محاضره 1 كيمياء التربه د . اكرم عبد اللطيف الحديثي

اهمية دراسة كيمياء التربة ودورها في الانتاج الزراعي

سنركز في درس كيمياء التربة في مجال خاص الا وهو كيمياء مكونات نظام التربة وما يتعلق بها من دراسة جميع العمليات الكيمياوية والفيزيوكيمياوية في التربة والتي ستعكس الصفات الكيميا ئية والفيزيائية لنظام التربة ومدى تاثيرها على سلوك العناصر الغذائية في التربة وتحولاتها.

ان التربة عبارة عن نظام معقد غير متجانس يتكون من اطوار (phases) متعددة سنحاول فيما بعد شرح الطور الصلب (solid phase) والطور السائل (liquid phase) منه بشي من التفصيل . سنوضح طبيعة تكوين الطور الصلب الذي يتكون من شقين احدهما من اصل معدني والاخر من اصل عضوي. ويمثل الشق المعدني من هذا الطور جانبا يتعلق بدارسة معادن التربة (soil mineralogy) .

اما الشق العضوي من الطور الصلب الذي يعتبر جزءا مكملا للشق المعدني سنحاول ايضا ايضاح تركيبه والدور الهام الذي يلعبه من حيث كونه ذو تاثير على خواص التربة الفيزيائية والكيميائية بما ينعكس اثره على النبات. وسنحاول دراسة الطور السائل من ناحية كونه الوسط الكيمائي الذي تنغمس فيه جذور النبات بما يحتويه من مغذيات واملاح. ولا بد اذن من دراسة طبيعة التداخل بين مكونات نظام التربة (phase interaction) وسيركز جزء هام الا وهو التداخل (التفاعل) بين الطور السائل والطور الصلب وما يفرزه من ظواهر هامة مثل ظاهرة التبادل الايوني (Ion exchange phenomena) التي تلعب دورا رئيسا في تحديد خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والبايلوجية وغيرها. ونتيجة للتداخل بين مكونات نظام التربة فان التربة تكتسب خصائص كيميائية وفيزيائية معينة يترتب على ذلك نشوء انواع من الترب تختلف في صفاتها مثل الترب الحامضية والكلسية(الجيرية) والملحية والصودية وغيرها. لذا كان الاجدر علينا تخصيص فصل خاص لدراسة خواص هذة الترب واثر هذة الخواص على النبات.

ان دراسة خصائص مكونات نظام التربة وتركيبها الكيميائي والتغيرات في طبيعة العمليات الكيميائية والفيزوكيميائية السائدة في النظام والتي ترافق العمليات الزراعية المختلفة ستكشف ظروف نمو النبات في مختلف الترب وكذلك طرق التاثير على الصفات الكيميائية والفيزيائية للترب بغية زيادة خصوبتها .

ويمكن ايجاز اهمية دراسة كيمياء التربة ودورها في الانتاج الزراعي بالاتي:_

1. ان لدراسة التركيب المعدني للطور الصلب من مكونات نظام التربة اهمية قصوى في معرفة طبيعة مكونات مقد الترب وكذلك لتحديد مدى الاختلاف بالترسيب في افاق مقد التربة وكذلك في مجال تصنيف الترب .

2. يدخل الطين في تفاعلات كيميائية هامة نتيجة لخواصه الكهروكيميائية المختلفة مثل تبادل الايونات وتثبيت الايونات والتي تعتبر ذات اهمية في تحديد صفات التربة الكيميائية ومدى ملائمتها لتغذية النبات. ويؤثر الطين على خواص التربة الفيزيائية مثل النفاذية والبناء وذلك نظرا لما لحبيبات الطين من صفات خاصة مثل الانتفاخ والتجمع والتفرق. هذا بالاضافة لكون معادن الطين بحد ذاتها مصدرا لبعض العناصر اللازمة لنمو النبات خاصة العناصر الدقيقة التي تدخل في تركيب معادن الطين.

3. يلعب الجزء العضوي من مكونات نظام التربة دورا رئيسا في زيادة خصوبة التربة وتحسين الانتاج الزراعي. فالمادة العضوية تساهم في زيادة تحسين خواص التربة الفيزياوية كما وانها تعمل كمخزن لكثير من العناصر الغذائية اللازمة للنبات. وتتاثر صلاحية كثير من هذة العناصر في صورتها غير العضوية ايضا بمحتوى التربة من المادة العضوية بسبب التفاعلات المتداخلة التي تتم بينهما.

4. تهتم كيمياء التربة في تحديد كمية العناصر الغذائية والصور الكيميائية التي تتخذها والعوامل التي تؤثر على هذة الكمية وطبيعة الصور الكيميائية. وهذا يعني دراسة حركة العناصر الغذائية من وخلال التربة الى النبات ورجوع هذة العناصر مرة اخرى الى التربة وما يرافق ذلك من عمليات تحلل للمخلفات النباتية والحيوانية التي تصل الى التربة من مصادر متعددة. ان الفهم الدقيق لعمليات التحلل (decomposition processes) وما يرافق ذلك من تغيرات في العمليات الكيميائية والفيزيوكيميائية بالتربة ومحلول التربة يساهم في معرفة المسار الصحيح في حل بعض المشاكل المتعلقة بعلاقة التربة والنبات .

5. ان دراسة التربة على اساس انها الوسط المناسب لنمو النبات يتطلب الفهم الدقيق لتاثير خصائص مكونات التربة على اضافة الاسمدة المعدنية للتربة وطبيعة تفاعلاتها وتحولاتها واستجابة النبات لاضافات منها. ولا بد من الاشارة الى الكميات المتزايدة في استخدام الاسمدة المعدنية والعضوية رغبة في الوصول الى اقصى انتاجية. ولدارسة كيمياء التربة تاثير ايجابي فعال ومساعد في زيادة كفاءة هذة الاسمدة من خلال فهم طبيعة التداخل بين مكونات السماد ومكونات التربة والتاثيرات المختلفة.

6. سنحاول لاحقا ايضا ايضاح دور دراسة كيمياء التربة بشي من التفصيل في زيادة الانتاج الزراعي عند مناقشة خصائص وتركيب اطوار مكونات نظام التربة.

تركيب وكيمياء معادن التربة Structure and Chemistry of Soil Minerals

يمكن ان تعرف التربة (Soil) بانها خليط مختلف التركيب من معادن نتجت من عمليات التجوية (weathering) الفيزيائية والكيميائية والحيوية للصخور والرواسب المكونة لمادة الاصل (parent material) ، ومواد عضوية نتجت من النشاط الحيوي للكائنات الحية بانواعها المختلفة والتي تاخذ من التربة العناصر اللازمة لتكوين اجسامها والقيام بنشاطها ثم تعطي للتربة نواتج هذا النشاط الحيوي وفي نهاية حياتها تعطي للتربة ايضا بقايا اجسامها المتحللة. هذة المواد العضوية والمعدنية تكون الطور الصلب (solid phase) من نظام التربة. ويكون هذا الطور اكثر من نصف حجم الارض واكثر من 75% من وزنها ويكون

الجزء المعدني نسبة كبيرة من وزن الطور الصلب تتراوح ما بين 99% في الترب الرملية و 95 – 97% في كثير من الترب ذات القوام المتوسط و 92% في حالة الترب الداكنة السوداء جيدة الصرف، وتنخفض هذة النسبة الى 60– 80% في كثير من الترب الرديئة الصرف حيث تتراكم المادة العضوية فان الجزء المعدني فيها لايكون اكثر من 60% من وزن الطور الصلب . ومن الناحية الحجمية ، فان المادة العضوية تشغل حجما كبيرا من الحجم الكلي للمواد الصلبة في التربة نظرا لانخفاض كثافة المادة العضوية (حوالي 0.5 غم لكل سم^3) بالقياس الى كثافة المادة المعدنية التي تتراوح بين 2.4 – 2.7 غم لكل سم^3.

والمكونات الاخرى لنظام التربة بالاضافة الى الطور الصلب هما الطور السائل (liquid phase) والطور الغازي (Gaseous phase) وكلاهما معا يكونان حوالي نصف حجم نظام التربة الكلي وتختلف نسبة كل منها للاخر ظروف الري والبزل والجفاف و نتيجة لتسرب الماء بالبزل او استعماله بواسطة النبات.
ويوضح الشكل التركيب العام للتربة حسب الحجم.

بالاضافة الى المكونات الثلاثة السابقة تحتوي التربة على كائنات حية تعيش فيها وعلى سطحها مثل الديدان والطحالب والفطريات والبكتريا والاكتينومايسيت..الخ، حيث يمكن ان نطلق عليها ((المكون البايلوجي biological component)) .

يجدر التوضيح ان التربة نظام مفتوح بمعنى ان هذا الجسم المتكون من اطوار ثلاث بينها توازن متبادل وبينها والظروف المحيطة توازن اخر – فبينما يوجد تغير مستمر في نسب وتركيب اطوارها الثلاث فيما بينها كان يذوب طورها الصلب في طورها السائل (ذوبان الاملاح والمعادن) او ان يذوب طورها الغازي في طورها السائل (ثاني اوكسيد الكاربون في الماء) او كان يرسب طورها السائل على طورها الصلب (ترسيب الاملاح وتكوين معادن ثانوية جديدة)–يوجد هنالك حالة توازن بين التربة ككل وباقي النظم المحيطة بها فمثلا هنالك حالة توازن بين الطور الغازي للتربة والهواء الجوي بما فيه من رطوبة.

الجزء المعدني

يتكون الجزء المعدني من خليط من حبيبات مختلفة الاحجام وبنسب مختلفه على حسب عوامل وظروف تكوين التربه. ويعطي النظام الامريكي فكرة عن الاقسام الحجميه المختلفه لحبيبات التربه.

القطر (ملم)	القسم
2–1	رمل خشن جدا
1– 0.5	رمل خشن
0.5– 0.25	رمل متوسط
0.25– 0.1	رمل ناعم
0.1– 0.05	رمل ناعم جدا
0.05– 0.002	غرين
اقل من 0.002	طين

ولما كان تكوين الحبيبات الصغيره يتم عن طريق التكسر الطبيعي والتحلل الكيميائي للحبيبات الكبيره نتيجه عمليه تخليق او تكوين من المواد الاوليه فمن المتوقع ان نجد اختلافا في التركيب المعدني والكيميائي لهذه الحبيبات نتيجة الاختلاف في احجامها.

التركيب الكيمياوي للقشره الارضيه

اكد (Mason,1964) وجود اكثر من 92 عنصرا كيميائيا في القشره الارضيه، حيث تدخل هذه العناصر في تركيب اكثر من الفين من المركبات الكيميائيه اوالمعادن Minerals الا انه رغم وجود هذا العدد الهائل من العناصر فان عددا قليلا منها فقط يدخل في تركيب الجزء الاكبر من القشره الارضيه كما في الجدول التالي الذي يبين الحقائق التاليه:

1 – ثمانية عناصر فقط من بين الـ 92 عنصر الموجوده في الطبيعه تكون 98% على اساس الوزن وان بقية العناصر تشكل 2% فقط من التركيب. ان عنصرين فقط هما الاوكسجين والسيليكون يكونا اكثر من 74 %من تركيب القشره على اساس الوزن.

2 – ان الاوكسجين يكون نصف وزن القشره الارضيه تقريبا ويشكل 93% من حجمها. الا ان هذا الاوكسجين ليس حرا طليقا وانما يوجد في في حالة ارتباط كيميائي بالعناصر الاخرى مثل الاكاسيد والسليكات.

3 – على اساس عدد الذرات يوجد من بين كل 100 ذره في القشره الارضيه يوجد اكثر من 60 ذرة اوكسجين، 21 ذرة سليكون، 6 ذرات المنيوم. اما الحديد والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فيوجد من كل منهم ذرتان او أكثر.

العنصر	الرمز	% على اساس الوزن	% على اساس الحجم	على اساس عدد الذرات
الاوكسجين	O	46.46	91.77	62.55
السيليكون	Si	27.61	0.80	21.22
الالمنيوم	Al	8.07	0.76	6.46
الحديد	Fe	5.06	0.68	1.92
الكالسيوم	Ca	3.64	1.48	1.84
الصوديوم	Na	2.75	1.60	1.94
البوتاسيوم	K	2.58	2.14	2.64
المغنيسيوم	Mg	2.07	0.56	1.42

التركيب المعدني للقشرة الأرضية

تتواجد معظم العناصر السابق ذكرها في صور اتحادات بين عنصرين او اكثر مكونه مركبات يطلق عليها المعادن. ومخلوط هذه المعادن الذي يوجد في الطبيعه يسمى صخرا. قد يتكون الصخر من معدن واحد او من خليط من المعادن. يمكن تقسيم الصخور حسب نشأتها الى ثلاثة اقسام رئيسيه:

اولا: الصخور الناريه Igneous rocks

وتسمى ايضا بالصخور الاوليه Primary rocks وتنشأ من تصلب الماده الصخريه المنصهره الموجوده في باطن الارض والتي تعرف بالمكما magma . وتشكل هذه الصخور 95%من صخور القشره الارضيه ومن امثلتها الكرانيت و السيايت والبازلت والديباس.

ثانيا: الصخور الرسوبيه sedimentary rocks

ويعبر عنها بالصخور الثانويه secondary rocks وهي عباره عن تراكم مواد ناتجه من تفتت الصخور الناريه او من تراكم مواد عضويه نباتيه او حيوانيه او من المصدريين معا ثم تماسكت هذه المواد بالضغط والتجفيف. ان العمليات الثلاثه الرئيسيه من تجويه weathering ونقل transportation وترسيب deposition هي الاساس في تكوين الصخور الرسوبيه. ومن امثلتها الحجر الرملي sandstone والحجر الجيري limestone والحجر الطينيMudstone or Claystone ويمكن النظر الى ان التربة هي صخر رسوبي لذا تعتبر مصدرا هاما لتكوين الصخور الرسوبية في الدورة الجيوكيميائية في الطبيعة. تغطي الصخور الرسوبية حوالي 75% من سطح الارض الا انها تمثل 5% من حجم الصخور المكونة للقشرة الارضية.

ثالثا: الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

وهي صخور كانت في اول تكوينها اما نارية او رسوبية ثم تاثرت بالحرارة المرتفعة جدا او بضغط عظيم او بالاثنين معا فاكتسبت من جراء ذلك صفات جديدة ليست لاي من نوعي الصخر الاصليين ومن امثلتها السليت Slate (الطينية والسليكونية والمايكية) والنيس Gneiss والمرمر المتكون من الكاربونات والكوارتزايت المتكون من الرمال. تتعرض الصخور الصلبة الى عمليات تجويه تقوم بها العوامل الطبيعية المختلفة مما يؤدي الى تكسرها وتحللها . وتنقسم عمليات التجويه الى قسمين:

التجوية ودورها في انفراد العناصر الغذائية في التربة :

تعرف التجوية (Weathering) بأنها العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تؤثر وتبدل بفيزيائية وكيميائية الصخور المتواجدة على سطح الارض وتحتاج هذه العمليات الى مصدر

للطاقة. والمصدر هنا هو الاشعة الشمسية، فحركة المياه على السطح او خلال التربة او تجمدها، كل هذا يرتبط بصورة مباشرة او غير مباشرة بالطاقة الشمسية.

والتجوية هي أحدى العمليات المهمة جدا لاستمرارية الحياة المتطورة على سح الأرض، إي إن التربة هي احدى عمليات التجوية، والتربة تعتبر الأساس لنمو النباتات التي بدورها تشكل عنصرا مهما من عناصر الدورة الحياتية على الكرة الأرضية، هذا بالإضافة إلى إن كثيرا من العناصر الضرورية للحياة تنتقل من الصخور الى المياه الضحلة كنتيجة طبيعية لعمليات التجوية، وتساعد التجوية كذلك على تكوين المعادن والرواسب كالطين والألمنيوم مثلا. ويمكن إيجاز أنواع التجوية في الأتي :-

أ -**التجوية الفيزياوية والميكانيكية (Physical Weathering) :-**

وهي عبارة عن تهشم تكسر صخور ومعادن مواد أصل التربة أو الترب بفعل العوامل الجوية المختلفة من حرارة وإمطار ورياح وتأثيراتها الميكانيكية مسببة تفتت الصخور الصلبة الى فتات يزداد معه مساحة السطوح لنفس الكتلة من الصخور مما يهيئ الظروف لعمل التجوية الكيميائية، ويجب ملاحظة إن التجوية الفيزيائية لا يصاحبها أي تغير في التركيب الكيميائي او المعدني للصخر الأصلي، وتتم التجوية الفيزيائية بواسطة العمليات الآتية :-

1 -**التجمد والإذابة:** حيث تعتبر قوة التمدد التي يحدثها الماء عند تجميده كافية لتجزئة المعادن او الصخور. فتجمد الماء يسبب ضغطا يساوي 146 كيلو غرام / سم^2.

2 -**عملية الطحن (السحق):** إن عملية احتكاك الصخور المتحركة او حبيبات التربة ضد بعضها البعض والناتج بفعل المياه او الرياح او الجليد او الجاذبية او الفعل المختلط للأرض حيث ينتج تأثير تفتيتي قوي.

3 -**تأثير الأحياء (النبات، الحيوانات، الإنسان)** حيث يكون لجذور النباتات النامية القدرة على شطر العديد من الصخور ، كما إن الحيوانات الحفارة دوراً كبيراً في التفتيت الفيزيائي إضافة الى العملآت التي يسببها الإنسان في عملية التجوية الفيزيائية البطيئة وذلك بعمليات الحرث ولزراعة .

ب -**التجوية الكيميائية**

تعمل التجوية الكيميائية على إذابة المعادن وعلى حدوث تحولات في بنائها المعدني وتركيبها الكيميائي مما يسبب سهولة تفتيتها، إضافة إلى انه يصاحب هذه لعملية تكوين مواد جديدة أصلا وتتم التجوية الكيميائية بالطرق التالية :-

1 -**عملية الإذابة Solubility**

هي اذابة جسم صلب قابل للذوبان في سائل ما (غالبا ماء)، وعليه فان المواد الصلبة المنعزلة تتحول الى ايونات ذائبة محاطة بجزيئات من السائل ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة التالية :-

$$NaCl + H_2O \longrightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$$

كلوريد ماء ايون صوديوم ايون كلوريد ماء صوديوم

2- عملية التادرت Hydration

هي عمليات ارتباط المادة الكيميائية الصلبة مثل المعدن او الملح بالماء، ويرتبط ماء التأدرت بالمتغيرات المعدنية والبناء المعدني مسببا زيادة حجمية، وعليه يصبح انعم واقل انضغاطا واسهل في انهدامه .

$$2Fe_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3 .3H_2O$$

هيماتيت ماء ليمونيت

$$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$$

انهيدريت ماء جبس

ومعدن الجبس الناتج يذوب نسبيا بسرعة في الماء بالإضافة إلى التغير الحاصل في الحجم وهذه التحويلات الكيميائية في المعدن التي تكونت إثناء عمليات التجوية وتكون التربة أو الترب تسمى بالمعادن الجديدة (New minerals) أو الثانوية.

3- عملية التحلل المائي Hydrolysis

وهي سلسة من التحللات والتي يحدث فيها تجزئة جزئ الماء، فهي تفاعل المواد مع الماء، لتكون هيدروكسيدات ومواد جديدة أخرى غالبا ما تكون أكثر ذوبانا من الحالة الأصلية، وهي تعتبر واحدة من أهم عمليات التجوية والتي تسبب تغيرات قطاع التربة، والتوضيح التالي بين اثر الماء على الفلسبار الارثوكلازي الشائع التواجد في الصخور النارية :-

$$K\ Al\ Si_3\ O_8 + H\ OH \longrightarrow H\ Al\ Si_3O_8 + K\ OH$$

هيدروكسيد بوتاسيوم طين سليكاتي حامضي ماء ارثوكلاز

4- عملية الإشباع بثنائي اوكسيد الكربون Carbonation

هي تفاعل حامض الكربونيك (H_2CO_3)، وذلك الحامض الضعيف الذي ينتج من اذابة غاز ثاني اوكسيد الكربون في الماء. ويأتي ثاني اوكسيد الكربون جزئيا من

الجو ولكن اغلبه من التنفس البيولوجي اثناء تحل المادة العضوية ويعمل حامض الكربونيك على الإسراع من إذابة المعادن من الماء، بمفرده مكونا بيكربونات ذائبة ويتم ذلك تبعا للمعادلات التالية:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_2$$

ثاني اوكسيد الكربون — ماء — حمض الكربونيك

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(H\,CO_3)_2$$

كربونات كالسيوم — حمض الكربونيك — بيكربونات كالسيوم

وتعتبر عمليات التحلل المائي والاشباع بثنائي اوكسيد الكربون من اهم عمليات التجوية الكيميائية.

5 -عملية الأكسدة والاختزال Oxidation – Reduction

وهى تتم نتيجة انتقال الالكترونات بين الذرات أو الأيونات (Electron Transfer) والذرة أو الأيون التى تفقد الألكترون تكون في حالة أكسدة بينما التى تكتسب هذا الألكترون تكون في حالة اختزال، والمعادلة العامة التالية توضح ذلك.

وتساهم هذه التفاعلات في الإسراع من تحلل الصخور والمعادن والمركبات وتجعل مكوناتها أكثر ذوبانا ومثال ذلك تأكسد معدن البايريت (Pyrit) (اكبريتيد حديدوز) في التربة كما يلى:

$$2Fe\,S_2 + 7O_2 + H_2O \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4SO_4^{2-} + 4H^+$$

كبرتيد حديدوز — اوكسجين — ماء — ايون حديدوز — ايون كبريتات — ايون هيدروجين

$$4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \longrightarrow 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

ايونات حديدوز — اكسجين — هيدروجين — ايونات حدديك — ماء

$$4Fe^{3+} + 4H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 . H_2O + 6H^+$$

ايونات حديديك — ماء — جيوثايت — ايونات هيدروجين

ويحدث الاختزال تحت الظروف الغدقة، عندما يغمر الماء التربة لمدة طويلة ويقل تركيز الاوكسجين الذائب نتيجة استهلاكه بواسطة جذور النباتات وتنفس الكائنات الحية الدقيقة وعندئذ يحول الحديديك Fe^{2+} الى حديدوز Fe^{2+} ويكون اكثر ذوباً وبالتالي يتحرك الى اسفل قطاع التربة وتنشأ بذلك ظاهرة Gleyzation وهي تنتشر في التربة أو الترب الغدقة حيث تتحول اكاسيد الحديديك الحمراء والبنية اللون الى اكاسيد اخرى ذات الوان خضراء مزرقة.

6 – التجوية البيو كيميائية (Biochemical Weathering)

هي تحلل الصخور و المعادن في التربة بواسطة المركبات العضوية العديدة التى تفرزها الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms والفطريات Fungi والطحالب Algae والاشنات Lichens هذا بالإضافة إلى إفراز جذور النباتات الراقية اثناء نشاطاتها الحيوية المختلفة تشمل هذه الإفرازات العديد من المركبات الكيميائية النشطة مثل الأحماض العضوية Organic acids والمركبات المخلبية Chelating Compounds علاوة على بعض الإنزيمات Enzymes المتخصصة في تحويل عنصر بعينه الى من صورة الى أخرى عن طريق التحكم في جهد الأكسدة والاختزال (Redox potential) لوسط التفاعل. **وفيما يلي أمثلة لبعض هذه التفاعلات:**

1. **تفاعل الأحماض العضوية:** ينطلق أيون الهيدروجين H^+ من الأحماض العضوية المحتوية على مجموعة الكربوكسيل ($COOH^-$) اولا ليحل محل الكاتيونات السطحية المتبادلة على الحبيبات المعدنيه مكونآ الصورة الهيدروجنية للمعدن وهى قليلة الثبات، ثم يتسلل إلى داخل التركيب البنائي ليحرر بعضا من العناصر الداخلية مثل أيونات الحديد و الألمنيوم والبوتاسيوم

2. **تفلعلات الخلب والاحتواء Chelation Reaction**

وهو تفاعل بعض المركبات المحتوية على العديد من المجموعات الفعالة مثل المجموعات الكربوكسيلية، والكيتونيه، الاميديه، ألهيدروكسيليه . . إلخ بحيث تتنافس هذه المجمومات في الارتباط بالعناصر الموجودة على سطح المعدن خاصة عديدة التكافؤ مكونة مركبات مخلبية ذات طاقة ارتباط عالية بالعناصر بحيث تستطيع سلب أى كميات منه حتى من داخل التركيب البنائى الذرى لبعض المعادن الشائعة في التربة.

3. إنزيمات الأكسدة والاختزال:

تقوم بعض كائنات التربة بإفراز إنزيمات متخصصة تعمل على تغيير حالة الاكسدة والاختزال لبعض العناصر وذلك كمصدر من مصادر طاقتها، ومثال ذلك بكتيريا الكبريت

Sulfur bacteria وبكتيربا الحديد وبكتيريا التأزت وغيرها. وبالطبع فإن تغيير حاله العنصر يؤدى الى هدم المعدن المحتوى عليه.

تفاعل أكسدة الكبريت بواسطة بكتريا اكسدة الكبريت Thiobacillus thiooxidans

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

كبريت اوكسجين ماء اكسدة الكبريت حامض كبريتيك

- تفاعل اكسدة الحديد بواسطة بكتريا اكسدة الحديد Thiobacillus ferrooxidans

$$2Fe^{2+} + 6OH^- \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + Fe_2O_3 . 3H_2O$$

ليمونيت هيدروكسيد حديديك أكسدة الحديد هيدروكسيل حديدوز

تعريفات

التجوية الفيزيائية (physical weathering): تفتيت الصخور والمعادن تحت التاثير الميكانيكي للرياح والامطار والانهار والجاذبية الأرضية دون حدوث تغيير في التركيب المعدني.

التجوية الكيميائية (chemical weathering): تفتت الصخور وانحلالها نتيجة التاثيرات الكيميائية للماء سواء اكانت عن طريق الاذابة Solubility او التحلل المائي Hydrolysis او التادرت Hydration او الاذابة بحامض الكربونيك Carbonation او الاكسدة والاختزال Oxidation & Reduction ويكون من نتائجها حدوث تغيرات في كل من التركيب الكيميائي / او المعدني لصخر ومعادن مادة الاصل مع تكوين مواد جديدة .

التجوية البيوكيميائية Biochemical Weathering: تفكك الصخور وانحلالها نتيجة التأثيرات الكيميائية للمركب الحيوي المن تج بواسطة جذور النباتات او الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms .

المركبات المخلبية Chelating Compounds: مركبات ذات وزن جزيئي كبير نسبيا وتحتوي على مجموعات فعالة يمكنها الاتحاد مع العنصر واحتوائه داخلها .

جهد الأكسدة والاختزال Red ox & Potential : رقم يعبر عن مدى سهولة أكسدة او اختزال العنصر إثناء سريان تفاعل ما .

التركيب الكيمياوي والمعدني للرمل والغرين

يطلق لفظ الرمل Sand على الحبيبات التي قطرها بين 0.05 – 1مم. اما لفظ غرين فيطلق غلى الحبيبات التي قطرها بين 0.002 –0.05 مم وحبيبات الرمل والغرين عبارة عن اجزاء صغيرة من الصخور او المعادن الموجودة في الصخور.

ان الرمل والغرين من الناحيه المعدنيه يحتوي على معادن اوليه مثل معادن السيليكا والفلدسبار والمايكا بالاضافه الى مركبات ومعادن ثانويه نتجت من عمليات التجويه الكيمائيه مثل الاكاسيد الحره وخاصه اكاسيد الحديد والالمنيوم. والمعادن الشائعه في التركيب المعدني للرمل والغرين وهي:

1 . معادن الكوارتز Quartz minerals

وتعتبر معادن الكوارتز sio_2 مقاومه للتجويه(لايزيد ذوبانها في الماء عن 0.0006%).ولاتحتوي هذه المعادن على ايه عناصر ذات اهميه في تغذيه النبات ولكنها تساهم في بناء الهيكل العام للتربه.

2 . معادن الفلدسبار Feldspar minerals

تشكل معادن الفلدسبارنسبه كبيره من المعادن المكونه للصخور ويعتبر انتشارها في القشره الارضيه امرا بديهيا. وتختلف الفلدسبارات في تركيبها حسب نوع القواعد الموجوده في البوتاسيوم او الصوديوم او الكالسيوم ويمكن تقسيمها الى قسمين

أ.الاورثوكلاز	Orthoclase	$KAISI_3O_8$
1.مايكروكلين	Microcline	
2.ساندين	Sanidine	

جميع هذه المعادن لها نفس التركيب الكيماوي لكن تختلف في الشكل البلوري .

ب.البلاجيوكلاز Plagioclase

1 .انورثايت	Anorthite	$CaAl_2Si_2O_8$
2 .ألبايت	Albite	$NaAlSi_3O_8$

3 . معادن الميكا Mica minerals: هذه المعادن تتركب كيميائيا من سيليكات الالمنيوم مع البوتاسيوم والهايدروكسيل وكذلك المغنيسيوم والحديد وفي بعض الانواع يوجد الصوديوم والليثوم والحديديك وتوجد انواع مختلفه من المعادن المايكا سنقوم بعرضها فيما بعد الا ان اكثرها شيوعا في اجزاء الرمل والغرين هي :

أ.الموسكوفايت Muscovite

$KAl_2(Al,Si_3)O_{10}OH_2$

ب. البايوتايت Biotite

$K\ (Mg, Fe)\ (Al, Si3)O_{10}OH_2$

4 . ألامفيبولات Amphiboles

مثل Hornblende $Ca_2Na(Mg\ ,Fe\ ,Al)_5Al_2Si_6O_{22}(OH)_2$

5 . البايروكسين pyroxenes

مثل Augite $(Ca,Mg,Fe)\ Si_2O_6$

6 . الالوفينات Olivines

مثل Foresterite Mg_2SiO_4

7 . معادن اخرى (غير سليكية)

أ . ابتايت Apatite

1. الفلور ابتايت Fluorapatite $Ca_{10}F_2(PO_4)_6$

2. الكلور ابتايت Chlorapatite $Ca_{10}Cl_2(PO_4)_6$

3. الهايدروكسي ابتايت Hydroxyapatite $Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6$

ب . اكاسيد الحديد Iron Oxides

مثل Geothite FeO.OH

Haematite Fe_2O_3

Magnetite Fe_3O_4

ج . اكاسيد الالمنيوم Aluminium oxide

مثل Gibbsite $Al_2(OH)_6$

د . معادن الكاربونات Carbonates

مثل Calcite $CaCO_3$

Magnesite $MgCO_3$

Dolomite $CaCO_3.MgCO_3$

هـ . معادن الكبريتات Sulphates

مثل Gypsum $CaSO_4.2H_2O$

يعتبر الكوارتز اكثر المعادن شيوعا بين حبيبات الرمل والغرين لانه من اكثر المعادن تحملا لعمليات التجويه كما انه ينتج كناتج ثانوي لعمليات التجويه الكيمياوية لمعادن السيلكيات الاخرى. وتتوقف انواع المعادن التي توجد في التربة على مادة الاصل التي نتجت منها التربة وعلى عمليات التجويه وتكوين التربة السائدة . وتحت ظروف المناخ الجاف والحرارة المنخفضة يحدث تغير قليل في الانواع الرئيسية للمعادن (المعادن الثقيلة) التي توجد في مادة الاصل. اما اذا كانت عوامل التجويه شديدة التأثير فقد تتكون معادن جديدة (معادن خفيفة) او تتراكم الانواع المقاومة للتجويه بينما تختفي الانواع الاخرى وهذة الحالة ملاحظة في ترب المناطق الاستوائية.

التركيب الكيمائي للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عنها

تتكون ألقشرة الأرضية بصفة أساسية من 92 عنصرا من عناصر المجموعة ألأرضية (Lithophile elements) أما الشائعة في تركيب معادن السليكات في الترب وتدخل هذه العناصر في تركيب أكثر من آلفين من ألمركبات الكيميائية آو المع ادن (Minerals)، إلا أنه ورغم وجود هذا العدد الهائل من العناصر والمعادن، فان عددا قليلا منها فقط هو الذي يكون ألجزء الأكبر من القشزة الأرضية. وعليه فان ثمانية

عناصر فقط تكون تقريبا 9 % من وزن و حجم هذه القشرة الأرضية، إن هذه العناصر الثمانية ذات عدد ذري (Atomic number) وكما هو مبين بالجدول رقم (1)

تعريف : عناصر المجموعة الأرضية : عبارة عن العناصر التي مصدرها صخور ومعادن القشرة الأرضية وهي حوالي 92 عنصراً .

جدول 1. متوسط نسبة العناصر الكيميائية في القشرة الأرضية .

العنصر	الرمز	العدد الذر	نصف قطر ا انجستروم	اللايثوسفير		التربة وزنا	العنصر	اللايثوسفير وزنا %	التربة وزنا %
				حجما%	وزنا %				
الأوكسجين	O	8	1,40	93,77	47،2	49،0	الكربون	0،1	2،00
السليكون	Si	14	0,42	0،86	27،6	33،0	الكبريت	0،09	0،085
الألمنيوم	Al	13	0,51	0،47	8،8	7،13	المنغنيز	0،09	0،085
الحديد	Fe	26	0,74	0،43	5،1	3،8	الفسفور	0،08	0،08
الكالسيوم	Ca	20	0,99	1،03	3،6	1،37	النتروجين	0،001	0،01
الصوديوم	Na	11	0,97	1،32	2،64	0،63	النحاس	0،01	0،002
البوتاسيوم	Mg	19	1,33	1،83	2،6	1،36	الزنك	0،005	0،005
المغنيسيوم	K	12	0,66	0،29	2،1	0،6	الكوبلت	0،003	0،001
التيتانيوم	Ti	22	0,4	0،20	0،6	0،46	البورون	0،0003	0،001
الهيدروجين	H	1	–	–	(0،15)	؟	المولبدنيوم	0،0003	0،0003

ومن الملاحظات الهامة بهذا الخصوص، نجد أن عنصر الأوكسجين يكون أكثر من 90% . من حجم القشرة الأرضية بالرغم من أنه أقل قليلا من نصفها وزنا، وذلك يعود إلى حجمه الايونى آلكبير مقارنة بالعناصر الأخرى، كما نلاحظ أن عنصري الأوكسجين والسيلكون يكونان 75% من وزن القشرة الأرضية وحوالي 95% من حجمها، وعلية فمن الطبيعي أن تكون معظم المعادن المكونة للقشرة الأرضية تحتوى على هذين العنصرين. وهذه المعادن التي تسمى بالسيليكات (silicates) وتكون إما بالصورة الحرة (SiO_4) مع وأحد أو أكثر من العناصر الستة الأخرى. (أو العناصر الأخرى قليلة الوجود)، كما نلاحظ أن الأوكسجين يشكل حوالي نصف وزن اللايثوسفير 47,2% ويليه السليكون الذي يكون ربع اللايثوسفير 27,6% ، ويحتل المرتبة الثالثة والرابعة بعد إلاوكسجين والسليكون كل من الألمنيوم والحديد ويشكلان معا أكثر من 13%. ويشكل كل من الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم في اللايثوسفير نسبة مئوية تساوى 2–3% أما باقي العناصر فتوجد في اللايثوسفير بكمية أقل من 1% ويدخل ضمنها العناصر المهمة في تغذية النبات مثل الكربون والهيدروجين والنتروجين والكبريت والفوسفور والمنغنيز. وتوجد العاصر الصغرى

أو النادرة (micro elements) مثل النحاس والزنك والكوبلت والمولبدنيوم وغيرها من العناصر بكميات قليلة. وتختلف التربة بدرجة ملحوظة عن تركيب اللايثوسفير. فنلاحظ أن الأوكسجين والهدروجين لهما أهمية كبيرة في التربة باعتبارها عنصري الماء الذي لا يوجد في الصخور النارية. كذلك نلاحظ إن مستوى الكربون والنتروجين في التربة أعلى مما في اللايثوسفير (الكربون 20 مرة والنتروجين أكثر ب 10 مرات). ويعود ذلك الى ان التربة أو الترب تعتبر ضمن الغلاف الحيوي وتحتوي على المادة العضوية. وفي نفس الوقت فان نسبة كل من الألمنيوم والحديد والكالسيوم والبوتاسيوم والمنغنيز في التربة أو الترب اقل منها في اللايثوسفير. ويسلك كل عنصر من العناصر سلوكا مختلفا طبقا لسلوكه في عملية التجوية وتكوين التربة أو الترب.

التركيب المعدني للقشرة الأرضية

تتواجد معظم العناصر السابق ذكرها في صورة اتحادات بين عنصرين أو أكثر مكونة مركبات يطلق عليها المعادن، ومخلوط هذه المعادن والذي يوجد في الطبيعة يسمى صخرا.

* المعدن Mineral : جسم طبيعي غير عضوي له تركيب كيميائي ثابت ومتجانس وله شكل بلوري محدد يعكس صفات فيزيائية ثابتة .

* الصخر Rock : جسم طبيعي غير عضوي مكون من معدن واحد متعدد الشوائب وغير متجانس ، أو من مخلوط من المعادن المتقاربة في ظروف نشأتها .

وبناء على تعريف المعدن السابق ذكره، فإن أية مادة تصنع في المختبر(أي غير طبيعية) ليست معدنا، كما وأن أية مادة ليست صلبة (أي في الحالة السائلة أوالغازية أو وأية مادة عضوية ليست معدنا. حيث و يجب انطباق الشروط الثلاثة (الترتيب الداخلي للذرات، والتركيب الكيماوي والصفات الفيزيائية) على أية مادة معدنية.

إن التركيب البلوري لأي معدن يعتبر مميزا له، ويفرقه عن المعادن الأخرى حتى ولو كانت لها نفس التركيب الكيميائي مثل كل من الماس (Diamond) الذي هو أصلب مادة طبيعية والجرافيت (Graphite) الذي يعتبر من المواد الهشة جدا حيث يتكون من نفس العنصر وهو الكربون، إلا أن تركيبهما الذرى يختلف وأن التكرر الذي يحدث في الذرات والمستويات التي تكونها يؤديان إلى شكل خارجي معين إذا كانت ظروف تكون المعدن مواتية لذلك .

وإذا تناولنا الشق الآخر من تعريف المعدن لرأينا أن المعدن له تركيب كيميائي محدد لو أمعنا النظر فيما سبق أن شرحناه حول التركيب البلوري للمعدن لرأينا أن التركيب الكيميائي المحدد هو نتيجة طبيعية لذلك، فلقد رأينا أن الذرات لها أماكن ثابتة في البنية الذرية للمعدن، أنها تتكرر بانتظام وفق تناظر معين، ورأينا أن هناك وحدة صغيرة سميناها وحدة الخلية وهى التي تكون وحدة البناء البلوري وأنها تتكرر في الاتجاهات بصورة لا نهائية تقريبا على المقياس الذرى لتكون البلورة أو المعدن. وبما إن كل ذرة لها مكان معين في التركيب البلوري ولذا فإنه من الطبيعي أن يكون التركيب الكيميائي للمعدن محددا فمثلا ملح الطعام أو معدن الهاليت (NaCl) يتبلور في النظام ألمكعبي ووحدة الخلية فيه تحتوى على أربع صيغ كيماوية له.

تصنيف المعادن : يوجد في الطبيعة أكثر من ألفى معدن ولكن المعادن الأكثر تواجدا وأساسية في تكوين الصخور لا تعدو عشرين معدنا فقط ويمكن تصنيفها كما هو وارد في الجدولين رقمي (2) ، (7) ،

المجموعة	بعض الأمثلة المهمة والتركيب الكيميائي
العناصر الحرة Native elements الذهب Au النحاس Cu الحديد Fe الكبريت S	Gold Copper Iron Sulfur
الكبريتيدات Sulphides الجالينا Pbs البيريت FeS_2	Galena Pyrite
الاكاسيد والهيدروكسيدات Oxides and Hydroxides الماجنيت Fe_3O_4 الكوراندم AL_2O_3 الهيماتيت Fe_2O_3 البروسيت $Mg(OH)_2$	Magnetite Corundum Hematite Brucite
الهاليدات Halides الهاليت NaCl الفلوريت CaF_2	Halite Fluorite
الكربونات Carbonates الكالسيت $CaCO_3$ الدولوميت $(Ca , Mg) (CO_2)_3$	Calcite Dolomite
الكبريتات Sulphates الانهيدريت $CaSO_4$ الجبس $CaSO_4 . 2H_2O$	Anhydrite Gypsum
الفوسفات Phosphates الاباتيت $Ca_5F (PO_4)_3$	Apatite
السليكات Silicates الكوارتز $Si O_2$ الاورثوكلاز $K Al Si_3 O_8$ الالبيت $Na Al Si_3 O_8$	Quartz Orthoclase Albite

تعريفات

- العناصر الحرة: العناصر التي يمكن ان تتواجد في صورة حرة في الطبيعة وغير متحدة مع عناصر أخرى مثل الذهب .

- الكبريتيدات: مجموعة المعادن ذات التركيب الكيميائي المكون من اتحاد العنصر مع شق الكبريتيد (S-) .
- الاكاسيد: مجموعة المعادن التي تتحد عناصرها مع الأوكسجين .
- الهاليدات: مجموعة المعادن التي تتحد عناصرها مع الكلوريد او الفلوريد او البروم .
- الكربونات: مجموعة المعادن التي تعتبر أملاح حامض الكربونيك H_2CO_3 .
- البايريتات: مجموعة المعادن المكونة من أملاح حامض الكبريتيك H_2SO_4 .
- الفوسفات: مجموعة المعادن المكونة من أملاح حامض الفوسفات H_3PO_4 .
- السليكات: مجموعة المعادن لمشتقة من مركبات حامض الارثوسليكات H_4SiO_4 .

تعريفات :

- المعادن الأولية (الابتدائية) primary Minerals: معادن موروثة من المادة الأصلية للأرض دون آن تعاني من تغيير في تركيبها الكيميائي او البلوري وعادة ما تكون مقومة للتجوية .
- المعادن الثانوية (الجديدة) Secondary Minerals: مجموعة المعادن التي تتكون في التربة نتيجة نشاط عمليات التجوية ولم تكن موجودة في مادة الاصل .
- الفلسبارات Feldspar: معادن تتبع مجموعة السليكات الإطارية وتكون إما بوتاسية او صودية أو كلسيه كما هو في المعادن الارثوكلاز والالبيت والانوريثيت على التوالي .
- الميكات Micas: معادن صفائحية تتكون من رقائق ومنها الميكات البيضاء وهي المسكوفيت والم ايكا السوداء وهي البيوتيت وتعتبر من المصادر الهامة للبوتاسيوم في الأرض .
- المعادن المعتمة Opaque Minerals: مجموعة المعادن غير الشافية والتي لا تسمح بنفاذ الضوء من خلالها مثل معادن اكاسيد الحديد.

مواد أصل الترب Parent Material of soils

مادة أصل التربة (soil parent material) هي الصخور الأصلية المكونة للقشرة الأرضية وتضم الصخور النارية والرسوبية والمتحولة والتي تتكون منها الأرض (soil) بعد سلسة من التحولات التي يتحكم فيها عوامل تكون الأرض (soil forming Factors) ويمكن تقسيم مواد أصل الأرض تبعا لنشاتها إلى ثلاثة مجموعات هي الصخور النارية (Igneous rocks) والصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks) والصخور المتحولة (Metamorphic Rocks)

تعار يف :

- الصخور النارية الم نشأة (Igneous) : والناتج من برود المواد المنصهرة في باطن الأرض والمتجهة إلى السطح يطلق عليها (magma) ومنها ما يتكون على سطح الأرض مكونة الصخور البركانية السطحية (Extrusive) او تبرد في اعماق القشرة الأرضية مكونة الصخور الجوفية (Intrusive) والتي تتكون من بلورات صغيرة وأخرى كبيرة وتعرف بالنسيج البورفيري (Phosphoric structure) .
- الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks) صخور متكونة نتيجة ترسب وتصلب فتات الصخور النارية او المتحولة، وتصنف حسب نوع مادتها فاذا كانت طينية أطلق عليها رواسب طفلية (shale formations)

والتي يسود بها الرمال وتسمى أحجار رملية (sand stones) والتي يسود بها كربونات الكالسيوم وتسمى الأحجار الكلسية (lime stones) وإذا ساد الدولوميت أطلق عليها الأحجار الدولوماتية (Dolomites)

- الصخور المتحولة (Metamorphic rocks) صخور نارية او رسوبية تحولت تحت تأثير الضغط او الحرارة الشديدين او كلاهما معا واحتفاظها بذات التركيب المعدني مع اختلاف خواصها الميكانيكية (نسيجها) .

وعلى مدى ملايين السنين التي مرت على تكوين القشرة الأرضية العديد من التغيرات والتحولات على الصخور الأرضية نتيجة التداخل والتفاعل الحادث بين نطاقات الأرض الصخرية (Lithosphere) والجوية (atmosphere) والمائية (Hydrosphere) والحيوية (Biosphere) ويطلق على هذا التغيرات عمليات التجوية (Weathering) .

محاضره 3 كيمياء التربه د . اكرم عبد اللطيف الحديثي

التركيب المعدني للطين

لايمكن اعطاء تعريف دقيق للطين. ومن الناحية الفيزياوية او التوزيع الحجمي للحبيبات في التربة فهو يمثل الحبيبات ذات الاقطار من 0.002 ملم واقل. وعموما فهو يمثل مادة ناعمة متماسكة تكتسب صفات المرونة عند الابتلال وتتكون حبيبات الطين من معادن ثانوية ناتجة من التفاعلات الكيمياوية لعمليات التجويه على الصخور والمعادن الاولية. ولذلك فهذه المعادن غير موجودة في الصخر الاصلي في اكثر الاحوال كما هو الحال في المعادن التي تتكون منها حبيبات الرمل والغرين. وقد توجد معادن اخرى طينية بأحجام صغيرة مختلطة مع الطين مثل اكاسيد الحديد والالمنيوم والمنغنيز والسيلكون وكاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات والفوسفات والبورات والسيلكات المختلفة مثل الفلدسبار. وهذه المعادن تعتبر امثلة لبعض انواع المعدن التي قد توجد في جزء الطين ولكنها لا تسمى معادن طين.

أنواع الأواصر الكيميائية بين الذرات

الأواصر الكيمائية هي المسولة عن ربط الذرات والايوانات لتكوين الجزيئات وربط الجزيئات لتكوين البلورات وربط البلورات لتكوين الحبيبات وربط الحبيبات والبلورات لتكوين الصخور. ويتحكم نوع الاصره في كثير من الصفات البلوريه كتوصيلها الحراري والكهربائي ودرجه الانصهار والذوبان والصلابه الميكانيكيه وغيرها الا ان نوع الاصره لايكون ذا تاثير كبير على الصفات الهندسيه للبلوره ولكن يتحكم في ذلك حجم الذره او الايون.إن أنواع الأواصر الشائعة في البلورات هي:

1) **الاصره الايونيه او الالكتروستاتيكيه Ionic or Electrostatic Bond**

تنشأ بين الايونات ذات الشحنات المختلفه وهي اقوي أنواع الأواصر فلذلك تمتاز البلورات الايونيه بصلابه كبيره وشكل هندسي محدد ويكون الايون الموجب في مركز الشكل محاطا بعدد من الايونات السالبه المتصله مباشره اي في حاله تلامس كامل بالايون الموجب. ان عدد الايونات السالبه المحيطه مباشره بالايون المركزي يسمى بعدد الاحاطه Coordination number او عدد الارتباط.

2) **الاصره التساهميه المشتركه Covalent bond**

وفيها تشترك الذرات بعضها مع بعضها في زوج او اكثر من الاليكترونات وتكون الاليكترونات عاده ذات مسارات متعاكسه. وهي تختلف عن الاصره المشتركه في ان الاليكترونات تقدم من فرد واحد من الفردين المرتبطين.

3) **اصره فان درولس Van der Waals bond**

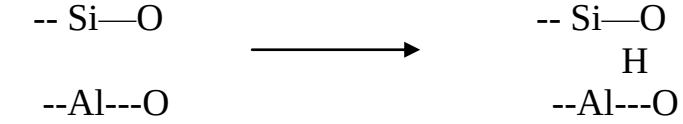
وهي المسؤوله عن تماسك الجزيئات الغازيه في درجات الحراره المنخفضه فمثلا نجد ان جزئيات غاز النايتروجين (N_2) تلتصق مع بعضها بقوى ضعيفه (N_2.....N_2) وتمتاز هذه الاصره بانها غير متجهه وضعيفه وتكون البلورات ذات صلابه قليله.

4) الاصره الفلزيه Metallic bond

وهي اصره قويه ايضا وناشئه عن الحريه النسبيه لانتقال الاليكترونات وتكونها سحابه اليكترونيه حول ايونات المعدن وهي لذلك اصره غير متجهه. وتعتبر الاليكترونات في هذا التركيب حره الحركه ولا تنتمي لنواه معينه وانما تتحرك بحريه في التركيب كله واحيانا تتحرك إلى خارج التركيب نفسه بدون ان تتغير الاصره. هذه الاصره هي السؤوله عن خواص الفلزات مثل التوصيل الكهربائي وخاصيه الكهروضوئيه Photo electricity .

5) الاصره الهيدروجينيه Hydrogen bond

في بعض الاحيان يمكن لذرة الهايدروجين ان تكون اصرة بين ذرتين اخريين بدلا من ذرة واحدة كما يحدث في المثال التالي :



حيث يتذبذب ايون الهايدروجين بين كل من ذرتي الاوكسجين بحيث لا يمكن تحديد ذرة الهايدروجين لكل ذرة اوكسجين. او كما يحدث من ارتباط جزيئات الماء بعضها مع بعض بواسطة اصرة هايدروجينية.

إن قوة هذه الآصرة ضعيفة نوعا ما وغالبا ما تؤدي إلى تكوين خطوط التشقق في البلورات والمعادن.

6) الاصرة الهايدروكسيلية Hydroxyl bond

عندما توجد مجموعتا هايدروكسيل بالقرب من بعضا فأنه يمكن ان تنشأ اصرة نتيجة الجذب الاليكتروستاتيكي بين الاجزاء السالبة والموجبة من هذه المجاميع كما هو مبين في الشكل التالي

والاصرة الهايدروجينية والهايدرزكسيلية موجودة بكثره في معادن الطين بين الوحدات البنائية المكونة للحبيبات كما سيأتي ذكر ذلك فيما بعد.

حجم الذرات والايونات : يتوقف نصف قطر الذرة على امتداد مدارات الالكترونات فمثلا ذرة الصوديوم (Na) نصف قطرها 1.55 انجستروم وعندما تتحول إلى ايون يصغر نصف قطرها ويصبح 0.95 انجستروم اي يتضاغط حجمها. وتختلف الايونات اختلافا كبيرا في انصاف قطرها فالايون الموجب عموما اصغر حجما من ذرته وكلما كبرت الشحنة الموجبة (التكافؤ) على الايون كلما صغر حجمه. اما بالنسبة للايونات السالبة فأن زيادة الشحنة السالبة (التكافؤ)يؤدي إلى زيادة نصف القطر الايوني بعكس حالة الايونات الموجبة.

الايونات السالبة عموما ذات حجم اكبر من الايونات الموجبة فنصف قطر ايون الاوكسجين مثلا هو 1.40 انجستروم بينما نجد ان نصف قطر ايون السيلكون (Si^{+4}) هو 0.41 انجستروم فقط.والجدولان التاليين يوضحان هذه النقاط المتعلقة بأنصاف الاقطار الايونية للايونات الموجبة والسالبة بأمثلة من بعض العناصر ذات الاهمية في بناء المعادن عموما.

جدول : نصف القطر الايوني (بالانجستروم=$1*10^{-8}$سم) لبعض الايونات الموجبة الشائعة.

زيادة الشحنة يؤدي إلى نقص نصف القطر الايوني

H^{+}

Li^{+} = 0.60 Be^{++} = 0.31 B^{+3} = 0.20 C^{+4} = 0.15

Na^{+} = 0.95 Mg^{++} = 0.65 Al^{+3} = 0.50 Si^{+4} = 0.41

K^{+} = 1.33

Rb^{+} = 1.48

جدول . نصف القطر الايوني (بالانجستروم) لبعض الايونات السالبة.

زيادة الشحنة السالبه يؤدي إلى زيادة نصف القطر الايوني

F^{-} = 1.36 $0^{=}$ = 1.40 N^{-3} = 1.71

Cl^{-} = 1.81

Br^{-} = 1.95

I^{-} = 2.16

موقع الايونات الموجبة بالنسبة للايونات السالبة

لكي ينتج ترتيب بلوري ثابت للايونات يجب ان تكون الايونات مرتبة ترتيبا متجاورا على قدر الامكان. لذلك فالايونات الكبيرة في الحجم عادة تأخذ مواقعها بحيث تحيط بالايونات الموجبة الصغيرة احاطة جيدة ولا يتوقف عدد احاطة الايون الموجب على شحنتة وانما يتوقف اساس على نصف قطره وبالتالي إمكانية دخوله إلى الشكل الذي يعطيه اكبر كمية من الثبات والجدول التالي يبين عدد الاحاطة لبعض الايونات الموجبة الهامة في تركيب الكثير من المعادن.

جدول . العلاقة بين نصف قطر الكايتونات وعدد الاحاطة من الانيونات (الاوكسجين).

الايون	نصف القطر انكستروم	نق الكاتيون / نق الانيون	عدد الاحاطه المتوقع	عدد الاحاطه الملاحظ
البوتاسيوم k^{+}	1.33	0.95	8	12−8
الحديد الثنائي Fe^{+2}	0.74	0.53	6	6
الالمنيوم Al^{+3}	0.51	0.36	4	6.4
السيليكون Si^{+4}	0.42	0.30	4	4

صور تواجد العناصر في البيئات الرسوبية

يحدد السلوك الجيوكيميائى للعنصر حالة تواجده تحت الظروف الطبيعية وبعض هذه العناصر يتواجد دائما في صورة ذائبة و البعض الآخر يتواجد على صورة غير ذائبة آو شحيحة الذوبان ويحدد الجهد الأيوني Ionic Potential للعنصر الحالة التي يتواجد عليها هذا العنصر في البيئات الرسوبية المختلفة و الجهد والايوني هو النسبة بين شحنة الايون أي تكافؤه ونصف القطر الأيوني – والسلوك الجيوكيميائى للعنصر يتحدد بقيمه جهده الأيوني ، فالأيونات كبيره الحجم ذات الجهد الأيوني المنخفض والأقل من 3 ، تتواجد دائما في صورة قابلة للذوبان بدرجات مختلفة مثل ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والسيزيوم والليثيوم ، أما الأيونات متوسطة الحجم ذات الجهد ألايوني المتوسط والأقل من 6 فإنها تتواجد على صورة رواسب شحيحة أو عديمة الذوبان من الوجهة العملية أمثال الحديد والألمونيوم والمنغنيز والزركونيوم والتيتانيوم والوليبدنم . . . الخ ثم تبقى ألمجموعه الثالثة ، وهى تضم بعض الأيونات غير الذائبة ذات الحجم الصغير والجهد الأيونى المرتفع الاكبر من 12، و بالتالي فإنها قد تتواجد في صورة الذائبة على صوره مجموعات ذرية أنيونية مثل البورات والسليكات والفوسفات و الكبريتات والمنغنات والموليبدات والفانادات.

تعريف

الجهد ألايوني Ionic Potential : النسبة بين تكافؤ الايوني ونصف القطر الايوني تساوي

$$\frac{\text{الايوننتشغنة}}{\text{الايوني القطر}}$$

وبه يتحدد سلوك العنصر في الطبيعة ليذوب او ليرسب .

التركيب المعدني لحبيبات التربة الحجمية المختلفة Mineralogical Composition of Soil fraction

إن معظم المعادن التي تتواجد في الجزء المعدني من المكون الصلب للتربة هي معادن على صورة سليكات ، سواء كانت في حالتها الأولية (ألابتدائية) أو الثانوية (الجديدة) ، فنجد أن المعادن الثانوية ترتفع نسبتها في الجزء الناعم من الأرض ، فمثلا نجد أن معظم معادن الطين عبارة عن معادن ثانوية تتواجد في الجزء الناعم من الأرض الاقل من 2 ميكرون ، أو ما يطلق عليه الجزء الغروي من الارض ،، بينما تتركز المعادن الأولية مثل الفلسبارات والكوارتز والميكا في الجزء الخشن من الأرض كالرمل و السلت . لهذا فإنه عند دراسة التركيب المعدنى للأراضى فإنه يجب أن نفرق بين تركيب الجزء الخشن (الرمل و السلت) و تركيب الجزء الناعم (الطين).

جدول تصنيف معادن السليكات

القسم	درجة اتصال وحدات التتراهيد	نسبة السليكون :الاوكسجين	أمثلة
سليكات منفردة Nesosilicates	مستقلة Isolted	4:1	الاوليفين $(MgFe)_2SiO_4$
سليكات زوجية Soro silicates	زوجية Dimers	7:2	هيمومورفين $Ca_4(Si_2O_7)\ OH,$

H_2O			
البيريل $Mg_2Si_2O_6$	3:1	حلقات Rings	سليكات حلقات Nosilicates
انستاتيت $Mg_2Si_2O_6$ التريموليت $_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$	3:1 11:4	سلاسل Chains سلاسل مفردة Single سلاسل زوجية Double	سليكات سلسلية Inosilicates
التلك $_2(Si_4O_{10})(OH_2)$	5:2	صفائح Sheets	سليكات صفائحة Phyllosilicates
كورارتز SiO_2	2:1	هيكل أو اطار Framework ذو ثلاثة ابعاد	سليكات إطارية Tectosilicates

تعريف : وحدة التتراهيدرال Tetrahedron Unit وهي الوحدة التي تتكون من كاتيون مركزي هو السليكون محاطا بأربعة ايونات أوكسجين ثلاثة في مستوى قاعدي والرابع في القمة .

وسوف نستعرض التراكيب المعدنية لحبيبات ألتربة الحجمية فيما يلى:

أولاً :- التركيب المعدني لحبيبات التربة الخشة (الرمل والسلت):

يتضح مما سبق عرضه أن حبيبات الرمل الخشنة غالبا ما تتكون من فتات صلبة إضافة الى المعادن . ويلاحظ أن معدن الكوارتز Quartz دائما ما يسود حبيبات الرمال الناعمه والسلت إضافة الى تواجد معادن أولية أخرى مثل معادن الفلسبارات (Fehdspars) والميكات (Micas) ومعادن الكربونات مثل الكالسيت وكذلك معادن الجبسيت (Gibbsite) والهيماتيت (Hematie) والليمونيت (Limonite) على هيئة اغشية تغطي حبيبات الرمال . ويضفى الهيماتيت والليمونيت ألوانهما من ظلال الأحمر والأصفر إذا تواجدا بكميات كافية نظرا لاحتوائهما على عنصر الحديد ، وهذه البيئة المعدنية غالبأ ما تتواجد في أغلب ا الترب الصحراوية، وتتواجد معادن السليكات الابتدائية مثل الفلسبارات والهورنبلند والميكات في الرمال كما سبق إيضاحه ، ولكنها تميل إلى الاختفاء عند التحرك إلى حبيبات السلت ، بينما معادن السليكات ثانوية النشأة (الجديدة) تميل الى التواجد في حبيبات الطين الغروية الناعمة . وكذلك نجد أن معادن أخرى ذات البنية الثانوية مثل أكاسيد الحديد والألمونيوم تتواجد بشكل سائد في حبيبات السلت الناعمة إضافة إلى الطين الخشن

ثائياً :- التركيب المعدني لحبيبات الطين

تعتبر حبيبات الطين أنشط جزء معدني من المكون الصلب للتربة ، لأنها غالبا ما تكون في صورة متبلورة وغروية Colloidal ، وفي مجال التربة يعبر عن اصطلاح كلمة طين Clay بثلاثة تعبيرات هي:

أ. تعبير حجمي ، أي أنها تعبر من حبيبات التربة ذات الأقطار المكافئة الأقل من 2 ميكرون .

ب. تعبر من اسم لمجموعة معادن معينة مثل معادن الطين Clay minerals

جـ . تعبر من توصيف للخواص القوامية للتربة Textural class، وعليه فهناك مواد متعددة تقع في النطاق الحجمى للطين مثل الجبس Gypsum ، والكربونات Carbonates ، وأحيانا الكوارتز ، وفي نفس الوقت لا تعتبر معادن طين وعلى العكس فالأخيرة قد تتواجد في حبيبات حجمية قد تصل إلى أقطار 5,4 ملليميتر.

التركيب ألبنائي لمعادن الطين: (The Structure of Clay Minerals)

تتبع الغالبية العظمى من معادن الطين مجموعة معادن السليكات الصفائحية ويتكون تركيب معادن الطين من طبقات تتراص فوق بعضها البعض ، وتتكون هذه الطبقات من وحدتين أساسيين هما : وحدة التتراهيدرول Tetrahedron $(SiO_4)^{4-}$ والتي يتكون منها طبقة التتراهيدرا ل Tetrahedral Sheet ووحده الاوكتاهيدرول ..... ومنها نوعان الأول Al- Octahedron $Al_2(OH)_6$ يكون منها $(SiO_2O_5)^{2-}$ الـ Gibbsite Sheet والثاني Mg-octahedron $Mg_3(OH)_6$ ويتكون منها الـ Brucite Sheet والجدول رقم (6) يوضح طريقة اشتقاق معادن الطين السليكاتية من الطبقات الأساسية والشكل رقم (11) يقدم نموذج تخطيطي لطريقة اشتقاق معدن الكاؤولينايت (نوع 1:1) من الطبقات الأساسية. وبالمثل يمكن اشتقاق المعادن من نوع 2: 1 ،2: 1: كما في التركيب التخطيطي الوارد في شكل رقم (12).ويمكن القول : إن أغلب معادن الطين clay تكون في حالة تبلور ، حيث يكون لها ترتيب تكراري محدد للذرات الداخلة في التركيب وحيث نجد أن الغالبية العظمى تتكون من مستويات من ذرات أكسجين مرتبطة مع ذرات كل من السليكون والألمونيوم حيث يربطان ذرات الأوكسجين مع بعضها عن طريق الرابطة الأيونية Ionic bond وهى التي تتواجد بالتجاذب بين الذرات السالبة الشحنة مع الأخرى الموجبة الشحنة.

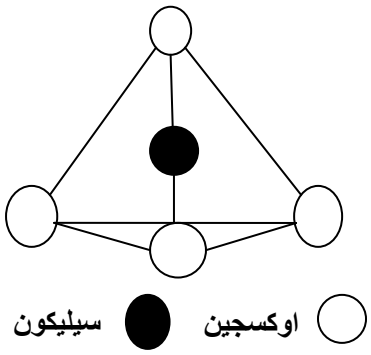
تعريفات

- **الرابط ألايوني Ionic bond هي الرابطة الناتجة عن انتقال اليكترونات من ذرة تاركة إياها في صورة كاتيون موجب لتتحد مع ايون سالب الشحنة نتيجة اكتسابه لهذه الاليكترونات .**
- **وحدة الاوكتاهيدرول Octahedron unit : وحدة تتكون من كاتيون مركزي عادة يكون الالومنيوم او المغنسيوم محاط بسته ايونات أوكسجين او مجموعات هيدروكسيل في مستويين.**

التركيب البنائي لمعادن السليكات

ان النسبه بين نصف قطر ايون السليكون الرباعي التكافؤ (0.42 انجستروم)إلى نصف قطر ايون الاوكسجين (1.40 انجستروم) تساوي 0.30 . هذه نسبه تسمح بتكوين شكل هندسي رباعي الاوجه او

التتراهيدر Tetrahedra يكون فيه السليكون محاطا باربعه ذرات اوكسجين اي ان عدد احاطته يساوي اربعه(شكل التالي) هذه علاقه بين الاوكسجين والسليكون تحدد الوحده الاساسيه لمعادن الطين وهي تتراهيدرا السليكا. هذه الوحده تعتبر الحجر الاساسي ايضا في تركيب جميع السليكات وبالتالي في تركيب القشره الارضيه.



((شكل تخيطي يبين تتراهيدرا منفردة))

لايون السليكون في مجموعها لاتزال موزعه بالتساوي بين الايونات السالبه الاربعه المحيطه بها. وعلى ذلك فان الشحنة الكلية لوحده تتراهيدرا تتوزع بالتساوي على ايونات الاوكسجين اي ان كل ايون اوكسجين يحمل شحنه سالبه واحده ويربط بالسليكون بقوه رابطه مقدارها شحنه واحده. ويحمل الألمنيوم ألمرتبه الثانية بعد الاوكسجين والسليكون من ناحيه الاهميه بالنسبه لبناء معادن السليكات . والالمنيوم ثلاثي التكافؤ نصف قطر ايونه يساوي 0.51 انجستروم وتساوي النسبه بين نصف قطره وقطر الاوكسجين 0.386. هذه النسبه اعلى من نسبه 0.225 في حاله تتراهيدرا سيليكا واقل قليلا من النسبه 0.414 الازمه لوحده الاوكتاهيدرا . لهذا نجد ان الالمنيوم يمكن ان يكون له عدد الاحاطه 6 و4. هذا يجعله موهل للقيام بدورين مختلفين في بناء المعادن السليكاتيه. فلذا يكسب الالمنيوم الاهميه الخاصه في الكيمياء البلوريه للسليكات. بمعنى ان الالمنيوم يمكنه ان يحل محل السليكون في التتراهيدرا ويكون مجاميع من تتراهيدرا الالمنيوم ويمكن للالمنيوم ايضا ان يكون اوكتاهيدرا الالمنيوم حين يدخل في ارتباط سداسي مع ذرات الأوكسجين.

تقسيم معادن السليكات

1) مجموعه ارثوسيليكاتيه Orthosilicates

هي عباره عن مجاميع منفرده من تتراهيدرا السليكا. اي وحدات لاترتبط ببعضها عن طريق ذرات الاوكسجين الخاصة بكل منها مكونة مجاميع $[SiO_4]^{-4}$. وترتبط هذه الوحدات المنفصله عن طريق ايونات موجبه موجوده في الفراغات البينيه. التي تدخل لتشبيع الشحنات السالبه الموجوده على ذرات الاوكسجين لكي يتم التعادل الكهربائي. وقد تكون الايونات الموجبه احاديه . ثنائيه . ثلاثيه او رباعيه التكافؤ ولها اعدد احاطه مع الاوكسجين تتراوح بين 3 . 4 . 6 . 8 . 12 . ونسبه السليكون إلى الاوكسجين فيها 1 : 4 ويدخل في نطاق هذه ألمجموعه المعادن التاليه:

Olivine $(Fe, Mg)\ SiO_4$

Fayalite (Fe_2SiO_4) تتراهيدرا منفردة $(SiO_4)^{-4}$

2) مجموعة البيروسيليكات Pyrosilicate

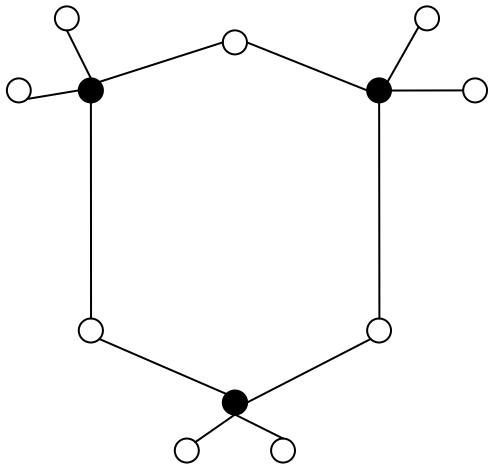
تتصل اثنين من مجاميع تتراهيدرا السيليكا خلال ايون اوكسجين لتكون المجموعه $(Si_2O_7)^{-6}$ بينما تظل الثلاث ذرات الاخرى في كل مجموعه دون ارتباط وان نسبة السيلكون إلى الأوكسجين في هذه المعادن تساوي 2 : 7 . ومن اهم معادن هذه المجموعه:

Hemimorphite $Zn_4 (Si_2O_7) OH.H_2O$

وحدتا سيليكا تتراهيدرا تشتركا في ذره اوكسجين لتكون الوحده **$(Si_2O_7)^{-6}$**

3) التركيبات الحلقيه Ringe Structures

ويطلق عليها احيانا Cyclosilicates وفيها تشترك تتراهيدرا السيليكا خلاال ايونين من الاوكسجين حيث تتكون حلقات ذات تراكيب $(SiO3)^{-2n}$ محتويهعلى n من وحدات التتراهيدرا قد تكون 3 او 4 او 6 . نسبة السيلكون إلى الأوكسجين 1 :3 .من امثلتها ($BaTiSi_3O_9$) Beryl.



حلقات ثلاثيه$(Si_3O_9)^{-6}$ مثل المعدن $BaTiSi_3O_9$ Beryl

4) السيليكا السلسليه Chain Silicates

تتصل تتراهيدرا السيلكا مع بعضها ببعض في صورة سلسله لا نهائيه مكونه معادن سيليكاتيه ذات وحدة بنائيه رمزها العام $(SiO_3)^{-2}$ في هذه السلاسل تكون مجاميع التتراهيدرا مشتركه في ايونين من ايونات الاوكسجين . ومن امثله معادن السلسله الفرديه معادن البايروكسين Pyroxenes ونسبه السليكون إلى الأوكسجين في معادن البايروكسين هي 3:1

وفي هذا التركيب تكون نسبه السليكون إلى الأوكسجين اعلي من السلاسل الفرديه حيث هي عباره عن 11:4 والرمز العام لوحده الخليه للسلسله المزدوجه هي **$[Si_4O_{11}]_n^{-6}$** ومن امثلتها معدن Hornblende $(OH)_2Ca_2Mg_5Si_8O_{22}$

5) السيليكات الصفائحيه Sheet Silicates

تتصل كل تتراهيدرا مع ثلاث تتراهيدرات اخرى خلال ثلاث ايونات من الاوكسجين وتظل الرابعه الواقعه في القمه بدون اشتراك ولكنها تدخل في ارتباطات اخرى لاتمام التعادل الكهربائي مع ايون موجب اخر غير السيليكون الخاص بالتتراهيدرا والرمز العام لوحده الخليه هو $(Si_4O_{10})^{-4}$.وعند النظر إلى سطح

الصفائح نجد ان التتراهيدرات مرتبه في حلقات سداسيه تترك بينها فراغات او فجوات سداسيه Hexagonal Cavitles نصف قطرها حوالي 1.35 انجستروم. هذه الفجوات تناسب نصف قطر ايون البوتاسيوم 1.33 انجستروم ، وفلذا نجد ايون البوتاسيوم يمتلك القدره بالدخول في عدد كبير من معادن هذه المجموعه كما هو الحال في تركيب معادن المايكا Mica.

6) السيليكات الاطاريه Frame work Silicates

تتكون هذه التركيبات عندما تتصل وحدات التتراهيدرا ببعضها خلال جميع الاوكسجين اي يصبح كل ايون اوكسجين مشترك بين اثنين من التتراهيدرا وهذا يؤدي إلى تكوين تركيب الإطاري الممتد في جميع الاتجاهات. والرمز العام لهذه التركيبات هو(SiO_2) وهو متعادل.نسبه السيليكون إلى الأوكسجين 2:1

ومن امثله المعادن التى لها تركيب الاطاري

1) **الكوارتز SiO_2 Quartz**

2) **الفلدسبارات Feldspars** ومنها معدن الاورثوكليز $K(AlSi_3)O_8$ ومعدن Albite $NaAlSi_3O_8$ ومعدن Anporthite $Ca(Al_2Si_2)O_8$

3) **الزيولتيات Zeolites**

من اهم ميزاته احتواءه على جزيئات ماء والتي يمكن اخراجها دون ان يتكسر التركيب البلوري وتمتاز بسعه تبادليه عاليه.

التركيب ألبنائي لمعادن الطين

1- **طبقة تتراهيدرا**

تتكون من وحدات سيليكا تتراهيدرا متصلة يبعضها خلال ثلاث ذرات أوكسجين في اتجاهين وتترتب بحيث تكون قممها في اتجاه واحد والقواعد في مستوى واحد.

2- **طبقة اوكتاهيدرا**

يوجد نوعين من طبقة الاوكتاهيدرا حسب نوع الايون المركزي الذي يشغلها ثلاثيا كان ام ثنائي

أ) وحده ثنائيه الاوكتاهيدرا Dioctaherdra unit

في هذه الوحدة يكون الايون المركزي عبارة عن ايون الألمنيوم الثلاثي التكافؤ وبالتالي يحتاج البناء إلى ايونين من الألمنيوم فقط. إي أن ثلثي مواقع الاوكتاهيدرا فقط مشغولان بايونات الألمنيوم والثلث الباقي خال مكونا فراغا يطلق عليه بالفراغ الاوكتاهيدري. الرمز العام للوحدة $Al_2(OH)_6$ كما في معدن الجبسايت Gibbsite فلذا تسمى بطبقه الجبسايت.

ب) وحده ثلاثيه الاوكتاهيدرا Trioctaherdra unit

وتسمى طبقه البروسايت Brucite $[Mg_3(OH)_6]$ ،وفي هذه الوحدة يكون الايون المركزي عبارة عن ايون المغنيسوم الثنائي التكافؤ وبذلك يحتاج البناء إلى ثلاث ايونات فقط. إي أن جميع مواقع الاوكتاهيدرال تكون مشغولة بايونات المغنيسوم الثنائية.

تقسيم معادن الطين

أولا: المعادن غير المتبلورة

مجموعه الالوفان Allophane Group

من الصعب دراسة هذه ألمجموعه لصعوبة فصلها عن غيرها من المكونات المتبلورة التي توجد مختلطة بها ، بالرغم من احتواء جميع الترب على معادن هذه ألمجموعه ولو بكميات ضئيلة. السعه التبادلية الكاتيونيه لها حوالي 70 ملي مكافئ /100 غرام.

ثانيا: المعادن المتبلورة (معادن الطين الطبقية)

1)المعادن ذات الطبقتين (معادن 1:1)

أ . معادن مجموعه الكاؤولينايت Kaolinite group

حيث تتميز هذه المعادن بالصفات التالية:

1)تتكون معادن هذه ألمجموعه من تكثيف طبقه ثنائيه الاوكتاهيدرا على طبقه تتراهيدرا السليكون بحيث تكون قمم التتراهيدرا وأحدى طبقات الاوكتاهيدرا طبقه مشتركه. فلذا تتكون الطبقة المشتركة من ايونات الأوكسجين المكونة لقمم التتراهيدرا والمتصلة في نفس الوقت مع الذرات الألمنيوم بواقع كل ذره أوكسجين ترتبط بايونين من الألمنيوم، ويكتمل عدد ارتباط الألمنيوم من خلال الارتباط مع ذرتي هايدروكسيل تقع في نفس مستوى ايونات قمم التتراهيدرا داخله في تركيب الطبقة المشتركة والباقي ست ذرات هيدوكسيل أخرى تقع في مستوى اعلي من ذلك، ويمكن توزيع الشحنة كما يأتي:

$6O^{--}$(هذه الطبقة مشتركه بين طبقه تتراهيدرا سيليكا واوكتاهيدرا ألمنيوم)

12^{-}

$4Si^{4+}$ 16^{+}

$4O^{--} + 2OH^{-}$ 10^{-}

$4Al^{3+}$ $12+$

$6OH^{-}$ 6^{-}

$(28^{+} \quad 28^{-}) \quad \Sigma = 0$

وبذلك تتوازن شحنه الوحده فتتساوى الشحنات الموجبه والسالبه والتركيب البنائي للكاؤولينايت $Al_4Si_4O_{10}OH_8$ والتركيب الكيمائي هو:

General Kaolinite Information

Chemical Formula: $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

Composition: Molecular Weight = 258.16 gm

Aluminum	**20.90 %**	**Al**	**39.50 %**	**Al_2O_3**
Silicon	**21.76 %**	**Si**	**46.55 %**	**SiO_2**
Hydrogen	**1.56 %**	**H**	**13.96 %**	**H_2O**
Oxygen	**55.78 %**	**O**		
	100.00 %		**100.00 %**	**= TOTAL**

SiO_2=46.54%

Al_2O_3=39.50%

H_2O=13.96%

2) هذه المعادن لا تتمدد في الماء لوجود الآصرة الهيدروجينية بين الوحدات.

3) سمك الطبقة المميزة في الأشعة السينية هو 7.2 انجستروم وإبعاد البلوري بالانجستروم هي :
a=5.13 ; b=8.94 ; c=7.37 A

4) لا يوجد إحلال متماثل في هذه المعادن وتتكون المعادن المختلفة في ألمجموعه نتيجة لاختلاف وضع الوحدات البنائية فوق بعضها وأحيانا في وضع الذرات

5) السعه التبادلية منخفضة جدا وتتراوح بين 3 . 15 ملي مكافئ لكل 100غرام

ب) معادن الهالوسايت Halloysite minerals

1. يوجد نوعان من الهالوسايت أحداهما غير متأدرت(عادي) normal Halloysite والثاني متأدرت hydrated Halloysite وهذه المعادن لها نفس تركيب معادن الكاؤولينات إلا أنها تحتوي على طبقة من الماء (4 جزيئات) ممسوكة برابطة هيدروجينية بين الطبقات وهذا يؤدي إلى استطالة البعد البلوري العمودي ليكون أكثر طولا في الهالوسايت عنه في الكاؤولينايت مع تساوي البعدين الآخرين .

a =5.13; b =8.93; c =10.25A

ج) مجموعة معادن السربنتين Serpentine

تماثل هذه المعادن مجموعة الكاؤولينات إلا أنها معادن ثلاثية الاوكتاهيدرا.

2) المعادن ذات الثلاث طبقات (معادن 2 : 1)

ومن أهمها

ا) معادن السمكتايت Smectites minerals

حيث تتكون من طبقتين من التتراهيدرا مع طبقه داخلية من الاوكتاهيدرا وتترابط كل وحده من هذا المعدن مع الطبقة الأخرى بالأوكسجين وهذه الآصرة ضعيفة جدا وهذا يعني سهولة تكسرها وإمكانية دخول الماء بين الطبقات مسببا تمدد هذه المعادن. فعند عدم وجود الماء يكون سمك الطبقة 9.6 A ليتمدد إلى 14 A عند دخول الماء وقد يطلق على هذه المجموعة من المعادن بمجموعة معادن المونتموريلونايت Montmorillonite minerals وتتميز بما يلي :_

1) تتكون معادن هذه المجموعة من وحدات مكونة من طبقتين من تتراهيدرا السيليكا بينهما طبقة مركزية من اوكتاهيدرا الألمنيوم أو ايونات موجبة اخرى.

2) الإحلال المتماثل شائع في طبقة التتراهيدرا حيث يحل الالمنيوم محل السيلكون. وغالبا ما يكون ناتج الإحلال المتماثل 0.66 _ 0.7 شحنة سالبة لكل وحدة تركيب كما هو الحال في معدن ال Beidellite وقد يحصل الإحلال المتماثل في طبقة الاوكتاهيدرا حيث تحل الايونات الموجبة التالية Li^{+} ، Ni^{2+} ، Zn^{2+} ، Fe^{2+} ، Al^{3+}. محل الايون المركزي في الطبقة المذكورة.

والتركيب الكيميائي النظري بدون ادخال المكونات بين الطبقات Interlayer material هو

SiO_2=66.7%
Al_2O_3=28.3%
H_2O= 5%

تقسم معادن المجموعة

أ) معادن ثنائية الاوكتاهيدرا _ وتشمل المعادن التالية 1. Montmorillionite

$Si_8(Si_8(Al_{3.34}Mg_{0.66})O_2o(OH)_4$

Na 0.66 (يمثل الايون الداخل بين الطبقات لتعويض الشحنة الناتجة من الإحلال المتماثل)

ب) معادن ثلاثية الاوكتاهيدرا _ وتشمل المعادن التالية :

1. Hectorite Si_8 ($Mg_{5.33}$ $Li_{0.66}$) O_{20} $(OH)_4$

($Na_{0.66}$الايون الداخل بين الطبقات)

2. Saponite ($Si_{7.34}$ $Al_{0.66}$) Mg_6 O_{20} $(OH)_4$

($Na_{0.66}$الايون الداخل بين الطبقات)

فيما يلي وصف لبعض صفات معدن المونتموريلونايت:

1) المعدن ثنائي الاوكتاهيدرا إي يوجد الألمنيوم الثلاثي أو الحديد الثلاثي.

2) يوجد إحلال متماثل في طبقة تتراهيدرا السيليكا.

3) مصدر السعة التبادلية هو الإحلال المتماثل في طبقة الاوكتاهيدرا حيث يحل المغنيسيوم محل جزء من الألمنيوم وهذا الإحلال يختلف مقداره فهو قد يتراوح بين 0.33 – 0.5 ذرة مغنيسيوم في الاوكتاهيدرا وبذلك تتكون شحنة مقدارها 0.33– 0.5 شحنة لكل 2\1 وحدة خلية. إي إن التركيب العام للمونتموريلونايت يتراوح ما بين الرمزين

$Na_{0.66}$ $(Al_{3.34}$ $Mg_{0.66})$ Si_8O_{20} $(OH)_{12}$ H_2O $Na_{1.0}$
$(Al_{3.0}$ $Mg_{1.0})$ Si8O20 $(OH)_4$ .n H_2O

وبذلك تكون الشحنة الكلية لمعدن المونتموريلونايت بين 90 مليمكافئ / 100 غرام.

4) يمكن تميز هذه المعادن بالأشعة السينية كالأتي : المعادن منخفضة الشحنة (اقل من 90 ملي مكافئ/ 100 غرام) ولا تتضاغط بمعاملتها بالبوتاسيوم وتستمر على بعدها البلوري المتمدد وهو 18 انجستروم في الحالة المشبعة بالكليسرول. أما المعادن المرتفعة الشحنة (90 _ 140ملي مكافئ/100 غرام) فيتضاغط بعدها البلوري إلى 14 انجستروم بدلا من 18 انجستروم(عند معاملتها بالكيسرول) بعد معاملتها بالبوتاسيوم.

5) تنتفخ معادن المونتموريلونايت في الماء وتمتص اربعة طبقات من جزيئات الماء او اكثر.

فيما يلي تخطيط الشحنات الذي يبين ترتيب وحدات بناء معدن المونتموريلونايت:

$2(OH^-)$	2−
$2Si^{4+}$	8+
$6O^{--}$	12−
$2Si^{4+}$	8+
$2O^{--}+4(OH^-)$	8−
$4Al^{3+}$	12+
$2O^{--}+4(OH^-)$	8−
$2Si^{4+}$	8+
$6O^{--}$	12−

$2Si^{4+}$ 8+

$2(OH^-)$ 2−

(جزيئات ماء بين الطبقات $n\ H_2O$)

$(44^+ \quad 44^-) \quad \Sigma = 0$

6) لا تثبت هذه المعادن البوتاسيوم او الألمنيوم لانخفاض شحنتها وكذلك لان مصدر شحنتها في طبقة الاوكتاهيدرا إي إن الشحنة مصدرها بعيد عن السطح.

General Montmorillonite Information

Chemical ıula: **(Na,Ca)0,3(Al,Mg)2Si4O10(OH)2 ·n(H2O)**

Composition:Molecular Weight = 549.07 gm

Sodium	**0.84 %**	**Na**	**1.13 %**	**Na_2O**
Calcium	**0.73 %**	**Ca**	**1.02 %**	**CaO**
Aluminum	**9.83 %**	**Al**	**18.57 %**	**Al_2O_3**
Silicon	**20.46 %**	**Si**	**43.77 %**	**SiO_2**
Hydrogen	**4.04 %**	**H**	**36.09 %**	**H_2O**
Oxygen	**64.11 %**	**O**		

ب) معادن المايكا المتادرته

لا تعتبر المايكا من معادن الطين ولكن المايكا المتادرته من معادن الطين وان تركيبها نفس تركيب معدن طين المونتمورلانيت الا انه في طبقة التتراهيدرا يحل الألمنيوم محل السليكون ويتم معادلة الشحنة بايون البوتاسيوم.

تتميز معادن المايكا المتادرته بما يلي :

1) يوجد نوعان من المايكا المتادرته من ناحية التركيب البنائي و مايكا ثنائية الاوكتاهيدرا مثل معدن الموسكوفايت Muscovite وتسمى بالمايكا البيضاء حيث يحل ايون الألمنيوم او الحديد الثلاثي ثلثي المواقع ومايكا ثلاثية الاوكتاهيدرا مثل معدن البايوتايت Biotite الذي تحتل ايونات المغنيسيوم او الحديد الثنائي جميع المواقع في وحدة الاوكتاهيدرا وتسمى بالمايكا السوداء.

2) يوجد إحلال متماثل في طبقة السيليكا تتراهيدرا. وتشكل نسبه إحلال الألمنيوم محل السيلكون 1/6 إي إن نقص الشحنة يكون 1.4 في حين تكون نسبة الإحلال في المايكا بمقدار 1/4 إي بنسبه اكبر وان نقص الشحنة بمقدار 2.

3) تحتوي معادن المايكا المتادرته على بوتاسيوم والذي يمكن أن يتبادل مع الكالسيوم والمغنيسيوم او الهيدروجين بين الطبقات. أن محتوي المايكا من البوتاسيوم يتراوح بين 10−12% في حين يقل في المايكا المتادرته إلى 6−7% فقط.

4) يمكن تميز معادن المايكا عن غيرها من السيليكات الصفائحية بالبعد البلوري الثابت 10 انجستروم.

يمكن تلخيص أهم الفرو قات بين المايكا المتادرته ومعدن طين المونتمورلانيت بما يلي:

1- نقص الشحنة في المايكا المتادرته هي 1.4 لكل وحدة خلية إما في المونتمولارنيت فهي 0.66 لكل وحدة خليه.

2- موقع الشحنة في المايكا المتادرته هي التتراهيدر لذلك فإنها قريبه من السطح في حين تكون في طبقة الاوكتاهيدرا في معدن طين المونتمورلانيت.

3- ايون الاتزان في المايكا المتادرته هو البوتاسيوم في حين يكون الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والهيدروجين هي ايونات الاتزان في معدن طين المونتمورلانيت.

4- طبقات المايكا المتادرته ثابتة لذلك لا يدخل الماء بينها على العكس من ذلك في معدن طين المونتمورلانيت.

5- ايون البوتاسيوم في المايكا المتادرته وهو ايون البوتاسيوم لا يمكن الإحلال محله في حين يمكن الإحلال او التبادل محل الايونات ألداخله في معدن طين المونتمورلانيت.

ج) معادن الفيرميكولايت Vermiculite minerals .

مصادر الشحنات على معادن الطين :

أولا: الإحلال المتماثل Isomorphous Substitution

تعريف الإحلال المتماثل Isomrphous Substitution هو دخول كاتيون محل أخر داخل التركيب الشبكي البلوري للمعدن بحيث يكون مساوياً في نصف القطر الأيوني ولا يشترط مساواته في التكافؤ .

الإحلال المتماثل هو إحلال ايون محل اخر في البلوره بدون ان يحدث تغير جوهري في البلوره ويجب ان يكون حجم الايون الذي يقوم بالاحلا مقاربا او مساويا لحجم الايون الاصلي (المستبدل او المزاح) والاختلاف في الحجم في العاده يترواح بين 0 . 25 % ويتوقف ذلك عاده على درجه الحراره والضغط والظروف التي يحدث تحتها التبلور. كما يجب ان يبقى التوازن الكهربائي في ألبلوره محافظا عليه وكمثل للإحلال المتماثل في المعادن إحلال المغنيسوم محل الحديد في وحده الاوكتاهيدرا

$$Mg^{+2} \longrightarrow Fe^{+2}$$

وهناك حالات يحل فيها ايون اقل في التكافؤ من الايون الاصلي وفي هذه الحاله لابد ان تدخل ايونات أخرى في الفراغات التي قد توجد في البلوره في الامثله الاتيه التي تحدث في معادن الفلدسبارات Feldspars.

$$Al^{+3} + Na^{+1} \longrightarrow Si^{+4}$$
$$2Al^{+3} + Ca^{+2} \longrightarrow 2Si^{+4}$$
$$Al^{+3} + K^{+1} \longrightarrow Si^{+4}$$

ويمكن أيضا إن يحل ايون اكبر في التكافؤ من الايون الأصلي وفي هذه الحالة يحدث توازن داخلي في التركيب.

قواعد Goldschmidt للإحلال المتماثل

1- إذا كان لايونين شحنه اليكتروستاتيكيه واحده ولهما إنصاف أقطار متماثلة بحيث يمكن أن يشغلا نفس الموقع في بلورة معينه فان الايون ذو نصف القطر الأصغر يمكنه إن يدخل للتركيب البلوري بدل الايون الأكبر حجما.

2- إذا كانت الايونات متماثلة في الحجم ومختلفة في الشحنة فان الايون ذو الشحنة الأكبر يدخل ألبلوره بدل الايون الأقل في الشحنة.

ثانياً :- الروابط المكسورة (غير المشبعة) Broken bonds

يتكسر المعدن إلى حبيبات صغيرة وعندها نجد أن الروابط الموجودة على حواف المعدن تصبح غير مشبعة أي تصبح غير متوازنة ، وبالتالي فإنه تتم موازنتها عن طريق امتزازكاتيونات من المحلول الخارجي وتميل هذه الروابط غير المشبعة إلى التواجد عند الجوانب والحواف أي السطوح التي لا يحدث عندها الانفصام . أي إنها تتواجد على المستويات الرأسية للمحور البلوري.

ويزداد عدد الروابط المكسورة وبالتالي السعة التبادليه الناشئة عنها عن طريق الطحن وصغر حجم حبيبات المعدن إضافة إلى التشوهات التي تحدث في الشبكة البنائية لمعدن الطين . وتعتبر الروابط المكسورة في معادن الكاؤليرايت والهالوسيت المصدر الأساسي للسعة التبادلية الكاتيونية لهذه المعادن ، وتزداد الشحنات أو تنقص حسب درجة pH الوسط ، حيث تزداد الشحنات السالبة وتنخفض الشحنات الموجبة في الوسط القلوى كنتيجة لزيادة تأين المجاميع الحامضية ونقص اكتساب البروتونات ( ) إلى المجاميع القاعدية ، وفي حالة انخفاض رقم (pH) فإن الشحنة تسلك عكس هذا المسلك أى زيادة الشحنة الموجبة ونقص الأخرى السالبة ، لهذا يطلق على مثل هذه الشحنات اسم الشحنات المتوقفة على رقم (pH) أو pH-depended وهناك مصادر أخرى للشحنة على أسطح معادن الطين ، ولكن مساهمتها تعتبر قليلة جدا بالمقارنة بالمصادر السابق عرضها، مثل العيوب البلورية التي تنتج من غياب أيون من موقعه داخل البناء الذري.

إما عن طبيعة الأواصر المكسورة فان معظم الأبحاث تشير إلى إن مجاميع الهايدروكسيليه المتصلة بذرات السيلكون والألمنيوم قي وحدات البناء المكسورة تتأين تاركه شحنه سالبه على حافة المعدن كما في المعادلة التالية:

$$Si^{-}OH + H_2O \rightleftharpoons SiO^{-} + H_3O^{+} \qquad Al^{-}$$
$$OH + H_2O \rightleftharpoons Al^{-}O^{-} + H_3O^{+}$$

وهذه المجاميع يمكن إن تتفاعل كقواعد عن طريق اكتساب بروتونات وبالتالي تكتسب شحنه موجبه.هذه الشحنات تزداد أو تنقص حسب درجه تفاعل الوسط فمثلا تزداد الشحنات السالبه في الوسط القلوي كنتيجة لزيادة تأين المجاميع الهيدروكسيليه وتقص اكتساب البروتونات **(H^+)**إلى المجاميع القاعدية في المحلول الخارجي. وبالمثل فان الشحنة تسلك عكس هذا المسلك **في** حاله انخفاض رقم الـ PH. لهذا يطلق على مثل هذه الشحنات اسم (الشحنات المعتمدة على قيمه الـ pH) pH . dependent charge .

ثالثا: العيوب البلوريه Crystal defects

يحدث في كثير من الأحيان ان لا تكون الظروف مناسبة ولا الزمن كافيا لحدوث التبلور المثالي للبلورات. وينشأ عن ذلك وجود فراغات في ألبلوره ترجع إلى نقص عدد الايونات ألسالبه أو ألموجبه. فإذا كان النقص في عدد الايونات ألموجبه اكبر من النقص في عدد الايونات ألسالبه المكونة للبلورة أدى ذلك إلى اكتساب جسم ألبلوره شحنات سالبه. وتتعادل هذه الشحنات عن طريق جذب ايونات خارجية إلى ألبلوره. وهذه ألطريقه يمكن إن تؤدي إلى اكتساب البلورات شحنات موجبه أيضا أن توفرت الظروف المناسبة لذلك.ويخدر

الإشارة هنا إلى إن هذا المصدر ذو أهميه قليله في تحديد شحنه معادن الطين بصفه عامه. **((طرق تشخيص معادن الطين))**

من أهم الطرق المستخدمة في التحليل المعدني للطين هي:

1- الأشعة السينية المنكسرة X rays diffraction 2- التحليل الكيميائي الكلي 3- التحليل الحراري Thermal analysis 4- الأشعة تحت الحمراء 5- الميكروسكوب الاليكتروني

6- تقدير السعة التبادلية الكاتيونية.

أهم الصفات الكيميائية والفيزيائية لأهم محتوها في معادن الطين وكذلك الظروف البيئية التى يتواجد فيها المعدن في الجدول التالي.

	المنتمورلينايت Ionotomorillonite	المايكا المتادرت Iydro Micas	الفيرميكوليت Vermiculite	الكلوريت Chlorite	الكاؤلينيت Kaolinite
سمك الشبكة البنا	18 – 9،6 حسب حالة الـ (متوسط 14)	10	14،3	14	7،15
النوع	1:2	1:2	1:2	2:2	1:1
السعة التبادلية الكات ملليمكافئ/100جم	80 – 120	10 – 40	150 – 100	40 – 10	15 – 5
السطح النوعي (متر	800 كبير	100	450 – 250	40	10 – 5

نوع الروابط بين الوح	روابط أوكسجين ضعيفة (O)	وجود البوتاسيوم ي على قوة ربط الوحدات	روابط الأوكسجين ض وجود المنغنسيوم المتادر	روابط هيدروجينة روا ستاتيكية لوجود طبقة البرو	روابط هيدروجي
خاصية الانتفاخ	ينتفخ كثيرا	لا ينتفخ	محدود الانتفاخ	لا ينتفخ	لا ينتفخ
مكان الإحلال المتو	في طبقة الاوكتاهيدرا	في طبقة التتراهي	في طبقة التتراهيدرا طبقة البروسيت	لا يوجد	10 – 5
بناء التربة الذي يس	الكتلي الزاوي والعمود المنش	المحبب والطبقي	المحبب والكتلي	المحبب والكتلي	الطبقي
البيئة التي يتكون ف المعدن	ترب المناطق الجافة الى ا ذات الغسيل المحدود	ترب المناطق نص ة الى الباردة مادة الأ غنية بالم ايكا	ترب المناطق نصف الرطبة والغنية بالميكات	في الطين السابق تكوين الرواسب البحرية	الرطوبة المعتدلة ارة تحت الرطوبة ذا الغسيل الشديد

محاضره5 كيمياء التربه د . اكرم عبد اللطيف الحديثي

المادة العضوية في التربة Soil Organic Matter

لقد سبق الاشارة الى ان الطور الصلب من نظام التربة يتكون من شقين احداهما معدني والذي ينتج من تحلل وتفتت الصخور والمعادن . والاخر عضوي وهو ما يطلق عليه بالمادة العضوية. ويمكن تعريف المادة العضوية بانها عبارة عن خليط من المواد المتبقية من الكائنات الحية نباتية كانت ام حيوانية والكائنات الحية الدقيقة الاخرى التي نتجت خلال عمليات تحلل decomposition اخذت فترة طويلة من الزمن. وتتركب المادة العضوية من عدد من العناصر الغذائية اهمها الكاربون والهايدروجين والاوكسجين والناتروجين والكبريت والفسفور وغيرها من العناصر المعدنية .فلذا فان من فوائد تحلل المادة العضوية هو انطلاق العناصر المعدنية السابقة الذكر لتكون مصدرا غذائيا للنبات النامي واحياء التربة . وقد لا يكون من الضروري التمييز بين البقايا غير المتحللة نسبيا او البقايا التي في مراحل متقدمة من التحلل الا ان اصطلاح الدبال humus عادة ما يطلق على الحالة الاخيرة. اي انه الجزء من المادة العضوية الذي بلغ درجة كبيرة من التحلل ووصل الى حالة اتزان تقريبا مع البيئة المحيطة. وتختلف الترب في محتوياتها من المواد العضوية .فالترب المعروفة باسم peat هي الترب التي تحتوي على 50 . 90% مواد عضوية بينما لا يتجاوز محتوى معظم الترب العراقية 2% كما سيوضح ذلك لاحقا.

مصادر المادة العضوية

1) بقايا المحاصيل الزراعية من جذور وسيقان وأوراق . ولما كان وزن الجذور وقد يبلغ 1/3 وزن النبات الكلي فلذا فان مقدار الجذور المتبقية في التربة بعد إي محصول قد تصل حوالي 4 طن او أكثر لكل دونم ا. وهذه البقايا تتحلل ببطيء ويمكن إسراع عملية التحلل بإضافة مصدر للنيتروجين يكفي لفعالية الإحياء الدقيقة المحللة حيث ينتج عن التحلل تجزئة المواد الأصلية المكونة لبقايا النبات.

2) محاصيل السماد الأخضر التي تزرع لغرض حرثها في التربة وهي خضراء .وهذه المحاصيل في الغالب محاصيل بقولية مثل البرسيم وتعتبر مصدر للمادة العضوية نظرا لتحللها السريع واحتوائها على نسبة عالية من المركبات النايتروجينية.

3) الأسمدة العضوية التي تضاف الى التربة مثل السماد الحيواني. الدم المجفف وبقايا الأسماك.

4) الأسمدة العضوية الصناعية _ وهي الأسمدة التي تصنع من مخلفات المحاصيل مثل القش ومخلفات الذرة والحشائش وغيرها وذلك بإضافة سماد نايتروجيني وفوسفاتي الى هذه البقايا ووضعها في هيئة أكوام كبيرة وإضافة الماء اليها. والوقت اللازم للحصول على سماد عضوي متحلل بهذه الطريقة يتوقف على درجة الحرارة والرطوبة والتهوية ونوع المواد المستخدمة.

5) الخلايا الميتة للكائنات الحية للكائنات الحية الدقيقة والراقية. وبجدر الاشارة هنا الى أن بقايا الكائنات الدقيقة يحتوي على جزء كبير من النايتروجين المادة العضوية.

6) المخصبات العضوية مثل اليوريا

التركيب العام للمواد العضويه

يمكن تقسيم المواد العضوية وفقا للتركيب الكيماوي الى:

أ) مواد عضويه لا تحتوي على عنصر النيتروجين

اولأ: الكاربوهيدرات Carbohydrates

وهي تحتوي على الكربون والأوكسجين والهيدروجين. ويوجد الأوكسجين والهيدروجين فيها بنسبه وجودهما في الماء وتشمل مايلي:.

أ) السكريات الاحاديه monosaccharide والسكريات التالية أمثله شائعة في التربة:

كلوكوز glucose ، كالاكتوز galactose ، مانوز mannose

رامينوز Rhamnose ، حامض كلوكويورونيك glucuronic acid وغيرها

ب) السكريات الثنائيه مثل السكروز والمالتوز

ج) السكريات الثلاثية مثل الرافينوز

د) السكريات المتعددة مثل polysaccharides مثل:

1. النشاء Starch

2.السيلولوز Cellulose والهيموسيلولوز hemicelluloses

3.البكتين pectin والصموغ_ وهي التي تتكون بعد التحلل المائي للسكريات البسيطة وأحماض اليورونيك uronic acids.

ثانيا: اللكنين

وعادة يوجد متحدا مع السيلولوز والهيموسيلولوز في صورة مركبات تعرف باللكنوسيلولوز وهو يتكون من الكاربون، الاوكسجين والهيدروجين.

ثالثا: الأحماض العضوية(وأملاحها)

مثل حامض الخليك واللاكتيك والبيوتاريك والاكساليك والستريك وغيرها وأملاحها مثل اكسلات الكالسيوم وستراتها مثل خلات الايثايل وجميعها تحتوي على الكربون والأوكسجين والهيدروجين.

رابعا:الدهون والزيوت

وجميعها تحتوي على الكاربون والاوكسجين والهايدروجين وهي عبارة عن سترات الاحماض الدهنية والكليسرول او الكحولات العالية

ب) المركبات العضوية النايتروجينية

وتتكون من كاربون والهايدروجين والاوكسجين والنايتروجين الموجود في بعض المركبات وتشمل :

1) البروتينات والبروتينات النووية Portions And Nucleoproteins .

2)عديد الببتيدات Polypeptides.

3)الاحماض الامينية Amino acids.

4) الامينات Amines.

5) البيورينات Purines.

6) الاحماض النووية Nucleic acids.

وغير ذلك من المركبات العضوية الاخرى التي توجد في انسجة النباتات والحيوانات مثل الكلوكوسيدات والاصباغ مثل الكلورفيل .

تحلل المواد العضوية

تضاف المواد العضوية الى التربة اما طبيعيا مثل جذور النباتات المتبقية بعد حصاد المحصول او صناعيا مثل الاسمدة العضوية التي تضاف الى التربة عن قصد.وتتحلل هذة المركبات المختلفة في التربة اذا كانت ظروف ملائمة لنمو ونشاط الاحياء الدقيقة وخاصة من حيث الرطوبة والحرارة والتهوية حيث تقوم هذة الميكروبات سواء كانت بكتيريا او فطر او اكتينومايسيت بتحلل المركبات البسيطة مثل السكريات والنشأ والاحماض العضوية والاحماض الامينية واليوريا اولا ثم يتبع ذلك انحلال المركبات صعبة الانحلال كالبروتينات واللكنين. وينتج عن انحلال المواد العضوية في التربة تجزئة كثير من العناصر الداخلة في تركيبها مثل كاربون والنايتروجين والفسفور والكبريت والبوتاسيوم والحديد وغيرها من العناصر الضرورية في صورة صالحة لاستعمال النباتات النامية.

وسنتناول فيما يلي التغيرات الاساسية التي تحدثها ميكروبات التربة اثناء تحلل كل من المركبات غير النايتروجينية والمركبات العضوية النايتروجينية كل على حدا.

أولا: تحلل المركبات العضوية غير النايترجينية

تنقسم المركبات العضوية غير النايتروجينية حسب سرعة تحللها الى قسمين:

1)مركبات سريعة التحلل مثل السكريات والنشا والسيللوز والهيموسيللوز وهي تكثر في النباتات الطرية او الحديثة.

2) المركبات بطيئة التحلل ومثلها الكلينين والدهون والاصماغ وهذه تكثر في النباتات المسنة.

ويتضمن تحلل المواد العضوية غير النايتروجينية **أولا تحلل مائي hydrolysis** ويتم ذلك بواسطة ميكروبات التربة سواء أكانت بكتيريا او فطر او اكتينومايسيت، ويتوقف مقدرة إي نوع من هذه الميكروبات على إحداث تحلل مائي لأحد المركبات المعقدة على إنتاج الإنزيم الخارجي الذي يساعد على إحداث التحلل المائي. وفي الظروف الهوائية فأن الفطر والاكتينومايسيت والبكتيريا الهوائية هي المسئولة غالبا عن التحلل المائي، أما في الظروف غير الهوائية فأن

البكتيريا اللاهوائية والبكتيريا اللاهوائية اختيارا هي التي تنشط في احداث تحلل مائي ونواتج هذا التحلل أكثر بساطة من الناحية الكيميائية وأكثر قابلية للذوبان بالماء من المركبات الأصلية.

والخطوة التالية في تحلل المواد العضوية غير النايتروجينية استعمال نواتج التحلل المائي بواسطة الميكروبات سواء تلك التي قامت بعملية التحلل المائي او غيرها ممن ليست لها القدرة على عملية التحلل كمصدر للكاربون والطاقة اللازمة لنموها . وتختلف النواتج النهائية لانحلال هذة المركبات حسب نوع الميكروبات اذا كانت هوائية او غير هوائية. ففي الظروف الهوائية فأن النواتج النهائية لتحلل المواد العضوية غير النايتروجينية هي ثاني اوكسيد الكاربون والماء، اما في الظروف غير الهوائية فتتكون مركبات وسطية غير كاملة الاكسدة مثل الاحماض العضوية والكحولات والغازات مثل ثاني اوكسيد الكاربون والميثان **وفيما يلي نواتج تحلل المركبات العضوية غير النايتروجينية المختلفة:**

1 – تحلل سيللوز Decomposition of Cellulose

يعتبر السيللوزالمادة الاساسية في تكوين جدار الخلية النباتية فلذا يعتبر تحلله يعتبر الخطوة الاولى في تحلل الانسجة النباتية حتى يمكن للمواد العضوية الاخرى التي توجد داخل الخلية ان تتعرض لفعل الاحياء الدقيقة.ويتركب السيللوز من وحدات الكلوكوز ومرتبطة مع بعضها في سلاسل طويلة ومستقيمة بواسطة B-Iinkage عند ذرة الكاربون رقم 4 ،1 في جزئ السكر. ويتراوح عدد جزيئات السكر في جزئ السيللوز ما بين 1400 الى 10000 جزئ ويختلف بأختلاف نوع النبات. ويوضح الشكل التالي التركيب الكيميائي للسيللوز الذي يتكون من تكاثف وحدات عديدة من الكلوكوز. وتزداد نسبة السيللوز في النباتات الخشبية وتقل في النباتات العصارية. ويبلغ المحتوى السيللوزي حوالي 15% من الوزن الجاف للحشائش والبقوليات ويصل الى حوالي 50% في النباتات الخشبية. ويبلغ المتوسط حوالي من 15_40% في معظم المحاصيل. ويعتبر السيللوز من الكاربوهيدرات الشديدة المقاومة للتحلل بواسطة الاحياء الدقيقة التي لها القدرة على افراز انزيم السيلوليز الذي يحلل السيللوز الى سكر السيلوبيوز Cellobiose الذي يتحول الى الكلوكوز بواسطة انزيم السيلوبييز

السيلولوز ←— سيلوبيوز ←— كلوكوز ←— ماء + ثاني اوكسيد الكاربون + مكونات في اجسام الاحياء الدقيقة.

وتقوم انواع من البكتيريا بعضها هوائية والبعض الاخر غير هوائية وبعض انواع من الفطريات والاكتينومايسيت بتحليل السيلولوز، وهذه الإحياء الدقيقة تقوم بأكسدة السيلولوز أكسدة كاملة الى ثاني اوكسيد الكربون وماء. وفي الظروف اللاهوائية تقوم البكتيريا غير الهوائية بتحليل السيلولوز مكونة ثاني اوكسيد الكاربون وميثان مع أحماض عضوية وكحولات واغلب هذة الاحماض والكحولات سامة للنبات. وان تكوين الاحماض العضوية (مثل حامض الخليك CH_3COOH)

في الترب الكلسية يؤدي الى تحطيم كمية من المادة الكلسية وانتاج مزيد من ايونات الكالسيوم والبيكاربونات.

2) تحلل الهيموسيلولوز Decomposition of Hemicelluloses

تتكون مركبات الهيموسيلولوزية من تجمع سكريات خماسية Sugar-pentose C_5 او السكريات سداسية الكاربون Sugar-hexose C_6 او من سكريات حامضية تعرف بأسم Uronic acids وهي توجد بكثرة في انسجة النباتات وفي خلايا الاحياء الدقيقة. وتتحلل المواد الهيموسيلولوزية مائيا بواسطة انزيمات تفرزها كثير من انواع الاحياء الدقيقة وناتج الانحلال المائي يتكون من سكريات خماسية او سداسية الكاربون او سكريات حامضية. ومعدل تحلل الهيموسيلولوز في التربة في الايام الاولى من التحلل اسرع من السيلولوز كنتيجة لعدم تجانس تركيبه

3) **تحلل النشأ Decomposition of Starch**

يتكون جزئي النشأ من 250–300 جزئي من السكر الكلوكوز مرتبطة مع بعضها بواسطة 1 ⟶ 4 glycoside bonding

في السلسلة الرئيسية، الا ان هنالك سلاسل جانبية مرتبطة بواسطة 1 ⟶ 6 glucosidic linkage

ويعتبر النشا مخزن الكاربوهيدرات في النبات ويوجد بكميات كبيرة في الاوراق نتيجة لعملية التركيب الضوئي. التحلل البايلوجي للنشا سريع جدا بالمقارنة بالسيلولوز والهيموسيلولوز، حيث تقوم انواع كثيرة من البكتريا والفطر والاكتينومايسيتات المنتشرة في التربة وعلى بقايا النباتات بعملية التحلل. وقد يتحلل النشا تحللا مائيا الى سكر ثنائي (مالتوز) الذي يتحلل ايضا الى سكر الكلوكوز

نشا + ماء ← انزيم اميليز ← مالتوز + ماء ← انزيم مالتيز ← كلوكوز ← ماء + ثاني اوكيد الكاربون + مكونات في اجسام الاحياء المحلله

وفي حالة غياب الاوكسجين فان حالة التخمر Fermentation تحدث مؤدية الى انطلاق احماض اللاكتيك والخليك والبيوتريك. وتتم عملية التحلل بسرعة وبمعدل معقول في الظروف اللاهوائية تماما.

4) تحلل البكتين Decomposition of Pectin

يوجد البكتين بكثرة في النباتات وهي المادة التي تعمل على تماسك الخلايا بعضها ببعض ويوجد البكتين في صورة بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم في الصفيحة الوسطى middle lamella الموجودة بين الخلايا النباتية. ويتحلل البكتين بسهولة مائيا بواسطة عدد من الميكروبات الى سكريات بسيطة مثل كالكتوز و galacturonic ويعتبر انحلال البكتين من العمليات الهامة في التحلل المادة العضوية.

6) **تحلل الكيتين Decomposition of Chitin**

يعتبر الكيتين من اكثر السكريات المعتمدة شيوعا والذي يحتوي في تركيبه مع وحدة السكريات الامينية amino sugar يتكون الكيتين من سلاسل طويلة من وحدات N_acetyl glucose amine . وهو مكون بنائي يعطي القوة الميكانيكية للاحياء الداخل في تركيبها. والكيتين عديم الذوبان في الماء والمذيبات العضوية والقلوية المركزة او الاحماض المعدنية المخففة ولكن يمكن ان يذوب ويتحلل اما بفعل الانزيمات او بواسطة الاحماض المركزة.
ومصدر الكيتين في التربة هو بقايا الحشرات التي تقضي جزءا من او كل دورة حياتها في التربة وكذلك ينشا من انسجة الفطريات التي يكون الكيتين جزا كبيرا من تركيبها. ويتحلل الكيتين كما يلي:

الكيتين $\xleftarrow{\text{انزيم الكيتنيز}}$ سكريات امينيه ذائبه بالماء $\longrightarrow$ NH_4 + في اجسام الاحياء + $H_2O + CO_2$

7) تحلل اللكنين Decomposition of Lignin

يوجد اللكنين في النبات بالطبقات الثانويه والى حد ما في الصفيحه الوسطى. يختلف النبات في تركيبه وخواصه من نبات الى اخر وحتى في نفس النبات تبعا لعمره ومن ثم فانه ليس هنالك تركيب واحد لهذا الماده. ويقاوم فعل التحليل بواسطة الاحماض وهي خاصيه كيميائيه مهمه للكنين. يحتوي اللكنين على ثلاثة عناصر فقط هي الكاربون والاوكسجين والهيدروجين الا ان تركيبها حلقي aromatic وليس كما في السيلولوز وهو غني بالكاربون وفقير بالاوكسجين. يتحلل اللكنين بصعوبه بواسطة بعض الفطريات والاكتينوماسيتس الا ان معدل تحلله اقل من السيليلوز. وحصيلة التحلل زيادة عدد المجاميع الكاربوكسيلية (COOH--) .

تحلل المواد العضويه النيتروجينية

تحتوي المواد العضوية على أنواع مختلفة من المواد البروتينية وتختلف نسبة البروتين في المواد العضوية باختلاف مصادرها فتبلغ نسبته في مخلفات الحيوان بين 30–60% بينما تحتوي النباتات البقولية على 15–20% . وتنقسم المواد العضوية النيتروجينيه الى:

ا) مركبات عضويه نيتلروجينيه بروتينيه

تتحلل هذه المركبات سواء كانت من أصل نباتي او أصل حيواني بفعل إحياء التربة الدقيقة سواء كانت بكتريا او فطر او اكتينوماسيتس وتتوقف قدرة اي نوع من هذه الميكروبات في تحلل هذه المركبات العضوية على قدرتها على إنتاج الإنزيم الخارجي الخاص بعملية التحلل المائي للمادة. والبكتريا الاهوائيه هي المسئولة غالبا عن عمليات التحلل المائي في الظروف غير الهوائية في حين تقوم الفطريات والبكتريا الهوائيه وكذلك بقيه الإحياء الدقيقة.بتحليل المركبات العضوية النيتروجينه في الظروف الهوائيه. ويتم التحلل على خطوات متتاليه تنتهي بانطلاق الامونيا وفيما يلي الخطوات:

1) تحلل البروتينات (تتكون من ارتباط الأحماض الامينية) تحليلا مائيا بواسطة انزيم Proteinase الى مركبات نتروجينية بسيطة تعرف ب Polypeptides . ونظرا لكون المادة العضوية تحتوي على انواع مختلفة من البروتينيات، يجدر هنا الاشارة الى ان لكل نوع منها انزيم خاص يقوم بعملية التحلل.

2) تتحلل الببتيدات تحليلا مائيا بواسطة انزيم خاص يعرف ب Polypeptidases الى احماض امينية Amino acids .

3) الاحماض الامينية الناتجة قد تتحلل بواسطة انزيمات Deaminases وغيرها لتكوين أحماض عضوية وآمونيا. ولكل حامض اميني إنزيم خاص به لا يؤثر على غيره من الأحماض الامينية الأخرى. والتحلل المائي للأحماض الامينية يتم في الظروف الهوائية بواسطة الفطريات والاكتينومايسيتات والبكتريا الهوائية. اما في الظروف غير الهوائية فيحدث بواسطة البكتريا غير الهوائية.

ب) تحلل المركبات العضوية النتروجينية غير البروتينية.

وافضل الامثلة هو اليوريا وتحلل اليوريا مائيا بواسطة انزيم Urease الى ثاني اوكسيد الكربون وغاز الامونيا وفقا للمعادلة التالية:

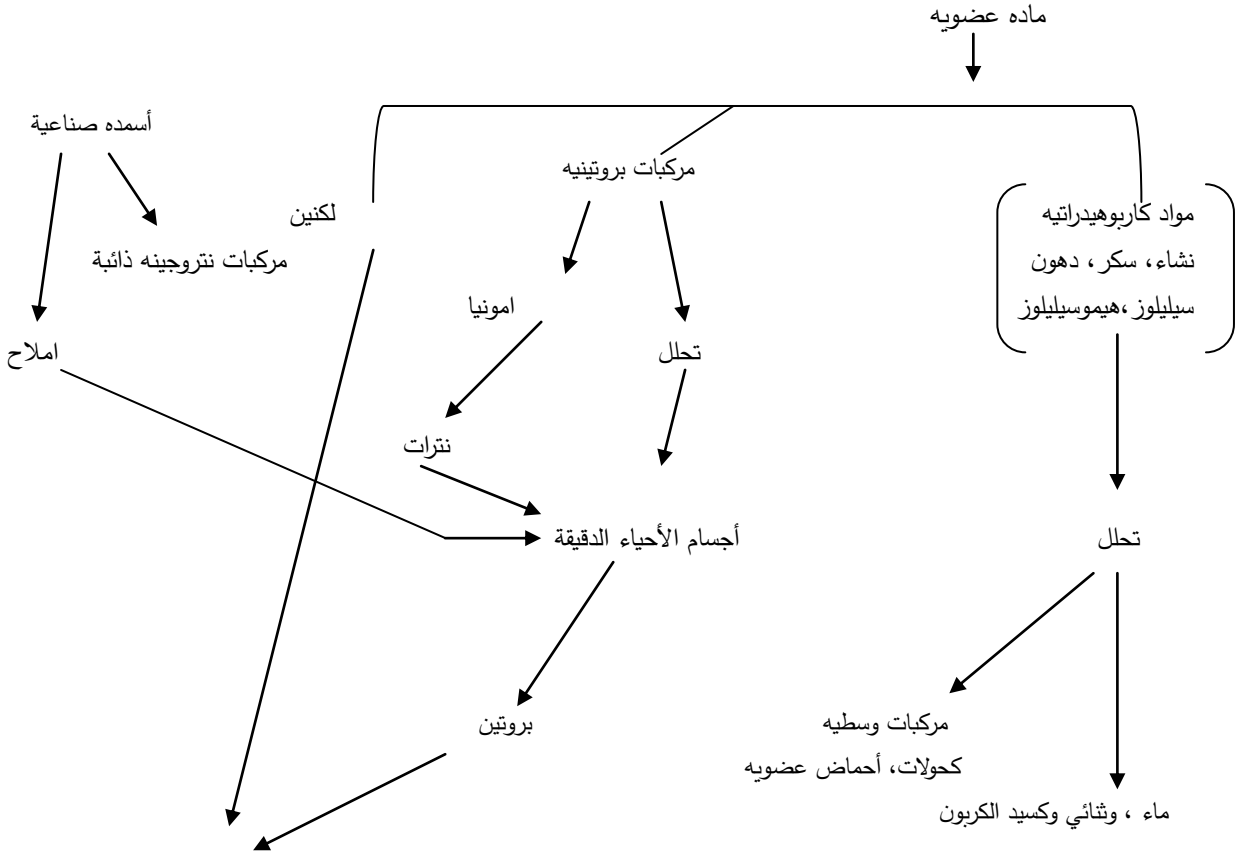
$$CO(NH_2)_2 \xrightarrow{urease+H2O} CO_2 + 2NH_3$$

تكوين الدبال Humus

عند إضافة المواد العضوية إلى التربة تبدأ عملية التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة وتقوم هذه الأحياء بأكسدة وتكسير المركبات البسيطة التركيب الكيميا يئ أولا كالسكريات والأحماض العضوية. بعد ذلك تبدأ في تحليل المركبات الأكثر تعقيدا كالنشا والسيلولوز وهناك مركبات مثل اللكنين والبروتينات المعقدة التركيب لا تتحلل بسهولة ولذلك تميل الى التجمع في التربة. وإثناء انحلال المواد العضوية تنمو الأحياء ويزداد عددها ويصحب ذلك ان يتحول جزء كبير من العناصر الموجودة في المادة العضوية إلى بروتوبلازم خلايا الأحياء الدقيقة.

وعندما يختفي التركيب الأصلي أو الأساس للمواد العضوية الأصلية أو عندما يصعب التعرف عليه وتصبح المادة المتبقية بنية إلى سوداء اللون كما وأنها تكون مقاومة للتحلل نسبيا فان هذه البقايا تسمى بصفة عامة بالدبال humus . والدبال مخلوط معقد من المركبات صعبة الانحلال كالكنين والبروتين متحدا مع القواعد الموجدة في التربة. ويحتوي الدبال على 40_45 % مواد بروتينية وكذلك تحتوي المواد الدبالية على كمية من السكريات المتعددة ومواد أخرى (مثل الاصماغ ، الأحماض النووية) والدبال مادة غنية بالتركيبات الحلقية aromatic rings

والمخطط التالي يبين تكوين الدبال بعد تحلل مكونات المادة العضوية.



ويختلف نوع الدبال وكميته باختلاف التركيب الكيميائي والطبيعي للمواد المتحللة كما يتوقف على نوع التربة وأنواع الأحياء الدقيقة التي توجد فيها وعلى بعض العوامل الأخرى مثل الحرارة والرطوبة والتهوية والحموضة والقلوية.

الخواص الفيزيائية والكيميائية للدبال

ان المادة العضوية عبارة عن مادة معقدة جدا موجودة بالطبيعة وتقسم إلى مجموعتين

1) مركبات غير دبالية Nonhumified compounds

وهي مواد عضوية تشتمل على جميع أنواع المركبات في النباتات والحيوانات وإحياء التربة التي توجد في التربة والتي تحتفظ بخواصها الطبيعية الأصلية وهي المواد التي تعتبر الفريسة السهلة نسبيا لإحياء التربة.

2) مركبات دبالية Humifeid compound

تمتاز هذهالمواد بخواص فيزيائية وكيميائية عديدة أهمها:

1- يعتبر الدبال مخزنا للعناصر الغذائية.

2- للدبال سعة تبادلية كاتونية تبلغ حوالي 300 ملي مكافئ لكل 100 غم إي أكثر بكثير من السعة التبادلية الكاتونية للطين وترجع أسباب ذلك إلى الانحلال والتأين للمجاميع الحامضية التي تدخل في تركيبات المجاميع الفعالة مثل المجاميع الكاربوكسيلية والفينولية حيث يتم هذا التأين عند حدود pH من 4 إلى 7 إما المجاميع الفينولية فتتأين عند حدود pH اكبر من 7 وفقا للمعادلة التالية وهذ هالشحنة يطلق عليها اسم الشحنة المعتمدة على قيمة pH التربة وتسمى pH dependent charge وتتوقف السعة التبادلية للدبال على درجة حموضة وقلوية التربة.

3- له القابلية على خلب Chelating بعض العناصر الغذائية الصغرى وتجعلها بصورة جاهزة للنبات.

4- له مقدرة كبيرة على امتصاص الماء.

5- يعمل على تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة.

6- يزيد من جاهزية بعض العناصر للنبات مثل الفسفور.

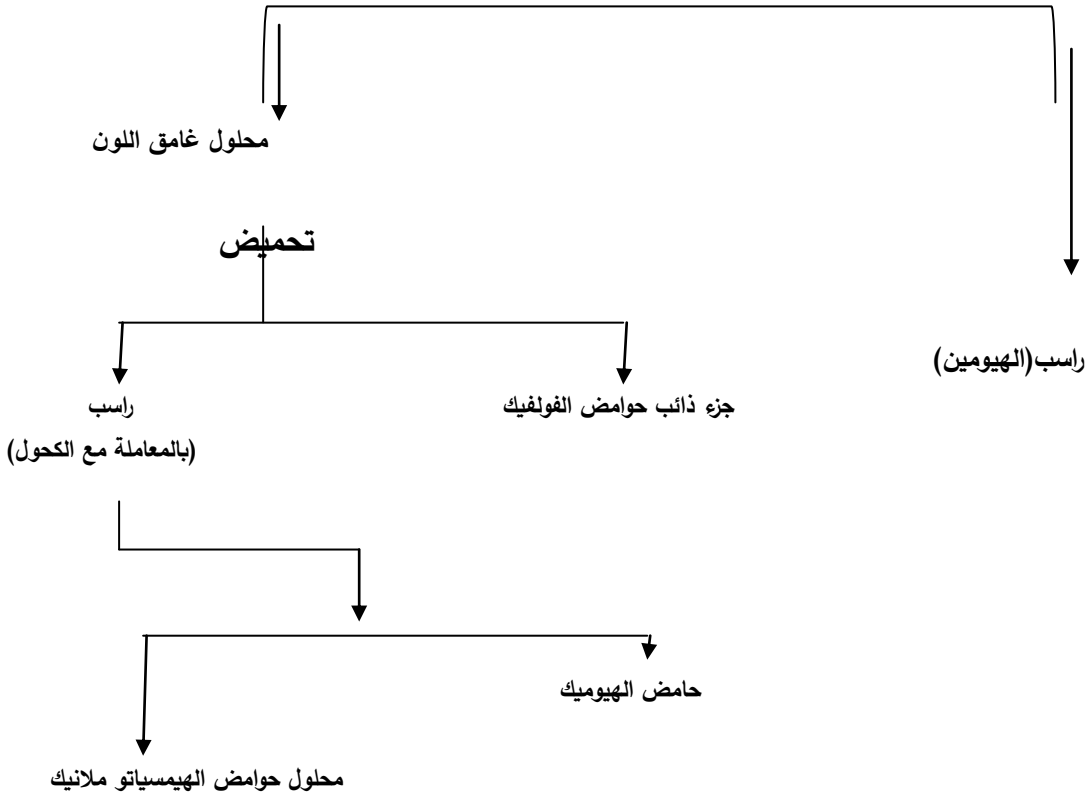
المجاميع الأساسية للمواد الدبالية

يمكن تقسيم المجاميع الأساسية للمواد الدبالية إلى ما يلي اعتمادا على لونها وعلاقتها بالمذيبات إلى ما يلي وحسب **المخطط التالي:**

التربة

|

المعاملة ب 0.1 عياري NaOH



أ) حوامض الهيوميك Humic acids

تتصف هذهالحوامض بالخصائص التالية:

1- لا تمثل من الناحية الكيميائية حوامض محددة كما أنها ليست ذات تركيب ثابت ومحدد وتحتوي في تركيبها الكيميائي على الكربون والهيدروجين والنيتروجين والكبريت والأوكسجين.

2- تحتوي في تركيبها على مجاميع حلقية ومجاميع اليفاتية.

3- الوزن ألجزيئي معقد ويصل إلى 300000 .

4- تحتوي على مجاميع وظيفية أو فعالة وهي عبارة عن السلاسل الجانبية لذرات الكربون المتجمعة ومن هذ هالمجاميع كاربوكسيل والهايدروكسيل الفينولي والميثوكسيل والتي لها القابلية على التبادل مع الايونات الموجبة.

5- لها دور كبير في تحسين بناء التربة.

6- وجود الحوامض الامينية في نواتج التحليل ألحامضي لحامض الهيوميك يشير إلى مشاركة البروتينات في تركيبها .

ب) حوامض الفولفيك Fulvic acids

يطلق على المواد الدبالية ذات اللون الأصفر الخفيف والتي تبقى في المحلول بعد التحميض للمستخلص القاعدي وترسيب حوامض الهيوميك منه اسم حوامض الفولفيك وتتصف هذة الحوامض بالخصائص التالية:

1- يختلف التركيب العنصري لحوامض الفولفيك عن التركيب العنصري لحوامض الهيوميك لكون المجموعة الأولى تحتوي على نسبة اقل من الكاربون والنيتروجين ونسبة اكبر من الهيدروجين والأكسجين.

2- تحتوي حوامض الفولفيك على المجاميع الحلقية والاليفاتية والجزء الحلقي له اقل من حامض الهيوميك وكثرة المجاميع الاليفاتية حيث تحمل المجاميع الاليفاتية الصفات المحبة للماء أما المجاميع الحلقية فتحمل الصفات الكارهة للماء.

3- تحتوي أحماض الفولفيك على مجاميع وظيفية أو فعالة مثل الكاربوكسيل والهايدروكسيل والميثوكسيل.

4- نسبة النيتروجين في حامض الفولفيك اقل منها في حامض الهيوميك.

5- أملاح حوامض الفولفيك مع عناصر المعادن القلوية ذائبة في الماء عند ظروف التربة الاعتيادية أما مع الألمنيوم والحديد فأنها تكون مركبات معقدة ذات حركة كبيرة تترسب في حدود ضيقة فقط من درجات التفاعل وفي هذ هالحالة فأن حركة المركبات المعقدة لحوامض الفولفيك مع اكاسيد الحديد أكثر من حركة مركبات المعقدة مع اكاسيد الألمنيوم وعلى ذلك فأن سبب الغسل الشديد في عملية تكوين ترب البودزول يعود إلى حركة مركباته مع حوامض الفولفيك.

ج) الهيومين Humin

وهو الجزء من المواد الدباليه الذي لا يستخلص من التربة بالمحاليل القاعدية والحامضيه. وهو عبارة عن معقد من المواد الدباليه يتكون من حوامض الهيوميك والفولفيك. حيث تختلف حوامض الهيوميك في الهيومين عن حوامض الهيوميك الاعتيادية بكونها تحتوي نسبه أوطئ من الكربون ونسبه أعلى من الأوكسجين والهيدروجين. هذا الجزء ذو درجه عالية من التجمع

polymerization والتراص مما يعطيها المقاومة الكافية لفعل القواعد. تدخل ضمن هذه المجموعة أيضا الدقائق المتفحمه لذلك فأنها مواد خامله لا تشترك بصو رهـ مباشرة في العمليات التي تجري في التربة.

أما حوامض الهميتاميلانيك فأنها لا تمثل مجموعة مستقلة بحد ذاتها بل أنها الجزء الذائب من حوامض الهيوميك في الكحول وهو اقل فعالية كيميائيا من أحماض الهيوميك والفولفيك.

العوامل المؤثرة في تحلل المادة العضوية:

1 -درجة الحرارة: 2-رطوبة التربة 3- المغذيات4- pH التربة 5- نسجه التربة

تدوير المادة العضوية: الزراعة العضوية في الترب الصحراوية:

غرويات التربة Soil colloids

تعتبر التربه نظام منتشر ويقصد بذلك ان الطور الصلب فيها يتكون من دقائق مختلفة الاحجام تتراوح حجومها بين دقائق الرمل الكبيره (الخشنه) الى الدقائق الغرويه والتي لا تتعدى اقطارها بضع ميكروبات وتختلف هذه الحبيبات ليس في الحجم فقط وانما كذلك في التركيب المعدني والصفات الكيميائية والفيزيائية حيث نلاحظ من الجدول في ادناة التلركيب المعدني لدقائق التربة مساحتها السطحية:

قطر الحبيبة ملم	قطر الحبيبه المفترض ملم	عدد الحبيبات في الغرام الواحد	المساحة السطحية سم^2/غم	المعادن السائدة
0.5−1	**1**	**7.1×10^{2}**	**22.6**	**الكوارتز وفتات مادة الاصل**
0.05−025	**0.1**	**7.1×10^{5}**	**226**	**الكوارتز والفلدسبار**
5..0−0.01	**0.01**	**7.1×10^{8}**	**2260**	**الكوارتز والفلدسبارو المايكا ومعادن طين**
اقل من 0.001	**0.001**	**7.1×10^{11}**	**22600**	**معادن طين**

ان الدقائق الكبيرة ذات القطر 0.5−1 ملم تتكون من الكوارتز وسيادة هذا المعدن في هذه الدقائق مرتبط بمقاومته للتجوية وبصلابته العالية بالمقارنة مع المعادن الاخرى. اما في الدقائق ذات القطر 0.01− 0.005 ملم فبالاضافة الى الكوارتز تدخل معادن اولية اخرى في التركيب مثل الفلدسبار والمايكا اما الدقائق الاصغر (اقل من 0.001 ملم) فتكون المعادن الثانوية هي السائدة في تركيبها المعدني. وطبقا للاختلاف المعدني لهذه الدقائق فان التركيب الكيميائي لها يختلف هو الاخرايضا. حيث يلاحظ انه كلما صغر حجم الدقيقه كلما كانت كمية اوكسيد الكالسيوم فيها اقل. كما يجب الاشارة هنا الى ان الدبال في التربة والنتروجين المرتبط به يتركز في الدقائق عالية الانتشار. على ضوء ذلك نجد ان الدقائق التي تلعب دورا كبيرا في تغذية النبات هي الدقائق العالية الانتشار والتي تتصف بمساحة سطحية كبيره.

أسباب حصول التبادل ألايوني:

اختلاف مية الشحنات السالبة في التربة :

مصادر الشحنة السالبة على سطوح الغرويات

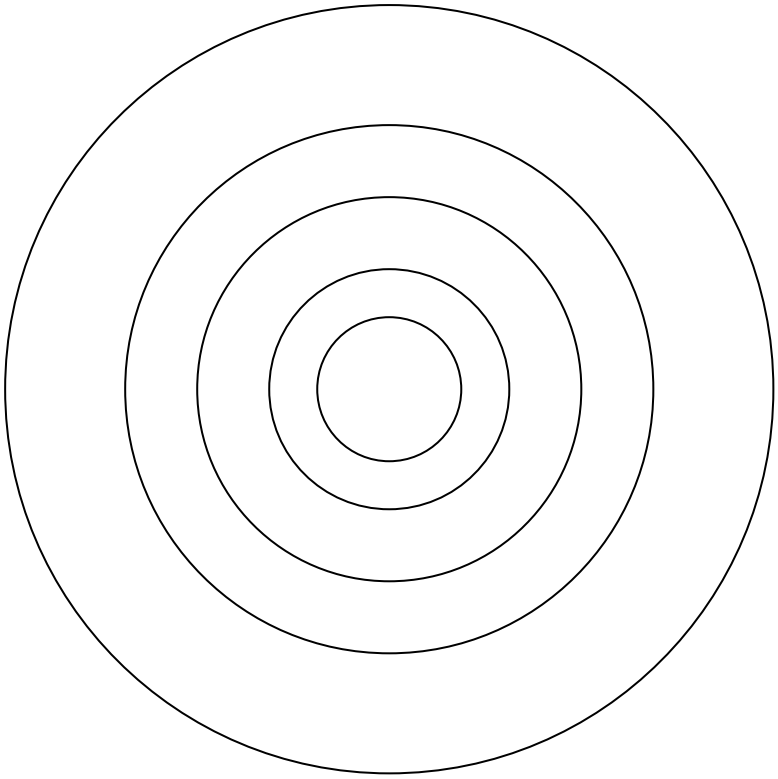
وقد اوضحنا سابقا ان مصدر الشحنه السالبه متعدده وان الاواصر المكسوره الموجوده على حواف المعادن والاحلال المتماثل المصدر الرئيسي للشحنه السالبه بالاضافة الى المصادر الاخرى كتأين المجاميع الهيدروكسيليه والتي تدخل في التركيب البلوري كما ان تأين الهيدروجين في المجاميع الفعاله الداخله في تركيب الماده العضويه تساهم في زيادة الشحنه السالبة على غرويات التربة. زبشكل عام فان الشحنة السالبة تنقسم الى قسمين رئيسيين احداهما يسمى الشحنة الدائمية Permanent charge والاخرى تسمى بالشحنه المعتمدة على pH التربة Soil-pH dependent charge اذ تنشأ الشحنه الدائمة نتيجة الاحلال المتماثل في معادن الطين اما الشحنه المعتمدة على pH التربة فهيه شحنه متغيره وتنشأ نتيجة لتأين مجموعة الهيدروكيل المرتبطة بالسيلكون او تنشا نتيجة تأين المجاميع الهيدروكسيلية والكاربوكسيلية والفينولية الداخلة في تركيب المادة العضوية.

غرويات التربة

يعتبر كراهام Graham 1861 اول من اشار الى النظام الغروي روالحاله الغرويه واطلق عليها تسمية Colloids والصفة المميزه لهذا النظام هو ان النظام الغروي يتكون من دقائق متناهية في الصغر واعتبر حجم الدقائق الداخله في تكوين هذا النظام اكبر من حجم الجزيئات. وتصنف معادن الطين وبعض المعادن الاخرى والدبال كدقائق غرويه. ويطلق على الدقيقة الغروية مع الايونات المتواجدة على سطحها بالمايسيل Micelle الجزء الداخلي منه يسمى النواة والايونات التي تقع على سطح النواة مباشرة تسمى بطبقة الايونات المحدده للجهد Potential determined ions اما الايونات المخالفة بالشحنة لهذه الايونات فتشكل الطبقة الخارجية وتسمى الايونات المشبعة او المعاكسة او الممتزة وتكون معاكسة بالشحنة. اذن نجد على سطح نواة المايسيل طبقتين من الايونات هما:

1- الطبقة الداخلية والملاصقة لسطح النواة ويطلق عليها الايونات المحدده للجهد

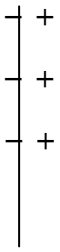
2- الطبقة الاخرى تتكون من طبقة الايونات المعاكسة لشحنة الطبقة السابقة ويطلق عليها عادةا بطبقة الايونات المشبعة او المعاكسة او الممتزة ويطلق على هاتين الطبقتين من الايونات المختلفة بالشحنة بالطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer (EDL)



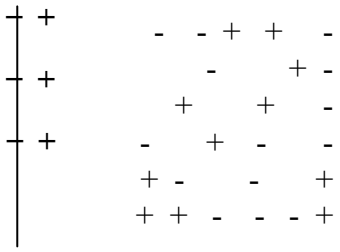
وتمتاز هذه الايونات بان لها قابليه على الانجذاب الى السطح والحركة بحرية خلال الطور السائل تحت تاثير الطاقة الحركية او الحرارية وهذا يعني ان الايونات تسير في اتجاهين هما:

1- انجذابها الى السطح بواسطة المجال الكهربائي (حالة الانجذاب).

2- توزيعها خلال محلول التربة (حالة الانتشار)



حالة انجذاب



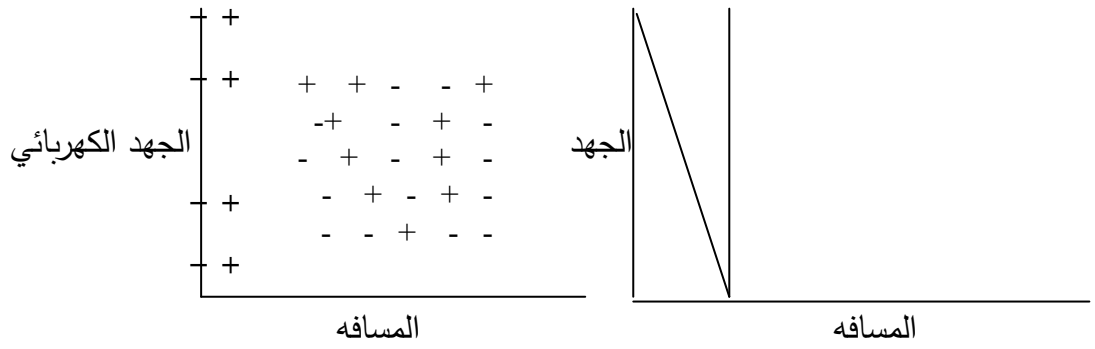
حالة انتشار

اذا لا بد ان تكون هنالك حالة توازن بين الاتجاهين تحددها طبيعة الشحنه السالبة على السطح وخصائص الطور السائل.

توزيع الشحنة والجهد الكهربائي على الطبقه الكهربائيه المزدوجة:

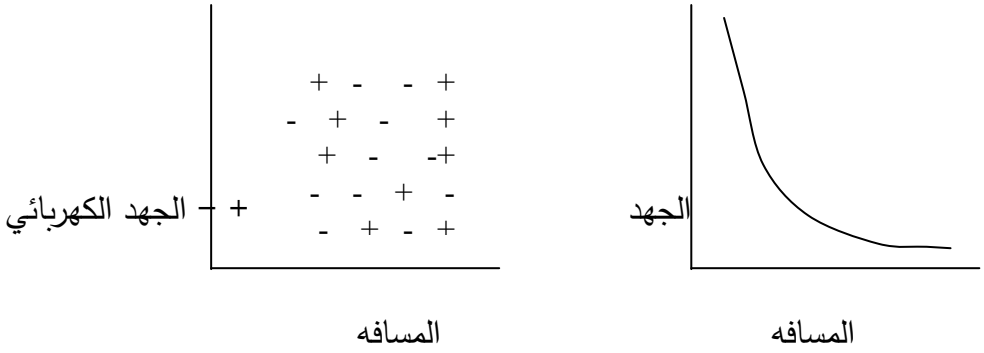
1- نظرية Helmholtez

حسب نظرية Helmholtez ان الطبقة الكهربائية مكونه من طبقة داخلية سالبة واخرى خارجية موجبة الشحنة موازية تقريبا لها وموزعة في خط مستقيم. وعليه فان الجهد الكهربائي Ψ سينخفض كلما اتجهنا بعيدا عن سطح الحبيبة.



2- نظرية Gouy and Chapman

ان كلا النظريتيين متشابهتان وفيهما يكون تركيز الكاتيونات حول سطح الحبيبه مرتفع جدا ثم ينخفض في المحلول البعيد عن السطح ، اي تميل الى الانتشار بعيدا عن السطح نتيجة لهذا الفرق في التركيز ويتناقص الجهد الكهربائي بازدياد المسافة عن سطح الحبيبة.



ان افتراضات نظرية كوي وجابمان تؤكد ما يلي:

ا- سطح الغروية مستوي وممتد الى ما لا نهايه.

ب- تتوزع الشحنه توزيعا منتظما مستمرا.

ج- ان الغروي منغمس في محلول متجانس في ثابت العزل الكهربائي، اي ان قيمة ثابت العزل الكهربائي لاتتاثر بالبعد عن السطح.

د- الايونات المصاحبة والايونات المضادة تعامل على انها نقط من الشحنات Point charge

هـ – ان تركيز الايونات في الطبقة الكهربائية المزدوجة يتبع معادلة Boltzman

توزيع الايونات والجهد الكهربائي

ان توزيع الايونات في الطبقة الكهربائية المزدوجة يتحكم في توزيع Boltzman الذي يحدد القانون التالي:

$$C = C_o \exp(- \triangle E / KT)$$

حيث ان:

C=تركيز الايون في الطبقه الهوائيه المزدوجه

C_o=تركيز الايون في محلول الاتزان

$\triangle E$ = الفرق في طاقه الجهد بين المكانين $\triangle E=E_1-E_2$ الذي يحدد عندهما C ، C_o

K= ثابت بولتزمان Boltzman

T= درجه الحراره المطلقه

وبالنسبه لتوزيع الايونات في الطبقه الكهربائيه يمكن القول بان الاختلاف في طاقه الجهد $\triangle E$ تتحدد اساسا بالطاقه الكهربائيه للايونات في الحقل الكهربائي

$$\triangle E = Ze\Psi$$

حيث ان:

Z= تكافؤ الايون

e= الشحنه الموجوده على الايون

Ψ =الجهد الكهربائي(اي الشغل اللازم لنقل شحنه كهربائيه الى مسافه معينه)

اي ان معادله Boltzman تصبح بعد التعويض

$$C = C_o \exp (- Ze\Psi /KT)$$

*يتوقف سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة على ثلاثة عوامل رئيسية هي :

1- **تركيز المحلول الخارجي**

حيث يقل سمك هذه الطبقة بازدياد تركيز محلول الاتزان بمعنى ان الطبقة الكهربائية المزدوجة تكون منضغطة وسمكها اقل في التركيز المرتفع من التركيز المنخفض.

2- **تكافؤ الايون المضاد**

يقل سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة بزيادة تكافؤ المضاد. والجدول التالي يبين سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة وعلاقة بتركيز وتكافؤ الايون.

التركيز مول\لتر	ايون احادي التكافؤ	ايون ثنائي التكافؤ
0.01	1000	500
1	100	50
100	10	5

3- ثابت العزل الكهربائي

يعرف ثابت العزل الكهربائي بانه مقياس لمدى انفصال الشحنة في جزء المادة وخاصة المواد القطبية. والعلاقة بين ثابت العزل الكهربائي وسمك الطبقةالكهربائية المزدوجة طردية، اي يزداد السمك بازدياد هذا الثابت وينخفض بانخفاضه.

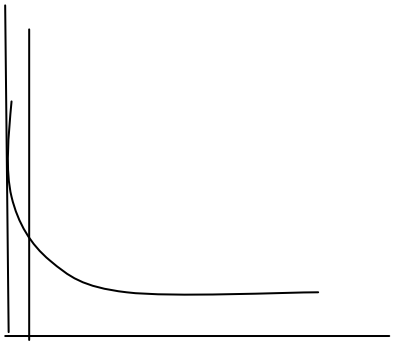
توزيع الجهد والشحنة حسب نظرية Stern

ان من ابرز خصائص النظريات السابقة المفسرة لتوزيع الشحنة والجهد الكهربائي هي عدم اخذها بنظر الاعتبار حجم الايونات المضادة. وعلى هذا الاساس قدم Stern نظرية اخذ بنظر الاعتبار حجم الايون.

تشير هذه النظرية الى ان اقصر مسافة يمكن ان يتواجد عندها الايون من سطح الحبيبة سيحدد بحجم الايون وعلى هذا الاساس يمكن للطبقة الكهربائية المزدوجة ان تنقسم الى قسمين:

الاولى وتشبه المكثف الجزيئي وهي مكونة من الشحنة السطحية ومجموعة من الايونات الاقرب الى السطح.

الثانية هذه الطبقة تشبه فرضية Gouy اي انها طبقة منتشرة ويتناقص الجهد بازدياد المسافة. وتسمى هذه المنطقة بجهد Stern او جهد زيتا Zeta potential والعوامل المؤثره في قيمة جهد زيتا هي نفسها المؤثره في سمك الطبقه المزدوجه. اي ان زيادة التركيز تؤدي الى خفض جهد زيتا كما ان تكافؤ الايون المتواجد في الطبقه الكهربائية المزدوجة يؤثر عكسيا في قيمة جهد زيتا كما ان لحجم الايون تاثير في قيمة جهد زيتا اي اذا تساوت شحنة ايونين فان تاثير الايون في خفض قيمة جهد زيتا يزداد كلما قل حجم الايون المتأدرت.



المسافه

بعض التطبيقات العملية لنظرية الطبقة الكهربائية المزدوجة

1- التداخل بين حبيبات التربة (التجميع Flocculation والتشتت dispersion)

غالبا ما تكون حبيبات غرويات التربة في الظروف الاعتيادية في حالة تجمع على هيئة حبيبات مركبة aggregates كبيرة الحجم وان هذه الحبيبات تترتب الى قاع الاناء الموجودة فيه. كذلك يكون حجم الفراغات او المسام الموجودة بين هذه الحبيبات المركبة اكبر من حجمها عندما تكون حبيبات منفصلة عن بعضها. ولهذه الظاهرة اهمية علمية في الترب الزراعية. إذ أن تكوين مثل هذه الحبيبات المركبة مع كبر حجم المسام بينها يؤدي بالتالي الى سهولة حركة الماء والهواء والجذور في التربة إي أنه يحسن من نفاذية التربة (Soil permeability) .

ان اقتراب الحبيبات من بعضها وتجمعها في حبيبات مركبة يتوقف على محصلة قوى التنافر والتجاذب بين الحبيبات، ولما كانت حبيبات الطين تحمل شحنات كهربائية سالبة في الظروف الاعتيادية، فاننا نجد كمية مكافئه من الايونات الموجبة اي الايونات الحاملة لشحنة مخالفة لشحنة الحقل الكهربائي والتي تبدا كميتها في الازدياد تدريجيا كلما اقتربنا من سطح الحبيبة. كما تبدا الايونات السالبة في التناقص التدريجي يتجه التنافر بين الايونات السالبة والحقل الكهربائي السالب للحبيبات.وعندما تكون الحقول الكهربائيه حول الحبيبات قوية وممتده (قد يصل امتدادها الى مسافة $100A^0$) يحدث تنافر قوي بين الحبيبات فلذا لا توجد فرصه للالتصاق على شكل حبيبه مركبه. اما اذا كان الحقل الكهربائي حول الحبيبه ضعيفا وغير ممتد الى مسافات كبيره فان قوة التنافر بين الحبيبات تكون قليلة ويكون احتمال التصاق الحبيبات عند اقترابها بالمسافة الكافية التي تسمح لقوى التجاذب التي تعمل في المدى القصير والتي تعمل على جذب الحبيبة اي تتغلب قوى المدى القصير على قوى التنافر التي تعمل في المدى البعيد. وتشمل قوى التجمع على قوى ذات طبيعة اليكتروستاتيكية ترتبط بها الشحنات السالبة الموجودة على حبيبة الغروي والشحنات الموجبة على سطح حبيبة اخرى وكذلك قوى فاندرفالس التي تعمل بين ذرات وجزيئات المواد المختلفة. ولما كانت حبيبة الغروية تحتوي كل منها على ملايين الذرات فان فرصة عمل قوى فاندرفالس له تاثير كبير نسبيا كما انه يمتد الى مسافات غير قصيرة وان هذه القوى لا تتاثر بتركيز الاملاح الموجودة في النظام.

وبناءا على ما تقدم فانه كلما قل سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة كلما امكن للحبيبات ان تقترب من بعضها اكثر ومن ثم امكن حدوث التجمع. ولتسهيل عملية التجمع لا بد من استخدام جميع العوامل التي تؤدي الى خفض امتداد وشدة قوة التنافر بين الحبيبات من خلال:

ا- زيادة تركيز الاملاح يخفض شدة امتداد حقل التنافر.

ب- زيادة التكافؤ للايون المضاد يؤدي الى زيادة فرصة التجمع.

لذا فان إضافة الجبس ($CaSO_4$ $2H_20$) كملح يحتوي ايون الكالسيوم الى الترب القلوية (الصودية) الحاوية على كمية عالية من ايون الصوديوم يساهم في تجميع حبيبات الطين في حبيبات مركبة وتتحسن نفاذية التربة وبذلك تستعمل كمادة محسنة لغرض استصلاح الترب الصودية.

2- ظاهرة الانتفاخ Swelling ونظرية الطبقة الكهربائية المزدوجة

عند محاولة الترطيب التدريجي لعينة تربه غنية بمعدن المونتمورولينايت وصولا" الى حالة التوازن مع بخار الماء فان الطين يبدأ بالتمدد نتيجة لقابلية العدن على السماح الى طبقات من جزيئات الماء للدخول بين طبقات المعدن (اربع جزيئات من الماء) وقد يؤدي هذا الامر الى زيادة حجم الطين في هذه المرحلة الى ضعف الحجم الاصلي. اما البالحث Hendricks 1940 فقد لاحظ ان تشبيع معدن المونتمورلينايت بالكالسيوم والمغنيسيوم يرافقه احاطة هذه الايونات بجيئات ماء يؤدي الى زيادة البعد البلوري من 10 الى 15 ^0A . اما ايوني الصوديوم والبوتاسيوم فان سلوكهما سيكون مشابها الى سلوك الكالسيوم والمغنيسيوم تحت ظروف الرطوبة الواطئة ولكن قد لا يسلك البوتاسيوم هذا السلوك عند ظروف الرطوبة العالية وان زيادة الرطوبة قد تؤدي الى زيادة تمدد المعدن عند التشبع بالصوديوم الى اكثر من 0 1^0A اي قد يصل البعد البلوري الى 19 ^0A او اكثر.

ولنوع الايون الموجود بين الطبقات تأثير على سمك المعدن وقابليته على التمدد. اذ ان طبيعة التمدد او الانتفاخ قد تكون بسبب الضغط الذي تسلطه جزيئات الماء لدفع الطبقات عن بعضها. وقد لا تكون طاقة التأدرت مهمة تحت جميع الظروف بل هنالك قوة ناشئه عن تنافر الطبقة الكهربائية المزدوجة للحبيبات حيث ان القوة الازموزية الناتجة عن الايونات الموجبة في طبقة الانتشار للطبقة الكهربائية تسبب حالة التنافر بين شحنات اسطح الغرويات ويقل ضغط انتفاخ الطين Swelling pressure بازدياد المسافة بين الحبيبات. وقد وجد انه في بعض معادن المونتمورولينايت ان مسافة الانتفاخ بين طبقات المعدن وصلت الى 120 ^0A . وتقل هذه المسافة بزيادة تركيز الاملاح الامر الذي يؤكد ان قولى التنافر بين الحبيبات هي قوى تنافر الطبقه الكهربائية المزدوجة.

واجب : اكتب عن تطبيقات التبادل ألايوني في المجالات الزراعية:

1 -معالجة الترب الحامضية والقلوية 2- المساعدة في تقييم خصوبة الترب الكيميائية.

3 -حماية البيئة الزراعية من الملوثات 4- امتزاز الجزيئات.

عرف ما يلي: المحسنات الكيميائية (chemical amendments) ، محسنات التربة (soil conditioners)

تركيب وخصائص محلول التربة Structure and properties of Solution

يحتوي الطور السائل Liquid phase او محلول التربة Soil Solution على ماء التربة والعناصر الذائبة والاملاح المختلفة في قابلية اذابتها .وتعتبر العناصر الغذائية في نظر كثير من الباحثين اهم الصور التي توجد عليها العناصر الغذائية بالتربة واكثر صلاحية للامتصاص من قبل النبات. اذن يمكن اعتبار محلول التربة المصدر الرئيسي المباشر للماء والمواد الغذائية التي يحصل عليها النبات من التربة. وان هذه الصفة تحدد الدور الهام للطور السائل في تغذية النبات .

ان لدراسة تركيب وخصائص محلول التربة اهمية كبيرة في وصف سلوك العناصر الغذائية في التربة. الا ان مثل هذه الدراسات تجابهها صعوبة وهي ان الطور السائل للتربة يتصف بتركيب معقد جدا. كما ان تركيب وتركيز محلول التربة يعتبر محصلة عدد من العمليات البايولوجية والفيزوكيمياوية، تلك العمليات التي تجري في التربة، والتي ترتبط مباشرة بدرجة حرارة ورطوبة وتهوية التربة. هذا بالاضافة وجود حالة التوازن الديناميكي بين الطور السائل ومكونات الاطوار الاخرى (شكل 1) في التربة. ان كل هذه الظروف تجعل محلول التربة في حال تغير وتبدل تتطلب دراسته في حالته الطبيعية. لذلك فان دراسة محلول التربة في لحظة ما لا يمكن ان يعطي فكرة حول تلك التغيرات التي تجري بفعل الظروف المناخية ونمو النبات والعمليات الزراعية (الحراثة والتسميد وغيرها..).

يحتوي محلول التربة في الترب الملحية على تركيزات عالية من العناصر المعدنية بينما يحتوي على تراكيزات منخفضة في ترب المناطق الرطبة وفيما بين ذلك يوجد تدرجات في التركيز والاملاح الموجودة في المحلول تكون عادة صالحة للامتصاص المباشر بواسطة النبات. ويجدر الاشارة الى ان العنصر المغذي الموجود في المحلول التربة هو حصيلة لعملية اتزان مع مصادر مختلفة. وبما ان حالة الاتزان في تغير مستمر تبعا لتغير عوامل عديده اهمها محتوى التربه من الرطوبه. وان محلول التربه هو محلول شبه متزن من الاليكتروليتات الموجوده في التربه تحت الظروف غير المشبعه بالماء. لذا فان هناك ملاحظات مهمه عن تركيب محلول التربه اهمها:

- أول من درس تركيب محلول التربه هو الباحث Schloesing 1866 وقد اشار الى ان الكالسيوم الموجب هو هو السائد كمقارنه مع تركيز الايونات الاخرى في حين

يعتبر ايون النترات هو الايون السالب السائد ثم يليه ايون البيكاربونات HCO_3^- وايون الكبريتات SO_4^{--}.

- بصوره عامه تركيز محلول التربه في محلول الترب غير الملحيه قليل ولا يتعدى بعض الغرامات في اللتر بينما في الترب الملحيه يقدر بعشرات الغرامات في اللتر الواحد.
- اهم الايونات السالبه في محلول التربه هي HCO_3^- ، NO_3^- ، NO_2^- ، Cl^- ، SO_4^{--}، $H_2PO_4^-$ ، HPO_4^{--} ، اما اهم الايونات الموجبه فهي Ca^{++} ، Mg^{++} ، Na^+ ، K^+ ، NH_4^+ ، H^+ ، Fe^{++}.
- كما وتوجد بعض الايونات الموجبه مثل المنغنيز والزنك والحديد والنحاس والكوبلت وغيرها بكميات قليله جدا في محلول التربه.

وفي الترب الحامضيه توجد كميات لا باس بها من ايونات الالمنيوم والحديد والمنغيز اما في الترب القاعديه والقلويه فان ايونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم هي السائده بالاضافه الى ايونات الكلورايد والكبريتات.

طبيعة الاتزان الكيميائي

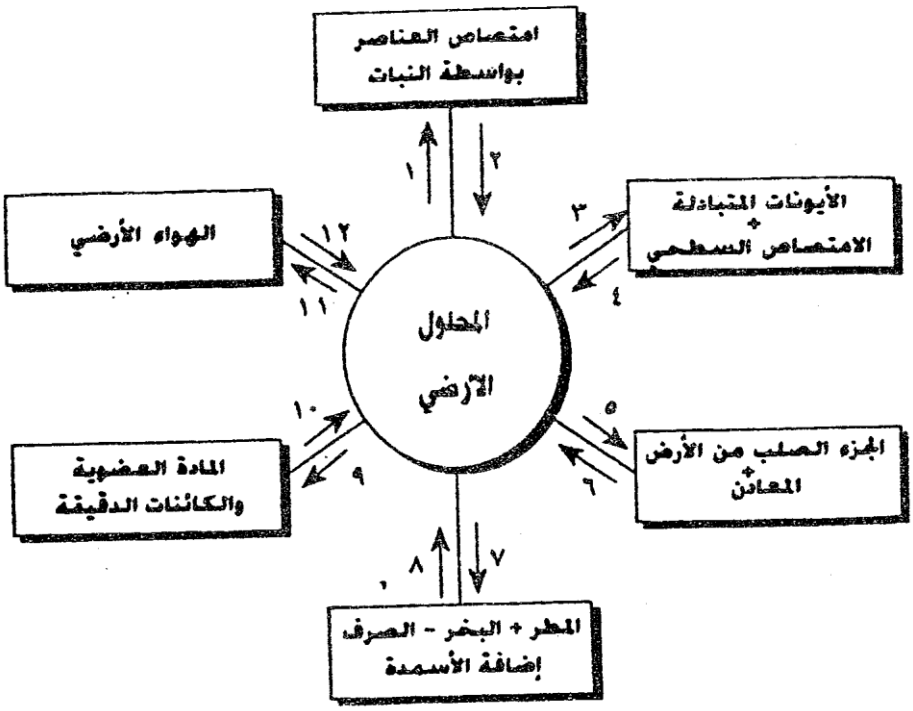
هنالك بعض القواعد التي تتحكم في طبيعه الاتزان الكيميائي بين مكونات مختلفه وغالبا مايحدد وضع التوازن طبيعه المواد المتفاعله والناتجه من التفاعل. وعند وصول حاله الاتزان فان سرعه التفاعل المتجه باي اتجاه ومايعاكسه يكون في حاله ثابته. وبدون شك فان حاله التوازن الكيماوي مكونا مؤشر للتنبؤ في طبيعه تغيرات الكيماويه التي حصلت او ستحصل بين الاطوار المختلفه ويمكن وصف تازن الكيماوي لاي تفاعل كالتالي.

تصل حاله التوازن عندما يكون معدل التفاعل المتجه نحو اليمين S_1

$$\mathbf{Si} \leftrightarrows \mathbf{Kr_1}\,[A]^a[B]^b$$

يساوي معدل التفاعل المعاكس للاتجاه الاول S_2

$$\mathbf{S2} \leftrightarrows \mathbf{Kr_2}[C]^c[D]^d$$



شكل (4 - 1) : تفاعلات الإتزان الديناميكى فى التربة (Lindsay, 1979)

حيث ان[ ] تمثل تركيز الانواع الداخله والخارجه من التفاعل و Kr_1 و Kr_2 وتعبر عن معامل التفاعل reaction coefficients . ان عمليه التوازن توضحها العلاقه التاليه:

حيث K ثابت التوازن للتفاعل وهو يرتبط بدرجه الحراره والضغط. وقد يطلق على هذه الصيغه قانون فعل الكتله mass-action low.

وهنالك انواع مختلفه من ثوابت التوازن وتعتمد على وحده القياس المواد المتفاعله والناتجه من التفاعل. ان ادخال النشاط (الفعاليه الايونيه) في حساب الثابت ويعني المقياس سيمثل ثابت الفعاليه activity constant. اما ادخال التركيز في حساب الثابت يعني المقياس سيمثل ثابت التركيز. وان حساب ثابت الاتزان بصيغه الفعاليه يتطلب قياس التركيز وحساب القوه الايونيه للمحلول. فلهذا فان الثابت غالبا مايعبر عن الوضع الحقيقي لطبيعه المحلول. الا ان طبيعه الواقع تجعل امر حسابه صعبا ومعقدا الى حد ما نظرا لتعدد الصور التي يوجد بها ايون في محلول التربه. ولتوضيح الامر فاننا اذا اخذنا ايون الالمنيوم Al^{+3} الموجود في محلول التربه. فسنجد انه في حاله اتزان مع ايونات الالمنيوم الاخرى.

اي ان الالمنيوم يوجد بحاله صلبه $Al(OH)_{3(S)}$ وكذلك في المحلول على صوره $Al(OH)^{+2}$ وكذلك $[\mathbf{Al_6(OH)_{15}}]^{+3}$ ، ومع فوسفات الالمنيوم الصلبه $AlPO_4.2H_2O$ والالمنيوم المتبادل Exch-Al وغيرها من الصور الاخرى مع ملاحظه ان هذا التوازن متأثر ايضا بوجود املاح اخرى كالكالسيوم والفوسفاتوغيرها. لذلك فان عمليه التخفيف dilution التي تتم اثناء اجراء المستخلصات ستؤثر حتما في الكميات الذائبه من الاملاح من المصادر السابقه تبعاً لنوع التبادل الايوني والترسيب واذابه هذه الاملاح المختلفه.

ان الصوره السابقه تعكس لنا مبدأً واضحاً هو ان الايونات المتواجده في محلول التربه تأخذ صوراً متعدده ion species تبعا لتحلل dissociation وتأين املاحها وجميع هذه التفاعلات تعتمد على pH المحلول إلى حد كبير وتتوزع هذه الانوع من الايون الواحد في المحلول طبقا لقواعد الثرموداينمك Thermodynamics. ولهذا السبب فان استعمال ثابت التوازن بصيغه التركيز اصبح امرا مألفوفا. ولكن لابد ايضا من الاشاره الى العيب في الاعتماد على ثابت التركيز كاساس في صيغه التنبؤ لطبيعه المحلول. حيث ان ثابت التركيز يتغير مع تغير القوه الايونيه Ionic Strength . من اجل رفع هذا الاشكال يتطلب الامر ان يكون النظام المدروس والمراد حساب ثابت اتزانه تحت قوه ايونيه ثابته او مستقره او تجري عمليه تصحيح للقوه ألايونيه ألمقاسه.

طرق الحصول على محلول التربة:

- **طريقة الإحلال Immiscible displacement**
- **طريقة غشاء الضغط pressure displacement**
- **طريقة الطرد المركزي centrifugation**

أولا) طريقة الإحلال Immissible Displacement

وفى هذه الطريقة يستخدم سائل غير قابل للإمتزاج بالماء مثل رابع كلوريد الكربون CCl_4 أو Ethyl benzoylacetate (الخطيب وآخرون 1986) حيث يعمل هذا السائل على إزاحة المحلول الأرضى من الجزء الصلب من التربة الرطبة وخلال عملية الطرد المركزى فإن السائل عديم الإمتزاج بالماء يمر خلال التربة إلى أسفل ويحل محل المحلول الأرضى الذى يطفو إلى أعلى فوق سطح عينة التربة. يتم جمع المحلول الأرضى الموجود على سطح عينة التربة ويرشح لإزالة أى معلقات به . وهذه الطريقة شائعة الإستخدام لسهولتها وتوافر الأجهزة اللازمة لها إلا أن المحاليل المستخدمة مثل رابع كلوريد الكربون فى هذه الطريقة ضارة بصحة الإنسان وتعتبر من المسببات لمرض السرطان carcinogenic كما أن المحلول عديم الإمتزاج بالماء قد يلوث التربة بنسبة صغيرة ويعتبر Ethyl benzoylacetate غير سام ولكنه غالى الثمن جداً .

ثانيا) طريقة غشاء الضغط Pressure Membrare Method

وفى هذه الطريقة يستخدم جهاز غشاء الضغط pressure membrare الذى يستطيع أن يستخلص المحاليل الأرضية فى مدى رطوبة يتراوح من درجة التشبع حتى نقطة الذبول المستديم وربما عند قيم رطوبة أقل . فإذا وضعت التربة فى الجهاز عند درجة رطوبة تعادل الذبول المستديم permanent wilting point تحت ضغط غاز (عادة ما يستعمل غاز النيتروجين ويخرج من فتحة خاصة بالجهاز) 15 ضغط جوى فإن المحلول الأرضى يبدأ فى الظهور عندما يصل ضغط الغاز إلى القيمة التى تساوى الشد الرطوبى Moisture tension عند هذه النقطة (15 ضغط جوى) وبهذه الطريقة يمكن الحصول على المحلول الأرضى عند درجات رطوبة مختلفة .

ثالثا) طريقة الطرد المركزى السريع Rapid centrifugation method

وهذه الطريقة تعد أفضل وأسرع الطرق التى تستخدم للحصول على المحلول الأرضى الحقيقى وأيضا هذه الطريقة لاتسبب أى تلوث للمحلول الأرضى على خلاف

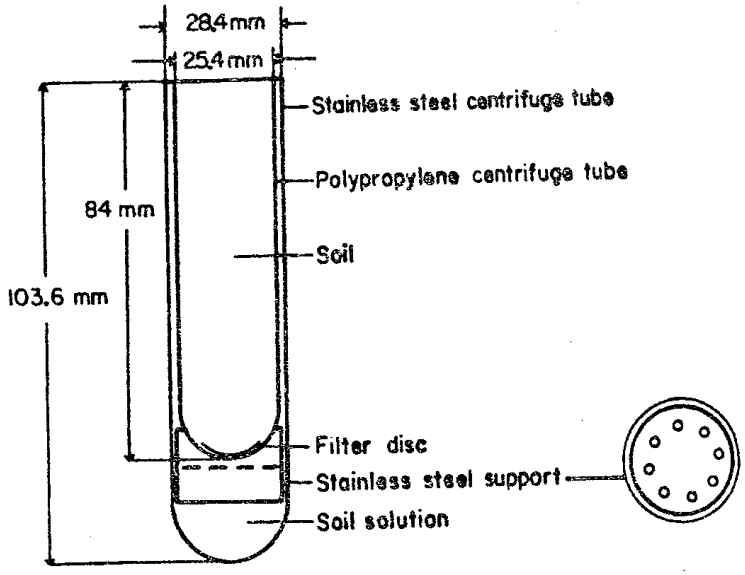
طريقة الإحلال . ويتم الحصول على المحلول الأرضى بإستخدام الأدوات الموضحة فى شكل (4 - 2) وإتباع التالى :

١. يضاف ماء إلى عينة التربة حتى تصل إلى السعة الحقلية field capacity ثم تترك للإتزان لمدة 24 ساعة .

٢. بوضع ورقة ترشيح على قاع أنبوبة الطرد المركزى التى تحتوى على عدة ثقوب ثم يتم ملأ الأنبوبة بعينة التربة الرطبة ثم توضع الأنبوبة وبداخلها التربة داخل أنبوبة أخرى من الصلب الذى لايصدأ stainless steel tube لترتكز على جزء آخر من الصلب (شكل 4 - 2) .

٣. تجرى عملية الطرد المركزى للعينة عند قوة تعادل 4.8×10^5 ms^{-2} لمدة 20 دقيقة .

٤. يتجمع المحلول الأرضى بعد عملية الطرد المركزى داخل الأنبوبة الصلب ويتم تجميعه لإجراء التحليلات اللازمة .



شكل (4 - 2) : الأدوات المستخدمة للحصول على المحلول الأرضى (الخطيب وآخرون ، 1987)

القوه الايونيه Ionic Strength :

القوة الايونيه لمحلول ما لها اهميه كبرى في حساب فعاليه الايونات activity في المحلول. والقوه الايونيه لمحلول اليكتروليتي هي مقياس لشده الحقل الكهربائي في المحلول وتعرف بالمعادله الاتيه:

$$I = \frac{1}{2} \Sigma C_i Z_i^2$$

حيث ان Ci هي التركيز بوحده مول/لتر لكل ايون (i) في المحلول، Zi هي تكافؤ الايون (i)و Σ تشير الى حاصل جمع كل ايون مضروبا بمربع تكافؤ جميع الايونات المتواجده في المحلول.

مثال (1):

احسب القوه الايونيه لمحلول يحتوي 0.01 عياري كلوريد الصوديوم NaCl مستخدما المعادله السابقه:

$$I=1/2[0.01 \times 1^2 + 0.01 \times (-1)^2]$$

I=0.01 Mole / liter مول/لتر

مثال (2):

احسب القوه الايونيه لمحلول يحتوي 0.01 عياري كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$

$$I=1/2[0.01 \times 2^2 + 0.01 \times 2(-1)^2]$$

I=0.03 Mole / liter مول/لتر

اذا من المهم معرفة تركيز كل الايونات التي تؤثر على القوه الايونيه للمحلول. وبصوره عامه تدفع زيادة القوه الايونية لمحلول التربه الايونات المختلفه الشحنه للتداخل ببعضها مما يؤدي ذلك الى احداث تاثير مباشر على الطبيعه الايونيه في المحلول وفي النهايه ينخفض التركيز او الفعالية للايونات.

ويمكن حساب القوة الايونية لمحلول ما من خلال قياس التوصيل الكهربائي EC تبعا لمعادلة Gurink and Griffin 1973 حيث توصل الى العلاقة التالية

$$I = 0.013 EC$$

حيث تمثل التوصيل الكهربائي بوحدة مليموز \اسم عند درجة حرارة 25 وهذة معادلة مهمة عندما يكون محلول التربة غير معروف.

فعالية وتركيز الايون في المحاليل

لوصف النظم الطبيعية او الكيميائية لا بد من معرفة صفات معينة لمكونات النظام مثل نوع وكمية مستوى الطاقة وبالنسبة لمستوى الطاقة فالنفرض وجود جسم معين في درجة حرارة معينة فمحتويات هذا الجسم الحرارية عبارة عن عدد السعرات الحرارية الموجودة به ومستواه الحراري عبارة عن درجة حرارته وانتقال الحرارة منه او اليه تتوقف على الاختلاف في المستوى الحراري بينه وبين الاجسام الاخرى وبالمثل بالنسبة لمكونات المحاليل مثل كلوريد الصوديوم الذي له كمية طاقة ومستوى طاقة ومستوى الطاقة هنا يعرف بأسم الجهد الثرموديناميكي وكمية الطاقة عبارة عن التركيز الكلي واي نظام في حالة توازن اي لا يحدث به تفاعل كيميائي ولا انتقال لمكوناته من مكان الى اخر يكون الجهد الكيميائي لجميع مكوناته متساوي في جميع اجزاء النظام لذلك فأن عملية تقدير الجهد الكيميائي لنظام ما مهمة جدا وعادة يقارن جهد النظام بجهد نظام قياسي ولكن يجب ان يكون تحت نفس درجة الحرارة والضغط الجوي وان الجهد الكيميائي لايون ذائب يتوقف على تركيزه وللمحلول المسمى محلولا مثاليا فأن العلاقة الاتية المقترحة من قبل لويس تصف لنا الجهد الكيميائي.

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$\mu = \mu_0$ في الحاله النموذجيه اي في نظام له نفس درجة الحراره وتركيز يساوي واحد RT(ln1=0) هي حاصل ضرب درجة الحراره المطلقه T في ثابت الغازات R . هذه الحاله تحصل في المحاليل المثاليه اي هي المحاليل التي لا تؤثر فيها المكونات على بعضها اما في المحاليل الحقيقيه اي مع زيادة التركيز فان الجهد الكيميائي يساوي:

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C + E \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وتمثل E طاقة التداخل بين المكونات حيث ان

$$\mathbf{E = RT \ln f}$$

وبذلك يمكننا كتابة المعادلة رقم 2 في الصوره التاليه

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C + RT \ln f = \mu_0 + RT \ln Cf \text{ .....(3)}$$

ولما كان a =cf

حيث a الفعالية ألايونيه activity للمكون الذائب المعين ومعامل الفعالية **activity coefficient** وبذلك تكون المعادلة

$$\mu = \mu_0 + RT \ln a$$

ونتيجه لوجود حقول قوى كهربائيه وذلك لوجود شحنات على الحبيبات الكهربائيه فيمكن كتابة المعادلة 2 في الصورة التاليه:

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C + E + \mathbf{E_2}$$

حيث تمثل E_2 طاقة التداخل للحقول الكهربائيه الخارجيه . ولغرام واحد من ايون في حقل كهربائي نجد ان

$$\mathbf{E_2 = ZF\,\psi}$$

حيث Z التكافؤ و F الشحنه الموجوده على غرام مكافئ و ψ الجهد الكهربائي ولذلك نجد ان

$$\mu = \mu_0 + RT \ln a + ZF\,\psi \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

وفي هذه الحاله ψ تمثل الجهد الكيميائي والكهربائي وتسمى الجهد الكهربائي الكيميائي لذلك يمكن كتابة المعادله 4 في الصوره التالية

$$\mu = \mu + ZF\,\psi$$

حيث μ تمثل الجهد الكيميائي و $ZF\,\psi$ هي الجهد الكهربائي يمكن حسابها من الطبقة الكهربائية المزدوجة. ويمكن الحصول على قيمة معامل الفعالية f تبعا لمعادلة ديباي هيكل

$$\mathbf{\pm Logfi = -AZi^2\, I^{1/2}} \quad \text{.....(5)}$$

ويمكن حساب الفعالية من العلاقة التالية: الفعالية = التركيز X معامل الفعالية

التبادل الكاتيوني Cation Exchange

يتم التبادل الايوني على سطوح المواد الحاملة لشحنة كهربائية بحيث ان الاجسام ذات الشحنة تجتذب الى سطحها ايونات ذات شحنة مخالفه لشحنتها ومكافئه لها تماما وتسمى هذه الايونات بالايونات المتبادلة exchange ions .

بمعنى ان الجسم السالب الشحنه يجذب الى سطحه كاتيون (ايونات موجبة) بالقدر الذي يعادل شحنته السالبة ، وان الجسم الذي يحمل شحنة موجبة يجذب الى سطحه انيونات (ايونات سالبة) تعادل شحنته الموجبة. وكما يلي

$$\left.\right] \quad + \quad NH_4Cl \longrightarrow \left.\right] \quad + \quad 2MgCl_2$$

ويمكن تمثيل تفاعل التبادل الايوني ايضا بالمخطط التالي

$$Soil\text{-}A \; + B^{+} \leftrightarrows \; Soil\text{-}B + A^{+}$$

حيث ان السهم يشير الى ان التفاعل هو من نوع التفاعلات العكسية ويخضع الى حالة الاتزان Equilibrium وحسب الظروف المحيطة بالتفاعل. تتميز الاجزاء الغروية في الطين او المادة العضوية بانها تمتلك اسطحا عالية المساحه السطحية بالنسبة الى وحدة الكتلة وان اسطحها نشطة من الناحية الكيميائية. وكذلك فان معظمها يحمل شحنة كهربائية هذه الشحنة قد تكون شحنة دائمية permanent charge او شحنة كهربائية تتوقف على رقم الـ pH وتدعى pH dependent charge .الاولى تنشأ نتيجة لعملية الاحلال المتماثل في المعادن وتكون عادةا موزعه توزيعا منتظما. اما الشحنة المتوقفة على رقم الـ pH فهي غير ثابته متغيره الصفة وتنشأ نتيجة لتاين مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بالسيليكون ويمكن ملاحظتها ايضا في الحواف او الاركان التي يحدث عندها الانفصام او الكسر. اما المادة العضوية والتي تنشأ الشحنة عليها تكون نتيجة لتاين مجموعة الكاربوكسيل والهيدروكسيل او الهيدروكسيل الفينولية وهذه ايضا شحنة من النوع المتغير مع درجة الحموضة. تحمل تفاعلات التبادل اللايوني اهمية كبيرة جدا في تحديد الصفات الكيميائية والفيزيائيه للتربة من جهه وفي تغذية النبات من جهة اخرى.

السعة التبادلية الكاتيونية Cation exchange capacity

سميت بالكاتيونات المتبادله وذلك لانه بالامكان استبدالها بكتيونات اخرى وحسب اسس التبادل الكاتيوني. ويطلق على مجموعة الكاتيونات المنبادلة في وحدة وزنية معينة من التربة او المعدن بسعة التبادل الكاتيوني او السعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity ويرمز

لها (CEC) والوحدة المستخدمة للتعبير عنها هي مليمكافئ \ 100 غم تربه. وتعتبر السعة التبادلية الكاتيونية قيمة وصفية مهمة للتربة حيث تعتبر دالة لعدد من الخواص والظروف المختلفة لها. وتعكس هذه الصفة مدى قابلية التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية ومدى تجهيزها للنبات اي بعبارة اخرى تعكس لنا الاحتياطي الغذائي للنبات في التربة وتختلف الترب من ناحية قيمة السعة التبادلية الكاتيونية وبشكل عام تتراوح من 10– 180مليمكافئ\100غرام تربة. تعتمد قيمة السعة التبادلية الكاتيونية على عدد من العوامل من أهمها ما يلي:

1– نسجة التربة Soil texture

لقد سبق ان اشرنا ان غرويات التربة التي تتصف باقطار اقل من 2 مايكرون تعتبر هي المسؤلة عن امتزاز الكاتيونات وتشارك بشكل فعال في تفاعلات التبادل الكاتيوني الجارية في التربة. ولما كانت مفصولات الطين وجزء من مفصولات الغرين تقع ضمن هذا الحد لذلك نتوقع ان قيمة السعة التبادلية الكاتيونية تعتمد على النسبة المئوية لهذة المفصولات بعبارة اخرى ان هذه القيمة تعتمد على التحليل الحجمي لدقائق التربة. وبشكل عام يمكن القول انه كلما زادت نسبة الطين في التربة كلما زادت قيمة السعة التبادلية الكاتيونية لها.

2– نوع الغرويات المعدنية Type of mineral colloids

ان دور الطين في تحديد قيمة السعة التبادلية الكاتيونية يرتبط بنوع المعدن الطيني حيث تختلف هذه المعادن في قيمة السعة التبادلية الكاتيونية وحسب الجدول التالي:

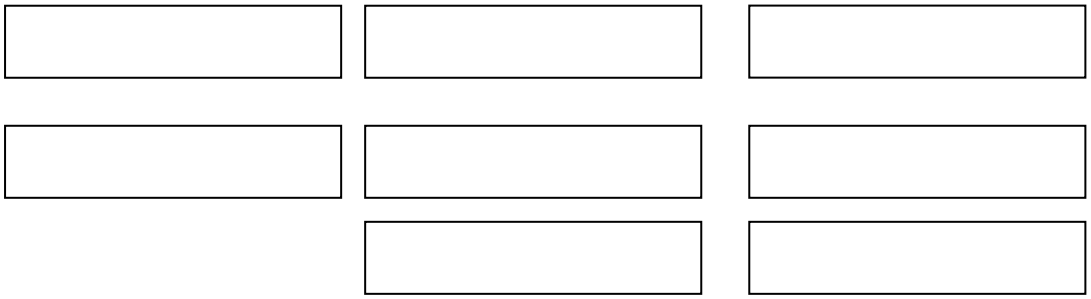
المعدن Mineral	السعة التبادلية الكاتيونية مليمكافئ\100غم تربة
الكاؤلينايت	3- 15
الالايت	10-30
المونتمورلينايت	50-180

ويعزى سبب الاختلاف في قيمة CEC لهذة المعادن الى اختلاف المساحة السطحية لها وطبيعة توزيع الشحنة الكهربائية على سطوح هذة المعادن. والجدول التالي يبين المساحة السطحية لهذة المعادن.

المعدنMineral	المسحة السطحية م ^{2} \غرام
الكاؤلينايت	15
الالايت	80
المونتمورلينايت	800

والمخطط التالي يوضح طبيعة توزيع الشحنة الكهربائية على سطوح هذة المعادن (الشكل 1)

الشكل (1) مخطط يوضح توزيع الكاتيونات المتبادلة على سطح بعض معادن الطين



المونتمورولينايت الالايت الكاؤلينايت

أن هذة المعلومات تشير الى ان CEC لمعدن المونتمورولينايت اعلى من CEC لمعدن الكاؤلينايت. وبالطبع فأن تواجد معدن المونتمورولينايت بنسبة عالية في التربة يكسبها سعة تبادلية كايتونية عالية مقارنة بالتربة التي يتواجد فيها معدن الكاؤلينايت بنسبة عالية لذلك فأن قيمة CEC لاتعتمد على النسبة المئوية للطين في التربة وانما تعتمد ايضا على نوع المعادن الداخلة في تركيب الطين ولقد وجد ان سحق وطحن معادن الطين يزيد من المساحة السطحية لها وبالتالي يزيد من قيمة السعة التبادلية الكايتونية لها.

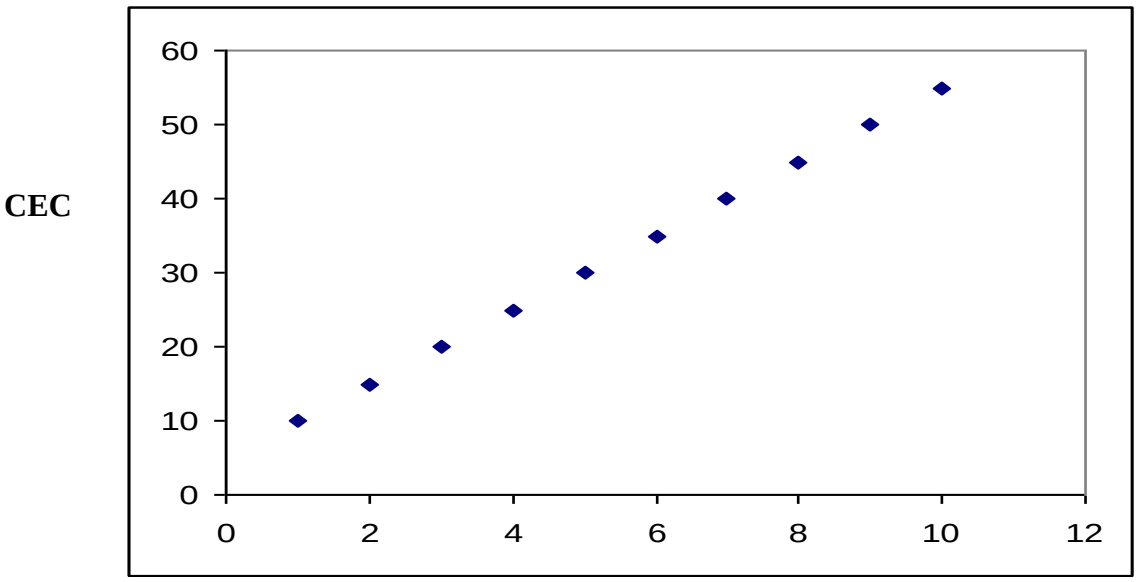
وحسب الجدول التالي

جدول / السعة التبادلية الكايتونية لمعادن الطين المختلفة وحسب درجة الطحن.

المعدن	السعة التبادلية الكاتيونية مليمكافئ \100 غم تربة		
	حجم الدقائق 0.15	بعد الطحن لمدة 72 ساعة	الزيادة في CEC بعد الطحن %
الكاؤلينايت	8	70.4	880
المونتمورولينايت	126	238	189
الالايت	10.5	76	742

3- المادة العضوية Organic matter

لقد سبق الاشارة الى ان الغرويات العضوية تحمل الشحنة السالبة على سطوحها وذلك بسبب تحلل جذور المجاميع الوظيفية المتواجدة في حوامض الهيوميك والفولفيك مثل مجموعة الكاربوكسيل والفينول هيدروكسيل والكاربونيل. كما وتتميز هذة الغرويات الاخرى بأنها تمتتز الكاتيونات فقط وذلك بسبب وجود الشحنة السالبة فقط على سطوحها. ومن مميزات الغرويات العضوية ايضا هي ان السعة التبادلية الكايتونية لها عالية نسبيا بالمقارنة مع الغرويات اللاعضوية حيث تتراوح السعة التبادلية لها من 100-300 ملي مكافئ \ 100 غم . وتوجد علاقة طردية بين قيمة السعة التبادلية الكايتونية والنسبة المئوية للمادة العضوية وكما في الشكل.



النسبة المئوية للمادة العضوية

4- درجة التفاعل PH

ان الجزء الاكبر من الشحنات السالبة الموجودة على سطوح معظم الغرويات المعدنية والعضوية يعتمد على درجة تفاعل الوسط. وتبعا لذلك فان كمية الكاتيونات المتبادلة او بعبارة اخرى CEC هي الاخرى تعتمد على درجة التفاعل. لذلك تعتبر درجة التفاعل احد العوامل الرئيسة المحددة لقيمة CEC ويختلف تاثير درجة التفاعل على قيمة الـ CEC باختلاف المعادن. والجدول التالي يبين تاثير درجة التفاعل على قيمة السعة التبادلية الكاتيونية لكل من معدني الكاؤلينايت والمونتموروليناية.

المعدن	السعة التبادلية الكاتيونية مليمكافئ\ 100غم	
	درجة التفاعل pH 7	درجة التفاعل pH 8.5
الكاولينايت	8.2	13.1
المونتمورلينايت	28.4	33.5

حيث يظهر من الجدول ان CEC للمعادن تزداد مع زيادة درجة تفاعل الوسط. اما بالنسبة لـ CEC الغرويات العضوية فهي الاخرى تتاثر بدرجة التفاعل وتزداد بزيادتها.

حساب الـ CEC

مثال: لو فرضنا ان تربة تحتوي على 15% طين مونتمورلينايت و 10%كلورايت و 3% ماده عضوية فما هو مدى قابلية التربة على مسك الايونات الموجبة اذا علمت ان الـ CEC للمونتمورلينايت والكلورايت والمادة العضوية هي 80، 30، 200 مليمكاقئ \100 غم.

الحل

CEC للتربة = CEC للطين X نسبة الطين + CEC للمادة العضويةX نسبة المادة العضوية

= CEC للمونتمورلينايت X نسبته + CEC للكلورايتX نسبتة +CEC للمادة العضوية X نسبتها

= 0.01 X (3 X200+ 10 X30+ 15 X80)

= 21 ملي مكافئ\ 100 غم تربة

معادلات التبادل الايوني

تقسم هذه المعادلات الى معادلات طبيعية ومعادلات كيميائية. ان المعادلات التي تصف توزيع الايونات بيت الطور الصلب والسائل من نظام التربة والطور الممتز تسمى معادلات تبادل ايوني. وهذه تقسم بدورها الى قسمين، القسم الاول تصف عملية التبادل الايوني كعملية طبيعية، والقسم الثاني يصفها بالعملية الكيميائية.

1- **المعادلات الطبيعية**

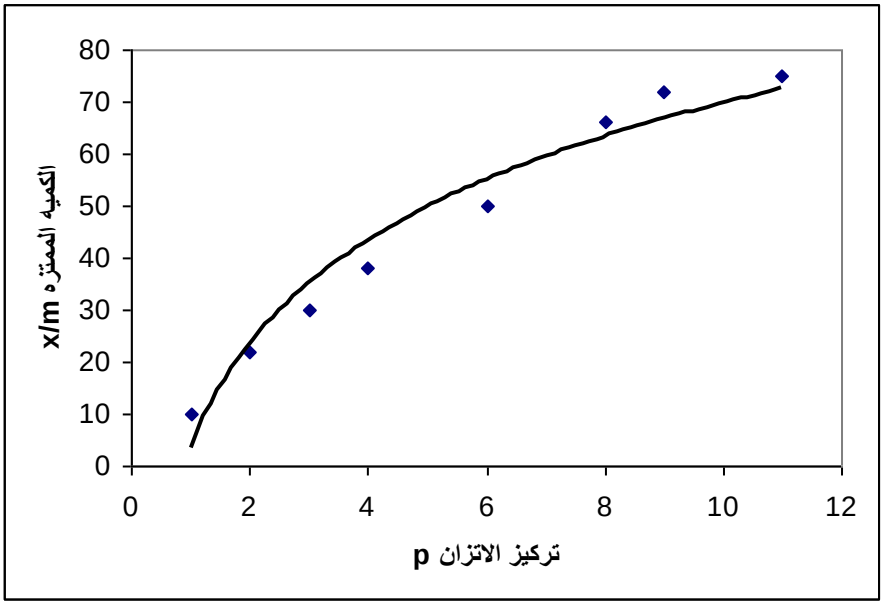
هذا النوع من المعادلات تصف التبادل الايوني عملية مشابهه لامتزاز الغازات على سطوح الصلبه ومن هذه المعادلات:

1- معادلة فرندلخ Frenndlich

وهذه المعادله توضح العلاقه بين تركيز التوازن وبين الكميه الممتزه

$$x/m = kp^{1/n}$$

حيث ان x/m كمية الكاتيون الممتزه في وزن معين من التربه

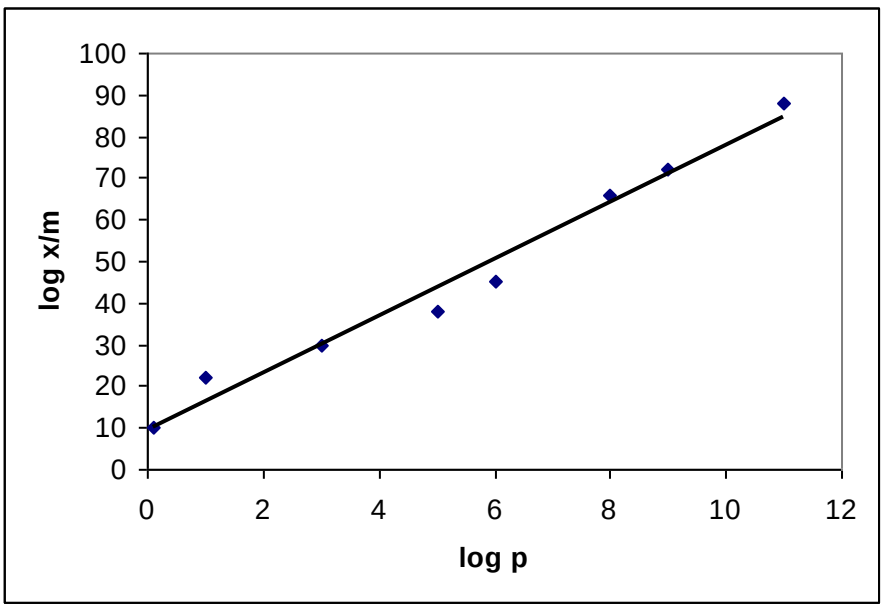


p كمية الكاتيون المتبقي في المحلول بعد الامتزاز اي كمية الكاتيون في المحلول عند حالة الاتزان K, n ثوابت

وعند اخذ اللوغاريتم للمعادلة تصبح بالشكل التالي:

$$\text{Log } x/m = \log k + 1/n \log p$$

وهذه المعادلة معادلة خط مستقيم بوضع Log x/m على المحور الصادي و log p على المحور السيني و log p القاطع على المحور الصادي وميله هو 1/n.



2- **المعادلات الكيميائية**

وتستخدم عادة مثل هذه المعادلات والمبنية على قانون فعل الكتلة لوصف جميع التفاعلات الكيميائية ومن هذه المعادلات

ا- معادلة كير Kerr

تفترض هذه المعادلة بان توزيع الكاتيونات المتبادلة يكون بشكل طبقة احادية على سطح الغروي والتفاعل يحدث بيت الكاتيونات المتشابهه في الشحنه حيث تكون كما يلي:

$$KX + Na^{+} \leftrightarrows NaX + K^{+}$$

حيث يرمز X للكاتيون عندما يكون في الحالة المتبادلة ومعادلة كير لهذا التفاعل تكون

$$\mathbf{K_1 = \frac{(NaX)\,(K^{+})}{(KX)\,(Na^{+})}}$$

حيث ان K ثابت وتشير الاقواس الى فعالية الكاتيونات

وفي حالة الكاتيونات الثنائية الشحنة

$$CaX + Mg^{++} \leftrightarrows MgX + Ca^{++}$$

وتكون معادلة كير كما يلي:

$$\mathbf{K_2 = \frac{(MgX)\,(Ca^{++})}{(CaX)\,(Mg^{++})}}$$

ب- معادلة كابون Gapon

هذه المعادلة تصف التبادل الكاتيوني في الترب خاصة بين الكاتيونات المختلفة الشحنة مثل التبادل الذي يجري بين الصوديوم والكالسيوم وتكون المعادلة كما يلي:

$$\frac{NaX}{CaX} = K_G \frac{(Na)}{(Ca)^{1/2}}$$

مثال: اذا كان تركيز كلوريد الكالسيوم 0.02 مول /لتر وتركيز الصوديوم 0.02 مول/ لتر وكان ثابت كابون 0.4 KG . احسب نسبة الكايتونات المتبادلة

$$\frac{NaX}{CaX} = K_G \frac{(Na)}{(Ca)^{1/2}}$$

$$\frac{NaX}{CaX} = 0.4 \frac{0.02}{0.02^{1/2}}$$

$$= \frac{0.008}{0.14}$$

$$= 0.057$$

لقد طورت معادلة كابون Gapon وذلك من اجل تطبيقها على التبادل الذي يجري بين الكايتونات الرئيسية الثلاث وهي الكالسيوم ،المغنيسيوم ، والصوديوم

واخذت الشكل التالي

$$\frac{NaX}{CaX + MgX} = K \frac{(Na)}{(Ca+Mg)^{1/2}}$$

او بالشكل التالي

$$\frac{NaX}{CEC-NaX} = K_G \frac{(Na)}{(Ca+Mg)^{1/2}}$$

وعند التعبيرعن تركيز الكاتيونات في المحلول بالمليمكافئ/لتر تصبح المعادلة بالشكل التالي:

$$\frac{NaX}{CEC-NaX} = K_G \frac{(Na)}{\frac{(Ca+Mg)^{1/2}}{2}}$$

اطلق على $\frac{NaX}{CEC-NaX}$ نسبة الصوديوم المتبادل (**ESR**) Exchangeable Sodium ratio وأطلق على $\frac{(Na)}{\frac{(Ca+Mg)^{1/2}}{2}}$ نسبه امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio (**SAR**)

$ESR = K_G\ SAR$

حموضة وقلوية التربة

من المشاكل الجدية للترب في العالم هي مشكلة الحموضة او مشكلة الترب الحامضية. الترب الحامضية هي الترب التي يتصف محلولها بدرجة تفاعل واطئة غير مناسبة لنمو معظم المحاصيل الزراعية. إضافة الى ذلك تأثيرات ثانوية تنتج عنها مثل تأثيرها السلبي في الصفات الفيزيائية وقلة محتواها من الايونات القاعدية والقاعدية الأرضية. ويتواجد الألمنيوم والمنغنيز والحديد بمستويات عالية في محلول التربة تصل في بعض الأحيان الى حد السمية للنبات. وتشغل الترب الحامضية مساحات شاسعة من ترب العالم وخاصة ترب المناطق الرطبة الباردة مثل ترب البودزول وفي المناطق الحارة مثل الترب الاستوائية مثل ترب الليتري. تحوي الترب الحامضية عادة على ايون الهيدروجين والألمنيوم بنسبة عالية على معقد التبادل. يرتبط تكون الترب الحامضية في العالم بعوامل تكوين التربة حيث تعتبر مادة الأصل الحامضية الخالية من الكلس والمناخ الذي يتميز بكثرة الإمطار والغطاء النباتي من العوامل الأساسية التي تشجع على تشييع معقد التبادل بالهيدروجين وبالتالي تكون الترب الحامضية. كما إن إضافة الأسمدة الحامضية احد الأسباب التي تلعب دورا إضافيا في هذا الاتجاه مثل الأسمدة التي تحوي على الكبريتات والنترات وبكميات كبيره. وبناءا" على كل ذلك فان الترب الحامضيه لا تتواجد في العراق ومعظم البلدان الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

إشكال الحموضة

تقسم الى:

1- الحموضة الفعالة: وهي حموضة محلول التربة وتقاس بالاليكترود الزجاجي ويعبر عنها بـ pH .

2- الحموضة المتبادلة او جهد الحموضة ويقصد بها الحموضة المستخلصة بمعاملة التربة بمحلول كلوريد البوتاسيوم المتعادل.

3- الحموضة الهيدروليتكية وهي الحموضة المستخلصة بمحلول خلات الصوديوم (واحد عياري) ودرجة pH 8.5 وتكون اكبر من الحموضة المتبادلة في معظم التربة الحامضية.

أهمية هذا التقسيم هو لتحديد الجزء الأكثر سمية للنبات من الحموضة بالإضافة الى تحديد حاجة التربة من الكلس عند الاستصلاح.

وان من أهم مصادر ايونات الهيدروجين في التربة:

1 -حامض الكاربونيك في التربة.

2 -الأحماض العضوية التي تفرزها الجذور والكائنات المهجرية.

3 -أكسدة مركبات النيتروجين العضوية إلى حامض النتريك.

4 -أكسدة الامونيا إلى حامض النتريك.

5 -التحلل المائي.

دور الألمنيوم في حموضة التربة

تعبير حموضة التربة يرتبط بتواجد كمية كبيرة نسبيا من الهيدروجين والألمنيوم حيث يمكن أن يتحرر الألمنيوم المتبادل إثناء الاستخلاص بكلوريد البوتاسيوم

$$Soil—Al + 3KCl \rightarrow Soil—3K + AlCl_3$$
$$AlCl_3 + H2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3HCl$$

لذلك رأى بعض الباحثين أن الألمنيوم هو المسئول عن حموضة التربة في حين رأى باحثين آخرين أن السبب هو ايونات الهيدروجين المتبادلة وان ظهور الايون في المستخلص هو تفاعل ثانوي بين حامض الهيدروكلوريك وألمنيوم الجزء الصلب للتربة. واستنتج الباحثين عدد من النقاط بهذا الصدد.

1) حموضة الترب العضوية تحدد بدرجة رئيسية بالهيدروجين المتبادل.
2) تتحدد حموضة الغرويات المعدنية بايونات الهيدروجين المتبادلة او ايونات الألمنيوم المتبادلة.
3) وجود الألمنيوم في مستخلص كلوريد البوتاسيوم في الترب الحامضية لا يمكن أن يكون دليلا قاطعا على وجوده في حالة متبادلة.

العوامل المؤثرة في رقم حموضة التربة Soil pH (التفاصيل كما في الملحق)

1 - نسبة التشبع الكاتيوني القاعدي.
2 - تأثير المعلق.
3 - تأثير الأملاح الذائبة.
4 - تأثير ثاني اوكسيد الكربون.

متطلبات الكلس

من اجل رفع إنتاجية الترب الحامضية يجب استصلاحها ويتم ذلك بإضافة الكلس والذي يعمل على تجهيز الكالسيوم والذي يقوم بالإحلال محل الهيدروجين المتبادل.

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$
$$Soil\rceil Ca\&4H + Ca(HCO_3) \rightarrow Soil\rceil 3Ca + 4H_2CO_3$$

يقصد باحتياجات الكلس او اللايم (Lime requirement) وهي كمية اللايم التي تضاف الى الترب الحامضية وتعمل على معادلة الحموضة ورفع pH التربة الى الحد المناسب لنمو معظم المحاصيل (حوالي 6.5 _7) وتعتمد المعادلة التالية لتحديد كمية الكلس او اللايم اللازم للاستصلاح من خلال

$$\% BS = S/T \times 100$$

حيث BS= النسبة المئوية للإشباع

S= كمية الكايتونات المتبادلة (القواعد) باستثناء الهيدروجين

T= السعة المتبادلة الكايتونية (مليمكافئ/ 100 غرام تربة)

وعليه اقترح الجدول التالي للعلاقة بين القيمة الناتجة ومدى الحاجة الى الكلس

النسبة المئوية للإشباع بالقواعد	مدى الحاجة الى الكلس
اقل من 50%	بحاجة شديدة
55- 70%	بحاجة متوسطة
70- 80%	بحاجة قليلة
أكثر من 55%	ليست بحاجة

التربة القلوية

تشغل التربة القلوية مساحات ليس في المناطق الجافة في أسيا وإفريقيا وحسب وإنما في الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا. وتسمى الترب حسب مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الأمريكية (Sodic soil) وسابقا alkali soil وتوصف هذه التربة بانها الترب التي تحتوي على نسبة عالية من الصوديوم المتبادل (أكثر من 15%) بحيث تؤثر في نمو النبات إما كمية الأملاح الذائبة فتكون قليلة التوصيل الكهربائي اقل من 4 مليموزسم $^{-1}$ كما وان درجة التفاعل لهذه الترب عالي (8.5 -10) لذلك تكون الغرويات في حالة تشتت مما ينعكس على رداءة البزل والتهوية.

ولقد لخص كوفدا (kovda 1974) أهم الطرق والظروف الطبيعية التي يحتمل ان تتكون الصودا بواسطتها في الترب ومن أهمها.

1) تتكون كربونات الصوديوم بسبب تجوية الصخور والمعادن الحاوية على الكربونات وخاصة الصخور النارية السليكانية. عند انطلاق ايونات البيكاربونات والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم اثناء تجوية هذه الصخور. تتحول بيكاربونات هذه الكايتونات الى كربونات عند ظروف الجفاف. يعتمد تكون كربونات الصوديوم على نسبة ايونات البيكاربونات (HCO_3^{-1}) الى مجموع الكالسيوم والمغنيسيوم .فإذا كانت اكبر من واحد فان هناك احتمال كبير لتكوين كربونات الصوديوم.

2) تتكون كربونات الصوديوم حسب تفاعل هلكارد (Hilgard reaction) ويتم ذلك بتفاعل المياه الأرضية الحاوية على كلوريدات او كبريتات الصوديوم مع الصخور الكلسية من خلال المعادلات التالية

$$CaCO_3 + 2NaCl \leftrightarrows CaCl_2 + Na_2CO_3$$
$$CaCO_3 + Na_2SO_4 \leftrightarrows CaSO_4 + Na_2CO_3$$

لأجل استمرار التفاعل نحو اليمين يتطلب ذلك استمرار الغسل لنواتج التفاعل وبناءأ على المسوحات التي اجرين في العراق من قبل العديد من الباحثين فانه يندر تواجد الترب القلوية في العراق.

استصلاح الترب القلوية

الترب القلوية لها صفات سلبية تؤثر في إنتاجية التربة من خلال التأثير المشترك لايونات الصوديوم المتبادل مع درجة التفاعل العالية وهو تأثير سمي لجذور النبات. كما ان رداءة البزل والنفاية والتهوية تعتبر مشاكل معروفة في التربة القلوية. وبسبب ارتفاع درجة التفاعل يجري ترسيب معظم العناصر الغذائية وتحويلها الى صيغة غير جاهزة للنبات. لذلك من المهم عند استصلاح هذه الترب خفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل الى 5 % وخفض الـ pH . وقد عبر عن كمية الجبس اللازمة لخفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل الى الحد المطلوب باحتياجا ت الجبس (Gypsum Requirement) حيث يعمل الكالسيوم الناتج من ذوبان الجبس على إبدال الصوديوم المتبادل في التربة وحسب المعادلة التالية

$$Soil]2Na + CaSO4 \rightarrow Soil]Ca + Na_2SO_4$$

ويمكن حساب كمية الجبس بالطريقة التالية

$$\text{احتياجات الجبس (مليمكافئ/ 100 غرام تربة)} = \frac{\text{CEC X (\% للصوديوم المتبادل المطلوبة - \% للصوديوم المتبادل الأصلية)}}{100}$$

حموضة وقلوية التربة والسعة التنظيمية:

من المشاكل الجدية للترب في العالم هي مشكلة الحموضة او مشكلة الترب الحامضية. الترب الحامضية هي الترب التي يتصف محلولها بدرجة تفاعل واطئة غير مناسبة لنمو معظم المحاصيل الزراعية. إضافة الى ذلك تأثيرات ثانوية تنتج عنها مثل تأثيرها السلبي في الصفات الفيزيائية وقلة محتواها من الايونات القاعدية والقاعدية الأرضية. ويتواجد الألمنيوم والمنغنيز والحديد بمستويات عالية في محلول التربة تصل في بعض الأحيان الى حد السمية للنبات. وتشغل الترب الحامضية مساحات شاسعة من ترب العالم وخاصة ترب المناطق الرطبة الباردة مثل ترب البودزول وفي المناطق الحارة مثل الترب الاستوائية مثل ترب الليتري. تحوي الترب الحامضية عادة على ايون الهيدروجين والألمنيوم بنسبة عالية على معقد التبادل. يرتبط تكون الترب الحامضية في العالم بعوامل تكوين التربة حيث تعتبر مادة الأصل الحامضية الخالية من الكلس والمناخ الذي يتميز بكثرة الإمطار والغطاء النباتي من العوامل الأساسية التي تشجع على تشييع معقد التبادل بالهيدروجين وبالتالي تكون الترب الحامضية. كما إن إضافة الأسمدة الحامضية احد الأسباب التي تلعب دورا إضافيا في هذا الاتجاه مثل الأسمدة التي تحوي على الكبريتات والنترات وبكميات كبيره. وبناءا" على كل ذلك فان الترب الحامضيه لا تتواجد في العراق ومعظم البلدان الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

إشكال الحموضة

تقسم الى:

1- الحموضة الفعالة: وهي حموضة محلول التربة وتقاس بالاليكترود الزجاجي ويعبر عنها بـ pH .

2- الحموضة المتبادلة او جهد الحموضة ويقصد بها الحموضة المستخلصة بمعاملة التربة بمحلول كلوريد البوتاسيوم المتعادل.

3- الحموضة الهيدروليتكية وهي الحموضة المستخلصة بمحلول خلات الصوديوم (واحد عياري) ودرجة pH 8.5 وتكون اكبر من الحموضة المتبادلة في معظم التربة الحامضية.

أهمية هذا التقسيم هو لتحديد الجزء الأكثر سمية للنبات من الحموضة بالإضافة الى تحديد حاجة التربة من الكلس عند الاستصلاح.

وان من أهم مصادر ايونات الهيدروجين في التربة:

1 -حامض الكاربونيك في التربة.

2 -الأحماض العضوية التي تفرزها الجذور والكائنات المهجرية.

3 -أكسدة مركبات النيتروجين العضوية إلى حامض النتريك.

4 -أكسدة الامونيا إلى حامض النتريك.

5 -التحلل المائي.

دور الألمنيوم في حموضة التربة

تعبير حموضة التربة يرتبط بتواجد كمية كبيرة نسبيا من الهيدروجين والألمنيوم حيث يمكن أن يتحرر الألمنيوم المتبادل إثناء الاستخلاص بكلوريد البوتاسيوم

$$Soil—Al + 3KCl \rightarrow Soil—3K + AlCl_3$$
$$AlCl_3 + H2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3HCl$$

لذلك رأى بعض الباحثين أن الألمنيوم هو المسئول عن حموضة التربة في حين رأى باحثين آخرين أن السبب هو ايونات الهيدروجين المتبادلة وان ظهور الايون في المستخلص هو تفاعل ثانوي بين حامض الهيدروكلوريك وألمنيوم الجزء الصلب للتربة. واستنتج الباحثين عدد من النقاط بهذا الصدد.

1) حموضة الترب العضوية تحدد بدرجة رئيسية بالهيدروجين المتبادل.
2) تتحدد حموضة الغرويات المعدنية بايونات الهيدروجين المتبادلة او ايونات الألمنيوم المتبادلة.
3) وجود الألمنيوم في مستخلص كلوريد البوتاسيوم في الترب الحامضية لا يمكن أن يكون دليلا قاطعا على وجوده في حالة متبادلة.

٥-٢ العوامل المؤثرة على رقم حموضة pH الأرض

هناك عدة عوامل تؤثر على قيمة الـ pH المقاسة لعينة من الأرض وهذه العوامل هى :

١ - نسبة التشبع الكاتيونى القاعدى

Basic cation saturation percentage

تدمص الكاتيونات - عادة - على مواقع التبادل الموجودة على غرويات التربة (معدنية وعضوية)، وهذه الكاتيونات يمكن أن تنقسم إلى كاتيونات مكونة للحموضة مثل الألومنيوم والهيدروجين ، وكاتيونات مكونة للقاعدية مثل الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وبعض الكاتيونات الأخرى ، ومقدار ما تساهم به الكاتيونات القاعدية كنسبة مئوية من الكاتيونات الكلية على معقد التبادل يطلق عليه اسم النسبة التشبعية للكاتيونات القاعدية .

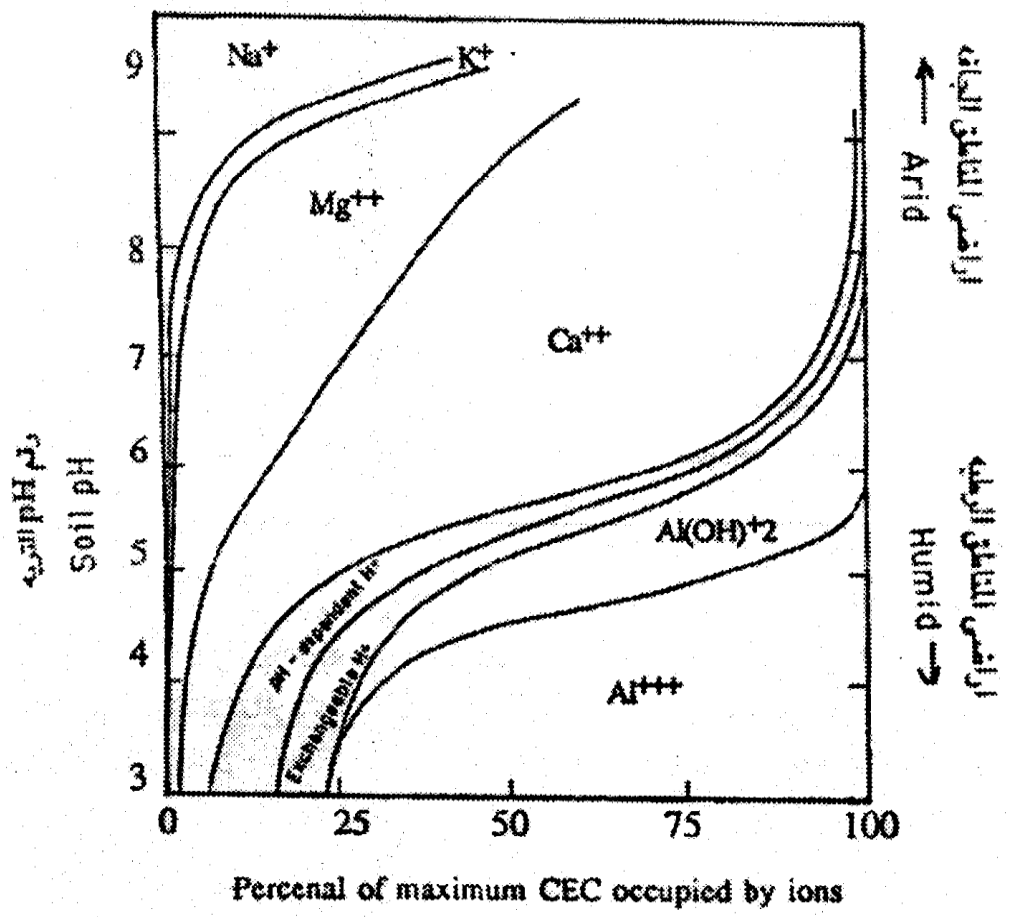
مثال: -

إذا كان لدينا تربة سعتها التبادلية الكاتيونية هى ١٦ ملليمكافىء / ١٠٠جم تربة منها ٤ر٢ ملليكمافىء كاتيونات ألومنيوم وهيدروجين ، فإن ما يتبقى على مواقع التبادل الكاتيونى يكون - عادة - هو محتوى هذه المواقع من الكاتيونات القاعدية أى أن: -

الكاتيونات القاعدية = ١٦ر٠ - ٤ر٢ = ٨ ر١١ ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة وعليه فإن:-

$$\text{نسبة التشبع بالكاتيونات القاعدية} = \frac{١١,٨}{١٦} \times ١٠٠ = ٧٣ر٧٪$$

وكلما زادت نسبة التشبع الكاتيونى القاعدى للتربة ارتفع رقم الـ pH لها والعكس، صحيح ؛ فالتربة الحامضية ذات نسبة منخفضة من التشبع بالكاتيونات القاعدية مع سيادة للهيدروجين المتبادل وأيونات الألومنيوم الذائبة كما يتضح من شكل رقم (٢٩) .

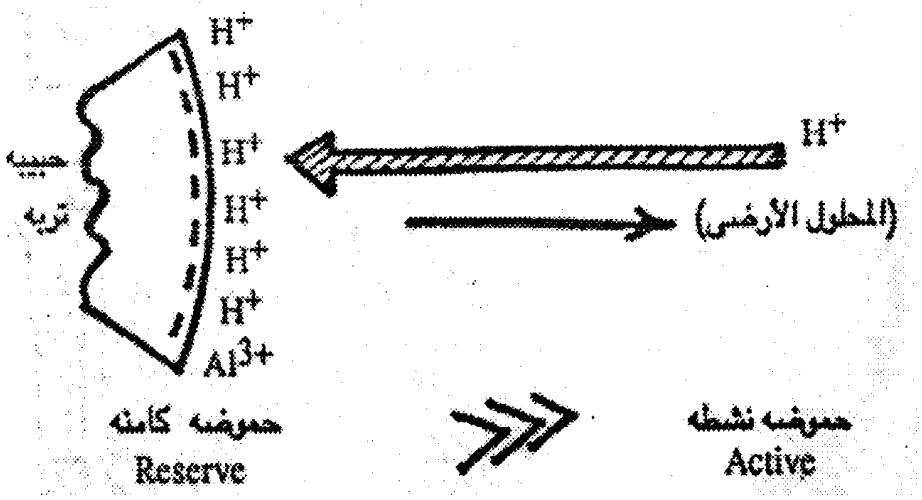


شكل رقم (٢٩): علاقة عامة بين رقم pH التربة ونسب التشبع بالقواعد

٢ - تأثير المعلق Suspension effect

يرتفع رقم pH الأرض عند قياسه فى المحلول الرائق عنه إذا ما قيس فى معلق التربة، وتسمى هذه الظاهرة بتأثير المعلق Suspension effect. ويتم تفسير تلك الظاهرة على أساس أن تركيز أيونات الهيدروجين يزداد بالقرب من أسطح حبيبات التربة التى تحمل شحنات سالبة . ثم ينخفض بشدة بالبعد عن هذه الأسطح طبقا لمفهوم الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer.

ولقد وجد أن تركيز أيونات الهيدروجين فى المحلول الأرضى الحر عند الاتزان يمثل من ١٠٠ر٠الى ١ر٠ ٪ فقط من كمية الهيدروجين الكلية فى التربة ، وترجع الحموضه النشطة Active acidity فى التربة إلى هذه الكمية الضئيلة من أيونات H^+، بينما الغالبية العظمى من أيونات الهيدروجين والمقيدة بأسطح حبيبات التربة فترجع إليها الحموضة الكامنة Reserve acidity للتربة .



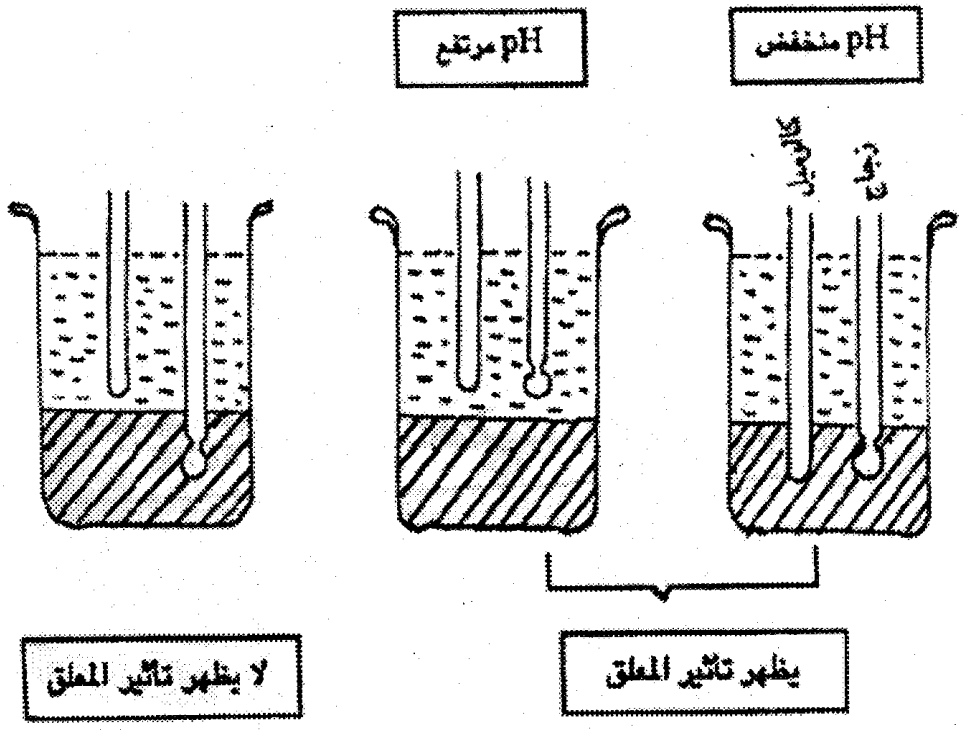
تعريف : -

* الحموضة النشطة Active acidity هو تعبير عن تركيز أيون الهيدروجين الذائب فى المحلول الأرضى ويمكن قياسها بسهولة .

* الحموضة الكامنة Reserve acidity هو تعبير عن تركيز أيونات الهيدروجين المتبادل على أسطح حبيبات التربة ، وهو يمثل ٩ر٩٩٪ من التركيز الكلى للهيدروجين فى التربة ، ويقاس تحت ظروف خاصة.

وعند قياس رقم الـ pH فى المعلق فإن قطب الزجاج glass electrode المستخدم فى جهاز قياس رقم الحموضة يكون أقرب ما يكون لسطح حبيبة التربة، وبالتالى فإنه يتأثر بالتركيز العالى لأيونات الهيدروجين المقيدة بهذا السطح ونحصل على رقم pH منخفض ، وعند قياس الـ pH فى المحلول الرائق ، فإن موضع قطب الزجاج يكون بعيدا عن سطوح حبيبات التربة ويكون متأثراً بتركيز الهيدروجين المنخفض فى المحلول الأرضى وبالتالى نحصل على رقم pH مرتفع لنفس نوع الأرض المستخدمة .

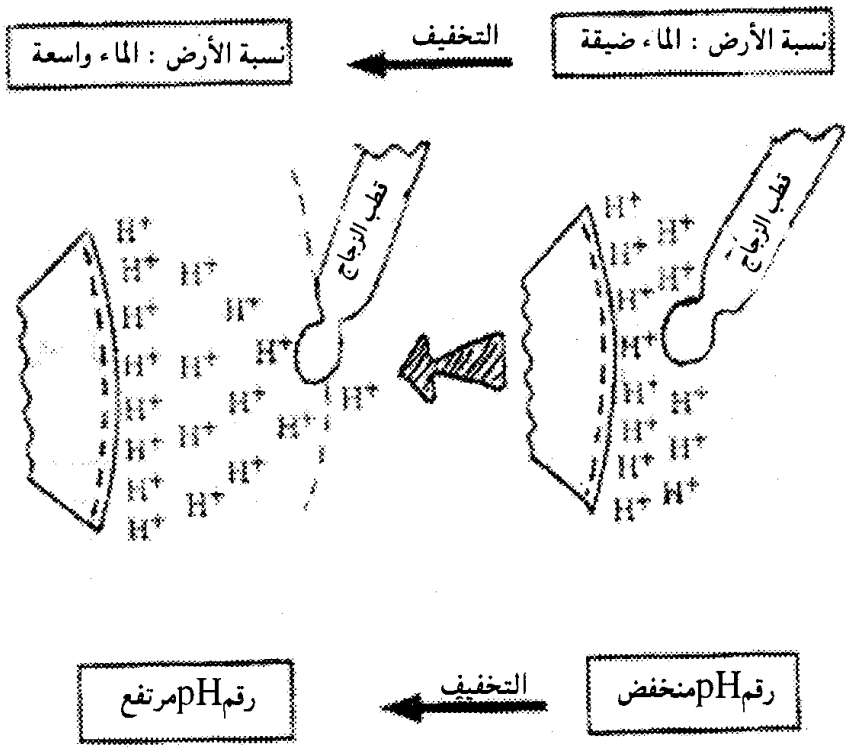
وللتغلب على ظاهرة تأثير المعلق ، فإنه عند قياس رقم pH التربة ، يوضع القطب الزجاجى مغموراً فى التربة المترسبة من المعلق بينما يوضع القطب المرجعى (قطب الكالوميل) فى المحلول الرائق كما يبدو فى شكل رقم (٣٠) .



شكل رقم (٣٠) : رسم تخطيطى يوضح أثر أوضاع أقطاب جهاز قياس الـ pH على القيم المقاسة

٣ - تركيز الأملاح الذائبة : -

لتركيز الأملاح الذائبة فى التربة تأثير كبير على رقم pH التربة ، حيث إنه يؤثر على طبيعة الطبقة الكهربائية المزدوجة ، فلقد وجد أنه بزيادة تركيز الأملاح الذائبة فى محلول التربة ينخفض رقم الحموضة المقاس لهذه التربة ، وتسمى هذه الظاهرة " أثر التخفيف "Dilution effect" ويمكن تفسير ذلك بأن كاتيونات التركيز العالى من الاملاح تتبادل مع الهيدروجين المقيد على أسطح حبيبات التربة . ويؤدى ذلك إلى انفراد أيونات الهيدروجين وزيادة تركيزها فى المحلول الأرضى وينتج عنه انخفاض فى رقم ال pH المقاس ، بينما محاليل الأملاح المخففة لا تستطيع أن تتبادل كلية مع الهيدروجين المتبادل ، مما يؤدى إلى ارتفاع رقم ال pH المقاس . إضافة إلى ذلك ، فإنه يحدث انضغاط للطبقة الكهربائية المزدوجة بتواجد تركيزات عالية من الأملاح مما يؤدى إلى خروج جزء من الهيدروجين المتبادل فى هذه الطبقة إلى المحلول الخارجى حتى يبقى تركيزه داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة ثابتا . أما فى التركيزات المنخفضة فلا يحدث ذلك (شكل رقم ٣١)



شكل رقم : (٣١) أثر نسب معلق التربة على رقم الحموضة المقاس

والجدول التالى (رقم ١٤) يحتوى على قياسات رقم الـ pH لمعلقات ذات نسب أرض : ماء مختلفة وذلك لأرض جيرية مائلة للقلوية ، ومنها يظهر تأثير التخفيف.

جدول رقم (١٤): أثر النسب المختلفة من الأرض : الماء على درجة حموضة أرض جيرية (برج العرب)

حجم الماء المضاف إلى ١٠٠ جرام أرض (سم٣)	رقم الـpH		
	عينة أ	عينة ب	عينة جـ
١٠	٧,٤٥	٧,٩٥	٨,٠٠
٢٥	٧,٦٠	٨	٨,١٠
١٠٠	٧,٧٠	٨,٢٠	٨,٤٠
١٠٠٠	٨,١٥	٩,٢٠	٩,٦٠

وللتغلب على هذه الظاهرة فإنه يتم قياس رقم pH الأرض فى محلول ملحى مخفف . وعادة مايكون محلول ١ ر. عيارى من كلوريد البوتاسيوم أو محلول ٠١ر. مول من كلوريد الكالسيوم ، والجدول رقم (١٥) يوضح أنا أرقام الـ pH المقاسة للأرض تنخفض عند استخدام محلول ٠١و. مول كلوريد كالسيوم بدرجة محسوسة عن تلك المقاسه باستخدام الماء .

جدول رقم (١٥) :أثر تركيز الأملاح على رقم حموضة الأرض

العينة	رقم الـpH المقاس فى الماء	رقم الـpH المقاس فى محلول ٠,٠١ مول $CaCl_2$
عينة أ	٧,٠١	٦,٤٦
عينة ب	٧,٤٢	٦,٧٧
عينة جـ	٨,٠٩	٧,٥٢

ومن الوجهه العملية والتطبيقية . فإن نسبة الرطوبة فى التربه تكون غير ثابته وتتغير من يوم إلى اخر بعد الرى نتيجة البخر وامتصاص النبات . وهذا بدوره يؤثر على

رقم pH التربة حيث تكون اعلى مايمكن بعد الرى مباشرة . ثم تبدا فى الانخفاض مع نقص نسبة الرطوبة وزيادة تركيز الاملاح فى الماء الأرضى .

٤ - تركيز ثانى اكسيد الكربون :

يؤدى زيادة تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون فى الهواء الأرضى الذى يشغل الفراغات البينية لحبيبات التربة الى انخفاض رقم pH الأرض ، ويرجع ذلك إلى ذوبان جزء من هذا الغاز فى الماء الأرضى وتكوين حمض الكربونيك الذى يعمل على خفض رقم الـ pH ، وخاصة فى الأراضى المتعادلة والقريبة من التعادل ، ويمكن حساب رقم الحموضة من المعادلة التالية : -

$$pH = pK_1 - 0.5 \sqrt{I}\ \text{Log}\ \frac{[H\,CO_3^-]}{[CO_2]}$$

حيث pK_1 = ثابت الانقسام الاول لحمض الكربونيك وهو يساوى ٦ر٢٦ عند درجة ٢٤م.

I = القوة الايونية للمحلول الارضى.

وتعتبر الأراضى الجيرية حساسة للتغيرات فى ضغط ثانى اكسيد الكربون عن ذلك الموجود فى الهواء الجوى ولذلك فإن رقم pH بها يتغير بدرجة محسوسة ، ويمكن حساب رقم الـ pH لأرض جيرية غير ملحية من المعادلة التقريبية التالية .

$$2\,pH = K + pCa + pCO_2$$

حيث :

K = ثابت يتراوح بين ١٠ ، ٥ر١٠ يعبر عن ذوبان كربونات الكالسيوم

pC_a = اللوغاريتم السالب لنشاط ايون الكالسيوم

pCO_2 = اللوغاريتم السالب للضغط الجزيئى لثانى اكسيد الكربون فى الهواء الأرضى.

رقم pH الأرض الجيرية يتناسب طرديا مع اللوغاريتم السالب لضغط غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الأرضى .

وتأكيدا لذلك نسوق الجدول رقم (١٦) ، الذى يظهر كيف ان رقم pH معلقا من الأرض الجيرية ينخفض بزيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون بطريقة مماثلة لما يحدث لمعلق من كربونات الكالسيوم النقية وما يصاحب ذلك من ذوبان جزء من الكالسيوم فى المحلول.

جدول رقم (١٦): أثر ضغط ثانى أكسيد الكربون على رقم *pH* معلق من أرض جيرية وآخر من كربونات الكالسيوم وتركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى

ضغط ثانى أكسيد الكربون (ض . جـ)	رقم pH معلق أرض جيرية	رقم pH معلق كربونات الكالسيوم	تركيز الكالسيوم الذائب ملليمكافئ / لتر
٠,٠٠٠٣٣	٨,٥٧	٨,٤٢	٠,٥٣
٠,٠٠١	٨,٣٠	٨,٠٠	٠,٧٥
٠,٠٠٣	٧,٩٥	٧,٧٧	١,١٤
٠,٠١	٧,٦٣	٧,٣٣	١,٧٠
٠,٠٣	٧,٣٠	٧,٠٠	٢,٥٢
٠,١٠	٦,٩٥	٦,٦٥	٣,٨٤

[?] مثال محلول :-

١- عند حساب رقم pH لأرض جيرية ، متزنة مع غاز ثانى أكسيد الكربون ضغطة يساوى ٠,٠٠١ ض . جـ وتركيز من الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرض = واحد مول / لتر ، نفترض أن ثابت ذوبان كربونات الكالسيوم هو ٠,٥ ١ ، وبالتعويض فى المعادلة التالية : -

$$2\,pH = K + pCa + pCO_2$$

ينتج أن :-

٢ pH = ٠,٥ ١ + صفر + ٣

= ١٣,٥

∴ pH = ٦,٧٥

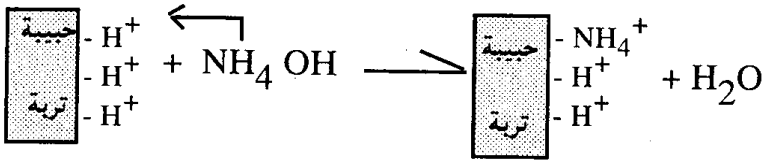
٥ – ٥ الفعل التنظيمى للأراضى Buffering Capacity of Soils

وجد أنه عند دراسة الأراضى المختلفة من حيث رقم الـ pH ، حدوث تغيرات طفيفة فى هذا الرقم ، أو بمعنى آخر ، أن رقم الـ pH للمحلول الأرضى ثابت تقريبا ولا يتغير بسهولة ، ويسمى ذلك بالفعل التنظيمى للأرض .

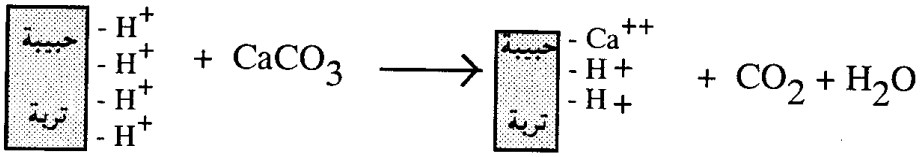
تعريف :
الفعل التنظيمى للأرض Soil buffering action هو قدرة الأرض على مقاومة التغير فى رقم حموضتها نتيجة إضافة مواد قاعدية أو حامضية إليها .

ويمكن تفسير هذه الخاصية للتربة على أساس ما سبق تعريفه من الحموضة النشطة والحموضة الكامنة والاتزان الحادث بينهما والذى يعمل على مقاومة التغير السريع فى رقم pH سواء عند إضافة مواد قاعدية أو حمضية للأرض كما يتضح مما يلى : –

أ – عند معاملة الأرض الحمضية بمحلول من الأمونيا فإن أيون الهيدروجين سيتبادل مع أيون الأمونيوم تبعا للمعادلة : –



كذلك يحدث التفاعل التالى عند إضافة الجير



وفى هذين التفاعلين فإن إضافة كل من سمادى الأمونيا السائلة أو الجير يؤدى إلى تغيير فى رقم الـ pH فى نطاق محدود ، وذلك نتيجة معادلة جزء من الحموضة الكامنة ، ويحدث ارتفاع طفيف فى رقم الـ pH .

ب – يحدث تفاعل تنظيمى للأرض أيضا ، عند تواجد حامض بها مثل حمض الكربونيك الذى ينتج أيونات هيدروجين تعادل جزءا من القواعد المتبادلة تبعا للتفاعل التالى :–

وفى هذه الحالة أيضا يحدث انخفاض محدود جدا فى رقم الـ pH وعلى هذا الأساس يمكن أن تحدث عدة تفاعلات بين غرويات التربة والمحاليل الحمضية والقاعدية . وكلما كانت هذه التفاعلات نشطة كلما أصبحت قدرة الأرض على التعادل أكبر وكلما أصبح من الصعب تغيير درجة حموضتها . وعندئذ يمكن القول بأن هذه الأرض ذات فعل تنظيمى عالى ، ويمكن توسيع مفهوم التنظيم ليشمل مقاومة التغير فى تركيز أى أيون فى المحلول المرتبط بالغروى ، فإذا انخفض تركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى- كأن يترسب مثلاً - فإن كمية إضافية من الكالسيوم المتبادل تترك مواقع تبادلها وتصبح ذائبة فى المحلول تبعا لقانون فعل الكتلة ، وعلى العكس من ذلك فإن إضافة كالسيوم فى حالة ذائبة للتربة يؤدى إلى أن يتحول جزء منه إلى حالة متبادلة ليظل تركيز الكالسيوم الذائب ثابتا ، وبالمثل يكون للفعل التنظيمي تأثير على التحكم فى التركيزات الذائبة لايونات كل من الصوديوم Na ، البوتاسيوم K ، المغنسيوم Mg والألومنيوم Al ، والكالسيوم Ca ، والهيدروجين H ، ويزداد هذا التأثير التنظيمى بزيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة والتى يتحكم فيها عدد من العوامل هى : -

١ - قوام الأرض : حيث إن الأرض الطينية تظهر فعل تنظيمى أكبر كثيرا من الأراضى الرملية الفقيرة فى الغرويات الارضية .

٢ - نسبة الدبال : - زيادته تؤدى إلى زيادة الفعل التنظيمى للأرض .

٣ - نوعية معادن الطين : - فالمعادن من نوع ٢ : ١ مثل المونتموريللونيت والفيرميكيوليت ، لها فعل تنظيمى أكبر كثيراً عن المعادن من نوع ١ : ١ مثل معدن طين الكاؤولينيت .

وبالإضافة إلى الفعل التنظيمى الراجع إلى نشاط غرويات التربة ، فإن هناك بعض المكونات الأرضية التى لها فعل تنظيمى مثل كربونات الكالسيوم والدولوميت والتى تسود فى الأراضى الجيرية والتى تكتسب مقاومة شديدة للتأثيرات الحامضية .

وللتعبير عن قوة الفعل التنظيمى للأرض يستخدم اصطلاح السعة التنظيمية للارض.

تعريف

السعة التنظيمية للأرض Soil buffering capacity يمكن استخدام طريقتين للتعبير عنها .. هما : -

أ - هى كمية الحامض أو القلوى (مقدرا بالملليمكافىء) اللازمة إضافتها إلى وزن معين من الأرض لكى يتغير رقم الـ pH لها بمقدار واحد صحيح .

ب - هي مقدار التغير فى رقم pH وزن معين من التربة نتيجة إضافة ١ سم٣ من حامض أو قلوى ذى تركيز معين .

٥ - ٦ تقدير السعة التنظيمية للأرض :

تتلخص طريقة التقدير عمليا فى قياس رقم pH التربة بإضافة كميات معينة من حمض وقلوى وأهم الطرق المستخدمة هى طريقة أرهينيوس Arhenius لسهولة إجرائها وخطواتها كالتالى : -

١ - تؤخذ ٩ دوارق مخروطية سعة كل منها ١٠٠ ملليلتر ويوضع فى كل منها ١٠ جم تربة تزاد الى ٢٠ جم فى حالة الأراضى الرملية ، ثم تعامل بكميات متزايدة من حمض الكبريتيك H_2SO_4 تركيزه ١ , ٠ أساسى أو الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) NaOH تركيزه ١ , ٠ أساسى تبعا للكميات المذكوره فى جدول رقم (١٨) .

جدول رقم (١٨) : إضافات حمض الكبريتيك والصودا الكاوية بكميات متزايدة لتقدير السعة التنظيمية للأرض

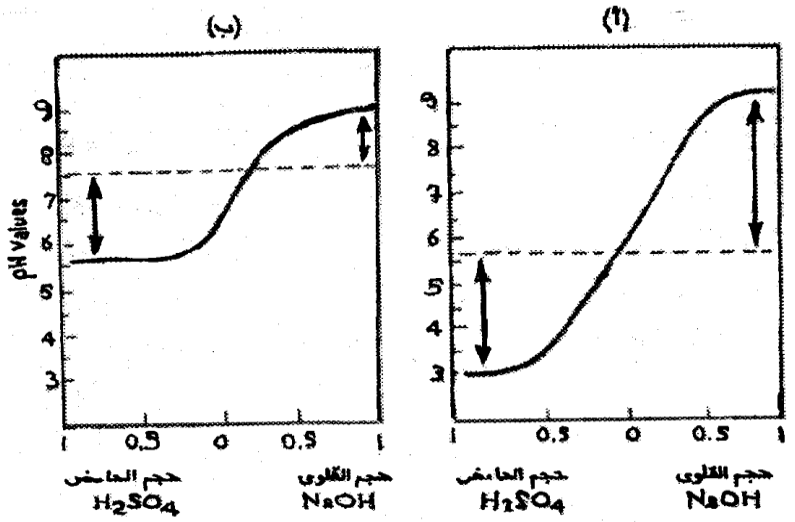
المعاملة	رقم الدورق								
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
حجم حمض الكبريتيك (١,٠ أساسى) بالملليمتر	–	١	٢	٥	١٠	–	–	–	–
حجم الصودا (١,٠ أساسى) بالملليمتر	–	–	–	–	–	١	٢	٥	١٠
حجم الماء المقطر المضاف بالملليمتر	٢٠*	١٩	١٨	١٥	١٠	١٩	١٨	١٥	١٠

* يلاحظ أن الدورق الأول عومل بالماء المقطر فقط ، وذلك لكى يستخدم فى المقارنة .

٢ - تسد الدوارق وترج وتترك لليوم التالى - ثم يرشح المحلول من كل دورق على حدة ويقدر رقم pH المترشح .

٣ - توضح النتائج المتحصل عليها بيانيا ، بحيث يمثل الإحداثى الرأسى أرقام الحموضة (pH) ويمثل الإحداثى الأفقى من اليمين حجم القلوى ومن اليسار حجم الحامض ، ومن الخط البيانى يمكن معرفة القدرة التنظيمية للتربة (انظر شكل رقم ٣٤) والذى يبين القدرة التنظيمية لتربة مائلة إلى الحموضة (أ) ، والقدرة التنظيمية لتربة مائلة للقلوية (ب) .

يتضح من الشكل ، أن قدرة التربة المائلة للحموضة (أ) على التنظيم ضئيلة ، لأن إضافة كل من الحامض أو القلوى قد غير رقم الـ pH بدرجة كبيرة ، فى حين نجد أن قدرة التربة المائلة للقلوية (ب) على التنظيم أكبر لأن إضافة القلوى أو الحامض لم تغير كثيرا من رقم حموضتها. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن التربة الحامضية فقيرة فى المواد الغروية التى تقوم بعملية التنظيم نتيجة غسيلها من هذه التربة ، عكس التربة القلوية المشبعة بالقواعد لتوفر المواد المنظمة بها .



شكل رقم (٣٥) : السعة التنظيمية لأرض مائلة للحموضة (أ) وأخرى مائلة للقلوية (ب)

٥- ٧ أهمية الفعل التنظيمى للأرض :

لاشك أن للفعل التنظيمى للأرض أهمية كبيرة تتمثل فيما يلى:-

أ- ثبات رقم حموضة الأراضى، وهو من أهم عوامل الحفاظ على النشاط البيولوجى فى الأرض، فالتغيرات الحادة فى رقم الـ pH تؤدى إلى التأثير المباشر والضار للتركيزات المرتفعة من أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل، بالإضافه إلى إذابته لبعض العناصر وزيادة تركيزاتها فى المحلول الأرضى إلى الحد الذى تصبح فيه سامة لكافة الأنشطة البيولوجية فى الارض.

ب- المساعدة على تحديد كميات المصلحات الكيميائية الواجب إضافتها إلى كل من الأراضى الحمضية أو القلوية، وكلما زادت سعة الأرض التنظيمية كلما كانت الكميات اللازم إضافتها من هذه المصلحات كبيرة سواء عند إصلاح الحموضة بإضافة الجير أو إصلاح القلوية بإضافة الجبس أو الكبريت.

٥- ٨ الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية :

تتميز الأراضى الصحراوية الرملية بانخفاض محتواها من الغرويات الأرضية سواء المعدنية أو العضوية ، والتى هى المكونات الرئيسية ذات القدرة التنظيمية العالية لرقم pH الأرض ، وبالتالى فإنه من الطبيعى أن تنعدم أو تقل القدرة التنظيميه لهذه الأراضى الرملية التى تسمى بالهيكلية نظراً لعدم وجود غرويات بها ، بحيث لا تكون ذات قيمة محسوسة. وتزداد القدرة التنظيمية للأراضى الصحراوية بقدر احتوائها على بعض المعادن ، مثل الكالسيت أو معادن مجموعة الكربونات عموماً، حيث تقوم هذه المعادن بمقاومة انخفاض رقم pH هذه الأراضى بكفاءة عالية ، وبالطبع يكون ذلك واضحا فى الأراضى الجيرية. أما الأراضى الطفلية الصحراوية فتتميز بقدر كبير من الفعل التنظيمى ؛ وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من غرويات معادن الطين المختلفة، ويظهر ذلك الفعل جليا عند استخدام هذه الطفلات الاستخدام الزراعى المناسب لها.

متطلبات الكلس

من اجل رفع إنتاجية الترب الحامضية يجب استصلاحها ويتم ذلك بإضافة الكلس والذي يعمل على تجهيز الكالسيوم والذي يقوم بالإحلال محل الهيدروجين المتبادل.

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$Soil]\ Ca\&4H + Ca(HCO_3) \rightarrow Soil]\ 3Ca + 4H_2CO_3$$

يقصد باحتياجات الكلس او اللايم (Lime requirement) وهي كمية اللايم التي تضاف الى الترب الحامضية وتعمل على معادلة الحموضة ورفع pH التربة الى الحد المناسب لنمو معظم المحاصيل (حوالي 6.5 _7) وتعتمد المعادلة التالية لتحديد كمية الكلس او اللايم اللازم للاستصلاح من خلال

$$\%\ BS = S/T \times 100$$

حيث BS= النسبة المئوية للإشباع

S= كمية الكايتونات المتبادلة (القواعد) باستثناء الهيدروجين

T= السعة المتبادلة الكايتونية (مليمكافئ/ 100 غرام تربة)

وعليه اقترح الجدول التالي للعلاقة بين القيمة الناتجة ومدى الحاجة الى الكلس

النسبة المئوية للإشباع بالقواعد	مدى الحاجة الى الكلس
اقل من 50%	بحاجة شديدة
55- 70%	بحاجة متوسطة
70- 80%	بحاجة قليلة
أكثر من 55%	ليست بحاجة

التربة القلوية

تشغل التربة القلوية مساحات ليس في المناطق الجافة في أسيا وإفريقيا وحسب وإنما في الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا. وتسمى الترب حسب مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الأمريكية (Sodic soil) وسابقا alkali soil وتوصف هذه التربة بانها الترب التي تحتوي على نسبة عالية من الصوديوم المتبادل (أكثر من

15%) بحيث تؤثر في نمو النبات إما كمية الأملاح الذائبة فتكون قليلة التوصيل الكهربائي اقل من 4 مليموزسم $^{-1}$ كما وان درجة التفاعل لهذه الترب عالي (8.5 –10) لذلك تكون الغرويات في حالة تشتت مما ينعكس على رداءة البزل والتهوية.

ولقد لخص كوفدا (kovda 1974) أهم الطرق والظروف الطبيعية التي يحتمل ان تتكون الصودا بواسطتها في الترب ومن أهمها.

1) تتكون كربونات الصوديوم بسبب تجوية الصخور والمعادن الحاوية على الكربونات وخاصة الصخور النارية السليكانية. عند انطلاق ايونات البيكاربونات والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم اثناء تجوية هذه الصخور. تتحول بيكاربونات هذه الكايتونات الى كربونات عند ظروف الجفاف. يعتمد تكون كربونات الصوديوم على نسبة ايونات البيكاربونات (HCO_3^{-1}) الى مجموع الكالسيوم والمغنيسيوم .فإذا كانت اكبر من واحد فان هناك احتمال كبير لتكوين كربونات الصوديوم.

2) تتكون كربونات الصوديوم حسب تفاعل هلكارد (Hilgard reaction) ويتم ذلك بتفاعل المياه الأرضية الحاوية على كلوريدات او كبريتات الصوديوم مع الصخور الكلسية من خلال المعادلات التالية

$$CaCO_3 + 2NaCl \leftrightarrows CaCl_2 + Na_2CO_3$$
$$CaCO_3 + Na_2SO_4 \leftrightarrows CaSO_4 + Na_2CO_3$$

لأجل استمرار التفاعل نحو اليمين يتطلب ذلك استمرار الغسل لنواتج التفاعل وبناءأ على المسوحات التي اجرين في العراق من قبل العديد من الباحثين فانه يندر تواجد الترب القلوية في العراق.

استصلاح الترب القلوية

الترب القلوية لها صفات سلبية تؤثر في إنتاجية التربة من خلال التأثير المشترك لايونات الصوديوم المتبادل مع درجة التفاعل العالية وهو تأثير سمي لجذور النبات. كما ان رداءة البزل والنفاية والتهوية تعتبر مشاكل معروفة في التربة القلوية. وبسبب ارتفاع درجة التفاعل يجري ترسيب معظم العناصر الغذائية وتحويلها الى صيغة غير جاهزة للنبات. لذلك من المهم عند استصلاح هذه الترب خفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل الى 5 % وخفض الـ pH . وقد عبر عن كمية الجبس اللازمة لخفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل الى الحد المطلوب باحتياجا ت الجبس (Gypsum Requirement) حيث يعمل الكالسيوم الناتج من ذوبان الجبس على إبدال الصوديوم المتبادل في التربة وحسب المعادلة التالية

$$Soil\rceil 2Na + CaSO4 \rightarrow Soil\rceil Ca + Na_2SO_4$$

ويمكن حساب كمية الجبس بالطريقة التالية

$$\text{احتياجات الجبس (مليمكافئ/ 100 غرام تربة)} = \frac{\text{CEC X (\% للصوديوم المتبادل المطلوبة} - \text{\% للصوديوم المتبادل الأصلية)}}{100}$$

تثبيت العناصر الغذائيه في التربة Fixation of plant nutrients

يمكن تعريف تثبيت العناصر الغذائية في التربة بانها تلك العملية التي ينتج عنها تحول العنصر من حالة ميسوره او جاهزه للنبات الى حالة اقل تيسرا او غير ميسور او غير جاهزة للنبات بحيث ينتج عنها نقص في تجهيز العنصر رغم توفره من الناحية الكمية. اي ان العنصر ينطلق بسرعة غير كافية لتعويض الفقد نتيجة الامتصاص. من اهم العناصر التي سنركز عليها هي الفوسفور والبوتاسيوم والامونيوم وكلها يحتاجها النبات بكميات كبيرة.

تثبيت الفوسفور Phosphorus fixation

تقدر كمية ما يمتصه النبات من الفوسفور المضاف بحوالي 10–30% اما الباقي منه يستهلك بواسطة الاحياء الدقيقة في التربة والجزء الاعظم منه يثبت في التربة بشكل مترسب او ممتز على معقد التفاعل.

في كل هذة التفاعلات فأن الفوسفور يدخل بأحدى حالاته الايونية التي يمكن ان تتكون من حامض الفوسفوريك. لقد حسب Buchrer 1932 العلاقة بين الرقم الهيدروجيني والتركيز للحامض غير المتأين (H_3PO_4) والتركيز النسبي للايونات الثلاثة للفسفور وهي $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} و PO_4^{-3} وكما هي موضحة في الجدول التالي مستعملا ثابت التعادل لجميع احتمالات تأين الحامض وكان التركيز الكلي لحامض الفوسفوريك هو واحد جزء بالمليون.

pH	H_2PO4^0	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{--}	PO_4^{---}
3	$8.6X10^{-7}$	$9.5X10^{-6}$	$1.9X10^{-8}$	$6.8X10^{-19}$
4	$9.3X10^{-8}$	$1.2X10^{-5}$	$2.05X10^{-8}$	$7.4X10^{-17}$
5	$9.1X10^{-9}$	$1.02X10^{-5}$	$2.02X10^{-7}$	$7.3X10^{-15}$
6	$7.8X10^{-10}$	$8.2X10^{-6}$	$1.71X10^{-6}$	$6.2X10^{-13}$
7	$3.1X10^{-11}$	$3.4X10^{-6}$	$6.9X10^{-6}$	$2.47X10^{-11}$
8	$4.5X10^{-13}$	$4.9X10^{-7}$	$9.8X10^{-6}$	$3.53X10^{-10}$
9	$4.6X10^{-15}$	$5.1X10^{-8}$	$1.02X10^{-5}$	$3.7X10^{-9}$
10	$4.8X10^{-17}$	$5.2X10^{-10}$	$1.03X10^{-5}$	$3.7X10^{-7}$

ويتضح من هذة الحسابات انه تحت رقم هيدروجيني بين 4–8 وهو المدى الاعتيادي في التربة فان الايونيين HPO_4^{-2} $H_2PO_4^-$ هما الايونان الرئيسان للفوسفات في التربة وانه تحت رقم هيدروجيني 6.7 فما دون يسود الايون $H_2PO_4^-$ بينما يسود الايون HPO_4^{--} فوق هذا الحد من التفاعل. كما يلاحظ انه بعد رقم هيدروجيني 9 يصبح الايون PO_4^{-3} اكثر اهمية، ولكن حتى تحت رقم هيدروجيني 12 فأن الايون PO_4^{-3} يربو على الايون $H_2PO_4^{2-}$ ومنه يتضح ايضا ان كل تفاعلات الفوسفور في التربة تتأثر الى حد ما بفعالية ايون الهيدروجين فيها. ان اهم تفاعلات الفوسفور في التربة هي:

1 _ تفاعلات الامدصاص Adsorption reactions

ان تفاعلات الامدصاص (الامتزاز) التي يمكن ان تؤدي الى تثبيت الفوسفات يمكن ان تقسم الى قسمين حسب طبيعتها وهي امدصاص فيزيائي واخر كيميائي. فالامدصاص الفيزيائي هو نتيجة امدصاص ايون الفوسفات الكبيرة الحجم نسبيا على السطوح الغروية الواسعة بسبب وجود الجهد السطحي (Surface potential) اما الكيميائي او الكهروكيميائي فأنه يعني انجذاب ايون الفوسفات الى السطوح الغروية المشحونة او اتحادها بأيونات الالومنيوم الموجودة على النهايات الغروية. لقد اوضحت العديد من الدراسات ان امدصاص الفوسفات ليس امدصاصا اعتياديا كالذي يحصل عند امدصاص الكتيونات الاخرى فهو مزيج بين الامدصاص الاعتيادي والامتصاص داخل الفراغات المتناهية الصغر والترسب فيها ولذلك يطلق عليه احيانا بالامتزاز Sorption التي هي مزيج من الامدصاص وامتصاص وان هذة العملية لاتكون كلها بنفس السرعة بل ان قسما منها يكون سريعا والاخر ببطئ جدا وغير عكسي. ففي دراسة قام بها Muljadi et al.,1966 وجماعته على امدصاص الفوسفات على معدن الكاولبنايت وعلى معدن الجبسايت وفي ظروف من التفاعل تتراوح بين pH 3 الى 10 وتركيزات مختلفة من الفوسفور وجدوا انه يمكن تمييز ثلاث مناطق امدصاص مختافة على خط الامدصاص.

ان الفوسفور في محلول التربة عادة يكون قليلا جدا ولذلك فأن الترسيب الذي حصل في المنطقة الثالثة ربما يكون مهما فقط بالنسبة لمناطق التلامس بين الاسمدة الفوسفاتية المضافة والتربة الا ان هذة الصورة للامدصاص وهذا النوع من الدراسات رغم اهميتها فأنها تبقى بعيدة عن الصورة المعقدة الموجودة في التربة.

واوضح هذان الباحثان ان هذا الامدصاص يزداد بارتفاع درجة الحرارة. لذلك استنتجا ان الامدصاص في التراكيز الواطئة من الفوسفات (اقل من 0.0016 مولار) وخلال الثلاث ساعات الاولى يمكن ان يكون عملية امدصاص اعتيادية وابدال لايون الهيدروكسيل على السطح الغروي ولكن الفوسفات ستدخل في تفاعلات اخرى بمرور الزمن وفي التراكيز العالية. كما اوضحت العديد من الدراسات مثل الدراسة التي قام بها Davis1935 تحت ظروف التفاعل لتربة غير كلسية بان امدصاص الفوسفات يمكن تمثيله بمعادلة Fruendlich في الساعات الاولى من التفاعل ولكن بمرور الزمن يحصل امتصاص للفوسفات من قبل الاجسام الصلبة وان هذا الامتصاص يحصل ببطء وغير عكسي وان سرعة التنافذ للفوسفات ضمن الجزء الصلب والمحلول تتحكم بسرعة هذا التفاعل.

ان حصول الامتزاز ليس هو نهاية المطاف بل انه يسهم بجزء من هذا التثبيت حيث ان هذا الامتزاز يكون على السطوح الطينية او على سطوح كاربونات الكالسيوم في الترب الكلسية وهذا بدوره يعتمد على المساحة السطحية النوعية لهذه السطوح، فعند اضافة فوسفات الكالسيوم $Ca(H_2PO_4)_2$ الى تربة كلسية او قلوية فان التغيرات التي يمكن ان تحصل تباعا هي كما يلي:

1- تكون فوسفات الكالسيوم القليلة الذوبان $CaHPO_4$

2- الامتزاز على سطوح اللايم وسطوح الاطيان.

3- الترسيب بشكل معقد من فوسفات الكالسيوم مثل الهيدروكسي ابتايت $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ اما في الترب الحامضية فيحصل الامتزاز ايضا والترسيب بشكل فوسفات الالمنيوم.

2- الابدال التناظري Isomorphus replacement

المقصود بالابدال التناظري هي التفاعلات التي تؤدي الى حصول ابدال ضمن التركيب البلوري للمعادن الطينية وهذا الابدال يمكن ان يمر بثلاثة مراحل وهي:

1- استمرار عملية الامتزاز على السطوح الداخلية للبلورات.

2- تحول الامتزاز الى عملية ابدال ضمن التركيب البلوري حيث يحل ايون الفوسفات محل مجموعة الهيدروكسيل في وحدة الالومينا اوكتاهيدر او محل ايون السليكا في وحدة السليكا تترهيدرا.

3- ويتبع ذلك تحلل للبلورة الجديدة المتكونة نتيجة الابدال اعلاه يتبعها حصول تبلور جديد لتكوين مركبات جديدة يدخل الفوسفور ضمنها.

3- تفاعلات التحلل المزدوج double decomposition reactions

استنادا الى حاصل الاذابة فان عدة تفاعلات للفوسفات يمكن اعتبارها كوسيلة لتثبيت او ترسيب الفوسفات الذائبة في محلول التربة. وهذه التفاعلات بصورة عامه تقسم الى مجموعتين رئيستين احداهما تتضمن تفاعلات ايون الفوسفات مع الحديد والالمنيوم وهو التفاعل السائد في الترب الحامضية والثانية تتضمن تفاعلات ايون الفوسفات مع الكالسيوم وهو التفاعل السائد في الترب القاعدية والترب الكلسية بالذات.

دور المعادن الطينية في تثبيت الفوسفور

اثبتت العديد من الدراسات ان للمعادن الطينية دور في تثبيت الفوسفور. ان سرعة التثبيت من قبل معادن الطين يزداد بارتفاع درجة الحرارة وزيادة تركيز الفوسفور وقلة او انخفاض تفاعل التربة وان مقدار الفوسفور المثبت يقل حسب الترتيب التالي:

الالايت > الكاؤلينايت > المونتمورلينايت.

تثبيت البوتاسيوم Potassium fixation

يقصد بتثبيت البوتاسيوم تحول البوتاسيوم من الحالة الذائبة والمتبادلة الى الحالة التي تجعله غير قابل للبدال بايون الملح المتعادل. وقد لوحظ منذ زمن غير قليل انه عند اضافة الاسمدة البوتاسية الى التربة فان قسما من البوتاسيوم يحصل له تغيير يجعله غير جاهز للنبات. ويعتبر Volk 1933 اول باحث درس هذا الموضوع وأوضح الأمور التالية:

1- تجفيف التربة يعتبر عاملا مهما في هذا التفاعل .

2- ان حجم دقائق الطين ونوع الطين في التربة لها اثر كبير.

3- ان معاملة التربة بحامض الهيدروكلوريك المركز قلل من قابلية التربة على تثبيت البوتاسيوم في حين ان معاملتها بهيدروكسيل الكالسيوم زادت من هذه القابلية.

4- ان سرعة التثبيت تقل بمرور الزمن عند اضافة الاسمدة البوتاسية ومنذ ذلك الحين توالت البحوث العديدة حول تثبيت البوتاسيوم والعوامل المؤثرة فيه.

وقد تبين ان البوتاسيوم في التربة يوجد على عدة حالات تتراوح من الحالة الذائبة او الطليقة في محلول التربة الى البوتاسيوم الداخل ضمن التركيب البلوري للمعادن بحيث لايمكن ان يخرج منها الا بتحطيم بناء هذه المعادن. وبالرغم من عدم وجود حدود فاصلة بين هذه الصور او الحالات فان البوتاسيوم في التربة يمكن ان يقسم الى ثلاث حالات او صور هي:-

البوتاسيوم الذائب والبوتاسيوم القابل للابدال والبوتاسيوم غير قابل للابدال. ان كمية البوتاسيوم في كل صورة من هذه الصور تتاثر بعوامل عديدة مثل طبيعة المادة الغروية. كمية البوتاسيوم المضافة الى التربة بشكل اسمدة او مع مياه الامطار، وادارة التربة.

فالبوتاسيوم الذائب يعرف بأنه كمية البوتاسيوم التي توجد في محلول التربة في وقت معين والتي تكون حرة او طليقة اي طاقة مسكها من قبل اجزاء التربة الصلبة تعتبر صفرا. وهذة الكمية تكون عادة قليلة لانها عرضة للامتصاص او الغسل. وهذة الكمية من البوتاسيوم تكون في العادة غير كافية لاحتياجات النبات من البوتاسيوم حتى في الترب التي تعتبر خصبة. وتكون هذة الكمية في حالة اتزان مع البوتاسيوم القابل للابدال والممدص على سطوح الغرويات.

اما البوتاسيوم القابل للابدال فأنه عادة يعرف بأنه كمية البوتاسيوم التي يمكن استخلاصها بمحلول عياري من خلات الامونيوم المتعادل او اي محلول ملحي متعادل اخر(لاحظ Reitamier ، 1951). اوضح عدد من الباحثين ان هذا الجزء من البوتاسيوم يصعب تحديدة بالضبط في كثير من الترب نظرا لصعوبة تحديد حد فاصل بين المتبادل والذائب من جهة. وكذلك لاستمرار خروج البوتاسيوم من الاجزاء المعدنية نتيجة انحلال بعض البوتاسيوم ضمن المعادن في المحاليل المستعملة للاستخلاص. ويعتبر هذا الجزء ميسورا للنبات وكميته تعتبر دليلا على مدى توفير البوتاسيوم في كثير من الترب.

اما البوتاسيوم غير المتبادل وغير القابل للابدال فهو البوتاسيوم الذي لايمكن استخلاصة بمحلول الملح المتعادل. ويشمل البوتاسيوم الموجود ضمن التركيب البلوري لبعض المعادن في التربة مثل المايكا والارتوكليز والفلدسبار بالاضافة الى البوتاسيوم المحتجز ضمن المعادن الطينية كالايلايت والاسمكتايت. وهذا الجزء من البوتاسيوم يشكل معظم البوتاسيوم الموجود في التربة. ونظرا لان اي تغيير في احد حالات البوتاسيوم يتبعة تغير في الصورة الاخرى فأنه ساد الاعتقاد ان هناك حالة من الاتزان بين هذة الصور او الحالات اي انه:

بوتاسيوم غير قابل للابدال ⇆ بوتاسيوم متبادل ⇆ بوتاسيوم ذائب

⇆ويشير طول السهم في المعادلة اعلاه الى سرعة التفاعل. فبينما تكون عملية التبادل بين الذائب والمتبادل سريعة جدا تكون بطيئة جدا بين المتبادل والمثبت او الغير قابل للابدال.

العوامل المؤثرة في تثبيت وخروج البوتاسيوم المثبت

1- نوع الايونات المكملة
2- مناوبة الترطيب والتجفيف
3- تاثير النبات
4- نوع المعادن السائدة

تثبيت الامونيوم ammonium fixation

يشابه تثبيت ايون الامونيوم (NH_4^{+1}) ايون البوتاسيوم في كثير من الوجوه، حيث أنه حسب نظرية page and Baver فأن حجم ايون الامونيوم قريب جدا من ايون البوتاسيوم على ان الدراسات حول تثبيت الامونيا اقل بكثير من الدراسات على تثبيت البوتاسيوم. وهذا ربما يرجع الى كون النايتروجين في التربة يوجد بحالات متعددة بحالتيه العضوية وغير العضوية، وان الاحياء الدقيقة تحول الامونيا في عملية النترجة الى ايون النترات الذائبة. على ان تثبيت الامونيا والكمية المتبقية منها تكون في بعض الترب كبيرة وان هذة الامونيا لا تكون جاهزة لمهامجة الاحياء التي تقوم بعملية النترجة. ان التربة الجافة تثبت مقدار من الامونيوم يتراوح بين 6- 1000 جزء بالمليون نايتروجين وتختلف قابلية التثبيت حسب نوع المعدن الطيني السائد حيث يعتبر معدني الالايت والفيرميكولايت اكثر المعادن اثرا في تثبيت الامونيا في حالتي الترطيب والجفاف في حين ان التثبيت بواسطة معدن المونتمورلونايت يعتمد على حالته الجافة وقد اقترح Brown and Bartholomew,1962 تفسيرا لتثبيت الامونيا يتضمن -أ- تفاعل غاز الامونيا مع الهيدروجين لتكوين ايون الامونيوم ($NH4^+$) .ب- يتبع ذلك تفاعل ايون الامونيوم مع الهيدروكسيل المرتبط بالبلورة في النهايات البلورية المرتبطة بالسليكون وليس مع الهيدروكسيل المرتبطة بطبقة الالومنيا. ج- يتبع ذلك تفاعلة مع الايونات المتبادلة مثل ايون ($Al(H_2O)_6^{3+}$) لتكوين هيدروكسيد الالومنيوم $Al(OH)_3$ والماء. ومع ايون $Ca(H_2O)_6^{+3}$ لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم والماء. ان تثبيت الامونيوم ظاهرة معروفة وخاصة في طبقات التربة تحت السطحية الا ان كثيرا من النواحي المتعلقة بكيفية حصول عملية التثبيت على المعادن المختلفة لا زالت غير معروفة بالضبط. ان معرفة كيفية تثبيت الامونيا له اهمية بالنسبة لاستعمالات الاسمدة النايتروجينة المختلفة سواء السائلة منها او الغازية او الصلبة.

تثبيت الايونات الاخرى

ان مصطلح التثبيت احيانا يستعمل ليشتمل كل التحولات للعناصر من الحالة الجاهزة او الميسورة للامتصاص الى الحالة غير الجاهزة للامتصاص وبذلك فأنها تشتمل تحولات العنصر من الحالة غير العضوية الى الحالة العضوية ايضا كالذي يحصل لعناصر النايتروجين، الفوسفور والكبريت والتي تتوقف على نشاط الاحياء في التربة. ان العناصر الدقيقة كالبورون والحديد والزنك والمنغنيز والنحاس تتغير حالة ذوبانها وبالتالي جاهزيتها في التربة حسب ظروف التربة المختلفة. فبالرغم من ان احتياجات النباتات لهذة العناصر قليل جدا الا ان بعض الترب تعاني فيها النباتات من نقص لواحد او اكثر من هذة العناصر رغم توفرها من الناحية الكمية. ومن اهم العوامل التي تؤثر على حالة هذة العناصر هي تفاعل التربة حيث ان البعض منها ثقل جاهزيته في الظروف الحامضة كالموليبريوم وتزداد بارتفاع الرقم الهيدروجين فيما البعض الاخر تزداد جاهزيته في الظروف الحامضية ويقل في الظروف القاعدية كالزنك والمنغنيز.