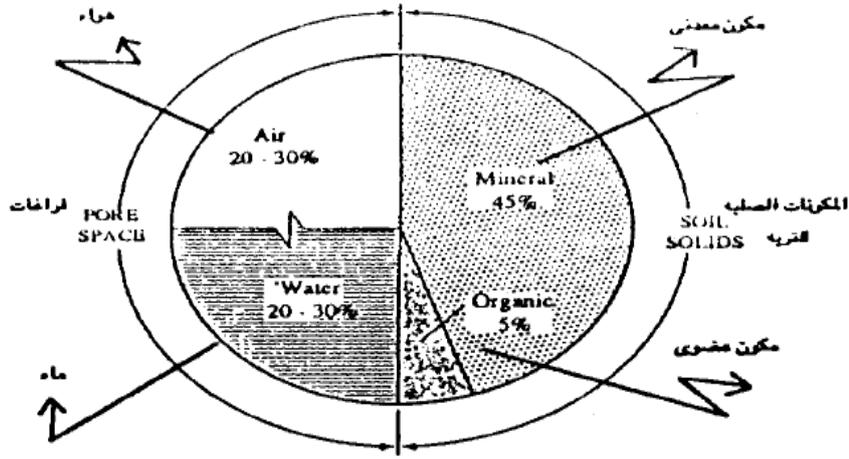


عندما ندرس كيمياء التربة فأننا نحصر دراستنا في مجال الا وهو كيمياء مكونات نظام التربة وما يتعلق بها من دراسة جميع العمليات الكيمياوية والفيزيو كيميائية في التربة والتي ستعكس الصفات الكيمياوية والفيزياوية لنظام التربة ومدى تأثيرها على سلوك العناصر الغذائية في التربة وتحولاتها .

ان التربة عبارة عن نظام معقد غير متجانس يتكون من اطوار phase متعددة (الطور الصلب والسائل والغازي) وسنركز في دراستنا على الطور الصلب والسائل شكل (3)



شكل رقم : (٣) يبين التركيب العام لنظام التربة على أساس الحجم

يتكون الطور الصلب من الجزء المعدني والذي يشمل الجزء المتعلق بمعادن التربة اما الجزء العضوي يعتبر مكملا للجزء المعدني حيث سنحاول دراسة تركيبه والدور المهم الذي يلعبه من حيث كونه ذو تاثير على خواص التربة الكيمياوية والفيزياوية بما ينعكس اثره على حياة النبات اما الطور السائل سندرسه من ناحية كونه الوسط الكيمياوي الذي تنغمس فيه جذور النباتات بما يحتويه من مغذيات واملاح . وسندرس طبيعة التداخل بين مكونات نظام التربة phases interaction وسنركز على العلاقة بين الطور السائل والصلب وما يفرزه من ظواهر هامة مثل ظاهرة التبادل الايوني Ion Exchange Phenomena التي تلعب دورا رئيسا في تحديد خواص التربة الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية وغيرها . ونتيجة للتداخل بين مكونات نظام التربة فان التربة تكتسب خصائص كيمياوية وفيزيائية معينة يترتب على ذلك نشوء أنواع من الترب تختلف في صفاتها مثل الترب الحامضية والكلسية ( الجيرية ) والملحية والصودية

وغيرها لذلك تم تخصيص فصل كامل لدراسة خواص هذه التربة واثرها على نمو النبات . يمكن ايجاز أهمية دراسة كيمياء التربة ودورها في الإنتاج الزراعي بالاتي

1. تهتم كيمياء تربة في دراسة الخواص الكيماوية لعناصر التربة المختلفة مع محاولة تعديلها اذا لزم الامر . لتفي بمتطلبات النبات والعمل على تقليل كمية التلوث الناجمة عن العناصر السامة الموجهة للتربة والنبات .
2. تزودنا كيمياء التربة بالمعرفة عن مسار التفاعلات التي تتم على اسطح الحبيبات الغروية في التربة والتي أهمها الطين والذبال . حيث ان هذه الغرويات تعتبر الجزء النشط كيميائيا في التربة مقارنة بالرمل والسلت .
3. تساهم كيمياء التربة في دراسة المشاكل التي تواجه خواص التربة الفيزيائية والمائية والحلول المناسبة لها من خلال برامج الإصلاح الكيماوي للأرضي بغرض تجهيز بيئة ملائمة لنمو النبات .
4. تهتم كيمياء التربة في دراسة التغيرات في طبيعة العمليات الكيماوية التي تحدثها العمليات الزراعية في التربة للكشف عن الظروف المثلى لنمو النبات المختلفة في الأراضي

### المادة العضوية في التربة

لقد سبق الإشارة الى أن الطور الصلب من نظام التربة يتكون من شقين احدهما معدني والذي ينتج من تحلل وتفتت الصخور والمعادن — والأخر عضوي وهو ما يطلق عليه بالمادة العضوية. ويمكن تعريف المادة العضوية بأنها كل ما تحتويه التربة من بقايا عضوية متحللة او طازجة سواء كانت من أصل حيواني أو نباتي أو كائنات دقيقة . وبالرغم من أن الأراضي المزروعة تحتوي فقط على 1-5% مادة عضوية والتي غالبا ما تكون في الطبقة السطحية للتربة (سمك هذه الطبقة حوالي 25سم) فإن هذه الكمية الصغيرة تعمل على تعديل الخواص الفيزيائية للتربة وتؤثر بدرجة كبيرة على خواصها الكيماوية والحيوية .

### مصادر المادة العضوية

- 1- الانسجة النباتية والحيوانية سواء كانت راقية او متدنية .
- 2- بقايا ومخلفات النشاطات الإنسانية والحيوانية والنباتية ، والتي تضاف الى الأرض في صور مختلفة .
- 3- المخصبات العضوية مثل اليوريا .
- 4- الأسمدة العضوية الصناعية والتي تصنع من مخلفات المحاصيل مثل القش والذرة والتي يضاف اليها الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية .

## التركيب العام للمواد العضوية

يمكن تقسيم المواد العضوية وفقا للتركيب الكيميائي الى

أ. مواد عضوية لا تحتوي على عنصر النروجين

### أولا : الكربوهيدرات Carbohydrates

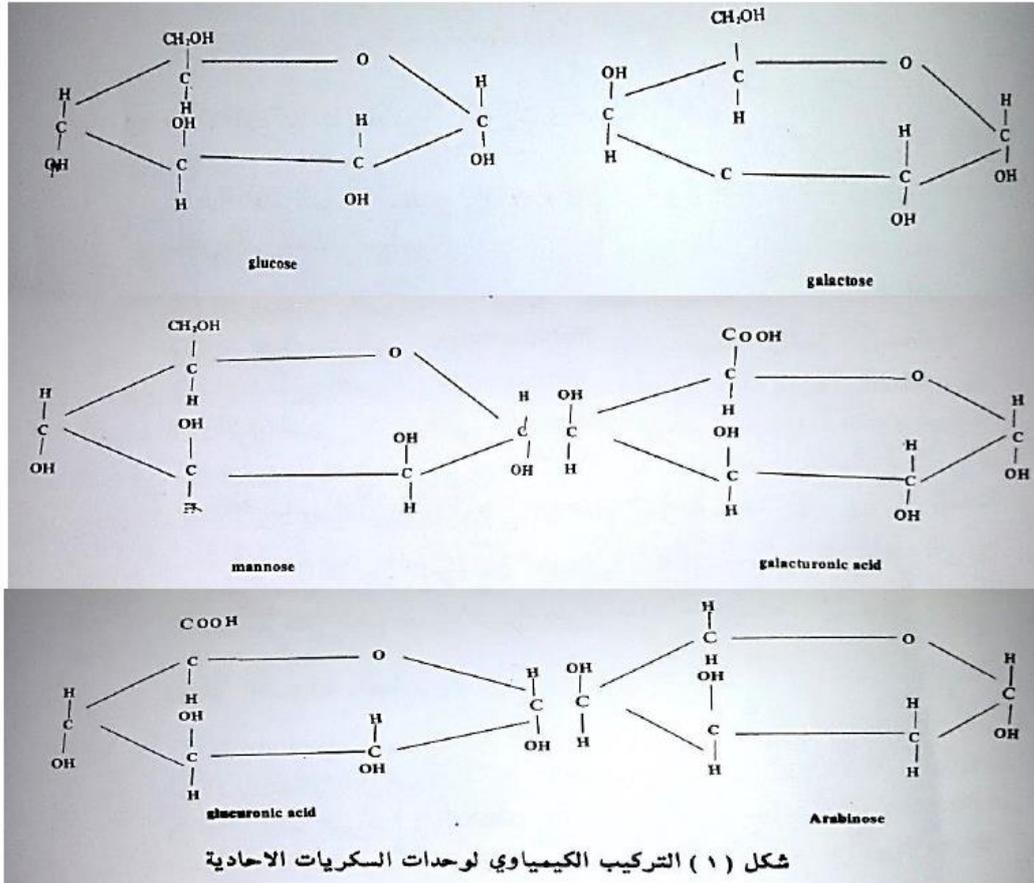
وهي التي تحتوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين وتشمل

أ. السكريات الأحادية مثل الكلوكوز وكالكتوز ومانوز ورامينوز ب. السكريات الثنائية

مثل السكروز والمالتوز ج. السكريات الثلاثية مثل الرافينوز د. السكريات المتعددة مثل

النشأ والسيلولوز والهيموسيلولوز والبكتين والصبوغ والتي تتكون بعد التحلل المائي

للسكريات البسيطة واحماض اليورونيك



### ثانيا : اللكتين :

ويوجد عادة متحدا مع السيلولوز والهيموسيلولوز في صورة مركبات تعرف باللكنوسيلولوز وهو

يتكون من الكربون والاكسجين والهيدروجين

### ثالثا : الاحماض العضوية واملاحها

مثل حامض الخليك واللاكتيك والبيوتاريك والستريك وغيرها واملاحها مثل اكسلات الكالسيوم وستراتها مثل خلات الايثايل وجميعها تحتوي على الكربون والاكسجين والهيدروجين

### رابعا: الدهون والزيوت

وتحتوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين وهي عبارة عن سترات الاحماض الدهنية والكليسرول او الكحولات العالية .

### ب . المركبات العضوية النيتروجينية

وتتكون الكربون والهيدروجين والاكسجين والنيتروجين الموجودة في بعض المركبات وتشمل

1. البروتينات والبروتينات النووية 2. عديد البيبتيدات 3. الاحماض الامينية 4. الامينات
5. البيورينات 6. الاحماض النووية

### تحلل المواد العضوية

تضاف المواد العضوية الى التربة اما طبيعيا مثل جذور النباتات المتبقية في التربة بعد الحصاد او صناعيا مثل الأسمدة العضوية وتحلل هذه المركبات المختلفة في التربة اذا كانت الظروف ملائمة لنمو ونشاط الاحياء المجهرية مثل درجة الحرارة والرطوبة والتهوية حيث تقوم هذه الكائنات ( فطريات ، بكتريا ، اكتينومايسيت ) بتحليل المركبات البسيطة مثل السكريات والنشأ والاحماض العضوية والامينية واليوريا أولا ثم بعد ذلك المركبات صعبة التحلل كالبروتينات واللكنين. وينتج عن إنحلال هذه المواد انطلاق العناصر الداخلة في تكوينها في صورة صالحة للنبات .

### أولا : تحلل المركبات العضوية غير النيتروجينية

تنقسم المركبات العضوية غير النيتروجينية حسب سرعة تحللها الى قسمين

1. مركبات سريعة التحلل مثل السكريات والنشأ والسيلولوز والهيموسيلولوز وهي تكثر في النباتات الطرية او الحديثة
2. مركبات بطيئة التحلل ومثلها للكنين والدهون والصمغ وهذه تكثر في النباتات المسنة



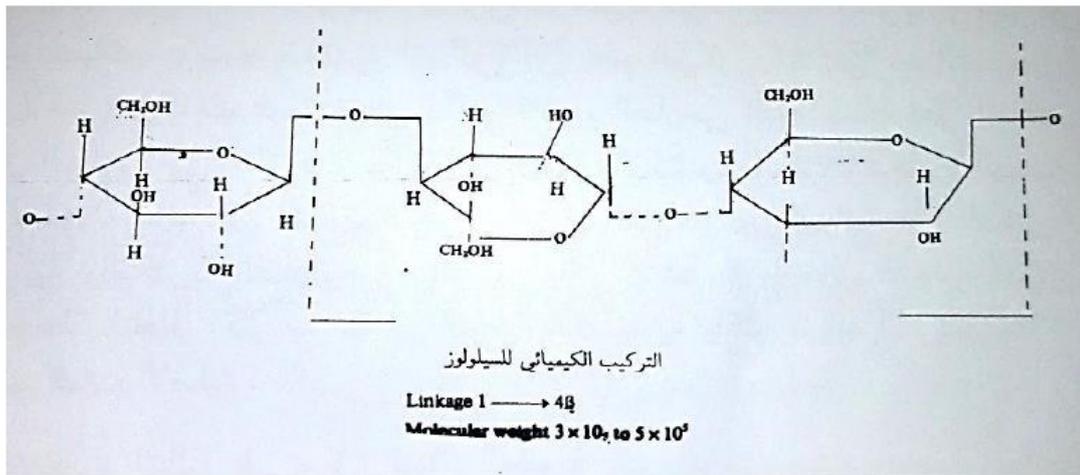
تتحلل هذه المواد العضوية غير النتروجينية تحللا مائيا بواسطة احياء التربة عن طريق انتاج الانزيم الخارجي الذي يساعد على التحلل المائي. في الظروف الهوائية فان الفطريات والاكثينومايسيت والبكتريا الهوائية هي المسؤولة عن التحلل المائي. اما في الظروف اللاهوائية فالبكتريا اللاهوائية هي المسؤولة عن التحلل المائي.

والخطوة التالية في عملية تحلل المواد العضوية غير النتروجينية هي استعمال نواتج التحلل المائي من قبل المكروبات كمصدر للكربون والطاقة اللازمة لنموها. وتختلف نواتج التحلل حسب نوع المكروبات اذا كانت هوائية او غير هوائية. ففي الظروف الهوائية فان النواتج النهائية للتحلل هي ثاني أكسيد الكربون والماء. اما في الظروف اللاهوائية فتتكون الاحماض العضوية والكحولات والغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان.

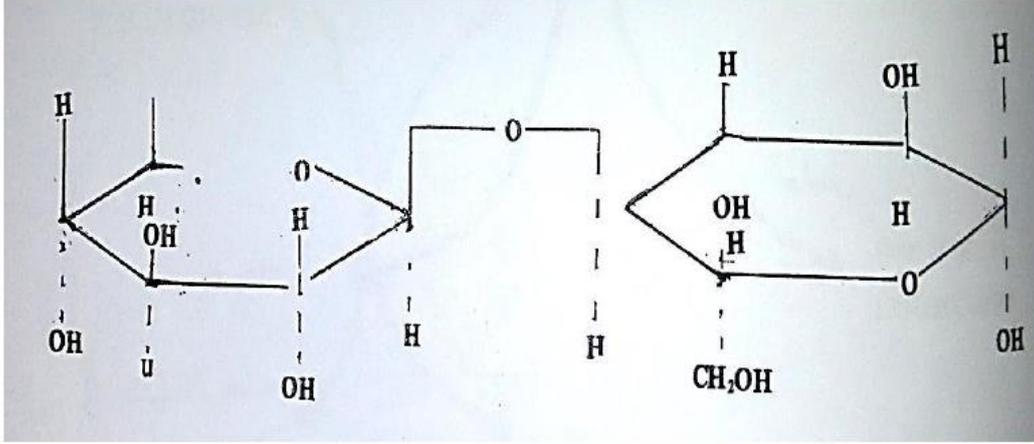
وفيما يلي نواتج تحلل المركبات العضوية غير النتروجينية المختلفة :-

### 1. تحلل السيلولوز Decomposition of Cellulose

يعتبر السيلولوز المادة الأساسية في تكوين جدار الخلية النباتية ويعتبر تحلله الخطوة الأولى في تحلل الانسجة النباتية حتى يمكن للمواد العضوية الموجودة داخل الخلية النباتية ان تتعرض للتحلل بفعل الاحياء الدقيقة. يتركب السيلولوز من وحدات الكلوكوز المرتبطة مع بعضها في سلاسل طويلة ومستقيمة بواسطة  $\beta$ - Linkage عند ذرة الكربون. يتراوح عدد جزيئات السكر في جزيء السيلولوز ما بين 1400-10000 جزيء وتختلف حسب نوع النبات. والشكل التالي يوضح التركيب الكيميائي للسيلولوز الذي يتكون من تكاثف وحدات عديدة من الكلوكوز.



وتزداد نسبة السيلولوز في النباتات الخشبية وتقل في النباتات العسارية . ويبلغ المحتوى السيلولوزي حوالي 15% من الوزن الجاف للخشائش والبقوليات ويصل حوالي 50% في النباتات الخشبية . يعتبر السيلولوز من الكربوهيدرات الشديدة المقاومة للتحلل بواسطة الاحياء الدقيقة التي لها القدرة على افراز انزيم السيلوليز الذي يحلل السيلولوز الى سكر السيلوبيوز Cellobiose الذي يتحول الى سكر الكلوكوز بواسطة انزيم السيلوبيز وحسب المخطط التالي والذي يوضح التركيب الكيميائي للسيلوبيوز (Cellulose  $\beta$  1 $\rightarrow$  4 Linkage)



السيلولوز ← سيلوبيوز ← كلوكوز ← ماء + ثاني أكسيد الكربون + مكونات في اجسام الاحياء

وتقوم أنواع من البكتريا بعضها هوائية والبعض الاخر غير هوائية إضافة الى الفطريات والاكثينومايسيت بتحليل السيلولوز . ونواتج التحلل في الظروف اللاهوائية عبارة عن غازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان مع احماض عضوية وكحولات واغلب هذه الكحولات والاحماض سامة للنبات . اما مخطط تحلل السيلولوز في الظروف الهوائية يمكن تلخيص ذلك بالمعادلة التالية



## 2. تحلل الهيموسيلولوز Decomposition of Hemicellulose

تتكون المركبات الهيموسيلولوزية من تجمع سكريات خماسية C<sub>5</sub>Sugar-pentose او سكريات سداسية الكربون C<sub>6</sub>Sugar-hexoses او من سكريات حامضية تعرف باسم Uronic acids وهي توجد بكثرة في انسجة النباتات وفي الاحياء الدقيقة . وتتحلل المواد الهيموسيلولوزية مائيا بواسطة الانزيمات التي تفرزها الاحياء الدقيقة ونواتج التحلل عبارة عن سكريات خماسية او

سداسية الكربون او سكريات حامضية . ومعدل تحلل الهيموسيلولوز في التربة في الأيام الأولى من التحلل اسرع من السيلولوز كنتيجة لعدم تجانس تركيبه .وكما موضح في الجدول (1)

جدول ( 1 ) مقارنة بين التحلل الميكروبي لكل من السيلولوز والهيموسيلولوز من قش الشوفان (Oat Straw) حسب ما ورد في 1973 . Russell,

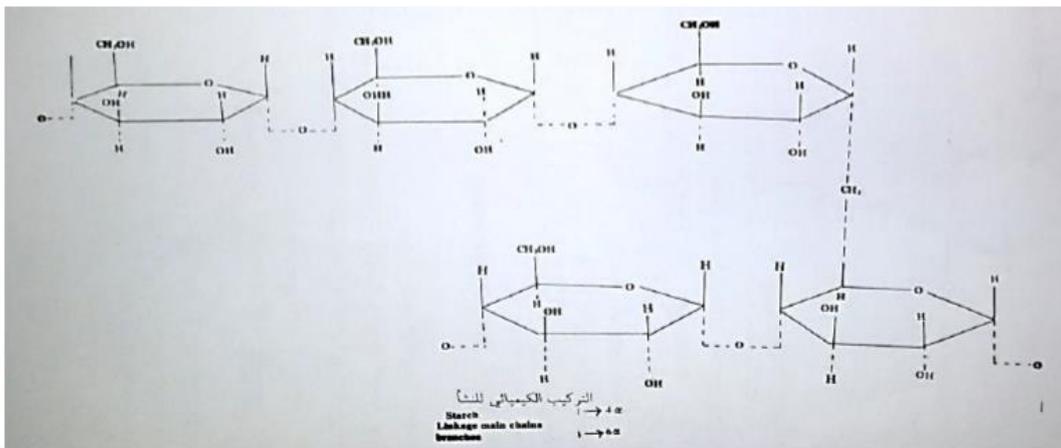
الأيام	% تحلل الهيموسيلولوز	% تحلل السيلولوز
4 – 0	43.5	2.3
8 – 4	6.5	9.1
16 – 8	5.4	25.0

ومن الميكروبات التي لها القدرة على تحلل الهيموسيلولوزية البكتريا الهوائية والفطريات والمخطط التالي يوضح تحلل الهيموسيلولوز

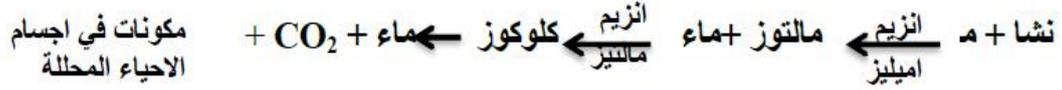
هيموسيلولوز انزيم هيموسيلوليز ← سكريات Uronic acids ← ماء + ثاني أوكسيد الكربون + مكونات في اجسام الاحياء المحللة

### 3. تحلل النشا Decomposition of Starch

يتكون جزيء النشا من 250 – 300 جزيء من سكر الكلوكوز مرتبطة مع بعضها بواسطة 1 →4 glucosidic bonding في السلسلة الرئيسية . الا ان هنالك سلاسل جانبية مرتبطة بواسطة 1 →6 glucosidic Linkage كما في الشكل التالي



ويعتبر النشا مخزن الكربوهيدرات في النبات ويوجد بكميات كبيرة في الأوراق نتيجة عملية التركيب الضوئي . التحلل البايولوجي للنشا سريع جدا مقارنة بالسيلولوز والهيموسيلولوز ، حيث تقوم البكتريا والفطريات والاكثينومايسيت في التربة بعملية التحلل. وقد يتحلل النشا مائيا الى سكر ثنائي( مالتوز) الذي يتحلل أيضا الى سكر الكلوكوز وحسب المخطط التالي

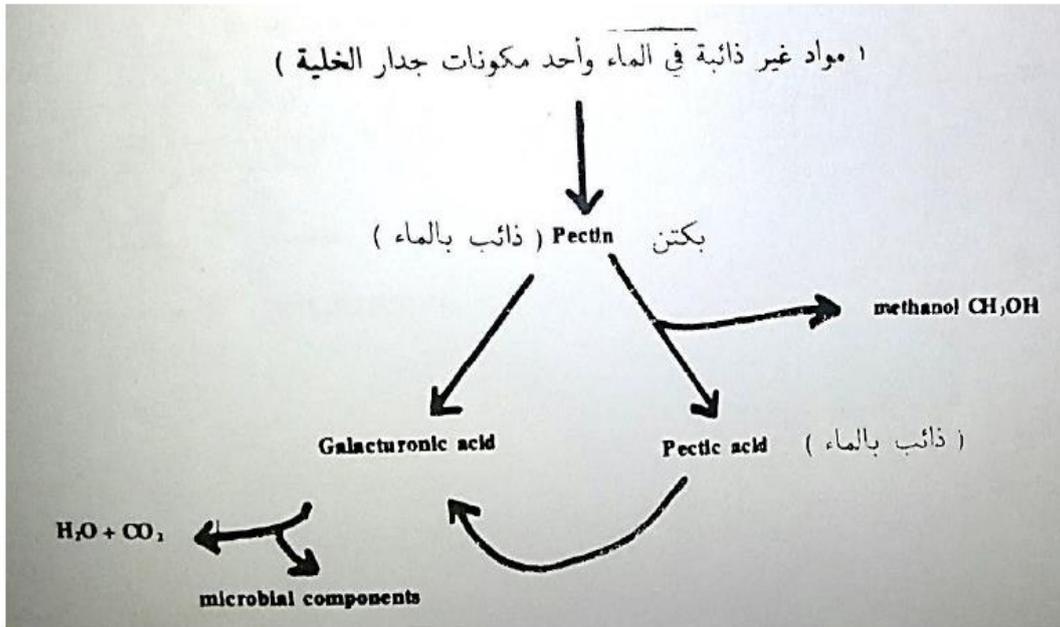


وفي الظروف اللاهوائية فأن نتائج التحلل للنشا احماض اللاكتيك والخليك والبيوتريك وتتم عملية التحلل بسرعة وبمعدل معقول في الظروف اللاهوائية تماما .

#### 4. تحلل البكتين Decomposition of Pectin

يوجد البكتين بكثرة في النباتات وهي المادة التي تعمل على تماسك الخلايا ببعضها ويتحلل البكتين بسهولة مائيا بواسطة عدد من الميكروبات الى سكريات بسيطة مثل كالكثوز واراينوز و galacturonic acid ويعتبر انحلال البكتين من العمليات الهامة في تحلل المادة العضوية . ويمكن ان تأخذ السلسلة التالية .

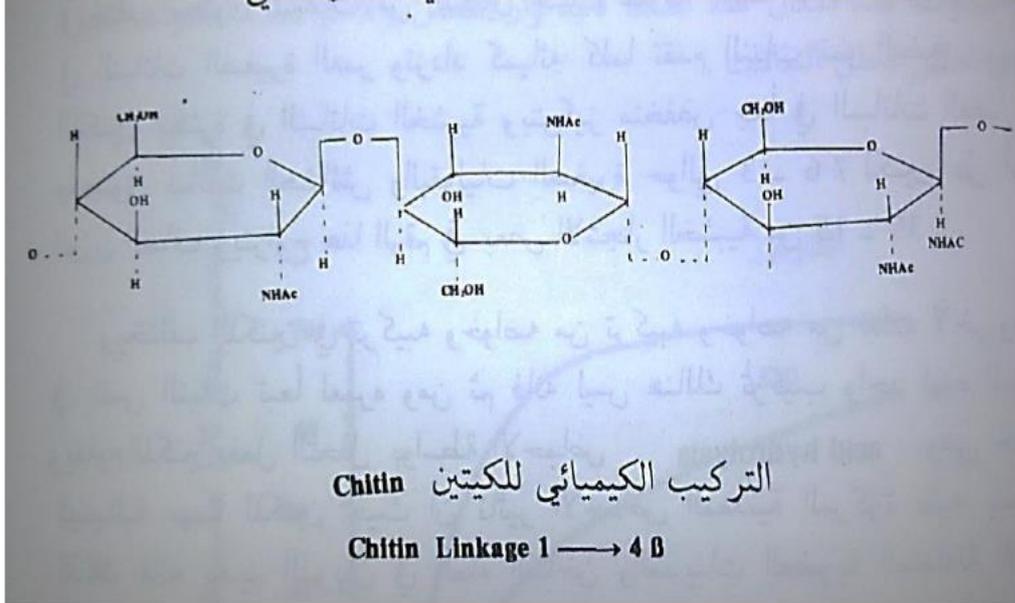
البروتوبكتين Protopectin



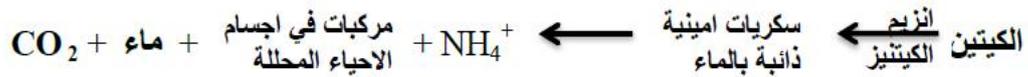


## 5. تحلل الكيتين Decomposition of Chitin

يعتبر الكيتين من اكثر السكريات المتعددة شيوعاً والذي يحتوي في تركيبه على وحدة السكريات الامينية . يتكون الكيتين من سلاسل طويلة من وحدات N-acetyl glucosamine كما في الشكل التالي



وهو مكون بنائي يعطي القوة الميكانيكية للأحياء الداخل في تركيبها والكيتين في الماء والمذيبات العضوية والقلوية ولكن يمكن ان يذوب ويتحلل بفعل الانزيمات او بواسطة الاحماض المركزة . مصدر الكيتين في التربة هو بقايا الحشرات التي تقضي جزءاً من او كل دورة حياتها في التربة ويتحلل الكيتين حسب المخطط التالي



## 6. تحلل اللكنين Decomposition of lignin

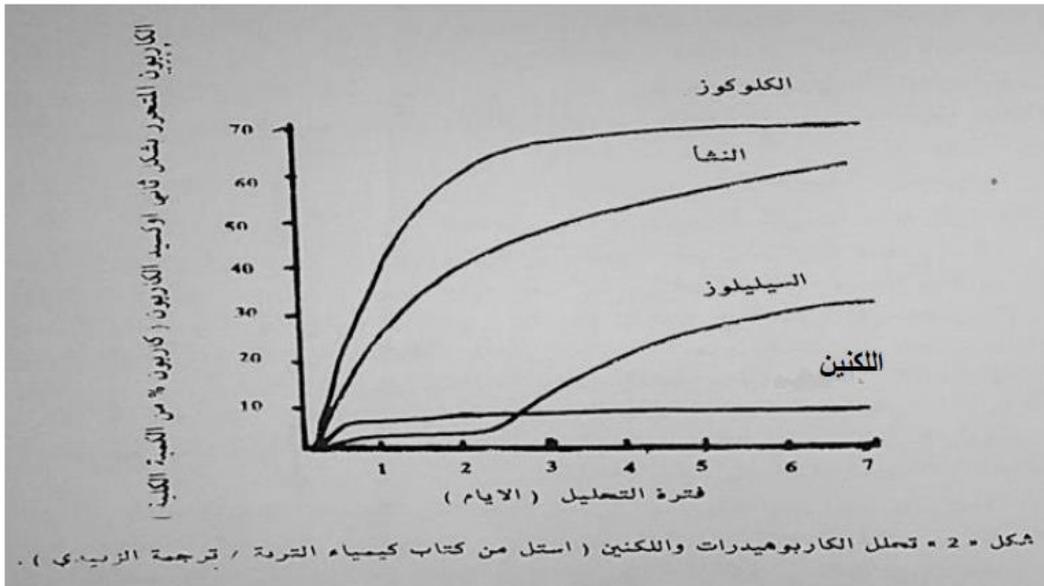
يوجد اللكنين في النبات في الصفيحة الوسطى ويختلف محتوى النبات من اللكنين حسب العمر ويوجد بكميات بسيطة في النباتات صغيرة العمر وتزداد كمياته كلما تقدم النبات في العمر ويكثر في النباتات الخشبية مقارنة بالنباتات العسارية.

يختلف اللكنين في تركيبه وخواصه من نبات الى اخر وحتى في نفس النبات تبعاً لعمره يقاوم اللكنين التحلل بفعل الاحماض وهو عديم الذوبان في الماء الساخن والمذيبات العضوية المتعادلة الا انه يذوب في القلويات .

يحتوي اللكتين على ثلاثة عناصر فقط هي الكربون والهيدروجين والاكسجين الا ان تركيبها حلقي مقارنة بالسيلوز والهيمو سيللوز واللكتين غني بالكربون فقير بالاكسجين مقارنة بالسيلوز حسب الجدول التالي

المركب	الكربون	الهيدروجين	الاكسجين
اللكتين	61 - 64 %	5 - 6 %	30 %
السيلولوز	44.5 %	6.2 %	49.3 %

ويعتبر اللكتين من المركبات صعبة الانحلال ولكنه يتحلل ببطء ومن المعتقد ان الفطريات والاكثينومايسيت هي المسؤولة عن تحلله في التربة ويتم التحلل في وجود او غياب الاوكسجين الا ان معدل التحلل في الحالتين اقل بكثير من معدلات السيللوز والهيمو سيللوز والمركبات الكربوهيدراتية الأخرى (شكل 2) ورغم مقاومته هذه الا انه لا بد ان يتحلل والا تراكم بكميات كبيرة جداً في أماكن تحلل النباتات



## ثانياً:- تحلل المركبات العضوية النيتروجينية

تنقسم المواد العضوية النيتروجينية الى

### ا- مركبات عضوية نيتروجينية بروتينية

تتحلل هذه المركبات سواء كانت نباتية او حيوانية بفعل احياء التربة الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات والاكثينومايسيت عن طريق انتاج الانزيم الخارجي الخاص بعملية التحلل المائي .

والبكتيريا اللاهوائية هي المسؤولة غالبا عن عمليات التحلل المائي في الظروف غير الهوائية اما الفطريات والبكتيريا الهوائية وبقية الاحياء هي المسؤولة عن عمليات التحلل في الظروف الهوائية . ويتم التحلل على خطوات متتالية تنتهي بانطلاق الامونيا وفي ما يلي هذه الخطوات

1- تحلل البروتينات تحللاً مائياً بواسطة انزيم Proteinase الى مركبات نيتروجينية

بسيطة تعرف بـ Polypeptides

2- تتحلل الببتيدات تحللاً مائياً بواسطة انزيم خاص Polypeptides الى احماض امينية

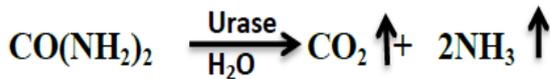
Amino acids

3. الاحماض الامينية الناتجة قد تتحلل بواسطة انزيمات Deaminases وغيرها لتكون

احماض عضوية او امينية والتحلل المائي للأحماض الامينية يتم في الظروف الهوائية بواسطة الفطريات والاكثينومايسيت والبكتيريا الهوائية اما في الظروف غير الهوائية فيحدث بواسطة البكتيريا غير الهوائية .

### ب- تحلل المركبات العضوية النيتروجينية غير البروتينية

وافضل الأمثلة هو اليوريا وتتحلل اليوريا مائياً بواسطة انزيم Urase الى ثاني أوكسيد الكربون وغاز الامونيا وفقاً للمعادلة التالية



وتعتبر B.Pasteurli البكتيريا العصوية الهوائية وكذلك Sarcina Urea البكتيريا الكروية من اهم الاحياء الدقيقة المساهمة في تحلل اليوريا .

## نسبة المادة العضوية في التربة

تختلف نسبة المادة العضوية في التربة من مكان لآخر حسب المعاملات الزراعية والإضافات العضوية والمناخ السائد في المنطقة.

فقد اعتبرت التربة الزراعية التي تحتوي ٢% فما فوق من وزنها مادة عضوية من الأراضي الغنية بالمادة العضوية. واعتبرت التربة الزراعية التي تحتوي ١-٢% من وزنها مادة عضوية من الأراضي ذات المحتوى المتوسط من المادة العضوية. واعتبرت التربة الزراعية التي تحتوي على أقل من ١% من وزنها مادة عضوية من الأراضي الفقيرة بالمادة العضوية.

يختلف مقدار ما تحتويه أرض ما من مادة عضوية تبعاً لعوامل عديدة منها:

1- نوع	النباتات	الموجودة	الموجودة
2- طبيعية	الأحياء	الموجودة	في التربة
3- حالة	الصرف	والتهوية	بالتربة
4- كميات	الأمطار	المتساقطة	الحرارة
5- درجة	وعمليات	الخدمة	
6- نوع			

فمثلاً الترب الواقعة تحت أشجار متساقطة الأوراق في جو بارد تستقبل مادتها العضوية من تلك الأوراق المتساقطة والتي تتركز في الطبقات العليا أو في السنتمترات الأولى من الترب، أما الحشائش الواقعة تحت الحشائش الطبيعية Grass land نجدها تستمد مادتها العضوية من جذور ليفية كثيفة موزعة بانتظام في قطاع التربة وبعمق كبير جداً إلى حد ما. ومحتوى المناطق الجافة من المادة العضوية منخفض ويزداد عادة بعد إدخال الأرض تحت نظام الزراعة والري وقد أوضح كثير من العلماء علاقة عكسية بين محتوى الأرض من المادة العضوية وبين متوسط الحرارة السنوي ذلك لأن ارتفاع الحرارة يسهل ويسرع من تحلل المادة العضوية. وللمادة العضوية فوائد عديدة بالإضافة إلى فوائد الدبال منها أن المادة العضوية تحافظ على القدرة التنظيمية للترب Buffering Capacity من خلال الهيدروجين المنطلق من المجاميع الكربوكسيلية كما وتؤثر على صلاحية الكثير من العناصر الغذائية عن طريق تغيير الخواص الطبيعية والحيوية والكيميائية خصوصاً التغيير في حالات الأكسدة والاختزال كما هو الحال في الحديد والمنغنيز وغيرهما .

هذا وتختلف كمية المادة العضوية اختلافاً كبيراً بين أنواع الأتربة المختلفة فبينما قد لا تتجاوز الآثار في الطبقة السطحية لبعض الترب المعدنية قد تصل إلى ١٥% في الترب وتحت ظروف خاصة.

فصورة عامة نجد أن الترب خشنة القوام تحتوي على كمية من المادة العضوية أقل من الأراضي الناعم القوام نظراً لأن كثافة النباتات النامية في الأراضي خشنة القوام أقل وتهويتها أحسن لأكسدة المادة العضوية السريعة ورشحها أسرع كما هو عليه في الترب ناعمة القوام.

ومن ناحية أخرى تزداد كمية المادة العضوية كلما زاد معدل الأمطار السنوي في المنطقة وذلك لزيادة النمو النباتي بزيادة معدل الأمطار لهذا فكمية المادة العضوية تكون قليلة في ترب المناطق الرطبة. كما أن انخفاض درجة الحرارة يساعد على تراكم المادة العضوية في حين أن ارتفاع متوسط الحرارة يقلل كميتها في التربة. ويرجع ذلك إلى أثر الحرارة في زيادة سرعة التفاعلات الكيماوية والبيولوجية الحادثة عند تحلل المادة العضوية. إلى جانب ذلك فإن الأراضي سيئة الصرف تكون بصورة عامة عالية الاحتواء على المادة العضوية والنتروجين إذا ما قورنت بالأراضي جيدة الصرف ولاشك أن قلة التهوية في الأراضي السيئة الصرف هي المسؤولة عن تراكم المادة العضوية والنتروجين فيها. ولا بد هنا من ذكر أثر الحرارة وانجراف الطبقة السطحية سواء بالماء أو الرياح على كمية المادة العضوية إذ تقل المادة العضوية في الأراضي المحروثة بحوالي 6-30% منها في الأراضي غير المعرضة لعمليات الحراثة كأراضي المراعي والغابات كما أن انجراف التربة السطحية من شأنه أن يزيل نسبة كبيرة من المادة العضوية المتراكمة في هذه الطبقة.

فالمادة العضوية تشكل جزءاً رئيسياً من الأراضي الخصبة Productive soils فهي إلى جانب تحسينها للخواص الطبيعية للأرض فإنها كمخزن لكثير من العناصر الغذائية اللازمة للنبات وخاصة عناصر الكربون والنتروجين إلى درجة كبيرة والفوسفور والحديد والكبريت بدرجة أقل.

وتتأثر صلاحية كثير من هذه العناصر في صورتها غير العضوية بالمادة العضوية نظراً للتفاعلات الكثيرة التي تتم بينهما، عموماً فإن التربة الموجودة في ساحة معينة تزداد خصوبتها بزيادة محتواها من المادة العضوية إلا أن التربة المنخفضة في محتواها العضوي ليست دائماً غير خصبة بل دليل أن كثير من التربة الصحراوية المنخفضة في محتواها من المادة العضوية تكون ذات خصوبة عالية عند وضعها تحت نظام الزراعة إلا أنه يجب مراعاة المحافظة على محتوى مثل هذه التربة من المادة العضوية نظراً لانخفاضه المستمر مع الزراعة مالم يضاف النتروجين والمادة العضوية لها .

وتعتبر المادة العضوية مصدراً رئيسياً للنتروجين الذي ينطلق من المادة العضوية على صورة أمونيا ثم تتم أكسدته إلى نترات. ومن المرغوب فيه أن تتم هذه التغيرات بالسرعة المناسبة حتى يظل مستوى النترات مرتفع أثناء أطوار نمو النبات المختلفة وتتوقف صلاحية النتروجين العضوي للنبات على نسبة الكربون إلى النتروجين C/N Ratio في المادة العضوية على معدل تحللها

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 - عموماً فإن الأحياء الدقيقة تؤقلم نشاطها بسهولة على المواد النباتية ذات النسبة 1:30. وعندما تكون هناك موارد ذات نسب أكبر من ذلك فإن الكائنات الدقيقة تبحث عن مصدر آخر للنتروجين في البيئة النامية بها أو أن تكاثرها يتحدد بمستوي النتروجين الموجود وبالتالي فإن نشاطها يقل حتى يتم تحلل بعض الخلايا الميكروبية لتشكل مصدراً إضافياً للنتروجين. ولذلك فإن قش الحبوب ذو النسبة 1:80 يتحلل ببطء في المراحل الأولى ويستهلك نتيجة لذلك كل النتروجين الصالح بالتربة وعندما يتحول الكربون الزائد إلى ثانياً أكسيد الكربون

وبالتالي تقل نسبة C/N فإن بعض النتروجين غير العضوي ينطلق إلى النبات للاستعمال. كما أن المادة العضوية تأثراً على تحبب التربة وتكوين البناء الثابت Stable Structure ومن ثم خدمة تلك التربة وتهويتها وقدرتها على حفظ الماء وكذلك مقاومتها للتعرية كلها تتحسن بفضل تأثير المادة العضوية. ولا تحتوي جميع التربة على نفس النسبة من المادة العضوية فمع تحلل المادة العضوية فإن الدبال يتكون وجزءاً من الدبال القديم يكون في مراحل مختلفة من المعدنة ويحدد التوازن بين هاتين العمليتين كمية الدبال الموجودة بالأرض عند أي وقت من الأوقات. ويتساوى معدل تكوين الدبال مع معدل معدنته عندما تقترب التربة من النضج Maturity إلا إذا تغيرت الظروف البيئية. ولأن الأراضي تتكون تحت ظروف بيئية مختلفة وكذلك توجد أراضي عند مراحل متعددة من النضج فإن ذلك يؤدي إلى اختلاف محتواها من المادة العضوية ويحدد الاتزان السابق الإشارة إليه بواسطة العوامل الآتية

- 1- قوام الأرض
  - 2- الطبوغرافيا التي تؤثر على التعرية والصرف
  - 3- المناخ شاملاً لمعدلات الأمطار ودرجة الحرارة
  - 4- طبيعة وكمية النباتات الطبيعية التي تتكون الأرض تحتها
- ففي التربة المستوية يحدث تجمع للمادة العضوية أكثر من تلك الموجودة على المنحدرات نظراً لتأثير التعرية في إزاحة الطبقة السطحية من التربة الموجودة على المنحدرات. وفي المنخفضات Depressions حيث يكون الصرف محددًا فإن معدل التحلل يكون بطيئاً ومن ثم يزداد التجمع Accumulation ويزداد التجمع تحت ظروف البرودة والرطوبة حيث تكون معدلات النمو مرتفعة والظروف غير مشجعة على التحلل مما يترتب عليه تجمع كميات كبيرة من الدبال، أما في الأجواء الرطبة الحارة فإن التجمع يكون قليلاً نظراً لزيادة معدلات التحلل ويلاحظ عموماً أنه بزيادة الحرارة ١٠ درجات مئوية فإن محتوى التربة من المادة العضوية ينخفض بمعدل النصف أو الثلث، ويجب ملاحظة أن كمية من المادة العضوية بالتربة ذات أهمية أقل من نشاط تلك المادة العضوية، نتيجة لتحلل المادة العضوية، فإن ثاني أكسيد الكربون ينطلق منها باستمرار مكوناً لحمض الكربونيك الذي يعمل على إذابة الكثير من الصخور والمعادن بالتربة. كذلك فإن المادة النباتية الخضراء سريعة التحلل بالتربة وربما تعمل على تحلل المادة العضوية الموجودة طبيعياً بها ويزيد السماد الحيواني من محتوى التربة من المادة العضوية عن السماد الأخضر.

**نسبة الكربون إلى النتروجين Ratio C/N وعلاقتها بتحلل المادة العضوية:**  
إذا أضيفت إلى التربة أي مادة نباتية فإن سرعة انحلالها تتوقف على نشاط الأحياء الدقيقة، وهذا يتوقف بالتالي على كمية النتروجين المتوفرة. فإذا احتوت المادة النباتية النتروجين بكمية مناسبة فإن البكتيريا تستفيد من جسمها، أما إذا احتوي على كميات غير كافية من النتروجين فإن البكتيريا تستفيد عند ذلك من النتروجين الموجود في التربة مؤقتاً نظراً لتمثيل الجزء الذائب منه في أجسام الميكروبات والذي ينطلق ثانية بعد موت الميكروبات عند انتهاء التحلل. فإذا أضيف قش القمح مثلاً إلى الأرض ونسبة C/N به كبيرة وكانت التربة فقيرة بالنتروجين فإن الكائنات الدقيقة تستفيد من الجزء الموجود في التربة، فإذا زرعت التربة أثناء ذلك تظهر على المحصول المنزوع أعراض نقص النتروجين، وللتغلب على ذلك من الضروري إضافة النتروجين الذائب على صورة سماد بحيث يكفي لاحتياجات الكائنات الدقيقة وكذلك للمحصول المنزوع. وعند قلب النباتات البقولية في التربة كسماد أخضر فإنها تمد كل من الكائنات والنباتات الحية

المزروعة بالأزوت ويلاحظ أن نسبة C/N Ratio فيها بين ١ : ٢٠-٢٥. وكقاعدة عامة فإن المادة العضوية التي تحوي نتروجين أقل من ١,٥ % فمن المحتمل ألا ينطلق منها كمية النتروجين لذلك الموسم. ويستفاد من تلك النقطة عند عمل السماد العضوي الصناعي Compost من مخلفات المزرعة التي تكون غالباً ذات محتوى ضعيف من النتروجين فلاسراع التحلل يضاف إلى المخلفات أسمدة النيتروجينية حتى تستمد الأحياء الدقيقة ما تحتاجه من النتروجين لبناء أجسامها كي تسرع عملية التحلل.

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

الاولى تتم خارج التربة وهي عملية تخمر هوائي Composting

الثانية- تتم داخل التربة وتسمى عملية الحضان Incubation.

وتعد كلا العمليتان تحللاً أحياناً تنجز بواسطة العديد من الأحياء الدقيقة لاسيما البكتريا والفطريات مما يؤدي إلى خفض نسبة الكربون إلى النتروجين C:N ratio في المادة العضوية قيد التحلل 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، اللكتين، المركبات الهيدروكربونية العطرية والالفاية، السكريات، الكحوليات، الأحماض الأمينية، قواعد البيورين والبيريميدين، الليبيدات والأحماض النووية، ولولا هذا التحلل لتراكت كميات هائلة من المركبات على سطح التربة وتتخصص الكائنات الدقيقة غير ذاتية التغذية Heterotrophic في تحليل المادة العضوية.

ويمكن قياس معدلات التحلل بطرق عدة منها:

١. قياس غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج أو غاز الأوكسجين المستهلك.
٢. تقدير النقص في كمية المادة العضوية بالطرق الكيميائية أو الوزنية.
٣. تتبع اختفاء مركب معين كالسيليلوز أو أنصاف السيليلوز أو اللكتين.

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

١. اختفاء الأنسجة النباتية والحيوانية بتأثير فعل إنزيمات الأحياء الدقيقة.
٢. تخليق خلايا احيائية جديدة فتظهر أنواع البروتينات والسكريات المتعددة والأحماض النووية الخاصة بتلك الأحياء من بكتريا وفطريات.
٣. 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 اختلافاً كبيراً تبعاً لنوع التربة.

وتتحكم في معدل تحلل الدبال عوامل أساسية عدة منها نسبة وجود المادة العضوية في التربة، زراعة التربة، درجة الحرارة، الرطوبة، الاس الهيدروجيني ، العمق الذي تتواجد فيه المادة العضوية في التربة والتهوية، فجميع هذه العوامل البيئية تؤثر على نمو الأحياء الدقيقة وبالتالي ينعكس ذلك على تحلل المادة العضوية بصورة مباشرة أو غير مباشرة فزراعة الأرض تسرع من تحلل المادة العضوية مما يؤدي بالتالي إلى خفض المحتوى من المادة العضوية، إلا ان توالي الزراعة يؤدي إلى تناقص تدريجي في معدل الانخفاض، وقد يحصل تحلل الدبال في درجات حرارة منخفضة تصل إلى درجة التجمد إلا انه بصورة عامة يزداد معدل التحلل بارتفاع درجة الحرارة. كما ان أفضل مستوى رطوبة هو ما يوفر كمية ماء بين ٦٠-٨٠% من السعة التشبعية بالماء مما يوصل النشاط الحيوي للأحياء الدقيقة إلى أقصى درجة ممكنة وهذه تكون عند حصول دورات متعاقبة من الجفاف والترطيب أفضل مما لو استمر الترطيب ويكون التحلل بأسرع معدلاته عند قيمة دالة هيدروجينية متعادلة أو تميل قليلاً إلى القلوية.

من جهة ثانية فان نشاط الأحياء الدقيقة يتحدد عندما توجد العناصر الغذائية العضوية بكميات قليلة ويحدث أعلى نشاط في الطبقة السطحية من التربة وذلك لوفرة المادة العضوية مقارنة بالطبقات العميقة وان إضافة مواد عضوية بسيطة سهلة التحلل فان الأحياء الدقيقة ستعمل على تمثيلها بسرعة حيث ان سرعة اكسدة المادة تتوقف على تركيبها الكيميائي إضافة إلى الظروف الفيزيائية والكيميائية للوسط البيئي فالمركبات الغنية في محتواها البروتيني يتم تمثيلها بمعدل أسرع حيث ان وجود النتروجين في المادة بكمية كبيرة وبصورة ميسرة يجعل الأحياء الدقيقة تأخذ حاجتها من هذا العنصر من المادة العضوية أما إذا كانت المادة العضوية فقيرة في محتواها من هذا العنصر فعندها يكون التحلل بطيء ويكون لإضافة عنصر النتروجين تأثير

منشط على معدنة الكربون العضوي وخلال مراحل تحلل المواد العضوية المحتوية على كميات قليلة من النتروجين فسن نسبة الكربون إلى النتروجين C:N ratio تميل إلى التناقص مع الوقت وذلك نتيجة فقد الكربون وتحوله إلى غاز ثاني أكسيد الكربون بينما يبقى النتروجين مرتبط في الصورة العضوية لهذا تزداد النسبة المئوية للنتروجين في المخلفات النباتية مع الاستمرار في عمليات التحلل، إلا ان هذا التناقص لا يستمر بشكل علاقة خطية وانما يتغير عندما تصل النسبة إلى ١٠:١ تقريباً.

وتعتبر نسبة C:N إحدى الصفات الدالة على الاتزان فهي في الدبال ١٠:١ تقريباً وتعد المواد العضوية الطبيعية الغنية في محتواها من اللكتين أقل تفضيلاً من قبل الأحياء الدقيقة عن تلك المواد الفقيرة في محتواها منه. وقد يكون لمحتوى المخلفات النباتية من اللكتين أهمية أكبر من نسبة الكربون إلى النتروجين من ناحية سرعة تحلل المادة العضوية فيلاحظ ان سرعة تحلل الأنسجة النباتية الغضة الصغيرة السن أكبر منها في الأنسجة النباتية الناضجة فكلما تقدمت في العمر تغيرت مكوناتها الكيميائية فيقل محتواها من النتروجين والبروتين والمواد الذائبة في الماء وترتفع نسبة السيليلوز واللكتين وأنصاف السيليلوز. فالسبب الأساسي لبطأ التحلل قد يكون راجع لزيادة المحتوى من اللكتين ولكن من الممكن أيضاً أن تكون هناك عوامل أخرى تشترك في ذلك. كما يتحكم في سرعة تحلل المادة العضوية حجم أجزاء المادة العضوية التي تتعرض لمهاجمة الأحياء الدقيقة فكلما كان حجم الدقائق صغير كلما زادت سرعة التحلل.

### مراحل تحلل المواد العضوية في التربة

بدأ مراحل تحلل المواد العضوية في التربة بموت الكائنات الدقيقة التي تتهشم الأعشبية المحيطة بخلاياها ثم باقي مكونات الخلية القابلة للذوبان في الأوساط السائلة مثل محلول التربة حيث تنتشر مع إنتشار ذلك المحلول خلال التربة أما بالنسبة للمكونات أو للمركبات الغير قابلة للذوبان في الماء فهي تتغير ببطيء حيث يتم مهاجمتها من قبل الميكروبات ثم تتحلل تدريجياً. تقوم البكتريا و الكائنات القائمة بعملية التحلل بإخراج إنزيمات متعددة تسهم في حدوث التحلل في التربة، حيث تمتص العناصر الغذائية المتواجدة في التربة مثل النيتروجين و الكربون لتقوم بعمليات النمو و التكاثر.

يتحدد عدد الميكروبات المختصة بعملية التحليل في التربة على أساس عدة عوامل منها و بشكل رئيسي مدى توافر تلك الميكروبات بها حيث يتزايد المعدل بشكل سريع و طردي بتزايد أعداد الميكروبات، بجانب ذلك يعتبر عنصر النيتروجين عنصر غذائي رئيسي لتلك الكائنات حيث يعتبر هو العامل المؤثر في معدل التحلل بالتربة بسبب إعتدالم الميكروبات و بشكل رئيسي عليه في بناء البروتين لتزايد أعدادها.

تعتبر نسبة الكربون العضوية و هي النسبة المئوية للكربون في المواد العضوية بجانب النسبة المئوية لعنصر النيتروجين من العوامل الرئيسية التي تحدد سرعة تحلل المواد المضافة للتربة. يمكن زيادة سرعة عملية التحلل في التربة من خلال إضافة النيتروجين من مصادر مثل الأسمدة الكيميائية لتلبية حاجة الميكروبات و النبات منها على حد سواء، في حالة عدم إضافة كمية مناسبة تكفيهما ستكون الغلبة للميكروبات المحللة على حساب النبات و ذلك لتواجدها بأعداد كبيرة بجانب إتصالها المباشر به، حيث غالباً ما تستهلكه قبل الوصول إلي جذور النبات.

يحتوي سطح التربة على أعداد كبيرة من الميكروبات و الكائنات الحية حيث يتوافر لها مصادر مناسبة من النيتروجين، ففي حالة تلائم الظروف البيئية فإن معدل التحلل بالتربة يكون سريعاً في خلال أسبوعين بداية من تاريخ إضافة المواد العضوية إلي التربة.

#### مراحل تحلل المواد العضوية في التربة بنقاط مبسطة

١. تبدأ الكائنات الدقيقة و البكتريا القائمة بأنشطة التحلل في التربة بالتكاثر بشكل سريع و زيادة أعدادها مما ينتج منه زيادة نشاطها بشكل كبير و ذلك لتوافر كميات كبيرة من عنصر الكربون القابل للأكسدة.
  ٢. ينتج عن ذلك تزايد حاد في الكائنات إلي عنصر النيتروجين مما ينشأ منافسة شديدة عليه.
  ٣. تآكسد نواتج التحلل البسيطة و إختفائها من وسط التربة
  ٤. إنطلاق كميات كبيرة من غاز ثاني اكسيد الكربون إلي الهواء و الطاقة مما يؤدي إلي تكون الدبال
  ٥. المرحلة الأخيرة ينخفض معدل النشاط الحيوي بالتربة و ينتج على ذلك تكون كميات من الدبال و إنخفاض معدل عمليات تكوين النترات.
- حيث و بذلك تكتمل دائرة التحلل بالتربة، في حالة إذا أردت زيادة معدل التحلل بالتربة ننصحك بإضافة الأسمدة الغنية بالنيتروجين إليها.

#### كمية الدبال في الأرض:

يوجد الدبال في الأراضي بنسبة تتراوح بين الصفر و ٩٠% وتكون كميته منخفضة في الأراضي الجافة والحارة والرطبة، وعالية في الأراضي الرطبة الباردة. وتعتبر الأراضي فقيرة في المواد العضوية إذا قلت نسبة الدبال عن ٣% وغنية إذا احتوت من ٥-١٠% وتعتبر دبالية إذا زادت عن ٢٠% ويوجد الدبال عادة بأعلى نسبة على السطح ويقل تدريجياً في عمق التربة، وهذا التوزيع طبيعي في أراضي المناطق المعتدلة والحارة.

#### الدبال Humus

هو تعبير عن مركب معقد ينشأ من الانحلال التدريجي للمواد العضوية بفضل الميكروبات المختلفة ويتصف الدبال بصفات عامة أهمها:

١- لونه الأسمر الداكن أو أسود.

٢- لا يذوب في الماء وإنما يكون معه محلولاً غروبياً.

٣- ويذوب لدرجة كبيرة في المحاليل القلوية المخففة وخاصة بالغليان مكوناً مستخلصاً داكن اللون ويرسب جانب كبير من هذا المستخلص عند معادلته بالأحماض المعدنية.

٤- يحتوي على نسبة من الكربون أعلى مما يوجد في أجسام النباتات والميكروبات وتبلغ هذه النسبة عادة ما بين ٥٥-٥٦% وقد تصل إلى ٥٨% ويرجع ذلك لارتفاع نسبة ما به من اللجنين.

٥- يحتوي على نسبة كبيرة من البروتين قد تبلغ أكثر من ١٧%.

٦- ضيق نسبة الكربون إلى الأزوت حتى تصل نحو ١٠:١.

١- تكون الدبال في التربة:-

يتكون الدبال نتيجة تحول البقايا النباتية تحت تأثير التفاعلات الحيوية للأحياء الدقيقة وتشارك هذه الأحياء في جميع مراحل تكون الدبال ويساعد في ذلك العدد الهائل من الأحياء الدقيقة *Microflora* التي توجد في التربة وتعتبر البقايا النباتية الخضراء المادة الأساسية من حيث الكمية في تكون الدبال وتجري عملية تحول هذه المواد تحت تأثير التفاعلات الحيوية للأحياء الدقيقة في عدة طرق:

أ- التمعدين الكامل (*Mineralization*) وتكون المركبات البسيطة مثل الأمونيا والماء وثاني أكسيد الكربون والأملاح البسيطة الأخرى والتي تشارك فيما بعد مرة أخرى في عمليات تغذية الأحياء ذاتية التغذية الأوتوتروفية (*Autotrophic*).

ب- تكون المواد العضوية الجديدة (لأجسام الأحياء الميكروبية)، التمثيل الميكروبي (*Microbial synthesis*) وبعد الموت والانحلال الذاتي للأحياء الدقيقة تتعرض هذه المواد مرة أخرى للتحويلات اللاحقة.

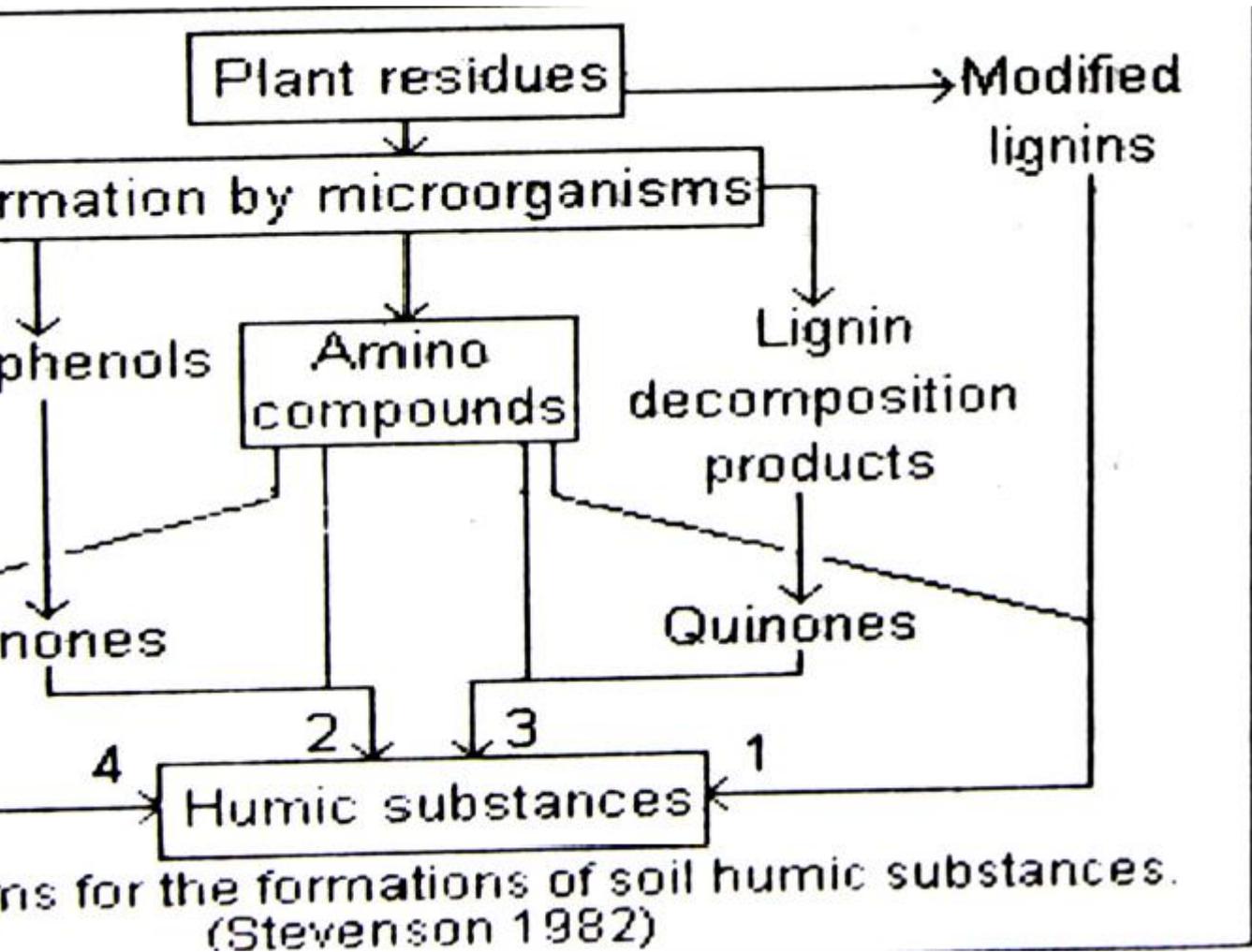
ج- تكون المادة الدبالية الخاصة وبالدرجة الأساسية من النواتج الوسيطة لعمليات التحلل وتكون الدبال.

تتكون المواد النباتية المختلفة من عدد من المركبات والتي تختلف فيما بينها في التركيب الكيماوي الكربوهيدرات (كالكربوهيدرات الأحادية والثنائية المجمعة)، والبروتينات واللجنين والمواد الدباغية والدهون والشموع والأصماغ وغيرها من المركبات الأخرى. وتختلف نسبة المجاميع الأساسية لهذه المركبات في الأحياء الدقيقة اختلافاً كبيراً. فالبكتيريا تتميز باحتوائها على كمية كبيرة من البروتينات كما أن النباتات البقولية والتي هي من ضمن النباتات الراقية تعتبر غنية بالبروتينات، أما الأشجار فتحتوي على كمية قليلة جداً من البروتين. وتمثل الكربوهيدرات واللجنين الكتلة الأساسية للمادة الجافة في النباتات الشجرية والأعشاب أما

الأشجار الصنوبرية فتميز باحتوائها على كمية كبيرة من المواد الدبائية. وتختلف مجاميع المواد الكيميائية المختلفة عن بعضها البعض إلى درجة كبيرة في مقاومتها لفعل التحلل من قبل الأحياء الدقيقة.

فبالنسبة للكربوهيدرات نجد أن سرعة تحللها تقل كلما ازداد تعقيد تركيب جزيئاتها وتترتب حسب سرعة التحلل بالشكل التالي: الجلوكوز - النشا - السليلوز - أما اللكنين فيتميز عن الكربوهيدرات بكونه ذو مقاومة كبيرة للتحلل أما بروتينات البقايا النباتية فتتحلل بسرعة، ولكن نواتج تحللها تستعمل من قبل الأحياء الدقيقة والتي تقوم بتحلل الكربوهيدرات وتكوين بروتينات البلازما (Plasma) ويطلق على ذلك بالتكوين الجديد. وكنتيجة لذلك فإن نسبة اللجنين والبروتين ستزداد نسبيا في الجزء المتبقي بعد التحلل من المواد النباتية.

إن الارتفاع النسبي للكنين والبروتين للمواد المتحللة وكذلك وجود بعض التشابه في تركيبها الهيكلي مع المواد الدبائية. كانا أساسا لظهور المفهوم عن الدبال (Humus) كمعد لجنو-بروتيني Ligno-Protein الذي تكون نتيجة تفاعل اللكنين والذي احتفظ بكيانه أثناء عملية التحلل مع البروتين الجديد لبلازما الميكروبات. وحسب المعطيات الحديثة عن طبيعة المواد الدبالية، إنها عبارة عن مركبات معقدة مجمعة Complex Polymers والمكونات الأساسية هي المركبات العضوية العطرية (الحلقية)، والمركبات النتروجينية. ومن المخطط التالي نجد أن طرق تكون مكونات المواد الدبالية هي:



أ- نواتج الانحلال والتحلل للأنسجة الميتة، كالمواد ذات الطبيعة العطرية مثل:

الكينونات المتكونة نتيجة تحلل اللكنين والمواد الدباغية.

ب- نواتج التبادل والتمثيل الحيوي وإعادة التكوين من قبل الأحياء الدقيقة التي تستعمل الكربوهيدرات والبروتينات مصدرة للطاقة والبناء ومثل هذه النواتج الأحماض الأمينية والبروتينات والسكريات الأمينية والمركبات العطرية.

شكل يبين ميكانيكية تكوين الأحماض الدبالية تحت ظروف الأراضي المختلفة.

٢- أنواع الدبال:

يقسم الدبال حسب الأساس الذي يعتمد في التقسيم إلى أنواع متعدد كالتالي:

أولاً: حسب تأثير المذيب القلوي:-

عند معاملة المادة العضوية الموجودة في التربة بقلوي مركز ساخن مثل هيدروكسيد الصوديوم (أو أي مذيب آخر) فيلاحظ أن قسماً منها يذوب، بينما يبقى جزء آخر بدون ذوبان. ويطلق على الجزء الذائب والذي يمكن فصله بالترشيح اسم دبال متدبل وتبلغ نسبته عادة

٧٥٪ من الدبال وهو قابل للأكسدة وفعال كيميائياً. أما الجزء غير الذائب ويشكل حوالي ٢٥٪ من الدبال فيسمى دبال غير متبدل Humin هو غير فعال كيميائياً.

ثانياً: حسب درجة تشبع الدبال بالقواعد وهو عدة أقسام:-

١- دبال مشبع: يتكون من المناخ الجاف ونصف الجاف وهو متعادل أو قلوي التأثير جيد التهوية فإذا كان الكالسيوم هو الكاتيون السائد سمي بالمول الجيري Calcium Mull

٢- دبال غير مشبع: وهو يتكون من المناخ الرطب، ومن صفاته أن تحلله ضعيف، حامضي التأثير وهو يقسم إلى قسمين:

أ- إذا تكون تحت غابات ذات أوراق عريضة فيسمى بالمول الحامضي Acid Mull وتكون نسبة الكربون إلى النتروجين بين ٢٠ : ١٥.

ب- إذا تكون تحت غابات صنوبرية فيسمى بالمور Mor ونسبة الكربون إلى النتروجين تتراوح بين ٤٠ : ٢٠.

٣- دبال ينشأ على الأتربة العشبية البودزولية ويسمى Moder وهو عبارة عن نوع انتقالي بين المول والمور. أي دبال متوسط التحلل.

ثالثاً: حسب نوع الأرض ويقسم إلى:

١- دبال أراضي الغابات: ونسبة اللكنوبروتين فيه مرتفعة بينما تكون نسبة الكربوهيدرات منخفضة.

٢- دبال أراضي البراري: ونسبة اللكنوبروتين فيه منخفضة بينما يرتفع فيه نسبة الكربوهيدرات.

أحماض المواد الدبالية (تركيب الدبال):

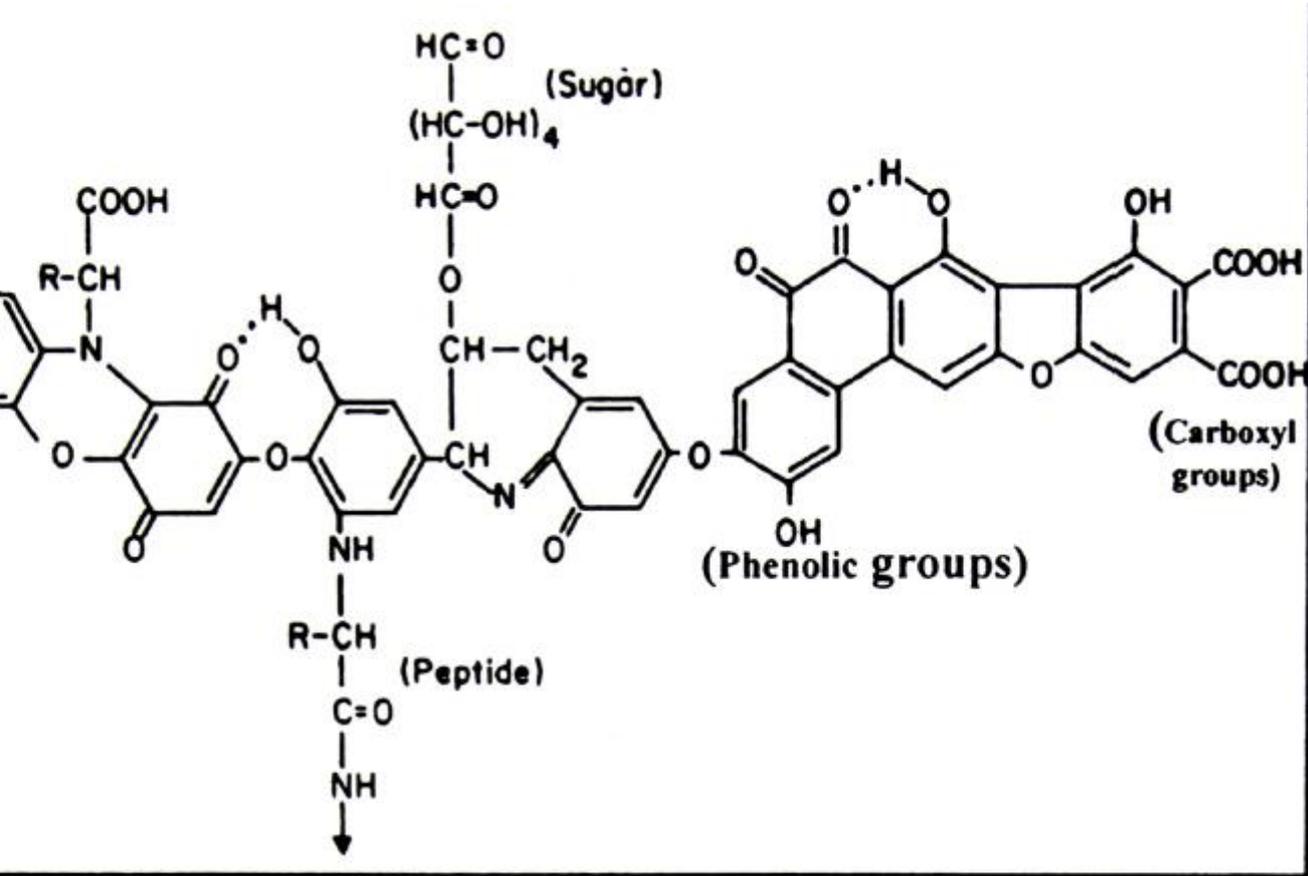
تلعب الأحماض الدبالية دوراً هاماً في تحديد خواص المادة العضوية وتأثيراتها الطبيعية والكيميائية في الأراضي. وقد أوضحت الدراسات العديدة الخاصة بطبيعة ومصدر وتكوين الأحماض الدبالية إن تلك الأحماض مكونة من هيكل أساسي عبارة عن مجاميع فينولية متكاثفة ومؤكسدة Oxidatively Polymerized - Phenolic units وأن الأحماض الأمينية والبيبتيدات وبعض المواد العضوية الأخرى مرتبطة بهذه الوحدات الفينولية.

ولأن اللكنينات تتكون من وحدات فينولية وتشكل جزء كبيراً من تركيب النبات ومقاومة للتحلل ولذلك فإنها عموماً تعتبر المصدر الرئيسي للوحدات الفينولية والتي يتم تخليق الأحماض الدبالية والتي رغم وجود تلك الوحدات في تركيبها كما في اللكنين إلا أنهما يختلفان كثيراً وفي أوجه عديدة وأهم تلك الفروق هي:

- زيادة نسبة النتروجين في الأحماض الدبالية عنها في اللكنين.

- نقص في كمية الوحدات الفينولية الناتجة عن تحلل الأحماض الدبالية عنه في اللكنين ويجدر القول أيضا أن كثيرا من الوحدات الفينولية الداخلة في تركيب الأحماض الدبالية لا تشابه تلك الموجودة في اللكنين ومن ثم فقد اتجه الرأي إلى أنها وحدات تم تخليقها بواسطة الأحياء الدقيقة الأرضية.

شكل يبين التركيب الكيماوي للأحماض الدبالية.



e. The organic structure of humic acid is naturally oxidized, as shown by the asterisks, Positive ions, attracted to broken bonds at the site of the oxidation, create sites for to attach.

والمواد الدبالية عموما تتكون من عدد من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية والطبيعة الحامضية وجزء كبير منها يرتبط بمختلف الروابط بجزء التربة المعني. لذا فإن فصلها من التربة وتجزئتها يجريان بواسطة مختلف المذيبات والتي تقوم بتحطيم هذه الروابط وقبل كل شيء تحرير التربة من الكالسيوم وذلك بمعاملتها بحامض الكبريتيك. أي عملية انتزاع الكالسيوم Decalcination ويمكن وضع مخطط لتجزئة Fractionation المواد الدبالية والمبني على أساس لون هذه المواد وعلاقتها بالمذيبات كما يلي:

شكل يوضح تدرج ألوان المواد الدبالية.

Humic Substances		
Natural Polymers		
Fulvic Acid	Humic Acid	Humin
Light Yellow	Golden Brown	Dark Brown
	Charcoal Gray	Black
	→ Increase in intensity of color	→
	→ Increase in degree of polymerization	→
2000	→ Increase in molecular weight	→
45%	→ Increase in Carbon content	→ 62%
48%	→ Decrease in Oxygen content	→ 30%
1400	→ Decrease in exchange acidity	→ 500
	→ Decrease in degree of solubility	→

### حمض الهيوميك Himic Acids

يمثل حمض الهيوميك مجموعة المواد الدبالية التي تستخلص من التربة بالمحاليل القلوية (أو المذيبات الأخرى) بشكل محاليل داكنة اللون (هيومات الصوديوم والأمونيوم والبوتاسيوم) والتي تترسب بالمحاليل الحامضية بشكل راسب جبلي غير متبلور Gel ويتصف حمض الهيوميك المستخلص من مختلف الأتربة بالتركيب العنصري التالي:

١. كاربون ٥٠-٦٢٪.

٢. أوكسجين ٣١-٤٠٪.

٣. هيدروجين ٢,٨-٦٪

٤. نيتروجين ٢-٦٪.

ويفسر التفاوت في التركيب الكيماوي العنصري الأحماض الهيوميك على أساس أنها لا تمثل من الناحية الكيماوية أحماض محددة كما أنها ليست ذات تركيب بنائي ثابت ومحدد، بل إنها مجموعة من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية المتماثلة في تراكيبها وصفاتها وقد وجد

عند تحليل أحماض الهيوميك العناصر التالية: الفوسفور، الحديد، السيليكون، الألمنيوم والكبريت بكمية ١ - ١٠% اعتمادا على درجة تفاوتها بالإضافة إلى العناصر الرئيسية التالية: كاربون، هيدروجين، نيتروجين، أوكسجين. وتصنف المواد الهيومية كأحماض بسبب وجود مجاميع الكربوكسيل فيها COOH، ولمعلقات الأحماض المائية (Water Suspensions) درجة تفاعل ٣.

إن قابلية هيدروجين المجاميع الكربوكسيلية، وبدرجة أقل المجاميع الهيدروكسيلية على التبادل مع الأيونات الموجبة تحدد إلى درجة كبيرة السعة التبادلية الكاتيونية.

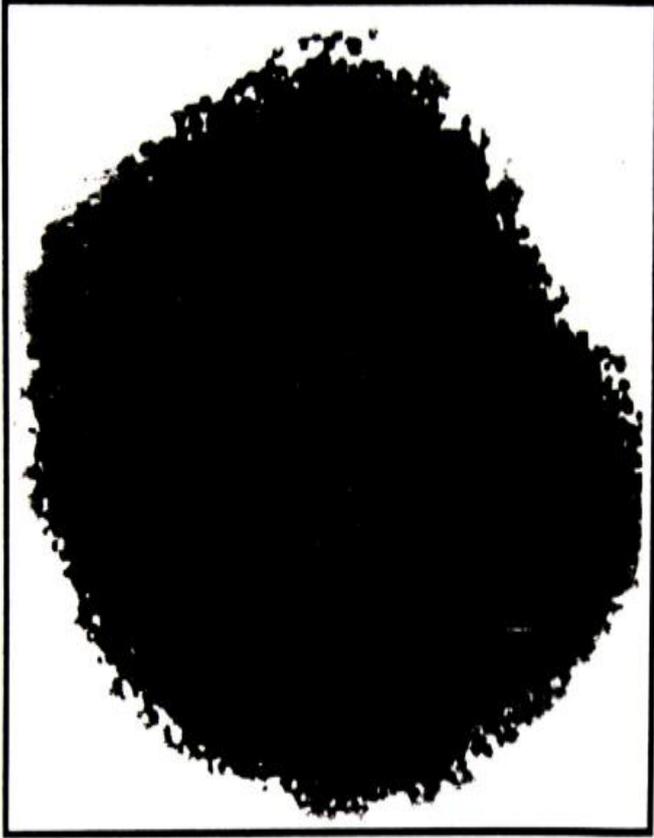
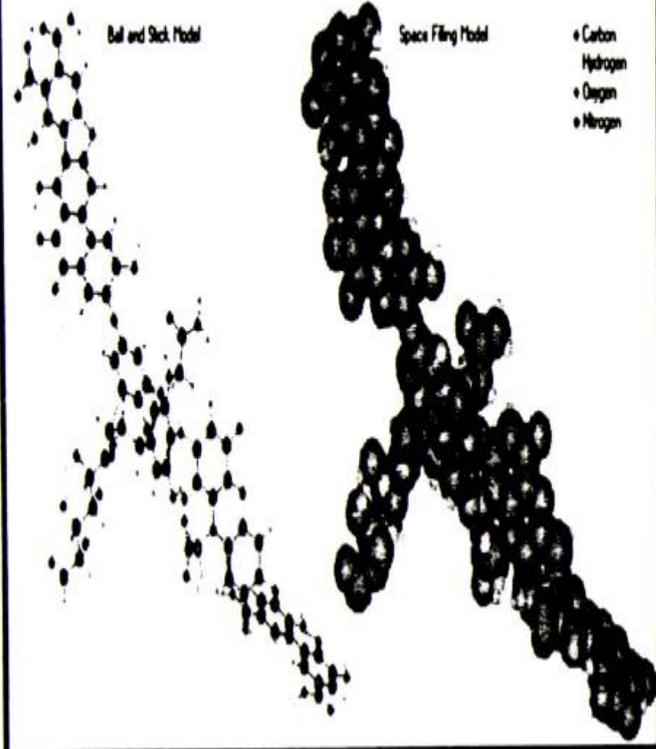
١- الصفات الطبيعية لحمض الهيوميك:-

ومن المميزات الطبيعية لحمض الهيوميك تنوع حجم دقائقها وعدم تجانسها من حيث تفاصيل بنائها التركيبي، وبسبب هذه الميزات والصفات أصبح تحديد الوزن الجزيئي لحمض الهيوميك معقد جدا. كما أن أملاح حمض الهيوميك لعناصر القواعد الأحادية التكافؤ مثل البوتاسيوم والصوديوم والأمونيوم والليثيوم تكون ذائبة أو بالأصح ذات انتشارية عالية وتكون محاليل غروية من الزول Gol ذات لون داكن من بني فاتح إلى بني غامق إلى أسود تقريبا. أما حمض الهيوميك الحرة وأملاحها مع الأيونات الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ فتكون غير ذائبة وتوجد بهيئة جيل.

ويمثل حمض الهيوميك أهم جزء في الدبال (Humus) ذلك لأن لها سعة تبادلية عالية بالنسبة للأيونات الموجبة، كما أنها تلعب دورا مهما في خلق بناء التربة المهمة من الناحية الزراعية. ولأحماض الهيوميك قيمة عظيمة من حيث أنها تمثل مصدرة احتياطية للمواد المغذية للنبات وخاصة النتروجين.

شكل يبين لون وشكل حمض الهيوميك

## Humic Acid Fragment



٢- فوائد أحماض الهيوميك للنبات:-

١- أحماض الهيوميك ومشكلة تثبيت الفسفور:-

يعاني النبات من مشكلة نقص الفسفور خاصة في التربة المرتفعة في رقم الحموضة وتتعاظم تلك المشكلة في الأراضي الجيرية فتوفر الكالسيوم في هذا النوع من الأراضي يؤدي لتكوين فوسفات الكالسيوم وبالتالي يصبح الفوسفور في صورة غير ميسرة. وتتمثل مشكلة الأسمدة الفوسفاتية في أنها تفقد وتثبت في التربة سواء كانت في صورة صلبة أو سائلة وتشتد معاناة المحاصيل عند انخفاض الحرارة. ويؤدي ذلك إلى النمو البطيء وتأخير النضج في العديد من المحاصيل. ولهذا فإن الأحماض الهيوميك دور في تحسين امتصاص الفسفور من الأسمدة المركبة وذلك بسبب:

• خلب الكالسيوم ومنع الفوسفات من التفاعل المؤدي لتكوين فوسفات الكالسيوم.

• يمكن لمجموعة الأمين على أحماض الهيوميك ادمصاص أيونات الفوسفات وتحسين إتاحتها للنبات.

٢- أحماض الهيوميك والفوسفاتيز:-

كما ذكرنا سابقا أن حمض الهيوميك له القدرة على تحسين إتاحة الفسفور في درجات الحموضة العالية والمنخفضة وهذا الأمر شديد الأهمية خاصة في أراضينا التي لها درجة حموضة أعلى من ٧. ويطرسب الفوسفاتيز بعيدا عن محلول التربة في وجود كربونات الكالسيوم وكذلك يثبط امتصاصه في الجو البارد.

### ٣- حمض الهيوميك وزيادة امتصاص العناصر:-

يزيد حمض الهيوميك من امتصاص الأيونات أحادية التكافؤ مثل الأمونيوم والبوتاسيوم عن طريق تسريع الامتصاص النشط لجذور النبات وهذه الزيادة تكون بنسبة ٣٤%.

### ٤- حمض الهيوميك لتحفيز الإنبات والنمو المبكر:-

استخدامها بتركيز من ١٠-٥٠ جزء في المليون في محلول التربة يسرع من معدل الإنبات والنمو لشتلات الطماطم. وفي هذه الدراسة أيضا زادت معدلات تنفس الجذور وكثافة الكلوروفيل ويعتبر حمض الفولفيك أكثر تحفيزا من الهيوميك. وأكبر استجابة للنبات تحدث عند تركيز من ١٠٠-٣٠٠ جزء في المليون، وهناك ثلاث احتمالات لشرح طبيعة فعل أحماض الهيوميك في تحسين نمو النباتات.

#### ١. تحسين امتصاص العناصر وإتاحتها.

٢. تحسين الهرمونات النباتية أو أشباه الهرمونات واستجابتها، حيث تثبط أحماض الهيوميك من نشاط IAA Oxidase مما يؤدي لزيادة نشاط هرمون اندول حمض الخليك مما يشجع نمو النبات وكذلك أحماض الهيوميك لها تأثير مشابه لهرمون الأوكسين والذي يشجع نمو الجذور.

٣. تحسين إنزيمات الميتابولزم. ومركبات الهيوميك في الواقع تؤثر على التوازن بين الثلاث ميكانيكيات وتحفزها.

### ٥- استخدام أحماض الهيوميك في الأسمدة البادئة:-

من الطرق الممتازة لتحسين انبات البذور والتكبير في النمو هو إضافة الأسمدة الفوسفاتية مع أحماض الهيوميك كمحلول بادئ. وهناك العديد من الأبحاث التي تناولت قيمة إضافة أحماض الهيوميك للبذور وقطع التقاوي في التجارب المعملية على قطع البطاطس المعاملة بهيومات الصوديوم يستحث الإنبات بحوالي ٥ إلى ٧ أيام ويعطي نباتات طويلة مع مجموع جذري وخضري جيد. ونقع البذور في هيومات الصوديوم يزيد المحصول للطماطم والكرنب والبادنجان تحت الزراعة الحقلية والخيار تحت الصوب.

### ٦- الملوحة والعلاقة المائية بين التربة والنبات:-

أكثر التأثيرات الأحماض الهيوميك تظهر في الأراضي الرملية والصودية الملحية حيث تحسن أحماض الهيوميك سعة مسك العناصر في الأراضي الرملية. وعن طريق ارتباطها بالصوديوم تساعد النبات على تحمل التركيزات العالية منه والحماية من السمية ومشاكل الأسموزية المرتبطة بهذه التركيزات العالية.

والأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من أحماض الهيوميك تستجيب بشكل مختلف للإجهاد المائي عن طريق تحسين المجموع الجذري وزيادة احتفاظ التربة بالماء وهناك اعتقاد بأنه يحسن غلق الثغور خلال فترات الإجهاد المائي.

٣- فوائد أحماض الهيوميك للتربة:-

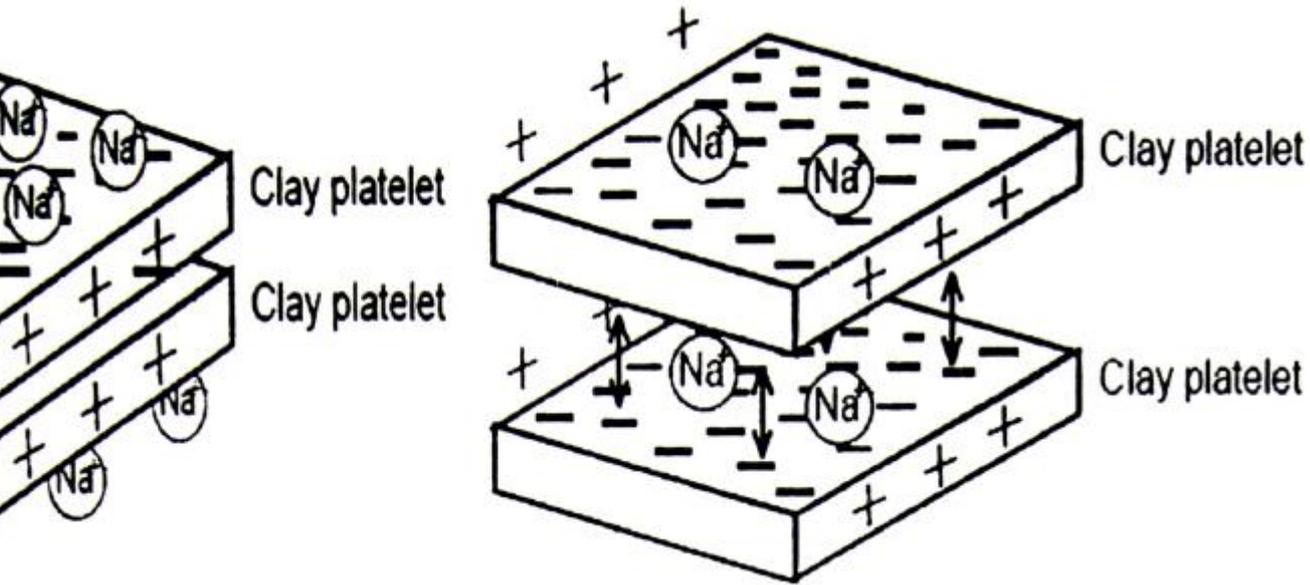
تعمل أحماض الهيوميك على تحسين التربة وذلك من خلال الآتي:

#### ١- فك تجمعات التربة (Clay Disaggregation):

من المعروف أن حبيبات التربة تنتظم بشكل مسطح مع بعضها البعض ولكنها تكون متناشرة بسبب الشحنات السالبة التي بين أوجه الحبيبات هذا ويوجد أيون الصوديوم بقدر ضئيل كما يوضح الشكل التالي والتربة عالية المحتوى من الطين تكون مضغوطة ومتماسكة وربما تشكل عانقا أمام جذور النبات وهذا ربما يحدث لأحد السببين:-

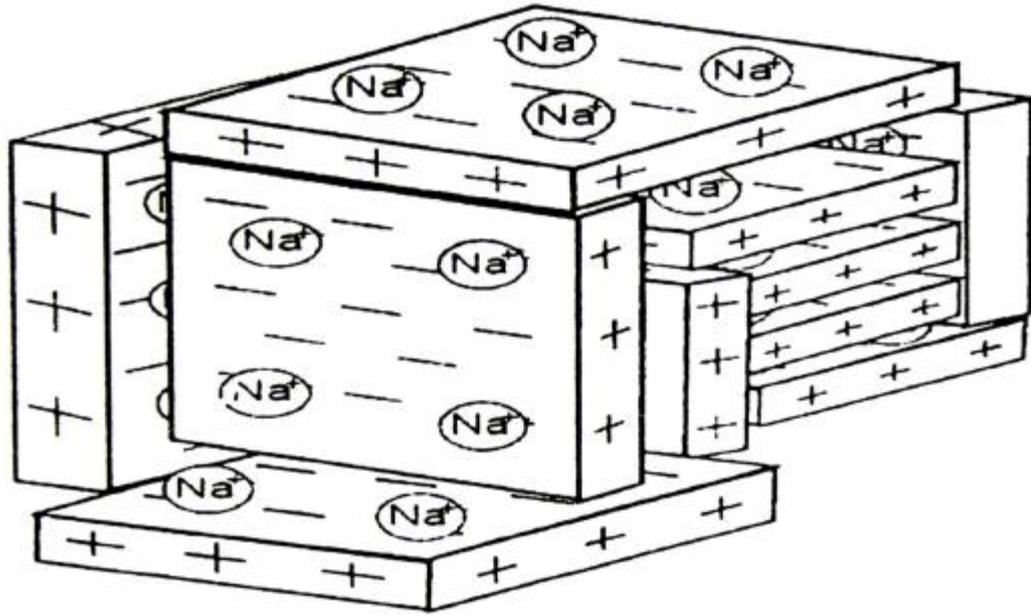
١- الاملاح في التربة تعادل الشحنات السالبة والتي تجعل حبيبات الطين تتنافر عن بعضه.

شكل يبين تركيب صفائح الطين المفترقة نتيجة زيادة كاتيون الصوديوم.



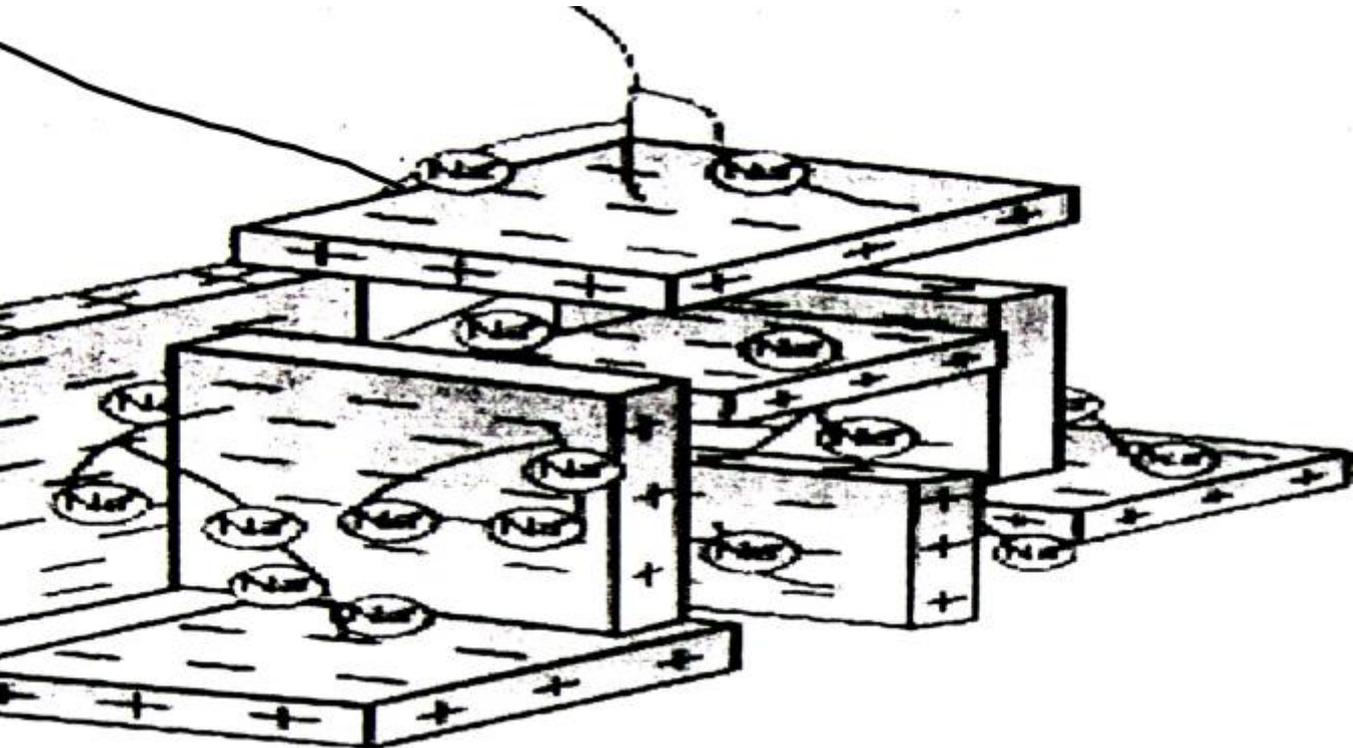
٢- نسبة الطين في التربة عالية مما يجعل الشحنة الموجبة على حواف حبيبات الطين ترتبط مع الشحنات السالبة على السطح للحبيبات الأخرى لتشكل تركيب ثلاثي الأبعاد محكم.

شكل يبين اندماج حبيبات الطين وتكوين الشكل الثلاثي الأبعاد.



عن طريق ارتباط احماض الهيوميك بكاتيونات الصوديوم تحافظ على التنافر بين حبيبات التربة وفك تجمعها.

شكل يبين ارتباط حمض الهيوميك بأيونات الصوديوم.



٢- القدرة على الاحتفاظ بالماء :-

أحماض الهيوميك تجعل حبيبات الطين تتركز على نهايتها مما يسمح بالاحتفاظ بالماء وتقوم بذلك بطريقتين:

١. عزل الأملاح وتحريكها من على سطح الحبيبات وشبكة الشحنات السالبة تسبب تناثر الحبيبات عن بعضها مما يساهم في فك تركيب التربة.

٢. مجموعة الكربوكسيل في أحماض الهيوميك COOH ترتبط مع الحواف الموجبة الشحنة وهذا يكسر قوة الجذب بين الشحنة الموجبة لحافة الحبيبات والشحنة السالبة على سطح الحبيبات الأخرى.

وهذا الحدث يسمى Protective Colloidal وهو يفك التربة ويجعل الجذور تتخلل بشكل أسهل. وكلما كانت نسبة الطين أعلى تحتاج لعدة أشهر حتى يظهر التحسن السابق ذكره.

٣- نقل العناصر الصغرى:-

تستطيع أحماض الهيوميك جذب الأيونات الموجبة في ظروف معينة وإطلاقها عندما تتغير الظروف وهي تجذب الأيونات اعتمادا على تيسرها وقدرتها على الاستبدال محل الأيونات المزاحة. ويفترض علماء التربة أن انتقال العناصر من التربة للنبات يتم عندما يمتص النبات الماء فإن أحماض الهيوميك تتحرك بالقرب من منطقة الجذر بما تحمله من عناصر قامت بخلبها وفي حين أن المجموع الجذري سالب الشحنة فإنه عندما تتحرك أحماض الهيوميك بالقرب من الجذور فإن شحنة الجذور تتغلب على شحنة الحمض وتطلق العناصر وتمتص فعليا ويبدأ النبات في إدخالها في عمليات التمثيل الغذائي وبالتالي تعتبر أحماض الهيوميك وسائط النقل العناصر بين التربة والنبات.

٤- تقليل تبخير الماء: Sequestration:-

تقلل أحماض الهيوميك من تبخر الماء من التربة وهو أمر مهم خاصة في الأراضي التي يقل بها نسبة الطين وتقل قدرتها على الاحتفاظ بالماء. وفي وجود الماء فبعض الكاتيونات الممتصة بواسطة أحماض الهيوميك تتأين وتتحرك مسافة قصيرة عن مواقع الأكسدة على الأحماض وهذا يعيد جزء من قوى الجذب السالبة للأيونات المرتبطة في حين أن الماء جزئ قطبي والكتروليت طبيعي فإن طرف الجزيء المحتوي على الأكسجين يفقد روابطه للأيون والهيدروجين أو الطرف السالب لجزيء الماء يكون متعادل جزئيا ويرتبط الطرف الأكسجيني مع الطرف الهيدروجيني لجزيء آخر ويستمر ذلك حتى تتبدد قوى الجذب لجزيء الماء وبذلك يقل البخر بنسبة ٣٠٪.

٥- تحفيز الكائنات الحية الدقيقة:

تصبح أحماض الهيوميك مصدر للفوسفات والكربون يحفز نشاط عشائر الميكروفلورا في التربة. وعليه تنشيط الانزيمات البكتيرية التي تعمل كمواد حافزة تحرر الكالسيوم والفسفور من فوسفات الكالسيوم وتحررها تقوم أحماض الهيوميك بادمصاصها مما يجعلها غير متاحة للبكتيريا.

٦- إنبات البذور:-

تؤثر أحماض الهيوميك على إنبات البذور بنفس الطريقة التي تؤثر بها على تجذير النبات حيث تحمل الماء والعناصر الصغرى وتخترق البذور عبر المسام وتشجع نمو المحور للجنين وميكانيكية النقل تشبه IBA ولكن الطريقة بالضبط غير معروفة وأيضا تزيد أحماض الهيوميك من نسبة الإنبات.

٤- الفوائد الكيميائية:-

١. يحفظ الأسمدة الكيميائية الذائبة في الماء في منطقة الجذور وإطلاقها في حين حاجة النبات لها.

٢. يحول عدد من العناصر لصورة صالحة وميسرة للنبات.

٣. زيادة الخصائص التنظيمية للتربة.

٤. خلب أيونات المعادن في الظروف القلوية.

٥. غني في كلا من المواد العضوية والمعدنية الضرورية لنمو النبات.

٦. زيادة نسبة النيتروجين الكلي في التربة.

٧. استخلاص ثاني أكسيد الكربون من كربونات الكالسيوم في التربة وتسهيل استخدامه في البناء الضوئي.

٥- الفوائد البيولوجية:-

١. تحفيز النمو عن طريق تنشيط انقسام الخلايا وزيادة معدل تطور المجموع الجذري وزيادة نسبة المادة الجافة.

٢. زيادة إنبات وحيوية البذور.

٣. زيادة النفاذية للأغشية النباتية وتحفيز امتصاص العناصر.

٤. تشجيع نمو الجذور خاصة الاستطالة العرضية.

٥. زيادة تنفس الجذور وتشكلها.

٦. تشجيع النمو والتكاثر الميكروبات التربة النافعة كالمطحالب والخمائر.

٧. تحفيز إنزيمات النبات.

٨. تحسين جودة المحصول وليس له تأثير ضار على الجودة والصحة.

٩. زيادة سمك الجذر الخلوية في الثمار مما يساهم في زيادة قدرتها التخزينية.

٦- الفوائد البيئية:-

١. التربة عالية المحتوى من أحماض الهيوميك تقلل بها مشكلة غسيل النترات وذلك الزيادة كفاءة استخدام الأسمدة وهو اتجاه للزراعة العضوية وتقليل الكميات المضافة من الأسمدة.

٢. تقلل أحماض الهيوميك من مشاكل الملوحة الزائدة والتي تسبب السمية وتقلل من احتراق الجذور الناتج من هذه الزيادة.

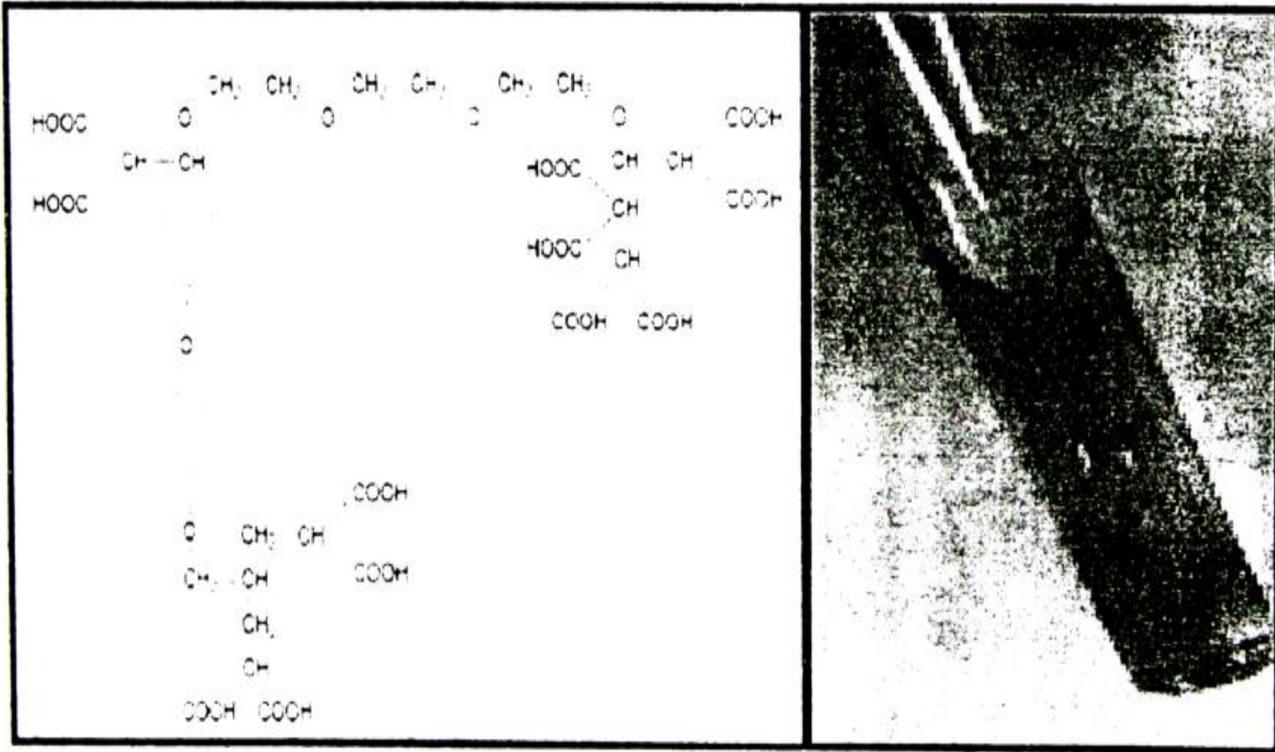
٣. تستخدم أحماض الهيوميك بكفاءة في مواجهة التعرية للتربة نتيجة لزيادة نمو الجذور وتشابكها مع التربة وبالتالي تقليل انجرافها.

حمض الفولفيك (Fulvic Acid):-

يطلق اسم حمض الفولفيك على المواد الدبالية ذات اللون الأصفر أو الأحمر الخفيف والتي تبقى في المحلول بعد تحميص Acidification المستخلص القاعدي وترسيب حمض الهيوميك منه.

واسم حمض الفولفيك مرتبط بلونه من الكلمة اللاتينية فولفوس (Fulvus) والتي تعني أصفر وكما هو الحال لحمض الهيوميك فإن حمض الفولفيك يمثل مجموعة من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية المتشابهة في بنائها التركيبي.

شكل يوضح لون وتركيب حمض الفولفيك.



ويختلف التركيب العنصري لحمض الفولفيك عن التركيب العنصري لحمض الهيوميك بكون الأول يحتوي على نسبة أقل من الكربون والنيتروجين ونسبة أكبر من الهيدروجين والأكسجين كما هو واضح من الآتي.

- كربون ٤٤-٤٩%

- أكسجين ٤٤-٤٩%

- هيدروجين ٥،٣-٥ ٪

- نتروجين ٦-٢ ٪.

ونسبة الكربون إلى الهيدروجين H/C لحمض الفولفيك تكون دائما أضيق بالمقارنة مع حمض الهيوميك، كما أن مقدار الرماد في حمض الفولفيك يصل إلى ٧-١٠ ٪. ويتميز حمض الفولفيك بأنه أكثر حبا للماء Hydrophilic من حمض الهيوميك بسبب اتساع نسبة المجاميع الأليفاتية إلى المجاميع العطرية فيها حيث تحمل المجاميع الأليفاتية الصفات المحبة للماء بينما المجاميع العطرية فتحمل الصفات الكارهة للماء Hydrophobic، ونجد مجاميع الكربوكسيل COOH والهيدروكسيل الفينولية OH ضمن المجاميع الفعالة في حمض الفولفيك، هذا بالإضافة إلى أن حمض الفولفيك المستخلصة من التربة تحتوي على مجاميع الميثوكسيل OCH<sub>3</sub> وبكميات كبيرة قد تصل إلى ٥-٧ ٪.

وحامض الفولفيك ذائب في الماء أو بالأصح غروي ودرجة تفاعل حامض الفولفيك المنقاة بالتحليل الكهربائي Elector dialysis وذات الحموضة الكلية ٠،٠٠٥-٠،٠٠٦ مكافئ تقع بين ٢،٦-٢،٨ وعلى هذا الأساس يعتبر حامض الفولفيك من الأحماض العضوية القوية. بينما حامض الهيوميك ذو التركيز المشابه لتركيز حامض الفولفيك المذكور له درجة تفاعل ٣،٧.

وقد تجمعت في السنين الأخيرة معلومات تشير إلى الرابطة القوية بين حامض الهيوميك وحامض الفولفيك وتختلف هذه المجموعة من الأحماض عن بعضها البعض من حيث التركيب العنصري ودرجة انتشارية دقائقها ودرجة تكثفها الضوئية وحساسيتها للتخثر بالإلكتروليات.

ولقد تبين إمكانية التحول التدريجي لحامض الفولفيك إلى حامض الهيوميك والعكس بالعكس أي أنه يمكن اعتبار حامض الفولفيك أشكالا أولية لحامض الهيوميك أو نواتج تحطما.

الهيومين: Humin

الهيومين هو ذلك الجزء من المواد الدبالية الخاصة والذي لا يستخلص من التربة بالمحاليل القاعدية حتى بعد تحرير التربة من الكالسيوم. وقد أصبح ممكنا الآن استخلاص الهيومين بصورة كاملة بطريقة المعاملة المتناوبة بالحامض القاعدة.

الهيومين عبارة عن معقد من المواد الدبالية مشابه للمعقد المستخلص بالقاعدة بصورة مباشرة من التربة المغسولة من الكالسيوم، أي أنه يتكون من حمض الهيوميك والفولفيك ويختلف حمض الهيوميك في الهيومين عن أحماض الهيوميك العادية بكونه يحتوي على نسبة أقل من الكربون ونسبة أعلى من الأكسجين والهيدروجين. وتكون أحماض الهيوميك والفولفيك في الهيومين ذات درجة عالية من التجمع Polymerization والترانس Compactness مما يعطيهم المقاومة الكافية لفعل القواعد.

وعموما يمكن القول بأن الدبال بمكوناته المختلفة مادة غير قابلة للذوبان في الماء ورغم أن بعضه يصبح في حالة غروية عند إضافة الماء إليه ولكنه يذوب لدرجة كبيرة في محاليل قلوية خفيفة وقد يذوب بعض منه في محاليل حامضية. ويختلف بناء مادة الدبال حسب طبيعة المواد المؤلفة له ومرحلة التحلل التي وصل إليها، فالبيال بطبيعته مادة مسامية قليلة التماسك والتلاصق إذا قورنت بالغرويات المعدنية ذو قابلية كبيرة لحفظ الماء وبالتالي للانتفاخ والانكماش. ويعود ذلك إلى الطبيعة الفيزيائية والكيميائية للمركبات الداخلة في تركيبه.

وأنواع الأسمدة العضوية المختلفة إلا أن دبالها Humus يطلق عادة على مجموع موادها العضوية بعد أن تستقر نوعا ما أو تصل إلى حال من التجانس بفعل الميكروبات. حيث يحتوي على نحو ٤٥ ٪ من المركبات اللجنينية و ٣٥ ٪ من المواد البروتينية و ١١ ٪ من المواد الكربوهيدراتية، ٣ ٪ من الدهون والشموع والراتنجيات و ٦ ٪ من المواد العضوية الأخرى، هذا بالإضافة إلى ما يحمله من قواعد التربة وتبلغ نسبة الكربون إلى النتروجين ١٠-١٤ : ١ وهو بالطبع لا يوجد في حالة توازن (Static Equilibrium)، بل يوجد في حالة توازن ديناميكي (Equilibrium (Dynamic، إذ يتزايد باستمرار من ناحية ورود مواد عضوية جديدة آلية ويتناقض من ناحية أخرى بالانحلال.

ويختلف تركيب دبال التربة بطبيعة الحال باختلاف اللجنينات والبروتينات التي يتألف منها وباختلاف الأصول القاعدية التي تتصل به من حيث أنواعها ونسبها وهو يتغير من تربة إلى أخرى تبعا لظروف البيئة وأحوال الجو لأنه خاضع في تكوينه للحرارة والرطوبة والتهوية وأسلوب الزراعة ونوع المزروعات وغير ذلك من العوامل، وأي اختلاف في عامل أو أكثر من هذه العوامل سوف يؤدي حتما إلى تغير في تركيبه وبالتالي تغير نسبة الكربون إلى النتروجين (الآزوت) وما يقال عن الحبال في تربة ما وأخرى يمكن أن يقال عنه في طبقة وأخرى في نفس التربة.

ويرجع ما هو معروف عن تأثير الدبال في خواص التربة إلى طبيعة صفاته وتركيبه فهو لقتامة لونه التي قد تصل إلى درجة السواد يكسب التربة لونا بنية قاتمة يتدرج نحو السواد تبعا لدرجة انحلاله ولما كانت حرارته النوعية تبلغ نحو ضعفي الحرارة النوعية للطين وزنة بوزن فإن يحتفظ بحرارة التربة التي ساعد على إنبات ونمو المحاصيل، والدبال غروي محب للماء ويؤلف مع الطين وحدة واحدة تسمى بالمعقد الغروي Colloidal Complex. وهو يمتص من الماء ما يساوي بالنسبة لوزنه ٢٥ مرة بينما يمتص الطين أكثر من ثلثي وزنه من الماء ولهذا الخاصية أهمية كبرى في احتفاظ الأرض بمائها أثناء الجفاف.

والتربة الطينية يعود أكثر عيوبها إلى استقلال حبيباتها (تفرق) عن الأخرى مع اندماجها وضيق مسامها. ولكن الجير يكون مع الدبال، وخاصة ما يغلف حبيبات التربة، راسبة مجمعة يربط كل جماعة من تلك الحبيبات ويلحمها ببعضها البعض الآخر فتتسع مسامها ويصبح

صرفها ميسورة ومرور الهواء فيها سهلا وانتشار الجذور في طبقاتها هينا. أما التربة الرملية فتنفكها الزائد وسرعة تسرب الماء منها هي أهم عيوبها والدبال يتوزع ويبطن ما بينها من قنوات فإذا ما امتص الماء وانتفخ زال ما بها من عيوب.

وقدرة الدبال على تجميع حبيبات التربة **Aggregation** لا تتوقف في الواقع على صفاته الغروية وحدها ولكن ترجع أيضا إلى أنه مرتع خصيب للميكروبات التي تكون مواد مخاطية تعمل على ربط الحبيبات بجانب ما تعمله الخيطية الشكل منها وعلى الأخص الفطريات.

والدبال يساهم مع الطين في تحديد سعة التربة للقواعد المتبادلة وأثره في ذلك أبلغ من أثر الطين فسعة الجرام الواحد التبادلية من الدبال للقواعد تتراوح بين ٢,٥-٥ مكافئات ملجرامية **Milligram Equivalents** أما سعة جرام الطين التبادلية فهي في المتوسط ٦٥,٠ من المكافئ المليجرامي. ولما كان خصوبة التربة تتناسب مع سعتها التبادلية لتلك القواعد فإنه يتناسب أيضا مع الدبال الذي يساهم بنصيب كبير في تحديد هذه السعة. والدبال وبعض مكوناته يعمل كحامض ضعيف يقوم مع الهيومات **Humate** بتنظيم حموضة التربة وقلويتها **Buffer Action** ولهذا أهميته الكبرى في انتظام حياة النباتات.

كما ويعتبر الدبال مخزنا للأغذية النباتية المدخرة التي تخرج منه شيئا فشيئا على أصلح صورة تلائم المزروعات، وثاني أكسيد الكربون الناتج عن انحلاله فضلا عن أنه مصدرا للكربون اللازم للنبات فإنه يزيد قدرة الماء الأرضي على إذابة الأغذية النباتية المختلفة كالفوسفور والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والمنجنيز والزنك والمغنسيوم وغيرها من العناصر الموجودة في أصولها الصخرية في التربة.

كما ويعتبر الدبال مهذا للميكروبات النافعة ومصدرا لجهدا وغذائها وهذه الأحياء لا يقتصر نفعها على ما هو مشهور في أعمال التآزت أو تثبيت الأزوت الجوي في التربة بل ويمتد إلى تحول بعض العناصر إذا كانت في صورة مركبات عضوية أو غير عضوية غير صالحة للامتصاص النباتي إلى الصورة الصالحة، كما قد يمتد إلى تشجيع نمو الميكروبات المضادة للفطريات والبكتيريا والديدان الأسطوانية (النيماتودا) المسببة للأمراض، كما أن الدبال يحتوي على مواد تسمى بالأوكسينات **Auxines** (محفزات النمو) يظهر أنها مفرزات للميكروبات ويقال أن بينها وبين الفيتامينات والهرمونات ترابطا ذا علاقة وثيقة بنمو النباتات.

٦- كمية الدبال في الأرض:-

يوجد الدبال في الأراضي بنسبة تتراوح بين الصفر و ٩٠٪ وتكون كميته منخفضة في الأراضي الجافة والحارة الرطبة، وعالية في الأراضي الرطبة الباردة. وتعتبر الأراضي فقيرة في المواد العضوية إذا قلت نسبة الدبال عن ٣٪ وغنية إذا احتوت من ٥-١٠٪ وتعتبر دبالية إذا زادت عن ٢٠٪ ويوجد الدبال عادة بأعلى نسبة على السطح ويقل تدريجيا في عمق التربة، وهذا التوزيع طبيعي في أراضي المناطق المعتدلة والحارة، أما في أراضي البودزول فإن أعلى نسبة من الدبال تمثل أفقي **b**.

٧- أهمية الدبال في خصوبة التربة:-

١. تحتوي المواد الدبالية في نواتها وفي سلاسلها الجانبية على النتروجين وعلى مجموعة من العناصر (الكالسيوم والبوتاسيوم، الكبريت، الفوسفور وغيرها) التي لها أهمية غذائية كبيرة بالنسبة للنباتات.

٢. عند تحلل هذه المواد تتحرر العناصر الغذائية المذكورة وتصبح جاهزة ومتيسرة للنباتات، وعلى هذا الأساس يعتبر الدبال مصدرا غذائيا احتياطية. كما يتصف الدبال بقدرته العالية على الاحتفاظ بالماء.

جدول يبين النسبة المئوية لأمض الهيوميك والفولفيك والكربون العضوي الكلي (%) في اراضي مختلفة.

جدول يبين تركيب ونسب العناصر (%) لأمض الهيوميك والفولفيك في اراضي مختلفة.

Elemental ratios			O	N	H	C	نوع التربة
N/C	O/C	H/C					
<b>Humic acid</b>							
٠,٠٥٧	٠,٥٠	٠,٨١	٣٧,١٩	٣,٦٩	٣,٧٥	٥٥,٣٧	تربة عادية
٠,٠٦٠	٠,٥٢	٠,٨٧	٣٧,٩٥	٣,٨١	٣,٩٢	٥٤,٣٢	تربة ملحية
٠,٠٦٣	٠,٥٠	٠,٩٢	٣٦,٨١	٤,٠٢	٤,٢٣	٥٤,٩٤	تربة قلوية
٠,٠٦٩	٠,٥٨	١,١٠	٤٠,٠٢	٤,١٦	٤,٦٨	٥١,١٤	تربة مستصلحة حديثاً
<b>Fulvic acid</b>							
٠,٠٤٤	٠,٨٦	٠,٩٣	٥٠,٣٨	٢,٢٤	٣,٤٢	٤٣,٩٦	تربة عادية
٠,٠٥٤	٠,٩١	١,٠٠	٥١,٣٢	٢,٦٩	٣,٤٥	٤٢,٤٥	تربة ملحية
٠,٠٥٨	٠,٩٣	١,٠٥	٥١,٨٥	٢,٨١	٣,٦٦	٤١,٦٨	تربة قلوية
٠,٠٦٢	٠,٩٧	١,١٣	٥٢,٦٨	٢,٩٤	٣,٨١	٤٠,٥٧	تربة مستصلحة حديثاً

Source, Taha and Modaihsh (2003).

٣. تمتلك المواد الدبالية قابلية امتصاصية عالية للأيونات الموجبة بفضل وجود المجاميع الوظيفية الفعالة فيها، وفي هذه الحالة يكون حمض الهيوميك مع الكالسيوم وأكاسيد الحديد والألمنيوم مركبات ثابتة (غير متحركة وغير قابلة للغسل)، بينما يلعب حمض الفولفيك دوراً معاكساً يساعد في نقل العناصر القاعدية من التربة.

٤. يقوم حمض الهيوميك بربط مكونات التربة المعدنية بعضها ببعض بفضل صفاتها اللاصقة مكون مجاميع التربة Soil Aggregates والتي تلعب دوراً مهماً في تحسين بناء التربة.

والصفات الفيزيائية لها، كما وأن الدبال ينتج مواد منشطة للنمو ( Growth Promoting Substances).

يتضح أن حمض الهيوميك أكثر أجزاء الدبال قيمة كما أن الأتربة الغنية بالدبال الغني بحمض الهيوميك ذات خصوبة عالية بالمقارنة مع الأتربة الفقيرة به.

إن مقاومة الدبال لعمليات التحلل لا يعني طبعا أنها لا تتحلل من قبل الأحياء الدقيقة. وإن تميز كل تربة بكمية معينة وثابتة ولفترة طويلة من المواد العضوية يشير إلى التوازن الديناميكي للعمليات المتعكسة تكون الدبال وتحلله المحددة بالظروف الطبيعية لعملية تكون التربة في منطقة معينة. وعند تغير هذه الظروف يحدث تغير في كمية الدبال وفي تركيبه.

ومجاميع الأحياء الدقيقة التي تستطيع أن تحلل حمض الهيوميك متنوعة جدا كما أن أهمية هذه المجاميع غير متساوية. وبعض الأحياء الدقيقة على ما يبدو تستعمل المجاميع الجانبية فقط لحمض الهيوميك (فطريات العفن، الفطريات الشعاعية من البكتيريا المختزلة للبكتيريات والأكتينومايسيتس).

أما البعض الآخر فله القابلية على تحلل نواتها العطرية الرئيسية، وتعتبر الأخيرة محضرات حقيقة لعملية تحلل الهيوميك، ويصبح المظهر الخارجي للوسط الغذائي الذي يحوي حوامض الهيوميك كمصدر للطاقة عديم اللون.

٨- تأثير فعاليات الإنسان الزراعية على كمية الدبال في التربة:-

إن تبدل فعاليات الإنسان الزراعية يمكن أن تؤثر على التوازن بين عمليات تكون وتحلل الدبال. حيث أن حرث التربة تزيد من تهوية التربة وتبعاً لذلك تزيد من شدة عمليات التفسخ والتحلل البيولوجي وهذا يؤدي إلى إسرار وتعجيل تفسخ المواد العضوية. لذلك فإن حرث وزراعة الأراضي البكر يؤديان في السنين الأولى إلى خفض نسبة الدبال في الطبقة السطحية.