



(٥٥٩) (٥٧٤)

العدد التاسع
والاربعون

الاستجابات الوظيفية والنسجية لدودة الأرض *Apporrctodea trapezoids* المعرضة لتربة
مروية بمياه الصرف الصحي ومياه جوفية ذات محتوى عالي من الرصاص

خليل مهدي خليل

khaleel.24esp62@student.uomosul.edu.iq

أ.م.د. صفاء محمد محمود

mohamedsafaa213@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الصرفة، قسم علوم الحياة

المستخلص:

أجريت الدراسة الحالية لتقييم تأثير سقي التربة بمياه الصرف الصحي ومياه جوفية ذات محتوى عالٍ من الرصاص على بعض المؤشرات الحيوية في دودة الأرض *Apporrctodea trapezoids*. اشتملت الدراسة على مجاميع سيطرة ومجاميع تجريبية، إذ تضمنت مجاميع السيطرة ترباً غير ملوثة وأخرى ملوثة رُويت بالماء المقطر، في حين تضمنت المجاميع التجريبية ترباً ملوثة رُويت بمياه ملوثة بأربعة تراكيز (٣٠٪، ٦٠٪، ٩٠٪، و ١٠٠٪). وأضيفت ديدان الأرض إلى جميع المجاميع الدراسية، مع إجراء ثلاث مكررات لكل معاملة. اذ جمع عينة التربة والديدان من أحد مزارع الزيتون في منطقة الفاضلية التابعة لناحية بعشيقة قضاء الموصل ونقلها إلى المختبر وتربيتها في علب بلاستيكية وسقيها بتراكيز مختلفة من المياه الملوثة (٣٠، ٦٠، ٩٠، ١٠٠٪) كل 7 أيام ولمدة 84 يوماً، كما تم في نهاية التجربة قياس المحتوى البروتيني ومعدلات النمو النسبي والتغيرات النسيجية التي ظهرت على اجسام الديدان. أظهرت النتائج انخفاضاً واضحاً في معدلات النمو النسبي وفي المحتوى البروتيني الكلي وخاصة عند التراكيز العالية مقارنة بمجموعي السيطرة، كما أظهرت حدوث تشوهات نسيجية في المنطقة الوسطية والخلفية من جسم دودة الأرض، مثل تتخر في طبقة البشرة وتنكس في العضلات الطولية فضلاً عن تفجّي في أماكن أخرى لنسيج العضلات الدائرية ونزف في طبقة العضلات الدائرية، استنتجت هذه الدراسة ان الحساسية العالية لديدان الأرض *Apporrctodea trapezoids* تجاه الملوثات يمكن استخدامها كمؤشر حيوي واضح لتقييم تلوث التربة وتأثيراته البيئية.



الكلمات المفتاحية : مؤشرات حيوية، ديدان الارض، التلوث، مياه الصرف الصحي، المياه الجوفية.

Physiological and histological responses of the earthworm *Aporrectodea trapezoids* exposed to sewage-irrigated soil and high-lead groundwater

Khaleel Mahdi Khaleel

khaleel.24esp62@student.uomosul.edu.iq

Assistant Professor

Safaa Mohammed Mahmood

mohamedsafaa213@uomosul.edu.iq

College of Education for Pure Sciences, Department Biology, University of
Mosul

Abstract

The current study was conducted to evaluate the effect of irrigating soil with sewage and groundwater containing high levels of lead on certain biomarkers in the earthworm *Aporrectodea trapezoides*. The study included control and experimental groups; the control groups consisted of both uncontaminated and contaminated soils irrigated with distilled water, whereas the experimental groups consisted of contaminated soils irrigated with contaminated water at four concentrations (30%, 60%, 90%, and 100%). Earthworms were added to all study groups, with three replicates per treatment. Soil and earthworm samples were collected from an olive orchard in the Al-Fadhiliya area (part of the Bashiqa sub-district, Mosul district), transported to the laboratory, and reared in plastic containers; they were irrigated with varying concentrations of contaminated water (30%, 60%, 90%, and 100%) every 7 days over a period of 84 days. At the end of the experiment, protein content, relative growth rates, and histological changes in the worms' bodies were also measured. The results showed a marked decrease in relative growth rates and total protein content—particularly at high concentrations—compared to the control groups. It also revealed histological abnormalities in the mid- and posterior body regions—such as necrosis of the epidermis and degeneration of the longitudinal muscles, as well as disruption and hemorrhage within the circular muscle layer. Consequently, the study concludes that the high sensitivity of the earthworm



Aporrectodea trapezoides to pollutants makes it a clear bioindicator for assessing soil contamination and its environmental impacts.

Key words: Bioindicators, Earthworms, Pollution, Wastewater, groundwater

المقدمة: Introduction

تعد مشكلة تلوث التربة بمياه الصرف الصحي والمياه الجوفية ذات المحتوى العالي من المعادن الثقيلة من المشكلات الخطيرة التي تهدد صحة الكائنات الحية التي تعيش فيها وصولاً إلى تأثيرها على صحة الإنسان (Ray *et al.*, 2019; Masindi and Muedi, 2018)، خاصة في المناطق التي تعاني من شحة الموارد المائية، إذ أن استعمال هذه المياه الملوثة إلى تراكم الملوثات والعناصر الثقيلة في التربة مما يسبب تدهوراً في بنية التربة وخصائصها الكيميائية وحيويتها (Qadir *et al.*, 2010; Allowy, 2013)، وبشكل خاص تأثيرها على ديدان الأرض التي تعد ذات أهمية كبيرة في الدراسات البيئية لما لها من دور أساسي في تعديل بنية التربة وتحسين خصائصها الفيزيائية والكيميائية وتقييم صحة التربة، إذ يسهم نشاطها الحركي المستمر في تسخين تهوية التربة وتصريف المياه، كما تسهم تغذيتها على المواد العضوية الشبة المتحللة في زيادة خصوبة التربة ونمو وإنتاجية النباتات، وذلك من خلال إعادة تدوير العناصر الغذائية وإغنائها بالمغذيات، كما أن إفرازات ومخلفات الديدان Casting تكون غنية بالمواد العضوية المهضومة جزئياً واحتوائها على أعداد من البكتيريا والفطريات التي لها دور في تنشيط المجتمعات الميكروبية داخل التربة وتسريع عمليات التحلل ودورة العناصر الغذائية في التربة (Sizmur & Hodson, 2009; Richardson *et al.*, 2020) فضلاً عن حساسيتها العالية تجاه الملوثات المختلفة مما يجعلها مؤشراً حيوياً مهماً لتقييم صحة التربة. تعد ديدان الأرض *Aporrectodea trapezoides* من الأنواع التابعة لفصيلة Lumbricidae وهي من الديدان التي تعيش في الطبقات الوسطى والسطحية من التربة، وهي ذات جسم أسطوانى متوسط الحجم تتراوح أطوالها بين 6-22 سم، وذات حلقات جسمية متقاربة تتراوح بين 130-169 حلقة، وذات لون رمادي إلى بني داكن، كما يظهر السرج التناسلي بشكل حلقة بارزة في القطر بين الحلقات 31-35 وذات لون بني فاتح أو مائل إلى البرتقالي الفاتح (Pérez-Losada *et al.*, 2009).

إن سقي التربة بمياه الصرف الصحي الملوثة بالمعادن الثقيلة والملوثات الأخرى لها آثار سلبية على صحة التربة وبالتالي تنعكس سلباً على أداء الكائنات الحية فيها وبشكل خاص ديدان الأرض التي تكون بتماس مباشر مع مكونات التربة، إذ تسبب هذه المعادن أجهادا تأكسدياً يؤدي إلى تدهور



الخلايا وانخفاض في كفاءة الانزيمات المسؤولة عن عمليات الايض والنمو, Edwards and, (1996) Bohlen, (2007) Nahmani *et al.*

إن الرصاص من العناصر الأكثر سمية، كونها تتراكم داخل أنسجة الكائن الحي مسبباً تأثيراً سلبياً على الكائن الحي كضعف النشاط الحركي وتشوهات مظهرية وانخفاضاً في معدلات النمو (Sizmur&Hodson, 2009)، فضلاً عن أن لديدان الأرض القدرة على التكيف وتحمل الاجهاد البيئي تحت مستويات معينة من التلوث، وذلك من خلال امتلاكها آليات دفاعية تعمل على عزل المعادن داخل أنسجة خاصة أو ربطها بالبروتينات كالميثالوثيونين، كما أن المجتمع الميكروبي المتواجد في أمعاء الديدان لها دور في تقليل سمية المعادن الثقيلة من خلال تحويلها إلى صور أقل ضرراً (Spurgeon&Hopkin, 1996). تبرز أهمية الديدان في الدراسات البيئية من حيث أنها تظهر العديد من الاستجابات تجاه الملوثات في التربة، وبذلك تعتبر من المؤشرات الحيوية المهمة لتقييم تلوث التربة (Roubalová *et al.*, 2015).

هدفت الدراسة الحالية إلى تحديد تأثير التلوث على معدل النمو النسبي في ديدان الأرض *Apporctodea trapezoids* ومدى تأثر المحتوى البروتيني لأجسامها، فضلاً عن تحديد التغيرات والتشوهات النسيجية تحت تأثير الملوثات وخاصة العناصر الثقيلة والتي تعد مؤشراً حيوياً واضحاً لتقييم تلوث التربة وتأثيراته البيئية.

المواد وطرائق العمل: Materials and Methods

جمع عينات ديدان الأرض والتربة والمياه

جمعت عينات ديدان الأرض من أحد مزارع الزيتون في منطقة الفاضلية التابعة لناحية بعشيقية محافظة نينوى، خلال الفترة من شهر آذار إلى شهر حزيران لسنة 2026، حفظت عينات الديدان واستمر تغذيتها لحين استعمالها لاحقاً في المختبر. كما تم جمع عينات التربة من نفس المزرعة التي أخذت منها عينات الديدان، كما تم جمع عينة تربة السيطرة من أحد حدائق جامعة الموصل، إضافة إلى ذلك أخذت عينة من المياه التي تسقى بها هذه المزرعة وهي مياه الصرف الصحي ومياه جوفية ذات محتوى عالية من الرصاص والكبريت.

تحليل خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية نسجة التربة

تم تحديد نسجة التربة بالاعتماد على الطريقة المتبعة في الدراسات البيئية وهي (United States Department of Agriculture)، وإجري تصنيفها وفق مثلث القوام، فكانت نتائج نسبة مفصولات التربة، الرمل 34.05، والطين 29.45، والغرين 36.5 أي تربة طينية مزيجية.

قياس محتوى الرطوبة للتربة

تم تحديد محتوى الرطوبة للتربة بحسب طريقة Hesse و Hesse (1971). وتم حساب المحتوى حسب المعادلة:

$$\text{محتوى الرطوبة للتربة} = \text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة} / 100 \times 100$$

كما تم قياس بعض الخصائص الكيميائية ونسبة العناصر في التربة بالاعتماد على طرق تحليلية منهجية معتمدة في مختبرات تحليل التربة والمياه (Ryan et al., 2001)، كما موضح في الجدول (1)

جدول (1) يوضح الخصائص الكيميائية ونسبة العناصر لعينات التربة والمياه المدروسة

العناصر والخصائص الكيميائية للتربة	المنطقة المدروسة		
	الكونترول	التربة	الماء
N ppm	0.0059	0.0053	12%
P ppm	0.1	7.69	0.01
K ppm	116	224	12
pH	8.2	8.38	7.22
Ec mS/cm	0.9	2.60	5.30
SO ₄ ppm	170.04	55.12	4.16
Zn ppm	8.88	2.59	0.17
Pb ppm	7.37	2.71	20.35
Cr ppm	5.73	3.63	0.04
PO ₄ ppm	0.31	0.22	2.22

المجاميع الدراسية: Study Groups

اشتملت الدراسة على مجموعتين رئيسيتين، هما مجموعة السيطرة (Control group) والمجاميع التجريبية (Experimental groups). تضمنت مجموعة السيطرة معاملتين، الأولى تربة غير ملوثة زويت بالماء المقطر، والثانية تربة ملوثة زويت بالماء المقطر، اما المجاميع التجريبية فتضمنت تربة ملوثة زويت بمياه ملوثة بأربعة تراكيز هي (٣٠ ، ٦٠ ، ٩٠ ، ١٠٠%) مع اجراء ثلاث مكررات لكل معاملة. وقد أضيفت الديدان إلى جميع المجاميع الدراسية.

الاختبارات النسجية: Histological tests

حضرت المقاطع النسيجية لديدان الأرض *Apporrtodea trapezoids* لدراسة التغيرات النسيجية تحت تأثير التلوث و بحسب طريقة (Azevedo et al., 2025)، اذ ثبتت العينات بعد تشريحها باستعمال محلول بوين Bouin's fixative لمدة 72 ساعة، ثم غسلت بكحول 70% عدة مرات وأزيل منها الماء تدريجيا بسلسلة تصاعدية من تراكيز الكحول الايثيلي (٧٠، ٨٠، ٩٠، ١٠٠%) وللمدة ٣٠ دقيقة لكل تركيز، بعد ذلك اجري ترويقها مرتين بالزليلين و لمدة ١٥ دقيقة وارتشاحها بشمع البرافين لمدة ١٥ دقيقة، ثم طمرت العينات وشذبت وقطعت باستعمال جهاز المشراح الدوار بسمك 5-8 مايكرومتر للحصول على مقاطع نسيجية رقيقة، نقلت العينات على شرائح زجاجية ثم لونت بملون الإيوسين والهيماتوكسولين النسيجية المناسبة، ثم فحصت وصورت باستعمال المجهر الضوئي المركب الزود بكامة تصوير من نوع Olympus DP27.

تقدير محتوى البروتين في أجسام ديدان الأرض

تم حساب المحتوى البروتيني في اجسام الديدان في نهاية التجربة لتقييم استجابة ديدان الأرض تجاه الملوثات وتحديد تأثير الملوثات على الأنسجة، وبحسب طريقة (Amaya-Vías et al., 2025) اذ تم قياس البروتين اعتمادا على المطياف الضوئي، ومقارنة الامتصاصية بمنحني قياسي. تقدير معدل النمو النسبي لأوزان ديدان الأرض.

تم اخذ اوزان الديدان المستعملة في هذه الدراسة قبل المعاملة وبعدها، وذلك لمعرفة مدى تاثير المعاملات على معدل النمو النسبي لهذه الديدان، كما تم حسابا على طريقة Sogbesan و Ugwumba (2006) بالمعادلة التالية:

$$\text{معدل النمو النسبي (RGR)} = \frac{(\text{الوزن بعد المعاملة} \div \text{الوزن قبل المعاملة}) \times 100}{\text{الوقت}}$$

النتائج: Results



التغيرات في معدل النمو النسبي للديدان.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن مجموعة السيطرة الأولى (تربة نظيفة تسقى بمياه نظيفة) معدل النمو النسبي فيها 54.33% في حين بلغت معدل النمو النسبي لمجموعة السيطرة الثانية (تربة ملوثة تسقى مياه نظيفة) 71.85% حيث أظهرت مجموعة السيطرة الثانية ارتفاعاً معنوياً واضحاً في معدل النمو النسبي مقارنة بالسيطرة الأولى. أما بالنسبة لمعدلات تأثير التراكيز فقد لوحظ أن أعلى انخفاض في معدل النمو النسبي سجلت عند التركيز 90% بلغت 48.61%، إذ أظهرت فرقاً معنوياً واضحاً مع مجموعتي السيطرة، تليها التركيز 100% الذي سجل 51.12%.

بينت نتائج الفترة الزمنية في معدل النمو النسبي لديدان الأرض، أن هناك انخفاضاً تدريجياً في معدل النمو النسبي وكان هذا الانخفاض عكسياً مع زيادة الفترة الزمنية مع وجود فروقات معنوية واضحة فيما بينها. أما بالنسبة لتأثير التداخل ما بين التركيز والفترة الزمنية في معدل النمو النسبي لديدان الأرض فقد أظهرت النتائج أن بعض التداخلات ما بين التركيز والفترة الزمنية قد سجلت تأثيراً معنوياً واضحاً في الانخفاض مقارنة بمجموعتي السيطرة، إذ وجد أن أعلى انخفاض في معدل النمو النسبي كان عند التراكيز 90 و 100% وخلال جميع الفترات الزمنية (14، 28، 42، 56، 70 و 84) يوماً والتي أظهرت انخفاضاً معنوياً في معدل النمو النسبي مقارنة بمجموعة السيطرة الثانية، كما سجلت التراكيز 90 و 100% عند الفترة الزمنية 70 و 84 يوماً انخفاضاً معنوياً مقارنة بمجموعتي السيطرة (جدول ٢).

جدول (2) يوضح تأثير معاملة ديدان الأرض *Aporrectodea trapezoides* في التربة الملوثة للمنطقة المدروسة في معدل النمو النسبي للديدان.

الفترة الزمنية التركيز	14 يوما	28 يوما	42 يوما	56 يوما	70 يوما	84 يوما	معدل تأثير التركيز
Control 1	80.56 b-d	57.95 h-j	52.32 i-m	47.93 j-n	44.78 l-p	42.44 m-p	54.33 cd
Control 2	90.82 a	82.90 a-c	72.24 d-f	67.78 e-h	61.45 g-i	55.90 i-k	71.85 a
30 %	87.82 ab	72.91 c-f	61.97 g-i	57.31 h-j	52.00 i-m	40.13 n-q	62.02 b
60 %	78.09 b-e	69.43 e-g	57.38 h-j	54.69 i-l	45.77 k-o	31.27 q-s	56.11 c
90 %	75.12 c-f	58.92 hi	51.20 i-m	45.16 k-o	35.85 o-r	25.41 s	48.61 e
100 %	78.01 b-e	67.23 f-h	54.55 i-l	45.72 k-o	34.87 s	26.32 rs	51.12 de
معدل تأثير الفترة الزمنية	81.74 a	68.22 b	58.28 c	53.10 d	45.79 e	36.91 f	

*الأرقام التي تحمل أحرفاً مختلفة تختلف عن بعضها إحصائياً عند مستوى احتمال (0.05)

وحسب اختبار دنكن المتعدد المدى.

التغيرات في المحتوى البروتيني.

يبين الجدول (3) تأثير معاملة ديدان الأرض *Aporrectodea trapezoides* في التربة الملوثة لهذه المنطقة والتي تسقى بتركيزات 30، 60، 90، 100% من المياه الملوثة على المحتوى البروتيني لأجسام الديدان، إذ سجلت مجموعة السيطرة الثانية (تربة ملوثة تسقى بمياه نظيفة) نسبة المحتوى البروتيني كانت 0.057 ملغم/ غم اقل من مجموعة السيطرة الأولى (تربة نظيفة تسقى مياه نظيفة) حيث كانت نسبة المحتوى البروتيني فيها 0.059 ملغم/ غم ، مما يعكس تأثير تلوث التربة على

المحتوى البروتيني لأجسام الديدان، أما عند التراكيز المختلفة فقد أظهرت جميع التراكيز تأثيراً معنوياً واضحاً في انخفاض المحتوى البروتيني، إذ سجلت أعلى انخفاض عند التركيز 90، 100 % بلغت 0.047 ملغم/ غم لكليهما، تليها التراكيز 30، 60 % وكانت نسبتها 0.051، 0.052 ملغم/ غم على التوالي والتي أظهرت فرقا معنوياً مع مجموعتي السيطرة. كما أظهرت النتائج انخفاضاً في المحتوى البروتيني بشكل خاص عند التركيز المنخفض (30%) و التراكيز المرتفعة (90، 100%).

جدول (3) تأثير تربية ديدان الأرض *Aporrectodea trapezoides* في التربة الملوثة للمنطقة المدروسة على المحتوى البروتيني في اجسامها.

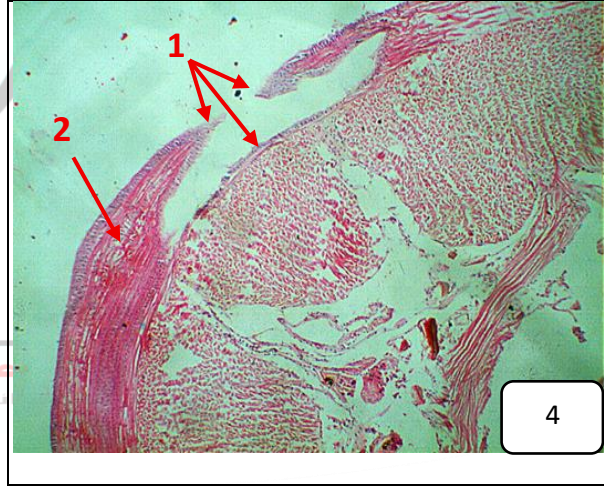
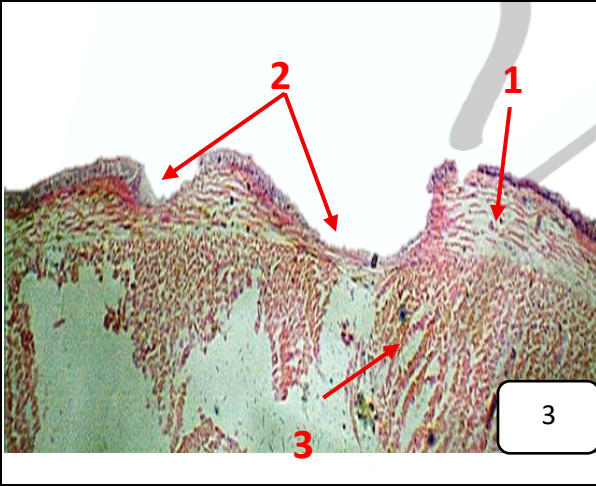
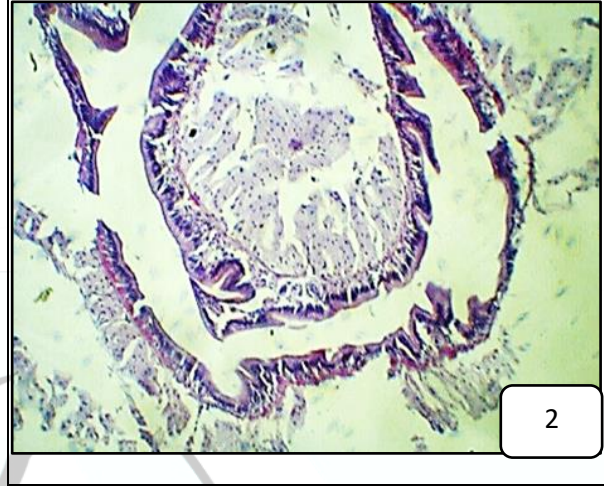
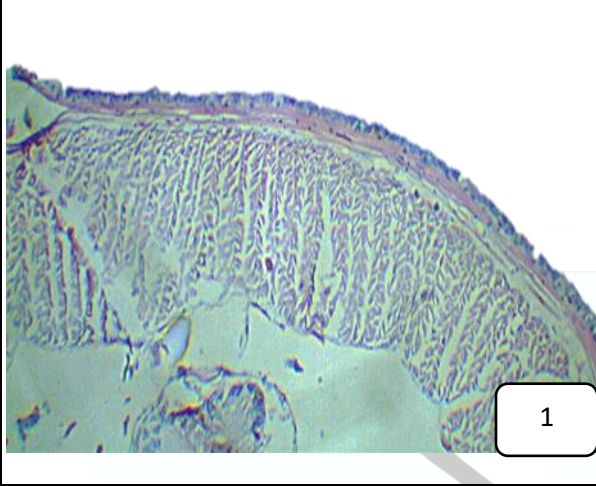
التركيز	Control 1	Control 2	30%	60%	90%	100%
محتوى البروتين	0.059	0.057	0.051	0.052	0.047	0.047
ملغم/ غم	a	b	d	c	e	e

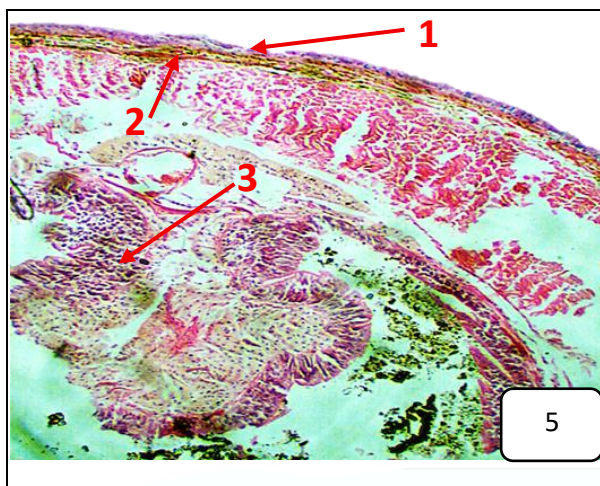
*الأرقام التي تحمل أحرفاً مختلفة تختلف عن بعضها إحصائياً عند مستوى احتمال (0.05) وحسب اختبار دنكن المتعدد المدى.

التغيرات النسيجية

أظهرت نتائج دراسة المقاطع النسيجية لأجسام ديدان الأرض *Aporrectodea trapezoides* المعاملة بتراكيز مختلفة من التلوث ولفترة ٨٤ يوماً حدوث تشوهات نسيجية واضحة في أنسجة الديدان المعاملة مقارنة بالديدان من مجموعتي السيطرة. إذ توضح الشكل (١-٢) مقطع مستعرض لجدار الجسم والقناة الهضمية في دودة الأرض *Aporrectodea trapezoides* من مجموعة السيطرة، التركيب النسيجي السليم الخالي من التشوهات أو التغيرات المرضية. أما عند التركيز ٣٠% بعد ٨٤ يوماً من بدء التجربة، فقد ظهر حدوث تفجّي في نسيج العضلات الدائرية، مع تنخر في طبقة البشرة امتد إلى طبقة العضلات الدائرية، فضلاً عن حدوث تنكس في طبقة نسيج العضلات الطولية للمنطقة الوسطية من الجسم. أما بالنسبة للتغيرات النسيجية في المنطقة الخلفية من الجسم فقد أظهرت حدوث تنخر في طبقة البشرة امتد إلى طبقة العضلات الدائرية، مع حدوث تفجّي في أماكن أخرى لطبقة نسيج العضلات الدائرية شكل (٣-٤). أما التركيز ٦٠% فقد أظهرت البشرة وجود تنكس واختزال في سمكها، مع نزف في طبقة العضلات الدائرية، وتنكس في ظهارية

القناة الهضمية للمنطقة الوسطية من الجسم، اما المنطقة الخلفية من الجسم فقد اظهرت تنكس في جميع طبقات جدار الجسم وظهارية القناة الهضمية مع انفصال طبقة العضلات الدائرية عن الطولية شكل (٥-٦).





شكل: (1). مقطع مستعرض لجدار الجسم في دودة الأرض *Aporrectodea trapezoides* من مجموعة السيطرة، صبغة H. & E. X ٤٠.

شكل: (2). مقطع مستعرض للقناة الهضمية في دودة الأرض من مجموعة السيطرة، صبغة H. & E. X ٤٠.

شكل: (3). مقطع مستعرض للمنطقة الوسطية من جسم دودة الأرض المعاملة بتركيز 30% ولفترة 84 يوما من بدء التجربة، اظهرت حدوث تفجفي في العضلات الدائرية (1) مع حدوث تنخر في طبقة البشرة امتد إلى طبقة العضلات الدائرية (2) وحدث تنكس في طبقة العضلات الطولية (3) صبغة H. & E. X ٤٠.

شكل: (4). مقطع مستعرض للمنطقة الخلفية من جسم دودة الأرض المعاملة بتركيز 30% ولفترة 84 يوما من بدء التجربة يلاحظ حدوث نخر في طبقة البشرة يمتد حتى طبقة العضلات الدائرية (1) مع حدوث تفجفي في اماكن اخرى لطبقة العضلات الدائرية (2). صبغة H. & E. X ٤٠.

شكل: (5). مقطع مستعرض للمنطقة الوسطية من جسم دودة الأرض المعاملة بتركيز 60% ولفترة 84 يوما من بدء التجربة، يلاحظ حدوث تنكس في طبقة البشرة واختزال سمكها (1) وحدث نزف في طبقة العضلات الدائرية (2) وحدث تنكس في ظهارية القناة الهضمية (3). صبغة H. & E. X ٤٠.

شكل: (6). مقطع مستعرض للمنطقة الخلفية من جسم دودة الأرض المعاملة بتركيز 60% بعد فترة 84 يوما من بدء التجربة، يلاحظ حدوث تنكس في جميع طبقات جدار الجسم وظهارية القناة الهضمية مع انفصال طبقة العضلات الدائرية عن الطولية. صبغة H. & E. X ٤٠.

المناقشة: Discussion

التغيرات في معدل النمو النسبي.

بينت نتائج الدراسة الحالية ان معدل النمو النسبي في الجدول (2) بالنسبة لمعدل تأثير التراكيز المختلفة أظهرت مجموعة السيطرة الأولى (تربة نظيفة تروى بمياه نظيفة) معدل نمو نسبي بلغت 54.33% وهي اقل مقارنة بمعدل النمو النسبي في مجموعة السيطرة الثانية (تربة ملوثة تروى بمياه نظيفة) التي بلغت 71.85%، وقد يعزى ذلك إلى قلة المواد العضوية التي تتغذى عليها الديدان في التربة النظيفة. كما ان معدلات النمو النسبي في التراكيز العالية كانت اقل مقارنة بالتراكيز المنخفضة والمتوسطة، وقد يعزى ذلك إلى تأثير التراكم الحيوي للعناصر الثقيلة في أنسجة الديدان التي سببت اضطرابا في العمليات الأيضية وبالتالي استهلاك للطاقة في عمليات المقاومة والتكيف. توافقت نتائج هذه الدراسة نسبيا مع ما توصل اليه Duan وآخرون (2015) اذ عند معاملة دودة الأرض *Eisenia fetida* بالتربة الملوثة بالبنزو (أ) بيرين (BaP) benzo[a]pyrene وهي من الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs)، لوحظ حدوث تغيرات في الكتلة الحيوية ومعدلات النمو ونشاط انزيمات مضادات الاكسدة نتيجة للإجهاد التأكسدي، إضافة إلى حدوث تلف في الحامض النووي DNA لدودة الأرض. كما اتفقت نتائج هذه الدراسة نسبيا مع ما توصل اليه McGuirk وآخرون (2020) عند تربية ديدان الأرض في تربة المناطق القريبة من مخلفات مناجم الذهب، اذ أظهرت الديدان سلوك التجنب للتربة الملوثة مقارنة بالتربة الطبيعية الغير الملوثة مما تعكس حساسية ديدان الأرض تجاه الملوثات المعدنية.

تغيرات المحتوى البروتيني.

بينت نتائج المحتوى البروتيني الكلي لأنسجة الديدان في الجدول (3) أن المحتوى البروتيني في أنسجة ديدان مجموعة السيطرة الأولى (تربة نظيفة تروى بمياه نظيفة) بلغت 0.059 وهي اعلى مقارنة بنسبة المحتوى البروتيني في مجموعة السيطرة الثانية (تربة ملوثة تروى بمياه نظيفة) التي سجلت 0.057، كما ان التراكيز العالية سجلت محتوى البروتيني اقل مقارنة بالتراكيز المنخفضة، ويعزى الانخفاض عند التراكيز المنخفضة إلى عدم تحفيز الاستجابة المناعية للديدان بشكل كافٍ الامر الذي يجعلها اكثر عرضة لتأثير الاجهاد السمي دون تفعيل آليات التكيف، أما بالنسبة للتراكيز المرتفعة فيعود ذلك إلى ان السمية العالية تسبب تحفيز الجهاز المناعي لإنتاج الانزيمات والبروتينات الدفاعية بكثرة وبالتالي تسبب استهلاك الأحماض الأمينية أو البروتينات داخل الجسم، أو نتيجة



لتثبيط تخليق البروتينات، في حين عند التراكيز المتوسطة تحدث استجابة متباينة بسبب قدرة الديدان على التكيف الجزئي وتعزيز آلياتها الفسيولوجية لمقاومة الاجهاد. كما يعزى ذلك إلى توفر الظروف البيئية المثلى لنمو الديدان في مجموعة السيطرة الاولى مقارنة بالسيطرة الثانية. كما ان زيادة مستويات التلوث أدى إلى تثبيط تصنيع البروتين او استهلاكها كمصدر للطاقة تحت ظروف الاجهاد البيئي. اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Ray وآخرون (2019) انه عند تربية ديدان الأرض في التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة كالرصاص والكاديوم والكروم والزنك في المناطق الصناعية والزراعية من ولاية بنغال الغربية في الهند، اذ سبب اجهادا تأكسديا واضطرابا في عمليات الايض داخل خلايا الديدان، مما أدى إلى انخفاض نسبة البروتين الكلي من خلال استهلاكه او تحلله. كما تقاربت نتائج هذه الدراسة مع ما وجده Yadav وآخرون (2023) انه عند دراسة تأثير المعادن الثقيلة كالكاديوم والرصاص في المحتوى البروتيني في اجسام ديدان الأرض، حيث لوحظ ارتفاع في محتوى البروتين عند التراكيز المنخفضة من التلوث نتيجة الاستجابة المناعية لها، في حين لوحظ ان التراكيز العالية سببت انخفاضا في محتوى البروتين الكلي وقد يعزى ذلك إلى تأثيرها السام على الديدان من خلال ارتباط هذه المعادن بالبروتينات مسببا تلفها وتعطيل الانزيمات.

التغيرات النسجية.

تطابقت نتائج الدراسة الحالية من معاملات ديدان الارض *Aporrectodea trapezoides* بمستويات مختلفة من ملوثات التربة والمياه مع ما وجده Lourenço وآخرون (2011) في دراسة التغيرات النسجية لدودة الأرض *Eisenia andrei* المعاملة بتربة ملوثة بالمعادن والنويات المشعة بالقرب من منجم يورانيوم مشع ولفترة 56 يوما، اذ بينت النتائج بعد 14 يوما من بدء التجربة حدوث تغيرات نسيجية في جميع الأنسجة باستثناء البطانة الظهارية المعوية، اذ أظهرت البشرة وجود مسافات كبيرة بين الخلايا وفقدان للسلامة الهيكلية. بينما ظهرت التغيرات النسجية اكثر شدة بعد مرور ٥٦ يوم، حيث تدهورت البشرة ولوحظ فيها تتخر مما أدى إلى كشف طبقة العضلات الدائرية وفقدان واسع للتنظيم البنيوي وفقدان لخصائص التلوين. كما تقاربت نتائج هذه الدراسة مع ما توصل اليه Fernando وآخرون (2015) في دراسة التغيرات النسجية في جدار جسم دودة الأرض الاستوائية *Eudrilus eugeniae* المعرضة للكروم سداسي التكافؤ، حيث أظهرت تفكك في حواف الخلايا واندماجها مع النسيج الظهاري عند تعرضها لتركيز 0.24 ملغم/ كغم. اما عند تعرضها



لتركيز 893 ملغم/ كغم فقد حدث ضرر كبيرا في النسيج الظهاري حيث تفتت بالكامل وفقدت طبقة الخلايا الظهارية تماما في بعض المناطق.

الاستنتاجات

تُظهر الدراسة الحالية أن معاملة ديدان الأرض بتربة ملوثة ومياه ملوثة (صرف الصحي و جوفية) لها تأثير كبير على الفعاليات الحيوية للديدان كمعدل نموها ومحتواها البروتيني اذ ادى التعرض لهذه الملوثات إلى انخفاض نموها في جميع التراكيز المستخدمة وانخفض محتواها البروتيني مقارنة مع مجموعتي السيطرة فضلا عن إلى حدوث تغيرات نسيجية نتيجة للتعرض للملوثات ويعزى هذا الانخفاض عند التراكيز العالية إلى عدم تحفيز الاستجابة المناعية للديدان بشكل كافٍ الامر الذي يجعلها اكثر عرضة لتأثير الاجهاد السمي دون تفعيل آليات التكيف، اما بالنسبة للتراكيز المنخفضة فيعود ذلك إلى أن السمية العالية تسبب تحفيز الجهاز المناعي لإنتاج الانزيمات والبروتينات الدفاعية بكثرة وبالتالي تسبب استهلاك الحموض الامينية او البروتينات داخل الجسم، او نتيجة لتثبيط تخليق البروتينات، في حين عند التراكيز المتوسطة تحدث استجابة متباينة بسبب قدرة الديدان على التكيف الجزئي وتعزيز آلياتها الفسيولوجية لمقاومة الاجهاد.

References:

1. Alloway, B. J. (2013). Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. *Heavy Metals in Soils*, 22, 4-18.
2. Amaya-Vías, D., Albendín, G., Aranda-Quirós, V., Rodríguez-Barroso, R., Coello, D., & Arellano, J. M. (2025). Thermoset Polyester Resin Microplastics: Effects on Enzymatic Biomarkers and Toxicological Endpoint Responses of *Eisenia fetida* Earthworms. *Toxics*, 13(7), 602.
3. Azevedo, T., Silva-Reis, R., Medeiros-Fonseca, B., Gonçalves, M., Mendes, G., Roboredo, M., ... & Coimbra, A. M. (2025). Do (xeno) estrogens pose a risk to earthworms? Soy isoflavones and estradiol impact gonad structure and induce oxidative stress in *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 377, 144315.
4. Duan, X., Xu, L., Song, J., Jiao, J., Liu, M., Hu, F., & Li, H. (2015). Effects of benzo [a] pyrene on growth, the antioxidant system, and DNA damage in earthworms (*Eisenia fetida*) in 2 different soil types under



laboratory conditions. *Environmental toxicology and chemistry*, 34(2), 283-290.

5. Edwards, C. A., Bohlen, P. J., Hendrix, P., & Arancon, N. (1996). *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). London: Chapman&Hall.

6. Fernando, V. K., Perera, I. C., Dangalle, C. D., Premawansa, S., & Wijesinghe, M. R. (2015). Histological alterations in the body wall of the tropical earthworm *Eudrilus eugeniae* exposed to hexavalent chromium. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 94(6), 744-748.

7. Hesse, P. R., & Hesse, P. R. (1971). *A textbook of soil chemical analysis*.

8. Hussain, M., Liaqat, I., Mubin, M., Nisar, B., Shahzad, K., Durrani, A. I., ... & Rubab, S. (2022). DNA barcoding: Molecular identification and Phylogenetic analysis of pheretimoid earthworm (*Metaphire* sp. and *Amyntas* sp.) based on mitochondrial partial COI gene from Sialkot, Pakistan. *Journal of Oleo Science*, 71(1), 83-93.

9. Lourenço, J., Silva, A., Carvalho, F., Oliveira, J., Malta, M., Mendo, S., ... & Pereira, R. (2011). Histopathological changes in the earthworm *Eisenia andrei* associated with the exposure to metals and radionuclides. *Chemosphere*, 85(10), 1630-1634.

10. Masindi, V., & Muedi, K. L. (2018). Environmental contamination by heavy metals. *Heavy metals*, 10(4), 115-133.

11. McGuirk, B., Theron, P., & Maboeta, M. (2020). The effects of different gold mine tailings on growth, reproduction and avoidance-behaviour of earthworms. *African Zoology*, 55(1), 35-42.

12. Nahmani, J., Hodson, M. E., & Black, S. (2007). A review of studies performed to assess metal uptake by earthworms. *Environmental pollution*, 145(2), 402-424.

13. Pérez-Losada, M., Ricoy, M., Marshall, J. C., & Domínguez, J. (2009). Phylogenetic assessment of the earthworm *Aporrectodea trapezoides* species complex (Oligochaeta: Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52(2), 293-302.



- 14.Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P. G., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P. S. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural water management*, 97(4), 561-568.
- 15.Ray, S., Gautam, A., Ray, A., Das, S., & Ray, M. (2019). Analysis of oxidative stress and cellular aggregation in the coelomocytes of earthworms collected from metal contaminated sites of industrial and agricultural soils of West Bengal, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22), 22625-22640.
- 16.Richardson, J. B., Görres, J. H., & Sizmur, T. (2020). Synthesis of earthworm trace metal uptake and bioaccumulation data: Role of soil concentration, earthworm ecophysiology, and experimental design. *Environmental Pollution*, 262, 114126.
- 17.Roubalová, R., Procházková, P., Dvořák, J., Škanta, F., & Bilej, M. (2015). The role of earthworm defense mechanisms in ecotoxicity studies. *Invertebrate Survival Journal*, 12(1), 203-213.
- 18.Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). *Soil and plant analysis laboratory manual*. ICARDA.
- 19.Sizmur, T., & Hodson, M. E. (2009). Do earthworms impact metal mobility and availability in soil?—A review. *Environmental pollution*, 157(7), 1981-1989.
- 20.Sogbesan, A.O. and Ugwumba. A.A.A. (2006). Effect of different substrates on growth and productivity of Nigeria semiaridzone earthworm (*Hyperiodrilus euryaulos* Clausen 1842). (Oligochaeta: Eudrinae). *World Journal of Zoology* 1(2): 103 –112.
- 21.Spurgeon, D. J., & Hopkin, S. P. (1996). Effects of Metal-Contaminated Soils on the Growth, Sexual Development, and Early Cocoon Production of the Earthworm *Eisenia fetida*, with Particular Reference to Zinc. *Ecotoxicology and environmental safety*, 35(1), 86-95.
- 22.Yadav, R., Kumar, R., Gupta, R. K., Kaur, T., Kour, A., Kaur, S., & Rajput, A. (2023). Heavy metal toxicity in earthworms and its environmental implications: A review. *Environmental Advances*, 12, 100374.