

تدوير المواد Cycling of Matter

الأهداف

- تصف انتقال المواد المغذية خلال الأجزاء الحيوية واللاحوية من النظام البيئي.
- تشرح أهمية المواد المغذية للمخلوقات الحية.
- تقارن بين الدورات الجيوكيميائية الحيوية للمواد المغذية.

الفكرة الرئيسة يعاد تدوير المواد المغذية الأساسية بالعمليات الجيوكيميائية الحيوية. **الرابط مع الحياة** هل يعاد تدوير علب المشروبات الغازية الفارغة؟ إذا كان الأمر كذلك إذن فأنت تعرف أن المواد كالبزجاج والألومنيوم والورق يعاد استخدامها. وتقوم العمليات الطبيعية في الدورات البيئية أيضًا بإعادة تدوير المواد المغذية لتستعملها مخلوقات حية أخرى.

الدورات في الغلاف الحيوي Cycles in the Biosphere

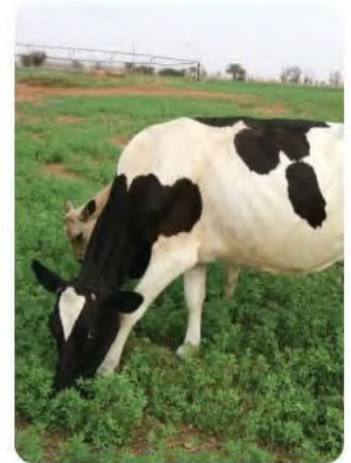
تتحول الطاقة إلى أشكال يمكن استخدامها لدعم وظائف النظام البيئي. ويحتاج الغلاف الحيوي إلى دعم ثابت ومستمر من الطاقة القابلة للاستعمال، ولكن هذا الأمر لا ينطبق على المادة؛ إذ ينص قانون حفظ الكتلة على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث إلا بمشيئة الله، لذا فإن العمليات الحيوية في الطبيعة، وبتقدير من الله سبحانه وتعالى تعيد تدوير المادة ضمن الغلاف الحيوي. والمادة matter - تزود المخلوقات الحية بالمواد المغذية التي تحتاج إليها لتؤدي وظائفها. أما **المادة المغذية** nutrient فهي مادة كيميائية يجب أن يحصل عليها المخلوق الحي من بيئته للقيام بعملياته الحيوية واستمرار حياته. وتتكون أجسام المخلوقات الحية جميعها من الماء والمواد المغذية، ومنها: الكربون والنيتروجين والفوسفور.

الرابط مع الكيمياء في معظم الأنظمة البيئية تحصل النباتات على المواد المغذية في صورة عناصر ومركبات من الهواء أو التربة أو الماء. وتحول النباتات بعض العناصر والمركبات إلى جزيئات عضوية تستخدمها. وتنقل المواد المغذية إلى المخلوقات الحية في النظام البيئي، كما في الشكل 17-1؛ حيث تحصل الأعشاب الخضراء على المواد الأساسية من الهواء والتربة والماء، ثم تحولها إلى مواد مغذية مفيدة، فتوفر بذلك غذاءً للبقرة، فإذا أكل مخلوق حي البقرة فإن المواد المغذية الموجودة فيها تنتقل إلى المستوى الثاني من المستهلكات، حيث تنتقل من المنتج - الأعشاب - إلى المستهلكات. وتعيد المحللات المواد المغذية إلى الدورة عند كل مستوى.

ويتضمن إعادة تدوير المواد المغذية في الغلاف الحيوي تدوير المواد في المخلوقات الحية، والعمليات الفيزيائية التي تحدث في البيئة؛ ومنها التجوية؛ التي تفتت الصخور الكبيرة إلى حبيبات تصبح جزءاً من التربة التي يستخدمها النبات والمخلوقات الحية الأخرى. وتسمى عملية تبادل المواد ضمن الغلاف الحيوي **الدورة الجيوكيميائية الحيوية** biogeochemical cycle. وتتضمن هذه الدورة المخلوقات الحية والعمليات الجيولوجية والعمليات الكيميائية.

✓ **ماذا قرأت؟** وضع لماذا يعدّ إعادة تدوير المواد المغذية مهمًا للمخلوقات الحية.

■ **الشكل 17-1** يعاد تدوير المواد المغذية في الغلاف الحيوي بواسطة المخلوقات الحية. وهنا تمثل الأعشاب المنتجات التي تبدأ الدورة بحصولها على الطاقة من الشمس. **وضح كيف يستمر إعادة تدوير المواد المغذية خلال الغلاف الحيوي في هذه الصورة؟**



دورة الماء The water cycle لا تستطيع المخلوقات الحية العيش من دون الماء. وصدق الله في قوله: **﴿...وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ﴾** سورة الأنبياء. ويدرس العلماء الماء الموجود في الغلاف الجوي وفي جوف الأرض، وعلى سطحها في صورة بحيرات وجداول وأنهار وجبال جليدية وقمم مغطاة بالثلج ومحيطات. استخدم الشكل 18-1 لتتبع دورة الماء خلال الغلاف الحيوي.

الربط مع علوم الأرض يتبخر الماء باستمرار إلى الغلاف الجوي من المسطحات المائية والتربة والمخلوقات الحية، ويسمى عندئذ بخار الماء؛ فيرتفع ثم يبرد تدريجياً في الغلاف الجوي، وتشكل الغيوم عندما يتكثف بخار الماء في صورة قطرات حول دقائق الغبار الصغيرة الموجودة في الغلاف الجوي.

يسقط الماء من الغيوم في صورة مطر أو ثلج أو برد، معيلاً بذلك الماء إلى سطح التربة. وكما ترى في الشكل 18-1، تتدفق المياه الجوفية والمياه الجارية على سطح التربة إلى الجداول والأنهار والبحيرات والمحيطات، ثم يتبخر الماء ثانية إلى الغلاف الجوي وتستمر دورة الماء مجدداً. ينتج 90% تقريباً من بخار الماء من المحيطات والبحيرات والأنهار، ويتبخر 10% تقريباً من سطوح أوراق النباتات في عملية النتح. تعتمد المخلوقات الحية جميعها على الماء العذب، ويعتمد كل مخلوق حي يعيش في المحيط على الماء العذب المتدفق إلى المحيط حيث يقلل من تركيز الأملاح في المحيط، كما يحافظ على حجم المحيط. ويشكل الماء العذب 2.5% فقط من حجم الماء الكلي على الأرض. وتبلغ نسبة الماء العذب المتوافر للمخلوقات الحية 31.1% فقط من الحجم الكلي للماء العذب. ويوجد 68.9% تقريباً من الماء العذب في القطبين والجبال الجليدية، لذلك فهو غير متاح لاستخدام الحياة.

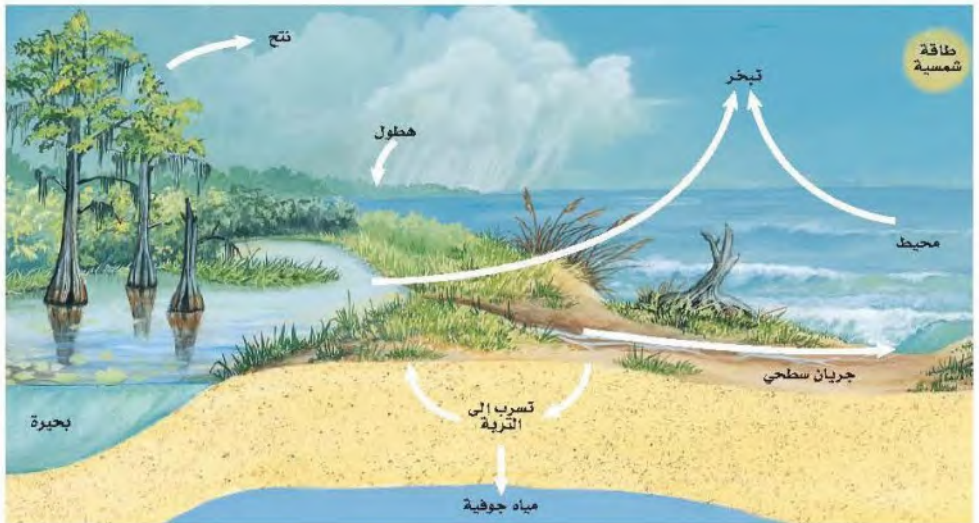
مهن مرتبطة مع علم البيئة

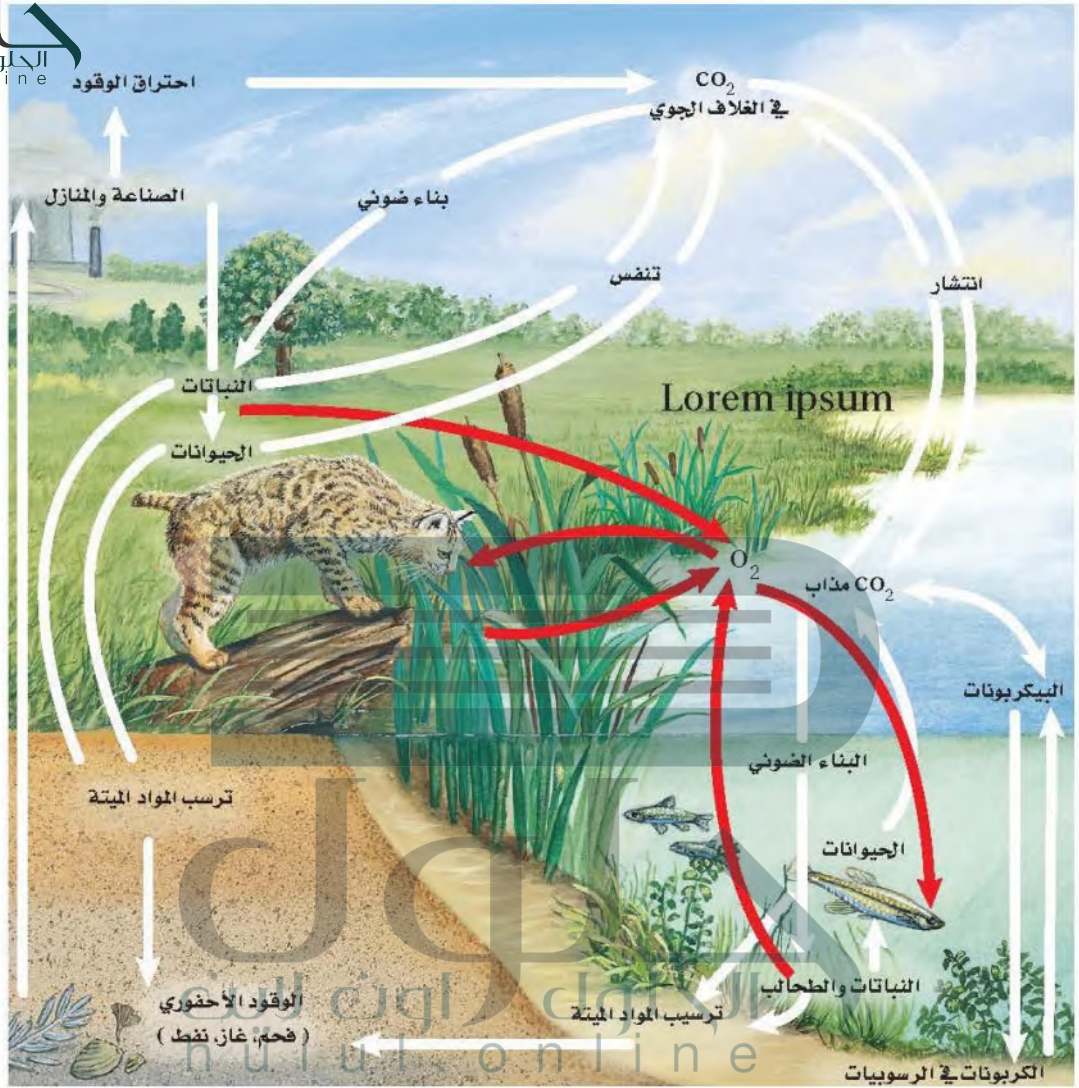
عالم المياه Hydrologist يدرس العمليات المتنوعة في المياه، مثل: توزيعه في الطبيعة، وتدفعه في سد أو نهر، أو تدفعه في نظام المجاري أو نظام ماء الشرب لمدينة ما.

يتبخر الماء - يتكاثف الماء - هطول الأمطار أو الجليد أو البرد

ماذا قرأت؟ حدد ثلاث عمليات فيزيائية تحدث في دورة الماء.

الشكل 18-1 دورة الماء عملية طبيعية تتبع دورة مستمرة لتناء ضمن الغلاف الحيوي. استنتج ما أكبر مستودعات الماء على الأرض؟





دورتا الكربون والأكسجين The carbon and oxygen cycles تتكون المخلوقات الحية جميعها من جزيئات تحتوي الكربون. وتشكل ذرات الكربون الهيكل الأساسي للجزيئات المهمة، ومنها: البروتينات والكربوهيدرات والدهون. ويعد الأكسجين أيضًا عنصرًا مهمًا في العديد من العمليات الحيوية. ويشكل الكربون والأكسجين غالبًا الجزيئات الضرورية للحياة، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون والسكريات البسيطة.

ر إلى الشكل 1-19. تحول النباتات الخضراء والطحالب، ثاني أكسيد الكربون ماء إلى كربوهيدرات، وتحرر الأكسجين ثنائيًا إلى الهواء بعملية البناء الضوئي. مد الكربوهيدرات عند استخدامها مصدرًا لطاقة المخلوقات الحية جميعها في سبكات الغذائية. ويعاد تدوير ثاني أكسيد الكربون عندما تحرره المخلوقات الحية أثناء التغذية وغير الذاتية التغذية في الهواء عن طريق التنفس الخلوي.

■ الشكل 1-19 يبين المخطط دورة الكربون والأكسجين في البيئة. صف كيف ينتقل الكربون من الأجزاء اللاحيوية إلى الأجزاء الحية في النظام البيئي.

يتحرر الكربون المنحصر في الصخور المتكلسة بعمليات الحت والتجوية ليخل في دورة قصيرة الأمد لتستخدمه النباتات والطحالب لتكوين الكربوهيدرات التي تعد مصدرًا للطاقة

■ الشكل 20-1 المنحدرات الجبلية
في هذه الصورة مكونة بكاملها تقريباً من
كربونات الكالسيوم والطباشير. وعلى المدى
الطويل يشكل الكالسيوم في هذه المنحدرات
جزءاً من دورة الأكسجين والكربون.



يدخل الكربون في دورة طويلة الأمد عندما تُدفن المادة العضوية تحت الأرض
وتتحول إلى الفحم أو النفط أو الغاز، فالكربون هنا يبقى في صورة وقود أحفوري
لملايين السنين، ويتحرر الكربون من الوقود الأحفوري عند حرقه مما يزيد من نسبة
ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

وبالإضافة إلى إزالة الكربون من دورته القصيرة الأمد بواسطة الوقود الأحفوري،
يمكن أن يدخل الكربون والأكسجين في دورة طويلة الأمد عندما يصبح في صورة
كربونات الكالسيوم، كما في الشكل 20-1. وتوجد كربونات الكالسيوم في أصداف
العوالق النباتية وغيرها من المخلوقات الحية، ومنها المرجان والمحار بأنواعه. وبعض
المخلوقات الحية كالطحالب تسقط نحو قاع المحيط فتشكل ترسبات واسعة من
الصخور الكلسية. ويبقى الكربون والأكسجين محصورين في هذه الترسبات إلى أن
تحرر عمليات الحث والتجوية هذه العناصر لتصبح جزءاً من الدورة القصيرة الأمد.

دورة النيتروجين The nitrogen cycle النيتروجين عنصر موجود في
البروتينات، ويتركز بصورة أكبر في الغلاف الجوي. ولا تستطيع النباتات
والحيوانات استخدام النيتروجين مباشرةً من الغلاف الجوي؛ إذ تحصل أنواع من
البكتيريا - تعيش في الماء والتربة أو تنمو على جذور بعض النباتات - على غاز
النيتروجين من الهواء وتحوله إلى نترات، وتسمى هذه العملية **تثبيت النيتروجين**
(النترجة) nitrogen Fixation. كما يتم تثبيت بعض النيتروجين في أثناء العواصف
الرعدية عندما تحوله الطاقة الناتجة عن البرق إلى النترات. ويضاف النيتروجين
أيضاً إلى التربة عندما تضاف الأسمدة الكيميائية إلى الحقول والمحاصيل وغيرها.

يدخل النيتروجين إلى الشبكة الغذائية عندما تمتص النباتات مركباته من التربة إلى بروتينات، كما يبين الشكل 21-1. وتحصل المستهلكات على النيتروجين بتغذيتها على النباتات أو الحيوانات التي تحويه، وهي بذلك تعيد استخدامه لتصنع بروتيناتها بنفسها. ويعد النيتروجين عادةً عاملاً محدداً لنمو المُتَجات؛ لأن كمية النيتروجين في الشبكة الغذائية تعتمد على كميته المثبتة في التربة.

يبين الشكل 21-1 الطرائق التي يعود بها النيتروجين إلى التربة، فعندما تطرح بعض المخلوقات الحية فضلاتها يعود النيتروجين إلى التربة أو الماء، ومن ثم تعيد النباتات استعماله. وعندما تموت المخلوقات، تحوّل المحللات النيتروجين الموجود في بروتيناتها ومركباتها الأخرى إلى الأمونيا، ثم تقوم المخلوقات الحية الموجودة في التربة بتحويل الأمونيا إلى مركبات نيتروجينية تستخدمها النباتات. وأخيراً تحوّل بعض بكتيريا التربة مركبات النيتروجين المثبتة إلى غاز النيتروجين في عملية تسمى **إزالة النيتروجين** (عكس التترية) denitrification، مما يعيده ثانية إلى الغلاف الجوي.

■ الشكل 21-1 يستخدم النيتروجين ثم يعاد استخدامه في أثناء دورته المستمرة ضمن الغلاف الحيوي.

