Change in the Efficiency of Cellulose Decomposer Activity After the 2020 Fire in the Soil of the Cedar and Fir Reserve in Lattakia Governorate.

Ahmad Karmo[*]
Dr. Rama Daoud[**]

(Received 7 / 9 / 2025. Accepted 9 / 2 /2026)

□ ABSTRACT □

Wildfires are among the common disturbances that leave significant impacts on natural ecosystems, including the biological components of the soil. This study aims to evaluate the effect of the 2020 fire on the efficiency of cellulose decomposition in the soil of the Cedar and Fir Reserve in Syria, considering it an effective biological indicator of microbial activity and a measure of soil recovery after fire. Soil samples were collected in 2023 from two different depths (0–10 cm and 10–30 cm) in areas exposed to varying fire intensities (high, moderate, and low) as well as from an unburned site.

The results showed that fires particularly low-intensity ones significantly increased cellulose decomposition efficiency in the surface layer (0–10 cm), where the degradation rate reached 98%. This increase is attributed to the rise in soil pH and the release of nutrients following the fire. In contrast, high-intensity fire led to reduced decomposition in the deeper layers (10–30 cm). The study also revealed indicators of gradual soil recovery when comparing samples collected in 2021 with those collected in 2023, confirming the soil's ability to restore its biological functions

Keywords: forest fires, Cellulose Decomposition Efficiency, Cellulose Decomposers, Soil Recovery, Cedar and Fir Reserve, Fire Intensity

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

[*] **Master Student, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria. ahmadkrmo1998@gmail.com**
****Assistant Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria. ramadaoud91@yahoo.com**

تغير كفاءة نشاط مفككات السيللوز بعد حريق 2020 لتربة محمية الأرز والشوح في محافظة اللاذقية

احمد كرمو *

د. راما داود **

(تاريخ الإيداع 7 / 9 / 2025. قبل للنشر في 9 / 2 / 2026)

□ ملخّص □

تعد الحرائق الطبيعية من الاضطرابات الشائعة التي تترك آثاراً هامة في النظم البيئية الطبيعية بمكوناتها المختلفة، ومنها المكونات الحيوية للتربة. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير حريق2020 في كفاءة تحلل السيللوز في تربة محمية الأرز والشوح في سورية، باعتبارها مؤشراً حيوياً فعالاً للنشاط الميكروبي ولتقدير سلامة التربة بعد الحريق. تم جمع عينات التربة بتاريخ 2023 من طبقتين مختلفتين (0–10 سم و10–30 سم) من مناطق تعرضت لشدات حريق متفاوتة (مرتفع، متوسط، ومنخفض) ومن منطقة غير محروقة. وقد أظهرت النتائج أن الحرائق خاصةً منخفضة الشدة زادت بشكل ملحوظ من كفاءة تحلل السيللوز في الطبقة السطحية (0–10 cm)، حيث وصلت نسبة التحلل إلى 98%، وهو ما يُعزى إلى ارتفاع الرقم الهيدروجيني (pH) وتحرير العناصر الغذائية بسبب الحريق. وفي المقابل، أدى الحريق مرتفع الشدة إلى انخفاض التحلل في الطبقات الأعمق (10–30 cm). كما أظهرت الدراسة وجود مؤشرات على تعافٍ تدريجي للتربة بالمقارنة بين العينات المأخوذة في (2021) والعينات المأخوذة عام (2023) مما يؤكد قدرتها على استعادة وظائفها البيولوجية.

الكلمات المفتاحية: حرائق الغابات، كفاءة تحلل السيللوز، مفككات السيللوز، تعافي التربة، محمية الأرز والشوح، شدة الحريق.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

* طالب ماجستير – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا. ahmadkrmo1998@gmail.com

** مدرس– كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) – اللاذقية – سوريا. ramadaoud91@yahoo.com

مقدمة:

تعرضت أراضي الغابات على مر السنين وفي جميع أنحاء العالم إلى حرائق مدمرة اجتاحت مساحات شاسعة منها بما في ذلك منطقة المتوسط اذ تتعرض منطقة المتوسط إلى ما لا يقل عن 50000 حريق في كل عام حيث تتزايد وتيرة الحرائق ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى تغير المناخ والأنشطة البشرية[1]. فآثار الحرائق لا تقتصر على إزالة الغطاء النباتي فحسب، بل تُحدث تغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة، مما يؤدي إلى اضطراب التوازن الميكروبي وتدهور النشاط الحيوي [2].

يعد السيللوز أحد أهم البوليمرات العضوية الموجودة في بقايا الأجزاء المختلفة للنباتات ويعد تحلله صعباً نسبياً لأنه معقّد جداً [3]. وفي الوقت ذاته تعد عملية تحلل السيللوز مهمة لدورة الكربون وتشكيل المادة العضوية وبالتالي الحفاظ على سلامة التربة حيث يعرف النشاط السيللوزي أو كفاءة تحلل السيللوز في التربة بأنه القدرة البيولوجية والكيميائية للتربة (الكائنات الحية الدقيقة) على تفكيك السيللوز إلى مواد أبسط مثل الجلوكوز وثاني أكسيد الكربون [4].

تعد كفاءة تحلل السيللوز (Cellulosic Degradation Efficiency–CDE) من المؤشرات الحيوية البارزة التي تستخدم لرصد مدى استجابة الكائنات الدقيقة للضغوط البيئية المختلفة. وتُمثل الحرائق أحد أهم الضغوط البيئية القوية لتي تغير بشكل كبير الخصائص الكلية للتربة، وبالتالي تُخلّف آثاراً مباشرة وغير مباشرة تؤثر في نشاط الكائنات الدقيقة المسؤولة عن تحلل السيللوز [5]. فالنشاط السيللوزي Cellulolytic activity يعد أداة بيولوجية فعالة لتقييم الحالة الحيوية للتربة، خاصة في البيئات المتأثرة بالحرائق، حيث ينعكس التغير في نشاط هذا المؤشر على استجابة الكائنات الدقيقة للتغيرات الفيزيائية والكيميائية للتربة بعد الحريق[6]. ويعد انخفاض معدلات التحلل دلالة على تدهور النشاط الميكروبي وزيادة الإجهاد البيئي، في حين يُشير استقراره إلى مقاومة أو تعافٍ بيئي، كما يُوفر هذا المؤشر تقييماً دقيقاً لمستوى الضرر البيئي ومتابعة التعافي الحيوي، الأمر الذي يجعله أداة داعمة لإدارة التربة واستصلاحها بعد الاضطرابات[7].

يُستخدم مؤشر كفاءة تحلل السيللوز (CDE) بشكل متزايد في الدراسات البيئية كأداة فعّالة لقياس جودة التربة وتقييم حالتها البيولوجية، لما له من ارتباط مباشر بنشاط الكائنات الدقيقة القادرة على تحليل المركبات العضوية المعقدة اذ تعتمد هذه الطريقة على متابعة مدى سرعة تحلل مواد غنية بالسيللوز، مثل ورق الفلتر أو أشرطة القطن، والتي تُعتبر مصدراً مهماً للكربون العضوي في الأنظمة البيئية الأرضية، ويعد هذا المؤشر حساساً للتغيرات البيئية حيث يتأثر بمستويات الرطوبة ودرجة الحرارة، ووجود الملوثات مثل المعادن الثقيلة مما يجعله أداة عملية لرصد تأثير الضغوط البيئية والأنشطة البشرية المختلفة على سلامة التربة كما يُستخدم في تقييم فعالية ممارسات الإدارة المستدامة للزراعة والغابات [8]. يتميز هذا المؤشر بمجموعة من المميزات التي تجعل استخدامه أداة فعالة في مجال تقييم حالة التربة، مثل الحساسية العالية للتلوث بالمعادن الثقيلة. فقد أظهرت دراسة أجريت على ترب المناطق شبه الجافة والرطبة في منطقة القوقاز الكبرى في روسيا انخفاض النشاط السيللوزي بشكل واضح مع ارتفاع تراكيز النحاس [4]. كما يعكس مؤشر كفاءة تحلل السيللوز بشكل مباشر نشاط الكائنات الحية الفطرية والبكتيرية التي تحلل السيللوز والمواد العضوية في التربة مما يعبر عن حيوية المجتمع الميكروبي الكلي [10,9].هذا مؤشر سهل التطبيق مخبرياً وميدانياً حيث يتم قياس النشاط السيللوزي بناءً على نسبة التحلل في نسيج القماش القطني بعد 30 يوماً من التحضين عبر حساب الفرق بين الوزن قبل وبعد التحضين [4]. يتكامل مع مؤشرات أخرى لتقييم بيولوجي شامل حيث تستخدم مؤشرات مثل نشاط اليورياز، الفوسفاتاز، والتنفس الميكروبي لتشكيل مؤشرات متكاملة مثل (مؤشر الحالة البيولوجية المتكاملة للتربة

(Integrated Indicators of soil Biological State (IIBS) [11]. وقد شهدت السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً باستخدام مؤشر كفاءة تحلل السيللوز كمؤشر حيوي لتقييم تأثيرات الحرائق في النظم البيئية الطبيعية لا سيما في التربة اذ ركزت جميع الدراسات السابقة على تحديد تأثير الحرائق في الغطاء النباتي وتقييم حجم الأضرار دون إجراء أي دراسات لتقييم حالة التربة بعد الحريق، والتي تعد الأساس الذي يجب الانطلاق منه لإجراء أي عمليات تقييم لاحتمالات تعافي الغطاء النباتي بعد الحريق من خلال التجدد الطبيعي أو مدى إمكانية نجاح عمليات التشجير المقترحة، فقد أظهرت دراسة [12] أن بعض أنواع التربة قد تُظهر قدرة تعافٍ تدريجي بعد فترة قصيرة تتراوح بين عام ونصف إلى عامين من الحريق وهو ما تجلّى في الارتفاع البطيء لمعدلات النشاط السيللوزي، كما أظهرت الدراسات الحديثة انخفاضاً ملحوظاً في نشاط التحلل السيللوزي في الفترة التي تلي الحريق مباشرة وبعد التعرض للتلوث الكيميائي، ما يدل على تدهور واضح في النشاط الميكروبي الحيوي في التربة المتأثرة [14,13]، وفي دراسة أجريت في جنوب روسيا لتحديد التأثير طويل الأمد للحرائق المتكررة في التربة، تبين أن انخفاض نشاط كفاءة تحلل السيللوز قد يستمر لسنوات بعد الحريق، ما يشير إلى صعوبة استعادة الوظائف البيولوجية في التربة المحروقة [15]. كما أظهرت دراسة أخرى أن كفاءة تحلل السيللوز يتراجع تدريجياً عقب انخفاض تنفس الكائنات الحية في التربة. ويُعد هذا التراجع دليلاً على انخفاض تحلل وتدوير المادة العضوية، الأمر الذي ينعكس سلباً على خصوبة التربة وإمكانياتها الإنتاجية [16]. تشير هذه الدراسات مجتمعة إلى أن مؤشر كفاءة تحلل السيللوز يُعد أداة فعالة للكشف عن التغيرات البيولوجية في التربة بعد الحرائق، ويمكن الاعتماد عليه لتقييم مدى الضرر والمساهمة في التعافي البيئي على المدى القريب والبعيد.

أهمية البحث وأهدافه:

1 -أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في الكشف عن التأثير المباشر لحرائق عام2020 في محمية الأرز والشوح على الخصائص البيولوجية للتربة، من خلال استخدام مؤشر كفاءة تحلل السيللوز الذي يعكس مدى مقاومة تربة المحمية تجاه الضغوطات الخارجية المتمثلة بالحرائق، إضافة إلى ذلك، فإن هذه الدراسة تسعى إلى فهم اختلاف الاستجابة البيولوجية لتربة محمية الأرز والشوح بحسب اختلاف شدة الحريق وعمق التربة. ولا تقتصر أهمية هذه الدراسة على الكشف عن حجم التدهور البيئي فحسب، كما أنها وسيلة فعالة لمراقبة التعافي البيولوجي، من خلال فهم طريقة استجابة التربة للضغوط البيئية المختلفة كالحرائق.

2- أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

تقييم كفاءة تحلل السيللوز في تربة المواقع المحروقة لمحمية الأرز والشوح مقارنة بالمواقع غير المحروقة، من خلال تتبّع التغيرات في كفاءة الكائنات الحية الدقيقة المفككة للمواد السيللوزية بحسب شدات الحريق المختلفة.

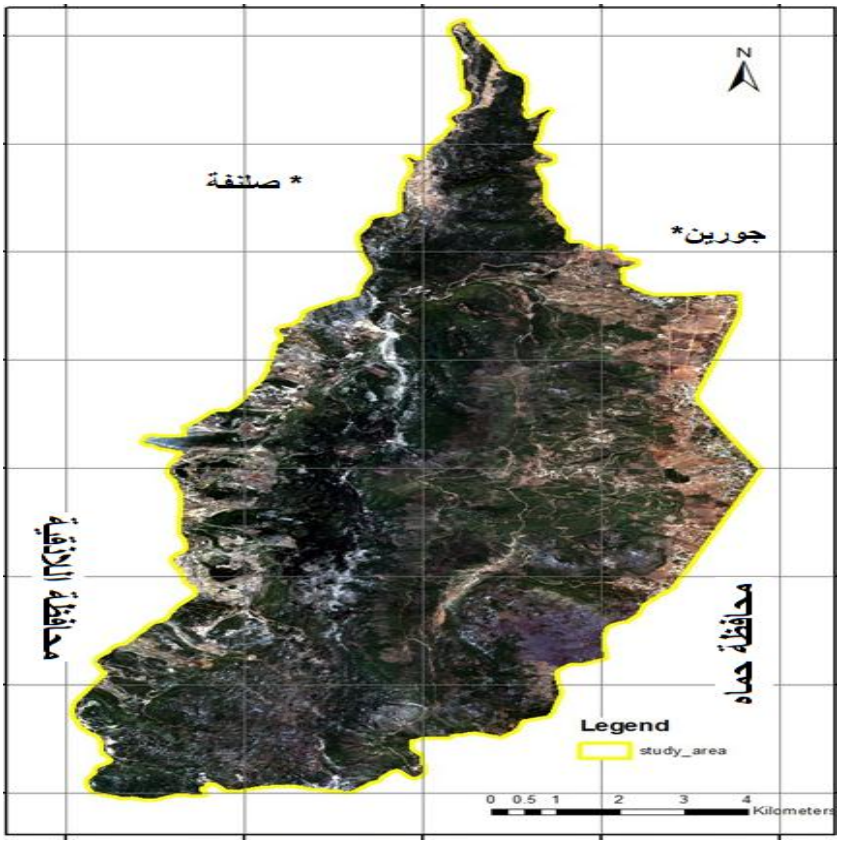
طرائق البحث ومواده:

1- الموقع العام

1-1- طبوغرافيا الموقع

تقع محمية الأرز والشوح في الجبال الساحلية شمال غرب سورية على السفحين الغربي والشرقي لجبل النبي متى التابعة إدارياً لناحية صلنفة في محافظة اللاذقية، وتتوضع المنطقة بين خطي عرض 35.41 و35.29 شمالاً، وخطي طول 36.10 و36.17 شرقاً.

يحدها طريق صلنفة-محطة البث-الغاب من الشمال والمنطقة العقارية أبراج من الجنوب، وطريق عام صلنفة جوبة برغال غرباً، والمنطقة العقارية جورين الريحانية شرقاً. (شكل،1).



الشكل (1): موقع محمية الشوح والأرز- سورية (المصدر: [17])

ترتفع عن سطح البحر من 900 – 1560 م، حيث تتمثل أخفض نقطة فيها في موقع جب الشوح السفح الشرقي عالي الانحدار، وتصل درجة انحداره إلى 35 درجة، بينما تتراوح درجة انحدار السفح الغربي بين 20 و27 درجة.

1-2 تربة المحمية

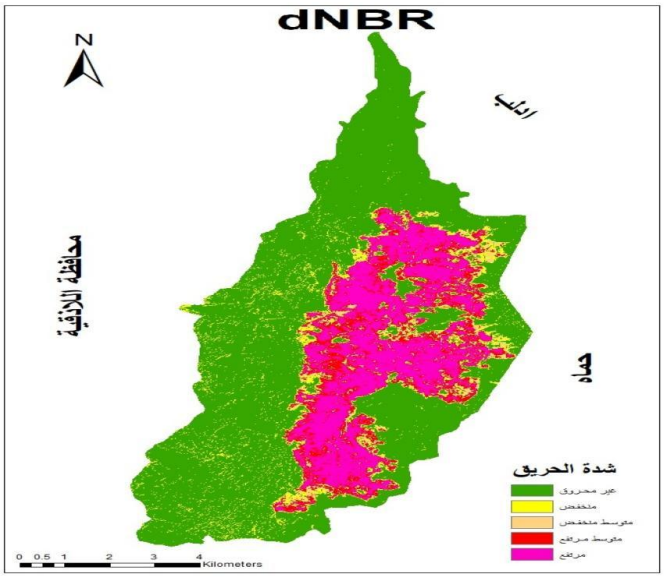
الصخور الأم لمحمية الأرز والشوح هي الصخور الكلسية والدولوميت من العصر الجوراسي وتطل على سهل الغاب الإنهدامي، وهذه الصخور متشققة ومغطاة بتربة حمراء متوسطية تطورت تحت ظروف الغطاء الحراجي وعوامل المناخ والطبوغرافيا الى ترب غابوية وكلما زاد الارتفاع عن سطح البحر تصبح التربة أكثر غنى بالمواد العضوية غير المفككة ولذلك تسمى تربة دبالية كربوناتية، أما على ارتفاع منخفض فتأخذ شكل تربة بنية متوسطية [18]، تحوي على

نسبة عالية من الدبال ويتفاوت عمقها بين 15 سم وحتى 1 م، وفي كثير من المناطق تظهر الصخرة الأم الكلسية القاسية [19].

2- منطقة العينات واقتطاعها

2-1- تحديد مكان العينات

تم تحديد منطقة أخذ العينات بالاعتماد على خريطة مستويات شدة حريق 2020 والتوزع المكاني له في محمية الأرز والشوح التي تم الحصول عليها بنتيجة الدراسة [20] والتي توضح تباين شدة الحريق في المحمية بين مرتفع إلى غير محروق حيث تركزت الشدة المرتفعة على السفح الشرقي للمحمية في حين صنف الحريق في السفح الغربي للمحمية على أنه منخفض أو غير محروق (الشكل،2).



الشكل (2): مستويات شدة حريق 2020 والتوزع المكاني له في محمية الأرز والشوح

تم تحديد أماكن اختيار العينات مع مراعاة توافر مجموعة من الشروط مثل تشابه الظروف البيئية بين الموقع المحروق وغير المحروق وتم تسجيل احداثيات جميع أماكن أخذ العينات كما هو موضح في (الجدول،1).

الجدول رقم (1): يظهر العينات واحداثيات عينات الدراسة

رقم أماكن جمع العينات	نوع العينة من حيث شدة الحريق	الاحداثيات
1	غير محروقة (None)	35°59'71.447"N 35° 22'59.471"E
2	مرتفع(High)	35°59'39.778"N 36° 22'73.381"E
3	متوسط مرتفع(High-moderat)	35°59'64.668"N 36° 22'64.926"E
4	متوسط منخفض (Low-moderat)	35°61'38.795"N 36° 25'85.085"E
5	منخفض(Low)	35°59'38.866"N 36° 22'66.860"E

تم أخذ 20 عينة تربة في عام 2023 بوزن بلغ حوالي 10 كغ لكل عينة وبواقع أربع عينات لكل شدة حريق حيث توزعت كالتالي (2*عينة من الطبقة السطحية/2*عينة من الطبقة تحت السطحية) وذلك من المناطق المحروقة على السفح الشرقي بحيث غطت التوزع الذي تم الحصول عليه في تصنيف شدة الحريق في المحمية

(مرتفع، متوسط _مرتفع، متوسط _منخفض، منخفض)، ولتحديد درجة التدهور في كفاءة مؤشر تحلل السيللوز تم أخذ عينات الشاهد من المناطق غير المحروقة على ذات السفح.

2-2- اقتطاع العينات

بعد تحديد منطقة العينات، أخذت عينات التربة من طبقتين مختلفتين:

- الطبقة السطحية من 0-10سم باعتبار أنه في النظم البيئية الطبيعية الغابوية فإن الطبقة العليا من 0-10سم تعد الطبقة الأساسية التي تتلقى مختلف التأثيرات الخارجية من الحرائق وغيرها.
- الطبقة من 20 -30 سم لمقارنة تغيير الكفاءة البيولوجية بعد الحريق بالنسبة لعمق التربة.

وتم حفظ العينات ضمن أكياس بلاستيكية مع بطاقة تعريفية لكل عينة تتضمن اسم وإحداثيات العينة المأخوذة.

3- الدراسة المخبرية:

تم اختبار كفاءة تحلل السيللوز في الظروف المخبرية من خلال دفن شرائط من القماش القطني (cellulose strips) الموزونة مسبقاً ضمن 40 طبق (20*2) يحتوي على التربة المأخوذة على عمق 0-10 سم و10-30 سم بمعدل 2 مكرر لكل عينة وبلغ وزن التربة في كل عينة 300 غ، وتم تحضين العينات ضمن الظروف المخبرية لمدة 6 أسابيع للسماح بالتحلل، بعد مرور المدة الزمنية المذكورة تم استخراج القطع القماشية وتنظيفها بعناية ووزنها مجدداً وتسجيل الأوزان النهائية من ثم حساب نسبة الفقدان في الوزن أو نسبة التحلل من خلال العلاقة التالية:

نسبة التحلل = (الوزن الأولي – الوزن النهائي) /الوزن الأولي) *100

كما تم قياس درجة تفاعل التربة للعينات المأخوذة (الجدول،2) باستخدام طريقة [21]. أجريت الدراسات المخبرية والتحليلية في مخابر كلية الهندسة الزراعية في جامعة اللاذقية باستخدام الطرائق المعتمدة في علم البيئة وعلوم التربة [22].

الجدول رقم (2): يظهر قيم الـ pH للعينات المأخوذة

رقم العينة	شدة الحريق	درجة الـ pH
1	None	6.4
2	High	7.05
3	High-moderat	7.08
4	Low-moderat	6.58
5	Low	6.73

4-الدراسة الإحصائية:

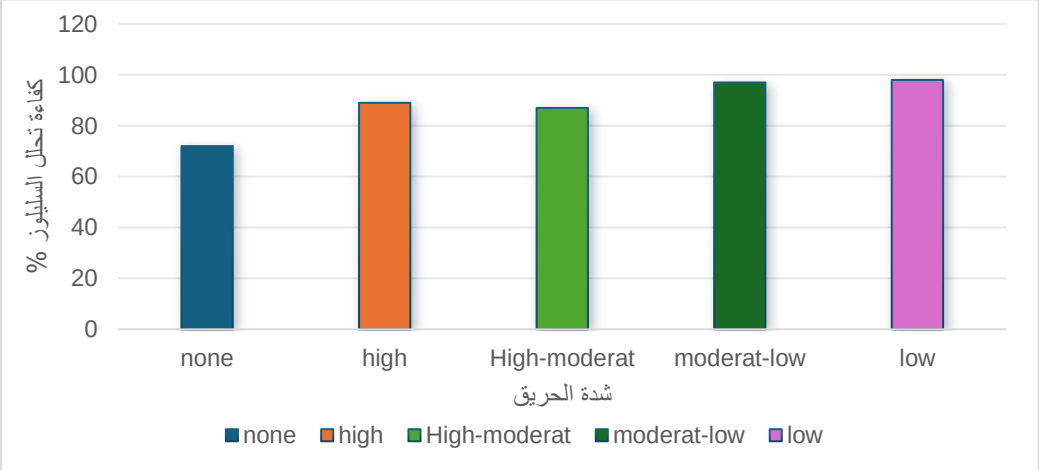
تم استخدام التحليل الإحصائي الوصفي اذ قمنا بحساب مقاييس النزعة المركزية مثل المتوسط ومقاييس التشتت مثل الانحراف المعياري لفهم خصائص البيانات الأساسية.

النتائج والمناقشة:

تُقدم المخططات البيانية في الأشكال (3) و(4) تصوراً واضحاً لتأثير شدات الحريق المختلفة – شدة حريق مرتفع (High)، شدة حريق متوسط مرتفع(High-moderat) ، شدة حريق متوسط منخفض(Low-moderat) ، شدة حريق منخفض(Low) بالمقارنة مع الشاهد غير محروق(None) على كفاءة تحلل السيللوز في طبقتي التربة السطحية (0-10 سم)، وتحت السطحية (10-30 سم) في محمية الأرز والشوح في عام 2023 أي بعد ثلاث سنوات من حدوث الحريق.

1- تغير كفاءة تحلل السليلوز في الطبقة السطحية 0-10 سم لتربة محمية الأرز والشوح

تشير النتائج الموضحة في الشكل 3 إلى النسب المئوية للتغيير في كفاءة تحلل السليلوز في تربة المحمية بالنسبة لشدات الحريق المختلفة، حيث أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في كفاءة تحلل السليلوز في الترب المحروقة مقارنةً بالترب غير المحروقة، حيث بلغت كفاءة التحلل في التربة غير المحروقة 72%، بينما ارتفعت إلى 89%، 87%، في الترب المحروقة تحت شدة حريق مرتفعة، ومتوسطة مرتفعة على التوالي. يعزى هذا الارتفاع في كفاءة تحلل السليلوز إلى تداخل تأثير مجموعة من المتغيرات بعد الحريق، أهمها التغيرات التي تطرأ على الخصائص الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية للتربة.



الشكل (3). تغير كفاءة تحلل السليلوز في تربة الطبقة السطحية في محمية الأرز والشوح بحسب شدة الحريق

فعلى المستوى الكيميائي، سجلت زيادة في الرقم الهيدروجيني في العينات المحروقة مقارنة بغير المحروقة، حيث تراوحت هذه الزيادة بين (0.2-0.7) وذلك بسبب الرماد الناتج عن لحريق والذي يحتوي على مركبات قلوية، تؤدي إلى زيادة pH التربة قليلاً مما يزيد من نشاط بعض المحللات.

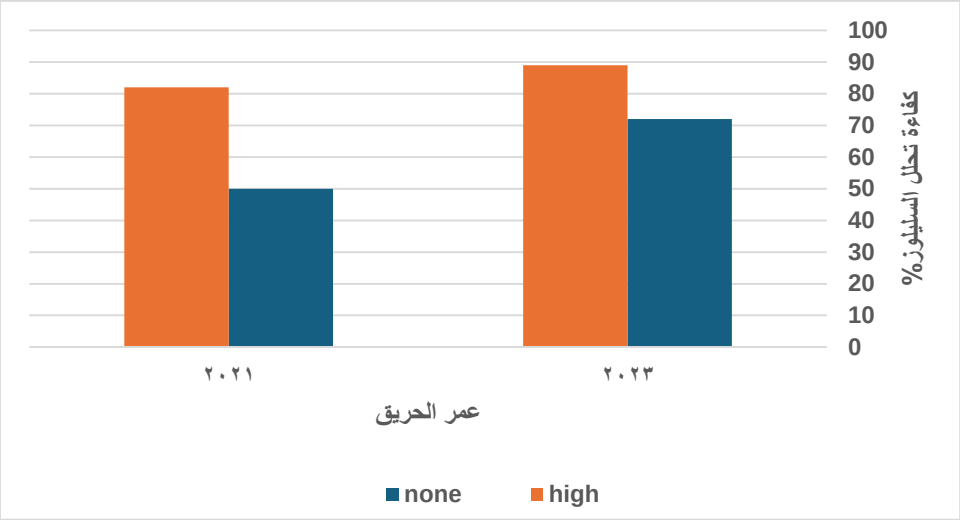
إضافة إلى ذلك فإن الحريق يؤدي إلى إطلاق المغذيات (مثل النيتروجين والفوسفور) من المواد العضوية المحترقة، مما يعزز نشاط الكائنات الدقيقة المحللة للسليلوز. أما من الناحية البيولوجية يُحدث الحريق تحوّلاً في المجتمع الميكروبي، حيث تزداد نسبة والكتلة الحيوية للأنواع المقاومة للحرارة والفعّالة في تحليل المواد النباتية.

من المثير للاهتمام أن أعلى كفاءة لتحلل السليلوز سُجّلت في التربة المتأثرة بحريق منخفض الشدة حيث بلغت (98%) وهنالك فرق بين هذ القيمة وقيمة العينات غير المحروقة، مما قد يشير إلى أن الحرائق منخفضة الشدة تُحدث توازناً مثالياً بين تعزيز التوفر الحيوي للمغذيات والمحافظة على البنية الحيوية النافعة للتربة. تدعم هذه النتائج فرضية أن الحرائق ذات الشدة المنخفضة والمتوسطة المنخفضة قد تُحفز نشاط التحلل، ربما عن طريق توفير مواد عضوية متحولة جزئياً أو تقليل تثبيط الغطاء النباتي أو سيادة الأنواع المقاومة للحرارة في المجتمع المكروبي والتي تتميز بكفاءة تحلل عالية مقارنة بالكائنات الدقيقة الاخرى [23] .

أظهرت الإحصاءات الوصفية تبايناً في متوسطات كفاءة التحلل السيللوزي بين شدات الحريق المختلفة، حيث سجلت العينات من نوع "low" أعلى متوسط (98.00) بانحراف معياري منخفض نسبياً (2.83)، تلتها "moderate-low" بمتوسط (95.00)، في حين كانت العينات من نوع "none" الأقل كفاءة بمتوسط

(72.50) وانحراف معياري مرتفع (31.82)، مما يشير إلى تشتت كبير في القيم داخل هذه الفئة. هذا التباين في المتوسطات يوحي بوجود اختلاف ظاهري في الكفاءة بين الشدات المختلفة.

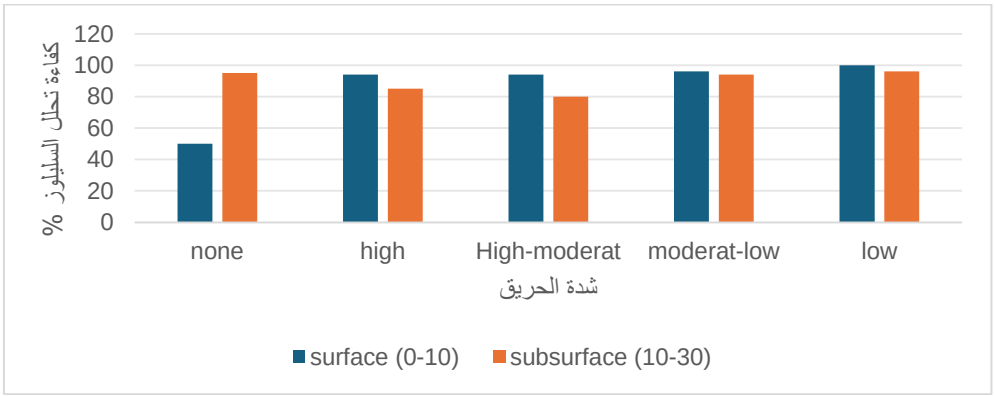
نلاحظ بمقارنة النتائج أعلاه مع نتائج التحلل السيللوزي لتربة محمية الأرز والشوح في عينات التربة المأخوذة في عام2021 العام التالي للحريق مباشرة الشكل 4 وجود ميل للتعافي وزيادة نشاط التحلل السيللوزي، حيث بلغت نسبة الزيادة في النشاط السيللوزي للترب المحروقة ذات الشدة المرتفعة حوالي (7%) وذلك بعد مرور 3 سنوات على الحريق الأمر الذي أكدته العديد من الدراسات إلى ميل التربة للتعافي الذاتي بشكل بطيء بعد مرور فترة زمنية على الحريق [24].



الشكل (4): مقارنة تغير كفاءة تحلل السليلوز بين عامي 2021–2023

2- مقارنة تغير كفاءة تحلل السليلوز في الطبقتين السطحية (0–10سم) وتحت السطحية (10–30سم) في تربة محمية الأرز والشوح بحسب شدة الحريق

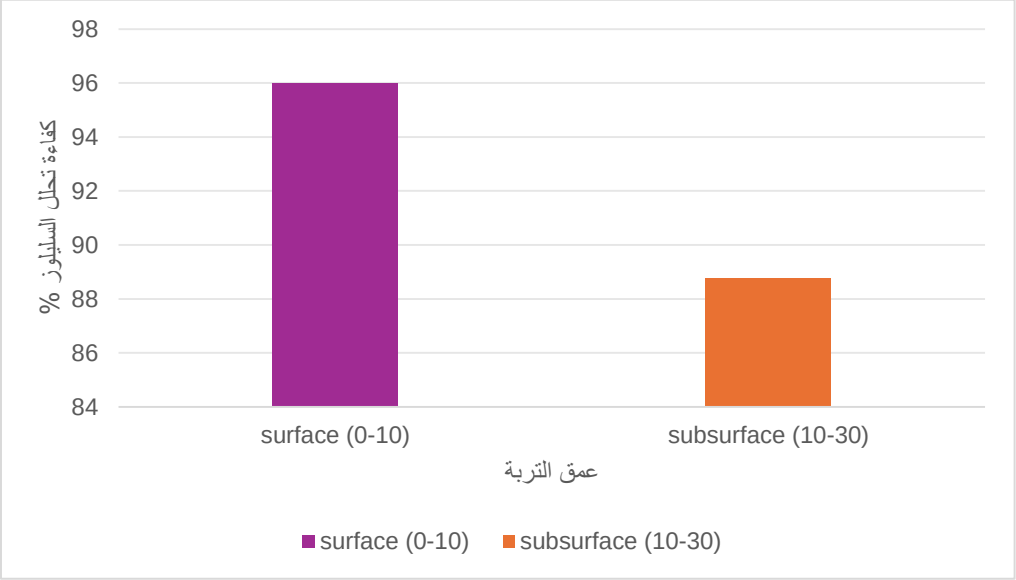
بالنسبة للطبقة تحت السطحية (10–30 سم) فقد سجل انخفاض في كفاءة تحلل السليلوز في العينات المحروقة ذات الشدة المرتفعة والمتوسطة المرتفعة مقارنة بالطبقة السطحية (0–10سم) وبلغت نسبة هذا الانخفاض 10% و15% على التوالي شكل (5).



الشكل (5): تغير كفاءة تحلل السليلوز في الطبقتين السطحية (0–10سم) وتحت السطحية (10–30سم) في تربة محمية الأرز والشوح بحسب شدة الحريق

ويفسر ذلك بانخفاض التهوية ما قد يبطئ التحلل الهوائي، إضافة إلى أن عدد ونشاط الكائنات المحللة في الطبقات تحت السطحية يكون أقل نسبياً مقارنة بالطبقة السطحية يضاف إلى ذلك الضرر الذي يلحق بالمجتمع الميكروبي المحلل للسليلوز نتيجة التعرض للإجهاد بسبب الشدات العالية والمتوسطة العالية.

أما بالنسبة للعينات في المواقع ذات الشدة المتوسطة المنخفضة والمنخفضة فقد سجلت نتائج مماثلة للطبقة السطحية من حيث وجود تحفيز لنشاط التحلل في العينات المحروقة مقارنة بالعينات غير المحروقة ولكن بنسبة أقل، حيث بلغت كفاءة تحلل السليلوز في المواقع ذات الشدة المتوسطة المنخفضة والمنخفضة 94% و96% على التوالي، ويمكن تفسير زيادة كفاءة التحلل في الطبقات الأعمق للتربة بعد الحرائق منخفضة الشدة بسبب زيادة تحرير المغذيات وتحسن تهوية التربة [25]. كما قد يساهم الحريق في إزالة الكائنات الدقيقة المتنافسة، مما يسمح بازدهار الأنواع الأكثر كفاءة في تحلل السليلوز. هذه العوامل تؤدي إلى زيادة الكتلة الحيوية الميكروبية ونشاطها [26]، أما بالنسبة للانخفاض المسجل في كفاءة تحلل السليلوز في الطبقة السطحية مقارنة بتحت السطحية في العينات غير المحروقة فيمكن تفسير ذلك بأنه في الأنظمة البيئية السليمة غير المعرضة للاضطرابات تكون كفاءة المجتمعات الميكروبية أعلى في الطبقة تحت السطحية مقارنة بالسطحية وذلك بسبب انغسال المغذيات إلى الطبقات الأعمق وهذا ما انعكس على كفاءة تحلل السليلوز.



الشكل (6): مقارنة كفاءة تحلل السيللوز بين الطبقتين السطحية Surface (0–10سم) وتحت السطحية subsurface(10–30سم)

كما هو موضح في الشكل رقم (6) وبالمقارنة بين الطبقتين السطحية وتحت السطحية نلاحظ الميل للتعافي في الطبقة السطحية بشكل أكبر مقارنة بالطبقة تحت السطحية، حيث أظهرت النتائج أن كفاءة تحلل السليلوز كانت أعلى في الطبقة السطحية المحروقة (0–10 سم) مقارنة بالطبقة تحت السطحية (10–30 سم)، ويُعزى ذلك إلى تركّز تأثير الحريق التحفيزي خاصة عند الشدات المتوسطة المنخفضة والمنخفضة في الطبقات العليا من التربة، مما يؤدي إلى زيادة التوفر الحيوي للمغذيات، وتحسين ظروف التهوية، وارتفاع الكتلة الحيوية الميكروبية النشطة. كما أن الرماد المتراكم في الطبقة السطحية يوفر بيئة مواتية لنشاط الكائنات الدقيقة المسؤولة عن تحلل السليلوز، وهو ما تؤكده دراسات متعددة في هذا المجال [27, 28].

وقد أظهرت الإحصاءات الوصفية للكفاءة بالنسبة لتأثير عمق التربة وجود تباين محدود بين مستويي العمق، حيث بلغ متوسط الكفاءة في الطبقة السطحية (86.80%) (surface)بانحراف معياري مرتفع نسبياً (20.72)، بينما كان المتوسط في الطبقة تحت السطحية (subsurface) أعلى قليلاً (90.00%) بانحراف معياري أقل (7.11)، مما يشير إلى تجانس أكبر بحسب قيم الانحراف المعياري بين الطبقة تحت السطحية والطبقة السطحية.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

– تُظهر تربة محمية الأرز والشوح استجابة متباينة للحرائق حسب شدتها وعمقها، فالحرائق منخفضة الشدة تُحفز النشاط السيللوزي في الطبقة السطحية، بينما تُسبب الحرائق عالية الشدة تدهوراً بيولوجياً في الطبقات الأعمق.

– تُظهر التربة قدرة على التعافي البيولوجي بمرور الوقت اذ لوحظ ارتفاع في النشاط السيللوزي بعد ثلاث سنوات من الحريق، وهذا يشير إلى أن النظم البيئية المتضررة قادرة على استعادة وظائفها الأساسية تدريجياً، مما يعكس مرونة النظام البيولوجي للتربة.

التوصيات

- إجراء دراسات متابعة على فترات زمنية أطول (مثلاً بعد 5 و10 سنوات) لرصد مسار التعافي البيولوجي وتقييم مدى استمراريته، وفهم آليات استعادة خصوبة التربة على المدى الطويل.
- دمج مؤشر كفاءة تحلل السيللوز مع مؤشرات حيوية أخرى (مثل تنفس التربة، ونشاط إنزيمات اليورياز والفوسفاتاز) للحصول على تقييم شامل ومتكامل للحالة البيولوجية للتربة المتأثرة.
- توظيف الحرائق الطبيعية أو منخفضة الشدة المخطط لها كأداة لإدارة الغابات التي تتميز بوجود طبقة تحت غابة كثيفة وتربة فقيرة وذلك لتحسين خصوبة التربة من خلال تعزيز تدوير المغذيات، مع ضرورة تقييم الآثار البيئية المحتملة الأخرى.
- إجراء دراسات لفهم التركيب النوعي للمجتمع الميكروبي في المناطق المحروقة وغير المحروقة، بهدف تحديد الأنواع المسؤولة عن تحلل السيللوز وكيفية استجابتها للضغوط البيئية المختلفة.

References:

[1] World Wildlife Fund. (WWF). Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era. Available at: https://www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2016. (2016).

[2] J. Adkins, J. Sanderman, & J. Miesel, Soil carbon pools and fluxes vary across a burn severity gradient three years after wildfire in Sierra Nevada mixed-conifer forest. Geoderma .22-10 ،333 ،(2019).

[3] M. Rose & R. Palkovits, Cellulose-based sustainable polymers: State of the art and future trends. Macromolecular rapid communications, 32(17), 1299-1311, (2011).

[4] S. Kolesnikov, A. Kuzina, T. Minnikova, T. Ter-Misyakyants, E. Nevedomaya, Y. Akimenko, & A. Barakhov, Biodiagnostics of resistance to the copper (Cu) pollution of forest soils at the dry and humid subtropics in the Greater Caucasus region. Forests, 13(10), 1720, (2022).

[5] S. D. Allison, & K. K. Treseder, Fire effects on extracellular enzyme activity and microbial biomass in boreal forest soils. Soil Biology and Biochemistry, 40(11), 287–294., (2008).

[6] G. Certini, A review of the effects of forest fire on soil properties. Journal of Forestry Research, 33, 1419–1441, (2022).
[7] P. Semwal, A. Dave, J. Israr, S. Misra, M. Kumar & D. Paul, Exploring microbial ecosystem services for environmental stress amelioration: A review. International Journal of Molecular Sciences, 26(10), 4515, (2025).
[8] P. M. Latter, A. F. Harrison, Decomposition of cellulose in relation to soil properties and plant growth. In: Harrison, A. F.; Latter, P. M.; Walton, D. W. H., (eds.) Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. Grange-over-Sands, NERC/ITE, 68-71. (ITE Symposium, 24), (1988).
[9] T.A. Trifonova, S.M. Chesnokova, A.G. Kosmacheva, Investigation of the effect of antibiotics of various groups on the cellulolytic activity of soddy-podzolic soil using laboratory modeling. Agrochemistry, 10, 72–78، (2020).
[10] P. Baldrian, &V. Valášková, Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi. FEMS Microbiology Reviews, 32(3), 501–521, (2008).
[11] S. Kolesnikov, A. Timoshenko, T. Minnikova, N. Tsepina, K. Kazeev, Y. Akimenko& R.K. Singh, Impact of metal-based nanoparticles on cambisol microbial functionality, enzyme activity, and plant growth. Plants, 10(10), 2080, (2021).
[12] J. Hedo, M. E. Lucas‐Borja, C. Wic, M. Andrés‐Abellán, & J. de Las Heras, Soil microbiological properties and enzymatic activities of long‐term post‐fire recovery in dry and semiarid Aleppo pine (Pinus halepensis M.) forest stands. Solid Earth, 6, 243–252, (2015).
[13] K. Sh. Kazeev, T.A. Poltoratskaya, A.S. Yakimova, M.Y. Odobashyan, A. K. Shkhapatsev, & S.I. Kolesnikov, Post-fire changes in the biological properties of the brown soils in the Utrish State Nature Reserve (Russia). Nature Conservation Research, 4, 93–104, (2019).
[14] R. M. Daoud, S.I. Kolesnikov, A.A. Kuzina, K. Sh. Kazeev, D.H. Cuong & N.D. Hoi, Assessment of South Russia arid soils resistance to gasoline contamination using biological indicators, (2020).
[15] M. J. Sánchez-Pinillos, M. Piqué, J. Puigdefábregas &L.M. Zavala, Long-term impact of wildfire on soil physical, chemical and biological properties within a pine forest. European Journal of Forest Research, 143, 1123–1140, (2024).
[16] O. A. Zolotareva & I.O. Plekhanov, Changes in the cellulolytic activity and microbial respiration of soils of different types under conditions of contamination with heavy metals. Agrokhimiâ, (2), 70–78, (2024).
[17] General Organization for Remote Sensing, Coastal Region Branch, Lattakia, Syria. (2020).
[18] Biodiversity Conservation and Protected Areas Management Project SY. GE. 57109 ,65 pages. (in Arabic), (2004)
[19] M. Ruqayyah, H. Dabit, Y. Idris, R. Kasouha, M. Bouhassoun, using remote sensing techniques in studying the Cedar and Fir Reserve in Lattakia Governorate (Slanfah). General Authority for Remote Sensing. (in Arabic), (2006).
[20] A. Karmo, H. Al-Kateb, Z. Hamed, A. Salloum, A. Anter, R. Daoud, Classification of fire intensity levels in 2020 in the Cedar and Fir Nature Reserve in Syria using the standard NBR fire index. In Biological Diversity and Bioresources of the Steppe Zone Under Changing Climate Conditions: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 95th anniversary of the Botanical Garden of the Southern Federal University (pp. 623-634). Southern Federal University Publishing House. ISBN 978-5-9275-4147-8, (2022).
[21] E. O., Mclean, Soil PH and lime requirement, chemical and microbiological properties. Soc. Agron, Madison, USA, PP: (199-224), (1982).

[22] Methods of Soil Microbiology and Biochemistry, Methods of Soil Microbiology and Biochemistry [Soil Microbiology and Biochemistry Methods]. Pod. ed. D.G. Zvyagintseva. M.: Izd-vo MGU, 1991. 304 p, (1991).
[23] M. Francos, E.B. Stefanuto, X. Úbeda, P. Pereira, Long-term impact of prescribed fire on soil chemical properties in a wildland-urban interface. Northeastern Iberian Peninsula. Sci Total Environ 689:305–311, (2019).
[24] N. C. Dove, N. Taş. & S. C Hart, Ecological and genomic responses of soil microbiomes to high-severity wildfire: linking community assembly to functional potential. The ISME journal, 16(7), 1853-1863, (2022).
[25] A. W. Fellows, G.N. Flerchinger, KA. Lohse, MS. Seyfried, Rapid recovery of gross production and respiration in a mesic mountain big sagebrush ecosystem following prescribed fire. Ecosystems 21(7):1283–1294, (2018).
[26] M. Goberna, C. García H. Insam, MT. Hernández, M. Verdú, (2012) Burning fire-prone Mediterranean shrublands: immediate changes in soil microbial community structure and ecosystem functions. Microb Ecol 64(1):242–255, (2012).
[27] G. Certini, Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143(1), 1-10, (2005).
[28] D. G. Neary, C. C. Klopotek, L. F. DeBano & P.F. Ffolliott, Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest ecology and management, 122(1-2), 51-71, (1999).