كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثانية

المادة : اساسيات علم البيئة النباتية

المحاضرة : السادسة/نظري/د.ميسون

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

6

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الدّورات البيوجيوكيميائيّة للعناصر في النّظم البيئيّة

Biogeochemical cycles

تحتوي قشرة الأرض جميع عناصر الجدول الدّور ي الطّبيعيّة، غير المصنّعة في المختبرات وتتفاوت نسبة وجود هذه العناصر في الطبيعة، فمنها الشّائع ومنها النّادر.

والعناصر الثّمانية التّالية هي الأكثر شيوعاً وتشكّل أكثر من 99%من مكوّنات صخور قشرة الأرض ، و هي الأكسجين والسيلكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنزيوم على التّرتيب .

غير أنّ العناصر الرّئيسيّة في النّظام البيئيّ الحيويّ هي ستّة عناصر الأكسجين والكربون والنيتروجين والهيدروجين والفوسفور والكبريت .

نضيف إلي ذلك عدداً أكبر من العناصر الّتي تحتاجها الكائنات الحيّة بكميّات قليلة، وهي مختلفة عن العناصر الأكثر وجوداً في عالم الجماد .

يتكوّن النّظام البيئي من المكوّنات الحيّة والمكوّنات غير الحيّة بمختلف أشكالها ، وينتقل محتوى هذه المكوّنات من العالم الحيويّ إلى العالم الجيولوجيّ وبالعكس فإنّنا نسمّي انتقالها هذا **بالدّورات الحيويّة الأرضيّة الكيميائيّة** (الدّورات البيوجيوكيميائيّة) ولكلّ مركّب أو عنصر كيميائيّ دورته الخاصّة به.

ويوجد نقط مشتركة بين جميع دورات العناصر في الطّبيعة ففي كل دورة هنالك أجزاء منها تسمّى **مستودعات** حيث يتمّ احتجاز العنصر فيها لفترة طويلة من الزّمن ، وبالمقابل يوجد أيضاً **خزّانات** تحجز فيها العناصر لفترة قصيرة من الزمن.

والفترة الزّمنيّة الّتي يستغرقها المركب أو العنصر في المستودعات أو الخزّانات تسمّى **فترة المكوث**.

مثال: المحيطات مستودعات للماء، بينما تمثّل الغيوم خزّانات.

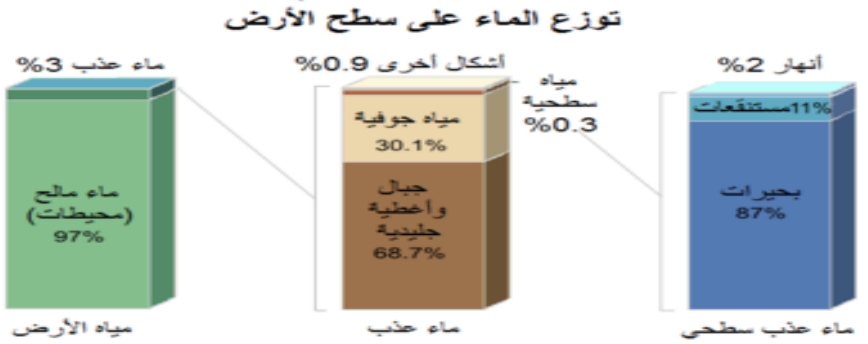
كذلك الحال بالنّسبة للمجتمعات الحيويّة فإنّ الأنواع الحيّة فيها تمثّل خزّانات.

معظم الطّاقة اللّازمة لانتقال المركّبات أو العناصر من مستودع أو خزّان لآخر تأتي من الشّمس أو من جوف الأرض.

أوّلاً: دورة الماء في الطبيعة Water Cycle

تمثّل دورة المياه في الطبيعة نظاماً هائلاً تحرّكه الطّاقة الشّمسيّة ، ويعمل فيه الغلاف الجويّ جسراً بين المحيطات والقارّات.

ماء المحيطات وبصورة رئيسيّة وماء القارات بصورة فرعيّة يتبخران باستمرار في الغلاف الجو ي، وتعمل الرّياح علي نقل الهواء الحامل لبخار الماء لمسافات بعيدة وإلى ارتفاعات شاهقة حيث الرّياح تبدأ عمليّات معقدّة في تكوين الغيوم وحدوث الهطل المطريّ.



ما يحدث لماء الهطل على اليابسة أنّ جزءاً منه ينساب مع الشّعاب والأودية باتّجاه البحار والمحيطات ويسمّ ى هذا الجزء بالماء الجاري ، جزء أخر من الماء يتبخّر مرةً أخرى ويعود للغلاف الجو يّ، أو يمتصّ من قبل النّباتات ويعاد للغلاف الجويّ من خلال عمليّة النتح، أمّا الجزء المتبقي فيتسرّب إلى باطن الأرض مشكّلاً بذلك المصدر الرّئيس للمياه الجوفيّة.

إذن محرّك دورة الماء في الطبيعة هو طاقة الشّمس.

مستودعات الماء في الطّبيعة

- المحيطات والبحيرات والأنهار الدّائمة والمياه الجّوفيّة.
- الثّلج وهو ماء يمكن أن يبقى محصوراً ولفترات طويلة في مناطق باردة على سطح الأرض ك الكتل الجليديّة في القطبين أوثلوج قمم الجبال.

مخازن الماء في الطّبيعة

- الغلاف الجويّ (بخار ماء)
- الغيوم
- ما يوجد من ماء في أجسام النّباتات والحيوانات.

للرّبط بين دورة المياه والعناصر البيوجيوكيميائيّة في الطبيعة علينا أن نتذكر دور الماء في نقل وإذابة العناصر في عمليّة تغذية النّبات وفي عمليّة التّمثيل الضّوئيّ.

ثانياً: دورة الكربون Carbon cycle

الكربون عنصر الحياة فهو اللّبنة الأساسيّة في بناء المركّبات العضويّة الّتي تبنى منها الخلايا وبالتّالي الكائنات الحيّة، وبذلك يعتبر الكربون من جهة عنصر رئيسيّ في تركيب الكّائنات الحيّة، ولكنّه عنصر ثانويّ في تركيب قشرة الأرض الصخريّة، حتّى أنّه يبلغ تركيزه فيها 0.032 % فقط.

ويعدّ البعض دورة الكربون هي دورة الأكسجين والهيدروجين بسبب ارتباط هذه العناصر في دورة واحدة.

تبدأ دورة الكربون في الطّبيعة بعمليّة التّركيب الضوئيّ فهي الّتي تحرّك الكربون في الطبيعة، لو توقّفت لتوقّف وجود هذا العنصر في الأشكال الأخرى الحاملة له.

وفي هذه العمليّة يأخذ النّبات غاز ثاني أكسيد الكربون من الجّو ، والضّوء من أشعّة الشّمس، والماء من التّربة ليصنّع منها الكربوهيدارات في مجموعة من المعادلات نجملها في المعادلة التالية:

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

وتقوم النّباتات والكائنات القادرة على التّمثيل الضّوئيّ بتخليص الجوّ ومياه البحار وكميّات من ثاني أك سيد الكربون النّاتج عن حرق الوقود الأحفوريّ.

تقوم المنتجات والمستهلكات بحرق جزء من المادّة العضويّة في أجسادها في عمليّاتها الحيويّة كالتّنفس مثلاً ، فتأخذ لذلك الأكسجين الجويّ وتطلق CO_2، وهي بهذا تغلق دورة صغيرة للكربون داخل دوراتها الكبرى وتفعل المحلّلات شيئاً مماثلاً.

يمكن أن تتجمّع الكتلة الحيّة الموجودة في الكائنات البحريّة الدقيقة مع رسوبيّات قيعان البحار غير العميقة تحت ظروف معيّنة لينتج عنه البترول والغاز الطّبيعيّ بعد حين ، ويحدث شيء مماثل في المستنقعات لتكوين الفحم الحجريّ مع بقايا النّباتات ، هذه هي مصادر الوقود الأحفور يّ وهي مستودع ضخم من مستودعات عنصر الكربون في الطبيعة يحرقه الإنسان في المواصلات والصّناعة ليعود على شكل CO_2 إلى الجو ، هذه دورة أطول كثيراً قد تستغرق عشرات أو مئات ملايين السّنين.

ثمّ إنّ CO_2 الجوّ يذوب في مياه البحار والمحيطات ، وقد يعود من هذه المياه إلى الجوّ، ويتحكّم في ذلك حرارة المياه ودرجة تشبّعها به، حيث يزداد ذوبان CO2 كلّما بردت المياه، وبذلك تمثّل مياه البحار والمحيطات خزاناً ضخماً لغاز ثاني أكسيد الكربون يساعد في إنقاص نسبته في الجوّ.

تقوم مجموعة من الكائنات الحيّة البحريّة بأخذ CO_2 الذّائب في الماء لتبنى أصدافها وهياكلها الصّلبة كالمرجان والقواقع وغيرها، تتكوّن هذه الأجزاء الصّلبة من مادّة كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ على شكل معادن الكالسيت والأراغونيت وغيرها، وعندما تموت تتجمّع أجزا ؤها الصّلبة وتتكوّن الصخور الحجريّة (الكلسيّة) كالحجر الجيري والدولوميت الّتي نراها بكثرة فمنها يبني النّاس بيوتهم.

ومن ثمّ تشكّل هذه الصّخور مستودعاً ضخماً لعنصر الكربون ، عندما يستعمل الإنسان هذه الصّخور في الصّناعة كصناعة الإسمنت مثلاً ، تتحلّل كربونات الكالسيوم بالحرارة ليخرج CO2 إلى الجوّ ليكمل دورة طويلة جداً.

ثمّ إنّ ماء المطر بسبب حموضته اليسيرة يذيب جزء من الصّخور الحجريّة ويحوّلها إلى البيكربونات $Ca(HCO_3)_2$ الّتي ما تلبث أن تترسّب على شكل الكربونات ويخرج غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الجوّ ، وعلى الرّغم من بطء هذه الظّاهرة إلّا أنّ الزّمن الجيولوجيّ الطّويل كفيل بتحرير كميات كبيرة من هذا الغاز من الصّخور الجيرية.

نضيف إلي كلّ ذلك ثاني أكسيد الكربون الّذي يخرج من غازات البراكين و من حرق الغابات الاستوائيّة.

إذن محرّك دورة الكربون في الطّبيعة هو طاقة الشّمس.

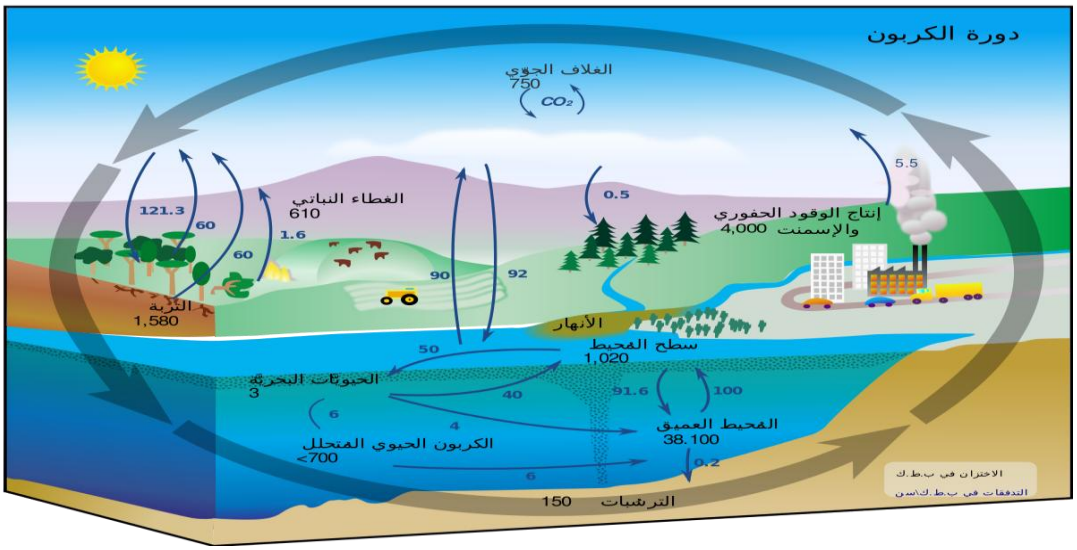
مستودعات الكربون في الطّبيعة

- الصخور.
- الهياكل الدعامية (العظمية – المرجان الأصداف)، و رسوبيات قيعان البحار.
- الوقود العضوي (الأحفوريّ) (مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعي).

مخازن الكربون في الطّبيعة

- المركّبات العضويّة (سكّريات – دسم – DNA – RNA - بروتينات)، الموجودة في الأحياء.
- تنفّس الأحياء البرّيّة والبحريّة.
- مياه البحار والمحيطات.

- العمليّات المستهلكة لغاز CO2: يُمتص ثاني أكسيد الكربون عن طريق النّباتات الخضراء خلال العمليّة المعروفة باسم عمليّة التّركيب الضّوئيّ.
- العمليّات المنتجة لغاز CO2: التّنفس، التّخمّر، المحلّلات (المفكّكات) ،الاحتراق (الطّبيعيّ والصّناعيّ)، والبراكين.



ثالثاً: دورة النّتروجين Nitrogen cycle

تحتاج جميع الكائنات الحيّة إل ى عنصر النّتروجين الّذي يدخل في تركيب الأحماض الأمينيّة، والبروتينات والمادّة الوراثيّة مع أنّ غاز النّتروجين N_2 يشكّل 78% من الغلاف الجويّ ، إلّا أنّ المنتجات والكائنات الأخرى في النّظم البيئيّة الطّبيعيّة لا تستطيع استخلاصه مباشرة من الغلاف الجويّ والاستفادة منه.

بالرّغم من قدرتها على القيام بذلك إذا تحوّل عنصر النتروجين من الحالة الغازيّة الخاملة N_2 إلى أيونات الأمونيوم NH_4^+ أو النّترات NO_3^- وتسمّى هذه العمليّة تثبيت النّتروجين ويمكن أن تتمّ بالطّرق الآتية:

1- التّثبيت الحيويّ

- تعيش بكتيريا تثبيت النّتروجين(ريزوبيوم) في عقيدات على جذور البقوليّات كالفول والحمّص والعدس، وتستطيع البكتيريا العقديّة تحويل غاز النتروجين الجوّي إلى شاردة الأمونيوم NH_4^+، ثمّ تقوم أنواع أخرى بتحويل الأمونيوم إلى شاردة النّتريت NO_2^- .
- في النّهاية تقوم بكتيريا أخرى بتحويل النّتريت إلى نترات NO_3^-، والنّترات هي المادّة الّتي تستطيع النّباتات الخضراء امتصاصها بجذورها واستعمالها في بناء مركّباتها العضوية النّتروجينيّة.
- إنّ العمليّتين الأخيرتين، أي تحويل الأمونيوم إلى نتريت فنترات، تسمّيان عمليّة النّترجة ويمكن تبسيط ما سبق وفق المعادلة التاليّة:

نيتروجين جويّ_تثبيت_أمونيوم__نترجة _____نتريت__نترجة_____نترات.

تسمّى هذه العلاقة بين البكتيريا العقديّة والبقوليّات العلاقة التّكافليّة، إذ تستفيد البقوليّات من النّتروجين الّذي تثبّته البقوليّات، بينما تستفيد البكتيريا من الموادّ الغذائيّة (الطّاقة) والماء الّتي تزوّدها بها جذور البقوليّات، ويستفيد المزارعون من ذلك بالدّورات الزراعيّة الّتي تتكرّر كل سنتين أو ثلاث سنوات ، حيث تزرع الأرض في سنة منها بالبقوليّات لغناها بالنّتروجين بدل إضافة الأسمدة .

في بعض الحالات تعيش بكتيريا تثبيت النّتروجين معيشة تكافليّة مع بعض الحيوانات المجترّة في أمعائها كالبقر والغزلان والزرافة، وتزوّد البكتيريا هذه الحيوانات بحوالي نصف احتياجها من النّتروجين والنّصف الآخر من البروتين في النّباتات الخضراء التي تأكلها، وبالمقابل تحصل البكتيريا علي الغذاء من الموادّ العضويّة في معدة الحيوان، تساعد أيضاً في هضم المركّبات العضويّة النباتية كالأنسجة الخشبيّة الّتي لا تستطيع معدة الحيوان هضمها بدون مساعدة البكتيريا.

2- التّثبيت الجويّ

يمكن للطّاقة الكبيرة الكامنة في البرق والصّواعق أن تقوم بتحويل غاز النّتروجين من الجوّ إلى غاز ثاني أكسيد النّتروجين NO_2 فنترات NO_3 وبذلك يصل النتروجين إلى سطح الأرض والتّربة مع الأمطار ليصبح في متناول النّباتات لتستفيد منه، غير أنّ كميّة النّتروجين المثبّتة بهذه الطّريقة قليلة جدّاً إذا ما قورنت بطريقة التّثبيت الحيويّ.

3- التّثبيت الاصطناعيّ

ويتمّ هذا النّوع من التّثبيت في مصانع الأسمدة الكيميائيّة ، حيث تنتج صناعيّاً مركّبات الأمونيوم أو النّترات أو غيرها التي تعدّ المكوّنات الرّئيسيّة للأسمدة النّتروجينيّة ، وقد تكون الأسمدة نتروجينيّة فقط أو نتروجينيّة - فوسفاتيّة أو نتروجينيّة - فوسفاتيّة - بوتاسيّة، وهذه الأخيرة تضمّ عناصر الغذاء الرّئيسيّة الثلاثة، تستعمل كميّات

كبيرة من الأسمدة خاصّة في الزّراعة (العموديّة) ، في مثل هذه الحالة فـإنّ جزء من السّماد النّتروجيني (على شكل نترات مثلا) يخرج مع مياه الرّي الزّائدة ليصل إلى المياه السّطحيّة أو الجوفيّة فيلوّثها .

تبعاً للخطوات الاسترشاديّة لمنظّمة الصّحة العالميّة فإنّ النّترات في مياه الشرب يجب أن لا تزيد عن 45 ملليغرام / لتر، حيث يعدّ قياس تركيز النّترات في المياه أحد الطّرق المستعملة في التّعرّف على تلوّث المياه .

نضيف إلى صناعة الأسمدة طريقة أخرى هي **طريقة التّثبيت الصّناعي القسري** أي غير المرغوب فيها، وهي تحدث بفعل درجات الحرارة العاليّة الّتي تنتج في آلات الاحتراق الدّاخليّ الّتي تستعمل الوقود الاحفوريّ، حيث يتّحدّ الأكسجين مع النّتروجين لتكوين أكاسيد النّتروجين، الّتي تصعد إلى الجو وتنزل علي شكل أمطار حامضيّة على الرّغم من تحويل النّتروجين إلى نترات يمكن أن يستفيد منها النبات إلّا أنّ الأثر البيئيّ التّخريبيّ للمطر الحمضيّ أضعاف هذه الفائدة المتواضعة.

- ما بعد التّثبيت

وبعد تثبيت النّتروجين بإحدى الطّرق السّابقة تتمكّن النّباتات من الاستفادة منه واستعماله في بناء جزيئات البروتين النّباتي، وبدوره ينتقل النّتروجين إلي المستهلكات عبر السّلسلة الغذائيّة حيث يتكوّن البروتين الحيواني.

وبعد موت النّباتات والمستهلكات ، تقوم المحلّلات من بكتيريا وفطريّات بتحليل البروتين النّباتي أو الحيواني وإطلاق الأمونيا (قد تصعد إلى الجو) أو أيونات الأمونيوم الّتي يمكن أن ينتج منها أيونات النّترات وتصبح بدورها مصدراً جديداً للنّتروجين في التّربة تمتصّه النّباتات الّتي تعيش فيها.

وتعتبر النّباتات الميّتة وأزهارها وثمارها المتساقطة، و الحيوانات الميّتة و شعرها المتساقط وريشها وجلدها وهيكلها الخارجي، بالإضافة إلى إفرازاتها الصّلبة (برازها) وإفرازاتها السّائلة (البول) المحتوية على مركّبات نتروجينية، وتصبح التّربة خصبة من تحلّل هذه المركّبات العضويّة الغنيّة بالنّتروجين.

كذلك فإنّ نتروجين التّربة المثبّت بأيٍّ من الطّرق السّابقة قد تحمله مياه الرّي الزّائدة إلى البحيرات أو خزّانات السّدود، وقد تقوم مياه الأمطار بجرف التّربة بما فيها من نتروجين مثبّت إلى البحيرات أو السدود ، وتفعل الأنهار شيئاً مشابهاً عند تجوية سطح الأرض مرسلةً حمولتها إلى البحار أو البحيرات، وتعيش الطّحالب البحريّة على النّتروجين الّذي يصلها تماماً كما تفعل النّباتات على اليابسة.

غير أنّه إذا زادت كمية النّتروجين في مياه البحيرات أو السّدود مثلاً عن حدٍّ معيّن تكاثرت الطّحالب كثيراً ، ممّا يؤدّي إلى استهلاك الأكسجين الذّائب في المياه في تلك البحيرة ، وبالتّالي تموت الأحياء التي تتنفّس الأكسجين كالأسماك مثلاً، نطلق على هذه الحالة **الإثراء الغذائيّ**، إنّ عنصر الفوسفور يشارك النّتروجين في عمليّة الإثراء الغذائي.

ويمكن إغلاق دورة النّتروجين، بإعادة غاز النّتروجين إلى الغلاف الجويّ خلال عملية يطلق عليها **النّترزة**، وتقوم بها أنواع من البكتيريا تعيش في التّربة أو مباشرة في مياه البحيرات والبحار والمحيطات.

حيث تقوم باختزال (تحويل) النّترات أو النّتريت الموجود في التربة أو في المياه إلي النّتروجين الجزيئيّ (أو غاز النيتروجين) N_2 الّذي يتصاعد إلى الغلاف الجويّ .

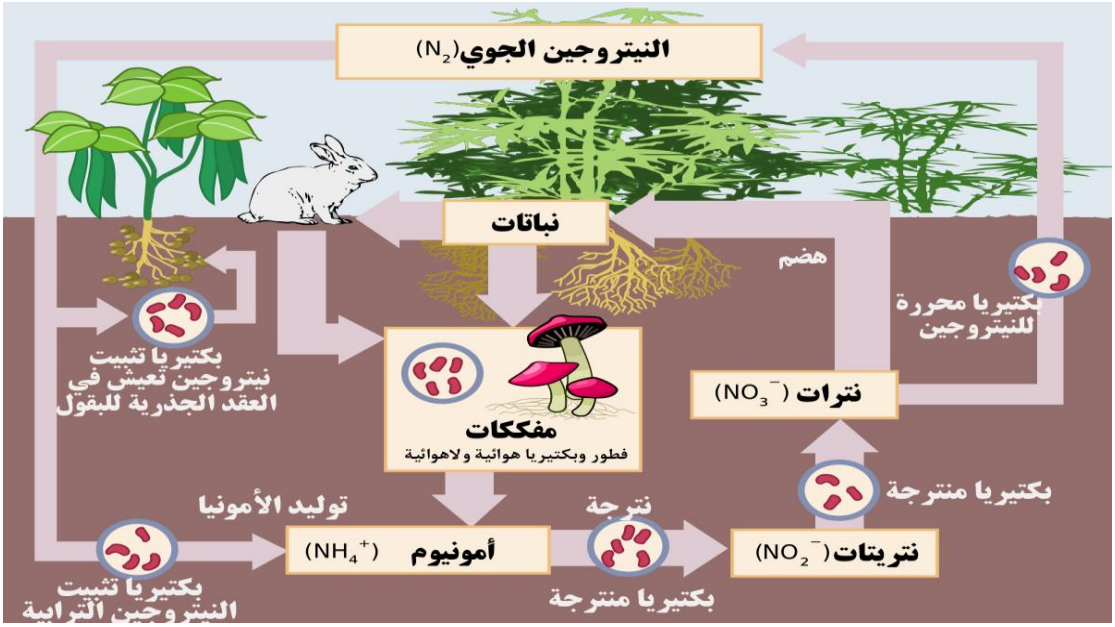
إذن محرّك دورة الآزوت في الطبيعة هو الأحياء الدّقيقة.

مستودعات الآزوت في الطّبيعة

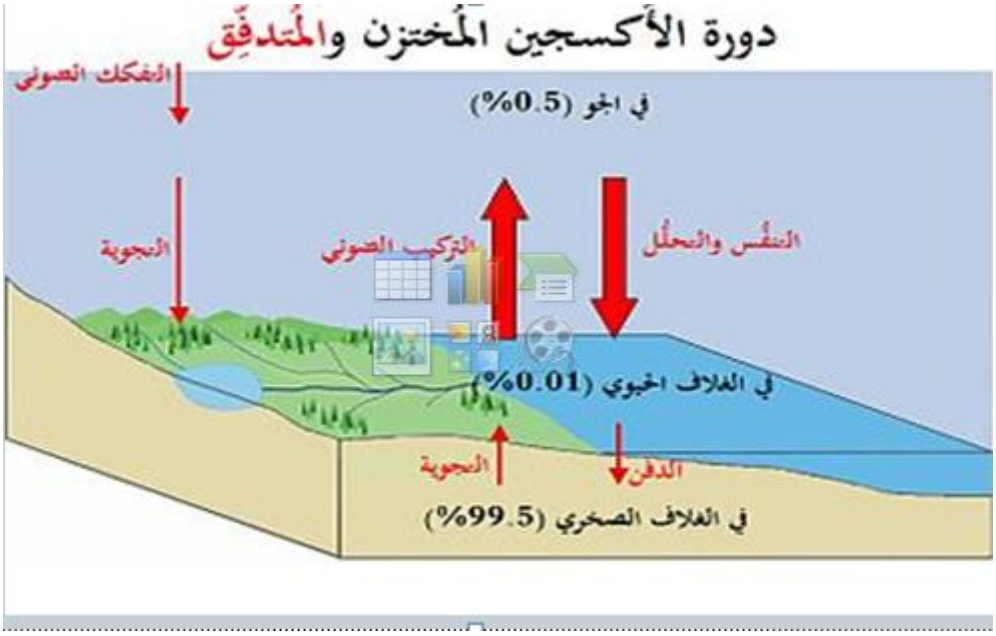
- الغلاف الجويّ.

مخازن الآزوت في الطّبيعة

- الأحياء من نباتات وحيوانات.
- التّربة.

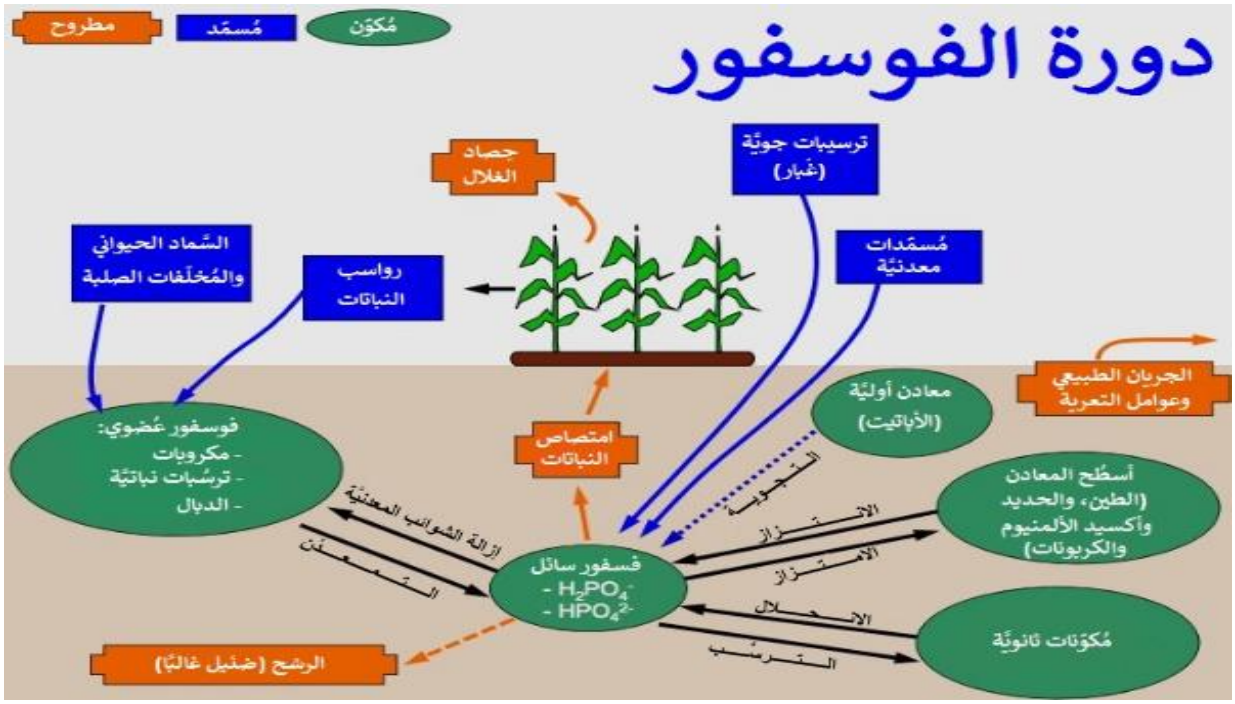


رابعاً: دورة الأكسجين Oxygen cycle



خامساً: دورة الفوسفور Phosphorus cycle

تختلف دورة الفوسفور في الطّبيعة عن دورات الماء والكربون والأكسجين والنّتروجين في كون الغلاف الجو يّ ليس أحد خزّاناتها، يوجد الفوسفور في القشرة الأرضية كعنصر على شكل فوسفات حيث تتحدّ أربع ذرّات من الأوكسجين مع ذرّة منه مشكلة شاردة الفوسفات، الّذي يتحدّ بدوره مع شاردة موجبة هي كاتيون الكالسيوم مكوّناً معدن الابتيت (فوسفات الكالسيوم) والموجود في كثير من صخور القشرة الأرضيّة النّاريّة منها والرّسوبيّة ، عندما تتجوّى الصّخور الحاوية على الفوسفات تنتقل شاردة الفوسفات إلى الماء ومن ثمّ إلى النّباتات(المنتجات)عبر التّربة ، وبعد ذلك إلى الكائنات الحيّة (المستهلكات) حيث يصبح مكوّناً رئيسيّاً من مكوّنات أغشية الخلايا، RNA ,DNA (ATP ثلاثي فوسفات الأدينوزين).



إذن محرّك دورة الفوسفور في الطبيعة هو التّجوية والأحياء الدّقيقة.

مستودعات الفوسفور في الطّبيعة

- صخور القشرة الأرضية النارية منها والرسوبية.

خزّانات الفوسفور في الطّبيعة

- الأحياء من نباتات وحيوانات.
- التّربة (المتاح للنّبات فقط).

سادساً: دورة الكبريت Sulfur Cycle

تبدأ دورة الكبريت الممثّلة بخروج الكبريت من بعض أنواع الصّخور الّتي تحتويه مثل صخور الجبس ، التي تتكوّن من معدن الجبس $CaSO_4.2H_2O$ وخام الكبريت الحر Native Sulfur خلال عمليّة التّجوية الكيميائيّة .

ينتقل الكبريت على شكل كبريتات ذائبة SO_4^{-2} مع المياه السّطحية أو الجوفيّة الجارية حيث يصل الجزء الأكبر منه لمياه البحار والمحيطات، وجزء أقل يصل إلى التّربة ، وينتهي المطاف بالكبريتات الذائبة في البحار والمحيطات إلى ترسيبها على شكل رسوبيّات تتحوّل مع الزّمن الطّويل إلى صخور الجبس ، وبذلك تغلق دورة الكبريت .

أمّا الكبريت الّذي يصل إلى التّربة فيمكن للنّباتات أن تم تصّه على شكل كبريتات ذائبة حيث يدخل في تركيب موادّها العضوية وخاصّةً البروتينات النّباتيّة، ويمكن أن ينتقل هذا الكبريت إلى المستهلكات برتبها المختلفة خلال السّلسلة الغذائيّة، وبعد موت المستهلكات والنّباتات تقوم المحلّلات بتحليل الموادّ العضويّة المحتوية على الكبريت إمّا هوائيّاً أو لاهوائيّاً ، وتكون النّتيجة في كلتا الحالتين عودة الكبريت إلى التّربة لتعود فتمتصّه نباتات أخرى.

أو ينتقل خلال غسيل التّربة بواسطة مياه الأمطار الرّاشحة خلالها إلى المياه السّطحيّة الجارية أو المياه الجوفيّة، وهذه بدورها تصل في النهاية إلى البحار والمحيطات لتترسّب بعد ذلك وتكون الرّسوبيات ومن ثمّ الصّخور الرّسوبية المحتوية على الكبريت خلال الزّمن الجيولوجيّ الطّويل.

أو يمكن للمادّة العضويّة النّباتيّة المحتوية على الكبريت والمتراكمة في بيئة مائيّة فقيرة بالأكسجين كالمستنقعات، أن تتحلّل لاهوائيّاً وتتراكم وتتحوّل مع الزّمن الطّويل إلى الفحم الحجريّ المحتوي على الكبريت.

وتمتاز دورة الكبريت عن دورة الفسفور بتكوّن طور غازيّ للكبريت لا نجد مثله في دورة الفوسفور .

يصل الكبريت إلى الغلاف الجويّ بعدّة أشكال من الغازات ومنها: ثاني أكسيد الكبريت SO_2 وكبريتيد الهيدروجين H_2S، حيث ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت بشكل رئيسيّ من حرق الوقود الاحفوريّ المحتوي أصلا على الكبريت بأحد أشكاله ، مثل معدن البيريت FeS_2 أو الموادّ العضويّة المحتوية على الكبريت والموجودة في الفحم الحجريّ .

وعادةً يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجوّ مع الماء ليكوّن حمض الكبريتيك H_2SO_4 الذي يسهم في تكوّن المطر الحامضيّ Acid Rain والّذي يهطل على سطح الأرض ويسبب العديد من المشكلات البيئيّة.

يمكن أن ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت من أكسيد الكبريت من مركبّاته بفعل بكتيريا الكبريت (Thiobacillus) ذاتيّة التّغذية الكيميائيّة .

أمّا مصدر غاز كبريتيد الهيدروجين الذي يصل إلى الغلاف الجويّ فهو التّحلّل اللّاهوائيّ للمركّبات العضويّة المحتوية على الكبريت، إذ تقوم بعض أنواع البكتيريا مثل بكتيريا Sporovibrio باختزال الكبريت في المناطق الّتي يقلّ وجود الأكسجين فيها كالتّربة المشبعة بالمياه والمستنقعات الرّاكدة وشبكات نقل المياه العادمة وزرائب الحيوانات .

ينتج من هذا الاختزال غاز كبريتيد الهيدروجين الّذي يعتبر من ملوّثات الجوّ لأنّه غاز سام وله رائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد.

وتجدر الإضافة هنا إلى أن غازي ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين قد يصلا إلى الغلاف الجويّ من مصدر آخر وهو البراكين.

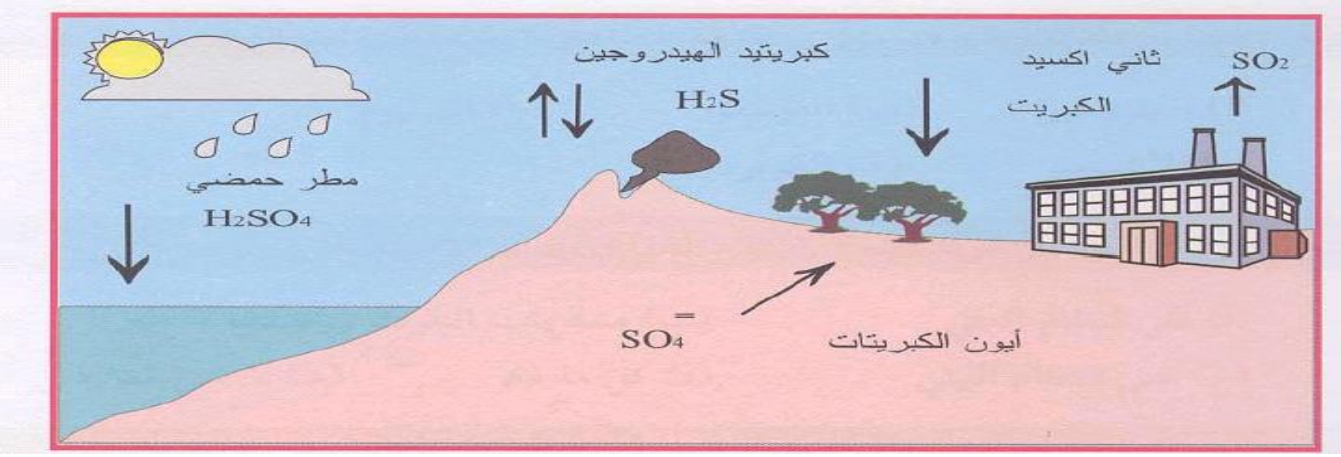
إذن محرّك دورة الكبريت في الطبيعة هو التّجوية والأحياء الدّقيقة.

مستودعات الكبريت في الطّبيعة

- بعض أنواع الصخور التي تحتويه مثل صخور الجبس.

خزّانات الكبريت في الطّبيعة

- الأحياء من نباتات وحيوانات.
- روث الحيوانات..
- المستنقعات.
- التّربة.
- الغلاف الجوي.



مع تمنيّاتي بالتّوفيق

م. ميسون زياده

مكتبة A to Z