المقدمة

تمثل البيئة الإطـار الذى يعيش فيـه الكائن الحـى، يتأثر بها ويؤثر فيها. . وهو لا يعيش وحده فى ذلك الإطار الذى يمثل فى مجمله النظام البيئى، بل يحيا مع العديد من الكائنات الحيَّة الدقيقة والراقية، والكائنات «الموجودات» غير الحيَّة من صخور وجوامد وغازات وسوائل.

إنها منظومة معقدة ومركبة تحتوى على العديد من عناصر التفاعل البيئى، ورغم ذلك فهى بطبيعتها منظومة متزنة، فلا يوجد زيادة مفرطة فى أحد عناصر البيئة أو نقص مفرط، ومِنْ ثَمَّ تحتفظ تلك المنظومة بوضع الاتزان الطبيعى لها، لكن أحيانًا تميل تلك المنظومة إلى الخروج عن هذا التقنين الطبيعى، لتزيد بعض عناصر البيئة على حساب عناصر بيئية أخرى، مما يؤدى فى هذه الحالة إلى كارثة بيئية قد تقضى على كنوز الحياة على سطح الأرض.

إنَّ ثَمَّةَ رأيًا بين علماء الحياة يقول بأن انقراض الديناصورات كان بسبب حدوث كارثة بيئية، لم تستطع الديناصورات ـ رغم ضخامتها ـ مقاومتها، والدفاع عن وجودها كأحد مكونات النظام البيئى الحياتى، مما عرَّضها للانقراض والاندثار، وكل ما نعرفه عنها من خلال بعض الحفريات التى بقيت منها، تدل على تلك الكائنات العملاقة التى فشلت فى حجز مكان دائم لها فى سُلَّم الحياة، فى حين استطاعت بعض الكائنات الحية الأخرى ـ الأصغر حجمًا ـ البقاء ومقاومة الظروف البيئية المتغيرة.

لقد كان الإنسان فى بداية نزوله على سطح الأرض ـ ولفترة طويلة ـ يتعامل مع البيئة بوسائل بسيطة، ومِنْ ثَمَّ كان هو المتضرر من هذه البيئة، فقد كانت تقسو عليه أحيانًا، وتحرمه أحيانًا أخرى.

لذلك فكَّر فى كيفية تطويعها له، واستهلاك طاقاتها، فابتكر الآلة وصمَّم المصانع، وأطلق الصواريخ والطائرات، وصنع القنابل الذرية، واستخدم الإشعاع، وقام بتخليق العديد من المواد الكيمياوية، ورغم ما قدَّمه ذلك من سعادة ورفاهية للإنسان، لكنها فى الحقيقة سعادة وهمية كاذبة، لأنها لم تُقَنَّنْ كما يجب، فافتقدت استراتيجية الوصول إلى الهدف بأقل خسائر ممكنة.

كان نتيجة هذا التقدم غير المقنَّن الإضرار بالنظام البيئى، وإتلاف العديد من مكوناته الحيوية، مما أثر على النظام الحياتى على سطح الأرض، فقد ثُقبت طبقة الأوزون بفعل الكيماويات المتصاعدة من الأرض، واخترقت الأشعة فوق البنفسجية جو الأرض، لتسبب سرطان الجلد للعديد من البشر، كما ساهمت الكيماويات المتصاعدة من المصانع فى حدوث سرطان الرئتين، والمسالك التنفسية.

إن التعداد الصحى فى الدول المتقدمة قد أثبت أن عدد حالات الوفاة الناتجة عن إصابات الربو قد بلغ نسبة (٣٪) من إجمالى حالات الوفاة الكلية خلال عام، وقد أشار التقرير إلى العوامل الرئيسية المؤدية إلى ذلك، والتى من أهمها الملوثات الكيمياوية للعديد من المصانع.

ولعظم الكارثة المتوقعة، بدأ العالم يدرك أبعادها، ويبحث عن حلول جذرية لها، لكى ينقذ المنظومة الحياتية على سطح الأرض من الكوارث البيئية المحتملة مع التقدم الصناعى الهائل الذى شهدته البشرية، ورغم ضخامة المشكلة، إلا أن الآمال معقودة على أهم تقنية شهدتها البشرية «الهندسة الوراثية»، وغيرها من التقنيات الحديثة.

لذلك كان كتابى هذا، والذى أردت به إيضاح الدور الذى يمكن أن تلعبه «الهندسة الوراثية» فى صيانة وعلاج الخلل القائم فى النظام البيئى، وقد قسمت كتابى إلى خمسة فصول:

* يتناول **الفصل الأول** ماهية النظام البيئى ومكوناته.
* ويتناول **الفصل الثانى** أسباب الخلل فى النظام البيئى.

* ويتناول **الفصل الثالث** كيفية مقاومة وعلاج الاختلال فى النظام البيئى.

* أما **الفصل الرابع** فيتناول المعالجات البيئية التقليدية والجينية حتى تتضح ـ من خلال ذكر النوعين من المعالجات ـ الأهمية القصوى لاستخدام المعالجات الجينية فى علاج التلوث البيئى.

* ثم يأتى **الفصل الخامس** والأخير وهو يوضح ـ من خلال الصور ـ المعالجات الجينية للتلوث البيئى.

وأسأل الله أن ينفع بهذا الكتاب القراء والدارسين والمهتمين بتقنيات الهندسة الوراثية.

والله الموفِّق..

دكتور

عبد الباسط الجمل

obeikandl.com

الفصل الأول

ماهيَّة النظام البيئى ومكوِّناته

obeikandl.com

obeikandl.com

توجد تعريفات مختلفة للنظام البيئى، ويعتمد ذلك على النظرة البيئية لواضع التعريف، ومن تلك التعريفات ما يلى:

(أ) الإطار الذى يحوى منظومات مختلفة:

يتناول هذا التعريف النظام البيئى كتجمع من عديد من المنظومات، والتى تختلف فى ماهيتها، لكنها تتفاعل معًا، يؤثر بعضها فى البعض ويتأثر بعضها بالبعض، وتمثل المنظومة الحياتية بما تحويه من كائنات حية مختلفة فى التكوين والوظيفة، ومنظومة لا حياتية كالغلاف الغازى والغلاف المائى والغلاف الصخرى للأرض.

ولا يعنى النظر إلى المنظومتين وجود نظرة شاملة للنظام البيئى على الأرض، بل يمثل كل جزء من الأرض تتوافر به المنظومتان نظامًا بيئيًا.

(ب) المحيط الذى يشتمل على الكائن الحى:

يَعتبر هذا التعريف أىَّ محيط (ما يحيط بالشىء) بالكائن الحى يمثل نظامًا بيئيًا يعيش فيه هذا الكائن الحى، يتفاعل معه، ويساهم فى استمرار دورة الحياة خلاله، ويُعتبر ذلك ضروريًا لوصف هذا المحيط البيئى.

(ج) كل ما يحيط بالكائن الحى:

يتناول هذا التعريف النظام البيئى على أنه يمثل مجموعة الظروف البيئية المحيطة بالكائن الحى سواء كانت تؤثر فيه أو لا تؤثر فيه، ويشمل ذلك الإطار الحيوى الموجود حول الكائن الحى، والمتمثل فى مختلف أنواع الكائنات الحية التى تعيش فى البيئة، والإطار غير الحيوى، والمتمثل فى كل ما يوجد فى النظام البيئى من موجودات غير حيَّة.

مكوّنات النظام البيئى:

يتكون النظام البيئى من منظومة متكاملة من العديد من المكونات، والتى تتآلف وتمتزج معًا، لتكوّن إطارًا متناسقًا يشكّل المنظومة البيئية، والتى تتميز بالإطار المتزن المتغير والموجود فى حالة تفاعل مستمرة بين مكوناته، مما يؤدى إلى تأثر هذه المكونات ببعضها البعض، ومن هذه المكونات ما يلى:

(أ) المكوّنات الحية:

تشكّل المكونات الحية فى النظام البيئى أساس الاستمرار الوظيفى لهذا النظام، فهى الأداة الأساسية للتفاعل ومحور التأثير المتبادل بين باقى عناصر النظام البيئى.

تختلف المكونات الحية للنظام البيئى فى تركيبها ووظيفتها، ومدى الملائمة بين التركيب والوظيفة، وسيتضح ذلك من خلال عرضنا لتلك المكونات الحية:

١ ـ الكائنات الدقيقة:

تتميز الكائنات الدقيقة بصغر حجمها، حيث تقاس بوحدة (الميكرون)، والذى يساوى واحدًا من ألف جزء من المتر، ولذلك لا نستطيع أن نراها بالعين المجردة، ونستخدم فى رؤيتها الميكروسكوبات المختلفة، والتى يوجد منها أنواع عديدة تختلف فى درجة تكبيرها ونوع التقنية المستخدمة فى التكبير، كما يتضح من الجدول التالى:

الميكروسكوب	قوة التكبير	التقنية المستخدمة
* الميكروسكوب البسيط	١٠٠ مرة	ـ استخدام الضوء العادى.
* الميكروسكوب المركّب	٢٠٠ مرة	ـ استخدام مجموعة من العدسات.
* الميكروسكوب الضوئى	١٠٠٠ مرة	ـ استخدام ضوء مجمّع بواسطة الزجاج النقى.
* الميكروسكوب الفلورينى	٢٠٠٠ مرة	ـ استخدام الأشعة فوق البنفسجية

		ذات الطول الموجى القصير واستقبال الصورة المتكونة على حائل تلفازى (T.V - Screen)
* الميكروسكوب الإلكترونى	٥٠٠,٠٠٠ مرة	ـ استخدام حزمة إلكترونية مجمّعة بواسطة المكثفات الإلكترونية مع استخدام صبغات لتعطى قوة إيضاح كبيرة تُبيِّن مكونات الميكروب.

تختلف الكائنات الحية الدقيقة ـ عن الكائنات الحية الراقية كالإنسان ـ فى الحجم، ودرجة التعقيد الوظيفى والتركيبى، فهى بسيطة التركيب، لكن هذا لا يمنع امتلاكها القدرة على التحور لتتماشى وتتأقلم مع الظروف البيئية المتغيرة.

يختلف التركيب الخلوى للكائنات الحية الدقيقة عن الكائنات الحية الراقية؛ حيث لا توجد العضيات الخلوية كالميتوكوندريا وأجهزة جولجى والفجوات، كما لا يحيط بنواة الخلية الميكروبية غشاء نووى، ولذلك تسبح المادة النووية فى السيتوبلازم، بينما نجد أن النواة فى الكائنات الراقية محددة بغشاء يحيط بها، وهو غشاء مثقب ويتصل بالشبكة الإندوبلازمية، ويُعرف ذلك الغشاء «بالغشاء النووى».

تمثل النواة غرفة التحكم فى العمليات الحيوية داخل الخلية، ويتم ذلك من خلال الطاقم الوراثى الموجود داخل النواة، ويختلف الطاقم الوراثى فى الخلية الميكروبية عن الخلية الراقية، فالطاقم الوراثى المتمثل فى محتوى الكائن الحى من الجينات الموجودة على شريط الدنا الوراثى، يوجد فى الكائنات الحية الدقيقة على كروموسوم واحد، بينما يوجد بنواة الخلية الراقية العديد من الكروموسومات، والتى تختلف من كائن حى لآخر.

تختلف نسبة المحتوى الآزوتى فى قاعدتى الجوانين والسيتوزين فى الكائنات الحية الدقيقة والتى تتميز بعدم الثبات وتكون نسبتهما (٤٠ ـ ٧٠٪)، أما فى الكائنات الراقية فتتميز بالثبات وتبلغ (٣٠٪).

تتميز التتابعات الشفرية فى الكائنات الحية الدقيقة بأنها من النوع الوحيد النسخة، فهى لا تتكرر إلا مرة واحدة، بينما يوجد بالتتابعات الشفرية للكائنات الراقية العديد من التتابعات، حيث توجد التتابعات وحيدة النسخة، والتتابعات عديدة التكرار والتى يوجد للتتابع الشفرى فيها العديد من النسخ الدالة عليه، والتتابعات معكوسة التكرار القافزة، وهى تتابعات شفرية لا يتغير مدلولها بتغير موضع قراءتها، كما يمكنها الحركة داخل الجينوم (الطاقم الوراثى)، محدثة تغييراً فى تعبير العديد من الجينات عن نفسها.

لقد أوضحت القياسات الكمية للدنا الوراثى أن (كمية الدنا الوراثى فى نواة الخلية الراقية) تبلغ أضعاف أضعاف (كمية الدنا الوراثى فى نواة الخلية الدقيقة).. ولا يعنى ذلك حدوث قصور فى الأداء الوظيفى للكائن الحى الدقيق، فهو يعيش ويمارس نشاطه الحيوى بإمكاناته الوراثية المتاحة له، لكن تأثير التضاعف الكمى المتعدد لجينوم الكائن الحى الراقى عن الكائن الحى الدقيق يتضح فى مدى التعقد الوظيفى والتركيبى للكائن الحى الراقى عن الكائن الحى الدقيق، فالفيروس الذى يعتبر أبسط تركيب حى أمكن معرفته حتى الآن يبلغ جينومه مئات الجينات، بينما يصل هذا العدد الجينى فى البكتيريا إلى آلاف الجينات، أما فى الإنسان فيوجد فى الخلية البشرية الواحدة مائة ألف جين.

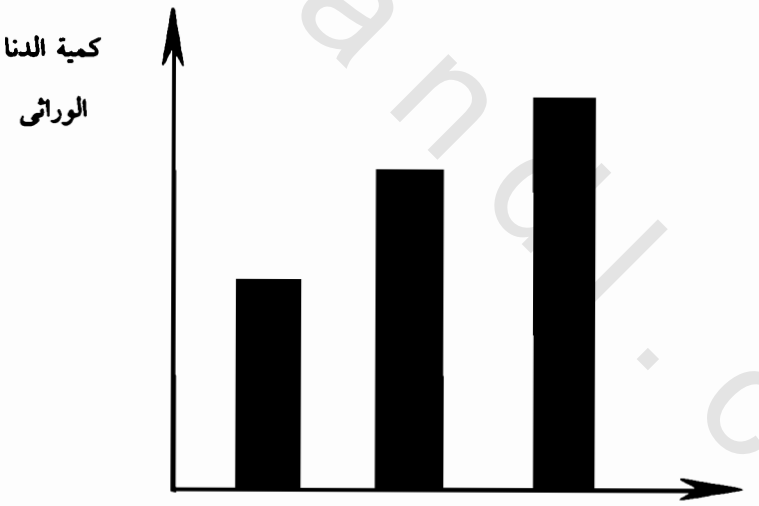
يتفق ذلك مع التعقد التركيبى والوظيفى لكل من الفيروس والبكتيريا والإنسان، فالفيروس يتكون من المادة الوراثية سواء كانت مادة الدنا الوراثى (D.N.A) أو مادة الرنا الوراثى (R.N.A) محاطة بالبروتين، ولذلك يعتبر الفيروس من أبسط الكائنات فى التركيب، كما أنه إجبارى التطفل، فهو لا يستطيع الحياة خارج خلية العائل، إذ يتحول إلى بلُّورات صلبة خارجها، بينما نجد فى البكتيريا تعقداً فى التركيب والوظيفة، حيث توجد طبقات مخاطية تحيط بالخلية البكتيرية، وتوجد أعضاء حركة كالأسواط والأهداب، والتى تساعد الخلية البكتيرية على الحركة والانتقال، كما توجد تركيبات جرثومية وأخرى خضرية، مما يعطى للبكتيريا

قدرة أكبر على التأقلم مع الظروف البيئية المتغيرة، حيث تحيط نفسها بغشاء واقٍ من الظروف البيئية السيئة، ويُعرف هذا التركيب «بالجرثومة».

أما الإنسان فهو من أعقد الكائنات الحية تركيبًا ووظيفة، فهو يتكون من آلاف الخلايا والعديد من الأنسجة، وتصل حالة التخصص الحيوى فى الإنسان إلى قمتها، فلكل نسيج وظائف محددة تختلف عن باقى الأنسجة الأخرى، ولكل خلية فى النسيج وظيفة تختلف عن وظائف الخلايا الأخرى.

يتضح من ذلك وجود ارتباط وثيق بين التعقد فى التركيب والوظيفة وكمية الدنا الوراثى الموجودة بالخلية..

ويمكننا إيضاح ذلك فى الشكل التخطيطى التالى:



تتنوع الكائنات الحية الدقيقة إلى الفيروسات والبكتيريا والفطريات والطحالب، ويختلف كل نوع من هذه الكائنات الحية فى التركيب والوظيفة والسلوك، ووضع الكائن الحى فى المنظومة البيئية، والذى نعنى به درجة أهمية أو خطورة وجود الكائن الحى فى النظام البيئى، ويتضح ذلك من خلال عرضنا لتلك الكائنات الحية:

الفيروسات:

الفيروسات من أبسط الكائنات الحية تركيبًا، حيث يتركب الفيروس من مادة وراثية قد تكون مادة الدنا الوراثى (D.N.A) كما فى الفيروسات الحيوانية (التى تصيب الحيوان)، أو مادة الرنا الوراثى (R.N.A) كما فى الفيروسات النباتية، وتمثل المادة الوراثية محور التوجيه الأساسى لسائر العمليات الوظيفية للفيروس، وذلك من خلال المحتوى الجينى الموجود على المادة الوراثية.

ويحيط بالمادة الوراثية غطاء بروتينى يوفر للمحتوى الوراثى الحماية، كما يعتبر وسيلة جيدة للاحتكاك بالعائل لإحداث الإصابة به، وتختلف الفيروسات فى شكل الغطاء البروتينى الخاص بها، حيث يكون دائريًا فى بعض الفيروسات، وعديد الأوجه فى فيروسات أخرى.

ويوجد نوع من الفيروسات معقد التركيب، حيث يتكون من ثلاثة أجزاء، تبدأ بالرأس، والذى يتكون من المادة الوراثية محاطة بغطاء بروتينى، ثم الرقبة، فالذيل الـذى ينتهى بصفيحة ارتكاز تخـرج منهـا زوائد لتثبت الفيروس على سطح البكتيريا.

تهاجم الفيروسات مختلف خلايا الكائنات الحية، وهى عالية التخصص، حيث يتخصص كل فيروس فى مهاجمة عائل ما دون غيره، فبعض الفيروسات تهاجم الحيوانات وتسبب لها العديد من الأمراض، وبعضها يهاجم الإنسان مدمرًا خلاياه، ومن الفيروسات البشرية التى تغزو خلايا الإنسان وتحاول تدميرها فيروس «إيبولا» الذى يقوم بتحليل الدم البشرى، وينتشر فى أواسط إفريقيا، والفيروس الحُليمى

البشرى المسبب لسرطان الثدى، وفيروس «الإيدز» الذى يحطم خلايا الجهاز المناعى للإنسان، كما اكتشف حديثًا أن لفيروس الإيدز القدرة على إصابة الخلايا اللمفاوية بالسرطان، وهو من أنواع السرطانات القاتلة، والتى تؤدى فى أغلب الأحيان إلى الوفاة، وفيروس «الأنفلونزا» الذى يسبب التهابات وتهيجات للمسلك الأنفى، وفيروس «الحصبة» الذى يسبب ارتفاعًا فى درجة الحرارة مع ظهور العديد من البثور على سطح الجلد. وتهاجم بعض الفيروسات البكتيريا، وتعمل على تدميرها، وتُعرف هذه الفيروسات بالبكتيريوفاجات (مفترسات البكتيريا)، وتتم عملية الافتراس تلك بارتباط «الفاج» بالبكتيريا من خلال مستقبل على السطح، حيث تنغرس نهاية «الفاج» فى الخلية البكتيرية، ثم يقذف «الفاج» مادته الوراثية فى الخلية البكتيرية، والتى تكون غالبًا فى هذه الحالة مادة الدنا الوراثى (D.N.A).

تحمل المادة الوراثية للفيروس البرنامج الوراثى له، والذى يعمل على تثبيط البرنامج الوراثى للبكتيريا، ثم يعمل على تسخير البكتيريا لصناعة الأجزاء الفيروسية له من دنا وراثى وبروتين، ليتم تجميع هذه المكونات لتكون فى النهاية الفيروسات الجديدة، والتى تمثل جيلاً جديدًا من الفيروسات التى تخرج من الخلية البكتيرية بمعدل مائة فيروس فى كل دقيقة.

ويؤدى هذا النوع من الفيروسات إلى انفجار الخلية البكتيرية، لتخرج الأجيال التالية من الفيروسات الجديدة.. ولذلك تُعرف هذه الفيروسات «بالفيروسات المفترسة».

يوجد نوع آخر من الفيروسات لا يؤدى إلى تدمير البكتيريا، بل تندمج مادته الوراثية مع المادة الوراثية للبكتيريا، ويتكاثر مع تكاثر المادة الوراثية للبكتيريا، لكن هذا الفيروس المهادن قد يتحول إلى فيروس شرس يدمر البكتيريا، ويخرج حاملاً معه قطعة من الدنا الوراثى للبكتيريا، والتى تضاف لدنا بكتيرى آخر عندما يغزو هذا الفيروس بكتيريا أخرى، ويمثل ذلك اتحادًا جديدًا للمادة الوراثية يُعرف

«بالاستنقال الفاجى»، والذى يحدث فيه نقل قطعة وراثية من بكتيريا لأخرى من خلال الوسيط الفيروسى «الفاج».

قد يكون «الاستنقال الفاجى» يهدف إلى نقل أى قطعة وراثية غير محددة الطول والمعالم الوراثية، ويُعرف هذا النوع من الاستنقال «بالاستنقال العام»، بينما يوجد نوع آخر من الاستنقال يتم فيه نقل قطعة وراثية محددة الطول والمعالم الوراثية، ويُعرف هذا الاستنقال الفاجى «بالاستنقال الخاص».

لا ينجح الغزو الفيروسى لبعض الكائنات الحية، وذلك لامتلاك هذه الكائنات الحية لقدرات وظيفية تمكّنها من مقاومة الغزو الفيروسى، ومن هذه الكائنات: (الفطريات، وبعض الطحالب، والبروتوزوا)، وما زالت الأبحاث تجرى لدراسة القدرات المناعية المضادة للفيروسات لتلك الكائنات الحية، والتى يعقد علماء الفيروسات عليها آمالاً كبيرة لتخفيف الإصابات الفيروسية من خلال كشف الجينات الموجهة لتلك القدرات، ونقلها من تلك الكائنات الحية إلى كائنات حية أخرى كالإنسان، حيث ستوفر له إمكانات مناعية جديدة تمكّنه من مقاومة الغزو الفيروسى.

إن القدرات الفيروسية للتحكم فى الخلية الحية، وتسخيرها لإنتاج خلايا جديدة، والتغلب على الجهاز المناعى، وإفرازاته المتعددة، والتدمير التام لخلايا العائل يكمن فى قدرة الفيروس غير الطبيعية على تغيير شكله الخارجى، مما يصيب الإفرازات المناعية بحالة من الاضطراب الوظيفى، تجعلها لا تستطيع التعرف على الفيروس، فهو معروف لديها من خلال بصمة محددة لشكله الخارجى، وهى لا تستطيع التعرف عليه إلا من خلال هذا الشكل، ومِنْ ثَمَّ: فإذا حدث تغيُّر فى شكل الفيروس الخارجى، فإن ذلك يعوق الإفرازات المناعية من التعرف على الفيروس عند دخوله إلى داخل خلايا الجسم، مما يُمكّن الفيروس من الوصول إلى أهدافه بسهولة.

البكتيريا:

البكتيريا من أكثر الكائنات الحية انتشارًا، فهى تعيش فى كل البيئات، وفى جميع الأجواء: فى البر، والبحر، والجو.

تتكاثر البكتيريا بمعدل سريع جدًا، ويساعدها ذلك على البقاء رغم سوء الظروف المحيطة بها، والتى تؤدى إلى إهلاك العديد من البكتيريا، لكن تبقى أعداد أخرى تقاوم الظروف السيئة.

تتكون البكتيريا من خلية حية محاطة بجدار خلوى يتركب ـ من الناحية الكيميائية ـ من شق كربوهيدراتى وآخر بروتينى، ويُكسب الجدار الخلوى للخلية البكتيرية شكلها المميز، والذى قد يكون أسطوانيًا، أو عصويًا، أو مكعبًا، أو دائريًا، أو بيضاويًا، ويتميز الشكل الخلوى البكتيرى بالثبات، وعدم التغير، فهو صفة مميزة لكل نوع من أنواع البكتيريا.

ويعتبر «الجدار الخلوى» للخلية البكتيرية مسئولاً عن حماية الأجزاء الداخلية للخلية البكتيرية، كما يساعد الخلية البكتيرية على تحمل الضغوط الأسموزية العالية، والتى تصل إلى قيم عالية داخل الخلية، ورغم ذلك يستمر الانتقال الغذائى من خارج الخلية إلى داخلها.

يلى الجدار الخلوى فى تركيب الخلية البكتيرية «الغشاء البلازمى»، ويتركب ـ من الناحية الكيميائية ـ من طبقتين من البروتينات تحصران بينهما طبقة من الدهون (الليبيدات).

ومن أهم وظائف الغشاء البلازمى قدرته على التحكم فى مرور العناصر الغذائية التى تحتاجها الخلية، وتُعرف هذه الخاصية «بالنفاذية الاختيارية»، والتى تعنى أن للغشاء البلازمى القدرة على اختيار ما ينفذ خلاله من عناصر غذائية طبقًا للاحتياج الغذائى للخلية البكتيرية.

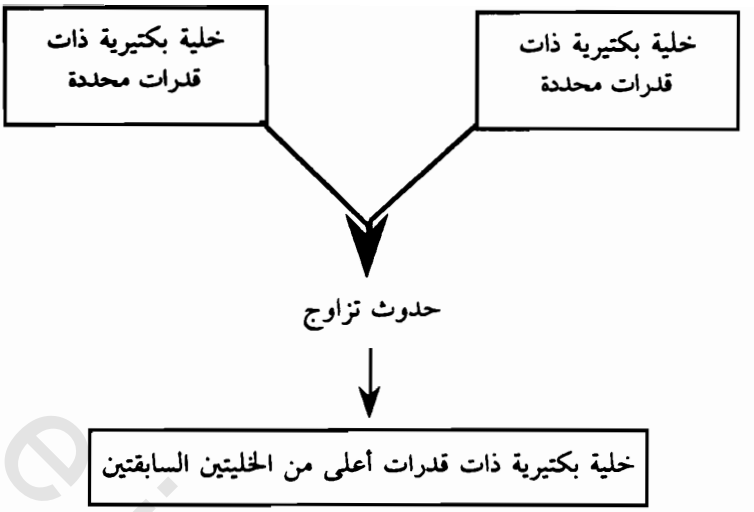
ويمثل الغشاء البلازمى الموقع الحيوى فى الخلية والذى تحدث به العمليات الخاصة بالطاقة اللازمة لاستمرار جميع العمليات الحيوية داخل الخلية البكتيرية.

وقد أثبتت الدراسات التى أُجريت لفهم التركيب التشريحى للغشاء البلازمى، وعلاقة هذا التركيب بالأداء الوظيفى، وجود ثنيات بالغشاء البلازمى، ومع تقدم الدراسات ثبت أن هذه الثنيات تمثل مواضع اتصال بالكروموسوم عند دخول الخلية فى دورة تناسخ وراثى.

يحيط بالجدار الخلوى من الخارج طبقة لزجة تُعرف «بالطبقة المخاطية»، وتمثل أهمية كبيرة فى هروب الميكروب من الإفرازات المناعية، كما توجد أعضاء حركة للبكتيريا تتصل بجدار الخلية، وتختلف فيما بينها فى التركيب، لكنها تتفق فى الوظيفة.

من أعضاء الحركة البكتيرية «الأسواط» وتتميز بالطول الكبير الذى يبلغ أضعاف طول الخلية البكتيرية، و«الأهداب» والتى تمثل زوائد قصيرة منتشرة على طول محيط الخلية البكتيرية، وهى أكثر عددًا وأقل طولاً من الأسواط.

يوجد بالخلية البكتيرية نوع آخر من الزوائد، لا تقوم بوظيفة الحركة كالأسواط والأهداب، بل تلعب دورًا مهمًا فى إتمام عملية التكاثر الجنسى فى البكتيريا، والتى توفر للبكتيريا جيلاً جديدًا به صفات خليطة تزيد من معدل تكيفه مع الظروف البيئية السيئة، وتُعرف هذه الزوائد «بالزوائد التناسلية»، وهى عبارة عن قناة تصل بين خلية بكتيرية وخلية بكتيرية أخرى، وتنتقل من خلالها المادة الوراثية لخلية بكتيرية إلى المادة الوراثية لخلية بكتيرية أخرى، وتتم عملية الانتقال الوراثى طبقًا لوجود عامل وراثى يُسمَّى «عامل التزاوج»، والذى يحدد اتجاه الانتقال الوراثى بين الخليتين البكتيريتين. وتُعرف الخلية البكتيرية التى يوجد بها عامل التزاوج «بالشبيه الذكرى» بينما تُعرف البكتيريا التى لا يوجد بها عامل التزاوج «بالشبيه الأنثوى»، وتتم عملية الانتقال فى الاتجاه من «الشبيه الذكرى» إلى «الشبيه الأنثوى»، لتتكون فى النهاية مادة وراثية خليطة تمثل نوعًا من الاتحادات الجديدة، التى توفر جيلاً من البكتيريا يحمل صفات من كلا النوعين المتزاوجين من الخليتين البكتيريتين.. ويمكننا إيضاح ذلك فى الشكل التخطيطى التالى:

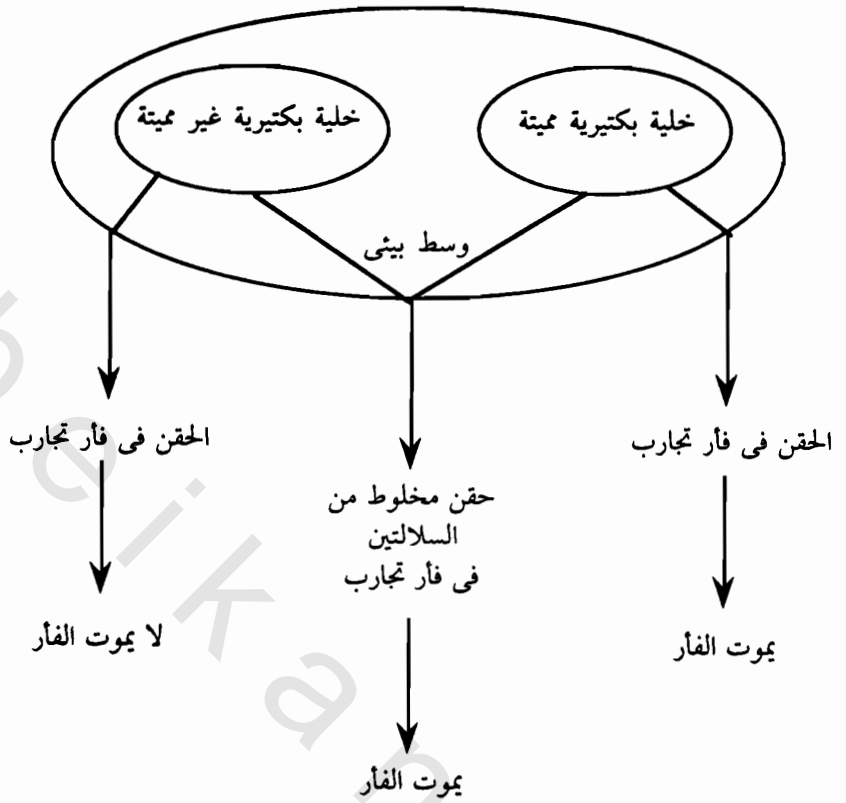


لا يمثل الاقتران الوسيلة الوحيدة للحصول على اتحادات جديدة فى البكتيريا، بل توجد وسائل أخرى منها «الاستنقال الفاجى» الذى تعرضنا له فى كلامنا عن الفيروس كأحد الكائنات الحية فى منظومة الكائنات الحية الدقيقة.

أما الوسيلة الأخرى لحدوث الاتحادات الجديدة فى البكتيريا، فهى التحول البكتيرى، والتى نعنى بها انتقال قطعة وراثية من خلية بكتيرية إلى خلية بكتيرية أخرى بدون وجود وسيط، حيث يتم الانتقال من خلال الوسط البيئى.

أُجريت تجارب التحول البكتيرى بداية على بكتيريا الالتهاب الرئوى، والتى يوجد منها سلالتان: إحداهما مميتة للعائل، والأخرى غير مميتة لعائلها، لكن عند خلط السلالتين معًا بعد قتل البكتيريا المميتة بالحرارة، وحقن فأر بمخلوط السلالتين، ماتت الفئران المحقونة.

نشر العالم «جريفيث» (الباحث البريطانى الباكتيريولوجى) ما حدث بانتقال مادة ما من خلية بكتيرية لخلية بكتيرية أخرى وأحدثت صفات إضافية بالسلالة المنقول إليها، ومن خلال ذلك أمكن تفسير وجود بكتيريا مميتة فى مخلوط من بكتيريا مميتة مقتولة بالحرارة، وأخرى غير مميتة حية، حيث انتقلت مادة ما من البكتيريا المميتة المقتولة بالحرارة إلى البكتيريا غير المميتة الحية وحولتها إلى بكتيريا مميتة.. ويمكننا إيضاح ذلك فى الشكل التخطيطى التالى:



تمكّن العالم «إفرى» وفريقه العلمى بعد ذلك من عزل المادة المسئولة عن التحول البكتيرى، وقد ثبت أنها مادة الدنا الوراثى (D.N.A).

لا يوجد بالخلية البكتيرية عضيات خلوية كالتى توجد فى الكائنات الحية مميزة النواة كالميتوكوندريا وأجهزة جولجى... إلخ، بينما تنتشر الريبوسومات فى السيتوبلازم، والتى تتميز بالبصمة ذات معامل الترسيب (16.S)، والذى لا يوجد إلا فى الخلايا الميكروبية.

تمثل الريبوسومات مواضع التخليق البروتينى فى الخلية، وتتكون كيميائيًا من مادة الرنا الوراثى (R.N.A)، والبروتينات.

تتم عملية التخليق البروتينى بنسخ الشفرات الوراثية الموجودة على شريط الدنا الوراثى الموجود داخل نواة الخلية على شريط الرنا الوراثى الموصِّل (m. R.N.A) الموجود فى سيتوبلازم الخلية، ثم يتم ترجمة هذه الشفرات إلى أحماض أمينية،

يتمّ استدعاؤها ووضعها فى مكانها الصحيح فى سلسلة عديد الببتيد من خلال شريط الرنا الناقل (t.R.N.A)، لتتكون فى النهاية سلسلة من الأحماض الأمينية المترابطة معًا بواسطة الروابط الببتيدية مشكّلةً البروتين.

تتحكم النواة فى مختلف العمليات الحيوية التى تتم داخل الخلية، وتتميز النواة فى الخلية البكتيرية بعدم وجود غشاء نووى يحيط بها، ولذلك تُعرف «بلا مميزة النواة»، حيث تسبح النواة فى السيتوبلازم دون وجود موضع محدد لها.

يوجد بنواة الخلية البكتيرية كروموسوم واحد فى شكل دائرى ملتف ومكثف كثيرًا، لكى تتسع له النواة، ويوجد بالكروموسوم الدنا البكتيرى الأساسى فى صورة مزدوجة، حيث يتكون من شريطين مكملين لبعضهما.

يوجد فى السيتوبلازم مادة وراثية أخرى دائرية لكنها مفردة الشريط، تُعرف «بالبلازميد»، وهو المسئول عن الصفات الإضافية فى البكتيريا كمقاومة المضادات الحيوية... إلخ.

يتحكم الطاقم الوراثى البكتيرى، والمتمثل فى الجينات الموجودة على شريط الدنا الوراثى فى مختلف العمليات الحيوية داخل الخلية البكتيرية، ومن ثم فلابد أن ترث كل خلية بكتيرية ناتجة عن انقسام الخلية الأم نفس النسخة الأصلية الموجودة فى الخلية الأم، مما يتيح للخلية الاستمرار فى ممارسة الوظائف الحيوية لكى توفر الخلية فائضًا وراثيًا من الدنا الوراثى، وتعمل على تناسخ وتضاعف الدنا الوراثى تمهيدًا لكى ترث كل خلية ناتجة عن الانقسام نفس الطاقم الوراثى.

تحدث عملية التناسخ الدناوى بواسطة جهاز إنزيمى معقد يُعرف بجهاز التناسخ «الريبليسوم»، والذى يتكون من عديد من الإنزيمات المتخصصة، التى يكمل كل منها الدور الآخر لباقى المجموعة الإنزيمية.. ومن هذه الإنزيمات ما يلى:

١ ـ إنزيمات فك الحلزنة:

تقوم «إنزيمات فك الحلزنة» بفك شريط الدنا الوراثى المزدوج إلى شريطين مفردين، من خلال كسر الروابط الهيدروجينية المسئولة عن تزاوج القواعد النيتروجينية المتكاملة معًا.

٢ ـ إنزيمات فك الالتفاف:

تقوم هذه الإنزيمات بكسر الالتفاف الدناوى الذى يتم كل عشر قواعد آزوتية، ومن أمثلة إنزيمات فك الالتفاف: إنزيمات الطوبيوايزوميريز، والتى تحدث فجوة فى أحد شريطى الدنا الوراثى الملتف ممررة الشريط الآخر من خلال هذه الفجوة.

٣ ـ إنزيمات التجميع والبناء النيوتيدى «البلمرة»:

تقوم «إنزيمات البلمرة» بإضافة نيوتيدات جديدة لبناء شريط دنا جديد، ولكى تقوم هذه الإنزيمات بعملها لابد من توافر قالب من الدنا الوراثى تتم عليه عملية البناء، وبادئ من الرنا الوراثى يحمل (OH) على الطرف (٣َ)، والذى يحدد اتجاه الإضافة للنيوتيدات الجديدة.

تعمل إنزيمات البلمرة فى الاتجاه (٥َ ⟵ ٣َ)، ومن ثم فالشريط الوراثى «الدنا» ذو الاتجاه (٥َ ⟵ ٣َ) لا يمكن بناء الشريط المكمل له، حيث سيكون اتجاهه (٣َ ⟵ ٥َ)، ويتم التغلب على هذه المشكلة ببناء شريط الدنا المكمل فى صورة قطع دناوية، ثم يتم تجميع هذه القطع ليتكون الشريط الكامل، والذى يقوم بعملية الربط بين القطع الدناوية الصغيرة لتكوِّن شريط الدنا الكبير إنزيمات الربط.

أما شريط الدنا ذو الاتجاه (٣َ ⟵ ٥َ)، فيتم بناء الشريط المكمل له بسهولة، حيث يكون اتجاهه (٥َ ⟵ ٣َ)، وهو اتجاه يناسب اتجاه العمل الإنزيمى لإنزيمات البلمرة.

خطوات عمليات التناسخ:

تبدأ عملية التناسخ الدناوى بارتباط إنزيمات فك الحلزنة بشريط الدنا المزدوج لتحوله إلى شريطين مفردين، ثم تبدأ إنزيمات فك الالتفاف فى ممارسة عملها بفك التفاف شريط الدنا الوراثى، لتمهد الطريق لتكوين شوكة التناسخ، والتى تبدأ عندها إنزيمات البلمرة فى القيام بعملها، وفى نقطة محددة تُعرف «بمنشأ التناسخ».

تعمل إنزيمات البلمرة على إضافة النيوتيدات الجديدة بناء على ترتيب النيوتيدات الموجود على شريط الدنا القديم، ويختلف ذلك طبقًا لاتجاه شريط الدنا الوراثى كما أوضحنا سابقًا.

من إنزيمات بلمرة الدنا الوراثى فى البكتيريا: إنزيمات بلمرة الدنا (١)، وهى تقوم بدور أساسى فى عملية التناسخ، وفى عمليات الإصلاح للأخطاء الناتجة عن عملية التناسخ بعد ذلك، وإنزيمات بلمرة الدنا (٢) وهى مجهولة الوظيفة حتى الآن، وإنزيمات بلمرة الدنا (٣) والتى تقوم بدور أساسى فى عملية التناسخ.

تكون عملية التناسخ فى البكتيريا مستمرة، مثلها فى ذلك مثل جميع الكائنات الحية الدقيقة، ويكون ذلك بمعدل عالٍ، ويتفق ذلك مع حاجة البكتيريا للانقسام السريع.

تمارس البكتيريا العديد من الوظائف الحيوية التى تتيح لها الاستمرار فى الحياة، والبقاء ومقاومة الظروف البيئية السيئة، ومن العمليات الحيوية التى تمارسها البكتيريا: التغذية والتنفس والحركة والتكاثر... إلخ، وتختلف هذه العمليات الحيوية فى كيفية حدوثها، والهدف النهائى للعملية.

تتغذى معظم البكتيريا بالترمُّم على أجساد الكائنات الحية الميتة، مما يساعد على التخلص من هذه الكائنات، والتى لو ظلت دون تحلل ستؤدى إلى ضيق الأرض بمن عليها من الكائنات الحية.

يُعرف هذا النوع من البكتيريا «بالبكتيريا الرمِّية» التى تترمَّم على أجساد الكائنات الميتة، وتختلف هذه البكتيريا فى طبيعة ترممها، فبعضها إجبارى الترمُّم فهى لا تستطيع الحياة إلا من خلال الترمُّم، والبعض الآخر اختيارى الترمُّم، حيث يمكنها الحياة فى وجود الكائنات الميتة، وفى غياب هذه الكائنات.

تحصل بعض الأنواع الأخرى من البكتيريا على غذائها من خلال التطفل، حيث تتطفل على الكائنات الحية، وتشاركها فى غذائها الذى تحصل عليه، مسببة لها أضرارًا جسيمة، تؤدى فى معظم الأحيان إلى موت الكائنات الحية التى تتطفل عليها.

تمثل الأنواع المرضية نسبة قليلة من مجموع الأعداد البكتيرية، فهى لا تتعدى نسبة (٥٪).

ومن هذه الأنواع البكتيرية الممرضة ما يلى:

البكتيريا	المرض الذى تسببه
* بكتيريا السل.	ـ تسبب مرض السل.
* بكتيريا بورسيلا.	ـ تسبب الحمى المالطية للإنسان.
* بكتيريا التهاب الضرع فى الماشية.	ـ تسبب التهاب ضرع الماشية.
* بكتيريا باسيلاس أنثراكس.	ـ تسبب الحمى الفحمية للإنسان.
* بكتيريا ستربتوكوكس بيوجينز.	ـ تسبب التهاب الزور فى الإنسان. ـ وتسبب الحمى القرمزية.
* بكتيريا كورن باكتريوم دفتريا.	ـ تسبب مرض الدفتيريا.
* بكتيريا فيبريوكوليرا.	ـ تسبب مرض الكوليرا.
* بكتيريا التيفويد.	ـ تسبب مرض التيفويد.
* بكتيريا الباراتيفويد.	ـ تسبب مرض التيفويد.
* بكتيريا الشيجلا.	ـ تسبب مرض الدوسنتاريا.
* بكتيريا قرحة المعدة.	ـ تسبب قرحة المعدة.

قد لا تحدث البكتيريا أضرارًا مباشرة بالنسبة للإنسان، لكن يمكن للبكتيريا أن تتلف المواد الغذائية التى يتغذى عليها الإنسان، مما يحدث تغيرًا فى الطعم واللون والنكهة والرائحة، وبخاصة فى منتجات الألبان التى يستخدمها الإنسان، والمواد الغذائية المحفوظة.

ويمكننا إدراج هذه الأنواع غير المرغوب فيها من البكتيريا فى الجدول التالى:

البكتيريا	التأثير غير المرغوب فيه
* البكتيريا العصوية «باسيلاس»	تحلل البروتين
* بكتيريا «كلوستريديوم»	
* بكتيريا «سيدوموناس»	
* بكتيريا «الكالى جينز فسكو لاكتس»	تسبب لزوجة الألبان
* بكتيريا «إنتيروباكترايروجينز»	
* بكتيريا «أكروموباكتر»	
* بكتيريا «سيدوموناس»	تسبب لونًا رماديًا فى اللبن
* بكتيريا «سيرشيا»	تسبب اللون الأحمر فى الألبان
* بكتيريا «سيدوموناس نيجر فيكانس»	تسبب الصبغات السوداء
* بكتيريا «سيدوموناس سينزانا»	تسبب الصبغات الصفراء
* بكتيريا مجموعة القولون «إيكولاى»	تسبب روائح غير مقبولة
* بكتيريا «إنتيروباكترايروجينز»	
* بكتيريا «إيكولاى»	تسبب وجود غازات بالألبان
* بكتيريا «كلوستريديوم»	
* بكتيريا «ليبوليتيكوم»	تسبب تحلل الدهون فى الألبان
* بكتبريا «سيدوموناس فلورسنس»	
* بكتيريا «أكروموباكتر ليبوليتيكوم»	
* بكتيريا «باسيلاس ستيرو ثرموفيلاس»	تسبب التجبن الحامضى للألبان المركزة والمبخرة
* بكتيريا «باسيلاس كوجيو لينز»	
* بكتيريا «باسيلاس سبلس»	تسبب التجبن الإنزيمى وتكون سوائل بنية بالألبان

* بكتيريا «ستربتوكوكاس لكوفيشنيس»	تسبب الطعم المر للجبن
* بكتيريا «كلوستريديوم نيجر فيكانس»	تسبب التسمم الكبريتى
* بكتيريا «كلوستريديوم بترسيوم»	تحلل المواد الكربوهيدراتية مما يحدث فسادًا فى المواد الغذائية
* بكتيريا «كلوستريديوم باستيرينيوم»	
* بكتيريا «كلوستريديوم بوتيولينيوم»	تسبب التسمم البوتيولينى
* بكتيريا «ستافيلوكوكاس أوريس»	تسبب التسمم العنقودى

إن العلاقات غير المرغوب فيها بين البكتيريا والإنسان لا تعنى الحكم بعدم وجود فائدة من وجود البكتيريا، فالبكتيريا الضارة لا تتعدى نسبة وجودها (٥٪) من الأعداد الكلية للبكتيريا.

تعيش بعض أنواع البكتيريا معيشة تكافلية مع النباتات البقولية، حيث تكوِّن المواد الآزوتية التى يحتاج إليها النبات فى نموه، وتستفيد هى من المواد الكربونية التى يكوِّنها النبات.

من تلك الأنواع البكتيرية التى تعيش متكافلة مع النبات، وتعمل على تثبيت الآزوت الجوى: بكتيريا الأزوتو باكتر، والأزوسبيريليوم، والكلوستريديوم، وبكتيريا الريزوبيوم والتى يوجد منها أنواع عديدة، حيث يتكافل كل نوع مع نبات معين دون غيره، كما يلى:

مجموعة البكتيريا	النبات الذى تتكافل معه
* مجموعة «البرسيم الحجازى»	البرسيم الحجازى ـ الحلبة
* مجموعة «البسلة»	البسلة
* مجموعة «الفاصوليا»	الفاصوليا
* مجموعة «الترمس»	الترمس
* مجموعة «اللوبيا»	اللوبيا ـ الفول السودانى
* مجموعة «فول الصويا»	فول الصويا
* مجموعة «البرسيم»	البرسيم المصرى

تنقسم البكتيريا المثبتة للآزوت الجوى إلى نوعين: يقوم أحدهما بتثبيت الآزوت خارج النبات، وبموت هذه البكتيريا تضاف المواد الآزوتية إلى التربة، ويستفيد منها النبات، بينما يقوم النوع الآخر باختراق الشعيرة الجذرية للنبات، حتى يصل إلى منطقة «الإندودرمس» فيجبرها على الانقسام المتكرر ليتكون انتفاخ يتصل وعائيًا بالجهاز الوعائى للنبات الأم.

تعيش فى هذا الانتفاخ البكتيريا التكافلية، والتى تثبت النيتروجين الجوى للنبات وتستفيد مقابل ذلك بالمواد الكربونية التى يكوِّنها النبات.

تستخدم أنواع عديدة من البكتيريا كبوادئ فى العديد من الصناعات الغذائية، مما يكسب المادة الغذائية الناتجة نكهة وطعمًا ورائحة مميزة..

ومن تلك الأنواع ما يلى:

البكتيريا	الصناعة الغذائية المستخدمة فيها
* ستربتوكوكاس ثرموفيليس	بادئ فى صناعة الجبن الجاف
* لاكتوباسيلاس بول جاريكس	
* بروبيو نيباكتريوم	
* بكتيريا حامض اللاكتيك	بادئ فى صناعة الجبن اللين، كجبن «كامنبرتى»
* ستربتوكوكاس لاكتيس	بادئ فى صناعة الجبن الروكفورت (أحد أنواع الجبن الصلب) وتضاف قبل التجبن حيث تكوّن حموضة اللبن
* ستربتوكوكاس سرموريس	بادئ فى صناعة الزبد

تستخدم بعض الأنواع البكتيرية فى تحلل بقايا النباتات والمواد العضوية، مكونة مخصِّبات يمكن استخدامها كسماد، ومن أمثلة ذلك: السماد البلدى، الذى ينتشر

استخدامه فى الريف. وقد اكتشف العلماء نوعًا من البكتيريا يعيش فى أمعاء الحيوانات المجترة، والتى تتغذى على السليلوز، حيث يقوم هذا النوع من البكتيريا بهضم السليلوز الذى لا تستطيع هضمه تلك الحيوانات لعدم قدرتها على إفراز الإنزيم الهاضم للسليلوز «إنزيم السليلويز».

تقوم بعض أنواع البكتيريا بالاعتماد على ذاتها فى الحصول على غذائها، ولذلك فهى تُعرف «بذاتية التغذية»، وتنقسم إلى قسمين:

١ ـ البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية:

يحتوى هذا النوع من البكتيريا على كلوروفيل بكتيرى، وتستخدم الطاقة الضوئية فى اختزال بعض المركبات المهمة لإنتاج الطاقة اللازمة لحياة البكتيريا، والتى يتم تخزينها فى صورة جزيئات (ATP).

٢ ـ البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية:

تستخدم هذه البكتيريا ـ فى عملياتها الحيوية ـ الطاقة الناتجة عن أكسدة بعض المواد الكيمياوية، ومن أمثلة تلك الأنواع البكتيرية والمواد الكيمياوية التى تعتمد على أكسدتها فى الحصول على الطاقة اللازمة لها ما يلى:

البكتيريا	المادة الكيميائية المعطية للطاقة بالأكسدة
* بكتيريا التأزت	$NH_3 \longrightarrow NO_2$
* بكتيريا الكبريت	$H_2S \longrightarrow S$ $S \longrightarrow SO_4$
*بكتيريا الهيدروجين	$H_2 \longrightarrow H_2O$
* بكتيريا الميثان	$CH_4 \longrightarrow CO_2$
* بكتيريا الحديد	$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{+3}$

تتنفس بعض البكتيريا هوائيًا، وذلك بحصولها على الأكسجين اللازم لتنفسها من الهواء، وبعضها تتنفس لا هوائيًا من خلال أكسدة بعض المواد العضوية بها.

لقد ذكرنا فيما سبق أن للبكتيريا القدرة على الانتشار فى كل مكان، ويساعدها فى ذلك قدرتها على الحركة من خلال الأسواط والأهداب الموجودة حول الخلية البكتيرية، لكن توجد أنواع من البكتيريا ليس لديها القدرة على الحركة، ولذلك يقل معدل انتشارها عن البكتيريا المتحركة، ومن أمثلة البكتيريا ذات القدرة على الحركة: البكتيريا العصوية «باسيلاس»، ومن أمثلة البكتيريا غير المتحركة: البكتيريا الكروية «ميكروكوكاس».

تميل بعض أنواع البكتيريا إلى الحياة فرادى كبعض أفراد البكتيريا الكروية، وبكتيريا مجموعة القولون، بينما تميل بعض الأنواع الأخرى من البكتيريا إلى التجمع والحياة الاجتماعية كالبكتيريا العصوية «باسيلاس».

تتعرض البكتيريا للمهاجمة الشرسة من الظروف البيئية التى تسوء كثيرًا، وكذلك لمهاجمة الفيروسات، وبخاصة الفيروسات المدمرة للبكتيريا «الفاجات»؛ لذلك تعوض البكتيريا النقص الشديد فى أعدادها نتيجة للمهاجمة البيئية والفيروسية بالتكاثر بمعدل يفوق التصور.

تتكاثر البكتيريا فى معظم الأحيان بطريقة الانقسام الثنائى البسيط، حيث تنقسم المادة النووية فى الخلية البكتيرية أولاً، ثم تنقسم الخلية البكتيرية لتعطى خليتين بكتيريتين، وهكذا تستمر عملية الانقسام، والتى يمكن أن نعتبرها استنساخًا ذاتيًا تمارسه الخلية البكتيرية، لتنتج خليتين تمثل كل منهما صورة طبق الأصل من بعضهما، ومن الخلية الأم.

ولكى ترث كل من الخليتين البكتيريتين الناتجتين عن الانقسام نفس المادة الوراثية الموجودة بالخلية الأم، تضاعف الخلية البكتيرية مادتها الوراثية ثم تنصَّف مرة أخرى ليصبح العدد الكروموسومى كما كان.

يعتبر هذا النوع من طرق التكاثر تكاثرًا لا جنسيًا، حيث لم يحدث به خلط

لأمشاج، أو لمواد وراثية من خليتين بكتيريتين، أى: لم يحدث فيه التقاء لجنسين، بينما يوجد نوع آخر من التكاثر تمارسه البكتيريا، يحدث به التقاء لجنسين، من خلال عملية الاقتران التى سبق أن تحدثنا عنها، حيث تنتقل المادة الوراثية من «الشبيه الذكرى» الموجود به عامل التزاوج إلى «الشبيه الأنثوى» الذى لا يوجد به عامل التزاوج، عبر قناة الاقتران المتكونة بينهما.

توفر عملية الاقتران البكتيرى إنتاج أجيال بكتيرية لها القدرة على التأقلم مع الظروف البيئية بمعدل أكبر بكثير من الأجيال الناتجة بواسطة الانقسام الثنائى البسيط، وذلك لحدوث خلط فى الصفات الوراثية نتيجة للانتقال الوراثى.

عند اشتداد الظروف البيئية تلجأ البكتيريا للتجرثم حيث تحيط البكتيريا الجينوم الخاص بها ومعه جزء من الريبوسومات وجزء من الإنزيمات بغطاء واقٍ ضد الظروف البيئية، مما يحمى البكتيريا من مخاطر تلك التقلبات البيئية.

يعتبر التجرثم طريقة متميزة للحماية، وليس طريقة للتكاثر، حيث لا يزيد عدد الخلايا البكتيرية المتجرثمة، والتى تخرج من خلال انفجار الجرثومة عند تحسن الظروف البيئية، لتمارس الأفراد البكتيرية حياتها.

الجينوم البكتيرى:

يتحكم فى مختلف العمليات الحيوية السابقة العديد من الجينات التى توجه وتضبط وتنسق بين العمليات المختلفة، فاختيار عملية الانقسام وطريقة التكاثر ـ سواء كانت بالانقسام الثنائى البسيط، أم بالاقتران ـ يعتمد على التفاعل الوراثى، وعملية التجرثم للوقاية من الظروف السيئة تعتمد على تعبير بعض الجينات عن نفسها، كما أن اختيار طريقة التغذية سواء كانت بالترمم أو الاغتذاء الذاتى الكيميائى، أو الاغتذاء الذاتى الضوئى تعتمد على نوع الجينات الموجهة لتلك العمليات ومدى تعبيرها عن نفسها، وتفاعلها مع باقى الجينات.

إن العديد من الباحثين يعكفون على خرطنة الجينوم البكتيرى، وذلك لتوظيف هذا الجينوم لخدمة الإنسان.

ستمكّننا عمليات الخرطنة للجينوم البكتيرى من دراسة الأساس الوراثى لجميع العمليات الحيوية داخل البكتيريا، مما يساعدنا كثيرًا فى تحديد مصير الجينات الموجة داخل البكتيريا للحصول على نسخ عديدة من تلك الجينات، لاستخدامها فى العديد من الكائنات الحية المستهدفة من خلال تلك التجارب.

الطحالب الخضراء المزرقة:

تعيش الطحالب الخضراء المزرقة فى المياه المالحة والعذبة، وتتحمل بعض الأنواع درجات الحرارة العالية، وتشبه فى تركيبها الخلية البكتيرية، فهى لا تحتوى على عضيات خلوية (كالميتوكوندريا، وأجهزة جولجى... إلخ).

تتميز الطحالب الخضراء المزرقة بكونها ذاتية التغذية، حيث تحتوى على حوامل صبغية يوجد بها بلاستيدات خضراء تحتوى على كلوروفيل (أ) «اليخضور» الذى يعتبر الأساس فى عملية البناء الضوئى.

تظهر الطحالب الخضراء المزرقة بألوان تميل للخضرة المزرقة، ذلك لاحتوائها على صبغة الفايكوسيانين الزرقاء، وصبغة الفايكوإرثرين الحمراء.

تعيش بعض أفراد الطحالب الخضراء المزرقة فرادى وقد تميل إلى التجمع والحياة فى صورة مستعمرات، حيث يتكون خيط طويل به العديد من الخلايا، والتى يوجد من بينها خلايا مقاومة للظروف السيئة، وتُعرف هذه الخلايا «بالحويصلات المغايرة».

إن ثمة اعتقادًا لدى العلماء بقيام الحويصلات المغايرة بتثبيت الآزوت الجوى، ومن ثم تصبح حياة تلك الطحالب ضرورية ومهمة فى مزارع الأرز، حيث تضيف المزيد من المركبات الآزوتية لنباتات الأرز مما يحسن من خصوبة التربة.

من أفراد الطحالب الخضراء المزرقة: طحلب النوستوك، الذى يتركب من خيط خلوى من خلايا كروية سبحية، ويحتوى هذا الخيط على بعض الحويصلات المغايرة، والتى تلعب دورًا أساسيًا فى مقاومة الظروف السيئة.

يتكاثر طحلب «النوستوك» بالتجزئة، حيث تعطى كل خلية طحلبًا جديدًا، ويعتمد ذلك على امتلاك الخلية الواحدة من الطحلب على القدرات اللازمة

لتوجيه جميع عمليات النمو وهذا يعنى أن الجينوم الموجود بالخلية الطحلبية ما زال قادرًا على ممارسة العمليات المختلفة ليُنتج طحلبًا كاملاً.

قد يتكاثر طحلب «النوستوك» من خلال الجراثيم الساكنة، ذات الجدر السميكة، والتى تتميز بمقاومتها للظروف البيئية غير الجيدة، لتعاود إنباتها من جديد، معطية طحلبًا جديدًا.

الفطريات:

الفطريات كائنات حية عديدة الخلايا، وهى لا تحتوى على سيقان، أو جذور، أو أوراق، كما أنها لا تحتوى على كلوروفيل، وتُعرف هذه الفطريات «بالفطريات الحقيقية».

تم تصنيف الفطريات إلى أربعة صفوف، والمقصود بالصف: درجة تصنيفية محددة فى السلم التصنيفى تحدد درجة القرابة بين الكائنات الحية التى تتبع هذا الصف.

ولنبسط ذلك سنذكر هذا المثال:

بفرض وجود صفين (أ)، (ب)، ويحتوى الصف (أ) على درجات تصنيفية أقل، ولتكن (جـ، د، هـ)، ويحتوى الصف (ب) على درجات تصنيفية (جـَ، دَ، هـَ)، ومن ثم تكون الدرجات التصنيفية (جـ، د ، هـ) أقرب إلى بعضها، وكذلك تكون (جـَ، دَ، هـَ) أقرب إلى بعضها.

قسمت الفطريات إلى صفوف هى:

١ ـ صف الفطريات الزيجية.

٢ ـ صف الفطريات الأسكية(الزقية).

٣ ـ صف الفطريات البازيدية (الصولجانية).

وقبل أن نتعرض لأهمية وخطورة الفطريات التابعة للصفوف الفطرية السابقة لابد أن نتعرف على الأساس الذى بنى عليه تقسيم الفطريات، فمن المنطقى أن هذا التقسيم بنى على اختلافات بين المجاميع الفطرية التابعة لكل صف من الصفوف السابقة، وكذلك الأفراد الفطرية التابعة للمجاميع الفطرية المختلفة.

ولكى نعرض لتلك الاختلافات لابد أن نتعرف ـ أولاً ـ على التركيب العام للفطر، والذى بدراسته يتضح أنه يتكون من ميسليوم «غزل فطرى»، وهو عبارة عن خيوط فطرية تسمى «الهيفات»، وهى عديدة متفرعة ومتداخلة.

قد يكون «الميسليوم» متفرعًا، وقد يكون غير متفرع، وقد يكون مقسمًا، وقد يكون غير مقسم ومتعدد الأنوية فى الوقت نفسه، معطيًا ما يُعرف «بالمُدْمَج الخَلَوى»، وقد يكون مقسمًا إلى خلايا، وكل خلية ذات نواة مستقلة واحدة، أو نواتين أو عديد من الأنوية، ومن ثم فهى قد تكون أحادية النواة أو ثنائية النواة أو عديدة الأنوية.

يوجد بالفطريات ما يسمى «الحامل الجرثومى»، والذى نعنى به: التركيب المسئول عن حمل الجراثيم، والتى تتكاثر من خلالها الفطريات.

من ذلك العرض الموجز يمكننا ذكر الأسس التى يمكن أن نبنى عليها «تصنيف الفطريات» فيما يلى:

١ ـ كون «الهيفات»: مقسمة أم غير مقسمة ؟

٢ ـ كون «الهيفات»: شفافة (منفذة للضوء) أم معتمة (غير منفذة للضوء) ؟

٣ ـ كون «الميسليوم»: ملونًا أم غير ملون ؟

٤ ـ وجود جراثيم من عدمه ؟

٥ ـ نوع الجراثيم الموجودة:

ـ «جنسية»، وما نوعها ؟..

هل هى: جراثيم جنسية بيضية «شكلها بيضاوى» أم جراثيم جنسية زيجية، أم جراثيم جنسية أسكية «زقية» ؟

ـ «لا جنسية»، وما نوعها ؟..

هل هى: جراثيم لا جنسية إسبورانجية، أم جراثيم لا جنسية كوتيدية، أم جراثيم لا جنسية أرثورية ؟

٦ ـ سطح الجراثيم: أملس أم مجعد أم منتظم ؟

٧ ـ شكل الرأس الحامل للجراثيم وحجمه ولونه ؟

٨ ـ عدد الجراثيم المحمولة على الرأس: فردية أم فى سلاسل ؟

٩ ـ شكل الكيس الجرثومى الذى يحمل الجراثيم، وحجمه، ولونه، ووضعه على «الهيفا».

١٠ ـ وجود الأجزاء الخاصة من عدمه، وإن وجدت فما هى ؟

هل هى جذيرات تحل محل الهيفات وتسمى «الريزويدات» (Rhizoids) ؟

أم جراثيم كلاميدية (Chlamidospores)، وهى عبارة عن خلية من خلايا الهيفا كبرت فى الحجم وخزن بها كمية زائدة من الغذاء، حيث تمر بطور راحة فى ظل الظروف البيئية السيئة، ثم تنشط بعد ذلك عند تحسن الظروف المحيطة لتعطى فردًا فطريًا جديدًا ؟

أم سكلروتيا (Sclerotia) «التجمع الهيفى المحصن» وهى عبارة عن تجمع للهيفات محاطة بطبقة سميكة، للحماية من الظروف البيئية السيئة، ثم تزول هذه الطبقة بعد تحسن الظروف البيئية ؟

إننا لا نقصد ـ فى كتابنا هذا ـ تناول «الفطريات» بالدراسة التفصيلية لذاتها، بل ما يهمنا هو تناول الفطريات كأحد مكونات المنظومة الحية للنظام البيئى، ولذلك لابد أن نتعرف على الصفات السلوكية للفطريات، أو ما يمكننا أن نسميه «السلوك البيو بيئى»، والذى نعنى به السلوك البيئى المعتمد على أساس بيولوجى.

من جوانب «السلوك البيو بيئى» فى الفطريات ما يلى:

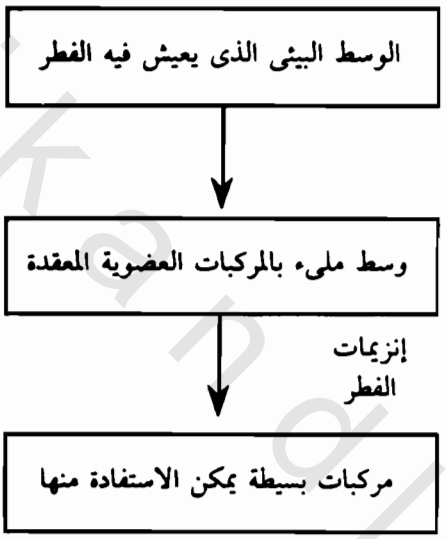
خلو الفطريات من البلاستيدات الخضراء:

ومن ثم لا يوجد بها مركب «اليخضور» (الكلوروفيل)، ولذلك فهى كائنات حية غير ذاتية التغذية، ويمكننا أن نسميها «الكائنات الحية اللا بلاستيدية» أى: التى لا تحتوى على بلاستيدات خضراء.

السلوك الغذائى الغيرى:

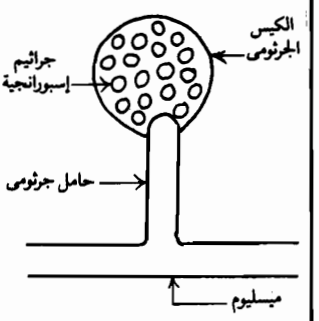
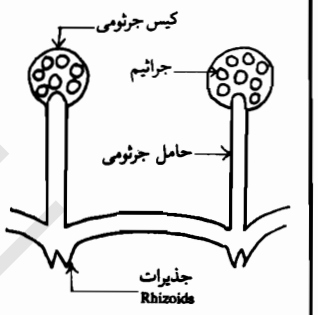
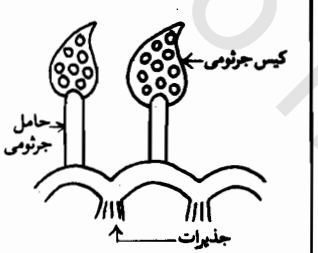
نعنى بذلك اعتمادها فى التغذية على غيرها من الكائنات الحية، لكى تستطيع أن

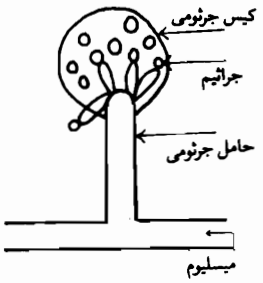
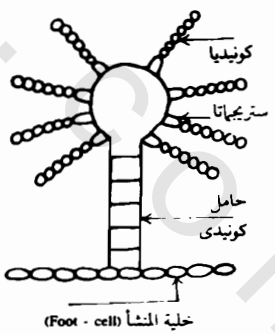
تواصل الحياة، وتستمر العمليات الحيوية داخلها، ومن أمثلة هذا السلوك: ترمم بعض الفطريات على الكائنات الحية الأخرى الميتة، حيث تحلل بقاياها العضوية، وتحولها من مركبات معقدة لا يمكن هضمها والاستفادة منها إلى مركبات بسيطة يمكن هضمها والاستفادة منها، ويعرف هذا السلوك «بالسلوك الرمّى»، ويتم ذلك من خلال إرسال الفطر لهيفاته داخل الوسط الذى يعيش فيه، حيث يتم إفراز إنزيمات تحول المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة، كما يتضح من الشكل التخطيطى التالى:

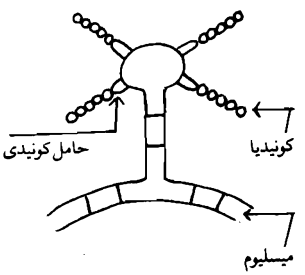


تُعرف بعض الفطريات «بالفطريات الكاملة»، أى أن الطور الذى يتم من خلاله التزاوج والانقسام الميوزى يُعرف «بالطور الكامل»، أما الفطريات التى لا يُعرف بها هذا الطور فتُعرف «بالفطريات الناقصة»، وقد اتخذ ذلك كصفة تقسيمية فى الفطريات من حيث كونها ناقصة أو كاملة.

تتداخل الفطريات فى علاقاتها بالكائنات الحية الأخرى مسببة لها النفع أحيانًا والضرر أحيانًا أخرى، وقد تكون العلاقة محايدة، فلا يسبب الفطر نفعًا أو ضررًا، كما يتضح ذلك من خلال الجدول التالى:

الجنس	الفطريات التابعة له	أهم مميزاته، وأهميته
* ميكور (Mucor)  	ميكور روكسى (Mucor rouxii)	ـ الهيفات غير مقسمة. ـ الأكياس الجرثومية بسيطة غير متفرعة أو متفرعة. ـ التكاثر اللا جنسى: يتم بواسطة الجراثيم الإسبورانجية. ـ التكاثر الجنسى: يكون بالزيجوت. ـ لا يكوّن جذيرات (Rhizoids). ـ يحوّل النشا إلى سكر. ـ يستخدم فى إنتاج بعض أنواع الجبن الكامنبرتى.
* ريزوبس (Rhizobus)  	ريزوباس نيجريفيكانس (Rhizobus nigrificans)	ـ الهيفات غير مقسمة. ـ وجود الجذيرات. ـ الميسليوم كثيف اللون، زغبى المظهر. ـ يسبب فساد الفاكهة والخضر والخبز.
* أبسيديا (Absidia)  		ـ الهيفات غير مقسمة. ـ الأكياس الجرثومية كبيرة. ـ وجود الجذيرات. ـ الكيس الجرثومى ذو شكل كمثرى. ـ يسبب فساد الكثير من الأغذية.

* ثاماندیوم (Thamnidium)  		ـ يمكنه النمو على اللحوم المبردة وعلى جدران مصانع البيرة. ـ يستطيع النمو عند درجة ٥م°. ـ يسبب مشاكل عديدة فى الأغذية المبردة.
* أسبرجلس (Asperigillus)  	أسبرجلس نيجر (Asperigillus niger) ـ يستخدم لإنتاج حمض الستريك. ـ يقسم إلى ١٤ مجموعة أهمها: المجموعة الأولى: وتقسم إلى: (أ) أسبرجلس ربنتس (Asperigillus repents) ـ يسبب فساد الأغذية ذات الرطوبة المنخفضة. (ب) أسبرجلس جلوكوز (Asperigillus glucose) ـ يسبب فساد السكر ومنتجاته عند التخزين السيئ. المجموعة الثانية: أسبرجلس نيجر (Asperigillus niger) ـ الجراثيم لونها أسود أو بنى مسود، ومنتشرة بدرجة كبيرة. المجموعة الثالثة: أسبرجلس فلافس أوريزا	الهيفات مقسمة، عديمة اللون. ـ الميسليوم عديم اللون. ـ يخرج الحامل الجرثومى من خلية قاعدية سميكة تسمى بخلية المنشأ «التى ينشأ منها الحامل الجرثومى (Foot- cell) ـ يخرج من الحامل الرأسى المتضخم العديد من النتوءات البسيطة أو المركبة، والمعروفة بـ«الستريجماتا». ـ الكونيديات ـ «أحد أشكال الجراثيم اللا جنسية» ـ لونها بنى أو أخضر. ـ سطح «الكونيديات» أملس، وتتحمل الكونيديات درجات الحرارة العالية.

	(Asperigillus Flavous oryza) - يوجد فى سلاسل، وهى ذات أسطح ملساء، وتتحمل درجات الحرارة العالية. - يستخدم فى إنتاج الأغذية المتخمرة، وبعض الإنزيمات.	
* البنسليوم (Pinicillum)	١ - بنسليوم إكسبانسيوم (Pinicillum expansum) - جراثيمه خضراء. - ويسبب فساد الفاكهة والخضر. ٢ - بنسليوم إتوليكم (Pinicillum itolicum) - جراثيمه زرقاء. - ويسبب العفن الأزرق للموالح. ٣ - بنسليوم نوتاتم (Pinicillum notatum) - يسبب العفن الأخضر لبعض الأغذية. - يستخدم فى إنتاج البنسلين «مضاد حيوى».	يتم تقسيمه إلى مجموعات حسب شكل الحامل الكونيدى كالتالى: (أ) مجموعة البنسليوم ذات الرأس البسيط: - تكون الحوامل الكونيدية خارجة من الرأس أحادية، ويتضح ذلك من الشكل التالى: 

٤ ـ بنسليوم كامنبرتى

(Pinicillum camenberti)

- يستخدم فى إنتاج الجبن المعروف بـ «الجبن الكامنبرتى».

٥ ـ بنسليوم روكفورتى

(Pinicillum rouquforti)

يستخدم فى إنتاج «الجبن الروكفورت».

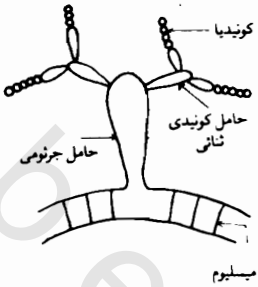
٦ ـ بنسليوم ديجيتاتيوم

(Pinicillum digitatum)

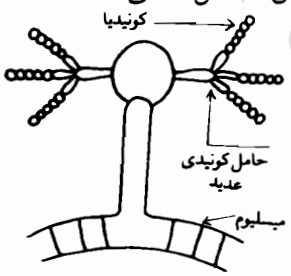
- الكونيديا خضراء.

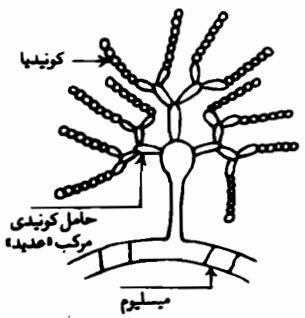
- ويسبب فساد الطماطم.

(ب) مجموعة البنسليوم ذات الرأس الثنائى: تكون الحوامل الكونيدية خارجة من الرأس بعدد ثنائى، ويتضح من الشكل التالى:



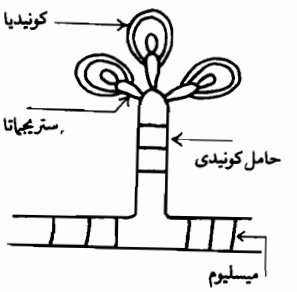
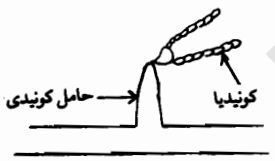
(ج) مجموعة البنسليوم ذات الرأس المركب: تكون الحوامل الكونيدية خارجة من الرأس بعدد أكثر من اثنين، ويتضح من الشكل التالى:

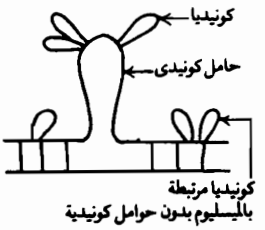
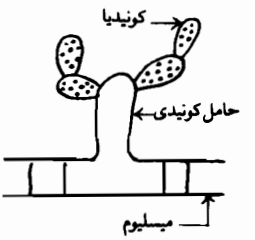
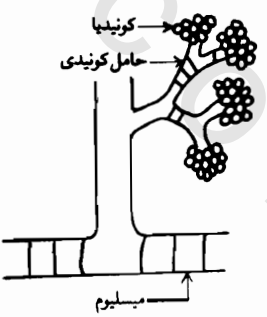


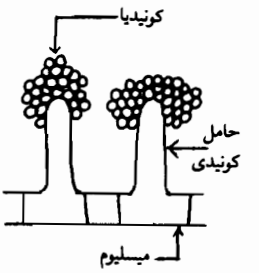
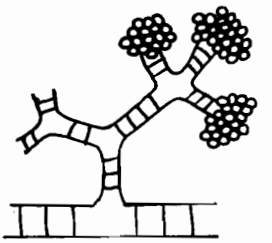
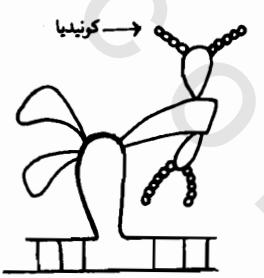


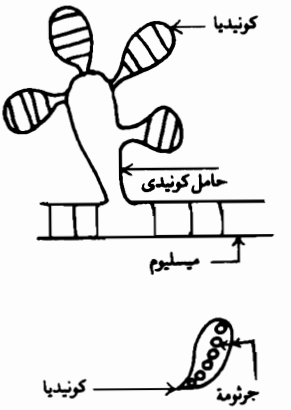
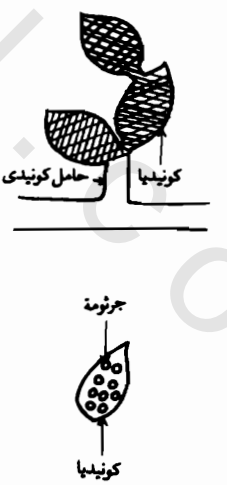
(د) مجموعة البنسليوم ذات الرأس غير المنتظم: يكون الرأس الحامل للحوامل الكونيدية غير منتظم الشكل.

obeikandl.com

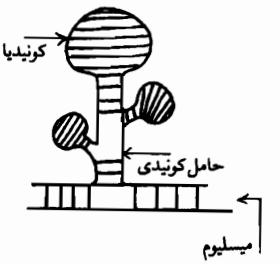
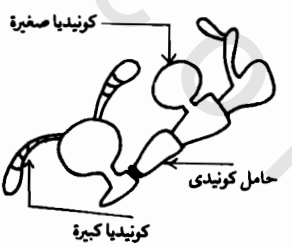
* تريكيو فكيوم (Trichio Vceum)  		ـ اللون أحمر باهت. ـ ينمو على الأعشاب والفاكهة وخاصة: التفاح، والخوخ، والقرعيات. ـ الحامل الكونيدى مستقيم والكونيديا بيضية تتكون من خليتين.
* أوديوم (Oidium)	أوسبورا لاكتيس (Oospora lactis)	ـ ينمو على سطح الزبادى، ويعطيه شكل وقوام القشدة. ـ ما زال يوجد شك حول كينونته الفطرية «كونه فطرًا» حيث يعتقد بعض العلماء أنه ينتمى إلى الخميرة، لكونه يقضى معظم حياته فى صورة خلية واحدة.
* نوروسبورا (Nourospora) كان يسمى قديمًا بـ «مونيلا» (Monilla)  		ـ استخدم فى التجارب الوراثية. ـ سهل النمو. ـ يكوّن جراثيم جنسية. ـ يسبب عفن الخبز الأحمر.

* سبوروتريكم (Sporotricum)  	سبوروتريكم كارنس (Sporotricum carnis)	- الكونيديا مسحوقية، وذات طرف مدبب، وتتصل بالحامل الكونيدى من خلال طرفها المدبب. - يكوّن بقعًا صفراء على سطح اللحوم المعتقة.
* سكوبيلاريوبسيس (Scopulariopsis)  		- الكونيديا على شكل ورقة التين الشوكى. - والكونيديا لونها أصفر أو بنى.
* بوتريتس (Botrytis)  	بوتريتس سينريا (Botrytis cinerea) - لونه بنى باهت. - ويسبب أمراضًا للنبات وبخاصة عناقيد العنب.	- الحوامل الكونيدية طويلة ومتفرعة بدون انتظام. - والكونيديا بيضية الشكل، وتتصل بالحامل الكونيدى فى شكل عناقيد.

* سيفالوسبوريوم (Cephalosporium)  		- الحامل الكونيدى بسيط. - الكونيديا عديمة اللون بيضاوية الشكل. - ترتبط الكونيديات ببعضها بواسطة مادة لزجة.
* تريكوديرما (Trichoderma) 		- الكونيديات متجمعة خضراء بيضاوية. - الحوامل الكونيدية متفرعة.
* كلادوسبوريوم (Cladosporium)  		- الميسليوم لونه زيتى. - الكونيديا لونها داكن وبيضية الشكل، مكونة من خلية واحدة أو خليتين. - رأس الحامل شجرى الشكل (يشبه شكل الشجرة). - النمو قطيفى (يشبه شكل القطيفة: أحد صنوف الملابس). - يسبب بقعًا سوداء على الأغذية لارتفاع نسبة الرطوبة بها.

* هيتمانسوسبوريوم (Hetmantho sporium)  	هيتمانسوسبوريوم جوسيبى (H. gossypii)	ـ الميسليوم داكن. ـ الكونيديا كبيرة الحجم، مقسمة، دودية الشكل (تشبه شكل الدودة الشريطية) وهى متفرعة أو فى مجاميع. ـ يسبب كثيرًا من الأمراض للنباتات.
* الترنالريا (Alternaria)  	الترنالريا سيترى (Alternaria citri)	ـ لونه رمادى مخضر. ـ الكونيديات مقسمة بجدر عرضية. ـ الحامل الكونيدى متفرع أو غير متفرع. ـ الكونيديا مدببة، والجزء المدبب للخارج.

obeikandl.com

* ستيمفيليوم (Stemphylium)  قطاع عرضى فى الكونيديا يظهر الجراثيم		ـ الكونيديا مقسمة بجدر عرضية ومستديرة. ـ اللون رمادى مخضر.
* الفيوزاريوم (Fusarium)  		ـ يوجد نوعان من الكونيديات فى هذا الجنس، فهى إما أن تكون: * فى شكل خلية مفردة وتُعرف بـ (الكونيديا الصغيرة): (Micro condia). * أو فى شكل سلاسل وتُعرف بالكونيديا الكبيرة وهى منجلية الشكل: (Macro conidia).

obeikandl.com

الخمائر:

من الكائنات الحية ذات التأثير الشديد فى البيئة، حيث يمكن استخدامها فى العديد من المجالات المفيدة، وهذا لا يناقض كونها ضارة فى كثير من الأحيان، ومن ثم يمكننا القول أن الخمائر ـ ككائنات حية ـ ذات تباين سلوكى كبير، ونعنى بذلك وجود خمائر مفيدة للبيئة (أى: ذات كينونة إيجابية)، ومن ثم فوجودها مفيد للبيئة، فهى قد تنتج مادة مفيدة، أو تنتج مادة يمكن استخدامها فى إنتاج منتج مفيد، ومن ثم يمكن تقسيمها إلى:

* خمائر ذات إيجابية مباشرة:

ونعنى بها: الخمائر المنتجة لمواد يمكن استهلاكها مباشرة، والاستفادة منها.

* خمائر ذات إيجابية غير مباشرة:

ونعنى بها: الخمائر المنتجة لمواد تدخل فى دورات تصنيفية تختلف فى عددها طبقًا لنوع المنتج المراد إنتاجه من خلال هذه الدورات التصنيفية.

توجد كذلك الخمائر الضارة بالمنظومة البيئية، ومن ثم فهى تحدث اختلالاً فى النظام البيئى الموجود، المتمثل فى بيئة حية، أو بيئة غير حية.

من الفوائد المهمة للخمائر:

١ ـ إنتاج العديد من الأغذية كإنتاج الخبز.
٢ ـ إنتاج البيرة والنبيذ.
٣ ـ إنتاج بعض أنواع الجبن.
٤ ـ إنتاج بعض الإنزيمات.
٥ ـ استخدام الخمائر كمادة غذائية.

من الأضرار التى تحدثها الخمائر:

١ ـ فساد العديد من المواد الغذائية كعصائر الفاكهة ومستخلصات اللحوم والعسل والجيلى واللحوم والمخللات.
٢ ـ إنتاج مواد سامة.

يتضح مدى الدور المفيد أو الضار للخمائر من خلال الجدول التالى:

الجنـــس	أهميتـــه
* إندومايسز (Endomyces)	ـ تستخدم فى إنتاج الجبن. ـ تستخدم فى إنتاج إنزيم الأميليز. ـ اســتخـدمت فـى الحربـين العالميتـين الأولـى والثانية.
* سكارومايسز (Saccharomyces)	ـ تستخدم فى صناعة العديد من الأغذية. ـ توجد منها سلالات لإنتاج الخبز وسـلالات لإنتاج البيرة.
* زيجوسكارومايسز (Zygosaccharomyces)	ـ تنمو فى ظل تركيزات عالية من السكر، ولذا فهى تعتبر كائنات حية محبة للتركيزات العالية. ـ تسبب مشاكل فى العسل والشراب والمولاس وعند تخمر الأنبذة.
* خميرة (Film yeast)	ـ تنمو على سطح الأغذية الحامضية مستهلكة الحامض، مما يقلل من درجة الحموضة، أى: يرفع درجة الأس الهيدروجينى (P^H). ـ يسمح ذلك بنمو كائنات حية أخرى لا تستطيع النمو فى ظل بيئة حامضية، وذلك لتقليل درجة الحموضة. ومن أنواعها: * بيكيا (Pichia). * هانسينيولا (Hansenula). ويتحمـل هذان النوعـان كميـات مـن الكحـول،

	مما يسبب مشاكل فى المشروبات الكحولية. * ديباروميسز (Debaromyces) ويتحمل تركيزات ملحية عالية.
* خمائر (Abiculate yeasts)	- ليمونية الشكل (تشبه فى شكلها الليمون). - توجد نتوءات فى الطرف. - تستهلك الكحول وتعطى طعمًا غير مقبول.
* كريبتوكوكس (Crypto coccus)	- تسبب الفساد للأنبذة والجبن والمخللات.
* كونديدا (Condida)	- تنمو على بوادئ الألبان غير المتخمرة مسببة بذلك نشاط بكتيريا حمض اللاكتيك التى تعيش فى الألبان.
* جيتريكيوم (Geatrichum)	- خمائر تحتوى على صبغات ملونة تستخدم فى إنتاج الجبن والكثير من المنتجات اللبنية.
* رودوتريولا (Rhodoterula)	- تحتوى على كثير من الصبغات. - تسبب فساد الكثير من الأغذية. - تسبب تبقع اللحوم.

تنظيم التعبير الجينى فى الكائنات لا مميزة النواة:

يتم تنظيم التعبير الجينى فى الكائنات الدقيقة التى لا تتميز فيها النواة، من خلال نظام قفل وفتح جينى يتم بنظام دقيق، وتمارس تلك الأنظمة عملها من خلال المؤثرات البيئية، أو من خلال الدوائر سابقة الإعداد، والتى توفر نواتج التفاعل الجينى طبقًا للحاجة إليها..

ومن أنظمة التعبير الجينى فى الكائنات لا مميزة النواة ما يلى:

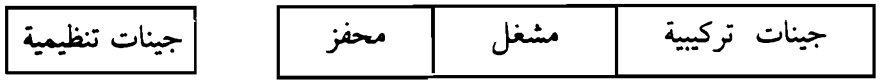
* نظام الأوبرون:

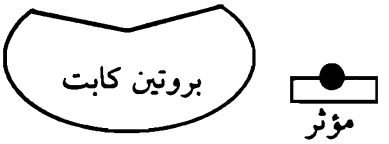
يتكون هذا النظام من مجموعة من الجينات التركيبية، والتى يؤدى تعبيرها الوراثى إلى تكوين النواتج النهائية للتفاعل الجينى، ومجموعة الجينات التنظيمية التى تنظم عمل الجينات التركيبية من خلال تشفيرها لبروتين كابت يلعب دورًا أساسيًا فى عمليات قفل وفتح الجين، والمشغل وهو تتابع آزوتى مسئول عن عمل أو عدم عمل الجينات التركيبية، والمحفز الذى يرتبط به إنزيم بلمرة الدنا الوراثى مما يؤدى إلى تحفيز المشغل ليوجه الجينات التركيبية لتمارس عملها.

تظل الجينات التركيبية عاملة ما دام إنزيم بلمرة الدنا الوراثى مرتبطًا بالمحفز، ويتم فتح الجينات عند فك الارتباط بين المحفز وإنزيم بلمرة الدنا الوراثى.

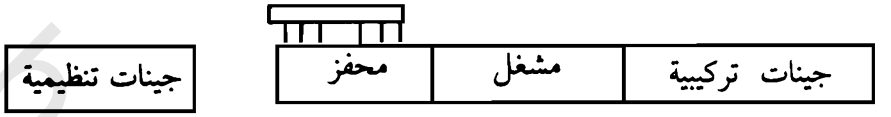
يتم فك الارتباط بين إنزيم بلمرة الدنا الوراثى والمحفز من خلال جزىء يسمى «المؤثر»، والذى يسحب البروتين الكابت من المشغل، ليسمح للمحفز بمباشرة عمله فى توجيه المشغل ليفتح الجينات التركيبية..

ويمكننا إيضاح ذلك فيما يلى:



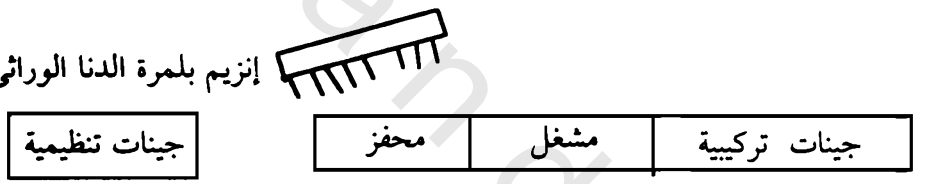


إنزيم بلمرة الدنا الوراثى



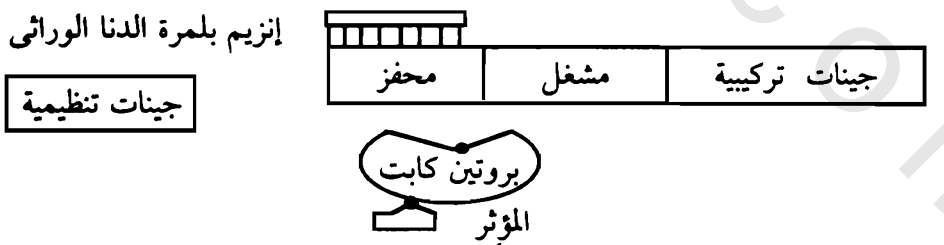
الجينات أثناء عملها طبقًا للتنظيم الجينى الأوبرونى

إنزيم بلمرة الدنا الوراثى



الجينات أثناء عدم عملها

إنزيم بلمرة الدنا الوراثى



المؤثر وهو يسحب البروتين الكابت ليعمل على فتح الجينات

* نظام أوبرون اللاكتوز:

ينظم هذا النوع من «التنظيم الجينى» عمل الجينات فى الكائنات الدقيقة ـ مثل البكتيريا ـ التى تستخدم سكر اللاكتوز، وتتكون من منظومة التعبير الجينى السابقة فى نظام الأوبرون، لكن الجينات التركيبية فى هذا النظام تعمل على سكر اللاكتوز، حيث تشفر هذه الجينات لتكوين إنزيمات لإنتاج أو تحليل مركبات اللاكتوز.

* نظام أوبرون التربتوفان:

يكون هذا النظام مسئولاً عن تنظيم التعبير الجينى للبكتيريا التى تتغذى على الحامض الأمينى «التربتوفان»، ويحتاج هذا النظام لكى يعمل على فتح الجينات إلى جزىء مساعد عضوى من الحامض الأمينى «التربتوفان»، والذى يحفز عمل الجينات التركيبية.

الكائنات الحية الراقية:

تتميز الكائنات الراقية بتعقدها الخلوى، والوصول بدرجة التخصص إلى أعقد مستوياتها، حيث تتكون من أنسجة عديدة، وتتكون الأنسجة من خلايا عديدة، ويتخصص كل نسيج لأداء وظائف محددة، وتتخصص كل خلية فى النسيج لأداء وظائف تختلف عن باقى الوظائف الأخرى.

تحتوى خلايا حقيقيات النواة على العديد من العضيات الخلوية، والتى لا توجد فى خلايا لا مميزة النواة، ومن أمثلة هذه العضيات ما يلى:

أجهزة جولجى:

أجسام مبططة تنتهى بانتفاخات تعمل كمخزن للإنزيمات، وكمواضع إنتاج للمكونات التى تفرزها الخلية، ومن أمثلة تلك المواد: السليلوز، الذى يلعب دوراً أساسيًا فى تكوين جدار الخلية.

تتكون أجسام جولجى من امتدادات الشبكة الإندوبلازمية، ومما أثار هذا

الاعتقاد وجود اتصال وثيق بين أجهزة جولجى والشبكة الإندوبلازمية.

الميتوكوندريا:

أجسام عصوية تتكون من غشاءين: الخارجى منهما أملس، بينما الداخلى يكوِّن بروزات كامتدادات داخلية، مما يؤدى إلى زيادة مساحة السطح الداخلى.

يوجد بالميتوكوندريا دنا وراثى خاص بها ومستقل فى التعبير الجينى عن الدنا الموجود داخل النواة، كما يوجد الرنا الوراثى فى الغشاء الميتوكوندرى وتبلغ نسبته (٥٪) من مجموع مكونات الغشاء الميتوكوندرى.

يتكون الغشاء الميتوكوندرى من (٥٪) رنا وراثى (R.N.A) و(٤٠٪) بروتين و(٢٥٪) دهون، ويمتلأ الفراغ بين الغشاءين (الخارجى والداخلى) بسائل له دور مهم فى الأداء الوظيفى للميتوكوندريا.

تعتبر الميتوكوندريا مركز إنزيمات التنفس وعمليات الطاقة بالخلية، وقد تم إثبات ذلك عن طريق إزالة الميتوكوندريا من بعض الخلايا، وقياس المعدل العام لإنتاج الطاقة بالخلية، حيث سُجِّل انخفاض ملحوظ فى هذا المعدل، مقارنة بالخلايا التى لم ينزع منها «الميتوكوندريا».

النواة فى الخلية مميزة النواة:

تحاط النواة فى الخلية مميزة النواة بغشاء نووى يحدد موضع النواة فى السيتوبلازم، بينما فى الخلية لا مميزة النواة لا يوجد غشاء نووى حول النواة، ومن ثم تصبح النواة سابحة فى السيتوبلازم دون وجود مكان محدد لها.

يختلف الطاقم الوراثى فى نواة الخلية لا مميزة النواة عن الطاقم الوراثى فى الخلية مميزة النواة، حيث يتميز الجينوم «الطاقم الوراثى» فى الخلية مميزة النواة بالتخصص العالى، والتعقد فى التعبير الجينى، والذى يؤدى إلى توجيه العمليات المعقدة داخل الخلية مميزة النواة.

يتأثر التعبير الجينى لخلية ما من خلايا مميزة النواة، بالجينوم الخاص بخلية

أخرى، حيث تعمل بعض الجينات كمنشطات لجينات أخرى، وتعمل بعض الجينات كمثبطات لجينات أخرى، كما تحتاج بعض المكونات والعمليات الخلوية إلى تكامل العديد من الجينات لإتمام العمل الوظيفى بكفاءة عالية.

يتم تنظيم التعبير الجينى فى خلايا الكائنات مميزة النواة من خلال المركبات الهستونية وغير الهسترنية، والمركبات الهرمونية، ويحدث تنظيم التعبير الجينى وفقًا لمستويات عديدة تشتمل على:

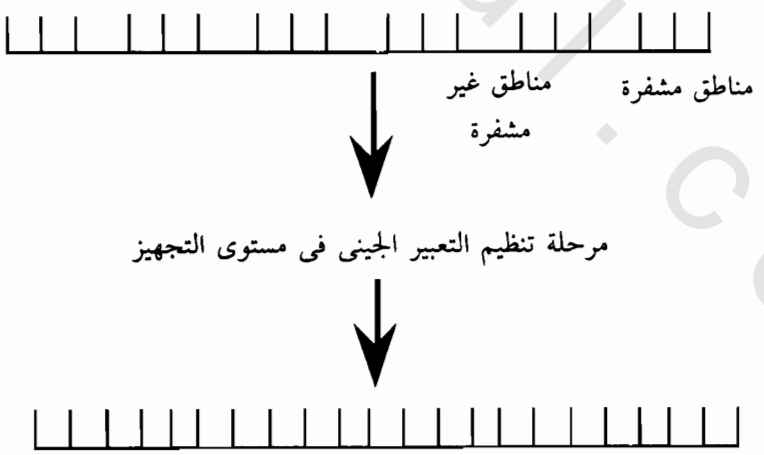
*** مستوى التجهيز:**

يتم فى هذا المستوى إعداد كل الوسائل الوراثية اللازمة للدخول فى عملية النسخ، بما يحقق أعلى كفاءة ممكنة فى تخليق البروتين بعد ذلك.

لقد وجد بالدراسة أن الدنا الوراثى يحتوى على أماكن تحمل شفرات تدل على أحماض أمينية، ويحتوى على أماكن خالية من الشفرات، ومن ثم فهى أماكن غير مشفرة، وهى غير ذات أهمية فى تخليق البروتين.

يتضمن تنظيم التعبير الجينى فى مستوى التجهيز إزالة الأماكن غير المشفرة، والإبقاء على الأماكن المشفرة من شريط الدنا الوراثى، ومن ثم يمكننا القول بأن عملية التنظيم على مستوى التجهيز ستوفر دنا مكتمل التشفير لتكوين الأحماض الأمينية المختلفة..

ويمكننا إيضاح ذلك من خلال الشكل التخطيطى التالى:



*** مستوى النسخ:**

يتم فى هذه المرحلة نسخ الشفرات الموجودة على شريط الدنا الوراثى الموجود داخل نواة الخلية، لشفرات على شريط الرنا الوراثى الموجود فى السيتوبلازم، ويحدث ذلك من خلال ارتباط إنزيم بلمرة الرنا الوراثى بتتابع محدد على شريط الدنا الوراثى يُعرف «بالمحفز».

يتم تنظيم التعبير الجينى فى هذه المرحلة من خلال المركبات الهستونية والهرمونية، والتى تختلف درجة تنظيمها من خلية لأخرى، ومن نسيج لآخر، ومن كائن حى لآخر.

*** مستوى الترجمة:**

يتم فى هذه المرحلة ترجمة الشفرات الموجودة على شريط الرنا الوراثى إلى أحماض أمينية لتكوّن فى النهاية «البروتين».

يحدث تنظيم التعبير الجينى فى هذه المرحلة من خلال معدل وصول الإشارات اللازمة لبدء عمليات الترجمة، والمعدل العام لتكوين البروتين.

obeikandl.com

تنقسم الكائنات الحية الراقية إلى: المملكة الحيوانية، والمملكة النباتية، ومملكة الفطريات. وتنقسم مملكة الكائنات الحية الحيوانية الراقية إلى العديد من الأقسام، والتى تختلف فيما بينها فى الصفات التشريحية والوظيفية، ويساهم كل منها بدور أساسى فى النظام البيئى. . ومن تلك الأنواع ما يلى:

الديدان:

تتكون الديدان من عديد من حلقات الجسم، وهى ذات جسم مفلطح، ولا تحتوى على تجويف جسمى، وتتكون من ثلاث طبقات.

تحتوى الديدان المفلطحة على ممصات وخطاطيف تساعدها على تثبيت نفسها فى مكان تطفلها من العائل، ولا تحتوى الديدان المفلطحة على جهاز هضمى فى بعض أنواعها كالديدان الشريطية، بينما يوجد جهاز هضمى غير كامل فى بعض الأنواع الأخرى كالديدان الورقية، حيث توجد فتحة الفم التى تعمل كفتحة فم وإخراج فى نفس الوقت.

لا يوجد بالديدان المفلطحة جهاز دورى أو جهاز تنفسى، بينما يوجد جهاز إخراجى يتمثل فى الخلايا اللهبية المتصلة ببعضها مكونة شبكة تفتح للخارج بفتحة إخراجية.

تحتوى الديدان المفلطحة على جهاز عضلى جيد وقوى، بينما يكون الجهاز العصبى بسيطًا، ويتكون من زوج من العقد العصبية الأمامية.

معظم الديدان المفلطحة «خناث» حيث يوجد بالفرد كل من عضو التذكير وعضو التأنيث، ويتميز الجهاز التناسلى فى الديدان المفلطحة بأنه معقد حيث يحتوى على الغدد التناسلية بالإضافة إلى القنوات التناسلية.

تتميز الديدان المفلطحة بارتفاع مستوى تفاعلها مع البيئة، حيث تؤثر وتتأثر كثيراً بمكونات النظام الحى، فيصيب العديد منها الكثير من الحيوانات بالأمراض. .

ومن أمثلة تلك الأمراض ما يلى:

اسم المرض	الطفيل	الأعراض
* حدوث انسداد فى المسار المعوى	دودة الإنسان الشريطية	ـ ارتفاع فى درجة الحرارة. ـ هزال وضعف. ـ الإحساس بالجوع والصداع.
* تقرح جلد السمك	إنتوبديلاسوليا	وجود تقرحات على جلد السمك تتحول إلى جروح تؤدى فى النهاية لموت السمك.
* تعفن الكبد فى الماشية، والأغنام	الدودة الكبدية العظمى	ـ ارتفاع فى درجة الحرارة. ـ الإصابة بأعراض فقر الدم. ـ حدوث فقدان للشهية. ـ تليف الكبد.
* تليف الكبد فى الماشية، والخنازير، والإنسان	دودة الفم الكبدية	ـ ارتفاع فى درجة الحرارة. ـ الإصابة بأعراض فقر الدم. ـ تليف الكبد.
* تعفن الكبد	الدودة الكبدية الصينية	ـ ارتفاع فى درجة الحرارة. ـ الإصابة بأعراض فقر الدم. ـ تليف الكبد.
* تهيج الأغشية المخاطية بالأمعاء فى الإنسان	دودة الهيتروفيس	ـ ظهور حالة ضعف عام للإنسان. ـ الإصابة بالأنيميا. ـ إسهال مع آلام بالبطن.
* تهيج أنسجة الرئة	تريماتودا الرئة	ـ سعال متكرر مع بصاق. ـ ظهور حالات الإرهاق والأنيميا. ـ ارتفاع فى درجة الحرارة.

* تهيج فى الأوعية الدموية	تريماتودا الدم	ـ حدوث نزيف. ـ نزول دم مع البول أو البراز.
* البلهارسيا	البلهارسيا المعوية	ـ حدوث نزيف. ـ حدوث التهابات نتيجة لتمزق جدر الشعيرات الدموية.
* بلهارسيا الماشية	بلهارسيا الماشية	ـ إسهال مصحوب بإفرازات ناتجة عن تمزق جدر الشعيرات الدموية.
* بلهارسيا المجارى البولية	بلهارسيا المجارى البولية	ـ ظهور دم فى البول. ـ الإحساس بالألم عند التبول.
* التعب العضلى مع الصداع المستمر	دودة لحم البقر الشريطية	ـ فقدان للشهية والإحساس بالجوع المستمر. ـ الإحساس بالتعب العضلى.
* التعب العضلى مع الصداع المستمر	دودة لحم الخنزير الشريطية	ـ الإحساس بالجوع والصداع. ـ الإحساس بالتعب العضلى.
* هـزال وضـعف الطيور	دودة الطيور الشريطية	ـ حدوث نزيف. ـ حدوث ضعف عام فى الطيور. ـ قد يؤدى ذلك إلى موت الطيور.

الديدان الأسطوانية :

تتميز الديدان الأسطوانية بصغر الحجم، والشكل الأسطوانى، وتتكون من

ثلاث طبقات، ولا يوجد بها تعقيل حقيقى، وإنما توجد تحززات على سطح الجسم، ويغطى الجسم طبقة من الكيوتيكل، كما يغطى الكيوتيكل سائر تجاويف الجسم كالبلعوم والمستقيم وفتحة الشرج.

يوجد بالديدان الأسطوانية «النيماتودا» قناة هضمية متميزة الأجزاء، بينما لا يوجد جهاز دورى أو تنفسى، وإنما توجد بدائل لإتمام وصول الأكسجين إلى الخلايا، حيث تقوم البشرة والسائل الجوفى بالقيام بهذا الدور.

يتكون الجهاز العصبى فى «النيماتودا» من حلقة عصبية حول المرىء يخرج منها ستة أعصاب تتجه للأمام، وستة أخرى تتجه للخلف، كما يوجد زوج من الأعضاء الحسية الأمامية، ويوجد زوج آخر خلفى، أما الجهاز البولى فهو بسيط ويتكون من خلية أو خليتين من الخلايا البولية التى تفتح للخارج بفتحة بولية فى الثلث الأمامى من الجسم.

تُصنَّف الديدان الأسطوانية «النيماتودا» إلى طوائف عديدة، وتتميز بخطورتها على غيرها من الكائنات الحية فى المنظومة الحياتية.

وقد تبين بالدراسة وجود علاقة وثيقة بين «النيماتودا» والتربة الزراعية، حيث تساهم فى تحلل البقايا النباتية ومخلفات الجذور والأوراق، كما تؤثر «النيماتودا» على نشاط بكتيريا التأزت، مما يؤثر على خصوبة التربة.

تهاجم «النيماتودا» جذور العديد من النباتات المهمة من الناحية الاقتصادية، لكنها فى الوقت نفسه تتأثر بالعديد من الكائنات الحية كأعداء حيوية لها، ويمكن تسخير هذه الكائنات لتدمير «النيماتودا»، وحماية جذور النباتات.

قد يؤدى ذلك إلى نقص فى إنتاج الثمار أو حدوث عيوب فى نوعيتها مما يؤثر على القدرة التسويقية لهذه المحاصيل.

إن وجود «النيماتودا» فى التربة الزراعية يتسبب فى خفض القيمة الاقتصادية للأرض. . ومن الأمراض التى تسببها «النيماتودا» ما يلى:

اسم المرض	الطفيل	الأعراض
* تعفن الجذور	نيماتودا عقد الجذور	ـ وجود عقد على الجذور. ـ تلف البادرات. ـ حدوث تعفن للجذور.
* تقرح جذور الموالح	نيماتودا الموالح	ـ تقرح جذور الموالح. ـ ضعف النمو وموت الأطراف. ـ نقص معدل امتصاص الماء من خلال الجذور.
* تقرح جذور القطن	نيماتودا القطن الكلوية	ـ موت البادرات. ـ تكسير العديد من الخلايا ليتكون مدمج خلوى.
* الضعف العام للماشية	إسكارس الماشية	ـ حدوث ضعف عام للحيوان مع حدوث إجهاد. ـ حدوث إسهال. ـ خروج رائحة مميزة لديدان الإسكارس.
* حدوث شلل فى أعضاء الجهاز التنفسى	الدودة الحلزونية	ـ الإسهال والحمى. ـ حدوث تعب عضلى. ـ موت الحيوان.
* التهاب أنسجة القصبة الهوائية	دودة القصبة الهوائية	ـ الزكام. ـ حدوث التهاب فى أنسجة القصبة الهوائية.

رغم الأضرار الجسيمة التى تسببها الديدان الأسطوانية للنباتات والحيوانات، إلا أنه يمكن استخدامها فى مكافحة العديد من الآفات الضارة بالنباتات، حيث تتطفل على بعض الديدان كدودة ورق القطن والبعوض والجراد والنطاط، كما يمكن لبعض أفراد «النيماتودا» أن تهاجم أفرادًا ضارة من «النيماتودا».

الديدان الحلقية:

تتكون الديدان الحلقية من حلقات متشابهة، وهى ذات تجويف حقيقى، ويتكون جسمها من ثلاث طبقات.

تتميز القناة الهضمية بأنها كاملة حيث تنتهى بفتحة فم وفتحة شرج، أما الجهاز الدورى فهو مقفل، ويحتوى الدم على هيموجلوبين.

يتكون الجهاز العصبى فى الديدان الحلقية من زوج من العقد العصبية المخية، وزوج من الوصلات العصبية حول المرىء، أما الجهاز البولى فيتكون من زوج من «النفريديا» فى كل حلقة من حلقات الجسم.

تتميز الديدان الحلقية بأنها «خناث»، ويتم التكاثر فيها جنسيًا، وفى بعض الأنواع لا جنسيًا.

تلعب الديدان الحلقية دورًا مهمًا فى خصوبة التربة، حيث تعمل على تقليب التربة، وابتلاع حبيباتها، ثم تخرج ما ابتلتعه فى صورة مقذوفات تختلف فى تركيبها الكيميائى عن الحبيبات التى ابتلعتها الديدان.

تختلف درجة نشاط الديدان الحلقية فى التربة طبقًا للعمق الذى تعيش فيه الديدان الحلقية، والذى يحدد نوع نشاطها: هل هو سطحى أم عميق ؟

تفرز الديدان الحلقية مواد كيمياوية تعمل على تجميع حبيبات التربة، لتكوِّن مواد مجمعة، وقد يؤدى النشاط الحيوى والفيزوكيمياوى إلى تكوين أنفاق تحت سطح التربة، مما يؤدى إلى تهوية التربة وزيادة النشاط الحيوى للكائنات التى تزيد من خصوبة التربة.

مفصليات الأرجل:

تعتبر مفصليات الأرجل من أكبر الشُّعَب فى المملكة الحيوانية، وتمتاز بالانتشار الواسع والقدرة الكبيرة على التأثير فى النظام البيئى.

ينقسم جسم مفصليات الأرجل إلى رأس وجذع، أو رأس وصدر وبطن، أو «رأسصدر» وبطن، ويكون الجسم مقسمًا إلى حلقات، ويتميز الجسم بتركيب عضلى قوى، وجهاز هضمى كامل.

تتنفس مفصليات الأرجل من خلال القصبات الهوائية، والتى تفتح خارج الجسم بثغور تنفسية، ويتنفس البعض الآخر من خلال الكتب الرئوية، وهى صفائح تكون مرتبة فوق بعضها، أو من خلال الكتب الخيشومية، وهى صفائح موجودة داخل أكياس وتوجد فى مفصليات الأرجل المائية.

قد يتم التنفس فى بعض مفصليات الأرجل من خلال الخياشيم، والتى تمتد كزوائد رقيقة فى المفصليات المائية، أو من خلال سطح الجسم بواسطة الانتشار.

يتم الإخراج فى بعض مفصليات الأرجل من خلال غدد إخراجية متخصصة فى الإخراج، بينما يحدث الإخراج فى البعض الآخر من خلال أنابيب ملبيجى.

يتميز الجهاز العصبى فى مفصليات الأرجل برقيه بالنسبة للكائنات الحية الراقية السابقة.

لقد أتاحت القدرات التركيبية والوظيفية لمفصليات الأرجل الانتشار بدرجة كبيرة، والتفوق على غيرها من الكائنات الحية الدقيقة، حيث يوجد لمفصليات الأرجل هيكل خارجى قوى، ويلعب دورًا مهمًا فى حركة مفصليات الأرجل، وفى التحورات الخارجية التى تتم من خلال الهيكل الخارجى، ويعكس ذلك مرونة عالية فى التشكل والتحور عند الاحتياج، كما تتمتع مفصليات الأرجل بنظام تنفسى عالى الكفاءة، مما يتيح لها قدرة عالية على الحركة.

تساعد أعضاء الحس ذات القدرات العالية، ولاسيما القدرة على التوصيل

الدقيق من المؤثر إلى المخ، واستقبال الإشارات الواردة من المخ، لاتخاذ قرارات حاسمة تجاه المؤثرات البيئية المحيطة.

تنقسم مفصليات الأرجل إلى طوائف عديدة منها المفصليات البدائية، والقشريات، وعديدات الأرجل، والعنكبوتيات، وطائفة الحشرات، وتعتبر طائفة الحشرات من أهم طوائف مفصليات الأرجل، وتتميز بالانتشار السريع والقدرة على الحياة فى معظم البيئات.

تمر الحشرات بسلسلة من التحولات حتى تصل للطور البالغ، ويتوقف ذلك على طبيعة نمو هذه الحشرات، والتى قد تكون كاملة التطور وتمر بسلسلة تطورية كاملة تشتمل على بيضة تتحول بعد ذلك إلى يرقة شرهة جدًا للأكل، ثم إلى حورية تدخل فى مرحلة بيات لتتحول بعد ذلك إلى حشرة كاملة.

فى السلسلة غير كاملة التطور تمر البيضة بسلسلة من التحولات لتصل إلى الفرد الكامل حيث تمر بمرحلة العذراء، ثم تصل إلى الفرد الكامل.

تلعب الحشرات دورًا مهمًا فى النظام البيئى حيث تمثل الحشرات وسيلة أساسية لتلقيح النباتات الهوائية، ويوجد لكل نوع من النباتات حشرات متخصصة فى تلقيحه.

تنجذب الحشرات إلى الرحيق الذى تفرزه الأزهار، ويساعدها فى ذلك البتلات الملونة المشكِّلة للتويج، حيث تعمل هذه الحشرات ـ من خلال زيارتها لأزهار النبات للتغذى على الرحيق ـ على نقل حبوب اللقاح من الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة لتتم عملية الإخصاب والتى تتحد فيها حبة اللقاح بالبويضة لينتج «الزيجوت» الذى يمثل الخلية الجنينية الأولية.

تسبب بعض الحشرات أضرارًا عديدة للنباتات، والحيوانات، والإنسان، حيث تهاجم العديد من الحشرات النباتات محدثة فيها أضرارًا عديدة بالمجموع الخضرى والثمرى والأوراق والبراعم الخضرية، مما يسبب خسارة كبيرة فى المحاصيل، يصعب فى بعض الأحيان مقاومتها.

يستخدم لمقاومة هذه الحشرات العديد من المواد الكيميائية، والتى تقتل الحشرات، وتخلّص النباتات من أضرار الإصابات الحشرية، لكن فى نفس الوقت قد تضر بالنباتات نفسها، وقد تسبب أضراراً للإنسان، مما يحتم البحث عن بدائل لاستخدام المبيدات الحشرية للتخلص من الأضرار العديدة التى تلحق بالمنظومة الحياتية فى البيئة.

من أهم البدائل المقترحة للاستخدام بدلاً من المبيدات الحشرية «تقنيات الهندسة الوراثية» حيث يمكن من خلال هندسة الأطقم الوراثيـة للنباتات جعلها مقاومة ذاتيًا للمهاجمة الحشرية، وما زالت توجد طرق جينية عديدة مقترحة لاستخدامها كبدائل جيدة للمبيدات الحشرية.

الرخويات:

معظم الرخويات حيوانات مائية، وذات تأثير كبير فى النظام البيئى، وتتميز بوجود قناة هضمية كاملة، وغدد هضمية، وجهاز تنفسى خيشومى، كما يوجد بها جهاز دورى مفتوح.

يوجد بالرخويات جهاز عصبى يتكون من ثلاث عقد عصبية، مع وجود أعضاء حس للّمس والشم والتذوق، كما توجد أعين مركّبة.

تتميز معظم الرخويات بتركيب دعامى قوى، حيث يوجد تركيب صدفى يمثل الهيكل الخارجى، والذى يحتوى على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم.

ترتبط العديد من الرخويات ـ وبخاصة القواقع ـ بالعديد من الأمراض التى تصيب الحيوان والإنسان، حيث تعمل كعائل وسيط وناقل للمسببات المرضية، فقوقع ليمينيا ترانكاتيولا يعتبر عائلاً وسطيًا للدودة الكبدية، وقوقع ليمينيا يعتبر عائلاً وسطيًا للدودة الكبدية الكبيرة، وقوقع بولينس يعتبر عائلاً وسطيًا لبلهارسيا البول، وقوقع بلانوربس يعتبر عائلاً وسطيًا لبلهارسيا المستقيم.

الحبليات:

تتميز الحبليات بوجود حبل ظهرى، وجهاز عصبى معقد ومتطور، وجهاز هضمى كامل، كما يوجد بها جهاز تنفسى وبولى راقيان بما يتناسب مع درجة تطور هذه الكائنات الحية.

تضم الحبليات شُعبًا كثيرة من أهمها شعبة الفقاريات، والتى تضم طوائف عديدة كطائفة الأسماك الغضروفية، وطائفة الأسماك العظمية، وطائفة البرمائيات، وطائفة الزواحف، وطائفة الطيور، وطائفة الثدييات، وتعتبر طائفة الثدييات من أهم تلك الطوائف وأكثرها رقيًا وتطورًا.

تتميز الفقاريات بوجود عمود فقارى يتكون من عديد من الفقرات، كما يوجد فى المقدمة رأس يضم مخًا معقدًا فى التركيب والوظيفة.

يحيط بالمخ غلاف صلب «الجمجمة» والذى يحمى المكونات الداخلية للمخ، ويعتبر التركيب الجمجمى من المميزات الأساسية للفقاريات.

يوجد بالفقاريات زوجان من الأطراف: زوج أمامى، وزوج خلفى، وكل منهما مدعَّم بالعظام والغضاريف، ويتصل كل منهما بالهيكل المحورى من خلال العديد من الأحزمة الهيكلية.

يوجد بالفقاريات جهاز بولى يتكون من كلية تقوم بترشيح المواد البولية، لتخرج خارج الجسم، حيث يتم تخليص الجسم من هذه المواد.

يحيط بالقلب فى الفقاريات غشاء، يقوم بوظيفة الحماية، والوقاية من الصدمات، ويُعرف هذا الغشاء «بغشاء التامور».

تُعدُّ الفقاريات مثالاً للتطور فى التركيب والوظيفة، ويتضح ذلك من التطور فى التكوين الجنينى من الأسماك العظمية والغضروفية، ثم طائفة البرمائيات، والتى تأقلمت للحياة على البر، وفى الماء، ثم طائفة الزواحف والتى تتميز بضعف أرجلها، مما جعلها زاحفة، ثم طائفة الطيور ذات التركيب الجناحى الذى يساعدها على الطيران، ثم أرقى هذه الطوائف وأكثرها تطورًا وهى طائفة الثدييات.

تتميز الثدييات بوجود الغدد الثديية، المفرزة للسائل اللبنى، والذى تستخدمه فى إرضاع صغارها، كما يوجد بجسمها الشعر الذى يعمل على إكساب الكائن الحى الثديى لونه المميز له، كما يعمل كعازل حرارى عن البيئة الخارجية.

يحتوى جلد الثدييات على العديد من الغدد التى تساهم بدور فعال فى إتمام الوظائف الحيوية للكائن الحى.

من هذه الغدد: الغدد العرقية، والتى تقوم باستخلاص العرق وإخراجه خارج الجسم، كما توجد غدد رائحة، وتستخدم كإحدى وسائل الاتصال بين أفراد النوع الواحد، وبخاصة الغدد الموجودة فى الأماكن التناسلية، والتى تحفز الاتصال الجنسى بين الأفراد، والغدد الدهنية التى تفرز مواد دهنية تعمل على ترطيب الجلد.

يحتوى فم الثدييات على الأسنان، والتى تعمل على تقطيع وطحن الطعام ليكون يسيرًا على المعدة بعد ذلك هضم الطعام بواسطة الإنزيمات التى تفرزها.

تتمتع الثدييات بوجود أرقى جهاز عصبى، حيث يكون المخ كامل التكوين، كما يوجد توزيع دقيق لنظام إرسال واستقبال الإشارات العصبية.

تمارس الثدييات تكاثرها عن طريق التكاثر الجنسى، حيث يوجد لكل من الذكر والأنثى جهازه التناسلى الخاص به، حيث يكوِّن الذكر الحيوانات المنوية، وتكوِّن الأنثى البويضات، ويحدث باتحادهما تكوين الخلية الجنينية الأولية «الزيجوت»، والتى تدخل فى مراحل التكوين الجنينى لتعطى بعد ذلك الجنين الكامل.

يتم تغذية الجنين فى الثدييات من خلال المشيمة، حيث تنتقل عبر المشيمة المواد الغذائية اللازمة لحياة الجنين، ثم تنتقل المواد الناتجة عن عمليات التمثيل الغذائى للجنين عبر المشيمة لتخرج مع فضلات الأم.

تختلف الثدييات فى طرق تغذيتها، فبعضها آكل للعشب، وبعضها آكل للّحوم، وبعضها آكل للنباتات واللحوم، وبعضها حيوانات كانسة تتغذى على كل ما يقابلها.

تضم طائفة الثدييات رتبًا عديدة ذات تأثير كبير فى المنظومة البيئية، ومن هذه الرتب: رتبة القوارض، والتى تضم الفئران والسناجب وتسبب العديد منها أضراراً جسيمة للمحاصيل وبذورها حيث تقرض البذور وتتلفها، كما تعتبر نواقل للعديد من الأمراض، ورتبة آكلات الحشرات، والتى تتغذى على الحشرات كالخلد، ورتبة آكلات اللحوم مثل الكلاب والذئاب والقطط والثعالب والنمور والأسود والضباع، ورتبة الخفاشيات كالخفافيش، ورتبة الحيتان ذات الأحجام الكبيرة، والتى تحورت لتعيش فى الماء، ورتبة عرائس البحر، وهى ثدييات مائية بحرية، ورتبة الحافريات أحادية الإصبع كالحصان والحمار، ورتبة الحافريات متساوية الأصابع كالأبقار والأغنام والغزلان والجمال والزراف والخنازير.

يعتبر الإنسان أرقى الكائنات الثديية، فقد حباه الله بقدرات تركيبية ووظيفية، لا توجد فى غيره من الكائنات الحية، فهو يمتلك أرقى جهاز عصبى موجود فى الكائنات الحية، ويتم نقل الرسائل العصبية بدقة كبيرة مما يؤدى إلى وجود تحكم قوى فى الأداء الوظيفى لمختلف الخلايا.

المملكة النباتية:

تنقسم المملكة النباتية إلى عديد من الأقسام، والتى تختلف فى صفاتها المورفولوجية والتشريحية والوظيفية بما يتلاءم مع احتياجات هذه الكائنات الحية، لكن تتفق هذه الكائنات فى كونها تتركب من خلية حية، لها مواصفات مشتركة، وإن كانت توجد تراكيب إضافية تساعد كل نبات على القيام بوظيفته.

تتكون الخلية النباتية من التراكيب الأساسية التى تعرضنا لها فى دراسة الخلية الحيوانية، حيث يوجد السيتوبلازم وعضياته كالميتوكوندريا وأجهزة جولجى، وتختلف فى عضياتها عن الخلية الحيوانية فى وجود البلاستيدات الخضراء، والتى تأخذ الشكل العديسى، ويختلف عدد البلاستيدات الخضراء فى النبات من خلية إلى أخرى، فقد تحتوى الخلية الواحدة فى الورقة على (٤٠ ـ ٥٠) بلاستيدة خضراء.

تحاط البلاستيدة بغشاء مزدوج، يحتوى بداخله على سائل بروتينى مكثف يُعرف «بالستروما»، ويحتوى على العديد من الريبوسومات وحبيبات النشا وقطرات الزيت، وأجسام قرصية متراصة فوق بعضها تُعرف «بالجرانا»، وتتصل وحدات الجرانا ببعضها من خلال سائل «الستروما».

تحتوى الجرانا على مادة اليخضور «الكلوروفيل»، والتى تلعب دورًا أساسيًا فى حدوث التفاعل الكلوروفيللى أو الضوئى.

يوجد بالبلاستيدة الخضراء دنا مستقل خاص بها، يوجه عملياتها الحيوية، مما يتيح لها استقلالية فى اتخاذ قراراتها بعيدًا عن النواة، لكن هذا لا يعنى حدوث انفصال فى التفاعل الوراثى للبلاستيدة الخضراء عن النواة، إذ يوجد تفاعل متبادل بين النواة والبلاستيدة الخضراء، حيث يكون ضروريًا ـ لحدوث تعبير جينى لبعض جينات البلاستيدة الخضراء ـ انتقال بعض الجينات من النواة إلى البلاستيدة الخضراء لكى تحدث تنشيطًا للجينوم الموجود فى البلاستيدة؛ ليعبر عن نفسه وتمارس البلاستيدة وظائفها الفسيولوجية.

قد يوجد فى بعض أنواع البلاستيدات الخضراء: الرنا الوراثى، مع وجود الدنا الوراثى.

تتميز البلاستيدات الخضراء بوجود الصبغات المميزة للأوراق، ومن تلك الصبغات ما يلى:

ـ الكلوروفيل:

يوجد بالبلاستيدة الخضراء العديد من أنواع الكلوروفيل، ومن أهم تلك الأنواع: كلوروفيل أ (A) وكلوروفيل ب (B) وكلوروفيل س (C).

من أهم أنواع الكلوروفيل: كلوروفيل (أ)، والذى ترجع أهميته إلى كونه المصدر الوحيد الغنى بالإلكترونات، مما يؤدى إلى توفير قدر كبير من الطاقة يمكن استخدامه فى العمليات الحيوية بعد ذلك، أو تخزينه.

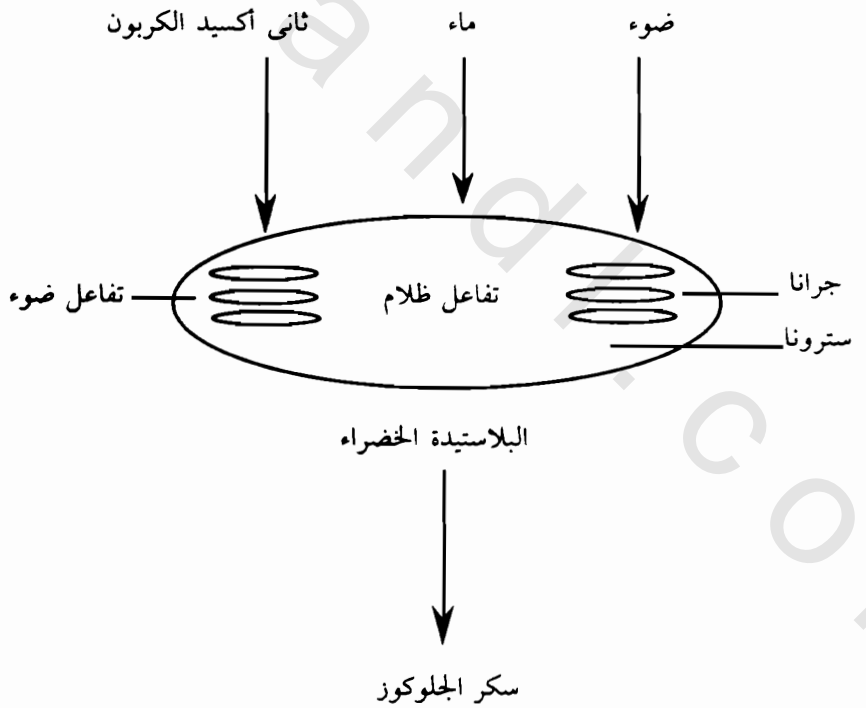
تحدث عملية التفاعل الضوئى بسقوط ضوء الشمس على سطح الورقة، لينفذ

من خلال ثغورها عبر النسيج الوسطى للورقة ليصل إلى الجرانا بالبلاستيدة الخضراء، حيث يحدث تفاعل الضوء بإثارة جزيئات الكلوروفيل بواسطة الطاقة الضوئية لتفقد بعض إلكتروناتها وتتحول إلى أيونات.

تكون الإلكترونات المفقودة من جزيئات الكلوروفيل غنية بالطاقة، ولذلك يتم استقبالها من خلال مستقبلات خاصة بالجرانا، حيث يتم تخزين الطاقة فى جزيئات الأدنين ثلاثى الفوسفات (ATP).

يتم استخدام هذه الطاقة فى شطر جزيئات الماء للحصول على جزيئات الهيدروجين، اللازمة لاختزال ثانى أكسيد الكربون إلى مواد عضوية (سكر الجلوكوز)، ويُعرف ذلك «بتفاعل الظلام».

ويمكننا إيضاح عمليات التفاعل الضوئى فى الشكل التخطيطى التالى:



ـ الصبغات الكاروتينية:

قد تكون الصبغات الكاروتينية حمراء أو صفراء أو برتقالية، ومن هذه الصبغات: الكاروتينات، والزانثوفيل، وقد توجد بلاستيدات عديمة اللون يكون الهدف منها التخزين وليس تكوين صبغات.

يختلف الطاقم الوراثى النباتى عن الطاقم الوراثى الحيوانى والبشرى، فى عمليات التوجيه للأداء الوظيفى لمختلف العمليات الحيوية، لكنه يتفق معه فى التعقد التركيبى والوظيفى.

تنقسم المملكة النباتية إلى العديد من الأقسام المختلفة تشريحيًا ووظيفيًا، ويساهم كل قسم من هذه الأقسام بدور مهم فى المنظومة البيئية، وذلك يتضح من خلال عرضنا لأهمية تلك الأقسام، والدور الذى تلعبه فى المنظومة البيئية، والتفاعل البيئى بينها وبين العناصر والمكونات الأخرى للنظام البيئى، ومن تلك الأقسام ما يلى:

* الطحالب:

معظم الطحالب ملونة، فبعضها أخضر وبعضها بنى وبعضها أحمر، وهى ذاتية التغذية، لاحتوائها على الكلوروفيل، مما يسمح لها بتكوين غذائها بنفسها.

تلعب الطحالب دورًا مهمًا فى النظام البيئى، حيث تستخدم كغذاء للإنسان فى دول شرق آسيا لغناها بعنصر اليود المفيد فى علاج الغدة الدرقية، كما تستخدم كغذاء للأسماك والحيوانات البحرية.

تضيف الطحالب عنصر الأكسجين إلى البيئة المائية، لذلك يكون من الضرورى زراعة الطحالب فى مزارع الأرز لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس نباتات الأرز.

تستخدم بعض الطحالب فى تسميد التربة، وكعلف للماشية، كما يمكن استخلاص مادة «الآجار» منها، والتى تستخدم فى تحضير البيئات البكتيرية فى المعامل.

* الحزازيات:

تعتبر الحزازيات من أوائل النباتات التى عاشت على سطح الأرض، وهى ذات أحجام ليست كبيرة، وهى خيطية بسبب عدم وجود الأنسجة الوعائية بها.

يحدث فى الدورة التكاثرية للحزازيات تبادل للتكاثر الجنسى مع التكاثر اللاجنسى، وتُعرف هذه الظاهرة «بظاهرة تبادل الأجيال»، حيث يتبادل طور أحادى المجموع الصبغى (١ن) مع طور ثنائى المجموع الصبغى (٢ن).

تُنتج أعضاء التذكير السابحات الذكرية، وتُنتج أعضاء التأنيث البويضات، لينتج عن اتحادهما الخلية الجنينية الأولية «الزيجوت».

من أقسام الحزازيات: قسم الحزازيات المنبطحة، وقسم الحزازيات القائمة.

* النباتات الوسطية:

انقرضت معظم النباتات الوسطية، ويمكن أن نعتبرها أثريات نباتية، وكانت تتميز بوجود جهاز وعائى، لكنها لا تكوِّن بذورًا، ومن ثم فهى نباتات وعائية لا بذرية، ومن أشهر هذه النباتات: «النباتات السرخسية» كنبات كسبرة البئر.

* النباتات عاريات البذور:

تكوِّن هذه النباتات بذورًا، لكنها ليست مغطَّاة، بل معرَّاة، حيث لا توجد البذور داخل ثمار، بل توجد معرَّاة على المخاريط المؤنثة.

معظم عاريات البذور أشجار معمرة، وتتميز بجذور وسوق وأوراق حقيقية ذات نسيج وعائى.

من أهم أقسام عاريات البذور: قسم «النباتات السيكادية» كنبات السيكاس، وقسم «النباتات المخروطية» كنبات الصنوبر.

* النباتات مغطاة البذور:

تكون بذور هذه النباتات داخل ثمار، وتتميز بانتشارها الواسع واختلاف أحجامها، فقد تكون أعشابًا، أو أشجارًا، أو شجيرات، وهى أرقى الكائنات الحية فى المملكة النباتية.

تتميز النباتات مغطاة البذور بالتركيب الزهرى، حيث تعتبر الزهرة عضو التكاثر فى تلك النباتات، فهى المنتجة لحبوب اللقاح «أعضاء التذكير» والبويضات «أعضاء التأنيث».

تتركب الزهرة من أربع محيطات تبدأ بالكأس، والذى يحمى المكونات والمحيطات الداخلية للزهرة، ويتكون الكأس من مجموعة من الوريقات تختلف من نبات لآخر، وتسمى كل وريقة «السبلة».

يلى محيط الكأس محيط التويج الذى يتميز بألوانه الجذابة والمتعددة، ويتكون محيط التويج من مجموعة من الوريقات، وتسمى كل وريقة «البتلة».

يعقب محيط التويج محيط الطلع، والذى يحتوى على الأسدية التى تكوِّن «حبوب اللقاح»، والممثلة للجاميطات الذكرية، والتى تحمل مادة وراثية أحادية العدد الصبغى «١ن».

تنتهى المحيطات الزهرية بمحيط المتاع والذى يمثل عضو التأنيث فى الزهرة، ويُنتج المتاع «البويضات» كجاميطات مؤنثة.

تختلف وسيلة انتقال حبوب اللقاح من عضو التذكير بالزهرة إلى البويضات بعضو التأنيث بالزهرة، وهو ما يُعرف «بالتلقيح»، ويعتمد ذلك على طبيعة نمو النبات والظروف البيئية المحيطة به.

يتم تلقيح النباتات ذات المياسم البارزة والريشية، والأسدية المتفرعة والبارزة للخارج عن طريق انتقال حبوب اللقاح عبر الهواء، ويُعرف ذلك بـ«التلقيح الهوائى»، وتتميز حبوب اللقاح المنتقلة بهذه الوسيلة بخفة وزنها ووجود شعيرات على حبة اللقاح تمكّنها من الطيران لمسافات بعيدة، كما تتميز المياسم بكونها لزجة لكى تلتصق بها حبوب اللقاح.

أما النباتات التى يتميز فيها التويج بالألوان الزاهية، وتفرز أزهارها رحيقًا مغذيًا، فيتم تلقيحها عن طريق الحشرات، وتعتبر عملية «التلقيح الحشرى» عملية متخصصة، حيث يوجد لكل زهرة حشرة متخصصة لتلقيحها.

تتغذى الحشرة على الرحيق، وفى أثناء ذلك تلتصق بجسمها حبوب اللقاح، والتى تنقلها إلى زهرة أخرى عندما تنتقل إليها لتتغذى على الرحيق الخاص بها.

يتم تلقيح النباتات المائية عن طريق انتقال حبوب اللقاح عبر الماء، لتصل من الزهرة المذكرة إلى الزهرة المؤنثة.

تتميز حبوب اللقاح ـ المنتشرة بهذه الوسيلة ـ بمقاومتها لاختراق الماء، وبوجود وسائل تساعدها على الطفو والسباحة فى الماء، كما تكون خفيفة الوزن لتتمكن من الطفو وعدم رسوبها إلى القاع.

عند سقوط حبة اللقاح على سطح الميسم، فإنها تخترق أنسجته لتصل إلى البويضة داخل المبيض، وتندمج معها ليحدث الإخصاب، حيث تتكون الخلية الجنينية الأولية «الزيجوت».

بعد حدوث الإخصاب تحدث العديد من التغيرات والتحورات للمبيض والبويضة، حيث تتحول البويضة المخصبة إلى بذرة، ويصبح غلافها غلافًا للبذرة، بينما يتحول المبيض إلى ثمرة، ويصبح غلاف المبيض هو غلاف الثمرة.

تستخدم بذور النباتات البذرية كوسيلة للتكاثر الجنسى، حيث ينمو الجنين داخلها إلى الريشة، والجذير، لينمو كل منهما بعد ذلك ليتكون النبات الكامل.

تلعب النباتات بوجه عام ـ وبخاصة النباتات الزهرية ـ دورًا كبيرًا فى المنظومة البيئية، حيث يساعد وجود النباتات الخضراء على تخليص الجو من الغازات والأبخرة التى تنتشر خلاله، مما ينقّى البيئة من الكثير من الملوثات الخطيرة.

تنتج العديد من النباتات ـ من خلال غدد إفرازية بها أو من خلال استخدام خلاصة سيقانها أو أوراقها أو سوقها ـ مواد كيميائية مفيدة فى علاج الكثير من الأمراض، وتُعرف هذه النباتات «بالنباتات الطبية». ومن أمثلة هذه النباتات الطبية المستخدمة فى علاج الأمراض، ما يلى:

النبات الطبى	المرض المعالج به
* الطرفة	ـ التهابات الحالب.
* اللصف	ـ الحمى، وآلام الصدر.
* الجعدة	ـ التهابات الحالب. ـ الاضطرابات المعوية والمعدية. ـ الحمى، والجدرى.
* هاندكواك	ـ ضعف الانقباضات الرحمية «عضلات الرحم». ـ الإمساك.
* ربيجان	ـ الآلام المعوية. ـ النزلات الشعبية. ـ لدغة الثعبان.
* السكران	ـ التقلصات المؤلمة فى العضلات. ـ آلام المثانة. ـ الكحة.
* رتم	ـ التهابات العين. ـ الإسهال.
* لبيد	ـ علاج الالتهابات.
* شوك الجمل	ـ أمراض الكبد. ـ ضغط الدم.
* الكركديه	ـ حالات ارتفاع ضغط الدم.

obeikandl.com

وكما تؤثر النباتات فى البيئة فإنها تتأثر بها، حيث تؤدى البيئة إلى إصابة النباتات بالعديد من أمراض النبات، وتنقسم الأمراض التى تصيب النباتات إلى أمراض وظيفية «فسيولوجية» تحدث نتيجة لحدوث نقص فى تغذية النبات، أو لاشتداد الظروف البيئية كالارتفاع الشديد فى درجة الحرارة، وارتفاع نسبة الملوحة، والحموضة. . . إلخ.

تظهر أعراض الأمراض الفسيولوجية فى النبات، الناشئة عن نقص العناصر الغذائية فى صورة اصفرار على الأوراق أو احتراق فى حواف الأوراق، أو ذبول وموت الأوراق، وتختلف هذه الأعراض من نبات لآخر طبقًا لنوع العنصر الغذائى الناقص.

تنقسم العناصر الغذائية للنبات إلى عناصر لا يمكن للنبات الاستغناء عنها، فهى ضرورية لحدوث العمليات الحيوية والتفاعلات الإنزيمية، واستكمال مراحل النمو، وتُعرف هذه العناصر «بالعناصر الكبرى»، والتى يحتاجها النبات بكميات كبيرة، وتختلف هذه العناصر فى أهميتها للنبات والأعراض التى تظهر على النبات نتيجة لنقصها، كما فى الجدول التالى:

العنصر	الدور الذى يقوم به فى النبات	الأعراض الناتجة عن نقصه
الآزوت «النيتروجين»	- يدخل فى «التركيب الجزيئى» للبروتين. - يدخل فى «التركيب الجزيئى» لقرين الإنزيم (NaD) ، (NaDH). - يدخل فى «التركيب الجزيئى» للهرمونات، والفيتامينات، والبروفيرينات. - يدخل فى تركيب الأحماض النووية (الدنا والرنا الوراثيين). - يدخل فى تركيب «مركبات	- النمو المحدود للمجموع الجذرى والخضرى. - اصفرار الأوراق، ثم جفافها وسقوطها. - ظهور لون أحمر على قلف الأشجار. - صغر حجم الثمار.

	الكلوروفيل «الضرورى لحدوث البناء الضوئى، و«السيتوكروم» الضرورى فى عمليات التنفس.	
الفوسفور	- يدخل فى تركيب «الأحماض الأمينية. - يدخل فى تركيب الفوسفوليبيدات وقرين الإنزيم (NaD) ، (NaDP). - يدخل فى تركيب جزىء الطاقة الأدنين ثلاثى الفوسفات (ATP). - يدخل فى تمثيل «البروتينات النووية».	- تصبح الأوراق خضراء مزرقة. - ظهور بقع قرمزية على الأوراق. - احتراق حواف الأوراق. - تصبح الثمار طرية ذات طعم حامضى.
الكالسيوم	- يزيد من صلابة جدر الخلايا. - له دور فى عمليات تمثيل البروتينات والكربوهيدرات. - يجعل الخلايا منتفخة مما يؤثر على الضغط الأسموزى للخلايا. - يدخل فى تكوين «أغشية الخلية». - ضرورى لحدوث «الانقسام غير المباشر» للخلية (الميتوزى). - له دور فى تنظيم عمل «خيوط المغزل». - يدخل كمادة لاحمة بين الخلايا. - له دور فى معادلة «الأحماض العضوية» داخل الخلية.	- تصبح الأوراق خضراء مزرقة. - اصفرار نصل الورقة. - احتراق قمم الأوراق وحوافها. - تعرض النباتات للرقاد. - تشوه شكل الأوراق الحديثة. - انحناء حواف الورقة لتأخذ شكل خطاف. - ظهور أشرطة رفيعة صفراء على حواف الورقة. - تقزم جذور النباتات.
الماغنسيوم	- له دور فى عملية «التمثيل الكربوهيدراتى». منشط للإنزيمات التى تدخل فى	- ظهور بقع ملونة على الأوراق، يعقبها موت الأنسجة.

	تمثيل الأحماض النووية (الدنا والرنا الوراثيين). - يدخل فى تركيب «جزىء الكلوروفيل». - له دور فى «التمثيل الكربوهيدراتى». - له تأثير فعال فى زيادة «المحتوى الفوسفورى» فى النبات.	- اصفرار الأوراق. - عدم نضج الثمار. - ضعف الثمار ورداءة طعمها.
الكبريت	- يدخل فى تركيب «الأحماض الأمينية الكبريتية». - يدخل فى تركيب بعض الفيتامينات. - يدخل فى تركيب قرين الإنزيم (NaD). - يدخل فى تركيب الزيوت الطيارة. - وجوده ضرورى لتكوين «الكلوروفيل»، لكنه لا يدخل فى تركيبه.	- اصفرار الأوراق فى نبات الشاى. - النمو المحدود للساق.
الحديد	- له دور فى تمثيل «بروتينات البلاستيدة الخضراء». - يدخل فى تركيب الفلافو بروتينات النشطة فى عمليات الأكسدة الحيوية. - يدخل فى تركيب إنزيمات «البيروأكسيديز»، و«الكاتاليز»، و«السيتوكرومات».	- اصفرار الأوراق الحديثة، ثم تحولها إلى اللون العاجى. - ظهور بقع بنية على الأوراق، ثم احتراقها، وموت الأنسجة بعد ذلك.

يحتاج النبات - بالإضافة إلى العناصر الكبرى - إلى كميات صغيرة من عناصر

obeikandl.com

أخرى، ورغم قلة كمياتها فإن نقصها يسبب أضراراً بالغة لنمو النبات، والأداء الحيوى داخله، ويتضح ذلك من خلال عرضنا لأهمية تلك العناصر والأعراض الناتجة عن نقصها، كما فى الجدول التالى:

العنصر	الدور الذى يقوم به فى النبات	الأعراض الناتجة عن نقصه
المنجنيز	ـ عامل مساعد فى كثير من العمليات الكيمياوية. ـ له دور أساسى فى عملية التنفس والأيض الآزوتى. ـ يدخل فى عملية اختزال النترات. ـ منشط للإنزيمات.	ـ اصفرار الأوراق بين العروق. ـ يؤثر فى تركيب البلاستيدة الخضراء. ـ انخفاض معدل النمو، وعدم التزهير، وضعف المحصول.
البورون	ـ ضرورى لعملية انتقال المواد الكربوهيدراتية فى النبات. ـ له دور فى عملية تميز الخلايا. ـ له دور فى الأيض الآزوتى. ـ له دور فى عمليات الإخصاب. ـ له دور فى عمليات التمثيل الكربوهيدراتى، والأيض الفوسفورى، والهرمونى.	ـ موت القمة النامية. ـ ظهور ألوان صفراء، وظهور تقرحات على الأوراق. ـ تعفن القلب فى بنجر السكر. ـ ظهور بقع بنية فى الأنسجة الداخلية لنبات اللفت «القلب البنى فى اللفت». ـ ظهور بقع بنية على القرص الزهرى لنبات «القنبيط»، ثم ظهور فجوات فى داخل ساق القنبيط «الساق الأجوف فى القنبيط».
النحاس	ـ يدخل فى تكوين العديد من الإنزيمات. ـ له دور فى حدوث عملية «البناء الضوئى».	ـ ظهور أنسجة ميتة فى قمة الأوراق الحديثة. ـ ذبول النبات. ـ اصفرار قمم الأوراق الحديثة «مرض القمة الصفراء».

الموليبدينيوم	ـ منشط للإنزيمات المكونة للحامض الأمينى التربتوفان. ـ لـه دوره فـى عمليات «الأيـض النباتى». ـ منشـط للإنزيمـات النـاقـلة للفوسفات. ـ له دور فى تمثيل البروتينات. ـ يقوم بدور العامل المساعد فى تثبيت الآزوت فى العقد الجذرية. ـ يقوم بدور العامل المساعد فى اختزال النترات. ـ يؤثـر فـى وجـود «حامـض الأسكوربيك». ـ لـه دور فـى عمـلية «الأيـض الفوسفورى»	ـ اصفـرار النصل بـين عـروق الأوراق. ـ تقزم السلاميات. ـ ظهور أمراض: * التورد فى التفاح. * والورقة المبقعة فى الموالح. * والقمة البيضاء فى الذرة. ـ تبقع الأوراق. ـ موت حواف الأوراق، وسقوط الأزهار. ـ تآكـل النصل، وبقـاء العرق الوسطى كالكرباج فى الوسط «مرض الذيل الكرباجى».
الكلور	ـ يزيد من المحتوى المائى. ـ يؤثـر علـى عملـية «الأيـض الكربوهيدراتى». ـ له دور فى إنتاج الأكسجين.	ـ النمو المحدود للنبات. ـ اصفـرار الأوراق، ثـم تحولها إلى اللون البرونزى. ـ الفشل فى إنتاج الثمار.

ويمكننا ذكر الأمراض الفسيولوجية الناتجة عن نقص العناصر فى الجدول التالى:

العنصر الناقص	المرض الفسيولوجى الناشئ عنه
* الماغنسيوم	ـ ظهور اللون البرونزى فى الموالح. ـ ظهور البقعة البنية فى بنجر السكر. ـ ظهور القمة الصفراء فى أشجار الصنوبر.
* الكبريت	ـ اصفرار الشاى.
* البورون	ـ تعفن القلب فى بنجر السكر.

	ـ الساق المجوفة فى القنبيط. ـ البقعة الفلينية فى التفاح. ـ تصلب الثمار فى الموالح. ـ الساق المشوهة فى الكرفس.
* الزنك	ـ الورق المبقع فى الموالح. ـ التورد فى التفاح. ـ القمة البيضاء فى الذرة.
* النحاس	ـ الأكزانيما فى الموالح والكمثرى والتفاح. ـ القمة الصفراء فى محاصيل الحقل.
* الموليبدينيوم	ـ الذيل الكرباجى فى القنبيط. ـ تبقع الأوراق فى الموالح.
* المنجنيز	ـ البقعة الرمادية فى الشوفان. ـ البقعة المنتشرة فى الفول. ـ التبقع باللون الأصفر فى بنجر السكر.

يؤثر ارتفاع درجة الحرارة على معدل نمو النباتات، مما يصيبها بالتقزم، والذبول، لكن توجد بعض النباتات تستطيع الحياة فى ظل الظروف الحرارية الصعبة، وذلك لوجود جينات معينة داخل جينوم هذه النباتات يتيح لها تحمل الظروف الحرارية القاسية، كما تعانى النباتات النامية فى بيئة ملحية من مشاكل نقص معدل امتصاص الماء، وذلك بسبب ارتفاع الضغط الأسموزى خارج الشعيرات الجذرية عن الضغط الأسموزى داخل الشعيرات الجذرية.

لقد أُجريت دراسات عديدة بهدف معرفة كيفية تحمل بعض النباتات للحياة فى بيئة عالية الملوحة، وذات ضغوط أسموزية مرتفعة جدًا، وقد أدت نتائج هذه

الأبحاث إلى عزل الجينات التى تتيح لهذه النباتات التأقلم مع ظروف البيئة الملحية العالية، وقد أشارت الدراسات ـ التى أجريت لدراسة تأثير درجة الحموضة على نمو النباتات ـ إلى وجود جينات فى الجينوم الخاص بتلك النباتات، والتى يؤدى تعبيرها الجينى إلى نمو تلك النباتات فى بيئة ذات درجة حموضة أو قلوية عالية.

إن قدرة الكائن الحى على التأقلم مع البيئة المحيطة يتم من خلال القدرات الوراثية للكائن الحى، والتى تتيح للكائن الحى أن يوجه عملياته الحيوية رغم سوء الظروف المحيطة، ويُعرف ذلك «بالمرونة الوراثية» والتى نقصد بها قدرة الطاقم الوراثى على التحور فى التعبير الوراثى ليواجه الظروف البيئية السيئة.

لا تقتصر الإصابة المرضية للنباتات على الجوانب الفسيولوجية، وظروف البيئة القاسية، بل تشارك منظومة الكائنات الحية (الدقيقة، والراقية) فى إصابة النباتات بالعديد من الأمراض، كالأمراض الناتجة عن غزو النيماتودا لأنسجة النبات، وبعض الطفيليات الأولية، والأمراض الناتجة عن الإصابات الحشرية..

ويمكننا عرض ذلك من خلال الجدول التالى:

الكائن الحى	تصنيفه	التأثير الضار الذى يسببه
* طفيل جذور الكرنب	ـ الأوليات الحيوانية	ـ تدرن جذور الكرنب.
* طفيل درنات البطاطس		ـ الجرب المسحوقى فى البطاطس.
* فيرويد التدرن المغزلى فى البطاطس	الفيروسات	ـ التدرن المغزلى للبطاطس.
* فيروس إيدز النخيل		ـ تلف شتلات النخيل.
* فيروس تبرقش أوراق الدخان		ـ مهاجمة أوراق نبات الدخان «التبغ».
* البكتيريا التعفنية	ـ البكتيريا	ـ إصابة الأنسجة النباتية بالتعفن.

* نيماتودا عقد الجذور	الديدان الأسطوانية	ـ تعفن الجذور.
* نيماتودا الموالح		ـ تقرح جذور الموالح.
* نيماتودا القطن الكلوية		ـ تقرح جذور القطن.
* الأكاروس الأحمر	ـ طائفة العنكبوتيات ـ مفصليات الأرجل	ـ التبقع البنى فى الأوراق للأشجار المثمرة، ونباتات الزينة، والمحاصيل الحقلية.
* أكاروس الموالح المبطط		تبقع جوانب العروق فى الموالح.
* أكاروس براعم المانجو		ـ الرأس السوداء فى المانجو.
* أكاروس صدأ الموالح		ـ صدأ الموالح.
* أكاروس العنب		ـ الزغب الأبيض فى العنب.
* ثاقبات الذرة	ـ الحشرات	ـ تلف لب ساق الذرة.
* دودة لوز القطن		ـ تلف لوز القطن.
* الجراد الصحراوى		ـ مهاجمة العديد من النباتات.
* جعل الورد الزغبى		ـ تلف فى أزهار التفاح، والخوخ.
* الدودة القارضة		ـ تلف فى محاصيل: (فول الصويا ـ القطن ـ البطاطس ـ البطاطا ـ البصل).
* سوس الفاكهة		ـ تلف سيقان الفاكهة.
* قوقع الحدائق	ـ الرخويات	ـ مهاجمة أشجار الفواكه.
* قوقع أوبانيا فرمكيوليتا		ـ مهاجمة نباتات الكرنب، والبطاطس.
* ناقرات الخشب	ـ طيور	ـ تلف سيقان الأشجار والنباتات.

* الغراب	ـ طيور	ـ التغذى على الحبوب والفواكه والخضروات.
* الفئران	ـ ثدييات	ـ مهاجمة حبوب وبذور النباتات المخزنة وإتلافها. ـ تلف درنات البطاطس تحت سطح التربة.

وتتعرض الكثير من النباتات لمهاجمة العديد من الحشائش، مما يؤدى إلى انخفاض القدرة الإنتاجية لهذه المحاصيل، وتعرض المستثمرين الزراعيين لخسارة كبيرة.

تسبب الحشائش أضرارًا عديدة للمحاصيل حيث تنافسها فى امتصاص المواد الغذائية من البيئة المحيطة، وكذلك تنافسها على المحتوى المائى فى البيئة، ويمكن للحشائش إحداث الأضرار بالمحاصيل بمستويات مختلفة، ويساعدها فى ذلك تمتعها بالعديد من القدرات الوظيفية،حيث تتميز معظم نباتات الحشائش بالنمو فى مختلف الظروف البيئية، والقدرة على التكاثر السريع سواء بالبذور أو بالأجزاء الخضرية، وكثرة عدد البذور التى يعطيها النبات الواحد،كما تستطيع بذور الحشائش الاحتفاظ بحيويتها رغم سوء الظروف المحيطة..

ومن تلك الحشائش ما يلى:

الحشيشة	النباتات التى تنمو خلالها
* الزمير	ـ القمح، والشعير.
* الصامة	ـ القمح، والشعير.
* النجيل	ـ معظم المحاصيل.
* الداتورا	ـ القطن، والذرة.

* السريس	ـ البرسيم.
* الجعضيض	ـ القمح.
* الحارة	ـ الكتان.
* فجل الجمل	ـ البرسيم.
* النفل المر	ـ البرسيم، والقمح، والفول.
* الدحريج	ـ القمح، والشعير، والفول، والبرسيم.
* البسلة الشيطانى	ـ الفول.
* العليق	ـ الفول.
* الحامول	ـ البرسيم، والكتان.
* السعد	ـ القطن، والأرز، والذرة.
* العجير	ـ الأرز.
* الحميض	ـ البرسيم.
* ضرس العجوز	ـ البرسيم.
* الهالوك	ـ الفول.
* لسان الجمل	ـ البرسيم.
* الزربيح	ـ البرسيم.
* الخلة	ـ القمح، والشعير، والفول.

تتم مقاومة الحشائش عن طريق العديد من الوسائل، والتى تختلف طبقًا لنوع الحشيشة، ونوع المحصول النامية فيه الحشيشة، ومدى الضرر الناشئ عن نمو الحشيشة فى المحصول.

ومن وسائل مقاومة الحشائش ما يلى:

المقاومة الميكانيكية:

تتم المقاومة الميكانيكية للحشائش عن طريق اقتلاع الحشائش باليد، أو حشّ الحشائش، وبخاصة فى الزراعات الكثيفة، أو التخلص من الحشائش بواسطة عملية التغريق، مع الحرص على عدم حدوث أضرار بنباتات المحاصيل الأساسية.

المقاومة الكيميائية:

تتم مقاومة الحشائش كيميائيًا عن طريق استخدام المبيدات الكيمياوية، والتى أثبتت الأبحاث وجود تأثير ضار لها على المحصول الرئيسى، بالإضافة إلى الحشائش.

ثم يتم رشّ المبيدات الكيمياوية مباشرة على نباتات المحصول، أو من خلال حقنها فى التربة حيث تنتقل من خلال الجهاز الوعائى للأنسجة والخلايا، ويختلف ميعاد إضافة المبيدات الكيمياوية من نبات لآخر، فقد تضاف قبل الزراعة، أو بعد الزراعة وقبل ظهور البادرات، أو تضاف بعد ظهور البادرات، كما تختلف طريقة إضافة المبيد من نبات لآخر، فقد تضاف المبيدات رشّاً، أو حقنًا فى التربة، أو تضاف مع مياه الرى، أو تخلط بالتربة، أو تخلط بالبذور.

المقاومة الحيوية:

تهتم المقاومة الحيوية باستخدام الأعداء الحيوية للحشائش مما يقلل من انتشارها ونموها، كاستخدام نباتات منافسة لها، أو ميكروبات مدمرة لأنسجتها، مع مراعاة ألا تضر هذه الميكروبات بالمحاصيل الأساسية.

استخدام التقنيات الوراثية:

يمكن من خلال التحوير الجينى جعل محاصيل الحقل مفرزة لمواد قاتلة لبذور

ونباتات الحشائش، مما يمنع نموها، وسوف يأتى ذكر ذلك فى موضعه.

تلك هى المنظومة الحياتية المعقدة، والتى تمثل جزءًا أساسيًا من المنظومة البيئية الكبيرة ذات الأبعاد الواسعة والتفاعلات المستمرة والتأثيرات المتبادلة.

المكونات غير الحية:

نقصد بالمكونات غير الحية: الموجودات التى لا تتسم بالحياة، وتلعب دورًا مهمًا فى النظام البيئى، وتمثل هذه الموجودات منظومة الجوامد فى الأرض.

تتكون الأرض من ثلاثة أغلفة: الغلاف الجوى، والغلاف المائى، والغلاف الصخرى، ويختلف كل غلاف عن الغلاف الآخر فى طبيعته التركيبية والوظيفية التى يؤديها.

يتكون «الغلاف الجوى» للأرض من عديد من الطبقات، والتى تختلف فيما بينها فى كثافتها وطبيعتها، ومن الطبقات التى تلعب دورًا مهمًا فى النظام البيئى: «طبقة الأوزون»، والتى تتكون كيميائيًا من الأكسجين الثلاثى، وتعمل على وقاية الأرض من اختراق الأشعة فوق البنفسجية لها، والتى تتميز بقدرتها على إحداث سرطان الجلد، كما ترفع من الكم الحرارى، مما ينبئ بحدوث كارثة جليدية للأرض، حيث يتوقع العلماء حدوث ذوبان للجليد إذا استمر الارتفاع فى درجات الحرارة بنفس المعدل.

أما «الغلاف المائى» فهو يتكون من السائل المائى المتمثل فى أكثر من (٧٠٪ من مساحة اليابسة) من الأنهار والمحيطات والبحار والبحيرات والمجارى المائية... إلخ.

يتكون الماء من خلال دورة تبخر مقننة، حيث يتبخر الماء من المحيطات والبحار، وبصعوده إلى أعلى يحدث له تكثف ليسقط فى صورة قطرات ـ بعد ذلك ـ مكونًا المياه العذبة.

تكوّن المياه الساقطة من الأمطار مجارى مائية لها لتصل من المنبع إلى المصب، وتمر أثناء ذلك بفترات قوة وضعف فى قوة اندفاعها لتصل إلى مكانها الأخير.

قد تخزن المياه الساقطة من الأمطار فى العديد من الثنيات الأرضية، والتى يمكن استخراج الماء منها بعد ذلك، عن طريق العديد من ماكينات الضخ العملاقة التى وفّرتها التقنيات الحديثة.

يدخل الماء كمكوِّن أساسى فى الخلية الحية حيث يكوِّن ما يقرب من (٧٠٪ من مكونات الخلية الحية)، وهو ضرورى لحدوث التفاعلات الحيوية داخل الخلية الحية، فالتفاعلات التى تحدث للمواد الغذائية بهدف تحويلها من مركبات معقدة إلى مركبات بسيطة لا تكتمل ما لم يوجد الماء فى وسط التفاعل.

ويتضح ذلك من خلال المعادلات التالية:

دهون ← (تحلل إنزيمى، وسط مائى) أحماض دهنية

بروتينات ← (تحلل إنزيمى، وسط مائى) أحماض أمينية

مواد كربوهيدراتية ← (تحلل إنزيمى، وسط مائى) سكريات أحادية

إن خروج الماء من الخلية الحية يعنى تعرضها للموت، وذلك بسبب جفاف البروتوبلازم، وعدم القدرة على إتمام التفاعلات الكيميائية داخل الخلية الحية.

يتعرض الماء منذ لحظة سقوطه إلى العديد من أنواع التلوث التى تؤثر على درجة نقائه، وتضيف إليه مواد كيمياوية، وأخرى ميكروبية ضارة.

تنتشر الميكروبات فى كل مكان سواء بالغلاف الجوى أو الغلاف المائى أو الغلاف الصخرى، ويسبب ذلك درجة تلوث عالية للمياه عند مرورها فى الغلاف الجوى من الميكروبات الموجودة بالغلاف الجوى، ثم تتعرض للتلوث الميكروبى أثناء تكوين مجراها بين صخور القشرة الأرضية.

تمر المياه فى مجراها على أماكن مختلفة فى التركيب الكيميائى لها، ومن ثم تختلط المواد الغريبة بالمياه مما يعمل على تلوثها بالعديد من المواد الكيمياوية.

قد يتم تلويث المياه من خلال الإضافات التى تضيفها المصانع كمخلفات صناعية سائلة إلى المياه الجارية، وتعتبر الملوثات المائية الصناعية ذات درجة خطورة عالية، ومن ثم لابد من معالجة المياه لتخليصها منها، ومن الملوثات الصناعية المائية: «الملوثات الكيميائية» التى تضاف للماء من خلال مصانع الكيمياويات، كما تضيف المبيدات الكيمياوية العديد من الملوثات المائية الخطرة، وبخاصة مركبات الـ(D.D.T).

تؤدى المعالجة المائية المفرطة بالكلور إلى حدوث تسمم للكائنات الحية التى تستخدم هذه المياه، كما تساهم مياه الصرف الصحى بنسبة قليلة من الملوثات المائية.

من المواد الكيميائية التى تلوث المياه ما يلى:

المادة الكيميائية الملوثة	المجموعة التى تتبعها
* رابع كلوريد الكربون.	مركبات ألكانية
* ثنائى كلوريد الإيثان.	
* ثلاثى كلوريد الإيثان.	
* ثنائى كلوريد البروبان.	
* ثنائى بروميد الإيثيلين.	
* ثنائى بروميد كلوريد البروبان.	
* كلوريد الفينيل.	الألكينات
* ثنائى كلوريد الإيثيلين.	
* ثلاثى كلوريد الإيثيلين.	
* بنزين.	المركبات العطرية
* تولوين.	

* زايلين.	المركبات العطرية
* إيثيل البنزين.	
* كلوريد البنزين.	
* أورثو ـ ثنائى كلوريد البنزين.	
* بارا ـ ثنائى كلوريد البنزين.	
* خماسى كلوريد الفينول.	مبيدات كيمياوية
* الديكارب.	
* فيوران الكربون.	
* لتدين.	
* توكسافين.	
* سباعى الكلوريد.	
* كلوردين.	
* ميسوكسى الكلوريد.	
* إسبستوس.	مركبات كيمياوية غير عضوية
* باريوم.	
* كادميوم.	
* كروم (III).	
* كروم (IV).	
* زئبق.	
* نترات ونيتريت.	
* سيلينيوم (VI).	
* زرنيخ (V).	
* زرنيخ (III).	
* راديوم (٢٦٦).	
* رادون.	
* يورانيوم.	

obeikandl.com

يوجد بالمياه بعض الميكروبات غير الضارة، والتى توجد طبيعيًا فى المياه، ومن هذه الميكروبات: بكتيريا الأمعاء غير الضارة. . ومنها: إيشيرشيا كولاى، وستربتوكوكاس فيكالس، وكلوستريديوم برفرنجينز.

كما توجد بعض الفطريات والأكتينوميسيتات، وبعض الأنواع البكتيرية التى تعيش فى الأمعاء.

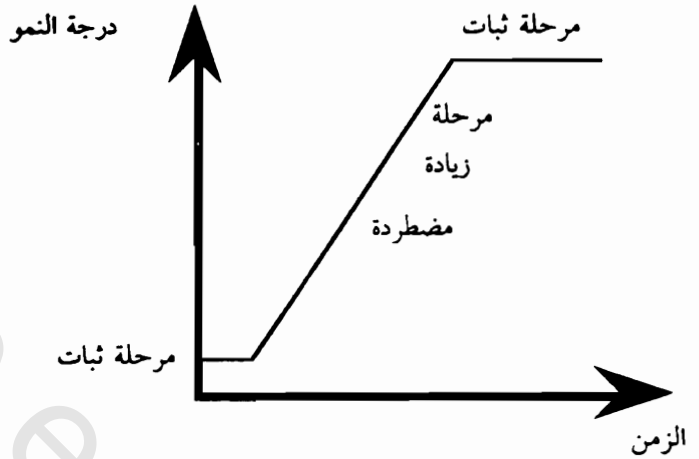
أما البكتيريا الضارة فتشمل المسببات المرضية البكتيرية مثل البكتيريا المسببة للتيفويد، والباراتيفويد، والكوليرا. . كما يتضح من الجدول التالى:

الميكروب	المرض الذى يسببه
* فبريو كوليرا.	ـ الكوليرا.
* الشيجلا.	ـ الدوسنتاريا.
* سالمونيلا تايفى.	ـ التيفويد.
* سالمونيلا باراتايفى.	ـ الباراتيفويد.

يتم تقدير الأعداد الميكروبية فى المياه عن طريق أخذ عينات من أماكن مختلفة من المجرى المائى، وعلى فترات زمنية مختلفة، حيث يوضح ذلك حدوث تلوث للمياه من عدمه، ففى الحالة الطبيعية يكون العدد الميكروبى ثابتًا، بينما يزداد هذا العدد عند حدوث تلوث ميكروبى خارجى.

تساعد زيادة المادة العضوية ـ نتيجة لإضافة مخلفات المصانع فى المياه ـ على سرعة النمو البكتيرى، وذلك وفقًا لمنحنى النمو البكتيرى الذى يحكم نمو البكتيريا، ويتسم هذا المنحنى بوجود عدد ثابت من البكتيريا فى البداية، ثم تحدث زيادة مطردة فى معدل النمو البكتيرى ـ بعد ذلك ـ لتصل فى النهاية إلى مرحلة الثبات، ثم يبدأ العدد البكتيرى فى الانخفاض مرة أخرى.

ويمكننا إيضاح ذلك من خلال منحنى النمو التالى:



توجد اختبارات عديدة يمكن ـ عن طريقها ـ التأكد من حدوث تلوث ميكروبى فى المياه أو عدم حدوثه. . ومن أهم هذه الاختبارات ما يلى:

تقدير العدد الكلى للبكتيريا فى الماء:

يوجد عدد محدد نموذجى لوجود البكتيريا فى المياه، ولا يسبب هذا العدد أية أضرار لمن يتناول المياه، لكن بزيادة الأعداد البكتيرية عن نقطة محددة، يحدث التلوث الميكروبى المائى.

يكون العدد الطبيعى للوجود البكتيرى فى الماء بمعدل (١٠٠ خلية بكتيرية/ ١٠٠ سم٣ ماء)، ويختلف هذا العدد من عينة مائية لأخرى طبقًا لنوعية الماء، والتركيب الكيميائى، ونسبة المادة العضوية فيه، ودرجة حرارة الماء، ودرجة الحموضة. . . إلخ.

يمكن الحكم على نوعية البكتيريا الملوثة للمياه من حيث كونها مرضية أم غير مرضية من خلال التقدير للعدد البكتيرى فى درجة حرارة ٢٢مْ، والتقدير فى درجة حرارة ٣٧مْ، ومقارنة كل من التقديرين، فإذا كانت نسبة التقدير عند ٢٢مْ إلى نسبة التقدير عند ٣٧مْ تصل إلى (١٠ : ١) على الترتيب، فإن ذلك يدل على عدم وجود بكتيريا، بينما إذا قلت النسبة عن (١٠ : ١) فإن ذلك يعتبر مؤشراً على احتمال وجود بكتيريا مرضية فى الماء.

اختبار الكشف عن وجود البكتيريا المعوية:

يعتبر هذا الاختبار ضروريًا للكشف عن وجود بكتيريا مجموعة القولون فى الماء، وتحديد نوع البكتيريا الموجودة من مجموعة القولون، حيث يوجد من مجموعة القولون: بكتيريا إيشيرشيا كولاى، والتى يدل وجودها فى الماء على احتمال وجود بكتيريا مرضية مصاحبة لها، وبكتيريا إنتيروباكترايروجينز، والتى لا يسبب وجودها فى الماء أية شكوك حول احتمال وجود بكتيريا مرضية بالماء.

من الاختبارات التى تفرق بين النوعين اختبار (I.M.V.ec)، حيث نعنى بـ (I): القدرة على إنتاج مجموعة الإندول، وبـ(M): القدرة على تغيير لون دليل الميثيل البرتقالى، وبـ(V): القدرة على إنتاج الأسيتايل ـ ميثيل كاربينول، وبـ(ec): القدرة على اختزال السترات، ويعطى كل من النوعين نتائج مختلفة عند إجراء اختبار (I.M.V.ec) معه، حيث تكون بكتيريا ايشيرشيا كولاى موجبة[1] بالنسبة لاختبار الإندول، وموجبة لاختبار الميثيل البرتقالى، وسالبة لاختبار الأسيتايل ميثيل كاربينول، وسالبة لاختبار السترات.. بينما بكتيريا إنتيروباكترايروجينز سالبة لاختبار الإندول، وسالبة لاختبار الميثيل البرتقالى، وموجبة لاختبار الأسيتايل ميثيل كاربينول، وسالبة لاختبار السترات.. ويمكن إيضاح ذلك فى الشكل التخطيطى التالى:

البكتيريا المختبرة	I	M	V	ec
بكتيريا إيشيرشيا كولاى	+	+	-	-
بكتيريا إنتيروباكتر ايروجينز	-	-	+	+

(١) نعنى بقولنا «موجبة لاختبار الإندول» أنها تعطى نتيجة واضحة وإيجابية مع هذا النوع من الاختبارات ومن ثم يمكن استخدام هذا الاختبار كمميز لها.

الغلاف الثالث من مكونات الأغلفة الأرضية، والتى تشكِّل فى مجملها البناء الأرضى من نهاية الغلاف الجوى إلى لُبّ الأرض: «الغلاف الصخرى» وهو من الأغلفة الأرضية الثلاثة، والذى يمتد من القشرة الأرضية حتى لب «قلب» الأرض، وتتميز القشرة الأرضية بكونها تتكون من طبقة رقيقة السُّمك مفككة فى بعض مواضعها مكونة التربة، تلك الطبقة المفككة السطحية من القشرة الأرضية، والتى تعيش فيها أحياء التربة من كائنات أولية وديدان أرض، وغير ذلك من الكائنات الحية التى تؤثر وتتأثر بالتربة، كما تمثل التربة الوسط الذى يثبت فيه النبات نفسه، ويمتص منه ما يحتاجه من ماء وعناصر غذائية لازمة لحياته.

يختلف سُمك طبقة التربة من مكان لآخر فى القشرة الأرضية، ويؤثر ذلك على نوع الكائنات الحية من مكان لآخر فى القشرة الأرضية.

يتكون الغلاف الصخرى للأرض من عديد من الصخور والمعادن، والتى تختلف عن بعضها فى تركيبها الكيميائى والطبيعى، وخواصها البلُّورية.

من الصخور المكونة للغلاف الصخرى للأرض «الصخور الرسوبية»، والتى تتكون نتيجة حدوث ترسيبات كيميائية فى مكان ما ليتكون بعد ذلك الصخر الرسوبى.

قد تكون صخور الغلاف الصخرى متكونة تحت ظروف ضغط مرتفع جدًا، ودرجة حرارة عالية مكونة «الصخور النارية»، والتى قد يحدث تكوينها قرب سطح الأرض فتصبح «صخورًا نارية سطحية»، أو يتم تكوينها فى الأعماق بعيدًا عن سطح الأرض، فتُعرف «بالصخور النارية الجوفية».

يحدث فى بعض الأحيان تعرض بعض الصخور النارية والرسوبية لظروف ضغط شديد أو درجة حرارة عالية أو كليهما معًا، مما يغير من الخواص الكيميائية والطبيعية لهذه الصخور، وتتكون ـ نتيجة لذلك ـ الصخور المتحولة، والتى تحولت نتيجة لتعرض الصخور الرسوبية والنارية لظروف قاسية.

تعتبر التربة من أهم مكونات الغلاف الصخرى ـ تأثيراً وتأثراً ـ فى النظام البيئى، حيث تعيش عليها الكائنات الحية، كما تتعرض لعوامل التعرية، والتى تعمل على كشطها ونقلها من مكان تكوُّنها إلى مكان جديد يختلف فى أصوله التركيبية عن تركيب التربة المنقولة، ولذلك كان الاهتمام بالتربة.. لكونها تمثل أهم دوائر التفاعل فى الغلاف الصخرى.

obeikandl.com

الفصل الثانى

جوانب الاختلال فى النظام البيئى

obeikandl.com

obeikandl.com

يظل النظام البيئى متزناً ما لم يتدخل فيه الإنسان مغيراً من وضع الاتزان البيئى القائم، وذلك من خلال إضافته مواد تؤثر على التركيب البيئى المتزن. .

ومن أسباب حدوث الاختلال فى النظام البيئى ما يلى:

(أ) نواتج احتراق الوقود:

تعمل معظم الآلات والمصانع والسيارات والطائرات وسائر المركبات بالطاقة الناتجة عن احتراق المواد البترولية، والتى ينتج عن احتراقها العديد من المواد الكيمياوية، والتى تمثل ملوثات بيئية شديدة الخطورة والضرر على الأنسجة البشرية، مما يسبب أمراضًا عديدة تختلف فى درجة خطورتها وتأثيرها على الصحة العامة للإنسان، وسائر الكائنات الحية التى تعيش فى النظام البيئى، ومن هذه المواد ما يلى:

١ ـ أول أكسيد الكربون (Co):

غاز يتكون من الكربون والأكسجين بنسبة (١ : ١)، وهو عديم اللون والرائحة، وينتج عن الاحتراق غير التام للوقود، ويتضح ذلك تمامًا بتحليل عادم بعض السيارات، حيث لوحظ وجود تركيز غير طبيعى فى مكونات عادم السيارات، والنظام البيئى المحيط بالعادم.

يتصاعد أول أكسيد الكربون أيضًا من نواتج الاحتراق غير التام للوقود المستخدم فى المصانع، ومن غاز الاستصباح، ومن موقد الكيروسين المستخدم فى المنازل، وبخاصة فى المناطق الريفية.

يؤثر أول أكسيد الكربون على كفاءة الجهاز العصبى، مما يؤثر على سرعة نقل الرسائل العصبية من المخ إلى سائر الأعضاء، ومن الأعضاء إلى المخ، كما تتأثر الخلايا العصبية المركزية فى المخ بزيادة تركيز أول أكسيد الكربون، وذلك لكونه غازًا سامًا.

يتحد أول أكسيد الكربون بالهيموجلوبين الدموى، حيث يكوِّن مركَّب كربوكسى هيموجلوبين، مما يقلل من كفاءة الهيموجلوبين فى نقل الأكسجين، ويتضح ذلك من خلال المعادلات التالية:

هيموجلوبين + أكسجين ⟵ أكسى هيموجلوبين

↓ تحلل فى الشعيرات الدموية المغذية للخلايا

أكسجين + هيموجلوبين ⟶ تستخدمه الخلية فى أكسدة المواد الغذائية

↓ يتحد بـ

ثانى أكسيد الكربون

↓

كربوكسى هيموجلوبين

↓ تحلل فى الرئة

ثانى أكسيد الكربون + هيموجلوبين ⟶ يخرج مع هواء الزفير

↓

يتحد مع الأكسجين مرة أخرى ويعيد الدورة

obeikandl.com

تتعطل هـذه الميكانيكية عند اتحاد أول أكسيد الكربون بهيموجلوبين الدم، مما يؤثر على كفاءة عملية التنفس، والأكسدة، والحصول على الطاقة داخل الخلايا الحية:

أول أكسيد الكربون + هيموجلوبين الدم ⟵ كربوكسى هيموجلوبين

لقد تم قياس الكفاءة التنفسية، من خلال قياس معدل نقل الأكسجين من الرئتين إلى الخلايا لإنسان يعيش فى بيئة نظيفة، وإنسان آخر يعيش فى بيئة موبوءة بتركيزات عالية من أول أكسيد الكربون، ووجد من عمليات القياس أن الكفاءة التنفسية للإنسان المتعرض لتركيزات عالية من أول أكسيد الكربون قد انخفضت لدرجة ملحوظة، كما انخفضت الكفاءة العملية للحصول على الطاقة، حيث يقل معدل وصول الأكسجين للغذاء، ومن ثم تقل عمليات الأكسدة التى تؤدى إلى الحصول على الطاقة.

٢ ـ ثانى أكسيد الكربون (CO_2):

غاز عديم اللون، يتكون من الكربون والأكسجين بنسبة (١ كربون إلى ٢ أكسجين)، له القدرة على تعكير ماء الجير الرائق، لكنه غير سام.

تؤدى الزيادة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى رفع درجة حرارة النظام البيئى، كما يؤثر على حيوية خلايا الكائنات الحية.

قد ينتج ثانى أكسيد الكربون عن اتحاد أول أكسيد الكربون بالأكسجين المتوافر فى النظام البيئى، تحت ظروف خاصة، وطبقًا للمعادلة التالية:

أول أكسيد الكربون + أكسجين ⟵ ثانى أكسيد الكربون

٣ ـ أكاسيد النيتروجين:

تعتبر أكاسيد النيتروجين من أخطر الملوثات الموجودة بالجو، والتى تنتج عن الاحتراق غير المثالى للوقود المستخدم فى السيارات والطائرات، وسائر المركبات.

من أخطر أكاسيد النيتروجين: أول أكسيد النيتروجين (NO) والذى يتكون من

النيتروجين والأكسجين بنسبة (١ : ١)، وأكسيد النيتروز (NO_2) والذى يتكون من النيتروجين والأكسجين بنسبة (١ نيتروجين إلى ٢ أكسجين).

يتحلل أكسيد النيتروز ضوئيًا ليتحول إلى أول أكسيد النيتروجين، والأكسجين، مما يعطى الفرصة لتكوُّن «مواد هيدروكربونية» سامة وقاتلة للخلايا الحية كالفورمالدهيد (الفرد الأول فى قائمة الألدهيدات الأليفاتية) "HCHO" والذى يتكون من الهيدروجين والكربون والأكسجين بنسبة (٢ : ١ : ١) على التوالى.

تؤثر أكاسيد النيتروجين على كفاءة عملية التنفس، حيث تتأثر شعيبات الرئة كثيرًا بأكاسيد النيتروجين، كما تتأثر الأغشية المبطنة للمسالك التنفسية، والتى تعمل على ترطيب الممرات التنفسية. وتسبب التركيزات الزائدة من أكاسيد النيتروجين التهابات وتهيجات للعين وللطبقة المخاطية المبطنة للأنف.

قد يتحد الأكسجين الذرى الناتج عن تحلل أكسيد النيتروز مع الأكسجين الجزيئى، ليتكون غاز الأوزون (O_3) طبقًا للمعادلة:

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

تؤدى الزيادة فى غاز الأوزون إلى تهييج الطبقة المخاطية فى صدر الإنسان، وبخاصة فى وجود وفرة من الأشعة فوق البنفسجية.

٤ ـ ثانى أكسيد الكبريت:

يتكون غاز ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) من الكبريت والأكسجين بنسبة (١ : ٢) على التوالى، وهو غاز نفَّاذ الرائحة، وينتج عن احتراق الوقود المحتوى على الكبريت (S)، كما ينتج عن بعض المصانع التى تستخدم أو تنتج الكبريت.

تكمن خطورة الكبريت فى تأثر خلايا المخ كثيرًا به، مما يسبب صداعًا مستمرًا، كما يسبب التهابات حادة بالأغشية المبطنة للمسالك التنفسية كالأنف والحنجرة، وقد أظهرت الدراسات الرمدية الحديثة تأثر الغدد الدمعية كثيرًا بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكبريت، كما قد يؤدى ذلك إلى حدوث التهابات خفيفة فى العين.

٥ ـ أكاسيد الرصاص:

يعتبر المصدر الرئيسى للتلوث بأكاسيد الرصاص: عوادم السيارات، والتى تشكل (٩٤٪) من نسبة الرصاص الموجود فى الجو، لكن توجد مصادر تلوث إضافية بأكاسيد الرصاص كأصباغ الشعر والمواد المستخدمة فى مساحيق التجميل والبخور والبويات وعمليات الطلاء والدهان، وعمليات صهر الرصاص.

من أخطر مركبات الرصاص رابع ميثيل الرصاص "$CH_3(Pb)_4$"، ورابع إيثيل الرصاص "$C_2H_5(Pb)_4$"، ويتصاعد كل منهما أثناء احتراق وقود السيارة، ليخرجا من عادم السيارة إلى الجو الخارجى.

تكمن خطورة أكاسيد الرصاص فى قدرتها على الوصول إلى الدم محدثة حالة من التسمم تُعرف «بالتسمم الرصاصى»، مما يؤثر على عمليات الأيض الخلوى داخل الخلية.

تصل أكاسيد الرصاص إلى الدم عن طريق دخولها مع هواء الشهيق، ومن ثم تسلك الممر التنفسى لتصل للدم من خلال الدورة الدموية، أو من خلال سطح الجلد حيث تخترق سطح الجلد لتصل إلى الأوعية الدموية السطحية، أو من خلال الجهاز الهضمى حيث تسلك القناة الهضمية حتى تصل إلى المعدة، فتذوب فى السوائل المعدية لتمتص بعد ذلك فى الأمعاء، حيث تصل للأوعية الدموية؛ لتصل بعد ذلك إلى العديد من خلايا الجسم.

قد تصل أكاسيد الرصاص إلى الكبد من خلال الدورة البابية الكبدية، مما يُحدث تلفًا لأنسجة الكبد، وذلك لتسممها، وقد تصل إلى العظام حيث يترسب بها الرصاص "Pb" مع الكالسيوم "Ca" مما يؤثر كثيرًا على التجانس العظمى، وتماسك البنية العظمية للعظام.

تعمل أكاسيد الرصاص عند وصولها إلى الأوعية الدموية على تكسير كرات الدم الحمراء، وتنخفض نتيجة لذلك نسبة الهيموجلوبين، مما يسبب حدوث أنيميا «فقر دم»، ويؤثر ذلك على معدل إمداد الخلايا والأنسجة بحاجتها من الأكسجين، وقد

تصل درجة الخطورة إلى حالة تسمم دموى يؤدى إلى الموت.

لقد شملت الدراسات التى أجريت لفهم التأثير البيولوجى لأكاسيد النيتروجين على المخ، قياس معدل النمو الخلوى لخلايا المخ فى المرحلة الجنينية، وقد اتضح من خلال تلك الدراسات حدوث بطء فى معدل نمو الخلايا المخية للجنين الذى تعيش أمه فى بيئة ملوثة بالرصاص، ولكى تتضح المقارنة أكثر تم تعميم التجربة لتشمل أمهات حوامل يعشن فى المدن، وأخريات يعشن فى الريف، وفى جو خالٍ تمامًا من أكاسيد الرصاص.

أظهرت نتائج هذه الدراسات وجود معدل نمو خلوى فى خلايا المخ للجنين الذى تعيش أمه فى البيئة الريفية الخالية من أكاسيد الرصاص أكبر من الجنين الذى تعيش أمه فى بيئة ملوثة بأكاسيد الرصاص، ويؤثر ذلك على نسبة الذكاء، ومعدل نقل الرسائل العصبية من المخ للأعضاء والعكس.

عند حدوث زيادة مفرطة فى أكاسيد الرصاص بالبيئة، مع زيادة فترات التعرض لها، فإن ذلك يؤثر على المادة الوراثية للكائن الحى، حيث يحدث تلف فى بعض الأماكن الدناوية، نتيجة لدخول بعض مركبات الرصاص فى البنية الكيمياوية الدناوية؛ ويؤدى ذلك إلى إصابة الدنا الوراثى بالطفور، والذى يؤدى تراكمه إلى إصابة الخلايا السليمة بالسرطان، كما يؤدى إلى عمليات تأثير غير متجانسة فى عمليات التكوين الجنينى للكائن الحى؛ ويؤدى ذلك إلى حدوث تشوهات عديدة فى التركيب الحيوى لأنسجة الجنين، كما يزيد ذلك من حالات التخلف العقلى.

(ب) المواد الكيمياوية:

رغم ما تقدمه الصناعات الكيمياوية من خدمات جليلة للبشرية تتمثل فى إنتاج العديد من المواد المخلَّقة كيمياويًا، والضرورية لحياة الإنسان، وإنتاج بعض الكيمياويات التى تستخدم فى المعالجة، إلا أن التأثيرات السلبية التى بدأت تظهر نتيجة لاستخدام المواد الكيمياوية، جعلت الباحثين يحذّرون من الأضرار الواقعة والمتوقعة للمواد الكيمياوية.

تؤدى الغازات المتصاعدة من أدخنة المصانع إلى حدوث تسمم دموى، وزيادة حدوث أمراض القلب، وإصابة المجرى التنفسى بالحساسية، كما يحدث التهاب للعين، والعديد من الأمراض الجلدية.

تسبب بعض المواد الكيمياوية إصابة بعض الخلايا السليمة بمرض السرطان، وتختلف درجة الإصابة طبقًا لنوع المادة الكيميائية، ودرجة تركيزها، والفترة الزمنية للتعرض للمادة الكيميائية، ومن هذه المواد ما يلى:

المادة الكيميائية	التأثير المسرطن
* الزرنيخ	- سرطان الرئة، والجلد.
* الإسبستوس	- سرطان الرئة.
* البنزين	- سرطان ابيضاض الدم.
* المواد الكيمياوية الناتجة عن احتراق الديزل	- سرطان الرئة.
* المواد الكيمياوية الموجودة فى أصباغ الشعر	- سرطان الجلد، والمثانة.
* الزيوت المعدنية	- سرطان الجلد.
* المبيدات الحشرية	- سرطان الرئة.
* مواد الطلاء والدهان	- سرطان الرئة.
* الفورمالدهيد	- سرطان الأنف، والبلعوم.
* ثنائيات الفينيل عديدة الكلورين	- سرطان الكبد، والجلد.
* المنظمات والهرمونات التناسلية المخلّقة	- سرطان الخصية، والمبيض.
* الكلور الزائد فى المياه	- سرطان المثانة.
* المواد الكيميائية المحتوية على الكلورين.	- سرطان الثدى.

* موانع الحمل التى تؤخذ عن طريق الفم	ـ سرطان الكبد.
* أدوية معالجة مرض هودجكين	ـ سرطان ابيضاض الدم، والمثانة.
* أدوية المناعة	ـ سرطان الخلايا اللمفية.
* الستيرويدات	ـ سرطان الدم، والكبد.
* التاموكسيفين	ـ سرطان بطانة الرحم.
* أدوية الإخصاب	ـ سرطان المبيض.
* هرمونات النمو	ـ سرطان ابيضاض الدم.
* الأدوية الخافضة للكوليسترول	ـ سرطان القولون والمستقيم.

من المواد الكيمياوية الخطرة فى تأثيرها على الأنسجة الحيوية: الغبار الناتج عن العديد من الصناعات الكيمياوية، والتى ترفع نسبة حدوث أمراض الحساسية والقلب، وقد تؤدى فى بعض الحالات إلى الوفاة، وتختلف هذه المواد فى نوع مصدرها كما يتضح من الجدول التالى:

المادة الكيميائية «الغبار الكيميائى»	مصدرها
* سيليكا الرمل الناعم	ـ تنقلها الرياح من الصخور السليكية.
* دقائق الحديد	ـ مصانع الحديد.
* غبار القطن	ـ مصانع حلج القطن.
* غبار التبغ	ـ مصانع التبغ.
* أبخرة الزرنيخ	ـ مصانع المبيدات الحشرية.
* أبخرة الكادميوم	ـ مصانع البطاريات والسبائك.

* غبار الأسمنت	ـ مصانع الأسمنت.
* كلوريد الفينيل	ـ مصانع البلاستيك.
* غبار الخشب	ـ مصانع الأخشاب.
* غبار المركبات الهيدروكربونية	ـ مصانع الطوب اللّبِن.

تؤثر المواد الكيمياوية والغازات الناتجة عن المصانع على طبقة «الأوزون»، والتى تتكون من الأكسجين الثلاثى، وتحمى الأرض من اختراق الأشعة فوق البنفسجية، والتى يؤدى وصولها ـ بكثافة عالية إلى سطح الأرض ـ إلى الإصابة بأمراض السرطان، وبخاصة سرطان الجلد، حيث تؤثر الأشعة فوق البنفسجية على التركيب الجزيئى للمادة الوراثية، محدثة ارتباطًا بين القاعدة الآزوتية «الثايمين» وقاعدة «ثايمين»، لتكون «ثنائى الثايمين»، مما يؤدى إلى طفور الدنا الوراثى، ومع تراكم هذا الطفور تحدث الإصابة بأمراض السرطان.

يؤثر تآكل طبقة «الأوزون» على كمية الإشعاع الكلى الواصل إلى الأرض، حيث تزداد كميته بشكل ملحوظ، مما ينبئ بوقوع كارثة للأرض، تتمثل فى ذوبان ثلوج القطبين، وتحرك المياه وطغيانها على اليابسة.

إن التأثيرات السلبية التى اتضحت من خلال الدراسات العلمية لاستخدام المواد الكيمياوية، قد جعلنا حذرين فى تعاملنا مع المبيدات الحشرية، والتى شهدت انتشارًا واسعًا فى الآونة الأخيرة، وذلك بهدف مكافحة الإصابة الحشرية وغيرها من الإصابات المرضية التى تصيب العديد من النباتات، مما ينقص المحصول ويسبب خسارة كبيرة.

لذلك نلجأ إلى استخدام المبيدات الحشرية، وهى عبارة عن مواد كيميائية مخلَّقة لقتل الآفات التى تصيب النباتات، كمركب الـ (D.D.T)، والذى ثبت تمامًا أنه من المسببات السرطانية الخطيرة.

تؤثر المبيدات الحشرية على النباتات كما تؤثر على الحشرات، ويمثل ذلك مشكلة

كبيرة للنظام البيئى، وبخاصة فى المنظومة الحيوية (الكائنات الحية) التى تعيش فى البيئة.

(ج) الإشعاع:

تملأ الموجات والإشعاع الفضاء الكونى، لكن ذلك يتم من خلال منظومة متزنة، مما يؤدى إلى خفض معدل الكوارث الكونية.

من أنواع الأشعة الكونية: الأشعة السينية، وأشعة جاما، وأشعة ألفا، والجسيمات المشعة... إلخ، وتؤثر هذه الأشعة على الخلايا الحية عند زيادة الجرعة التى يتعرض لها الكائن الحى.

أضاف التقدم الصناعى زيادة فى درجة الخطورة الناتجة عن التعرض للأشعة، وذلك لاستحداث وسائل صناعية لتوليد الأشعة، وزيادة كمية الأشعة المنتشرة فى جو الأرض، نتيجة للاستخدام المتعدد للأجهزة المولِّدة للعديد من الموجات الإشعاعية، ومن أمثلة ذلك:

أجهزة البث الصوتى والمرئى:

أحدثت أجهزة البث الصوتى كالمذياع (الراديو)، والبث المرئى كالتلفاز (التليفزيون)، وأجهزة الهاتف (التليفون) المنزلى والمحمول: ثورة فى عالم الاتصالات، حيث جعلت من العالم الممتد الشاسع المتعدد الأطراف قرية صغيرة، يمكننا أن نعيش الأحداث التى تقع بعيدًا عنا، فى لحظة وقوعها، ونتابع سير الأمور الخاصة بتلك الأحداث بمجرد وقوعها.

ورغم الإيجابيات المتعددة التى حققتها ثورة الاتصالات، إلا أن الأبحاث الحديثة قد أوضحت وجود مخاطر عديدة ناجمة عن استخدام تلك الأجهزة، نتيجة لانبعاث موجات كهرومغناطيسية من تلك الأجهزة، كما تنبعث الأشعة السينية من التليفزيون، وتؤثر هذه الأشعة على كفاءة عضلة القلب، والكفاءة الوظيفية للشبكية فى العين، كما تتسبب بعضها فى إحداث السرطان.

من أخطر أنواع الإشعاع تأثيراً على الخلايا الحية: الإشعاع الذرى، والذى ينتج عن عمليات التسرب النووى من المفاعلات الذرية، والتفجيرات النووية، والتى زادت مؤخراً بدرجة غير عادية، وتتسابق العديد من الدول لإجرائها بطريقة معلنة أو غير معلنة، مما يشكل خطراً كبيراً على الأمن الدولى.

لقد أحدث التدمير النووى فى هيروشيما ونجازاكى باليابان تدميراً كاملاً للنظام الحياتى الموجود فى البيئة، حيث ماتت معظم عناصر النظام الحياتى، وما بقى حيًا عانى من الطفور الكبير الذى أصاب الدنا الوراثى للكائنات الحية، مما أحدث تغيراً كبيراً فى التركيب الجزيئى لها، مما أدى إلى تغير غير طبيعى فى نظام تعبير الجينات عن نفسها، ويحدث ذلك تغييراً فى الصفات الوراثية التى تتحكم فيها تلك الجينات.

وينبعث من بعض المناطق غاز «الرادون»، وهو مادة مشعة شديدة الخطورة، ومن أخطر المسببات السرطانية، ويؤثر على الكائنات الحية التى تعيش فى البيئة ذات معدل الإشعاع العالى من «الرادون»، مما يعرض بعض الكائنات النادرة للانقراض.

(د) التدخين:

يشارك التدخين بنسبة فى تلويث البيئة الخارجية بما يضيفه إليها من نواتج احتراق «السجائر» ـ وأنواع التبغ الأخرى ـ فى الهواء، بينما يعمل على تدمير البيئة الداخلية للجسم بما يحدثه فيها من آثار سيئة وأعراض مرضية قاتلة.

لقد أثبتت الدراسات السرطانية أن التدخين مسئول عن (٣٠٪) من حالات الإصابة السرطانية، ومن أنواع السرطان التى يسببها التدخين: سرطان الرئة والمسالك التنفسية والمثانة والكلية والقصبة الهوائية، وتصل نسبة الوفاة للمصابين بسرطان الرئة أكثر من (٦٠٪) ومن ثم وضع التدخين ضمن أخطر المسببات السرطانية متساويًا فى ذلك مع الإفراط فى تناول الدهون، والإشعاع الذرى.

من الأمراض الخطيرة الأخرى التى يسببها التدخين: الالتهابات المزمنة بالرئة والقصبة الهوائية، كما يسبب فقدان الشهية للطعام، وله دور أساسى فى تكوين

التجمعات الدموية داخل الأوعية الدموية مما يؤدى لحدوث الجلطات الدموية، والتى قد تحدث داخل الأوعية الدموية المغذية للأحشاء، مما يثبط مرور الدم ووصوله إليها، ويمنع ذلك الإمداد الغذائى والأكسجينى للعضو الذى يغذيه الوعاء الدموى المصاب بالجلطة، لكن حدوث الجلطة فى الشريان التاجى الذى يغذى عضلة القلب يؤدى إلى توقف عضلة القلب عن الضخ، مما يودى بحياة الإنسان، بينما إذا حدثت الجلطة الدموية داخل الأوعية الدموية التى تغذى خلايا المخ، فإن ذلك يؤدى إلى التأثير على عمل مراكز التحكم فى المخ، فلا تستطيع تلقّى أو إرسال الرسائل العصبية بنفس الكفاءة التى تقوم بها مراكز التحكم السليمة، ومن أعراض حدوث هذا النوع من الجلطات: فقدان القدرة على الحركة إذا كان المركز المتأثر بحدوث الجلطة هو مركز الحركة بالمخ، ويحدث فقد القدرة على الكلام عند تأثر مركز الكلام فى المخ، بينما يفقد الإنسان القدرة على الإبصار عند إصابة مركز الإبصار فى المخ بالعطب.

تختلف درجة الإصابة طبقًا لحجم الجلطة المتكوِّنة، وموضع حدوث الجلطة، والاستعداد الوراثى للإصابة عند الشخص.

يؤثر التدخين على كفاءة وقدرة المواد والسوائل المناعية على احتواء الميكروبات الغازية للجسم، مما يعطى فرصة للميكروبات لغزو الأنسجة وتدميرها وإبادة بعضها.

(هـ) المسببات الفيزيقية:

تمثل الموجات ـ بمختلف أنواعها ـ جواهر فيزيقية (فيزيائية) متحركة عبر الكون، مما يجعلها وسائل أساسية للتأثير على النظام الحياتى القائم فى البيئة.

من تلك الموجات: «الموجات الكهرومغناطيسية» التى تصدر عن المجالات الكهربية المتكوِّنة حول أسلاك الحمل الكهربائى، كما يمكن أن تنبعث من الأجهزة التى تستخدم التيار الكهربائى فى صورة طاقة كهربائية للتشغيل.

تتحمل الكائنات الحية قيمًا محددة من المجالات الكهربية، لكن عند تجاوز هذه القيم، فإن ذلك يؤدى إلى التأثير على الوظائف الحيوية للجسم، وقد يودى ذلك

بحياة العديد من الأشخاص عند زيادة المجالات الكهربية عن القيم الطبيعية لها، ومن أكثر الأفراد تعرضًا لذلك: العاملون فى مجال اللحام الكهربائى، حيث يستخدمون الكابل الكهربائى المفرد فى اتجاه واحد، مما يعرضهم لتجاوز خط الأمان للمجالات الكهربية، وقد تؤدى زيادة قيم المجالات الكهربية فى هذه الحالة إلى تعرض القائمين بعملية اللحام للوفاة، وذلك بسبب تعرض عضلة القلب للتوقف، ويمكن تلافى حدوث ذلك بثنى الكابل الكهربائى فى اتجاه مضاد للاتجاه الأول، مما يلاشى المجال الكهربى الناشئ فى الكابلين، ويمكن استخدامه فى هذه الحالة دون خوف.

من المسببات الفيزيقية للاختلال فى النظام البيئى: التعرض لموجات صوتية عالية الشدة، لا يمكن للأجهزة السمعية للكائنات الحية تحملها، مما يؤدى إلى إصابتها بالعطب والاختلال.

إننا نتعرض يوميًا لسيَّال من المجالات الكهربية والمغناطيسية، ولاسيما إذا كنا نعيش بالقرب من خطوط الضغوط الكهربية عالية الشدة، مما يعرضنا للخطر، الذى قد يصل فى كثير من الأحيان إلى الوفاة.

لقد أثبتت الدراسات التى أُجريت بهدف المقارنة الصحية بين المقيمين بالقرب من مناطق الضغوط الكهربية المرتفعة، والمقيمين بعيدًا عن هذه المناطق: ارتفاع حالات الهبوط الوظيفى لعضلة القلب، وحدوث حالات توتر عصبى ـ بصفة مستمرة ـ بالنسبة للمقيمين بالقرب من المناطق ذات المجالات الكهربية العالية.

من المسببات الفيزيائية لحدوث الاختلال فى النظام البيئى: التعرض لمستوى عالٍ من الموجات الصوتية عالية الشدة، مما يؤثر على القدرات السمعية للكائنات الحية، والتى تستطيع تحمل درجات محددة من الموجات الصوتية تتراوح بين (٨٠ ـ ٩٠ ديسبل) أما إذا زادت شدة الموجة الصوتية على ذلك، فإن هذا يمثل خطورة كبيرة على الجهاز السمعى.

توجد مصادر عديدة يمكنها تعريض الإنسان لموجات صوتية ذات درجات فائقة الشدة، لا يستطيع الإنسان أن يتحملها، ومن هذه المصادر ما يلى:

مصادر طبيعية:

توجد هذه المصادر بصورة طبيعية فى النظام البيئى، وتسبب - بحدوثها - موجات صوتية عالية الشدة، ومن تلك المصادر الطبيعية: البراكين والتى يعقب حدوثها انفجارات عالية، والزلازل، والرعد.

مصادر صناعية:

لا توجد هذه المصادر طبيعيًا فى النظام البيئى، بل تم إضافتها، بعد التقدم الصناعى الذى شهدته البشرية، ومن أمثلة ذلك: أصوات وسائل المواصلات، والأجهزة الكهربائية، ومكبرات الصوت، وأنواع الموسيقى الصاخبة.

التأثيرات الناتجة عن التلوث الضوضائى:

يؤدى تعرض الإنسان وغيره من الحيوانات إلى موجات صوتية عالية الشدة إلى التأثير على النظام الدقيق لنقل الرسائل العصبية من المخ إلى مختلف الأعضاء، ومن الأعضاء إلى المخ، كما أن تعرض الإنسان لضغط نفسى عالٍ يؤثر على الحالة المناعية له، مما يجعله ضحية للمهاجمة الميكروبية، ويؤدى ذلك إلى انخفاض الصحة العامة للإنسان، وانخفاض مجهوده الذهنى والبدنى.

لقد أثبتت الدراسات الحديثة تأثر الجنين - وهو فى مراحل تكوينه الجنينى - بتعرض الأم لموجات صوتية عالية، ويتأثر الطفل فى بداية حياته كثيراً بالتعرض للموجات الصوتية العالية.

تختلف التأثيرات الناتجة عن التعرض للموجات الصوتية من كائن حى لكائن حى آخر، ومن إنسان لآخر، ويعتمد ذلك على عوامل عديدة منها المدة الزمنية التى يتعرض الإنسان خلالها للتلوث الضوضائى، حيث تزداد التأثيرات الجانبية بزيادة فترة التعرض، ويمكن صياغة ذلك فى صورة العلاقة التالية:

درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية ∝ فترة التعرض

وهى تعنى: وجود علاقة طردية بين فترة التعرض للموجات الصوتية والتأثيرات الضوضائية الناتجة عنها.

تؤثر شدة الموجات الصوتية التى يتعرض لها الإنسان على درجة خطورة التأثيرات الضوضائية الناتجة، حيث تزداد درجة خطورة التأثيرات الضوضائية بزيادة شدة الموجات الصوتية، ويمكن صياغة ذلك فى العلاقة التالية:

درجة خطورة التأثيرات الضوضائية ∝ شدة الموجات الصوتية

وهى تعنى: وجود علاقة طردية بين شدة الموجات الصوتية ودرجة الخطورة المترتبة على ذلك، وكذلك المسافة بين مصدر الموجات الصوتية والإنسان، حيث تزداد درجة الخطورة بصغر المسافة، ومن ثم فالعلاقة عكسية، والتى يمكننا صياغتها فى الصورة التالية:

$$\text{درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية} \propto \frac{1}{\text{المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء}}$$

ويمكننا صياغة علاقة عامة تجمع العلاقات الثلاث السابقة كما يلى:

$$\text{درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية} \propto \frac{\text{شدة الموجات الصوتية} \times \text{فترة التعرض}}{\text{المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء}}$$

والتى تعنى: وجود علاقة طردية بين درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية وشدة الموجات الصوتية وفترة التعرض، وعلاقة عكسية بين درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية والمسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء.

ويمكن الاستعاضة عن العلاقة الطردية فى العلاقة السابقة بإدخال ثابت فى العلاقة لتتحول إلى معادلة يمكن صياغتها فى الصورة التالية:

$$\text{درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية} = \frac{\text{ض} \times \text{شدة الموجات الصوتية} \times \text{فترة التعرض}}{\text{المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء}}$$

حيث نعنى بـ(ض): المعامل الضوضائى، والذى تؤدى زيادته إلى زيادة درجة الخطورة الناتجة عن التأثيرات الضوضائية.

(و) المسببات البيولوجية للاختلال فى النظام البيئى:

المقصود «بالمسببات البيولوجية»: الكائنات الحية المحدثة للاختلال فى النظام البيئى، والذى يحدث من خلال إتلافها للخلايا والأنسجة الحية عن طريق إفرازها للعديد من السموم المؤثرة على العمليات الحيوية المختلفة.

لا يقتصر تأثير المسببات البيولوجية على إتلاف الخلايا الحية فقط، بل قد تسبب فسادًا أو تسممًا للأغذية المحفوظة، مما يجعلها غير صالحة للاستخدام.

تعتبر المسببات البيولوجية من أخطر المسببات المحدثة للاختلال فى النظام البيئى الخلوى، حيث تكون موجهة تمامًا إلى إتلاف البنية الخلوية وتحويلها إلى أشلاء لا حركة فيها.

تتسم المسببات البيولوجية للاختلال فى النظام البيئى بالتعدد الواسع، فهى تشمل: الفيروسات، والبكتيريا، والأوليات الحيوانية، والديدان، ومفصليات الأرجل، والرخويات، والثدييات، والطحالب، والفطريات، لكن يختلف تأثير كل منها عن الأخرى.

وسوف نكتفى ـ فى كتابنا هذا ـ بالإشارة إلى تلك المسببات البيولوجية، لكننا ننوه إلى أننا سوف نفرد لذلك كتابًا مستقلاً. . وذلك لمدى أهمية وخطورة المسببات البيولوجية.

الفصل الثالث

مقاومة وعلاج الاختلال في النظام البيئي

obeikandl.com

obeikandl.com

يتضح من خلال عرضنا السابق لجوانب الاختلال فى النظام البيئى مدى الخطورة المحتملة ما لم نواجه جوانب الاختلال تلك، وتعتمد مواجهة الاختلال فى النظام البيئى على أساسين: أحدهما يعتمد على عنصر مهم للغاية، والذى نعنى به مقاومة أسباب الاختلال فى النظام البيئى.

ترتكز عمليات المقاومة على منع حدوث مسببات الاختلال فى المنظومة البيئية، والتى تعرضنا لها سابقًا، ويعتمد نجاح طرق المقاومة على مدى تقبل المواطنين للمفهوم البيئى النظيف، لكى نستطيع أن نوظِّف البيئة ـ التى حبانا الله بها ـ التوظيف المثالى، بما يحقق صالح البشرية.

إننا لا نقصد بحماية البيئة منع إضافة ملوثات إلى البيئة، لأن ما نقصده أكبر من هذا المعنى، فتعرض الثروات الطبيعية من معادن ومحاصيل وثروات مائية... إلخ، للتلف إنما يعنى: حدوث اختلال فى المنظومة البيئية، فالتصحر والجفاف وتعرض المخزون الحياتى للانقراض يمثل مشاكل بيئية لا تقل أهمية عن ثقب الأوزون، أو التلوث الناتج عن استخدام المبيدات الكيمياوية... إلخ.

إن نجاح الخطط القومية للدول ـ وبخاصة الدول النامية ـ سيتوقف على مدى استيعابنا للمفهوم البيئى من منظور متسع وأكثر رحابة، لا بالمفهوم الضيق، الذى توارثناه، والذى يهدف إلى الوصول فقط لبيئة نظيفة، دون ربط ذلك بالثروات المتاحة.

تهدف عمليات المقاومة للحفاظ على المنظومة البيئية وعلى التفاعلات فيما بين مكوناتها فى حالة اتزان، فلا يطغى مكون بيئى على مكون آخر، ومن ثم ستظل

المنظومة البيئية محتفظة بكيانها المتزن، كما سيتضح من خلال عرضنا لطرق المقاومة التالية:

(أ) مقاومة مسببات الاحتراق غير المثالى للوقود:

تساهم عمليات الاحتراق غير المضبوط، بنسبة كبيرة فى الإخلال بالنظام البيئى، وذلك لإنتاج غازات سامة وضارة بالبيئة كأول وثانى أكسيد الكربون، والأكاسيد الكبريتية، وأكاسيد النيتروجين، وأبخرة الرصاص.

تعتمد مقاومة مسببات الاحتراق غير المثالى إما على منع حدوث هذه المسببات، أو مقاومة تأثير المسببات على الأنسجة الحية والمنظومة البيئية.

يمكن منع حدوث مسببات الاختلال البيئى الناتجة عن الاحتراق غير التام، باستخدام سيارات ذات محركات مصممة هندسيًا بحيث تتم دورة الاحتراق تمامًا، مما لا يسمح بخروج غازات غير مرغوب فيها.

يتوقف نجاح ذلك على مدى إلزامية التشريعات فى الدول، ومدى تعاون المواطنين مع المؤسسات السياسية فى الوصول إلى تطبيق كامل للقوانين البيئية.

لقد أثبتت الدراسات البيئية التى أجريت على الوقود أن استخدام الجازولين الخالى من الرصاص لا يضيف أية ملوثات إلى النظام البيئى، ولذلك يجب سحب رخص السيارات المخالفة لاستخدام الوقود الخالى من الرصاص.

تطورت الدراسات بعد ذلك لتستخدم الغاز الطبيعى بدلاً من المركّبات البترولية، مما يحقق نسبة نقاء عالية، ويخفض معامل التلوث بدرجة كبيرة.

تساعد سيولة المرور فى شوارع المدن الكبرى على تقليل الأخطار الناتجة عن التلوث الناشئ عن الاحتراق غير الكامل للوقود، كما تساعد عمليات الصيانة الدائمة لوسائل المواصلات المختلفة فى خفض معامل التلوث.

يدرس العلماء إمكانية تركيب مرشّحات لنواتج الاحتراق غير الكامل فى السيارات، مما يمنع تسرب نواتج الاحتراق تلك إلى البيئة؛ حتى لا تلوثها.

(ب) مقاومة مسببات الاختلال البيئى الكيمياوية:

تسبب المواد الكيمياوية نسبة كبيرة من الاختلال فى المنظومة البيئية، وتعد من أخطر أنواع الملوثات، وذلك لتأثيرها ـ السامّ، والقاتل ـ على الأنسجة البشرية، ومختلف أنسجة الكائنات الحية.

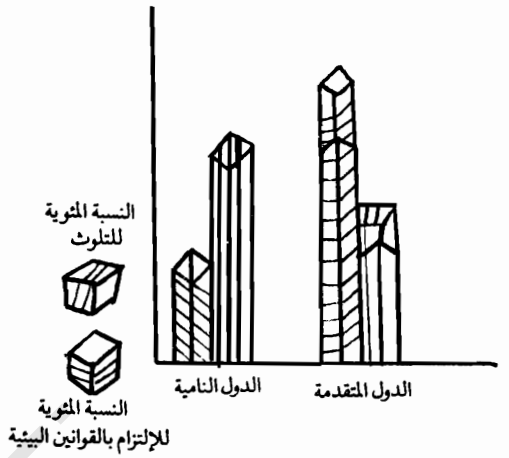
لقد أصبح النظام البيئى مكدسًا بالملوثات الكيمياوية، فالمصانع المنتجة للكيمياويات تنتشر فى كل مكان سواء فى الدول المتقدمة أو الدول النامية، وأصبحت الملوثات الكيمياوية موجودة فى كل بقاع الكرة الأرضية، وأصبحنا جميعًا معرضين لهذه الملوثات التى أضافت العديد من المسببات المرضية للنظام البيئى.

يمكن مقاومة المسببات الكيمياوية للاختلال فى النظام البيئى عن طريق:

١ ـ إقامة مصانع الكيمياويات بعيداً عن المناطق المأهولة بالسكان:

إن إقامة مصانع الكيمياويات داخل المناطق المزدحمة بالسكان، سيعرِّض المواطنين المقيمين فى هذه الأماكن للتلوث، مما يسبب لهم العديد من الأخطار الصحية.

لذلك تُلزم العديد من الدول الراغبين فى إقامة مصانع الكيمياويات، بإقامتها خارج الحزام السكانى تقليلاً للتأثيرات الحياتية للملوثات الكيمياوية، ويعتمد نجاح ذلك على مدى إلزامية القوانين والتشريعات الخاصة بكل دولة، ومدى اقتناع المواطنين بتنفيذ تلك القوانين. ولقد أثبتت الدراسات الإحصائية التى أجريت أن المواطنين فى الدول المتقدمة أكثر اقتناعًا بإقامة مصانع الكيمياويات بعيدًا عن المناطق المأهولة بالسكان، مما يساعد إدارات تلك الدول فى تنفيذ الخطط البيئية لها، بينما تتعرض تلك الخطط للعديد من العوائق من جانب المواطنين فى الدول النامية، فالكثير من مواطنى الدول النامية يحاولون الإفلات من القوانين البيئية بالتلاعب والتحايل على تلك القوانين، مما يقلل من نجاح الخطط القومية لتلك الدول النامية، ويتضح ذلك من خلال الشكل البيانى التالى:



يتضح من خلال الشكل البيانى وجود صلة وثيقة بين درجة الالتزام بالقوانين البيئية، ودرجة التلوث، ويمكن أن نصوغ هذه العلاقة بين المتغيرين فى الصورة التالية:

درجة التلوث ∝ درجة الالتزام بالقوانين البيئية

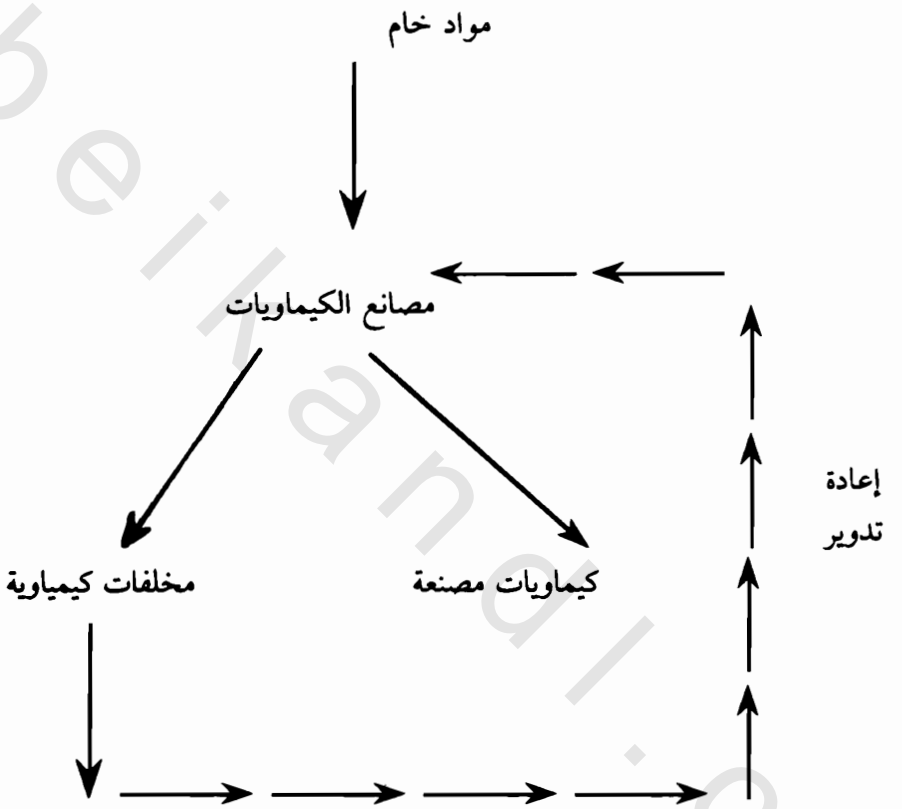
وتعنى هذه العلاقة: وجود ترابط وتناسب طردى بين درجة التلوث، ومدى التزام المواطنين بالقوانين البيئية، والتى تهدف للحفاظ على الاتزان القائم فى البيئة.

٢ ـ التخلص من المخلفات الكيمياوية بالوسائل الآمنة:

يتم التخلص من المخلفات الكيمياوية للمصانع ـ سواء كانت مخلفات صلبة أم مخلفات سائلة ـ فى الأنهار والبحيرات وغير ذلك من المجارى المائية، مما يشكل خطورة كبيرة على الثروة المائية المتمثلة فى الكائنات الحية المائية، مما يعرِّضها للانقراض.

يمكن وقاية النظام البيئى من هذه الملوثات عن طريق حظر صرف مخلفات المصانع فى مياه الأنهار والبحيرات وغيرها من المجارى المائية، وتوقيع أقسى العقوبات على المخالفين.

توجد اقتراحات تقنوية عديدة للتخـلص الآمن من المخلفات الكيمياوية، حيث يرى بعض الباحثين ضـرورة دراسة المخلفات الكيمياوية، لمعرفة إمـكانية الاستفادة من تلك المخلفـات من عدمه، ويُعرف ذلك «بتدوير المخلفـات»، والذى نعنى به: إعادة إدخال المخـلفات الكـيمياويـة فى دورة استخـدام جديدة، لتـحقيق أقـصى استفادة ممكنة من هذه المخلفات، كما يتضح من الشكل التخطيطى التالى:



يتم التخلص من المواد الكيمياويـة الدوائية الفاسدة بحرص شديد، وحذر تام، حيث تمثـل تلك المواد خطورة مباشـرة على النظام البـيئى القائم، ولاسيمـا النظام الحياتى، مما يعرِّضه للعديد من الأمراض الفـتاكة، ولذلك ينبغى التخلص من هذه الكيمياويات بسرعة، وبمجرد انتهاء تاريخ صلاحيتها.

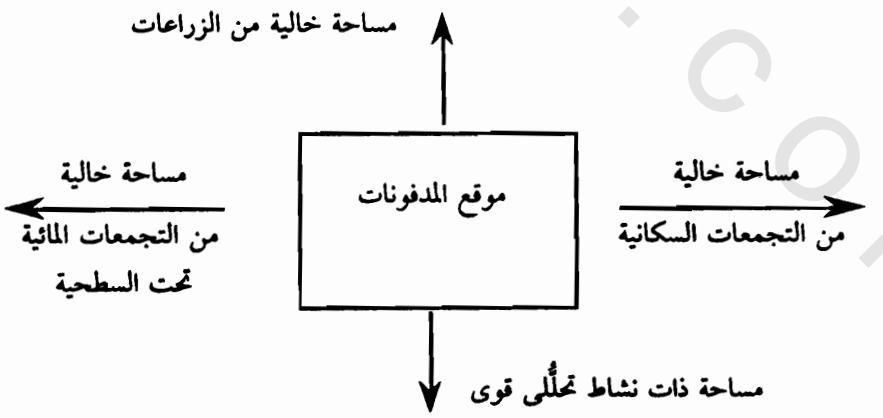
يمكن التخلص من المخلفات الكيمياوية الدوائية ومخلفات المستشفيات بوجه عام

عن طريق دفنها فى أماكن بعيدة جدًا عن المناطق المأهولة بالسكان، وفى أعماق بعيدة عن سطح الأرض، ولابد من وجود خرائط محددة للأماكن المخصصة لدفن المخلفات الكيمياوية، حتى لا يؤدى تراكم المدفونات الدوائية إلى كارثة مستقبلية، تبيد العديد من الكائنات الحية فى المنظومة البيئية.

تتم عمليات الدفن للمخلفات الدوائية بنظام خاص، وليس بطريقة عشوائية، حيث تضاف مع المدفونات الدوائية مواد معينة لزيادة نشاط الكائنات الدقيقة المحلِّلة، لتخليص النظام البيئى من تلك المدفونات، كما تضاف مواد أخرى للارتباط الكيميائى بالمركّبات الخطرة المحتمل أن تنتج عن عمليات التحلل.

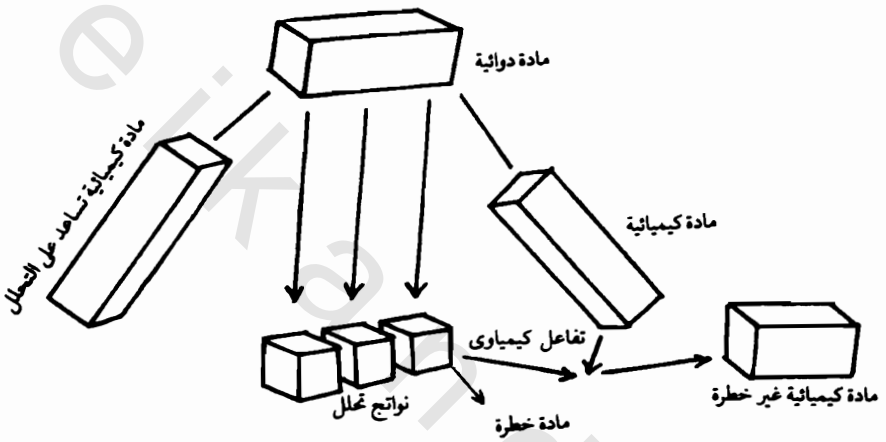
يتم اختيار مناطق المدفونات الدوائية وفقًا لشروط خاصة ومحددة، حيث يجب أن تكون تلك المدفونات بعيدة عن أماكن التجمع السكانى، والمناطق الزراعية، كما يجب أن تكون بعيدة عن أماكن التجمع المائى تحت السطحى والممثلة فى المياه الجوفية لمنع تلويث تلك المياه، حتى لا يؤثر فى الكائنات الحية التى تستخدمها بعد ذلك.

إن العديد من الدول المتقدمة تستخدم أجهزة المسح الفضائى فى تحديد مناطق المدفونات الدوائية، وكذلك رسم الخرائط المحددة لتلك المناطق، وتحميلها فى أجهزة الحاسوب «الكمبيوتر»، وذلك لتوفير الكثير والكثير من الوقت والجهد اللازم لاتخاذ القرار اللازم والصائب، ويمكننا تصميم موقع المدفونات الدوائية طبقًا للمعايير الدولية لحماية البيئة كما يلى:



تمثل الشروط المكتوبة على الأسهم الخارجة من موقع المدفونات ضروريات بيئية لابد من توافرها مجتمعة بموقع المدفونات والمناطق المحيطة به.

تساعد المواد الكيمياوية المضافة مع المدفونات الدوائية فى تنشيط عمليات التحلل، ومنع نواتج التحلل الخطرة من الإضرار بالنظام البيئى من خلال الأرتباط وتكوين مركبات جديدة غير خطرة، ويمكن إيضاح ذلك فى الشكل التالى:



٣ ـ عدم تناول مواد دوائية دون استشارة الطبيب:

يؤدى الإسراف فى تناول المواد الكيمياوية الدوائية لإجهاد الكبد والكلية، مما يؤثر على العمليات الحيوية التى تتم داخل الجسم بعد ذلك.

قد تؤدى الزيادة المفرطة فى تناول بعض المواد الكيمياوية الدوائية إلى سرطنة بعض الخلايا، فالإفراط فى تناول الأدوية المعالجة لمرض هودجكين يؤدى للإصابة بسرطان ابيضاض الدم، وتناول أدوية المناعة لفترات طويلة ـ دون الرجوع للطبيب ـ يؤدى للإصابة بسرطان الخلايا اللمفية، مما يدمر الجهاز المناعى، ويترك الجسم فريسة للغزو الميكروبى.

أثبتت الدراسات الكيمو خلوية لتأثيرات الإفراط فى تناول أدوية الإخصاب أن الاستخدام ـ غير المرشَّد طبيًا لأدوية الإخصاب ـ يؤدى إلى الإصابة بسرطان المبيض، كما يؤدى الاستمرار لفترة طويلة فى تناول الأدوية الخافضة للكوليسترول إلى الإصابة بسرطان القولون والمستقيم.

لذلك لابد من الحذر التام عند استخدام المواد الدوائية، بحيث لا يتم إلا تحت إشراف طبيب متخصص، وبعد إجراء تشخيص دقيق للمرض، وللحالة الصحية العامة للمريض.

تتم عمليات الفحص الدقيق فى الدول المتقدمة بعناية فائقة، إذ لابد من معرفة قيمتى الضغط السالب والضغط الموجب، ومدى قدرة الكبد على تخليص السموم، والقدرة الترشيحية للكلية، وكفاءة الجهاز المناعى للمريض... إلخ.

لا تجرى عمليات التشخيص تلك فى الدول النامية، إذ يكتفى الطبيب فقط بالتشخيص المبنى على معلوماته هو والمعلومات التى يسأل المريض عنها، وينتج عن ذلك إعطاء المريض العديد من المواد الدوائية، أملاً فى أن تفيد إحدى المواد الدوائية فى قتل الميكروب المرضى.

رغم أن إحدى المواد الدوائية تنجح فى المعالجة، إلا أن باقى المواد الدوائية تتفاعل مع المكونات الكيمو حيوية محدثة العديد من الأضرار بالخلايا الحية، والتى قد تصل إلى درجة إحداث الطفور بالمادة الوراثية للخلايا، حيث يمكن لبعض المواد الكيمياوية الدخول فى التركيب الكيميائى للدنا الوراثى، مما يحدث خللاً فى البنية الكيميائية له، ويغير هذا من التعبير الوراثى بعد ذلك.

٤ ـ الوقاية من الكيماويات المهنية:

المقصود بالكيماويات المهنية: المواد الكيمياوية التى يتعرض لها العاملون فى مصانع الكيماويات، والتى ارتفعت درجة خطورتها بنسبة كبيرة فى الدول النامية، حيث لا توجد أنظمة أمان حيوى تقى العاملين من خطورة تلك المواد.

يتم فى معظم مصانع الكيماويات ـ فى الدول المتقدمة ـ ارتداء العاملين فى تلك

المصانع للأقنعة الواقية من المواد الكيماوية، مما يقلل من خطورة تلك المواد عليهم.

تُصمَّم الأقنعة الواقية بمرشِّحات متخصِّصة لكل مادة كيميائية، ومن ثم فالقناع الواقى المستخدم فى مصانع التبغ يختلف عن القناع الواقى المستخدم فى مصانع حلج القطن، وغيرها من المصانع، كما يتضح من الجدول التالى:

نوع المصنع	المواد الملوثة	القناع المستخدم
* مصانع الحديد	- دقائق الحديد	- قناع ذو مرشحات لدقائق الحديد.
* مصانع حلج القطن	- غبار القطن	- قناع ذو مرشحات لغبار القطن.
* مصانع التبغ	- غبار التبغ	- قناع ذو مرشحات لغبار التبغ.
* مصانع المبيدات الحشرية	- أبخرة الزرنيخ	- قناع ذو مرشحات لأبخرة الزرنيخ.
* مصانع البطاريات والسبائك	- أبخرة الكادميوم	- قناع ذو مرشحات لأبخرة الكادميوم.
* مصانع الأسمنت	- غبار الأسمنت	- قناع ذو مرشحات لغبار الأسمنت.
* مصانع البلاستيك	كلوريد الفينيل	- قناع ذو مرشحات لكلوريد الفينيل.
* مصانع الأخشاب	- غبار الخشب	- قناع ذو مرشحات لغبار الخشب.
* مصانع الطوب اللبن	- غبار المركّبات الهيدروكربونية	- قناع ذو مرشحات للمركّبات الهيدروكربونية.

٥ ـ الوقاية من أخطار المبيدات الكيمياوية:

تستخدم المبيدات الكيمياوية لمقاومة الآفات والحشرات التى تصيب النباتات، وتسبب خسارة كبيرة للمحاصيل، كما تستخدم بعض المبيدات الكيمياوية فى مقاومة الحشرات المنزلية.

رغم أن استخدام المبيدات الحشرية يخلِّصنا من العديد من الحشرات الضارة، إلا أنه يسبب أضرارًا للمنظومة الحياتية لا تقل خطورة عن الأضرار التى تسببها المبيدات للحشرات، ويشمل ذلك الإضرار بالنبات والحيوان والإنسان كمركّب الـ(D.D.T) الذى يسبب مرض السرطان، وغير ذلك من المبيدات الكيمياوية التى تؤثر على معدل النمو الخلوى، وعلى كفاءة سير العمليات الحيوية داخل الجسم، مما قد يؤدى فى النهاية إلى تدمير البنية الحيوية للعديد من الكائنات الحية.

تتجه العديد من الدول المتقدمة إلى تقليل استخدام المبيدات الكيمياوية، منعًا لحدوث الأخطار المترتبة عليها. ولمنع انتشار الآفات والحشرات التى تهاجم العديد من النباتات يتم استخدام بدائل للمبيدات الكيمياوية.

من البدائل الجيدة والمقترحة للاستخدام على نطاق واسع: استخدام الأعداء الحيوية للآفات والحشرات، والتى تتمثل فى استخدام ميكروبات مدمرة للآفات والحشرات الضارة، ومن الممكن استخدام كائنات حية غير الميكروبات (الفيروسات، والبكتيريا، والأوليات الحيوانية)، ومن أمثلة ذلك: الحشرات، والقواقع، والطيور، والنيماتودا (لمهاجمة بعض أفراد النيماتودا).

تمثل الميكروبات أحد أهم أسلحة تقنية استخدام الأعداء الحيوية لمكافحة انتشار الآفات الضارة. ومن أحدث الوسائل للاستعاضة عن استخدام المبيدات الكيمياوية استخدام وسائل التحوير الجينى للأطقم الوراثية، حيث تكمن قدرة الخلايا الحية على مقاومة الآفات التى تغزوها ـ بهدف تدمير الأنسجة والخلايا ـ فى وجود جينات معينة فى جينوم الخلايا يؤدى تعبيرها الوراثى لتكوين مواد معينة تدمر خلايا وأنسجة الآفات.

تجرى دراسات عديدة فى مشروع الجينوم، والذى كان يركز فى البداية على خرطنة الجينوم البشرى فقط، لكن اتساع المساحة البحثية والمعلوماتية للتعبير الجينى أدى إلى الدخول فى عمليات خرطنة لجينوم كائنات حية أخرى غير الإنسان، مما سيجعلنا نضع أيدينا على ما نريده من الجينات.

إن خرطنة جينوم النباتات المعرضة للغزو المدمر من العديد من الآفات، وجينوم النباتات المقاومة للآفات، تتيح لنا معرفة الجينات التى تشفِّر لتكوين المواد المناعية المقاومة للإصابة بالآفات.

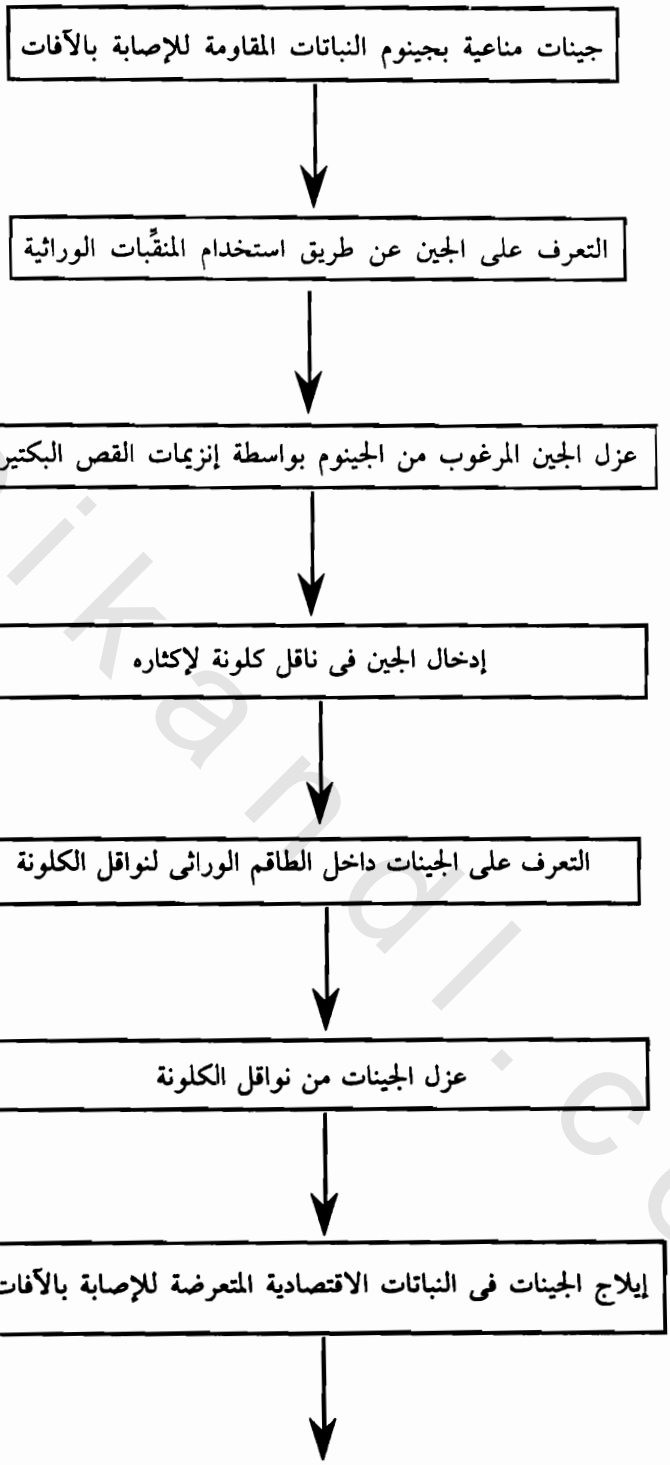
يتم عزل تلك الجينات، وإكثارها عن طريق إدخالها فى إحدى نواقل «الكلونة»، والتى تشمل الفاجات (مدمرات البكتيريا)، والبلازميدات والتى تمثل عناصر وراثية مستقلة فى السيتوبلازم، وتتميز بالاستقلالية فى تعبيرها الوراثى عن النواة، لكنها لا تنفصل عنها، بل يوجد تفاعل مشترك بين الاثنتين، قد يأخذ الصورة التنشيطية، وقد يأخذ الصورة التثبيطية.

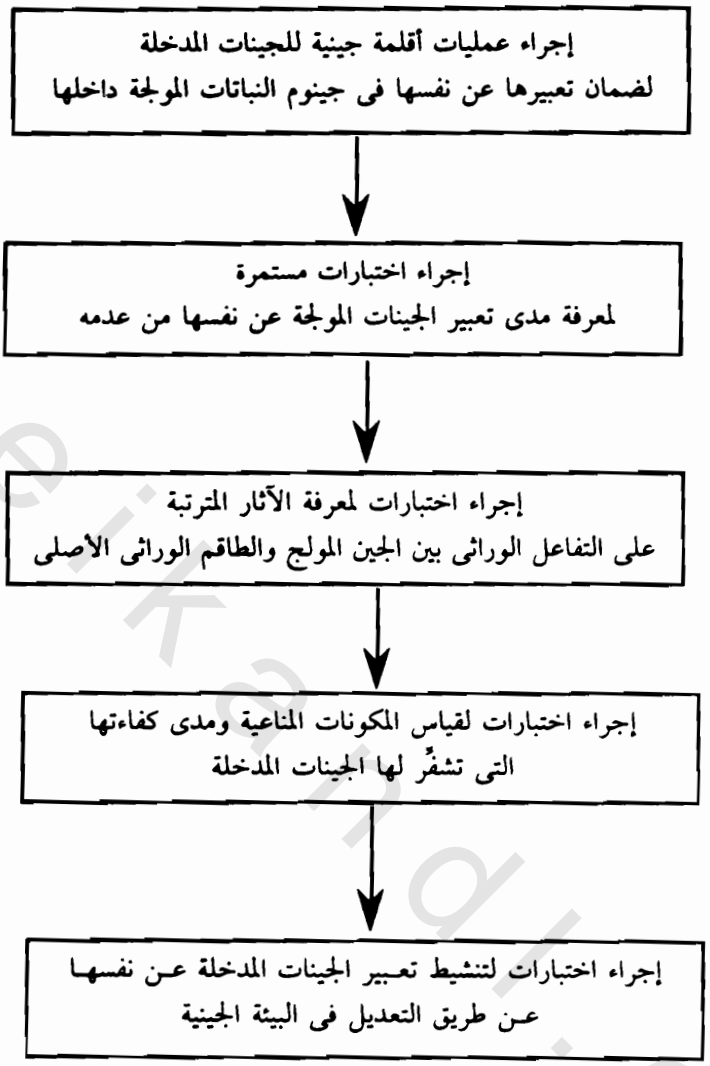
وقد تُستخدم «الكوسميدات» كنواقل كلونة مصنَّعة فى المعمل..

يتميز «البلازميد» بقدرته على الإكثار السريع، حيث يمكن ـ من خلال إدخال جين ما داخل بلازميد بواسطة أحد إنزيمات القص البكتيرى، والتى تم بها معاملة الجين وفصله من الجينوم الخاص بالكائن الحى ـ الحصول على ملايين النسخ من نفس الجين فى معدل زمنى قصير.

قد يتم حفظ تلك الجينات فى المكتبات الجينية وبنوك الجينات، أو يتم نقلها مباشرة للخلايا والأنسجة النباتية المراد تحوير أطقمها الوراثية لكى تصبح تلك النباتات ممانعة للإصابة بالآفات.

تتم عمليات النقل والإيلاج الجينى بواسطة تقنيات وراثية معقدة، يمكن أن نجملها فى الشكل التخطيطى التالى:


جينات مناعية بجينوم النباتات المقاومة للإصابة بالآفات
التعرف على الجين عن طريق استخدام المنقِّبات الوراثية
عزل الجين المرغوب من الجينوم بواسطة إنزيمات القص البكتيرى
إدخال الجين فى ناقل كلونة لإكثاره
التعرف على الجينات داخل الطاقم الوراثى لنواقل الكلونة
عزل الجينات من نواقل الكلونة
إيلاج الجينات فى النباتات الاقتصادية المتعرضة للإصابة بالآفات



(ج) مقاومة المسببات الكيميائية لتآكل طبقة الأوزون:

أحدثت المواد الكيمياوية المتصاعدة من العديد من مصانع الكيماويات، والغازات المنطلقة من الطائرات النفاثة، والصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية، ثقوبًا فى طبقة الأوزون، والتى تحمى سطح الأرض من اختراق الأشعة فوق البنفسجية.

تؤدى الأشعة فوق البنفسجية إلى الإصابة بسرطان الجلد، وبخاصة لدى المتعرِّضين دومًا لجرعات عالية من الأشعة فوق البنفسجية.

تتميز الأشعة فوق البنفسجية بالطاقة العالية، مما يرفع من كمية الحرارة فى جو الأرض، وهذا قد يؤدى إلى انصهار الجليد فى القطبين الشمالى والجنوبى، وطغيان الماء على اليابسة، وتعرض سطح الأرض للغرق.

لقد ازدادت خطورة مشكلة الأوزون فى الآونة الأخيرة، ولذلك اهتم الباحثون بدراسة الحلول الممكنة لحماية طبقة الأوزون من أخطار التآكل بواسطة المسببات الكيميائية.

ومن الطرق المقترحة للوقاية ما يلى:

ـ استخدام مرشحات كيمياوية:

يمكن ـ من خلال استخدام مرشحات من مواد فائقة المستوى ـ امتصاص الغازات الكيمياوية الصادرة عن وسائل الاتصال الحديثة كالطائرات النفاثة والصواريخ... إلخ، وتقليل نسبة الملوثات الناتجة عن انطلاق تلك الكيماويات.

يتم تصميم تلك المرشحات بطرق خاصة، ويراعى فى عمليات التصميم أن تتوافق المرشحات البكتيرية تلك مع الظروف المحيطة بها، كالارتفاع الشديد فى درجة الحرارة، أو التعرض لظروف ضغط شديد... إلخ.

تستخدم المرشحات الكيمياوية العادية المتخصصة ـ والتى تحدثنا عنها سابقًا عند كلامنا عن استخدام المرشحات الكيمياوية فى مصانع الكيماويات ـ وذلك بهدف منع وصول المسببات الكيمياوية من الوصول إلى طبقة الأوزون، ومنع إحداثها للتآكل وتكوين الثقوب الأوزونية.

ـ استخدام مواد فى الغلاف الجوى مانعة لتصاعد الكيماويات:

يدرس العلماء إمكانية إضافة مواد كيميائية للغلاف الجوى تمنع نفاذ المسببات الكيميائية لتآكل طبقة الأوزون، حيث يتم إضافة تلك المركبات بطرق كيميائية، أو من خلال طرق حيوية، حيث يتم هندسة بعض البكتيريا لإضافة المكونات المانعة لنفاذ مسببات التآكل الكيميائية دون غيرها من المركبات، ومن ثم فالمركبات المانعة

تتميز بقدرتها الاختيارية العالية، فهى تسمح بتصاعد مركبات معينة، وتمنع نفاذ المركبات التى تسبب تآكل طبقة الأوزون.

إن استخدام تقنية المركبات المانعة لحماية طبقة الأوزون، سيوفر حماية مثالية لهذه الطبقة، بما يضمن لنا بيئة متزنة موجيًا وحراريًا.

(د) مقاومة الاختلال فى النظام البيئى الناشئ عن الإشعاع:

يؤثر الإشعاع تأثيرًا كبيرًا على المنظومة الحياتية الموجودة فى النظام البيئى، وقد يصل هذا التأثير لدرجة التدمير الكلى للكائنات الحية.

من الإشعاعات الضارة بالخلايا الحية: «الأشعة فوق البنفسجية» والتى تسبب حدوث سرطان الجلد، كما تؤثر على العين، وتأخذ الأعراض فى هذه الحالة شكل احمرار حاد فى العين.

و«الإشعاعات المؤينة» وهى تؤثر على التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا الحية، مما يؤثر على سير العمليات الحيوية بعد ذلك.

تؤثر «الأشعة السينية» (أشعة X) ـ والتى تصدر عن أجهزة الاتصالات المرئية كالتلفاز، عند التعرض لها لفترة زمنية طويلة ـ على الكفاءة الوظيفية لعضلة القلب، والشبكية، كما قد تؤدى ـ فى بعض الأحيان ـ إلى الإصابة ببعض أنواع السرطان.

لقد أضافت التقنيات الحديثة أجهزة عديدة فى مجال الاتصالات تتيح للإنسان أن يعيش الأحداث الكاملة على كوكب الأرض فى لحظة حدوثها، كما تتيح الاتصالات السريعة لمختلف القطاعات وفى مختلف المجالات..

وبالرغم من ذلك فقد أضافت تلك التقنيات مزيدًا من جوانب الاختلال فى المنظومة الخلوية للكائنات الحية، والتى تتمثل فى الموجات والإشعاعات الكهرومغناطيسية التى تصدر عن تلك الأجهزة، وبخاصة التليفون المحمول، والتليفون الناقل للصورة «الفونفوزيون»... إلخ.

تؤثر«الموجات الكهرومغناطيسية» على العديد من العمليات الحيوية داخل الخلايا، والتى تصل إلى درجة استحداث الطفور فى المادة الوراثية نتيجة التأثير على التركيب الكيميائى للدنا الوراثى، والذى يأخذ صورة الاختلال فى عمليات الترابط الكيميائى بين القواعد الآزوتية على طول شريط الدنا الوراثى، مما يغير من تسلسل (ترتيب) القواعد على طول شريط الدنا، مما يؤدى إلى حدوث الطفرات الوراثية، وتغير نظام التعبير الوراثى.

من أخطر أنواع الإشعاع التى يتعرض لها النظام البيئى: «الإشعاع النووى» والذى يتميز بالقدرة التدميرية الفائقة التصور للمنظومة الحياتية، وإحداث العديد من الطفرات الجينية، والتى تنتقل من خلال المورِّثات عبر الأجيال، والذين يمثلون ضحايا الإشعاع النووى.

توجد وسائل عديدة لمقاومة جوانب الاختلال فى النظام البيئى الناتج عن الإشعاع، ومن تلك الوسائل ما يلى:

* حماية طبقة الأوزون الواقية من الأشعة فوق البنفسجية:

وقد تحدثنا عن ذلك فيما سبق.

* استخدام وسائل امتصاص إشعاعى للأشعة الخطرة:

توجد بعض المواد لها القدرة على امتصاص الأشعة، وعدم السماح بنفاذها، وتعتبر تلك المواد ذات أهمية كبيرة للوقاية من الأشعة التى يتعرض لها الإنسان بصورة مستمرة، كالأشعة السينية الصادرة عن أجهزة التلفزة وأجهزة الحاسوب «الكمبيوتر» وغيرها، حيث يتم تصميم ماصات الأشعة فى صورة حائل يوضع على شاشة التلفاز أو الحاسوب، مما يمنع نفاذ الأشعة من خلالها، ويحمينا من التأثير المدمر لها.

ـ عدم التعرض لفترات طويلة للأشعة الخطرة:

تتناسب درجة الخطورة الناشئة عن التعرض لبعض الأشعة مع الفترة الزمنية

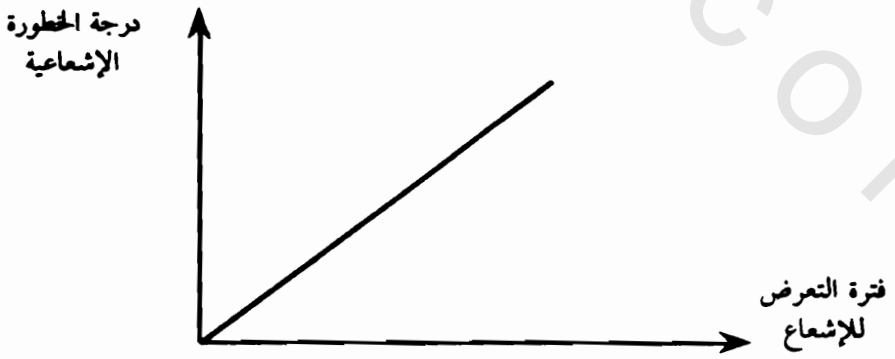
للتعرض لتلك الأشعة.. ويمكن صياغة هذه العلاقة فى الصورة التالية:

درجة الخطورة الإشعاعية ∝ الفترة الزمنية للتعرض الإشعاعى

لذلك فإن تقليل الفترة الزمنية للتعرض الإشعاعى، يساعد بدرجة كبيرة على الوقاية من أخطار الإشعاع.

لقد قيست درجة الخطورة الإشعاعية على بعض حيوانات التجارب «الفئران» عن طريق تعريضها للإشعاع لفترات زمنية مختلفة، كما يتضح من الشكل البيانى التالى:

كما يمكن صياغة العلاقة فى صورة خط مستقيم:



(هـ) مقاومة مسببات الاختلال البيئية الناتجة عن التدخين:

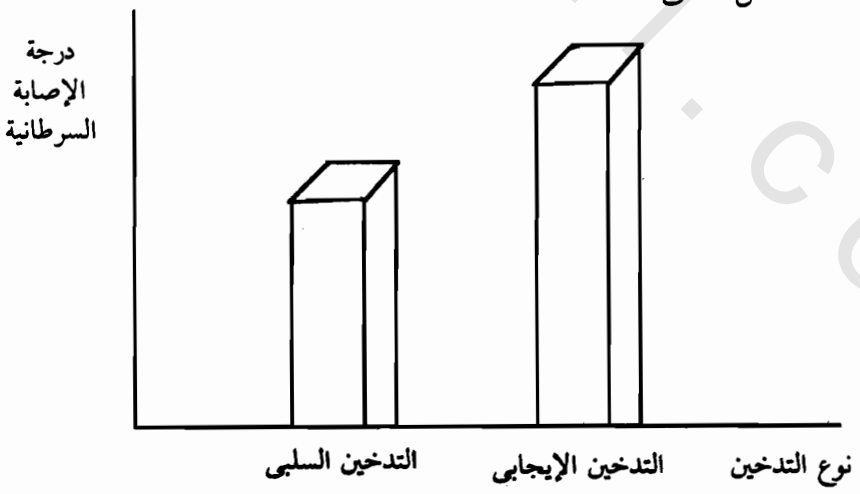
هناك عدة وسائل يمكن اللجوء إليها لتفادى الآثار الناتجة عن التدخين، التى قد تصل لدرجة سرطنة الخلايا، بسبب الإصابة بالعديد من أنواع السرطان، كسرطان الرئة، والمسالك التنفسية، والمثانة، والكلية، والقصبة الهوائية..

ويؤدى التدخين إلى الإصابة بالعديد من الالتهابات المزمنة بالرئة، والقصبة الهوائية، كما يسبب حدوث التجمعات الدموية داخل الأوعية الدموية، مما يؤدى إلى السكتات المخية، والجلطات الدموية، وقد تعرضنا فيما سبق للآثار المترتبة على ذلك.

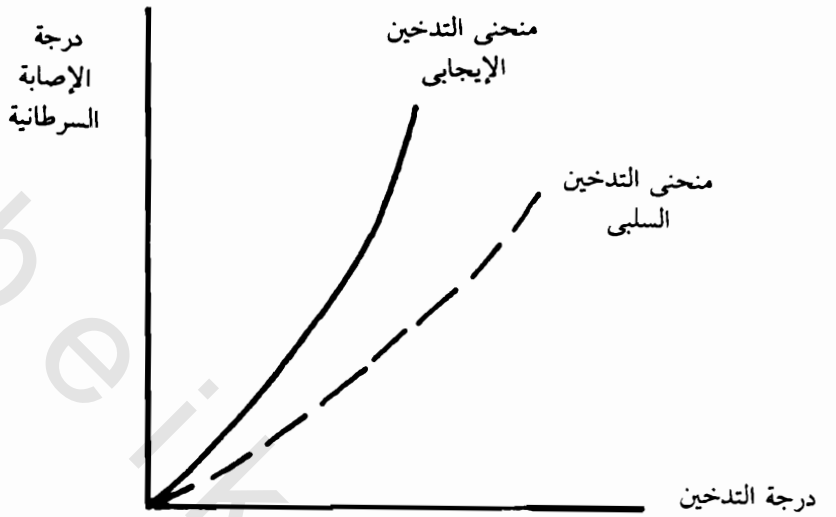
تكمن الوسيلة الأساسية لتفادى حدوث الآثار الناتجة عن التدخين فى الامتناع عن ممارسة التدخين بكل أنواعه.

لا تقتصر وسائل مكافحة التدخين على الامتناع عن التدخين الحقيقى (التناول الفعلى للسجائر وصنوف التدخين الأخرى)، بل يجب أيضًا الامتناع عن التدخين السلبى، والذى يحدث عن طريق التعرض للتدخين عند الجلوس بجوار المدخنين.

تختلف درجة الإصابة السرطانية الناتجة عن التدخين، والتى تصل إلى نسبة (٣٠٪) من التعرض للتدخين الإيجابى، أو التعرض للتدخين السلبى، كما يتضح من خلال الشكل التالى:

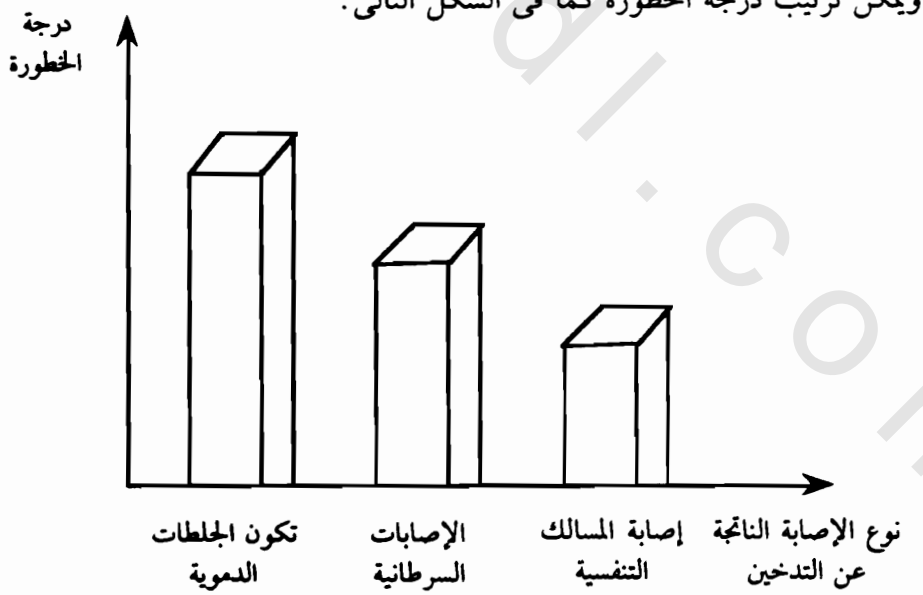


كما يمكن التعبير عن درجة الإصابة من خلال المنحنى البيانى التالى:



يتضح من المنحنى أن درجة الإصابة السرطانية الناتجة عن التدخين الإيجابى تفوق ـ باستمرار ـ درجة الإصابة الناتجة عن التدخين السلبى.

تختلف درجة الخطورة الناتجة عن الإصابات العديدة الناتجة عن التدخين، ويمكن ترتيب درجة الخطورة كما فى الشكل التالى:



(و) مقاومة المسببات الفيزيقية للاختلال فى النظام البيئى:

تتمثل المسببات الفيزيقية للاختلال فى النظام البيئى فى العديد من الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة فى جو الأرض، والتى تؤثر على سير العمليات الحيوية داخل الكائن الحى، كما تؤثر الموجات الصوتية عالية الشدة على كفاءة الجهاز السمعى، وعلى انتظام التكوين الجنينى فى مراحله المختلفة، وغير ذلك العديد من المسببات الفيزيقية.

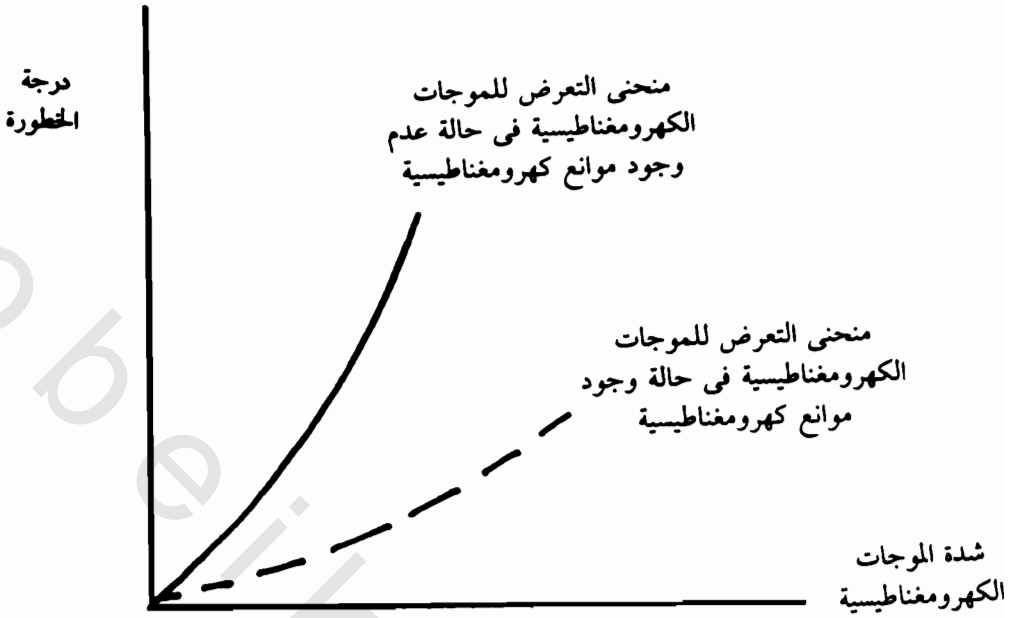
توجد وسائل عديدة لمقاومة حدوث الاختلال فى النظام البيئى الناتج عن المسببات الفيزيقية، والتى نجملها فيما يلى:

ـ استخدام الموانع الكهرومغناطيسية:

يمكن ـ عن طريق تغليف الأجهزة التى يصدر عنها «موجات كهرومغناطيسية» بأغلفة من مواد مانعة لنفاذ الموجات الكهرومغناطيسية ـ منع وصول الموجات الكهرومغناطيسية إلى الجسم، مما يمنع الآثار المترتبة على وصولها.

لقد أثبتت الدراسات التى أجريت لمعرفة تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على بعض حيوانات التجارب عند استخدام الموانع الكهرومغناطيسية، وعند عدم استخدامها، وقد أدت هذه التجارب إلى إثبات كفاءة الموانع الكهرومغناطيسية فى تقليل الآثار السلبية للموجات الكهرومغناطيسية على الخلايا والأنسجة.

يمكن إيضاح الفارق بين التأثير الكهرومغناطيسى على الخلايا فى حالة عدم استخدام موانع كهرومغناطيسية، وفى حالة استخدام الموجات الكهرومغناطيسية من خلال استخدام تقنيات خاصة، ويتم ترجمة هذه القياسات فى صورة منحنيات موجية توضح العلاقة بين الحالتين، ودرجة الخطورة الناتجة فى الحالتين كما فى المنحنى التالى:



ـ دراسة إنتاج أجهزة لا يصدر عنها موجات كهرومغناطيسية:

يصدر عن معظم الأجهزة المستخدمة فى الاتصالات ـ كالتليفون المنزلى، والتليفون المحمول، والفونفوزيون، والتلفاز... إلخ ـ العديد من الموجات الكهرومغناطيسية، مما يشكل خطورة كبيرة على الصحة العامة.

لذلك يدرس العلماء إمكانية إنتاج أجهزة خالية من الموجات الكهرومغناطيسية، مما سيمنع الآثار السلبية الناتجة عن هذه الموجات، وما زالت الدراسات العلمية والتقنوية تجرى لاختيار الوسائل المختلفة لإنتاج مثل هذه الأجهزة، رغم أن ذلك سيستغرق وقتًا طويلاً وجهدًا كبيرًا، إلا أن الأمل فى غد خالٍ من التأثير السلبى المدمر للموجات الكهرومغناطيسية هو الذى يمثل الحافز للعلماء للاستمرار فى التجارب البحثية.. رغم تكاليفها العالية.

ـ إصدار التشريعات التى تحدّ من التلوث الضوضائى:

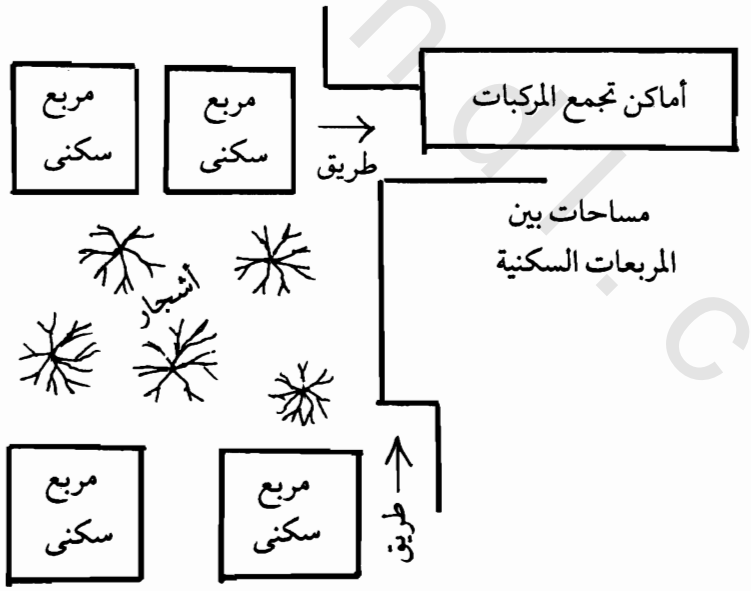
توجد أماكن عديدة تسبب مستوى ضوضائيًا عاليًا مما يؤثر على القدرة السمعية للإنسان، وغيره من الكائنات الحية، ولذلك لابد من وجود تشريعات حازمة لمنع التلوث الضوضائى؛ حتى لا يؤثر ذلك على الكفاءة الحيوية للكائنات الحية.

لابد أن تتسم التشريعات بالإلزامية، والعقوبة الشديدة للمخالفين لهذه التشريعات، رغم أن الالتزام بهذه التشريعات يختلف من مواطن لآخر، ويختلف عند المواطنين فى الدول النامية عن المواطنين فى الدول المتقدمة، ويتوقف ذلك على ثقافة المواطن، ومدى إحساسه بالمسئولية الوطنية.

ـ التخطيط السليم للمدن الجديدة:

يراعى فى تخطيط المدن الجديدة أن تكون أماكن تجمعات المركبات بعيدة عن المناطق السكنية، مما يقلل من التأثيرات الضوضائية على الأجهزة السمعية للكائنات الحية.

وتشترط النماذج التصميمية ذات الأبعاد البيئية للمدن الجديدة ضرورة ترك مسافات محددة حول المربعات السكنية تكون متخلَّلة بالأشجار ومكسوَّة بالغطاء الأخضر، والذى يساعد على امتصاص الملوثات بمختلف أنواعها، وبخاصة الموجات الصوتية ذات الشدة العالية، ويمكننا إبراز ذلك فى النموذج التالى:



موقع سكنى نموذجى

يساهم التخطيط الحديث فى تقليل معدل التلوث الضوضائى، وتأثيراته المختلفة على الأنسجة الحية، مما يحتم على الدول النامية الاتجاه إليه، ويعتبر ذلك ضرورة ملحة للخلاص من التلوث الضوضائى الذى أصبح يمثل عبئًا ثقيلاً على المنظومة الحيوية الموجودة فى النظام البيئى.

(ز) مقاومة مسببات الاختلال البيئى فى التربة:

تتعرض التربة للعديد من جوانب الاختلال فى نظامها البيئى مما يعرِّضها للبوار، ويؤثر ذلك على المردود الاقتصادى للأرض.

توجد صور عديدة للاختلال البيئى فى التربة، وتعتمد تلك الصور على نوع التغير فى التركيب الطبيعى والكيميائى للتربة، ونوع الحبيبات التى تتكون منها التربة، وقوام التربة... إلخ.

من صور الاختلال فى النظام البيئى للتربة: التصحر، وزيادة نسبة الملوحة فى الأرض، وزيادة نسبة القلوية، وتعرض الأرض للجفاف..

ويمكن مقاومة ذلك عن طريق:

١ ـ مقاومة القطع الجائر للأشجار:

يكثر هذا النوع من الجور على النباتات فى الدولة النامية، حيث يحدث قطع جائر على أخشاب الأشجار ونقلها وتصديرها بعد ذلك إلى الدول المتقدمة لاستخدامها فى صناعة السفن والأثاث وسائر الصناعات الخشبية، ثم تصدَّر هذه المصنوعات إلى الدول النامية بأسعار مضاعفة قياسًا إلى أسعار المواد الخام التى صنعت منها.

اتجهت الدول النامية مؤخرًا إلى الحفاظ على ثروتها الخشبية لحين استخدامها بنظام معين ومقنن، بدلاً من إهدارها.

ولتحقيق ذلك ألزمت العديد من الدول المواطنين والشركات العاملة فى تصدير وقطع الأخشاب، بالعديد من التشريعات التى تحد من القطع الجائر للأخشاب، من

أجل الحفاظ على المخزون القومى من الأشجار العملاقة، والتى تؤدى إزالتها إلى تعريض التربة للتعرية، مما يعرض الأرض للتصحر.

٢ ـ مقاومة مسببات التصحر:

تنشأ مشكلة التصحر لوجود أسباب عديدة تؤدى إلى تصحر الأرض، وخلوها من النبات، ومن أخطر هذه الأسباب الرعى الجائر.

يكثر الرعى الجائر فى مناطق الرعى من الكرة الأرضية حيث يقوم به الرعاة المتنقلون والذين لا يؤمنون بوجود خطة لعملية الرعى للمحافظة على الكساء الأخضر من الانقراض.

لابد من وجود تشريعات حازمة للحد من الرعى الجائر، وبخاصة فى الدول النامية، حيث يكثر هذا النوع من الرعى.

لقد نجحت بعض الدول النامية فى إلزام الرعاة بنظام مقنن للرعى يضمن بقاء الكساء الأخضر وعدم تعرضه للانقراض، وذلك من خلال فرض عقوبات شديدة على الرعاة المخالفين لهذه التشريعات.

٣ ـ مقاومة مسببات الجفاف:

تتعرض الطبقة السطحية من التربة (والتى تمثل الوسط الذى يعيش فيه النبات ويستمد منه حاجته من الغذاء والماء) أحيانًا إلى الخلل فى المحتوى المائى لها، والذى يلزم وجوده لتنمو النباتات بمعدل جيد.

يؤدى انخفاض المحتوى المائى للطبقة السطحية من التربة إلى تعريض النباتات النامية فى تلك الطبقة إلى الجفاف، حيث تقل كمية الماء الضرورية لاستمرار العمليات الحيوية داخل النبات من إنبات ونمو وإزهار وإثمار ونضج.

يكون النبات المتعرض للجفاف قصيرًا قزمًا قليل التفرع ضعيف الإزهار والإثمار، كما يتسم بعدم جودة الثمار المتكونة، وتصلُّب قشرتها، وزيادة تركيز المحتوى الكربوهيدراتى فى النباتات السكرية.

تتعرض الطبقة السطحية من التربة للجفاف لأسباب عديدة، منها تعرض المحتوى المائى داخل التربة لقوة شد أكبر بكثير من قوة شد النبات للماء، مما يعرض النباتات للجفاف رغم وجود الماء فى التربة، ويُعرف ذلك« بالذبول الدائم»، والذى نعنى به تعرض النباتات للذبول نتيجة لنقص المحتوى المائى فى التربة، أو تعرُّض المحتوى المائى لقوة شد من حبيبات التربة تفوق قوة شده هو للمحتوى المائى.

يوجد نوع آخر من الذبول يتعرض له النبات يُعرف «بالذبول المؤقت»، والذى ترجع أسبابه إلى التأثير البيئى، حيث يؤدى تعرض النبات إلى بعض المؤثرات البيئية كارتفاع الضغط الأسموزى فى التربة عن الضغط الأسموزى داخل النبات ـ إلى عدم تمكن النبات من امتصاص الماء من التربة رغم توافره بها.

قد يتعرض النبات للجفاف نتيجة وجود طبقات صماء تمنع نفاذ الماء من أماكن التجمعات المائية لينتشر فى مختلف المستويات الحبيبية للتربة، كما تمنع وصوله إلى مستوى انتشار الشعيرات الجذرية مما يعرض النباتات للجفاف.

تعتمد مقاومة مسببات الجفاف ـ والذى يمثل أحد جوانب الاختلال فى النظام البيئى ـ على دراسة الأرض دراسة مكثفة ومستفيضة، وتشمل تلك الدراسة: دراسة كيميائية الأرض وقياس نسبة الملوحة بها، والضغوط الأسموزية، ومقارنتها بقيم الضغوط الأسموزية داخل النبات، ودراسة جيولوجية الأرض ومعرفة تكوينها الصخرى والمعدنى، ودراسة وجود طبقات صماء من عدمه، ودراسة التكوين الكيميائى والفيزيائى للطبقة الصماء فى حالة وجودها.

يراعى فى الدراسة الشاملة للأرض دراسة الجوانب الفيزيائية، والتى تشمل نظام توزيع القوى، وبخاصة قوى الشد للسائل المائى داخل التربة، ومقارنة قيم الشد تلك بقيم الشد للمحتوى المائى داخل النباتات، ودراسة قوام التربة، والذى نعنى به التوزيع الحجمى لحبيبات التربة طبقًا لأقطار تلك الحبيبات، وكيفية تجمع تلك الحبيبات، ودراسة القوى التى تؤدى إلى هذا التجمع.

تفيد تلك الدراسة فى تحديد المسببات المؤدية لحدوث الجفاف، ومن ثم يسهل اختيار وسيلة المقاومة المناسبة.. ومن هذه الوسائل ما يلى:

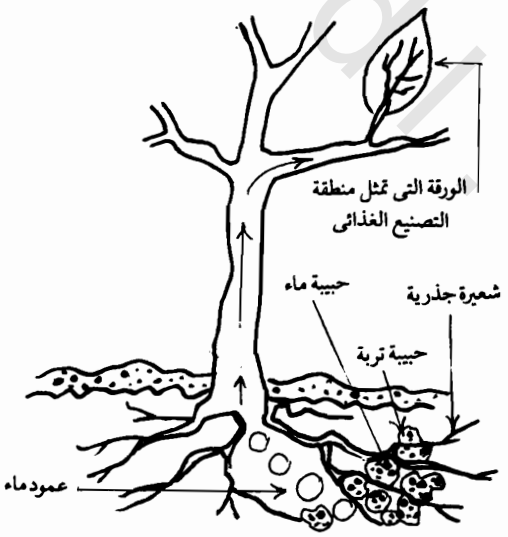
* اختيار مناطق الزراعة المناسبة:

يراعى فى اختيار المناطق الزراعية أن تكون خالية من مسببات الجفاف السابقة، مما يتيح النمو الجيد للنباتات المزروعة، واكتمال نضجها، ويؤدى ذلك إلى رفع درجة الاستفادة من المحصول.

يراعى فى المكان المناسب للزراعة أن يكون خاليًا من الزيادات الملحية التى تؤدى إلى رفع الضغوط الأسموزية للتربة، وأن يكون خاليًا من الطبقات الصماء أسفل سطح التربة، والتى تمنع وصول الماء لمستوى انتشار الشعيرات الجذرية، وأن يوجد اتزان بين قوى الشد التى يتعرض لها المحتوى المائى أسفل سطح التربة، وقوة شد النبات له، ويمكننا التعبير عن ذلك رياضيًا بالصورة التالية:

$$ش١ > ش٢$$

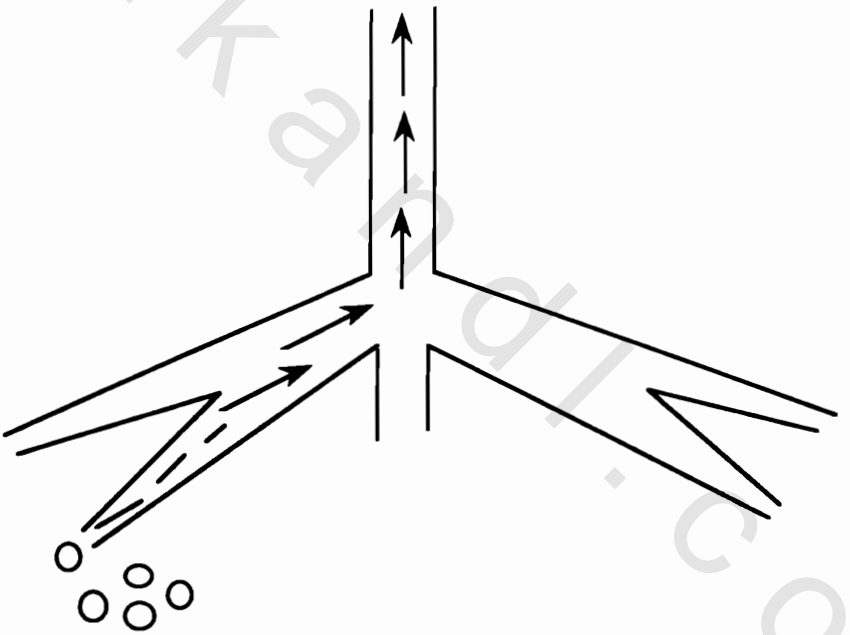
حيث تعنى (ش١) قوة الشد التى يتعرض لها الماء من حبيبات التربة، و(ش٢) قوة الشد التى يتعرض لها الماء من النبات، ويلزم لاستمرار تدفق الماء من التربة إلى النبات أن تكون قوة شد النبات لعمود الماء أكبر من قوة شد حبيبات التربة للماء مما يجعل عمود الماء يسير فى اتجاه واحد من التربة إلى النبات، حيث يصل إلى الورقة لتتم عملية البناء الضوئى وتكوين الغذاء، كما يتضح من الشكل التخطيطى التالى:



* تكسير الطبقات الصماء:

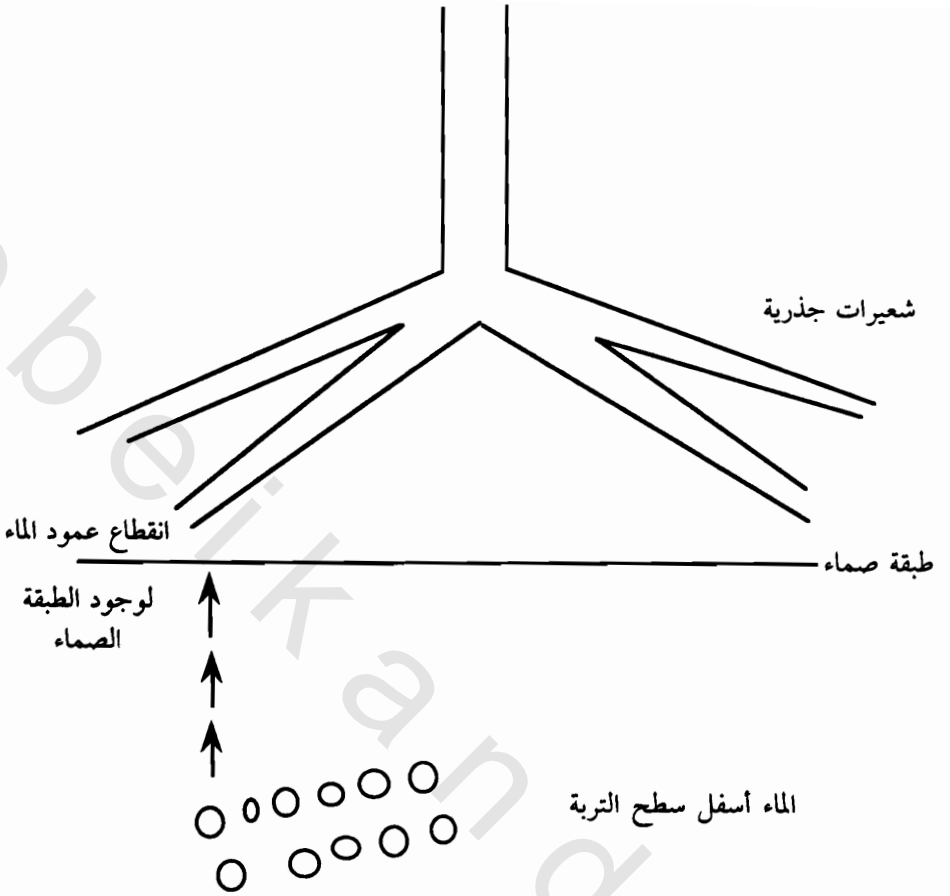
عند وجود طبقات صماء بالتربة تمنع نفاذ الماء من خلالها، فإن ذلك يؤثر على حيوية النباتات النامية فى المنطقة، ويتم التغلب على ذلك بتكسير تلك الطبقات عن طريق أجهزة تستطيع النفاذ إلى أسفل سطح التربة بمستوى محدد يعادل مستوى انتشار الطبقات الصماء، مما ييسر وصول الماء إلى مستوى الشعيرات الجذرية والتى تمثل مستوى الامتصاص الحيوى للنبات. .

ويتضح ذلك من خلال مقارنة الشكلين التوضيحيين الآتيين:



امتصاص الماء فى حالة عدم وجود طبقات صماء

obeikandl.com



تؤثر الطبقة الصماء على امتصاص الماء
من خلال الشعيرات الجذرية

* اختيار نباتات مقاومة للجفاف:

للتغلب على مشكلة تعرض النباتات للجفاف؛ يتم إجراء العديد من التجارب لاختيار النباتات المناسبة للبيئة الجافة، وتتميز نباتات الجفاف بقدرتها على تحمل العطش الشديد عن طريق العديد من التحورات التى توجد بها، والتى ترفع من قدرتها على تحمل العطش.

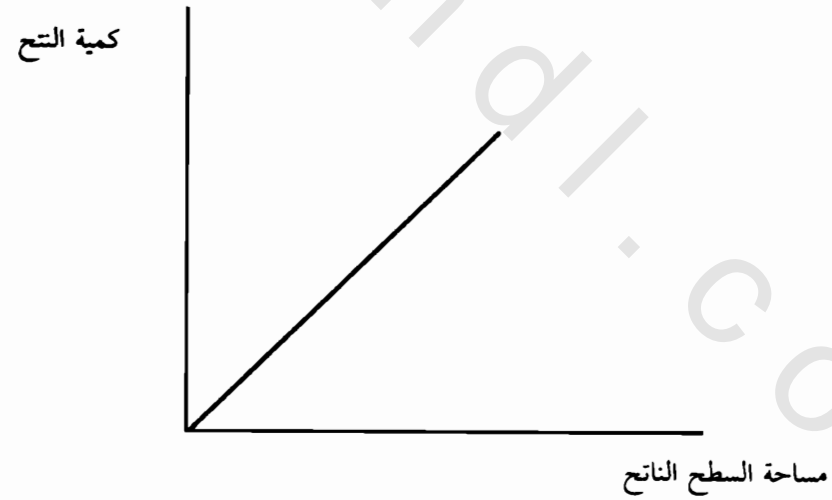
obeikandl.com

من تلك التحورات: وجود الأوراق العصارية التى تختزن بداخلها المياه، ويشابهها فى ذلك تحوُّل بعض أنواع السوق إلى سوق عصيرية كما فى نبات التين الشوكى.

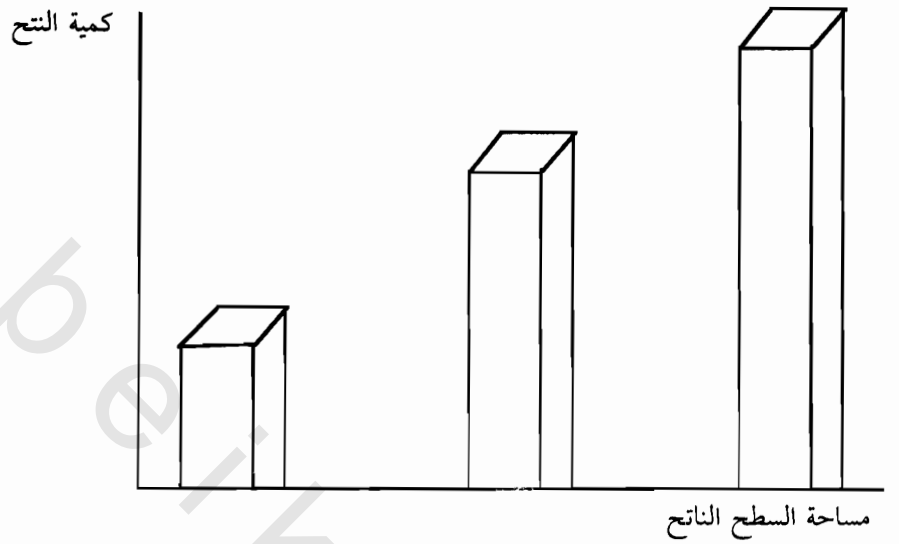
يحدث أحيانًا اختزال فى المجموع الخضرى مع زيادة تعمق الجذور وانتشارها فى الأرض، وتأخذ عملية الاختزال الخضرى تلك صورًا عديدة منها تحول الأوراق العريضة إلى أوراق إبرية، وحدوث تقزم فى الساق، وتقليل التفريع، وذلك بهدف تقليل مساحة سطح النتح الموجودة فى النبات، مما يزيد من قدرة النبات على تحمل الجفاف، حيث تتناسب كمية النتح تناسبًا طرديًا مع مساحة السطح الناتح للنبات، ويمكن صياغة ذلك فى الصورة التالية:

كمية النتح ∝ مساحة السطح الناتح

حيث تعنى هذه العلاقة: تناقص كمية النتح بنقص المساحة الناتحة فى النبات، والتى تتمثل أساسًا فى مساحة الورقة، وباقى المجموع الخضرى، ويمكن التعبير عن ذلك بيانيًا كما يلى:



يمكننا ترجمة الشكل البيانى بصورة أكثر وضوحًا فى الشكل التخطيطى التالى:



٤ ـ مقاومة مسببات الملوحة والقلوية:

تؤدى الملوحة الزائدة فى الأرض إلى خفض قيمتها الحيوية والاقتصادية، حيث يقل معدل امتصاص الماء بواسطة الشعيرات الجذرية بسبب زيادة الضغط الأسموزى داخل التربة عن الضغط الأسموزى داخل النبات.

تقاس درجات الملوحة للتربة بـ «المللى موز»، وتعتبر الأرض مالحة إذا زادت درجة الملوحة عن «٤ مللى موز».

لا تعتبر زيادة الملوحة المشكلة الوحيدة للأراضى، بل تضاهيها فى ذلك زيادة نسبة القلوية فى الأرض مما يؤثر على نمو النباتات فى التربة.

تقاس نسبة القلوية فى الأرض بنسبة وجود عنصر الصوديوم فى الأرض، وتعتبر الأرض قلوية إذا زادت نسبة الصوديوم فى الأرض عن (١٥٪).

من الأسباب التى تؤدى إلى تملح الأرض: الاعتماد على مصدر مياه ذى ملوحة زائدة، مما يؤثر على طبيعة الأرض، ويحولها إلى أرض ملحية مع تراكم الأملاح فيها.

تتعرض بعض الأراضى أحيانًا لرفع درجة ملوحتها بسبب تعرضها لمياه الصرف الزراعى من أراضٍ ملحية مجاورة، حيث تنتقل الأملاح مع مياه الصَرف، مما يؤدى لرفع نسبة الملوحة بالأرض، وتحويلها إلى أرض ملحية.

قد تؤدى الأمطار ذات الملوحة العالية، والتى تسقط بتركيزات ملحية مناسبة، لكن سقوطها على أراضٍ ملحية، أو سلوكها مجارى مائية مالحة بعد ذلك لتحويلها إلى أراضٍ ملحية، مما يؤدى لرفع نسبة الملوحة بالأراضى التى يتم ريها بهذه المياه بعد ذلك.

تعتبر المجارى المائية من أخطر عوامل النقل الملحى من الأراضى الملحية إلى الأراضى غير الملحية، مما يحولها إلى أراضٍ ملحية، وتكمن خطورة المجارى المائية كعوامل نقل ملحى فى امتدادها الكبير، ومرورها فى مناطق مختلفة فى تركيبها الكيميائى، وفى كونها المصدر الأساسى للرى فى معظم المناطق الزراعية فى العالم.

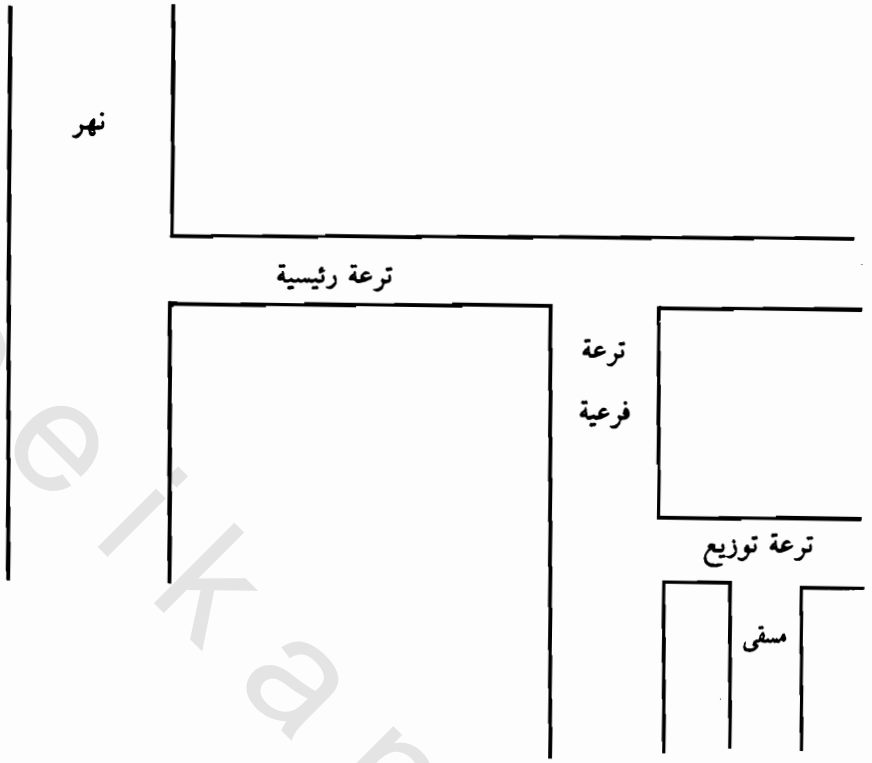
يمكن مقاومة مسببات الملوحة عن طريق وسائل عديدة منها:

*** إقامة مرشحات ملحية فى قنوات الرى:**

تتميز شبكة الرى فى جميع الدول بتكونها من مجموعة من المجارى المائية، التى تنقل المياه، وتتدرج تلك المجارى فى الحجم، والامتداد، ومقدار سعتها المائية.

تبدأ شبكة مياه الرى بالمجرى المائى الرئيسى المتمثل فى الأنهار ثم يتفرع عنه مجارٍ مائية فرعية تُعرف «بالترع الرئيسية»، وتعتبر هذه الترع وسائل نقل وليست وسائل رى، ثم تتفرع الترع الرئيسية إلى «ترع فرعية» لنقل المياه إلى ترع أقل حجمًا وسعة وامتدادًا تُعرف «بترع التوزيع»، والتى تتفرع منها مجارٍ مائية صغيرة تُعرف «بالمساقى»، حيث تعتبر المساقى مجارى مائية للرى.

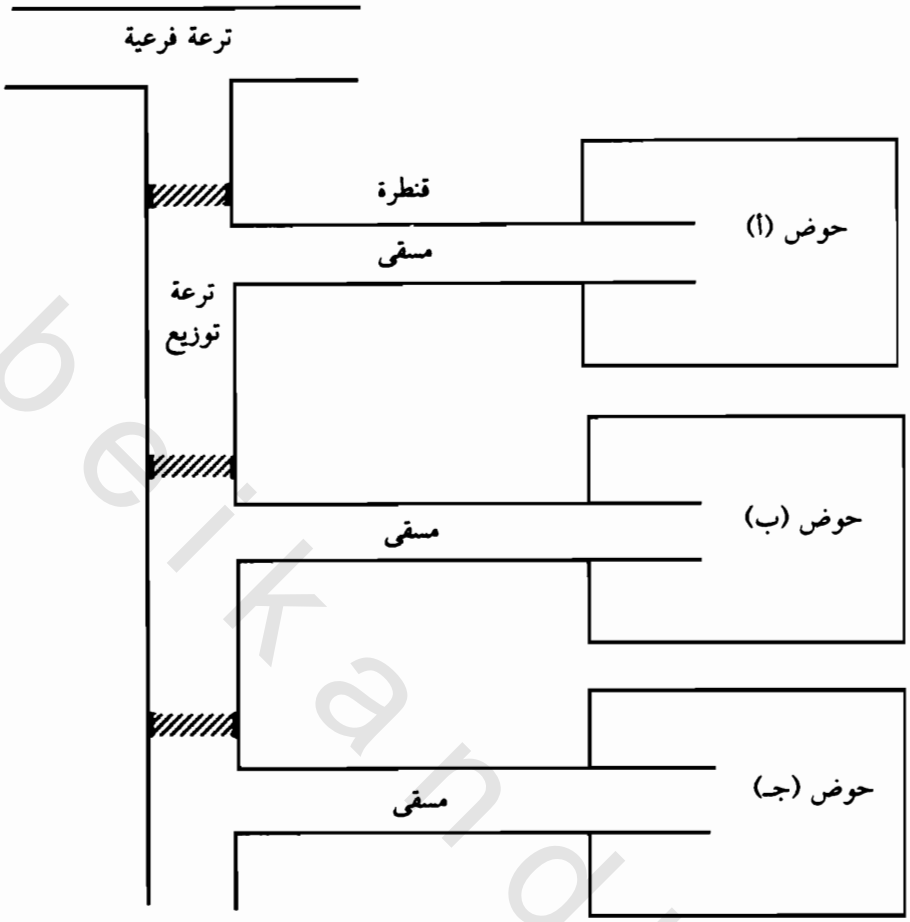
ويمكن إيضاح تصميم شبكة الرى فى الشكل التخطيطى التالى:



نموذج تصميمى لشبكة الرى

تقام العديد من «منظِّمات مرور المياه» على خطوط شبكة الرى، وتُعرف تلك المنظمات «بالقناطر»، حيث يتم فتح وغلق القناطر طبقًا لجداول زمنية ثابتة، يتم من خلالها تنظيم عمليات الرى على الأحواض المختلفة، والتى تتميز باتساع مساحتها، حيث يتم رى بعض الأحواض خلال فترة زمنية معينة، يتم بعدها غلق المجرى المائى الذى يغذى تلك الأحواض، والسماح بمرور الماء فى مساقٍ أخرى تغذى أحواضًا أخرى، وهكذا دواليك.

وتتم عمليات التحكم فى مرور الماء فى مساقٍ دون غيرها عن طريق القناطر، كما يتضح من خلال الشكل التالى:

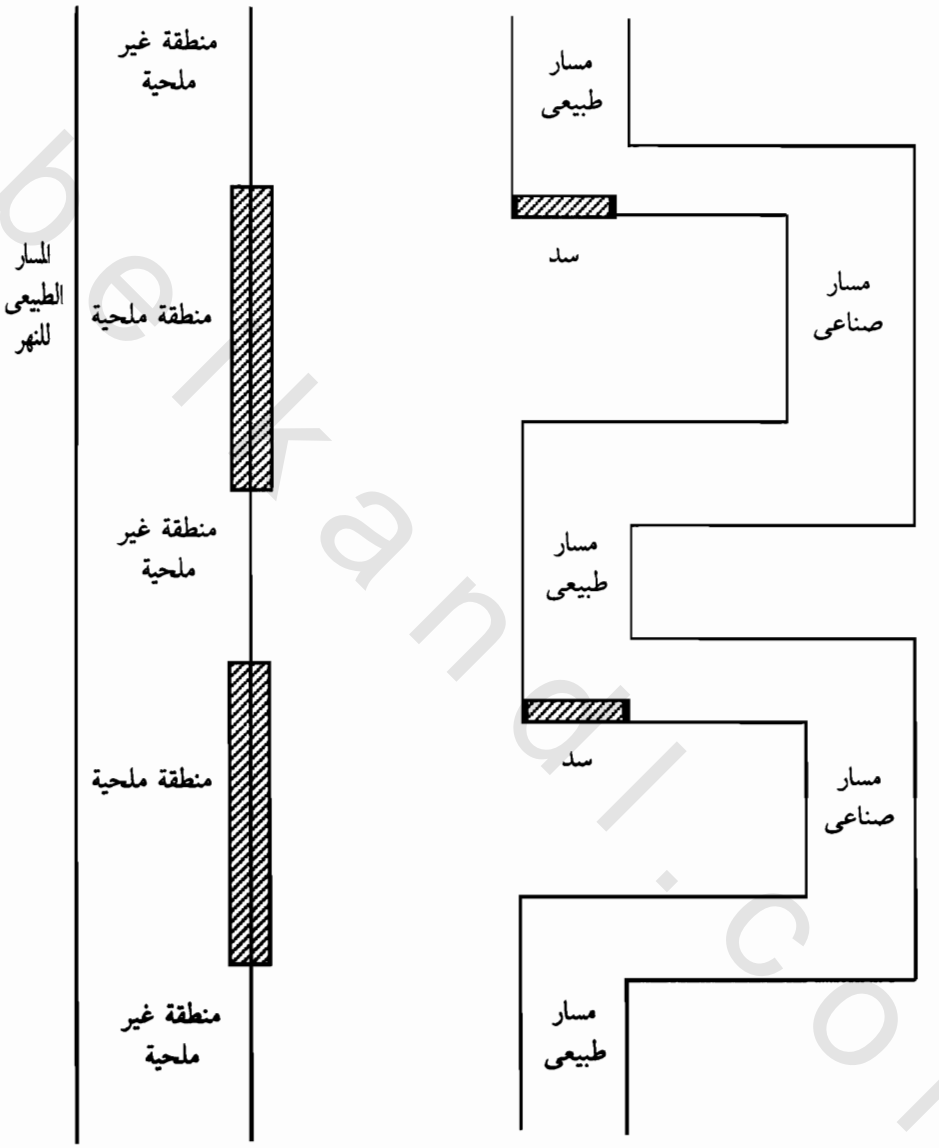


يدرس العلماء إمكانية تركيب مرشحات ملحية لا تسمح بمرور الكميات الزائدة من الأملاح، وتعمل عن طريق أجهزة تحكم حاسوبية «كمبيوتر»، حيث يساعد ذلك فى ضبط كميات المياه التى يتم توزيعها على الأحواض المختلفة.

*** استخدام مسارات مائية صناعية جديدة بدلاً من المسارات الأصلية ذات الطبيعة الملحية:**

لقد أوضحنا من قبل أن المجارى المائية ذات الطبيعة الملحية تعتبر من الأسباب المهمة للتراكم الملحى فى الأراضى، مما يرفع درجة ملوحة التربة، ويؤثر على النباتات النامية فيها.

للتغلب على هذه المشكلة يتم تحويل المسارات الطبيعية للأنهار فى المناطق الملحية، حيث تُستبدل بمسارات صناعية، كما يتضح من الشكل التالى:



شكل يوضح المسارات الصناعية

تستخدم المسارات الصناعية بكثرة فى المناطق شديدة الملوحة، حيث تعتبر حلولاً مُثلى للتخلص من مشكلة الملوحة.

لا تقل مشكلة زيادة القلوية فى الأرض عن مشكلة التملح، وتتم مقاومة مشكلة زيادة القلوية بالتخلص من المواد المسببة للزيادات القلوية، والتى نعنى بها: المركبات الكيميائية المحتوية على عنصر الصوديوم ككربونات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم.

تتم عمليات المقاومة بترشيح مركبات عنصر الصوديوم من المياه التى تحملها عن طريق استخدام المرشحات الصوديومية، كما ينبغى تحويل مسارات المجارى المائية إذا ثبت مرورها على مناطق مشبعة بكربونات وبيكربونات الصوديوم، وذلك من خلال المسارات الصناعية كتحويلات جيدة للمسار الطبيعى، بما يضمن منع أية زيادات صوديومية فى التربة.

٥ ـ زراعة مصدَّات الرياح:

تؤدى الرياح الشديدة إلى تعرية التربة، ولمقاومة ذلك تتم زراعة أشجار ضخمة لتقليل سرعة الرياح الشديدة، وتُعرف هذه الأشجار «بمصدات الرياح»، وتساعد مصدات الرياح فى الوقاية من عوامل التعرية لسطح التربة، والتى تؤدى إلى نقل الطبقة الخصبة والتى تتميز بنشاط حياتى عالٍ للكائنات الحية الدقيقة.

من الأشجار المستخدمة كمصدات للرياح: أشجار الكافور، والكازورينا، وغيرها من الأشجار التى تتميز بما يلى:

* **الطول المفرط.**
* **النمو المتشابك الكثيف.**
* **الضخامة ومتانة التكوين النسيجى.**
* **مدى التحمل الكبير.**
* **طول فترة العمر والبقاء فى الأرض.**

(ح) مقاومة المسببات البيولوجية للاختلال فى النظام البيئى:

تسبب العديد من الكائنات الحية جوانب اختلال عديدة فى النظام البيئى، وبخاصة فى المنظومة الحياتية، حيث تصيب الميكروبات العديد من الكائنات الحية بالكثير من الأمراض، والتى تدمر البنية الخلوية للكائنات الحية، وقد تعرضنا ـ فيما سبق ـ للعديد من الأمراض التى تسببها الميكروبات، كما تعمل بعض الميكروبات على إفساد الأطعمة والمشروبات، وفى بعض الأحيان تؤدى إلى تسممها.

تشترك «عمليات المقاومة للمسببات البيولوجية للاختلال فى النظام البيئى» فى توفير بيئة نظيفة غير مناسبة للنمو الميكروبى، مما يؤثر على النشاط الحيوى للميكروبات، وتقوية وتنشيط الجهاز المناعى للكائن المصاب؛ مما يعمل على تدعيم قدراته المناعية للتخلص من الميكروبات المسببة للأمراض.

وسوف نكتفى ـ فى كتابنا هذا ـ بالإشارة فقط إلى المسببات البيولوجية للاختلال فى النظام البيئى، وسوف نفرد لذلك كتابًا مستقلاً نظرًا لأهمية وخطورة هذه المسببات البيولوجية.

obeikandl.com

الفصل الرابع

المعالجات البيئية التقليدية والجينية

obeikandl.com

obeikandl.com

سنوضح فى هذا الفصل من الكتاب كيفية مقاومة حدوث الاختلال فى النظام البيئى المتزن، وسنتعرض أيضًا لاستخدام العديد من المعالجات، التى تؤدى إلى إزالة الاختلال القائم فى النظام البيئى، ومن ثم فعمليات المقاومة تهدف إلى منع حدوث الاختلال فى النظام البيئى قبل أن يقع، بينما تهدف عمليات المعالجة إلى إزالة الخلل فى النظام البيئى بعد حدوثه.

تزيد عمليات المقاومة على عمليات المعالجة فى الأهمية النسبية للحفاظ على نظام بيئى متزن، إذ يمكننا من خلالها منع حدوث الاختلال قبل وقوعه، ومن ثم نتلافى العديد من الأضرار المحتملة، كما أن عمليات المقاومة أقل تكلفة وتعقيدًا وأكثر انتشارًا من عمليات المعالجة، وهذا لا يقلل من الأهمية الحيوية للمعالجات البيئية؛ فهى تمثل الوسيلة الأساسية للتخلص من الاختلال البيئى بعد حدوثه.

يمكننا تصنيف المعالجات البيئية إلى «معالجات بيئية تقليدية» والتى نستخدم فيها وسائل تقليدية للحفاظ على النظام البيئى المتزن كاستخدام المركبات الكيميائية الدوائية والأعشاب الطبية لتخليص المنظومة الحياتية ـ المشتملة على العديد من الكائنات الحية غير المرضية ـ من الكائنات الحية المرضية، واستخدام مواد كيمياوية لإعادة لحام طبقة الأوزون، وعمليات الغسيل للأراضى الملحية والقلوية لتخليصها من آثار الملوحة والقلوية الزائدة، مما يجعلها صالحة لعمليات الإنبات والنمو والتزهير والنضج، واستخدام الوسائل الزراعية الحديثة فى مجال الرى، كالرى بالتنقيط والرش فى البيئة الجافة، والتى تقل فيها كمية المياه.

النوع الآخر من المعالجات هو «المعالجات الجينية» والتى تعتمد على استخدام

بعض أنظمة التحوير الجينى للأطقم الوراثية لتعديل الخلل القائم فى الاتزان الموجود فى النظام البيئى، وبخاصة فى المنظومة الحياتية.

كما يمكن استخدام بعض الكائنات المحورة جينيًا لإزالة التلوث النفطى لمياه البحر، وتلوث المياه فى مواسير التغذية المائية للمناطق السكانية، كما يمكن استخدام بعض الكائنات المحورة جينيًا فى إزالة التراكمات داخل مواسير حمل مخلفات الصرف الصحى، واستخدام أنواع بكتيرية لإزالة نواتج الاحتراق غير الكامل من السيارات والمصانع، والملوثات الكيمياوية الموجودة بالهواء.

لقد أضافت المعالجات الجينية حلولاً مُثلى للاختلال فى النظام البيئى القائم، لكنها عمليات معقدة وتحتاج إلى تكاليف عالية وأطقم بحثية مدربة بكفاءة لتنفيذ تلك التقنيات.

يمكننا المقارنة بين النوعين من المعالجات كما فى الجدول التالى:

المعالجات التقليدية	المعالجات الجينية
ـ أقل تعقيدًا.	ـ أكثر تعقيدًا.
ـ ذات تكلفة غير عالية.	ـ ذات تكلفة عالية.
ـ تحتاج إلى خبرة فنية جيدة.	ـ تحتاج إلى خبرات فنية عالية.
ـ ذات كفاءة علاجية جيدة.	ـ ذات كفاءة علاجية مُثلى.

من المعالجات التقليدية ما يلى:

١ ـ استخدام المعالجات الكيمياوية:

يتم استخدام المواد الكيميائية المخلقة لتدمير مسببات الاختلال فى النظام البيئى على المستوى الحياتى، وغير الحياتى.

توجد العديد من المواد الدوائية المستخدمة لعلاج العديد من الأمراض، مما

يساعد على إعادة وضع الاتزان للنظام البيولوجى القائم، وقد يؤدى استخدام المواد الدوائية إلى آثار جانبية بجانب فوائدها فى ضبط النظام البيئى القائم.

توجد اتجاهات بحثية جادة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيمو بيئية ـ والتى تركز أبحاثها على استخدام المعالجات الكيميائية لإعادة التوازن البيئى إلى وضعه الطبيعى ـ لاستخدام بعض المواد الكيمياوية لتتفاعل مع الملوثات الكيمياوية الموجودة فى الجو، والتى تمثل مسببات اختلال سيئة للنظام البيئى.

تتفاعل المواد الكيمياوية مع المواد الكيميائية الخطرة بيئيًا، حيث تتحد معها مكونة مواد كيميائية جديدة غير خطرة على النظام البيئى، مما يعطينا الأمل فى أن نعيش فى جو خالٍ من الغازات الكيمياوية، والتى تمثل خطورة على صحة الكائنات الحية، وبخاصة الإنسان.

رغم أن استخدام المعالجات الكيمياوية من أجل إزالة التلوث الكيمياوى فى الجو ما زال فى مرحلة التجارب الأولية، وما يزال أمامه الكثير من الوقت لتعميمه، لكن الأمل معقود عليه للتخلص من الملوثات الكيمياوية.

لقد أصبح استخدام المعالجات الكيمياوية يمثل الركيزة الأساسية فى معامل البحوث الكيمو بيئية، ويحاول الباحثون فى تلك المعامل تطوير أبحاثهم للوصول إلى تقنيات كيمو بيئية جديدة لمعالجة الاختلال فى النظام البيئى.

من أحدث الدراسات الكيمو بيئية المقترح تنفيذها بعد نجاح التجارب الأولية لها: استخدام المواد الكيميائية لإعادة لحام الثقوب المتكونة بطبقة الأوزون، والتى كانت سببًا مباشرًا فى اختراق الأشعة فوق البنفسجية لجو الأرض وإحداثها لسرطان الجلد، ورفع درجة الحرارة على سطح الأرض.

يتم إعداد الخلطات الكيميائية اللاحمة فى المعامل الكيمو بيئية، ثم يتم تحميلها على رؤوس صاروخية مصممة هندسيًا كحوامل لتلك المواد، ثم يتم إطلاق تلك الصواريخ بما تحمله من الخلطات الكيميائية اللاحمة، من منصات إطلاق تعمل عن

طريق وحدات تحكم حاسوبية، حيث يساعد ذلك فى وضع الحمولات الكيمياوية على الصواريخ المنطلقة فى مكان الثقوب الأوزونية الحادثة، من خلال برامج توجيه حاسوبية معدة سلفًا، ومشفر بها المسافات التى ستتحركها الصواريخ، وموضع ثقب الأوزون، ومساحته، وعدد الثقوب الموجودة.

يتم متابعة انطلاق الصواريخ وإفراغ حمولتها فى المكان الصحيح الذى تم التوجيه إليه، من خلال أجهزة رقابة إلكترونية فائقة العمل، منعًا لحدوث أخطاء فى عمليات ومراحل تنفيذ عملية اللحام الأوزونى باستخدام المواد الكيمياوية.

يراعى فى الخلطات الكيميائية المعدة فى المعامل الكيمو بيئية ألا تتفاعل مع أى مركب كيميائى فى الطبقة الأوزونية، وأن تكون ذات كفاءة بنائية عالية، مما يسمح ببناء وترميم الثقوب الأوزونية المتكونة بما يتلاءم مع التركيب الكيميائى لتلك الثقوب، ويمكننا إيضاح تلك التقنية فى الشكل التخطيطى التالى:

تصنيع الخلطات الكيمياوية معمليًا

↓

إجراء التجارب الأولية
لاختبار فاعلية الخلطات الكيمياوية
من خلال عمليات المضاهاة الأوزونية

↓

تحميل الخلطات الكيمياوية على
رؤوس صاروخية تعمل من خلال
وحدات تحكم وفقًا لبرامج معدة من قبل

↓

إطلاق الصواريخ المحملة بالخلطات الكيمياوية

↓

متابعة عمليات الإطلاق
وما بعد عمليات الإطلاق
من خلال أجهزة رقابة عالية المستوى

↓

وضع الخلطات الكيمياوية فى مكانها
الصحيح من طبقة الأوزون

↓

التحام الرقع الكيمياوية «الخلطات» مع باقى
مكونات الطبقة الأوزونية فى موضع الثقب

↓

اكتمال ترميم الثقوب الأوزونية

٢ ـ استخدام الأعشاب الطبية كمعالجات مرضية:

منذ أن نزل الإنسان إلى الأرض، وهو يكابد ويعانى، ويصارع لكى يعيش فى النظام البيئى الذى يحتوى على العديد من الموجودات الحية وغير الحية، والتى تتفاعل جميعها معًا لتشكل فى النهاية منظومة بيئية مستقرة، لكن وضع الاستقرار لهذه المنظومة لا يستمر، حيث تتفاوت عناصر النظام البيئى فى قدراتها، ومن ثم تختلف فى تأثيرها على دائرة التفاعل البيئى المستمرة بين مختلف عناصر البيئة.

لقد تعرَّض الإنسان للعديد من الأمراض التى تسببها العديد من الميكروبات التى تعيش معه فى النظام البيئى.

لذلك لجأ الإنسان إلى استخدام الأعشاب الطبية فى عملية المداواة، وتتميز الأعشاب الطبية بانخفاض الآثار الجانبية لها، مما شجع كثيراً على العودة مرة أخرى لاستخدام الأعشاب الطبية، وبخاصة بعد أن ثبت وجود تأثيرات جانبية عديدة سيئة لاستخدام المواد الكيمياوية الدوائية.

ومن الأعشاب الطبية المستخدمة لعلاج العديد من الأمراض ما يلى:

العشب الطبى	الاستخدام العلاجى له
* عين القط «الفينكاروزا»	ـ علاج مرض اللوكيميا، وورم ويلم وليمفوما بيركت.
* الكورارى	ـ ارتخاء العضلات أثناء الجراحة.
* الديجتالس	ـ علاج هبوط القلب الاحتشائى.
* الراوليثيا الثعبانية	ـ علاج ضغط الدم المرتفع.
* الدحلاج	ـ علاج مرض النقرس.
* لوبيا كلابار	ـ علاج أمراض العيون.
* السواك	ـ علاج تسوس الأسنان. ـ علاج أمراض السرطان. ـ حماية اللثة من الالتهاب.
* البازيلا	ـ منظم للنسل.
* الأفدار الصينى «ماهوانغ»	ـ علاج الربو.
* نبات عرق الذهب «الأبيكاك»	ـ تنظيف الرئتين والقصبات الهوائية.
* جذور نبات العرقسوس	ـ علاج القرحة المعدية.
* الطرفة	ـ علاج التهابات الحالب.
* اللصف	ـ مدر للبول، ويستخدم أيضًا فى علاج حالات الحمى والآلام الصدرية.

* الجعدة	ـ علاج الاضطرابات المعوية والمعدية. ـ مضاد للجدرى. ـ مقوٍّ للجسم عند الإصابة بالجروح.
* هاندكواك	ـ ملين عام.
* العتر	ـ علاج اضطرابات القناة الهضمية.
* ريبجان	ـ مضاد لسم العقرب. ـ مفيد فى حالات النزلات المعوية. ـ مسكن للآلام المعوية.
* السكران	ـ مسكن لآلام المثانة. ـ علاج الكحة.
* رتم	ـ غسيل لالتهابات العين. ـ علاج الإسهال.
* لبيد	ـ علاج الالتهابات.
* شوك الجمل	ـ مدر للبول. ـ مسهل فى الولادة. ـ علاج ضغط الدم. ـ علاج أمراض الكبد.
* الكركديه	ـ علاج ارتفاع ضغط الدم.

٣ ـ استبدال الطبقة الأوزونية بطبقات صناعية مشابهة:

يدرس العلماء حاليًا ـ وبجدية ـ تصنيع طبقات مشابهة فى تركيبها لطبقة الأوزون، حيث سيتم الدفع بهذه الطبقات كوسائل حماية إضافية، لكى تمنع اختراق الأشعة فوق البنفسجية لجو الأرض.

ستوفر الطبقات الأوزونية الصناعية مزيدًا من الحماية لجو الأرض، مما يزيد من معامل الأمان لكل الكائنات الحية التى تعيش على سطح الأرض.

تحتاج الطبقات الأوزونية المصنعة إلى عمليات أقلمة دقيقة، حتى لا تؤدى إضافة هذه الطبقات الصناعية إلى حدوث كارثة بيئية، تتمثل فى تفاعل المكونات الكيميائية للطبقات الصناعية مع مكونات الطبقة الأوزونية الأصلية، أو مع غيرها من مكونات طبقات الغلاف الجوى.

تمثل الطبقات الصناعية الأوزونية حلولاً مُثلى للتغلب على مشكلة الثقوب الأوزونية.

٤ ـ عمليات الغسيل للأراضى الملحية:

تزيد درجة الملوحة فى الأراضى الملحية على (٤ مللى موز) مما لا يسمح بنمو النباتات وإتمام عملياتها الحيوية من نمو وتزهير وإثمار ونضج، حيث لا تستطيع امتصاص ما تريده من احتياجات مائية.

ولذلك لابد من التخلص من الملوحة الزائدة حتى لا تتعرض الأرض للبوار، وتتم عمليات إزالة الملوحة الزائدة من الأرض بغسيلها جيدًا عن طريق غمرها بالماء ثم تركها لتجف، ثم يعاد غمرها بالماء مرة ثانية، وهكذا دواليك.

يتم أخذ عينات من الأرض بعد إجراء عدد محدد من مرات الغسيل، حيث تجرى تحليلات كيميائية لمكونات تلك العينات، مع مراعاة التقدير الكمى للأملاح الموجودة بالعينة، ومقارنة تلك الكميات بالكميات المقاسة والمسجلة فى جداول كقياسات مثالية يؤدى تجاوزها إلى إصابة الأرض بالتملح (زيادة درجة ملوحتها).

قد تضاف مواد كيميائية مع مياه الغسيل لتتفاعل مع الأملاح الموجودة فى الأرض، مما يقلل من كمية الأملاح بالأرض، وتحويلها إلى أرض صالحة للزراعة.

٥ ـ عمليات الغسيل المكربن للأراضى القلوية:

تتميز الأرض القلوية بزيادة نسبة الصوديوم عن (١٥٪) من النسبة الكلية لباقى المكونات العنصرية فى التربة.

لا تصلح الأراضى القلوية للزراعة، لتأثير الزيادة من عنصر الصوديوم على كفاءة العمليات الحيوية داخل النبات، مما يسبب خسارة فادحة للمحاصيل الزراعية.

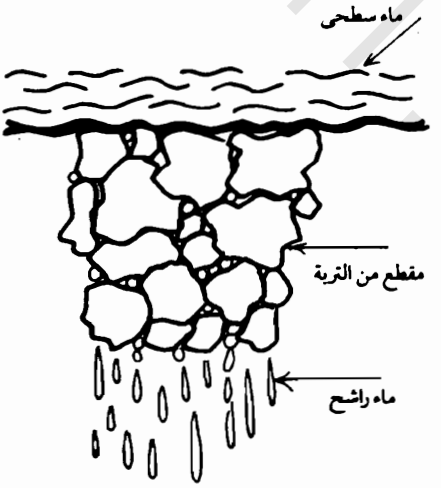
لذلك لابد من إعادة الأرض لوضعها الطبيعى بإزالة القلويات الزائدة فى الأرض، ويتم ذلك عن طريق غمر الأرض بالمياه مع إضافة كربونات الكالسيوم مع مياه الغسيل، حيث تتفاعل الكربونات كشق أنيونى مع الصوديوم كشق كاتيونى، ليتكون ملح جديد، ومن ثم نمنع الوجود المفرد لعنصر الصوديوم فى التربة، ويعاد النظام البيئى للأرض إلى وضع الاتزان، وتصبح الأرض صالحة للزراعة.

٦ ـ استخدام وسائل الرى الحديثة:

تتعرض بعض أنواع الأراضى للجفاف، مما يجعلها غير صالحة للزراعة، ويُحدث ذلك اختلالاً فى النظام البيئى القائم، مما يؤثر على المنظومة الحياتية الموجودة فى النظام البيئى.

ولكى تستمر عمليات الزراعة فى الأراضى الجافة لابد من رعايتها بطريقة خاصة، ولاسيما فى الاحتياجات المائية لها.

من أهم جوانب تلك الرعاية: تقليل الفاقد من كميات المياه، وذلك عن طريق استخدام وسائل رى حديثة تكفل للنبات أن يأخذ احتياجاته المائية فقط، مع توفير كميات المياه التى تضيع وتنجرف على سطح الأرض، وكميات المياه التى تهبط إلى أسفل كماء راشح، كما يتضح من الشكل التالى:



يبقى بعض الماء فى المقطع المأخوذ من التربة، والذى يمثلها تمامًا بعد الماء الراشح الذى يهبط إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية.

لا يكون جميع الماء الموجود فى التربة بعد الماء الراشح ممسوكًا بنفس القوة، حيث يكون الماء الملامس للحبيبات المكونة للتربة ممسوكًا بقوة كبيرة، ويُعرف «بالماء الهيجروسكوبى»، ولا يستطيع النبات الاستفادة من هذا الماء نتيجة لارتباطه بقوة كبيرة تفوق قوة شد الماء له.

يلى الماء الهيجروسكوبى: «الماء الشعرى» الذى يرتبط بقوة أقل من القوة المرتبط بها الماء الهيجروسكوبى، ويرتفع الماء الشعرى خلال المسافات الشعرية ليصل إلى مستوى الماء الشعرى حيث يتم امتصاصه والاستفادة منه.

يقل «الماء الميسر» للنبات لكى يمتصه، والذى يمثل كمية الماء عند السعة الحقلية مطروحًا منه كمية الماء عند نقطة الذبول، كما فى المعادلة التالية:

الماء الميسر = الماء عند السعة الحقلية ـ الماء عند نقطة الذبول

ونتيجة لعدم توافر الاحتياجات المائية بالقدر الكافى الذى يلزم لنمو النباتات بالصورة الطبيعية نلجأ إلى استخدام طرق رى حديثة توفر كميات كبيرة من مياه الرى، ومن تلك الطرق ما يلى:

ـ طريقة الرى بالرش:

تعتمد طريقة الرى بالرش على مرور الماء فى شبكة من المواسير تنتهى برشاشات لرش المياه على النباتات النامية، ويتم التصميم الهندسى لشبكة الرى بالرش بحيث تكون المسافات منتظمة بين الرشاشات بما يضمن التوزيع العادل للمياه على كل أجزاء الحقل، وقد يكون الرشاش ثابتًا، وقد يكون متحركًا على عجل، أو أى وسيلة أخرى.

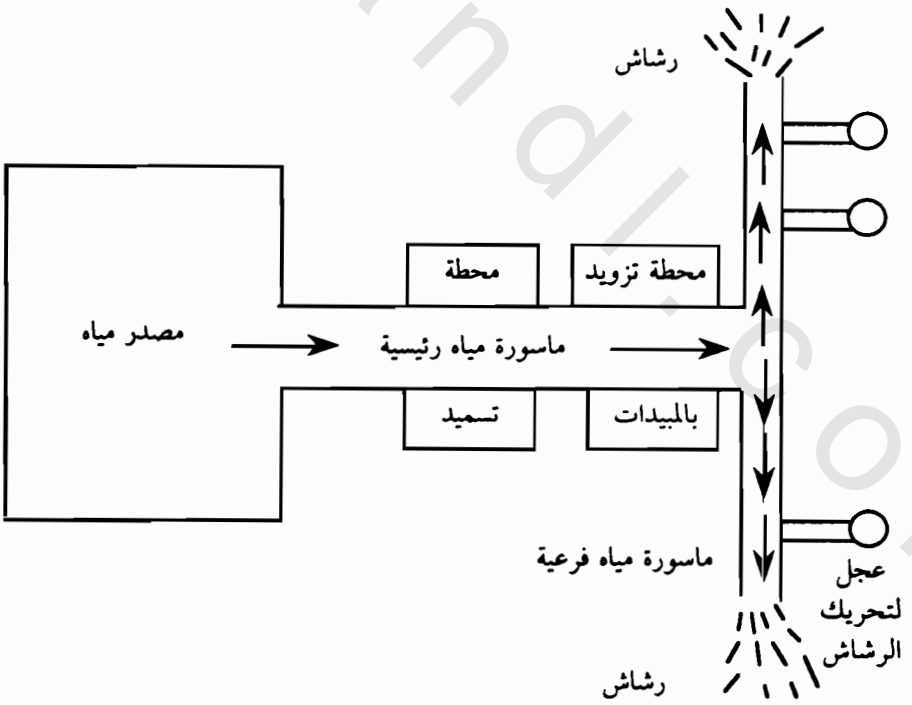
تساعد طريقة الرى بالرش على التخلص من الحشائش حيث لا تأخذ احتياجاتها الكافية من المياه بما يسمح لها بالنمو، كما تنتظم عمليات الإنبات لانتظام توزيع المياه على جميع النباتات الموجودة فى الحقل.

يمكن إضافة الأسمدة بأنواعها المختلفة والمبيدات الكيمياوية مع ماء الرى ليتم توزيعها على جميع النباتات، مما يساعدنا كثيرًا على زيادة خصوبة التربة ومقاومة انتشار الآفات بسهولة.

تتم عمليات التغذية بالأسمدة عن طريق مرور المياه على محطة تسميد، حيث يضاف السماد بكميات محددة ومحسوبة، أما عمليات إضافة المبيدات الكيمياوية فتتم بمرور المياه على محطة تزويد للمبيدات، حيث تتم إضافة النسب المحددة من المبيدات المناسبة للمحاصيل المزروعة والآفات التى تهاجمها.

من سلبيات استخدام نظام الرى بالرش تشبع جو المزرعة بالرطوبة مما يؤدى إلى إصابة النباتات بالعديد من الأمراض الفطرية، كما تتعرض الرشاشات كثيرًا للانسداد.

توجد نماذج تصميمية عديدة لشبكات الرى بالرش، لكن كلها تشترك فى ملامح تصميمية معينة نوضحها فى النموذج التالى:



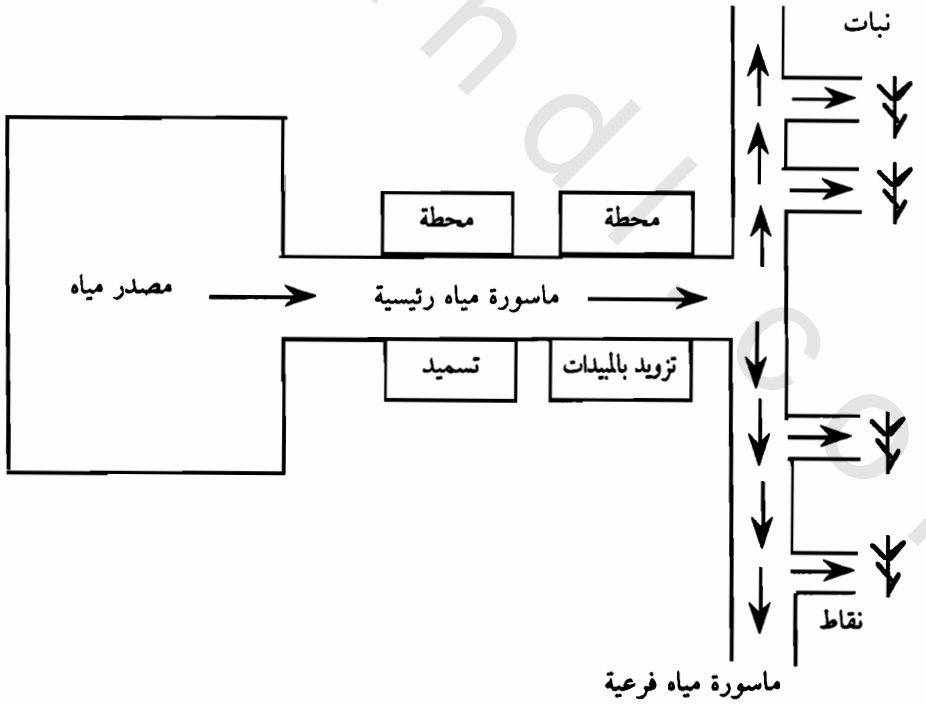
ـ طريقة الرى بالتنقيط:

يصل الماء إلى كل نبات على حدة من خلال شبكة معدة لذلك تُعرف «بشبكة الرى بالتنقيط» حيث يأخذ كل نبات احتياجاته المائية من «نَقَّاط» خاص به، ويتم توزيع «النقّاطات» بانتظام على مسافات ثابتة، تمثل نفس المسافات التى تفصل بين النباتات فى المزرعة.

يتم غلق وفتح «النقّاطات» ـ وبخاصة فى الدول المتقدمة ـ عن طريق أجهزة تحكم ذاتية، بواسطة برامج حاسوبية محمَّل عليها كل المعلومات الخاصة بعدد الريَّات ومواعيدها وكمية المياه التى يحتاجها كل نبات.

تزوَّد شبكة الرى بالتنقيط بمحطة تسميد لتزويد المياه بالأسمدة اللازمة لزيادة نمو النباتات، كما تزوَّد الشبكة بمحطة تزويد للمبيدات الحشرية، والتى يمكن عن طريقها مقاومة الآفات التى تصيب النباتات.

يمكننا إيضاح تركيب شبكة الرى بالتنقيط فى الشكل التخطيطى التالى:



من الإيجابيات الموجودة فى طريقة الرى بالتنقيط: التخلص من الرطوبة الزائدة فى جو المزرعة، مما يساعدنا كثيراً على التخلص من الأمراض الفطرية، والتى كان انتشارها أحد عيوب طريقة الرى بالرش.

ويمكن إضافة المبيدات والأسمدة إلى المياه، مما يساعد كثيراً فى انتظام توزيع هذه المواد على النباتات.

توفر طريقتا الرى بالرش والرى بالتنقيط كميات كبيرة من المياه، تتيح الزراعة فى الأراضى الجافة حيث يأخذ كل نبات احتياجاته فقط.

٧ ـ تحلية مياه البحار:

لقد أصبحت مشكلة المياه تمثل أخطر المشكلات التى يواجهها العالم اليوم، فحصص العديد من الدول من مياه الأنهار لا تكفيها، مما أصبح يتهدد الكثير من الأراضى بالبوار، وللحيلولة دون بوار الأراضى كان لابد من حلول بديلة لتوفير المياه.

استعانت بعض الدول بالمياه الجوفية والموجودة فى شكل تجمعات مائية أسفل سطح التربة، لكن المياه الجوفية لا تكفى لزراعة مساحات كبيرة تكفى لإطعام ملايين الجوعى فى العالم.

لذلك اتجه العلماء إلى استغلال المخزون المائى الموجود فى البحار والمحيطات، والذى يمثل ما يقرب من (٩٠٪) من مجموع المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية، والتى تمثل (٧٥٪) من مساحة الأرض.

لا يمكن فى الحالة الطبيعية استخدام مياه البحار والمحيطات فى رى النباتات، حيث تتميز بملوحتها العالية، رغم وفرتها الكبيرة، لذلك كان الاتجاه البحثى لتحلية مياه البحار والمحيطات، والذى نقصد به نزع الأملاح من المياه ليتم تحويلها من مياه مالحة إلى مياه عذبة يمكن استخدامها فى عمليات الرى.

تتم عمليات التحلية للمياه عن طريق استخدام خلايا تحليلية حيث يتم فصل

الأملاح بواسطة بعض التقنيات التى تعتمد على تجاذب الشقوق الكيميائية للأقطاب المخالفة لها فى الشحنة، ويُعرف ذلك «بتقنية التحليل الكهربى» والذى تُستخدم فيه خلايا تحليل كهربى تتركب من «كاثود» ذى شحنة موجبة و«آنود» ذى شحنة سالبة، حيث ينجذب الكاتيون للآنود، والأنيون للكاثود، مما يؤدى إلى فصل الأملاح عن السائل المائى وتخليصه من الملوحة الزائدة.

تطورت الدراسات البحثية بعد ذلك ليتم استخدام الطاقة الشمسية فى تحلية مياه البحر، حيث سيوفر ذلك طاقة كبيرة ورخيصة فى نفس الوقت، لكنها تحتاج إلى تقنيات عالية المستوى لاستخدامها على نطاق واسع، وتكاليف باهظة لا تستطيع الدول النامية توفيرها.

إن تحلية مياه البحر ستوفر لنا كميات كبيرة من المياه، مما سيتيح لنا زيادة المساحة الزراعية، واستغلال العديد من الأراضى الجافة، مما سيعيد الاتزان للمنظومة البيئية الزراعية.

٨ ـ زراعة النباتات المقاومة للظروف البيئية السيئة:

يؤدى الاختلال فى النظام البيئى القائم فى التربة الزراعية إلى حدوث اختلال مماثل فى نمو النباتات، مما قد يصيب الأرض الموجودة فى النظام البيئى بالبوار.

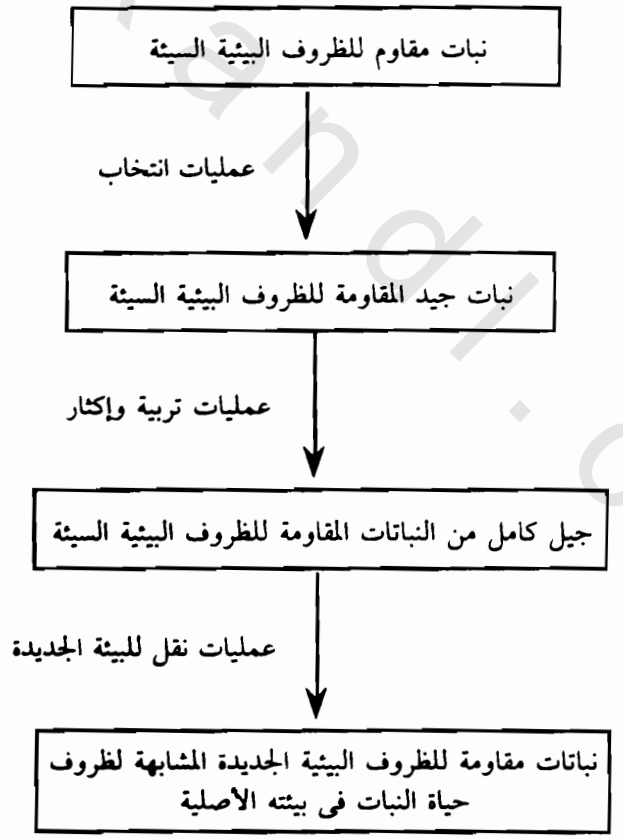
وقد لاحظ العلماء وجود قدرات معينة لدى بعض النباتات تمكّنها من تحمُّل الظروف القاسية، فبعض النباتات تستطيع النمو فى بيئة ملحية شديدة الملوحة، وتقوم شعيراتها الجذرية بامتصاص الماء من التربة رغم أن الضغط الأسموزى خارج الشعيرات الجذرية يبلغ أضعاف الضغط الأسموزى داخل الشعيرات الجذرية، ومن ثم يستحيل ـ طبقًا للتدرج الأسموزى ـ انتقال الماء من التربة إلى النبات، لكن امتلاك النبات لقدرات غير عادية يمكّنه من الحياة فى تلك البيئة شديدة الملوحة.

تتميز بعض النباتات بقدرتها على الحياة فى الأوساط شديدة القلوية أو شديدة الحموضة، حيث يمكنها أن تفرز مواد معينة تعادل بها القلوية أو الحموضة الموجودة فى الوسط، مما يساعدها على استكمال نموها الطبيعى.

تستطيع بعض النباتات الحياة فى البيئات شديدة الجفاف، حيث تتميز بامتلاكها مجموعة من القدرات تمكّنها من مقاومة الجفاف، كقدرتها على استهلاك كميات قليلة من الماء، أو قدرتها على تخزين الماء فى أجزاء مختلفة من أجزائها ـ كما أوضحنا سابقًا ـ مما يجعلها تستمر فى الحياة رغم ظروف الجفاف القاسية المحيطة بها.

يمكن ـ عن طريق انتخاب تلك النباتات وأقلمتها مع الظروف الجديدة وتربيتها ـ الحصول على أجيال عديدة مقاومة للظروف البيئية السيئة، حيث يمكن من خلال ذلك الحفاظ على المنظومة الحياتية رغم سوء ظروف النظام البيئى القائم.

ويمكننا إجمال خطوات الاستعانة بالنباتات المقاومة للظروف البيئية السيئة فى نظام بيئى ذى ظروف قاسية فيما يلى:



٩ ـ استخدام معالجات الأمراض الوظيفية للنبات:

يصاب النبات بالعديد من الأمراض الوظيفية «الفسيولوجية» نتيجة لنقص عنصر أو أكثر من العناصر المغذية له سواء كانت مغذيات كبرى أو صغرى.

قد يكون السبب فى إصابة النبات بالمرض الوظيفى «الفسيولوجى» حدوث نقص فى كمية وجود العناصر الغذائية الموجودة بالتربة، ولذلك تُعرف هذه الأمراض «بأمراض نقص التغذية»، وقد أوضحنا ـ فيما سبق ـ التأثير المرضى الناتج عن غياب عنصر أو أكثر من هذه العناصر، وسنركز حديثنا فى هذا الموضع على كيفية علاج النقص العنصرى الذى يصيب الأراضى، ومن طرق المعالجة العنصرية ما يلى:

ـ إزالة عمليات التثبيت العنصرى فى الأرض:

تتعرض بعض العناصر الموجودة فى التربة للتثبيت من بعض العناصر الأخرى، حيث تصبح هذه العناصر غير صالحة لامتصاص النبات لها، رغم وجودها بوفرة فى التربة.

من العناصر المثبتة فى التربة عنصر الفوسفور، والذى يعمل على تثبيت عنصر الكالسيوم فى التربة.

تتم إزالة عمليات التثبيت العنصرى بإضافة عناصر كيميائية تتفاعل مع العناصر المثبتة مما يطلق العناصر التى تم تثبيتها فى التربة، وييسر عمليات امتصاص العناصر من التربة.

ـ إضافة العناصر جاهزةً:

تتم إضافة العناصر الغذائية جاهزةً إلى التربة فى حالة نقص العناصر فى التربة، مما يوجب إضافة تلك العناصر جاهزةً إلى التربة فى صورة أسمدة تتم إضافتها مع ماء الرى.

قد يكون السماد المضاف سماداً بسيطاً يحتوى على عنصر سمادى واحد، وقد

يكون سمادًا مركبًا يحتوى على أكثر من عنصر سمادى، ويُعرف هذا النوع من السماد «بالسماد المركَّب».

تتم إضافة السماد بناء على نوع العنصر الناقص فى التربة، والذى يتم عن طريق العديد من التحليلات، والتى تشتمل على:

ـ تحليل عينة من التربة:

يتم أخذ عينات من التربة، وتحليل مكوناتها لإثبات وجود نقص عنصرى من عدمه، حيث يتم التحليل معمليًا عن طريق أجهزة تحليل دقيقة، ومزودة بأنظمة برمجة حاسوبية تتيح لها إخراج نتائج التحليل مطبوعة.

ـ تحليل عينات نباتية:

تتمثل هذه العينات فى العديد من الأجزاء النباتية، ولكن تُفضَّل الورقة كعينة جيدة للتحليل، وذلك للتركيز العالى للعناصر الغذائية فى الورقة، فهى تمثل المصنع الحيوى للعناصر الغذائية فى النبات.

يتم قياس الكميات العنصرية لكل العناصر فى الورقة، ومقارنتها بالكميات القياسية الموجودة فى جداول قياسية، تعبر عن القيم المثالية لوجود العناصر فى النبات، ويمكن الحكم على تعرض النبات لحالة نقص عنصرى إذا ما انخفضت كمية الوجود العنصرى عن القيم المثالية.

تعتمد المعالجات «الجينو بيئية» ـ والتى نعنى بها استخدام التقنيات الجينية لعلاج الخلل القائم فى الاتزان البيئى ـ على توظيف المادة الوراثية لبعض الكائنات الحية للتخلص التام من الحالات المرضية، أو إفراز مواد كيميائية تعيد الاتزان البيئى إلى وضعه الطبيعى.

تحمل المادة الوراثية أهم وأخطر المعلومات، والتى نعنى بها: «المعلومات الوراثية» والتى توجه جميع العمليات الحيوية داخل الخلية الحية.

تتكون المادة الوراثية من تتابع آزوتى يتمثل فى أربع قواعد آزوتية هى:

الأدنين (A)، والجوانين (G)، والسيتوزين (C)، والثايمين (T)، وهيكل السكر فوسفات المتمثل فى سكر خماسى دى أكسى ريبوزى، ومجموعة فوسفات.

ويطلق على التركيب المتكون من قاعدة آزوتية وسكر ومجموعة فوسفات «النيوتيدة».

يكوِّن التسلسل النيوتيدى الجينات على طول شريط الدنا الوراثى (D.N.A).

يعتمد استخدام التقنيات الجينية لعلاج التلوث البيئى على مدى إمكاناتنا الدقيقة لاستخدام المعلومات الوراثية المحمولة على شريط الدنا الوراثى.

وتعتبر التقنيات الجينو بيئية (استخدام التقنيات الجينية لعلاج جوانب الاختلال البيئى) من التقنيات الجينية الفائقة، والتى تدخل ضمن البرامج القومية للدول الكبرى.

لقد أمكن استخدام التقنيات الجينية فى التخلص من المخلفات العضوية، واستخدامها فيما يُعرف «بالتسميد الجينى»، والمكافحة الجينية للآفات التى تهاجم المحاصيل وتسبب خسارة فادحة فى الإنتاج كبديل للمبيدات، وكذلك فى لحام طبقة الأوزون، كما سنرى من خلال عرضنا التالى لتلك التقنيات:

١ ـ تقنية استخدام الجينات للتخلص من المخلفات العضوية:

يستخدم الدنا المطعَّم كتقنية مهمة وآمنة بيئيًا فى التخلص من المخلفات العضوية على اختلاف مصادرها وأنواعها، ولقد أجريت العديد من الدراسات والتجارب، وبخاصة فى الدول الصناعية الكبرى بهدف التخلص الآمن من هذه المخلفات التى أصبحت تمثل خطرًا على صحة الإنسان، باعتبارها ملوثات جديدة تضاف إلى قائمة الملوثات المدمرة لصحة الإنسان.

تعتمد تقنية الدنا المطعَّم للتخلص من المخلفات العضوية على تحضير مواد محلِّلة لهذه المخلفات، ويمكن إنتاج هذه المواد بتصنيع أو نسخ الجينات الموجهة لتكوينها، ولزيادة أعداد هذه الجينات تُحمل على دنا بكتيرى دائرى «البلازميد» حيث تتكاثر مع البلازميد بتكاثر البكتيريا، ثم يتم استخلاص هذه الجينات وإزالة

المعطوب منها، ثم تحميلها على الدنا البكتيرى الخطى، والذى يوجه البكتيريا لإنتاج المواد المحلِّلة للمخلفات العضوية، ويمكن استخدام نفس التقنية مع خلايا الخميرة أو أى كائن دقيق آخر، وتفضل البكتيريا لأسباب عديدة منها:

(أ) السرعة الفائقة فى تكاثرها.

(ب) استطاعتها الحياة فى بيئات مختلفة.

(ج) سهولة تطعيم الدنا البكتيرى أكثر من غيره من الكائنات الأخرى.

ويمكن إطلاق هذه البكتيريا فى البحار الملوثة ببقع النفط فتعمل على تحليلها، وقد استخدمت هذه التقنية فى تنقية مياه الخليج العربى من آثار النفط عقب انتهاء حرب الخليج، وتجرى الآن أبحاث عديدة لإعداد مخازن البكتيريا ذات الدنا المطعَّم فى السفن الحاملة للبترول، حيث يتم إطلاق هذه البكتيريا عند تسرب النفط من السفينة، كما يمكن بنفس الطريقة التخلص من مخلفات المصانع قبل أن تصل إلى المجارى المائية كالأنهار والبحيرات، وتستخدم نفس الطريقة للتخلص من المخلفات بعد وصولها إلى مياه المجارى المائية.

وقد نجحت نفس التقنية عند تطبيقها فى مواسير الصرف الصحى للتخلص من المواد المتراكمة والتى تعوق حركة الصرف إلى محطات الترسيب عبر مواسير الصرف، وكان قبل تطبيق هذه التقنية لابد من إزالة المواسير المتراكم بها تلك المواد، أو إضافة أحماض عضوية تعمل على تآكل هذه المواد، وهذا يعرِّض (المادة المصنَّعة من إعادة استخدام الصرف) للتلوث، إلا إذا تمت لها عملية تنقية من تلك الملوثات؛ وهذا يرفع من تكلفة المنتجات.

يتم استخدام هذه التقنية بإطلاق البكتيريا المفرزة لمواد التحلل العضوى، حيث تقوم بتحليل الرواسب والتخلص منها، وتنظيف مجرى مواسير الصرف الصحى دون إضافة أى ملوثات للمواد المصنَّعة منه.

وتزداد أهمية استخدام هذه البكتيريا فى حالة انسداد مواسير المياه، وصعوبة تسليك هذه المواسير، واستحالة إضافة مواد كيمياوية لخطورة ذلك مباشرة على

صحة الإنسان بسبب شرب هذه المياه المحملة بالمواد الكيمياوية مما قد ينتج عنه العديد من الأمراض.

ويمكن لهذه البكتيريا الحياة داخل مواسير الصرف الصحى، أو مواسير المياه دون مشاكل، وكأن هذه المواسير تمثل أنابيب اختبار لها، ويمكن استخدام نفس البكتيريا فى محطات غسيل السيارات للتخلص من المواد المتخلفة عن عمليات التشحيم والتزييت المختلفة، كما يمكن التخلص من بقايا البنزين وعمليات التشحيم بالسيارة عن طريق نفس التقنية.

بل ويوجد مؤشر لاستخدام تقنية البكتيريا المفرزة للمواد المحللة فى عمليات الغسيل المنزلى للتخلص من الدهون، وتزداد أهميتها ـ فى هذه الحالة ـ فى الفنادق والمطاعم الكبرى، حيث يتم الغسيل آليًا ويكون التخلص من الترسيبات الدهنية على الأطباق صعبًا جدًا.

قد تقوم البكتيريا المستخدمة فى تلك التقنية بتحليل المادة العضوية إلى مكوناتها وجعلها وجبة جاهزة لغيرها من الكائنات الحية الأخرى، أو تحليلها والتغذى على نواتج التحلل.

وقد يتم استخدام نفس التقنية مع بعض النباتات، وذلك بتطعيم الدنا الخاص بها ببعض الجينات الموجهة لتكوين المواد المحلِّلة، ومن الممكن إجراء هذه التقنية على خلايا الأجنة فى البذرة، والتى تتم زراعتها فى الأماكن المتراكم بها مخلفات عضوية، أو فى قنوات صرف مخلفات المصانع، حيث تقوم تلك النباتات بإفراز مواد محلِّلة للمواد العضوية الموجودة، والتغذية على نواتج التحلل، وبذلك يحقق استخدام هذه التقنية فائدتين:

أولاً: التخلص من المخلفات العضوية كملوثات للبيئة.

ثانيًا: زراعة نباتات ذات صفات معينة يمكن الاستفادة من ثمارها أو تحميلها بجينات أخرى موجهة لتكوين بروتينات علاجية يمكن استخدامها فى نواحٍ طبية عديدة.

إن ثمة اتجاهًا للعديد من باحثى تقنية الدنا المطعَّم إلى إنتاج مكعبات من المواد المحلِّلة للمخلفات العضوية جاهزة للاستخدام مباشرة.

ويمكن الاستفادة من الجينات المكونة لمواد التحلل فى تطعيم جينات خاصة بخلايا جذور النباتات الضارة، مما يعمل على تكوين مواد تقوم بتحليل هذه الجذور، ومن ثم التخلص من تلك النباتات الضارة، وهذا يتطلب إعداد خريطة كاملة للجينات المسئولة عن تكوين تلك المواد، ونسخها وحفظها بعد ذلك فى بنوك الجينات.

وقد يتم تطعيم تلك الجينات على جينوم المجموع الخضرى للنباتات عديمة الجذور كنبات «الهالوك» المتطفل على نبات «الفول» ويسبب خسارة كبيرة فى المحصول. وعند تطعيم المجموع الخضرى بالجينات المكونة للمواد المحلِّلة، تعمل هذه المواد على تحليل جسم النبات وذبوله وموته، ومن ثم التخلص من الأضرار التى يسببها لنبات الفول، ولقد تم تعميم هذه التقنية على العديد من النباتات الضارة، ويعقد العلماء آمالاً عريضة لتحقيق نتائج جيدة من خلال هذه التقنية.

ورغم أهمية تقنية الدنا المطعَّم فى إنتاج المواد المحلِّلة، إلا أنها لا تخلو من الخطورة، فقد تنتج بطريق الخطأ من أحد معامل الهندسة الوراثية المنتشرة بالدول المتقدمة بكتيريا تحمل فى الجينوم الخاص بها جينات مكونة لمواد التحلل، وتكمن الخطورة فى إفراز هذه البكتيريا لمواد محلِّلة للأنسجة البشرية، مما يهدد حياة الإنسان على سطح الأرض، ويعرضه للإبادة.

وما زلنا نذكر البكتيريا التى انتشرت فى عام ١٩٩٤م، والتى كانت تحمل بالفعل مواد موجِّهة لتكوين إفرازات محلِّلة للأنسجة البشرية، وقد سبَّب انتشار هذه البكتيريا ضجة فى الأوساط العلمية لمحاولة الوصول إلى تفسير حقيقى لهذه الظاهرة، وكان من تلك التفسيرات العلمية التى ذُكرت حدوث تحرر أحد أنواع البكتيريا من أحد معامل هندسة الجينات، والتى كان الدنا المطعَّم الخاص بها يحمل جينات موجهة لتكوين مواد محلِّلة للأنسجة الحيوانية الثديية، للتخلص من بقايا

الحيوانات النافقة، وبقايا الحيوانات البحرية فى أعماق البحار والمحيطات، وهذا ما يجعلنا ننادى بفرض رقابة صارمة على تجارب «تقننة الجينوم» لمنع تكرار الأخطاء المهددة لحياة البشر.

٢ ـ تقنية استخدام التسميد الجينى:

تحتاج النباتات إلى عمليات تسميد دورية حتى تواصل نموها، وتدخل إلى مرحلة التكوين الزهرى والثمرى، وتمثل عمليات التسميد هذه تكلفة عالية، وقد يؤدى التصنيع غير الآمن بيئيًا لهذه الأسمدة إلى تلويث التربة وخفض نسبة صلاحيتها للزراعة.

وتوجد بعض النباتات «البقوليات» والتى تستضيف جذورها بكتيريا العقد الجذرية، التى تعمل على تثبيت النيتروجين الجوى ليستفيد منه النبات البقولى كسماد آزوتى.

وقد استطاع العلماء كشف التتابع الوراثى الذى يشفِّر لبكتيريا التأزت المسئولة عن تثبيت النيتروجين من الجو، ومن ثم صناعة الجينات الخاصة بهذه التتابعات وتطعيمها فى دنا العديد من النباتات التى تحتاج إلى سماد آزوتى لتنشيط نموها، ومن الممكن فصل الجينات الطبيعية الموجهة لتثبيت النيتروجين أو نسخها والتطعيم بها أيضًا.

إن ثمة مشروعًا قائمًا بين كبرى شركات التسميد فى العالم وشركات الهندسة الوراثية لكشف الشفرات الوراثية الخاصة بكل مكوِّن سمادى لكل النباتات المعروفة، وذات الأهمية الاقتصادية، ثم تصنيع الجينات الخاصة بتلك الشفرات، أو استئصالها وحفظها كأصول وراثية فى «بنوك الجينات» لحين استخدامها بعد ذلك، أو استنساخها وحفظها أيضًا.

يُجرى بعد ذلك تطعيم هذه الجينات على الدنا الخاص بكل نبات فى حاجة إلى سماد معين، فيعمل الجين المولج فى جينوم النبات على توجيه بعض الأنسجة إلى تكوين السماد اللازم لنمو النبات.

ورغم أهمية هذه التقنية فى إنتاج المخصبات الذاتية، إلا أن تطبيقها على مساحات شاسعة ما زال متعثرًا، ويأمل العلماء فى التغلب على المشاكل التى تواجههم عند تطبيقها فى المستقبل خفضًا لتكلفة تصنيع المخصبات الكيمياوية، وإزالة للتلوث البيئى الناتج عن إضافة تلك المخصبات للتربة.

قد يتم تطعيم جينات المواد المخصبة فى دنا الكائنات الدقيقة التى تعيش فى الطبقة السطحية بالتربة، والتى توجه هذه الكائنات إلى تكوين المواد المخصبة للتربة، وفى هذه التقنية سيتم إخصاب التربة سواء وُجدت بها نباتات أم لا، وهذا يستلزم توفير المواد الغذائية التى تحفظ حياة هذه الكائنات الدقيقة الحية.

٣ ـ استخدام تقنية المكافحة الجينية للآفات:

أصبحت الآفات التى تهاجم النباتات من المشكلات التى تواجه الفلاح، وهى تدمر أحيانًا نباتات المحاصيل والفواكه ـ وغيرها من النباتات ـ تدميرًا كاملاً، إما بالتهام النبات وهو فى طور البادرة، أو التهامه فى مراحل تالية لذلك، وقد تؤدى الآفات إلى التهام الجزء الخضرى، وبخاصة البراعم الطرفية والإبطية، وغالبًا ما تؤدى الإصابة بالآفات إلى التهام الجزء الثمرى فى المراحل المختلفة للتكوين والنمو الثمرى.

وقد تهاجم بعض الآفات جذور النباتات، حيث توجد الشعيرات الجذرية التى تمتص الماء والأملاح، وتتركز بها نسبة عالية من الغذاء مثل الآفات النيماتودية، والتى أصبحت تهدد العديد من النباتات المصرية، وبخاصة فى أراضى الاستصلاح.

وللتغلب على هذه المشكلة: لجأ الباحثون إلى استنباط العديد من المواد الكيمياوية للقضاء على هذه الآفات عن طريق رش هذه المواد الكيمياوية المبيدة للآفات النباتية على أجزاء النبات فى مراحله العمرية المختلفة، ورغم الفائدة التى حققتها هذه المبيدات فى القضاء على العديد من الآفات، إلا أن هذه المبيدات قد أحدثت خسارة فادحة للنباتات نفسها، حيث لوثت هذه المبيدات أنسجة الثمار،

وفى بعض الأحيان تؤدى إلى تغير التركيب الكيميائى للثمرة، مما يؤدى إلى إحداث تلوث خطير، قد يسبب العديد من حالات الوفاة عند تناول هذه الثمار.

لذا كان لابد من محاولة طرق أساليب ووسائل جديدة لمكافحة تلك الآفات، بحيث لا تؤدى هذه الوسائل إلى التأثير على تركيب النبات أو ثماره، أو إضافة سموم «توكسينات» إلى أنسجته.

لقد تحقق هذا مع التقدم السريع والمتلاحق فى تقنيات الهندسة الوراثية وتقنية الجينوم، فمن خلال دراسات عديدة وجد العلماء أن بعض النباتات تفرز من غدد معينة بأنسجتها مواد كيميائية قاتلة للآفات، أو منفرة للآفات وطاردة لها، وهذه المواد تتكون تحت توجيه من جينات محددة تشفِّر لهذه المواد الكيميائية.

وفى مراحل تالية استطاع العلماء كشف هذه الشفرات والتعرف عليها، واستنساخها، وتطعيم الجينات المستنسخة فى جينوم النبات الذى يستلزم وجود هذا الجين لتكوين مواد قاتلة للآفات التى تهاجمه.

إن ثمة مشروعًا قائمًا لكشف كل الشفرات الخاصة بتكوين المواد الكيميائية المضادة للآفات، واستنساخها، وحفظها لحين استخدامها بعد ذلك، وإن كانت تجارب المكافحة الجينية للآفات النباتية قد حققت نتائج جيدة فى المعمل، إلا أنه من المتوقع وجود مشاكل عند التجريب فى الحقل.

٤ ـ تقنية استخدام الكائنات المحورة وراثيًا للحام طبقة الأوزون:

تمثل طبقة الأوزون فى الغلاف الجوى منطقة حماية للحياة على سطح الأرض، وتتكون هذه الطبقة من غاز الأوزون (O_3) وبعض الأيونات الأخرى، وتعمل هذه الطبقة على وقاية سطح الأرض من وصول الأشعة فوق البنفسجية، والتى تعمل على إصابة الجلد ببعض أنواع سرطان الجلد.

ورغم أهمية هذه الطبقة إلا أنها بدأت تتآكل بفعل الملوثات الكيمياوية المتصاعدة من سطح الأرض، وعوادم الصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية، واختراق الطائرات النفاثة لها.

لقد بدأت كمية الأشعة فوق البنفسجية فى الزيادة المضطردة بعد تعرض طبقة الأوزون للتآكل، وبدأت تأثيرات اختراق الأشعة فوق البنفسجية للغلاف الجوى تزداد حدة، وقد ظهر ذلك فى صورة ارتفاع لدرجة حرارة الأرض، وذوبان بعض ثلوج القطبين (الشمالى والجنوبى).

لقد أصبح بحث علاج طبقة الأوزون من الأبحاث ذات الأهمية الكبيرة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيمياوية، بل وأصبح لطبقة الأوزون مراكز أبحاث خاصة بها «مراكز أبحاث الأوزون»، والتى تركزت أبحاثها على إطلاق صواريخ محملة بمواد كيمياوية بهدف ترقيع طبقة الأوزون، وقد حققت تلك الأبحاث بعض النجاح، لكنها لم تنجح فى تقديم حلول جذرية لمشكلة الأوزون.

ولأهمية طبقة الأوزون بدأ علماء «جينوميا الفضاء» تركيز أبحاثهم على هذه الطبقة، لمحاولة إيجاد حلول جذرية باستخدام تقننة الجينوم حيث استطاع فريق علمى تحوير جينوم سلالة بكتيرية بحيث تستطيع الحياة الدائمة فى طبقة الأوزون، وتعمل على تحليل المواد الكيمياوية المسببة لتآكل طبقة الأوزون، ويتم تحوير جينوم هذه البكتيريا عن طريق تطعيم الدنا الخطى لها بجينات يمكنها توجيه البكتيريا للحياة فى منطقة الأوزون، وجينات أخرى تمكّن للبكتيريا من تكوين المواد المحلِّلة لمسببات تآكل طبقة الأوزون، ويأمل علماء جينوميا الفضاء فى تحوير العديد من الكائنات الدقيقة للحياة فى طبقة الأوزون، بحيث يمكنها تحليل الكيمياويات المسببة لتآكل طبقة الأوزون.