تلوث التربة المصادر والممارسات Soil Pollution Sources An Practices

ينظر العالم بأسره بقلق واهتمام الى الكميات الكبيرة والمتزايدة من المواد السامة التي تستلمها التربة لما لهذه المواد من خطورة على صحة الانسان والحيوان، فنشرت مثلاً منظمة حماية البيئة الأمريكية **(USEPA)** تقريراً وضحت فيه بأن أكثر من مليون طن من الكيمياويات السامة الناتجة من المصانع سنوياً تلوث التربة والماء والهواء.

ولما تقدم يمكن تعريف تلوث التربة: بأنه وجود بعض الملوثات الناتجة عن النشاط الانساني في التربة بتركيزات يمكن ان تؤدي الى الإضرار لمستخدمي هذه التربة أو تفرض قيود على الاستخدام الحر لهذه التربة.

ان أضرار تلوث التربة تشمل:-

- التأثير السيئ على صحة الانسان والنبات.
- الأضرار بالمباني المقامة عليها.
- تلوث المياه الجوفية والمياه الحرة.

ويحدث التلوث فقط عندما يصبح تركيز الملوثات في التربة نتيجة لنشاط الانسان والمختلفة أكبر من الحد الطبيعي لهذه المواد ويكون لهذا التركيز تأثير سيئ على البيئة وعناصرها ومن وجهة نظر صحة الأنسان والحيوان والنبات فان التربة لا تعتبر ملوثة إلا اذا وصل تركيز هذه الملوثات الى الحد الحرج الذي تتأثر عنده العمليات البيولوجية.

ان تشخيص التلوث يحتاج الى تقويم الملوثات عند مواقع التلوث شاملاً.

- حجم الملوثات بالنسبة لحجم التربة.
- توزيع هذه الملوثات في التربة.
- الخواص الكيميائية والطبيعية لكل ملوث.
- تفاعل هذه الملوثات مع التربة.

وتختلف الممارسات التي عن طريقها يحدث تلوث التربة ويمكن تقسيمها بصفة عامة الى:-

1- مصدر مباشر **Point Source**

ويقصد به مصدر محدد ومعلوم يمكن قياس كمية الملوثات الصادرة عنه.

ومثال ذلك أنابيب الصرف الصحي والصناعي.

2- مصدر منتشر **Non Point (Diffuse) Source**

وهي المصادر التي من الصعب قياس كمية الملوثات الناتجة عنها وذلك لانتشارها على مساحات كبيرة وغالباً ما تكون عبارة عن مصادر متداخلة مع بعضها.

ومثال على ذلك التلوث الناتج عن الأسمدة والمبيدات التي تحملها المياه السطحية من الأراضي الزراعية والتلوث الناتج عن عوادم السيارات.

وتعتمد مصادر التلوث وممارستها الى حد كبير على نوع الملوث فالعناصر الصلبة قد يكون مصدرها مباشر أو غير مباشر أما تلوث الأراضي بالعناصر المشعة فغالباً ما يكون مباشراً إلا في حالات محددة مثل حادثة تشرنوبل عام 1984 حيث انتقلت سحب الأشعاعات الذرية الى مسافات كبيرة جداً.

– التلوث بالمركبات العضوية يكون من مصادر التلوث المباشر في أغلب الأحوال ومثال على ذلك تلوث المياه الجوفية في الولايات المتحدة الأمريكية بمركب تراي كلورو أثلين **Tri Chloro Ethylene** الذي أنتشر في اماكن تخزينه الى تحت سطح التربة.

❖ ان حركة الملوثات في التربة تعتمد الى حد كبير على:-

- الخواص البيوجيوكيميائية والفيزيائية للتربة فالعناصر تصبح أقل حركة في الأراضي التي تحتوي على كميات كبيرة من مواقع الامدصاص وكذلك على خصائص التربة الأخرى مثل **pH** التي تساعد على ترسيب هذه العناصر.

فمثلاً عناصر الزرنيخ والسلينيوم تكون أكثر حركة في الظروف القاعدية بينما عناصر الرصاص والزنك والكادميوم تكون أكثر حركة تحت الظروف الحامضية.

- كذلك جهد الأكسدة والاختزال يؤثر بدرجة كبيرة على حركة العناصر.
- يتوقف معدل انتقال الملوثات على خواص التربة الفزيائية وبالتحديد التوزيع الحجمي لحبيبات التربة والكثافة الظاهرية لأن كلاً من هاتين الخاصيتين تؤثران على حركة الماء والهواء خلال التربة وكذلك عن طريق التأثير على المسامية والتوصيل الهيدروليكي للتربة.

❖ ويمكن تقسيم ملوثات التربة الى:

1. ملوثات عضوية **Organic Contamination** مثل المركبات الهيدروكاربونات العطرية والمبيدات ومنتجات البترول.
2. ملوثات غير عضوية **Inorganic Contamination** وتشمل

أ– العناصر الصغرى والسامة مثل الزرنيخ – الكادميوم – الزئبق وغيرها

ب– النيتروجين

ت– العناصر المشعة

الملوثات العضوية في التربة

يوجد مئات الأنواع من الملوثات العضوية التي تلوث التربة بعضاً منها يتواجد طبيعياً والبعض الأخر من صنع الأنسان. وهذه المركبات بغض النظر عن مصدرها قد تكون سامة للنبات والحيوان عند تواجدها بتركيزات عالية في التربة.

واغلب المركبات العضوية يتحلل بمرور الزمن نتيجة عدة مركبات بعضها قد يكون أقل كمية ولكنه أكثر سمية من المركب الأصلي.

مثال ذلك مركب **Tri Chloro Ethylene (TCE)** الذي يتحلل الى كلوريد الفينيل **(Vinyle Chloride)** الذي بدورة يتحلل الى CO_2 تحت الظروف الهوائية أو الى ميثان تحت الظروف المختزلة (لا هوائية).

فسمية كلوريد الفينيل أكثر مائة ضعف من سمية **(TCE)** في حين أن (CO_2) أقل سمية من **(TCE)** أي أن تركيب الملوثات العضوية وسميتها يتغير مع الزمن وهذا التغير الديناميكي يجعل تقييم تأثير الملوثات العضوية في التربة على صحة الانسان أكر تعقيداً.

❖ ويمكن تقسيم الملوثات العضوية تبعاً للتركيب الكيميائي لها واستخداماتها الى:-

1. **Polycyclic Aromatic Hyrocarbons** الهيدروكربونات
2. **Nitro Aromatics** مركبات النيترو العطرية
3. **Phenols An Anilines** الفينولات والانيلنات
4. **Hydrogenated Aromatics** مركبات الهالوجينات العطرية
5. **Halogenated Aliphatic** المركبات الاليفاتية الهالوجينية
6. المبيدات
7. منتجات بترولية

المبيدات الكيميائية **Chemical Pesticides**

يستخدم العديد من مبيدات الآفات في انتاج المحاصيل وذلك بغرض مكافحة الآفات التي تصيب هذه المحاصيل وتقسم المبيدات حسب نوع الآفة الى:-

1. مبيدات حشرية 2. مبيدات فطرية 3. مبيدات حشائش 4.مبيدات نيماتودية
5. مبيدات قوارض

وتستخدم الأنواع الثلاث الأولى في الزراعة بكميات كبيرة وتؤدي ذلك الى تلوث التربة، ومعظم هذه المبيدات عبارة عن مركبات عطرية.

والنظر الى المبيدات على انها ملوثات للتربة يتوقف على:

1. درجة تحللها.
2. سميتها للحيوان والأنسان.

فالمبيدات التي تتواجد في التربة لفترة زمنية طويلة بدون أن تتحلل الى مواد غير سامة للإنسان والحيوان يمكن ان تتجمع بتركيزات عالية في السلسلة الغذائية **Food Chain** عن طريق الأمتصاص بواسطة النبات وتؤثر بدرجة كبيرة على صحة الانسان

نواتج البترول **Petroleum Products**

الاستخدامات العديدة لنواتج البترول في الصناعة والتجارة أدت الى انطلاق هذه النواتج الى التربة وان أي موقع يحدث فيه تعامل مع المنتجات البترولية سواء انتاج أو نقل أو تخزين لا بد

أن يؤدي الى تلوث التربة وعلى سبيل المثال وجود الهيدروكاربونات الناتجة من زيت السيارات في تراب الطرق والأرصفة والنباتات النامية في الطرق وفي الترسبات بمناطق صناعة المنتجات البترولية.

ولقد وصل تركيز الهيدروكاربونات في الترسبات الجوية حوالي **125000 $mgkg^{-1}$** يلي ذلك تركيز الهيدروكاربونات في غبار الشوارع في الأماكن الصناعية **3490 $mg.kg^{-1}$** أما تركيز الهيدروكاربونات في الأراضي الملاصقة للطرق السريعة وصل الى **265 $mg.kg^{-1}$** أما الأراضي الملاصقة للمناطق الصناعية كان تركيز الهيدروكاربونات **856 $mg.kg^{-1}$** أما تركيز الهيدروكاربونات في النباتات فيتراوح **290 – 40 $mg.kg^{-1}$**

الملوثات غير العضوية في التربة

تتلوث التربة بالعديد من المركبات الكيميائية غير العضوية وعند دخول هذه المركبات الى التربة تصبح جزءاً منها وبالتالي تؤثر على جميع صور الحياة.

وهذه المركبات غير العضوية تكون سامة للإنسان والحيوان عند تواجدها في التربة بتركيزات عالية وتختلف نسبة هذه المركبات تبعاً لنوع العنصر الموجود بها.

والملوثات غير العضوية تشمل:-

أ- العناصر الصغرى السامة.

ب- النيتروجين.

ت- النظائر المشعة.

العناصر الصغرى السامة

ان مصادر العناصر الصغرى والسامة في التربة تقسم الى:-

1. مصادر طبيعية:- التربة هي خليط مختلف التركيب من معادن نتجت من عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الأرضية المكونة لمادة الأصل **(Parent Material)** وتشمل عناصر **Ti, Mg, K, Na, Cu, Fe, Al, Si , O** والفسفور وتشكل هذه العناصر أكثر من **99%** من المحتوى الكلي للعناصر في القشرة الأرضية.

أما بقية عناصر الجدول الدوري والتي يطلق عليها العناصر الصغرى فتتواجد في القشرة الأرضية ولكن بتراكيز منخفضة لا تتعدى **(0.1%)** **(1000 mg/kg)** وفي الحقيقة فان تركيز هذه العناصر في القشرة الأرضية يبلغ **(100 mg/kg)**.

تعتبر الصخور الأرضية هي الوحدات الأساسية في بناء هيكل التربة وتقسم صخور القشرة الأرضية تبعاً لأصل تكوينها الى:-

1- صخور نارية 2- صخور رسوبية 3- صخور متحولة.

وتتواجد العناصر الصغرى في الصخور النارية بتركيزات منخفضة في المعادن الأولية التي تكونت من منصهر المعدن.

والصخور الرسوبية تمثل حوالي 75% من الصخور الموجودة في سطح القشرة الأرضية ولذلك فهي تعتبر أهم من الصخور النارية في تكوين التربة.

وتحتوي الصخور الرسوبية على المعادن الثانوية مثل معادن الطين والترسبات الكيميائية مثل $CaCO_3$ ويتوقف تركيز العناصر الصغرى في الصخور الرسوبي على التركيب المعدني لها والخصائص الامدصاصية للمواد الرسوبية.

وبوجه عام يحتوي الطين على تركيزات عالية نسبياً من العناصر الصغرى نظراً لمقدرتها الامدصاصية.

وتتكون التربة نتيجة لعمليات التجوية لمادة الأصل (صخور نارية أو رسوبية) حيث يحدث تحوير للمعادن الأولي الى معادن طين سليكاتية مختلفة وهذه المعادن المتكونة قد تتجمع في مكانها أو تتحرك الى الأسفل فيتجمع في مناطق أخرى من التربة وتتجه حركة هذه المواد من منطقة الى أخرى يحدث تكوين لأفاق التربة وتتميز الأفاق السطحي بانتقال بعض المواد منها ولذلك يطلق عليها أفاق السلب بينما تتميز الأفاق تحت السطحية بتجمع بعض المواد منها ولذلك تسمى (بأفاق الإضافة) والنتيجة النهائية هي تكون آفاق التربة التي تختلف أختلافا واضحاً عن مادة الأصل.

وفي قطاع التربة تتواجد عناصر **Pb, Hg, Cu, As, Zn, Ag** بتركيزات عالية في الآفاق السطحية نتيجة لتحلل بقايا النباتات والترسبات الحيوية وامدصاص هذه العناصر بواسطة مادة التربة العضوية.

أما العناصر التي تتواجد بتركيزات عالية في الآفاق تحت السطحي فتشمل **Al, Fe, Mg, Ni, Ti** وذلك لأرتباط هذه العناصر بالطين والأكاسيد المتأدرته التي تنتقل الى الأسفل.

2. مصادر ناتجة عن النشاط الانساني:-

على الرغم من وجود العناصر الصغرى والسامة في الصخور الأصلية التي تكونت منها التربة فأن المصادر الرئيسية لهذه الملوثات في التربة يكون عن طريق النشاط الانساني وتشمل:-

1. **استخراج المعادن في المناجم.**
2. **المواد والكيمياويات المستخدمة في الزراعة**
3. **مخلفات الصرف الصحي والصناعي (الحمأة)**
4. **أحراق الوقود (فحم – ديزل)**
5. **الصناعات التعدينية (التصنيع – الاستخراج – المخلفات**
6. **الصناعات الاليكتروني**
7. **التخلص من النفايات** West Disposal.
8. **الحروب والتدريبات العسكرية.**

استخراج المعادن في المناجم

يتم الحصول على المعادن المستخدمة في الصناعة من المناجم الموجودة في القشرة الأرضية وهذه المناجم تحتوي على الصخور التي تتواجد فيها المعادن (العناصر) **Metal** بتركيزات عالية تسمح باستخراج هذه العناصر اقتصادياً وتبعاً لازدياد الحاجة الى العناصر المعدنية لاستخدامهما في الصناعة ونتيجة للتطور التكنولوجي لاستخلاص المعادن من الصخر الخام فأن الصخور التي تحتوي على تركيزات منخفضة من العناصر يتم استخدامها الآن ونتيجة لذلك فان كميات الصخور المستخدمة لاستخلاص العناصر منها ازدادت بدرجة كبيرة وأدى ذلك الى زيادة المخلفات الناتجة من هذا النشاط وخاصة الحبيبات المتبقية من المعادن المتخلفة من عملية الاستخلاص **Tailing**.

ويمكن لهذه الحبيبات المعدنية المتبقية لن تنتقل من مكانها بواسطة الرياح والمياه الى الأراضي المجاورة وتصبح مصدراً للتلوث لهذه العناصر في الأراضي المحيطة بالمناجم وعند وصول بقايا الصخور والحبيبات المعدنية الى التربة يتعرض لعوامل التجوية الكيميائية تتحول الى أيونات وتنتشر خلال قطاع التربة وتصبح أكثر صلاحية للأمتصاص بواسطة النباتات.

والجدول التالي يوضح بعض المعادن الخام **Ore Minerals** ومحتوياتها من العناصر الصغرى والسامة.

العنصر	المعدن الخام	العناصر الثقيلة الموجودة
الفضة **Ag**	**Ag As, AgS**	**Cu , Zn , PbS, Se**
الزرنيخ **As**	**FeAsS , As S**	**Ag, Hg, Bi, Mo**
باريوم **Ba**	**$BaSO_4$**	**Pb, Zn**
كادميوم **Cd**	**ZnS**	**Zn, Pb,Cu**
كروم **Cr**	**$FeCr_2O4$**	**Pb, Co**
نحاس **Cu**	**$CuFS_2$, Cu_2S, Cu_2AsS_4**	**Zn, Cd, Pb , As, Ni, Mo**
نيكل **Ni**	**$(Ni_2Fe)_9S_8$, NiAs**	**Co, Cr, As**
رصاص **Pb**	**PbS**	**Ag , Zn , Cu, Cd**
زنك **Zn**	**ZnS**	**Cd, Cu, Pb, As**

ويوضح الجدول السابق ان معظم المعادن الخام تحتوي على الكثير من العناصر السامة وبذلك فان الأراضي المحيطة بالمناجم سوف تتلوث بهذه العناصر بالإضافة الى العناصر الاساسية في المعدن الخام. فمثلاً مناجم الرصاص والزنك تنبعث منها عناصر الكادميوم الى الارض المحيطة؛ وذلك راجع الى احتواء معادن الرصاص والزنك الخام على عنصر الكادميوم كما أن مناجم النحاس تعتبر مصدراً هاماً لتلوث التربة بعنصر الزرنيخ.

2- المواد والكيمياويات المستخدمة في الزراعة Agrochemicals

تعتبر الممارسات الزراعية من أهم مصادر تلوث التربة بالعناصر السامة **Non –Point Sours** والتي تؤدي الى زيادة تركيز هذه العناصر فيها خاصة في الأراضي التي تستخدم في الزراعة المكثفة.

والمصادر الرئيسية الناتجة عن الممارسات الزراعية تشمل:-

• **الشوائب الموجودة في الأسمدة .**	**Cd , Cr, Mo , Pb , Zn**
• **مياه الصرف الصحي.**	**Zn , Pb , Cd , Ni , Cu**
• **أسمدة طبيعية ناتجة عن مخلفات الخنازير والطيور.**	**Cu , As , Zn**
• **المبيدات**	**Cu , As , Hg , Pb , Mn**
• **الأسمدة الطبيعية المصنعة من المخلفات**	**C , Cu , Ni , Pb , Zn**
• **مواد حافظة للأخشاب.**	**Cr , As , Cu**

والأراضي الزراعية في جميع أنحاء العالم يتم اضافة الأسمدة الكيميائية أو العضوية الى الأراضي الزراعية لزيادة إنتاجيتها.

والجدول الآتي يوضح تركيز العناصر الصغرى السامة في الأسمدة الكيميائية والأسمدة العضوية والأسمدة الطبيعية المصنعة **(mg/kg)**.

العنصر	الأسمدة الفوسفاتية	الأسمدة النتروجينية	الأسمدة العضوية	الأسمدة المصنعة من المخلفات
As	**2- 1200**	**22- 120**	**3- 25**	**2 -25**
B	**2 – 115**	•	**0. – 0.6**	–
Co	**0.1 – 70**	**0.05 – 8.5**	**0.1 – 0.8**	**0.01 - 1**
Cr	**66- 245**	**3.1-19**	**0.01-0.36**	**0.09-21**
Cu	**1-300**	**-**	**2-172**	**13- 3580**
Hg	**0.01-1.2**	**0.3-2.9**	**0.01-0.36**	**0.09-21**
Mn	**40-2000**	–	**30- 969**	**-**
Mo	**0.1-60**	**1-7**	**0.05-3**	**-**
Ni	**7-38**	**7-34**	**2.1-30**	**0.9-279**
Pb	**7-225**	**2-27**	**1.1-27**	**1.3-2240**
Se	**0.5**	–	**2.4**	–
U	**30-300**	–	–	–
V	**2-1600**	–	–	–
Zn	**50-1450**	**1-42**	**15-566**	**82-5894**

ويتضح من الجدول أن الأسمدة الفوسفاتية والأسمدة المصنعة من المخلفات تعتبر من أهم مصادر تلوث التربة بالعناصر السامة كما أن بعض الأسمدة المصنعة الناتجة من مخلفات الخنازير والدواجن تحتوي على تركيزات عالية من الزنك والنحاس وهما العنصران المستخدمان في تغذية الدواجن والخنازير لرفع كفاءة تحول الغذاء الى لحوم.