المحاضرة الثانية

مكونات نظام التربةCompound of Soil System

درس علماء التربة التركيب الكيميائي للتربة من خلال النسب المئوية للعناصر الموجودة في نظام التربة ، الا انه من خلال معرفة العلاقات المختلفة بين النبات والتربة لذلك اتجة الاهتمام نحو معرفة خواص وصفات المعادن المكونة للتربة والتي تدخل تلك العناصر في تركيبها ، كما اتضح انه لايمكن الاهتمام فقط بالتركيب الكيميائي العام للتربة لانه من الصعب ايجاد علاقات مباشرة بين نسب العناصر في التركيب الكيميائي الكلي في التربة وبين نمو النبات ، وبالتالي نهتم بمفهوم الصلاحية او الجاهزية (availabilitity) ويعنى به مدى تيسر العناصر الغذائية للنبات مع التركيز بشكل اساسي على الصور المختلفة لهذه العناصر وليس فقط النسبة الكلية لهذه العناصر في التربة ، فقد يكون العنصر موجود بكمية كافية في التربة ولكن قد يكون بصيغة معدنية او كيميائية غير جاهزة للنبات .

هناك عدة مفاهيم منها ان التربة عبارة عن مخزن ساكن متوازن يعطي النبات ما يحتاجه من عناصر غذائية ويعوض هذا النقص لهذه العناصر بل ياخذه من خلال اضافة المخصبات والمواد العضوية ، وقد تم التركيز على الطبقة السطحية للتربة ، بينما وسع العاملين في الجيولوجيا مفهوم التربة واضافوا الى هذا المخزن بعض العناصر الجيولوجية كالصخور بانواعها المختلفة كالكرانيت والحجر الرملي والكلس وغيرها ، كما اشاروا الى امكانية تغير خواص التربة تبعا لخواص الصخور والرواسب التي نشات منها وكذلك تبعا للطريقة التي تم بها هذا الترسيب . كذلك يلعب الجزء الغروي من التربة دورا كبيرا في كل من تغذية النبات والخواص الفيزيائية للتربة كالنفاذية والقدرة على مسك الماء مما ادى الى الاهتمام بدراسة هذا الجزء الغروي من حيث التركيب المعدني والقواعد التي تحكم سلوكه . لذلك فان فهم الخصائص الكيميائية للتربة ومستواها الخصوبي يتطلب دراسة ومعرفة خصائص المعادن الموجودة في التربة وتحولات هذه المعادن وذلك لكون التربة قد نشات اصلا من صخور ومعادن القشرة الارضية ، ويمكن دراسة المكون الاساسي للقشرة الارضية وهو :

الصهير: Magma

يعتبر الصهير المادة الخام التي تتكون منها الصخور النارية ، ويتواجد في باطن الارض على مسافات بعيدة عن سطح القشرة الارضية ، والصهير سائل كثف القوام لزج بدرجة تسمح له بالحركة والانسياب بكل الاتجاهات ، وهو مصهور سليكاتي معقد التركيب مضاف اليه نسبة بسيطة من المواد الطيارة وبخار الماء ويتميز بدرجات حرارة مرتفعة قد تفوق 1300 درجة مئوية ، حيث تعمل الابخرة والغازات المصاحبة لاندفاع الحمم (Lava) فوق سطح القشرة الارضية على رفع درجة حرارة الصهير حيث ان الكثير من هذه الغازات قابلة للاشتعال لانها ذات اوزان جزيئية واطئة ، كما ان هذه الغازات تسبب حدوث الكثير من التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة مسببة رفع درجة حرارة الحممالى حد كبير ، وتتوقف كل من لزوجة (Viscosity) وكثافة (Density) الصهير على تركيبه الكيميائي ودرجة حرارته والضغط الواقع عليه .

لذلك يمكن تعريف الصهير بانه مصهور سليكاتي كثيف القوام لزج معقد التركيب ويتواجد في باطن الارض تحت ضغط ودرجات حرارة عالية بدرجة تسمح له بالحركة والانسياب في كل الاتجاهات .

التركيب الكيميائي للصهير Chemical composition of the magma

يتكون الصهير من نوعين من المركبات الاساسية :

1– المركبات الطيارة Volatile compounds

تتكون هذه المركبات من غازات وابخرة وبعض الاملاح الذائبة وتكون نسبة هذه المركبات في الصهير قليلة جدا لا تتعدى 3% وتتكون من غازات الكلور والفلور وثاني اوكسيد الكاربون والنتروجين والهيدروجين وبخار الماء .

2- المركبات غير الطيارة Non-Volatile compounds

وتتمثل بالمكونات الثابتةالتي تتكون منها الصخور النارية وتشمل المركبات السليكاتية المعقدة وتحوي على مجموعه من العناصر الاساسية وهي السليكون والالمنيوم والحديد والمغتيسيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم بالاضافة الى عنصر الاوكسجين الذي يوجد متحدا مع معظم العناصر السابقة مكونا اكاسيدها .

عمليات التبلور وتكوين المعادن الاولية Crystallization processes and primary metals

نتيجة لارتفاع درجة حرارة الصهير في باطن الارض فان جميع العناصر الداخلة في تركيبه تكون في حركة مستمرة ثم تميل تلك العناصر الى الارتباط مع بعضها مكونة المعادن الاولية ، وبعد اندفاع الصهير الى سطح القشرة الارضية وتبلوره وتنشا حالة الارتباط بفعل الالفة (Familiarity) بين العناصر مع بعضها ، وهذه الالفة تتحكم فيها الكثير من العوامل الخارجية مثل طبيعة التركيب الالكتروني لذرات العنصر وقدرة العنصر على التاين ونصف قطر الذرة او الايون وجهد التاين ونصف قطر الذرة او الايون وجهد التاين للعنصر وصفاته الكهروكيميائية وتك افؤ وعدد الاحاطة للعنصر .

عند بدء الصهير بالتبلورعلى سطح الارض هذا يعني انخفاض درجة حرارته وظهور اطوار متبلوره تتدرج في تركيبها الكيميائي في درجات حرارة وضغط مختلفين ، ومن المعروف ان عملية تبلور الصهير على سطح الكرة الارضية يتم من خلال عملية معقدة جدا وتخضع لقوانين الكيمياء الحرارية والفيزيائية ، لذا فان بلورات المعادن المتكونة بفعل عملية التبلور للصهير تميل الى حالة الانتظام من خلال تكوين نظام بلوري مستقر اي ان الايونات تكون موزعه ومرتبة في فراغ منتظم يطلق عليه الفراغ البلوري Crystal Vacum يشغل الفراغ البلوري بالكاتيون المركزي اذا كان قطره مساويا او مقاربا لحجم الفراغ وعند ذلك تحيط به الايونات بعدد مساوي لعدد تناسقه (The number of atoms) ، اما الايونات السالبة التي تحيط بالايون المركزي اثناء ارتباطهم مع بعض بمعنى ان ذرة العنصر التي تتحد مع ذرات العناصر الاخرى تحاط بعدد من الذرات بما يتناسب مع تكافؤها (الذرات المركزية) ونصف قطرها الذري كذلك نصف قطر ذرة العنصر . فمثلا في حالة عنصر السليكون Si^{+4} الرباعي التكافؤ ايون مركزي نجده محاط باربع ذرات من الاوكسجين لتكوين الشكل الرباعي الاوجه SiO_4والمسمى تتراهيدرون .

يتصف الصهير بالحركة والانسيابيه الشديده في باطن الارض بسبب لزوجته العالية وبالتالي قد يكون قريب من سطح الارض وينطلق منها بواسطة البراكين وتسمى الحمم البركانية او اللافا والتي تعد المصدر الرئيسي لجميع الصخورالموجودة على سطح الارض ، ويعتبر الصخر الوحدة الاساسية في بناء الارض وهذه الصخور قد تتكون من معدن واحد او من مجموعة معادن ، لهذا يعتبر المعدن هو وحدة بناء الصخر وان تلك المعادن تكونت من اتحاد مجموعة من العناصر ، ويمكن تمثيل تلك الحالة وفق التسلسل الاتي :

ذرة او ايون ----------> عنصر ----------> معدن ----------> صخر

(مجموعة ايونات) (مجموعة عناصر) (مجموعة معادن)

وتختلف الصخور بعضها عن بعض من حيث المعادن المكونة لها وعلاقة هذه المعادن ببعض بالصخر الواحد ، كذلك تختلف من حيث موقع تكوينها في الكرة الارضية .

تقسم الصخور الى ثلاثة انواع اساسية تبعا لاصل تكوينها وكالاتي :-

1- الصخور النارية : Igneous Rocks

تعرف الصخور النارية بالصخور الاولية نظرا لكونها اقدم الصخور ، وان مصدر تكوينها هو الصهير Magma الذي يتبلور بعد خروجه الى سطح الارض عن طريق البراكين وعندها يطلق عليه بالحمم البركانية او اللافا Lava . وتعد الصخور النارية المكون الرئيسي للقشرة الداخلية للارض ، ومن اهم انواعها صخور الكرانيت والبازلت والدياباس ، وتمتاز تلك الصخور ببناء بلوري صلب يعتمد علىالظروف التي رافقت تصلب المنصهرات البركانية ، وتشكل الصخور النارية حوالي 95% من صخور القشرة الارضية .

2- الصخور الرسوبية : Sedimentary Rocks

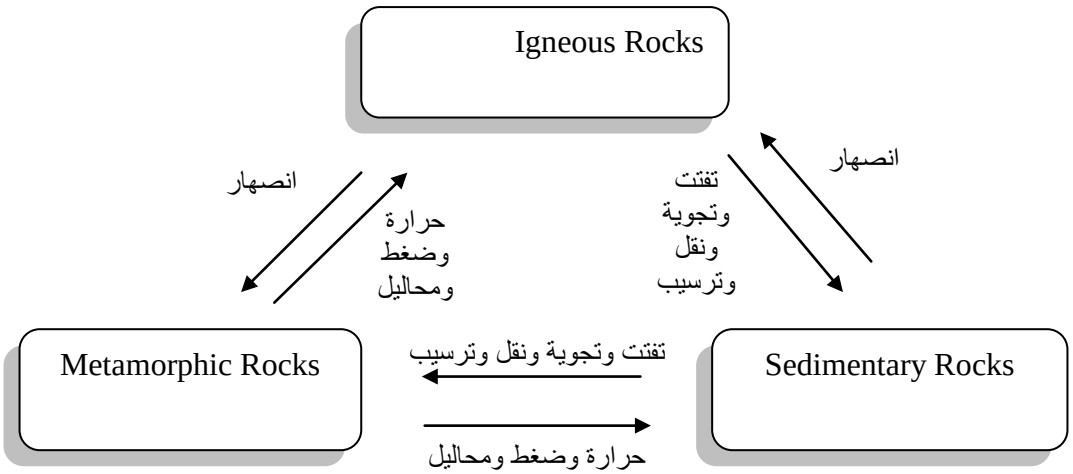
تتكون نتيجة عمليات تفتت الصخور السابقة التكوين (صخور نارية ، صخور رسوبية ، صخور متحولة) ، ثم حدوث عملية الترسيب للفتات الصخري في وسط مائي او هوائي تحت تاثير عوامل ميكانيكية او كيميائية او عضوية ، او تتكون من تراكم مواد عضوية نباتية او حيوانية او كلاهما ثم تماسك تلك المواد بفعل عوامل الترسيب والضغط والتجفيف .

اهم ما يميز هذه الصخور وجود النظام الطبقي فيها ، وتتكون هذه الصخور بفعل العمليات الخارجية والتي تشمل عمليات التجوية (Weathering) والنقل (Transportion) والترسيب (Deposition) . هناك نوعين من تراكيب الصخور الرسوبية ، الاول يطلق عليه بالتراكيب الاولية Primary structure وهي عبارة عن التراكيب التي قد تتواجد في الصخر اثناء تكونه ، لذلك فهي تعكس ظروف الترسيب خلال وقت تكون الصخر الرسوبي ، اما النوع الثاني فهي تراكيب ثانوية Secondary structure وتظهر في الصخور الرسوبية بعد تكوينها نتيجة للحركات الارضية التي تسبب تشوهات في الشكل العام للصخور كالصدوع والفواصل وعدم التوافق .

3- الصخور المتحولة : Metamorphic Rocks

تتكون بفعل تغير الظروف الطبيعية كالضغط او درجة الحرارة او كليهما معا والتي قد تؤثر في الصخور النارية او الرسوبية او المتحولة السابقة التكوين بحيث تتحول وتبقى في هيئة صخور جديدة في خواصها المعدنية والكيميائية والتركيبية. واهم عوامل تحول الصخور هي الحرارة والضغط والنشاط الكيميائي للمحاليل، ويحدث التحول بدرجات مختلفة نتيجة تاثير احد العوامل السابقة بصفة سائدة او نتيجة تداخل العوامل الاخرى والتي تؤثر بدورها على نوعية التركيب المعدني للصخور المتحولة .

يوضح الشكل التالي الدورة الطبيعية للصخور من خلال تاثير العمليات الجيولوجية المختلفة والتي تؤدي الى تكوين الانواع المختلفة من الصخور على سطح القشرة الارضية ، والتي اتفق على تسميتها بدورة التغير الصخري او دورة التحول وان هذه الدورة تشمل مرحلتين اساسيتين : الاولى يغلب عليها عمليات الهدم Katamorphism والثانية تغلب عليها عمليات البناء Anamorphism .



شكل : يوضح الدورة الطبيعية للصخور

تجوية الصخور :(Weathering of Rocks)

ان الصخور هي بمثابة تجمعات للمعادن الاولية وبنسب مختلفة ، وتختلف الصخور في انواع المعادن المكونة لها ، وتتعرض الصخور الى عمليات تجوية تقوم بها العوامل الطبيعية المختلفة مما يؤدي الى تكسرها وتحللها ، فقد عرفها العالم نلسن 2004

بانها مجموعة العمليات التي تتحول بواسطتها الصخور والمعادن الى اجزاء انعم وفتات صخري غير مندمج اذ يحدث تغير للمعادن الثابته بفعل درجات الحرارة والضغط العاليين ومن ثم تكوين معادن جديدة بسبب تاثير الغلاف الجوي والمائي وتكون الترب احدى نواتج هذه العمليات حيث تتطور عند سطح الارض او بقربه ، ان هذه العمليات غير عكسية وتكون بطيئة قد تمتد الى الاف السنين وتتاثر

شدتها بالمقدار الزمني الذي تتعرض فيه الصخور للتجوية ، تعد عملية التجوية من اهم العمليات ذات التاثير المباشر في معادن التربة المختلفة وخصوصا معادن الطين السليكاتية ، ان تجوية الصخور ومعادن التربة هي محصلة نهائية لتداخل ثلاث عمليات فيزيائية وكيميائية وبايولوجية .

1-التجوية الفيزيائية : (Physical Weathering)

بين باميلا 2001 ان التجوية الفيزيائية هي تجوية وتحطم الصخور والمعادن بواسطة العمليات الفيزيائية والميكانيكية ، اذ يشمل الفعل الميكانيكي بسبب الظروف الجوية كالرياح والحرارة والبرودة والمياه والثلوج والتي تؤدي الى تكسير وتفتيت الصخور الى اجزاء صغيرة دون تغير التركيب المعدني للصخور .

2-التجوية الكيميائية :(Chemical Weathering)

ويطلق عليها ايضا التحلل decomposition وهي كما عرفها كل من جيف وتوم 2004 على انها عملية التحلل الناتج من تجوية الصخور بفعل التفاعلات الكيميائية والذي يؤدي الى تخليق مواد جديدة من خلال التبدل والتحول بالمواد الاصلية ضمن الصخر وانتاج مواد معدنية جديدة بنسبة ثابتة قرب سطح الارض . تعتبر التجوية الكيميائية اكثر تعقيدا وشدة في تاثيرها في الصخور ومكوناتها المعدنية مقارنة بالتجوية الفيزيائية ، ومن اهم التحولات التي تحصل خلال التجوية الكيميائية هي : الذوبان (Soluble) ، الاكسدة (Oxidation) ، الاختزال (Reduction) ، الكربنة (Carbonization) وتحصل هذه التحولات في المعادن الاولية (Primary metals)وتؤدي الى تكوين المعادن الثانوية (Secondary minerals) والتي لم تكن موجودة اصلا في الصخر الاصلي ، ونتيجة لهذه العمليات تتكون الترب التي تعكس صفاتها الكيميائية والمعدنية الاصلية للصخر الام . ان المعادن التي ترثها التربة من الصخور النارية يطلق عليها تسمية المعادن الاولية اما المعادن التي تكونت اثناء عماية التجوية وتكوين التربة يطلق عليها المعادن الثانوية ، ونظرا لزيادة فعاليات عملية التجوية بزيادة المساحة السطحية النوعية للدقائق (Specific Surface Area of minutes) نجد ان المعادن الثانوية ترتفع نسبتها في الجزء الناعم من التربة الاقل من 2 مايكرون او ما يطلق عليه الجزء الغروي من التربة ، بينما تتركز المعادن الاولية مثل الفلدسباروالكوارتز والبايوكسينات والامفيبولات والمايكا في الجزء الخشن من التربة (الرمل والغرين) ، لذا فعند دراسة التركيب المعدني للتربة يجب ان نفرق بين تركيب الجزء الخشن (الرمل والغرين) وتركيب الجزء الناعم (الطين).

3-التجوية البيولوجية :(Biological weathering)

هي عملية تحطيم وتحلل الصخور والمعادن بفعل الاحياء المختلفة، لذلك فهي تشمل تحلل معقد وانتقال تفاضلي واعادة تبلور ناتجة من المواد الحامضية اللزجة التي تفرزها جذور النباتات وما يرافقها من احياء دقيقة ومتوسطة ، ان هذه التجوية هي احدى الظواهر الجيوكيميائية المهمة والتي تحدث بالقرب من سطح الارض وتنتج عن انتاج سلالات بكتيرية متعددة واحماض عضوية ولا عضوية وبوليمرات تؤثر في الصخور والمعادن وتؤدي الى تجويتها الى دقائق اصغر حجما .

التركيب الكيميائي للقشرة الارضية :

درس علماء الجيولوجيا التركيب الكيميائي للقشرة الارضية معبرا عنه بصورة نسب مئوية للعناصر المختلفة الموجودة ، وبينت تلك الدراسات وجود اكثر من 92 عنصر كيميائي تدخل في تركيب القشرة الارضية من خلال دخولها في تركيبة العديد من المعادن ، وبالرغم من وجود هذا العددمن العناصر الا ان عددا قليلا منها فقط هو الذي يشترك في تركيب الجزء الاكبر من القشرة ، وحسب الجدول المرفق فان هناك 8 عناصر فقط تكون 98% على اساس الوزن من تركيبة القشرة الارضية وان بقية العناصر تكون حوالي 2% من تركيبة معظم المعادن الموجودة ضمن القشرة الارضية .

وسبب سيادة هذه العناصر يعود الى وفرة كمياتها بالمقارنة مع العناصر الاخرى ، وهذه العناصر الثمانية وفقا لترتيب كميتها هي : الاوكسجين ، السليكون ، الالمنيوم ، الحديد ، الكالسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، المغنيسيوم ، ومن خلال الجدول (1) يتضح ان عنصري الاوكسجين والسليكون يكونان اكثر من 74% من تركيب القشرة الارضية على اساس الوزن .

ان الاوكسجين يشكل نصفوزن القشرة الارضية تقريبا ويشكل 93% من حجمها ، الا ان هذا الغاز ليس حرا طليقا وانما يوجد في حالة ارتباط كيميائي بالعناصر الاخرى الموجودة في التركيب مكونا مركبات مثل الاكاسيد والسليكات ، وعلى اساس عدد الذرات فقد وجد انه من بين كل 100 ذرة في القشرة الارضية يوجد اكثر من 60 ذرة اوكسجين و 21 ذرة سليكون و 6 ذرات المنيوم ، لذلك نلاحظ ان كل من الاوكسجين والسليكون والالمنيوم تدخل في تركيب المعادن السليكاتية وتشكل الدعامة الاساسية للتركيب البلوري والمعدني . اما الحديد والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فيوجد ذرتان او اكثر من كل منهما ،

لذلك فان القشرة الارضية تبدو في هيئة هيكل من ذرات الاوكسجين تترك بينها فراغات صغيرة تشغلها ايونات السليكون والالمنيوم بصفة اساسية والتي هي اساس معادن الطين وهي عبارة عن ايونات صغيرة الحجم – كبيرة الشحنة وفي الفراغات البينية الاخرى توجد ايونات اخرى اكبر حجما من السليكون والالمنيوم الا انها اقل حجما من الاوكسجين مثل المغنيسيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم في حالات ارتباط وتناسق تتناسب مع نصف قطر الايون لكل منهما، وتقوم الايونات الموجبة الصغيرة عالية الشحنة بمسك الهيكل وتؤدي الى ارتباطها ارتباط قوي ، لهذا يعطي معادن القشرة الارضية صلابتها المعروفة ، ويمكن التعبير عن التركيب الكيميائي في هيئة اكاسيد كما في جدول (2)

جدول (1) التركيب الكيميائي للقشرة الارضية (Mengel and Kirkby, 1979)

العنصر	الرمز	% على اساس الوزن	% على اساس الحجم	% على اساس الذرات	نصف قطر ذرة العنصر بالانكستروم
الاوكسجين	**O**	**46.46**	**91.77**	**62.55**	**1.40**
السليكون	**Si**	**27.61**	**0.80**	**21.22**	**0.42**
الالمنيوم	**Al**	**8.07**	**0.76**	**6.47**	**0.51**
الحديد	**Fe**	**5.06**	**0.68**	**1.92**	**0.74**
الكالسيوم	**Ca**	**3.64**	**1.48**	**1.84**	**0.66**
الصوديوم	**Na**	**2.75**	**1.60**	**1.94**	**0.99**
البوتاسيوم	**K**	**2.58**	**2.14**	**2.64**	**0.97**
المغنيسيوم	**Mg**	**2.07**	**0.56**	**1.42**	**1.33**
الهيدروجين	**H**	**0.14**	**0.06**	--	--
التيتانيوم	**Ti**	**0.62**	--	--	--
الفسفور	**P**	**0.12**	--	--	--
الكاربون	**C**	**0.09**	**0.01**	--	--
المنغنيز	**Mn**	**0.09**	--	--	--
الكبريت	**S**	**0.06**	--	--	--
الكلور	**Cl**	**0.05**	**0.04**	--	--
البروم	**Br**	**0.04**	--	--	--
الفلور	**F**	**0.03**	--	--	--
عناصر اخرى	--	**0.52**	**0.1**	--	--

جدول (2) التركيب الكيميائي للقشرة الارضية معبرا عنها بصورة اكاسيد

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	H_2O
59.07	**15.22**	**3.10**	**3.71**	**5.10**	**3.45**	**3.71**	**3.11**	**1.03**	**0.30**	**0.11**	**1.30**