٦- تلوث التربة:

كثيرًا لا يلتفت إلى تلوث التربة، ذلك أن التربة غالبًا ما تكون غير نظيفة، ولكن التربة مادة حيوية وأساسية؛ ذلك إنها التي تمد الإنسان بالمنتجات الزراعية، ولسوء الحظ فإن نشاطات الإنسان أحيانًا تجعل التربة تنهار على نحو أو آخر، من فقدان ما تحتوي عليه من المركبات المغذية والأسمدة، أو من التحول في صفاتها وخواصها، ولتلوثها بالمركبات السامة أو حتى لفقدان التربة ذاتها، أو تدميرها، وهناك عديد من أنواع التربة الزراعية التي تم غسلها أو تطيرها. ومن خلال التآكل فإنها لم تعد بعد صالحة للزراعة، وفي بعض الأماكن الشديدة الجفاف فإن هذه التربة الزراعية قد تتحول إلى صحراء؛ خاصة مع رعي الأغنام والحيوانات آكلة العشب. وعلى نحو متزايد وغيرها من الأنشطة، التي تزيد عما يتوافر للتربة من إمكانات وطاقات، وفي المناطق الاستوائية التي تحولت لتكون زراعية بعد قطع ما كان عليها من غابات، فإنه بعد فترة قصيرة تترك مهجورة وغير معتنى بها، ومما يعني نهايتها. وبذلك، فإن تدمير التربة يعني مشكلة حقيقية لما تحدثه من تأثيرات وضغوط على توفير الطعام للبشر في المستقبل.

٦-١ التأثيرات والتغيرات للتربة:

يوجد عديد من العوامل والمسببات التي تصنع التربة، والتي تتمثل فيما يحدث من التغيرات الكيميائية تحت تأثير العوامل والظروف الجوية، إضافة إلى التأثيرات التالية:

١- **تحلل الصخور** تحت تأثيرات درجة الحرارة، الرياح، الماء، تآكل الثلوج أو التجمد، والتي بعضها له التأثير على حمل نواتج التغيرات المناخية إلى الأماكن الأخرى. ويزيد من حدة التغيرات الجزئيات المتكونة ذات المساحات السطحية الكبيرة نسبيًّا، مما يزيد بالتالي من مقدار التأثير بالعمليات الجوية

٢- **التفاعلات الكيميائية مع الماء**، والتي تشمل الاتحاد بالماء، والتحلل بالماء. ومن أمثلة الاتحاد مع الماء ما يحدث لأكاسيد الحديد طبقا للمعادلة التالية:

$$2Fe_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3 \quad 3H_2O$$

مركب ليمونيت ⟵ مركب الهيماتيت

إذ يكون مركب حديد الليمونيت ناتجًا عن اتحاد مركب الهيماتيت بالماء، أما تفاعل التحلل بالماء فإنه أكثر تعقيدًا، حيث يحدث تغير كبير في المركب الداخل في التفاعل، مثال الآتي:

$$KALSI_3O_8 + H_2O \longrightarrow HALSI_3O_8 + K^+ + OH^-$$

مركب ميكروسلين

مما يعني أن ذلك التفاعل ينتج عنه أيونات موجبة (K^+) من صخور ميكروسلين.

٣- **التفاعل مع الأحماض**، خاصة مع حمض الكاربونيك، مثال الآتي:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

الحجر الجيري

وبذلك ينتج عن الحجر الجيري غير القابل للذوبان في الماء مركب الكالسيوم كاربونيك القابل للذوبان في الماء.

وكذلك تفاعل مركب انورثيت مع ايون الهيدروجين والماء، مكونًا لمركب كاولونيت وايونات الكالسيوم، طبقًا للمعادلة التالية:

$$CaAL_2SIO_8 + 2H^+ + H_2O \longrightarrow AL_2SI_2O_5(OH)_4$$

مركب انورثيت مركب كاولونيت

٤- **تفاعلات الأكسدة**: وتحدث تفاعلات الأكسدة مع المركبات ذات السهولة والنقل للأكسدة، مثال التفعال الآتي:

$$12\ Mg\ FeSIo_4 + 8\ H_2O + 3\ O_2 \longrightarrow$$

مركب اوليفين

$$4\ Mg_3\ SI_2\ O_5\ (OH)_4 + 4\ SIO_2 + 6\ Fe_2O_3$$

مركب سيرينين

٥- **التأثيرات البيلوجية**: والتي تحدث تحت تأثير أنواع البكتريا الموجودة في التربة مع جذور النباتات ومع المركبات الناتجة من هذه الجذور، مثال ما يحدث في دورة النيتروجين، وما ينتج من مركبات يحدد درجة تركيز ايون الهيدروجين في التربة (pH)، وبالتالي درجة الذوبان أو النتح الحادثة بالتربة.

لكن جميع ما يحدث من تفاعلات يعتمد - بالأساس - على تركيبات الصخور الداخلة في التفاعلات وعلى الظروف البيئية المحيطة؛ فالصخور المحتوية على نسب مرتفعة من السيلكون، أي التي تحتوي على نسبة مرتفعة من روابط السيلكون مع الأوكسجين (SiO) يكون لها الثبات الكيميائي الأعلى؛ نظرًا لما تحققه هذه الرابطة من

طاقة مرتفعة، بينما تكون الصخور النارية الناتجة من تأثيرات الحرارة والضغط المرتفعين ويجعلها في حالة انصهار، فإنها تكون الأكثر نشاطًا وتفاعلاً تحت الظروف الجوية، مثال الصخور النارية المحتوية على عنصري المغانسيوم والحديد، مما ينتج معه مركبات مغنسيوم وسليكات ذائبة، مع أيدروكسيد أوكسيد الحديد FeO(OH) غير القابل للذوبان، وهناك أمثلة أخرى كثيرة.

٦-٢ تلويث التربة بالماء الملوث:

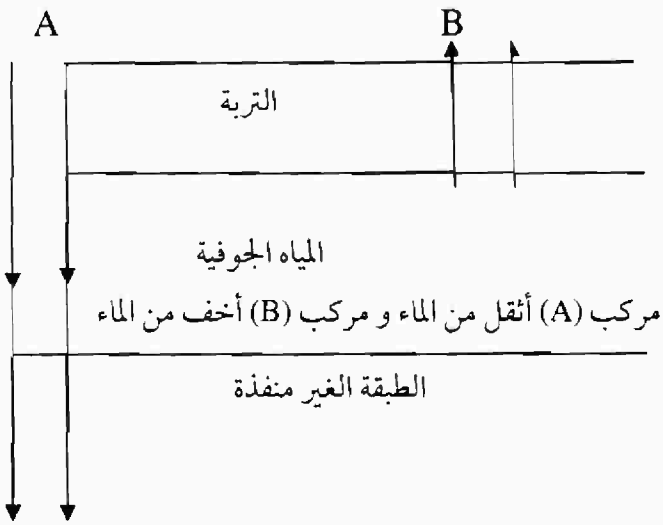
تتلوث التربة بالأساس بالماء الحامل للملوثات والداخل إلى التربة، ومما يسقط عليها من ماء أو من التسرب، أو النتح أو بقايا العمليات الصناعية أو الأنشطة البشرية، إضافة إلى ما يحدث للخزانات من شقوق أو كسور، وبذلك ينتشر التلوث في التربة من خلال الماء الموجود بها، وغالبًا ما يكون التلوث في صورة سوائل غير قابلة للذوبان في الماء، وأحيانًا على نحو أقل من خلال التطاير والتبخر في طبقات التربة، ووقد تكون الملوثات القابلة للذوبان في الماء مركبات عضوية أو غير عضوية. وطالما كانت ذائبة في الماء، فإنها تسير مع حركة الماء في التربة، لكن بالطبع ليس بالسرعة ذاتها في السريان؛ حيث إن امتصاص مكونات التربة لها يبطئ من سريانها وذلك لمعدل الامتصاص ولنسب التركيز في الماء أو في التربة. ولكن كذلك ما يحدث لهذه الملوثات من سريان في المياه الجوفية وانتشارها أو تشتتها على نحو غير متجانس أو منتظم، وبالطبع، فإن تركيز الملوثات يقل كلما زادت المسافة عن مصدر التلوث، نتيجة لما يحدث من امتصاص وانتشار. وبالطبع ستبقى بعض الملوثات دون انتشار، ومما سوف يستغرق وقتًا طويلاً حتى تخرج الملوثات من التربة، وربما مع سقوط الأمطار، فإن ماء المطر يساعد على حملها إلى داخل التربة، وأيضًا إلى المياه الجوفية.

أما الملوثات غير الذائبة في الماء فإن وزنها النوعي ومركباتها أثقل أو أخف من الماء سوف يحكم مقدار انتشارها وتوزيعها داخل التربة؛ فالمركبات الأخف سوف تطفو على سطح المياه الجوفية، وتصل إلى سطح التربة، بينما المركبات الأثقل سوف تخترق المياه الجوفية لتصل إلى أعماق التربة، وحتى الطبقة الصخرية غير المنفذة لها، وذلك كما يوضحه الشكل (٥).

ومما يعني سواء كانت الملوثات طافية على المياه الجوفية أو في أعماقها، فإن ذلك يعني تلوث المياه الجوفية، مع احتمال ذوبان الملوثات بها؛ خاصة مع إمكانة نفاذ المركبات الأثقل من الماء، من خلال الثقوب والشقوق والشعيرات، التي بالطبقة غير المنفذة، ولتبقى طويلا بداخلها، وكذلك مع احتمال حدوث تبخير للملوث الأخف من الماء في طبقات التربة.

شكل (٥)

توضيح لانتشار المركبات غير الذائبة في الماء



بذلك يلزم مع حدوث التلوث للتربة أن يتم معالجة هذه التربة، لمنع المزيد من انتشار الملوثات في طبقاتها، واستعادة التربة لتكون آمنة وصالحة للزراعة.

٦-٢-١ طرق معالجة التربة الملوثة: تشمل الطرق والوسائل التالية:

١- حفر آبار ودفع الماء الملوث إليها، ثم استعادته خارج التربة، وذلك يقلل من تركيز الملوثات، مع استمرار ضخ الماء إلى الخارج. ولكن مع استمرار تلك العملية، فإن مستوى الماء يعود إلى الارتفاع، حاملاً معه المتبقي من الملوثات، وبذلك تكون هذه الطريقة بطيئة وغير فعالة.

٢- استخدام أنواع من سوائل المنظفات الصناعية في التربة؛ للمساعدة على إخراج المواد العضوية، ومما يجعل هذه الطريقة أسرع وأكثر فعالية.

٣- فصل المركبات القابلة للتطاير من الملوثات، بإمرار الهواء في التربة ومن خلال حفر عدد من الثقوب بها، ويساعد في ذلك الاستعانة بدفع البخار أو تسخين الهواء. ولكن قد لا تساعد تلك الطريقة على التخلص من جميع الملوثات، أو على الأقل تقلل من تركيزاتها، وربما إلى الحد الآمن، مع الإقلال من مساحات انتشار الملوثات وتركيزاتها، ولكن قد تساعد أيضًا على نشر ما تبقى من الملوثات في مختلف الاتجاهات.

٤- حقن التربة بمركبات قابلة للتفاعل مع الملوثات وتثبيت تركيباتها، وإبطال تأثيراتها، مثال حقن الأسمنت أو الجير.

٥- إدخال أقطاب كهربائية وإمرار تيار؛ مما يساعد على صهر التربة وإذابتها، ويحلل كذلك بعض الملوثات أو يحتفظ ببعضها في صورة الرواسب المتبقية بعد الإذابة.

٦- الاستفادة من المركبات ذات التأثير غير المؤذي على البيئة في التفاعل مع أنواع الملوثات، سواء العضوية أو غير العضوية، مثال الحديد، الزنك، القصدير، ومن خلال الوضع في أماكن توقف المياه الجوفية، مثال تفاعل بعض مركبات الكلور العضوية مع الحديد طبقًا للمعادلة التالية:

$$Fe + RCl = H^{+} \longrightarrow Fe^{2+} + RH + CL^{-}$$

بذلك تكون النتيجة أكثر أمانًا وأقل في السمية والتأثير على البيئة.

كذلك يعكس التعامل في بعض أنواع الأصباغ والمبيدات، مثال عنصر الكروميوم؛ ليختزل إلى صورة أقل خطورة وأبطأ في السريان.

٧- غسيل التربة جيدا بالمحاليل المناسبة.

٨- حرق الملوثات العضوية بالتسخين.

٩- التحلل بالبكتريا؛ حيث تلقى حاليا تلك الطريقة المزيد من الاهتمام، مع إجراء أعمال البحث والتطوير وإعداد البكتريا بالمركبات المغذية، وكذلك استخدام البكتريا لتكوين مركبات أقل في الخطورة أو قابلة للتحلل البيولوجي.

١٠- استخدام النباتات ذات المقدرة على اخذ أيونات المعادن، مثال: النحاس، النيكل، الرصاص، السلينيم، مع تركز هذه الأيونات في الرماد عند الحرق، وهذه الطريقة مناسبة إذا كان تلوث التربة في الطبقة العليا (سطح التربة).

إن معالجة التربة الملوثة مجال واسع ويزداد نموًّا مع وجود عديد من الدراسات والبحوث الجارية في مجالاته، ولكن اختيار أفضلها يعتمد على نوع الملوث والطريقة المفضلة لحل المشكلة، ومع المضي في تلك البحوث فمن المتوقع التوصل إلى طرق أكثر فاعلية وأنسب اقتصاديًّا.

٦-٢ التلوث بمركب الأسبيتوس: الأسبيتوس تركيب من سيلكات الألمنيوم، ويوجد في صورة بلورات على شكل ألياف ذات متانة ومرونة، وجميعها قائمة على الشكل الرباعي لبلورات (SiO_4).

والأسبوتس غير نشط كيميائيا ولكن وصول الأتربة والألياف إلى الجهاز التنفسي، مسبب أساسي وخطير لإحداث سرطان الرئة، إذ إن التعرض لها سواء خلال الاستخراج أو الإنتاج أو التشغيل في عمليات العزل، يسبب الإستثارة

بالجزئيات والجسميات ذات شكل القضبان، والتي يتراوح حجمها بين ٢ إلى ٢٠ ميكروميتر؛ مما يسبب الإصابة بأنواع مختلفة من السرطانات.

٦-٤ التلوث بالفطريات:

الفطريات كائنات مجهرية هوائية، لذلك تكثر في الطبقة السطحية من التربة، وقد توجد على صورة جراثيم وبأعداد تصل إلى قرابة ٥٠٠ في كل جرام من التربة، كما تكثر مع ارتفاع درجة حموضة التربة أو رطوبتها، ولها دور فعال في تحلل المركبات العضوية المعقدة، مثال السيلولوز واللجنين، كما تساعد في تجميع حبيبات التربة، وتساعد بعض الفطريات على نمو جذور التربة حيث تيسر الحصول على الفوسفات، وتتغذى الفطريات على الماء مثل الشعيرات الجذرية، كما تحصل من النباتات على احتياجاتها من الكربوهيدرات والفيتامينات.

ومن أنواع الفطريات وحيدة الخلية ما يعرف بالخمائر؛ حيث تنتشر في معظم الأراضي، خاصة المراعي والغابات، ولكن بدرجة أقل من انتشار البكتريا.

٦-٥ التلوث بالمبيدات:

تصل المبيدات إلى التربة إما بالطرق المباشرة من الرش، التعفير، التدخين، أو الوضع بجوار النباتات أثناء نموها أو عند زراعتها، كذلك بالطرق غير المباشرة، من تساقط، وتقليب المخلفات أو باستخدام تقاوي ملوثة بالمبيدات. والمبيدات ملوثات يمكن أن تكون نافعة أو ضارة، فإذا قامت بحماية المحاصيل، والحيوانات الأليفة، من الأمراض أو التلف، وتعاملت مع الحشرات المسببة للأمراض والأوبئة (ملاريا، طاعون)، فإنها بذلك تكون نافعة ومهمة. أما إذا كانت سامة ومسببة للمشكلات والأمراض مثال إصابات الكبد أو السرطان أو التأثير على الجهاز العصبي، فإنها تكون ضارة. ومن المهم التأكيد على أن تكرار استعمالها لعديد من المرات قد يؤدي إلى إيجاد حشرات ذات مقاومة لها، وأحيانًا لنمو نباتات ذات مقاومة منخفضة.

وقد أدى الاستعمال غير المنتظم للمبيدات إلى اختلال خطير في النظم البيئية من هواء وماء وتربة، كما أدى إلى تغيرات كبيرة وملحوظة. إذ إن المبيدات تتميز بالبطء في تفككها وتراكمها في تكوينات وأجسام النباتات والحيوانات، ومما يحقق الوصول إلى الأفراد عندما يتغذى عليها، ومن الثابت وجود آثار للمبيدات في ألبان الأمهات المرضعات، وكذلك في عظام وأجسام الأطفال حديثي الولادة، وكذلك قد تؤثر المبيدات على كثير من الكائنات المفيدة، والتي تسهم في تكامل عناصر البيئة، مثال الطيور أو النحل وغيرها من أساسيات التوازن البيئي.

هذا ومن التأثيرات السلبية للمبيدات الآتي:

١- **التأثير على النباتات:** إعاقة وخفض التمثيل الضوئي كنتيجة لتغير لون أوراق النباتات من الأخضر إلى البني، وأحيانا الأصفر. كما تتسبب أحيانًا في تساقط أوراق النباتات والأشجار، كذلك فإن بعض المبيدات تحدث خللاً في انقسام الخلايا اللحائية الخشبية؛ مما يؤدي إلى توقف النقل والاستفادة بالمواد الغذائية، وبالتالي حدوث الأضرار الشديدة بالنباتات.

٢- **التأثير على الأسماك والطيور والحشرات:** للمبيدات خاصية التراكم والتجمع في أعضاء وأنسجة الكائنات الحية المختلفة، ويكون ذلك بتركيزات متزايدة، ثم عبر السلسلة الغذائية تصل إلى الإنسان، ومما يعني الأضرار الجسيمة سواء الصحية ، أو البيئية.

كما أن أنواع المبيدات لا تفرق بين الكائنات أو الحشرات النافعة عن الضارة؛ مما يعني التأثيرات السامة على الجميع، ويؤدي إلى الخلل في التوازن البيئي.

كذلك فإن القضاء على الحشرات النافعة، ذات الدور الفعال في القضاء على الحشرات الضارة يعني زيادة انتشار وتأثيرات الحشرات الضارة، وكما يحدث في بعض أنواع الفاكهة مثال التفاح.

ومن المهم ذكر أن للمبيدات دورًا في القضاء على النحل؛ مما يعني خسارة اقتصادية كبيرة.

٣- **التأثير على الأفراد:** تتسبب المبيدات في الإصابة بالأمراض المختلفة مثال الفشل الكلوي والكبد وكذلك الجهاز العصبي؛ مما قد يؤدي إلى حدوث الشلل الكامل، إضافة إلى الأمراض السرطانية (مثال سرطان الكبد).

٦-٥-١ أنواع المبيدات:

قد تكون المبيدات عضوية (مثال المضادات الحيوية)، وغير عضوية (كبريتات النحاس، كلوريد الزئبق)، وأغلب المركبات العضوية من أنواع العطريات يدخل في تركيبها الهالوجينات أو الكبريت أو الفوسفور أو النيتروجين، وقد تكون بتركيبات من الاستراك أو متصلة مع الكربون الرباعي التكافؤ، مما يؤدي إلى التفاوت في درجة تأثيرها طبقا لنوع المادة الفعالة.

وقد تكون المبيدات من أنواع السوائل أو الغازات (أيروسولات) أو المساحيق الجافة، حيث يختلف تأثيرها الفعال على الكائنات، على النحو التالي:

- المبيدات القاتلة.

- المبيدات المعوقة لنمو الكائنات الدقيقة (البكتريا).
- المبيدات الفطرية (للقضاء على الفطريات)
- مبيدات الحشائش.
- مبيدات الحشرات، سواء بإصابتها بالعقم أو الطرد وغيرها من التأثيرات.
- المبيدات القاتلة للقواقع المائية.
- مبيدات القوارض.
- المبيدات القاتلة للزواحف.
- معقمات التربة (النماتودا).
- مبيدات الطيور أو الطاردة لها.

ومن أنواع المبيدات أيضا منظمات النمو للنباتات وأنواع الهرمونات، وتشمل مسرعات الأزهار، موانع تساقط الثمار، وأيضا مثبطات النمو أو مسقطات الأوراق.

ومن المهم مع استخدام المبيدات، تحديد الفترة اللازمة؛ لكي يتحلل المبيد إذ إن لذلك فوائد تطبيقية كبيرة، وتشمل نسبة التحلل إلى حدود تزيد عن ٧٥٪ وقد تصل إلى ١٠٠٪، وقد يكون ذلك التحلل مطلوبًا في بعض الظروف، أو غير مرغوب في ظروف أخرى، خاصة عند تراكم المبيدات الشديدة المقاومة للتحلل، وتصل إلى أعلاف الحيوانات، أو تلوث مياه الترع والمصارف مما يحدث آثارًا صحية، وأحيانًا قد يكون ذلك مفيدًا للتخلص من الحشائش لفترات طويلة.

والمبيدات من العطريات؛ خاصة مع وجود الهالوجنات ، الكبريتات، النيترات، الأثرات، فإنها تكون مقاومة للتحلل البيولوجي.

وهناك أمثلة واضحة على دور التركيب الكيميائي للمبيد في جعله أكثر أو أقل قابلية للتحلل الميكروبي، مثال الآتي:

- مركب ثنائي كلورونيترو بنزول، والذي يتميز بأنه شديد المقاومة للتحلل، ولكن عندما يتحول إلى مركب أحادي كلورونيترو بنزول، يكون أقل مقاومة للتحلل الكيماوي.
- مركب ميتا كلوروفينول، الذي يتميز بأنه شديد المقاومة للتحلل، عندما يتحول إلى مركبو أورثو كلوروفينول أو مركب باراكلوروفينول، وكلاهما أقل مقاومة للتحلل.

كذلك فإن وجود المبيدات في ظروف لا هوائية يطيل من فترة بقائها ومقاومتها للتحلل؛ إذ إن الإنزيمات التي تقوم بالتحلل، تحتاج إلى أوكسجين حتى تؤدي فاعليتها.

ويلعب نوع التربة دورًا فعالاً في تحلل المبيدات؛ إذ إن التربة السوداء الثقيلة تحدث امتصاصًا للمبيدات على غرويات هذه التربة، وبالتالي يقلل من قدرة الميكروبات على تحلله، وذلك بعكس ما يحدث في التربة الرملية أو الترابية؛ حيث تزيد بها المقدرة على التحلل. كذلك تؤثر العوامل المحيطة بالتربة من فاعلية تلك المبيدات بها، وعلى نحو تحلل بيولوجي، مثال الآتي:

- **التحلل الضوئي**: خاصة بالأشعة فوق البنفسجية، وهذا يحدث في الطبقة السطحية من التربة.
- **التفاعل الكيماوي**: مع بعض المواد العضوية أو المعدنية الموجودة في التربة، ومما يحدث عمليات أكسدة أو اختزال أو تحلل مائي، فمثلا الكاربونات، كبريتورات الحديد ، المنجنيز، الكوبالت تحدث أكسدة أو اختزالاً، وكذلك أيونات النحاس عند تفاعلها مع المبيدات الفوسفورية إذ تحدث لها تحللاً مائيًا.
- **التطاير (Volatilization)**: إذا كانت المبيدات سهلة التطاير، وبالتالي يحدث لها التحلل ولكن بسرعات بطيئة.
- **التسرب**: من التربة أو عند غسيل التربة.
- **الادمصاص**: على غرويات التربة (مقاومة التربة الطينية الأبطأ في التحلل، مقارنة بالتربة الرملية أو الترابية).
- **الامتصاص**: بالنباتات.

ويشتمل **التحلل** البيولوجي للمبيدات على:

- تأثير أنواع البكتريا محدثة للتحلل البيولوجي (Biodegradation)؛ مما يؤدي لأن يفقد المبيد سميته، ويتحول إلى مركبات أخرى، قد تكون أكثر تعقيدًا في التركيب الكيميائي، وأحيانًا قد يحدث العكس ويزداد نشاط وفاعلية المبيدات.

وأحيانًا، قد تتحلل السلاسل الجانبية للمبيدات من مجموعات الاسترات أو الأميدات أو الأكاسيد، مع إزالة ذرات من الأوكسجين، أو أحيانًا الاختزال بالاتحاد مع الهيدروجين، أو التحلل المائي بالذوبان في الماء.

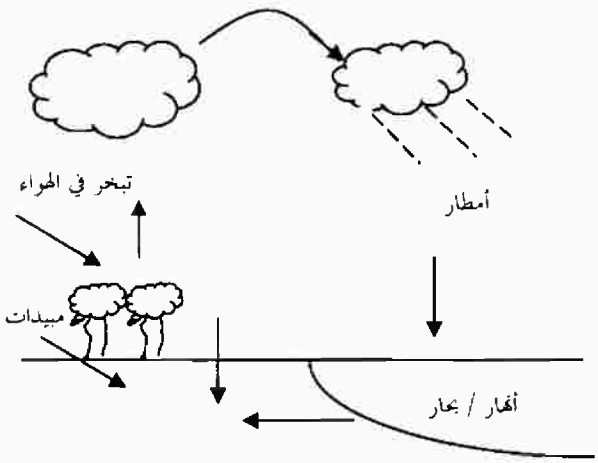
وقد يحدث للمبيدات أحيانا نزع لبعض المجموعات، مثال: إزالة الكلور، أو مجموعة الألكيلات (ميثيل، اثيل)، أو اختزال مجموعة النيترو لتصبح مجموعة أمين.

كذلك تؤدي أنواع من الإنزيمات والميكروبات إلى كسر النواة العطرية أو غيرها من عديد من التفاعلات الكيميائية، وبعضها يساعد على التحلل، والآخر قد يعوق التحلل.

وقد تنتشر المبيدات المستخدمة مع التربة؛ لتؤثر على دورة الماء والهواء، حيث تصل إلى النباتات والأشجار ثم تتبخر في الهواء لتذوب في السحاب، ثم لتسقط ثانية مع مياه الأمطار لتلوث البحار، والأنهار، ومنها تصل إلى المياه الجوفية.

شكل (٦)

انتشار المبيدات مع دورة الماء والهواء



ويختلف تأثير المبيدات على النشاط الميكروبي في التربة، ذلك لفترات قد تكون قصيرة أو طويلة، حسب نوع المبيد، وكذلك نوع التربة والعوامل المحيطة بكليهما، ثم تعود التربة بعد ذلك لحالات الاتزان، ويرجع تأثير المبيدات على الميكروبات أو على نحو غير مباشر على الكائنات من نباتات وحيوانات وغيرها.

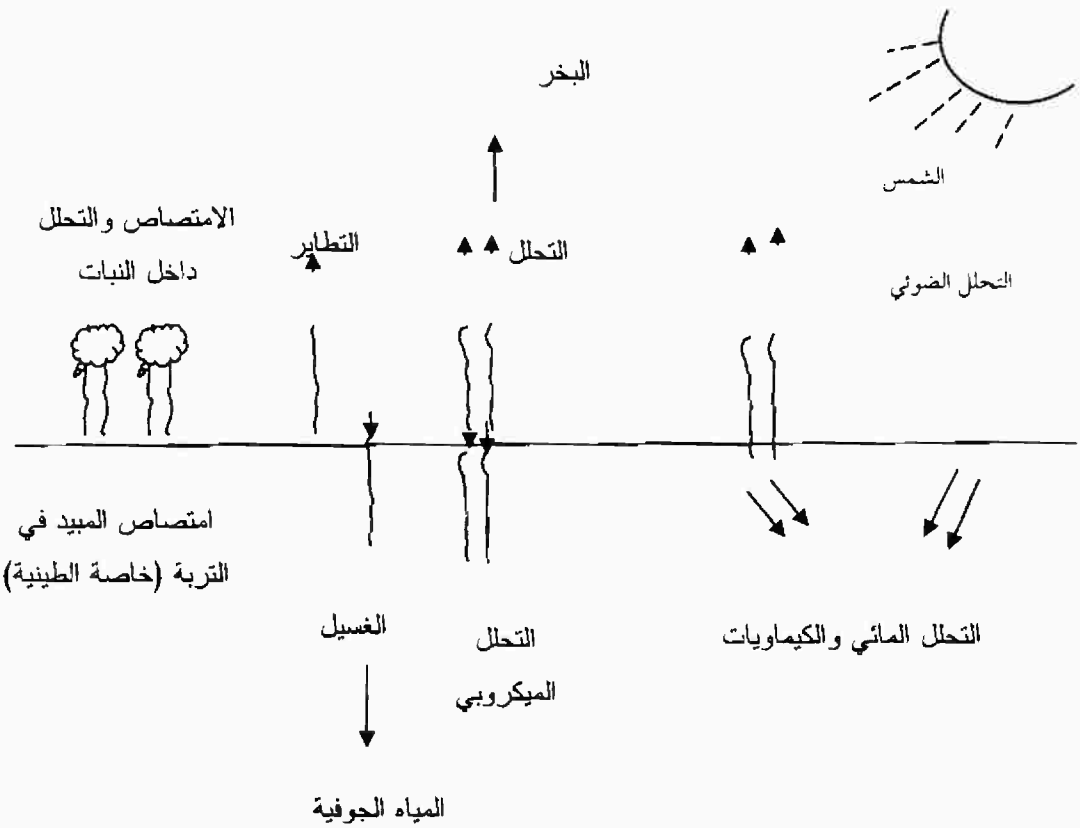
وتوضح النتائج الاختلاف الكبير في نتائج هذه الدراسات؛ إذ إن ذلك راجع إلى:

- اختلاف تركيبات المبيدات.
- ظروف أخذ العينات.
- المجموعة من الميكروبات الجاري دراستها.

ويمثل الشكل (٧) العمليات المختلفة التي تتعرض لها المبيدات.

شكل (٧)

العمليات المختلفة التي تتعرض لها المبيدات



٦-٥-٢ المكافحة الحيوية:

لإنجاح طرق المكافحة الحيوية، فمن اللازم مراعاة الاعتبارات التالية:

- التحديد الدقيق للخواص الحيوية، وكذلك البيئية، وكيفية سلوك الحشرات؛ لتحديد أنسب الأوقات لاستخدام الميكروبات وزيادة فاعليتها.
- خواص الكائن ومدى الاحتفاظ بصفاته وإحداثه للأمراض، اعتبارًا من وقت الإعداد حتى إجراء المعاملة.
- تجهيز الكائنات في صورة جراثيم، لها المقدرة على تحمل الظروف الصعبة.
- كيفية التوزيع ضمانًا لوصول كمية ثابتة ومنتظمة من الميكروب؛ لتسبب موت الآفة.
- دراسة الظروف البيئية المحيطة ومدى تأثيرها.

هذا، وتتركز إمكانيات نجاح المكافحة الميكروبية في الآتي:

- أن لا تكون المستحضرات الميكروبية ضارة بالإنسان أو الحيوان، وذات تأثير محدود على النباتات.
- أن لا يكون لها تأثير على الحشرات النافعة.
- قابلة للخلط مع أنواع المبيدات الحديثة، ومما يزيد من فعاليتها.
- أن تكون سهلة الإنتاج.
- أن تكون بتكاليف مقبولة.
- لها المقدرة على الثبات أثناء التخزين لفترات طويلة.
- أن لا يحدث ظهور لسلالات مقاومة للآفة المسببة للمرض الجاري التعامل معه.

لكن توجد عدة صعوبات، تواجه استخدام الميكروبات، مثال الآتي:

- أن لا تكون الظروف الجوية مناسبة، مثال حالة الفطريات التي تحتاج إلى ١٠٪ رطوبة على الأقل.
- أن لا تستجيب لمنبهات التغذية مثال (المولاس) لزيادة فعاليتها.
- أهمية التخصص حتى تعطي مجالاً مناسبًا من المكافحة، أي لا يكون محدودًا.
- أن تستخدم في التوقيت المناسب لتتلاءم مع فترة حضانة الميكروب.
- أن لا تفقد الحيوية عند التخزين، خاصة أنواع الفطريات.
- أن تكون مقاومة للأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس.

٦-٦ تصحر التربة:

تصحر التربة يعني تدهور خصوبتها، سواء كانت مراعي طبيعية أو أراضي زراعية جاري ريها مع انخفاض إنتاجيتها من المحاصيل والزراعات. ويؤثر التصحر على الغابات والمناطق الرعوية، لتفقد الغطاء النباتي؛ مما يؤدي إلى تقطيع الأشجار ليحل مكانها الأعشاب والنباتات غير المرغوب فيها. كما تتفكك الطبقة السطحية لتصبح أكثر عرضة للانجراف. وتتأثر بالعوامل المناخية من الرياح أو السيول، وبذلك تفقد التربة المقدرة على الاحتفاظ بالماء ولترتفع بها نسبة الملوحة، لتصل في النهاية إلى الانخفاض في المحاصيل وإنتاج الخضروات والفاكهة.

ويقدر إجمالي المساحات المتصحرة عالميا بحوالي ٣٦ مليون كيلو متر مربع، يقع منها ١٣ مليون كيلو متر مربع في العالم العربي، أي حوالي ٢٨٪ من الإجمالي العالمي.

٦-٦-١ مخاطر التصحر:

١- **تمليح الأراضي المروية**: يحدث التمليح في المناطق القاحلة ذات المناخ الجاف (غير الرطب) والحرارة المرتفعة؛ نتيجة لارتفاع معدلات البخر، مما يؤدي إلى ترسيب الأملاح الذائبة في سوائل التربة، وخاصة على سطح التربة، ويزداد الأمر سوءًا إذا كان نظام الصرف غير كفء ولا يحدث غسيل كافي لهذه الأملاح، ويعمل على إزالتها من التربة.

٢- **زحف الرمال**: خاصة في المناطق الجافة، ومما يهدد الأراضي الزراعية؛ حيث إن الكثبان الرملية تفتقر للغطاء النباتي، كما أنها عرضة للتحرك بتأثير الرياح، مما يعني تهديدًا دائمًا للأراضي الزراعية.

٣- **انخفاض خصوبة التربة**: يحدث ذلك مع تجريف الطبقة السطحية أو الحرث الجائر، أو الزراعة المستمرة والمكثفة؛ مما يعني استنزافًا للمخزون من مخصبات التربة.

٤- **الرعي الجائر**: إذا ما زادت أعداد الحيوانات في المساحات الزراعية، فقد يؤدي ذلك إلى زوال بعض الأنواع النباتية؛ خاصة المرغوب فيها، لتحل مكانها أنواع زراعية أخرى غير مرغوب فيها، مما يؤدي إلى أن تتحول المراعي الخصبة إلى صحاري قاحلة.

٥- **إزالة وتدمير الغابات**: سواء بسبب الأمطار الحامضية، أو بفعل الأفراد؛ مما يعني تعرية التربة، وزيادة تعرضها للانجراف المائي في مواسم سقوط الأمطار، أو بتأثير الرياح في فترات الجفاف.

مواجهة التصحر:

حتى يمكن تحقيق ذلك، يلزم اتباع الطرق التالية:

١- تثبيت الكثبان الرملية، سواء بإقامة الحواجز حول الأراضي، الزراعية أو زراعة مصدات الرياح بين النباتات وأفرع النخليل، أو بزراعة الكثبان الرملية مع التثبيت للرمال المتحركة، يتم تحولها لأراضٍ زراعية أو للرعي، وأخيرًا يمكن باستخدام المنتجات البترولية والمركبات المطاطية، أو بالأسفلت أو الزفت.

٢- حماية الغابات ووقف قطع الأشجار.

٣- إنشاء الدرجات والسدود لتقليل اندفاع وقوة السيول.

٤- عدم التوسع في الزراعة المروية على حساب المراعي.

٦-٧ تركيبات التربة: تعرف التربة بالجزء المفكك من سطح الأرض، ويزرع فيها النبات على الغذاء والطبقة السفلى أكثر صلابة عن العليا، وتتركب التربة من خمس أجزاء:

١- **الحبيبات السطحية**: من طين، رمل ناعم وخشن، وتحتوي أساسًا على سيلكات الألمنيوم والحديد.

٢- **الماء الأرضي السطحي**: والموجود بين حبيبات التربة، وتتراوح بين أن يكون نقيًّا أو مخلوطا بالتربة.

٣- **الهواء الأرضي**: يختلف عن الهواء الجوي لازدياد نسبة ثاني أوكسيد الكربون به وانخفاض الأوكسجين؛ نتيجة لتنفس جذور النباتات وغيرها من الكائنات الدقيقة الحية، ويوجد في الأماكن الخالية غير المحتوية على الماء.

٤- **المواد العضوية**: من الجذور وبقايا النباتات والحيوانات المتحللة بواسطة ميكروبات التربة وتتحول إلى ما يعرف بمسمى الدُّبال (Humus) ، والذي يحسن من خواص النفاذية للتربة مع الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية والبيولوجية (خاصة البكتريا والميكروبات).

٥- **البكتريا والفطريات والطحالب**: تزداد خصوبة التربة مع زيادة العناصر الغذائية خاصة المحتوية على الميكروبات، وكذلك الظروف المحيطة من حرارة ورطوبة ودرجة حموضة...إلخ.

١,٧,٦ مصادر التلوث الطبيعي:

١- **البراكين**، حيث تدفع الحرارة إلى دفن التربة الزراعية بغطاء من أكوام الصخور البركانية، إضافة إلى الأبخرة والغازات المتصاعدة، والتي تشمل أكاسيد وكبريتات وكلوريدات المعادن المختلفة.

٢- **الأعاصير**، حيث تؤدي الرياح السريعة إلى التحريك من جهة إلى أخرى، وأحيانا اقتلاع الأشجار والنباتات ونقل الحبيبات، مع تكوين الكثبان الرملية، وردم مصادر الحياة من ترع صغيرة سطحية أو آبار.

٣- **الزلازل**، لما تحدثه من انهيارات أو تشققات بطبقات الأرض والمباني، وأحيانًا كسور لمواسير المياه أو اندلاع الحرائق، وكذلك الإضرار بالتربة الزراعية والنباتات والحيوانات وبالطبع الأفراد.

٦-٧-٢ التلوث بنشاط الأفراد والبكتريا:

١- استخدام الأسمدة، الكيماويات المختلفة، خاصة الصناعية.

٢- تجمع المخلفات الصلبة من أنواع القمامة المنزلية، إضافة إلى مخلفات الأفراد والحيوانات، وكذلك الصرف الصحي.

٣- المخلفات الصناعية المختلفة.

٤- البكتريا بأنواعها المختلفة من ذاتية أو غير ذاتية التغذية أو الشبيهة بالفطريات.

٥- الفطريات بأنواعها المختلفة والسائدة في الأراضي الحامضية أو الرطبة، وتساعد على تحلل السيلولوز واللجين مع تجميع حبيبات التربة، وتعسر حصول النباتات على الفوسفات والماء والهواء.

٦- الطحالب، خاصة في التربة الرطبة والشواطئ، التي تعني مصدرًا للمواد العضوية؛ بسبب المقدرة على التمثيل الضوئي وتثبيت النيتروجين. وتوجد الطحالب الخضراء في الأراضي المعتدلة الحرارة، بينما توجد الخضراء والمزرقة في المناطق الحارة.

٦-٧-٣ الفيروسات والتربة:

التربة وسط رئيسي لانتقال الفيروسات، التي تصيب الإنسان والحيوان والنبات، وأكثرها انتشارًا في التربة فيروسات: شلل الأطفال، الكبد الوبائي، الأمراض المعوية، الحمى القلاعية. وكلما زادت نسبة الطين في التربة زاد امتصاص الفيروسات وأصبحت أكثر التصاقًا وبشدة مع حبيبات الطين، وبالتالي تطول فترة بقائها في التربة ومما يعني الخاصية الوبائية للأفراد.

ولا تؤثر عمليه الامتصاص في كفاءة الفيروسات، بل تبقى حتى بعد عزلها من التربة في حالة نشاط ومقدرة على إحداث الأمراض، ومن الممكن أن تنقل فيروسات التربة إلى الإنسان، بواسطة الخضراوات وعش الغراب والكمأة.

والمصدر الرئيسي لتلوث التربة بالفيروسات: استخدام ماء الصرف الصحي والأسمدة والمجاري في الري وكسماد للحدائق، ولكنها تعتمد في فترة بنائها على قوام التربة ونوع وطور النمو للنبات، كما تتأثر بالظروف البيئية المحيطة. وتزداد خطورة الفيروسات عند اختراقها لجذور النباتات؛ إذ إن الغسيل بالماء لا يخلصها من الفيروسات الموجودة بداخلها.

وعملية الترسيب لماء المجاري لا يخلصها من الفيروسات كما لا تؤدي إلى إضعافها، وأكثر الطرق فاعلية هو بالردم لتركها تتخمر لا هوائيًا، ومع إطالة مدة التخمر ورفع درجة الحرارة، فإن ذلك يتسبب في قتل بعض أنواعها.

٦-٧-٤ توزيع الميكروبات في التربة الزراعية:

حيث تشمل أنواع هذه الميكروبات الآتي:

١- **أنواع البكتريا**: والسابق الإشارة إليها، بين أن تكون ذاتية التغذية أو غير الذاتية التغذية، فالذاتية تحصل على الطاقة اللازمة لنموها من الضوء الواصل إلى التربة أو من أكسدة المركبات المعدنية، أما غير الذاتية التغذية فتحصل على احتياجاتها من المركبات العضوية، وحيث تمثل أغلب أنواع البكتريا الموجودة بالتربة، وتقوم بعديد من التفاعلات والتحويلات الحيوية.

٢- **الفطريات**: تكثر في الطبقة السطحية من التربة، وهذه كائنات هوائية دقيقة. وقد توجد على صورة الجراثيم، وتساعد حموضة التربة أو رطوبتها على نموها، وذات دور في تحليل المركبات العضوية المعقدة التركيب، مثال مركبات السيلولوز حيث تقوم بتزويدها بالفوسفات مع الامتصاص للماء والغذاء مثال الشعيرات الجذرية، فتحصل على احتياجاتها من الكربوهيدرات والفيتامينات.

٣- **أنواع الخمائر**: هذه فطريات وحيدة الخلية وتوجد في معظم أنواع الأراضي، وبالذات المراعي والغابات وحول جذور النباتات، ولكن بدرجة أقل من البكتريا، ولها دور فعال في تحولات العناصر الغذائية التي بالتربة.

٤- **الطحالب**: اقل انتشارًا من البكتريا والفطريات، وهي هوائية وتقوم بتمثيل طاقة الضوء كما تكثر في الطبقات السفلية، وخاصة التربة الرطبة، كما أنها ذات مقدرة على التمثيل الضوئي وتثبيت النيتروجين، وبذلك تكون مصدرًا جيدًا للمركبات العضوية في التربة. وتسود الأنواع الخضراء منها في المناطق المعتدلة الحرارة، بينما تكثر الأنواع الخضراء ذات الزرقة في المناطق الحارة (كما سبق الذكر).

٥- **البروتوزوا**: من أنواع الأميبات والسرطيات، حيث تكثر في الطبقة العليا من التربة؛ خاصة إذا كانت سيئة الصرف، وتتغذى على المركبات العضوية والبكتريا والخمائر، بذلك تكون ذات دور فعال في تحقيق توازن الميكروبات في التربة، وفي تحلل المركبات العضوية، خاصة المحتوية على الفوسفات، ولكن بعض أنواعها تسبب الأمراض للإنسان مثال الدوستناريا.

٦- **الفيروسات**: تعتبر التربة وسطًا مناسبًا ورئيسيًا لانتقال الفيروسات إلى الإنسان والحيوان والنبات، مثال فيروسات شلل الأطفال والأمراض المعوية والكبد الوبائي والحمى القلاعية خاصة في التربة الطينية، حيث يزداد التصاق الفيروسات مع حبيبات الطين، مما يشكل أنواع الأوبئة؛ إذ لا تتأثر عملية

الامتصاص، وتظل على الكفاءة ذاتها والمقدرة، كما يساعد على نقلها إلى الإنسان أنواع الخضراوات والفطريات أمثال (عش الغراب)، وغالبا تصل للتربة عن طريق الصرف الصحي واستخدام مياه المجاري والأسمدة العضوية في الزراعة، كما أن نشاطها مرتبط بنوع النبات الملوث ومرحلة نموه، إضافة إلى الظروف البيئية من حرارة ورطوبة وحموضة التربة، وتزداد الخطورة مع اختراق الفيروسات لجذور النبات؛ إذ لا ينجح غسل الخضروات في التخلص مما بداخلها من الفيروسات، وعند استخدام ماء المجاري في الري وتسميد الأرض فيلزم معالجتها للتطهير من الفيروسات، وأنسب الطرق لذلك التخمير لا هوائيًا في أبراج إنتاج الغاز الحيوي أو بالردم، حيث تقتل، ويحسن من كفاءة هذه العملية التخمر عند حرارة بحدودة ٥٥٥م ولمدة تصل إلى أسبوع؛ نتيجة للحرارة العالية الناتجة عن التخمر.

٦-٨ تأثيرات التلوث على الزراعة:

من متابعة التلوث وتأثيراته على الزراعة، فقد ثبت أن تلوث الهواء بالغازات أمثال ثاني أوكسيد الكبريت أنه يتسبب في إتلاف المزروعات، مثال الخضروات، وذلك مما يمكن ملاحظته واضحًا بالنظر، وكان ذلك محيرًا أيضًا في الدول الأوروبية وشمال أمريكا؛ خاصة في المناطق الصناعية بالقرب من التجمعات السكانية الكبيرة والتي تنبعث فيها الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري. وفي بعض البلدان، مثال لوس انجلوس، فقد كان ذلك التلوث مع العوامل الجغرافية والمناخية يؤدي إلى تكون الدخان الأسود (Smog)، والناتج من التفاعلات الضوء كيمائيًا مع تحلل الأوزون، كما كان واضحًا كذلك في الغابات الواقعة شرق لوس أنجلوس، حيث أمكن الملاحظة بالعين المجردة للتأثيرات الحادثة على أوراق الأشجار، هذا وإن كانت بعض الآراء ترى أن التلوث بثاني أوكسيد الكبريت بالنسب المنخفضة بحدود ٠,١ – ٠,٢ ج ف م يؤدي إلى نمو أفضل للنباتات، وكذلك لوحظ إحداث تأثيرات فسيولوجية مرئية بالعين على النباتات، مثال الانخفاض في النمو وكذلك الإنتاجية، أو المقدرة على استمرار النباتات في المعيشة تحت ضواغط الظروف البيئية الشديدة التأثير.

وقد وجد أن اتحاد الملوثات معًا يساعد كثيرًا على إحداث التأثيرات الضارة على النباتات والأشجار، مثال اتحاد ثاني أوكسيد الكبريت مع الأوزون ومع أكاسيد النيتروجين، وكان ذلك واضحًا على الغابات الواقعة في شمال أمريكا ووسط أوروبا. حيث كانت تزداد سوءًا عامًا بعد آخر، ومنذ عام ١٩٨٠، أما كيف حدثت هذه التأثيرات وميكانيزماتها فلازال ذلك أمر غير واضح علميًا. خاصة وأن اغلب ما تم إجراؤه من الدراسات كانت على النباتات العشبية وليس على الأشجار.

٦-٩ مواجهة تلوث التربة:

يلزم الاهتمام والعمل على تحقيق الآتي:

١- الإقلال من تأثيرات التجريف أو التعرية للتربة؛ حتى لا تتسبب في فقدان الطبقة السطحية ذات الخصوبة، وقد يكون ذلك بالتوسع في عمليات زرع الأشجار، مع تجنب الحرث العميق للتربة، وإصدار التشريعات التي تحرم عمليات التجريف أو التعرية.

٢- المحافظة على الغطاء النباتي للتربة، مع منع قطع الأشجار وتجريم ذلك، وكذلك منع إقامة الطرق فوق الأراضي الزراعية، أو بشقها إلى أقسام.

٣- استخدام التقنيات الحديثة في الري بدلاً من أسلوب الغمر، والتوسع في إقامة المصارف المغطاة، مع العمل على وقف تحول الأراضي الزراعية إلى أراضٍ مالحة وغير منتجة.

٤- الحرص على استخدام أنواع المبيدات، خاصة الكيماوية والمقاومة للتحلل البيولوجي، وإن أمكن منعها، وأن يكون البديل التوسع في المكافحة الحيوية.

٥- عدم الإفراط في استخدام الأسمدة الكيماوية، وأن يكون البديل التوجه إلى الزراعات العضوية، مع تجنب الخسائر الاقتصادية والبيئية.

٦- تجنب الرعي المكثف والجائر، والذي يؤدي إلى زوال كثير من أنواع النباتات المرغوب في وجودها، لتحل بدلاً منها الحشائش أو الزراعات غير المرغوب فيها.

٧- وقف قطع الأشجار والشجيرات؛ مما يؤدي إلى تعرية التربة وزيادة ظاهرة التصحر.

٨- العمل على تثبيت الكثبان الرملية، ومنع تحركها بالتشجير أو إقامة مصدات الرياح، أو بالتغطية النباتية، أو بالمنتجات البترولية، بما يساعد على حماية الأراضي الزراعية.

٩- إتباع نظام الدورات الزراعية، مما يضمن تتابع المحاصيل الزراعية المختلفة، خاصة ا لمحاصيل من البقول؛ حيث إنها تزود التربة باللازم لها من النيتروجين.

١٠- الاستفادة بالمخلفات الزراعية الصلبة، خاصة العضوية، حيث يمكن تحويلها إلى سماد، أو توليد غاز البيوجاز (الميثان) واللازم للاستخدامات المدنية.

١١- العمل على التخلص الآمن من النفايات النووية، من مصادرها المختلفة، بالدفن في خزانات أسمنتية أو صخرية، أو في باطن الأرض أو في قاع البحر، مع حماية التربة من مضارها.