الفصل الثاني

عوامل لا أحيائية والملاءمة لها

الفصل الثاني: عوامل لا أحيائية والملاءمة لها

ب1. عوامل لا أحيائية في البيئة المحيطة وتأثيرها على النظام البيئي

للمزيد عن

مصطلح **مجتمع**، انظروا الرسمة أ – 1: مستويات التنظيم.

العوامل اللا أحيائية، مثل: الماء، الضوء، الأكسجين، CO_2 ظروف المناخ (درجة الحرارة، الرياح والرواسب)، هي مكونات مهمة في كل بيت تنمية وفي كل نظام بيئي، وهي تؤثر بشكل كبير جدًا على الحيوانات والنباتات.

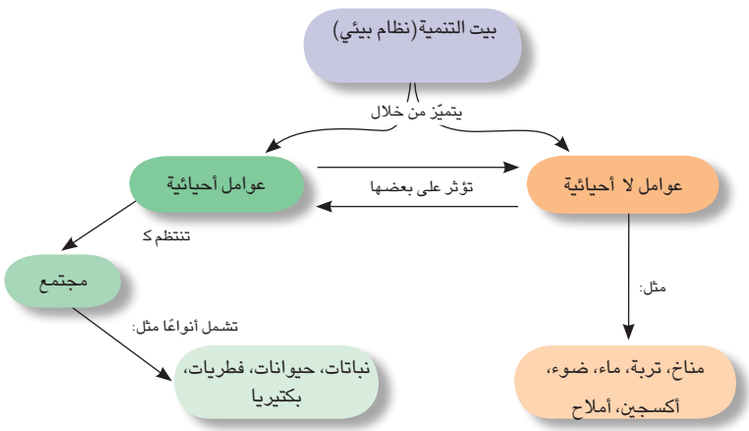
نشاهد مناظر مختلفة في أماكن مختلفة في البلاد، يمكن الفهم من ذلك أن الأماكن المختلفة تختلف عن بعضها بمجمل العوامل اللا أحيائية التي تسودها، والتي تؤثر على طابع مجتمعات الكائنات الحية التي تتطور وتعيش فيها (الرسمة ب – 1).

والمناطق المختلفة على سطح الكرة الأرضية تختلف عن بعضها أيضًا. في المناطق القريبة من القطب، تكون نباتات قليلة، وهي قصيرة وصغيرة. ويوجد أنواع قليلة فقط من الحيوانات التي تعيش في بيوت التنمية الموجودة في المناطق القريبة من القطب.

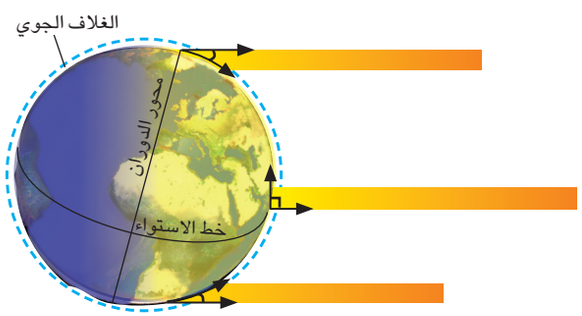
وكلما تقدمنا اتجاه خط الاستواء، فإن المنظر يتغيّر: سنشاهد غابات من أشجار إبرية كالسرو والصنوبر، وفيما بعد نشاهد غابات أشجار واسعة الأوراق مثل البلوط.

وفي منطقة خط الاستواء، نلاحظ غابات مطر غنية بنباتات وحيوانات.

السبب للفرق في أنواع النباتات بين مناطق خط الاستواء والقطب متعلق بأشعة الشمس التي تعتبر مصدرًا للطاقة الضوئية والحرارة. تصطدم أشعة الشمس بالأماكن المختلفة على سطح الكرة الأرضية بزوايا مختلفة: في منطقة خط الاستواء، تصطدم الأشعة بالأرض بزاوية قائمة، أما في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، فهي تصطدم بزاوية حادة. كلما ابتعدنا عن خط الاستواء، فإنّ زاوية أشعة الشمس تصغر (الرسمة ب – 2). ونتيجةً لذلك، فإنّ كل وحدة مساحة في منطقة خط الاستواء تحصل على أشعة شمس أكثر من وحدة المساحة في منطقة الأقطاب.

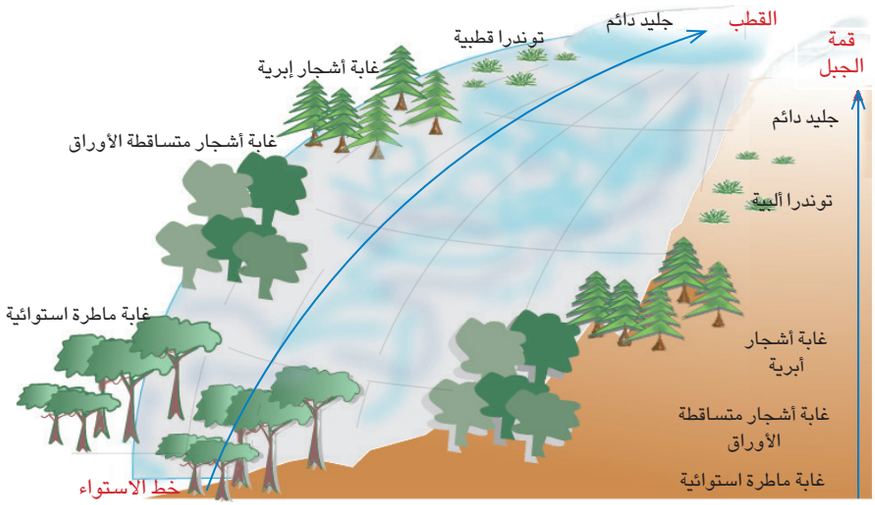


الرسمة ب – 1: خريطة مصطلحات: مميزات بيت التنمية أو النظام البيئي



الرسمة ب – 2: زاوية اصطدام أشعة الشمس بأماكن مختلفة على سطح الكرة الأرضية

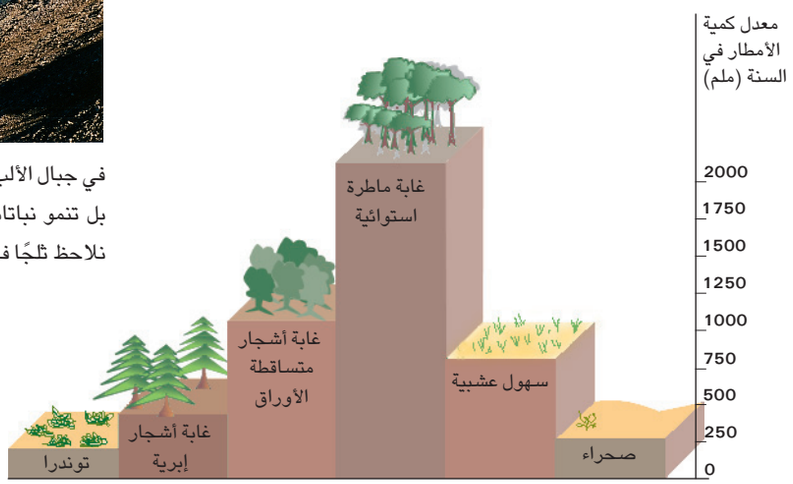
المثير للاهتمام أننا نستطيع أن نميّز بين نباتات مختلفة عندما نصعد إلى قمم جبال عالية: كلما صعدنا إلى أعلى واقتربنا من قمة الجبل، فإننا نلاحظ نباتات تشبه النباتات الموجودة في خطوط العرض العالية (القريبة أكثر للقطب)، كما نشاهد ذلك في الرسمة ب –3.



الرسمة ب – 3: مقارنة بين تغيُّر النباتات مع التقدم من خط الاستواء إلى القطب وبين تغيُّر النباتات مع الصعود إلى أعلى الجبل.

المشترك للمناطق التي تقع في قمم الجبال العالية وللمناطق القريبة من القطب هو درجة الحرارة المنخفضة وقلة المياه المتوافرة (رواسب قليلة ومعظم المياه متجمدة). نلاحظ في الرسم البياني (الرسمة ب– 4) العلاقة بين كمية الرواسب وبين أنواع النباتات.

في جبال الألب النيوزيلاندية، نلاحظ جيدًا خط الارتفاع الذي لا تنمو فوقه أشجار، بل تنمو نباتات منخفضة ("تندرا ألبية"). تخلو قمم الجبال من النباتات، لكننا نلاحظ ثلجًا في بعض الأماكن.



الرسمة ب – 4: الرسم البياني: العلاقة بين كمية الرواسب وبين أنواع النباتات

سؤال ب – 1

أ. افحصوا، ما هو معدل كمية الرواسب السنوية في الجليل الأعلى وفي النقب؟ هل يمكن أن تتطور غابة استوائية في هذه المناطق؟ اعتمدوا على الرسمة في الرسم البياني ب – 4.

ب. يوجد نباتات قليلة في الصحاري وفي خطوط العرض العالية المجاورة للقطب. ما هي أوجه الشبه والاختلاف في هذه المناطق؟

توسع: النباتات الأساسية في الكرة الأرضية

درجة الحرارة، الأشعة وكمية الرواسب السنوية تُحدد انتشار مجتمعات النباتات الأساسية على سطح الكرة الأرضية. فيما يلي النباتات الأساسية بحسب المناطق:

توندرا – تتميز هذه المناطق بنباتات منخفضة وقليلة: جنبات (شجيرات)، أعشاب، أشنات وطحالب. وتتميز التوندرا بتربة متجمدة لعدة أشهر في السنة، مثلاً: المناطق التي تحد القطب الشمالي أو قمم الجبال.

الصحراء – كمية الرواسب في الصحراء أقل من 250 ملم في السنة، وفي النهار تسودها درجات حرارة عالية جدًا وفي الليل منخفضة جدًا. نباتات الصحراء قليلة وتنتشر على مساحات واسعة، ولا يوجد فيها أشجار عالية، بل يوجد بالأساس نباتات حولية وجنبات (شجيرات) منخفضة.

القفر – ينتشر القفر في مناطق مناخها نِصف جاف (250– 500 ملم مطر في السنة)، حيث يوجد فيها موسم جفاف واضح جدًا. القفر غني بالأعشاب والنجيليات، ويوجد فيه أشجار قليلة وجنبات (شجيرات) موزعة على مساحات كبيرة. القفر الذي يُميّز المناطق الأستوائية نسمّيه "سافانا".

نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط – تتميز النباتات بأشجار قصيرة حتى متوسطة، بجنبات (شجيرات) وتحت جنبة واسعة الأوراق، دائمة الخضرة وذوات أوراق قاسية. هذه النباتات تُميز المناطق التي يوجد فيها شتاء ماطر وصيف جاف وحار.

غابة أشجار أبرية – غابات الأشجار الأبرية، مثل: أشجار السرو والصنوبر، هي غابات شائعة في النِّصف الشمالي للكرة الأرضية، وفي المناطق التي تتميز برطوبة وببرد في معظم فصول السنة. الأشجار الأبرية دائمة الخضرة.

غابات معتدلة نفضية (متساقطة الأوراق): في هذه الغابة، يوجد أشجار واسعة الأوراق التي تتساقط أوراقها في الشتاء، وهي تميِّز المناطق التي يسودها شتاء بارد ومثلج وصيف مريح وماطر.

غابة ماطرة استوائية– تتطور الغابة الماطرة في المناطق التي تكون فيها أشعة الشمس كثيرة، ويهطل المطر في كل يوم. وقد تصل كمية الرواسب في هذه المنطقة حوالي 4,000 ملم (4 م!!) في السنة. المطر الكثير ودرجة الحرارة العالية (حوالي 30°C)، يؤديان معًا إلى تكوين ظروف مناسبة لتطور نباتات كثيرة ولإنتاج بيت تنمية متنوع جدًا في أصناف النباتات وأجناس الحيوانات التي تعيش فيه.

النباتات المميزة لإسرائيل هي: نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط، النباتات الصحراوية ونباتات القفر. نباتات البحر الأبيض المتوسط ليست خاصة لحوض البحر الأبيض المتوسط ويمكن أن نجدها في كليفورنيا غربي الولايات المتحدة، في جنوب قارة إفريقيا، في غرب استراليا، وفي جنوب ومركز تشيلي التي تقع في أميركا الجنوبية.

يمكن أن نجد في إسرائيل أمثلة لمعظم النباتات التي ذُكرت باستثناء النباتات التي تعيش في توندرا والغابة الماطرة الاستوائية، مثلاً: في النقب الجنوبي، النباتات صحراوية. نجد نباتات القفر في منطقة النقب الشمالي وفي السهل الساحلي الجنوبي. ونباتات حوض

نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط في حُرش الكرمل

غابة البلوط

نباتات صحراوية في النقب

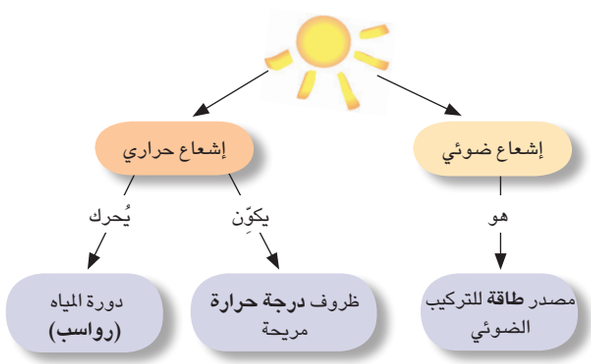
البحر الأبيض المتوسط، نجدها في مناطق الجبل. في الكرمل والجليل، نجد بشكل شائع أحراش الخروب، سريس، بطم وسنديان.

في جبال يهودا (في محمية المشط) وفي الكرمل، يمكن أن نجد بقايا غابات صنوبر مقدسي(معظم غابات الصنوبر في البلاد، هي غابات مغروسة وليست طبيعية). وفي بعض الأماكن، مثل: حُرش طال في الجليل العلوي، في الكرمل وفي منطقة طبعون، يمكن أن نجد بقايا غابات المل (غابة معتدلة نفضية). كانت هذه الأشجار شائعة في الماضي، في البلاد، لكن الإنسان قطع الكثير منها.

الرسمة ب – 5: منحدر جنوبي (في الأيمن) ومنحدر شمالي في وادي أورن في الكرمل. انتبهوا إلى الفرق في تغطية النباتات.

يمكن أن نلاحظ ظاهرة بارزة في البلاد، وهي كثرة النباتات في المنحدرات التي اتجاهها نحو الشمال، مقارنة مع النباتات القليلة في المنحدرات التي اتجاهها نحو الجنوب (الرسمة ب – 5). ينبع الفرق بين المنحدرين بسبب زوايا سطح التربة نسبة لأشعة الشمس، وهو يؤثر على درجة الحرارة وتوافر المياه في المنحدر، فزاوية اصطدام أشعة الشمس في المنحدر الجنوبي قريبة من 90°، لذا شدة الإشعاع المصطدمة بوحدة مساحة تكون أكثر مما هو الأمر في المنحدر الشمالي، لذا درجة حرارة التربة تكون عالية وتتبخر المياه بسرعة.

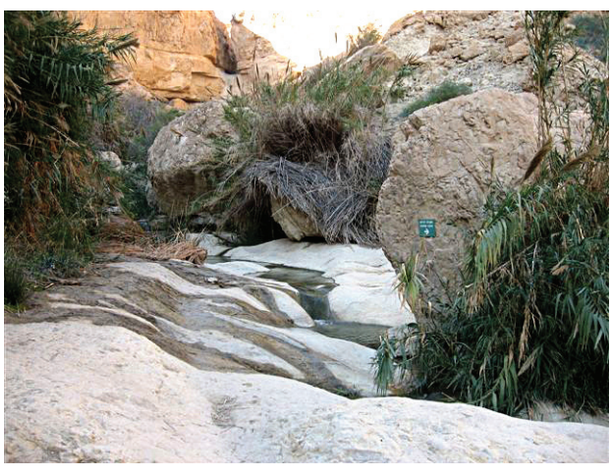
نتعلم من انتشار النباتات على سطح الكرة الأرضية أنه لا يوجد عامل واحد فقط يُحدد النباتات التي تعيش في بيت تنمية (موطن) معين. أشعة الشمس، درجة الحرارة، كمية الرواسب ونوع التربة، هي بالطبع عوامل لا أحيائية مهمة جدًا. لكن من المهم معرفة الظروف أو العوامل السائدة في المكان. إضافةً إلى ذلك، فإنّ هذه العوامل متعلقة ببعضها: تتأثر درجة الحرارة وكمية الرواسب من أشعة الشمس (الرسمة ب – 6). كما أن هذه العوامل تؤثر على تكوين التربة وصفاتها.



الرسمة ب – 6: تأثير أشعة الشمس على النظام البيئي في الكرة الأرضية

بعد أن تعرفنا بشكل عام على العوامل الأساسية التي تؤثر على الأنظمة البيئية في الكرة الأرضية وفي البلاد، سيتم في البنود القادمة، شرح أهمية كل عامل من العوامل اللا أحيائية لحياة الكائنات الحية، وسنصف الملاءمة لتوافره أو لمستوى هذا العامل في بيوت التنمية المختلفة.

تؤدي كثرة العوامل التي تؤثر على الكائنات الحية بشكل خاص، وعلى النظام البيئي بشكل عام إلى صورة مركبة ومعقدة. عمليًا لا توجد إمكانية الحديث عن عامل واحد دون التطرق إلى تأثير العوامل الأخرى. ففي فصل **الماء**، سنبحث مشاكل التنفس في المياه التي تذوب فيها كمية قليلة من الأكسجين، وسنبرز صفة الماء في الحفاظ على **درجة حرارة** ثابتة. في فصل **التربة**، سنصف العلاقة بين بنية التربة وبين توافر المياه فيها، وبين هذين العاملين وبين توافر **الأكسجين** في التربة. في البيئة الحياتية الصحراوية، **المياه قليلة، الرطوبة** المنخفضة في الهواء، **الضوء** الكثير **ودرجة الحرارة** العالية، هي عوامل لا أحيائية تتأثر من بعضها، وتأثيرها المتبادل على الكائنات الحية يصمم الأنظمة البيئية الصحراوية. تؤثر تيارات الهواء **والرياح** على الكائنات الحية، لأنها تؤثر على المياه، درجة الحرارة والتربة.



بيت تنمية صحراوي (عين جدي)

شاطئ بحر صخري

ب2. الماء: أحد مكونات أجسام الكائنات الحية والبيئة الحياتية المحيطة

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: *موازنة الماء في الجسم.*

الخلية: *المياه هي مكون أساسي في الخلية.*

المياه هي إحدى المواد الشائعة على الكرة الأرضية، وهي تُغطي ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية. المياه هي مورد ضروري للكائن الحي. وتنبع أهميتها بالأساس من كونها المكون الأساسي في أجسام الكائنات الحية، فحوالي ثُلثي وزن أجسامنا هو ماء، ولا نستطيع الحياة مدة طويلة دون ماء. البيئة المحيطة الداخلية في جسم الكائن الحي، هي بالأساس محيط مائي والماء ضروري لتنفيذ العمليات الكيميائية التي تحدث في خلاياه. إضافةً إلى ذلك، تُساعد المياه في نقل المواد المذابة داخل الخلية، وفي نقلها من مكان إلى آخر داخل الجسم.

في اليابسة، المياه ليست متوافرة كل الوقت وفي كل مكان، ولهذه الحقيقة، يوجد تأثير كبير على بيوت التنمية في اليابسة، وعلى الكائنات الحية التي تعيش فيها. والمياه هي موطن (بيت تنمية) لكائنات حية كثيرة خلال فترة حياتها.

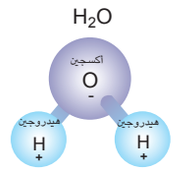
وعند البحث عن حياة في كواكب أخرى، يركز الباحثون على إيجاد أدلة لوجود مياه في الماضي أو الحاضر، لأن وجود الماء، قد يُشير إلى وجود حياة في هذه الكواكب.

صفات الماء وأهميته لحياة الكائنات الحية

تنبع أهمية المياه للكائن الحي من الصفات الخاصة للماء.

جدول ب–1: الصفات الخاصة لجزيئات الماء وأهميتها للكائن الحي

الصفة ووصفها	تفصيل وشرح	الأهمية للكائن الحي
قطبية الجزيء: القطب الذي يوجد فيه ذرتا هيدروجين، هو قطب ذو شحنة كهربائية موجبة. والقطب الذي يوجد فيه أكسجين، فإنه يحمل شحنة كهربائية سالبة.	تنجذب جزيئات مواد أخرى ذات شحنة كهربائية إلى جزيئات الماء. تنجذب جزيئات الماء إلى بعضها.	**الكتلة:** تنجذب الجزيئات ذات الشحنة الكهربائية إلى جزيئات الماء، وهكذا تذوب المواد في الماء. **الجذب إلى مواد أخرى:** يساعد الجذب على صعود المياه في أنابيب النقل الموجودة في النباتات. **قوة الشّد على السطح الخارجي:** تتكون على سطح الماء مساحة ذات قوة شد قوية.
يوجد للماء سعة حرارية عالية. يستطيع الماء أن **يستوعب** طاقة حرارية كثيرة دون أن ترتفع درجة حرارته بشكل ملحوظ. والعكس صحيح أيضًا، فالماء يستطيع أن **يخسر** طاقة كثيرة دون أن يبرد بشكل متطرف.	تحتاج طاقة كبيرة جدًا لتسخين الماء، ولتحويله إلى بخار الماء.	**تنظيم درجة الحرارة:** تمنع من التغيُّرات المتطرفة في درجة حرارة البيئة الحياتية المائية في البحيرات والبحار، وفي داخل أجسام الكائنات الحية (البيئة المحيطة الداخلية). ينبع تبريد الجسم أثناء تبخر العرق من الطاقة الكثيرة المطلوبة لتبخر العرق والتي مصدرها من الجسم. تساهم عملية النتح في النباتات في انخفاض درجة الحرارة.
شذوذ الماء (انوموليا): تتمدد المياه عندما تتجمد	عندما يكون الماء في حالته الصلبة (جليد)، فإنّ حجمه أكبر وكتلته أصغر من الحالة التي يكون فيها في الحالة السائلة. لذا يطفو الجليد على سطح الماء.	تطفو طبقة الجليد – الأخف من الماء السائل – على سطح البحيرة. وهي تعزل المياه التي تحتها وتمنع من تجمدها، وهكذا تستمر الحياة في البحيرة خلال فترة الشتاء البارد.



صيغة ورسم تخطيطي لجزيء الماء

حشرة (بق الماء) على سطح الماء

سؤال ب – 2

اذكروا عمليتين في الكائنات الحية، وصفتين للبيئة المحيطة التي تتأثر من الصفات الخاصة للماء.

في العمليات التي تحدث في **الخلايا**، تُستعمل المياه **كمادة متفاعلة وكناتج**. مثلاً:

- في عملية التركيب الضوئي، يرتبط هيدروجين من جزيء الماء بـ CO_2 ويَنْتُج سكر.
- في عملية تحليل النشا إلى جزيئات صغيرة (جلوكوز)، يشترك الماء كمادة متفاعلة في العملية.
- في عملية التنفس الخلوي، يَنْتُج ماء وهو يشكل مصدرًا مهمًا للحيوانات في الصحراء (انظروا صفحة 45).
- في عملية بناء البروتينات، تتحد الحوامض الأمينية ببعضها لإنتاج سلسلة من البروتينات. وفي هذه العملية، ينطلق جزيء ماء من كل رابط يَنْتُج.

يوجد وظائف إضافية للماء في مستوى تنظيم **الكائن الحي**:

1. نقل مواد مذابة

إنّ قدرة الماء على إذابة مواد، تساعد على نقل مواد مذابة من مكان إلى آخر داخل الخلية ذاتها، وبين الأقسام المختلفة في الكائن الحي المتعدد الخلايا. في الكائنات الحية المتعددة الخلايا الكبيرة والمتطورة، تنتقل المواد من مكان إلى آخر من خلال أجهزة النقل. جهاز الدم، هو مثال لجهاز نقل ينتقل فيه الأكسجين، الأجسام المضادة، نواتج الهضم ومواد فضلات مذابة.

يوجد في النباتات جهازا نقل وهما يعملان بشكل موازٍ: جهاز ينقل الماء والأملاح المذابة التي استُوعبت من التربة عبر الجذور إلى كل قسم من أقسام النبات حتى قمة الشجرة، والجهاز الثاني ينقل نواتج عملية التركيب الضوئي المذابة في الماء، حيث يتم نقل هذه النواتج من الأوراق إلى الأقسام الأخرى للنبتة.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: *جهاز النقل: من أين وإلى أين يُنقل الأكسجين، نواتج الهضم، الأجسام المضادة والفضلات في جسم الإنسان؟*

2. نقل الخلايا التناسلية (جاميطات)

يوجد كائنات حية تعيش في اليابسة، لكن على الرغم من ذلك، فإنها متعلقة بالماء لكي تتكاثر. مثلاً: الخلايا التناسلية الذكرية للحزازيات والسرخسيات التي تعتبر نباتات يابسة بسيطة، هي خلايا ذات أسواط وتحتاج إلى ماء، لكي تصل إلى الخلايا الأنثوية لإخصابها، على الرغم من أن النبات ذاته يعيش في اليابسة.

مثال إضافي على ذلك هو الضفدع وبرمائيات أخرى. يضع الضفدع بيضه في الماء، وتُفرز الخلايا الذكرية أيضًا إلى الماء. ويتم الإخصاب في الماء، وشرغوف (دعموس) حديث السن الذي يتطور من البويضة المخصبة، يعيش أول حياته في الماء. على الرغم من أن الضفدع البالغ يستطيع العيش على اليابسة، لكنه متعلق ببيئة محيطة مائية لتكاثره.

السرخ (أ) حزاز (ب)

3. الحفاظ على التوازن في النباتات

في أعضاء صغيرة السن، في نباتات متعددة السنوات، وفي نباتات حولية، تطورت أنسجة داعمة بشكل قليل نسبيًا، ويتعلق انتصابها بشكل كبير جدًا بالماء الذي يملأ الفجوة العصارية التي تحتل قسمًا كبيرًا من حجم الخلية. عندما نتمعّن في نباتات، لم يتم ريها، فمن السهل تمييز أهمية الماء للحفاظ على ثبات النبات. وهذه النباتات تكون منكمشة وذابلة. هذه المشكلة ليست موجودة في الأشجار، لأن أقسامًا كثيرة منها تكون قاسية (خشبية)، وأثناء النقص في الماء تبقى معتدلة ومنتصبة.

يحدث نقص الماء بالأساس في الأوراق والأغصان الحديثة السن.

علاقة بموضوع

الخلية: *مبان في خلية النبات – الفجوة العصارية.*

نبات منتصب ونبات ذابل

المياه هي عامل محدِّد في البيئة المحيطة في اليابسة

يُشير اسم البيئة المحيطة اليابسة إلى أنها جافة، ومورد الماء ليس متوافرًا في كل لحظة وفي كل مكان: توجد مواسم كثيرة الأمطار ومواسم دون أمطار، ويوجد بيوت تنمية فيها ماء بكثرة، ويوجد بيوت تنمية شحيحة/ صحراوية.

إضافةً إلى ذلك، الهواء الذي تكون فيه – عادةً – رطوبة منخفضة، يؤدي إلى تبخر ماء كبير من مساحة السطح الخارجي للكائن الحي، ويؤدي إلى فقدان الماء.

الكائنات الحية التي تعيش في بيئة محيطة جافة تكون ذات ملاءمة لظروف النقص المؤقت أو الدائم في المياه.

■ ملاءمة للحياة في اليابسة

إلى جانب التنوع الكبير في الملاءمة – لنقص الماء – التي سنصف قسمًا قليلاً منها فيما بعد. يوجد ثلاث ملاءمات مشتركة لجميع الكائنات الحية التي تعيش في اليابسة:

1. تغطية مساحة الجسم بغطاء غير نفّاذ للماء

كوتيكولا النباتات، كيتين الحشرات وجلد الحيوانات، تساعد جميعها على تقليص تبخر الماء من مساحة السطح الخارجي للجسم.

المصطلحان كوتيكولا (أدمة) وكيتين

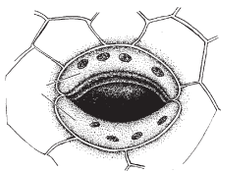
كوتيكولا: طبقة من المركبات الدهنية الشمعية التي تفرزها جدران طبقة الخلايا الخارجية (الأبيدرميس) التي تحيط الأقسام العلوية للنباتات – التي تقع فوق سطح التربة (بالأساس الأوراق والسيقان) – وتغطيها.
كيتين: متعدد السكريات، وهو يُغطي أجسام الحشرات والفطريات.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: الجهاز التنفسي.

2. حماية المناطق التي يتم فيها تبادل الغازات

تبادل الغازات مع الهواء، هو جزء من عملية التنفس (التي تتم في جميع الكائنات الحية الهوائية) ومن عملية **التركيب الضوئي** (الذي يتم في النباتات). تتم عملية **تبادل الغازات**، إذا كان السطح الخارجي للخلايا رطبًا. في الثدييات وفي حيوانات أخرى، يتم تبادل الغازات المتعلق بالتنفس في الرئتين الموجودة داخل جسم الكائن الحي، لكي نحميها من الجفاف، حيث يوجد أنابيب خاصة تقوم بالربط بينها وبين الهواء الخارجي. في أوراق النباتات، يوجد فتحات خاصة – **ثغرات** (الرسمة ب– 7) من خلالها يتم استيعاب CO_2 وإطلاق أكسجين وبخار ماء. يوجد آلية خاصة تقوم بإغلاق فتحة الثغرات عندما يكون النبات في حالة نقص في المياه، وهكذا يحمي داخل الأوراق من الجفاف (للمزيد من المعلومات، انظروا صفحة 42).



الرسمة ب – 7 : ثغر مفتوح

3. تكاثر غير متعلق بالماء

الخلايا التناسلية كالخلايا الذكرية والبويضات، لا تستطيع العيش في بيئة محيطة ليست مائية.

كيف تُنقل الخلايا التناسلية بين الكائنات الحية في اليابسة؟ وكيف يتم الالتقاء فيما بينها؟

في النباتات (التي يتم اخصابها بشكل ذاتي أو بإخصاب متبادل)، تصل حبيبات اللقاح – المحمية جيدًا بغلاف غير نفّاذ للماء – من الأسدية إلى الميسم الذي يقع في رأس المتاع.
بعد إنبات حبيبات اللقاح، يتم استغلال إحدى النوى لتخصيب البويضة الموجودة في عمق المبيض.
في الزواحف، الطيور والثدييات، يتم إخصاب داخلي. حيث يتم إدخال الخلايا الذكرية إلى داخل جسم الأنثى، وهي لا تتلامس مع الهواء الخارجي الجاف. فبهذه الطرق، يتم الالتقاء بين الخلايا التناسلية في مكان محمي جيدًا من الجفاف وهو "بيئة مائية داخلية".
بعد الإخصاب، يكون الجنين محميًا من الجفاف أيضًا. ففي النباتات يكون محميًا بواسطة تغليف البذور، وفي الزواحف والطيور يكون محميًا داخل بيضة فيها محلول مائي، والأغشية والقشرة تسمح بتبادل الغازات، لكنها تقلل من خطر الجفاف، أما في الثدييات، يتطور الجنين داخل بيئة مائية موجودة في رحم أمه.

بعد أن وصفنا ملاءمات تُميز جميع الكائنات الحية في اليابسة، فسوف نَصف بشكل منفصل ملاءمات النباتات والحيوانات.

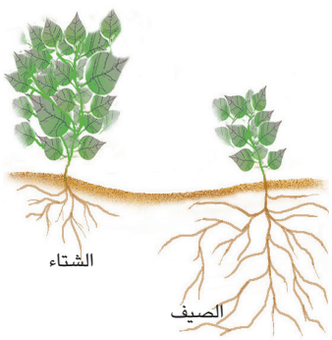
■ ملاءمة النباتات للحياة في بيئة محيطة جافة

النباتات ساكنة، ولا تستطيع أن تتحرك من مكانها، لكي تبحث عن مصادر مياه. الملاءمات التي نَصفها فيما بعد، هي التي تساعد النباتات في الوصول إلى المياه الموجودة في التربة، وهكذا تُقلص النبتة من فقدان المياه من أقسامها الموجودة فوق سطح التربة.

ملاءمة الجذور والأوراق للبيئة المحيطة الجافة

تتم عملية استيعاب المياه والأملاح من التربة بواسطة الجذور التي نجد فيها "شعيرات" نسمّيها **شعيرات ماصة** (الرسمة 8 – ب). الشعيرات الماصة دقيقة جدًا، ومساحة سطحها الخارجي كبيرة جدًا نسبةً إلى حجمها. وهكذا تكبر مساحة السطح الخارجي العامة للجذور. النباتات الصحراوية، يوجد لها أحيانًا أنظمة (شبكات) جذور عميقة ومتشعبة، وهكذا يزداد حجم التربة التي يتم استيعاب المياه منها (الرسمة ب – 9).

الرسمة ب 8: شعيرات ماصة (ذُرة)



الرسمة ب – 9: نظام (شبكة) الجذور في نبات صحراوي في الصيف والشتاء

سؤال 3–ب

عندما نفحص جذور نباتات، فإننا نجد الشعيرات الماصة – بالأساس – في الأقسام الحديثة السن التي تنمو بسرعة في أطراف الجذور. ما هي برأيكم أفضلية هذا الوضع للنبتة؟

تفقد النباتات معظم المياه – التي تستوعبها عبر الجذور – من خلال عملية التبخر إلى البيئة المحيطة، وذلك بالأساس عبر الثغور الموجودة في الأوراق.
كمية المياه التي تمر في النبتة أكبر بكثير من كمية المياه التي تحتاجها النبتة للنمو، للحفاظ على الدعامة، للنشاطات الكيميائية ولنقل المواد (الرسمة ب – 10).

الرسمة ب – 10: كميات المياه التي تنطلق أثناء عملية النتح نسبةً لِما تحتاجه النبتة

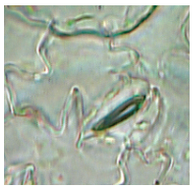
من الجدير بالمعرفة

في نبتة الذُرة، تستغل النبتة 1% فقط من المياه التي تستوعبها لبناء جسمها، أما 99 % من المياه، فإنها تمر عبر النبتة وتتطاير إلى الهواء عبر الثغور.

ما هو سبب فقدان المياه بكميات كبيرة في النباتات؟

يتم استيعاب ثاني أكسيد الكربون CO_2 المطلوب لعملية التركيب الضوئي عبر الثغور. كلما كانت الثغور مفتوحة، فإنّ CO_2 يتم استيعابه، لكن في نفس الوقت، ينطلق عبرها بخار ماء كثير إلى الهواء الذي رطوبته أقل من الرطوبة الموجودة داخل الورقة. عملية انطلاق بخار الماء من الورقة نسمّيها عملية **النتح**. ونتيجةً لذلك، يرافق فقدان الماء عملية التركيب الضوئي. إنّ أفضلية مبنى الثغور وآلية عملها أنها تكون مغلقة في معظم النباتات أثناء الظلام، الذي لا تتم فيه عملية التركيب الضوئي، وهكذا نمنع من فقدان زائد للماء.

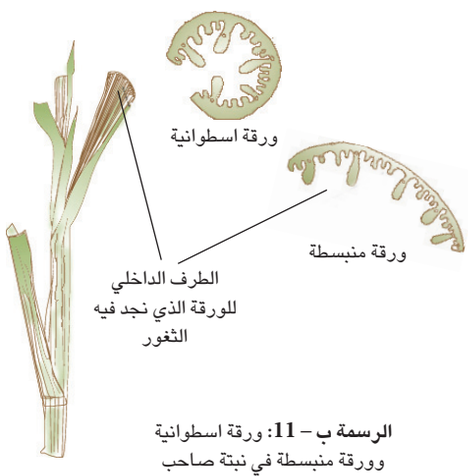
إضافةً إلى ذلك، فإن الثغور لا تُغلق في الظلام فقط، بل تُغلق في حالة نقص المياه في النبتة. عندما تكون الثغور مغلقة، لا يتم فقدان الماء، لكن في نفس الوقت، لا يدخل CO_2 إلى النبتة، وتنخفض عملية التركيب الضوئي. وينخفض أيضًا نقل المياه والمواد المذابة من الجذور إلى الأجزاء الحديثة السن في النبتة، ونتيجةً لذلك، ينخفض نمو النبتة.


ثغر مغلق

ثغر مفتوح

نعرف في النباتات عن ملاءمات كثيرة في مبنى الورقة وهي تقلل من فقدان الماء. أمثلة:

1. تغطية الأوراق بطبقة سميكة من الشمع (كوتيكولا)، مثلاً: أوراق الخروب.
2. ثغور غائرة في الورقة، أو مغطاة بشعيرات، مثلاً: أوراق شجر الزيتون.
3. مساحة صغيرة للسطح الخارجي للأوراق و/أو تساقط الأوراق في الصيف، مثلاً: الرتم.
4. أوراق أسطوانية، مثلاً: صاحب الرمال (الرسمة ب – 11).
5. تبديل أوراق الشتاء بأوراق الصيف: أوراق الشتاء كبيرة وأوراق الصيف صغيرة: أمثلة: النتش (الرسمة ب – 12)، الهنبل والليباد.



الرسمة ب – 11: ورقة اسطوانية وورقة منبسطة في نبتة صاحب الرمال

"نبتة صاحب الرمال"

الرسمة ب – 12: نبات النتش مع أوراق الشتاء

سؤال 4 – ب

أ. "مبنى الورقة هو عبارة عن حل وسط بين الملاءمة لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، وبين الملاءمة للحفاظ على موازنة مياه موجبة في النبتة". اشرحوا هذه العبارة.

ب. اشرحوا، كيف تساهم كل ملاءمة من الملاءمات أعلاه في تقليل فقدان المياه؟

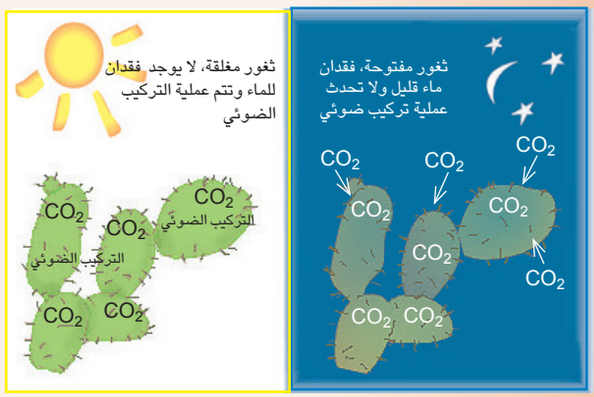
توسع: نباتات CAM – تنفيذ عملية التركيب الضوئي أثناء إغلاق الثغور

يتأثر فقدان المياه أثناء عملية النتح من الظروف الفيزيائية في البيئة المحيطة، وهو يزداد في ساعات الإضاءة التي تكون فيها درجة الحرارة عالية والرطوبة منخفضة. إنّ تقليل فقدان الماء من خلال إغلاق الثغور، يؤدي في أعقابه إلى تقليل عملية التركيب الضوئي.

في نباتات الـ CAM، تطورت آلية فسيولوجية – بيوكيميائية بالطريقة الآتية: تكون الثغور مفتوحة في ساعات الليل، يتم استيعاب الـ CO_2 في هذه الساعات، ويرتبط من خلال عمليات كيميائية ويُحفظ بمركب خاص.

عند فتح الثغور أثناء الليل، يتبخر ماء، لكن هذه الكمية أقل من الكمية التي تتبخر خلال النهار (لماذا؟).
خلال النهار وفي ساعات الضوء، تكون الثغور مغلقة، لكن تتم عملية التركيب الضوئي بمساعدة ضوء الشمس وَ CO_2 الذي تمّ استيعابه وتخزينه أثناء الليل (الرسمة ب – 13).
نباتات الـ CAM ملائمة للحياة في ظروف الجفاف، وهي شائعة أكثر في مناطق حارة وجافة.

نباتات CAM: صبار



الرسمة ب – 13: عملية التركيب الضوئي في نباتات الـ CAM

ملاءمة دورة الحياة للبيئة المحيطة الجافة

تبدأ دورة حياة النبات **الحولي** من البذرة وتنتهي بإنتاج جيل جديد من البذور ونشرها. إنَّ دورة الحياة التي تنبت فيها البذور، وتنمو النبتة، وتُزهر وتنضج الثمار في الفترة التي يتواجد فيها الماء بكثرة، هي عبارة عن ملاءمة للتغيُّرات الموسمية في توافر المياه. وهذا السلوك للنبات الحولي، يعتبر "هروب" من مواجهة النقص في المياه، في فصل الصيف الجاف.
تستطيع البذور أن تصمد في ظروف الجفاف، وأن تجتاز الصيف في حالة **سبات**، وتستيقظ وتنبت عند قدوم المطر.
نلاحظ عند النباتات الحولية – في البلاد – ظاهرة **الإنبات** مع قدوم المطر الأول وإكمال دورة حياة النبات حتى بداية فصل الصيف.

سؤال ب – 5

افحصوا (في كتاب تعريف النباتات، أو في مصدر معلومات آخر) موسم إزهار خمس نباتات حولية وخمس نباتات معمرة. ركزوا نتائجكم ونتائج أصدقائكم في جدول. ماذا يمكن الاستنتاج حول العلاقة بين دورة الحياة وبين توافر المياه؟

دورة الحياة القصيرة للنباتات الحولية، هي إحدى الطرق التي تضمن بقاءها في المناطق التي يوجد فيها موسم جاف. هناك ظاهرة شبيهة عند قسم من النباتات المعمرة. في النباتات ذات البصيلات، أو الدرنات، أو الجذور السميكة الموجودة تحت الأرض، والتي تُسمّى **نباتات أرضية** (**جيوفيتات**: جيو= أرض، فيتات = نباتات)، مثل: بُصيل، شقائق النعمان والعوصل، فإنها تنمو بالأساس في موسم المطر، وتجتاز هذه النباتات موسم الجفاف مع أقسام علوية جافة وميتة. ويُحفظ فقط عضو التخزين الموجود تحت الأرض والذي فيه براعم التجدد للموسم القادم.

يتجدد النمو في فصل الخريف مع قدوم الموسم الماطر، كما يحدث عند البُصيل والحيلوان (اللذين يبشران بقدوم فصل الخريف)، أو يتجدد النمو بعد بدء هطول الأمطار، كما يحدث عند .شقائق النعمان، صابون الراعي، النرجس، العوصل وغيرها.

جيوفيتات (نباتات أرضية) من اليسار إلى اليمين: صابون الراعي، حيلوان، شقائق النعمان، خبيزة

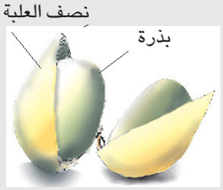
نبحث البيئة: «ساعة مطر» في نبتة شوك الدب

(تمّ إعداد الموضوع من: جوترمن، ي.، فيتستوم، أ.، بن آري، (1969) ساعات مطر في شوك الدب، **מדע י"ג**، 276–281).

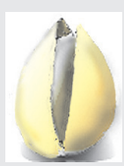
عند شوك الدب الذي ينمو في النقب، يوجد نظام نشر بذور معقد ومثير الاهتمام. تُحفظ البذور في الثمار، وهي تنتشر – فقط – بعد أن تتم عملية فتح الثمار. هذا النظام مرتبط بثلاثة مقاييس المطر أو "ساعات المطر" التي تقوم بتفعيل نظام نشر البذور – فقط– بعد أن هطلت كمية مطر في الحد الأدنى. يمكن التعرف على عمل إحدى "ساعات المطر" من خلال النتائج المعروضة في الجدول الآتي:

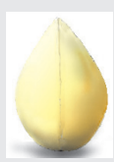
زمن نقع الثمار بالماء (بالدقائق)					
180	60	40	20	10	5
52	52	36	8	2	0

النسبة المئوية للثمار التي "انفجرت" وأطلقت بذورًا



ثمرة مفتوحة


ثمرة في بداية عملية الفتح


ثمرة مغلقة

شوك الدب

سؤال ب 6

أ. ارسموا رسمًا بيانيًا للنتائج التي تظهر في الجدول.

ب. ماذا يمكن الاستنتاج من النتائج؟

ج. ما هي الأفضلية التي تكتسبها النباتات الصحراوية نتيجةً لوجود "ساعة المطر"؟ اشرحوا.

من وجهة نظر زراعية: الماء كعامل محدد في الزراعة

النباتات الزراعية التي تُشكل مكونًا مهمًا في غذائنا، تحتاج إلى كميات مياه كبيرة لنموها. لذا توافر مورد المياه، هو عامل محدد ومهم في الزراعة. في إسرائيل التي مصادر مياهها ضئيلة، لا نستطيع دائمًا أن نقوم بري الحقول أو الكروم بكميات المياه المطلوبة، وهناك من يعتمد على مياه الأمطار فقط. الزراعة التي تعتمد على مياه المطر فقط نسمّيها زراعة بعلية. الحنطة، الشعير، العنب، النخيل، الرمان، التين والزيتون، هي أنواع يمكن تنميتها – في البلاد– في ظروف بعلية (على الأقل 200 ملم مطر في السنة)، ففي البلاد، ننمي عادةً دون ري القمح والشعير في شمال النقب، وكروم الزيتون في الجليل الأسفل. أما الزراعة التي تعتمد على ضخ المياه عبر القنوات والأنابيب، فإننا نسمّيها زراعة الري. ففي البلاد، كروم الفواكه والمزروعات الصيفية، مثل: الخضروات والقطن، هي أمثلة لزراعة الري.

للمزيد عن

الري واستعمال مياه المجاري المكرّرة، انظروا الفصل السابع.

■ ملاءمات الحيوانات للبيئة المحيطة الجافة

المشكلة الأساسية لدى الحيوانات التي تعيش في بيوت تنمية (مواطن) جافة، هي الوصول والحصول على مياه الشرب. تتغيّر كمية المياه المتوافرة مع فصول السنة ومن سنة إلى أخرى، وأحيانًا يجب أن تقطع الحيوانات مسافات كبيرة جدًا لإيجاد مصدر مياه. أمامكم جدول ب – 2، وهو يعرض تلخيص مصادر المياه وطرق فقدان المياه في الحيوانات.

جدول ب – 2: مصادر المياه وطرق فقدانها في الحيوانات

مصادر المياه	طرق فقدان المياه
مياه الشرب	تتبخر من سطح الجسم
غذاء: ثمار وأقسام نباتات أخرى، لحوم	تتبخر من أجهزة التنفس
نواتج التأكسد (الماء الناتج خلال عمليات الأيض)	إفراز ماء في البراز والبول

فيل قرب مصدر مياه

توسع: استغلال مياه ناتجة من عملية الأيض (مياه أيضية)

المياه الناتجة من عملية الأيض، هي مصدر المياه المهم والأساسي للقوارض التي تعيش في الصحراء، مثل: اليربوع والقنفع (بسمون) اللذين غذاؤهما يشمل بالأساس بذور جافة.

عند أكسدة المواد العضوية التي مصدرها من الغذاء (جدول ب – 3)، كما هو الأمر في التنفس الخلوي، فإنّ الأكسجين يرتبط بالهيدروجين وينتج ماء. هذه هي المياه الأيضية.

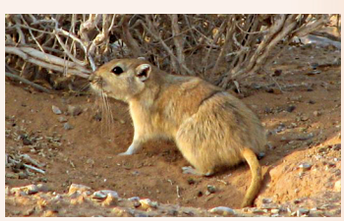
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

للمزيد عن

التأكسد – الاختزال، انظروا ملحق المصطلحات الأساسية.

جدول ب – 3: كمية المياه الناتجة أثناء أكسدة 1 غرام من المادة العضوية

نوع المادة	كمية الماء (غم)
نشا	0.56
دهنيات	1.07
بروتينات	0.39



قنفع (بسمون)، ثدي صحراوي لا يشرب الماء

في الحيوانات، كما هو الأمر في النباتات، هناك أنواع مختلفة من الملاءمة التي تساهم في تقليل فقدان الماء.

العيش في أماكن مظللة ورطبة

إنّ فقدان المياه من السطح الخارجي للجسم نتيجةً للتبخر، يؤدي إلى مشكلة كبيرة جدًا للكائنات الحية التي جلدها الخارجي رطب وينقصه غطاء حماية، مثل: جلد دودة الأرض أو الضفدع. تتبخر كمية مياه كبيرة جدًا عبر السطح الخارجي للجسم، وقد تصل إلى 0.4 ملغم ماء في الساعة، من كل واحد سنتمتر مربع من جلد الدودة (1 ملغم يساوي واحد على ألف من الغرام)، وعند الضفدع، تصل إلى 0.3 ملغم ماء في الساعة، من كل واحد سنتمتر مربع من جلد الضفدع. (للمقارنة: الإنسان الذي لا يعرق، فإنه يفقد في الساعة فقط 0.048 ملغم ماء من كل واحد سنتمتر مربع من جلد جسمه).

يقل فقدان المياه عند دودة الأرض والضفدع بفضل الأماكن الرطبة والمظللة التي تعيش فيها، وغير مكشوفة للشمس، مثل: داخل التربة، أو بين نباتات كثيفة بالقرب من مجمعات مياه.

إعادة امتصاص الماء في الأمعاء والكليتين

كمية كبيرة من المياه التي تمر عبر الجهاز الهضمي للحيوانات، لا تُفرز مع البراز، بل يتم امتصاصها عبر الأمعاء إلى الدم. إضافة إلى ذلك، فإنّ كمية قليلة من المياه الراشحة عبر الكليتين، يتم امتصاصها في الجسم، ولا تُفرز في البول.

تستطيع الثدييات والطيور أن تُنْتِج بولاً فيه تركيز أملاح أعلى من بلازما الدم.

يَنْتُج البول المركّز في أعقاب إعادة امتصاص الماء في نفرون الكلى، في منطقة الأنبوبة البولية، وهكذا لا نفقد الماء في البول.

تُشير الأبحاث إلى أن هناك علاقة بين عرض لب الكليتين الذي تقع فيه الأنابيب البولية وبين البيئة المحيطة الحياتية: في الثدييات التي تعيش في بيئات حياتية جافة وحارة، يكون لب الكليتين أعرض وفيه أنابيب بولية أطول مقارنةمع الثدييات التي تعيش في بيئات حياتية ليست جافة وحارة، لذا كمية المياه التي يتم امتصاصها في كلية الثدييات الأولى تكون أكبر من الثدييات الأخرى التي تعيش في بيئات حياتية أخرى.

علاقة بموضوعه

بيولوجيا الإنسان: جهاز الإفراز.

إفراز فضلات نيتروجينية صلبة

في بول الحيوانات، يتم أيضًا إفراز نفايات نيتروجينية مذابة فيه، مثلاً: **اليوريا**، لكن إفراز البول بكميات كبيرة معناه فقدان مياه بكميات كبيرة. الحشرات، الزواحف والطيور، لا تفرز مواد النفايات كيوريا مذاب في الماء، بل **كحامض يوريك** غير قابل للذوبان في الماء، لذا هذا النوع من الإفراز، لا يرافقه فقدان ماء.

إنّ إفراز نفايات النيتروجين على شكل حامض يوريك غير ذائب، يُعتبر ملاءمة تساهم في تقليص إفراز الماء من الكائن الحي.

من الجدير بالمعرفة

يفقد الإنسان حوالي 200 ملل من الماء أثناء عرقه خلال يوم عادي.

ملاءمة للحياة في بيئة محيطة مائية

■ المياه كبيئة حياتية مائية

المياه في المحيطات، البحيرات والوديان، تعتبر بيوت تنمية لكل فترة حياة الكائنات الحية المختلفة التي تعيش فيها. وتشكل المياه بيئة حياتية سهلة:

1. لا يوجد فيها خطر لجفاف الخلايا.

2. لا توجد تغيُّرات متطرفة في درجة الحرارة بين النهار والليل، وبين فصول السنة أيضًا.
3. يوجد في الماء مواد مذابة كثيرة وضرورية لحياة الكائنات الحية.
4. يوجد دعم فيزيائي كافٍ للكائنات الحية التي تعيش في المياه، وتستطيع أن تعيش فيها أيضًا كائنات حية، لا يوجد لها هيكل داخلي أو خارجي، مثل: قنديل البحر، الهيدرا أو الطحالب، على سبيل المثال، خسة البحر.
5. يوجد تيارات من الماء التي تُسهل على حركة الكائنات الحية والجاميطات (الخلايا التناسلية)، وهي تستطيع أن تنتقل من مكان إلى آخر، دون أن تبذل طاقة كثيرة.

قنديل البحر

■ ملاءمة الحيوانات للبيئة الحياتية المائية

على الرغم من أن البيئة الحياتية المائية سهلة، إلا أنها تضع محدوديات أمام الكائنات الحية، وفيما يلي هذه المحدوديات:

1. صعوبة الحركة في المياه بشكل فعّال (دون أن تنجرف).
2. تنظيم موازنة المياه والأملاح في الجسم.
3. ذوبان منخفض للأكسجين.
4. درجة حرارة منخفضة جدًا للماء في مناطق الأقطاب وفي عمق المياه.

سنصف هنا، قسمًا من الملاءمات الخاصة لهذه المحدوديات.

ملاءمة مبنى الجسم للحركة في المياه

صحيح أن تيارات الماء تؤدي إلى الجرف، وهكذا تسهل الحركة غير الفعّالة للكائنات الحية في الماء، لكن المياه أكثر كثافةً (لزوجةً) من الهواء، لذا من الصعب أن تسبح، وأن تتقدم فيها الكائنات الحية مقارنةً مع الهواء الحر. تتم الحركة السريعة للكائنات الحية في الماء، إذا كان مبنى جسمها ملائمًا للحياة في هذه البيئة الحياتية: إنّ أجسام الأسماك والثدييات التي تعيش في الماء ملساء، وشكلها يساهم في تقليل الاحتكاك، وتقليل مقاومة الحركة في الماء. أغشية السباحة التي تُميّز الطيور المائية ومبنى أطراف أجسام الثدييات، تُسهل هي أيضًا على السباحة والحركة في الماء (الرسمة ب – 14).

الرسمة ب 14: ملاءمة للحركة في الماء: كلب البحر والبجع

من الجدير بالمعرفة: أيهما يتقدم أسرع، الكائن الحي الذي يركض في الهواء أم الكائن الحي الذي يسبح في الماء؟

الرقم القياسي العالمي في ركض 100 م هو 10 ثوانٍ، والرقم القياسي العالمي في سباحة 100 م (سباحة حرة) هو 50 ثانية تقريبًا!

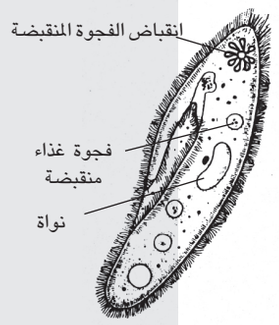
تنظيم موازنة المياه والأملاح في الجسم

صحيح أن الحياة في الماء تمنع من خطر الجفاف، لكن " لا يوجد أشياء جيدة دون أشياء سيئة " . في المياه العذبة أو الحلوة (مياه فيها تركيز الأملاح منخفض) يكون تركيز الأملاح داخل الكائن الحي أعلى من تركيز الأملاح في البيئة المحيطة المائية، لذا يحدث اسموزا (تنافذ) للماء من البيئة المحيطة إلى داخل الكائن الحي. تتم هذه الظاهرة في الكائنات الحية الأُحادية الخلية، مثلاً: البراميسيوم، وفي كائنات حية متعددة الخلايا، مثل: السرطانات، الرخويات (الأصداف) وأنواع الأسماك المختلفة.

كيف تواجه الكائنات الحية فائض المياه؟

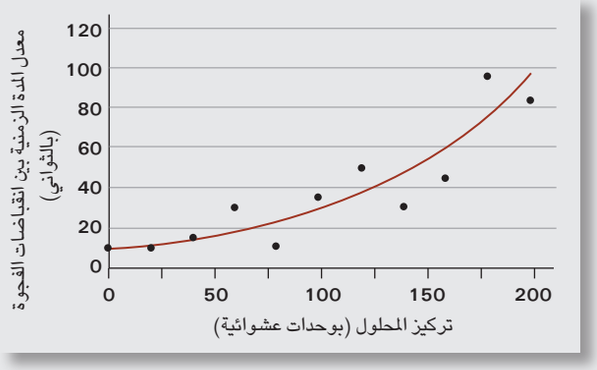
أثناء نشوء وارتقاء الكائنات الحية، تطورت آليات وأعضاء لمواجهة فائض الماء. في البراميسيوم الأُحادي الخلية (الرسمة ب – 15)، تنقبض الفجوة المنقبضة، وهي تمتلئ بالماء وتفرغ من مرة إلى أخرى بدورية ثابتة، وهكذا يتم إبعاد فائض المياه.

نبحث البيئة: إفراز فائض الماء من البراميسيوم



الرسمة ب – 15: براميسيوم (كائن حي أُحادي الخلية) مع فجوة منقبضة

في البحث الذي أُجري لفحص تأثير تركيز المواد المذابة في المحلول على وتيرة نشاط الفجوة المنقبضة، تمّ إدخال براميسيوم إلى محاليل بتراكيز مختلفة، وقياس المدة الزمنية التي تمر بين انقباض معين للفجوة المنقبضة وبين الانقباض الذي يليها. وقد حصلوا على النتائج المعروضة في الرسمة ب – 16.



الرسمة ب – 16: معدل المدة الزمنية التي تمر بين انقباض الفجوة كدالة لتركيز المحلول

سؤال ب–7

اشرحوا العلاقة بين المدة الزمنية التي تمر بين انقباض الفجوة وبين تركيز المحلول.

علاقة بعمى ضوء

بيولوجيا الإنسان: جهاز الإفراز.

في الكائنات الحية المتعددة الخلايا، يوجد أجهزة إفراز تقوم بإبعاد فائض المياه. ومع هذه المياه الزائدة، يتم أيضًا إبعاد مواد فضلات مختلفة مذابة فيها. الكليتان عند الثدييات، هما جزء من جهاز الإفراز الذي يساعد على إبعاد فائض المياه في بيوت تنمية مائية عذبة، وتساعد على إبعاد فائض الأملاح أيضًا. لذا الكليتان، هما جهاز يقوم بالاتزان البدني وينظم كمية الماء والأملاح في الجسم.

وماذا يحدث مع الكائنات الحية التي تعيش في بيئة مائية مالحة؟

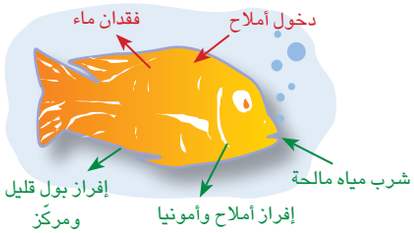
في بيوت التنمية المائية المالحة، مثل: المحيطات، البحار، أو البحيرات المالحة، يوجد للكائنات الحية مشكلتان:

- فقدان مياه من الكائن الحي إلى البيئة المحيطة (لماذا؟).
- تراكم الأملاح في الجسم نتيجةً لعملية انتشار الأملاح من تركيزها العالي في مياه البحر إلى تركيزها المنخفض داخل الكائن الحي.

الأملاح المختلفة ضرورية للنشاط السليم للكائن الحي، لكن تراكمها بكميات كبيرة، قد يضر نشاطات الخلايا. ويمكن أن يحدث ضرر مضاعف: من ناحية معينة، الخلايا والأعضاء الموجودة داخل الكائن الحي، تفقد مياها في عملية التنافذ ويتضرر نشاطها، ومن ناحية ثانية، قد يكون تأثير سلبي للأملاح ذاتها، وأحيانًا تؤدي إلى تسمم العمليات في الخلية.

لكي نفهم، كيف يواجه الكائن الحي الذي يعيش في البحر هاتين المشكلتين؟ يجب أن نفحص ما يحدث عند السمكة:
تركيز الأملاح في جسم السمكة أقل من تركيز الأملاح في البحر. نتيجةً لذلك:
(أ) تدخل أملاح إلى جسم السمكة مع الماء والغذاء، ومن خلال الانتشار عبر السطح الخارجي.
(ب) تفقد السمكة مياهًا عبر سطح جسمها الخارجي.
يوجد ثلاث آليات تساعد السمكة في الحفاظ على موازنة المياه والأملاح (الرسمة ب – 17):

1. الشرب الكثير.
2. إفراز فائض الأملاح والأمونيا (فضلات نيتروجينية) من خلال خلايا خاصة موجودة في الخياشيم.
3. إفراز كمية قليلة من البول.



الرسمة ب – 17: موازنة الماء والأملاح في سمكة البحر (الشرح موجود في النص)

فكرة مركزية: الاتزان البدني

يتم الحفاظ على موازنة المياه بشكل تدريجي وهو يرافق الحفاظ على موازنة الأملاح. الآليات الموجودة في الحيوانات التي تعيش في البحر واليابسة، تعمل على تنظيم موازنة المياه والأملاح، والحفاظ عليهما معًا. يتحقق الاتزان البدني بمساعدة هذه الآليات، وهذا يعني: يتم الحفاظ على محيط داخلي ثابت تقريبًا، على الرغم من التغيُّرات في البيئة المحيطة الخارجية.

سؤال 8

صنفوا ملاءمات توافر المياه في البيئة المحيطة والحفاظ عليها في الحيوانات إلى أنواع:
ملاءمة المبنى، ملاءمة سلوكية وملاءمة فسيولوجية – بيو كيميائية.

■ ملاءمة النباتات للحياة في الماء

المميزات البارزة للنباتات في بيت التنمية المائية أنها لا تشمل أشجارًا وجنبات (شجيرات)، بل معظمها طحالب (نباتات بسيطة، تعيش مغمورة في الماء). النباتات التي يوجد لها ساق، أوراق وأزهار، والتي كل جسمها أو قسم منه مغمور في الماء وأوراقها مكشوفة للهواء، فإنها تعيش بالأساس في أطراف بيوت التنمية المائية، وفي مكان فيه تربة لتثبت نفسها بها، وتكون أوراقها مكشوفة لضوء الشمس. النباتات المائية، مثلاً: الألوديا التي تكون كلها مغمورة في الماء، تستطيع أن تنمو في مياه صافية، في أعماق كبيرة تصل حوالي 10 أمتار.
فيما يلي ملاءمات المبنى التي تميز النباتات التي تعيش مغمورة في الماء:

- يوجد لها أنسجة دعم ونقل قليلة.
- يوجد حيزات هوائية في الساق وفي عنق الأوراق.
- يوجد طبقة أدمة (كوتيكولا) دقيقة جدًا على سطوح الأوراق.
- الأوراق دقيقة جدًا، لا يوجد فيها ثغور، وأحيانًا مجزأة إلى فصوص كثيرة.

جميع هذه الملاءمات، تكسب النباتات المائية أفضليات لاستغلال الضوء الموجود بكمية قليلة في الماء، وتزيد من نجاعة تبادل الغازات واستيعاب الأملاح. المبنى المجزأ للأوراق يكسبها الصمود أمام تيارات الماء القوية، ويمنع من تمزقها ومن انفصالها عن النبتة.

الألوديا

في عنق ورقة ياقوتية الماء (الرسمة ب –18)، يوجد أنسجة تهوية تساعد النبتة أن تطفو، وتشكل مكانًا لتخزين الأكسجين الناتج عن عملية التركيب الضوئي.

الرسمة ب 18: ياقوتية الماء (نلاحظ في الصورة اليمنى أنسجة تهوية في عنق الورقة)

توسع: غابات المنجروف

تنمو غابات المنجروف بالأساس في المناطق الاستوائية، في الأماكن التي تصب فيها أنهر كبيرة إلى المحيطات وتختلط المياة المالحة مع المياه العذبة (الحلوة). تسمى مجموعات أشجار المنجروف " غابات البحر " . تتميز هذه الأشجار بقدرتها على البقاء في مياه البحر المالحة. وفي هذه الأشجار، يوجد آليتان لإبعاد فائض الأملاح:

1. ترشيح: الأملاح التي تدخل مع المياه عبر جذور الشجرة، تمر بسلسلة أغشية خاصة تمنع من دخول الأملاح إلى داخل الشجرة.
2. يوجد " غدد" خاصة على سطح الأوراق، وهي تؤدي إلى تراكم الأملاح ببلورات صغيرة. وتقوم المياه والرياح بإبعاد هذه البلورات عن الأوراق.

ب 3: الضوء: مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي ومحفز في البيئة المحيطة

ضوء الشمس هو مصدر الطاقة الأولي لإنتاج مواد عضوية خلال عملية التركيب الضوئي. يصف الجدول ب – 4 أنواع أشعة الشمس وتأثيرها على النظام البيئي.

جدول ب – 4: أنواع أشعة الشمس وتأثيرها على النظام البيئي

نوع الأشعة	مجال أطوال الأمواج (نانومتر*)	النسبة المئوية من مجموع الأشعة	التأثير على كائنات حية وعلى أنظمة بيئية
فوق بنفسجية (UV)	300-3	10%	تساعد على إنتاج فيتامين D في الجلد، تؤدي إلى سرطان الجلد وإلى تعكر عدسة العين (كترات). تساعد على إنتاج الأوزون.
ضوء مرئي	700-400	44%	مصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي، ومحفز في البيئة المحيطة لعمليات تطور في الكائنات الحية.
تحت الحمراء	3000-700	45%	تسخين الغلاف الجوي، تحريك دورة المياه.

* نانومتر = 0.0000001 سم

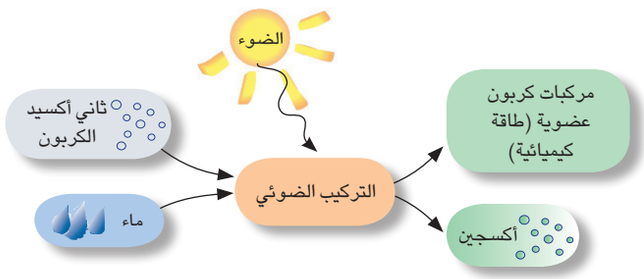
علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان:
تأثير أشعة UV على الإنسان.

على الرغم من أن قسمًا قليلاً جدًا (حوالي 2%–1%) من أشعة الضوء المرئي يتحول إلى طاقة كيميائية أثناء عملية التركيب الضوئي، لكن من المعروف أن هذه العملية، هي العملية الأساسية التي تزوّد الكائنات الحية بمركبات عضوية (غذاء) وأكسجين (الرسمة ب – 19). لذا الضوء هو مصدر الطاقة الوحيد لمعظم الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية. موارد الوقود للمجتمع الصناعي العصري، مثل: النفط، الفحم والغاز، هي أيضًا نواتج مباشرة وغير مباشرة لعملية التركيب الضوئي التي تمّت في عصور قديمة.

علاقة بموضوع

الخلية: عملية التركيب الضوئي كعملية تحويل طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية.



الرسمة ب – 19: رسم تخطيطي لعملية التركيب الضوئي: نحصل على مادة عضوية وأكسجين من ثاني أكسيد الكربون وماء.

ملاءمات نباتات لاستيعاب معظم الضوء

عندما نتمعّن في أشكال الأوراق المختلفة وترتيبها في النبتة، فإننا نلاحظ أن هناك ملاءمة بين مبنى الورق والنبتة لاستيعاب كمية عظمى من الطاقة الضوئية.

كيف يتلاءم مبنى النبتة مع استيعاب كمية عظمى من الضوء المطلوب لعملية التركيب الضوئي؟

نتمعّن أولاً في أشكال الأوراق التي تعتبر العضو الأساسي الذي تتم فيه عملية التركيب الضوئي.

أشكال مختلفة للأوراق

المساحة الكبيرة للأوراق نسبةً إلى حجمها، هي إحدى الصفات التي تميز أوراقًا كثيرة، وهذه الصفة تشكل ملاءمة لاستيعاب الضوء.

ليس شكل الورقة فقط، والنسبة بين مساحة السطح الخارجي للورقة إلى حجمها، هما اللذان يساعدان على زيادة نجاعة استيعاب الضوء، بل هناك عوامل أخرى، مثلاً: ترتيب الأوراق على النبتة.

عندما نتمعّن من أعلى في نبتة ذات أوراق سوارية وفي نبتة الجريح، فإننا نلاحظ ترتيبًا خاصًا للأوراق (الرسمة ب – 20).

الرسمة ب 20: نبتة ذات أوراق سوارية (على اليمين)، وترتيب الأوراق في نبتة الجريح (على اليسار)

من السهل أن نلاحظ أن ترتيب الأوراق في حالة الأوراق السوارية ونبتة الجريح يُقلل من أن تحجب الأوراق بعضها للضوء (تظليل متبادل). وهذا الترتيب يساعد الأوراق على استيعاب كمية عظمى من الضوء. الترتيب المضاد للأوراق، أو الترتيب على التوالي على الساق يقلل هو أيضًا من أن تحجب الأوراق بعضها للضوء.

ليس فقط النبتة المنفردة، توجد فيها ملاءمة لاستيعاب الضوء. بل نجد أيضًا الملاءمة لاستيعاب الضوء عندما نفحص تنظيم مجموعة نباتات في غابة. ففي الغابات الكبيرة، تنمو النباتات بكثافة كبيرة وهي تحجب الضوء قليلاً عن بعضها البعض. على الرغم من وجود تنافس على الضوء إلا أن الغابة تعتبر بيت تنمية مريحًا لنباتات كثيرة.

كيف تتلاءم النباتات للحياة في ظروف تنافس على الضوء؟

نبتة جريح تتسلق شجرة

فيما يلي عدة ملاءمات لنباتات (جنبات وأعشاب) تنمو بين أشجار عالية في غابة كثيفة:

- تتم دورة حياة النباتات الحولية والجيوفيتات في الفترة التي تتساقط فيها أوراق الأشجار العالية.
- ملاءمة مبنى الأوراق وملاءمات فسيولوجية بيوكيميائية لآلية عملية التركيب الضوئي التي تتم في شدة إضاءة منخفضة (نباتات الظل). يمكن أن نلاحظ عدة ملاءمات عند النباتات التي تنمو في الظل: مساحة الأوراق واسعة بالنسبة إلى حجمها، الأوراق مرتّبة بشكل أفقي (قائمة لاتجاه الأشعة) والكلوروبلاستيدات الموجودة في الخلايا مركزة في مستوى قائم للأشعة. إضافةً إلى ذلك، في نباتات الظل، يوجد كلوروبلاستيدات كثيرة وهي كبيرة نسبيًا.
- تستطيع النباتات أن تتسلق الأشجار لكي تتكشف إلى الضوء.

سؤال ب–9

في صفحة 42، وُصفت ملاءمات أوراق لحالات فيها نقص في المياه.
ما هو برأيكم تأثير هذه الملاءمات على كمية الضوء الذي تستوعبه الأوراق، وعلى التركيب الضوئي؟

من الجدير بالمعرفة: لا يوجد شيء جيد دون سيئات

تؤدي كمية ضوء كبيرة إلى أضرار في عملية التركيب الضوئي. نعرف اليوم آليات فسيولوجية – بيوكيميائية تقوم بحماية خلايا النباتات من هذه الأضرار.

الضوء في بيئة حياتية مائية

يتعرض سطح الماء في بيت التنمية المائي إلى الضوء، وإلى تقلبات في توافره وشدته خلال ساعات اليوم وفصول السنة. كما هو الأمر في بيوت التنمية في اليابسة، فإنّ أهمية مورد الضوء في بيوت التنمية المائية تكمن بكونه مصدرًا للطاقة المطلوبة لعملية التركيب الضوئي التي تتم في بكتيريا تقوم بعملية التركيب الضوئي وفي الطحالب.

لكن الضوء ليس متوافرًا بنفس المقدار في حيز بيت التنمية، لأن شدة الضوء ومكوناته (أطوال الأمواج) تتغيّر مع العمق ومع مدى تعكر الماء. تبدو لنا مياه البحر والبحيرات على أنها شفافة وصافية، لكن في المياه الصافية وفي عمق أكثر من 100 متر، لا تكفي كمية الطاقة الضوئية لعملية التركيب الضوئي. في البحيرات التي توجد فيها نباتات تطفو على سطح الماء وطحالب صغيرة جدًا (مجهرية – ميكروسكوبية)، وفي مجمعات مياه فيها مياه عكرة، نلاحظ في عمق عدة أمتار أن شدة الضوء ليست كافية لعملية التركيب الضوئي (الضوء هو عامل محدد). النتيجة من هذا الوضع أن توافر الأكسجين المطلوب للمستهلكات المختلفة يقل تدريجيًا أيضًا، كلما نزلنا في أعماق الماء.

وتتغيّر مكونات الضوء (أطوال الأمواج) أيضًا، كلما نزلنا في أعماق الماء. ففي الطبقات العليا للماء، تبتلع الكائنات الحية (نباتات تطفو على سطح الماء وطحالب ميكروسكوبية) التي تقوم بعملية التركيب الضوئي معظم الضوء المناسب لعملية التركيب الضوئي، لأنها تعيش قريبًا من سطح الماء.

تتغلغل إلى أعماق الماء بالأساس أطوال أمواج في مجال الضوء الأخضر، وهناك نجد طحالب لونها بني أو أحمر، وإضافةً إلى الكلوروفيل الذي تحتويه، فإنها تحتوي أصباغًا أخرى تقوم باستيعاب الضوء الأخضر. وطاقة الضوء التي يتم استيعابها في هذه الأصباغ تستغلها الطحالب للقيام بعملية التركيب الضوئي.

الضوء كمحفز من البيئة المحيطة

إضافةً إلى أهمية الضوء الكبرى كمصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي، فإنّ للضوء تأثيرات أخرى على النباتات والحيوانات. نحن نعيش في بيئة محيطة متغيّرة، وخلال اليوم تتبدل فترات ضوء النهار بفترات ظلام الليل. ويتغيّر طول النهار والليل خلال فصول السنة. فمنطقة الأقطاب يسودها ظلام لعدة أشهر طويلة في فصل الشتاء، أما في فصل الصيف، يسودها ضوء لأشهر متتالية. التناوب بين الضوء والظلام خلال يوم واحد وخلال السنة كلها، له تأثيرات كبيرة على حياة جميع الكائنات الحية. يعرض الجدول ب – 5 أمثلة لهذه التأثيرات وللتأثيرات الأخرى للضوء.

أشجار تتساقط أوراقها (الولايات المتحدة)

جدول ب 5: تأثير الضوء على الكائنات الحية

الكائن الحي	العملية	مثال لتأثير الضوء
أحادي الخلية	حركة	الحركة في اتجاه الضوء أو الابتعاد عنه.
نباتات	إنبات	يوجد بذور تنبت بوجود الضوء فقط (أمثلة: كبار، حيلوان، خس، شب الليل).
	نمو	تنمو الأوراق والسيقان في اتجاه الضوء. أما الجذور تنمو باتجاه مضاد للضوء.
	تطور كلوروفيل	الضوء ضروري لتطور الكلوروفيل، والنباتات التي تنمو في الظلام تكون عادةً بيضاء.
	إزهار	يتم تحديد موعد الإزهار بحسب طول النهار (مدة الليل).
	تساقط أوراق واستيقاظ من سبات شتوي (توريق)	يوجد نباتات تتساقط أوراقها في فصل الخريف كرد فعل للنهار الذي يقصر طوله. النسبة بين عدد ساعات النهار إلى عدد ساعات الظلام، هي التي تؤدي إلى تحفيز نمو البراعم.
حيوانات	حركة	الحركة في اتجاه الضوء أو الابتعاد عنه.
	تكاثر	• الضوء يُنشط البلوغ الجنسي لدى الدجاج. • الضوء يؤثر على مستوى الهورمونات المتعلقة بسلوك الغزل. • يتأثر موعد الإباضة والشبق من طول النهار.
	ترحال	يتم تحديد موعد الترحال بحسب طول اليوم.

للمزيد عن
الشبق و الإباضة، انظروا الفصل السابع

مصطلحات: توقيت ضوئي

هي عبارة عن ردود فعل الحيوانات والنباتات لدورية الضوء والظلام خلال اليوم.

عند النباتات، تؤثر دورية الضوء والظلام على موعد الإزهار، على تساقط الأوراق وعلى النهوض من السبات الشتوي (توريق). وعند الحيوانات، تؤثر دورية النهار والليل على موعد التكاثر وعلى السلوك المتعلق به. إنّ قدرة رد الفعل على دورية النهار والليل متعلقة بوجود آلية حسية تقوم برد فعل للضوء.

من وجهة نظر زراعية

إنّ إضاءة أقنان الدجاج في الليل، تؤدي إلى زيادة عدد البيض الذي يضعه الدجاج.

ب4. الأكسجين: نحتاجه لاستخراج طاقة في الخلايا

في الغلاف الجوي للكرة الأرضية، يوجد حوالي 20 % أكسجين مصدره من عملية التركيب الضوئي التي تتم في النباتات، الطحالب الخضراء وبكتيريا معينة. يخمِّن الباحثون أن الغلاف الجوي للكرة الأرضية، كان خاليًا بتاتًا من الأكسجين في أيامه الأولى، أو أن كميته كانت قليلة جدًا مقارنةً مع اليوم. إنّ تطور عملية التركيب الضوئي التي من خلالها تتحلل جزيئات الماء وينتج وينطلق أكسجين، ساهمت وتساهم اليوم في وجود الأكسجين المطلوب لجميع الكائنات الحية الهوائية.

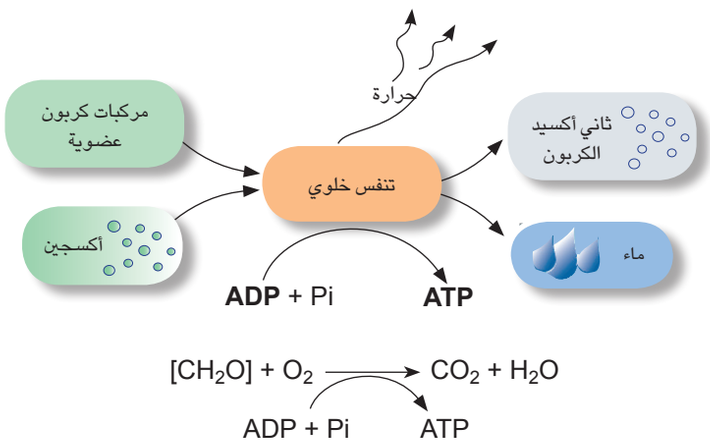
علاقة بموضوع

الخلية: التنفس الخلوي هو عملية إنزيماتية متعددة المراحل، من خلالها تنتج طاقة كيميائية.

بمساعدة الأكسجين، تتأكسد المركبات العضوية (مثلاً: السكر) في الخلية من خلال عملية التنفس الخلوي، وينتج الـ ATP الذي يُستعمل كمصدر متوافر للطاقة الكيميائية المطلوبة لنشاطات الحياة في الخلية. وبشكل عام، يمكن تلخيص عملية التنفس الخلوي كالتالي (الرسمة ب – 21).

للمزيد عن

الـ ATP، انظروا ملحق المصطلحات الأساسية.



الرسمة ب – 21: رسم تخطيطي وصياغة كيميائية لعملية التنفس الخلوي

انتبهوا:

بسبب أهمية الأكسجين للحياة، يعتقد البعض بطريقة خاطئة أن الأكسجين ذاته هو مصدر الطاقة لكل عمليات الحياة. يوضح التمعُّن في الصياغة أعلاه أن الأكسجين يشترك في عملية إنتاج الـ ATP.

إذا لم تتواجد طبقة الأوزون، فيجب أن نحمي أنفسنا من أشعة الشمس (بحسب لافتة المنظمة لحماية جودة البيئة المحيطة)

من الجدير بالمعرفة: معلومات عن الأكسجين، الأوزون والإشعاع

إنَّ تراكم الأكسجين الناتج من خلال عملية التركيب الضوئي في الغلاف الجوي، كان له تأثير مهم على تطور الحياة على سطح الكرة الأرضية. تؤثر الأشعة فوق البنفسجية (أشعة UV) التي تصل من الشمس على جزيئات الأكسجين وتُنْتِج طبقة **الأوزون** (الأوزون هو جزيء مكون من ثلاث ذرات أكسجين) التي تبتلع قسمًا من الأشعة فوق البنفسجية التي تسبب أضرارًا، وهكذا تمنع من وصولها إلى الكرة الأرضية. إنّ تكوين طبقة الأوزون في ارتفاع الغلاف الجوي أدى إلى تطور الحياة على اليابسة. قبل ذلك، على ما يبدو أن الحياة، كانت موجودة في عمق معين في الماء.

تتناقص طبقة الأوزون بسبب التلوث الناتج في البيئة المحيطة، لذا تزداد كمية الأشعة فوق البنفسجية التي تصل الكرة الأرضية.

الأكسجين كعامل محدد في البيئة الحياتية المائية

في البيئات الحياتية المائية، يعتبر الأكسجين عاملاً محددًا وذا تأثير كبير، وهو موجود بكميات أقل بكثير من الغلاف الجوي بسبب ذوبانه المنخفض في الماء. ويصل تركيزه في الماء حوالي 6 ملل من الأكسجين المذاب في كل لتر ماء، وهذا يعني أن تركيز الأكسجين في الماء أصغر بـ 30 ضعفًا من تركيزه في الهواء (الذي يصل حوالي 20 %). إضافةً إلى ذلك، ينخفض تركيز الأكسجين في الماء، كلما نزلنا إلى الطبقات العميقة، وينخفض تركيزه أيضًا مع ارتفاع درجة الحرارة (جدول ب – 6).

تأثير متبادل بين عوامل لا أحيائية في الماء: *أكسجين – ضوء – درجة حرارة.*

جدول ب – 6: العلاقة بين درجة حرارة الماء وذوبان الأكسجين

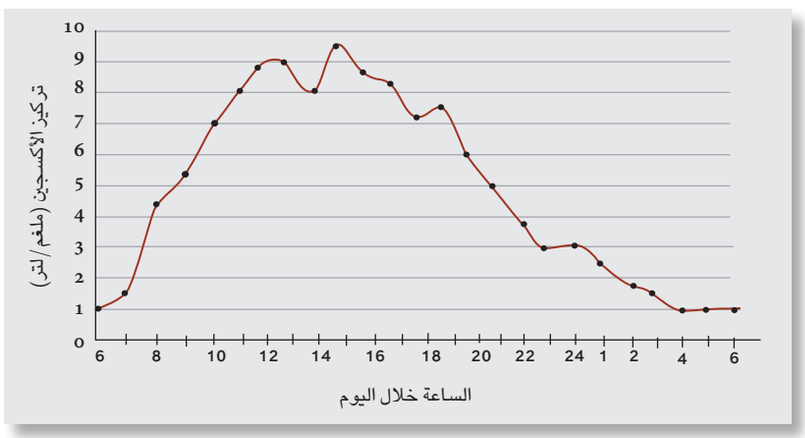
	درجة الحرارة (°C)				
	1	10	15	20	30
ذوبان الأكسجين في المياه العذبة (ملل أكسجين/لتر ماء)	10.3	8.0	7.2	6.6	5.6

سؤال ب – 10

أ. ما هو تأثير العلاقة بين ذوبان الأكسجين ودرجة حرارة الماء على تركيز الأكسجين في الماء خلال فصول السنة المختلفة؟

ب. كيف تؤثر هذه العلاقة على عشائر الكائنات الحية التي تعيش في بيئة حياتية مائية؟

نجد الأكسجين في الماء بسبب انتقاله من الهواء وذوبانه في الماء، ولأنه أحد نواتج عملية التركيب الضوئي التي تتم في الطحالب والنباتات التي تعيش في الماء. لذا تتأثر كميته في الماء من درجة الحرارة، ومن العمليات التي تحدث خلال الضوء والظلام في الكائنات الحية التي تعيش في الماء.



الرسمة ب – 22: تغيُّر تركيز الأكسجين المذاب في مياه بحيرة خلال اليوم

سؤال ب – 11

بناءً على الرسمة ب – 22، اشرحوا التغيُّرات في تركيز الأكسجين في الماء، من خلال التطرق إلى العمليات التي تحدث في الكائنات الحية في ساعات النهار المختلفة.

هناك عوامل إضافية تؤثر على كمية الأكسجين في الماء، مثل:

الخلط: إنّ خلط الماء يزيد من ذوبان الأكسجين (الذي مصدره من الهواء) في الماء.

التدفق: المياه المتدفقة بسرعة، مثلاً: مياه الشلالات، تحتوي على أكسجين أكثر من المياه التي تتدفق ببطء.

تركيز المواد العضوية: في المياه الغنية بمواد عضوية، تتكاثر بكتيريا محلِّلة، وهي تستهلك أكسجين بكميات كبيرة. في حالات متطرفة، يقل تركيز الأكسجين بشكل كبير جدًا، حيث يشكل ذلك خطورة على حياة الأسماك والحيوانات الأخرى التي تعيش في الماء.

تبرز هذه الظاهرة في المياه التي تدفقت إليها مياه مجارٍ بيتية.

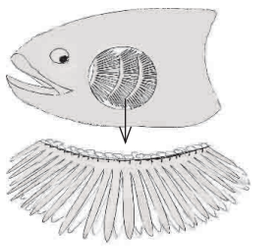
خلاط ماء في بركة أسماك

علاقة بموضوعه

بيولوجيا الإنسان: مبنى الرئتين، جهاز التنفس وتبادل الغازات.
الخلية: تنفس خلوي.

ملاءمات لتركيز أكسجين منخفض في بيئة حياتية مائية

العضو الذي يتم فيه تبادل الغازات في السمكة هو **الخياشيم**. إنّ مساحة السطح الخارجي الكبير للخياشيم بالنسبة إلى حجمها، تعتبر ملاءمة لنقل كميات كبيرة من الماء (خلال حركة الأسماك) إلى سطح أوعية الدم في الخياشيم، وهكذا يتم استيعاب الأكسجين بنجاعة.



خياشيم

سؤال ب – 12

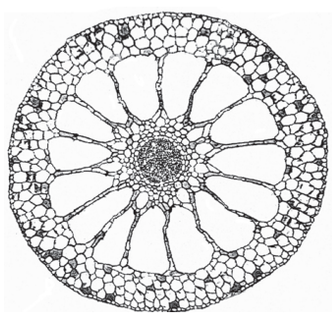
أعطوا مثالاً إضافيًا لمبدأ مبنى الخياشيم وأهميته في الاستيعاب الناجع للأكسجين.

من الجدير بالمعرفة

تعيش في الماء ثدييات أيضًا، مثل: الحوت، الدولفين وكلب البحر، وهي تتنفس الهواء (ليس الأكسجين المذاب في الماء) من خلال الرئتين. تعلو الحيتان إلى سطح الماء – من حين إلى آخر – لكي تتنفس هواءً، وبعد ذلك تغوص في الماء لمدة 20 دقيقة تقريبًا وأكثر من ذلك.

الأكسجين ضروري أيضًا للنباتات التي تعيش في الماء. تتميز النباتات الزهرية المتطورة بوجود نسيج ذي شبكة متفرعة من حيزات هوائية كبيرة في الأعضاء (الأوراق، السيقان والجذور) (الرسمة ب – 23).

يُستعمل هذا النسيج لتخزين ونقل الأكسجين بين أقسام النبتة.



الرسمة ب – 23: حيزات هوائية في ساق نبتة مائية (مقطع عرضي)

ب5. ثاني أكسيد الكربون: يتفاعل في التركيب الضوئي، ناتج عملية التنفس وغاز الدفيئة (الاحتباس الحراري)

يصل تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء إلى حوالي 0.04 % (وهذا مقارنةً مع تركيز الأكسجين في الهواء الذي يصل حوالي 20 % والنيتروجين حوالي 80 %). على الرغم من أن تركيز ثاني أكسيد الكربون منخفض في الهواء، إلا أنه هو مصدر الكربون الوحيد لعملية إنتاج الكربوهيدرات أثناء عملية التركيب الضوئي. عبروا عن رأيكم حول الحقيقة المذهلة أن معظم المواد في أنسجة شجرة ضخمة أو في ملايين بذور القمح التي نحصدها من الحقول، قد نتجت من مادة تركيزها منخفض جدًا في البيئة المحيطة للنبات!

بسبب التركيز المنخفض لثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء، فهو العامل المحدد لوتيرة عملية التركيب الضوئي (وتيرة إنتاج المواد العضوية). إنّ ملاءمة النباتات لتركيز ثاني أكسيد الكربون المنخفض CO_2 تعتبر ملاءمة فسيولوجية – بيوكيميائية: تُفتح الثغور التي عبرها يتم استيعاب CO_2، عندما ينخفض تركيزه في الورقة. لكن تذكروا أن هناك "ثمن" لفتح الثغور، وهو فقدان الماء عبر هذه الفتحات (انظروا صفحة 41). إنَّ إغلاق الثغور أثناء نقص الماء في النبتة، يؤدي إلى تقليص فقدان الماء، لكن مع مرور الوقت، يمنع من دخول CO_2 ويؤدي إلى تباطؤ في عملية التركيب الضوئي.

من وجهة نظر زراعية

في الدفيئات المغلقة، يمكن إثراء الهواء بـ CO_2، وهكذا نزيد من المحاصيل.

للمزيد عن

دورة الكربون ومصدر CO_2 انظروا الفصل الثالث.

أحد مصادر ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء، هو العمليات البيولوجية التي من خلالها تتحلل مركبات عضوية: عمليات التنفس الهوائية واللا هوائية، هي مثال إضافي لتأثير العوامل الأحيائية على البيئة المحيطة اللاأحيائية. منذ أن بدأ الإنسان في حرق الفحم والنفط (في نهاية القرن الثامن عشر) لاستعمال وسائل نقل وآلات في الصناعة، فقد ارتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي.

تأثير عوامل أحيائية على عوامل لا أحيائية: تؤثر عمليات التنفس على تركيز الأكسجين وَ CO_2.

وهذا يعني أن ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي كان مخزونًا في أعماق الكرة الأرضية كمركبات عضوية نتجت أثناء عملية التركيب الضوئي في العصور القديمة، ينضم إلى موازنة ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي، في يومنا هذا، إنّ ارتفاع تركيز CO_2 في الهواء، يؤدي إلى قلق كبير جدًا لدى العلماء، لأن CO_2 هو "غاز دفيئة" يساهم في ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي (يزيد من **تأثير الدفيئة**، أي الاحتباس الحراري)، وقد تكون له انعكاسات ضارة على الحياة على سطح الكرة الأرضية (على الرغم من أنها ليست واضحة بشكل مطلق حتى الآن). لكن بالمقارنة مع ذلك، هناك من يتوقع ارتفاعًا في كمية المحاصيل في أعقاب ارتفاع عملية التركيب الضوئي التي ترتفع هي أيضًا في أعقاب ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2.

وبالمقارنة مع الأكسجين (الذي ذوبانه في الماء حوالي 6 ملل في لتر ماء، في درجة حرارة 20°C)، فإن ثاني أكسيد الكربون CO_2 ذو ذوبان عالٍ جدًا في الماء (حيث يصل ذوبانه في الماء إلى 880 ملل CO_2 في 1 لتر ماء). لذا فهو لا يشكل عاملاً محددًا لعملية التركيب الضوئي في بيئة حياتية مائية. مصادر CO_2 الموجود في الماء هي: تنفس الكائنات الحية التي تعيش في الماء، CO_2 المذاب في مياه الأمطار ومياه الوديان وعمليات كيميائية مختلفة. ينخفض تركيزه مع ارتفاع درجة الحرارة كما يحدث في تغيُّر ذوبان الأكسجين في الماء.

ب6. درجة الحرارة: تتم الحياة في مجال معين من درجات الحرارة

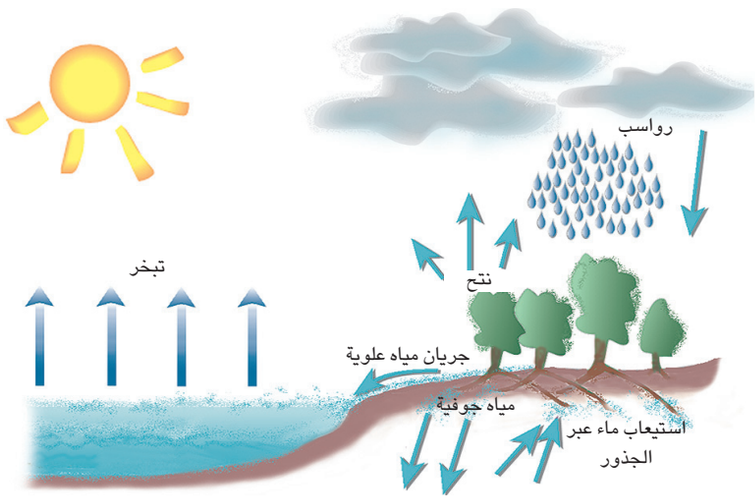
تأثير متبادل بين عوامل لا أحيائية: ضوء ودرجة حرارة، درجة حرارة وماء.

أحيانًا نميل إلى تجاهل الحقيقة أن أشعة الشمس تشمل أيضًا أشعة غير مرئية للإنسان، لكننا نشعر بها كحرارة. فهذه الأشعة، هي في مجال الأشعة تحت الحمراء. الإشعاع يُسخن الغلاف الجوي للكرة الأرضية لمجال درجات حرارة يكون فيها الماء في حالته السائلة ومتوافرًا للكائنات الحية، وهذا يعني، مجال درجات حرارة يُتيح حدوث عمليات حياتية.

أشعة الشمس التي تصل من الشمس مهمة جدًا لحياة الكائنات الحية، نعرف أنواعًا من الزواحف التي تُسخن نفسها تحت أشعة الشمس، ودون هذه الحرارة التي تُستوعب بهذه الطريقة لا تستطيع الزواحف القيام بأدائها بشكل سليم. فكروا في منطقة الأقطاب أيضًا، التي درجة الحرارة المنخفضة التي تسودها، هي أحد العوامل التي تمنع من تطور أنظمة بيئية معقدة وغنية.

يوجد أهمية إضافية لحرارة الشمس، فهي تُحرك دورة المياه: تقوم حرارة الشمس بتزويد الطاقة المطلوبة لتبخر الماء من المحيطات والنباتات. يتكاثف بخار الماء إلى غيوم تتحرك مع تيارات الهواء في الغلاف الجوي (وهي أيضًا نتيجةً لارتفاع درجة حرارة الهواء)، وبعد ذلك تسقط المياه كرواسب (الرسمة ب – 24).

الضوء المرئي يساهم أيضًا في تسخين الكائنات الحية والغلاف الجوي. الضوء المرئي الذي يبتلعه جسم قاتم، يمكن أن يتحول إلى أشعة في مجال الضوء تحت الأحمر. وهذا هو سبب ارتفاع درجة حرارة السطوح القاتمة المضاءة بأشعة الشمس (مثلاً: قاعدة مستوعبات الشمس مطلية بالأسود).



الرسمة ب – 24: دورة المياه في الطبيعة

علاقة بموضوع

الخلية: يتأثر نشاط الانزيمات من درجة الحرارة.

تتأثر عمليات في الكائنات الحية من درجة الحرارة

يمكن التعميم والقول: إنّ عمليات الحياة محدودة لدرجات الحرارة التي تكون فيها المياه سائلة، وهذا يعني من 0–100 درجة سلزيوس. إضافةً إلى ذلك، فإنّ مجال **درجة الحرارة المُثلى** لمعظم الانزيمات في الخلايا هو ضيق جدًا، حيث يتضرر نشاطها في درجات حرارة خارج هذا المجال. في درجات حرارة منخفضة، تؤدي حركة الجزيئات البطيئة إلى تباطؤ في العمليات الإنزيماتية. وارتفاع درجات الحرارة حتى 40–50 درجة سلزيوس، يؤدي إلى تسريع العمليات الإنزيماتية، وعمليات الانتشار في الخلايا. فالحرارة تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات، وهكذا يتم تنشيط العمليات الكيميائية. حتى درجة حرارة 50°C، تزداد نسبة العمليات البيولوجية بضعفين حتى 4 أضعاف مع ارتفاع كل 10 درجات حرارة. أما إذا ارتفعت درجة الحرارة أعلى من درجة الحرارة المُثلى، فإن ذلك يؤدي إلى تغيُّر في مبنى البروتينات (تخثر)، ونتيجةً لذلك إلى تباطؤ، وإلى حدوث خلل في نشاط الانزيمات، وفي نهاية الأمر إلى إصابة مبانٍ ضرورية، مثل: أغشية وعضيات الخلايا.

ينبع تأثير درجة الحرارة على الكائنات الحية والأنظمة البيئية من تأثير درجة الحرارة على الماء الموجود في الخلايا. ففي درجات حرارة أقل من 0°C، تنتج بلورات جليد داخل الخلية، وهي تؤدي إلى هدم الأغشية الداخلية وإلى توقف عمليات الحياة.

من الجدير بالمعرفة: حقائق مهمة للحياة

تصل درجة حرارة الشمس إلى حوالي 6,000°C، وفقط 10 % من هذا الإشعاع في مجال الأشعة فوق البنفسجية الضارة، حيث تبتلع طبقة الأوزون قسمًا من هذه الأشعة.

لو كانت درجة حرارة الشمس أعلى بـ 10 %، لازدادت كمية الأشعة فوق البنفسجية إلى مقاييس لا تتيح الحياة، وتصبح درجات

الحرارة عالية جدًا لمعظم الكائنات الحية.
ولو كانت درجة حرارة الشمس أقل بـ % 10، ينخفض معدل درجة الحرارة على سطح الكرة الأرضية إلى 14°C- ، وتتجمد المياه ولا تتم حياة.

تنظيم درجة الحرارة

إنّ القيام بعمليات الحياة، يحتاج للحفاظ على مجال درجات حرارة تُتيح حدوث عمليات ضرورية في الخلايا. لكن معظم الكائنات الحية تعيش في بيئة محيطة فيها درجة الحرارة ليست ثابتة بل متغيّرة. أحيانًا تنخفض بشكل كبير، وأحيانًا ترتفع إلى مستويات تُشكل خطرًا على الكائنات الحية. تختلف الكائنات الحية عن بعضها بقدرتها على تنظيم درجة حرارة أجسامها أو الحفاظ عليها. في النباتات، لا توجد آليات لرفع درجة الحرارة، لذا انتشارها محدود لتلك المناطق التي درجة حرارتها ليست منخفضة بشكل خاص. ومع ذلك، فإن عملية النتح في النباتات تساعد على فقدان الحرارة إلى البيئة المحيطة التي تكون فيها درجة الحرارة عالية نسبيًا.

حرذون

تنقسم الحيوانات إلى مجموعتين من ناحية قدرتها على تنظيم درجة حرارة أجسامها:
أ. كائنات حية **متغيّرة درجة الحرارة**: لا توجد آلية داخلية لتنظيم درجة الحرارة في الحيوانات التي تنتمي لهذه المجموعة، لذا تكون درجة حرارة أجسامها متعلقة بدرجة حرارة البيئة المحيطة وبتغيُّراتها. تنتمي اللافقريات إلى هذه المجموعة، وقسم من الفقريات، مثل: الأسماك، البرمائيات والزواحف.
يتم تنظيم درجة الحرارة في الكائنات الحية متغيّرة درجة الحرارة، من خلال تغيُّر السلوك: الانتقال من منطقة ساخنة إلى منطقة باردة بحسب الحاجة. عندما تكون درجة حرارة السحالي والحرذين منخفضة، فإنها تكشف أجسامها إلى أشعة الشمس، وعندما تكون درجة الحرارة عالية، فإنها تقف على أرجلها، وهكذا تُبعد أجسامها عن التربة الحارة.
تختبئ الأفاعي داخل الرمال، عندما تكون درجة حرارة البيئة المحيطة عالية.

ب. كائنات حية **ثابتة درجة الحرارة (درجة حرارة داخلية)**: في هذه المجموعة من الحيوانات، يوجد آلية معقدة لتنظيم درجة حرارة أجسامها، وبفضل ذلك، تكون درجة حرارتها ثابتة تقريبًا. تنتمي الكائنات الحية الأكثر تطورًا من بين الفقريات (مثل: الطيور والثدييات من بينها الإنسان) إلى مجموعة الكائنات الحية الثابتة درجة الحرارة.
انحراف قليل جدًا من مجال درجة الحرارة السليمة، يؤدي إلى تفعيل نظام مردودية (تغذية مرتدة) يقوم بإفراز هرمونات إلى الدم، وقد يؤدي تأثيرها إلى تنشيط أو تباطؤ إنتاج الحرارة في الأنسجة، حيث يتم ذلك من خلال تغيُّر وتيرة إنتاج الطاقة في التنفس الخلوي. إضافةً إلى ذلك، فإن معظم الكائنات الحية ثابتة درجة الحرارة، تقوم بتنظيم درجة الحرارة، من خلال تغيُّر سلوكها الذي يساهم في تقليص فقدان الحرارة إلى البيئة المحيطة و/أو ازدياد استيعاب الحرارة منها. مثلاً: يلبس الإنسان ملابس من الصوف، لكي يمنع من فقدان الحرارة إلى البيئة المحيطة الباردة.

مبادئ تنظيم درجة الحرارة

تعتمد قدرة تنظيم درجة الحرارة على ثلاثة مبادئ:

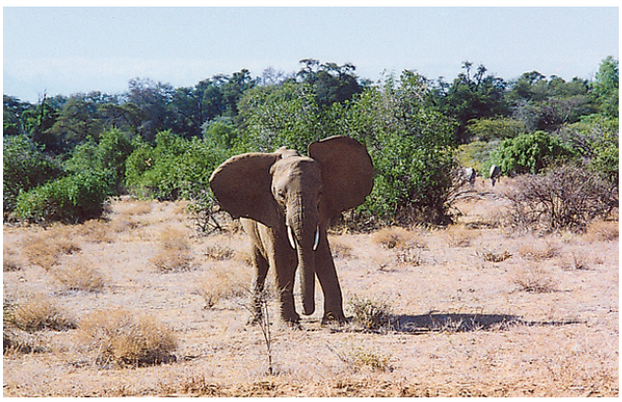
1. النسبة بين مساحة السطح الخارجي إلى الحجم

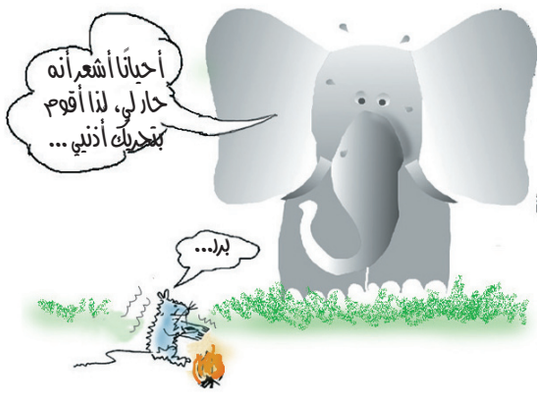
يوجد أهمية كبيرة للنسبة بين مساحة السطح الخارجي للكائن الحي وبين حجمه، في تنظيم درجة الحرارة. يتم استيعاب وفقدان الحرارة بشكل غير فعّال عبر مساحة السطح الخارجي للكائن الحي، وكلما كانت هذه المساحة كبيرة، فإنّ استيعاب وفقدان الحرارة يزداد. لكن ليست مساحة السطح الخارجي وحدها، هي التي تحدد نجاعة هذه الوسيلة في تنظيم درجة الحرارة. بل لحجم الجسم "المحصور" داخل غلاف مساحة السطح الخارجي، يوجد تأثير كبير جدًا على موازنة الحرارة.

علاقة بموضوع

الخلية: طاقة الحرارة التي تَنْتُج في التنفس الخلوي تساهم في حرارة جسم الكائنات الحية ثابتة درجة الحرارة.

تُشير الحسابات الرياضية البسيطة إلى أن الكائنات الحية الصغيرة تتميَّز بمساحة سطح خارجي كبير بالنسبة إلى حجمها. أما في الكائن الحي الكبير، فالعكس هو الصحيح، وهذا يعني أن مساحة السطح الخارجي أصغر بالنسبة إلى حجم جسمه.
عمليات الأيض التي تتم في جسم الفيل الذي حجمه وكتلته كبيران، تؤدي إلى إطلاق طاقة حرارية تكفي لمنع انخفاض درجة الحرارة. إضافةً إلى ذلك، توجد آذان كبيرة للفيلة التي تعيش في المناطق الحارة، حيث تساعد مساحة سطحها الخارجية على انطلاق الحرارة الزائدة.





تساهم أذنا الفيل بمنع ارتفاع درجة حرارته

عند الثدييات الصغيرة، نجد أن مساحة سطحها الخارجي أكبر من حجمها، لكن كتلتها صغيرة، وهذا يجعل تنظيم درجة الحرارة عندها أمرًا صعبًا. المولود الجديد، قد يخسر كميات حرارة كبيرة، لذا من المهم الحفاظ على حرارة جسمه وحمايته من خلال استعمال لباس مناسب.
النسبة بين مساحة السطح الخارجي إلى الحجم، هي عامل يحدد كبر جسم الكائنات الحية الثابتة درجة الحرارة.

2. انخفاض درجة حرارة تجمد الماء

تتجمد المياه (تتحول إلى جليد صلب) عند درجة حرارة 0°C.
يمكن تخفيض درجة حرارة تجمد المياه، إذا قمنا برفع تركيز المواد المذابة فيها. مثلاً: درجة حرارة تجمد مياه البحر هي -1.9°C.

الدم وأنسجة جسم معظم الفقريات، تحتوي على تركيز أملاح يساوي نِصف تركيز الأملاح في مياه البحر، لذا فهي تتجمد بدرجة حرارة أقل بقليل من 0°C، فلو ارتفع تركيز الأملاح في الدم، لاستطعنا العيش في مناطق باردة جدًا أيضًا. لكن ارتفاع تركيز الأملاح، يؤدي إلى حدوث أضرار في البروتينات، لذا فهذا الحل غير مناسب. عند كائنات حية كثيرة (بالأساس أسماك، حشرات ونباتات أيضًا)، تنخفض درجة حرارة التجمد إلى أقل من 0°C بسبب وجود مواد ليست أملاحًا، مثلاً الجليسيرول، وهي تعمل بالضبط كالسائل الذي يمنع التجمد (Anti–Freeze) الذي يُضاف في فصل الشتاء إلى مياه التبريد في السيارات.

3. بروتينات ضائقة حرارية (Heat Shock Proteins)

في النباتات والحيوانات أيضًا، يوجد بروتينات تساعد على تثبيت المبنى الثلاثي للبروتينات. في حالة حدوث ضائقة حرارية (درجات حرارة عالية في البيئة المحيطة)، يزداد إنتاج هذه البروتينات وهي تحمي بروتينات الخلايا من التخثر. وهي وسيلة تحمي أداء البروتينات في الكائنات الحية التي تتعرض إلى درجة حرارة عالية لفترة زمنية قصيرة. الحماية التي تقوم بها بروتينات الضائقة الحرارية، تضر – بشكل مؤقت – أداء بروتينات الجسم "المحمية".

الملاءمة لدرجات حرارة متطرفة

إنّ سُبل الحماية من درجات حرارة متطرفة (منخفضة جدًا أو عالية جدًا)، هي جزء من ملاءمة الكائنات الحية إلى بيئتها المحيطة، ويمكن إيجاد ذلك عند كائنات حية متغيِّرة درجة الحرارة وثابتة درجة الحرارة أيضًا. أمامكم جدول، وهو يعرض طرق ملاءمة مختلفة.

للمزيد عن
أنواع الملاءمات، انظروا الفصل الأول.

جدول ب – 7: ملاءمات للحفاظ على درجة الحرارة عند النباتات والحيوانات

	نوع الملاءمة	مثال	
		حيوانات	نباتات
منع التسخين الزائد	مبنى (شكل خارجي)	آذان كبيرة فيها أوعية دم كثيرة تساعد على توزيع وانتشار الحرارة	غطاء لامع للأوراق، "شعيرات"، شكل الورقة وكبرها: أوراق مفصصة ومتشعبة.
	فسيولوجية – بيوكيميائية	ازدياد العرق، وتوسع الأوعية الدموية في أطراف الجسم	نتح
	سلوكية	الاختباء في أماكن مظللة ورطبة، يلهث	–
منع أضرار ناجمة عن درجة حرارة عالية	بيوكيميائية	بروتينات الضائقة الحرارية.	
منع البرودة أو التجمد	مبنى (شكل خارجي)	فراء سميك، طبقة عزل تحت الجلد	تساقط أوراق في الشتاء
	فسيولوجية – بيوكيميائية	ازدياد عملية الأيض، إنتاج مواد مضادة للتجمد	إنتاج مواد مضادة للتجمد، ارتفاع تركيز السكر في الخلايا
	سلوكية	الاختباء تحت سطح التربة، التقرفص	–

من وجهة نظر زراعية: تخفيف العبء الحراري

1. بعد أن نقوم بتقليم أشجار الفواكه، وبعد أن تصبح الأشجار بدون أوراق. فإننا نقوم عادةً بطلاء جذوعها باللون الأبيض، لأن هذا اللون يعكس قسمًا كبيرًا من الأشعة التي تصطدم بالجذوع، وهكذا يقل ارتفاع درجة الحرارة، الذي يؤذي عمليات نمو النبات.
2. لتخفيف الحرارة الزائدة في حظائر الأبقار والأقنان، يقوم المزارع برش الماء على الأبقار وعلى سطوح الأقنان، ويتم تشغيل مراوح.
3. يقوم المزارعون برش النباتات بالماء، في حالة تعرضها إلى خطر الصقيع. إنّ تجمد قطرات الماء على الأوراق، يؤدي إلى انطلاق حرارة (انظروا الجدول ب – 1)، وهكذا نقلل من خطر تجمد أنسجة الأوراق.

تتعرض نبتة أبو ركاب إلى تأثير الرياح على شاطئ البحر

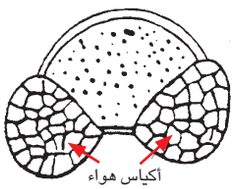
ب7. الرياح: حركة الهواء

الغلاف الجوي ليس ثابتًا، بل يتحرك من مكانه كل الوقت. هذه الحركة للهواء من حولنا، هي الرياح، ونحن نشعر بها، ونلاحظ نشاطها عندما تتحرك الأشجار وتمر الغيوم من فوقنا. تتأثر شدة الرياح واتجاهها من فروق الضغط الجوي (يتدفق الهواء من ضغط جوي عالٍ إلى ضغط منخفض)، من فروق درجات حرارة كتلة الهواء ومن المبنى الطوبوغرافي (مبنى السطح الخارجي للتضاريس).

كيف تؤثر الرياح على الكائنات الحية؟

رياح تنشر بذورًا

تأثيرات ضارة ونافعة للرياح على النباتات والحيوانات	
تأثير على الحيوانات	تأثير على النبات
تبريد الجسم من خلال التبخر السريع للعرق	نشر حبيبات اللقاح، بذور وثمار
تساعد في تحليق وطيران حشرات وطيور أثناء ترحالها	ازدياد النتح (فقدان الماء) وتبريد النبتة
كشف الأماكن التي تختبئ فيها حيوانات صغيرة، والتي تجد فيها مخبأً تحت الأوراق المتساقطة	كسر فروع وتأثيرها على اتجاه النمو
	كشف الجذور وقلع النبتة من التربة
	جرح الأوراق بحبيبات الرمال المتطايرة مع الرياح
	تغطية النباتات بالرمال
	تغيُّر مكونات التربة في أعقاب جرف حبيبات التربة



حبيبة لقاح صنوبر (مكبرة حوالي 600 ضعف).
تساعد أكياس الهواء على الانتشار.

ثمرة شجرة قيقب

تأثير الرياح على نمو الصنوبر

حماية بيارات من الرياح بواسطة أشجار صنوبر تحيطها

من الجدير بالمعرفة

تمّ تحديد مسارات ترحال الطيور خلال عملية النشوء والارتقاء بسبب تأثير تيارات الهواء في مسارات الترحال، مثلاً: يتم ترحال الطيور في الخريف من أوروبا إلى جنوب إفريقيا عبر مناطق ضيقة في اليابسة كدولة إسرائيل ومضيق جبل طارق.

ما هو السبب لذلك؟ لماذا لا ترحل الطيور في المسار القصير الذي يُنصِّف البحر الأبيض المتوسط؟

الإجابة لذلك أن الهواء أكثر حرارةً فوق اليابسة. يصعد الهواء الحار إلى أعلى وتستغل الطيور هذه الصفة، وتحوم بمساعدة الهواء الساخن وهكذا توفر طاقة.

فوق مجمعات مائية كبيرة كالبحر الأبيض المتوسط، يكون الهواء أبرد، لذا المرور منه خلال الطيران يحتاج إلى بذل جهد كبير جدًا.

ب8. التربة: وسط تنمية، بيئة حياتية ومورد للمزارع

التربة ليست كباقي العوامل اللا أحيائية الأخرى، مثل: درجة الحرارة، الضوء، الرطوبة والأكسجين، فهي مكونة من عدة عوامل أحيائية ولا أحيائية، مثل: الأملاح التي مصدرها من صخور الأم التي نتجت منها التربة، مواد عضوية في مراحل تحلُّل مختلفة، ماء، مواد مذابة في الماء، غازات وكائنات حية أخرى تعيش في التربة التي تعتبر بيئتها الحياتية الطبيعية.

التربة هي نظام معقد، وهي تتأثر من عوامل أحيائية ولا أحيائية، وتحدث فيها تغيُّرات باستمرار:

- تغيُّرات فيزيائية – يساهم التغيُّر في درجة الحرارة على تحليل الصخور وتفتتها، وعلى ازدياد ملوحة التربة بسبب تبخر الماء، وتقوم مياه الأمطار بشطف الأملاح من التربة.
- تغيُّرات كيميائية– تفاعلات بين مكونات التربة وهي غير متعلقة بوجود كائنات حية.
- عمليات بيولوجية – تحليل مواد عضوية إلى مواد غير عضوية بواسطة كائنات حية دقيقة، استيعاب أملاح عبر الجذور وإفرازات من الجذور.

تؤثر صفات التربة على النباتات التي تعيش فيها، وعلى الحيوانات التي تعيش داخلها وفوقها، وهي التي تُحدد مدى استغلال التربة للزراعة.

أرض محروثة

مكونات التربة وصفاتها

يوجد أربعة مكونات للتربة: المادة العضوية، المادة غير العضوية، الماء والهواء.

في معظم أنواع التربة، نجد أن المادة غير العضوية، هي المكون الذي كميته هي الكبرى، أما المادة العضوية، فهي المكون الذي كميته هي الأقل. في أنواع التربة المختلفة، مع مرور الوقت، تتغيّر النسب الكمية بين المكونات المختلفة، ويؤثر الري على هذه النسب (كلما ازداد الماء، يقل الهواء).

هذه النسب (الكمية) بين مكونات التربة، هي التي تحدد صفات التربة وخصوبتها.

1. المادة غير العضوية

مصدر المادة غير العضوية هي "صخور الأم" التي نتجت منها التربة. وهذه المادة غير العضوية، هي التي تُحدد مكونات الأملاح في التربة، وكبر الجسيمات، وتؤثر على بنية (نسيج) التربة. مواد غير عضوية أخرى في التربة، مثلاً: أيونات الأمونيا (NH_4^+)، هي ناتج تحليل مواد عضوية.

يتم استيعاب عناصر أملاح التربة عبر جذور النباتات مع الماء، وهي ضرورية للتطور السليم للنباتات (جدول ب 8). أمثلة: يعتبرعنصر النيتروجين (N) مكونًا ضروريًا في البروتينات، يُشكل عنصر المغنيزيوم (Mg) جزءًا من مبنى جزيء الكلوروفيل، وبدونه لا يتطور الكلوروفيل الضروري لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، يُشكل عنصر الفوسفور (P) جزءًا من مبنى جزيء الـ ATP ومن الحوامض النووية في خلايا النباتات.

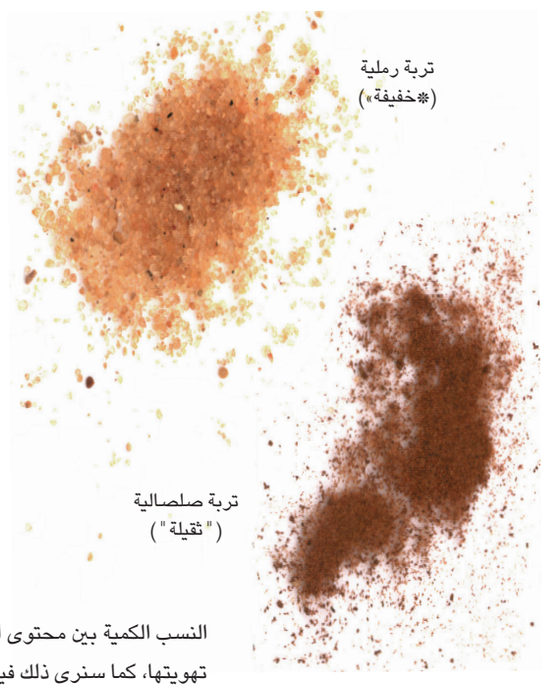
جدول ب – 8: عناصر مهمة لتطور النباتات وأداءها

	العنصر	الأهمية لتطور النباتات
عناصر تحتاجها النبتة بكمية **كبيرة نسبيًا** لبناء ذاتها	النيتروجين N	من مكونات الحوامض الأمينية، البروتينات، النوكلوئوتيدات، الحوامض النووية، الكلوروفيل، الـ ATP، الهورمونات والكوإنزيمات (مرافق الإنزيم).
	البوتاسيوم K	يشترك في الحفاظ على تركيز اسموزي سليم، وهو يشترك في مراقبة فتح وإغلاق الثغور. وضروري لنشاط إنزيمات كثيرة.
	الكالسيوم Ca	يحتاجه النبات لنشاط الإنزيمات. يشترك في مراقبة أداء الأغشية والإنزيمات، ويشترك في بناء جدران الخلايا.
	المغنيزيوم Mg	أحد مكونات جزيء الكلوروفيل، وتحتاجه إنزيمات كثيرة للقيام بنشاطاتها.
	الكبريت S	أحد مكونات بعض الحوامض الأمينية، البروتينات والكوإنزيمات.
	الفوسفور P	أحد مكونات الـ ATP، الـ ADP، حوامض نووية، كوإنزيمات ودهنيات (فوسفولبيدات).
عناصر تحتاجها النبتة بكمية **قليلة نسبيًا** لبناء إنزيمات وتفعيل عمليات	الحديد Fe	أحد مكونات نواقل الإلكترونات في عملية التركيب الضوئي والتنفس الخلوي، ويحتاجه النبات لبناء الكلوروفيل.
	المنغنيز Mn	تحتاجه إنزيمات معينة للقيام بنشاطها. وهو ضروري لإكمال بناء أغشية الكلوروبلاستيدات، ولإطلاق الأكسجين أثناء عملية التركيب الضوئي.
	البور B	يؤثر على استغلال الكالسيوم، على بناء الحوامض النووية وعلى ثبات مبنى أغشية الخلايا.
	الخارصين Zn	يشترك في بناء أو تفعيل إنزيمات كثيرة. ويحتاجه النبات لبناء هورمونات معينة.

للمزيد عن

التسميد، انظروا الفصل السابع.

تختلف أنواع التربة عن بعضها **بكبر جسيماتها** التي تكوّنها: الرملية (جسيمات كبيرة)، السيلت والصلصال أو (جُسَيْمات صغيرة). يعرض الجدول ب – 9 تصنيف جُسَيْمات التربة بحسب كبرها.



جدول ب – 9: جُسَيْمات التربة وقطرها

نوع الجُسَيْمات	قطر الجسيم (ملم)
رمل خشن	2.00–0.200
رمل دقيق	0.20–0.020
سيلت (Silt) (*)	0.02–0.002
الصلصال (**)	أصغر من 0.002

* السيلت نسمّيه غبارًا أو طينًا أيضًا

** الصلصال نسمّيه طينًا أيضًا

كبر جُسَيْمات التربة

النسب الكمية بين محتوى الرمل، السيلت والصلصال، هي التي تُحدد بُنية التربة، وهي تؤثر على كمية المياه في التربة وعلى تهويتها، كما سنرى ذلك فيما بعد (صفحة 66).

من وجهة نظر زراعية

يُصنِّف عادةً المزارعون التربة إلى نوعين أساسيين: **تربة خفيفة وتربة ثقيلة**.

تحتوي **التربة الخفيفة** على نسبة كبيرة من الجسيمات الكبيرة (الرمل)، وهي **سهلة** الاستعمال في الزراعة.

تحتوي **التربة الثقيلة** على نسبة كبيرة من الجسيمات الصغيرة (الصلصال)، وهي **ليست سهلة** الاستعمال في الزراعة، لأنه يوجد تلاصق قوي بين الحبيبات.

انتبهوا:

يتطرق المصطلحان "خفيفة" وَ "ثقيلة" إلى سهولة استعمال التربة من الناحية الزراعية، وليس لكتلة (وزن) التربة. على الرغم من ذلك، يوجد تطابق معين بين البنية وبين نوع التربة: التربة الثقيلة معرّفة أيضًا على أنها تربة صلصالية.

2. المادة العضوية

إنّ مصادر المواد العضوية في التربة هي: أغصان وأوراق وثمار النباتات التي تساقطت على الأرض، إفرازات حيوانات، أقسام الجذور الميتة، إفراز مواد من أطراف الجذور (كربوهيدرات وحوامض أمينية) وكائنات حية ميتة. تتحلل هذه البقايا بشكل تدريجي داخل التربة، حيث تقوم بتحليلها الكائنات الحية التي تعيش في التربة وهي: الفطريات، البكتيريا والحيوانات، مثلاً: دودة الأرض التي تتغذى على بقايا الكائنات الحية. وبعد عملية التحلُّل الأولي، تبقى في التربة مواد عضوية تتحلل بشكل بطيء جدًا، وهذا هو **الدُبال** (Humus) الذي فيما بعد نحصل منه على مواد غير عضوية كأملاح النيتروجين (NO_3^-) والأمونيا (NH_4^+) التي تستوعبها النباتات لتبني منها البروتينات.

هناك نواتج أخرى لهذا التحلل وهي مركبات الفوسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكبريت، الحديد، المغنيزيوم وغير ذلك، وهي مهمة جدًا لتطور النباتات (الجدول ب – 8 أعلاه).

للمزيد عن

مدورة المواد، انظروا الفصل الثالث.

تؤدي المادة العضوية الموجودة في التربة إلى تكوين **كتل** في التربة، مما يساعد ذلك على تهوية التربة، وتماسك الماء والأيونات بجسيمات التربة، كما يساعد ذلك على تغلغل الجذور في التربة.

سؤال ب – 13

ماذا يحدث إذا لم تتحلل بقايا الكائنات الحية التي ماتت؟

3. المياه في التربة

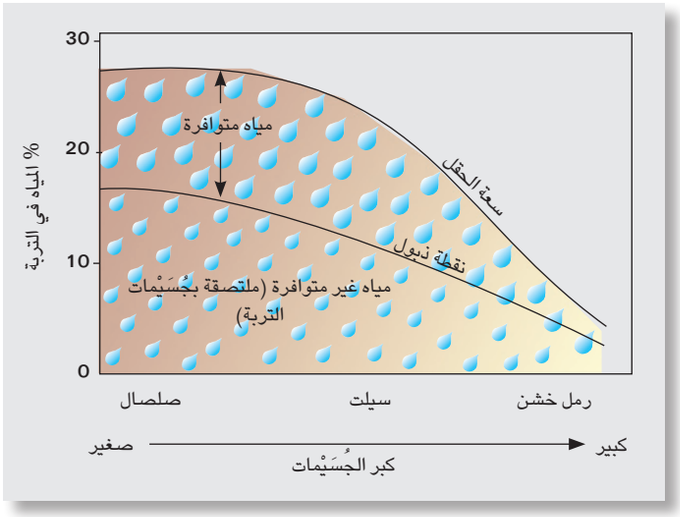
المياه في التربة، ليست مياه نقية، بل هي محلول مُذاب فيه أملاح مختلفة ضرورية للنبات. ليس جميع المياه متوافرة كل الوقت للنباتات التي تنمو فيها.

مع هطول المطر مباشرةً، أو بعد الري، تمتلئ فراغات الهواء – الموجودة بين جُسَيْمات التربة – بالماء. وهذا الوضع نسميه **إشباعًا**.

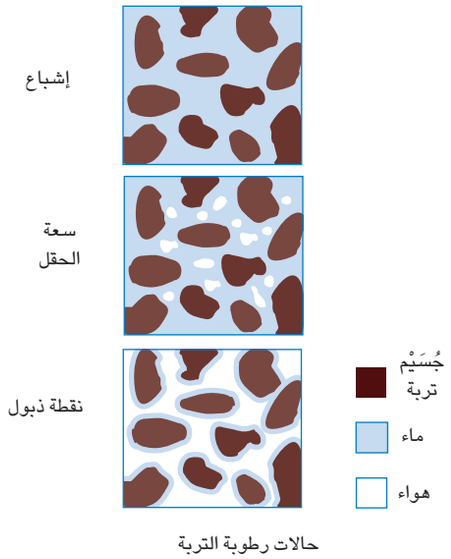
الجاذبية الأرضية تؤدي إلى أن يتغلغل قسم من المياه ("مياه التثاقل") مباشرةً إلى الطبقات السفلية في التربة، وهي ليست متوافرة للنباتات التي جذورها موجودة في الطبقات العلوية للتربة.

لكن لا تتغلغل جميع المياه إلى أعماق التربة. والتربة التي تحتوي على المياه التي بقيت فيها، بعد أن تغلغلت المياه التثاقلية، تكون في وضع نسميه **سعة الحقل**. في هذه الحالة، يوجد ماء متوافر للنبتة بين جُسَيْمات التربة (نظام "المبنى الشعيري للتربة") وحولها. وكلما كان قطر المبنى الشعيري للتربة أصغر، فإنّ النبتة بحاجة إلى بذل قوة أكبر، لكي يتم تفريغ التربة من الماء، وكذلك الأمر، كلما التصقت طبقات جزيئات ماء أقل بجُسَيْمات التربة، فإن النبتة بحاجة إلى قوة أكبر، لكي تمتص جزيئات الماء. وفي نهاية الأمر، نصل إلى وضع تكون فيه جسيمات الماء ملتصقة بجسيمات التربة، لكن النبتة لا تستطيع استغلالها. هذه المياه، **ليست مياه متوافرة**. هذا الوضع نسمّيه **نقطة ذبول**، لأن النباتات التي تنمو في هذه التربة تذبل وتنكمش، على الرغم من أن التربة ليست جافة تمامًا.

كل نوع تربة، يوجد له سعة حقل ونقطة ذبول تميِّزُهُ، وحسب ذلك تتغيّر كمية المياه المتوافرة للنبتة في كل نوع تربة. تعرض الرسمة ب – 25 العلاقة بين كبر جُسَيْمات التربة وبين سعة الحقل ونقطة الذبول.



الرسمة ب – 25: العلاقة بين كبر جُسَيْمات التربة وبين سعة الحقل ونقطة الذبول



حالات رطوبة التربة

سؤال ب – 14

أ. صفوا العلاقة بين كبر الجُسَيْمات وبين سعة الحقل ونقطة الذبول.

ب. صفوا العلاقة بين كبر الجُسَيْمات وبين كمية المياه المتوافرة التي تستطيع النبتة أن تستغلها.

ج. تمعنوا في الرسم البياني، ثم اشرحوا الفرق بين التربة "الثقيلة" والتربة "الخفيفة".

علاقة بموضوع

الخلية: *نقل فعّال واستهلاك أكسجين.*

4. الهواء في التربة

الهواء في التربة هو مصدر الأكسجين المطلوب لتنفس جذور النبتة، الأبصال، الدرنات، البذور التي تنبت والكائنات الحية الأخرى الموجودة في التربة. التهوية غير الصحيحة، تؤذي أداء الجذور، وبالأساس الاستيعاب الفعّال للأيونات. إنّ استيعاب الأيونات يحتاج إلى الطاقة التي تقوم بتزويدها خلايا الجذور من خلال عملية التنفس الهوائية. تتأثر تهوية التربة من بُنيتها ومن العمليات التي تتم فيها. كلما كانت التربة غنية بجسيمات صغيرة (تربة ثقيلة)، فإن التربة تكون مضغوطة أكثر، والتهوية فيها تكون قليلة. تؤدي عمليات تنفس الكائنات الحية في التربة إلى اختلاف مكونات الهواء في التربة عن مكونات الهواء الطبيعي. في أعماق التربة، وفي تربة لا توجد فيها تهوية، نجد أن تركيز الأكسجين منخفض، وتركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 أعلى من تركيزه في الهواء الطبيعي (الغلاف الجوي).

تأثير متبادل بين عوامل لا أحيائية في التربة: ماء – أكسجين.

التربة المغمورة بالماء، لا توجد فيها تهوية كافية، وبسبب ذوبان الأكسجين المنخفض في الماء، فإنّ الجذور ينقصها أكسجين.

حموضة وملوحة التربة

يوجد مجال pH معين في التربة للكائنات الحية التي تعيش فيه، في هذا المجال فقط، تستطيع أن تعيش هذه الكائنات الحية. التربة الحامضية التي فيها الـ pH منخفض (5 وأقل من ذلك)، أو قاعدية (pH أعلى من 7.5)، لا تعيش فيها مجموعات من النباتات والحيوانات المختلفة. السلبية الأساسية في التربة الحامضية (pH منخفض) أنه يحدث تغيُّر في موازنة الأيونات الموجبة، حيث ينخفض تركيز أيونات الكالسيوم (Ca^{++})، ويرتفع تركيز أيونات أخرى، مثل: الألومينيوم والحديد اللذين قد يكونان سامين للنبتة.

تصبح التربة حامضية في المناطق التي تهطل فيها مياه كثيرة: تشطف مياه المطر الأيونات القاعدية من التربة، وإضافةً إلى ذلك، فإنّ التربة تحتوي على حامض الكربونيك الذي نتج من إذابة CO_2 من الهواء. أما قلة الأمطار، وهذا يعني عدم شطف الجير (كربونات الكالسيوم)، فإنها تؤدي إلى pH قاعدي، وفي هذه الحالة، قسم من العناصر لا تذوب في محلول التربة، بل ترسب كأملاح ترفع الـ pH.

تنبع **ملوحة التربة** من مبنى الصخور الأساسية التي نتجت منها التربة ومن كمية الأمطار والري. تُذيب مياه المطر الصخور وتنقل المواد المذابة إلى أعماق التربة. في المناطق الماطرة، تُذيب مياه الأمطار الكثيرة الأملاح وتشطفها إلى المياه الجوفية، لكن في المناطق الجافة (قليلة الأمطار)، يؤدي تبخر المياه من سطح التربة إلى تراكم الأملاح في طبقات التربة العلوية. في إسرائيل، تتميّز تربة النقب والعربا بمشكلة الملوحة. ويمكن أن تحدث الملوحة أيضًا، إذا استعملنا للري مياهًا ذات ملوحة منخفضة.

تضر ملوحة التربة النباتات بعدة طرق:

- يتم استيعاب الأملاح في النبتة، وهي تتراكم فيها وتؤذي العضيات والعمليات التي تحدث في الخلايا.
- في التربة المالحة، التركيز الأسموزي فيها أعلى من التركيز الأسموزي في خلايا الجذور، وهذا يجعل امتصاص المياه من التربة أمرًا صعبًا.

من وجهة نظر زراعية: ملوحة التربة

أحد أسباب ملوحة التربة، هو ري مساحات زراعية **بمياه مالحة**، وهي أملح من مياه الشرب (**المياه النظيفة**)، لكنها أقل ملوحة من مياه البحر. نستعمل أحيانًا الري بالمياه المالحة، لأنه لا توجد إمكانيات أخرى، مثلاً: في مناطق النقب والعربا نستعمل المياه المالحة للري بسبب نقص مياه ذات تركيز أملاح منخفض.

تُشكل ملوحة التربة مشكلة صعبة للمزارع. وهو يقف أمام إمكانيتين: تنمية نباتات ذوات قدرة على الصمود أمام الملوحة، مثل: النخيل، الرمان، الشمندر وأصناف مختلفة من العنب والبندورة. والإمكانية الثانية، تقليل ملوحة التربة من خلال شطفها بمياه ذات تركيز أملاح منخفض. استعمل أوائل المستوطنين هذه الطريقة في كيبوتس بيت العربا الذي يقع على شاطئ البحر الميت. ففي ذلك الوقت، اعتُبر نجاح الزراعة – في بيت العربا – معجزة حقيقية.

سؤال ب – 15

بحسب معرفتكم عن الأسموزا (التنافذ)، اشرحوا، لماذا تركيز الأملاح العالي في التربة، يؤدي إلى صعوبة امتصاص الماء في الجذور؟

يوجد نباتات تنمو بشكل جيد في التربة المالحة. في هذه النباتات، تطورت أثناء النشوء والارتقاء آليات ملاءمة لظروف الملوحة. إنّ إفراز فائض الأملاح عبر أوراق نبتة الغسول يُشير إلى وجود هذه الآلية. إذا تذوقنا الأوراق، فإننا نشعر بملوحتها.

غسول: انتبهوا إلى شعيرات الملح البلورية على الأوراق.

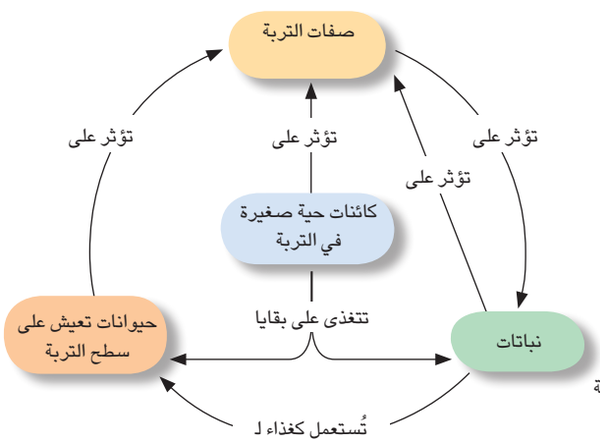
العلاقة المتبادلة بين التربة وبين الكائنات الحية التي تعيش في التربة (بيت التنمية)

ذكرنا في البنود السابقة عدة عوامل مهمة تؤثر على صفات التربة، مثل: الصخور الأساسية التي نتجت منها التربة، المناخ وَ "عُمرُ" التربة. تؤثر النباتات أيضًا على صفات التربة. من ناحية واحدة، صفات التربة هي التي تُحدد – بشكل كبير – أنواع النباتات التي تنمو فيها، لكن من ناحية أخرى، فإن النباتات ذاتها تؤثر على صفات التربة، وتساهم في تطورها وفي المواد العضوية الموجودة فيها. وهكذا تؤثر التربة بطريقة غير مباشرة على الحيوانات التي تعيش في بيت التنمية (التربة)، وتتغذى على النباتات التي تنمو فيها. يصف الجدول ب – 10 والرسم التخطيطي ب – 26 العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية وبين التربة.

تأثير عوامل أحيائية على عوامل لا أحيائية.

جدول ب – 10: العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية وبين التربة

الكائن الحي	تحصل من التربة / تجد في التربة	تأثير على التربة
جذور النباتات	مياه وأملاح	– تحليل "صخور الأم" بشكل آلي – بقايا وإفرازات الجذور تُثري التربة بمواد عضوية
دودة الأرض	غذاء، مخبأ وحماية من الجفاف	تجويد التربة
خُلد، فئران	مخبأ أو تعشيش	تفكيك (تنعيم) وتهوية التربة من خلال حفر أوكار
فطر، بكتيريا (محللات)	غذاء	تجديد (مدورة) مخزون مواد التغذية، أملاح متوافرة للنباتات



الرسمة ب – 26: تأثير العلاقات المتبادلة الأساسية بين الكائنات الحية وبين التربة وصفاتها

التربة كبيت تنمية (كموطن)

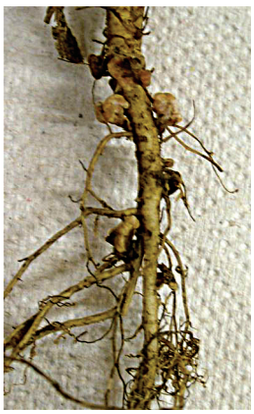
التربة مهمة جدًا لحياة الكائنات الحية التي تعيش على سطحها، لكن إضافةً إلى ذلك، فهي تُشكل موطنًا متنوعًا وخاصًا. تعيش في التربة كمية كبيرة من الكائنات الحية. تتركز معظم الكائنات الحية في الطبقة التي يتواجد فيها الدُبال، وعمقهما بين 5 إلى 25 سم تقريبًا.

يوجد هناك كائنات حية تعيش في التربة بشكل دائم، وهي تنتمي إلى مجتمع الكائنات الحية في التربة، وتظهر على سطح التربة بشكل نادر.

الكائنات الحية الدقيقة في التربة: البكتيريا، الفطريات والكائنات الحية الأُحادية الخلية المختلفة، نجدها في التربة بكميات كبيرة، مثلاً: يمكن أن نجد 100 مليون بكتيريا في 1 غم من التربة. توجد للفطريات والبكتيريا وظيفة مهمة جدًا في مدورة المواد في التربة وإثرائها بمواد غير عضوية متوافرة للنبتة. فهي تُحلل قسمًا من الكائنات الحية التي ماتت، وهي تُطلق نواتج التحليل إلى التربة. تمتص جذور النباتات نواتج التحليل (غير العضوية) عبر الجذور مع الماء، وهي تستغلها لاحتياجاتها. وهكذا تساهم الفطريات والبكتيريا في مدورة المواد في الغلاف الحياتي.

للمزيد عن
مـــدورة المـــواد وتـثـبـيـت النيتروجين، انظروا الفصل الثالث.

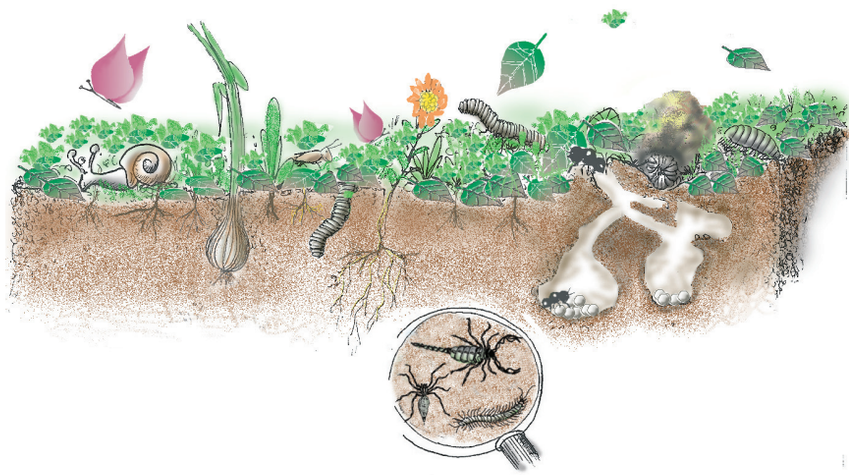
بودنا أن نذكر **البكتيريا التي تقوم بربط النيتروجين**. هذه البكتيريا، هي الكائنات الحية الوحيدة التي تستطيع أن تستعمل النيتروجين الحر الموجود في الهواء لإنتاج مركبات نيتروجينية (تثبيت النيتروجين بطريقة بيولوجية). يعيش قسم من هذه البكتيريا بشراكة مع نباتات مختلفة، وبالأساس مع نباتات من عائلة البقوليات. في هذه النباتات، تعيش البكتيريا في مبانٍ خاصة (درنات) تتطور على جذور النباتات. تحصل البكتيريا على كربوهيدرات من النبتة، وهي تزودها بمركبات النترات (النباتات لا تستطيع أن تثبت النيتروجين الحر وأن تُنْتِج بذاتها مركبات النترات).



درنات نيتروجين في البقوليات

إضافةً إلى البكتيريا والفطريات، يوجد في التربة كائنات حية كثيرة، مثل: دودة الأرض، نماتودا، هدبيات، قراد النباتات، يرقات الذباب، يرقات الخنافس وأيضًا الخُلد ينتمي إلى هذا المجتمع.

للمزيد عن
حياة المشاركة، انظروا الفصل الرابع.



الكائنات الحية في التربة

من وجهة نظر زراعية: المزارع يؤثر على مبنى التربة ومكوناتها

التربة هي المورد الأساسي للمزارع. تستغل النباتات مخزون المياه والمواد الموجودة في التربة، لذا للحصول على محاصيل لسنوات عديدة، يجب أن نُدير مورد التربة بالشكل الصحيح. فيما يلي النشاطات التي يقوم بها المزارع: معالجة التربة بطريقة آلية، إضافة زبل عضوي، تسميد وري. تتم معالجة التربة بطريقة آلية بواسطة المحراث وأدوات زراعية أخرى. فمن خلال حَرْث التربة نُحقق عدة أهداف في نفس الوقت: تهوية التربة، قلع أعشاب تتنافس مع النباتات المزروعة، خلط وطمر بقايا نباتات في التربة (التي بقيت من الموسم الماضي)، أسمدة، زبل ومواد لمكافحة الآفات الزراعية. تساهم كل هذه الأمور في خصوبة التربة، وتتيح للنباتات المزروعة النمو في ظروف جيدة.

إنّ إضافة الزبل العضوي، تُحسِّن من تهوية التربة، فالزبل يضيف وسطًا حياتيًا لنشاطات الكائنات الحية الموجودة في التربة، وهكذا يتم إثراء التربة بنواتج تحليل المواد العضوية بطريقة غير مباشرة.

للمزيد عن
التسميد والري، انظروا الفصل السابع.

ب 9: الحياة في ظروف بيئية متطرفة

حتى الآن، ذكرنا بإيجاز أن الحياة تتم وتتطور في بيئات محيطة تسودها ظروف لا أحيائية ليست مثلى لمعظم الكائنات الحية. خلال عشرات السنوات الأخيرة، اكتشف باحثو علم البيئة المزيد من الأنظمة البيئية التي تسودها ظروف بيئية محيطية متطرفة. سنعرض فيما يلي بعض الأمثلة حول ذلك. وقد أدت هذه الاكتشافات إلى استنتاجات مثيرة الاهتمام حول تطور الحياة على الكرة الأرضية القديمة التي كانت تسودها ظروف متطرفة أكثر بكثير من الظروف السهلة نسبيًا التي تسود الكرة الأرضية في هذه الأيام. الكائنات الحية التي تعيش، في يومنا هذا، في بيئات محيطة متطرفة، يمكن أن تكون بقايا الكائنات الحية القديمة.

مثال 1: تنوع بيولوجي غني في ينابيع حارة ومظلمة في أعماق المحيطات

في سنوات السبعينيات، من القرن العشرين، اكتُشفت في أعماق المحيطات أنظمة بيئية بالقرب من المناطق التي تتدفق منها ينابيع مياه حارة جدًا تصل إلى 300 درجة سلزيوس، والتي مصدرها من باطن الكرة الأرضية. تختلط المياه الحارة مع المياه الباردة جدًا، وتنخفض درجات الحرارة حول هذه الينابيع إلى 100 درجة سلزيوس تقريبًا. بالقرب من هذه الينابيع، لم يكتشفوا فقط البكتيريا المعروفة منذ زمن طويل على أنها تستطيع أن تعيش في درجات حرارة عالية، بل اكتشفوا كائنات حية متعددة الخلايا وحقيقية النواة، مثل: الديدان والصدف. في هذه المناطق حار جدًا ومظلم (لا يوجد ضوء)، لذا لا تتم عملية التركيب الضوئي. تعتمد السلسلة الغذائية على البكتيريا (تقوم بعملية تركيب كيميائية) التي تُنْتِج مواد عضوية دون وجود ضوء.

نظام بيئي في أعماق المحيط

للمزيد عن:
التغذية الذاتية بطريقة كيميائية، انظروا الفصل الثالث.

مثال 2: بكتيريا في ينابيع حارة

إنّ اكتشاف البكتيريا قبل حوالي 300 سنة تقريبًا، أدى إلى اكتشاف عالَم من الكائنات الحية الصغيرة جدًا التي لم يتم اكتشافها بشكل كامل. اعتقد الباحثون في كل مكان في العالَم تقريبًا، أنه لا يوجد حياة في الينابيع الحارة، المياه المالحة، أعماق الجليد وأعماق التربة، لكن مع مرور الوقت تمّ اكتشاف بكتيريا ملائمة للحياة في هذه البيئات المحيطة. فقد تمّ بحث البكتيريا التي تعيش في الينابيع الحارة ،واكتشف الباحثون أن هذه البكتيريا تحتوي على إنزيمات ذات مبنى خاص يكسبها قدرة الصمود في ظروف تسودها درجات حرارة عالية جدًا وملوحة متطرفة.

نبع مياه حارة في متنزه يوستون (الولايات المتحدة)

في الينابيع الحارة، في متنزه يلوستون في الولايات المتحدة، تمّ اكتشاف بكتيريا فيها إنزيمات تقوم بمضاعفة الـ DNA، وهي ذات قدرة على الصمود في درجات حرارة عالية جدًا. وقد أدى اكتشاف هذا الإنزيم إلى ثورة في مجال البيوتكنولوجيا، لأنه يستطيع أن يضاعف كميات DNA كبيرة جدًا من كميات قليلة جدًا، وهذه العملية نسمّيها: PCR (Polymerase Chain Reaction). إنّ مضاعفة الـ DNA من عينة قليلة جدًا، هي خطوة مهمة جدًا في البحث العلمي وفي العمليات البيوتكنولوجية.

مثال 3: الحياة في البحر الميت

سُمِّي البحر الميت بهذا الاسم، لأن العلماء اعتقدوا أنه لا توجد حياة في مياه البحر المالحة. لكن في المدة الأخيرة، تمّ اكتشاف طحالب وبكتيريا تعيش جيدًا في المياه المالحة. يعيش الطحلب دونيلا في الطبقة العلوية لمياه البحر بشكل شائع. جدار الطحلب ليس قاسيًا، لذا تستطيع الخلايا أن تُغيِّر حجمها (تفقد أو تستوعب ماء) دون أن يصيبها ضرر. يستطيع الطحلب العيش في مياه تركيزها الأسموزي عالٍ جدًا بفضل تركيز الجليسيرول العالي جدًا الموجود داخل الخلية، والذي يرفع تركيز المواد المُذابة في الخلية، لكنه لا يؤذي العمليات الحياتية في الطحلب.

البحر الميت

تلخيص الفصل

1. يتم تحديد انتشار أنواع النباتات على سطح الكرة الأرضية بحسب شدة إشعاع الشمس، وهو يتأثر من عوامل لا أحيائية، مثل: الرواسب ودرجة الحرارة.
2. إنّ كثرة العوامل التي تؤثر على الكائنات الحية وعلى النظام البيئي، تؤدي إلى تكوين صورة معقدة، وعمليًا لا توجد إمكانية أن نبحث عاملاً معينًا، دون أن نبحث تأثير العوامل الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تؤثر العوامل اللا أحيائية على بعضها، كما أن العوامل الأحيائية تؤثر على العوامل اللا أحيائية.
3. الماء هو مكون أساسي في أجسام الكائنات الحية، وهو يشترك في عمليات الخلايا، وينقل مواد مذابة وخلايا تناسلية. يعتبر الماء في اليابسة عاملاً محددًا، والكائنات الحية مهددة بخطر الجفاف ويوجد لديها ملاءمات في المبنى، ملاءمات فسيولوجية بيوكيميائية وملاءمات في السلوك، لكي تحافظ على موازنة مياه سليمة. العامل المحدد في الماء، هو الأكسجين، لكن على الرغم من ذلك، فإنّ الماء بيت تنمية سهل.
4. تشمل أشعة الشمس ما يلي: أشعة فوق بنفسجية، أشعة حرارية وأشعة ضوئية. الأشعة فوق البنفسجية، قد تؤذي الخلايا والمادة الوراثية، لكنها تساهم في إنتاج طبقة الأوزون التي تحمينا منها. الاشعة الحرارية تُسخن الغلاف الجوي.
5. أشعة الضوء هي مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي. لذا فهي مصدر الطاقة الأولي لمعظم الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية. الضوء هو إشارة بيئية محيطية أيضًا، وهو يؤثر على عمليات التكاثر وتطور النباتات والحيوانات.
6. الأكسجين هو مادة متفاعلة ضرورية في عملية إنتاج الطاقة خلال عملية التنفس الخلوية. في البيئة الحياتية المائية، الأكسجين عامل محدد. ومن الأكسجين يَنْتُج الأوزون الذي يحمينا من أشعة UV.
7. ثاني أكسيد الكربون هو مصدر الكربون في عملية التركيب الضوئي، وذلك على الرغم من تركيزه المنخفض في الهواء. CO_2 هو "غاز الدفيئة" ويساهم في تسخين الغلاف الجوي.
8. تتم العمليات الحياتية في الكائنات الحية التي تستطيع العيش في مجال درجات حرارة يكون فيها الماء في حالته السائلة. تتأثر العمليات في الكائنات الحية من درجة حرارة البيئة المحيطة، لأن الإنزيمات والبروتينات في الخلايا تكون فعّالة في مجال ضيق من درجات الحرارة، ويزداد نشاطها عند ارتفاع معين في درجة الحرارة، لكن في درجات حرارة عالية (أعلى من $50°C$)، يتغيّر مبنى البروتينات، وهي لا تستطيع القيام بنشاطها. تستطيع أنواع قليلة جدًا من الكائنات الحية أن تعيش في ظروف تسودها درجات حرارة متطرفة.

9. هناك الكثير من الملاءمات للموارد المحددة، مثل: الماء، الضوء والأكسجين وأيضًا ظروف درجات حرارة مختلفة، لكن تعتمد جميع هذه الملاءمات على مبدأ تكبير مساحة السطح الخارجي للعضو نسبة إلى حجم العضو، مثل: الأوراق، الخياشيم والشعيرات الماصة.
10. تساعد الرياح على نشر أبواغ، حبيبات اللقاح والبذور، كما تساعد في ترحال الطيور وطيران الحشرات. وهي تزيد من عملية النتح في النباتات وتؤثر على درجة حرارة الجسم.
11. التربة مكونة من مواد عضوية وغير عضوية، ويوجد فيها هواء وماء أيضًا. يُحدد كبر الجسيمات بُنية التربة وكمية المياه فيها، هي التي تحدد كبر جسيمات التربة. التربة هي مورد مهم للمزارع. يؤثر مبنى التربة وصفاتها على النباتات التي يمكن تنميتها فيها. التربة هي بيت تنمية لكائنات حية كثيرة تساهم في مبناها وتهويتها، وهي أيضًا مكان تتماسك به جذور النباتات.
12. تعقيد العوامل الكبيرة في كل بيت تنمية وكثرة تراكيب الظروف المختلفة، هي التي تُنْتِج الثراء الهائل في بيوت التنمية في عالمنا. ففي كل واحد منها، تطورت مجتمعات من الكائنات الحية الملائمة لتراكيب معينة من الظروف السائدة فيها. وفي بيوت التنمية التي تسودها ظروف متطرفة جدًا (درجات حرارة عالية جدًا أو منخفضة جدًا، ملوحة وما شابه)، تعيش أيضًا كائنات حية ذات ملاءمات خاصة لهذه الظروف.

مصطلحات مهمة

اتزان بدني
اسموزا
أشعة الشمس (فوق بنفسجية، ضوء مرئي، تحت الحمراء)
أوزون
أنواع نباتات
تبادل غازات في التنفس وعملية التركيب الضوئي
تربة: خفيفة، ثقيلة
تربة، جُسَيْمات: سيلت، رمل، صلصال
تربة، كمية المياه: نقطة ذبول، سعة الحقل
تربة: مكونات وصفات (بُنية، حامضية وملوحة)
تربة: وسط نمو، بيت تنمية
تركيب ضوئي
تنفس خلوي
ثابتة درجة الحرارة (كائنات حية)
ثغور
جيوفيتات
حولية
درجة حرارة مُثلى
رياح
شعيرات ماصة
ضوء: مصدر طاقة ومحفز من البيئة المحيطة
طاقة: ضوء، حرارة
عامل محدد
عوامل لا أحيائية
عوامل أحيائية
غاز دفيئة، تأثير الدفيئة
فجوة منقبضة
متغيِّرة درجة الحرارة (كائنات حية)
ملاءمة (مبنى، فسيولوجية– بيوكيميائية، سلوكية)
مياه: صفاتها وأهميتها
مياه أيضية
نتح
نسبة مساحة السطح الخارجي إلى الحجم (أوراق، خياشيم، جذور)
يوريا