**African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)**
*Online ISSN: 2957-644X*
Volume 5, Issue 1, 2026
Page No: 349-356
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
**ISI 2025: 1.126** **SJIFactor 2024: 6.752** **معامل التأثير العربي: 1.62**

# Evaluation of *Ruta graveolens* Extract as a Natural Fungicide against *Alternaria alternata*

Abu Bakr Alzahaf [1*], Gazala I. F Saad [2]
[1] Department of Botany, Faculty of Science, University of Tobruk, Tobruk, Libya
[2] Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya

# تقييم مستخلص نبات السذاب (Ruta graveolens) كمبيد فطري طبيعي ضد فطر *Alternaria alternata*

أ. بوبكر سليمان الزحاف [1*]، د. غزالة ابراهيم فضيل [2]
[1] قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة طبرق، طبرق، ليبيا
[2] قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

[*]Corresponding author: abubakr.sulaiman@tu.edu.ly

| Received: November 30, 2025 | Accepted: February 19, 2026 | Published: March 03, 2026 |
|---|---|---|

**Abstract**
This study was conducted at the Department of Plant Production Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, to evaluate the inhibitory effect of *Ruta graveolens* leaf extract on the biological growth of *Alternaria alternata*, the causal agent of Alternaria leaf spot disease on citrus leaves. The results, obtained by applying the inhibition percentage equation, revealed significant differences among treatments in terms of mean inhibition rates. The highest inhibition percentages were recorded in the nano-formulated treatments, followed by the other treatments in suppressing the germination of *Alternaria alternata*. The nano alcoholic extract exhibited an inhibition rate of 84.29%, while the nano aqueous extract showed an inhibition rate of 78.87%, compared with the other treatments that resulted in lower inhibition percentages. Statistical analysis using analysis of variance (ANOVA) at a significance level of 0.05 indicated significant differences between the treatments and the control. However, no significant differences were observed between the aqueous and alcoholic extracts. Overall, the nano-formulated treatments demonstrated a higher inhibitory effect compared to the other treatments.

**Keywords:** Ruta graveolens; Alternaria alternata; antifungal activity; plant extract; nano-extract; citrus diseases.

**الملخص**
أُجريت هذه الدراسة في قسم تقنية الإنتاج النباتي بالمعهد العالي للتقنيات الزراعية – درنة، بهدف تقييم التأثير التثبيطي لمستخلص أوراق نبات الفيجل (السذاب) على النمو الحيوي لفطر *Alternaria alternata* المسبب لمرض التبقع الألترناري على أوراق أشجار الحمضيات. أظهرت النتائج، عند تطبيق معادلة تقدير نسبة التثبيط، وجود اختلافات واضحة بين المعاملات في متوسط نسبة التثبيط. وقد سُجلت أعلى نسب تثبيط في المعاملات النانوية، تلتها المعاملات الأخرى في الحد من إنبات الفطر *Alternaria alternata*. حيث بلغ معدل التثبيط في المنقوع الكحولي النانوي 81.79%، وفي المنقوع المائي 75.54%، مقارنةً بالمعاملات الأخرى التي أظهرت نسب تثبيط أقل. كما بينت نتائج التحليل الإحصائي باستخدام اختبار تحليل التباين (ANOVA)عند مستوى معنوية 0.05 وجود فروق معنوية بين المعاملات ومعاملة المقارنة (الكنترول)، في حين لم تُسجل فروق معنوية بين المستخلصين المائي والكحولي. وأظهرت المعاملات النانوية تأثيرًا تثبيطيًا أعلى مقارنةً ببقية المعاملات.

**الكلمات المفتاحية:** التبقع الألترناري علي الحمضيات ،نبات السذاب(*Ruta graveolens*) ؛ فطر *Alternaria alternata*؛ نشاط مضاد للفطريات( مستخلص نباتي؛ مستخلص نانوي).

 **Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**المقدمة :**

يُعد فطر *Alternaria alternata* من الفطريات الخيطية التابعة لشعبة الفطريات الزقية(Ascomycetes) ، ويتميز بقدرته على التواجد في صور بيئية متعددة، إذ يوجد كمُمرض نباتي(pathogen) ، ومتعايش داخلي (endophyte) داخل أنسجة النباتات، إضافة إلى وجوده في التربة ككائن رمّي (saprophyte) .(DeMers,2022) وينتمي هذا الفطر إلى جنس Alternaria، وهو جنس عالمي الانتشار من الفطريات الناقصة (Deuteromycetes) ، حيث ينتشر في بيئات متنوعة تشمل التربة، والهواء، والنباتات، وكذلك البيئات الداخلية، ويضم عددًا كبيرًا من الأنواع الرمّية والمسببة للأمراض.

يعتمد التصنيف التقليدي لأنواع جنس Alternaria بشكل أساسي على الصفات المورفولوجية للأبواغ الكونيدية ( conidial spores)، وبدرجة أقل على ارتباطها بالعائل النباتي وخصائصها الكيميائية الحيوية. وقد أدت الدراسات التطورية الحديثة إلى إحداث تغييرات جوهرية في التصنيف المنهجي لهذا الجنس، حيث تم رفع 26 فرعًا تطوريًا (clades) إلى مستوى تصنيفي أدنى من الجنس، عُرف باسم الأقسام (sections)، مما ساهم في تحسين الفهم التصنيفي والعلاقاتي لأنواع Alternaria ( Lawrence *et al.*, 2016). وتشمل هذه الأقسام معظم الأنواع ذات تعاقب الأبواغ الكونيدية، بما في ذلك العديد من مسببات الأمراض النباتية المهمة، إضافة إلى أنواع ذات أهمية صحية للإنسان ومسببات تلف ما بعد الحصاد.

وعلى الرغم من أن غالبية أنواع Alternaria تُعد رمّية وتلعب دورًا مهمًا في تحلل المواد العضوية، إلا أن عددًا كبيرًا منها يعيش كمتعايش داخلي داخل أجزاء مختلفة من المحاصيل الزراعية مثل الأوراق، والبذور، والثمار (Thomma *et al.*, 2003).وفي حالات أقل، قد تكون بعض الأنواع مسببة لأمراض الحيوانات والإنسان، حيث تؤدي إلى التهابات، وتسممات، وأمراض تحسسية مختلفة.(Woudenberg *et al.*, 2015)

تشير الدراسات إلى أن الفطريات المسببة لأمراض النباتات تؤدي إلى انخفاض جودة المحاصيل وإنتاجيتها، ويُعد مرض التبقع الألترناري من أهم الأمراض الفطرية التي تصيب العديد من النباتات الاقتصادية، بما في ذلك أشجار الحمضيات. وقد تم توثيق ظهور هذا المرض لأول مرة في أستراليا عام 1903، ثم انتشر لاحقًا في عدة دول حول العالم. ويُعد فطر *Alternaria alternata* المسبب الرئيس لهذا المرض، حيث توجد منه أنماط مختلفة تصيب النباتات والحمضيات، ويُميَّز بينها بناءً على قدرتها على إنتاج سموم متخصصة للمضيف (Host-Specific Toxins, HSTs).وتظهر أعراض المرض على هيئة بقع تتدرج ألوانها من البني إلى الأسود وبأحجام متفاوتة على الأوراق والفروع والثمار، وتبدأ هذه الأعراض في الظهور خلال 24 ساعة من حدوث العدوى، ثم تستمر الآفات في التوسع، مما يؤدي إلى تدمير مساحات واسعة من الأنسجة النباتية نتيجة التأثير السمي للفطر.(de Souza *et al.*, 2009)

وفي ظل الاعتماد المتزايد على المبيدات الكيميائية لمكافحة الأمراض الفطرية وما يرافق ذلك من آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان، اتجهت العديد من الدراسات الحديثة إلى البحث عن بدائل طبيعية وآمنة، ومن أبرزها استخدام المستخلصات النباتية ذات النشاط الحيوي. ويُعد نبات الفيجل (*Ruta graveolens*) من النباتات الطبية والعطرية المعروفة منذ القدم، وينتمي إلى الفصيلة السذابية (Rutaceae). ويتميز هذا النبات باحتوائه على مجموعة واسعة من المركبات الفعالة حيويًا مثل القلويدات، والفلافونويدات، والزيوت الطيارة، والتي أظهرت نشاطًا مضادًا للميكروبات والفطريات في العديد من الدراسات. وقد بينت أبحاث سابقة أن مستخلصات *Ruta graveolens* تمتلك قدرة تثبيطية ملحوظة ضد عدد من الفطريات الممرضة للنبات، مما يجعلها مرشحًا واعدًا للاستخدام كمبيد فطري طبيعي.

قد أسهمت المبيدات الكيميائية التقليدية في الحد من انتشار العديد من الأمراض والآفات التي تصيب المحاصيل الزراعية، وساعدت في تحسين الإنتاج الزراعي. إلا أن الاستخدام الواسع والمكثف لهذه المبيدات أدى إلى ظهور آثار سلبية بيئية وصحية خطيرة، من أبرزها تلوث التربة والمياه وتراكم متبقيات المبيدات في المنتجات الغذائية، مما يشكل خطرًا على صحة الإنسان والحيوان .(Raee *et al.*, 2021) وقد أدى ذلك إلى تحفيز الباحثين للاهتمام بالبحث عن بدائل فعّالة وأكثر أمانًا لمكافحة الآفات الزراعية، تسهم في تقليل الأضرار البيئية والحفاظ على صحة المستهلك.

وفي هذا الإطار، اتجهت العديد من الدراسات إلى اعتماد أساليب المكافحة العضوية، التي تُعد أحد النظم الزراعية المستدامة المعتمدة على استخدام مواد طبيعية وآمنة للحد من الآفات النباتية، مع تحسين التنوع البيولوجي وصحة التربة وتقليل المخاطر الصحية. ومع ذلك، تواجه المكافحة العضوية بعض التحديات، من أبرزها محدودية فعاليتها في بعض الحالات وارتفاع تكاليفها مقارنة بالمبيدات الكيميائية التقليدية (Lechenet *et al.*, 2014).

أظهرت الدراسات أن المستخلصات النباتية يمكن استخدامها كمبيدات حيوية بديلة، نظرًا لاحتوائها على مركبات طبيعية فعالة ضد الآفات النباتية، إلى جانب كونها أقل ضررًا على البيئة وصحة الإنسان. وتشمل هذه المستخلصات المستخلصات المائية والكحولية التي أثبتت فاعليتها بدرجات متفاوتة في مكافحة العديد من مسببات الأمراض النباتية .(Raee *et al.*, 2021) ومن بين هذه النباتات، يحظى نبات السذاب أو الفيجل (*Ruta graveolens*)باهتمام بحثي متزايد، وهو نبات عطري معمر ينتمي إلى الفصيلة السذابية

 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

(Rutaceae)، يعود موطنه الأصلي إلى منطقة البحر الأبيض المتوسط، ويُزرع في مناطق مختلفة من العالم. وقد استُخدم هذا النبات طبيًا منذ القدم لاحتوائه على مجموعة متنوعة من المركبات الكيميائية النشطة حيويًا التي تسهم في خصائصه الطبية والبيولوجية.

يحتوي مستخلص نبات الفيجل على مركبات كيميائية متعددة تختلف باختلاف جزء النبات المستخدم وطريقة الاستخلاص، وتشمل بشكل رئيسي الكومارينات، والقلويدات، والفلافونويدات، والزيوت الطيارة. وتُعد هذه الزيوت مسؤولة عن الرائحة المميزة للنبات، كما يُعتقد أنها تسهم في خصائصه المضادة للميكروبات والطاردة للحشرات. وتُظهر هذه المركبات مجتمعة أنشطة بيولوجية متعددة، من بينها النشاط المضاد للبكتيريا والمضاد للفطريات والمضاد للالتهابات، إضافة إلى خصائصها المضادة للأكسدة ومضادة للتشنج. ومع ذلك، أشارت بعض الدراسات إلى أن مركبات الفورانوكومارينات قد تُظهر تأثيرات سامة أو ضوئية عند استخدامها بتراكيز مرتفعة، مما يستدعي الحذر عند توظيف مستخلصات الفيجل.(Reyes-Vaquero *et al.*, 2021)

وقد ثبت أن لمستخلصات *Ruta graveolens* نشاطًا بيولوجيًا فعالًا ضد العديد من الفطريات الممرضة للنبات، ويُعزى هذا النشاط إلى تراكم مركبات فعالة مثل القلويدات، والتربينات، والأحماض الدهنية، وغيرها من المركبات الثانوية ذات التأثير الحيوي.(Reyes-Vaquero *et al.*, 2021)

وفي سياق تطوير بدائل طبيعية للمبيدات الكيميائية، ازداد الاهتمام باستخدام المكافحة الحيوية وتطوير عوامل طبيعية مضادة للفطريات، ومن أبرزها الزيوت الأساسية (Essential Oils, EOs) النباتية، نظرًا لخصائصها المضادة للميكروبات. وقد أُشير إلى أن هذه الزيوت معترف بها بشكل عام على أنها آمنة للاستهلاك البشري من قبل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية .(FDA) (da Rocha Neto *et al.*, 2019)

وتتكون الزيوت الأساسية من خليط كيميائي معقد يضم ما بين 20 إلى 60 مركبًا، من بينها التربينات، والتربينويدات، والكومارينات، ومشتقات الفينيل بروبانويد، والتي تسهم مجتمعة في فعاليتها الحيوية (Grande Tovar and Delgado-Ospina, 2019).

ويُعد التعقيد الكيميائي للمستخلصات النباتية ميزة إضافية، حيث تعمل المركبات المختلفة بتأثير تآزري أو تكاملي يساهم في تثبيط نمو الفطريات المسببة للأمراض النباتية، مما يجعلها مرشحة واعدة للاستخدام كمبيدات فطرية طبيعية، خاصة في مكافحة الإصابات الفطرية بعد الحصاد.(Karpiński *et al.*, 2020)

اقترحت عدة دراسات آليات متعددة لعمل الزيوت الأساسية كمضادات للفطريات، من بينها تسرب محتويات السيتوبلازم، والتحلل الخلوي وموت الخلايا، وتعديل الطبقة الثنائية للغشاء الخلوي، وإحداث تلف شديد في الغشاء السيتوبلازمي، إضافة إلى تثبيط التخليق الحيوي للإرجوستيرول وتعطيل سلامة الغشاء. كما يمكن للزيوت الأساسية التأثير على استقلاب الطاقة من خلال تثبيط بعض الإنزيمات الميتوكوندرية مثل ATPase ونازعة هيدروجين المالات .(Zeng *et al.*, 2015) وتشمل آليات أخرى تقليل تنظيم الجينات المرتبطة بالنمو والتكاثر، وإحداث إجهاد تأكسدي، وأكسدة الدهون داخل الخلايا الفطرية (D'Agostino *et al.*, 2019; Pinto *et al.*, 2023). وقد تختلف درجة الفعالية المضادة للفطريات للزيوت الأساسية ومكوناتها تبعًا لاختلاف تركيبها الكيميائي.(Nazzaro *et al.*, 2017)

وأشارت بعض الدراسات إلى أن الزيت الأساسي لنبات السذاب (*Ruta graveolens* essential oil) قد يُمثل بديلاً واعدًا في حفظ المنتجات الزراعية بعد الحصاد، نظرًا لنشاطه المضاد للفطريات وقدرته على الحد من نمو مسببات التلف (Oliva *et al.*, 2003).

**مشكلة البحث**

يُعد الاستخدام المفرط والعشوائي للمبيدات الزراعية من أبرز المشكلات التي تواجه القطاع الزراعي، حيث يؤدي إلى التلوث البيئي وتراكم متبقيات المبيدات في المنتجات الغذائية، مما يسبب آثارًا سُمية ضارة على صحة الإنسان والحيوان. وانطلاقًا من ذلك، تبرز الحاجة إلى البحث عن بدائل طبيعية وآمنة وفعّالة لمكافحة الأمراض النباتية، بما يسهم في تقليل الاعتماد على المبيدات الكيميائية والحد من آثارها السلبية.

## مواد وطرق البحث (Materials and Methods)

**جمع العينة النباتية**

تم جمع عينة أوراق نبات الفيجل (السذاب *Ruta graveolens*) من أحد المزارع الواقعة بمنطقة الفتائح بمدينة درنة – ليبيا. جرى تنظيف العينات من الأتربة والشوائب، ثم جُففت في درجة حرارة الغرفة بعيدًا عن أشعة الشمس المباشرة. بعد ذلك، تم طحن الأوراق المجففة باستخدام مطحنة كهربائية للحصول على مسحوق ناعم استُخدم في تحضير المستخلصات النباتية لأغراض الدراسة.

 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**طرق تحضير المستخلصات النباتية.**

**1. تحضير المستخلص المائي**

تـم تحضـير المسـتخلص المـائي وفقًـا للطريقـة الموصـوفة مـن قبـل(1998) .Ahmad *et al* ، مـع بعـض التعـديلات. حيـث تـم وزن 20 غـم مـن مسـحوق أوراق نبـات الفيجـل ومزجهـا مـع 400 مـل مـن المـاء المقطـر داخـل دورق حجمـي بسـعة 1000 مـل. ثـم وُضـع الخلـيط فـي حمـام مـائي هـزاز عنـد درجـة حـرارة 40°م لمـدة 24 سـاعة. بعـد ذلـك، تـم ترشـيح المعلـق باسـتخدام عـدة طبقـات مـن الشـاش الطبـي للـتخلص مـن الرواسـب النباتيـة، ثـم عُقّـم المسـتخلص باسـتخدام مرشـح ميليبـوري (Millipore filter) بقطـر مسـام 0.22 ميكرومتـر. حُفـظ الراشـح فـي أوعيـة معقمـة ومحكمـة الإغـلاق داخـل الثلاجـة عنـد درجـة حـرارة 4°م لحـين الاسـتخدام (Khanzada *et al*., 2006).

**2. تحضير المستخلص الكحولي**

تـم تحضـير المسـتخلص الكحـولي بالاعتمـاد علـى مـا ورد فـي الدراسـات السـابقة (Ahmad *et al*., 1998; Khanzada *et al*., 2006)، باسـتخدام كحـول الإيثـانول بتركيـز 95%. حيـث اتُبعـت نفـس الخطـوات المتبعـة فـي تحضـير المسـتخلص المـائي، مـع اسـتبدال المـاء المقطـر بالإيثـانول كمـذيب لاسـتخلاص المركبـات الفعالـة مـن مسحوق أوراق نبات الفيجل.

**3. تحضير المستخلص النانوي**

تـم تحضـير الجسـيمات النانويـة مـن الفضـة باسـتخدام المستخلصـات النباتيـة (المائيـة والكحوليـة) كنواقـل حيويـة مختزلـة. حيـث أُضـيف 1 مـل مـن محلـول نتـرات الفضـة بتركيـز 0.1 مليمـولار إلـى 99 مـل مـن المحلـول القياسـي لكـل مـن المسـتخلص المـائي والمسـتخلص الكحـولي المحضـرين مسـبقًا. تُـرك المـزيج فـي درجـة حـرارة الغرفـة مـع المراقبـة المسـتمرة، إلـى أن لـوحظ تغيـر لـون المحلـول إلـى اللـون البنـي، والـذي يُعـد مؤشـرًا علـى تكـوّن جسـيمات الفضة النانوية (شكل 1).

**4. تحضير الوسط الغذائي(Potato Dextrose Agar, PDA)**

تـم تحضـير الوسـط الغـذائي PDA وفقًـا لتعليمـات الشـركة المصـنعة (OXOID) المدونـة علـى العبـوة، حيـث أُذيـب 65 غـم مـن الوسـط الغـذائي الجـاهز فـي 1000 مـل مـن المـاء المقطـر. بعـد ذلـك، تـم تعقـيم الوسـط باسـتخدام جهـاز التعقـيم بالبخـار (Autoclave) عنـد درجـة حـرارة 121°م وضـغط 15 رطل/بوصـة$^2$ لمـدة تتـراوح بـين 15 و20 دقيقة، ثم تُرك ليبرد قبل الاستخدام.

**5. اختبار تأثير مستخلص أوراق الفيجل على نمو الفطر الممرض**

تـم تقيـيم التـأثير التثبيطـي لمستخلصـات أوراق نبـات الفيجـل (*Ruta graveolens*) علـى نمـو الفطـر الممـرض باتبـاع الطريقـة الموصـوفة مـن قبـل Khanzada *et al*. (2006) حيـث تـم مـزج المستخلصـين المـائي والكحـولي كـلٌّ علـى حـدة مـع الوسـط الغـذائي PDA بعـد تعقيمـه وتركـه ليبـرد إلـى درجـة حـرارة 50°م، وذلـك بتركيـزات 5%، 10%، 15%، و20% (حجم/حجم)، وبمعدل ثلاث مكررات لكل تركيز.

بعـد صـب الوسـط الغـذائي فـي أطبـاق بتـري وتركـه ليتصـلب، وُضـع قـرص فطـري بقطـر 9 ملـم مـأخوذ مـن مستعمرة فطريـة ناميـة حديثًا علـى وسـط PDA فـي مركـز كـل طبـق. ثـم حُضـنت الأطبـاق فـي الحاضـنة عنـد درجـة حـرارة 25 ± 2°م لمـدة تتـراوح بـين 4 و7 أيـام. عقـب انتهـاء فتـرة التحضـين، تـم قيـاس قطـر النمـو الفطـري فـي اتجاهين متعامدين (الطول × العرض) لتحديد متوسط قطر مساحة النمو.

ولغرض المقارنة، تم اعتماد ثلاث معاملات مقارنة كما يلي:

المقارنة الموجبة: تنمية الفطر على وسط PDA فقط دون إضافة أي مادة.

المقارنـة السـالبة الأولـى: تنميـة الفطـر علـى وسـط PDA مضـاف إليـه كحـول الإيثـانول بـنفس التراكيـز المسـتخدمة في التجربة.

المقارنة السالبة الثانية: تنمية الفطر على وسط PDA مضاف إليه محلول جسيمات نترات الفضة فقط.

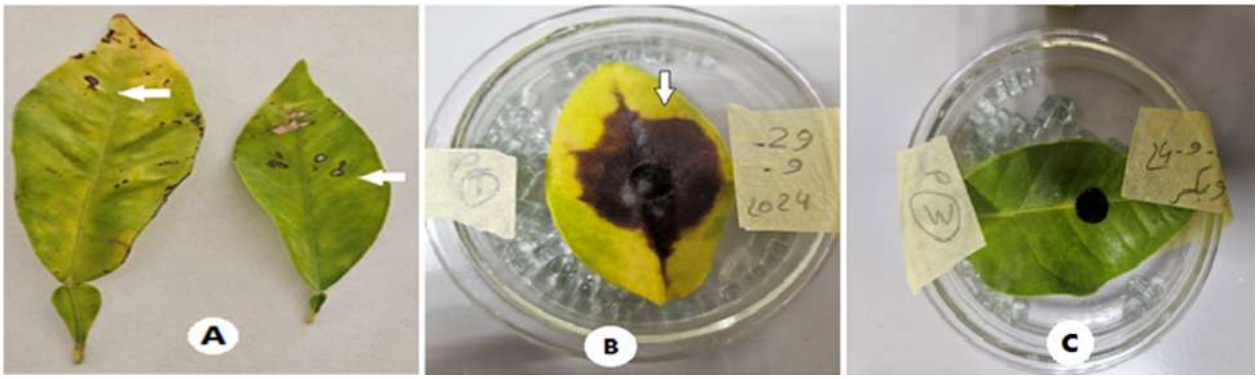
**6. عزل وتعريف المسبب المرضي**

تـم عـزل المسـبب المرضـي مـن عينـات نباتيـة مصـابة جُمعـت مـن أحـد المـزارع بمدينـة درنـة، ونُقلـت إلـى مختبـر قسـم تقنيـة الإنتـاج النبـاتي بالمعهـد العـالي للتقنيـات الزراعيـة – درنـة. وكخطـوة أوليـة للتعـرف علـى المسـبب المرضـي، تـم عـزل الفطـر مـن أوراق النباتـات المصـابة مـن خـلال تقطيـع الأوراق إلـى قطـع صـغيرة بحجـم يقـارب 1 ملـم، وزُرعـت هـذه القطـع علـى وسـط PDA داخـل أطبـاق بتـري، بحيـث وُزعـت ثـلاث قطـع فـي كـل طبـق وبمعدل ثلاث مكررات للعزلة الواحدة (الشكل C.2)

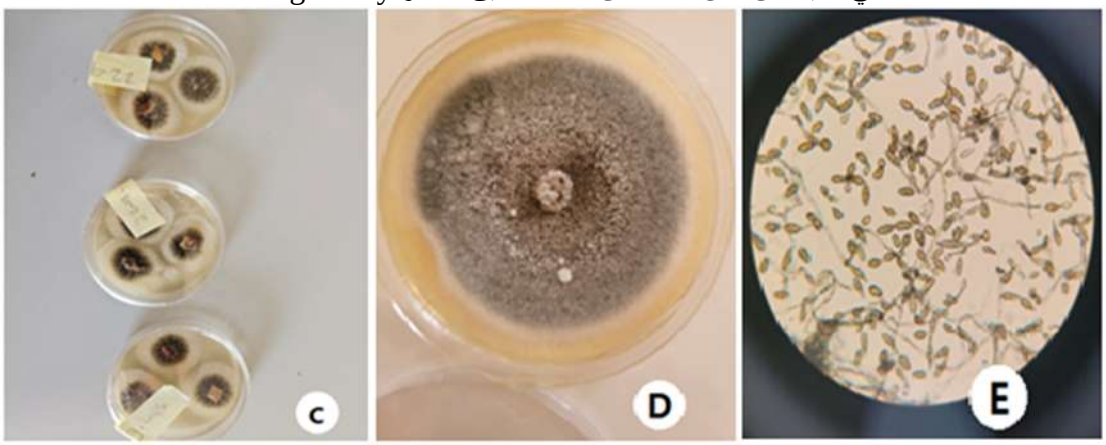
 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

بعد انتهاء فترة التحضين، تم أخذ قرص فطري بقطر 9 ملم من المستعمرات النامية وإعادة زراعته على وسط PDA جديد لغرض تنقية العزلة والحصول على مزرعة فطرية نقية (الشكل 2 D). ولأغراض الفحص المجهري، تم تحضير شرائح مجهرية من النمو الفطري، ودراسة الصفات المورفولوجية للأبواغ الكونيدية من حيث الشكل واللون (الشكل 2(E، وبناءً على هذه الصفات تم تعريف الفطر المعزول على أنه *Alternaria alternata*.

وللتأكد من أن الفطر المعزول هو المسبب الحقيقي للإصابة، تم إجراء اختبار الأمراضية ( Pathogenicity test) وفق الطرق القياسية، وذلك بإعادة إحداث الإصابة على العائل النباتي، ومتابعة ظهور الأعراض المرضية المميزة (الشكل 1).




**الشكل ( 1 )** A يوضح اعراض التبقع علي العينة بالحقل B,C بعد احداث عدوي صناعية وظهور نفس العرض الموجود علي العينة من نفس العائل من خلال تطبيق اختبار Pathogenicity




**الشكل ( 2 )** C العزلة الأولي المتحصل عليها من العينة المصابة بالحقل D / مستعمرة الفطر بعد التنقية والتنمية بصورة منفردة نقية علي وسط غذائي ( PDA، E / شكل ولون الجرثومة Spores تحت المجهر الضوئي .

### 7. تطبيق التجربة والتحليل الإحصائي

نُفذت التجربة باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ( Randomized Complete Block Design, RCBD). وتم تحليل البيانات إحصائيًا باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (SPSS)، وذلك عند مستوى معنوية 5%، وفق النموذج الرياضي الآتي:

$$Yij = \mu + \alpha i + Bj + Eij$$

Yij = قيم المشاهدة.

μ = المتوسط.

αi = تأثير المعاملة

Bj =تأثير القطاع

Eij = الخطأ التجريبي

وحسبت نسبة التثبيط وفقاً لمعادلة: Vincent (1947)

$$\text{نسبة التثبيط} = \frac{\text{معدل النمو في طبق المقارنة - معدل النمو في طبق المعاملة}}{\text{معدل النمو في طبق المقارنة}} \times 100$$

 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

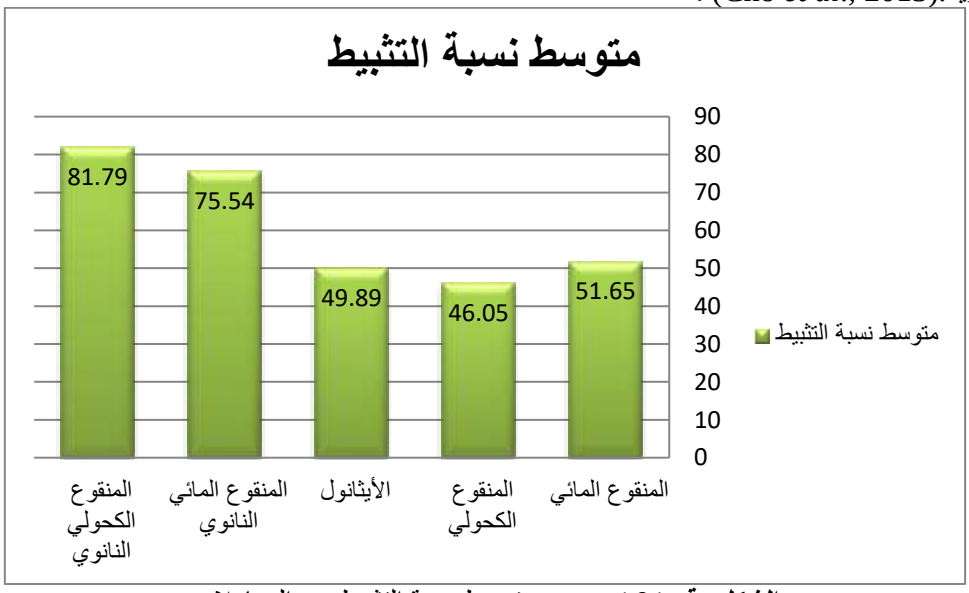
**النتائج والمناقشة Results And Discussion :**

أظهرت النتائج، عند تطبيق معادلة حساب نسبة التثبيط، وجود اختلافات واضحة بين المعاملات في متوسط نسب التثبيط. وقد سُجلت أعلى نسب تثبيط في المعاملات النانوية، تلتها المعاملات الأخرى في الحد من إنبات ونمو فطر *Alternaria alternata*. حيث بلغ معدل التثبيط في المنقوع الكحولي النانوي 81.79%، في حين بلغ في المنقوع المائي النانوي 75.54%، مقارنةً بالمعاملات الأخرى التي أظهرت نسب تثبيط أقل، كما هو موضح في الشكل (3)

ويُعزى التأثير التثبيطي لمستخلص نبات الفيجل (السذاب) إلى احتوائه على الزيوت الأساسية ذات النشاط المضاد لنمو الفطريات. إذ تُعد الزيوت الأساسية خليطًا معقدًا من المركبات المتطايرة، ويرتبط تخليقها الحيوي في النباتات عادةً باستجابات الدفاع ضد هجمات مسببات الأمراض، إضافةً إلى استجابتها للإجهادات الفسيولوجية والعوامل البيئية المختلفة (Donato *et al.*, 2020). كما تُعرف هذه الزيوت بامتلاكها خصائص فعالة مضادة للفطريات، والميكروبات، والفيروسات، إضافةً إلى فعاليتها كمبيدات حشرية طبيعية (Tariq *et al.*, 2019).

وقد حظيت الزيوت الأساسية باهتمام متزايد بوصفها عوامل جديدة مضادة للفطريات، ويُعد الزيت الأساسي لنبات السذاب (Ruta graveolens essential oil, REO) من الزيوت الواعدة في هذا المجال. إذ أظهرت دراسات سابقة نشاطًا مثبطًا ملحوظًا لهذا الزيت ضد عدد من الفطريات الممرضة، مثل Fu*sarium oxysporum* و*Alternaria alternata* و*Aspergillus flavus*، عند تراكيز أقل من 163 ميكروغرام/مل، مع ازدياد الفعالية المضادة للفطريات بزيادة تركيز الزيت العطري. ويُعزى هذا التأثير المثبط إلى المحتوى المرتفع من الكيتونات وبعض أحاديات التربين والكحولات الموجودة في الزيت العطري (Haddouchi *et al.*, 2013).

وعلى الرغم من أن آلية النشاط المضاد للفطريات للزيوت الأساسية لم تُحدد بدقة حتى الآن، إلا أن عددًا من الدراسات يشير إلى أن هذه الزيوت تُحدث تلفًا كبيرًا في الغشاء الخلوي للفطر، نتيجة تدمير سلامة الغشاء السيتوبلازمي (Cho et al., 2013; Grande-Tovar *et al.*, 2018). ويُعد غشاء الخلية عنصرًا حيويًا في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية من خلال تنظيم تبادل المواد، والتحكم في عمليات الأيض، وضبط ضغط الامتلاء، إضافةً إلى نقل الطاقة والمعلومات داخل الخلية (Tian *et al.*, 2015). وعند تعرض الكائنات الحية الدقيقة لعوامل خارجية تُلحق ضررًا بالغشاء الخلوي، فإن ذلك قد يؤدي إلى تبديد الجهد الكهربائي للغشاء، وتمزق الطبقة الثنائية الدهنية، وتكوين مسام، مما يُفضي في النهاية إلى تثبيط النمو أو موت الخلية الفطرية.(Cho *et al.*, 2013) .




**الشكل رقم ( 3 )** يوضح متوسط نسبة التثبيط بين المعاملات

أظهرت نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) عند مستوى معنوية (0.05) وجود فروق معنوية بين المعاملات ومعاملة المقارنة (الكنترول)، في حين لم تُسجل فروق معنوية بين المستخلصين المائي والكحولي. كما بينت النتائج أن المعاملات النانوية أظهرت تأثيرًا تثبيطيًا أعلى مقارنةً ببقية المعاملات.

 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**الجدول رقم (1).**تحليل النتائج ANOVA . عند مستوي معنوية 0.05

| المعاملات | Mean | Std. Error |
|---|---|---|
| الكنترول | a 165.888 | ±12.72 |
| المستخلص المائي | b 80.195 | ±12.72 |
| المستخلص الكحولي | b 89.485 | ±12.72 |
| ايثانول 95% | b 83.113 | ±12.72 |
| المستخلص المائي النانوي | c 40.578 | ±12.72 |
| المستخلص الكحولي النانوي | c 30.200 | ±12.72 |
| ايثانول نانوي 95% | c 36.245 | ±12.72 |

**الاستنتاجات(Conclusion)**

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مستخلص أوراق نبات السذاب (*Ruta graveolens*) يمتلك قدرة تثبيطية فعالة ضد نمو فطر *Alternaria alternata* المسبب لمرض التبقع الألترناري على أشجار الحمضيات. وقد بينت النتائج تفوق المعاملات النانوية في تحقيق أعلى نسب تثبيط مقارنة بالمستخلصات التقليدية، في حين لم تُسجل فروق معنوية بين المستخلصين المائي والكحولي. ويُعزى هذا التأثير التثبيطي إلى احتواء مستخلص السذاب على مركبات فعالة حيويًا، ولا سيما الزيوت الأساسية، التي تلعب دورًا مهمًا في إعاقة نمو الفطريات من خلال التأثير على سلامة الغشاء الخلوي والعمليات الحيوية داخل الخلية.

وتشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام مستخلصات نبات السذاب، وبخاصة الصيغ النانوية، كبدائل طبيعية وآمنة للمبيدات الكيميائية التقليدية في مكافحة الأمراض الفطرية التي تصيب المحاصيل الزراعية. كما تؤكد الدراسة أهمية مواصلة البحث في هذا المجال لتطوير استراتيجيات مستدامة وصديقة للبيئة تسهم في الحد من المخاطر البيئية والصحية المرتبطة بالاستخدام المكثف للمبيدات الكيميائية، بما يدعم التوجه نحو نظم زراعية أكثر أمانًا واستدامة.

**التوصيات(Recommendations)**

توصي الدراسة بالتوسع في استخدام المستخلصات النباتية، ولا سيما مستخلص نبات السذاب (*Ruta graveolens*)، كمبيدات حيوية آمنة، نظرًا لما أظهرته من كفاءة ملحوظة في تثبيط نمو الفطريات الممرضة، مع تقليل الاعتماد على المبيدات الكيميائية التقليدية لما لها من آثار سلبية محتملة على البيئة والصحة العامة.

إجراء دراسات مقارنة مستقبلية لتقييم فعالية مستخلص نبات السذاب مقارنةً بمستخلصات نباتية أخرى، بهدف تحديد المستخلصات الأكثر كفاءة في مكافحة فطر *Alternaria alternata* وغيره من الفطريات الممرضة التي تصيب المحاصيل الزراعية.

التوسع في تطبيق المستخلصات النباتية تحت ظروف بيئية وزراعية مختلفة، مثل الحقول المفتوحة والبيوت المحمية، للتحقق من فعاليتها التطبيقية وثبات مكوناتها النشطة في الظروف الحقلية الواقعية .

**Compliance with ethical standards**

*Disclosure of conflict of interest*

The author(s) declare that they have no conflict of interest.

**Reference:**


1.Ahmed,I. ; Mehmood,Z. and Mohammad,F. (1998). Screening of some Indian medicinal plants for their antimicrobial properties. J.Ethnopharmacol. 62 : 183-193.

2.Cho, J.; Choi, H.; Lee, J.; Kim, M.; Sohn, H.; Gun, D. (2013). The Antifungal Activity and Membrane-Disruptive Action of Dioscin Extracted from Dioscorea nipponica. Biochim. Biophys. Acta (BBA)-Biomembr. 1828, 1153–1158. [

3.da Rocha Neto, A.C.; Navarro, B.B.; Canton, L.; Maraschin, M.; Di Piero, R.M. (2019). Antifungal Activity of Palmarosa (Cymbopogon martinii), Tea Tree (Melaleuca alternifolia) and Star Anise (Illicium verum) Essential Oils against Penicillium Expansum and Their Mechanisms of Action. LWT . 105, 385–392.

4.de Souza, M. C., Stuchi, E. S., & de Goes, A. (2009). Evaluation of tangerine hybrid resistance to Alternaria alternata. Scientia Horticulturae, 123(1), 1–4.

5.DeMers, Mara. (2022). "Alternaria alternata as endophyte and pathogen." Microbiology 168.3 001153.

6.Donato, R.; Sacco, C.; Pini, G.; Rita, A. (2020 ). Antifungal Activity of Different Essential Oils against Malassezia Pathogenic Species. J. Ethnopharmacol. 249, 112376.


 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

20187.Grande-Tovar, C.D.; Chaves-Lopez, C.; Serio, A.; Rossi, C.; Paparella, A.( Chitosan Coatings Enriched with Essential Oils: Effects on Fungi Involve in Fruit Decay and Mechanisms of Action. Trends Food Sci. Technol. 78, 61–71.
8.Haddouchi, F.; Chaouche, T.M.; Zaouali, Y.; Ksouri, R.; Attou, A. (2013). Benmansour, A. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils from Four Ruta Species Growing in Algeria. Food Chem. 141, 253–258
9.Karpi´ nski, T.M. (2020). Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. Biomolecules. 10, 103.
10.Khanzada,Sh.A. ; Iqbal,Sh.M. and Akram,A. (2006). In vitro efficacy of plant leaf extracts against Sclerotium rolfsii Saac. Mycopath. 4(1) : 51-53
11.Lawrence, D.P.; Rotondo, F.; Gannibal, P.B. (2016). Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus Alternaria. Mycol. Prog .15, 3.
12.Lechenet, M., Bretagnolle, V., Bockstaller, C., Boissinot, F., Petit, M. S., Petit, S., & Munier-Jolain, N. M. (2014). Reconciling pesticide reduction with economic and environmental sustainability in arable farming. PLoS ONE, 9(6).
13.Oliva, A.; Meepagala, K.M.; Wedge, D.E.; Harries, D.; Hale, A.L.; Aliotta, G.; Duke, S.O.( 2003). Natural Fungicides from Ruta graveolens L. Leaves, Including a New Quinolone Alkaloid. J. Agric. Food Chem. 51, 890–896.
14.Pinto, L.; Tapia-Rodríguez, M.R.; Baruzzi, F.; Ayala-Zavala, J.F.( 2023 ). Plant Antimicrobials for Food Quality and Safety: Recent Views and Future Challenges. Foods 12, 2315.
15.Raee, O., Mousa, S., & Abdel-Hay, M. (2021). Effect of Aquatic Extracts of Five Plant Species in the Control of Alternaria Leaf Spot Disease on Faba Bean in Vitro. (1), 137–161 .
16.Reyes-Vaquero, L., Bueno, M., Ventura-Aguilar, R. I., Aguilar-Guadarrama, A. B., Robledo, N., Sepúlveda-Jiménez, G., Vanegas-Espinoza, P. E., Ibáñez, E., & del Villar-Martínez, A. A. (2021). Seasonal variation of chemical profile of Ruta graveolens extracts and biological activity against Fusarium oxysporum, Fusarium proliferatum and Stemphylium vesicarium. Biochemical Systematics and Ecology, 95, 104223.
-17.Thomma, B.P.H.J. (2003). Pathogen profile Alternaria spp.: From general saprophyte to specific parasite. Mol. Plant Pathol. 4, 225–236.
18.Tian, J.; Wang, Y.; Zeng, H.; Li, Z.; Zhang, P.; Tessema, A.; Peng, X. (2015). Efficacy and Possible Mechanisms of Perillaldehyde in Control of Aspergillus niger Causing Grape Decay. Int. J. Food Microbiol. 202, 27–34.
19.Woudenberg, J.H.C.; Seidl, M.F.; Groenewald, J.Z.; de Vries, M.; Stielow, J.B.; Thomma, B.P.H.J.; Crous, P.W.( 2015). Alternaria section Alternaria: Species, formae speciales Green Version or pathotypes? Stud. Mycol., 82, 1–21.
20.Zeng, H.; Chen, X.; Liang, J. (2015). In Vitro Antifungal Activity and Mechanism of Essential Oil from Fennel (Foeniculum vulgare L.) on Dermatophyte Species. J. Med. Microbiol. 64, 93–103.
21.D'agostino, M.; Tesse, N.; Frippiat, J.P.; Machouart, M.; Debourgogne, A.( 2019) Essential Oils and Their Natural Active Compounds Presenting Antifungal Properties. Molecules, 24, 3713.
22.Nazzaro, F.; Fratianni, F.; Coppola, R.; De Feo, V.( 2017). Essential Oils and Antifungal Activity. Pharmaceuticals, 10, 86.
23.Tariq, S.; Wani, S.; Rasool, W.; Shafi, K.; Ahmad, M.; Prabhakar, A.; Hussain, A.; Rather , M.A. (2019). Microbial Pathogenesis A Comprehensive Review of the Antibacterial, Antifungal and Antiviral Potential of Essential Oils and Their Chemical Constituents against Drug- Resistant Microbial Pathogens. Microb. Pathog., 134, 103580.

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **AJAPAS** and/or the editor(s). **AJAPAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

 **Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).