



# دراسة مسببات تلوث التربة بالعناصر الثقيلة

إعداد الطابات :

زهراء طالب جبار فاطمة حسن حميد

بإشراف :

أ.م.د. نيران عدنان النقيب

## • الخلاصة

تلوث التربة بالعناصر الثقيلة هو مشكلة بيئية خطيرة تؤثر على صحة الإنسان والبيئة. يحدث هذا التلوث نتيجة للأنشطة البشرية مثل الاستخراج الصناعي، واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية، وإطلاق النفايات الصناعية.

هذه العناصر الثقيلة، مثل الرصاص والزنك والكاديوم، يمكن أن تتراكم في التربة وتؤثر على النباتات والحيوانات. كما يمكن أن تؤدي إلى تأثيرات صحية سلبية على الإنسان، مثل الإصابة بالسرطان وتأثيرات على الجهاز العصبي.

من الضروري اتخاذ إجراءات وقائية لمنع تلوث التربة وتقليل تأثيرات العناصر الثقيلة على البيئة والصحة العامة.

## • المقدمة

يُعرف التلوث بأنه إدخال الملوثات إلى البيئة بطريقة تجعلها غير آمنة أو غير مناسبة للاستخدام، ويشمل ذلك أشكالاً متعددة مثل المواد الكيميائية والطاقة (بما في ذلك الضوضاء الحرارة والضوء، المواد البيولوجية وقد تنشأ هذه الملوثات من مصادر طبيعية أو بشرية،

أما المعادن الثقيلة فتعرف بأنها المعادن التي تمتلك كثافة نوعية تزيد عن 5 غم /سم<sup>3</sup>، أو تلك العناصر الكيميائية ذات الكثافة الأكبر من 4 غم / سم<sup>3</sup> ، والتي تتواجد بصورة طبيعية في مختلف أنواع التربة، الصخور، والمياه

## • المقدمة

وتعد هذه العناصر سامة أو مسببة للتسمم حتى عند وجودها بتركيزات منخفضة وتعد هذه العناصر جزءاً طبيعياً من مكونات القشرة الأرضية، إلا أن شكلها الكيميائي الحيوي يمكن أن يتبدل تبعاً للعوامل البيئية المختلفة

وتعرض التربة للملوثات البيئية، وخاصة العناصر الثقيلة، قد يؤدي إلى تغيرات خطيرة في خواصها الأساسية. فالعناصر السامة مثل الرصاص والكاديوم والزنك تتراكم في التربة، مما يقلل من خصوبتها ويغير تركيبها الكيميائي، ويؤثر سلباً على الكائنات الحية الدقيقة التي تلعب دوراً حيوياً في دورة المواد الغذائية. كما أن الملوثات قد تسبب اضطراباً في توازن الماء والهواء داخل التربة، مما يؤدي إلى تدهور قدرتها على دعم النباتات والأنظمة البيئية الطبيعية

## • التربة تعريفها وأنواعها

وتُعرف التربة بأنها الطبقة السطحية الهشة أو المفتتة من القشرة الأرضية، التي تشكلت عبر آلاف السنين نتيجة عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية للصخور، والتفاعلات الحيوية للكائنات الدقيقة والنباتات

ويمكن تصنيفها إلى عدة أنواع رئيسية، أبرزها:

- التربة الرملية ذات حبيبات خشنة وقدرة تصريف عالية، لكنها فقيرة بالعناصر الغذائية.
- التربة الطينية ذات حبيبات دقيقة، تحتفظ بالماء بكفاءة لكنها تعاني من ضعف التهوية.
- التربة الطميية مزيج متوازن من الرمل والطين، تعتبر مثالية للزراعة.
- التربة الجيرية غنية بكاربونات الكالسيوم، تنتشر في البيئات الجافة وشبه الجافة

## • تأثير تلوث التربة على البيئة

- خلل في توازن النظام البيئي الأرضي : تؤثر العناصر الثقيلة على الكائنات الحية الدقيقة في التربة، مما يضعف وظائف النظام البيئي.
- تدهور النشاط الميكروبي الحيوي : المعادن الثقيلة تسبب أيضاً تثبيطاً للأنزيمات الضرورية التي تفرزها الميكروبات مثل أنزيم الديهيدروجينيز والفوسفاتاز
- أضرار في أنسجة النبات :فإن تعرضها لتركيزات مرتفعة من العناصر الثقيلة يؤدي إلى خلل في العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية الأساسية ، وتسبب أضراراً في نسيج الجذر كتشوه في خلايا القشرة، تحلل الأنسجة الوعائية، وانخفاض في إنتاج الشعيرات الجذرية، مما يحد من قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية الأساسية ، كما ان تراكم العناصر الثقيلة داخل الخلايا النباتية يزيد من إنتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) التي تسبب إجهاداً تأكسدياً يدمر البروتينات والدهون والـ DNA داخل الخلية

## • اسباب تلوث التربة بالعناصر الثقيلة

1. الأنشطة الصناعية : تشمل المصانع، التعدين، إستخراج المعادن، الصناعات الكيميائية ، النفايات الصناعية والمصانع التي تستخدم الوقود الاحفوري وتؤدي إلى إطلاق عناصر مثل الرصاص والكاديوم والزنبق.

2. الممارسات الزراعية المكثفة : الاستخدام المفرط للأسمدة الفوسفاتية والمبيدات الحشرية وكذلك إستخدام مياه ري ملوثة والتخلص من المخلفات الزراعية والعضوية غير المعالجة

3. النفايات الحضرية والصناعية : التخلص غير السليم من النفايات الصلبة والمخلفات الصناعية ومياه الصرف الصحي غير المعالجة او المعالجة جزئياً

## • اسباب تلوث التربة بالعناصر الثقيلة

4. التلوث الناتج عن حركة المرور: ينتج من بقايا الوقود وتآكل اجزاء السيارات وكذلك إحتكاك الفرامل والإطارات معادن ثقيلة مثل الرصاص والزنك، وتتراكم في التربة المجاورة للطرق.
5. المصادر الطبيعية : تشمل التجوية الطبيعية للصخور والنشاط البركاني ، والتسربات الجوفية المعدنية وهي مصادر غير مباشرة ولكنها موجودة.





صور توضح مصادر تلوث التربة بالنفايات  
ومياه السقي الملوثة

## • طرق إنتقال العناصر الثقيلة إلى الإنسان

1. من خلال المحاصيل الزراعية: تمتص النباتات العناصر الثقيلة من التربة وتنقلها إلى الإنسان عند تناولها.
2. المياه الملوثة: تنتقل العناصر السامة عبر المياه السطحية والجوفية المستخدمة في الشرب أو الري.
3. استنشاق الغبار الملوث: تنتقل الجسيمات الدقيقة المحملة بالمعادن الثقيلة عبر الهواء إلى الجهاز التنفسي.
4. التراكم الحيوي في الكائنات الحية: تتراكم العناصر في أجسام الحيوانات التي يتغذى عليها الإنسان، مسببة أضراراً صحية.

## • أهم العناصر الثقيلة وتأثيرها على صحة الإنسان

• الرصاص : يؤثر على الجهاز العصبي، خاصة لدى الأطفال، ويؤدي إلى اضطرابات دموية نتيجة تثبيط تكوين الهيموغلوبين. وعلى المستوى الكلوي، يسبب تلفاً أنبوبياً في الكلية قد يتفاقم ليصل إلى الفشل الكلوي. إضافة إلى ذلك، يساهم في ارتفاع ضغط الدم وزيادة خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية. ومن الناحية الهضمية، تشمل الأعراض الشائعة آلام البطن ، الإمساك ، فقدان الشهية ، الغثيان

• الكاديوم : تؤثر سمية الكاديوم بشكل رئيسي على الكلى، حيث يتراكم في القشرة الكلوية مسبباً ضعفاً تدريجياً في وظائف الكلى، وخصوصاً في عمليات إعادة امتصاص البروتينات، مما قد يؤدي إلى بروتينية وفشل كلوي في الحالات المتقدمة كما يرتبط الكاديوم باضطرابات في تمعدن العظام مثل هشاشة العظام وزيادة خطر الكسور بسبب تأثيره على استقلاب الكالسيوم ، بالإضافة إلى ذلك، يعد الكاديوم مادة مسرطنة محتملة

## • أهم العناصر الثقيلة وتأثيرها على صحة الإنسان

• الزئبق وبالأخص الميثيل – زئبق (MeHg)، من أكثر العناصر الثقيلة سمية للجهاز العصبي، حيث يؤدي التعرض المزمن له إلى أعراض عصبية مثل الرجفان، ضعف التناسق الحركي، تنمل الأطراف، اضطرابات في الذاكرة، ومشاكل في النطق والبصر، خصوصًا عند الأطفال والحوامل أما في حالات التسمم الحاد أو التعرض المهني، فقد تظهر أعراض إضافية تشمل التهيج، الأرق، فقدان الشهية، وتساقط الشعر

• الزرنيخ : في حالات التسمم الحاد، تظهر أعراض تشمل الغثيان التقيؤ، آلام البطن الشديدة والإسهال، وقد تتطور إلى فشل في أعضاء متعددة. أما في حالات التسمم المزمن، فيلاحظ تغير في لون الجلد، ظهور بقع داكنة ، سماكة الجلد في راحتي اليدين وباطن القدمين ، بالإضافة إلى زيادة خطر الإصابة بسرطان الجلد الرئة، والمثانة

## • السياسات الوقائية لتجنب تلوث التربة

1. تشديد الرقابة على مصادر التلوث الصناعي والزراعي
2. اعتماد أنظمة زراعية مستدامة والتقليل من المدخلات الكيميائية
3. إدارة المخلفات الصلبة والنفايات الخطرة بطريقة علمية
4. إجراء المراقبة البيئية المنتظمة للتربة والمياه الجوفية
5. تعزيز الوعي البيئي لدى المزارعين والمجتمع المحلي



## • طرق معالجة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة

1. المعالجة الفيزيائية للتربة : تتضمن إزالة التربة الملوثة وإستبدالها بتربة نظيفة أو عزلها بإستخدام أغشية صناعية لمنع إنتقال العناصر السامة إلى الطبقات السفلية أو إلى المياه الجوفية

2. المعالجة الكيميائية بإستخدام المواد المثبطة : إستخدام مركبات كيميائية مثل الفوسفات أو الكربونات أو الكلس لتثبيت العناصر الثقيلة داخل التربة، وبالتالي تقليل قابليتها للذوبان والانتقال للنباتات أو المياه

3. المعالجة البيولوجية (التنقية النباتية والميكروبية) : زراعة نباتات معينة قادرة على امتصاص أو تثبيت العناصر الثقيلة في أنسجتها، مثل نبات دوار الشمس أو الخردل الهندي ، استخدام كائنات دقيقة مثل البكتيريا أو الفطريات لتحليل المركبات السامة

## • طرق معالجة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة

4. تحسين خصائص التربة كيميائياً وفيزيائياً : تعديل درجة الحموضة (pH) ورفع محتوى المادة العضوية، يمكن تقليل حركة العناصر الثقيلة وثبيتها داخل التربة

5. استصلاح التربة بالزراعة التدريجية : زراعة محاصيل غير غذائية في المراحل الأولى، ما يساعد على تخفيف تراكم العناصر الثقيلة، ومن ثم الانتقال إلى زراعة محاصيل غذائية لاحقاً بعد التأكد من انخفاض نسب التلوث

6. الشطف بالعوامل المخلبية : استخدام عوامل مخلبية مثل EDTA أو حمض N\_diacetic التي ترتبط كيميائياً مع المعادن الثقيلة وتذيبها، ما يسمح بإزالتها من التربة عبر الغسل

## • طرق معالجة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة

7. التقنية الكهروكيميائية : تستخدم التيارات الكهربائية المنخفضة لنقل الملوثات داخل التربة نحو أقطاب حيث يمكن جمعها أو معالجتها
8. الحاجز التفاعلي القابل للنفاذ : يتم وضع حواجز تحتوي على مواد تفاعلية تحت سطح التربة في اتجاه حركة المياه الجوفية فتقوم تلك المواد بامتصاص أو ترسيب المعادن الثقيلة المارة بها.
9. المعالجة الحرارية : تسخين التربة إلى درجات حرارة عالية لتحطيم أو تبخير الملوثات، أو دمجها في مادة زجاجية غير قابلة للذوبان.
10. تعزيز المعالجة النباتية باستخدام محفزات حيوية : زيادة فعالية النباتات الممتصة للمعادن الثقيلة بإضافة محفزات مثل البكتيريا المقاومة للمعادن أو الأسمدة العضوية



## • التوصيات

1. اختيار مصادر الغذاء من مصادر موثوقة ومعروفة واختيار المنتجات العضوية
2. تنويع النظام الغذائي لتقليل التعرض لمستويات عالية من معدن ثقيل معين
3. إجراء اختبارات دورية للغذاء للتأكد من خلوه من العناصر الثقيلة
4. نشر الوعي حول مخاطر المعادن الثقيلة وأهمية الغذاء الصحي
5. التأكد من جودة مياه الشرب والمياه المستخدمة في الزراعة وإستعمال أنظمة تنقية المياه اذا كانت ملوثة

شكراً لإصغائكم