

## الدورات البايوجيوكيميائية Biogeochemical Cycles

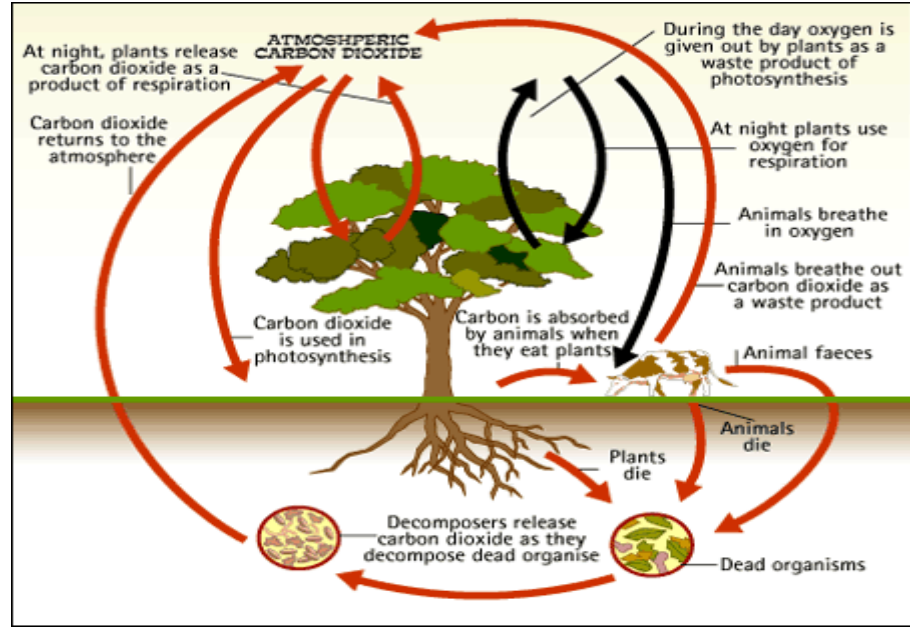
تعتمد الكائنات الحية في عملية بناء أجسامها على العناصر الطبيعية الخمسة (N,P,C,H,O) وهذه العناصر تمثل نقطة ارتباط بين المكونات الحية واللاحية في النظم البيئية , وتحصل الأحياء على هذه العناصر بواسطة السلسلة الغذائية وتبدأ النباتات بامتصاصها من التربة أو المياه أو الهواء .  
سميت هذه الدورات بهذه التسمية أي الدورات البايوجيوكيميائية بسبب ان هذه العناصر أغلبها ذات منشأ ارضي وتتحوّل بعمليات كيميائية ثم تدخل أجسام الكائنات الحية مكونة جسم الكائن الحي .  
هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من الدورات التي يمكن ملاحظتها في النظام البيئي وهي :-

- 1- دورة المياه Hydrologic Cycle
- 2- الدورة الغازية Gaseous Cycle
- 3- الدورة الرسوبية Sedimentary Cycle

## دورة الكربون في الطبيعة Carbon Cycle

الكربون من أهم العناصر الموجودة في النظام البيئي الأرضي حيث يمثل 18% من المادة الحية فيه ، كما أن ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) يوجد في الغلاف الجوي بنسبة 0.03% .  
\*في النظام البيئي يتم تحويل الكربون اللاعضوي الى الكربون العضوي في النباتات أساسا من خلال عملية البناء الضوئي وهذه المركبات العضوية المتكونة في النباتات تنتقل الى الحيوانات التي تتغذى على تلك النباتات , ويعود الكربون الى الجو كغاز من خلال عملية التنفس كما ان المادة العضوية بعد موت تلك الكائنات يمكن ان تتحول الى  $CO_2$  الجوي (عملية التحلل التي تقوم بها الكائنات المحللة مثل البكتيريا و الفطريات ) .

- يوجد عنصر الكارون كمكون طبيعي في الصخور الارضية والتي تتألف من كاربونات الكالسيوم و المغنيسيوم ومنشأ هذه الصخور عضوي اذ يعتقد ان عظام الحيوانات تحولت الى هذا الشكل منذ ملايين السنين وبفعل حركات القشرة الأرضية وعوامل التجوية يمكن ان يتحول الى الشكل الغازي .
- في الازمان السحيقة وبالذات في العصر الكامبيري حصل ان هدمت كميات كبيرة من المواد العضوية الكربونية وتحولت بعد ذلك بفعل الضغط والحرارة الى ما يعرف بالوقود الاحفوري (نفط ,فحم ,غاز طبيعي ) وان عمليات حرق الوقود في الصناعة وفي محركات السيارات ووسائط النقل الأخرى قد أدى الى نقل كميات كبيرة من غاز  $CO_2$  الى الغلاف الجوي مما سبب مشاكل بيئية عديدة .
- تعد دورة الكربون من الدورات الكاملة في الطبيعة وذلك بسبب تميز مكوناتها الأساسية ولان الكربون الذي يعود الى المحيط بنفس السرعة التي يزال فيها من المحيط الجوي (المخزن الرئيسي ) الى الكائنات المنتجة ومن ثم الى الكائنات المستهلكة ومن المجموعتين الأخيرتين الى الكائنات المحللة .



دورة الكربون في الطبيعة

### دورة النيتروجين في الطبيعة Nitrogen Cycle

يختلف النيتروجين عن معظم العناصر المعدنية الموجودة بالتربة الزراعية في أن مصدره الأصلي هو الهواء الجوي (إذ يشكل النيتروجين حوالي 79% من حجم الهواء الجوي) (في حين لا تحتوى الصخور الأصلية ومعادن التربة على هذا العنصر. ولا تستطيع النباتات النامية الاستفادة من النيتروجين الغازي  $N_2$  مباشرة إلا بعد أن يدخل في سلسلة من التفاعلات والتي تقوم بها كثير من الأحياء الدقيقة الموجودة بالتربة والتي تعيش إما حرة في التربة أو تعيش في داخل جذر النبات، حيث تثبت النيتروجين الغازي وتحوله إلى نيتروجين عضوي داخل أجسامها في صورة أحماض أمينية وبروتينات، وعند موت هذه الكائنات فإن النيتروجين العضوي الموجود بها تحت ظروف معينة يتحلل وينتج نيتروجين معدني في صورة  $NH_4^+$  ثم  $NO_3^-$ .

#### دورة النيتروجين في الأرض Soil Nitrogen Cycle

تُعتبر دورة النيتروجين في الأرض من الدورات المعقدة حيث تشمل عدد من العمليات الأساسية يمكن إيجازها فيما يلي :

1- تثبيت النيتروجين الجوي. Nitrogen fixation.

2- النشطرة (معدنة) Nitrogen mineralization وتكوين الأمونيا. Ammonification.

### 3- تكوين النترات ( النترجة ) . Nitrification

4- تمثيل النتروجين المعدني في أجسام الكائنات الحية الدقيقة والنبات فيما يُعرف بعملية التمثيل . Immobilization

### 5- اختزال النترات إلى أمونيا أو نتروجين جوى أثناء عملية نزع النتروجين Denitrification

ويمكن توضيح هذه الخطوات كما يلي:

أولاً: تثبيت النتروجين الجوى (التثبيت الحيوى للنتروجين)

والمقصود بالتثبيت الحيوى هو تحويل النتروجين الغازى والموجود فى الغلاف الجوى إلى نتروجين عضوى يدخل فى تركيب المركبات النتروجينية العضوية. وتتخلص هذه العملية بقيام أنواع مختلفة من الكائنات الدقيقة المتخصصة والتي لها القدرة على اختزال النتروجين الجوى وتحويله إلى  $NH_3$  تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة، وبالتالي يتحول إلى مركب عضوى. وعلى ذلك نجد ان الكائنات الدقيقة تقوم بدور هام فى تحديد طبيعة دورة النتروجين فى الأرض، حيث تتحكم فى تحويل جزيئات النتروجين الجوى إلى نتروجين عضوى. وتعتبر هذه الطريقة أهم الطرق فى زيادة محتوى الأرض من النتروجين. أنواع البكتريا التي تساهم فى تثبيت النتروجين الجوى فى التربة :-

أ :- أنواع البكتريا غير التعايشية مثل *Azobacter* , *Clostridium*

ب:- أنواع البكتريا التعايشية المثبتة للنتروجين مثل *Rhizobium*

ولا تقتصر عملية تثبيت النتروجين على الأحياء بل تساهم الطبيعة فى تثبيت كميات منه بواسطة التفريغ الكهربائي أثناء الزوابع الرعدية حيث يتحد النتروجين مع الاوكسجين مكونا اكاسيد النتروجين وهذه الاكاسيد سواء كان مصدرها التفريغ الكهربائي او الانبعاثات من محركات السيارات سوف تنزل مع مياه الأمطار الى التربة لتتحد مع مركبات اخرى وتمتص من قبل النباتات .

ثانيا :- معدنة النيتروجين العضوى

المحصلة النهائية لعملية التثبيت البيولوجية للنتروجين بالأرض هو تحول النتروجين العنصري إلى نتروجين عضوى والذى يمثل 99% من النتروجين الكلى بالأرض) وهو فى هذه الصورة غير صالح للامتصاص. وعلى ذلك تقوم أنواع عديدة من الكائنات الأرضية الدقيقة بتحليل المادة العضوية وينفرد النيتروجين منها فى صورة الأمونيا  $NH_3$  وفى خطوة لاحقة تتحول الأمونيا إلى أمونيوم  $NH_4^+$  ثم نترات  $NO_3^-$  ، ويطلق على هذه العملية اسم عملية المعدنة، وتسمى أيضاً عملية النشطرة **Ammonification** على أساس أن الناتج النهائى لعملية المعدنة هو الأمونيا. والعملية العكسية لعملية المعدنة هي عملية التمثيل Immobilization ويُقصد بها تحول النتروجين المعدنى الصالح للامتصاص والموجود بالتربة إلى نتروجين عضوى نتيجة استهلاكه بواسطة الكائنات الأرضية الدقيقة. وطبيعياً أن يكون سيادة عملية المعدنة فى صالح الكائنات الحية حيث ينتج عنها نتروجين معدنى (الصورة الصالحة للامتصاص) والعكس صحيح بسيادة عملية التمثيل .

ثالثاً :- عملية النترجة

تُعرف على أنها عملية الأكسدة البيولوجية للأمونيوم الناتج من عملية النشطرة أو المضاف في صورة أسمدة إلى نترات .

### عملية نزع النتروجين Denitrification (عكس النتجة )

وأساس هذه العملية بأنه تحت الظروف اللاهوائية للأراضي الزراعية في المناطق الغدقه سبئة الصرف تقوم بعض أنواع الكائنات الدقيقة باختزال النترات والنتريت إلى صورة غازية وهي  $NO$ ,  $N_2O$ ,  $N_2$  ، ثم تنطلق إلى الهواء الجوى. *Pseudomonas, Micrococcus, Proteus*



## دورة الفسفور في الطبيعة

الفسفور احد العناصر المكونة للتربة ويعد عنصرا ضروريا للحياة حيث انه يعد من العناصر الأساسية لجزيئة DNA و RNA ويدخل في تركيب العظام والأسنان وفي الأغشية الخلوية وفي مركب الطاقة ATP . تحتاج الأحياء الى هذا العنصر بكميات كبيرة فمثلا يتحدد نمو النباتات في حالة نقص الفسفور في التربة وتحتاج الية الأحياء في بناء العظام .

يعرف عن دورة الفسفور استغراقها لملايين السنين لكي تكتمل لكنها تبقى ناقصة من حيث الكمية الراجعة من العنصر اذ تفقد كميات من الفسفور على أشكال متعددة ومعقدة لا يمكن استرجاعها بسهولة مثل العظام و الأسنان.

المصدر الرئيسي للفسفور هي الصخور النارية الفسفورية سواء كانت ناتجة من التبريد السريع او البطيء للحمم البركانية .

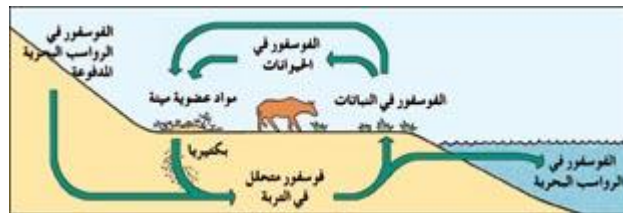
تتعرض الصخور الفوسفاتية الى عوامل التجوية الطبيعية فيتحلل الفسفور من هذه المصادر عن طريق عمليات التآكل والتعرية والانجراف فضلا عن عمليات التنقيب وغيرها , وان بعض هذه العمليات تحرر الفسفور على شكل الفوسفات الى التربة حيث يمتص من قبل النباتات وبذا تدخل الى الأجزاء الحية من النظام البيئي من خلال المستويات الاغذائية المختلفة قبل رجوعها الى التربة مرة اخرى .

ان الدورة الكيمياوية الأرضية الحياتية للفسفور تبدأ بالنباتات التي تمتص الفسفور اللاعضوي كأحد المغذيات الرئيسية ويتحول الى الحالة العضوية ومنها ينتقل الى الحيوانات التي تتغذى عليها وعند موت هذه الكائنات تعمل المحلات في التربة او الماء على إرجاع الفسفور الى حالته اللاعضوية فضلا عن ما يخزن ضمن الرواسب والصخور الرسوبية التي بدورها تطلق الفسفور اللاعضوي خلال عمليات التعرية .

## أسباب ركود دورة الفسفور في الطبيعة ؟

1- موت الحيوانات يؤدي الى فقدان كميات فوسفورية موجودة في عظامها بسبب تعذر تحليلها من قبل المحلات , فالمحلات قادرة على تحليل الفسفور الموجود في الخلايا النباتية بحيث يكون قابل للامتصاص بينما يتعذر عليها تحليل الفسفور الموجود في العظام وهذا هو احد جوانب ركود الدورة .

2- من جانب ثان هنالك توقف او فقدان في كميات الفسفور في الترسيبات البحرية في البحار و المحيطات , حيث تفقد كميات أخرى بسبب موت الأحياء البحرية وبقائها مغمورة في القاع وقد يعود قسم منها بالذوبان بفعل ثورات البراكين والزلازل في قعر البحار و المحيطات . ويمكن ان تساهم الطيور البحرية ولو بدور محدود بإعادة الفسفور الى اليابسة حيث تتغذى على الأسماك البحرية وتطرح فضلاتها على اليابسة وتكون هذه الفضلات على اليابسة والتي تعرف باسم ( Guano ) قد ساهمت في نقل كميات من الفسفور تقدر بعدة أطنان سنويا , الا ان هذا الرجوع للفسفور يعتبر موقعا ولا يشمل جميع أنحاء الكرة الأرضية .



على عكس الكربون والنيتروجين، لا يوجد الفسفور في الجو، لكنّه ينشأ عن جسيمات الصّخور الممتزجة في التربة. النباتات تمتصّ الفسفور بواسطة جذورها والحيوانات تحصل عليه عندما تأكل النبات أو حيوانات أخرى وعندما تموت الكائنات الحيّة، يعود فسفورها إلى التربة. يتحلّل الفسفور بسهولة، واغتسال التربة بالماء يتسبّب بانجرافه إلى البحر باستمرار، فيتحول من جديد بعد ملايين السنين إلى صخور فسفوريّة.