

Evaluation of the antifungal efficacy of ethyl acetate extracts of *Alternaria citri* against the white-rot wood decaying fungi *Schizophyllum commune* and *Ganoderma applanatum* in some coastal regions of Syria

Yasmine Mohammad Saleh* 
Dr. Maysa Yaziji**

(Received 9 / 3 / 2026. Accepted 28 / 4 / 2026)

□ ABSTRACT □

This study evaluated the antifungal activity of ethyl acetate extracts obtained from the fungus *Alternaria citri* against two basidiomycete fungi, *Schizophyllum commune* and *Ganoderma applanatum*, which are responsible for white rot disease in wood. Extracts derived separately from both the culture filtrate and the fungal biomass of the imperfect fungus were used in the assays.

The results demonstrated that the tested extracts exhibited inhibitory activity against the two studied basidiomycete fungi. This activity varied according to the kind and concentration of the extract, as well as the fungal species treated. At a concentration of 50 mg/mL, both the culture filtrate extract and the biomass extract of the tested fungus caused complete inhibition (100%) of mycelial growth of the two basidiomycete fungi.

Furthermore, the biomass extract showed higher inhibitory efficacy than the culture filtrate extract at concentrations of 30 mg/mL and 40 mg/mL against *S. commune*, with inhibition percentages of 64.70% and 23.52%, respectively. In contrast, the inhibition percentages against *G. applanatum* at the same concentrations were 35.29% and 17.64%, respectively. At a concentration of 10 mg/mL, neither the culture filtrate extract nor the biomass extract of *A. citri* exhibited any inhibitory activity against the two basidiomycete fungi under study.

These results highlight the potential use of *Alternaria citri* extracts as a promising biological source for controlling wood-decay fungi under laboratory conditions.

Keywords: Antifungal Activity, Organic Extracts, White Rot Fungi, *Alternaria citri*, Ethyl Acetate.

Copyright




:Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Ph.D. student, Faculty of Science, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria.

yasminesaleh@latakia-univ.edu.sy

** Professor, Faculty of Science, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria.

تقييم فاعلية مستخلصات الفطر *Alternaria citri* باستخدام خلاص الإيتيل تجاه الفطرين الدعامين *Ganoderma applanatum* و *Schizophyllum commune* المسببين للعفن الأبيض على الأخشاب في بعض مناطق الساحل السوري

ياسمين محمد صالح* 

د. ميساء يازجي**

(تاريخ الإيداع 9 / 3 / 2026. قبل للنشر في 28 / 4 / 2026)

□ ملخص □

تم في هذا البحث تقييم فاعلية مستخلصات خلاص الإيتيل للفطر *Alternaria citri* تجاه الفطرين الدعاميين *Ganoderma applanatum* و *Schizophyllum commune* المسببين للعفن الأبيض على الأخشاب، باستخدام مستخلصات كل من الرشاحة والكتلة الحيوية للفطر الناقص بشكل منفصل. أوضحت النتائج فاعلية تثبيطية للمستخلصات تجاه الفطرين الدعاميين المدروسين، والتي اختلفت باختلاف تركيز ونوع المستخلص من جهة ونوع الفطر المعامل من جهة أخرى. بين التركيز 50 ملغ/مل لكل من خلاصة الرشاحة وخلاصة الكتلة الحيوية للفطر الناقص المختبر تثبيطاً كاملاً 100% لنمو الفطرين الدعاميين المدروسين. في حين كانت فاعلية خلاصة الكتلة الحيوية أعلى من فاعلية خلاصة الرشاحة وذلك بالتركيزين (30 و 40) ملغ/مل تجاه نمو الفطر *S. commune* بنسب تثبيط بلغت 64.70% و 23.52% على الترتيب، في حين بلغت نسب التثبيط في التركيزين السابقين تجاه الفطر *G. applanatum* 35.29% و 17.64% على الترتيب. أما بالتركيز 10 ملغ/مل فلم يكن لكل من خلاصتي الرشاحة والكتلة الحيوية للفطر *A. citri* أي فاعلية تثبيطية تجاه الفطرين الدعاميين المدروسين. تبين هذه النتائج إمكانية استخدام مستخلصات فطر *Alternaria citri* كمصدر بيولوجي واعد لمكافحة فطريات تعفن الخشب في ظروف المختبر. الكلمات المفتاحية: فاعلية مضادة للفطريات، مستخلصات عضوية، فطريات مسببة للعفن الأبيض، *Alternaria citri*، خلاص الإيتيل.



حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب

الترخيص 04 CC BY-NC-SA

* طالب دكتوراه، كلية العلوم، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.

yasminesaleh@latakia-univ.edu.sy

** أستاذ، كلية العلوم، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.

مقدمة:

تُغطي الغابات حوالي 31% من مساحة اليابسة على الأرض، والتي تشكل مصدراً اقتصادياً واجتماعياً هاماً من خلال توفير الأخشاب والمنتجات الحراجية المختلفة [1].

تُعد الأخشاب من الموارد الطبيعية الحيوية التي تستخدم على نطاق واسع في العديد من الصناعات مثل البناء وصناعة الأثاث، إلا أنها معرضة للتلف نتيجة لنشاط الفطريات المخربة لها، وخاصة فطريات العفن الأبيض والعفن البني.

على الرغم من أهمية الخشب، فإنه عرضة للتحلل البيولوجي بسبب نشاط العديد من الكائنات الدقيقة، وخصوصاً فطريات العفن الأبيض التي تعد من أهم الفطريات المخربة للأخشاب، وتمثل المجموعة الرئيسة القادرة على التحلل الكامل للخشبين [2،3].

تتميز هذه الفطريات بقدرتها الفريدة على تحليل جميع المكونات الأساسية للجدر الثانوية لخلايا الخشب، مثل الخشبين والسليولوز والهيميسليولوز، مما يؤدي إلى تغيرات ملموسة في لون وملمس الخشب، حيث يصبح فاتح اللون وذو مظهر ليفي أو إسفنجي [3،5،7].

لطالما اعتمدت مكافحة هذه الفطريات على المبيدات الكيميائية، التي رغم فعاليتها، إلا أنها تسبب العديد من المشكلات البيئية والصحية، مثل تراكم المواد السامة وظهور مقاومة لدى بعض الأنواع الفطرية [8]، وقد أدى الاستخدام المكثف لهذه المبيدات إلى تدهور نوعية البيئة وتزايد المخاطر الصحية، مما دفع الباحثين إلى البحث عن بدائل أكثر أماناً واستدامة [4،9،15].

ازدادت أهمية المكافحة البيولوجية كخيار فعال وآمن بيئياً يعتمد على الكائنات الحية الدقيقة، وخاصة الفطريات الناقصة مثل جنس *Trichoderma* وأنواع معينة من البكتيريا، التي أثبتت فعاليتها في تقليل نشاط الفطريات الضارة دون الإضرار بالبيئة أو صحة الإنسان [6،10،11،16،17]. تُعد المكافحة البيولوجية خياراً تزداد أهميته بازدياد الأضرار البيئية والصحية المرتبطة بالمبيدات الكيميائية التقليدية، إضافة إلى مشكلة مقاومة الفطريات لهذه المبيدات.

أظهرت الأبحاث أن أنواع *Trichoderma* تمتلك آليات متعددة تثبط بها نمو فطريات العفن والفطريات المسببة لأمراض النبات، كما يمكن استخدام عزلات مختارة منها لتوفير حماية متكاملة للأخشاب ضد مجموعة من الفطريات الدعامية المدمرة للأخشاب [18،21،22].

تشير الدراسات إلى أن الاستخدام المشترك لفطريات *Trichoderma* مع بكتيريا *Bacillus* يعزز فاعلية المكافحة البيولوجية للأخشاب، من خلال خفض نشاط الفطريات الممرضة وتحسين مقاومة الخشب للتلف مقارنة باستخدام كل منهما على حدة، كما تسهم هذه المعالجات في تقليل تحلل الأخشاب الصنوبرية بشكل ملحوظ خلال فترات زمنية محددة، والحد من الخسائر للأخشاب بنسبة كبيرة مع تقليل الأثر البيئي مقارنة بالمبيدات الكيميائية [8،12،23].

أما بالنسبة للفطر *Alternaria* فقد أظهرت العديد من الدراسات إمكانية استخدام مستخلصاته و رشاحاته في مجال مكافحة الأعشاب الضارة مثل *Parthenium hysterophorus* و *Echinochloa crusgalli* التي أظهرت نشاطاً تضادياً واضحاً وفعالاً وإمكانية استخدامه كمبيد أعشاب حيوي [13،20،21]. كما استخدم ضد مجموعة واسعة من الفطريات الممرضة للنبات والإنسان وأثبتت مركباته فعالية تضادية حيث أظهر مركب ألتينوسين

altenusin فعالية ملحوظة ضد الفطر الممرض *Paracoccidioides brasiliensis*، وهو المسبب لمرض فطري جهازى خطير. والذي ثبت نموه بشكل فعال، مما يشير إلى إمكانية استخدامه كمصدر طبيعى لتطوير أدوية مضادة للفطريات [14] إلا أنه لا توجد دراسات كافية تناولت بشكل مباشر استخدام مستخلصات هذا الفطر في تثبيط الفطريات الدعامية المسببة لتدهور الأخشاب، مما يشير إلى وجود فجوة بحثية واضحة تسعى هذه الدراسة إلى معالجتها. رغم هذه النجاحات، تواجه المكافحة البيولوجية تحديات تطبيقية تتطلب تطوير طرائق موحدة للتطبيق، وضمان ثبات النتائج في الظروف الطبيعية، وتحسين تركيبات المنتجات البيولوجية لضمان استمراريتها وفعاليتها. مع ذلك، تظل هذه الاستراتيجية خياراً واعداً يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة، وحماية التنوع البيولوجي، ودعم الاقتصاد الحيوي الدائري، كما أكدت منظمة الأغذية والزراعة [16،18].

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من الأهمية الاقتصادية والبيئية الحيوية التي تؤذيها الأشجار الحراجية وأشجار الأراضي الزراعية، بوصفها مكونات أساسية في تخزين الكربون العالمي والحفاظ على التنوع الحيوي. وتعد منتجات الأخشاب ومشتقات الغابات من المواد واسعة الاستخدام في العديد من القطاعات الصناعية، إلا أن استدامتها باتت مهددة نتيجة تعرضها للإصابة بفطريات الأعفان الخشبية، مثل فطر *Ganoderma applanatum* الخشبية وتدهور بنيتها الميكانيكية، وبالتالي تكبد خسائر اقتصادية ملموسة في البيئات الطبيعية. لذلك هدف البحث إلى:

- 1- عزل الفطرين الدعاميين و *Schizophyllum commune* و *Ganoderma applanatum* المسببين لأعفان الأخشاب على أوساط صناعية مخبرياً.
- 2- عزل الفطر الناقص *Alternaria citri* اعتباراً من ثمار مصابة به.
- 3- استنبات الفطر المختبر للحصول على المشيجة والرشاحة وذلك باستخدام أوساط سائلة.
- 4- الحصول على مستخلصات الفطر المختبر من الكتلة الحيوية والرشاحة وذلك باستخدام خلات الإيتيل.
- 5- دراسة تأثير المستخلصات الفطرية في تثبيط نمو الفطريات الدعامية المخربة للأخشاب المدروسة على أوساط صناعية في المختبر.

طرائق البحث و مواده:

الأنواع الفطرية:

- الفطر الناقص المختبر:

تم عزل الفطر المضاد المختبر *A.citri* في هذا البحث من ثمار البندورة المصابة، على وسط P.D.A (Potato -Dextrose -Agar) بطريقة أطباق البتري، وحدد النوع تبعاً للمواصفات المورفولوجية والمجهريّة للمستعمرات النقية [24،25].

حفظت المزارع النقية في أطباق بتري في الثلاجة لحين الاستخدام، بحيث يتم تنشيطها قبل 7 أيام من التجربة.

-الفطريات الدعامية المدروسة:

جمع الفطرين الدعاميين *G. applanatum* و *S. commune* المسببين للعفن الأبيض على الأخشاب عن جذوع سرو- جذوع خوخ، جذوع ليمون، من بعض مناطق الساحل السوري عين شفاق، خربة العدس، بانياس، دوبر بعده. أحضرت العينات إلى المختبر وحدد النوع تبعاً للصفات المورفولوجية والمجهريّة للجسم الثمري والأبواغ [26]. تم الحصول على مشائج هذين الفطرين باستنابات قطعة صغيرة من نسيج القبعة أو بزراعة الأبواغ (من عينة جمعت عن جذوع سنديان) على وسط P.D.A المضاف له الصاد الحيوي جنتاميسين (gentamycine) بنسبة 50 p.p.m. وحضنها بالدرجة 25 ± 1 °م لمدة عشرة أيام، وبعد اكتمال النمو، حفظت المشائج في الثلاجة لحين الاستخدام، وقد تم تنشيط المزارع قبل 10 أيام من إجراء التجربة.

الحصول على المستخلصات الفطرية:

تم الحصول على مستخلصات كل من الكتلة الحيوية للفطر *A.citri* ورشاحته في مذيب خلاص الإيتيل، حيث اقتطع جزء مقداره 5 مم من الحافة النشطة لمستعمرات كل من الفطر *A.citri* بعمر 7 أيام استنبتت ضمن وسط P.D.B السائل حضنت ضمن الهزاز المائي لمدة 10 أيام، رشحت على ورق ترشيح للحصول على كل من الرشاحة في الأسفل والكتلة الحيوية في الأعلى والتي أخذت كل منهما من أجل عملية الاستخلاص بالمذيب خلاص الإيتيل. حيث تم إضافة المذيب العضوي مباشرة إلى الرشاحة الفطرية بنسبة 1/1 ، في حين تم سحق الكتلة الحيوية الطرية للفطر المختبر، ثم وضعت في المذيب العضوي بنسبة 1/1 أيضاً، تم الاستخلاص في الحمام المائي الهزاز بالدرجة 25 °م و100هزة/د لمدة 10 أيام ، رشحت الكتلة الحيوية تم تبخير المذيب لكلا المستخلصين بالمبخر الدوار، وبعد ذلك تم التخلص من بقايا المذيب بوضع المستخلص بالمحم بالدرجة 40 °م حتى الحصول على كتلة عجينية، حفظت المستخلصات في الثلاجة لحين إجراء اختبارات الفعالية [19].

الفعالية الحيوية للمستخلصات الفطرية:

اختبرت الفعالية الحيوية للمستخلصات الفطرية المختلفة بطريقة أطباق البتري (الغذاء المسموم) [27]، حيث حلت كمية محددة من المستخلص العجيني بالماء المقطر المعقم ، ثم أخذ منها كميات محددة وأضيفت إلى وسط الاستنابات بالدرجة 45 °م وذلك للحصول على التراكيز الآتية (10، 20، 30، 40، 50) ملغ مستخلص /1 مل وسط استنابات، صب الوسط في أطباق بتري 9 سم، ترك الوسط ليتصلب، ثم استنبتت الأطباق بقطعة من مستعمرات الفطريات الدعامية المنشطة بشكل مسبق باستناباتها على وسط PDA قبل 10 أيام من إجراء التجربة.

تم تحضير أطباق شاهدة وذلك باستنابات الفطريات الدعامية على وسط خالٍ من المستخلصات، أجريت ثلاثة مكررات لكل من الأطباق المعاملة والشاهدة.

حضنت جميع الأطباق عند الدرجة 25 ± 1 °م لمدة 10 أيام (الوقت الكافي لاكمال نمو الفطريات الدعامية). قرئت النتائج في اليوم العاشر، حيث سجلت أقطار نمو المستعمرات وحسبت نسب تثبيط نمو الفطريات المدروسة باستخدام العلاقة الآتية [27]:

$$\text{نسبة التثبيط} = \frac{\text{متوسط أقطار المستعمرات الشاهدة} - \text{متوسط أقطار المستعمرات المعاملة}}{\text{متوسط أقطار المستعمرات الشاهدة}} \times 100$$

النتائج والمناقشة:

اختبار الفعالية الحيوية للمستخلصات الفطرية بطريقة أطباق البتري:

بينت النتائج قدرة كل من خلاصة الرشاحة والكتلة الحيوية للفطر *A.citri* على تثبيط نمو الفطرين الدعاميين *S. commune* و *G. applanatum* المسببين للعفن الأبيض على الأخشاب باختبار أطباق البتري، واختلفت الفاعلة التثبيطية باختلاف المستخلص (رشاحة أو كتلة حيوية) وتركيزه ونوع الفطر المدروس. الفعالية الحيوية لمستخلصات رشاحة *A.citri* بخلات الإيتيل:

يبين الجدول (1) أن مستخلص رشاحة الفطر *A.citri* لم تبد أي تأثير في نمو الفطرين الدعاميين وذلك عند التركيز 10 ملغ/مل، لكن تميزت المستعمرات المعاملة للفطرين المدروسين بنمو سطحي وقليل الكثافة مقارنة بالمستعمرات الشاهدة مع ملاحظة تغير لون مستعمرات الفطر *S. commune* من الأبيض إلى البني الفاتح أما مشيجة الفطر الدعامي *G. applanatum* فقد نمت بشكل سطحي ضعيف مقارنة بالشاهد (الشكل 1).

الجدول (1): فاعلية مستخلص رشاحة الفطر *A.citri* باستخدام

خلات الإيتيل تجاه الفطرين الدعاميين المدروسين

| <i>Ganoderma applanatum</i> | | <i>Shizophylum commune</i> | | تركيز المستخلص ملغ / مل |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| النسبة المئوية للتثبيط % | متوسط قطر المستعمرات بال سم | النسبة المئوية للتثبيط % | متوسط قطر المستعمرات بال سم | |
| 0 | 8.5 | 0 | 8.5 | 0 |
| 0 | 8.5 | 0 | 8.5 | 10 |
| 3.52 | 8.2 | 2.35 | 8.3 | 20 |
| 5.88 | 8 | 11.74 | 7.5 | 30 |
| 5.88 | 8 | 17.64 | 7 | 40 |
| 100 | 0 | 100 | 0 | 50 |

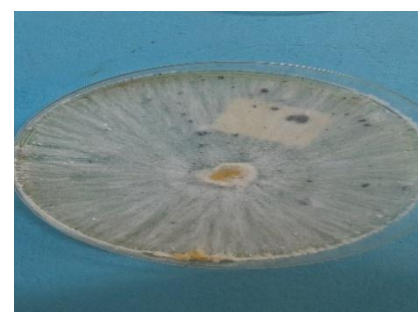
لوحظ عندما عومل كل من الفطر *G. applanatum* و *S. commune* مع خلاصة الرشاحة الفطرية للفطر المضاد *A.citri* بوجود المذيب العضوي خلات الإيتيل في التركيز 10 ملغ / مل (الجدول 1)، لم يتم تثبيط لنمو كلا الفطرين ولكن الفطر الدعامي *S. commune* نما بشكل سطحي مع عدم كثافة في النمو المشيجي وتغير لون المستعمرة إلى اللون البني الفاتح مقارنة بالشاهد ذو المشيجة البيضاء أما مشيجة الفطر الدعامي *G. applanatum* فقد نمت بشكل سطحي ضعيف أيضاً مقارنة بالشاهد (الشكل 1).



الشاهد

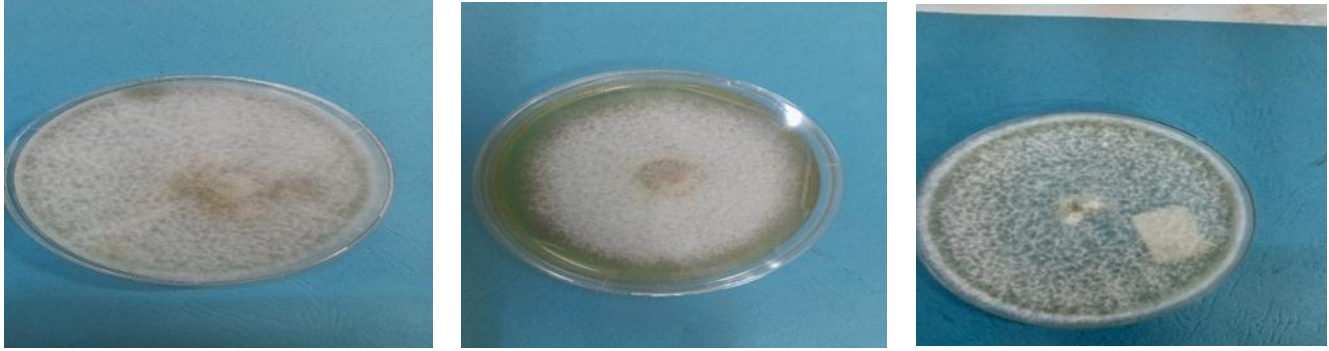


تركيز 20 ملغ/مل



تركيز 10 ملغ/مل

مستعمرات الفطر *S.commune* المعاملة بمستخلص رشاحة *A.citri* بخلات الإيتيل



الشاهد

تركيز 20 ملغ/مل

تركيز 10 ملغ/مل

مستعمرات الفطر *G.applanatum* المعاملة بمستخلص رشاحة *A.citri* بخلاصات الإيتيل

الشكل (1): المستعمرات الشاهدة للفطرين الدعاميين المدروسين والمعاملة بمستخلص

خلاصات الإيتيل لرشاحة *A.citri* بالتركيز 10 ملغ/مل.

أما في التركيز 20 ملغ /مل كانت نسب التنشيط ضعيفة حيث بلغت 2.35%، 3.52% لكلا الفطرين *S. commune* و *G. applanatum* على الترتيب، كما لوحظ نمو شعاعي سطحي مع ظهور بداءات ثمرية على أطراف مستعمرة الفطر *S. commune* مقارنة بالشاهد (الشكل 1) هذه النتائج قد تشير إلى وجود استجابة هورميسية (Hormetic Response)، وهي استجابة محفزة لنمو الفطر عند التراكيز المنخفضة إلى المتوسطة من المستخلصات، وتوافقت النتائج مع دراسات عديدة [19, 28]، حيث أوضحت أن بعض مركبات الاستقلاب الثانوي للفطريات قد تحفز النمو أو التمايز بالتراكيز المنخفضة، بينما تثبط النمو عند التراكيز المرتفعة، بالإضافة إلى دراسات أخرى تفسر الظهور المبكر للبداءات الثمرية بتحفيز آليات الدفاع أو إجهاد متوسط يؤدي إلى تسريع الانتقال من النمو الإعاشي إلى التكاثري، كما تتطابق النتائج مع دراسة Flores & Garzon [29] حول التأثير الثنائي الطور (hormesis) في الفطريات، حيث تحفز الجرعات المنخفضة النمو قبل أن تتحول إلى تثبيط عند الجرعات الأعلى كما أشار إلى ذلك Rana et al. [30] في دراسته حول استجابات *Ganoderma spp.* لتأثير المركبات الحيوية.

بالمقابل نجد أن مشيجة الفطر الدعامي *G. applanatum* قد نمت بشكل سطحي ضعيف بالتركيز ذاته، ولكن بدون تغير في لون المشيجة أو ظهور بداءات ثمرية (الشكل 1)، يشير ذلك إلى أن فطر *Ganoderma* أقل تأثراً بالمركبات المحفزة أو أن بنيته الخلوية أكثر مقاومة عند هذه التراكيز، وهو يتوافق مع دراسة Hammel & Hatakka [2] و Rana et al. [30]، حيث تم توصيف *Ganoderma* على أنه يمتلك أنظمة دفاع متقدمة تشمل الإنزيمات المؤكسدة (مثل اللاكاز والبيروكسيداز).

أما في التركيزين (30 و 40) ملغ / مل فقد بلغت نسبة التنشيط عند الفطر *S. commune* 11.74% و 17.64% على الترتيب، في حين بلغت نسبة التنشيط عن *G. applanatum* 5.88% لكلا التركيزين السابقين.

هذه النتائج تشير إلى أن التركيز المنخفض لم يكن كافياً لإحداث تثبيط كامل، وإنما تسبب في تثبيط جزئي يؤثر في الكثافة والتطور المورفولوجي للمشيجة، وهي نتيجة تتوافق مع ما أورده Nazir [31] حيث بين أن التركيزات دون المثبطة تؤثر في البنية والشكل دون إيقاف النمو تماماً، بالإضافة إلى ذلك يمكن تفسير تغير اللون كنتيجة لتغيرات في مسارات الاستقلاب الثانوي تحت تأثير المركبات الفينولية والترينويدية التي تحويها المستخلصات [32].

لقد بينت النتائج أنه في التركيز 50 ملغ/مل تم تثبيط كلا الفطرين المدروسين بشكل كامل 100%، مما يدل على وجود مركبات ذات فعالية حيوية ضمن الوسط وهذا ما بينته دراسة Saleem *et al.* [33] والتي أكدت وجود مركبات فينولية وتربينويدات قادرة على التداخل مع تركيب الجدار الخلوي للفطريات وإحداث تثبيط فيزيولوجي. نلاحظ من النتائج الواردة في الجدول (1) أن هناك تدرج في فعالية مستخلص الرشاحة للفطر *A. citri* تجاه الفطرين الدعاميين المدروسين وذلك تبعاً لتركيز المستخلص وهذا يتوافق مع دراسة Nazir [31] والتي أكدت أن التأثير التثبيطي للمستخلصات يرتبط بتركيز المركبات النشطة، كالفينولات والتربينات والقلويدات. إن القدرة التثبيطية لهذه الفطريات الناقصة قد تعود إلى إنتاج بعض مركبات الاستقلاب الثانوي في وسط النمو وبعض الأنزيمات مثل: الكيتيناز، الأميلاز، السيلولاز، البروتيناز والتي تحد من نمو فطريات العفن [34، 35]. لوحظ أن الفطر *G. applanatum* أظهر نمواً ضعيفاً جداً عند تركيز 20 ملغ/مل من كلا المستخلصين مقارنة بالشاهد، دون ظهور بنى ثمرية أو تغير في اللون. يشير ذلك إلى أن هذا الفطر أقل تأثراً بالمركبات المحفزة أو أن بنيته الخلوية أكثر مقاومة عند هذه التركيزات، وهو ما يتوافق مع دراسة Hammel & Hatakka [2] و Rana *et al.* [30]، حيث تم توصيف *Ganoderma* على أنه يمتلك أنظمة دفاع متقدمة تشمل الإنزيمات المؤكسدة (مثل اللاكاز والبيروكسيداز). الفعالية الحيوية لمستخلصات الكتلة الحيوية *A. citri* بخلات الإيتيل:

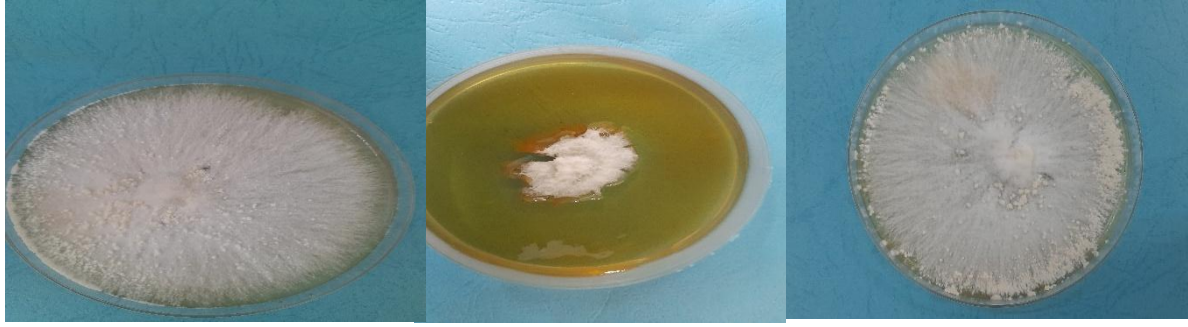
يبين الجدول (2) أن خلاصة الكتلة الحيوية ذات فعالية أعلى من خلاصة الرشاحة في التركيزين 30 و 40 ملغ/مل في حين لم تبد أي تأثير في نمو الفطرين الدعاميين المدروسين وذلك عند التركيز 10 ملغ/مل أيضاً، في حين كانت نسبة التثبيط ذاتها 1.56% ومنخفضة جداً لكل من الفطرين الدعاميين وذلك عند المعاملة بالتركيز 20 ملغ/مل مع ملاحظة تغير لون مستعمرات الفطر *S. commune* من الأبيض إلى البني الفاتح وظهور بداءات ثمرية مقارنة بالشاهد.

في حين لاحظنا ارتفاع ملحوظ بنسب التثبيط بالتركيز 30 ملغ/مل بنسب بلغت 64.7% و 35.29% لكل من *S. commune* و *G. applanatum* بالترتيب، لكن تميزت مستعمرة كل من الفطرين المدروسين بنمو كثيف وخاصة في مركز المستعمرة مقارنة بالشاهد، هذا الارتفاع الحاد في التثبيط يعكس تأثيراً تركيزياً للمركبات الاستقلابية الثانوية التي توجد بتركيز أكبر في الكتلة الحيوية مقارنة بالرشاحة الفطرية، مثل الفينولات، التربينويدات، البيبتيدات الحلقية والمركبات العطرية (الشكل 2) [19، 32].

ثم انخفضت نسبة التثبيط بالتركيز 40 ملغ/مل إلى 23.52% و 17.64% لكلا الفطرين المدروسين بالترتيب، والذي يعزى إلى ظاهرة الهورميسيس المعكوسة وهي تغير ديناميكي في الاستجابة الحيوية مع زيادة التركيز، حيث يدخل الفطر في مرحلة تكيف قبل العودة إلى التأثير الكامل عند جرعة أعلى [28، 36].

الجدول (2): فاعلية مستخلص خلات الإيتيل للكتلة الحيوية للفطر *A. citri* تجاه الفطرين الدعاميين المدروسين

| <i>Ganoderma applanatum</i> | | <i>Shizophyllum commune</i> | | تركيز المستخلص ملغ/مل |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| النسبة المئوية للتثبيط % | متوسط قطر المستعمرات بالاسم | النسبة المئوية للتثبيط % | متوسط قطر المستعمرات بالاسم | |
| 0 | 8.5 | 0 | 8.5 | 0 |
| 0 | 8.5 | 0 | 8.5 | 10 |
| 1.56 | 8.36 | 1.56 | 8.36 | 20 |
| 35.29 | 5.50 | 64.70 | 3 | 30 |
| 17.64 | 7 | 23.52 | 6.50 | 40 |
| 100 | 0 | 100 | 0 | 50 |



الشاهد

تركيز 30 ملغ/مل

تركيز 20 ملغ/مل

مستعمرات الفطر *S. commune* المعاملة بمستخلص الكتلة الحيوية لـ *A. citri* بخلاصات الإيتيل

الشاهد

تركيز 30 ملغ/مل

تركيز 20 ملغ/مل

مستعمرات الفطر *G. applanatum* المعاملة بمستخلص الكتلة الحيوية لـ *A. citri* بخلاصات الإيتيل

الشكل (2): المستعمرات الشاهدة للفطرين الدعاميين المدروسين والمعاملة

بمستخلص خلاصات الإيتيل للكتلة الحيوية لـ *A. citri* بالتركيز 10 ملغ/مل.

أما عند التركيز الأعلى 50 ملغ/مل، فقد لوحظ تثبيطاً كاملاً بنسبة 100% لكل من الفطرين الدعاميين. يدل ذلك على أن هذا التركيز تجاوز العتبة المثبطة الكاملة، ويرجح أن المركبات الحيوية في هذه الجرعة تسببت في تداخل مباشر مع مكونات الجدار الخلوي للفطريات، خاصة الإنزيمات الحيوية مثل اللاكاز والبيروكسيداز، مما يعيق النمو الفطري [2،33،36].

بين الجدول (2) أن مستخلص الكتلة الحيوية ذات فعالية أعلى من مستخلص الرشاحة في التركيزين 30 و 40 ملغ/مل، في حين كانت نسبة التثبيط ذاتها 1.56% ومنخفضة جداً لكل من الفطرين الدعاميين وذلك عند المعاملة بالتركيز 20 ملغ/مل، في حين ارتفعت نسبة التثبيط بالتركيز 30 ملغ/مل لكلا الفطرين الدعاميين بنسبة بلغت 64.7% و 35.29% بالترتيب وهذا الارتفاع الملحوظ لنسبة التثبيط للتركيز 30 ملغ/مل.

أظهرت النتائج أن *S. commune* كان أكثر حساسية من *G. applanatum* عند التراكيز (30-40) ملغ/مل لمستخلص كل من الرشاحة الفطرية والكتلة الحيوية، قد يشير ذلك إلى اختلاف في بنية الجدار الخلوي أو قدرة التحمل الإنزيمي لكلا الفطرين الدعاميين، كما بينته دراسة Hammel & Hatakka [2] التي وصفت مقاومة *Ganoderma* بأنها ناتجة عن إفراز إنزيمات مؤكسدة ك*laccase*.

كما بينت النتائج في هذا البحث قدرة واضحة لمستخلصات الفطر الناقص *Alternaria citri* سواء من الكتلة الحيوية أو من الرشاحة الفطرية على تثبيط نمو الفطرين *G. Applanatum* و *S. commune*. وتُعزى هذه الفعالية الحيوية العالية بشكل كبير إلى ما تحتويه مستخلصات *A. citri* من مركبات ثانوية تمتلك خصائص مضادة للفطريات، وهو ما أكدته العديد من الدراسات الحديثة.

أظهرت دراسة قام بها Zhao et al. [37] أن فطر *Alternaria* بأنواعه أن المستقلبات الحيوية لأنواع *Alternaria* ذات أهمية كبيرة للتطبيقات الصيدلانية والصناعية والتكنولوجية الحيوية والطبية حيث يمكنها إنتاج مجموعة متنوعة من المستقلبات الثانوية. تشمل هذه المستقلبات بشكل رئيسي بوليكتيدات، ومركبات تحتوي على النيتروجين، وكينونات، وتربينات، ومركبات أخرى [38،39،40]. وقد عُثر على عدد كبير من الجزيئات النشطة بيولوجياً، ذات هياكل هيكلية مثيرة للاهتمام وأنشطة ملحوظة [41-42]. غالباً ما تُظهر المستقلبات الحيوية النشطة التي تفرزها فطريات الأترناريا إمكانات دوائية ممتازة، مثل تأثيراتها المضادة للسرطان والبكتيريا ومضادات الأكسدة ومثبطة للإنزيمات [40،43،44،45] بما في ذلك *A. citri*، قادر على إنتاج مجموعة واسعة من المركبات الثانوية مثل التربينويدات (tricycloalternarenes)، البوليكتيدات (polyketides)، والبيبتيدات الحلقية (cyclic peptides)، والتي ثبت أنها تمتلك فعالية فطرية واسعة النطاق ضد العديد من مسببات الأمراض النباتية والخشبية. وقد تم عزل مركبات مثل TCA-G و TCA-H من مستخلصات *A. citri* أظهرت نشاطاً تثبيطياً عالياً تجاه فطريات الخشب في ظروف مخبرية [46].

علاوة على ذلك، أكدت دراسة Talontsi et al. [47] وجود بيبتيدات حلقية ذات نشاط بيولوجي قوي ضمن مستخلصات *Alternaria*، والتي تعمل من خلال تغيير تركيب الجدار الخلوي للفطريات وتثبيط نشاط إنزيمات أساسية مثل الـ chitinase و β -glucanase، وهي الأنزيمات ذاتها التي تم رصد تأثيرها غير المباشر ضمن نتائجنا عند تحليل التغيير المورفولوجي في مستعمرات الفطريات المعاملة.

وتشير النتائج في هذا السياق إلى أن التراكيز المرتفعة للمستخلص، وخاصة عند 50 ملغ/مل، من المرجح أن تحتوي على نسب كافية من هذه المركبات الفعالة مما أدى إلى تثبيط تام لنمو الفطرين المدروسين وهي نتائج تتسجم بشكل مباشر مع ما توصل إليه Saleem et al. [33] عند اختبار مستخلصات نباتية غنية بالفينولات والتربينويدات ضد هذه الفطريات الخشبية.

أظهرت المستخلصات عند التركيزات المنخفضة (10-20 ملغ/مل) تأثيراً محفزاً على نمو الفطريات، وهو ما يُعرف بالاستجابة الهورميسية [28-29]، مما يشير إلى دور محتمل لمكونات *A. citri* في تعزيز الدفاع الذاتي أو الانتقال للتكاثر.

لذلك، يمكن القول إن نتائج هذا البحث تدعم بشكل واضح التوجه نحو استخدام فطر *A. citri* كمصدر واعد للمركبات الحيوية الفعالة في مكافحة البيولوجية للفطريات الخشبية، وهو ما يستدعي مزيداً من التحليل الكيميائي مثل GC-MS أو LC-MS لتحديد هوية المركبات المسؤولة عن هذه التأثيرات وتحديد آلية عملها.

الاستنتاجات والتوصيات:**الاستنتاجات:**

- يمتلك فطر *Alternaria citri* قدرة واضحة على تثبيط الفطرين *S. commune* و *G. applanatum*، والذي كان كاملاً بالتركيز 50 ملغ/مل.
- بينت مستخلصات الكتلة الحيوية فعالية أعلى تجاه الفطريات المدروسة مقارنة بنتائج مستخلصات الرشاحة الفطرية.
- لوحظ تغير مورفولوجي (بطريقة نمو المستعمرة وقدرتها على إنتاج بداءات ثمرية) للفطريات المدروسة عند معاملتها بالتركيز 10 و 20 ملغ/مل أو تنشيط للنمو في بعض الأحيان.
- يُظهر الفطر *S. commune* حساسية أعلى للمستخلصات من *G. applanatum*، والذي قد يكون مرتبطاً ببنية الجدار الخلوي أو آليات الدفاع الخاصة بكل فطر.

التوصيات:

- إجراء تحاليل كيميائية (GC-MS) للمستخلصات المختبرة الفعالة.
- اختبار تأثير المستخلصات تجاه فطريات دعامية أخرى.
- دراسة التغيرات الفيزيولوجية والجزيئية في الفطريات المعاملة.
- تقييم تأثير المستخلصات على الخشب الطبيعي تحت ظروف الحقل.

References:

- [1] FAO (Food and Agriculture Organization), "Global forest resources assessment 2022," FAO, 2022. [Online]. Available: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment>
- [2] K. E. Hammel and A. Hatakka, "Lignin biodegradation by fungi," *Industrial Applications*, pp. 319–340, Springer, 2010.
- [3] T. Li, L. Cui, X. Song, X. Cui, Y. Wei, L. Tang, Y. Mu, and Z. Xu, "wood decay fungi an analysis of worldwide research of white rot fungi," * Journal of Soils and Sediments * , vol. 22, pp.1688-1702, 2022.
- [4] M.S. McLaughlin, M. Roy, P.A. Abbasi, O. Carisse, S. N. Yurgel, S. Ali "Why do we need alternative methods for fungal disease management in plants? ," * Plants*, vol. 12, no. 22 , 2023.
- [5] H. Kato, D. Miura, M. Kato, M. Shimizu, "Metabolic mechanism of lignin-derived aromatics in white-rot fungi", *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 108, no .1, 2024.
- [6] M. Guzmán-Guzmán, A. Di Pietro, and I. S. Druzhinina,, "Trichoderma species: a review of their biocontrol potential against plant pathogenic fungi and nematodes," * Plants * , vol.12, no.3, pp.432, 2023.
- [7] M. Chen, Q. Li, C. Liu, E. Meng, B. Zhang "Microbial degradation of lignocellulose for sustainable biomass utilization and future research perspectives". *Sustainability*. Vol. no.17, 2025.
- [8] T. Islam, D. Danishuddin, N. T. Tamanna, M. N. Matin, H. R. Barai., "Resistance mechanisms of plant pathogenic fungi to fungicide, environmental impacts of fungicides, and sustainable solutions," * Plant*, vol. 13, no. 19, p. 2737, 2024.
- [9] I. Chet, "Trichoderma—Application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi," *Innovative Approaches to Plant Disease Control*, pp. 137–160, 1987.

- [10] G. R. Stirling, Biological control of plant parasitic nematodes, Wallingford: CAB International, 1991.
- [11] S. Hınçal, M. Yalçın, "Biological control of some wood-decay fungi with antagonistic fungi". *Biodegradation*, vol.34, no.6, pp.597-607, 2023.
- [12] S. H. Lee, J. H. Lee, and J. J. Kim, "Biological control of wood decay fungi using *Trichoderma* species," *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 72, pp. 72–77, 2012.
- [13] T. Kausar, K. Jabeen, A. Javaid, and Iqbal, "Herbicidal efficacy of culture filtrates of *Alternaria brassicicola* and *Alternaria gaisen* against *parthenium* weed," *Advances in Weed Science*, vol. 40, no. e020220002, 2022.
- [14] S. Johann, L.H. Rosaa ,C .A .Rosa ,P . Pérez ,P .S .Cisalpino , C. L. Zani, and B. B. Cota, "Antifungal activity of altenusin isolated from the endophytic fungus *Alternaria* sp. against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*," *Revista Iberoamericana de Micología*, vol. 29, no. 4, pp. 205–209, 2012.
- [15] L. Schrader, C. Brischke, J. Trautner, C. C. Tebbe, "Microbial decay of wooden structures: actors, activities and means of protection". *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. no.1, pp.59, 2025.
- [16] FAO (Food and Agriculture Organization), "Biological control in sustainable agriculture," FAO, 2023. [Online]. Available: <https://www.fao.org/home/en>
- [17] X. Yao, H. Guo, K. Zhang, M. Zhao, J. Ruan, J. Chen, "*Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease," *Frontiers in Microbiology*, vol.14, 2023.
- [18] A. Viterbo, J. Inbar, Y. Hadar, I. Chet, "Plant disease biocontrol and induced resistance via fungal mycoparasites". *Environmental and microbial relationships*. 10; 4:127-46, 2006.
- [19] F. Vinale, K. Sivasithamparam, E. L. Ghisalberti, R. Marra, S. L. Woo, M. Lorito, "*Trichoderma*–plant–pathogen interactions". *Soil biology and Biochemistry*. 1; 40(1): 1-0.F, 2008.
- [20] J. Fan, F. Guo, C. Zhao, H. Li, T. Qu, L. Xiao, F. Du, "Secondary Metabolites with Herbicidal and Antifungal activities from marine- derived fungus *Alternaria iridialutalis*," *Journal of Fungi*, vol. 9, no.716, 2023.
- [21] N. D. Sotelo-Cerón, J. C. Martínez-Álvarez, I. E. Maldonado-Mendoza, "Recent Advances in the Bioherbicidal Potential of Tenuazonic Acid an *Alternaria* spp. myotoxin," *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol. 67 ,no.3,2023.
- [22] M. E. Chan, J. Y. Tan, Y. Y. Lee, D. Lee, Y. K. Fong, M. Mutwil, J. Y. Wong, Y. Hong, "Locally isolated *Trichoderma harzianum* species have broad spectrum biocontrol activities against the wood rot fungal species through both volatile inhibition and mycoparasitism". *Journal of Fungi*. 15; 9(6): 675, 2023.
- [23] P. Nagamani, S. Bhagat, M. K. Biswas, K. Viswanath, "Effect of volatile and non volatile compounds of *Trichoderma* spp. against soil borne diseases of chickpea". *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(7): 1486-91, 2017.
- [24] B. Botton, A. Breton, M. Fevre, S. Gauthier, P. Guy, J. P. Larpent, P. Reymond, J. J. Sanglier, and Y. Vayssier, *Moississures utiles et nuisibles*, Paris: Masson, 1990.
- [25] M. B. Ellis, *Dematiaceous hyphomycetes*, Wallingford: CAB International, 1993.
- [26] R. Phillips, Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe, London: Pan Macmillan, 1998.
- [27] J. L. Mwinga, W. Otang-Mbeng, B. P. Kubheka, T. M. Pfukwa, O. A. Fawole, and A. O. Aremu, "Phytochemical characterisation and antifungal activities of five botanicals used by subsistence farmers to manage plant diseases," *Scientific Reports*, 2026.
- [28] E. J. Calabrese and L. A. Baldwin, "Hormesis: The dose–response revolution," *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, vol. 42, pp. 175–197, 2002.

- [29] C. D. Garzon, F. J. Flores, "Hormesis: Biphasic dose-responses to fungicides in plant pathogens and their potential threat to agriculture". *Fungicides–Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World*. 15: 311-28, 2013.
- [30] A. Rana, et al., "Oxidative enzyme systems in *Ganoderma* species," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 104, pp. 735–747, 2020.
- [31] A. Nazir, "Sub-inhibitory effects of antifungal compounds," *Fungal Biology*, vol. 123, no. 5, pp. 345–353, 2019.
- [32] L. da Cruz Cabral, V. F. Pinto, and A. Patriarca, "Application of plant derived compounds to control fungal spoilage and mycotoxin production in foods," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 256, pp. 1–14, 2017.
- [33] M. Saleem, et al., "Antifungal activity of phenolic and terpenoid compounds," *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 6, 602, 2022.
- [34] A. Rijia, R. Krishnamoorthi, M. Rasmi, P. U. Mahalingam, & K. S. Kim, "Comprehensive analysis of bioactive compounds in wild *Ganoderma applanatum* mushroom from Kerala, South India: insights into dietary nutritional, mineral, antimicrobial, and antioxidant activities". *Pharmaceuticals*, 17(4), 509, 2024.
- [35] O. Pinar, & S. Rodríguez-Couto, "Biologically active secondary metabolites from white-rot fungi". *Frontiers in Chemistry*, 12, 1363354, 2024.
- [36] Jiehui Song, Chenxi Han, Sijie Zhang, et al., "Hormetic Effects of Carbendazim on Mycelial Growth and Aggressiveness of *Magnaporthe oryzae*," *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 10, 1008, Sep. 2022.
- [37] X. Zhao, et al., "*Alternaria* fungi as sources of bioactive metabolites," *Journal of Fungi*, vol. 9, no. 3, pp. 289, 2023.
- [38] T. Yamada, et al., "Secondary metabolites from plant-associated fungi," *Journal of Antibiotics*, vol. 72, pp. 299–312, 2019.
- [39] S. Zhao et al, "Secondary metabolites of *Alternaria*: A comprehensive review of chemical diversity and pharmacological properties,". *Frontiers in Microbiology*, vol.13, pp.1085666, 2023.
- [40] Y. Tian, et al., "Bioactive metabolites of *Alternaria* fungi," *Frontiers in Microbiology*, vol. 12, pp. 689742, 2021.
- [41] J. Lou, et al., "Secondary metabolites from *Alternaria* species," *Journal of Natural Products*, vol. 76, no. 4, pp. 632–640, 2013.
- [42] S. Wang, W. Li, L. Liu, H. Qi, and H. You, "Biodegradation of decabromodiphenyl ethane (DBDPE) by white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*: Characteristics, mechanisms, and toxicological response". *Journal of Hazardous Materials*, vol. 424, pp.127716, 2022.
- [43] J. Wang, et al., "*Alternaria* metabolites with pharmaceutical potential," *Phytochemistry*, vol. 117, pp. 373–382, 2015.
- [44] A. Dalinova, D. R. Salimova, and A. O. Berestetskiy, "Fungal metabolites: Diversity, biological activity, and industrial applications," *Applied Biochemistry and Microbiology*, vol. 56, pp. 1–15, 2020.
- [45] A. Mahmoud, et al., "Bioactive metabolites from *Alternaria* species," *Mycology*, vol. 12, pp. 45–60, 2021.
- [46] J. Xu, et al., "Bioactive tricycloalternarenes from *Alternaria citri*," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 70, no. 15, pp. 4590–4598, 2022.
- [47] F. M. Talontsi, et al., "Cyclopeptides from *Alternaria* species," *Journal of Natural Products*, vol. 75, no. 10, pp. 1768–1772, 2012.

