المستخلصات إلى محتواها من المركبات الثانوية الأيضية الفعالة والخصائص المضادة للفطريات لبعض المركبات الكيميائية النباتية الرئيسية، مثل الفينولات والقلويدات والتربينويدات التي يمكن أن تمنع نمو وتكاثر الفطريات أو تحفز مقاومة النبات (Alsaliه وآخرون، 2025).

تحتوي النباتات على مجموعة واسعة من الأيضات الثانوية (Secondary metabolites) مثل مركبات الفينولات، الفلافونويدات، والقلويدات، التي ثبت امتلاكها لخصائص قوية مضادة للفطريات. ويعد الثوم (*Allium sativum*) من التوابل الشائعة، ويعرف أيضاً بفوائده الطبية كمضاد حيوي، ومضاد للتخثر. يحتوي الثوم على ما لا يقل عن ثلاثة وثلاثين مركباً كبريتياً، تشمل المكونات الإضافية للثوم جليكوسيدات ستيريرويدية وليكتينات (Rana، وآخرون، 2011). ويطلق الثوم مواد كيميائية مضادة للفطريات في التربة. ويظهر مستخلصه فعالية تثبيطية عالية ضد فطر *Aspergillus niger*، وفطر *Penicillium cyclopium*، وفطر *Fusarium oxysporum*. حيث أن الأليسين هو المكون النشط المضاد للميكروبات في مستخلص الثوم؛ وهو منتج طبيعي يستخدم لعلاج العديد من مسببات الأمراض النباتية (Rana، وآخرون، 2017).

وتعتبر المستخلصات المشتقة من عائلة الكرنبيات (**Brassicaceae**) والعائلة النجمية (**Asteraceae**) ذات أهمية خاصة لغناها بمركبات الكبريت العضوية والفينولية المعروفة بتأثيرها المضاد للأحياء الدقيقة (**Murphy و Aarssen، 1995**). وفي استخدام لمحاصيل العائلة الصليبية (الكرنب) في التسميد الأخضر أو دورات المحاصيل الزراعية، حيث أدى تحليل مركبات الجلوكوزينولات (**GSL**) فيها إلى إطلاق مركبات تعمل كمبيدات حيوية للجراثيم كاستراتيجية بيولوجية لمكافحة الآفات والمسببات المرضية المتواجدة في التربة (**Kirkegaard و Sarwar، 1998**). وذكر **Rongai، (2012)** أن بعض نباتات الفصيلة الكرنبية تحتوي على نسبة عالية من الجلوكوزينولات التي تنتج، بعد التحلل المائي المحفز إنزيمياً، مركبات سامة للخلايا ذات فعالية مضادة للفطريات. لا تزال آليات عملها غير واضحة، ولكن المركبات المحتوية على الكبريت، مثل ثاني كبريتيد الكربون، وثنائي ميثيل ثنائي الكبريتيد، وثنائي ميثيل الكبريتيد، وميثانثيول، التي تنتج أثناء تحليل الجلوكوزينولات، قد يكون لها دور مهم في كبح الفطريات.

تم بحث النشاط المضاد للفطريات للأجزاء الهوائية لنباتي الخس البري التتاري (**Lactuca tatarica**) وخس الأقحوان (**Lactuca serriola**) ومستخلصاتهما الإيثانولية الخام، ضد 3 ممرضات فطرية نباتية هي **Aspergillus flavus** و **Fusarium acuminatum** و **Alternaria solani**. أظهرت الأجزاء الهوائية لكل من **L. tatarica** و **L. serriola** تأثيراً مثبطاً فقط ضد **A. solani**. وكان للمستخلصات الإيثانولية الخام للأجزاء الهوائية لكلا النوعين النباتيين تأثير مضاد للفطريات على **A. solani** و **F. acuminatum**. علاوة على ذلك، أظهرت المستخلصات الخام تأثيراً مثبطاً طفيفاً ضد **A. flavus**. (**Shukurlu وآخرون، 2022**).

تتميز المكونات النباتية المستخلصة من أنواع الفلفل بإنتاج مركبات مثل الأميدات، وأحماض البنزويك، والكرومينات، والترينينات، والفينيل بروبانويدات، والليغنانات، والفينولات الأخرى، وسلسلة من القلويدات، والتي أظهرت تأثيراً تضادياً للفطريات (**Ghosh وآخرون، 2014**). وقد أظهر الفلفل الأسود (**Piper nigrum**) إمكانات كبيرة لاكتشاف مركبات جديدة نشطة بيولوجياً (**Abbasi وآخرون، 2010**). ولوحظت فعالية مستخلص الكلوروفورم الخام من نبات الفلفل (**Piper betle**) في مكافحة ذبول الفيوزاريوم على الطماطم بواسطة (**Singh وآخرون، 2015**). لوحظ أن إضافة مستخلص الكلوروفورم الخام لنبات الفلفل الأسود (**Piper L. betle**) إلى التربة كانت أكثر فعالية في تقليل أعداد فطر الفيوزاريوم في التربة من مبيد الكاربيندازيم بالإضافة المشتركة للكاربيندازيم ومستخلص الكلوروفورم لنبات الفلفل الأسود (**PbC**). ولوحظ تراكم أعلى للمركبات الفينولية الكلية في النباتات المصابة بالفيوزاريوم مقارنة بالنباتات السليمة (الشاهد) والنباتات المعالجة بـ **PbC**. علاوة على ذلك، لوحظ أن المستخلص قادر على تخفيف الأعراض وإبطاء تطور المرض.

في دراسة أخرى أجراها **Hassan و Abo-Elyousr، (2013)** درست التأثيرات المثبطة لعدة أنواع من السماد العضوي على مرض ذبول الفيوزاريوم في ظروف البيوت المحمية. وقد أدت معالجة التربة الملوثة بسماد نباتات الخايا (**Khaya**) والأوكالبتوس إلى انخفاض ملحوظ في نسبة الإصابة وشدة مرض ذبول الريحان، مصحوباً بزيادة في الوزن الجاف للنبات. قام **Markakis وآخرون، (2016)** بتقييم التأثير المثبط لستة أنواع مختلفة من محسنات التربة ضد الفطر المسبب لمرض ذبول الفيوزاريوم في الخيار (**Forc**)، والفطر المسبب لمرض ذبول الفيرتيسيليوم في الباذنجان. وقد تبين أن محسنات التربة كانت فعالة ضد فطر الفيوزاريوم وفطر ذبول الفيرتيسيليوم. ارتبط انخفاض شدة الأعراض ونسبة عزل فطر الفيرتيسيليوم في الباذنجان بانخفاض ملحوظ في تراكم الفينولات في أنسجة الساق؛ في حين كان تركيز الفينولات الكلية في أنسجة ساق الباذنجان المصاب بفطر الفيرتيسيليوم أعلى بكثير مقارنة بالنباتات غير المصابة (**Cruz-Rodríguez وآخرون، 2020**).

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية التثبيطية لثمانية مستخلصات نباتية هي: (الكرنب - الخس - الفجل - الجرجير - الثوم - اليوكالبتوس - الدرياس والزعر) وبقاياها المجففة ضد فطر **F. oxysporum f.sp. lycopersici** في كل من المختبر وتحت ظروف البيوت الزجاجية، في محاولة لإيجاد حل بيولوجي مستدام لإدارة مرض الذبول الفيوزاريومي في الطماطم.

## المواد وطرق البحث

## 1. عزل السبب المرضي:

تم عزل فطر (FOL) المسبب للمرض من نباتات طماطم مصابة تظهر عليها أعراض المرض وغسلت الأجزاء النباتية المصابة (سيقان وجذور) بالماء الجاري للتخلص من التربة والمواد العالقة على سطح النسيج ثم قطعت تلك الأجزاء بالمشربط لأجزاء صغيرة ووضعت في هيبو كلوريت الصوديوم 1% لمدة دقيقتين ثم غسلت بالماء المعقم والمقطر ثلاث مرات وجففت بورق الترشيح ونقلت لبيئة بطاطس داكستروز اجار (PDA) وحضنت على 26±1 م° لمدة 4 أيام ثم نقيت بطريقة القمة الهيفية (hyphal tips) على بيئة PDA للحصول على مستعمرة نقية (Kiryaly وآخرون، 1974)، تم تعريفها بعد إجراء تجارب التجزئ للفطر FOL بناءً على الخصائص المورفولوجية للمستعمرات، وشكل وحجم الجراثيم الكونيدية الكبيرة والصغيرة (Macro- and Microconidia)، ووجود أو غياب الجراثيم الكلاميدية (Chlamydospores)، وفقاً للمواصفات القياسية للفطريات الناقصة (Hunter و Barnett، 1972).

## 2. تحضير المستخلصات النباتية:

تم وزن 10 جرام من أوراق كل نبات من النباتات المستعملة في الدراسة ثم وضعت في اقمار فصل وتم فصل المستخلصات باستخدام 50 مل من الايثانول تركيز 80% لمدة 7 أيام على درجة حرارة 25 م°. ثم رشح المستخلص خلال أوراق الترشيح وجففت باستخدام الحمام المائي للتخلص من الايثانول حتى تم الحصول على المستخلص الخام. تم تخزين المستخلصات الخام في درجة حرارة 4 م° حتى وقت الاستخدام (Ismgil وآخرون، 1989).

جدول رقم (1) النباتات التي تم استخلاصها لاستخدامها كمبيدات ضد الفطر *Fusarium oxysporium*.

النبات	الاسم العلمي	العائلة
الجرجير	<i>Eruca sativa</i>	الصليبية Cruci Ferae
اليوكالبتوس	<i>Eucalyptus sp</i>	المرستية Myrtaceae
الخس	<i>Lactuca sativa L.</i>	المركبة Compositae
الكرنب	<i>Brassica oleraceu Var. capitata</i>	الصليبية Cruci Ferae
الدرياس	<i>Thapsia garganica</i>	المركبة Compositae
الزعتر	<i>Thymus vulgaris,</i>	الشفوية Labiatae
الفجل	<i>Raphanus staivus L.</i>	الصليبية Cruci Ferae
الثوم	<i>Allum sativum</i>	الزنبقية Liliaceae

\*الجزء النباتي المستخدم (الأوراق).

## 3. الاختبارات المعملية لتنشيط نمو الفطر:

تم تقييم كفاءة المستخلصات النباتية على تنشيط النمو القطري لفطر FOL على بيئة PDA. تم تحضير تراكيز مختلفة من كل مستخلص واذيبت المستخلصات المتحصل عليها كل على حدى في كحول ايثانول 5 مل واذيبت الى بيئة PDA في دورق سعته 250 مل يحتوى على 100 مل بيئة بتركيزات مختلفة (0.5، 1.25 و 2.5 مل/100 مل بيئة) وفي وجود الشاهد والايثانول وباستخدام تركيزات (1، 2.5 و 5 مل/100 مل بيئة) مع مبيد البنليت، وزعت البيئة في أطباق بترى قطرها 9 سم بمعدل 5 مكررات لكل معاملة بحيث يحتوى الطبق الواحد على 20 مل بيئة لُقحت أطباق بترى بقرص من مزرعة الفطر قطره 0.6 سم في

مركز الطبق وحُضنت على (25° ± 1). تم قياس النمو القطري للمستعمرات يومياً حتى وصول نمو الفطر في طبق الشاهد إلى حافة الطبق. حُسبت نسبة التثبيط لكل معاملة بأخذ القياسات بمتوسط قطرين متعامدين وفقاً لما ذكره (Ismgil وآخرون، 1989).  
4. تقييم شدة المرض تحت ظروف الصوبة الزجاجية:

تحضير التربة وطريقة المعاملة والزراعة:

تم تعقيم خليط التربة المستخدمة باستخدام جهاز تعقيم التربة، اضيف 0.6 جرام/ ١ كجم تربة من أوراق النباتات المستعملة في الدراسة والمجففة في فرن هواء ساخن على درجة حرارة 70°م لمدة 24 ساعة، خلطت مع التربة المعقمة في أصص بلاستيكية (25 سم) بمعدل 5 مكررات لكل معاملة، بعد شهر من إضافة الأوراق النباتية المجففة تم زراعة شتلات طماطم في الأصص (بادرة في كل أصيص) وبعد 15 يوم حقنت التربة بفطر ذبول الفيوزاريوم *F. oxysporium* المعزول من نباتات طماطم مصابة بمعدل 10 جرثومة/مل وبعد ظهور الأعراض أخذت النتائج وتم تسجيل الملاحظات على النباتات بعد فترة محددة من التلقيح (عادةً 4-6 أسابيع) (De cal وآخرون، 1995 و Harman وآخرون، 1980).

وتم تقدير شدة الإصابة على الجذور حسب المقياس (0= نبات سليم، 1= 10% أو أقل جزء من النبات المتضرر، 2= 10-25% او أقل جزء من النبات المتضرر، 3= 25-50% او أقل جزء من النبات المتضرر، 4= أكثر من 50% نبات متضرر، 5= موت النبات) (Griffin و Farias، 1989).

وتم حساب شدة الإصابة وفق المعادلة التالية:

عدد الجذور التي ظهر عليها النمو x الدليل

نسبة النقرح على الجذور =  $\frac{\text{عدد الجذور التي ظهر عليها النمو} \times \text{الدليل}}{100}$

عدد الجذور الكلية x 5

(Hwang وآخرون، 1983).

كما تم قياس شدة الإصابة على الأوراق وفق للمقياس: (0= لا يوجد نبول، 1= أقل من 25% أوراق عليها نبول، 2= 25-50% أوراق عليها نبول، 3= 50-75% أوراق عليها نبول، 4= 75-100% أوراق عليها نبول، 5= نباتات ميتة).

القيم المجموعة

نسبة الذبول على اوراق الطماطم =  $\frac{\text{القيم المجموعة}}{100}$

العدد الكلي من x 5

(Ebbels، 1967).

التحليل الإحصائي: اجري التحليل الاحصائي باستخدام الحاسوب مكافئ IBM باستعمال برنامج Statgrphic تحليل قطاعات كاملة العشوائية.

### النتائج

1. تأثير المستخلصات على النمو الفطري في المعمل:

أظهرت النتائج (جدول 2) أن هناك انخفاض معنوي في معدل نمو فطر *Fusarium oxysporum* على بيئة الاجار في جميع المعاملات المستخدمة مع زيادة التركيز. وكانت متوسطات المعاملات لانخفاض نمو الفطر القطري (7.75سم، 7.1سم و 5.72سم) للتركيزات (0.5، 1.25 و 2.5 مل/100 مل بيئة) على التوالي. وكان هناك فوارق معنوية ما بين المعاملات المختلفة وبين الشاهد ماعدا المستخلصات الزعتر، الثوم اليوكالبتوس التي لم يكن لها تأثير واضح، وسجلت أعلى نسبة انخفاض في نمو الفطر في الاطباق المعاملة بمستخلصات كل من الخس والكرونب (4.58 سم، 4.92 سم) على التوالي عند التركيز 2.5 مل/100

مل. لوحظت فوارق معنوية بين المبيد (Benlate) والمستخلصات النباتية، كما لوحظت فوارق معنوية بين معظم المعاملات والشاهد، باستثناء مستخلصات الزعتر، الثوم، واليوكالبتوس التي كان تأثيرها أقل وضوحاً.

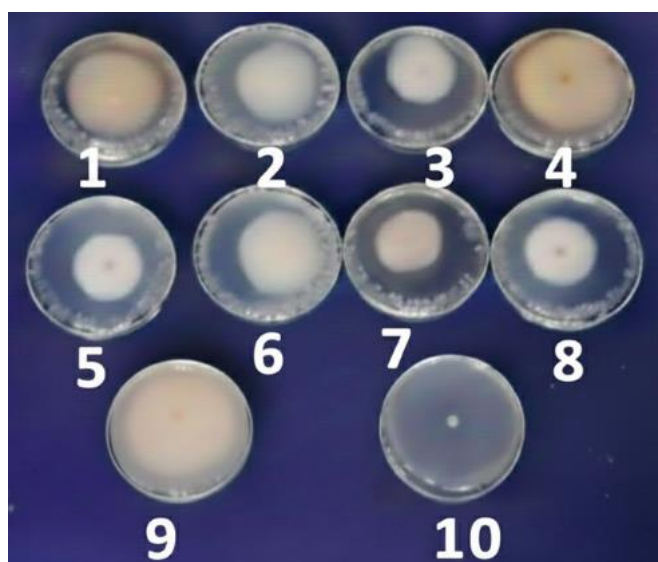
جدول رقم (2) دراسة تأثير المعاملات المختلفة على نمو الفطر على بيئة PDA.

المعاملات	التركيزات (مل/100مل بيئة)			المتوسطات
	0.5	1.25	2.5	
المبيد	2.74	0.6	0.6	1.31
ايتانول	8.78	6.28	5.54	6.87
زعتر	8.07	7.97	7.21	7.75
الثوم	8.85	8.25	6.66	7.92
اليوكالبتوس	8.26	8.29	6.87	7.81
الخس	8.65	7.44	4.58	7.02
الفجل	7.38	7.77	5.35	6.83
الكرنب	7.68	6.9	4.92	6.5
الجرجير	8.3	7.81	6.53	7.6
الدرياس	7.71	7.8	5.38	6.96
الشاهد	8.85	8.85	8.85	8.85
المتوسطات	7.75	7.1	5.72	

LSD للمعاملات = 0.18222

LSD للتركيزات = 0.34892

معاملات المستخلصات النباتية: (1) زعتر، 2 جرجير، 3 الدرياس، 4 اليوكالبتوس، 5 الكرنب، 6 الثوم، 7 الفجل، 8 الخس، 9 الشاهد، 10 مبيد البنليت).



شكل (1) تأثير المعاملات المختلفة على الفطر المسبب لمرض ذبول الفيوزاريوم على الطماطم.

2. تقييم شدة المرض تحت ظروف الصوبة الزجاجية:

أ. شدة الإصابة على الجذور:

قدرت نسبة الإصابة على جذور الطماطم باستخدام معادلة **Hwang** وكانت أقل نسبة إصابة 4.2% على النباتات المعاملة بالمبيد، تلتها النباتات المعاملة بالخنس بنسبة 6.4%، ثم الفجل بنسبة 13.6%. وسجلت أعلى نسبة إصابة على النباتات المعاملة بالدرياس (40%) وكانت شدة الإصابة على نباتات الشاهد المعاملة بالفطر فقط 48.8% جدول (3).

جدول (3) شدة الإصابة على جذور الطماطم المصابة بالفطر المسبب لمرض ذبول الفيوزاريوم.

المعاملة	شدة الإصابة %
بدون معاملة	0
مبيد	4.2
خنس	6.4
فجل	13.6
يوكالبتوس	23.2
جرجير	31.2
زعتر	32
الثوم	33.6
الكرنب	35.2
درياس	40
الشاهد (ملقحة بالفطر فقط)	48.8

ب. شدة الإصابة على الأوراق:

أظهرت النتائج (جدول 4) أن أقل نسبة إصابة كانت على أوراق الطماطم المعاملة بالمبيد 40%، وكانت نسب الإصابة متساوية على أوراق النباتات المعاملة بالخنس، الفجل، والزعتر بنسبة 44%. وسجلت أعلى نسبة إصابة (ذبول) على نباتات الشاهد بنسبة 72%.

جدول (4) شدة الإصابة على أوراق الطماطم المصابة بالفطر المسبب لمرض ذبول الفيوزاريوم.

المعاملة	شدة الإصابة %
بدون معاملة	0
مبيد	40
خنس	44
فجل	44
يوكالبتوس	56
جرجير	52
زعتر	44
الثوم	64
الكرنب	60
درياس	56
الشاهد (ملقحة بالفطر فقط)	72

ج. تأثير المستخلصات على مؤشرات النمو الخضري والجذري:

بينت النتائج (الجدول 5) أن هناك فوارق معنوية في طول الساق النباتات ما بين نباتات معاملة المبيد ونباتات الشاهد وكذلك نباتات المعاملات الخس والفجل ونباتات الشاهد، ولا توجد فوارق معنوية ما بين المعاملات الأخرى. أما الوزن الجاف والطازج للنباتات لم تعكس جميع المعاملات أي فروق معنوية.

جدول رقم (5) دراسة تأثير المعاملات المختلفة على الطول الخضري والطول الجذري والوزن الجاف والطازج لنباتات الطماطم المصابة.

المعاملات	الطول الخضري	الطول الجذري	الوزن الطازج	الوزن الجاف
بدون معاملة	53	20.4	32.8	4.7
مبيد	28.2	9.2	8.8	1.6
خس	43.8	18.2	17.6	2.64
فجل	29.2	16.2	9.04	7.92
يوكالبتوس	24.2	12.8	4.2	1.1
جرجير	31.3	16.74	8.4	0.66
زعتر	25.78	10.42	5.06	0.84
الثوم	25.3	10.4	4.84	0.76
الكرنب	25	12	5.22	0.66
درياس	27.6	10.4	6.3	0.56
شاهد	36.2	15.4	9.46	1.2
LSD	10.985	6.454	9.396	1.23883

## المناقشة

### 1. تثبيط نمو الفطر القطري:

تؤكد نتائج الدراسة على وجود خصائص قوية مضادة للفطريات لدى المستخلصات النباتية المختارة، خاصة مستخلصي الخس والكرنب، وهو ما يتوافق مع الاتجاه العالمي نحو استراتيجيات مكافحة الصديقة للبيئة (Hassan، 2020). وقد تُعزى الفعالية التثبيطية الكبيرة لمستخلصات الخس والكرنب (جدول 2) لنمو الفطر في بيئة PDA إلى محتوَاهما العالي من المركبات النشطة بيولوجياً مثل الفينولات والفلافونويدات وفق لما ذكره (Salunke و Koche، 2023). وفي حالة الكرنب (*Brassica oleracea*)، قد يعود التأثير إلى وجود مركبات الجلوكوزينولات (Glucosinolates) التي تتحلل إلى مركبات أيزوثيوسيانات (Isothiocyanates) السامة للفطريات، وهو ما تدعمه دراسات مماثلة تناولت نباتات الفصيلة الصليبية (Kirkegaard و Sarwar، 1998 و Ashiq وآخرون، 2022).

### 2. تأثير المكافحة على النبات العائل:

إن الانخفاض الملحوظ في شدة الإصابة (DSI) على الجذور والأوراق في نباتات الطماطم المعاملة بالأوراق المجففة من الخس والكرنب (جدول 3 و 4) يشير إلى أن تأثيرها لم يقتصر على التثبيط المباشر لنمو الفطر. بل قد يكون التأثير ناجماً أيضاً عن تحفيز آليات المقاومة الجهازية المكتسبة (Systemic Acquired Resistance - SAR) في نبات الطماطم كما أوضح (Jamiołkowska، 2020). تُحفز المواد الفعالة في هذه المعاملات إنتاج مركبات دفاعية داخلية في النبات، مما يزيد من قدرته على تحمل العدوى ومقاومتها. وهذا يفسر التحسن الملحوظ في مؤشرات النمو الخضري (الطول والوزن) مقارنة بالشاهد المصاب وغير المعامل، حيث ظهرت النباتات المعاملة بالخس أقرب للنباتات السليمة غير المصابة (بدون معاملة بالفطر) (جدول 5) (Hassan، 2020).



## استنتاج

أثبتت نتائج هذه الدراسة أن المستخلصات النباتية، وخاصة مستخلصات الخس والكرنب، توفر بديلاً حيوياً مستداماً وفعالاً لمكافحة مرض الذبول الفيوزاريومي على الطماطم. لقد تفوق مستخلص الخس والكرنب في تثبيط الفطر في الظروف المخبرية والحقلية، ما يؤكد إمكانية استخدام هذه المستخلصات كعوامل مكافحة متكاملة للآفات وكمواد فعالة مثبطة لفطريات التربة أو بزراعتها بالقرب من نباتات الطماطم لكي تقوم إفرازاتها بالحد من نمو الفطريات والذي يساهم في تقليل الاعتماد على المبيدات الكيميائية الخطيرة.

## المراجع

- Abbasi, B. H., Ahmad, N., Fazal, H., and Mahmood, T. (2010). Conventional and modern propagation techniques in *Piper nigrum*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(1), 7-12.
- Agrios, G. (1997). *Plant Pathology* 4th ed. Academic Pres. Inc. San Diego, CA, 656.
- Alsalih, M. (2025). Plant-Derived Antifungal Agents: Mechanisms, Applications, and Challenges in Combating Fungal Pathogens. *Journal of Education for Pure Science*, 15(3).
- Al-Shadiadeh, A. N., AL-Mohammady, F. M., and Abu-Zahrah, T. R. (2012). Factors influencing adoption of protected tomato farming practices among farmers in Jordan Valley. *World Applied Sciences Journal*, 17(5), 572-578.
- Ashiq, S., Edwards, S. G., Fatukasi, O., Watson, A., and Back, M. A. (2022). In vitro activity of isothiocyanates against *Fusarium graminearum*. *Plant Pathology*, 71(3), 594-601.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. (1972). *Illustrated genera of fungi Imperfect* (3rd ed). Burgess Publishing, Co minneapolis, minnesota. P. 126.
- Carmona, S. L., Burbano-David, D., Gómez, M. R., Lopez, W., Ceballos, N., Castaño-Zapata, J., ORCID, S. J., and Soto-Suárez, M. (2020). Characterization of pathogenic and nonpathogenic *Fusarium oxysporum* isolates associated with commercial tomato crops in the Andean region of Colombia. *Pathogens*, 9(1), 70.
- Cruz-Rodríguez, R. I., Cruz-Salomón, A., Ruiz-Lau, N., Pérez-Villatoro, J. I., Esquinca-Avilés, H. A., and Meza-Gordillo, R. (2020). Potential application of *Crotalaria longirostrata* branch extract to reduce the severity of disease caused by *Fusarium*. *Agronomy*, 10(4), 524.
- De Cal, A., Pascual, S., and Melgarejo, P. (1995). *Fusarium* wilt of tomato control by nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathology*, 44(6), 909-916.
- Ebbels, D. L. (1967). Effect of soil fumigants on *Fusarium* wilt and nodulation of peas (*Pisum sativum* L.). *Annals of applied biology*, 60(3), 391-398.
- FAOSTAT. (2022). Production statistics for Tomato. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from
- FAOSTAT (2022). Tomato Production in Libya. Data source:

- Farias, G. M and Griffin, G. J. (1989). Role of *Fusarium oxysporum* sp. *Chrysanthemi*. *Phytopathology*. 71(9), 1043-1050.
- Ghosh, R., Darin, K., Nath, P., and Deb, P. (2014). An overview of various *Piper* species for their biological activities.
- Harman, G. E., Chet, I., and Baker, R. (1980). *Trichoderma hamatum* effects on seed and seedling disease induced in radish and pea by *Pythium* spp. or *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70(12), 1167-1172.
- Hassan, H. A. (2020). Biology and Integrated Control of Tomato Wilt Caused by *Fusarium oxysporum lycopersici*: A Comprehensive Review under the Light of Recent Advancements. *Journal of Botanical Research*, 3(1), 84-99.
- Hassan, M. A., and Abo-Elyousr, K. A. (2013). Impact of compost application on *Fusarium* wilt disease incidence and microelements contents of basil plants. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(16), 1904-1918.
- Hassanein, N. M., ZEID, M. A. A., Youssef, K. A., and Mahmoud, D. A. (2010). Control of tomato early blight and wilt using aqueous extract of neem leaves. *Phytopathologia Mediterranea*, 49(2), 143-15
- Hatem, M. W., Shukri, H. M., Rasheed, K. A., Nawar, M. H., Hasan, S. M., and Adnan, R. (2020). The Effect of Magnetically Treated Water Against *Fusarium* Wilt Disease in Tomato Caused by the Fungus *Fusarium oxysporum* and Its Effect on Production Under Fertilized Farming Conditions. *Plant Archives*, 20(1), 533-6.
- HEDRICK, U. E. (1919). *Sturtevant's notes on edible plants*. JB, Lyon Co, Albany.
- Hwang, B. K. (1983). Contents of sugars fruit acids, amino acids and phenolic compounds of apple fruits in relation to their susceptibility to *Botryosphaeria ribis* *Phytopathology*. 2:108-111
- Jamiołkowska, A. (2020). Natural compounds as elicitors of plant resistance against diseases and new biocontrol strategies. *Agronomy*, 10(2), 173.
- Jones Jr, J. B. (2007). *Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden*. CRC Press, London.
- Joshi, M., Srivastava, R., Sharma, A. K., and Prakash, A. (2013). Isolation and characterization of *Fusarium oxysporum*, a wilt causing fungus, for its pathogenic and non-pathogenic nature in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied and Natural Science*, 5(1), 108-117.
- Ismgil, I. M. K.; Abdel-Rahman, T. M. A.; Eluy, E. E. A. and Osaman, M. E. (1989). Effect of the trigzine herbicides Goltix and Igran on cell wall degradation by Some fungi. *Can. Bot.* 67(4), 834-838.
- Kiraly, Z., Klement, Z., Solymosy, F., and Voros, J. (1974). *Methods in Plant Pathology*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, London, New york.

- Kirkegaard, J. A., and Sarwar, M. (1998). Biofumigation potential of brassicas. *Plant and soil*, 201(1), 71-89.
- Mahalakshmi G, Vengadeshkumar L, Rajamohan K, et al. (2020) Leaf extract of *Rhizophora apiculata* as a potential bio-inducer of early blight disease resistance in tomato plant. *Novel Research in Microbiology Journal* 4: 714-724.
- Markakis, E. A., Fountoulakis, M. S., Daskalakis, G. C., Kokkinis, M., and Ligoixigakis, E. K. (2016). The suppressive effect of compost amendments on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* in cucumber and *Verticillium dahliae* in eggplant. *Crop Protection*, 79, 70-79.
- Mihajlović, M., Rekanović, E., Hrustić, J., Grahovac, M., and Tanović, B. (2017). Methods for management of soil borne plant pathogens. *Pesticides and Phytomedicine*, 32(1), 9-24.
- Mishra, P., Singh, P., and Tripathi, N. N. (2014). Evaluation of plant extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*–wilt pathogen of tomato. *International Journal of Food Agriculture and Veterinary Sciences*, 4(2), 163-167.
- Murphy, S. D., and Aarssen, L. W. (1995). Reduced seed set in *Elytrigia repens* caused by allelopathic pollen from *Phleum pratense*. *Canadian Journal of Botany*, 73(9), 1417-1422.
- Nasrin, L., Podder, S., and Mahmud, M. R. (2018). Investigation of Potential Biological Control of *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Lycopersici* by Plant Extracts, Antagonistic sp. and Chemical Elicitors. *in vitro. Fungal Genomics and Biology* 8: 155.
- Njiru, M. D. (2012). Integrated management of *Fusarium* wilt of tomatoes using fungicides, organic matter and neem extract (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis submitted to School of Pure and Applied Sciences, Kenyatta University, Kenya).
- Rana, A., Sahgal, M., and Johri, B. N. (2017). *Fusarium oxysporum*: genomics, diversity and plant–host interaction. In *Developments in fungal biology and applied mycology* Singapore, pp. 159-199.
- Rana, S. V., Pal, R., Vaiphei, K., Sharma, S. K., and Ola, R. P. (2011). Garlic in health and disease. *Nutrition research reviews*, 24(1), 60-71.
- Rongai, D., Milano, F., and Sciò, E. (2012). Inhibitory effect of plant extracts on conidial germination of the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *American Journal of Plant Sciences*, 3: 1693-1698.
- Salunke, P., and Koche, D. (2023). Role of phenolic compounds in plant defense mechanism: an updated review. *Indian J. Appl. Pure Bio*, 38(3), 1199-1215.
- Shukurlu, E. N., Aleskerova, A. N., and Bakhshaliyeva, K. F. (2022). Antifungal effect of *Lactuca tatarica* and *Lactuca serriola* plant extracts to some phytopathogenic fungi. *Bulletin of Science and Practice*, (4), 75–82.

- Singh, R., Biswas, S. K., Nagar, D., Singh, J., Singh, M., and Mishra, Y. K. (2015). Sustainable integrated approach for management of Fusarium wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Synder and Hansen. *Sustainable Agriculture Research*, 4(1).
- Yeole, G. J., Kotkar, H. M., Teli, N. P., and Mendki, P. S. (2016). Herbal fungicide to control Fusarium wilt in tomato plants. *Biopestic. Int*, 12(1), 25-35.