



البحث العلمي (المحاور): ركيزة التنمية المستدامة



تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الملوثة بالنفط الخام ومعالجتها

بالزبولات

خلف طلب علي، مريم عدنان إبراهيم

قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت، تكريت، العراق

الملخص

تلوث التربة بالنفط الخام هو واحد من أكبر التحديات البيئية التي تؤثر على خصوبتها. كانت الدراسة تهدف إلى تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة ملوثة من حقول عجيل قبل وبعد معالجتها بالزبولات. أظهرت النتائج قبل المعالجة ارتفاع الملوحة وانخفاض مستوى النيتروجين بالقرب من بركة التلوث، بينما ساعدت المعالجة بالزبولات في تعديل الرقم الهيدروجيني وتحسين محتوى النيتروجين، مع استمرار تباين في تركيزات الصوديوم والبوتاسيوم. تشير النتائج إلى فعالية الزبولات في تحسين التربة الملوثة، مع ضرورة وجود معالجات إضافية للحد من تراكم الصوديوم وضمان استدامة الخصوبة

المقدمة Introduction

تُعتبر التربة المكون الحيوي الثالث في البيئة، بعد الماء والهواء، إن وجود تربة صحية يعد أمرًا حيويًا للحياة على كوكب الأرض، حيث يُستمد 95% من الغذاء الذي يتناوله البشر من التربة. لذا، فإن التخطيط للحفاظ على صحة التربة يعد أمرًا بالغ الأهمية لضمان بقاء الإنسان. يؤدي إدخال الملوثات إلى التربة إلى تغييرات في جودتها ويثير قضايا بيئية متعددة. وقد أسفر التلوث البيئي الناتج عن الأنشطة البشرية وإطلاق الملوثات عن ظهور مجموعة من المشكلات البيئية. ومن بين هذه المشكلات البارزة، تلوث التربة بمركبات البترول في المناطق الغنية بالنفط وبالقرب من مصافي النفط. يُعتبر النفط الخام أحد أهم مصادر الطاقة على مستوى العالم، إلا أن عمليات إنتاجه ونقله واستهلاكه والتخلص منه على نطاق واسع تسهم بشكل كبير في التلوث البيئي

(Zhu, A., et al, 2020). في البلدان التي تشهد أنشطة استكشاف وإقامة منشآت ومصافي نفطية، بالإضافة إلى توفر موارد نفطية غزيرة، يُعتبر تسرب ملوثات النفط ومشتقاته إلى التربة من أخطر أنواع التلوث في هذه المناطق، يُحتمل أن تتدفق كميات كبيرة من الملوثات الخطرة إلى البيئة سنويًا، مما قد يؤدي إلى آثار سلبية على النظام البيئي، وتساهم عوامل مثل الحفر، وانبعاث الملوثات من المصافي ومحطات الطاقة، والتسرب من خزانات النفط، وحوادث ناقلات النفط، وانسكابات النفط، في تفاقم مشاكل تلوث التربة المحيطة بهذه المناطق

(Nemati B, et al. 2024)

نظرًا سمية النفط الخام، يقوم النفط الخام بالتأثير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مما يؤثر على التربة بطريقتين: إما أن يتغلغل في التربة، مما يؤثر مباشرة على المعادن والمواد العضوية، ونظام جذور النباتات، والسكان الميكروبيين، ومحتوى الأكسجين، أو قد يتسرب على سطح التربة مما يقلل من تدفق الهواء والماء إلى التربة، وبالتالي يؤثر على التهوية عن طريق انسداد المسام مما يجعل معظم العناصر الغذائية الأساسية غير متاحة للاستخدام من قبل احياء التربة. (Akaleme, I. G, et al., 2024).

الهدف من البحث

- دراسة تأثير المخلفات النفطية على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الملوثة بالنفط الخام
- دراسة مدى فعالية الزيولايت في معالجة التربة الملوثة بالنفط الخام

المواد وطرق العمل Materials and methods

منطقة الدراسة

اجريت هذه الدراسة على التربة الملوثة بالمركبات الهيدروكربونية في حقول عجيل التي تقع شرق تكريت (محافظة صلاح الدين) بواقع 3 مواقع ابتداءً من على بعد 1-3 km اذ المسافة ما بين عينة واخرى 1km.

جدول 1. أسماء العينات المستخدمة في البحث

رمز العينة	نوع العينة	الرقم التسلسلي
1km	الموقع الأول ملوث	1
2km	الموقع الثاني ملوث	2
3km	الموقع الثالث ملوث	3
1km(m1)	الموقع الأول معالج 50%	4
2km(m1)	الموقع الثاني معالج 50%	5
3km(m1)	الموقع الثالث معالج 50%	6
1km(m2)	الموقع الأول معالج 25%	7
2km(m2)	الموقع الثاني معالج 25%	8
3km(m2)	الموقع الثالث معالج 25%	9

جمع العينات: جُمعت العينات من العراق محافظة صلاح الدين من حقل عجيل النفطي الذي تسرب منه النفط الى الأراضي القريبة نتيجة التخريب الإرهابي لانايب النفط ما أدى الى تدهور التربة وحصول تلوث عالي في التربة الزراعية.

طريقة الجمع: اخذت العينات على عمق 30 سنتيمتر في التربة بمقدار 5 كيلوغرام ومن 3 مواقع اذ المسافة بين موقع واخر 1 km , من مكان حصول التسرب 1km الى ابعد نقطة كانت 3km. غُزل مقدار 1 كيلوغرام من كل عينة، وأُجريت عليها اختبارات فيزيائية وكيميائية تضمنت: درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني (pH)، التوصيلية الكهربائية (EC)، المواد الصلبة الذائبة (TDS)، المواد الصلبة العالقة (TSS)، بالإضافة إلى تراكيز بعض العناصر الغذائية (N، Na، K) في مختبرات كلية الزراعة قسم التربة (مختبر التربة). وغُزلت من كل عينة 1 كيلو غرام ومن ثم خلطها مع مادة الزيولايت بنسبة 25% مرة، و 50% مرة أخرى ومن ثم أعاد عمل الاختبارات الفيزيائية والكيميائية عليها.

طرق العمل: تم وزن 50 غرام من التربة المجففة بالهواء، ووضع 50 غرام من التربة في ورق مخروطي سعة 250 مل، واضيف اليها 50 مل من الماء المقطر، ثم تم وضعها على الجهاز الهزاز لمدة 8 ساعات حتى يتم مزج الخليط بالكامل ومن ثم ترشيحها بواسطة ورق الترشيح وقمع بوخنر حتى اصبح المحلول صافياً، (تربة: محلول)، (1: 1). ثم اخذت القياسات بواسطة جهاز التوصيل الكهربائي وجهاز ال pH لثلاث قراءات ثم وجدنا المتوسط القراءات تجنباً لنسبة الخطأ.

جدول رقم 2. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لموقع حقول عجيل قبل المعالجة

الاختبارات	T	pH	Ec	TSS/ppm	TDS/ppm	N/ppm	Na/ppm	K/ppm
1km	23.2	7.49	2.74	10.6	14.0	1.86	95.5	14.4
2km	22.6	7.66	2.72	10.6	13.9	4.1	124	11.5
3km	22.6	7.77	2.68	10.6	14.0	5.88	121	11.6

اللون الأخضر يمثل ادنى قيمة، اللون الأحمر يمثل اعلى قيمة

1. درجة تفاعل التربة (pH): - قدر في مستخلص تربة: ماء (1:1) باستعمال جهاز pH-meter
2. التوصيل الكهربائي (EC): - قدرت في مستخلص تربة: ماء (1:1) باستعمال جهاز التوصيل الكهربائي (EC-meter) .
3. البوتاسيوم والصوديوم الجاهز: قدر بطريقة الاستخلاص بمحلول $CaCl_2$ M1، وقيس باستعمال جهاز اللهب Flame photometer (Martina Spark 1983).
4. النتروجين الجاهز: - قدر بعد الاستخلاص بوساطة كلوريد البوتاسيوم (KCL 2M) بجهاز التقطير البخاري (micro -kjeldahl) بطريقة (Bremner 1965) المذكورة في (Page,A.L et al.,1982)

النتائج والمناقشة

جدول رقم 3. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لموقع حقول عجيل بعد المعالجة

الاختبارات	T	pH	Ec	TSS/ppm	TDS/ppm	N/ppm	Na/ppm	K/ppm
M1	15	6.70	2.66	11.94	16.14	4.83	133	2.4
M2	15	6.77	2.71	12.04	16.24	2.03	141	1.6
M1	15	7.9	2.53	12.14	16.24	3.27	113	1.4
M2	15	7.09	2.75	12.14	16.34	4.23	192	1.6
M1	15	7.8	2.69	12.24	16.14	3.57	123	1.9
M2	15	7.9	2.75	12.14	16.34	4.55	152	12.5

اللون الأخضر يمثل ادنى قيمة، اللون الأحمر يمثل اعلى قيمة

أولاً: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة قبل المعالجة بالزبولايت

أظهرت النتائج الفيزيائية والكيميائية للتربة الملوثة بالنفط الخام في موقع حقول عجيل (قبل المعالجة) تبايناً ملحوظاً في الخصائص المقاسة باختلاف المسافة من بؤرة التلوث (1، 2، و 3 كم). سجلت درجة الحرارة أعلى قيمة عند مسافة 1 كم (23.2 °م) مقارنةً بالقيمتين عند 2 و 3 كم (22.6 °م)، مما يدل على تأثير النفط الخام في رفع درجة حرارة التربة القريبة بسبب زيادة المحتوى الكربوني وتغير الخواص الحرارية. أما قيمة الأس الهيدروجيني (pH) فقد تراوحت بين (7.49-7.77)، مما يشير إلى وسط شبه قاعدي، وهو ما يتفق مع ما ذكره (Benjeddou et al, 2023) بأن التلوث النفطي غالباً ما يؤدي إلى تغييرات طفيفة في الرقم الهيدروجيني نتيجة تحلل المركبات الهيدروكربونية وتكوين نواتج قاعدية.

وبالنسبة للتوصيلية الكهربائية (EC)، فقد تراوحت بين (2.68-2.74 dS/m)، وهي قيم تشير إلى ارتفاع نسبي في الملوحة، مما قد يؤثر سلباً على نمو النباتات. ويتوافق ذلك

مع ما توصل إليه (Al-Baldawi et al.2021) من أن الانسكابات النفطية تؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح الذائبة نتيجة التغيرات في التوازن الأيوني داخل التربة.

كما أظهرت النتائج تبايناً في العناصر الغذائية، حيث تراوحت تركيزات البوتاسيوم بين 11.5 و 14.4 ppm، بينما تراوحت تراكيز الصوديوم بين 95.5 و 124 ppm وسُجلت أقل قيمة للنيتروجين الذائب في منطقة التلوث المباشر (1 كم) وبلغت 1.86 ppm، في حين ازدادت القيم عند 2 و 3 كم (4.1 و 5.88 ppm). ويُعزى هذا الانخفاض إلى التأثير السام للهيدروكربونات على النشاط الميكروبي المسؤول عن تثبيت وتحويل النيتروجين، وهو ما أشار إليه (Okonokhua et al.2007).

وبالمثل، لم تُظهر قيم المواد الصلبة الذائبة (TDS) والمواد الصلبة العالقة (TSS) فروقاً واضحة (13.9–14.0 ppm و 10.6 ppm على التوالي)، مما يشير إلى أن التأثير الرئيس للتلوث النفطي يتركز في العناصر الغذائية والخصائص الكيميائية أكثر من تأثيره على هذه المتغيرات. بالمجمل، تؤكد هذه النتائج أن التربة الملوثة بالنفط الخام تعاني من تغيرات في خصائصها الكيميائية والفيزيائية، وخاصة فيما يتعلق بزيادة الملوحة وانخفاض محتوى النيتروجين في مناطق التلوث المباشر، وهو ما يفسر محدودية النمو النباتي في هذه المناطق، مما يستدعي اللجوء إلى وسائل معالجة فعالة مثل استخدام الزيولايت لتحسين خصائص التربة وإعادة توازنها الكيميائي.

ثانياً: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة بعد المعالجة بالزيولايت

بعد تطبيق المعالجة بالزيولايت على عينات التربة الملوثة بالنفط الخام، ظهرت تحولات ملحوظة في الخواص الفيزيائية والكيميائية. فقد انخفضت درجة الحرارة في جميع المواقع إلى (15 °م)، مقارنة بالقيم المسجلة قبل المعالجة (22.6–23.2 °م)، مما يعكس دور الزيولايت في تحسين التهوية وزيادة الاحتفاظ بالرطوبة، وبالتالي تقليل التأثير الحراري للنفط على التربة.

أما الرقم الهيدروجيني (pH) قد أظهر تغيراً باتجاه الاعتدال؛ إذ سجلت قيم تراوحت بين (6.70–7.90)، وهو ما يشير إلى قدرة الزيولايت على موازنة الوسط الكيميائي للتربة من خلال آلية التبادل الأيوني وامتصاص المركبات القاعدية الناتجة عن تحلل الهيدروكربونات. هذا يتفق مع ما ذكره (Wang et al.,2020). ضمن فعالية الزيولايت في تحسين توازن الحامضية و القاعدية للتربة الملوثة.

كما لوحظ حدوث زيادة طفيفة في قيم المواد الصلبة الذائبة (TDS) والمواد الصلبة العالقة (TSS)، إذ تراوحت بين (16.14–16.34 ppm) و (11.94–12.24 ppm) على التوالي مقارنة بالقيم قبل المعالجة. ويمكن تفسير هذا الارتفاع بقدرة الزيولايت على تحرير بعض الأيونات القابلة للذوبان أثناء عملية التبادل الكاتيوني، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه (Montalvo et al.2012) بشأن إمكانية زيادة تركيز الأملاح الذائبة في المحلول الأرضي عند استخدام الزيولايت في معالجة التربة..

من جهة العناصر الغذائية، تحسنت مستويات النيتروجين بشكل ملحوظ، إذ ارتفعت تراكيزه إلى (2.03–4.83 ppm) بعد أن كانت منخفضة جداً (1.86 ppm) عند 1 كم. (ويُعزى ذلك إلى تقليل التأثير السام للهيدروكربونات بعد المعالجة، مما سمح بزيادة النشاط الميكروبي المرتبط بدورة النيتروجين، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه (Rehakova et al . 2004) بشأن قدرة الزيولايت على تحسين نشاط الكائنات الدقيقة وتعزيز توفر النيتروجين في التربة الملوثة.

في المقابل، انخفض تركيز البوتاسيوم إلى (1.4–12.5 ppm) مقارنة بالقيم السابقة (11.5–14.4 ppm)، ويُحتمل أن يكون ذلك ناتجاً عن آلية التبادل الكاتيوني بين أيونات البوتاسيوم والكاتيونات الأخرى (Na^+ , Ca^{2+}) الموجودة في تركيب الزيولايت، وهو ما يتوافق مع ما ذكره (Mumpton , 1999) حول قدرة الزيولايت—خصوصاً الكالينوبتيلولايت—على تبادل الكاتيونات وارتباطه بانخفاض مستويات بعض المغذيات في التربة.

الاستنتاج: توضح نتائج هذه الدراسة أن تلوث التربة بالنفط الخام يؤدي إلى تغيرات واضحة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، أهمها ارتفاع الملوحة وانخفاض محتوى النيتروجين قرب بؤرة التلوث. بعد المعالجة بالزيولايت، اعتدل الرقم الهيدروجيني وانخفضت درجة الحرارة، كما تحسنت

<http://doi.org/10.25130/ISC-CS.2025.001>

تراكيز النيتروجين بشكل ملحوظ، مما يشير إلى استعادة جزئية للخصوبة البيولوجية. في المقابل، لوحظ انخفاض في تركيز البوتاسيوم وتباين في مستويات الصوديوم بسبب آليات التبادل الأيوني، وهو ما قد يؤدي إلى تراكم الصوديوم في بعض المواقع. بناءً على ذلك، يمكن اعتماد الزيولايت كمعالجة فعالة أولية لتحسين التربة الملوثة بالنفط الخام، إلا أن استدامة هذا التحسن تتطلب إجراءات تكميلية، مثل إضافة مصادر الكالسيوم أو الغسل لتقليل تراكم الصوديوم والحفاظ على التوازن الغذائي للتربة

المصادر

الساهوكي، مدحت ووهيب، كريمه محمد. 1990. تطبيقات في تصميم والتجارب. وزارة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - كلية الزراعة - جامعة بغداد -العراق.

- **Al-Baldawi, I. A., Abdullah, S. R. S., Anuar, N., Suja, F., Mushrifah, I., & Abdu, A. (2021).** Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils: A review of mechanisms and effectiveness. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101527. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101527>
- **Benjeddou, M., Sghaier, R. B., & Bouaziz, S. (2023).** Impacts of petroleum hydrocarbon contamination on soil physicochemical and biological properties: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(1), 1234–1248. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22456-5>
- **Okonokhua, B. O., Ikhajagbe, B., Anoliefo, G. O., & Emede, T. O. (2007).** The effects of spent engine oil on soil properties and growth of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 11(3), 147–152. <https://doi.org/10.4314/jasem.v11i3.55007>
- **Wang, S., Peng, Y., Zhang, L., & Xu, H. (2020).** Zeolite-based materials for the remediation of contaminated soils: Mechanisms and effectiveness. *Journal of Environmental Management*, 262, 110318. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110318>
- Abou-Baker, Nesreen H., Eman A. Ibrahim, and Mostafa M. Abd-Eladl.** "Biozeolite for improving bean production under abiotic stress conditions." *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry• Wood Industry• Agricultural Food Engineering* (2017): 151-170. https://webbut.unitbv.ro/index.php/Series_II/article/view/792
- Akaleme, I. G., C. C. Ahamuefule, and J. M. Kambele.** "EFFECTS OF CRUDE OIL SPILLAGE ON FERTILITY STATUS OF AGRICUTURAL SOILS IN OWAZA-UKWA WEST, NIGERIA." *Международный научно-исследовательский журнал* 5 (143) S (2024)
- Al-sugmany , R. Mukhlif(2017).** The genetic diversity of a number of beans plant (*Faba Vicia*) genetic compositions and their individual hybrids are loaded using RAPD PCR technology. *Journal of the Tikrit University for Agricultural Sciences –Special issue of the Sixth Scientific Conference of Agricultural Sciences.*
- Nemati, B., Baneshi, M.M., Akbari, H. et al.** Phytoremediation of pollutants in oil-contaminated soils by *Alhagi camelorum*: evaluation and modeling. *Sci Rep* 14, 5502 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56214-y>
- Zhu, A., Liu, J., Qiao, S. & Zhang, H.** Distribution and assessment of heavy metals in surface sediments from the Bohai Sea of China. *Mar. Pollut. Bull.* 153, 110901 (2020). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20300199>
- Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Kenney.** "Methods of soil analysis part 2 (agronomy monographs 9)." American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA (1982)..
- Sparks, S. K. and P. M. Huang. 1983.** Dynamics of potassium release from potassium bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. *Agron. Abster Am. Soc. Agron. Madison, WI.* P. 222.
- Al-Baldawi, I. A., Abdullah, S. R. S., Suja, F., & Anuar, N. (2021).** Phytoremediation of petroleum hydrocarbons-contaminated soil: A review of recent literature. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101527.

<http://doi.org/10.25130/ISC-CS.2025.001>

Benjeddou, O., Kchaou, M., Banni, M., & Hamza-Chaffai, A. (2023). Impact of petroleum contamination on soil chemical properties: A case study. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 5670–5682.

Okonokhua, B. O., Ikhajiagbe, B., Anoliefo, G. O., & Ekundayo, E. (2007). Assessment of the effects of crude oil pollution on soil properties, microbial population and growth of *Phaseolus vulgaris*. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 1(5), 110–113.

Montalvo, S., Guerrero, L., Borja, R., Sánchez, E., Milán, Z., Cortés, I., & Iglesias, T. (2012). Application of natural zeolites in anaerobic digestion processes: A review. *Applied Clay Science*, 58, 125–133.

Rehakova, M., Čuvanová, S., Dzivák, M., Rimár, J., & Gaval'ová, Z. (2004). Agricultural and agrochemical uses of zeolite: A review. *Soil & Water Research*, 1(1), 1–10.

Mumpton, F. A. (1999). La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(7), 3463–3470.