

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة منتوري - قسنطينة 1

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم علم البيولوجيا والبيئة

مقياس علم التربة Ecopedologie

لطلبة السنة الثالثة ليسانس بيولوجيا النبات

للاستاذ الدكتور / غروشه حسين

العام الدراسي 2019-2020

مقدمة

كانت التربة تدرس من الناحية التطبيقية كفرع العلوم الزراعية وظل علم التربة لمدة طويلة على انه ليس فرعاً مستقلاً عن فروع العلوم الطبيعية وبالتالي نظر اليه كعلم من علوم الزراعة.

كلمة التربة بالانجليزية Soil ذات اصل الروماني اشتقت من الكلمة اللاتينية Solum و التي تعني مواد ارضية سائبة تنمو فيها النباتات ثم تطور المفهوم عندما اخذ علماء الجيولوجيا يهتمون بدراسة الأرض واصبح مفهوم كلمة Soil تعني مادة جيولوجية نشأت من نواتج تفكك وتفنت الصخور و المعادن بفعل عوامل التجوية و بالتالي تمكن علماء الجيولوجيين من تحرير علم التربة من مكان كعلم تطبيقي الى فرع من علوم الجيولوجيا و اصبح تعريف التربة (انها عبارة عن الطبقة العليا من القشرة الارضية التي حدثت بها عمليات التجوية الطبيعية و الكيميائية) .

ولم يتمكن الجيولوجيين من حل المشاكل التي فرضت نفسها في انواع الاراضي المختلفة المتعرف عليها ولم يمكن تفسيرها وحلها على اساس علم الجيولوجيا حيث انهم يهتمون بالتربة من الناحية الصلبة الميتة من صخور ومعادن وهذه ثابتة و لحد ما ، بينما بظهور البيدولوجيين تغير مفهوم التربة من الناحية الضيقة الى ما هو اشمع و اوسع بالنظر اليها على انها جسم متغير و بحالة ديناميكية ذات حياة باعتبار انها جزء من الغشاء الحيوي وبالتالي أصبح مفهوم التربة يضم معنى جديد وظهر الاصطلاح الجديد للدلالة على الغشاء المكون للسطح العلوي من القشرة الرضية حيث فيه وعليه نشأت الحياة العضوية.

ويجب ان يذكر هنا ان الغشاء الحيوي يشمل المياه العذبة، والمالحة وطين البحيرات والبحار بينما تكون التربة في تماس مباشر مع الغشاء الجوي.

ويرجع للروس الفضل في ابراز اهمية التربة ودراستها منفصلة عن الزراعة و الجيولوجيا بجعلها دراسة علمية مستقلة لها طابع خاص ، وبين الروس ان التربة ماهي إلا ناتج لعمليات معنية (هي عمليات تكون التربة) وإنها جسم متطور وليس ثابت وان فيها حياة وليست جماد ، فالتربة تعتبر جسم طبيعي مستقل بذاته له خواصه وصفاته الخاصة التي تميزه عن بقية الاجسام الطبيعية الاخرى هذه التربة اساسا تتكون من اربعة اطوار رئيسية هي :

1/ الطور الصلب: ويشمل كل المكونات الصلبة المعدنية او العضوية والتي تكون الهيكل الاساسي للأرض كحبيبات التربة الصلبة بأنواعها وأحجامها المختلفة(كالرمل،السلت،الطين) وبقايا الموارد العضوية نباتية او الحيوانية.

2/ الطور السائل: ويعبر عنه بمحلول التربة وما به من مواد ذائبة او معلقة في صورة غروية والى هذا الطور تعود الكثير من التفاعلات والتغيرات التي تحدث في التربة.

3/ الطور الغازي: ويتكون من مجموعة الغازات لتي تنتشر في الفراغات البينية للحبيبات الصلبة مثل: وغيرها من المكونات الهواء الطبيعي مضافا اليها نواتج التفاعلات والتحولت التي تحدث في التربة مكونة ما يعرف بالهواء الأرضي الذي يختلف في مكوناته عن الهواء الجوي.

4/ الطور الحي: ويشمل كل ما هو حي في الأرض كالأحياء الدقيقة بصورها وانواعها المختلفة (ميكروبات، فطريات، طحالب، الديدان الأرضية، الحشرات، جذور النباتات).

مدخل الى علم التربة (أحوال التربة)

هو العلم الذي يتناول دراسة التربة من حيث تكوينها، بناؤها، تركيبها وخواصها وتوزيعها الجغرافي، كما يعني دراسة خصوبة التربة وطرق المحافظة عليها واستثمارها.

لقد بدأ الانسان يهتم بالتربة عندما انتقل من مرحلة الري الى الزراعة والاستقرار وعندها بدأت تتولد لديه أفكار ومفاهيم متعدد عن التربة التي أضحت الميدان الرئيسي لعمله، ومنذ أكثر من ستة الاف سنة وحتى يومنا هذا ينظر الى التربة كمجال وميدان العمل حيث تعد طبقة رضية مفككة نسبيا تجرى فيها عمليات الفلاحة وتنتشر فيها جذور النباتات.

ولقد تجمعت معارف كثيرة عن التربة لدى القدماء المصريين والصينيين واليونانيين، الرومان حيث استعملوا ري الأراضي وإضافة الاسمدة وغيرها من العمليات الهادفة لرفع خصوبة التربة.

وتعود أولى المحاولات لنشر المعارف عن التربة الى العصور اليونانية والرومانية القديمة، إذا قسم ارسطو التربة استنادا الى خصوبتها الى ما يلي: ممتاز، جيدة، خصبة، مقبولة منهكة، فقيرة وعديمة

الخصوبة

كما قسمت أراضي الصين في كتاب ظهر في القرن الرابع قبل الميلاد وال خمس مجموعات استنادا الى الوانها وقسمت كل مجموعة الى ثلاثة درجات استنادا الى مستوى خصوبتها، وهذه قسمت الى مجموعات

حسب تركيبها الميكانيكي (الحبيبي) ويبقى هذا التقسيم سائدا في الصين حتى منتصف القرن العشرين، لقد أدى اندثار الحضارة اليونانية والرومانية القديمة الى توقف تطور المعارف الزراعية مئات السنوات ثم عاد الاهتمام بدراسة التربة وخصوبتها في اوروبا في بداية القرن الثامن عشر، وتجدر الإشارة الى ان بعض العلماء قد اهتموا بدراسة مصادر تغذية النبات منذ القرن السادس عشر.

ففي عام 1563 م نشر بحث للعالم الفرنسي برنار باليسي palisy Birnard (حول مختلف الطبقات في الزراعة) حيث أشار الى التربة كمصدر لإمداد النباتات بالمواد الغذائية المعدنية.

وفي عام 1629 جاء الكيميائي الهولندي فان هيلمونث Van helmonth بفرضية تغذية النباتات بالماء فقط.

لقد أدت الزيادة الكبيرة في عدد سكان العالم والتطور الصناعي الهائل في القرن التاسع عشر وظهور كثير من المشاكل الزراعية وضرورة إيجاد الحلول المناسبة لها الى نشوء علم التربة وذلك في اوائل القرن العشرين، لم يولد و يتطور هذا العلم بشكل نظري وصفي وانما جاء استجابة لكثير من التساؤلات والمشاكل العملية التي ظهرت في الزراعة. لقد ظهر في غرب أوروبا اتجاهان في دراسة التربة هما: **الكيمياء زراعي** و**الجيوزراعي**، ويمثل الاتجاه الأول Thaer ; Liebig

وغيرهما ويعتبرون التربة مصدر للعناصر المغذية للنباتات، اذ جاء العالم الألماني Thaer سنة 1809 بفرضية التغذية العضوية للنباتات التي تقول بأن النباتات تتغذى على الموارد الذبالية والماء من التربة، ولقد أدت هذه الفرضية الى الاهتمام بدراسة المادة العضوية في التربة، وفي عام 1840 نشر العالم الألماني Liebig كتابه **(الكيمياء وتطبيقاتها في الزراعة والفسولوجيا)** اذ افترض ان النباتات تتغذى فقط بالمواد المعدنية في التربة حيث يتناقص مخزونها باستمرار كلما زرعت التربة، ويجب ان يعوض هذا النقص عن طريق إضافة الأسمدة المعدنية حيث سميت هذه الفرضية بالتغذية المعدنية التي عملت على دحض الفرضية السابقة

وبعد مرور سنين أكد فيغمان وبوليسيراف تجريبيا تلك الفرضية لقد عملت هاتان الفرضيتان على ظهور الكيمياء الزراعية بما فيها الأسمدة كما اسهمت بشكل فعلي في تطور علم التربة .

اما الاتجاه الجيو زراعي فيمثله العلماء Rikthofer, Stibout , Schmitd; Fallou وغيرهم، ويعد التربة نواتج مفككة لتجوية الصخور، حيث تحصل النباتات على العناصر الغذائية المتحررة عن عملية التجوية، فقد عرف Schmith عام 1867 التربة بانها طبقة من القشرة الأرضية قليلة العمق تتكون من

مزيج معدني وعضوي كما يعرف. Stibout عام 1869 التربة بانها الطبقة العلوية من قشرة الأرضية التي تتعرض لعمليات الفلاحة والتي ينشر فيها القسم الأعظم من جذور النباتات المزروعة وتعد كمزيج لحبيبات معدنية تنتج منتهدم الصخور وعضوية تنتج من تفسخ المخلفات النباتية والحيوانية، ويعطى هذه التعاريف أهمية كبيرة للتركيب المادي للتربة وتحددها بطبقة الفلاحة.

تعريف التربة في المدرسة الروسية

ولد علم التربة كعلم مستقل قائم بذاته في روسيا في أواخر القرن التاسع عشر، وساعد في ذلك اتساع رقعة البلاد وغناها بغطائها النباتي وكان العالم. Lomonosov اول من أشار الى دور الاحياء الدقيقة وخاصة الطحالب في تكوين التربة وذلك في كتابة (عن الطبقات الأرضية 1763م) حيث قال "غالبا ما تظهر على الصخور العارية طحالب خضراء فتية لا تلبث ان تهرم ويسود لونها لتصبح تربة ومع تجمعها وتقدم الزمن تصبح قادرة على انتاج الطحالب الضخمة وغيرها من النباتات".

ويعد العالم داكوتشايف Dakuchaiev أول من عرف التربة بشكل علمي كما يعد من مؤسس المدرسة الروسية للأراضي التي استندت على آرائها كثير من المدارس في مختلف انحاء العالم، وهو اول من عرف التربة كتابع لعوامل تكوينها وذلك عام 1899م (التربة هي التابع او النتيجة المتغيرة دائما بفعل المناخ، الصخور الأم، الكائنات الحية التضاريس، عمر التربة، والعمر الجيولوجي للمنطقة) ونبرز من هذه التعاريف الأمور التالية:

- 1- التربة جسم طبيعي مستقل ومختف عن غيره من الاجسام الأخرى.
 - 2- التربة ظاهرة تاريخية لها عمرها وتاريخ تكوينها ومنشؤها ونتيجة للتطور الطويلة بتحول الصخور الى جسم طبيعي جديد هو التربة.
 - 3- النتيجة او العلاقة المنتظمة بين التربة وجميع الاجسام والظواهر الطبيعية الأخرى المحيطة بها.
- إلا ان تعريف داكوتشايف الذي ينتشر اكثر من غيره هو ما وضعه عام 1886م أكثر من غيره هو ما وضعه عام 1886م (التربة هي الافاق الصخرية السطحية والقريبة منها تحت تأثير الماء والهواء ومختلف أنواع الكائنات الحية والميتة حيث تؤثر بشكل واضح على تركيب وبناء ولون نواتج التجربة)
- كما ظهر اتجاه اخر في روسيا ينظر الى التربة من خلال علاقتها بالنباتات النامية عليها و هذا ما يسمى بالاتجاه الوصفي او الخصوبي، اذ اكد العالم Kosstchev على اهمية العامل الحيوي بقوله (تتعلق

الحياة على اليابسة بخواص الطبقة السطحية من الارض التي يمكنها امداد النباتات بما تحتاج من غذاء لتصبح مصدرا للغذاء الحيوان و الإنسان ولهذا السبب تعد دراسته هذه الطبقة في غاية الاهمية لذا يجب قبل كل شيء تمييز الطبقة السطحية هذه الى العمق الذي تنتشر فيه اكبر نسبة من الجذور لنسئها (التربة)

ان العالم وليامز williams يعرف التربة كالتالي (عندما نتكلم عن التربة فإنما نعني الافق السطحي المفكك من الكرة الارضية اليابسة القادر على انتاج المحاصيل الزراعية، و لا يمكن ان نفصل مفهوم التربة عن خصوبتها و الخصوبة هي اهم صفة و سمة نوعية مميزة للتربة بغض النظر عن مستواها الكمي كما ان خصوبة التربة تميزها دائما عن الصخور عديمة الخصوبة). كما يؤخذ على هذا الاتجاه في التعريف استناده على خصوبة التربة كأساس وحيد له و في منتصف القرن العشرين حاول بعض العلماء في الاتحاد السوفياتي جمع الاتجاهين السابقين في تعريف واحد و مثال ذلك تعريف فيلينسكي vilenesky عام 1945 (التربة جسم طبيعي مستقل يتكون نتيجة لتأثير العمليات البيولوجية و تتصف بالخصوبة التي لا توجد في الصخور). و كذلك تعريف فريدلاند fridlend عام 1959 (التربة هي الطبقة السطحية من القشرة الأرضية المتكونة تحت تأثير الغلافي الجوي و الحيوي على الغلاف الصخري و تتصف بالخصوبة). ولعل تعريف روزانوف rosanov 1975 من أكثر التعاريف حداثة و شمولاً (التربة منظومة بنائية، رباعية الأطوال مفتوحة ،متعددة التبعية معقدة تشغل الجزء السطحي من قشرة التجوية و تعد تابعا مركبا للصخور و الأحياء و المناخ و التضاريس و الزمن تتصف بالخصوبة).

تعريف التربة في المدرسة الفرنسية

وهو قريب من تعريف داكوتشايف ليقوم على تبعية التربة لعوامل تكوينها و كمثال على ذلك نورد تعريف Demolon في كتابه (الفلاحة) عام 1960 (التربة تكوين طبيعي سطحي مفكك البنية متغير العمق يتكون نتيجة لتغيير الصخور الأم تحت تأثير العمليات الفيزيائية و الكيميائية و الحيوية).

تعريف التربة في المدرسة الألمانية

هناك مدارس متعددة و متباينة في ألمانيا يأخذ بعضها بالنظرة الجيوزراعية معرفا التربة بطبقة انتشار الجذور Laner1953 أو كطبقة سطحية للقشرة الأرضية مفككة الاندماج يتراوح عمقها بين أغشية دقيقة و بضعة أمتار jacob1953 .

مفهوم التربة في الولايات المتحدة الأمريكية

يعد العالم Hilgard مؤسس المدرسة الأمريكية لعلوم التربة و يعرف التربة في كتابه الذي ظهر عام 1906 بما يلي (التربة مواد فتوتة مفككة بدرجات متفاوتة تستطيع النباتات من خلال جذورها أن تجد فيها السماد و الغذاء ، تتساوى مع غيرها من شروط النمو) و هذا المفهوم قريب من النظرة الجيوزراعية في غرب أوروبا .

لقد أسهم العالم Marbut في تطور علم التربة في الولايات المتحدة اذ طور أفكار داكوتشايف و طبقها على الترب الأمريكية إلا أنه عرف التربة استنادا الى تركيبها و خواصها بدءا من عمليات تكوينها (تتألف التربة من الطبقة الخارجية للقشرة الأرضية و تكون عادة غير متماسكة يتراوح عمقها بضع المليمترات و عدة أمتار حيث تختلف عن المواد التي تقع تحتها باللون و البنية و القوام والخواص الفيزيائية و التركيب الكيميائي و الخواص البيولوجية ، و أحيانا بالعمليات الكيميائية و تفاعل الوسط و الخواص الشكلية أيضا). كما أن كتاب العالم الروسي المهاجر Joffe الذي ظهر عام 1936 قد أسهم بشكل فعال في نشر أفكار داكوتشايف في المدارس الأمريكية، و يعد ممثل المدرسة الروسية في أمريكا و يعرف التربة بما يلي (التربة جسم طبيعي متميز الى أفاق تتكون من مواد معدنية و عضوية و هي عادة غير متماسكة مختلفة الأعماق و تختلف عن صخور الأم التي تتوضع تحتها من حيث ضواحيها الشكلية و الفيزيائية و خواصها و تركيبها الكيميائية و كذلك من حيث علاقاتها الحيوية). لقد حاول العالم جيني Jenny عام 1941 أن يظهر أثر عوامل تكوين التربة عند داكوتشايف بصورة معادلة رياضية $S=F(c,l,o,r,p,t)$ حيث ترمز هذه الحروف الى عوامل تكوين التربة هي cl المناخ، O الأحياء، r التضاريس، p الصخور، t الزمن و كانت هذه المعادلة قد ظهرت في أعمال داكوتشايف بين 1899 و 1901 و على هذا الاساس فهو يعرف التربة بما يلي (التربة هي تلك الأجزاء الصلبة من القشرة الارضية التي تتغير خواصها مع عوامل تكوين التربة).

لقد ساد اخيرا في الولايات المتحدة اتجاهاً في دراسة التربة ، أولها تكويني جينيسس genesis او جامعي و على رأسه جيني Jenney و ثانيها رسمي أو اداري و على رأسه كيلور kellogg . لقد أسهم الاتجاه

الثاني في السنوات الأخيرة في ايجاد كثير من المفاهيم الجديدة عن التربة من خلال اهتمامه بالتصنيف، مما أدى الى ظهور التصنيف العلمي للترب عام 1975 و المعمول به في الولايات المتحدة و كثير من مدارس العالم.

يتضح مما سبق انه لا يوجد حتى الآن تعريف علمي دقيق واحد للتربة متفق عليه من الجميع على الرغم من أن العاملين في هذا المجال يدركون ماذا تعني التربة و يرجع السبب في ذلك الى تعدد المدارس و اختلاف وجهات نظرها، و يمكن القول أن اصدق التعاريف و أدقها هي التي تجمع بين نظرة داكوتشايف من جهة و نظرة ويليامز williams من جهة اخرى أي النظرة التابعة الخصوبية.

التركيب المعدني و الكيميائي للتربة.

1- التركيب المعدني للتربة :

تتكون التربة من مواد معدنية و اخرى عضوية . تؤول الاولى في اغلب الترب اكثر من 90% ; وقد تزيد احيانا عن 99% من الوزن الجاف للتربة , و تشد عن هذه القاعدة الترب العضوية حيث تنخفض نسبة المواد المعدنية فيها احيانا ال اقل من 5% من وزنها الجاف . تشكل الصخور المصدر الرئيسي للمواد المعدنية في التربة. و نستعرض هنا سريعا مجموعات الصخور المكونة للترب أو ما تسمى بالصخور الام من حيث نشأتها و توزيعها و تقسم الى قسمين رئيسيين :

- صخور ام موضعية (محلية) : و هي التي لا تنقل من مكانها الذي تكونت فيه و غالبا ما تتوضع في التضاريس المنبسطة اين تتعدم او تضائلعمليات النقل بكافة اشكالها .
- الصخور الام المنقولة : وهي التي انتقلت من مكان تكونها بأي واسطة نقل كانت لتتوضع في موقع آخر و توجد مجموعات متعددة من الصخور الام المنقولة و ذلك حسب واسطة نقلها كأن تكون بفعل التيارات المائية او الجاذبية الارضية او الرياح وتختلف بعض هذه المجموعات عن البعض الاخر بلامحها و ظروف توزيعها و تثبيتها كما تختلف بتركيبها المعدني و الميكانيكي الكيميائي .

ولو استعرضنا التركيب المعدني للترب و المواد الام لرأينا ان الكوارتز Quartz يحتل المرتبة الاولى من الناحية الوزنية اذ يشكل 40%-60% ثم يأتي الفلدسبار ليشكل حوالي 20% و الميكا حوالي 10% و السيلكات البسيطة (اوغيتOgit-هوربلندHorpelland-اوليفين Olivine) و تشكل 5%-10% من المجموع المعادن الاولية .

ام المعادن الثانوية فتضم الاملاح البسيطة كالكالسيت Calcite , المغنيزيت Magnizite , الدولوميت , الجيبس Gypse , الهاليت Halite وغيرها حيث تتجمع فيترتب المناطق الجافة .

كما تضم المعادن الثانوية فتضم الاكاسيدو الاكاسيد المائية للسليسيوم و الالمنيوم و الحديد و المغنيزيوم و غيرها حيث تنتشر في مختلف المناطق المناخية , و يمكن ان تصل نسبتها في الصخور الام و التربة الى اكثر من 10% .

اما المجموعة الثالثة من المعادن الثانوية فهي الطينية و سنتعرف لها بالتفصيل .

المعادن الطينية

معادن ثانوية بنيتها البلورية شريحية مطبقة أو سلسلية شريطية , تتناوب فيها طبقات من رباعيات الوجوه Tetrahedra مع طبقات من ثمانية الوجوه Octahedra , تتركب كيميائيا من سيليكيات الالومنيوم و المغنيزيوم و الحديد المائية و غيرها .

تتكون المعادن الطينية غالبا باحدى الطريقتين , اما باستبدال بعض الذرات او الجزئيات في المعادن الاولية بغيرها من المحلول الارضي أو عن اتحاد نواتج تهديم المعادن الاولية .

فاستبدال البوتاسيوم من الميكا بشوارد الهيدروجين المتميعة (الهيدرونيوم H_3O) يؤدي الى تكوين الاليت Illite , كما يتحول البيوتيت Biotite الى فيرميكوليت Vermiculite بالآلية نفسها و هنا لا تتهدم البنية البلورة للمعدن الاولية بل تبقى محافظة على شكلها لتعطي معادن طينية مشابهة لها في البنية .

كما يؤدي تهدم الفلدسبار الى تكوين مختلف المعادن , و تتعلق نوعية المعدن المتكون برقم حموضة الوسط و نوعية الكاتيونات السائدة في نواتج الهدم و المحلول و هذا ما يوضحه المخطط التالي عن ميلوت 1961: Millot:

• الفلدسبار (شوارد) : -وسط قلوي مع-

--Ca.Mg

<مونتموريللونيت Montmorillonite

• -وسط خفيف الحموضة --مع-K-

<اللايت Ellite

• وسط حامضي -مع--H-كاولينيت. Kaollinite.

تجتمع عدد من طبقات رباعيات الوجوه و ثمانيات الوجوه بعضها مع البعض الاخر بروابط هيدروجينية أو اوكسجينية او بوتاسية مكونة ما يعرف بالرزمة Packet و ترتبط حوالي 10-20 رزمة مع بعضها بروابط قد تكون قوية او ضعيفة مشكلة شريحة او حشفة بلورية صغيرة تتراوح ابعادها بين 1-10 ميكرون او اقل من ذلك .

ان النسبة بين عدد طبقات رباعيات الوجه و ثمانيات الوجوه محددة في الرزمة الواحدة لكل معدن و على هذا الاساس تقسم المعادن الطينية الى الصفوف التالية :

1- صف المعادن ثنائية الطبقات (1:1) :

تتناوب في رزمتها طبقات واحدة من رباعيات الوجوه مع الاخرى من ثمانيات الوجوه و يضم مجموعات (الكاولينيت Kaollinite-الهالوازيت Halloyasite و الكلوريت Chlorite 7A°).

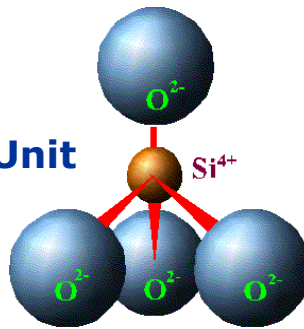
2- صف المعادن ثلاثية الطبقات (1:2):

و تحتوي على طبقتين من رباعيات الوجوه تحصران طبقة واحدة من ثمانيات الوجوه و تضم المونتموريللونيت و الاليت و فيرميكوليت.

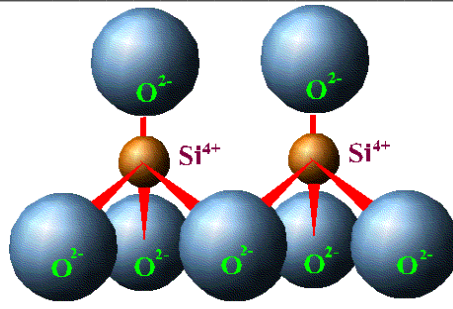
3- صف المعادن رباعية الطبقات (2:2) أو (1:1:2) :

يحتوي على طبقتين من رباعيات الوجوه المتناوبة مع طبقات من ثمانيات الوجوه و يضم الكلوريت العادي 14 A° .

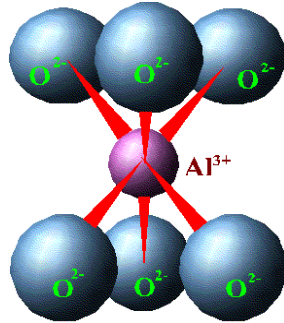
1. Silica Tetrahedron Unit



Sharing

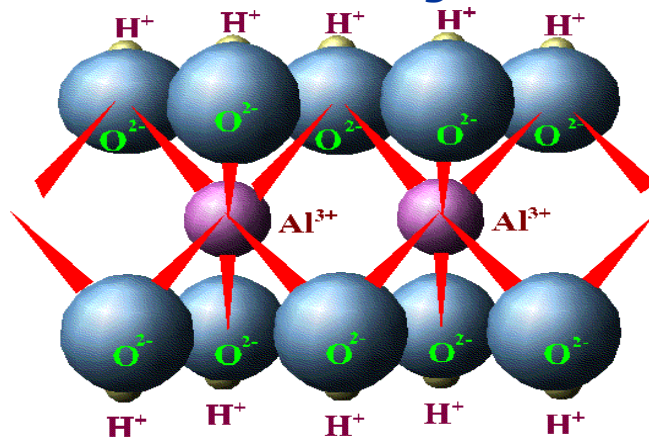


2-Aluminium Octahedron Unit



Sharing

Sharing



الخواص العامة لأغلب المعادن الطينية

- 1- بلوراتها دقيقة جدا تقاس عادة بالميكرون لذلك توجد بشكل رئيسي في الحبيبات الدقيقة .
- 2- بلوراتها شريطية الشكل غالبا تشبه الميكا و لكنها قد تكون ابرية احيانا .
- 3- تتصف ببعض الخواص الغروية و ذلك لضغر حجمها و لشحنتها الكهربائية
- 4- لها القدرة على امتصاص الماء و المحاليل العضوية .

5- تستطيع تخزين الكاتيونات بدرجة كبيرة اذ يمكن ان تصل سعة ادمصاصها الى اكثر من 150 ملم مكافئ/100 غ .

6- تحتوي على الماء المرتبط كيميائيا الذي يتحرر عند تسخينها لحرارة معينة تختلف من معدن لأخر يمكن اعتماد على تلك الحرارة للتعرف على المعادن .

7- تكون لدنة لزجة أثناء رطوبتها محافظة على الشكل الذي يعطي لها و تصبح قاسية قسوة الصخور عند جفافها .

8- للمسافة ما بين الرزم اهمية كبيرة في التعرف على المعادن ففي بعضها تكون محددة ثابتة و في بعضها الاخر تكون متغيرة حسب درجة الرطوبة .

اهم المعادن الطينية

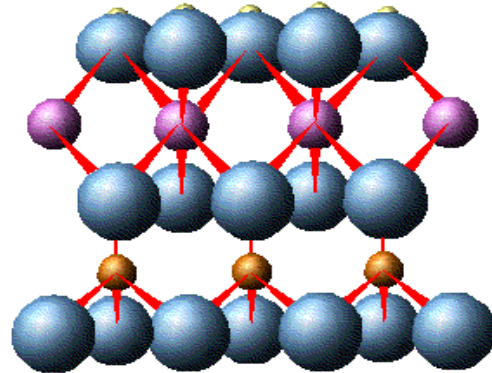
1- صف المعادن ثنائية الطبقات 1:1: يضم مجموعتي الكاؤولينيت kaolinite و الهالوازيت Haloyasite :

- مجموعة الكاؤولينيت Kaolinite :
-

Kaolinite *micelle*

Gibbsite layer

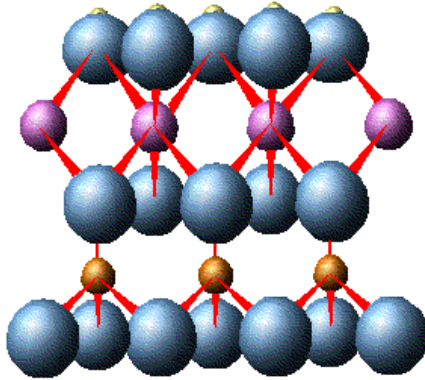
Silicate layer



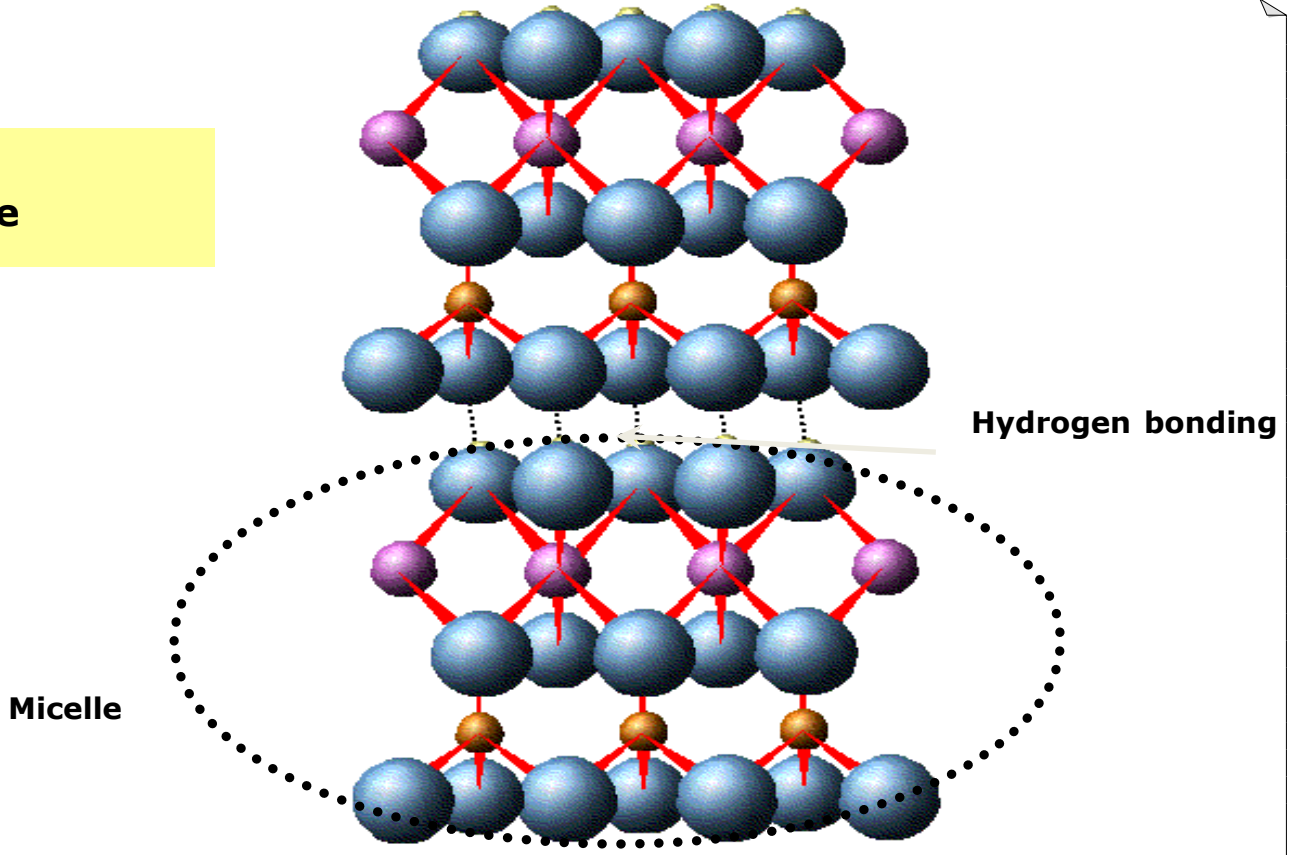
تضم بالإضافة الكاؤولينيت ، الديكيت Dickite و الناكرت Nacrite صيغتها الكيميائية $(OH)_4 Al_2$ $(Si_2 O_5)$. من مميزاتها :

• تنتشر بنسبة كبيرة في الترب الناضجة التي تعرضت لعمليات تجوية شديدة لمدة طويلة في الاوساط الحمضية , اين تتوفر مثل هذه الظروف في الترب الحمراء و القرميدية و الصفراء في المناطق الرطبة المدارية و شبه المدارية , كما تصادف في غيرها من الترب و لكن بنسب منخفضة , و تتصف افراد هذه المجموعة بالخواص التالية :

1. حبيباتها شريحية سدسية متطاولة.
2. المسافة بين الرزم ثابتة و تساوي $7A^\circ$ و هذا يعني عدم انتفاخها اثناء ابتلالها .
3. توجد بشكل رئيسي في العناصر الميكانيكية التي تزيد اقطارها عن 1 ميكرون
4. قدرتها على امتصاص الماء منخفضة.
5. سعة الادمصاص الكاتيوني لا تقل عن 20 ملم مكافئ و لها القدرة واضحة على الادمصاص الأنبوبي
6. فقيرة بالقواعد و القواعد الارضية لذلك تحتاج الترب الغنية من هذه المعادن الى اضافة الأسمدة البوتاسية و الكلسية



Kaolinite



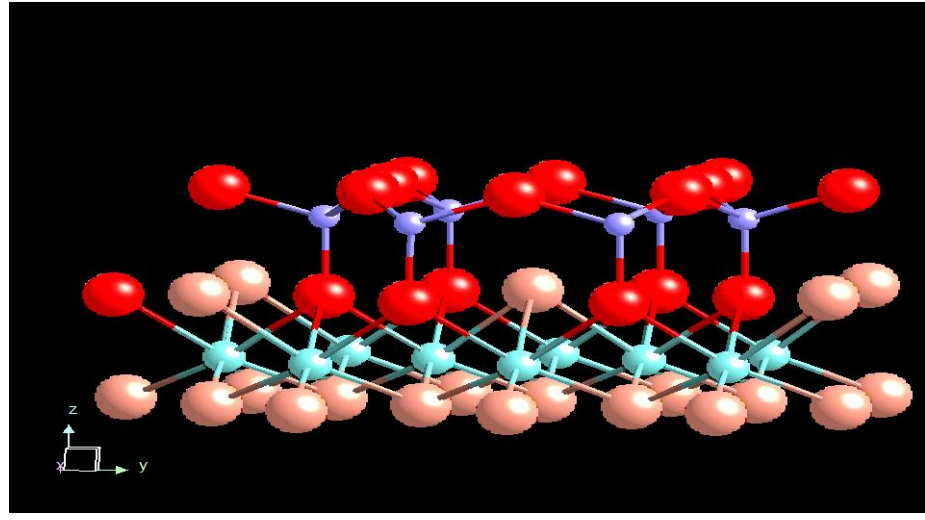
• مجموعة الهالوازيت Halloysite :

• تتشابه مع الكاؤولنيت كثيرا و تختلف عنه بما يلي:

1. أغنى بالماء لذلك فان صيغتها تشبه صيغة الكاؤولنيت مضاف اليها جزيئين ماء
2. حبيباتها أصغر حجما و بالتالي فان سعة امتصاصها الكاتيوني أعلى
3. المسافة بين الرزم 10\AA و قد تصل في بعض أنواعها الى 10.8\AA
4. حبيباتها ابرية أو شريحية متطاوله
5. ارتباط الجزيئات المائية ضعيف بهذه المعادن و بالتالي يمكن تبخيرها على درجة 100م مما يؤدي الى تقلص المسافة القاعدية من 10.15\AA الى 7.3\AA عند هذا يصبح اسم المعدن
6. ميثاهالوازيت Methahalloysite

Sharing of Apical Oxygens in Tetrahedral Sheet with
Hydroxyls of Octahedral Sheet

Serpentine (1:1 trioctahedral mineral)



2- صف المعادن ثلاثية الطبقات 1:2 و يضم المجموعات التالية:

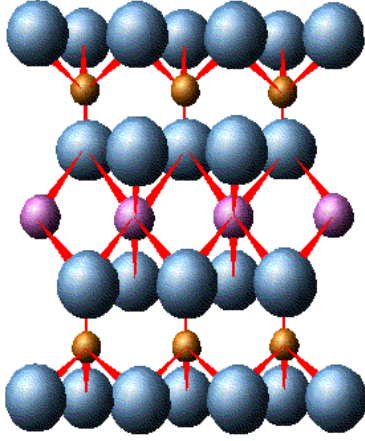
• مجموعة منتموريلونيت Montmorillonite :

صيغتها الكيميائية $(Al_2(OH)_2Si_4O_{10})$, تنتشر بشكل واسع في جميع الترب مال عدا ترب المناطق الحارة الرطبة حيث تتهدم بفعل عوامل التجوية الشديدة و تتكون عادة في الاوساط القلوية على عكس الكاؤولينيت لذلك فان الضخور الاندفاعية القاعدية و خاصة الرماد البركاني تؤدي الى تكوين معادن هذه المجموعة , تضم هذه المجموعة معدني البيديليت Beidellit و هو الاغنى بالالمنيوم و النونترونيت Nontronite و هو الاغنى بالحديد من المونتموريلونيت .

• تتميز هذه المجموعة (المنتموريلونيت) ب :

1. شكلها شريحي و احيانا مسدسيا سيئ الوضوح .
2. ادق المعادن الطين و انعمها حيث يصل محتوى الغرويات الى %60 ومحتوى الحبيبات التي تقل عن 1 ميكرون الى %80 من وزنها .
3. سعة ادمصاصها الكاتيوني عالية تتراوح ما بين 80-120 ملم مكافئ / 100 غ للتربة ام قدرتها على الادمصاص الانيوني فهي منخفضة .
4. تمتص الرطوبة بشراهة و تصبح لدنة لزجة و تنتفخ بشدة كما تتكمش اثناء الجفاف و تنقسم لتشكل الاعمدة و المواشير .
5. تتغير المسافة بين الرزم من $10A^\circ$ عند الجفاف الى حوالي $19A^\circ$ عند الرطوبة .
6. تحتوي على حوالي %4 من وزنها MgO كما تحتوي على مختلف الكاتيونات المميزة .
7. عند تسخينها الحرارة 350-500 م ° تتكمش شبكتها البلورية بشكل دائم و و تفقد لدونها و لزوجتها و تنخفض سعة امتزانها .

يمكننا القول بان الترب الغنية بالمنتوريللونيت و الفقيرة بالذبال Humus تتصف بخواص فيزيائية سيئة : - كزيادة اللزوجة و الالتصاق و انخفاض نفاذية الماء و الهواء و ارتفاع الهيدروفيلية و قدرتها العالية عل تثبيت الفوسفات ' اما اذا ترافق وجود المنتوريللونيت مع وجود المعادن الاولية و الذبال فان التربة تصبح جيدة ال خواص عليا الخصوبة

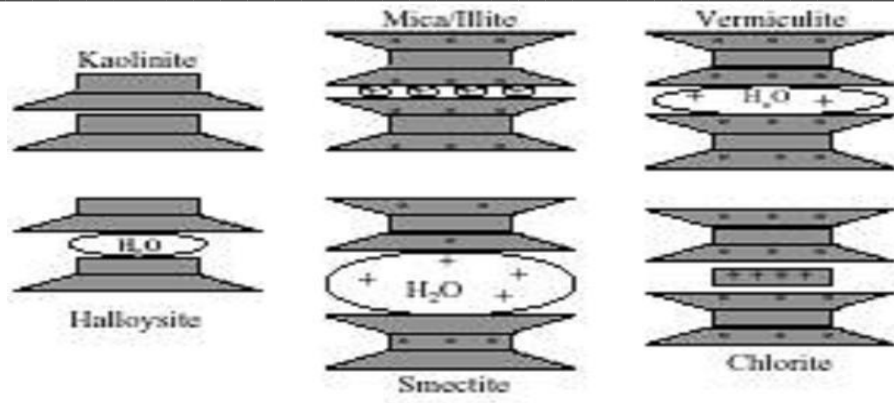


• مجموعة الميكا المائية (Hydromica)

- تضم معادن موسكوفيت Muscovite والاليت Illite و الهيدروبيوتيت Hydrobiotite و الهيدرووغلوبيت Hydroflorbite و غلوكونيت. Gheloconite.
- تصادف في كافة الترب تقريبا ما عدا ترب المناطق الرطبة المتكونة على الصخور القاعدية (البازلت) و تشكل نسبة كبيرة في حبيبات التربة التي تقل اقطارها عن 1 ميكرون .
- يعد الموسكوفيت و البيوتيت Biotite المصدر الرئيسي لتكوين الميكل المائية بطريقة الاستبدال .

خواصها:

1. شكلها الشريحي شبيه الميكا الاولية دقيقة .
2. تقل خواصها الهيدروفيلية و لزوجتها و انتفاخها كثيرا مقارنة بالمنتوريللونيت .
3. سعة امتزائها الكاتيوني متوسطة.
4. المسافة بين الوحدات البلورية ثابتة و تساوي 10 \AA .
5. قدرتها على تثبيت الفوسفات أقل مما هي في المونتوريللونيت .
6. غنية بالبوتاسيوم و المغنيزيوم حيث يسهل استنقادة النباتات منها :

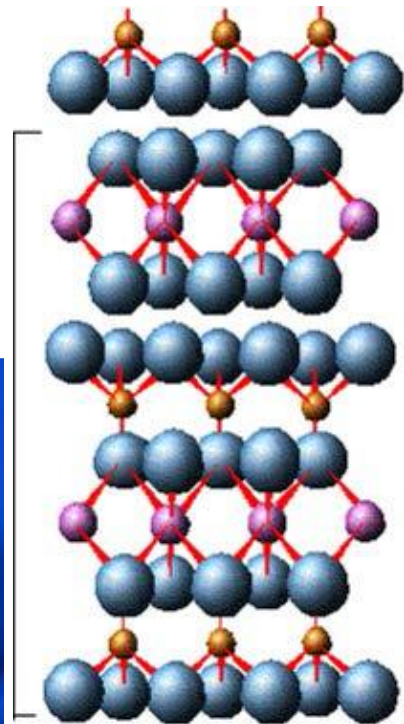


• **مجموعة الفرميكوليت (Vermiculite) :**

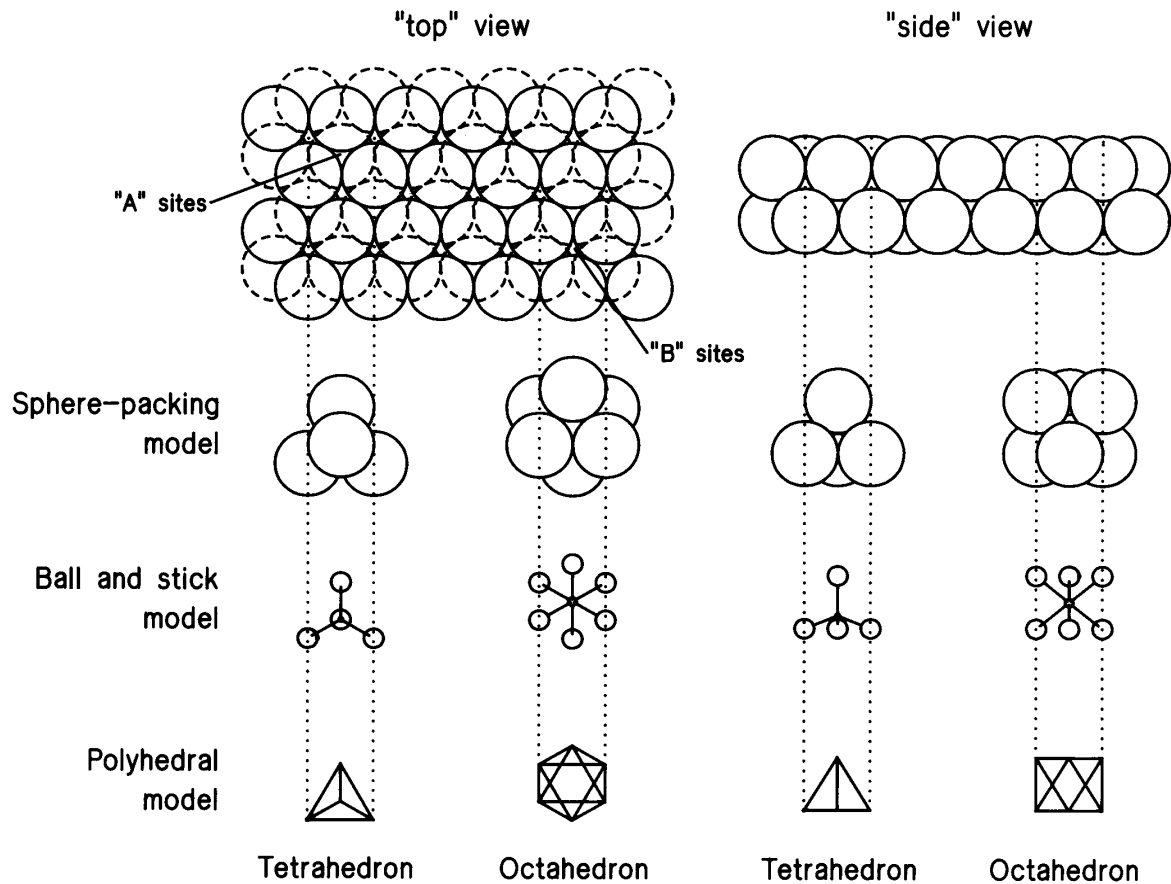
- تتشابه هذه المعادن مع مجموعة المنتمورللونيت من حيث انتفاخها و تميهها سعة امتزائها الكاتيوني غير انها اغنى عنها بالغنزيوم و الحديد.

3- صف المعادن رباعية الطبقات 2:2 او 1:1:2 :

و تضم مجموعة الكلور Chlorite و تنتشر بنسبة عالية في ترب المناخات المعتدلة تشبه الميكا المائية مضافا اليها طبقة من ثمانيات الوجوه تدعى البروسيت (Brucite) المسافة بين الوحدات البلورية ثابتة و تساوي 14 \AA في الكلوريت العادي اما الكلوريت 7 \AA تقع تحت صف المعادن ثنائية الطبقات .



صور لنموذجي الشكل الرباعي والثماني



الطبقة الثمانية الوجوه Octahedra تظهر بصورتان اما على شكل Dioctahedra او على شكل Triocahedra كما تبدوا في الشكل التالي

Cations in the octahedral sheet •

Al^{+3} = dioctahedral: 2 out of every 3 sites filled ($2 \times 3+ = 6+$)

Mg^{+2} = trioctahedral: 3 out of every 2 sites filled ($3 \times 2+ = 6+$)

Type of stacking along the c-dimension. •

المعادن المكونة للترب

تنقسم المعادن المكونة للتربة بصورة عامة الى مجموعتين :

- المجموعة الاولى : المعادن الاولية (الاساسية)
- المجموعة الثانية : المعادن الثانوية (المعادن الطينية)

البناء الاساسي للمعادن

- تبعا للنظريات القائمة فان العناصر المكونة لبناء المعادن تتواجد على هيئة ايونات و هذه الأيونات ترتب في تنظيم هندسي فراغي معين فيكون وجودها على ابعاد ثابتة بعضها البعض و تكرر نفسها في الفراغ تبعا لنظام معين و لكل معدن نظام خاص يتبعه في بناءه الهندسي الفراغي.
- و لقد اقترح جولدتشن 1938 Gholdchen عن كتاب حسن مصطفى 1973 ترتيبا تنازليا للمعادن السيليكاتية المكونة للصخور الاولية من حيث مقاومتها للتجوية مبدءا بأقلها مقاومة كالتالي : اوليفين (OLivine) بروكسين (Proxine) الفيول (Amphibole) ببيوتيت (Biotite) الفلدسبارت قاعدية (كوارتز Quartz فلدسبار feldspar) .
- ان المعادن السيليكاتية تنشأ من ترابط أيونات السيليكون بعضها ببعض بواسطة ايونات اوكسجين أو هيدروجين مكونة بناء السيليكات الهندسي
- تقسم المعادن السيليكاتية على أساس الترتيب الداخلي الهندسي للمكونات يعتمد مجموعة رباعي السطوح tetrahedra للسيلكون و الأوكسجين $(SiO_4)^{4-}$ هي الوحدة البنائية لكل المعادن السيليكاتية و هذه الوحدة الرباعية تتركب من أيون سيليكون مركزي ترتبط به أربعة أيونات اوكسجين محيطة به على هيئة هرم رباعي كما في الشكل.
- يمتلك أيون السيليكون نصف قطر مقداره $0.4A^\circ$ اي $10e^{-4}$ من الميكرون و نصف قطر أيون الأوكسجين $1.4 A^\circ$ و اذا عاملنا أيونات الأوكسجين و السيليكون على أنها تتواجد على هيئة كرات كاملة و أن أيونات الأوكسجين نظمت نفسها على شكل رباعي و تكون في تجانس مع بعض فان الفراغ الوسطي يكفي لان يشغله أيون السيليكون و نجد في مثل هذا التنظيم للمجموعة أن التكافؤ الرباعي لأيون السيليكون الوسطي يتعادل كهربائيا نتيجة مشاركة أيون السيليكون بشحنة سالبة واحدة لكل فئة أيونات الأوكسجين الأربعة المتركمة حوله و بذلك يكون بناء ثابت ومن التنظيم أيضا نجد

- أن كل أيون أكسجين يظل يحمل شحنة سالبة واحدة ممكن عن طريقها أن يرتبط بأيون موجب Cation مجاور خارج المجموعة الرباعية اذا تمت البلورة و امتدت
- لذلك يعرف المعدن بأنه كل مادة صلبة متجانسة غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية و له تركيب كيميائي متغير (و لكن في نظام محدود) و ذلك بسبب احلال ذرة عنصر محل ذرة عنصر اخر في بناء المعدن و يكون للمعدن نظام بلوري مميز
 - لذلك عملية الاستبدال المتماثل يعني استبدال ذرة أو أيون محل ذرة أو أيون اخر داخل النظام الهندسي البلوري للمعدن دون ان يحدث انهيار للنظام الهندسي او يصاحب ذلك تغيير جوهري للنظام الهندسي البلوري و الاستبدال المتماثل قد يكون بسيطاً او معقداً أما المعادن المتبلورة تتميز بترتيب ثابت بين الأيونات أو ذرات في الأبعاد الثلاثة و تكون هذه الوحدات البنائية متماسكة بعضها ببعض
 - أما التركيب الثاني للوحدات البنائية للمعادن الطينية الى جانب تركيب رباعي الوجوه Tetra فهو تركيب ثماني الوجوه Octa أو أكسيدوهيدروكيدات الألمنيوم و المغنيزيوم و التي تتشابه في هذه الحالة ذرات المركزي كأيونات ألومنيوم أو مغنيسيوم مع ست ذرات من الأوكسجين أو مجموعة الهيدروكسيل
 - ان اشتراك التراكيب ذات ثماني الوجوه المتجاورة بذرة الأوكسجين يؤدي الى تكون طبقة من ثماني الوجوه.

الصفات العامة لبعض المعادن في تربة الغابات

ان المعادن التي تتألف منها تربة الغابات هي معادن سيليكاتية بالدرجة الاساسية كما هو الحال في الترب الزراعية و خاصة معادن السيليكات الالومنيوم الى جانب السيليكات البسيطة و لمعرفة انواع المعادن السيليكاتية السائدة في التربة و لسهولة توضيحها قسمت هذه المعادن بالاعتماد على طريقة ارتباط مجموعات رباعي الوجوه مع بعضها البعض كالتالي :

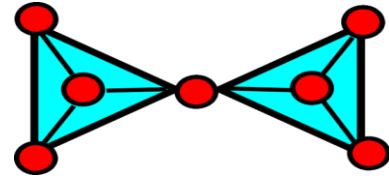
1- NESOSILICATE (Si O₄)⁻⁴ :

تتصف هذه المجموعة بان كل ذرة من ذرات الاوكسجين الاربعة المكونة للوحدة الرباعية tetrahedra المستقلة ترتبط بايون موجب خارجي مثل (Fe+2)(MG+2) ثم يرتبط هذا الايون الموجب الخارجي بالتالي باكسجين مجموعة رباعية اخرى و بذلك ينتشع كل ايون موجب بطريقة جبرية بواسطة ارتباطه

بذرتين من ذرات الاوكسجين بحيث تكون كل ذرة اوكسجين تابعة لمجموعة رباعية tetrahedra منفصلة و بذلك نجد ان الملامح الرئيسية لهذا البناء الهندسي هي ان كلوحدة من الوحدات الرباعية $(SiO_4)^{-4}$ تتواجد بصورة مستقلة و ترتبط بوحدة اخرى مماثلة لها خلال ايون موجب وسطي خارجي غير ان السيليكون و مثال على هذه المعادن هو معدن الاليفين $(Mg,Fe)_2SiO_4$ و معدن الكرنيت $CaFe_3Al_2(SiO_4)_3$

Sorosilicate $(Si_2O_7)^{-6}$:-

تتصف هذه المجموعة بان وحدة بناؤها عبارة عن مجموعتين من الوحدة البلورية الرباعية مرتبطتان ببعضهما خلال ذرة الاوكسجين كما في معدن الميليليت Ca_2MgSiO_7 (Melilite) و معدن هيميمورفات $Zn_4SiO_7(OH)_2H_2O$ (Hemimorphite)



ترتيب وحدات رباعي الأوجه السيليكاتي	صيغة المعقد الأيوني	المعادن الساندة
(أ)	$Si_2O_6^{-4}$	البيروكسين
(ب)	$Si_2O_{11}^{-8}$	الامفيبول

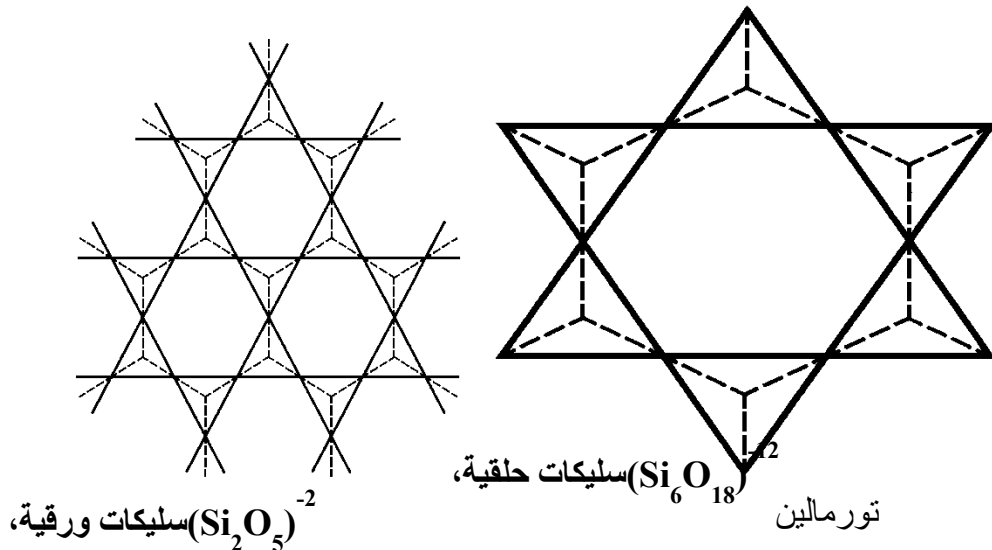
3- $(\text{SiO}_3)^{-2}$ Inosilcate :

تتصف هذه المجموعة بان يكون ارتباط المجموعات الرباعية الفردية ببعضها من خلا جسر من الذرات الاوكسجين و يكون الارتباط عن طريق اشتراك مجموعتين رباعيتين في ذرتين من الاكسجين و بذلك نجد ان شحنتين موجبتين لكل ايون سيليكونمركزي بوجهاناتجاه ذرتي الاوكسجين اللذان يستخدمان كجسور ارتباط , ام الشحنتان الموجبتان و المتبقيتان لكل ايون فيوجهان تجاه ذرتي الاكسجين الباقيتين .

- نجد في كل مجموعةرباعية و من الممكن ان يستخدما في الارتباط بايونات موجبة خارجية مثل الكالسيوم $(\text{Ca}+2)$ و المغنسيوم $(\text{Mg}+2)$ و الحديد $(\text{Fe}+2)$ و غيرها .

- و من المعادن الممثلة لهذه السلسلة المفردة هي معادن البروكسين (pyroxine) و منها معدن MgSiO_2 (Enstatite) و معدن $(\text{Ca},\text{Mg}(\text{SiO}_3)_2)$ (Diopside) كما في الشكل ادناه :

وإذا حدثت و كان الترابط المزدوج بين المجموعات الرباعية الفردية خلال ذرتين من الاكسجين بحيث لا تتكون سلسلة مستقيمة بل تقفل السلسلة على بعضها و تكون حلقات دائرية كما في الشكل اعلاه فانه ينشأ عن ذلك معادن سليكاتية حلقية تسمى (Cyclosilcate) كما في معدن $(\text{Ba}_3 \text{Ti Si O}_9)$ (Benitonite) و معدن البيرل (Beryl) $(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18})$ و معدن $(\text{Al}_2(\text{OH})(\text{BO}_3)(\text{Si}_4\text{O}_{12}))$ (Axinite) و معدن $(\text{Ca},\text{Mn},\text{Fe})$ و في بعض الاحيان توجد سلسلتان مستقيمتان يحدث لهما تكثف و تلتحما معا مكونتين سلسلة مزدوجة مستقيمة و هذا ما يحدث في مجموعة الامفيبول (Amphyboles) و نسبة السيلكون الى الاكسجين في السلسلة المزدوجة هي $(\text{Si}_4 \text{O}_{11})^{-6}$ كما في معدن الهوربلند الخالي من الالمنيوم $(\text{H}_2\text{O})_{23}\text{Si}_8$ $\text{Ca}_2 (\text{Mg Fe})\text{O}_{22}$.

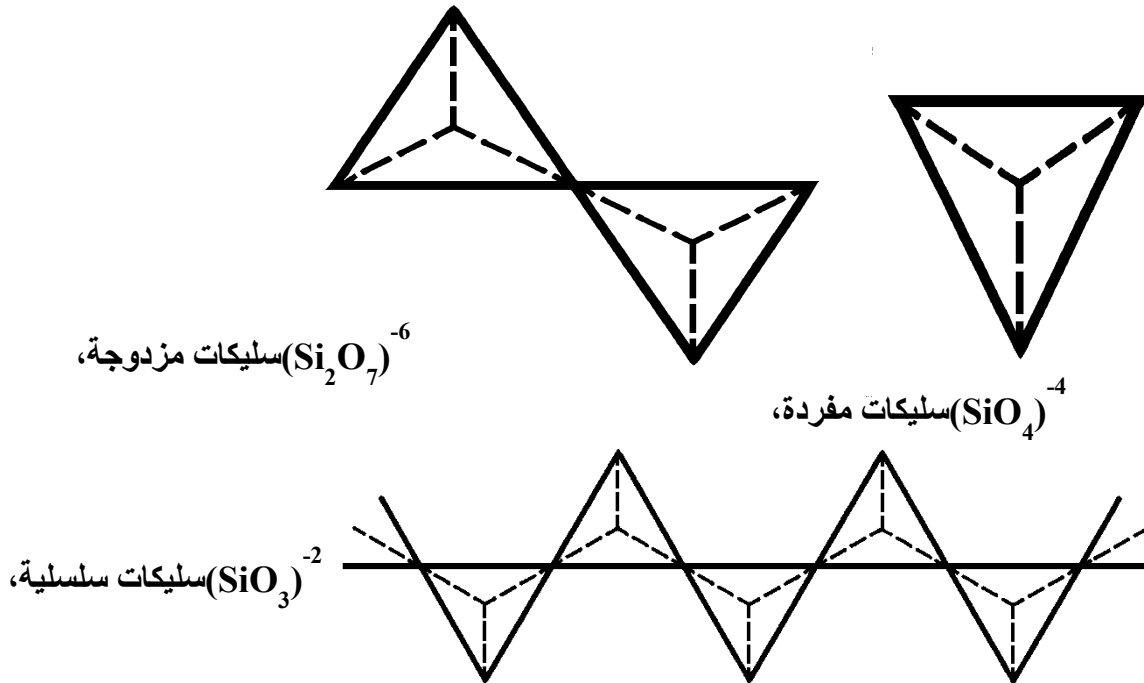


(SiO₂) سليكات شبكية،

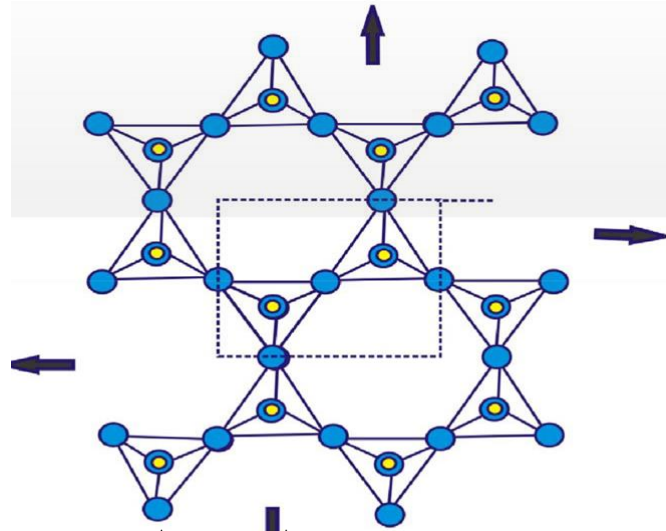
وحدات تتراهدرا مرتبطة في شكل شبكي ذي ثلاثة أبعاد عن طريق أربع ذرات أكسجين.

-4 Phyllosilicate :

عندما يحدث تكثف لعدة السلاسل من مجموعات الرباعية تمتد الى ام نهاية في الاتجاهين ينتج عنها طبقة من الوحدات الرباعية السيلكاتية و البناء الطبقي يحوي السلكون و اوكسجين بنسبة 5:2 و من دراسة الشكل السابق لمجموعة (Inosilcate) يتبين ان ثلاث ذرات من الاوكسجين لكل مجموعة من المجموعات الطبقيّة الرباعية تعمل كجسور ارتباط بين المجموعات الرباعية المتجاور في البناء الطبقي



و معادن لميكا (Mica) مثل لهذا البناء معدن الموسكوفاييت (Muscovite) $(K_2 Al_4)$



1- المعادن السليكاتية المفردة: $(Fe_2O_4)(Si_4O_{20})$ Nesosilicate -4: الارتباط يتم عن طريق ايونات Mg و Fe مع

أنواع المعادن السليكاتية درتي اكسجين لمجموعتين رباعيتين

2- المعادن السليكاتية المزدوجة: -6 Sorosilicate (Si_2O_7) :- الارتباط يتم عن طريق ذرة اكسجين واحد لمجموعتين رباعيتين

3- المعادن السليكاتية الحلقية: -12 Cyciosilicate (Si_6O_8) :- الارتباط يتم عن طريق اشتراك مجموعتين

رباعيتين في درتين من الاوكسيجين

4- المعادن السليكاتية السلسلية: -2 Inosilicate (SiO_3) :- الارتباط يتم عن طريق اشتراك مجموعتين

رباعيتين في درتين من الاوكسيجين

5- المعادن السليكاتية الصفائحية: -2 phyllosilicate $(Si_4O_{10})_n$:- الارتباط يتم عن طريق اشتراك

مجموعتين رباعيتين في ثلاث درات من الاوكسيجين

6- المعادن السليكاتية الشبكية: -2 Tectosilicate SiO_2 :- الارتباط يتم عن طريق اشتراك مجموعتين رباعيتين في أربع درات من

الاوكسيجين

التركيب الكيميائي للتربة

تحتوي التربة على عدد كبير من العناصر الكيميائية مشكلة مركبات مختلفة حيث تعد المصدر

الرئيسي لعناصر التغذية المعدنية للنبات .

و لقد وزع (clark) و (polynov) العناصر التي تدخل في تكوين القشرة الارضية كيميا و بشكل تقريبي

معتمد على نتائج عينات كثيرة و من امكنة موزعة على سطح القشرة الارضية كما هي موضحة فيما

يلي :

- المواد المكونة للقشرة الأرضية حسب (Clark) على شكل أكاسيد :

SiO ₂ = 58,2%	MgO = 3,8%
Al ₂ O ₃ = 16,0 %	K ₂ O = 3,2%
Fe ₂ O ₃ = 3,3%	Na ₂ O = 3,9%
FeO = 3,8%	TiO ₂ = 1,0%
CaO = 5,2	H ₂ O = 1,5 %

- مكونات القشرة الأرضية بصورة عناصر حسب (Polynov) :

المجموعة الأولى

O = 49,3%

Si = 25,7%

المجموع : 75%

المجموعة الثانية

AL = 7,5%

Fe = 4,7%

Ca = 3,39%

Na = 2,63%

K = 2,4%

Mg = 1,93%

المجموع : 22,55%

المجموعة الثالثة

N = 0,87%

Ti = 0,58%

Cl = 0,90%

C = 0,10%

Mn = 0,10%

P = 0,10%

المجموع: 2,65

المجموعة الرابعة

S=0,06

Ba=0,04%

N=0,03

F=0,03%

Cr=0,03%

Ni=0,02%

Sr=0,02%

Cu=0,01%

المجموع: 0,24

من خلال التوزيع السابق يتبين ان القشرة الارضية تتكون من عدد من العناصر الكيميائية الا ان هناك 8 عناصر تشكل تقريبا %98 من مجموع العناصر الموجودة على سطح القشرة الارضية (Ca, K, Mg, O, Si, Al, Fe) و يتكن من %75 من القشرة الارضية من عنصري (O) (Si) و يتضح من ذلك ان كثير من العناصر الضرورية لنمو النبات توجد في القشرة الارضية ليست موزعة توزيعا متجانسا فبعض المناطق تعتبر مناجم لبعض العناصر (كالفوسفور في مناجم الفوسفات) في حين تتفقر اليها في بعض الناطق الاخرى .

و بالنظر الى نسبة الاوكسجين المرتفعة و حجمه الكبير فانه يشغل حوالي 90 من حجم القشرة الارضية على انها تتكون من شبكة من ذرات الاوكسجين . تقع الذرات الكيميائية الاخرى في المسافات البينية المحصورة بينها بما يضمن التعادل الكهربائي .

و ترتبط ذرات العناصر بنسب المختلفة و ترتيب فراغي مختلف لتكون المعادن المختلفة و على ذلك فالمعدن يطلق على ذلك البناء البلوري الذي يميزه تركيب كيميائي و فراغي ثابت , و يتركب الصخر من مجموعات طبيعية من معادن مختلفة , و الفرق بيت الصخر و المعدن هو ان المعدن ثابت التركيب الكيميائي و الفراغي و بالتالي في خواصه الكيميائية ' اما الصخر فيتركب من عدة معادن و تختلف خواصه و مظهره باختلاف المعادن الداخلة في تركيبه ونسبة وجودها فيه , و المعدن الاساسي في الصخر هو الذي بغيابه تتغير صفات الصخر الاصلية فيصبح صخر اخر ذو صفات جديدة , فالكوارتز

مثلا معدن اساسي لصخر الجرانيت و الكالسيت معدن اساسي في الحجر الجيري , لهذا الاساس قسمت معدن القشرة الارضية تبعا لتركيبها الكيميائي الى المجموعات السابقة .

هواء التربة

يتصف جسم الارض بوجود فراغات بين حبيبات التربة يعبر عن مجموعها ب المسامية الكلية و تتحدد قيمتها تبعا لشكل حبيبات التربة ونظام ترتيبها و تتراوح المسامية الكلية من % 30-90 من حجمها الكلي و المسامية الكلية هي المخزن الطبيعي للماء و هواء التربة .

تتصدر اهمية هواء التربة في الحاجة اليه للتفاعلات الكيميائية و الحيوية حيث تحتاج اليه البكتيريا الهوائية علاوة على ضرورة وجود مكوناته لحيات النبات فالاكسجين عامل هام لعمليات الأكسدة و الاختزال كما انه ضروري لتنفس الجذور كما انه ضروري لحركة الايونات الى الجذور كذلك فان ثاني اكسيد الكربون كثيرا من العناصر الغذائية و تحويلها الى صورة ميسرة الى النبات .

و يوجد هواء التربة في صورة غازية او ذائبة في محلول التربة و يتركب من نفس الغازات التي يتركب منها الهواء الجوي تقريبا و لكنه يختلف عنه في احتوائه على نسبة اقل من الأوكسجين كما تزيد نسبة ثاني اكسيد الكربون و تظل نسبة النتروجين ثابتة كما هو مبين من الجدول :

ثاني اوكسيد الكربون	النتروجين	الايوكسجين	
0.2	79.2	20.6	هواء التربة
0.03	79.2	20.97	الهواء الجوي

مع ملاحظة ان نسبة الأوكسجين و ثاني اكسيد الكربون قد تختلف تبعا لاختلاف النشاط البيولوجي في الارض و نسبة المادة العضوية فيها .

كما يحتوي هواء التربة بالإضافة الى ما ذكر غازات اخرى نتيجة التفاعلات الحيوية المرغوبة فيها كالنشادر و مثلا الغير مرغوب فيها كغازات الميثان و اول اوكسيد الكربون و كبريتور الادروجينو يشيع وجود الاخير نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الاراضي الغدقة .

ان هواء التربة اقل كثافة و اكثر قابلية للحركة لهذا يؤثر فيه ماء التربة و ما يشغله من المسافات البينية . فزيادة ماء التربة طرد للهواء و قلته , و تبلغ نسبة الهواء في التربة مداها عندما تكون جافة حيث تصل نسبته من نسبة الفراغ , في حين تقل هذه النسبة بدرجة كبيرة اذا كانت التربة مشبعة بالماء .

سعة التربة الهوائية :

و يمكن تعريفها بكمية الهواء التي تتبقى في التربة بعد ان تستكمل التربة سعتها المائية المطلقة حيث يتم تشبع التربة بالمياه ثم تترك لتصرف مياهها فترة 24 ساعة و لذلك نجد ان السعة الهوائية للتربة مساويا تماما لحجم المسام الغير شعيرية فنجد في التربة الرملية و التربة العضوية تحتوي على نسبة عالية من المسام الشعيرية , بينما تحتوي الترب الطينية على نسبة اقل من هذه المسام و بالتالي سعة هوائية ضئيلة . و تقدر نسبة هواء التربة حجما بطرح النسبة المئوية للماء الارضي على اساس الحجم من النسبة المؤوية على الاساس الحجم الفراغ الكلي .

- علاج مشاكل التهوية:

- 1- ازالة الرطوبة الزائدة في التربة اي الصرف السطحي و تحت سطحي .
 - 2- الاحتفاظ ببناء التربة ثابت ملائم لتحسين التهوية الجيدة نتيجة وجود مجموعات كبيرة ثابتة و يمكن تحقيق ذلك بما يلي :
- المحافظة على المادة العضوية باضفة السماد العضوي و زراعة البقوليات.
 - اثاره الارض ميكانيكيا عن طريق الخدمة.
 - اختيار المحاصيل المناسبة للتربة ف البرسيم الحجازي و أشجار الفاكهة و النباتات عميقة الجذور تتطلب ارضا جيدة التهوية حيث ان هذه المحاصيل حساسة لنقص الاكسجين .

كثافة التربة الحقيقية و الظاهرية :

اذا اخذنا مكعب (1 سم³) و ملئ بتربة ما فكان وزنه 13 غ فتكون كثافة التربة 1.3 غ/ 1 سم³ اذا ضغطنا التربة في هذا المكعب بحيث يشغل حجم قدره 5.3 سم³ فقط . تكون الكثافة في هذه الحالة 2.6 غ/سم³ معنى هذا ان للتربة كثافتين :

كثافة ظاهرية يشغل الحجم الظاهري فيها (حجم الحبيبات + حجم المسام) كما في الحالة الاولى .
 و كثافة حقيقية يشغل الحجم الحقيقي فيها (حجم الحبيبات فقط) كما في الحالة الثانية مع التجاوز
 في هذا المثال بالنسبة لصعوبة الغاء المسامية تماما و لما كان الحجم الظاهري اكبر دائما من الحجم
 الحقيقي فان الكثافة الظاهرية تقل دائما عن الكثافة الحقيقية , و عادة ما تتغير الكثافة الظاهرية حسب
 التغير في المسامية بينما تبقى الكثافة الحقيقية في اغلب الاحيان ثابتة و تتراوح الكثافة الحقيقية للتربة
 2.6-2.75 غ/سم³ و ذلك لان المعادن الرئيسية التي تكون التربة هي الكوارتز و الفلسبار و السيكات
 الغروية و تبلغ كثافتها 2.9-2.6-2.6 على الترتيب و تزيد الكثافة الحقيقية بزيادة المعادن الثقيلة كما
 انها تقل في حالة احتواء التربة على نسبة عالية من المادة العضوية فتصل احيانا 2.4 غ/سم³ خصوصا
 في الطبقة السطحية للتربة .

و تقدر الكثافة الحقيقية باستعمال قنينة الكثافة .

كثافة حقيقية = جسم التربة (حجم الحبيبات فقط)

كتلة وحدة الحجم من المادة جم / سم³
 الارض جسم طبيعي مساحى له كثافتين
 كثافة خاصة بحبيبات التربة الصلبه Particle den (كثافة حقيقية)
 P_s
 متوسط كثافة معادن التربة (الكوارتز - الفلسبارات - الميكا - معادن
 الطين) = 2.65 جم/سم³
 الكتله الجافة تماما M

$$P_s = \frac{M}{V_s}$$
 الحجم الحقيقي للتربة V_s

كثافة ظاهرية P_B جسم التربة (حبيبات + مسام)
 عند تقدير الكثافة الظاهرية فان الحجم الظاهري يشمل حجم
 الحبيبات والفراغات والمادة العضوية في التربة - لا تدخل
 الرطوبة في حساب الكتله
 الكتله الجافة تماما M

$$P_B = \frac{M}{V_t}$$
 الحجم الظاهري V_t

و تتأثر الكثافة الظاهرية بحجم المسام بجانب حجم المادة الصلبة كما انها تتأثر بنظام ترتيب الحبيبات
 مع بعضها و لهذا يلاحظ تاثرها بالنسبة لعمليات الخدمة التي تؤثر على هذا النظام فعادة ما تقل في
 الطبقة السطحية المعرضة لعمليات الخدمة . كما تقل في حالة احتواء التربة على نسبة عالية من المادة

العضوية و كما تتأثر بالقوام فتزيد في الاراضي الرملية عن التربة الطينية, كم ان للكثافة الظاهرية اهمية في حساب الاجتياحات المائية , و توجد طرق عديدة لتقدير الكثافة الظاهرية و تعتمد صحة النتائج المتحصل عليها جميعا على مدى دقة تقدير الحجم الظاهري و كلما كان التقدير اقرب الى الطبيعة اي الحالة التي توجد عليها الحبيبات في الحقل كانت النتائج اكثر واقعية .

• المسامية (Prosity):

يقصد بالمسامية هي نسبة حجم المسام الى الحجم الكلي للأرض أي النسبة المئوية للمسامية:

$$\text{حجم المسام على الحجم الكلي للأرض} + 100 = \text{ح ظ} - \text{ح ق على ح ظ} + 100$$

و بالتعويض عن الحجم ب الكثافة تصبح المسامية كالتالي: % للمسامية = الوزن على الكثافة الظاهرية

$$\text{الوزن على الكثافة الحقيقية على الوزن على الكثافة الظاهرية} + 100 = 1 - \text{الكثافة الظاهرية على الكثافة الحقيقية} + 100$$

و يوجد نوعان من المسامية في التربة مسامية كبيرة و مسامية ضيقة حيث تتميز المسامية الكبيرة بسماح بالحركة السريعة للهواء في حين تقل حركة الهواء بدرجة كبيرة في حالة المسامية الضيقة و تقتصر حركة الماء على الحركة الشعرية البطيئة لذا ترجع عمليات الخدمة في التربة الرملية الى تواجد مسامات ضيقة التي تبطن رشح الماء في حين يشجع وجود مسامية كبيرة في الأراضي الطينية حتى يسمح بحركة الهواء فيها و بذلك فان المسامية الضيقة مسؤولة عن حفظ الماء في التربة و بطء حركته فيها بينما تسهل حركته في المسامية الكبيرة و تصبح مسؤولة عن التعريف الزائد و تبادله مع الهواء

كما يمكن حساب المسامية استنادا الى معرفة الكثافة الحقيقية و الظاهرية للتربة و ذلك كما يلي:

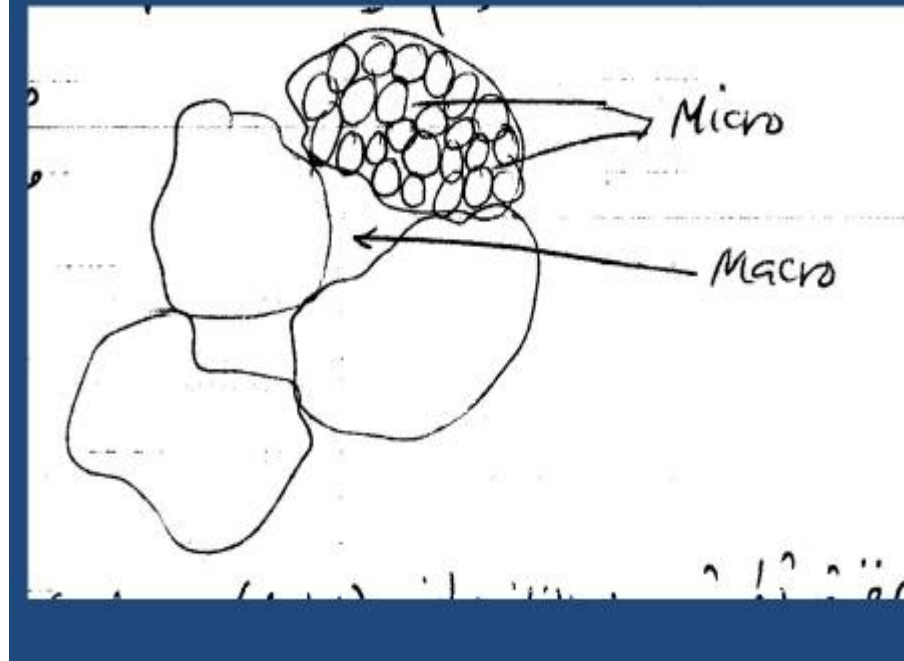
$$\% \text{ للمسامية} = \text{الكثافة الحقيقية} - \text{الكثافة الظاهرية على الكثافة الحقيقية مضروب في } 100$$

يتوقف مقدار المسامية بشكل رئيسي على تحبب التربة ثم كثافتها و تركيبها الميكانيكي و عمليات الترسيب و لكي نستطيع الحكم على الخواص المائية و الهوائية للتربة يجب ان نعرف نسبة المسامية الشعرية و غير الشعرية و يرجع هذا لنسبة التحبب و حجوم الحبيبات.

$$E_p = 100 - (PB/P_s \times 100) = (1 - PB/P_s) \times 100$$

حيث: -Ep- المسامية الكلية

شكل يوضح هذين النوعين من المسام



التركيب الحبيبي (الميكانيكي) للتربة

قوام التربة

يقصد بقوام التربة درجة نعومة او خشونة التربة او بمعنى اخر النسب المختلفة من مجموعة الحبيبات ذات الأحجام المختلفة التي تتكون منها التربة و يمكن ان تكون التربة خفيفة أو ثقيلة القوام و تقسم الحبيبات حسب ما اتفق عليه دوليا كما يلي:

م. الحبيبات	رمل خشن	رمل ناعم	سلت	طين
أقطار الحبيبات ملم	0.2-2	0.02-0.2	0.002-0.02	أقل من 0.002

التقسيم الدولي التقسيم الأمريكي

اسم المجموعة	طول قطر الحبيبة بالمليمتر	اسم المجموعة	طول قطر الحبيبة بالمليمتر
رمل خشن جداً	2 - 1	رمل خشن	2 - 2
رمل خشن	1 - .5	رمل ناعم	2, .2 - ,2
رمل متوسط	.5 - ,25	رمل ناعم جداً	,2 - ,.2
رمل ناعم	,2 - ,1	سلت خشن	,.2 - ,.2
رمل ناعم جداً	,1 - ,.5	سلت ناعم	أقل من .2
سلت خشن	,.5 - ,.2	طين	
سلت ناعم	,.2 - ,.2		
طين	أقل من .2		

و قوام التربة له ارتباط وثيق بمدى حفظ التربة للرطوبة كما يعطي فكرة عامة عن حركة الماء في التربة فالتربة الرملية مثلاً يتخللها و حركته داخل التربة سريعة بعكس التربة التي تحتوي على مقادير مختلفة من الطين حيث حركة الماء البطيئة بل قد تكون طبقات الطين طبقات أو حواجز صماء تماماً لا تمكن الماء من الحركة.

تتألف التربة من حبيبات متباينة في حجمها تتراوح بين قطع الحجارة و الحصى و حبيبات الطين و الغرويات التي لا تتجاوز أقطارها أجزاء الميكرون.

و تسمى الحبيبات الفردية التي لا يمكن تفريقها الى مكونات أصغر منها عناصر ميكانيكية أو حبيبات بسيطة وتنتج هذه عندهم الصخور و المخلفات العضوية و كذلك عن الاتحادات الكيميائية التي تجري في التربة.

و تصنف العناصر الميكانيكية أو الحبيبات استناداً الى أقطارها في مجموعات محددة اذ تشكل الحبيبات المتقاربة في حجمها مجموعة واحدة و تحوي التربة عادة ثلاثة مجموعات رئيسية كما ذكر في الجدول الموجود أعلاه.

تدعى الحبيبات التي تزيد أقطارها عن 1 ملم بهياكل التربة أما التي تقل أقطارها عن 1 ملم فتدعى بالتربة الناعمة و يرتبط تقسيم الحبيبات الى مجموعات باختلاف خواصها و تراكيبتها فلكل نوعية تركيب و خواص تميزها عن غيرها.

بالنسبة لمجموعة الرمل الخشن فهي نفوذة جداً للماء و لكنها لا تستطيع الاحتفاظ به أما حبيبات الرمل الأخرى فهي ذات نفاذية عالية للماء و مقدرة ضعيفة على حفظه تتغير هذه الصفات بشكل واضح كلما صغرت الحبيبات كما أن من مميزات الرمل أنها غير لدنة و لا لزجة كما أنها لا تنتفخ عند اضافة الماء لها و تكون مفككة متفرقة عند جفافها.

كما تتصف مجموعة السلت بنفاذية قليلة و بطيئة للماء مقارنة بالرمل و لكنها تحتفظ به بصورة جيدة كما يرتفع الماء فيها لمسافات كبيرة و هي تنتفخ قليلا أثناء الرطوبة كما أنها ضعيفة اللدونة قليلة اللزوجة.

أما مجموعة الطين فهي ذات نفاذية للماء سيئة جدا و هي قادرة على الاحتفاظ بكمية كبيرة منه و هي ذات لدونة و لزوجة كبيرتين كما أنها تنتفخ بشدة أثناء الرطوبة و يتقلص حجمها كثيرا أثناء الجفاف مما يؤدي الى تكوين شقوق عميقة تؤدي الى تجزئة الكتل الكبيرة الى كتل أصغر عالية القساوة.

مما سبق يلاحظ أن هناك اختلاف في الخواص الفيزيائية و المائية لجميع مجموعات حبيبات التربة يقابله بالطبع اختلاف في التراكيب المعدنية ففي الرمل و السلت الخشن و المتوسط ستجد المعادن الأولية و خاصة الكوارتز و الفلسبار و تتجمع الميكا و الأيليت $illite$ في السلت الناعم أما مجموعة الطين تحتوي بشكل رئيسي على المعادن الثانوية الطينية.

و يستعان بالتحليل الميكانيكي في تقدير النسبة المئوية لكل مجموعة من المجموعات السابقة و يتطلب هذا اجراء المعاملات الاتية قبل تقدير النسب المختلفة لحبيبات التربة.

حيث تجرى أولا عملية التفريق بين الحبيبات المركبة الى حبيبات فردية دون تحطيم الحبيبة نفسها و تتوقف هذه العملية على طبيعة التربة طينية أو رملية و نسبة الأملاح الذائبة و نسبة المادة العضوية و غيرها من الخواص و تشمل عملية التفريق أو الرج الميكانيكي أكسدة المادة العضوية بفوق اوكسيد الايدروجين (H_2O_2) ازالة المواد اللاحمة المعدنية مثل كربونات الكالسيوم و كبريتات الكالسيوم و أكاسيد الحديد و التخلص من الأملاح الذائبة و تفرقة الحبيبات باستعمال صوديوم هكساميتافوسفات و أخيرا يحضر محلول مخفف من معلق التربة و يلي عملية التفريق عملية الفصل بين الحبيبات الخشنة بالمنخل و لما كان من الصعب فصل مجموعات الحبيبات الصغيرة عن طريق المناخل فانها تفصل على أساس سرعة سقوطها في الماء.

وتعتمد هذه السرعة على وزن الحبيبة و كثافتها النوعية و على شكلها . و تزيد سرعة سقوط الحبيبات في البداية ثم تنتظم هذه السرعة عندما تتعادل قوة الجاذبية مع قوتي اللزوجة (مقاومة الاحتكاك للسائل) و قوة الدفع الى الاعلى (الطفو) و يعبر عن هذا القانون بستوكس و يمكن توضيح ذلك كذا :

$$V=2/9r^2(D_1-D_0)/n.g$$

حيث

- S = النسبة التقريبية

- D1 = كثافة الجسم الصلب

- r = نصف قطر الحبيبة الساقطة

- D0 = كثافة السائل

- n = معامل لزوجة السائل

- g = عجلة الجاذبية الارضية

- V = سرعة سقوط الجسم الكروي

و تعرف هذه المعادلة بقانون ستوكس Stocks equation للزجة السوائل و الذي ينص على اذا تركت المواد الصلبة و الغير الذائبة و الغير المرنة في وسط لزج فإنها تسقط بسرعة تتوقف على احجامها .

و يمكن الاستعانة بهذا القانون في حساب سرعة سقوط اي حبيبة ارضية و زمن سقوطها من مسافة معينة مع افتراض ان الحبيبات الارضية كروية و لما كانت معظم العوامل المؤثرة على سرعة السقوط مثل (D_1, D_0, n, g) ثابتة فانه يمكن وضع المعادلة السابقة على الصرة التالية :

$$V = K \cdot r^2$$

حيث : K = ثابت

اي ان سرعة سقوط الحبيبة يتناسب طرديا مع مربع نصف قطرها عند ثبات العوامل المؤثرة الأخرى و يمكن التعبير عن السرعة بالمسافة (d) و الزمن (t)

$$D/t = K \cdot r^2$$

و من هذه العلاقة يتبين أنه عند ثبات قيمة (D) فان الزمن يتناسب عكسيا مع مربع نصف القطر و يمكن حساب الزمن اللازم لأي مجموعة من المجموعات تكون قد رسبت لعمق معين كما يختلف الزمن بالنسبة لأفراد المجموعة الواحدة و لهذا يؤخذ متوسط سقوط حبيبات اي مجموعة ' و هذا يقابله قطر معين يحسب من المعادلة يطلق عليه بالقطر المتوسط الفعال لكل مجموعة من هذه المجموعات مثالعلى ذلك ان حبيبات

الرمال التي تتراوح أقطارها من 0.2-0.02 ملم تاخذ زمن قدره 4 دقائق .48 ثنية للسقوط من ارتفاع 10 سم في حين تؤخذ حبيبات السلت التي تتراوح أقطارها من 0.02-0.002 ملم زمن قدره 8 ساعات للسقوط من نفس الارتفاع. و يجب ان يلاحظ ان درجة الحرارة يجب ان تكون ثابتة لمنع حدوث تيارات مائية وتقادي تغيير اللزوجة و بالتالي السرعة و توجد جداول خاصة توضح درجة الحرارة و زمن السقوط .

طرق اجراء التحليل الميكانيكي

توجد ثلاثة طرق يشيع استعمالها و هي طريقة الترسيب في الصب و طريقة الماصة و طريقة الهيدرومتر.

1-طريقة الترسيب فالصب:

وتتلخص الطريقة في صب معلق التربة لارتفاع معين بعد فترة زمنية معينة مقدرة من قانون ستوكس تكون رسبت فيها الحبيبات الكبيرة و تبقى الحبيبات الدقيقة عالقة في الماء و تصب في وعاء أكثر اتساعا . و تكرر العملية أكثر من مرة حتى يصبح المعلق رائقا فيكون قد تم فصل السلت و الطين . يفصل السلت بنفس الطريقة بان يتغير زمن الترسيب و تكرر العملية للتخلص تماما من الطين .
و يعاب على هذه الطريقة استنفذها للوقت الطويل و عدم دقة النتائج المتحصل عليها .

2-طريقة الماصة:

و هي الطريقة المتفق عليها دوليا و تعتمد على تقدير كثافة المعلق عند عمق معين (10 سم) بعد فترة معينة تتوقف على درجة الحرارة و يأخذ 10 سم³ من المعلق يقدر فيها وزن المكونات الصلبة بعد فترة معينة .

3-طريقة الهيدرومتر:

اتباعها (Bayoucas) لعمل التحليل الميكانيكي وتعتمد على التغير في كثافة معلق التربة مع الزمن و يستعان في هذا بالهيدرومتر لتقدير الكثافة . كما توجد هيدرومترات معينة تستعمل لتقدير عدد الغرامات الموجودة في المعلق في اي فترة زمنية . و هي طريقة سريعة غير أنها غير دقيقة و لا

تستعمل اذا أريد الحصول على نتائج أكثر دقة 3. و يستفاد منها لسرعة الحصول على نتائجها في أعمال حصر الاراضي .

و يتم الحساب كالتالي :

% للرمل = 100 _ قراءة الهيدرومتر بعد 4 دقائق/ وزن التربة جافة مضروب 100

% للطين = قراءة الهيدرومتر بعد 4 دقائق/ وزن التربة جافة مضروب 100 % للرمل = 100

% للسلت = 100 _ (% للرمل + % للطين)

كما ان طرق غير مباشرة يمكن الاستعانة بها للتعرف على قوام التربة نظرا لسهولة تقديرها و امكن ربط نتائجها بالقوام . فيمكن الاستعانة بثوابت الرطوبة للتربة كالمكافئ الرطوبي خصوصا في الاراضي المحتوية على نسبة قليلة من المادة العضوية .

بيان نتائج التحليل الميكانيكي

بعد تحديد النسب المئوية لكل مجاميع التربة يحدد قوام التربة استنادا الى مثلث تصنيف القوام .

1- مثلث القوام (Triangle of texture) :

و هو مثلث متساوي الاضلاع و فيه توقع نسب الرمل و السلت و الطين على المحاور الثلاثة للمثلث حيث قسم الضلع الافقي الى عشرة أقسام يبين كل قسم منها 10% من الرمل و يبدأ الصفر من اليمين حتى تكون نسبة السلت 100% للضلع اليمين المائل ' و في الناحية الاخرى (اليسار حيث تنتمي على الضلع الافقي نسبة 100% رمل , و تبدأ نسبة الصفر للطين و هكذا يمثل ضلعي المثلث السلت على اليمين و الطين على اليسار و الضلع الافقي للرمل . و قسم المثلث داخليا الى مساحات مختلفة يعطي كل منها اسم معين يدل على قوام التربة . حسب النسب الثلاثة المختلفة و التي يبلغ مجموعها 100% من عينة التربة .

مثلث القوام



مثلث القوام

و لاستعمال هذا المثلث توضع نسبة السلت على ضلع السلت و نسبة الطين على ضلع الطين و نسبة الرمل على ضلع الرمل و ننشئ خطا من ضلع الغبار (السلت) موازيا لضلع الطين و اخر من ضلع الطين موازيا لضلع الرمل وخطا ثالثا من ضلع الرمل موازيا لضلع السلت , ستتقاطع هذه الخطوط في حقل معين يحمل تسمية معينة تعبر عن التركيب الحبيبي للتربة .

مثال: لو كانت لدينا تربة سهبية بنية اثناء التحليل الميكانيكي لها كانت تحتوي على 10% رمل و 55% سلت خشن و 15% سلت متوسط و ناعم و 20% طين . يلاحظ هنا لان التركيب الحبيبي لهذه التربة هو طمي متوسط (لانها تحتوي على 35% طينا) اما تسميتها المفصلة او الضافية فتصبح : طيمية متوسطة سلانية خشنة طينية , حيث توضع المجموعات السائدة في بداية التسمية المفصلة .

2- منحني المجموع :

توضع على ورق نصف لوغارتمي و فيها تمثيل المحور الافقي لوغاريتم سرعة الرسوب أو لوغاريتم القطر المتوسط الفعال , كما يمثل المحور الراسي مجموع النسب المئوية للحبيبات المختلفة مبتدئا بالطين و نستفاد من هذه الطريقة في معرفة كيفية توزيع الحبيبات المختلفة للتربة في الارض و بمقارنة هذه المنحنيات لاراضي مختلفة يمكن الحكم على ما اذا كان توزيع الحبيبات منتظما او غير منتظم .

بناء التربة

La structure

يشير الى تجميع الحبيبات الابتدائية للتربة في الجسيمات المركبة يمكن ان نفصلها عن المجموعات المتصلة ببعض السطوح الضعيفة او بعنى اخر يقصد به نظام ترتيب الحبيبات الفردية والمركبة ولمعرفة بناء التربة ينبغي معرفة ما تعنيه كلمة particule (حبيبية) التي تشير الى أي وحدة من وحدات بناء التربة سواء كانت هذه الوحدة ابتدائية كالرمل و السلت و الطين او كانت هذه الوحدة ثانوية او مكونة من مجموعة حبيبات و الملاحظ ان التربة يؤثر على نفاذيتها للماء و الهواء و مدى اختراق الجذور و كذلك فان بناء التربة بعكس قوامها من الممكن تغييره و تحسينه و المحافظة على جودته و ذلك عن طريق تنظيم دورات البلل و الجفاف و كذا الدورات الزراعية المناسبة و إضافة المواد العضوية التي تحسن البناء و على العكس من ذلك فان عمليات الخدمة عندما تكون التربة عالية المحتوى الرطوبي او عندما تكون جافة تماما يساعد على تحطيم بناء التربة وكذلك فان زيادة الاملاح الصودية مما ينتج عنه القلوية تتسبب في افساد بناء التربة عن طريق تفريق وتفتيت حبيبات الطين والنتيجة هي وجود تربة ذات قيم تخلل(ترشح) وقد تكون غير نفادة للماء في بعض الاحيان .

ميكانيكية تكوين الحبيبات المركبة

تعتبر المواد الغروية هي المسؤولة عن التصاق والتحام الحبيبات الابتدائية كي تكون حبيبات ثابتة متماسكة والمواد الغروية في التربة اما ان تكون حبيبات الطين او غرويات غير عضوية مثل الالمنيوم وغرويات عضوية.

وكوجد عدة اراء تتعلق بميكانيكية البناء نذكر فيها ما يلي:

نعتبر حبيبات الطين ذات الشحنة الكهربائية السالبة تنتظم الجزيئات المائية باعتبار الماء سائل قطبي (لا تتطبق مراكز الشحنات الموجبة على مراكز الشحنات السالبة في الجزيئي) حيث يتركب جزئ الماء من ايونين هيدروجين وايون اوكسجين وبذلك يكون طرفيها الموجب ناحية السطح وتنظيم طرفها السالب مع طرفها الموجب لجزئ ماء اخر وهكذا حتى تتصل بكانيون موجب من ناحية ومن الناحية الأخرى جزئ

ماء اخرطرفه السالب مع الكاتيون والطرف الموجب مع جزىء ماء اخر وهكذا حتى تستقطب عند سطح حبيبة طين أخرى بمعنى ان الكاتيونات ترتبط بحبيبات من الطين وتربط بينهم جزئيات مائية و بالتالي فان كل كاتيون وكل حبيبة تحاط بجزئيات الماء لدرجة ان البعض القريب من حبيبات الطين تبدو ملتصقة بها تماما و عند تقارب الجزئيات المائية من بعضها نتيجة العمليات الجفاف نسبيا و بتكون بعض حلقات اتصال من جزئيات الماء بكاتيون الحبيبة والكاتيون الحر هذه الحلقات هي التي تربط الحبيبات مع بعضها حيث عند الجفاف فان كثيرا من الكاتيونات تشارك حبيبات الطين في جزئيات الماء المنتظمة وكلما زاد الجفاف كلما زادت مشاركة الكاتيونات لحبيبات الطين في جزئيات الماء و بالتالي يزيد التصاق حبيبات التربة ويزداد الجفاف تتفصل الحبيبات شاركة شقوقا وحبيبات مركبة حيث ان قوى الربط بين الكاتيونات تكن غيرمتكافئة باختلاف الكاتيونات و عادة ما تفصل الحبيبات في نقط الضعف تنتج عن ذلك الشقوق وفي حالة غياب الكاتيونات او قلتها تتعد حلقات الاتصال او تكون قليلة ولذا لاتتكون شقوق وادا تكونت هذه الشقوق تكون غير ظاهرة و

لا تكتسب التربة بناء خاصا بل تكون حبيبتها مفردة وفي حالة احتواء التربة على نسبة الية من الاملاح الذاتية فإنها تعمل على الحد من التحلل المائي و تقل نقط الاتصال بين الحبيبات ولا تتكون شقوق او بناء معين

أنواع البناء الأرضي

يقسم البناء الارضي على حسب شكل وحجم الحبيبات المركبة الى الأنواع التالية

• البناء الحبيبي Granulaire:



وتظهر الحبيبات المجتمعة فيه على تشكل كروي ولا يزيد اقطارها عن نصف بوصة ويحتوي على نسبة مرتفعة من المسام ويعتبر من انسب أنواع البناء التي يجب العمل على ايجادها في الأرضي الزراعية وهذا البناء المميز لافقA حيث يكثر اضافة المادة العضوية و كربونات كالسيوم لهذه الطبقة.

• البناء الفتاتي Crumb :

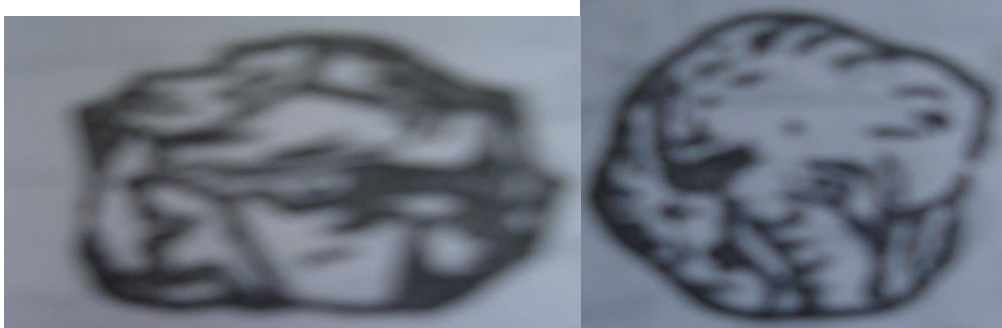
وهو أكثر مسامية من الحبيبي وحبيباته اقل حجما من هذا البناء السابق لان لها نفس الشكل الكروي ودرجة التصاق الحبيبات المجمعة مع بعضها اقل من النوع السابق ويعتبر أيضا من أنواع البناء الجيدة التي تعمل على إيجادها في التربة ويوجد هذا النوع في افق A.

• البناء الطبقي Lamellaire / platy structure :



وتظهر فيه الحبيبات على شكل طبقي وتربط الحبيبات الطبقيه هذه الموجودة في المستويات افقيه ووجود هذا لبناء يعوق ويحد من نفاذية المياه في التربة وذلك لقلة المسام الموجودة بين الحبيبات وما يتبع ذلك من قلة الهواء والمياه، ويسود هذا البناء في افق B في أراضي الغابات الرطبة وكذلك في افق الاراضي الطينية .

• البناء الكتلي poyledrique/ blocky :



وفيه تتكون مجاميع الحبيبات في صورة كتل مكعبة ذات أوجه غير منتظمة الشكل وتختلف أبعاد هذه الكتل، وإذا ماستدارت هذه الكتل يطلق عليها بناء بنديقي أي كتل في شكل بندقة ويتواجد في افق B المحتوي على نسبة عالية من الطين .

• البناء المنشوري Prismatic/prismatie :

وفيه تترتب فجميع الحبيبات على اشكال عمودية أي محوها الطولي اكبر من عرضها و قمة هذه الاسطوانات ذات زوايا حادة و يعتبر من أنواع البناء الرديئة و يسود في افق B في الاراضي القلوية في المناطق الجافة و عند تكسير البناء العمودي قد يتحول الى بناء كتلي .

• البناء العمودي:Columner:



و تترتب فيه مجاميع الحبيبات كالنوع السابق تماما الا ان البناء العمودي يظهر عندما تتآكل و تستدير قمة الاسطوانة في البناء المنشوري و يوجد في الاراضي القلوية و هو ايضا من انواع البناء الرديء .

المادة العضوية في التربة

لقد لوحظ أن الطور أو الصورة الصلبة للتربة تتكون من مواد معدنية ومواد عضوية، والمادة العضوية تمثل 5-30% حسب ظروف منشأ التربة وطريقة تكوينها والظروف التي تحيط بها خاصة الظروف المناخية، ففي المناطق الحارة تتحلل المادة العضوية تحللا كاملا إلى (H_2O+CO_2) ، وبذلك تكون نسبة المادة العضوية في تلك الظروف عند مداها الأدنى، بينما المناطق الباردة أو المعتدلة أين تتوفر فيها نسبة معقولة من الرطوبة، وبالتالي تتحلل إلى مكوناتها العضوية الأساسية مكونة ما يسمى بالذبال Humus؛ حيث لا يمكن تمييز نوع أو شكل النسيج الحي التي نشأت منه هذه المادة العضوية وبذلك قد تتراكم المادة العضوية في درجات تحللها المختلفة وتزيد نسبة المادة العضوية في التربة، ويمكن القول إن الذبال وصل إلى درجة ثابتة نسبيا من التحلل نتيجة وجود مكونات مقاومة للتحلل كالجنين وبعض أجسام الكائنات الميتة وتؤثر المادة العضوية بدرجة كبيرة على خواص الأرض الطبيعية والكيميائية والحيوية، وليس هناك تعريف محدد للذبال، ولكنه يمكن القول إنه الكتلة من المادة العضوية المتخلفة التي توجد بعد التحليل السريع للمواد العضوية البسيطة وهي التي تتكون عادة من المركبات العضوية صعبة الانحلال وغير المتحللة والمركبات التي تتكون بواسطة الأحياء الدقيقة أثناء تحليلها للمادة العضوية، وهو ذو لون بني غامق يوجد في حالة غروية لا يذوب في الماء، ولكنه يذوب في محاليل قلوية مخففة.

مصادر المواد العضوية

تتكون المواد العضوية سوء كانت من أصل حيواني أو نباتي من عديد من العناصر أساسها الكربون والأكسجين والهيدروجين، كما يدخل في تركيبها النيتروجين والفوسفور والكبريت والبوتاسيوم.

من العناصر والمصادر الرئيسية للمواد العضوية في التربة هي:

- بقايا المحاصيل الزراعية من جذور وسيقان وأوراق.
- محاصيل السماد الأخضر.
- سماد الإسطبل (مخلفات الحيوانات).
- الأسمدة العضوية الصناعية وهي التي تصنع من مخلفات المحاصيل أو قمامة المدن.
- المخلفات العضوية مثل مخلفات المجاري وغيرها.
- الخلايا الميتة للكائنات الحية الدقيقة والراقية.
- المخصبات العضوية مثل اليوريا.

تحلل المادة العضوية

من أهم الأدوار التي تقوم بها الأحياء الدقيقة هي انحلال المادة العضوية وبذلك تمنع تراكمها على سطح الأرض، وفي الوقت نفسه تنفرد ما تحتوي عليه من عناصر على صورة صالحة لاستعمال النباتات، وتقوم بالتغيير في المادة العضوية مجموعتين من الكائنات: مجموعة الميكروفلورا وتشمل البكتيريا والفطر، وتمثل البكتيريا دورا مهما في عمليات التحلل وقدرتها دون سواها على إحداث التفاعلات؛ حيث تقوم بالمجهود الأكبر في محيط تلك الحياة العضوية، والمجموعة الثانية هي مجموعة ميكروفانيا وتشمل الديدان والحشرات الأرضية.

وتتحلل المركبات العضوية في التربة إذا كانت الظروف ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة ونشاطها، وخاصة من حيث الرطوبة والحرارة والتهوية؛ حيث تقوم هذه الميكروبات سواء كانت بكتيريا أو فطر بتحليل المركبات البسيطة سهلة الانحلال مثل السكريات والنشاء والأحماض العضوية والأحماض الأمينية واليوريا أولا، ثم يتبع ذلك انحلال المركبات صعبة الانحلال مثل البروتينات واللجنين، وينتج عن انحلال المواد العضوية كما ذكر سابقا انفراد كثير من العناصر الداخلة في تركيبها.

الأقسام المختلفة للمواد الدبالية				
حمض الفلبيك		حمض الهيوميك		هيومين
أصفر فاتح	أصفر غامق	بنّي غامق	رمادي غامق	أسود

يوضح الأقسام المختلفة لدبال الأرض وهي أحماض الفولفيك والهيوميك والهيومين

أولاً- تحلل المركبات العضوية غير النتروجينية

تقسم هذه المركبات إلى:

1- مركبات سريعة التحلل مثل: السكريات- النشاء- السليلوز- هيموسيليلوز ، وهي تكثر في النباتات الصغيرة.

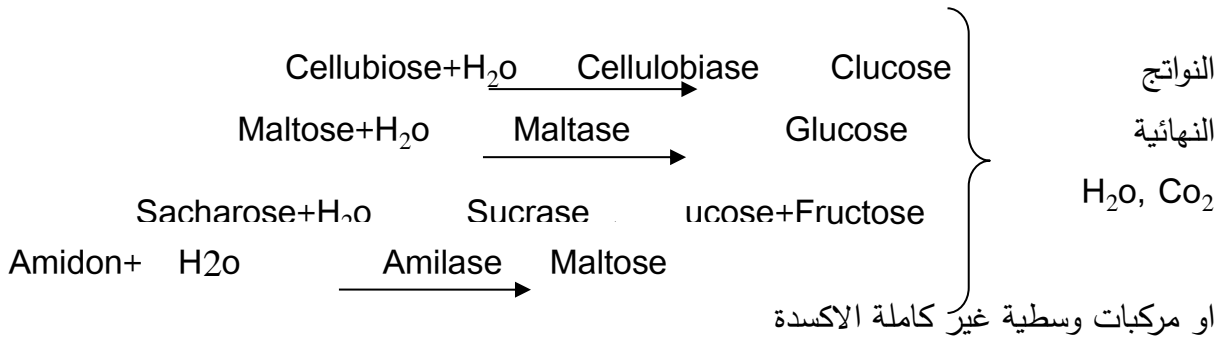
2- مركبات بطيئة التحلل مثل: اللجنين- الشموع- الصمغ، وهي تكثر في النباتات المسنة.

ويتضمن تحلل المواد السابقة:

أولاً- تحلل مائي Hydrolysis بواسطة ميكروبات التربة وتتوق مقدرة أي نوع من هذه الميكروبات على إحداث تحلل مائي لأحد المركبات السابقة على إنتاج الأنزيم الخارجي الذي يساعد على التحلل المائي وتحت الظروف الهوائية، فإن البكتيريا الهوائية والفطريات هي المسؤولة غالباً عن التحلل المائي، أما تحت الظروف اللاهوائية فالبكتيريا اللاهوائية اختياراً التي تنشط في إحداث التحلل المائي ونواتج التحلل المائي أكثر بساطة من الناحية الكيميائية و المركبات الأصلية.

ثانياً- الخطوة التي تلي التحلل المائي هو استعمال نواتج هذا التحلل بواسطة الميكروبات كمصدر للكربون أو الطاقة اللازمة لنموها، وتختلف النتائج النهائية لانحلال هذه المركبات حسب نوع الميكروبات إذا كانت هوائية أو لا هوائية؛ حيث تكون النواتج في الحالة الأولى هي ثاني أكسيد الكربون والماء، أما في الحالة الثانية فتتكون مركبات وسطية غير كاملة الأكسدة مثل الأحماض العضوية والتحوللات والغازات المتحللة ونوع الميكروب المحلل والظروف المحيطة.

ويمكن تلخيص نواتج تحلل المركبات العضوية غير الآزوتية كما يأتي:



أما المركبات الهيموسيليلوزية وهي التي تتكون من تجمع سكريات خماسية أو سكريات سداسية الكربون أو سكريات حامضية تعرف باسم *ironic acid* ويتحلل الهيموسيليلوز مائياً بواسطة أنزيمات خارجية تفرزها كثير من أنواع الأحياء الدقيقة، ونواتج الانحلال المائي هو سكريات خماسية أو سداسية الكربون أو سكريات حامضية.

أما تحلل البكتين؛ حيث يوجد بكثرة في النباتات وهي المادة التي تعمل على تماسك الخلايا ببعضها، ويتحلل البكتين مائياً بواسطة كثير من الميكروبات إلى سكريات بسيطة (جالكتوز وأرابينوز) وحمض *ironic acid* ويتحلل السيليلوز وهي المادة الأساسية في تكوين جذر الخلايا النباتية، لذلك يعتبر تحلله الخطوة الأولى في تحلل الأنسجة النباتية حتى يمكن للمواد العضوية الأخرى التي توجد داخل الخلية أن تتعرض لفعل الميكروبات.



أما اللجنين وهو مادة نباتية معقدة التركيب وعادة يوجد متحداً مع السيليلوز على صورة مركبات تعرف باسم اللجنوسيليلوز، والتي تتحلل إلى لجنين وسيليلوز، واللجنين من المواد صعبة الانحلال، ولكنه يتحلل ببطء ويعتقد أن الفطريات هي المسؤولة عن تحلله في التربة.

تحلل المواد العضوية النتروجينية

تحتوي المواد العضوية على أنواع مختلفة من المواد البروتينية، وتختلف نسبة البروتين العضوية باختلاف مصادرها فتبلغ نسبته في مخلفات الحيوان بين 30-60%، بينما النباتات البقولية بين 15%-20%، وغير البقولية حوالي 15% وقد توجد البروتينات مختلطة بمركبات أخرى متحدة معها مثل: الجليكو بروتينات (بروتين + مواد كربوهيدراتية)، والليبو بروتينات

(بروتين متحد مع مواد دهنية)، واللجنو بروتينات (بروتين+لجنين)، وتقسم المركبات العضوية النتروجينية إلى:

1- مركبات عضوية نتروجينية بروتينية.

2- مركبات عضوية نتروجينية غير بروتينية مثل اليوريا.

تحلل المركبات البروتينية

يتوقف هذا التحلل أيضا على أنزيم خارجي خاص بعملية التحلل المائي للمادة العضوية فالبكتيريا اللاهوائية هي المسؤولة غالبا عن عملية التحلل المائي تحت الظروف اللاهوائية، في حين تقوم الفطريات والبكتيريا الهوائية بتحلل هذه المركبات تحت الظروف الهوائية، ويتم التحلل على خطوات متتالية كما يأتي:

1- تتحلل البروتينات تحللا مائيا بواسطة أنزيم Protenase إلى مركبات آزوتية بسيطة من عديد البيبتيدات، ويجب ملاحظة أن المادة العضوية على أنواع مختلفة من البروتينات لكل نوع منها أنزيم خاص بها.

2- تتحلل البيبتيدات تحللا مائيا بواسطة أنزيمات خاصة من Polypeptidase وإلى أحماض أمينية.

3- الأحماض الأمينية الناتجة قد تتحلل بواسطة أنزيمات Deaminase وغيرها مع تكوين أحماض عضوية ونشاء.

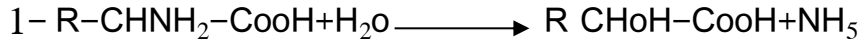
وبالتالي تنتهي هذه الخطوات بانطلاق النشاء، ويجب ملاحظة أن لكل حامض أميني أنزيم خاص به لا يؤثر على غيره من الأحماض الأمينية الأخرى.

انحلال المركبات النتروجينية ومشتقاتها

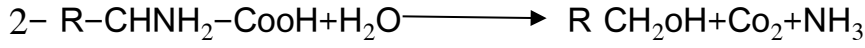
تعتبر المواد الأزوتية المخلفة بواسطة النباتات هي المصدر الوحيد للنتروجين لجميع الحيوانات أول خطوة في انحلال المواد البروتينية بواسطة الميكروبات هو تكوين وحدات أصغر تعرف باسم البيبتيدات، والتي تتحلل بدورها إلى أحماض أمينية عن طريق إفراز الميكروبات لأنزيمات محللة والأحماض الأمينية المتكونة تختزل مرة أخرى إلى مشتقات بروتينية، تختلف باختلاف نوع الميكروب والظروف التي يتم تحتها تحلل المادة العضوية، ثم أخيرا تتكون الأمونيا.

ويتم انحلال المركبات البروتينية بواسطة الميكروبات بعدة طرق، وذلك كما يأتي:

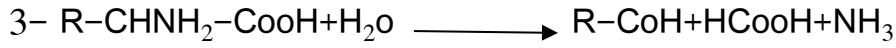
1- انحلال الحامض الأميني مائيا وتكوين أحماض دهنية وأمونيا.



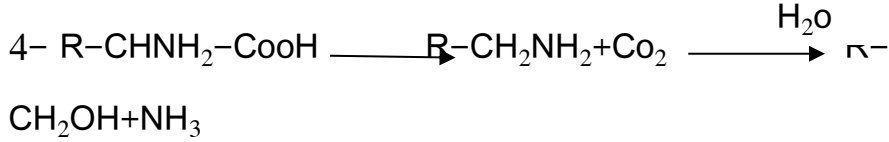
2- انحلال الحامض الأميني مائيا وتكوين محول و CO_2 وأمونيا.



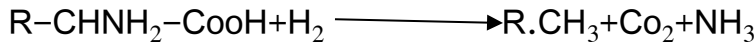
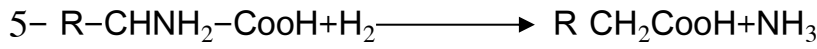
3- انحلال الحامض الأميني مائيا وتكوين الهيد وخامض وأمونيا.



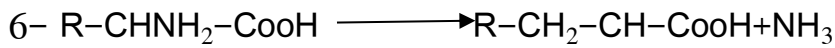
4- انتزاع مجموعة الكربوكسيل وتكوين الأمينات.



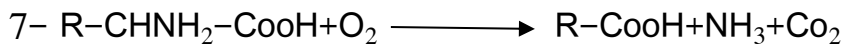
5- اختزال الحامض الأميني وتكوين أمونيا.



6- تكوين الأمونيا دون اختزال الحامض الأميني بواسطة البكتيريا اللاهوائية.



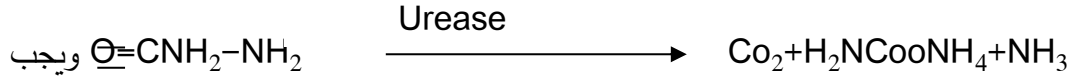
7- أكسدة الحامض الأميني وتكوين أمونيا.



وتحليل الميكروبات للمواد البروتينية والأحماض الأمينية ينتج عنه تكوين مركبات أندولية مختلفة تقل الهرمونات والأوكسينات أو عوامل النمو مثل مركب أنرول أستيك أسيد (IAA)؛ حيث له تأثير جيد على النباتات، وربما يعزى التأثير الجيد لإضافة المواد العضوية للتربة على النبات نتيجة لهذه المركبات.

أما بالنسبة لليوريا فهي تتواجد بالتربة أما في صورة مركبات وسطية للتمثيل البنائي للميكروبات أو في صورة مخلفات حيوانية أو أسمدة مضافة نيتروجينية، كما أن اليوريا عند

إضافتها للتربة تكون عرضة للتحلل المائي السريع بفعل الأنزيمات، كما هو موضح بالمعادلة:



أن يلاحظ أنه عند انحلال المادة العضوية البروتينية لا ينطلق آزوت المادة بالتربة في صورة أمونيا؛ حيث إن الميكروبات تستخدم بعض الأمونيا المتكونة في بناء أجسامها وتتوقف كمية الأمونيا المأخوذة بواسطة الميكروبات على:

1- طبيعة المادة العضوية ومحتواها من النتروجين.

2- وجود مواد عضوية غير نتروجينية في التربة، فكلما زادت هذه المركبات (المواد) كلما زادت نسبة الأمونيا الممتلئة بواسطة الميكروبات، وبالتالي تقل كمية الأمونيا المنطلقة إلى التربة، ويمكن القول إن وجود هذه المواد في التربة يؤثر بطريقتين:

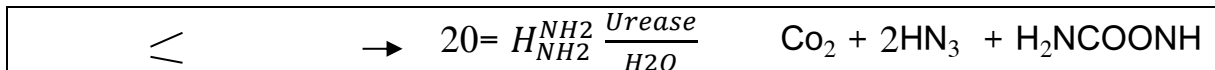
أ- يقل معدل انحلال المواد العضوية النتروجينية؛ لأن البكتيريا والفطر يفضلان المواد الكربوهيدراتية كمصدر للمجهود عن المواد البروتينية.

ب- أن الأمونيا التي تتكون من انحلال المواد العضوية النتروجينية تعود مرة أخرى إلى الصورة العضوية عن طريق تمثيلها داخل أجسام الميكروبات التي تستخدم المواد الكربوهيدراتية كمصدر للمجهود، وفي هذه الحالة، فإن الميكروبات تتنافس مع النباتات النامية في احتياجاتها من النتروجين المعدني الموجود في التربة.

ويطلق على عملية انطلاق الأمونيا من المواد العضوية النتروجينية بالنشدة

Ammonification

❖ تحليل المركبات الغير بروتينية مثل اليوريا:



يتضح من المعادلة السابقة أن اليوريا تتحلل مائياً بواسطة انزيم urease إلى CO_2 ، NH_3 ويطلق على عملية تحويل الأميدات الى نشادر بعملية النشدة Ammonification وترتبط النشادر المنطلقة بالماء

أوحامض الكربونيك أو أي أحماض أخرى موجودة في التربة مكونه أيون NH_4 وقد نستعمل الأمونيا فيما يأتي:

1- تتحول الأمونيا إلى نترات في عملية التآزت وفي وجود نوع معين من الكائنات الدقيقة.

2- أو تمتص بواسطة النبات الراقية.

3- أو تستعمل في تمثيل البروتين عن طريق الكائنات الدقيقة.

❖ التآزت: Nitrification

تعمل بعض الأمونيا المنطلقة بواسطة بكتيريا النشدره والفطر كمصدر للطاقة لمجموعة صغيرة هامة من كائناتضالأرض بكتيريا التآزت وتقوم بتحليل الأمونيا إلى نترات وتعرف على العمليه بالتآزت وتسير هذه العملية في خطوتين مرتبطين ببعضهما ارتباطا كبيرا أولها تحول NH_4 إلى نترت عن طريق Nitrosomon والثانية تحول النترت إلى نترات بواسطة بكتيريا Nitrobacter

❖ العوامل التي تتحكم في نشاط ميكروبات التآزت

1- التهوية:التهوية الكافية حيثن بكتيريا التآزت هوائية وتحتاج الى كمية كبيرة من الأكسجين للأكسدة الأمونيا إلى نترت ثم أكسدة النترت إلى نترات.

2- وجود وسيط يعمل لقلوية وتعتبر درجة ال PH بين 6.8 - 7.3 هي أنسب درجة للنمو على أن بعض ميكروبات Nitrosomons تفضل درجة قلوية أعلى من هذا تصل إلى 8.6 أو 8.8.

3- وجود رطوبة مناسبة وانسب درجة هي 50%-60% من السعة التشبعية بالماء.

4- عدم احتواء التربة على كميات كبيره من المواد العضويةالذائبة لان بكتيريا التآزت أتوتروفة ووجود مواد العضوي له تأثير ضار على نموها ونشاطها.

❖ مواد العضوية المضافة للتربة

قبل تعرض إلى تحلل المواد العضوية والعوامل التي تؤثر عليها يجب الإشارةإلأن هناك عدة طرق لتقدير معدل انحلال المادةالعضوية في التربة ونذكر منها مايلي:

1- تقدير النقص في كميةالمادةالعضوية في التربة سواء بالطرق الكيميائية أو بالوزن.

2- قياس كمية CO_2 المنطلق من التربة،أو قياس كمية O_2 المستهلك.

3- تتبع مدى اختفاء مادة معينة في التربة

أما أهم العوامل التي تؤثر على تحول المادة العضوية في التربة إلى الصورة المعدنية هي:

1- **الحرارة:** تعتبر درجة الحرارة من احد العوامل الهامة التي تتحكم في سرعة تحليل المادة العضوية المضافة، ونظرا للتباين أنواع الميكروبات من مكان لآخر أيضا تباين نشاط المجموعة الواحدة من الميكروبات في نفس المكان نتيجة اختلاف نوع المادة العضوية لمضافة فإنه من الصعب تحديد درجة حرارة قياس يتم تحتها انحلال أي نوع من المواد العضوية ولكن يمكن القول بوجه عام بأن درجة الحرارة المثلى لتحلل المادة العضوية في التربة تتراوح بين 30 و 40°م وفي نطاق الحرارة الأقل من ذلك أي بين 5°- 40 م فأن ارتفاع الحرارة يسرع من التحلل وأنه أيضا في نطاق الحرارة الأعلى من ذلك أي أكثر من 40° م تقل سرعة التحلل بزيادة درجه الحرارة إلاذ تمت العملية تحت الظروف الملائمة للبكتيريا المحبة للحرارة.

2- **التهوية:** تتحكم التهوية في سرعه تحليل المادة العضوية نتيجة تأثير CO₂ على النشاط الحيوي للميكروبات وتحت الظروف اللاهوائية تقل كمية CO₂ المنطلق حيث أن الأوكسدة تتم فقط بواسطة البكتيريا الهوائية وبالتالي فان سرعه تحلل المادة العضوية تتم بنقص الأوكسجين، بينما تحت الظروف الهوائية تنشط الميكروبات الهوائية من بكتيريا وفطر والتي لها السيادة في التربة.

3- **الرطوبة:** يجب أن تتوفر نسبة معقولة من الرطوبة في التربة حتى تستمر أكسده المادة العضوية مبادلات مناسبة وعموما فإن أقصى معدل لتحليل المادة العضوية يتم عندما تحتوي التربة على من 60 و 80% من السعة التشبعية بالماء حيث أنه أكثر من 80%.

يقل نشاط الميكروبات ليس نتيجة زيادة المحتوى المائل ولكن نتيجة عدم توفر الأوكسجين كما أن قلة الرطوبة عن حد معين يقلل من نشاط الميكروبات

4- **PH التربة:** لكل نوع من البكتيريا والفطر درجة PH مثلى للنمو أو أن زيادة الحموضة أو القلوية عن نطاق معين يؤدي إلى وقف النشاط الميكروب أو قتله بالإضافة إلى ذلك فان الإنزيمات التي تفرزها الميكروبات تتأثر أيضا برقم PH وتسود أنواع معينة من الميكروبات في درجة PH خاصة ويعتبر الوسط المعتدل أو المائل للقلوية انسب ما يمكن لتحليل المادة العضوية.

5-المحتوى النتروجيني للمادة العضوية

إذا احتوت المادة العضوية على كمية عالية من النيتروجين فإن الميكروبات تأخذ حاجتها وما يزيد عن النيتروجين يفرز على صور معدنية إلى التربة حيث لا تكون الميكروبات في حاجة إليه ويتم تحليل المادة العضوية بسرعة في هذه الحالة إذ ما توفرت باقي الظروف الملائمة للتحلل أما إذا كانت المادة العضوية فقيرة من النيتروجين فإن التحلل يكون بطيء ويمكن زيادته بإضافة مواد نتروجينية للتربة.

6-محتوى المادة العضوية من اللجنين:

يقل معدل انحلال المادة العضوية النباتية بزيادة محتواها من اللجنين الذي يعتبر مقاوم لفعل الميكروبات بذلك فإن محتوى المادة من اللجنين لا يقل أهميته عن تقدير مدى انحلال المادة العضوية عن أهميته نسبة N: C في هذا المجال، والمعروف أن محتوى النبات من اللجنين يزيد بزيادة عمر النبات، وبعدها تصبح مخلفات النباتات المسنة مقاومة لتحليل بواسطة ميكروبات التربة.

❖ دوره النيتروجين

غاز النيتروجين هو المكون الرئيسي للهواء الجوي حيث تصل نسبته حوالي 79% وهذا الغاز يعتبر من النتيجة الكيميائية غاز خامل وهو ليس مصدر مناسب لمعظم الكائنات الحية لتكوين بروتوبلازم الخلية منه مباشرة، فجميع النباتات والحيوانات والغالبية العظمى من الكائنات الدقيقة يعتمد في تغذيتها على صور أخرى مثل أملاح الأمونيا والنترات والنيتروجين العضوي وهذه العناصر توجد في التربة بنسب ضئيلة وأن كميتها تعتبر عامل محدد لدرجة خصوبتها ولهذا السبب فإن التحولات التي تحدث في المركبات

❖ انحلال المادة العضوية ونسبة الكربون: النيتروجين

يتوقف تحلل المادة العضوية بدرجة كبيرة على طبيعة المتخلفات ونوع البكتيريا وعددها وعلى خصوبة التربة ويمكن عن طريق المادة العضوية تتبع مدى انحلالها وتحول النيتروجين العضوي إلى معدني فإذا كانت نسبة N : C هي 1:33 فأكثر فإن النيتروجين يتحول النيتروجين المعدني في التربة إلى عضوي نتيجة لنشاط الميكروبات بوجود الكربون اللازم للطاقة واحتياج الكائنات إلى النيتروجين بكميات كبيرة لبناء جسمها ويقل تبعاً لذلك النيتروجين الذائب في الأرض وإذا ضاقت هذه النسبة حتى 1:17 فأقل يتحول النيتروجين العضوي إلى معدني أثناء التحلل حيث يقل نشاط البكتيريا بقلة الكربون اللازم للطاقة وبالتالي قلل النيتروجين الذائب لها فيتوفر في التربة وعملية تحول النيتروجين الصورة المعدنية الصورة العضوية هو

ما يطلق عليه النتروجين الغير القابل للحركة Immobilization وتتحول المادة العضوية وانطلاق النتروجين المعدني فيعرف بالتحول إلى الصورة المعدنية Mineralization وتعتبر الأمونيا ناتج التحلل التي تقوم به الكائنات الدقيقة وتكون قابلة لإفادة النبات وتأخذ العملية دورتها.

وتمر عملية التحول إلى الصورة العضوية جنباً إلى جانب مع التحول إلى الصورة المعدنية أثناء التحلل فإذا كانت نسبة N:C أكثر من 30 تكون $Min < Imm$ فإذا كانت نسبته N: C بين 15:30 تكون العمليتين متساويتين $Min = Imm$ وإذا كانت النسبة اقل من 15 تكون $Imm < Min$ عند ذلك يقل نشاط الميكروبات وتقل احتياجاتها من النيتروجين وتظهر الصورة المعدنية وتكون عملية الفقد من الكربون والنيتروجين متساوية وتصل نسبه N: C في الأرض إلى حاله الثبات. من الجدير بالذكر إن نسبه N:C التربة تتراوح بين (10-12 : 1) أي أنها على درجه عاليه من الثبات فإذا أضفنا للأرض بقايا نباتيه نسبه N:C فيها 1:40 فبانحلال هذه البقايا ينفرد ثاني أكسيد الكربون وتحتفظ الميكروبات بالنيتروجين في أجسامها وباستمرار الفرد CO_2 يضيق نسبه N:C نتيجة لنقص المادة العضوية التحلل وبالتالي يقل نشاط الميكروبات ويقل تابعا لذلك احتياجاتها من النيتروجين عند هذه النقطة تظهر الصورة المعدنية للنيتروجين والتي تفقد عن طريق استعمال النبات.

أو الرشح وبتقديم عملية الخلل يفقد جزء من كل من النتروجين و الكربون حتى تصل إلى نقطة يكون فيها نسبة الفقد من الكربون و النتروجين متساوية حينئذ تصل نسبة الكربون إلى النتروجين في الأرض إلى الثبات.

❖ تمثيل الكربون :

ويقصد به تحويل كربون المادة المتحللة إلى مركبات بروتوبلازتيه وتحت الظروف الهوائية فإن 20-40% من كربون المادة العضوية تمثل داخل خلايا الميكروبات بينما ينطلق الجزء الباقي من الكربون في صورة CO_2 أو قد يتراكم جزء فيه في صورة مخلفات عضوية للميكروبات ، ولطبيعة المادة العضوية تأثير على معدلات التمثيل كما وأن الكربون الممثل داخل خلايا المكروبات سوف يتعرض مرة أخرى للإنحلال عدوت هذه المكروبات ، ويقصد بكفاءة التمثيل هو كفاءة تحويل كربون المادة العضوية إلى كربون الخلية ويتم بحساب النسبة المئوية لكربون الخلية إلى كربون المادة العضوية المستهلكة . فكلما زادت كفاءة الميكروب

في التمثيل كلما قلت نسبة CO₂ المنطلق وكذا المخلفات العضوية الناتجة من عملية التمثيل وعلى العكس من ذلك فإن المكروبات ذات الكفاءة المنخفضة في التمثيل تفقد معظم كربون المادة المتحللة في صورة مخلفات التمثيل CO₂+ ولا تستفيد إلا بكمية قليلة من كربون المادة في بناء البروتوبلازم . ويلاحظ أن الطاقة المخزنة في نواتج التمثيل الغذائي تستخدم مرة أخرى بواسطة ميكروبات التربة عندما تتوفر الظروف الهوائية المناسبة فتتم أكسدتها أكسدة تامة .

وقد وجد أنه عند انحلال المادة العضوية فإن 30-40% من الكربون المادة يستخدم في تكوين المسيليوم الجديد . بينما في الحالة البكتيرية الهوائية فإن 5-10% من الكربون المادة يستخدم في بناء البروتوبلازم ، وفي حالة البكتيريا اللاهوائية فإن النسبة تصل 2-5% فقط . وفي نفس الوقت الذي تقوم فيه المكروبات بتمثيل الكربون العضوي لبناء بروتوبلازم جديد فإن هناك استهلاك لكميات من بعض العناصر مثل P, S, K, N التي تدخل في تركيب بروتوبلازم الخلية، على ذلك فإن كميات الكربون المتمثلة تتوقف على وجود هذه العناصر مسيرة وكميات مناسبة سواء في المادة العضوية أو التربة أي أن تمثيل المواد الكربونية يتوقف على نسبة الكربون إلى نسبة هذه العناصر .

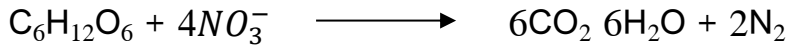
❖ انطلاق النتروجين:

ويطلق عليها عكس التآزت بالإضافة إلى فقط النترات من التربة في ماء الصرف نتيجة عمليات الغسيل فإن أملاح النترات بالتربة تتعرض لفقد نتيجة بعض العمليات البيولوجية هي:

1. فقد النترات بواسطة النباتات والميكروبات حيث تتحول في أجسامها إلى بروتينات.
2. اختزال النترات إلى نترت تم إلى أمونيا
3. استخدام النترات كمصدر للأكسجين اللازم للتنفس الميكروبات وانطلاق النيتروجين في الجو.

اختفاء النترات من التربة نتيجة تحوله إلى نيتروجين عضوي داخل أجسام الميكروبات أو اختزاله إلى نترت أو أمونيا لا يعتبر فقدًا فعليًا للنيتروجين التربة بل انه مجرد تغيير في صورته حيث يمكن إعادة تكوينه مره أخرى عن طريق النشرة والتآزت أما في حاله الاختزال الكامل للنترات الى نيتروجين أو أكاسيد نيتروجينية

بتطايرة فإن هذا يعتبر فقدا فعليا لنتروجين التربة ويتم انطلاق النيتروجين من التربة تحت الظروف اللاهوائية، حيث في غياب الأكسجين فان هناك بعض الأنواع يمكنها استخدام أملاح النترات في التنفس والتأكسد المادة العضوية أكسدها كاملة



❖ تثبيت النيتروجين الجوي:

تحتوي التربة على أجسام محدودة من الميكروبات التي لها القدرة على استخدام النيتروجين الجزئي الذي لا يمكن لأي من الكائنات الحية سواء نباتيه او حيوانيه الاستفادة منه في بناء سيتوبلازم الخلية وتقسم هذه الميكروبات إلى:

- الميكروبات التي تعيش حرة في التربة وتقوم بتمثيل النيتروجين الجزئي دون المشاركة مع النباتات إي لا تكافليا وهم الميكروبات الهوائية التي تقوم بتثبيت النيتروجين هي البكتيريا التابعة لجنس Azotobacter كما تقوم بهذه العملية أنواع من الطحالب الخضراء المزرقه كما توجد بكتيريا لاهوائية تثبت النيتروجين الجوي وتتبع حني Clostridium
- البكتيريا المعاشرة للنباتات والتي تقوم بتمثيل النيتروجين فقط في وجود النباتات وبلاشتراك معه في المعيشة وهذه الميكروبات تتبع حيني Rhizobium وتتميز بتكوين عقد جذرية على النبات البقولية المناسبة لها.

علاقة الأرض بالماء:

كي تعمل التربة كوسط لنمو النبات لابد من احتوائها على كمية من الماء، ولا يخفى ما للماء من أهمية في نواح عديدة منها:

- 1- تنشيط التفاعلات الكيميائية والطبيعية والحيوية في التربة.
- 2- يعمل على إذابة وحمل العناصر الغذائية، وترتبط كمية الماء المسيرة للنبات بدراسة العلاقة بين الماء والتربة.

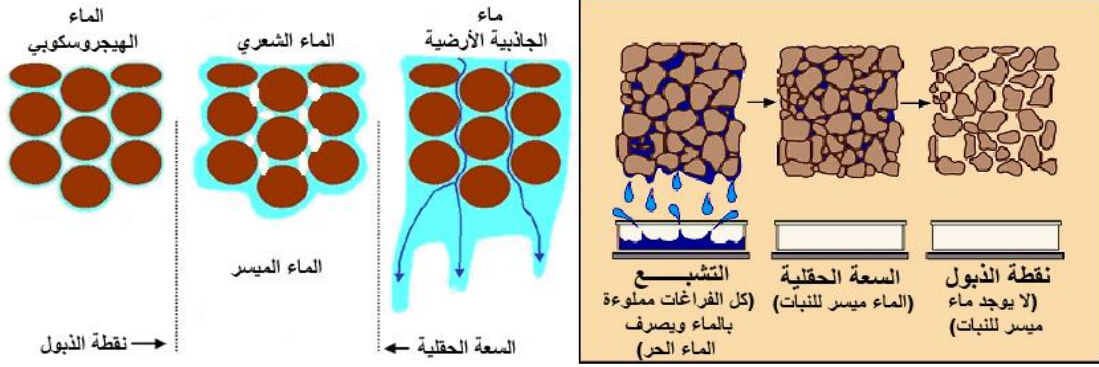
سبق وأن ذكرنا أن المسام الضيقة يحمل فيها الماء وهي المسؤولة عن حفظ الماء في التربة، يعني المسام الكبيرة هي المسؤولة عن التعريف الزائد للماء وتبادله على الهواء.

ثوابت الرطوبة الأرضية

1- نقطة الذبول الدائم: وهي عبارة عن النسبة المئوية للماء محتسبة على أساس الوزن الجاف، التي تحتويها التربة عندما تبدو على أوراق النبات دلائل الذبول المستمر كنتيجة لعجز النبات عن امتصاص الماء من التربة، ولا يسترد النبات نشاطه عند تعرضه لجو مشبع ببخار الماء، ولا يختلف معامل الذبول للتربة الواحدة باختلاف النبات، بل يظل ثابتا، وليس معنى هذا أن جميع النباتات لها نفس المقاومة للجفاف؛ حيث إن بعض النباتات عليها تقليل النتح، ويحدث الذبول الدائم عند شد يعادل 14-15 ضغط جوي، وذلك بالنسبة للنباتات في الأجواء العادية، ويلاحظ أنها تتأثر بالقوام بصفة عامة؛ فالترية الناعمة القوام لها نقطة ذبول أعلى من التربة الخشنة القوام، ونظرا لحساسية نبات عباد الشمس للرطوبة فإنه يُستعمل في تقدير معامل الذبول كما يستعمل جهاز Pressure Membranes لهذا التقدير.

2- السعة الحقلية: وتقدر في المعمل باستعمال Pressure Cooker عن طريق تقدير نسبة الرطوبة التي تحتفظ بها التربة إذا عرضت لضغط $1/3$ من ح التربة الطينية، و $1/10$ من ح التربة الرملية كما يمكن تقديرها عن طريق المكافئ الرطوبي، وهو عبارة عن كمية الرطوبة أو الماء التي تحتفظ بها التربة إذا تعرضت لقوة طرد مركزي تعادل 1000 مرة قوة الجاذبية الأرضية لمدة 30 دقيقة، وعادة ما يكون المكافئ الرطوبي أقل من السعة الحقلية للتربة الرملية وأعلى من السعة الحقلية للتربة الطينية والسعة الحقلية عبارة عن النسبة المئوية للماء التي تحتفظ بها التربة يعد الرش الزائد من الماء وتقرب سرعة الرش حينئذ من الصفر عند هذه النقطة تكون نسبة الرطوبة وصلت إلى حالة الاتزان وأنها لا تتغير مع الزمن، ويمكن الوصول إلى هذا الاتزان إذا منع البخر، وهذا لا يمكن أن يحدث عمليا وتصل التربة إلى هذه الحالة بعد 2-3 أيام من الري وتقتصر في التربة الخشنة بينما تطول في التربة الناعمة القوام.

3- الماء الميسر: وهي كمية المياه التي تحتفظ بها التربة في ما بين السعة الحقلية ومعامل الذبول، والتي يمكن اعتبارها واحدة للتربة الواحدة لجميع النباتات، وليس معنى هذا أن جميع النباتات لها المقاومة نفسها للجفاف.



صور الماء الأرضي (التصنيف الفيزيائي للماء الأرضي)

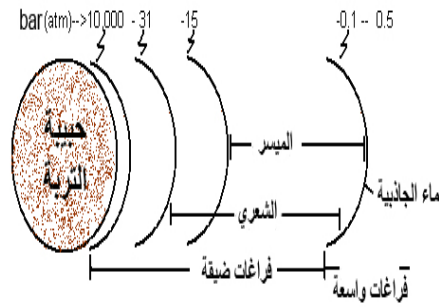
يقسم الماء الأرضي على حسب القوى الممسوك بها الماء بحبيبات التربة إلى:

1- الماء الهيدروسكوبي: إذا تعرضت التربة الجافة لبخار الماء، فإنها تمتص الرطوبة تبعاً للخاصية الهيدروسكوبية في صورة أغشية رقيقة جداً على السطوح الخارجية والداخلية للحبيبات، ويُعرف المعامل الهيدروسكوبي بنسبة الرطوبة التي تصل إليها التربة الجافة تماماً عند تعرضها لجو مشبع بالرطوبة على درجة م 20، وتختلف نسبة الماء الهيدروسكوبي في التربة تبعاً لحالة تشبع الجو ببخار الماء ولنسبة الطين والمادة العضوية.

2- الماء الشعري أو الغشائي: هو الماء الذي تحتفظ به التربة بعد عام الترشيح، ويمكن تعريفه أيضاً بأنه الماء الذي يصعد فيها بخاصية الجذب السطحي، وهو أكبر سمكاً من الماء الهيدروسكوبي ويوجد فوقه، ويمكنه التحرك في التربة حول الحبيبات وفي المسام تحت تأثير بعض القوى وتتشابه حركته وصعوده في التربة بحركة وصعود الماء في الأنابيب الشعرية، ولذلك سمي بالماء الشعري وهو محوك بين السعة الحقلية والمعامل الهيدروسكوبي بقوة شد تعادل من 01-31 ضغط جوي ويعتبر ميسراً للنبات بين السعة الحقلية ومعامل الذبول، كما أنه يعمل على سير التفاعلات الطبيعية والكيميائية والحيوية في التربة، ويقدر الماء الشعري في التربة بتقدير الرطوبة الكلية فيها ثم تقدير الماء الهيدروسكوبي الذي يمتصها من الجو العادي وي طرح نسبة الماء الهيدروسكوبي من نسبة الرطوبة الكلية تتحصل على الماء الشعري أي: الرطوبة الكلية - الماء الهيدروسكوبي = الماء الشعري.

نسبة الماء الشعري، وتتوقف كمية الماء الشعري في التربة على قوامها وبنائها ونسبة الماء العضوية وعمق التربة والجذب السطحي للماء.

3- الماء الحر: هو الماء الزائد عن الماء الشعري والذي لا يمكن للحبيبات أن تحتجزه حولها، فيتحرك تحت تأثير الجاذبية الأرضية إلى باطن الأرض في المسام كبيرة الحجم، ويستمر هذا الماء في حركته إلى أن يصل إلى طبقة غير منفذة من طبقات الأرض، ويسمى السطح العلوي للماء الحر بعد وقوفه فوق الطبقة الصماء لمستوى الماء الأرضي وهو مستوى غير ثابت يؤثر فيه منسوب الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر أو أي مستوى ماء جارٍ (ماء الأنهار مثلا) وهو من التربة الطبيعية ووجود الطبقات الصماء بكمية ماء الري وحالة ومقدار البخر، وينتج عن ارتفاع مستوى الماء الأرضي مشاكل كثيرة بالنسبة للأرض والنبات.



الصور والأشكال التي يتواجد عليها الماء

امتصاص جزيئات الماء على سطح حبيبات التربة ينتج عنه ما يأتي:

- انخفاض في حركة جزيئات الماء .
- انخفاض في كمية الطاقة في الماء .
- إطلاق حرارة بسبب تحول الماء إلى مستوى أوطأ من الطاقة .
- أخيرا يمكن ملاحظة أنه أثناء إضافة كمية من الماء إلى تربة فإنه يلاحظ زيادة في درجة الحرارة للتربة، وبالتالي ترسب عدة طبقات من جزيئات الماء بقوة على جدار التربة تسمى قوة الالتصاق، ويسمى هذا بماء الالتصاق Adhesion Water ويتميز ب:

- قليل الحركة إن لم يكن منعدما
- غير جاهز للنبات .
- معظم الترب العادية تحتوي عليه .
- يمكن التخلص منه بالتخفيف .

أما ماء التماسك Cohesion Water يتميز بـ:

- تحرك جزيئات ماء التماسك أكبر من تحرك جزيئات ماء التلاصق، طاقة أعلى وبالتالي يتحرك بصورة أسهل.
- سمك الغشاء المائي (ماء التلاصق والتماسك) في التربة يصل إلى 15-20 جزيئة، مثال يوضح التصاق جزيئات الماء بحبيبات التربة مثل التصاق جزيئات الماء بالزجاج (شريحتين مجهريتين).
- الماء المجتذب Gravitational Water :
 - يتواجد في المسامات غير المجهرية.
 - إما أن يكون ماء حرا أو يكون تحت شد قليل جدا.
 - يتحرك بطلاقة خلال المسام غير المجهرية بواسطة تأثير اختلاف قليل في ضغط أو بواسطة قوة الجذب الأرضي.



تجمع قطرات الماء مع بعضها علي أوراق النبات بفعل قوي التماسك

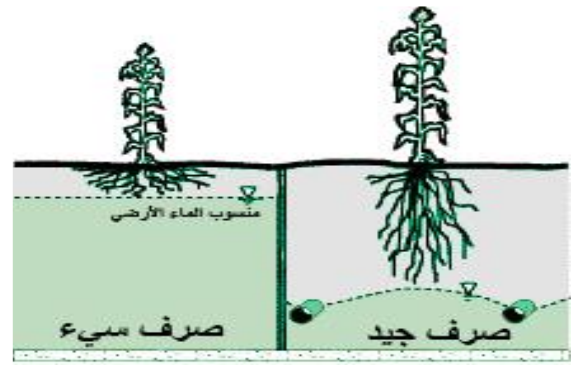


تجمع قطرات الماء مع بعضها علي سيقان الأزهار

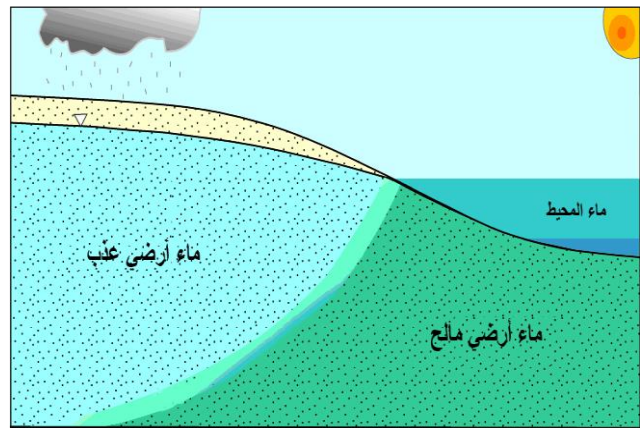
بفعل قوي التماسك



تنتشر قطرات الندى علي الزهرة وتلتصق بها بفعل قوي التلاصق



يوضح تأثير ارتفاع مستوى الماء الأرضي علي نمو المجموع الجذري للنبات



يوضح ارتفاع منسوب الماء الأرضي بالقرب من البحار والمحيطات والأنهار

القوى الممسوك بها الماء في الأرض (حفظ الأرض للماء)

1- الجذب السطحي للأغلفة المائية التي تلامس الهواء في مسام التربة، وتتراوح قيمتها من صفر في التربة المشبعة بالماء إلى أكثر من 1000 ض.ج عند نقص الرطوبة في التربة، وعادة ما تكون قوة التماسك بين جزيئات الماء Cohesion تفوق كثيرا قوى الالتصاق بينها وبين الهواء Adhesion الملامس لها نتيجة لذلك يضغط الماء للأسفل جهة المركز، ويزيد الضغط كلما نقص نصف القطر، ونمثل ذلك بالعلاقة الآتية:

$$\text{ض} = \frac{\text{ت}}{\text{نص}} = \frac{\text{ت}2}{\text{نص}}$$

حيث: ض: القوة المؤثرة على الحبيبات

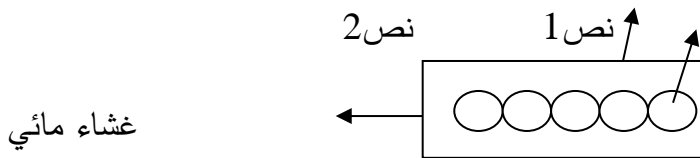
ت: الجذب السطحي

نص: نصف قطر الحبيبات

2- قوى في سطوح حبيبات التربة نفسها سواء كانت السطوح الداخلية بين طبقات النبات البلوري خصوصا معادن الطين القابلة للانتفاخ أو السطوح الخارجية للحبيبات، هذه القوى تتمثل في الكهرومغناطيسية الناتجة عنفي هذه السطوح وتزيد أهمية هذه القوى بنعومة القوام ووجود معادن الطين القابلة للانتفاخ.

3- قوى ناتجة عن الأملاح الذائبة في التربة والتي ينتج عن زيادتها زيادة الضغط الأسموزي وزيادة الجذب السطحي للماء في التربة.

الشد الكلي = الضغط الأسموزي + جذب حبيبات التربة للماء .



توزيع جزيئات الماء حول الحبيبات في اتجاه أفقي

السطح المشترك تربة/ ماء:

التصنيف البيولوجي للماء الأرضي

إن الرطوبة الموجودة في الأرض ليست جميعها في حالة مسيرة لجذور النباتات وعلى ذلك يمكن تقسيم الماء البيولوجي على الوجه الآتي:

1- **ماء فائض:** الرطوبة التي تزيد عند السعة الحقلية وهو الماء الحر والظروف غير المناسبة لنمو النبات ونشاط البكتيريا؛ حيث تقل التهوية وتزداد الحالة سوءاً كلما قاربنا نقطة. فمن وجهة النبات يمكن أن يطلق عليه (ماء فائض).

2- **الماء الميسر:** هي كمية الماء المحتفظة ما بين السعة الحقلية ومعامل الذبول، وتدل البحوث العلمية أن للحصول على نمو عادي يجب ألا ينتظر حتى تصل نسبة الرطوبة الأرضية إلى معامل الذبول، يجب أو تروى الأرض عندما يكون 50 إلى 85% من الرطوبة المسيرة قد أستنفدت.

3- **الماء غير الميسر:** هو الماء الذي يمك في التربة عند نقطة الذبول وتشمل جزءا من الماء الشعري والماء الإيدروسكوبي.

تصنيف فيزيائي:

معامل	معامل الذبول	سعة حقلية	100%
			هيدروسكوبي
31	15 ض.ج	1/3 ض.ج	حيز صافٍ
			ض.ج

ماء إيجروسكوبي	ماء شعري	حيز الهواء وماء الصرف
----------------	----------	--------------------------

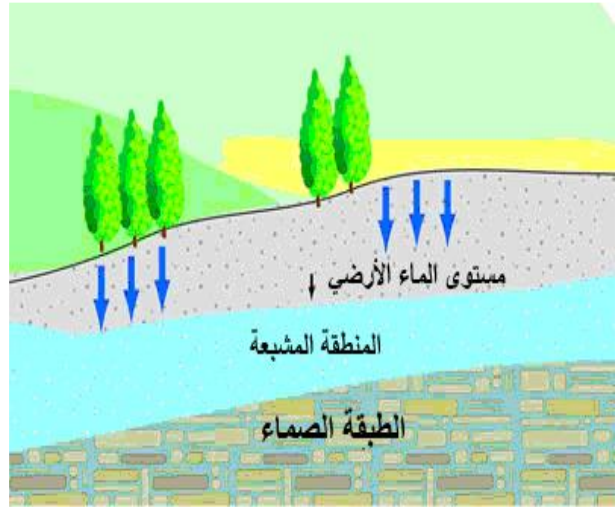
ماء غير

نطاق الرطوبة المثلى

مياه فائضة

مسير

رسم تخطيطي يوضح التصنيف الفيزيائي والبيولوجي للرطوبة الأرضية



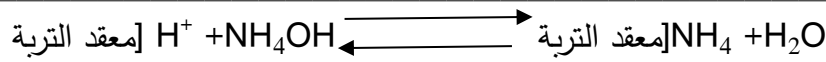
مستوي الماء الأرضي

❖ التبادل الكتوني

يعتبر الطين والذبال المكونات الرئيسية النشطة في التربة إذ أن لها إضافة إلى الصفات الغروية المقدرة على التششت لتحاط بغلاف من الكتيونات ترافقها في تحركها وتمنحها الإستقرار ولها القدرة على جذب الإيدروجين H^+ لتكون حامضا يعطي التربة تفاعلا حامضيا يمكن معادلته بالكاتيونات المعدنية الناتجة عن التجويه الكيميائية وأما هذه الكاتيونات K^+, Mg^{++}, Ca^{++} وغيرها ويتوقف كون التربة حامضة أو متعادلة أو قلوية على حسب درجة التعادل، والكاتيونات المعدنية المرخصة على غرويات التربة بما يشبه التششت Fixation تخلق لدينا ظاهرة تدعى قوة الإدمصاص وتخضع هذه الكاتيونات للتبادل فيما بينها تبعا لظروف التربة الفيزيوكيميائية وتدعى عملية التبادل بالتبادل الأيوني الذي ينطبق على الكاتيونات بشكل عام وعل بعض الأنبيونات

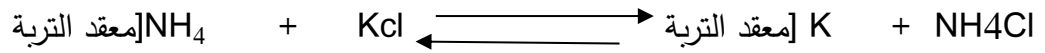
❖ الإدمصاص والتبادل Adsorption and exchange

سيليكات الطين الغروية تحمل شحنة سالبة تجذب إليها الأيونات المشحونة بشحنة موجبة (الكاتيونات) لتكون طبقة الأيونية المزدوجة double couche ioniaue ويقال عن هذه الأيونات (الكاتيونات) بأنها مرخصة Adsorption على سطح بلورات الطين التي دعيت بالخلايا الميكرونية Micelle ولما كانت هذه الكاتيونات عادة قابلة للإزاحة أو التبادل مع كاتيونات أخرى لذلك سميت بالأيونات القابلة للتبادل Exchangeable Ions وسمي التبادل المذكور بالتبادل الكاتيوني Cation exchangebe وهو احد الخواص الكيميائية المهمة للتربة كما أن غرويات التربة لها القدرة القابلة على المصاص القواعد والتبادل الكاتيونات والمعدلة التالية توضح الإدمصاص القواعد من قبل غرويات التربة.



في هذه المعادلة نجد أن الغروي ادمص ايون NH₄ وحرر ايونات H⁺ ليتحد مع OH ويعطي جزء ماء H₂O

أما التبادل الكاتيوني فتوضحه المعادلة التالية:



ويمكن بيان التبادل الكاتيوني بإجراء التجربة التالية

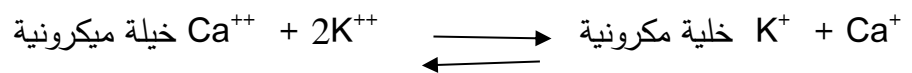
لنرشح عينه تربة بمحلول Cacl 1 عياري.

ثم نقوم بغسل التربة بالماء المقطر حتى يصبح الراشح خاليا من الكالسيوم عند اختباره بأكسالات الصوديوم.

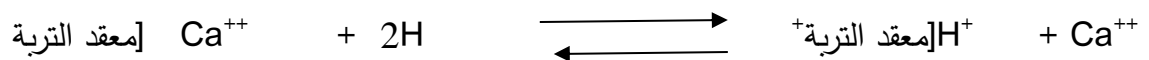
لنرشح التربة بمحلول KCl 1 معياري.

لو أخذنا الآن الراشح للاحظنا ظهور الكالسيوم في الراشح.

إن ماحدث فعلا هو تبادل كاتيوني بين أيون البوتاسيوم K⁺ وأيون الكالسيوم Ca⁺⁺ المدمص على سطح غرويات التربة حلا فه بعض البوتاسيوم K المضاف محل بعض الكالسيوم Ca⁺⁺ وظهر نتيجة ذلك كالسيوم في الراشح ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة التالية:



أي أن أيونين K⁺ الأحادي التكافؤ حل محل أيونا من Ca⁺⁺ الثنائي التكافؤ وبالمثل لو أعتبرنا وجود تربة مختلفة كالمناطق الرطبة عاليه في الكالسيوم المدمص Adsorbed وكان الظروف ناقصة من الرطوبة والحرارة وافترضنا تشكل حمض الكربونيك H₂CO₃. أوأحماض أخرى من تفاعل المواد العضوية فالهيدروجين الناتج من هذه الأحماض في المحلول الأرضي تبادل عندئذ مع الكالسيوم القابل للتبادل ويصبح الهيدروجين المدمص بدلا عن الكالسيوم الذي يصبح في المحلول الأرضي ويمكن كتابه التبادل الكاتيوني كما يلي:



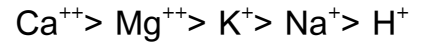
ويتمثل هذا التفاعل في الواقع بسرعة فائقة وتبادل كميات متكافئة من الايونات مع بعضها، فلو تحرر في التفاعل المذكور أعلاه 10 ملمكافئ من أيونات Ca⁺⁺ مثلا للاحظ عندئذ 10ملم كافئ في من أيونات

(H⁺) بالضبط لذلك فإن التفاعل المشار إليه عكسي فلو قل تركيز ايونات H⁺ لأي سبب أو زاد تركيز أيونات Ca⁺⁺ بإضافة الجير مثلا لا نتيجة التفاعل إلى اليسار ولعاد الكالسيوم إلى حالة الامصاص من جديد.

مما لا شك فيه أن الشحنات السالبة التي تحملها غروبات التربة لا تتعادل بنوع واحد من الكاتيونات إذا تكون الغروبات متشعبة عادة بأنواع مختلفة من الكاتيونات ولو أن احدها قد يغلب تحت ظروف معينة، ففي أرض المناطق الرطبة تكون الكاتيونات المدمصة على سطح الغروبات بالترتيب التالي:



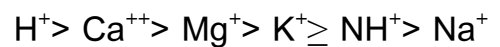
ويكون الترتيب في الأراضي المناطق الجافة الجيدة الصرف عاده كالأتي



يعني ذلك إن الهيدروجين والكالسيوم يغلبان في المناطق الرطبة بينما يغلب الكالسيوم والمغنيسيوم في أراضي المناطق الجافة الجيدة الصرف.

قوة تبادل النسبية Relative Replacing

القوة الجاذبة *Attractive force* الناشئة على الجسم الغروي الكاتيونات بدرجات متباينة الشدة فالهيدروجين مثلا يمسك على سطوح الغروبات بشدة أكبر من شدة التي يمسك بها ايون الكالسيوم ويمسك أيون K بشده اكبر من تلك الشدة التي يمسك بها ايون الصوديوم N أصغر نسبيا من الشدة التي يمسك بها ايون الكالسيوم Ca لذا فإن أضفت محلول CaCl 1 عياري إلى عينة تربة مشبعة بأيون الصوديوم Na ومحلول 1 kcl معياري إلى عين التربة أخرى من نفس التربة وقورنت كميته الكالسيوم المتبادلة مع الصوديوم من جهة مع كميته البوتاسيوم المتبادل مع الصوديوم من جهة أخرى، لوجدنا ان الكميته تكون اكبر في الحالة الأولى اي مع الكالسيوم، بمعنى أن كمية الصوديوم التي أصبحت في حلول الراشح كانت عندما اضيف محلول CaCl منها عندما اضيف محلول KCl وان كميته البوتاسيوم كانت مساوية لكمية الكالسيوم في كلا المحلول المضافين لان قوه التبادل بين الكالسيوم والصوديوم كانت اكبر من قوه تبادل البوتاسيوم والصوديوم، وأنا أكثر الأيونات التي تدخل في عملية التبادل مرتبة حسب قوة الإمصاصة هي:



وكذلك أيونات العناصر الصغرى $Cu^{++} > Zn^{++} > Mn^{++}$ ويمسك أيون الألمنيوم و الحديد Fe^{+2}, Fe^{+3} في الأراضي الحامضة.

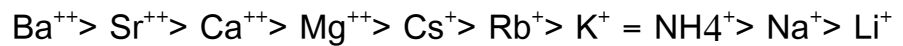
ودراسة القوة التبادلية بالنسبة للأيونات تبييناً تتوقف على عاملين:

1- تكافؤ الكاتيون: كلما زادت تكافؤ الكاتيون كلما ازدادت قوة تبادل النسبية فإذا اعتبرنا الحبيبة الغروبية الحاملة بالشحنة السالبة كجسم يجذب إليه الكاتيونات كانت قوة الجذب متناسبة طردياً مع الشحنات فكلما ازدادت شحنة الكاتيون كانت قوة جذبها إلى الحبيبة الغروبية وقوة تبادله النسبية أكبر، وعليه فإن الكاتيونات ثنائية التكافؤ ذات قوة تبادل نسبية أكبر من قوة تبادل الكاتيونات الأحادية التكافؤ والكاتيونات الثلاثية التكافؤ ذات قوة تبادل نسبية أكبر من قوة تبادل الكاتيونات الثنائية التكافؤ وعلى سبيل المثال فإن قوة التبادل النسبية للكاتيونات المتباينة التكافؤ تكون:



ويشد عن ذلك أيون الهيدروجين $[H^{+}]$ إذ أن قوته التبادلية تزيد عن قوة التبادلة للكالسيوم.

2- قطر الكاتيون: قوة الجذب بين الجسمين تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما فلو اعتبرنا الحبيبة الغروبية كجسم أول والكاتيون كالجسم ثاني كانت المسافة بينهما متوقفة على نصف قطر الكاتيون وكانت قوة الجذب متعكسة مع نصف قطر الكاتيون ولو افترضنا أنصاف أقطار أهم الكاتيونات لوجدنا أنها تترتب ما يلي



وبناء على ما تقدم فإن قوة جذب أيون الليثيوم Li^{+} مثلاً من قبل الحبيبات الفردية يجب أن تكون أكبر من قوة جذب أيون المغنيسيوم وبالتالي يجب أن تكون قوة التبادل Li^{+} النسبية أكبر من قوة تبادل المغنيسيوم النسبية مما يتناقض مع الواقع العملي حيث أنه قوة التبادل النسبية عملياً تتوافق مع ترتيب الكاتيونات حسب أنصاف الأقطار البلورية.

سعة التبادل الكاتيوني Cation exchange capacity

تختلف الأراضي من حيث النسبة المئوية الغرويات الموجودة فيها، كما تختلف كمية الشحنات السالبة في التربة فاحسب نوع الغرويات المعدنية والعضوية، ويطلق على مجموع كمي الكاتيونات المدمصة فقرة بالمكافئ /100 غ من التربة الجافة سعة التبادل الكاتيوني وتختلف هذه السعة تبادلية حسب النسبة المئوية

للطين في التربة ونوع المعدن الطين وكمية الذبال فيها، فلما كانت معظم غرويات التربة ممثلة في الجزء الناعم الترب وهو الطين لدى فمن المتوقع ان تزداد سعة التبادل للتربة كلما نعم قوامها زادت نسبة طين المئوية فيها، كذلك تتوقف السعة المذكورة على الأنواع معادن الطين السائدة في التربة وكمية الذبال فيها. سعة التبادلية لهذه المعادن الطينية والذبال مقدرة بلملم كافي تكون في حدود 200 للدبال و 100 للمنتوريليونين Montmorillonite و 30 للأليت ILLITE و 8 للكاولتين Kaollinite و 4 للأكاسيد المائية في 100 غ من هذه المواد، لهذا فالتربة التي يغلب ف تركيبها معدن الكاولتين تكون سعتها منخفضة وربما تقع في حدود 5- 20 ملم كافي/100 غ تربة بعكس ذلك تصل السعة التبادلية للتربة يغلب فيها معدن المونتريليونيت إلى 200 ملم كافي/100 غ تربة وقد تصل إلى 180 ملم كافي إذا كانت التربة عالية في محتواها من الذبال وتختلف النسبة المئوية للمواد الغروية في التربة حسب قوامها فالتربة الرملية أو الطينية الرملية تكون قليلة الإحتواء على الغرويات الطينية كما يحتمل أن تكون نسبة الذبال المئوية فيها قليلة أما الأراضي الطينية فعلى العكس من ذلك تحتوي على كميات أكبر من الطين الغروي وكميات أكبر من المواد الذباليه مما تحتوي الأرض الخفيفة وبذلك تكون سعة التبادل الكاتيوني لها أعلى من سعة التبادل الكاتيوني للأراضي الخشنة القوام.

التبادل الكاتيوني و الإفادة من العناصر : Cation exchange and the availability of nutrients

العناصر المدمصة على سطوح الغرويات تستفيد منها النباتات العالية والكائنات الحية الدقيقة بسهولة كما تدل نتائج كثيرة من التجارب و من الظواهر ان افادة العناصر الغذائية المدمصة للنبات و الكائنات الحية الدقيقة تتم عن طريقتين :

- 1- تتحررالعناصر المدمصة عن طريق التبادل الكاتيوني من سطوح الغرويات و تنتشر في المحلول الارضي حتى تلامس السطوح الماصة للجذور النباتية الحية الدقيقة في التربة حيث يتم امتصاصها
- 2- يعتقد البعض ان هناك تبادل مباشر بين الكاتيونات المدمصة على سطوح غرويات التربة و الجذور او الكائنات الحية الدقيقة اذا ما لامست الجذور او الكائنات الحية الدقيقة سطوح غرويات التربة فالإيدروجيني الناتج عن الجذور او الكائنات الحية الدقيقة يتبادل مع العناصر المدمصة بدون ان تتحرر هذه العناصر الى المحلول الارضي

و لا شك ان اعادة العناصر المدمصة للنبات لا تتم بهذه السهولة في غالب الاحيان حيث تتدخل عوامل عديدة و تتر بالتالي على سرعة او ابطاء تحرر العناصر الغذائية الى النبات و هي :

1/ درجة التشبع : degree of saturation

يتوقف تحرر عنصر غذائي مدمص و على درجة تشبع السعة التبادلية للتربة فعندما تكون نسبة الكالسيوم المثوية مثلا في التربة عالية تكون ازاحة الكالسيوم من على سطح غرويات التربة سهلة و سريعة مثلاوجود 6 ما يكافئ من الكالسيوم المدمص في تربة سعتها التبادلية 8 ملمكافئ لكل 100 غ تربة . يعني هذا سهولة افادة الكالسيوم للنبات بعكس الحال عند وجود 6 ملمكافئ من الكالسيوم المدمص في تربة سعتها التبادلية 30 ملمكافئ لكل 100 غ تربة ففي الحالة الاولى تكون درجة تشبع الكالسيوم =75% في حين تكون في التربة الثانية =20%

بصورة يمكن القول ان النبات لا يتمكن من امتصاص الكالسيوم اذا قلت درجة تشبعه على غرويات التربة عن حوالي 70% من مجموع الكاتيونات المدمصة

2/ الايون المرافق : associated ion

و هو عامل مهم في امتصاص النبات لكاتيون معي فالكاتيون يتحرر من على سطح غرويات التربة ان كان الايون المرافق له ذو قوة ادمصاص اعلى منه و تزداد كلما ازدادت قوة مسك الغرويات للكاتيون المرافق فلو افترضنا ان هناك كميات مناسبة من الكالسيوم المدمصة على غرويات تربتين و ان الكاتيون المرافق في التربة الاولى كان الهيدروجين و في التربة الثانية الصوديوم لوجدنا ان كمية ايونات الكالسيوم الموجودة في المحلول الارضي للتربة الاولى اكبر من كمية ايونات الكالسيوم الموجودة في المحلول الارضي للتربة الثانية .ففي الحالة الاولى تحررت كميات كبيرة نسبيا من ايونات الكالسيوم قطرا لان قوة ادمصاص الهيدروجين اكبر من قوة ادمصاص ايون الكالسيوم على سطح الغرويات.اما في الحالة الثانية فان قوة ادمصاص الكالسيوم اكبر من قوة ادمصاص ايون الصوديوم على سطح الغرويات لذلك فان تركيز الايونات الكالسيوم في المحلول الارضي منخفضا

تختلف معادن الطين في قوة مسكها لكاتيون معين و ذلك يؤثر بدون شك على تبادل الكاتيونات . فمتلا قوة ادصاص الكلسيوم على معدن المونتمورلونيت اكبر بكثير من قوة ادمصاصه على معدن الكاؤولينيت وعليه فان المونتمورلونيت قابل لان يحزر الكاتيونات احادية التكافؤ لافادة النبات منها بسهولة بينما يحزر الكاؤولينيت الكاتيونات تنائية التكافؤ لافادة النبات فيها بسهولة

العناصر الغذائية للنبات

هذا المصطلح يستخدم للتعبير عن التغذية النباتية وهي العناصر الغذائية سواء كان مصدرها الهواء او الارض و.... للتوضيح فان النباتات على عكس الحيوان و الانسان فهي تتغذى اساسا على مركبات العناصر الغير عضوية و يطلق على المغذيات التي مصدرها التربة العناصر الغذائية المعدنية اشارة الى ان النبات يحصل عليها من تحلل معادن التربة و هي التي سنتناولها في هذا الموضوع . و يجب ان يوضع في الاعتبار ان النباتات لا تتغذى باي حال من الاحوال على عناصر فالصورة الصالحة و الاساسية للتغذية النبات هي الصورة الايونية لتلك العناصر (كاتيونات/أنيونات) و قد امكن التعرف لحد الان على عشرون عنصر ضروري للنبات و هي (C.H.O.N.P.S.K.Ca.Mg.Fe.Mn.Mo .Cu.Br.Zn.Cl.Na.Co .Si....) و العناصر الثلاثة الاولى مصدرها الهواء و الماء اما العناصر الاخرى فمصدرها معادن التربة و قسمت هذه العناصر الى صغرى و كبرى و في الواقع هذه التسمية ليست لها علاقة بالحجم الخاص بالايون اي نصف القطر و لكنها تستخدم لتقسيم العناصر على حسب الكمية الموجودة فيها في النبات . و لم يحدد حتى الان الحد الفاصل ما بين العناصر الكبرى و الصغرى من حيث الكمية الا انه غالبا ما يكون تركيز العناصر الصغرى اقل من 1ملغ/1غ حادة جافة و قد ترجع بعض المراجع هذا التقسيم للعناصر حسب الكمية اللازم وجودها في الوسط الغذائي و التي تفي بحاجيات نمو النبات و في هذه الحالة يضمون Na;Cl;Si من ضمن العناصر الصغرى و لكن ذلك قد يتعارض ان بعض النباتات تستجيب لتركيزات عالية من Na مثل: بنجر السكر ,اللفت , الشعير كما ان هناك نباتات محبة للكور مثل : الفاصوليا , الخيار , الطماطم و التعريف الملائم ادا هو تبعا لدرجة استجابة النبات لها . فالعناصر الكبرى هي تلك العناصر التي يكون المدى بين التركيز الضار و غير ضار واسع لا يحدث ضرر الا اذا زاد التركيز كثيرا عن حد معين و الضرر الذي يشاهد في هذه الحالة يكون نتيجة لزيادة العناصر بمقدار كبير فوق احتياج النبات مما يخل باتزان العناصر او يرجع الى الضغط الاسموزي للمحلول الارضي او لهما معا . اما

العناصر الصغرى فيكون المدى بين التركيز النافع و الضار ضيق لسميتها الشديدة للنبات

فتعتبر عناصر N.P.K عناصر مرنة يصحبها زيادة تدريجية في النمو . Mg اكثر فاعلية حيث يزداد النمو و ينقص بزيادة و نقص تركيزه و العناصر الصغرى تماثل Mg الا ان التأثير الضار لها يكون في تركيز اقل

• حالة العناصر الغذائية في التربة :

يمكن دراسة العناصر الضرورية و توزيعها في التربة بعدة طرق حيث يمكن الوصول منها الى التعرف على قدرة امداد التربة بالعناصر الغذائية و لقد تبين من نتائج التحاليل الكيميائية ان امداد العناصر الغذائية في التربة غالبا ما يكون عاليا بمقارنته باحتياجات النبات للحصول على نمو ملائم و لهذا اصبح من الضروري التعرف على قدرة امداد التربة للعنصر القابل لافادة النبات و الامدادات تكون من الجزء الصلب في التربة طريقه الطبيعي الى النبات الى الصورة السائلة تم الى جدر النبات و انتقال العناصر يتطلب وجودها في الصورة الايونية

• الرأي الخاص بالقابلية للافادة :

ان صور العناصر المختلفة في التربة تختلف بالنسبة لقابليتها للافادة و عادة ما يكون هناك كمية بسيطة نسبيا من جزء كبير قابلة للافادة و يكون لها تأثير على نمو النبات و يمكن تعريف هذه الصورة كما يلي :
انها الصورة الموجودة في التربة و التي للاختلاف في كميتها الاختلاف في المحصول و استجابته لاضافة العناصر الغذائية (الاسمدة) و من النقاط الهامة هو تحديد هذا الجزء القابل للافادة و مقارنته بالنمو و استجابة المحصول للتسميد و كما ذكر من قبل ان انتقال العناصر الغذائية الى النبات تكون على الصورة الايونية (كاتيونية - انيونية) و تشمل الايونات ($NO_3 / H_3PO_4 / SO_4 / Cl / H_3BO_3$)
Mn ; Zn ; Cu ; K ; Ca ; Mg) Fe ; (اما الكاتيونات فتشمل)

امتصاص العناصر الغذائية و ادوارها في النبات:

يمكن القول بصورة عامة ان امتصاص العناصر الغذائية من التربة يتم في عدة خطوات قد تكون كما يلي :

- انتقال العنصر من الطور الصلب للتربة إلى الطور السائل لها أو (المحلول الارضي)
- حركة العنصر من موقع ما في المحلول الأرضي إلى سطح الجذور

- انتقال العنصر الى داخل الأنسجة الجذرية
- انتقال العنصر من الجذر لاجزاء النبات الأخرى

• **الخطوة أولى:** تتم بعدة طرق أهمها التبادل الأيوني و الادابة و الخلب

1-التبادل الأيوني: هو عبارة عن عملية تتم عادة في عدة خطوات تبعا لميكانيكية تسمى نظرية CO2 كما يلي:

- يخرج CO2 من الجذر خلال عملية التنفس الى المحلول الارضي مكونا حامض كربونيك H2CO3
- ينتشر الحامض في اتجاه حبيبات التربة حيث يتبادل هيدروجينه مع العناصر الموجودة على اسطحها مطلقا إياها إلى المحلول الارضي
- ينتشر الملح المتكون في اتجاه الجذر النباتي حيث يتبادل كاتيونه مع ايونات الإيدروجين المتواجدة على سطح هذا الجذر

2-الادابة: عبارة عن عملية تعبر عن قدرة الطور الصلب للتربة في إمداد محلولها الأرضي بالعناصر الغذائية

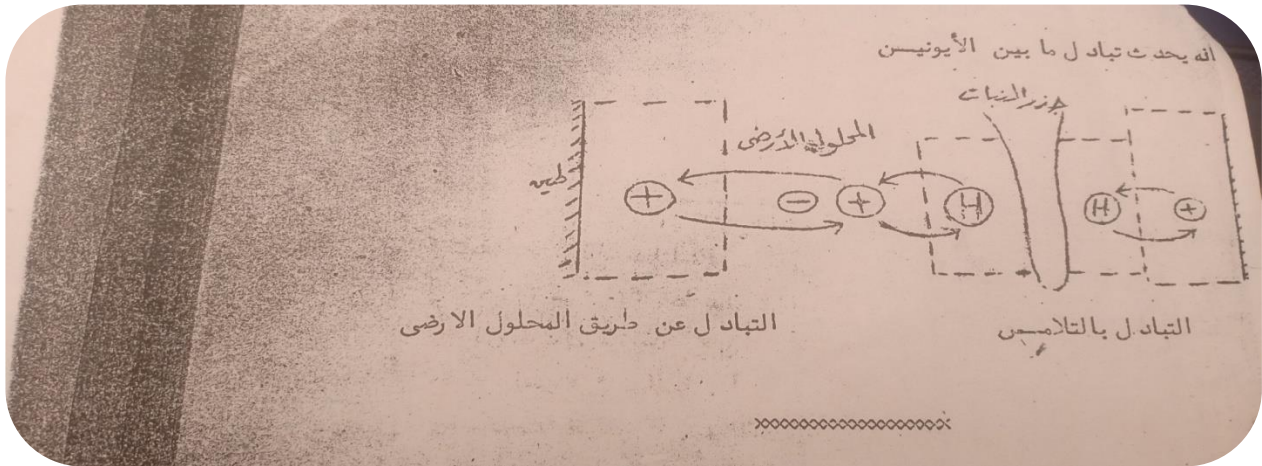
3-الخلب: عبارة عن عملية يتم خلالها افراز بعض المركباتالمخلبية التي تنتشر في المحلول الارضي لتصل الى المركبات الغير دائبة بالتربة و ترتبط بها لتعود بالانتشار مرة ثانية في اتجاه الجذور النباتية

• **الخطوة الثانية:** تنتقل العناصر الغذائية بعد الخطوة الاولى في الصورة الايونية باتجاه الجذور النباتية عن طريق وسائل عديدة اهمها:

- الاعتراض الجذري و منه تنمو الجذور و تمتد الى مواقع وجود العناصر الغذائية
- الانتقال الكتلي لايونات خلال حركة الماء في اتجاه الجذور النباتية
- الانتشار و فيه تنتقل الايونات تبعا لتدرج تركيزها نحو الجذور النباتية

و جدير بالذكر انه بالرغم من قبول عديد من الباحثين لنظرية المحلول الارضي الا ان Jenny يرى عدم امكانية هذه النظرية تفسير قدرة النبات على امتصاص العناصر خاصة الصغرى في الاراضي القاعدية التي يكون فيها دوبان هذه العناصر قليل جدا و في رأي Jenny ان الايونات يمكن لها الانتقال من الصورة

المدمصة على سطح غرويات التربة الى جذور النبات مباشرة دون الحاجة الى وجود محلول ارضي و ذلك خلال ما يسمى بالتبادل باللمس contact exchange كما في الشكل 1



الشكل -1- التبادل الكاتيوني والإفادة من العناصر