الفصل الأول

ماهيَّة النظام البيئى ومكوِّناته

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 التحوُّر 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.

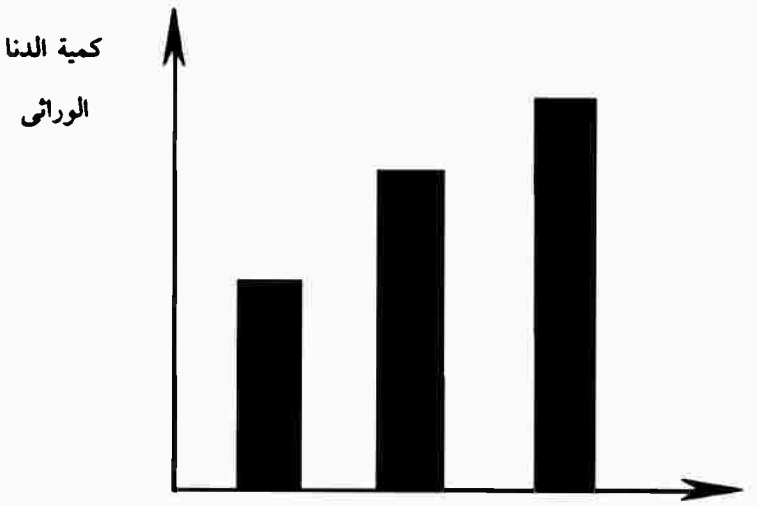
يتفق ذلك مع التعقد التركيبى والوظيفى لكل من الفيروس والبكتيريا والإنسان، فالفيروس يتكون من المادة الوراثية سواء كانت مادة الدنا الوراثى (D.N.A) أو مادة الرنا الوراثى (R.N.A) محاطة بالبروتين، ولذلك يعتبر الفيروس من أبسط الكائنات فى التركيب، كما أنه إجبارى التطفل، فهو لا يستطيع الحياة خارج خلية العائل، 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:



درجة التعقد التركيبى والوظيفى

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 - من الناحية الكيميائية - 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 - من الناحية الكيميائية - 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.

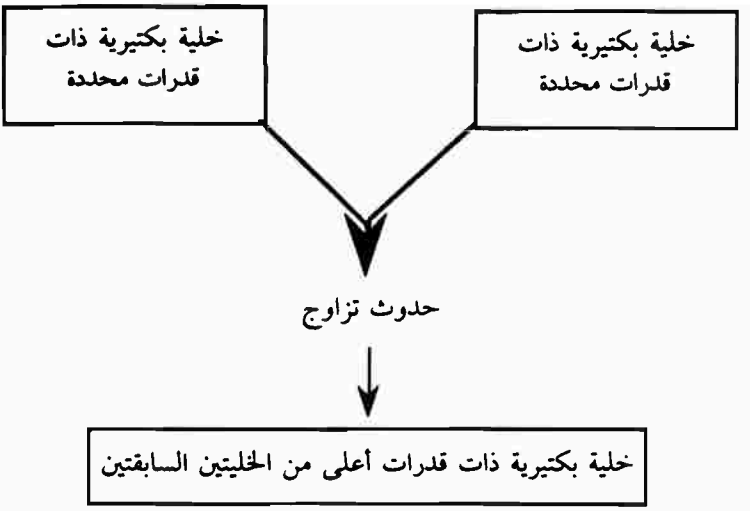
ويمثل الغشاء البلازمى الموقع الحيوى فى الخلية والذى تحدث به العمليات الخاصة بالطاقة اللازمة لاستمرار جميع العمليات الحيوية داخل الخلية البكتيرية.

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:

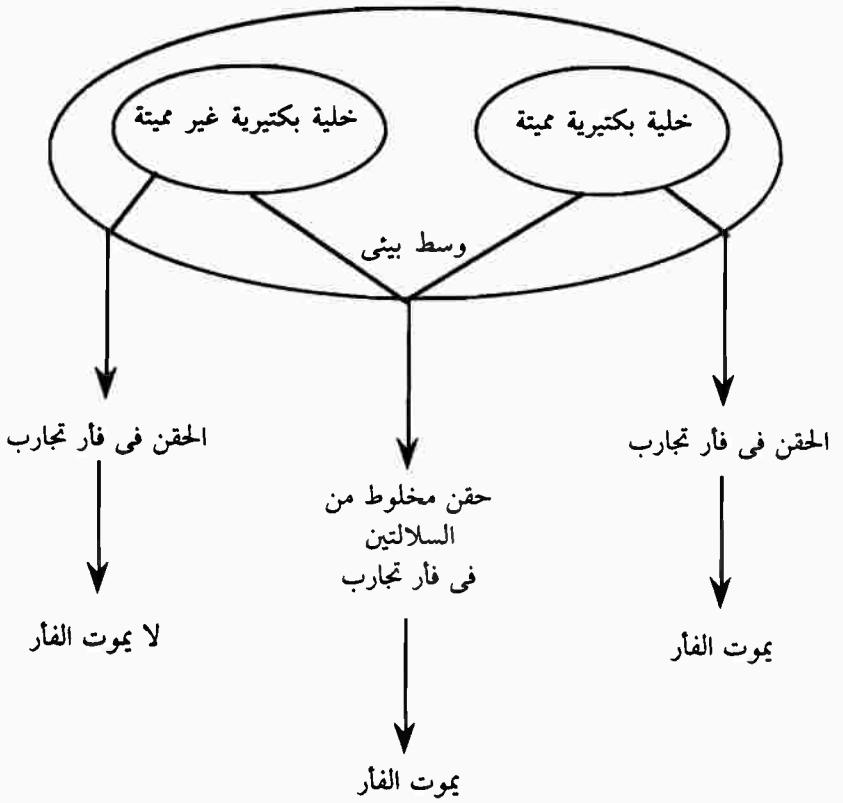


لا يمثل الاقتران الوسيلة الوحيدة للحصول على اتحادات جديدة فى البكتيريا، بل توجد وسائل أخرى منها «الاستنقال الفاجى» الذى تعرضنا له فى كلامنا عن الفيروس كأحد الكائنات الحية فى منظومة الكائنات الحية الدقيقة.

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 النتريت	$NH_3 \longrightarrow NO_2$
* 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 كونيدية، 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:

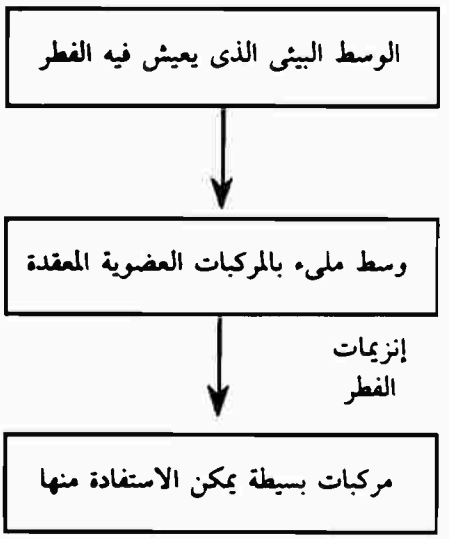
خلو الفطريات من البلاستيدات الخضراء:

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:

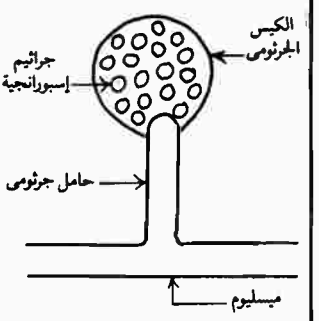
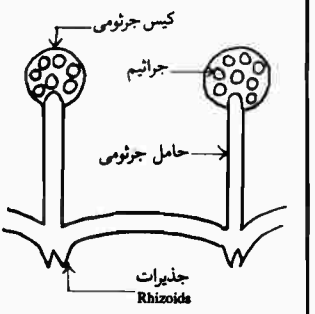
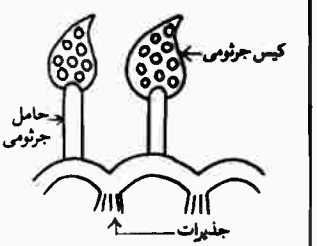
نعنى بذلك اعتمادها فى التغذية على غيرها من الكائنات الحية، لكى تستطيع أن

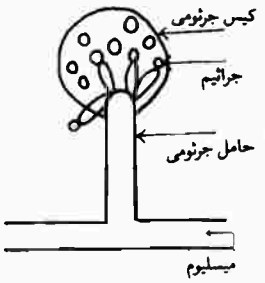
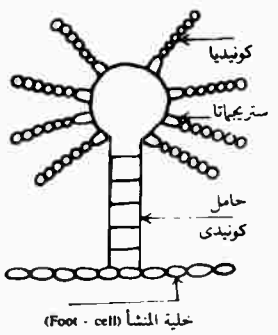
تواصل الحياة، وتستمر العمليات الحيوية داخلها، ومن أمثلة هذا السلوك: ترمم بعض الفطريات على الكائنات الحية الأخرى الميتة، حيث تحلل بقاياها العضوية، وتحولها من مركبات معقدة لا يمكن هضمها والاستفادة منها إلى مركبات بسيطة يمكن هضمها والاستفادة منها، ويعرف هذا السلوك «بالسلوك الرمّى»، ويتم ذلك من خلال إرسال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

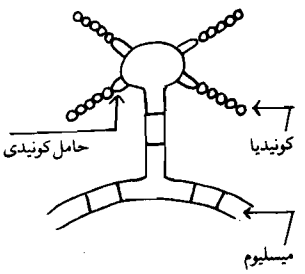


تُعرف بعض الفطريات «بالفطريات الكاملة»، أى أن الطور الذى يتم من خلاله التزاوج والانقسام الميوزى يُعرف «بالطور الكامل»، أما الفطريات التى لا يُعرف بها هذا الطور فتُعرف «بالفطريات الناقصة»، وقد اتخذ ذلك كصفة تقسيمية فى الفطريات من حيث كونها ناقصة أو كاملة.

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

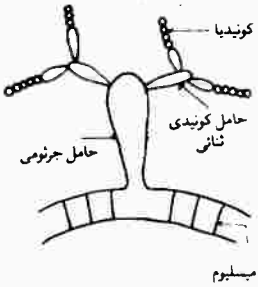
يستخدم فى إنتاج «الجبن الروكفورت».

٦ ـ بنسليوم ديجيتاتيوم
(Pinicillum digitatum)

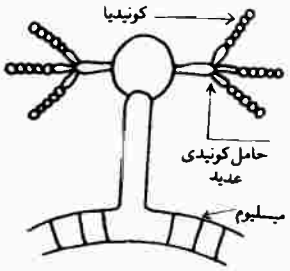
- الكونيديا خضراء.

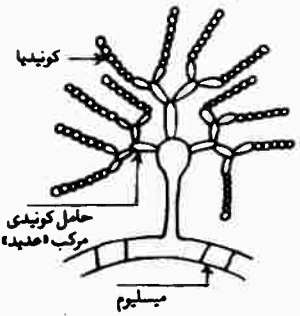
- ويسبب فساد الطماطم.

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

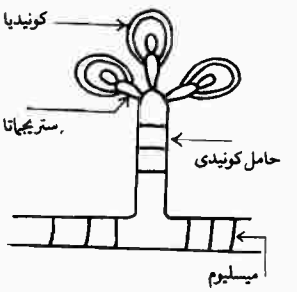
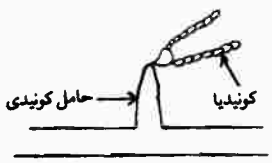


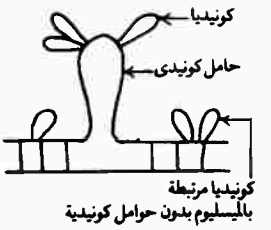
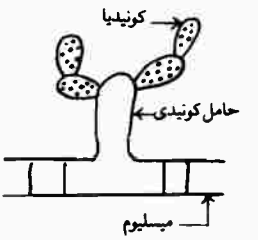
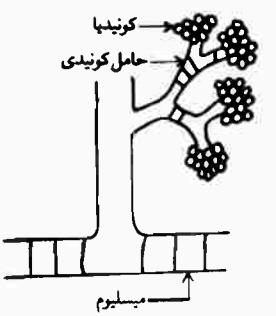
(ج) مجموعة البنسليوم ذات الرأس المركب: تكون الحوامل الكونيدية خارجة من الرأس بعدد أكثر من اثنين، ويتضح من الشكل التالى:

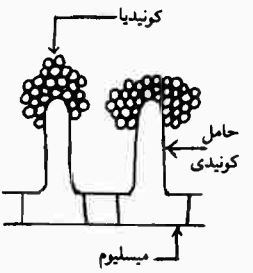
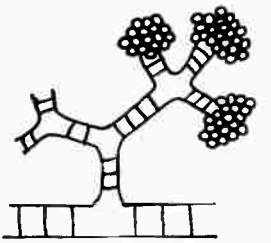
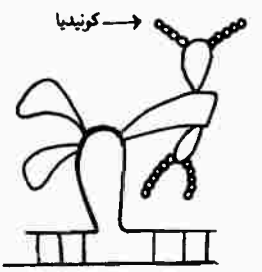


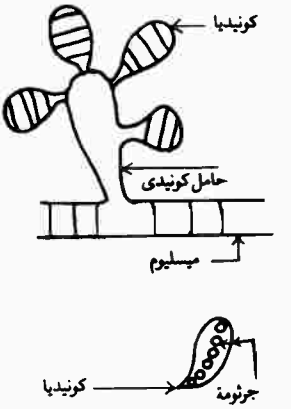
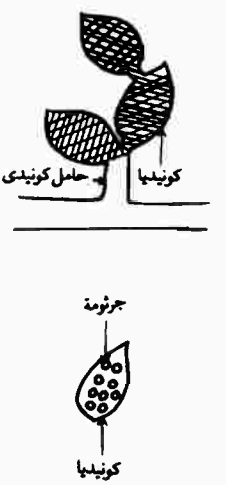


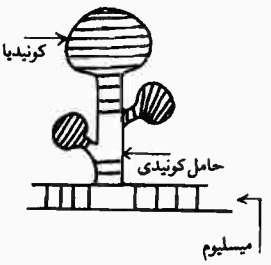
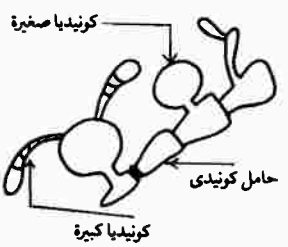
(د) مجموعة البنسليوم ذات الرأس غير المنتظم: يكون الرأس الحامل للحوامل الكونيدية غير منتظم الشكل.

* 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.

* 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).

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 العالميتين 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:

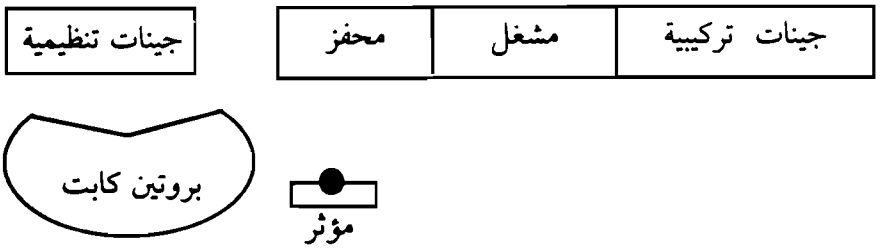
* نظام الأوبرون:

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.

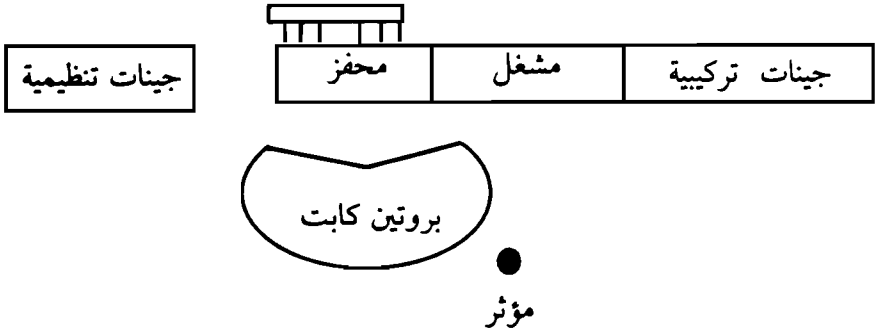
تظل الجينات التركيبية عاملة ما دام إنزيم بلمرة الدنا الوراثى مرتبطًا بالمحفز، ويتم فتح الجينات عند فك الارتباط بين المحفز وإنزيم بلمرة الدنا الوراثى.

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..

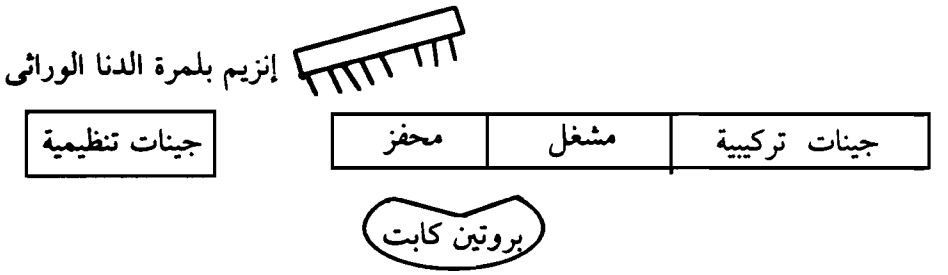
ويمكننا إيضاح ذلك فيما يلى:



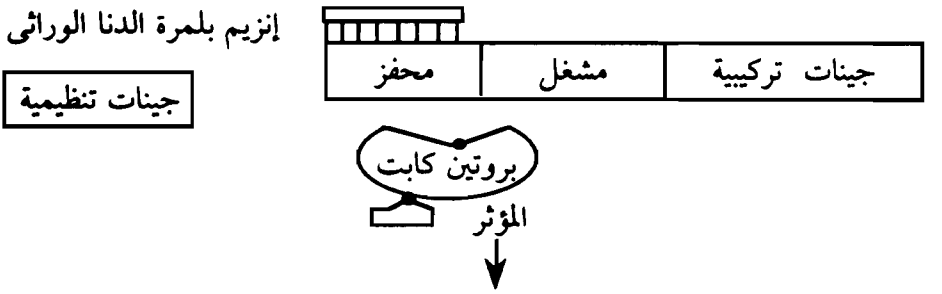
إنزيم بلمرة الدنا الوراثى



الجينات أثناء عملها طبقًا للتنظيم الجينى الأوبرونى



الجينات أثناء عدم عملها



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 دورًا 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:

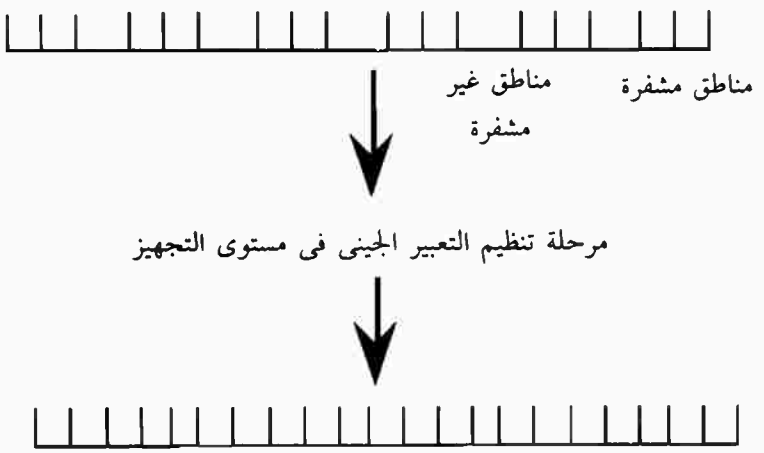
*** مستوى التجهيز:**

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.

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 ابتلعته 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 الوراثية 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.

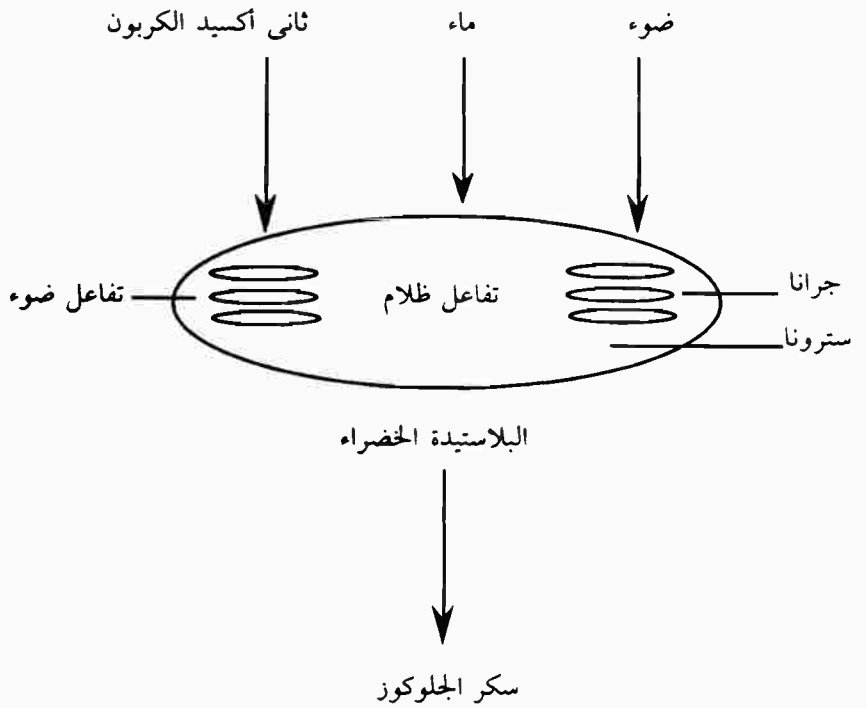
تحدث عملية التفاعل الضوئى بسقوط ضوء الشمس على سطح الورقة، لينفذ

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.

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

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

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 عمليـة «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	- طيور	- التغذى على الحبوب والفواكه والخضروات.
* الفئران	- ثدييات	- مهاجمة حبوب وبذور النباتات المخزنة وإتلافها. - 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	- القمح، والشعير.
* الصامة	- القمح، والشعير.
* النجيل	- معظم المحاصيل.
* الداتورا	- 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.	

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.

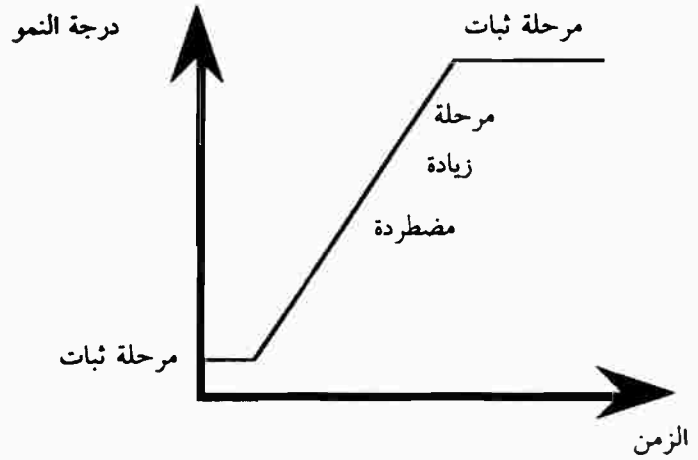
أما البكتيريا الضارة فتشمل المسببات المرضية البكتيرية مثل البكتيريا المسببة للتيفويد، والباراتيفويد، والكوليرا.. كما يتضح من الجدول التالى:

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 سم^{3} 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 تشكّل 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 وتأثرًا 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.