جامعة الأنبار / كلية الزراعة

قسم التربة والموارد المائية – المرحلة الرابعة

أحياء التربة المجهرية محاضرة (8) د. جمال صالح حمود الكبيسي

Soil Microbiology

دورة الكربون وتحلل المادة العضوية

يعتبر الكربون عنصرًا أساسيًا في أجسام الكائنات الحية. ويُستهلك ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي عن طريق الكائنات الحية التي تعتمد على التركيب الضوئي والتي تستخدمه لتكوين الجزيئات العضوية التي تنتقل عبر سلاسل الغذاء لينطلق ثاني أكسيد الكربون في النهاية بالزفير خلال عملية التنفس، وهي جزء من دورة الكربون في الطبيعة.

دورة الكربون

تتم دراسة دورة الكربون بشكل أسهل عند اعتبارها دورتين فرعيتين مترابطتين:

- الأولى تتعامل مع التبادل السريع للكربون بين الكائنات الحية.
- والأخرى تتعامل مع تدوير الكربون على المدى الطويل خلال العمليات الجيولوجية.

وهاتين الدورتين مرتبطتان ببعضهما، فثاني أكسيد الكربون المُستهلك والمُنتج بواسطة الكائنات الحية هو نفسه الذي يدخل في العمليات الجيولوجية.

يتواجد الكربون بشكل عام في الغلاف الجوي على صورة ثاني أكسيد الكَربون الذي يذوب في الماء مكونًا مجموعة البيكربونات HCO^{-3} ، تعمل عملية التركيب الضوئي التي تتم بواسطة النباتات الأرضية والبكتريا والطحالب على تحويل ثاني أكسيد الكَربون والبيكربونات إلى جزيئات عضوية، والتي بدورها تنتقل خلال سلاسل الغذاء فيتحول الكربون العضوي إلى غاز

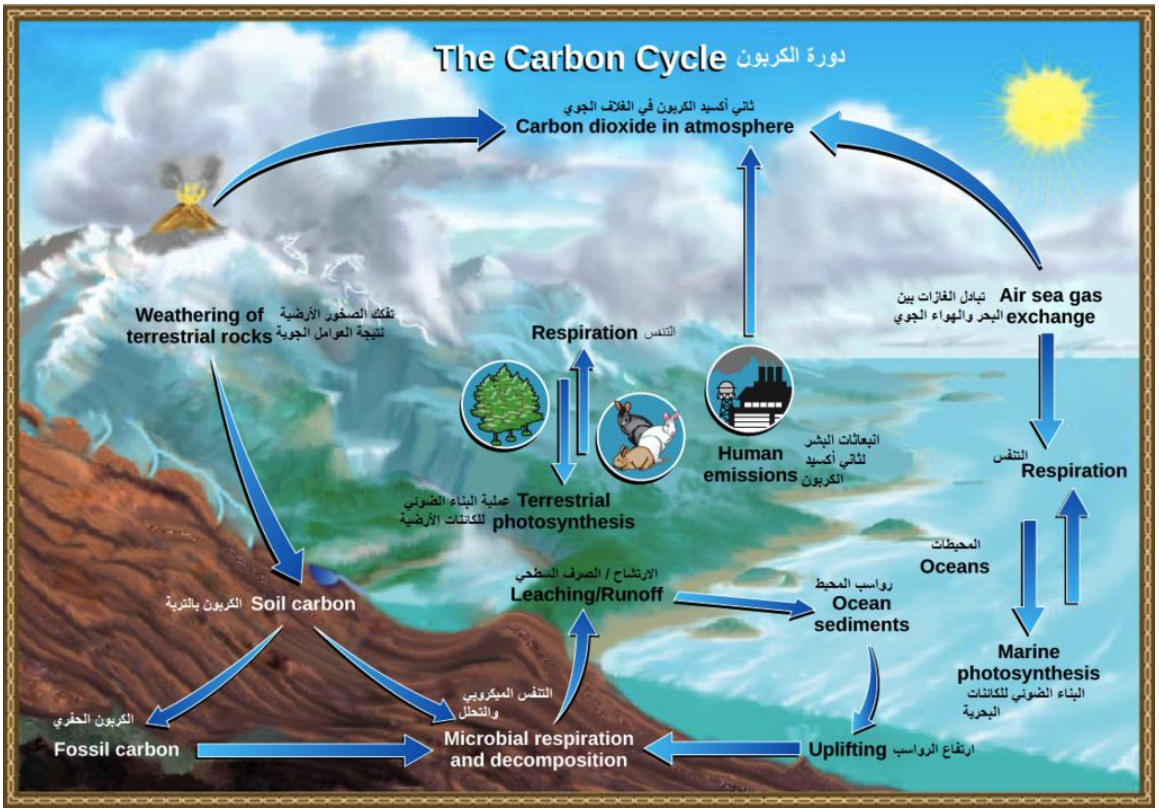
ثاني أكسيد الكربون مرة أخرى من خلال الزفير في عملية التنفس الخلوي بالكائنات الحية. يحدث التخزين طويل الأمد للكربون العضوي عندما يتم دفن الكائنات الحية في أعماق الأرض أو عند غرقها في قاع المحيط حيث تتشكل على هيئة صخور رسوبية، إن النشاط البركاني -وفي الآونة الأخيرة- حرق الإنسان للوقود يعيد هذا الكربون المُخزَّن إلى دورة الكربون، ويحدث تكوين الوقود على نطاق زمني جيولوجي بطيء، إلا أن إطلاق البشر للكربون المحتوي على ثاني أكسيد الكربون يتم على مقياس زمني سريع للغاية.

دورة الكربون الحيوية

يدخل الكربون في جميع شبكات الغذاء -الأرضية منها والمائية– عن طريق الكائنات ذاتية التغذية التي تعتمد كلها تقريبًا على عملية البناء الضوئي، من هذه الكائنات النباتات والطحالب.

تلتقط الكائنات ذاتية التغذية ثاني أكسيد الكربون من الهواء أو أيونات البيكربونات من الماء وتستخدمها في صنع مركبات عضوية (الكربوهيدرات)، تستهلك الكائنات غير ذاتية التغذية (الإنسان والحيوان) هذه المركبات العضوية، ويتم تمرير الكربون العضوي من خلال سلاسل وشبكات الغذاء. يعود الكربون إلى الغلاف الجوي أو المحيط بتحرير الطاقة المخزّنة في الجزيئات المحتوية على الكربون مثل السكريات إذ تعمل الكائنات ذاتية التغذية والكائنات غير ذاتية التغذية على تفكيك هذه الجزيئات في عملية تسمى التنفس الخلوي. وفي هذه العملية يتم إطلاق الكربون الموجود في الجزيئات العضوية على صورة ثاني أكسيد الكربون، كما تعمل الكائنات المحللة أيضًا على تحليل المركبات العضوية وإنتاج الكربون العضوي وثاني أكسيد الكربون عند تحلل الكائنات الميتة والنفايات العضوية.

يمكن أن ينتقل الكربون بسرعة خلال هذه الدورة الحيوية، وخاصة في النظم المائية، إذ ينتقل في المجمل ما يتراوح بين 1000 إلى 100000 مليون طن متري من الكربون خلال الدورة الحيوية كل عام.



تحلل المادة العضويةOrganic substance degredation

إن التركيب الكيميائي للمادة العضوية معقد للغاية فهو خليط متنوع من المركبات المتباينة في خواصها الفيزيائية والكيميائية التي يتم تحللها من خلال عمليتان أساسيتان:

الأولى- تتم خارج التربة وهي عملية تخمر هوائي.Composting

الثانية- تتم داخل التربة وتسمى عملية الحضن.Incubation

وتعد كلا العمليتان تحللاً أحيائياً تنجز بواسطة العديد من الأحياء الدقيقة لاسيما البكتريا والفطريات مما يؤدي إلى خفض نسبة الكاربون إلى النتروجين C:N ratio في المادة العضوية قيد التحلل والذي يساعد على تحرير العناصر الغذائية لاسيما النتروجين منها، لذلك تعد عملية تحلل المادة العضوية إحدى الوظائف الهامة التي تؤديها الأحياء الدقيقة ونتيجة

لها يتوفر غاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية التمثيل الضوئي فالكائنات الحية الدقيقة يمكنها تحليل العديد من المركبات كالأحماض العضوية، السكريات المتعددة، اللكنين، المركبات الهيدروكاربونية العطرية والالفاتية، السكريات، الكحولات، الأحماض الأمينية، قواعد البيورين والبيريميدين، الليبيدات والأحماض النووية، ولولا هذا التحلل لتراكمت كميات هائلة من المركبات على سط الأرض وتتخصص الكائنات الدقيقة غير ذاتية التغذية Heterotrophic في تحليل المادة العضوية.

يمكن قياس معدلات التحلل للمادة العضوية بطرق عدة منها:

1. قياس كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تحلل المادة العضوية.
2. قياس كمية الأوكسجين المستهلك لأكسدة المادة العضوية.
3. تقدير النقص في كمية المادة العضوية بالطرق الكيميائية أو الوزنية.
4. تتبع إختفاء مركب معين للمادة العضوية كالسيليلوز أو الهيميسيليلوز أو اللكنين.

وأكثر الطرق شيوعا هي طريقة قياس كمية CO_2 المتحررة من المادة العضوية خلال فترة تحضين معينة ، وتتم تلك الطريقة بتمرير هواء خالٍ من غاز CO_2 على سطح عينة التربة المعاملة بالمادة العضوية والمحضنة بدرجة حرارة ثابتة فيحمل تيار الهواء غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلق من التربة إذ يتم تقديره بالطرق الوزنية او الحجمية بعد إمتصاصه بوساطة مواد خاصة مثل هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم .

خلال مراحل تحلل المادة العضوية يمكن تمييز ثلاث عمليات منفصلة لكنها تسير جنباً إلى جنب وهي:

1. اختفاء الأنسجة النباتية والحيوانية بتأثير فعل إنزيمات الأحياء الدقيقة.

2. تخليق خلايا احيائية جديدة فتظهر أنواع البروتينات والسكريات المتعددة والأحماض النووية الخاصة بتلك الأحياء من بكتريا وفطريات.

3. تكوين نواتج التمثيل الغذائي التي تفرزها الأحياء الدقيقة والتي يمكن أن تتراكم في التربة أو يعاد تمثيلها مرة أخرى من قبل أحياء أخرى.

إن عملية تحلل المادة العضوية سواء منها المادة العضوية الأصلية للتربة (الدبال الذي يتواجد فيها) أو المادة العضوية المضافة فالعمليتان متشابهتان. فخلال مراحل معدنة Mimeralization الدبال (عملية تحويل الصورة العضوية لعنصر معين إلى صورة غير عضوية أو معدنية) يختلف معدل تحرر غاز ثاني أكسيد الكربون اختلافا كبيراً تبعاً لنوع التربة.

العوامل المؤثرة في تحلل المادة العضوية في التربة

1- درجة الحرارة: إن أفضل درجة حرارة لتحلل المادة العضوية هي تلك التي تلائم الاحياء المجهرية التي تقوم بتحللها. .ومن المعروف أن الحرارة تحدد سرعة التفاعلات الكيماوية والحيوية الحادثة في التربة إذ أن ارتفاع عشر درجات مئوية في درجة الحرارة من شأنه أن يزيد سرعة التفاعلات الحيوية (البيولوجية) إلى الضعف أو ثلاثة أضعاف ورغم أن أنسب درجة حرارة للكائنات الحية الدقيقة تقع في حدود ٣٥ م° فإن معظم هذه الكائنات تعيش في مدى كبير من الحرارة وتتأقلم مع تغيرات الحرارة التي تحدث في التربة.

2- الرطوبة: تعد الرطوبة عاملاً أساسياً يؤثر في أعداد ونشاط كائنات التربة الدقيقة ويمكن القول أن أنسب كمية من الماء لمعظم الكائنات الدقيقة هي في حدود 50 – 70% من السعة القصوى لحفظ التربة للماء أي في الحدود التي تتطلبها النباتات لنموها وإنتاجها. وتتحمل معظم الكائنات الحية الدقيقة مجالات كبيرة من تغير الرطوبة الأرضية فتضمن بذلك توزيعها رغم الاختلافات المؤقتة في الرطوبة الأرضية.

3- الحموضة pH: لدرجة الحموضة والقلوية في التربة أثر هام على نشاط وغزارة أنواع الكائنات الحية الدقيقة فيها فمن الملاحظ أن أعداد الفطريات إلى البكتيريا أكبر في الأراضي الحامضية منها في الأراضي المعتدلة ويبدو أن أنواع الأكتينومايستس تفضل أن يكون تفاعل الوسط الذي تعيش فيه بين 7- 7.5 بينما تفضل البكتيريا والبروتوزوا أن يكون تفاعل الوسط بين 6- 8 أما أنواع الفطريات فإنها تفضل أن يكون وسط التفاعل في حدود 4- 5 وعليه فإن أنواع الآزوتوباكتر Azotobacter لاتنشط عند كون تفاعل التربة PH أقل من 6 كما أن أنواع بكتيريا النترجة حساسة لدرجات الحموضة العالية . هذا وتعتبر التربة المعتدلة أو القريبة منها أنسب الترب لنمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة المختلفة

4- التهوية: تحتاج الكائنات الحية الدقيقة كبقية الكائنات الحية إلى الأوكسجين لنموها وتكاثرها لذلك فإنها تتأثر بتركيز بعض الغازات كالنتروجين وثاني أكسيد الكربون والأوكسجين في الهواء الأرضي وتحتاج هذه الكائنات إلى الأوكسجين لعمليات الأكسدة وإلى ثاني أوكسيد الكربون كمصدر للكربون في حالة الكائنات الذاتية التغذية وإلى النتروجين في حالة الكائنات المثبتة له ويتطلب تحلل المادة العضوية في التربة توفر الأوكسجين سواء بالنسبة للكائنات التي تؤكسد المركبات الحاوية على كربون أو المركبات الحاوية على نتروجين أو كبريت أو غيرها . لذا فإن تهوية التربة تقل بزيادة رطوبة التربة وبالعكس نظراً لوجود علاقة عكسية بين الهواء والماء الذي يملأ الفراغات المسامية في التربة كما وتشجع الظروف المائية كما هو الحال في الأراضي المغمورة بالماء (مياه الصرف أو الأراضي ثقيلة القوام) عمليات الاختزال المختلفة وتعمل على تراكم المادة العضوية بينما تحد تهوية التربة الجيدة من تراكم المادة العضوية وتساعد على سرعة تحللها كما هو الحال في الأرض الرملية غالباً.

5- العناصر المعدنية : تؤثر العناصر المعدنية في التربة على نشاط الكائنات الحية الدقيقة من عدة نواحي ، فهي من جهة تزيد النمو النباتي فتزيد بذلك كمية البقايا النباتية أو

مصادر الطاقة للكائنات الدقيقة وبالتالي يزداد نشاط هذه الكائنات ويعتبر توفر بعض العناصر من جهة أخرى أساساً في عمل بعض أنواع الكائنات الدقيقة كما هو الحال بالنسبة إلى بكتيريا النترجة وحاجتها إلى توفر الكالسيوم هذا بالإضافة إلى ضرورة توفر عناصر أخرى كالنتروجين والفوسفور وغيرها لنمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة، اضافة الى ذلك أن زيادة تركيز الأملاح المعدنية أكثر من الحاجة في المحلول الأرضي له أثر عكسي وضار على النباتات وعلى الكائنات الحية الدقيقة على السواء.

6- نوع المواد العضوية المتحللة : لوحظ أن وجود مركبات عضوية سهلة الإستعمال من قبل الاحياء المجهرية كالكلوكوز مثلا في التربة يمكن أن يزيد من سرعة التحلل مقارنة بتربة لايوجد فيها الكلولكوز وهذا قد يكون راجعا الى نمو وتكاثر الاحياء المجهرية على حساب الكلوكوز أولا وعند نفاذه سوف تضطر الأحياء المجهرية الى إستعمال المركبات الاخرى الأكثر تعقيدا كمصدر للكربون والطاقة، كما ان درجة الإرتباط بين المركبات العضوية خاصة إذا كانت هذه المركبات صعبة التحلل فإنه يقلل ويبطيء من عملية التحلل ، ومن المعلوم أن قوة الإرتباط هذه تزيد كلما تقدم النبات بالعمر.

7- العمليات الزراعية المختلفة : إن أي عملية زراعية تعمل على زيادة أعداد ونشاط الاحياء المجهرية المختلفة فإنها تعمل على زيادة تحلل المادة العضوية .

8- نسبة الكربون إلى النتروجين C/N Ratio: يؤلف الكربون جزءاَ كبيراً من تركيب المادة العضوية ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بمحتويات التربة من النتروجين لذا فإن لنسبة الكربون إلى النتروجين أثر كبير في تحلل المادة العضوية وفي إفادة النبات من النتروجين، وتختلف هذه النسبة في البقايا النباتية وأنسجة الكائنات الحية الدقيقة فهي في التبن 90 : 1 أو أكثر وفي البقوليات والسماد الحيواني بين 20 أو 30 : 1 وتتراوح في أنسجة الكائنات الحية بين 9.1 - 4 : 1 ، وتكون هذه النسبة في أنسجة البكتيريا أقل منها في أنسجة الفطريات . وتتضح أهمية نسبة الكربون إلى النتروجين في المادة العضوية الموجودة في التربة في نقطتين:

1 -المنافسة على النتروجين بين النباتات والكائنات الحية الدقيقة عند إضافة مواد عضوية ذات نسبة عالية من الكربون إلى النتروجين في التربة .

2 -المحافظة على مستوى المادة العضوية في التربة .

إن تحلل المادة العضوية يتوقف على نسبة الكربون إلى النتروجين C/N Ratio في المادة العضوية فالكائنات الحية الدقيقة تعتمد على الكربون كمصدر للطاقة اللازمة لها وعلى النتروجين وعناصر أخرى لبناء أجسامها هذه النسبة تكون كبيرة جداً في المواد النباتية الطازجة وأكبر من تلك التي في خلايا الكائنات الدقيقة وبصورة عامةً فإن الأحياء الدقيقة تؤقلم نشاطها بسهولة على المواد النباتية ذات النسبة 30 : 1 أو أقل وعندما تكون هناك مواد ذات نسب أكبر من ذلك فإن الكائنات الدقيقة تبحث عن مصدر آخر للنتروجين في البيئة النامية فيها وهي التربة فتنافس النبات على النتروجين وبذلك يظهر نقص النتروجين على النبات مما يستوجب إضافة كمية من النتروجين على هيئة أسمدة معدنية لسد حاجة الاحياء المجهرية والنبات .

من ناحية أخرى إذا لم تجد الكائنات الدقيقة حاجتها من النتروجين فإن تكاثرها يتحدد بمستوى النتروجين الموجود وبالتالي فإن نشاطها يقل حتى يتم موت وتحلل بعض الخلايا الميكروبية لتشكل مصدراً إضافياً للنتروجين، ولذلك فإن قش الحبوب ذو النسبة 80 : 1 يتحلل ببطء في المراحل الأولى ويستهلك نتيجة لذلك كل النتروجين الجاهز في التربة وعندما يتحول الكربون الزائد إلى ثاني أوكسيد الكربون وبالتالي تقل نسبة C/N فإن بعض النتروجين غير العضوي ينطلق إلى النبات للاستعمال.