المحاضرة الثالثة

أسم المادة : مادة التربة العضوية Soil Organic Matter

أستاذ المادة : أ. د. هيفاء جاسم حسين

قسم علوم التربة والموارد المائية

كلية الزراعة

جامعة البصرة

البصرة

Haifa.jasim@yahoo.com

altamimi.hayfaa1@gmail.com

التركيب الكيميائي للمادة العضوية في التربة

Chemical Composition of Soil Organic Matter

تتركب المادة العضوية من مادة جافة وماء ويؤلف او يشكل الما 75% او اكثر من تركيب الانسجة اما المادة الجافة فهي مؤلفة من الكربون C والاوكسجين O والهيدروجين H والنتروجين N وعناصر معدنية اخرى

ويمكن تصنيف المادة العضوية حسب احتوائها على عنصر النتروجين الى **مجموعتين** اساسيتين هما :-

اولا: المركبات العضوية التي لا تحتوي على عنصر النتروجين وهي:

أ) الكربوهيدرات Carbohydrates وتشمل :-

1. السكريات الاحادية Monosaccharides **مثل** (Glucose ,Galactose, Mannose, Rhamnose)
2. السكريات الثنائية مثل Sucrose Maltose,
3. السكريات الثلاثية Rhaphinose
4. السكريات المتعددة Polysaccharides مثل (النشأ – السليلوز- الهيميسليلوز- البكتين- الاصباغ)

ب) اللكنين Lignin

ج) الاحماض العضوية واملاحها مثل(Malic acid- Citric acid- Glutamic acid)

د) الدهون والزيوت

ثانيا: المركبات العضوية التي تحتوي على نتروجين وتشمل:-

1.البروتينات Proteins

2. الحوامض الامينية Amino Acids

3. البروتينات النووية Nucleoproteins

4. الامينات Amines

5. الحوامض النووية Nucleic Acids

6. الببتيدات المتعددة Polypeptides

ويمكن تقسيم تركيب المادة العضوية للتربة الى سبعة مجموعات حسب طبيعة اذابتها الى:-

1. المواد التي تذوب في الماء وتشمل :

السكريات – الجلوكوسيدات – الاحماض الامينية- املاح النترات والكبريتات والكلوريدات واملاح البوتاسيوم .

2. المواد التي تذوب في الايثر والكحول وتشمل :-

الدهون – الزيوت – الشموع- الراتنجات- التانينات- الالكويدات- المواد الملونة.

3. السليلوز

4.الهيميسليلوز

5.اللجنين

6.البروتينات

7. الاملاح المعدنية التي تذوب في الماء مثل سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والالمنيوم وهي تكون Ashمع الاملاح المعدنية الذائبة ما يعرف بالرماد

ان تحلل المادة العضوية في التربة يخدم فعاليتين اساسيتين للأحياء المجهرية وهي:-

1. تجهيز الطاقة للنمو

2. الكربون لتكوين مكونات الخلايا الجديدة

وبذلك يتحقق الهدف الاساسي للميكروبات التي تعيش في التربة من احتجاز الطاقة والحصول على الكربون لتخليق مواد الخلية. وخلال مراحل نمو الميكروبات فأن هناك انتاجا لبعض المركبات التي تفرزها الخلايا مثل ثاني اوكسيد الكربون والميثان والاحماض العضوية والكحول .

وقد تصل نسبة الكربون الى 50% من وزن الخلايا في معظم الكائنات الدقيقة وهي تحصل عليها من المادة العضوية التي تقوم بتحليلها وتحويل الكربون في المادة العضوية الى كربون البروتوبلازم وتعرف هذه العملية بالتمثيل Assimilation

تحت الظروف الهوائية فأنه عادة ما يتم تمثيل 20-40% من كربون المادة والباقي ينطلق في صورة غاز ثاني اوكسيد الكربون CO_2 او يتراكم في صورة مخلفات التمثيل الغذائي. والاحياء المجهرية تختلف في كفاءتها في التمثيل الغذائي للكربون فالفطريات بصورة عامة تفقد قليلا من CO2 لكل وحدة كربون محولة هوائيا مقارنة بالمجاميع الميكروبية الاخرى. حيث ان الفطريات اكثر كفاءة في التمثيل .ان تحلل المواد العضوية في التربة هي صفة لجميع الاحياء المجهرية المتباينة التغذية Heterotrophs .

بصورة عامة يستعمل تحلل المادة العضوية كمؤشر لنشاط او الفعالية الميكروبية في التربة.

توجد عدة طرق لقياس سرعة تحلل المواد العضوية المضافة للتربة هي:-

1. **قياس كمية غاز ثاني اوكسيد الكربون المتطاير**
2. **قياس كمية الاوكسجين المستهلك**
3. **تقدير النقص في المادة العضوية اما كيميائيا او بواسطة فقدان الوزن**
4. **ملاحظة اختفاء المكونات الخاصة كالسليلوز والهيميسليلوز واللكنين**

أن المركبات العضوية تختلف في سرعة تحللها ، ويمكن وضع هذه المركبات بالتسلسل الاتي حسب سرعة تحللها الى :-

1. **السكريات ،النشأ ، البروتينات البسيطة ،** **سريعة التحلل**
2. **البروتين الخام**
3. **الهيميسليلوز**
4. **السليلوز**
5. **اللكنين، الشموع،**

الدهون ، الأصباغ **بطيئة التحلل**

أولا: تحلل المركبات العضوية غير النيتروجينية

تنقسم المركبات العضوية غير النيتروجينية حسب سرعة تحللها الى قسمين:-

1.مركبات سريعة التحلل

مثل السكريات والنشأ والسليلوز والهيميسليلوز وهي تكثر في النباتات الطرية والحديثة.

2. مركبات بطيئة التحلل

مثل اللكنين والدهون والأصباغ و الاصماغ وهذه تكثر في النباتات المسنة

خطوات تحلل المركبات العضوية غير النيتروجينية

ويتضمن تحلل المواد العضوية غير النيتروجينية الخطوات التالية:-

اولا: تحلل مائي Hydrolysis

ويتم ذلك بواسطة ميكروبات التربة سواء كانت بكتريا او فطر او اكتينومايستس . ويتوقف مقدرة اي نوع من هذه الميكروبات على احداث التحلل المائي لاحد المركبات المعقدة على انتاج الانزيم الخارجي الذي يساعد على احداث التحلل المائي. ففي الظروف الهوائية فأن الفطر والاكتينومايستس والبكتريا الهوائية هي المسؤولة غالبا عن التحلل المائي.

اما في الظروف اللاهوائية فأن البكتريا اللاهوائية والبكتريا اللاهوائية اختياريا هي التي تنشط في احداث التحلل المائي ونواتج التحلل اكثر بساطة من الناحية الكيميائية واكثر قابلية للذوبان من المركبات الاصلية.

ثانيا: استعمال نواتج التحلل المائي من قبل الميكروبات

الخطة الثانية في تحلل المواد العضوية غير النيتروجينية هي استعمال نواتج التحلل المائي بواسطة الميكروبات سواء تلك التي قامت بعملية التحلل المائي او غيرها ممن ليست لها القدرة على عملية التحلل كمصدر للكربون والطاقة اللازمة انموها .

وتختلف النواتج النهائية لانحلال هذه المركبات حسب نوع الميكروبات سواء كانت هوائية او غير هوائية . ففي الظروف الهوائية فأن النواتج النهائية لتحلل المواد العضوية غير النيتروجينية هي ثاني اوكسيد الكربون والماء .

اما في الظروف اللاهوائية فتتكون مركبات وسطية غير كاملة الاكسدة مثل الاحماض العضوية والكحولات والغازات مثل غاز ثاني اوكسيد الكربون والميثان.

تحلل المركبات العضوية غير النيتروجينية

اولا: تحلل السليلوز Decomposition of Cellulose

السليلوز هو من ابرز مكونات النباتات الراقية ومن المحتمل ان يكون اكثر المركبات العضوية وفرة في الطبيعة .فهو المادة الاساسية في تكوين جدار الخلايا النباتية. وهو عبارة عن مادة كربوهيدراتية تتكون من وحدات من الكلوكوز المرتبطة ببعضها طوليا بروابط من نوع بيتا بين ذرة الكربون الاولى والرابعة من جزي السكر لتكون سلاسل طويلة .

وتتراوح عدد جزيئات السكر في جزئ السليلوز بين 2000 الى 10000 وحدة كلوكوز وقد تصل الى 15000 وحدة ويختلف عدد وحدات الكلوكوز حسب نوع وعمر وجزء النبات.

وتزداد نسبة السليلوز في النباتات الخشبية وتقل في النباتات العصارية. ويبلغ محتوى السليلوز الى 15% من الوزن الجاف للحشائش والبقوليات ويصل الى 50% في النباتات الخشبية. ويبلغ المتوسط حوالي 15- 40% في معظم المحاصيل .

يعد السليلوز من الكربوهيدرات الشديدة المقاومة للتحلل بواسطة الاحياء الدقيقة التي لها القدرة على افراز انزيم السليلوليز الذي يحول السليلوز الى سكر السليلوبيز Cellobiose الذي يتحول الى سكر الكلوكوز بواسطة انزيم Cellobiase .

خطوات تحلل السليلوز هي:-

الخطوة الاولى في تحلل السليلوز هي عملية التحلل المائي Hydrolysis لهذا المركب بواسطة الانزيمات . النظام الانزيمي يتكون في الواقع من عدد من الانزيمات المختلفة والتي يعطى لها اسم Cellulase . تعمل انزيمات السليوليز على تحويل السليلوز غير الذائب الى سكريات بسيطة احادية وثنائية ذائبة في الماء.

الخطوة الثانية التي تلي تحلل السليلوز مائيا تختلف تبعا لنوع الميكروب ، فالأنواع الهوائية تمثل السكريات البسيطة وتنتج CO_2 .

اما الانواع اللاهوائية فتنتج احماض عضوية وكحولات .

أن الميكروب ينتج انزيمات خارج الخلية لجعل مصدر الكربون جاهز للخلية . وتعمل الانزيمات الخارجية على تحليل المركب وتحويله الى سكريات ذائبة تداخل خلال غشاء الخلية وبمجرد دخولها الى الخلية يتم اكسدتها وانتاج الطاقة لفعاليتها .

ويمكن التعبير عن تحلل السليلوز هوائيا بالمعادلة التالية :-

السليلوز ← سليلوبيوز ←كلوكوز ← ماء + CO_2 + مكونات في اجسام الاحياء الدقيقة

تقوم انواع من البكتريا بعضها هوائية والبعض الاخر غير هوائية وبعض انواع من الفطريات والاكتينومايستس بتحليل السليلوز . هذه الاحياء تقوم بأكسدة السليلوز اكسدة كاملة الى ثاني اوكسيد الكربون والماء.

في الظروف اللاهوائية تقوم البكتريا اللاهوائية بتحليل السليلوز مكونة ثاني اوكسيد الكربون وميثان مع احماض عضوية وكحولات واغلب هذه الاحماض والكحولات سامة للنبات .

ان تكوين الاحماض العضوية مثل حامض الخليك في الترب الكلسية يؤدي الى تحطيم كمية من المادة الكلسية وانتاج مزيد من ايونات الكالسيوم والبيكربونات .

ويمكن وصف تحلل السليلوز في الظروف اللاهوائية بالمعادلة التالية:-

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 2H^+ + 24e^-$$

سليلوز

ثانيا : تحلل الهيميسليلوز Decomposition of Hemicellulose

يتواجد الهيميسليلوز في الجدران المتثخنة من الخلايا في السيقان والجذور والاوراق والبذور.
ويكون الهيميسليلوز و ملاصقا للسليلوز في الجدران الاولية والثانوية لخلايا النباتات الراقية.

يتكون الهيميسليلوز من تجمع السكريات الخماسية C5 sugar –pentose (مثل Glucose
(Galactose, Mannose, او السكريات السداسية C6 sugar- hexoses (مثل او سكريات
حامضية تعرف باسم Uronic Acid مثل Glucuronic acid. وهذه توجد بكثرة في انسجة
النباتات وفي خلايا الاحياء الدقيقة .

تتحلل المواد الهيميسليوزية مائيا بواسطة الانزيمات التي تفرزها الكثير من انواع الاحياء الدقيقة
وناتج التحلل المائي يتكون سكريات خماسية او سداسية او سكريات حامضية . وان معدل تحلل
الهيميسليلوز في التربة في الايام الاولى من التحلل اسرع من السليلوز كنتيجة لعدم تجانس تركيبه.

ومن الميكروبات التي لها القدرة على تحلل المواد الهيميسليلوزية هي البكتريا الهوائية والفطريات

ويمكن وصف تحلل الهيميسليلوز هوائيا بالمعادلة التالية:-

$$\text{Hemicellulose} \xrightarrow{\text{Hemicellulase Enzyme}} \text{Sugar} + \text{Uronic acid} + H_2O + CO_2$$

+ مكونات في اجسام الكائنات الحية

الخلاصة

التركيب الكيميائي للمادة العضوية اعتمادا على محتواها من النيتروجين الى

١. المركبات العضوية التي لا تحتوي على النيتروجين (الكربوهيدرات، اللكنين، الاحماض العضوية واملاحها ، الدهون)
٢. المركبات العضوية التي تحتوي على النيتروجين (البروتينات والاحماض الامينية والبروتينات النووية والامينات...الخ)
٣. طرق قياس تحلل المادة العضوية في التربة
٤. تحلل المركبات العضوية غير النيتروجينية منها السليلوز والهيميسليلوز