تلوث التربة الزراعية
إعداد: د. حيدر الحسن
المحاضرة الثامنة

مقدمة

- التلوُّث هو إدخال الملوثات إلى البيئة الطبيعية، مما يلحق الضرر بها، ويسبّب الاضطرابات في النظام البيئي، وهذه الملوثات إمَّا أن تكون مواد دخيلة على البيئة، أو مواد طبيعية، ولكنها تجاوزت المستويات المقبولة، ولا يقترن التلوّث بالمواد الكيميائية فقط، بل يمتد ليشمل أشكال أخرى، كالتلوّث الضوضائي والتلوّث الحراري.
- هناك علاقة طردية خاصَّة بين التلوّث البيئي والصناعة،
- فكلما زادت حاجتنا إلى التصنيع وإنشاء مصانع جديدة زادت فرص الاستنزاف المتواصل لمواردنا البيئية وبالتالي زاد معدَّل التلوث البيئي.

مفهوم التلوّث البيئي:

- اختلف علماء البيئة والمناخ في التوصُّل إلى تعريف دقيق ومحدَّد للتلوث البيئي، وأياً كان التعريف فإنَّ المفهوم العلمي للتلوُّث مرتبط بالدرجة الأولى بالنظام الإيكولوجي، حيث أنَّ كفاءة هذا النظام تقلّ بدرجة كبيرة وتصاب بشكل تام عند حدوث تغيّر في الحركة التوافقية بين العناصر المختلفة (تربة، نبات، حيوان، هواء، الانسان ....الخ)

- فالتغيُّر الكمّي أو النوعي الذي يطرأ على تركيب عناصر هذا النظام يؤدّي به إلى الخلل، ومن هنا نجد أنَّ **التلوّث البيئي** يعمل على إضافة عنصر غير موجود في النظام البيئي، أو أنّه يزيد أو يقلّل من وجود أحد عناصره بشكل يؤدّي إلى عدم استطاعة النظام البيئي على قبول هذا الأمر الذي يؤدّي إلى إحداث خلل في النظام البيئي.

- كما يُعرّف التلوّث البيئي بأنّه تواجد أي مادة من المواد الملوّثة في البيئة بكميات تؤدّي بطريقة مباشرة أو غير مباشرة وبمفردها أو بالتفاعل مع غيرها إلى الإضرار بالصحة.
- وأنّه أي تغيُّر كمّي أو كيفي في مكوّنات البيئة سواء الحيَّة أو الغير حية على أن يكون هذا التغيُّر خارج مجال التذبذبات الطبيعية لهذه المكوّنات، بحيث يؤدّي هذا التغيّر إلى إحداث خللٍ ما في الاتزان الطبيعي للبيئة.
- وهو وجود مواد أو شوائب غازية أو سائلة أو صلبة، سواء مواد حية أو جامدة في الهواء أو الماء أو الغذاء **تسبّب تبديلاً** يؤثّر سلباً على سلامة الوظائف المختلفة لكل الكائنات الحيّة على كوكب الأرض
- ويعرّفه آخرون بأنّه كل ما يؤثّر على جميع العناصر الحيوية من نبات وحيوان وإنسان، وكذلك ما يؤثّر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية مثل الهواء والتربة والبحيرات والبحار.

مفهوم تلوّث التربة الزراعية:

- التربة Soil هي إحدى مكوّنات القشرة الأرضية، وهي الطبقة السطحية المفتَّتة التي تغطّي الطبقة الصخرية للقشرة الأرضية، ولأنَّ التربة هي الأساس الذي تقوم عليه التنمية الزراعية والوظائف الأساسية للنظام الإيكولوجي للبيئة والأمن الغذائي،
- وبالتالي فإنَّ التربة عاملً أساسيً لاستمرار الحياة على وجه الأرض لذا فقد خصصَّت الأمم المتحدة الخامس من كانون الأول من كل عام " باليوم العالمي للتربة "
- كما خصَّصت عام 2015 " بالسنة الدولية للتربة"(*Food and Agriculture Organization, FAO).*

- يُعرَّف تلوث التربة الزراعية أنَّه الضرر الذي يصيب التربة الزراعية فيغيّر من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثّر سلباً وبصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من إنسان وحيوان ونبات.
- كما يمكن تعريفه بأنّه أيّ تغيّر فيزيائي أو كيميائي يطرأ على التربة والذي ينتج عنه **عرقلة في استغلالها** .
- وهو أيضاً تواجد الملوّثات في التربة بكميّات تسمح بشكل مباشر أو غير مباشر بالإضرار بالصحة العامة للإنسان، أو تخريب الأنظمة البيئية، أو التأثير على الأوساط النباتية أو الحيوانية، أو التأثير على المياه السطحية أو الجوفية، وأهم ملوثات التربة هي: المعادن الثقيلة، والمواد المشعة، والمبيدات، والنفايات الصلبة ومياه الصرف الصحي.

- يتوقّف مقدار تلوّث التربة الزراعية على نوع التلوّث، صفات الأرض، الظروف المناخية والعوامل الطبيعية، وقد يكون بصورة مباشرة مثل الزلازل أو البراكين أو بصورة تدريجية مثل استخدام المبيدات الزراعية والأسمدة المعدنية أو تسرب المواد النفطية أو إعادة استخدام المياه العادمة في ري الأراضي الزراعية

- **تعتمد حركة الملوثات في التربة** على الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة ويتوقَّف معدَّل انتقال الملوثات على خواص التربة الفيزيائية وبالتحديد التوزيع الحجمي للحبيبات والكثافة الظاهرية لأنهما يؤثّران على حركة الماء والهواء خلال التربة، وكذلك فإنَّ رقم pH التربة يؤثّر على ترسُّب المعادن الثقيلة أو ذوبانها.....

مصادر تلوّث التربة الزراعية:

تختلف مصادر تلوّث التربة الزراعية حيث يمكن تقسيمها إلى:

مصادر مباشرة: يُقصد بها مصادر محدَّدة ومعلومة حيث يمكن قياس كميَّة الملوثات الصادرة عنها مثل أنابيب الصرف الصناعي والصرف الصحي **مخلفات المنازل والمصانع والمستشفيات يمكن أن تؤدى إلى تلوث التربة بالعناصر الصغرى والمعادن الثقيلة فالتخلص منها سواء بإلقائها أو دفنها في التربة** يؤدّى إلى تلوّث التربة وانتقالها إلى المياه الجوفية.

مصادر غير مباشرة: هي المصادر التي من الصعب قياس كمية الملوّثات الناتجة عنها وذلك لانتشارها على مساحات كبيرة..... مثل التلوث الناجم عن استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات الزراعية والتلوّث الناتج عن عوادم السيارات والمصانع مثل المنشآت النفطية والمنشآت الغذائية.

أسباب تلوّث التربة الزراعية:

١.تملُّح التربة والتشبّع بالمياه، فالاستخدام المفرط لمياه الري مع سوء الصرف يؤدّي إلى الإضرار بالتربة.

٢.التسربات من خزانات وأنابيب النفط ومنتجاته.

٣.ظاهرة التصحّر، ويساعد في هذه العملية عدم سقوط الأمطار والرياح النشيطة التي تعمل على زحف الرمال إلى الأراضي الزراعية.

٤.تخزين ونقل المواد الخام والنفايات.

٥.انبعاث الملوّثات من أماكن تجميعها إلى البيئة المحيطة بها.

٦.انتقال المواد الملوِّثة مع مياه السيول أو المياه الجوفية.

٧.استخدام المبيدات والكيمائيات على نحو مفرط، حيث تَرْشُحُ هذه المبيدات إلى داخل التربة، أو تنتقل عبر الرياح، ويمكن أن تنتشر عن طريق الجريان السطحي للمياه، أو تنتقل إلى المياه الجوفية عبر التربة وتنتشر في باطن الأرض بحيث تصل في النهاية إلى الأنهار أو البحيرات.

٨.التوسُّع العمراني الذي أدَّى إلى تجريف وتبوير الأراضي الزراعية.

٩.التلوّث بواسطة المواد المشعّة الصادرة عن الطاقة الذرية بشكل خاص.

١٠.التلوّث بالمعادن الثقيلة، التي مصدرها إمَّا طبيعي وذلك من خلال عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور قشرة الأرض، أو مصدرها النشاط الإنساني (استخراج المعادن من المناجم، الصناعات التعدينية، مخلفات الصرف الصحي والصناعي...)

تقسيم الملوّثات البيئية:

تُعْرَفُ الملوّثات على أنَّها أي مواد غازية أو سائلة أو صلبة أو جزيئات دقيقة أو ميكروبات أو عوامل أخرى تؤدّي لحدوث الخلل في اتزان البيئة

ويمكن تقسيم الملوثات تبعاً ً للتركيب الكيميائي لها إلى:

أولاً ً: ملوّثات عضوية Organic Pollutants وتشمل:

١-هيدروكربونات عطرية حلقية ومصادرها:(احتراق الفحم والبترول والخشب، انبعاث عوادم السيارات، والاسفلت. قطران الفحم. الشحوم)

2. مركبات النيترو العطرية Nitroaromatic..ومصادرها (القنابل، المبيدات الزراعية).

3.الفينولات والأنيلينات Phenoles, anilines ومصادرها (المبيدات البكتيرية، مبيدات الحشائش، مياه الصرف الصناعي، مواد الصباغة).

٤- الهالوجينات العطرية Halogenated aromatic... مصادرها (مبيدات الحشائش، حرق المخلفات الطبية والمخلفات الصلبة، احتراق البترول والفحم والإطارات، مناجم الرصاص).

٥-الهالوجينات الأليفاتية Halogenated aliphatic.. ومصادرها (صناعة البلاستيك).

6-المبيدات Pesticides..ومصادرها (الزراعة، صناعة المبيدات).

7-منتجات البترول ومصادرها (صناعة وتكرير البترول، السيارات ووسائل النقل).

ثانياً: ملوثات غير عضوية Inorganic Pollutants وتشمل: المعادن الثقيلة والنظائر المشعّة (التلوث الإشعاعي) (العياصرة، 2012).

تلوُّث التربة الزراعية بالأسمدة الكيميائية

- إنَّ الإسراف في استخدام الأسمدة الزراعية Fertilizers كماً ونوعاً ومكاناً وزماناً هو الذي يخلّ بمعادلة التوازن بين ما يحتاجه النبات من هذه المخصبات وما يُضاف منها إلى التربة الزراعية ذلك أنَّ **الكميات الزائدة عن حاجة النبات** من هذه المخصبات تحدث **ضرراً بالغاً** في عناصر البيئة المحيطة بهذه التربة.
- إنَّ ري التربة الزراعية المحتوية على قدر زائد من المخصبات الزراعية يجعل جزأً من هذه المخصبات يذوب في مياه الري ويتم غسله من التربة بمرور الزمن حتى يصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية في باطن الأرض ويرفع بذلك نسبة كل من **الفوسفات والنترات** في هذه المياه كما وتحمل **مياه الأمطار** معها بعض ما تبقى في التربة من هذه الشوارد
- ويشترك بذلك كل من **مياه الصرف الزراعي** والمياه الجوفية ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي بقيت في التربة إلى المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية كالأنهار والبحيرات وغيرها.

التلوّث بالنتروجين Nitrogen

- المصدر الرئيس للنيتروجين في التربة هو الأسمدة النيتروجينية وتشمل الأسمدة النتراتية واليوريا والأسمدة الأمونياكية.

- نتيجة الاستخدام المتزايد للأسمدة النيتروجينية يؤدّى فقد جزء كبير منها عن طريق الغسيل والنترات المفقودة من التربة عن طريق الغسيل سوف تؤدّى إلى تلوّث المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعي.

- وتتوقَّف **كمية النترات المغسولة** من قطاع التربة على عدة عوامل أهمها: - كمية المياه المتخلّلة التربة - كمية النترات في التربة.

- نوع التربة - نظام الزراعة.

- ويكون الفقد أكبر ما يمكن في الأراضي الرملية وقليلاً في الأراضي المزروعة بالأعلاف(حشائش) وكبيراً عند زراعة محاصيل ذات نمو قصير.

- **ومركّبات الفوسفات** هي مركبات ثابتة من الناحية الكيميائية، ولذلك فإنَّ آثارها تبقى في التربة زمناً طويلاً، ولا يمكن التخلّص منها بسهولة. كذلك فإنَّ هذه المركّبات تتصف بأثرها السام على كل من الحيوان والإنسان.
- كذلك تتسبَّب زيادة نسبة مركبات الفوسفات في مياه البحيرات إلى حدوث نمو زائد للطحالب وبعض النباتات المائية الأخرى، الأمر الذي يؤدّي إلى وصول هذه البحيرات إلى حالة التشبّع الغذائي وهي ظاهرة تحدث لكثير من البحيرات التي تلقى فيها مياه الصرف الصحي، فتتحول هذه البحيرات مع مرور الزمن إلى مستنقعات خالية من الأكسجين، وكذلك تخلو تماماً من الأسماك وغيرها من الكائنات الحية .

- التلوّث بالمبيدات:

- يُطلق اصطلاح المبيدات على كل مادة كيميائية تُستعمل لمقاومة الآفات الحشرية أو الفطرية أو العشبية وأي آفة أخرى تلتهم المزروعات اللازمة للإنسان في غذائه وكسائه.
- وترش المحاصيل بالمبيدات للقضاء على الآفات والحشرات بل قد يصل الأمر في بعض الحالات إلى رش التربة نفسها.
- تؤثّر المبيدات على الكائنات الحية في التربة ومنها الأحياء الدقيقة التي تعيش في التربة فتهلك بعضها مثل النمل والديدان وبعض الحشرات والأحياء الدقيقة من فطريات وبكتريا مفيدة والتي تعدّ أعداء طبيعية للعديد من الآفات الضارة.
- كذلك يأتي **الضرر البيئي** لهذه المبيدات من أنَّ أغلبها مركّبات حلقية بطيئة التحلّل ولاحتواء بعضها على المعادن الثقيلة ذات درجة سمّية عالية للنبات كما أنَّ زيادة نواتج تكسّرها يزيد من تركيز وتراكم كميات من عناصر الكلور والفوسفور والنترات عن الحد المسموح به في البيئة الزراعية ويتأثر بها الحيوانات أو الإنسان.

Encyclopédie Encarta, Jack Fields/Photo Researchers, Inc.

ومن أهم عوامل وأسباب التلوّث بالمبيدات هى :

١- نوع المبيد: يختلف تأثير المبيد الملوّث للتربة باختلاف نوع المبيد ذاته كما تختلف فتره بقاء المبيد في التربة حسب نوع المبيد وتركيبه.

٢- درجة ذوبان المبيد: تميل المبيدات قليلة الذوبان في الماء إلى البقاء في التربة فترة أطول من المبيدات كثيرة الذوبان مثلاً يُمكن لمبيد D.D.T أن يبقى في الأرض ٣٠ سنة بسبب قله درجة ذوبانه في الماء.

٣- كمية المبيد وأسلوب استخدامه: كلما زادت كمية المبيد المضافة إلى التربة الزراعية كلما زادت درجة تلوثه للتربة والنبات.

- كما أنَّ طريقة إضافة المبيد في حالة سائلة أم صلبة تلعب دور كبير في تحديد مدة بقاءه في الأرض.

- كذلك فإنَّ طريقة إضافته سواء أكانت مباشرة للأرض أو عن طريق رش النبات تؤثر على درجة تلوّث المبيد للتربة والنبات.

(٤) **حرث التربة:** يؤدّى حرث التربة إلى زيادة سرعة اختفاء المبيدات منها.

(٥) **رطوبة التربة:** لمقدار الرطوبة في التربة تأثير على بقاء المبيدات فيها.

(٦) **درجة حرارة التربة:** تؤثّر درجة حرارة التربة تأثيراً إيجابيا على سرعة تبخُّر المبيد وعدم بقاءه بين حبيبات التربة فكلما زادت درجة حرارة التربة زادت سرعة تبخّر المبيد وفقده من التربة.

(٧) **العوامل الجوية:** يتأثَّر تراكم المبيد وبقائه في التربة بحالة الجو مثل الضوء ودرجة الحرارة ودرجة الرطوبة والرياح حيث يعتمد تحلّل المبيد على كميّة الضوء والحرارة اللذان يؤثّران على تفاعلات الأكسدة والاختزال والتحلّل المائي.

كما أنَّ درجة رطوبة الجو والرياح تعملان على تعجيل أو إبطاء سرعة تحلّل المبيد حسب نوع المبيد ونوع التربة.

الري غير المرشَّد بالمياه التقليدية أو غير التقليدية

- ✓ تمثّل مياه الري مصدر غير مباشر لتلوث التربة الزراعية
- ✓ يأتي هذا من إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي أو مياه الصرف الصحي والصناعي على المسطحات والمجاري المائية المستخدمة في ري الأراضي الزراعية والتي بدورها تحوى على عناصر ثقيلة سامة ومبيدات وأسمدة كيماوية لها الأثر السلبي في تلوّث التربة الزراعية.

١. **الصرف الصحي:** نظراً لقلة الموارد المائية تتجه أساليب الزراعة الحديثة إلى استخدام مياه الصرف الصحي المعالج لري الأراضي الزراعية بأنواع مختلفة من المحاصيل.

- وتتمثَّل الآثار السلبية للري بالصرف الصحي بتراكم المعادن الثقيلة أو العناصر الصغرى بتراكيز عالية في أنسجة النبات وهذه العناصر تسبّب أضرار بالغة للإنسان.

٢- الصرف الصناعي:

- تحتوى مخلفات الصناعة على المعادن الثقيلة وهي من أخطر الملوّثات التي تصيب التربة الزراعية والتي يتم صرفها في المجاري المائية ويعاد استخدامها في الري مرة أخرى.

- تلعب صفات التربة الطبيعية والكيميائية دور هام في ادمصاص هذه المعادن فنجد أنَّ التربة الطينية تميل إلى ادمصاص كمية أكبر من تلك المعادن مقارنةً بالتربة الرملية وأنَّ المعادن الثقيلة تميل إلى الذوبان في التربة الحمضية أكثر من ذوبانها في التربة القاعدية.

٣- مياه الصرف الزراعي

- تسبّب مياه الصرف الزراعي مشاكل ملوحة وقلوية التربة مما يساهم في تدهور وانخفاض إنتاجية المحصول. وظهور مشاكل التربة من أهمها مشاكل ملوحة وسميّة بعض الأيونات مثل الصوديوم والكلوريد والبورون وزيادة أيون النترات.

٤- الري بالمياه الجوفية الملوثَّة:

عوامل تلوُّث المياه الجوفية هي العمليات الزراعية مثل استخدام الأسمدة والمبيدات الكيماوية وتسرّب المواد العضوية أو الكيماوية من مياه المجاري وتداخل المياه المالحة وآبار الحقن التي تستخدم في التخلص من النفايات الصناعية والإشعاعية

وكذلك التخلّص السطحي من النفايات مما يعكس أثر سلبى على تلوث التربة عند إعادة استخدامها في الري.

التلوث بالنفايات الصلبة:

- إنَّ الزيادة المطّردة في أعداد سكان الأرض مع التقدّم التكنولوجي الكبير والتحسين في مستويات المعيشة أدَّى الى زيادة في الاستهلاك اليومي مما وجب التخلّص من المخلّفات الصلبة.

- يعدُّ تجميع النفايات الصلبة مشكلة حيث أنَّها تحتوى على القمامة والورق والبلاستيك والزجاج والعلب الفارغة وبقايا المأكولات وعندما تتعرض للأمطار أو أي مصدر رطوبي تتحلّل وتتسرب الى التربة أو الى المياه السطحية أو الجوفية ومن ثمَّ تعمل على تلوّث الماء الجوفية والتربة بالإضافة إلى الغازات المتخلّفة الناتجة عن تحلّلها والتي تساهم في تلوّث الهواء كما أنَّها تسبب كثير من الأمراض.

ومن أهم عوامل وأسباب التلوث الناتج من النفايات المختلفة:

١) النفايات البلدية من المناطق الحضرية والشبة حضرية أو الريفية.

٢)النفايات الضارة من المستشفيات. ٣)النفايات الصناعية الغير الضارة.

٤) النفايات الصناعية الضارة. ٥)النفايات الزراعية.

التلوث بنواتج احتراق الوقود (فحم - بترول):

ينتج عنه عدد كبير من المعادن الثقيلة و العناصر الصغرى وتشمل U, V, Pb, Cd, Cr, Zn, As, Sb, Se, Ba, Mn,Cu,

والتي تترسَّب على الأراضي المحيطة كما أنَّ احتراق البترول الذي يحتوى على إضافات من الرصاص يُعتبر من أهم مصادر تلوّث التربة.

un champ de pétrole au Proche-Orient

Microsoft ® Encarta ® 2007 © 1993-2006 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

F. Roiter/The Image Bank

التلوُّث بالمخلفات السائلة:

- يُقصد بالمخلفات السائلة مياه مجاري ومخلفات المصانع والدباغات، ومياه المنظفات الكيميائية والزيوت المعدنية المستعملة،
- وينتج تأثيرها الملوّث من تسرّبها بواسطة المياه خلال الطبقات المسامية للتربة، وتعمل على قتل الكائنات الحيّة فيها، وتصل إلى المياه الجوفية فتلوّثها
- وتمنع بذلك استخدامها في الشرب. بالإضافة لذلك فإنَّ المخلفات السائلة وعند اختلاطها بالمياه الملوثة تصبح بؤرة لانتشار الجراثيم والطفيليات الممرضة، وتنتقل هذه الكائنات إلى الإنسان من خلال المزروعات وخاصة تلك التي تؤكل مباشرة دون طبخ.
- وتؤدي المخلفات السائلة إلى تملّح التربة وهدم بنيتها الفيزيائية. وخير مثال على تلوّث التربة بالمخلفات السائلة ما يشاهد في قرى دمشق وغوطتها الواقعة على نهر بردى الملوث بمختلف أنواع الملوثات المائية والتي تنتقل إلى الأراضي المزروعة وتقلّل من إنتاجيتها

التلوّث الإشعاعي (النظائر المشعَّة)

- تشمل مصادر النظائر المشعة المصنَّعة اختبارات الأسلحة النووية السائلة للمفاعلات النووية ومحطات الطاقة - حوادث نقل الوقود الذرى والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية.
- تلوّث التربة بالنظائر المشعة عند إجراء أول اختبار نووي عام ١٩٥٠.
- التخلص من النفايات النووية الناتجة من مصانع الأسلحة النووية ومحطات الطاقة النووية بإلقائها في التربة أدَّى إلى تلوث التربة بالنظائر المشعّة الناتجة من تحلّل اليورانيوم والبلوتونيوم مثل Pu ٢٣٩ ، ٢٤١ Am حيث يمكن أن تدمص هذه النظائر المشعة على سطوح حبيبات التربة وترتبط بالمادة العضوية في التربة.

-تسرّب الإشعاعات النووية من المفاعل النووي في تشرنوبيل عام(١٩٨٦) أدَّت إلى تلوّث المناطق الزراعية في روسيا وأوكرانيا. وتعدَّى التركيز الإشعاعي في هذه الأراضي الحد المسموح به عالميا وأدَّى إلى خروج هذه الأراضي من الإنتاج الزراعي كله.

الأمطار الحامضية:

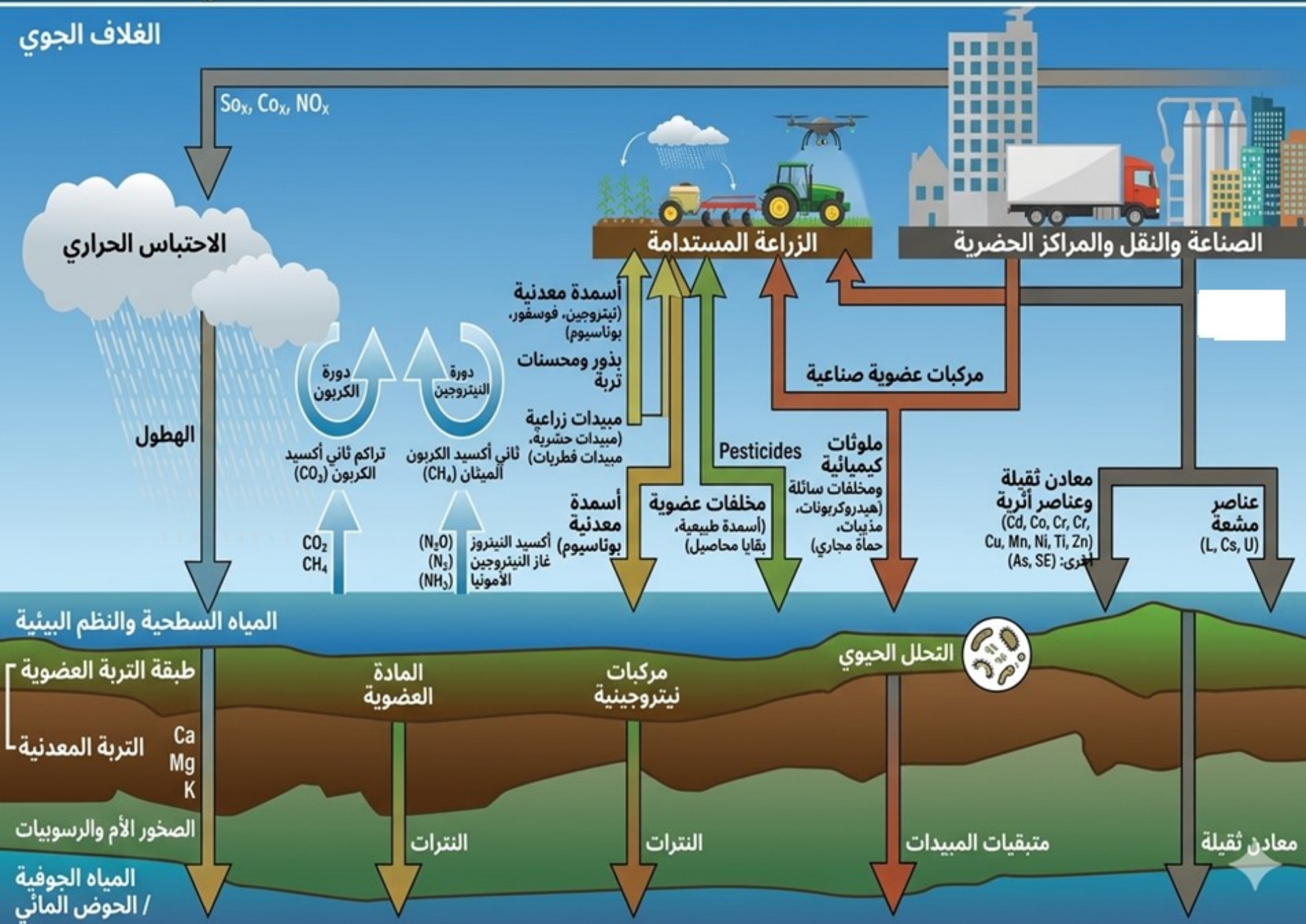
- تُعتبر غازات أكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت المتصاعدة المكوّن الرئيسي للأمطار الحمضية وذلك عند تفاعلها مع جزيئات بخار الماء Water Vapor وبالتالي تتكوَّن هذه الأمطار وتتساقط على شكل حمض الآزوت وحمض الكبريت،
- وتعدّ الأمطار حمضية إذا انخفض رقمها الهيدروجيني (pH) إلى ٥ فما دون
- كما أنَّ هناك ما يُعرف بالأمطار القاعدية التي يصل رقمها الهيدروجيني إلى ٨ فما فوق وعادةً ما تكون غنية بالكالسيت وغيرها من المواد كالكربونات المذابة وينحصر سقوطها في المناطق الجافة وشبه الجافة ولا تشكل أخطاراً مقارنةً بالأمطار الحمضية

- تؤدّي الأمطار الحمضية إلى إحداث تغيّر في طبقة التربة الزراعية
- وتذيب عدداً من العناصر والمركبات التي تسري إلى أعماق التربة المختلفة ومن ثمَّ إلى المياه الجوفية التي قد تستخدم في الشرب أو ري المزروعات.
- كما تعمل الأمطار الحمضية على زيادة حموضة التربة مما يؤثّر على أحياء التربة ويلحق الضرر في خصوبتها وتؤدّي إلى موت النباتات،
- كما يمكن أن تحتوي هذه الأمطار عند تسربها في قطاع التربة على عناصر ذائبة خطرة وسامة مثل المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق .

الآثـــار المترتبـــة علـــى تـــدهور التربـــة:

- التـأثير علـى التـوازن البيئـي (المجتمعـات الحيّـة مـن مختلـف الكائنـــات الحيّـــة علـــى ســـطح الكـــرة الأرضـــية)
- نقص المواد الغذائية اللازمة لبناء الإنسان ونموه، وعلى نحو أعـــم مســـؤولة عـــن حياتـــه علـــى ســـطح الأرض.
- اختفاء مجموعات نباتية وحيوانية أو بمعنى آخر انقراضها

تدفقات المادة عبر التربة والمياه الجوفية والجو: دليل تعليمي



تأثير تلوث التربة على الاقتصاد

يتأثَّر الاقتصاد بشكل أو بآخر بتلوّث التربة:

- تتكبَّد الدولة مبالغ طائلة لمعالجة الأوبئة والأمراض الناتجة عن تلوث التربة.
- ينخفض معدّل ساعات العمل وبالتالي ينخفض معدَّل الإنتاج الزراعي.
- انخفاض جودة المنتجات الغذائية.
- خروج مساحات كبيرة من دائرة الاستثمار الزراعي (تصحّر) الأمر الذي ينعكس سلباً على الأمن الغذائي والمستوى المعاشي للمواطنين

من أبرز نتائج الدراسات والتقارير الحديثة(من وجهة نظر الذكاء الاصطناعي):

١. تأثير الصراع في سورية على تلوّث التربة:

أدّت سنوات الحرب في سورية إلى تلوث واسع النطاق للتربة بالمعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ، نتيجة استخدام الأسلحة والقصف واستهداف المنشآت النفطية، مما تسبَّب في تسربات نفطية ونفايات صناعية. كما ساهمت ممارسات مثل استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الري إلى تفاقم التلوث، مما أدّى إلى خسائر كبيرة في المحاصيل الزراعية وارتفاع أسعار الغذاء بنسبة ٢٣٠% وفقًا لتقديرات الأمم المتحدة.

٢. تدهور الأراضي الزراعية وتوسع التصحّر

كشفت لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (الإسكوا) عن تضرّر أكثر من ٤٠ ألف هكتار من الأراضي الزراعية في سوريا خلال العقد الماضي، مع تدهور ٧٦% من المراعي في منطقة البادية. وأشارت إلى أن ضعف تطبيق القانون وانتشار الممارسات غير المستدامة مثل الزراعة غير القانونية والرعي الجائر ساهم في تسريع تآكل التربة وفقدان التنوع البيولوجي.

٣. الملوحة وتملح التربة

تُعد مشكلة تملّح التربة من القضايا البيئية الخطيرة في المناطق المروية من سوريا، خاصَّةً في وادي الفرات.

بدأت هذه الظاهرة مع تطور أساليب الري في خمسينيات القرن الماضي، وتسارعت مع إدخال زراعة القطن والإسراف في الري، مما أدَّى إلى انتشار الملوحة وخروج مساحات واسعة من الأراضي عن نطاق الاستثمار الزراعي.

٤. تآكل التربة وانحسار الغطاء النباتي

أدَّت سنوات الجفاف الطويلة بين عامي ٢٠٠٦ و٢٠١٠، والتي تفاقمت مع اندلاع الحرب، إلى تدهور التربة وانحسار الغطاء النباتي.

تشير البيانات إلى أن **٥٨%** من مساحة سوريا تحولت إلى أراضٍ متصحّرة، مع فقدان ٢٥% من الغابات بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٣. كما تضاعفت العواصف الترابية **من ١٠ أيام سنويًا** في تسعينيات القرن الماضي **إلى ١٢٠ يومًا في عام ٢٠٢٣.**

٥. نقص المياه وتلوّثها

انخفضت حصة الفرد السنوية من المياه في سوريا من ١,٢٠٠ م^3 في عام ٢٠١١ إلى ٤٠٠ م^3 في عام ٢٠٢٣، وهو ما يُعتبر أقل من "خط الفقر المائي" المحدد من قِبل منظمة الصحة العالمية.

كما تعاني المياه الجوفية من استنزاف حاد، حيث انخفض منسوبها بنسبة ٦٠% في حوض دمشق، وتُظهر التقارير أن ٨٠% من آبار ريف درعا ملوثة بالمبيدات الزراعية.

تشير هذه الدراسات إلى أن التصحّر في سوريا ليس مجرد ظاهرة طبيعية، بل نتيجة تفاعل معقد بين العوامل البيئية والبشرية، مما يتطلب استراتيجيات شاملة ومستدامة لمواجهته.

التوصيات المقترحة:

الزراعة التجددية: تُعدّ الزراعة التجديدية من الحلول المقترحة للحد من تدهور الأراضي، حيث تعيد التنوع البيولوجي للتربة وتحسّن قدرتها في مواجهة الظواهر الجوية الخطرة. تشمل هذه الممارسات زراعة الأشجار وإدخال البقوليات في الدورة الزراعية وفي التسميد الأخضر لتحسين خصوبة التربة.

الإدارة المستدامة للأراضي والمياه: أشارت تقارير الأمم المتحدة إلى أن الاستثمار في الإدارة المستدامة للأراضي والمياه ضروري لتقليل تكاليف الجفاف الناجم عن التدمير البشري للبيئة، والتي تتجاوز ٣٠٧ مليار دولار سنويًا على مستوى العالم.

تعزيز البحث العلمي والمراقبة البيئية: أيدت سوريا خلال مؤتمر الأطراف السادس عشر لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر تبادل المعرفة العلمية وأشادت بجهود لجنة التفاعل بين العلوم والسياسات في إعداد التقارير العلمية ذات الصلة.

ثانياً: نتائج الأبحاث الحديثة (التلوث والبيئة الزراعية)

الأبحاث والدراسات في سورية (حتى عام ٢٠٢٦)

- **تأثير تلوث مياه الري في تملح وتصحر التربة:** أظهرت دراسات محلية أجريت على حوض نهر العاصي والأراضي المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة جزئياً أو المختلطة، أن تراكم الأملاح والمعادن الثقيلة (مثل الكادميوم والرصاص) أدّى إلى تدمير **البنية التجميعية للتربة (Soil Aggregates)**.

هذا التدمير الكيميائي يقلل من نفاذية التربة ويهوي بخصوبتها، مما يسرع مظاهر التصحر الكيميائي والفيزيائي في تلك المناطق المروية.

-**إجهاد التربة بالملوثات الكيميائية في المناطق شبه الجافة:** رصدت بحوث الهيئات العلمية السورية أن التربة في المناطق الهامشية (مثل ريف حماة الشرقي ومنطقة سلمية) تعاني من حساسية عالية جداً؛ حيث يؤدي التلوث الناتج عن المخلفات أو الاستخدام الجائر للمبيدات إلى تسريع القضاء على الغطاء النباتي الطبيعي الرقيق، مما يترك التربة عارية تماماً أمام التعرية الريحية، وهو المظهر الأبرز للتصحر في البادية وشبه البادية.

- **تراجع المحتوى العضوي بفعل الممارسات الخاطئة:** أثبتت التحاليل الحديثة لعينات من التربة الزراعية في عدة مناطق تراجع نسبة المادة العضوية إلى ما دون ١% في الأراضي الإجهادية، مما يضعف قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة ويجعلها في حالة **"جفاف فيزيولوجي"** دائم، وهي **أولى خطوات التصحر البيولوجي.**

- **الأبحاث والدراسات في العالم العربي (التلوث النفطي والصناعي وتدهور الأراضي):**

- **التصحر الناتج عن التلوث النفطي (دراسات الخليج والعراق):** تشير الأبحاث الإقليمية في دول مثل العراق والكويت إلى أن التلوث بالهيدروكربونات النفطية ومخلفات الحروب شكل طبقات عازلة غير نفوذة على سطح التربة. هذه الطبقات تمنع تبادل الغازات وامتصاص مياه الأمطار، مما أدّى إلى موت **الغطاء النباتي الرعوي** تماماً وتحول آلاف الهكتارات إلى صحاري حقيقية بفعل **التلوث الكيميائي.**

- **ملوحة المياه الجوفية وتأثيرها (شمال أفريقيا ومصر):** بينت دراسات منظمة "أكساد" (Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands) أن الضخ الجائر للمياه الجوفية في الواصلات الساحلية العربية أدى إلى تداخل مياه البحر (تلوث مالح)، وعند ري الأراضي بهذه المياه **تملحت التربة بشكل حاد**، وخرجت مساحات شاسعة من الإنتاج، وهو ما يصنف دولياً كأحد أخطر أنماط التصحر الناتجة عن تلوث الموارد المائية.

- أهم المقترحات العلمية لحل مشكلة التلوّث:

- **المعالجة الحيوية(Bioremediation):** طرح فكرة استخدام النباتات (Phytoremediation) أو البكتيريا المتخصصة لتفكيك الملوثات في التربة كأداة حديثة يعتمد عليها المهندس الزراعي لإعادة تأهيل الأراضي المتدهورة ومكافحة التصحر.

- **مفهوم "التربة الحية":** التركيز على أن مكافحة التصحر ليست فقط بزيادة مياه الري، بل بحماية الكيمياء الحيوية للتربة من الملوثات لتبقى قادرة على دعم الحياة النباتية.

- إنَّ المحافظة على التربة من التلوث والتدهور ضرورةٌ حتميةٌ من ضروريات العصر لارتباطها بصحة ووجود الإنسان،
- ويعتبر **الوعي البيئي** من أهم الطرق للحفاظ على التربة من التلوث ويتحقق ذلك عن طريق رفع المستوى التعليمي والثقافي للمجتمع وتعليم الأفراد كيفية التعامل مع التربة بحيث يصبح ذلك جزءاً من سلوك الفرد
- حيث أنَّ المحافظة على التربة من التلوّث هي مسؤولية جماعية تتطلب القناعة التامة بمسؤولية الأفراد تجاه التربة بحيث يصبح الحفاظ عليها أمراً واقعياً.

انتهت المحاضرة الثامنة