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 الكيميائية 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 الفيزيا ئة والكيميا ئة التي تؤثر وتبدل بفيزيا ئة وكيميا ئة 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 العمليات 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 صوديوم ماء ايون صوديوم ايون كلوريد ماء

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 الفلدسبار الارثوكلازي الشائع التواجد في الصخور النارية :-

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

ارثوكلاز ماء طين سليكاتي حامضي هيدروكسيد بوتاسيوم

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 ماء حمض الكربونيك

الكربون

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

كربونات حمض الكربونيك بيكربونات كالسيوم

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 اوكسجين ماء ايون حديدوز ايون كبريتات ايون هيدروجين

حديدوز

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

ايونات اكسجين هيدروجين ايونات حدديك ماء

حديدوز

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

ايونات ماء جيوثايت ايونات هيدروجين

حديديك

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 وبكتيريا 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

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

هيدروكسيل حديدوز أكسدة الحديد هيدروكسيد حديديك ليمونيت

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 .