



White and Brown Rot Fungi Associated with the Humus Layer Under Juniperus Phoenicea and Ceratonia siliqua Trees in Al-Jabal Al-Akhdar, Libya

Abdulhadi Musa Abdulkader^{1*}, Habib Awad younis²

¹Department of Environmental Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Al-Marj, Libya

²Department of Resources and Environment, Faculty of Arts and Sciences – Al-Abyar, University of Benghazi, Libya

فطريات العفن الأبيض والبني المرتبطة بطبقة الدبال تحت أشجار العرعر الفينيقي والخروب في الجبل الأخضر، ليبيا

عبد الهادي موسى عبد القادر^{1*}، حبيب عوض يونس حبيب²
¹قسم التقنية البيئية، المعهد العالي للتقنيات الزراعية، المرج، ليبيا
²قسم الموارد والبيئة، كلية الآداب والعلوم الإبيار، جامعة بنغازي، ليبيا

*Corresponding author: ahdywaalmsmary@gmail.com

Received: June 19, 2026

Accepted: September 05, 2026

Published: September 19, 2026

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/>).

Abstract:

This study aimed to isolate and identify fungi associated with the residues of juniper (*Juniperus turbinata*) and carob (*Ceratonia siliqua*) and the humus layer at two sites in Al Jabal Al Akhdar, Libya. The study also determined the frequency of fungal genera during three different stages of plant residue decomposition and evaluated selected physical and chemical properties of the supporting soils. Plant residue and humus samples were collected from the study sites, and fungi were isolated using suitable culture media and identified based on morphological and microscopic characteristics. Four fungal genera were isolated: *Pythium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, and *Chaetomium*, with clear differences in the number and distribution of isolates according to plant species, study site, and decomposition stage. Carob residues showed higher numbers of fungal isolates during several decomposition stages, with *Rhizopus* occurring at particularly high numbers during the second and third stages, whereas *Chaetomium* was more clearly associated with juniper residues. The soil analysis showed that the soils at both study sites had a clayey texture and were generally alkaline, with differences in some chemical properties. The mean soil pH was 7.87, mean organic matter content was 7.07%, and mean total nitrogen content was 0.15%. The results indicate changes in fungal community composition during plant residue decomposition, reflecting differences in substrate suitability and environmental conditions for the different fungal genera. This study provides preliminary information on fungi associated with juniper and carob residues and the humus layer in Al Jabal Al Akhdar and contributes to understanding their potential role in organic matter decomposition and nutrient cycling.

Keywords: Soil fungi, white rot, brown rot, humus layer.

الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى عزل وتعريف بعض الفطريات المرتبطة ببقايا نباتي العرعر (*Juniperus turbinata*) والخروب (*Ceratonia siliqua*) وطبقة الدبال في موقعين بالجبل الأخضر – ليبيا، مع تحديد تردد الأجناس الفطرية خلال ثلاث مراحل مختلفة من تحلل المخلفات النباتية، إلى جانب تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. جمعت عينات من بقايا النباتات وطبقة الدبال في مرحلتين الدراسة، وعزلت الفطريات باستخدام الأوساط الزرعية المناسبة، ثم عرفت اعتماداً على الصفات المظهرية والمجهريّة. أظهرت النتائج عزل أربعة أجناس فطرية هي *Pythium* و *Penicillium* و *Rhizopus* و *Chaetomium*، مع اختلاف واضح في أعداد العزلات وتوزيعها تبعاً لنوع النبات وموقع الدراسة ومرحلة التحلل. سجلت بقايا الخروب أعداداً أعلى من العزلات الفطرية في عدد من مراحل التحلل، وظهر *Rhizopus* بأعداد مرتفعة خاصة في المرحلتين الثانية والثالثة، بينما ارتبط *Chaetomium* بصورة أوضح ببقايا العرعر. كما أظهرت النتائج أن تربة موقعي الدراسة ذات قوام طيني وتميل إلى القلوية، مع اختلاف في بعض الخصائص الكيميائية، إذ بلغ متوسط الرقم الهيدروجيني 7.87، ومتوسط المادة العضوية 7.07%، ومتوسط النيتروجين الكلي 0.15%. وتشير النتائج إلى وجود تغير في تركيب المجتمع الفطري خلال مراحل تحلل المخلفات النباتية، بما يعكس اختلاف ملائمة الركيزة النباتية والظروف البيئية للأجناس الفطرية المختلفة. وتوفر الدراسة معلومات أولية عن الفطريات المرتبطة ببقايا العرعر والخروب وطبقة الدبال في الجبل الأخضر، ويمكن أن تساهم في فهم دورها في تحلل المادة العضوية وإعادة تدوير العناصر الغذائية.

الكلمات المفتاحية: فطريات التربة، العفن الأبيض، العفن البني، طبقة الدبال.

المقدمة:

تعد الفطريات من المكونات الحيوية الرئيسية في النظم البيئية، لما تؤديه من دور مهم في تحليل المواد العضوية وإعادة تدوير الكربون والعناصر الغذائية، خاصة من خلال قدرتها على تحليل مكونات الأنسجة النباتية مثل السليلوز والهيميسليلوز واللجنين، مما يساهم في إطلاق العناصر الغذائية وتكوين الدبال والمحافظة على خصوبة التربة (Alexander, 1982; Brady & Weil, 1999; Berg & McClaugherty, 2003). وتعد فطريات تحلل الخشب من أهم الكائنات الدقيقة المشاركة في تحلل المخلفات النباتية، وتنقسم بصورة عامة إلى فطريات العفن البني التي تحلل السليلوز والهيميسليلوز مع بقاء جزء من اللجنين، وفطريات العفن الأبيض التي تتميز بقدرتها على تحليل اللجنين إلى جانب السليلوز والهيميسليلوز (Blanchette, 1991; Evans et al., 1994; Watanabe, 2003). وتتأثر عملية التحلل بنوع المخلفات وتركيبها الكيميائي، ولا سيما نسبة الكربون إلى النيتروجين ومحتوى اللجنين، إضافة إلى درجة الحرارة والرطوبة وخصائص التربة ونشاط الكائنات الدقيقة (Berg & McClaugherty, 2003).

وتعد طبقة الدبال بيئة مهمة للفطريات المحللة، حيث تتراكم فيها المخلفات النباتية وتعرض لمرحل متتابعة من التحلل، مما يؤدي إلى تغير المجتمع الفطري تبعاً لتغير مصادر الغذاء ودرجة تحلل المادة العضوية (Swift et al., 1979; Christensen, 1989). كما تؤثر الخصائص الكيميائية للتربة في نمو الفطريات ونشاطها، ويعد النيتروجين وبعض العناصر المعدنية، ومنها المنجنيز، من العوامل المرتبطة بنشاط الفطريات المحللة للجنين (Brady & Weil, 1999; Hattaka, 2001).

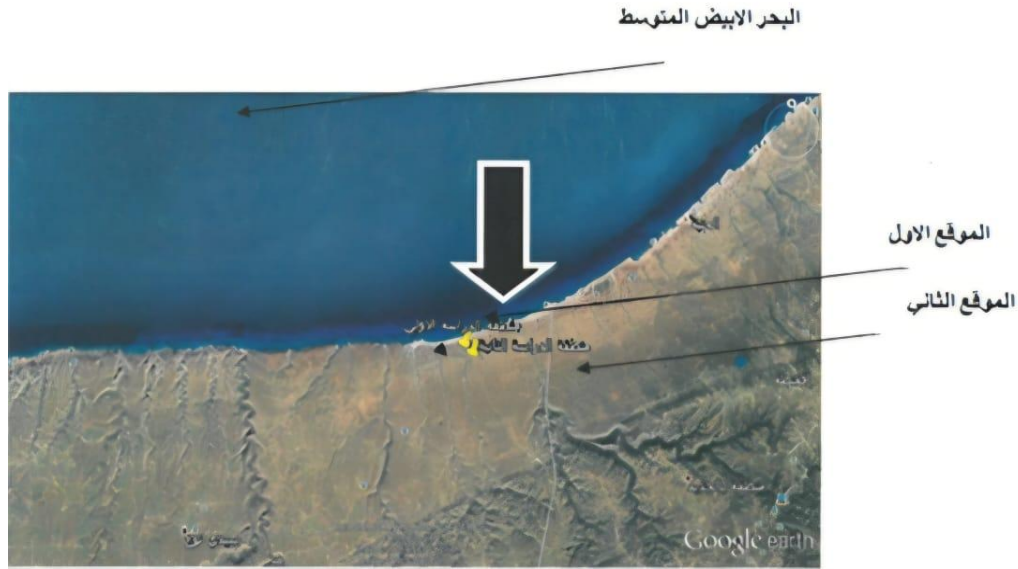
وقد تناولت دراسات سابقة دور الفطريات في تحلل المخلفات النباتية؛ فقد هدفت دراسة (Blanchette, 1991) إلى توضيح دور فطريات العفن الأبيض في تحلل الخشب، وأكدت قدرتها على تحليل اللجنين. ودرس (Evans et al., 1994) دور فطريات العفن البني في تدهور الخشب وتحليل السليلوز والهيميسليلوز. كما تناول (Swift et al., 1979) تغير المجتمعات الفطرية خلال مراحل تحلل المخلفات النباتية، بينما أوضح (Christensen, 1989) أهمية الفطريات في تحلل المادة العضوية وإطلاق المغذيات في التربة. وركز (Hattaka, 2001) على العوامل المرتبطة بتحلل اللجنين بواسطة الفطريات، في حين تناول (Berg and McClaugherty, 2003) تحلل المخلفات النباتية وتكوين الدبال والعوامل المؤثرة في سرعة التحلل. كما أوضح (Alexander, 1982) أهمية الكائنات الدقيقة، ومنها الفطريات، في تحلل المادة العضوية ودورة العناصر الغذائية في التربة.

ويعد الجبل الأخضر من المناطق اللبية المهمة من حيث تنوع الغطاء النباتي الطبيعي، ومن الأنواع الشجرية المميزة فيه العرعر الفينيقي والخروب، حيث تمثل بقاياهما النباتية مصدراً للمادة العضوية التي تدخل في عمليات التحلل. وعلى الرغم من أهمية الفطريات في هذه العمليات، فإن المعلومات المتعلقة بالفطريات المرتبطة ببقايا العرعر والخروب وطبقة الدبال في الجبل الأخضر ما تزال محدودة. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى عزل وتعريف الفطريات المرتبطة ببقايا العرعر والخروب وطبقة الدبال، وتحديد تردد الأجناس الفطرية خلال مراحل التحلل المختلفة، إلى جانب تحديد بعض الخصائص الكيميائية للتربة الداعمة لنبات العرعر والخروب، بما يساهم في فهم دور الفطريات في تحلل المخلفات النباتية وإعادة تدوير العناصر الغذائية في البيئة الطبيعية بالجبل الأخضر.

مواد وطرق البحث:

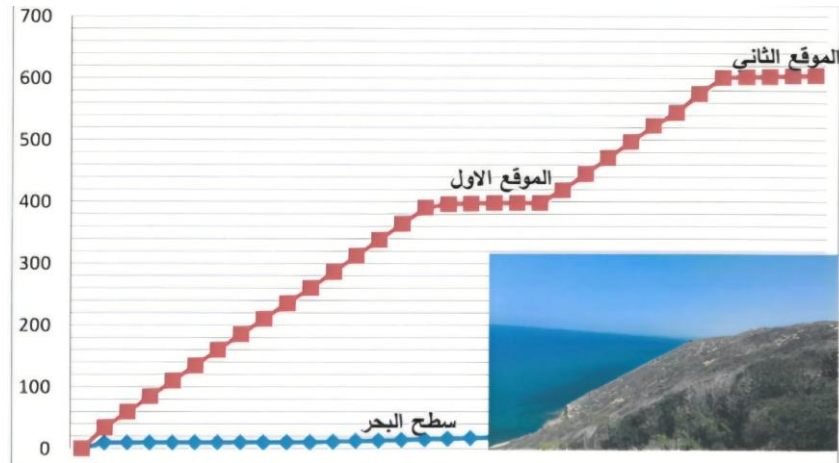
أجريت الدراسة في منطقة ميراد مسعود الواقعة إلى الشرق من مدينة المرج بالجبل الأخضر – ليبيا، على مسافة تقارب 40 كم من مدينة المرج باتجاه البيضاء. يحد منطقة الدراسة من الشمال البحر المتوسط، ومن الجنوب منطقة مراوة،

ومن الشرق منطقة قصر ليبيا، ومن الغرب منطقة البيضاء شكل (1). اختير موقعان للدراسة، هما الموقع الأول (م1) الذي يقع على ارتفاع يقارب 200 م فوق مستوى سطح البحر وعلى بعد نحو 300 م أفقياً من البحر، والموقع الثاني (م2) الذي يقع على ارتفاع يقارب 400 م فوق مستوى سطح البحر وعلى بعد نحو 600 م أفقياً من البحر شكل (2). وتتميز المنطقة بمناخ شبه جاف ذي خصائص متوسطة، ويبلغ متوسط الهطول السنوي نحو 400 مم، بينما يبلغ متوسط درجة الحرارة نحو 16°م شتاءً و29°م صيفاً.



شكل رقم (1): منطقة الدراسة

جمعت عينات مركبة من التربة وبقايا الأوراق المتراكمة في طبقة الدبال تحت شجيرات العرعر والخروب في موقعي الدراسة. قسمت بقايا الأوراق وفقاً لمظهرها ودرجة تحللها إلى ثلاث مراحل، هي: المرحلة المبكرة، والمرحلة المتوسطة، والمرحلة النهائية. ونقلت العينات مباشرة إلى المختبر في أكياس معلمة ببيانات الموقع ونوع النبات ومرحلة التحلل.



شكل رقم (2): الفرق في الارتفاع بين الموقعين

قسمت عينات التربة إلى أجزاء خصص أحدها للتحليلات الميكروبية وحفظ عند درجة حرارة 5°م، بينما جففت العينات المخصصة للتحليلات الفيزيائية والكيميائية هوائياً، وفُتت وطُحنت ومررت عبر منخل قطر فتحاته 2 مم، ثم حفظت في أوعية مناسبة لحين إجراء التحاليل.

عزل الفطريات وتنقيتها وتعريفها:

استخدمت بيئة سابورو أجار (Sabouraud Agar) لعزل الفطريات من عينات التربة وبقايا النباتات. حضر معلق أولي بإضافة 1 جم من العينة إلى 9 مل من الماء المقطر المعقم، ثم أجريت تخفيفات متسلسلة. أخذ 1 مل من كل تخفيف وزرع على سطح البيئة في ثلاثة مكررات، ثم حضنت الأطباق عند درجة حرارة 25–30°م، وتابعت المستعمرات الفطرية النامية بصورة دورية.

نقلت المستعمرات الفطرية ذات الصفات المزرية المختلفة إلى أطباق جديدة تحتوي على البيئة نفسها للحصول على عزلات نقية، مع استخدام المضادات الحيوية للحد من نمو البكتيريا المصاحبة. ونقيت العزلات باستخدام طريقة القمة الهيفية (Hyphal Tip)، ثم استخدمت تقنية الزرع على الشريحة (Slide Culture) لإظهار التراكيب الفطرية. وبعد الحضانة حضرت الشرائح وصبغت باستخدام صبغة اللاكتوفينول (Lactophenol)، ثم فحصت مجهرياً، واعتمد في التعرف على العزلات على الصفات المزرية والمورفولوجية والتراكيب المجهرية.

- **حساب تردد العزلات الفطرية:** حسب التردد النسبي لكل جنس أو نوع فطري معزول من عينات التربة وبقايا النباتات وفقاً للمعادلة الآتية:

تردد الفطر (%) = (عدد عزلات الفطر ÷ العدد الكلي للعزلات الفطرية) × 100 (Huang et al., 2008)

- **التحليل الفيزيائية والكيميائية للتربة:** أجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية على عينات التربة المجففة هوائياً والمارة من منخل قطر فتحاته 2 مم. وشملت التحاليل تحديد قوام التربة، والرقم الهيدروجيني (pH)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والأملاح الذائبة، والكاتيونات المتبادلة والذائبة، وبعض الأنيونات الذائبة، إضافة إلى النيتروجين الكلي.

- **قوام التربة:** قدر التوزيع الحجمي لحبيبات التربة بتحديد النسب المئوية للرمل والغرين والطين باستخدام طريقة الهيدروميتر (Hydrometer method) وفقاً لـ (Black 1965)، ثم حدد الصنف القوامي للتربة بالاعتماد على النسب المئوية لمكونات القوام.

- **الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والأملاح الذائبة:** قدر الرقم الهيدروجيني (pH) في مستخلص التربة والماء بنسبة 1:1 باستخدام جهاز قياس الرقم الهيدروجيني (pH-meter، Jenway Model 3310). كما قيس التوصيل الكهربائي (EC) في المستخلص المائي للتربة باستخدام جهاز قياس التوصيل الكهربائي، واستخدم مؤشراً على مستوى الأملاح الذائبة في التربة. وقدرت كمية الأملاح الذائبة الكلية (TDS) اعتماداً على المستخلص المائي وقيم التوصيل الكهربائي.

- **الكاتيونات المتبادلة:** قدرت الكاتيونات المتبادلة، وتشمل البوتاسيوم (K^+) والصوديوم (Na^+) والمغنيسيوم (Mg^{2+})، بعد استخلاصها بمحلول أسيتات الأمونيوم (NH_4OAc) بتركيز 1 مولاري عند pH 7. وقدر البوتاسيوم والصوديوم باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame Photometer)، بينما قدر المغنيسيوم بالمعايرة باستخدام محلول EDTA.

- **الأنيونات الذائبة:** قدرت الأنيونات الذائبة في المستخلص المائي للتربة، وشملت الصوديوم (Na^+) والمغنيسيوم (Mg^{2+}) والكلوريد (Cl^-) والكبريتات (SO_4^{2-}) والبيكربونات (HCO_3^-). قدر الكلوريد بالمعايرة الحجمية باستخدام نترات الفضة، وقدرت البيكربونات بالمعايرة باستخدام حمض قياسي، بينما قدرت الكبريتات بالطريقة المناسبة لتقديرها في المستخلص المائي. أما الصوديوم والمغنيسيوم الذائبان فقد قُدرَا في المستخلص المائي باستخدام الطرق التحليلية القياسية.

- **النيتروجين الكلي:** قدر النيتروجين الكلي في عينات التربة باستخدام طريقة كيلدال (Kjeldahl method)، وذلك بهضم العينة بحمض الكبريتيك في وجود المحفز المناسب، ثم إجراء عملية التقطير والمعايرة لتقدير كمية النيتروجين الكلي في العينة.

وتعد طبقة الدبال بيئة مهمة للفطريات المحللة، حيث تتراكم فيها المخلفات النباتية وتتعرض لمراحل متتابعة من التحلل، مما يؤدي إلى تغير المجتمع الفطري تبعاً لتغير مصادر الغذاء ودرجة تحلل المادة العضوية (Swift et al., 1979; Christensen, 1989). كما تؤثر الخصائص الكيميائية للتربة في نمو الفطريات ونشاطها، ويعد النيتروجين وبعض العناصر المعدنية، ومنها المنجنيز، من العوامل المرتبطة بنشاط الفطريات المحللة للجنين (Brady & Weil, 1999; Hattaka, 2001).

النتائج والمناقشة:

أظهر جدول (1) نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي لتربة موقعي الدراسة وجود اختلاف في بعض الخصائص بين الموقعين.

جدول رقم (1): نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي لتربة

نوع التحليل	تربة الموقع الأول	تربة الموقع الثاني	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
البوتاسيوم المتبادل في التربة	3.17	3.25	3.21	0.06
الصوديوم المتبادل في التربة	1.67	1.57	1.62	0.07
EC	0.96	2.18	1.56	0.86
TDS	489	1230	859.5	523
PH	7.31	8.43	7.87	0.79
Ca^{+2}	100	160	130	42.43
Mg^{+2}	24	37	30.5	9.20
Na^{+2}	94	184	139	63.64

5.66	16	20	12	K
86.27	183	244	122	HCO ₃
75.66	230.5	284	177	CL
224	264.5	423	106	SO ₄
0.04	0.15	0.18	0.12	N
5.91	7.07	11.25	2.89	المادة العضوية
3.43	4.11	6.54	1.68	نسبة C/N
0.70	2.5	2	3	Caco ₃
0.79	29.84	30.4	29.28	السلت
0.55	8.31	8.7	7.92	الرمل
1.34	61.85	60.90	62.80	الطين
-	-	طين	طين	قوام التربة

حيث بلغ متوسط البوتاسيوم المتبادل 3.21، والصوديوم المتبادل 1.62، في حين بلغ متوسط التوصيل الكهربائي EC 1.56، ومتوسط الأملاح الذائبة الكلية TDS 859.5. كما بلغ متوسط الرقم الهيدروجيني pH 7.87، مما يشير إلى أن التربة تميل إلى القلوية بصورة عامة. وبلغ متوسط الكالسيوم الذائب 130، والمغنيسيوم 30.5، والصوديوم 139، والبوتاسيوم 16، في حين بلغ متوسط البيكربونات 183، والكلوريد 230.5، والكبريتات 264.5. كما بلغ متوسط النيتروجين الكلي 0.15، بينما بلغ متوسط المادة العضوية 7.07، ومتوسط نسبة الكربون إلى النيتروجين C/N 4.11. أما كربونات الكالسيوم فقد بلغ متوسطها 2.5. وأظهرت نتائج التحليل الحبيبي سيادة الجزء الطيني، إذ بلغت نسبة الطين في المتوسط 61.85%، مقابل 29.84% للسلت و 8.31% للرمل، ولذلك صنفت تربة الموقعين ضمن القوام الطيني. ويشير ارتفاع نسبة الطين إلى قدرة أكبر على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية مقارنة بالتربة الخشنة القوام، كما يمكن أن يوفر السطح النوعي المرتفع لحبيبات الطين بيئة مناسبة لاحتفاظ المادة العضوية والعناصر المعدنية.

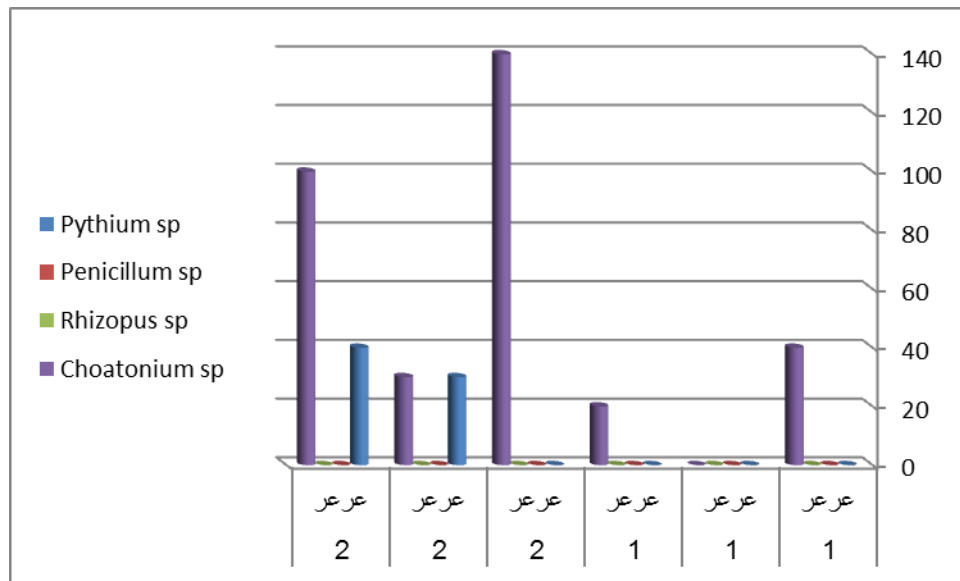
الفطريات المعزولة من بقايا العرعر والخروب:

وبين الجدولين (2،3) نتائج العزل الميكروبيولوجي حيث أظهر وجود أربعة أجناس فطرية في بقايا النباتات وطبقة الدبال، هي *Pythium sp* و *Penicillium sp* و *Rhizopus sp* و *Chaetomium sp*، مع اختلاف واضح في أعداد العزلات تبعاً لنوع النبات وموقع الدراسة ومرحلة التحلل.

جدول رقم (2): نتائج العزل الميكروبيولوجي تحت أشجار العرعر الفينيقي

الموقع	نوع النبات	مراحل التحلل	العدد الكلي للفطريات	<i>Pythium sp</i>	<i>Penicillium sp</i>	<i>Rhizopus sp</i>	<i>Chaetomium sp</i>
1	عرعر	1	40	0	0	0	40
1	عرعر	2	0	0	0	0	0
1	عرعر	3	20	0	0	0	20
2	عرعر	1	140	0	0	0	140
2	عرعر	2	60	30	0	0	30
2	عرعر	3	140	40	0	0	100

في بقايا العرعر الفينيقي، سجل الموقع الأول في المرحلة الأولى من التحلل عدداً كلياً من الفطريات بلغ 40 عزلة، وجميعها تعود إلى *Chaetomium sp*، بينما بلغ العدد الكلي في المرحلة الثالثة 20 عزلة، وكانت كذلك من جنس *Chaetomium sp* ولم تسجل عزلات في المرحلة الثانية. أما في الموقع الثاني، فقد بلغ العدد الكلي للعزلات 140 عزلة في المرحلة الأولى، وكانت جميعها من *Chaetomium sp*، في حين بلغ العدد 60 عزلة في المرحلة الثانية، توزعت بين *Pythium sp* و *Chaetomium sp*، بينما بلغ العدد الكلي في المرحلة الثالثة 140 عزلة، توزعت بين *Pythium sp* و *Chaetomium sp* شكل (3).

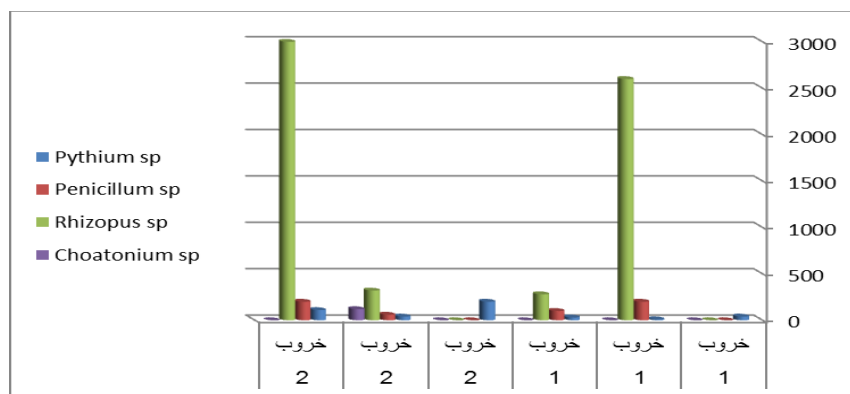


شكل رقم (3): نتائج العزل الميكروبيولوجي تحت أشجار العرعر الفينيقي

جدول رقم (3): نتائج العزل الميكروبيولوجي تحت أشجار الخروب

الموقع	نوع النبات	مراحل التحلل	العدد الكلي للفطريات	<i>Pythium</i> sp	<i>Penicillium</i> sp	<i>Rhizopus</i> sp	<i>Choatonium</i> sp
1	خروب	1	40	40	0	0	0
1	خروب	2	2810	10	200	2600	0
1	خروب	3	410	30	100	280	0
2	خروب	1	200	200	0	0	0
2	خروب	2	540	40	60	320	120
2	خروب	3	3310	110	200	3000	0

أما بقايا الخروب، فقد أظهرت أعداداً أعلى من العزلات الفطرية مقارنة بالعرعر في عدد من مراحل التحلل. ففي الموقع الأول بلغ العدد الكلي للعزلات 40 عزلة في المرحلة الأولى، وكانت جميعها من *Pythium* sp، ثم ارتفع العدد بصورة كبيرة في المرحلة الثانية إلى 2810 عزلة، ساد فيها *Rhizopus* sp بعدد 2600 عزلة، إلى جانب *Pythium* sp و *Penicillium* sp وفي المرحلة الثالثة بلغ العدد الكلي 410 عزلات، توزعت بين *Pythium* sp و *Penicillium* sp وفي الموقع الثاني من الخروب، بلغ العدد الكلي للفطريات في المرحلة الأولى 200 عزلة، وكانت جميعها من *Pythium* sp، بينما بلغ العدد في المرحلة الثانية 540 عزلة، توزعت بين الأجناس الأربعة، وسجلت المرحلة الثالثة أعلى عدد للعزلات، إذ بلغ 3310 عزلات، كان معظمها من *Rhizopus* sp، مع وجود أعداد أقل من *Pythium* sp و *Penicillium* sp شكل (4).



شكل رقم (4): نتائج العزل الميكروبيولوجي تحت أشجار الخروب

وتوضح هذه النتائج أن التركيب الفطري لم يكن ثابتاً خلال مراحل تحليل البقايا النباتية، بل تغير باختلاف نوع النبات ومرحلة التحلل والموقع. ويعد هذا النمط متوافقاً بصورة عامة مع مفهوم التعاقب الفطري على المخلفات النباتية، إذ تتغير المجتمعات الفطرية مع تغير طبيعة الركيزة وتوافر المركبات العضوية القابلة للتحلل. فقد أوضح (Visser and Parkinson, 1975) أن الفطريات المصاحبة للمخلفات النباتية تتغير خلال مراحل التحلل، مع ظهور مجموعات فطرية مختلفة تبعاً لحالة المخلفات ودرجة تحللها. كما أن التغير في مكونات الركيزة أثناء التحلل يؤدي إلى تغير الموارد المتاحة للفطريات، الأمر الذي يمكن أن يفسر اختلاف كثافة العزلات بين المراحل المختلفة.

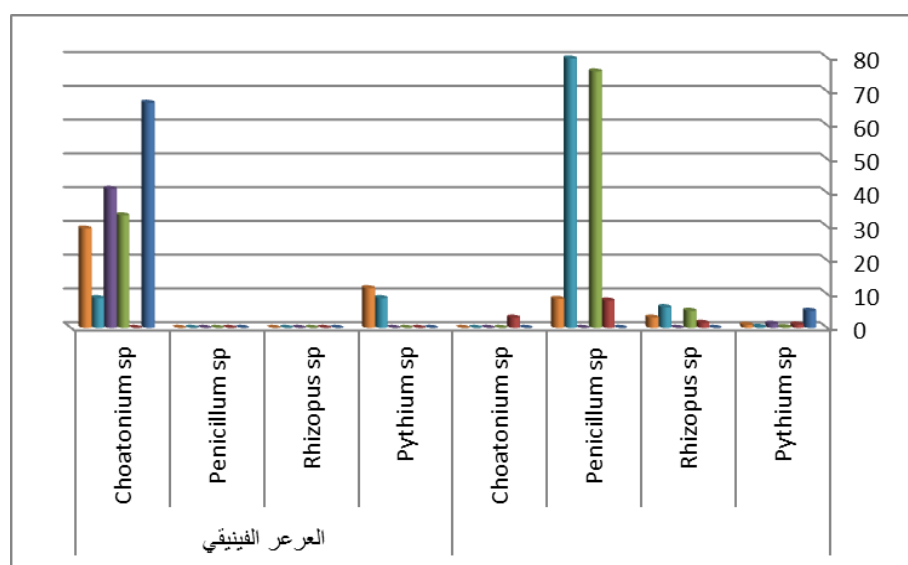
التوزيع النسبي للأجناس الفطرية:

أظهر جدول (4) نتائج التردد النسبي للأجناس الفطرية حيث وجد أن هناك اختلافاً واضحاً في درجة تكرار الأجناس بين نوعي النبات ومراحل التحلل.

جدول رقم (4): توزيع الأجناس الفطرية

النبات	الأجناس الفطرية	نسبة تكرار الفطريات في الموقع الثاني			نسبة تكرار الفطريات في الموقع الأول		
		المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة
الخروب	Pythium sp	5.06	1.01	0.25	1.23	0.31	0.93
	Rhizopus sp	0	1.51	5.07	0	6.14	3.07
	Penicillium sp	0	8.11	75.95	0	79.76	8.59
	Choatonium sp	0	3.04	0	0	0	0
	Pythium sp	0	0	0	0	8.83	11.77
العرعر الفينيقي	Rhizopus sp	0	0	0	0	0	0
	Penicillium sp	0	0	0	0	0	0
	Choatonium sp	66.66	0	33.34	41.18	8.83	29.42

فقد سجل *Penicillium sp* تردداً مرتفعاً بصورة خاصة في بعض مراحل تحليل بقايا الخروب، بينما ظهر *Rhizopus sp* بأعداد مرتفعة جداً في المرحلتين الثانية والثالثة من بقايا الخروب، ولا سيما في الموقع الثاني. وفي المقابل، ارتبط ظهور *Chaetomium sp* بصورة أوضح ببقايا العرعر، بينما كان ظهور *Pythium sp* أكثر وضوحاً في المراحل المبكرة وبعض المراحل المتقدمة من تحليل الخروب شكل (5)، ويمكن تفسير الاختلاف في تكرار الأجناس الفطرية باختلاف طبيعة المواد العضوية المكونة لبقايا العرعر والخروب، إذ تختلف الأوراق والإبر النباتية في تركيبها الكيميائي وفي محتواها من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين. ويعد السليلوز من أهم المكونات الكربوهيدراتية في المخلفات النباتية، ويتطلب تحلله مجموعة من الإنزيمات المحللة للسليلوز، بينما يعد اللجنين من أكثر مكونات الجدار الخلوي مقاومة للتحلل الميكروبي. وقد بين (Béguin and Aubert, 1994) أن تحليل السليلوز يعتمد على منظومة من الإنزيمات التي تعمل بصورة متكاملة على تفكيك هذا البوليمر إلى مركبات أبسط.



شكل رقم (5): توزيع الأجناس الفطرية

كما أن تحليل اللجنين يختلف عن تحليل السليلوز، إذ يعتمد بصورة رئيسية على عمليات أكسدة خارج الخلية تقوم بها مجموعة من الإنزيمات الفطرية، ومن أهمها اللاكيز والبيروكسيداز المرتبط باللجنين وبيروكسيداز المنغيز (Hatakka, 1994). وتوضح هذه الآلية أن تغير تركيب البقايا النباتية مع تقدم التحلل يمكن أن يؤدي إلى تغير الفطريات القادرة على الاستفادة من المركبات المتبقية، وهو ما قد يفسر اختلاف الأجناس الفطرية بين مراحل التحلل المختلفة.

وتشير النتائج كذلك إلى أن ارتفاع أعداد *Rhizopus sp* في بقايا الخروب، خاصة في المرحلتين الثانية والثالثة، قد يرتبط بملاءمة الركيزة النباتية والظروف البيئية لنمو هذا الجنس، إلا أن بيانات الدراسة الحالية لا تسمح بإرجاع ذلك إلى عامل منفرد بصورة قاطعة. كما أن وجود *Penicillium sp* و *Pythium sp* في مراحل مختلفة يشير إلى تعدد الأدوار المحتملة للفطريات المصاحبة للمخلفات النباتية، سواء في الاستفادة من المركبات العضوية البسيطة أو المشاركة في المراحل المختلفة من عملية التحلل.

وبعد تغير المجتمع الفطري خلال تحليل المخلفات النباتية ظاهرة معروفة، إذ أظهرت الدراسات أن التعاقب الفطري يرتبط بالتغير التدريجي في طبيعة الركيزة وبالظروف الدقيقة المحيطة بالمخلفات. وقد سجل Visser and Parkinson, (1975) تعاقبا واضحا للمجتمعات الفطرية على الأوراق المتساقطة، مع اختلاف الأجناس التي تظهر خلال مراحل التحلل.

العلاقة بين الفطريات وتحلل المادة النباتية:

تؤدي الفطريات دورا أساسيا في دورة المادة العضوية من خلال تفكيك مكونات المخلفات النباتية وإعادة العناصر الغذائية إلى النظام البيئي. وتكتسب هذه الوظيفة أهمية خاصة في طبقة الدبال، حيث تتراكم البقايا النباتية وتعرض بصورة مستمرة لعمليات التحلل الميكروبي. وتشارك الفطريات في تحليل المركبات الكربوهيدراتية، كما تتميز بعض المجموعات الفطرية بقدرتها على تحليل المركبات الأكثر مقاومة، وخاصة اللجنين.

وقد أوضح (Kirk and Farrell, 1987) أن تحليل اللجنين بواسطة الفطريات المحللة له يعتمد على منظومة إنزيمية مؤكسدة ذات قدرة عالية على مهاجمة البنية المعقدة للجنين، ولذلك تمثل هذه الفطريات مكونا مهما من الكائنات المحللة للمادة النباتية. كما أوضح (Hatakka, 1994) أن الفطريات المحللة للجنين تنتج مجموعة من الإنزيمات خارج الخلية، من بينها اللاكيز وبيروكسيداز اللجنين وبيروكسيداز المنغيز، وتختلف أنماط إنتاج هذه الإنزيمات باختلاف الأنواع الفطرية والظروف البيئية.

ومن هذا المنطلق، فإن وجود أجناس فطرية مختلفة في بقايا العرعر والخروب وفي مراحل التحلل الثلاث يشير إلى أن عملية التحلل في منطقة الدراسة تعتمد على مجتمع فطري متغير تركيبيا خلال الزمن، وليس على جنس فطري واحد. وقد يكون اختلاف نوعية المادة النباتية بين العرعر والخروب أحد العوامل التي أسهمت في اختلاف تركيب المجتمع الفطري، إلى جانب تأثير خصائص التربة والرطوبة ودرجة الحموضة وتوافر المواد العضوية.

كما أن انخفاض أو غياب بعض الأجناس في مرحلة معينة لا يعني بالضرورة غيابها التام من البيئة، فقد يكون مرتبطا بحدود طريقة العزل المستخدمة أو بانخفاض قابلية الفطر للنمو في ظروف الزراعة المختبرية، أو بتغير ملاءمة الركيزة خلال تلك المرحلة. لذلك فإن نتائج العزل تمثل الجزء القابل للكشف والنمو تحت ظروف الدراسة، ولا ينبغي تفسير عدم ظهور جنس معين في مرحلة ما على أنه دليل قطعي على غيابه من المخلفات، وتتسم هذه النتيجة مع ما أشار إليه (Rayner and Boddy, 1988) من أن المجتمعات الفطرية المرتبطة بتحلل المواد النباتية تتأثر بتفاعل طبيعة الركيزة مع الظروف البيئية والتنافس بين الكائنات المحللة، وأن عملية التحلل لا تسير بصورة ثابتة، بل تتغير تبعا للتغير في مكونات المادة العضوية والظروف المحيطة بها.

ارتباط الفطريات بخصائص التربة:

تظهر نتائج التحليل الكيميائي أن تربة موقعي الدراسة كانت طينية، ذات تفاعل قلوي، مع وجود اختلاف بين الموقعين في قيم EC وTDS وبعض الأيونات والعناصر الغذائية والمادة العضوية. وقد يكون لهذه الخصائص دور في توفير بيئة ملائمة لنمو الفطريات المحللة للمخلفات النباتية، إلا أن الدراسة الحالية لم تتضمن اختبارا إحصائيا للعلاقة المباشرة بين خصائص التربة وكثافة كل جنس فطري؛ لذلك لا يمكن الجزم بأن أحد هذه المتغيرات كان السبب المباشر في الاختلاف المسجل بين العزلات.

وتشير قيم المادة العضوية والنيتروجين الكلي إلى وجود مصدر للمادة العضوية والعناصر الغذائية في التربة، وهي مكونات يمكن أن تسهم في دعم النشاط الميكروبي. كما أن اختلاف قيم EC وTDS بين الموقعين يعكس اختلافا في محتوى الأملاح الذائبة، وهو عامل بيئي يمكن أن يؤثر في نمو الفطريات وتوزيعها. وعليه، فإن الاختلاف في تركيب المجتمع الفطري بين الموقعين قد يكون ناتجا عن تداخل عدة عوامل بيئية ومصدر الركيزة النباتية ومرحلة التحلل، وليس عن عامل واحد.

وبصورة عامة، توضح النتائج أن بقايا الخروب والعرعر في طبقة الدبال بالجبل الأخضر تحتوي على مجتمع فطري متنوع نسبيا يضم أجناسا تختلف في تكرارها باختلاف نوع النبات ومراحل التحلل والموقع. كما تشير النتائج إلى أهمية الفطريات في عملية التحلل وإعادة تدوير المادة العضوية في النظام البيئي، مع ضرورة إجراء دراسات لاحقة أكثر تفصيلا

لربط نشاط هذه الأجناس بخصائص الركيزة النباتية والإنزيمات المحللة للسليولوز واللجنين، وبخصائص التربة والعوامل المناخية.

التوصيات:

1. إجراء دراسات متخصصة للتعرف على الأنواع الفطرية المرتبطة بطبقة الدبال تحت شجيرات العرعر والخروب، وليس الاكتفاء بمستوى الأجناس.
2. دراسة النشاط التحللي للفطريات المعزولة، خاصة قدرتها على تحليل السليولوز والهيميسليولوز واللجنين، لتحديد دورها في تحلل المخلفات النباتية وتكوين الدبال.
3. متابعة التغير في تركيب وتردد الفطريات خلال مراحل تحلل مخلفات العرعر والخروب، وربطه بالتغير في خصائص المخلفات وطبقة الدبال.
4. المحافظة على طبقة الدبال والمخلفات النباتية المتساقطة تحت شجيرات العرعر والخروب، لما لها من أهمية في استمرار عمليات التحلل وإعادة تدوير العناصر الغذائية.
5. دراسة العلاقة بين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ووجود وتوزيع الفطريات المحللة للمخلفات النباتية في مناطق مختلفة من الجبل الأخضر.
6. توسيع نطاق الدراسات المستقبلية لتشمل شجيرات وأنواع نباتية أخرى في الجبل الأخضر، بهدف تكوين قاعدة بيانات عن الفطريات المرتبطة بتحلل المخلفات النباتية ودورها في النظام البيئي.

الخاتمة:

أظهرت هذه الدراسة وجود تنوع في الفطريات المرتبطة بطبقة الدبال وبقايا العرعر الفينيقي والخروب في منطقة الدراسة بالجبل الأخضر، حيث تم عزل أربعة أجناس فطرية هي *Rhizopus* و *Penicillium* و *Pythium* و *Chaetomium*. وبينت النتائج اختلاف تركيب المجتمع الفطري وتردده باختلاف نوع النبات وموقع الدراسة ومرحلة تحلل المخلفات النباتية. وقد ارتبطت بقايا الخروب بأعداد أعلى من العزلات الفطرية مقارنة ببقايا العرعر، مع سيادة واضحة لجنس *Rhizopus* في بعض مراحل التحلل، في حين ظهر جنس *Chaetomium* بصورة أكثر وضوحاً في مخلفات العرعر، كما سجل جنس *Pythium* وجوداً ملحوظاً في عدد من مراحل تحلل مخلفات الخروب.

كما أظهرت خصائص التربة أن تربة مواقع الدراسة طينية وتميل إلى القلوية، مع اختلاف في بعض الخصائص الكيميائية بين الموقعين، خاصة التوصيل الكهربائي والمادة العضوية وبعض الأيونات الذائبة. وتشير هذه النتائج مجتمعة إلى أن نوع المخلفات النباتية ومرحلة تحللها والظروف البيئية للتربة ترتبط باختلاف تركيب وتردد الفطريات في طبقة الدبال. وتبرز الدراسة أهمية الفطريات المرتبطة بالمخلفات النباتية في فهم عمليات التحلل وتكوين الدبال ودورة العناصر الغذائية في النظم البيئية للجبل الأخضر.

المراجع:

1. Alexander, Martin. (1982). Introduction to soil microbiology.
2. Béguin, Pierre, & Aubert, Jean-Pierre. (1994). The biological degradation of cellulose. FEMS Microbiology Reviews, 13(1), 25–58.
3. Blanchette, Robert A. (1991). Delignification by wood-decay fungi Annual Review of Phytopathology, 29, 381–403.
4. Brady, Nyle C., & Weil, Ray R. (1999). The nature and properties of soils (12th ed.). Prentice Hall.
5. Christensen, Martha. (1989). A view of fungal ecology. Mycologia, 81(1), 1–19.
6. Evans, Christine S., Dutton, Martin V., Guillén, Francisco, & Veness, Richard G. (1994). Enzymes and small molecular mass agents involved with lignocellulose degradation. FEMS Microbiology Reviews, 13(2–3), 235–240.
7. Hatakka, Annele. (1994). Lignin-modifying enzymes from selected white-rot fungi: Production and role in lignin degradation. FEMS Microbiology Reviews, 13(2–3), 125–135.
8. Hatakka, Annele. (2001). Biodegradation of lignin. In Mark Hofrichter & Armin Steinbüchel (Eds.), Biopolymers: Biology, chemistry, biotechnology, applications. Volume 1: Lignin, humic substances and coal (pp. 129–180). Wiley-VCH.
9. Huang, Wu-Yang, Cai, Yi-Zhi, Hyde, Kevin David, Corke, Harold, & Sun, Mei. (2008). Biodiversity of endophytic fungi associated with 29 traditional Chinese medicinal plants. Fungal Diversity, 33, 61–75.
10. Kirk, Kent, & Farrell, Robert L. (1987). Enzymatic “combustion”: The microbial degradation of lignin. Annual Review of Microbiology, 41, 465–505.
11. McClaugherty, Charles. (2003). Plant litter: Decomposition, humus formation, carbon sequestration. Springer.
12. Rayner, Alan D. M., & Boddy, Lynne. (1988). Fungal decomposition of wood: Its biology and ecology. Wiley.
13. Swift, Michael John, Heal, O. W., & Anderson, Jonathan Michael. (1979). Decomposition in terrestrial ecosystems. University of California Press.

14. 14-Visser, S., & Parkinson, D. (1975). Fungal succession on aspen poplar leaf litter. *Canadian Journal of Botany*, 53, 1640–1651.
15. 15-Watanabe, Yoshio, Shinzato, Naoya, & Fukatsu, Takema. (2003). Isolation of actinomycetes from termites' guts. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 67(8), 1797–1801.