وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية الزراعة
قسم علوم التربة والموارد المائية
المرحلة الاولى

المحاضرة السادسة

بسم الله الرحمن الرحيم

الخواص البايلوجية للتربة Biologic properties of soil

تعتمد الخواص الحيوية للتربة بدرجة كبيرة على الجزء العضوي والنشاط البايولوجي في التربة. تحتوي الترب المعدنية ذات الصفات الفيزيائية الجيدة على نسبة من المادة العضوية تتراوح بين ٠,٥ – ٦% في الطبقات السطحية. يتكون الجزء العضوي من التربة من جزئين اساسيين هما:

١ – المواد العضوية الميتة: وتشمل بقايا النباتات واجسام وخلايا الاحياء المجهرية والحيوانات ومختلف الافرازات العضوية ومخلفات فعاليات الكائنات الحية في التربة.

٢ – الكائنات الحية: وتتألف من مجموعتين هما:

أ – الاحياء المجهرية – البكتريا وبعض الفطريات والفطريات الشعاعية.

ب – الاحياء غير المجهرية – كدودة الارض والديدان الثعبانية والحشرات والجرذان وغيرها.

احياء التربة Soil microbiology

احياء التربة هو فرع من فروع علم المايكروبايولوجيا العام. وهو من العلوم التطبيقية الذي يهتم بدراسة احياء التربة المجهرية وغير المجهرية ونشاطاتها في التحولات التي تجري في الترب وتأثيرها على خصوبة التربة والانتاج الزراعي.

على ضوء ما تقدم يمكن تعريف التربة بيولوجيا بانها الطبقة العلوية الهشة من القشرة الارضية التي توجد فيها كائنات حية مختلفة. وعلينا ان لا ننسى بان اعداد البكتيريات في الغرام الواحد من التربة الزراعية يصل من $١٠^{٧}$ الى $١٠^{٩}$. كذلك توجد الالاف من الفطريات والفطريات الشعاعية في الغرام الواحد من هذه التربة. ان لهذه الاعداد الهائلة من الكائنات الحية ولنشاطاتها المختلفة تأثير كبير على مختلف خواص التربة.

المجموعات الرئيسية لأحياء التربة:

١ – الاحياء النباتية (Flora)

٢ – الاحياء الحيوانية (Fauna)

٣ – الفيروسات (Viruses)

١. الاحياء النباتية (Flora)

أ. البكتيريات (Bacteria) وتشمل مايلي:

- بكتريا النترجة (Nitrobacter)
- بكتريا اكسدة الكبريت (Thiobacillus)

- بكتريا العقد الجذرية (Rizobium)
- البكتريا المحللة للسلسلوز (Cellulomonas)

ب. الفطريات : Fungi

- فطر عفن الخبز (Rizopus)
- فطر عش الغراب (Mashroom)
- الفطريات المسببة لذبول النباتات (Pythium , Fusarium)
- الفطريات المنتجة للمضادات الحيوية (Penicillum, Aspergillus)

أ -الفطريات الشعاعية (Actinomycetes ,Streptomyces, Nocardia)

ب-الطحالب :Algae

٢. **الاحياء الحيوانية (Fauna) وتشمل؛**

أ - الحيوانات الكبيرة Macrofauna مثل دودة الارض والنمل والحشرات والحيات والجرذان وغيرها.

ب - الحيوانات الصغيرة MIcrofauna وتشمل البروتوزوا

٣. **الفيروسات (Viruses)** مثل الباكتيروفيج Bacteriophage واكتينوفيج Actinophage

تم تقسيم الاحياء المجهرية الى مجموعات اعتمادا على بعض الصفات والخواص العامة لهذه الاحياء، والتي لها اهمية من الناحية التطبيقية؛

١ - **التقسيم البيئي (Ecological classification)**

وتوضع احياء التربة المجهرية تحت هذا التقسيم في ثلاث مجموعات هي؛

أ - **احياء التربة الاصلية (Indigenous):** مجموعة من مختلف احياء التربة المجهرية والتي تبقى اعدادها ثابتة نوعا ما ولا تتأثر كثيرا بالمعاملات المختلفة للتربة وتبقى مقاومة للمعاملات لفترة طويلة.

ب - **احياء التربة المتذبذبة الاعداد (Zymogenous):** وهي الاحياء التي تتأثر اعدادها بوجود او عدم وجود بعض مصادر الطاقة والغذاء وتتأثر معظمها بمعاملات التربة المختلفة خلال فترة قصيرة.

ت - **احياء التربة غير المستقر (Transient):** وهي الاحياء التي تضاف الى التربة لغاية من الغايات كإضافة البكتريا العقدية عند زراعة البقوليات او الاحياء التي تنتقل الى التربة من بقايا الانسجة النباتية والحيوانية او من السماد الحيواني ومياه المجاري.

٢ - **التقسيم المعتمد على الحاجة الى الاوكسجين:**

توضع الاحياء في هذا التصنيف في ثلاث مجموعات اعتمادا على الضغط الجزئي للأوكسجين وهذه المجموعات هي؛

(أ) **الهوائية الاجبارية:** تنمو هذه الاحياء نموا طبيعيا وسريعا عندما تكون نسبة الاوكسجين في هواء التربة مقاربا لـ ٠,٢١ ضغط جوي. وتنتمي الى هذه المجموعة معظم البكتيريات والفطريات والبروتوزوا التي تنتشر في المنطقة المحيطة بجذور النباتات.

(ب) **اللاهوائية الاجبارية:** تنمو هذه الاحياء فقط عندما يكون الضغط الجزئي للأوكسجين في التربة واطئا او معدوما. ومعظم هذه المجموعة من البكتيريات المتجرثمة.

(ت) **اللاهوائية اللاختيارية:** وهي الاحياء القادرة على النمو بوجود او عدم وجود الاوكسجين الحر. وتدخل ضمن هذه المجموعة انواع متعددة من البكتيريات وبعض البروتوزوا وعدد من الفطريات.

تقوم احياء التربة الهوائية واللاهوائية الاختيارية بأكسدة غذائها وانتزاع الهيدروجين منه بفعل بعض الانزيمات كالديهايدروجينيز (dehydrogenase) وتقوم الاحياء بالأكسدة الحيوية خلال عملية التنفس. ففي التنفس الهوائي يتفاعل الاوكسجين مع بعض المواد الكاربوهيدراتية كسكر الكلوكوز وينتج CO_2 والماء وتتحرر كميات كبيرة من الطاقة الحرارية. اما في التنفس اللاهوائي للأحياء فقد يحصل عندما تقوم الاحياء باستخدام الاوكسجين من بعض المركبات اللاعضوية كنترات البوتاسيوم مثلا لأكسدة المواد الكاربوهيدراتية كالكلوكوز في غياب الاوكسجين منتجة CO_2 ونترات البوتاسيوم وكمية من الطاقة الحرارية تقل عن الكمية التي نتجت عن طريق التنفس الهوائي.

٣ - **التقسيم المعتمد على متطلبات الطاقة والغذاء؛**

تحتاج جميع الكائنات الحية الى مصدر للطاقة لأجل نموها والقيام بنشاطاتها الحيوية. المصدر الرئيسي للطاقة على سطح الكرة الارضية هي الشمس. اما المتطلبات الغذائية الاخرى فيحصل عليها من التربة. وعندما تكون التربة فقيرة ببعض هذه المتطلبات الضرورية لبعض من انواع هذه الاحياء فان اعداد هذه الاحياء ستقل في التربة. وتقسم احياء التربة استنادا الى احتياجاتها من الطاقة الى مجموعتين رئيسيتين هما:

(أ) **احياء مجهرية متباينة التغذية (Heterotrophs):** وهي الاحياء التي تحصل على طاقتها وكربونها من المركبات العضوية وعلى العناصر الغذائية الاخرى من ما يتوفر منها في التربة او من انحلال المواد العضوية. ولهذه الاحياء اهمية كبيرة في انحلال المادة العضوية ودورة بعض العناصر كالكاربون والنتروجين والفسفور والكبريت في التربة. وتدخل ضمن هذه المجموعة الفطريات والفطريات الشعاعية ومعظم بكتريا التربة.

(ب) **احياء مجهرية ذاتية التغذية (Autorotrophs):** وهي الاحياء التي تحصل على كربونها من CO_2 اما طاقتها فتحصل عليها اما من ضوء الشمس فتسمى عندئذ بالأحياء (Photoautorotrophs) كالالجات وعدد من البكتيريات القادرة على التمثيل الكلوروفيلي او من اكسدة بعض المركبات كالأمونيوم والكبريت والحديد وتسمى عندئذ Chemoautorotrophs وتكون انواعها محدودة جدا في التربة ومعظمها من البكتيريات مثل Nitrobacter والبكتريا المؤكسدة للكبريت Thiobacillus ولهذه البكتيريات اهمية كبيرة بالنسبة لخصوبة التربة وانتاجيتها.

٤ - **التقسيم المعتمد على المتطلبات الحرارية؛**

وهو ان لكل كائن مجهري في التربة درجة حرارة مثلى للنمو حيث تكون فعالياته الحيوية على اشدها عند توفر المتطلبات الاخرى. والجدول التالي يبين مدى درجات الحرارة التي تعيش فيها المجموعات المختلفة من الاحياء ودرجة الحرارة المثلى لكل مجموعة.

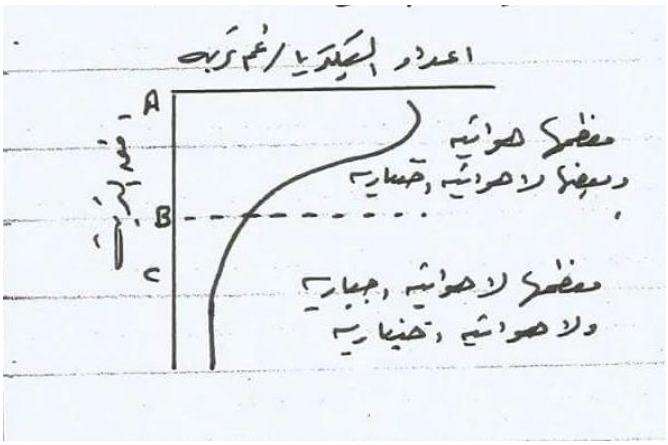
المجموعة	المدى الحراري م°	الدرجة المثلى م°
المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة Psychrophiles	٥ – ٣٠	١٠ – ١٥
المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophiles	١٥ – ٤٥	٢٥ – ٣٥
المحبة لدرجات الحرارة العالية thermophiles	٤٠ – ٨٠	٥٥ – ٦٠

المجاميع الرئيسة لأحياء التربة

١ – البكتيريات؛

كائنات مايكروسكوبية الحجم وحيدة الخلية وهي من ابسط اشكال الحياة المعروفة. تتكاثر بالانشطار البسيط وتجري العملية بسرعة تحت الظروف الملائمة اذ تنقسم كل خلية الى خليتين كل بضعة دقائق في بعضها وكل بضعة ساعات في البعض الاخر. هذه القابلية السريعة على التكاثر تزيد من اهمية البكتريا بالنسبة الى تأثيرها على خواص التربة، تختلف احجامها من جنس لآخر بحيث لا يزيد حجم معظمها عن ٤ – ٥ مايكرون. اما البكتيريات الصغيرة الحجم لا يتجاوز حجمها عن حجم دقائق الطين المتوسطة النعومة، اي لا يتجاوز حجمها ١ مايكرون في اغلب الاحيان. وتوجد انواع اخرى من البكتريا الكبيرة الحجم اتي قد يصل طولها من ١٣ – ١٥ مايكرون ويصل قطرها الى ١,٥ مايكرون.

تختلف اعداد البكتريا من تربة الى اخرى ومن منطقة الى اخرى وتتأثر هذه الاعداد في نفس التربة بنوع النبات المزروع وبالعمليات الزراعية المستخدمة في ادارتها. وبصورة عامة يقل عدد البكتريا كلما ابتعدنا عن سطح التربة بسبب الانخفاض في محتوى المادة العضوية كلما ابتعدنا عن السطح. اضافة الى ان تهوية التربة نقل كلما ابتعدنا عن السطح.



- **فعاليات بكتريات التربة؛**

تلعب بكتيريات التربة دورا كبيرا في الكثير من التحولات البايولوجية ذا العلاقة بخصوبة التربة وانتاجيتها. تقوم بعض البكتريا بفعاليات حيوية خاصة كالنترجة واكسدة الكبريت وتثبيت النتروجين. وهناك بعض البكتيريات تقوم بتحليل المواد العضوية. كما تلعب مخلفات الخلايا البكتيرية وافرازاتها المختلفة دورا هاما في تحسين ثبات مجاميع التربة. وتؤدي المركبات العضوية التي تنتجها الاحياء المجهرية وخاصة البكتريا المتباينة التغذية الى زيادة ثباتية المجاميع للتربة.

٢ - **الفطريات:**

هي كائنات غير كلوروفيلية متباينة التغذية تختلف اختلافا كبيرا في احجامها وتركيبها حيث تختلف في الحجم بين الوحيدة الخلية كالخمائر yeasts والكبيرة الحجم كالعفنيات molds وعش الغراب. تكون معظم الفطريات المتعددة الخلايا خيوطا hyphae متفرعة تعرف بالمايسيليوم. تقوم المايسيليوم بامتصاص المغذيات والنمو لإنتاج خيوط متخصصة لإنتاج سبورات التكاثر. يبلغ معدل قطر الخيوط حوالي ٥ مايكرون اعداد الفطريات في الترب الزراعية تبلغ بضعة الاف في الغرام الواحد ويتراوح مجموع اطوال الخيوط في الغرام الواحد من التربة السطحية الزراعية بين ١٠ – ١٠٠ متر او اكثر.

تفضل معظم فطريات التربة التفاعل الحامضي (درجة تفاعل ٦) ودرجات الحرارة المتوسطة. لذا فان اعداد الفطريات تزيد على اعداد كل من البكتريا والفطريات الشعاعية في بعض ترب الغابات. اما في الترب القاعدية فتكون اعداد الفطريات اقل اعداد البكتريا والفطريات الشعاعية.

- **فعاليات الفطريات في التربة:**

تأتي الفطريات بعد البكتيريات من حيث الاهمية في خصوبة التربة، وللفطريات فعاليات متعددة في التربة. فهي تساعد على انحلال المادة العضوية وتجهيز العناصر الغذائية للنبات. وتساهم في عملية النشدرة عند تحلل المواد العضوية الحاوية على النتروجين. كذلك تساعد على زيادة حجم وثبات مجاميع التربة وتحسين التركيب. ترافق بعض الفطريات جذور النباتات وتعيش مع النبات نوعا من الحياة التكافلية وتسمى هذه الفطريات بالجذور الفطرية (mycorrhizae). قد تدخل خيوط هذه الفطريات جدران خلايا الجذور وتسمى عندئذ بالمايكورايزا الخارجية ectomycorrhizae او قد تدخل خيوط بعضها داخل خلايا الجذور وتسمى في هذه الحالة بالمايكورايزا الداخلية endomycorrhizae.

تحصل الفطريات على الطاقة والغذاء من النبات ويحصل النبات بدوره على بعض العناصر الغذائية التي يمتصها الفطر من المناطق البعيدة عن الجذور وينقلها داخل خيوطه الى جذور النبات العائل. تقوم بعض انواع الفطريات بإفراز مركبات من نوع المضادات الحيوية التي تكون ضارة لبعض احياء التربة الاخرى. وبعضها يسبب امراضا فطرية للنبات مما يؤدي الى هلاك النبات او خفض الانتاج مثل فطر fusarium والـ phytophthora. قسم من الفطريات تلف خيوطها حول الديدان البثعبانية (نيماتودا) وتشل حركتها وتتغذى عليها ومنها اجناس البنسلين والاسبركلس والفيوشيريم.

٣ - **الفطريات الشعاعية : Actinomycetes**

يتشابه مظهر الفطريات الشعاعية جزئيا مع مظهر البكتيريات وجزئيا مع مظهر الفطريات الخيطية. فهي تشبه البكتريا في كونها وحيدة الخلية ولها نفس قطر البكتريا بالنسبة لمقطعها العرضي الا انها تشبه الفطريات الخيطية لان مستعمراتها تكون من شبكة متفرعة من الخيوط وتتكاثر معظمها بالسبورات تفضل معظم الفطريات الشعاعية العيش في درجات حرارة معتدلة. توجد الفطريات الشعاعية بأعداد كبيرة في الطبقة السطحية من التربة وتقل اعدادها في الترب الغدقة التي تقل فيها المادة العضوية. تزداد اعداها في الترب المائلة الى التفاعل القاعدي وتقل اعدادها بانخفاض رقم الحموضة وتتأثر كثيرا عند وصول رقم الحموضة الى ٥ او اقل.

٤ – الطحالب؛

نباتات بسيطة معظمها كلوروفيلية تتراوح في التركيب والحجم بين وحيدة الخلية التي يبلغ قطرها ٥ – ١٠ مرات قطر البكتريا الى حجم عشب البحر الذي يزيد طوله على ٣٠ مترا. تنتشر الطحالب في المياه المعرضة لأشعة الشمس وفي التربة وعلى الصخور وعلى اوراق النباتات وسيقانها وجذوع الاشجار.

يمكن وضع طحالب التربة في خمس مجموعات رئيسة اعتمادا على اللون وهي:

- الطحالب الخضراء المزرقة
- الطحالب الخضراء
- الطحالب الخضراء – الصفراء
- الطحالب السوطية
- الدايتومات

ولكون الطحالب تحتوي على الكلوروفيل فان اعدادها تزداد في الطبقة السطحية من التربة، وتساهم الطحالب ايضا في زيادة المادة العضوية في التربة وتصبح خلاياها غذاءا للفطريات والفطريات الشعاعية والبكتيريات المتباينة التغذية. كذلك تساهم بعض الطحالب المزرقة في تثبيت النتروجين بصورة غير تعايشية.

٥ – البروتوزوا

حيوانات وحيدة الخلية بسيطة وتعيش انواع منها في الماء وانواع اخرى في التربة، تتراوح احجامها بين بضعة مايكونات الى ما يقارب السنتمتر الواحد او اكثر. يمكن وضع البروتوزوا التي تعيش في التربة في ثلاث مجموعات اعتمادا على اشكال اعضاء حركتها وهي:

(أ) السوطيات mastigophorea: وتحمل اما سوطا واحدا او اكثر.

(ب) الكاذبات الارجل sarcodinea: والتي منها الاميبا، ولها ارجل كاذبة غير دائمية تنتج عن امتداد البروتوبلازم وتستعمل في الحركة وفي الحصول على الغذاء.

(ت) الهدبيات ciliatia: وتحمل عددا من الاهداب القصيرة الدقيقة ومن اشهرها الباراميسيوم التي تكون مغطاة بأهداب تستخدم للحركة.

تكثر اعداد البروتوزوا في الطبقة السطحية ٠ – ١٥ سم من التربة ويتضائل العدد كلما ابتعدنا عن السطح. تقاوم البروتوزوا ظروف الجفاف الشديدة ودرجات الحرارة العالية ولمختلف درجات الحموضة. تعتبر المادة العضوية احد المصادر الرئيسة في غذائها، كما تتمكن البروتوزوا من الاعتماد على اقتناص البكتيريات وسبورات الفطريات كمصدر للغذاء.

المادة العضوية في التربة

يتكون الجزء العضوي في التربة من مواد معقدة التركيب مستمرة في التغيير من حيث كمياتها ومكوناتها وتركيبها. ويعزى سبب التغيرات في المادة العضوية الى اضافات المواد العضوية النباتية والحيوانية وانحلالها الناتج عن الظروف الجوية وفعاليات احياء التربة المختلفة.

مصادر المادة العضوية

١ – تأتي معظم المادة العضوية في التربة من اجزاء وبقايا النباتات الطبيعية والمزروعة كالجذور والسيقان والاوراق والاغصان.

٢ – ما يضاف الى التربة من مخلفات عضوية كالأسمدة الحيوانية وفضلات المعامل ومخلفات المدن.

٣ – اجسام وخلايا الاحياء المجهرية وغير المجهرية وافرازاتها تضيف كميات من المادة العضوية للترب.

٤ – دبال والذي هو احد المكونات التي تنتج عن تحلل المادة العضوية.

تعتمد سرعة انحلال المادة العضوية المضافة الى التربة على عوامل عديدة منها:

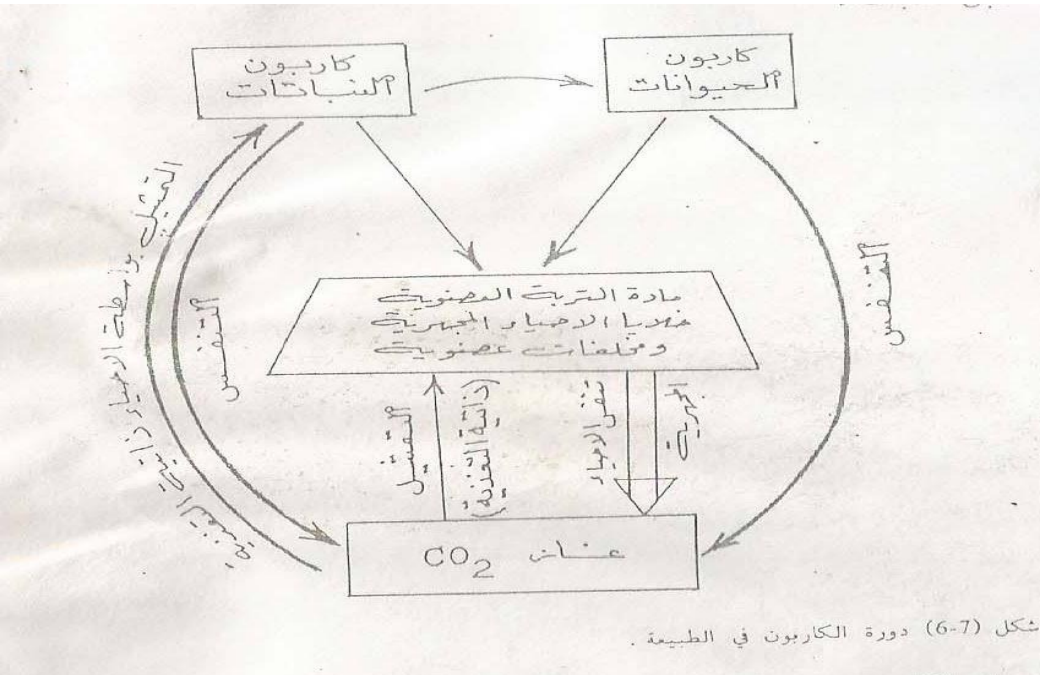
١ – الرطوبة

٢ – درجة الحرارة

٣ – درجة حموضة التربة

٤ – التركيب الكيمياوي للمادة العضوية وخاصة نسبة C/N.

تعتبر عملية انحلال المادة العضوية من العمليات الطبيعية الاساسية للمحافظة على الموازنة الحياتية على الكرة الارضية. فلولا عمية الانحلال هذه لتراكمت المادة العضوية على سطح الارض وبقي عنصر الكاربون والعناصر الغذائية الاخرى ممسوكة في الانسجة النباتية والحيوانية دون رجوعها الى الجو مما يؤدي الى انخفاض نسبة CO2 في الهواء الجوي واختلال التوازن الحياتي بسبب عدم امكان استكمال دورة الكاربون في الطبيعة.



شكل (7-6) دورة الكاربون في الطبيعة.

نسبة الكاربون : النتروجين في المواد العضوية:

تختلف نسبة الكاربون : النتروجين من مادة عضوية لأخرى حسب مصدرها ودرجة انحلالها. فمثلا تبلغ هذه النسبة ١:٤٠٠ في نشارة الخشب و ٨٠ :١ في خوص النخيل و٢٠ : ١ في نبات الجت. وتتوقف سرعة انحلال المادة العضوية على هذه النسبة حيث كلما زادت النسبة كلما كان الانحلال بطيئا.

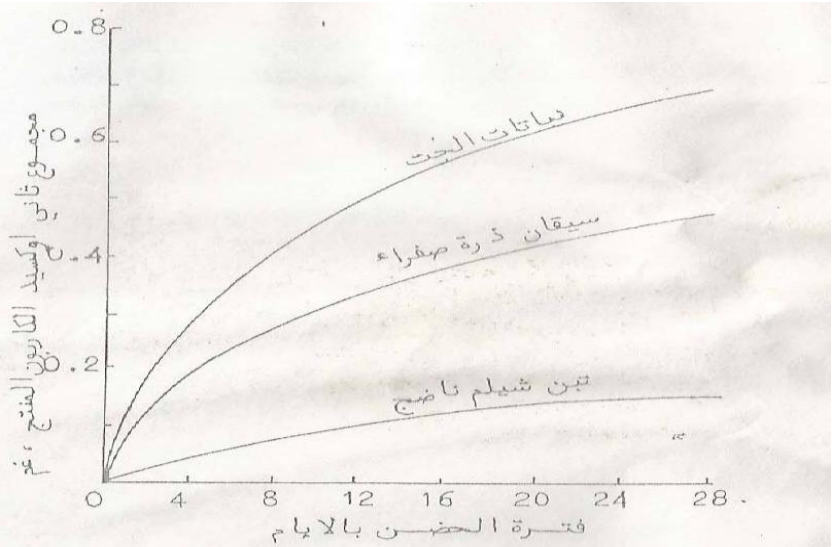
تبلغ نسبة الكاربون في المخلفات النباتية ما يقارب ٥٠% من وزنها الجاف. ان جزءا من الكاربون المتحرر بشكل غاز CO2 خلال عملية انحلال المادة العضوية يمثل من قبل احياء ذاتية التغذية. كذلك فان جزءا من الكاربون في المواد العضوية المتحللة يستخدم من قبل الاحياء المتباينة التغذية لأجل بناء خلاياها. وهاتين العمليتين تحتاجان الى نتروجين اضافة الى الكاربون فان على الاحياء ان تحصل على النتروجين من الترب. وعندما لا تحتوي المادة العضوية المعرضة للتحلل على نسبة ملائمة من النتروجين (N:C عالية) فسوف تقوم الاحياء بالحصول على النتروجين الذي تحتاجه من نيتروجين التربة الجاهز مما يؤدي الى حصول نقص وقتي في نيتروجين التربة .

لذلك عندما تضاف المخلفات النباتية او السماد الحيواني (الدمن) لتحسين خواص التربة الفيزياوية وخصوبتها فيجب تعريض تلك المواد الى عملية الانحلال المايكروبي عن طريق الكمر (Composting) لأجل خفض نسبة N:Cالى ما يقارب ١٠ : ١. اما اذا لم تكمر المواد العضوية فيجب اضافة كمية مناسبة من النتروجين بشكل سماد كيمياوي الى تلك المواد العضوية المضافة للتربة. ولا ينصح بزراعة تلك الارض بالمحاصيل الا بعد مرور ٣ اسابيع في المواسم الدافئة و ٥ اسابيع في المواسم المعتدلة. اذا زرعت الارض قبل مرور تلك الفترة فقد ينتج واحد او اكثر من الامور التالية:

١ - قد تتعرض المحاصيل لغاز CO_2 الناتج عن عملية الانحلال وهذا يكون ضارا لنمو جذور النباتات اذا زادت النسبة عن حد معين.

٢ - قد تحترق جذور النباتات حين ان عملية الانحلال هي عملية اكسدة تنتج عنها طاقة حرارية.

٣ - قد يحصل تمثيل للنيتروجين الجاهز في التربة من قبل احياء التربة المجهرية.



شكل (7-7) سرعة تحلل مواد نباتية تختلف في نسبة الكاربون : النايتروجين*.

تحولات النتروجين بواسطة احياء التربة المجهرية

يعتبر عنصر النتروجين الحجر الاساس لبناء جزيئات البروتين الذي تتوقف عليه جميع صور الحياة هي:

أ – تعدن النتروجين Nitrogen mineralization

تنطلق الصور المعدنية من النتروجين عند تعرض المواد العضوية النيتروجينية كالبروتينات والاحماض الأمينية لنشاطات احياء التربة المجهرية. وفي هذه الحالة يتحرر غاز الامونيا NH_3 بواسطة عملية النشدرة Ammonification وتحدث هذه العملية بفعل العديد من الاحياء المجهرية المتباينة التغذية. وتتحول الامونيا الى نتريت NO_2 عند تعرضها للأكسدة الحيوية بفعل بكتريا جنس Nitrosomonas. وقد يتحول النتريت الى نترات NO_3 بفعل بكتريا من جنس Nitrobacter. لذا تعرف عملية تحول الامونيا الى نتريت ونترات بواسطة اجناس البكتريا السابقة الذكر بعملية النترجة Nitrification. اما معدنة النتروجين فيطلق على كل من عمليتي النشدرة او النترجة او كليهما.

ب – عملية عكس النترجة Denitrification

تحصل عملية عكس النترجة تحت الظروف اللاهوائية حيث تختزل نترات التربة الى عنصر النتروجين او احد اكاسيده الغازية (N_2O , NO) التي تتطاير الى خارج التربة. وتتم العملية بفعل انواع مختلفة من الاحياء المجهرية التي تنتمي معظمها الى بكتيريات متباينة التغذية لا هوائية او هوائية اختيارية. هناك ظروف معينة تساعد على عملية حدوث عكس النترجة في التربة وهي:

١ – رداءة تهوية التربة وخصوصا عند استمرارها لفترة طويلة، كما في الترب المغمورة بالماء او الغدقة.

٢ – وجود درجة حرارة ملائمة لهذه العملية تكون قريبة من ٢٥ م° وتتوقف هذه العملية عند انخفاض درجة الحرارة تحت ٢ م° او ارتفاعها فوق ٦٠ – ٦٥ م°.

٣ – زيادة محتوى التربة من المادة العضوية.

٤ – كون رقم حموضة التربة ملائما للعملية (اكثر من ٥) لان المكروبات تكون حساسة لزيادة تركيز H^+ الذي يؤثر على حيويتها وعلى تحرر الغازات.

ث – تثبيت النتروجين Nitrogen fixation

لأجل ان تكتمل دورة النتروجين في الطبيعة فلا بد ان تعاد كميات من النتروجين الجوي الى التربة للتعويض عن ما تفقده التربة بالغسل والتمثيل والتطاير. ويتم اعادة النتروجين الى التربة بصورة رئيسة عن طريق التثبيت الحيوي للنتروجين الجوي بواسطة بعض احياء التربة المجهرية مما يساعد على الحفاظ على اتزان النتروجين في التربة. ويجري هذا التثبيت بمساعدة الانزيم المعروف Nitrogenase وهناك عدد من الاحياء التي تقوم بالتثبيت والتي يمكن وضعها بالمجاميع التالية:

١ –مثبتات النتروجين التكافلية (Symbiotic N_2 fixers) وتشمل ما يلي:

أ.بكتريا العقد الجذرية التابعة لجنس الرايزوبيوم التي تعيش حياة تكافلية مع النباتات البقولية.

ب. بعض الانواع من الكائنات الحية التي تعيش بصورة تكافلية مع النباتات غير البقولية.

٢ –مثبتات النتروجين الحرة المعيشة (غير التكافلية) (Non–Symbiotic N_2 fixers):

تشمل الطحالب الخضراء المزرقة وبعض الخمائر وبعض انواع البكتريا الهوائية كالازوتوباكتر واللاهوائية الاختيارية كالـ Bacillus.