اساسيات علم التربة Principle of Soil Science

علم التربة: يعرف علم التربة بانه جزء من علم الارض الذي يتعامل مع التربة على انها مصدر طبيعي قابل للتجدد ولكن بشكل بطئ جدا ويتضمن علم التربة دراسة نشوء التربة وتصنيفها ودراسة خواصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والمعدنية واستخدامها وادارتها وهو اساس لعلوم الزراعة والبيئة والهندسة المدنية والاثار، ويتعلق هذا العلم بالعلوم الاخرى ومنها علم الفيزياء، الكيمياء وعلم الاحياء.

فروع علم التربة: يتكون علم التربة من عدة فروع اهمها 1- علم البيدولوجي Pedology 2- علم الايدافولوجي Edaphology والتي تنطوي تحتها بقية الفروع الثانوية.

1) Pedology : يهتم بدراسة تطور التربة واصلها ومعادنها ومن ثم تصنيفها ويعتبر هذا العلم ان التربة جزء من القشرة الأرضية وهو جسم ديناميكي ولها كيان خاص تتكون من مواد معدنية ناتجة عن تحلل الصخور والمعادن ولها خواص طبيعية ، كيميائية ، حيوية. والذي يتضمن كل من الفروع التالية

- مسح وتصنيف التربة **Soil Sarvey & Classification**
- شكل التربة **Soil Morphology**
- وراثة التربة **Soil Genesis**
- معادن التربة **Soil Mineralogy**

2) Edaphology يهتم بدراسة التربة من ناحية قابليتها على تزويد النباتات بالمواد المغذية لتعطي اكبر محصول . يتضمن كل من الفروع التالية

- كيمياء التربة **Soil Chemistry**
- فيزياء التربة **Soil Physics**
- احياء التربة المجهرية **Soil Microbiology**
- صيانة التربة **Soil Conservation**
- خصوبة التربة **Soil Fertility**

التربة Soil او الغلاف الترابي Pedosphere: تعرف التربة من قبل الجيولوجين على انها الطبقة السطحية للغلاف الصخري (Lithosphere) والتي تفككت نتيجة تأثير الغلاف الجوي، المائي و الحيوي عليها أي بفعل التجوية الكيميائية والفيزيائية. اما بالنسبة لعلماء الزراعة فيعرفون التربة على انها تلك المادة من سطح الارض الحاوية على عناصر معدنية ومواد عضوية متحللة ونسبة معينة من المياه والهواء المهمة لانبات النبات.

اهمية التربة: (لماذا ندرس التربة): بدأت الحياة وتطورها من التربة وان المخلوقات تعود بشكل او بأخر الى التربة حيث تعتبر التربة من اهم الموارد البيئية الطبيعية الرئيسية للحياة وان من اهم اسباب تطور الحضارات هو امتلاكها لمورد تربة جيد ويعزى تدهور الحضارات الى تدهور التربة وعدم الاهتمام بها واصلاحها.

يمكن تحديد اهمية التربة بالنقاط الاتية:

- ❖ اهمية التربة بالنسبة للنبات حيث تمد النبات بالدعامة، الماء، العناصر الغذائية والهواء.
- ❖ تلعب التربة دوراً مهما في الانظمة البيئية حيث تخلق بيئة مناسبة للكائنات الحية الدقيقة التي لها دور كبير في تدوير مواد الحياة
- ❖ تمد الترب المجتمعات الانسانية بالطعام، الكساء(بصورة غير مباشرة) ، الماء، مواد البناء، اماكن البناء والتخلص من النفايات.
- ❖ نعتمد على التربة في حماية المياه الجوفية حيث تعمل كمادة مرشحة تقوم بمسك المواد السامة والكائنات الضارة الموجودة في مياه الصرف الصحي.

تكون التربة Soil Formation

تتكون التربة بصورة عامة من عملية تفتيت للصخور ومن ثم اضافة المواد العضوية الناتجة عن تحلل البقايا الحيوانية والنباتية الى الفتات الصخري. ويتم التفتيت بواسطة عملية تعرف بالتجوية (Weathering) وهي عملية طبيعية تعمل على تفتيت وتحويل الصخور والمكونات المعدنية الى بقايا غير مجمعة تعرف بالحطام الصخري (regolith). وهناك نوعين من التجوية **1) التجوية الفيزيائية** (Physical Weathering) وبها يتم تفتيت الصخور الى قطع صغيرة بفعل عوامل فيزيائية كالحرارة (حيث التغير في درجات الحرارة يؤدي الى تشقق وتكسر الصخرة وتفتتها) ، الضغط والانجماد (حيث ان انجماد الماء في مسامات الصخور يولد ضغط بكافة الاتجاهات وبالتالي تكسر الصخرة). تأثير جذور النباتات، الرطوبة والجفاف ، وجود الكائنات الحية. **2) التجوية الكيميائية** (Chemical Weathering) ويقصد بها التفاعلات الكيميائية التي يصاحبها تغير في التركيب المعدني الاصلي ومن اهم العوامل التي لها دور كبير في اتمام هذه العملية هي (الاوكسجين، ثاني اوكسيد الكاربون، والماء) ومن العمليات المهمة التي تندرج تحت هذه العملية هي (التحلل المائي Hydrolysis) والتي بتأثيرها على المعادن السليكاتية تؤدي الى تفتيت الصخور لتنشأ معادن جديدة تعرف بالمعادن الطينية مثل (Illite) و (Montmorillonite) و (Kaolinite).

المكونات الرئيسية للتربة Main Soil Components

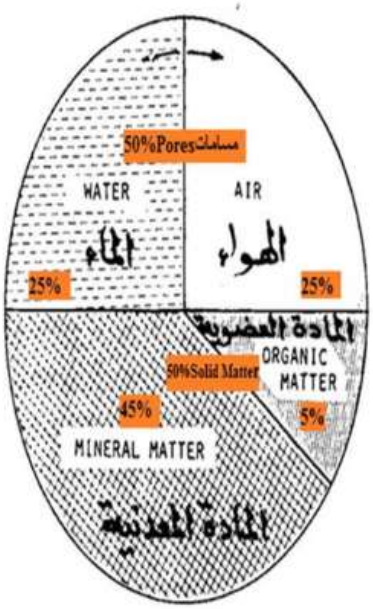
يمكن ان نعبر عن مكونات التربة بطريقتين:

1) مكونات حجمية : وتقسم المكونات هنا الى ثلاثة اطوار

- الطور الصلب : ويشكل حوالي 50% من التربة المثالية ومتمثل بحوالي 45% معادن اولية (المتأتية من الرمل والسلت) وهي عبارة عن صخور مفتتة بفعل عوامل التجوية الفيزيائية بالاضافة الى معادن ثانوية ناتجة عن التجوية الكيميائية واهمها المعادن الطينية، و 5% مادة عضوية.
- الطور السائل: ويشكل 25% من حجم التربة ويشمل ماء او محلول التربة ويتكون من مواد ذائبة او معلقة بصورة غروية تتم فيه جميع التفاعلات الكيميائية.
- الطور الغازي (هواء التربة): ويشكل حوالي 25% من حجم التربة الكلي ويتكون من مجموعة من الغازات المتواجدة في المسامات (الفراغات) ويختلف عن الهواء الجوي بقلة غاز O_2 وزيادة في غاز CO_2 نتيجة تنفس النبات والكائنات الدقيقة المتواجدة في التربة.

2) مكونات وزنية والمنمثلة بما يلي:

- معادن التربة: والتي تشكل حوالي 90-99% وزنياً (الرمل، الغرين، الطين) والتي تعتبر من اهم اجزاء الطور الصلب والتي لها دور في تحديد خواص التربة المختلفة.
- المادة العضوية: تشكل وزنيا 1-10%



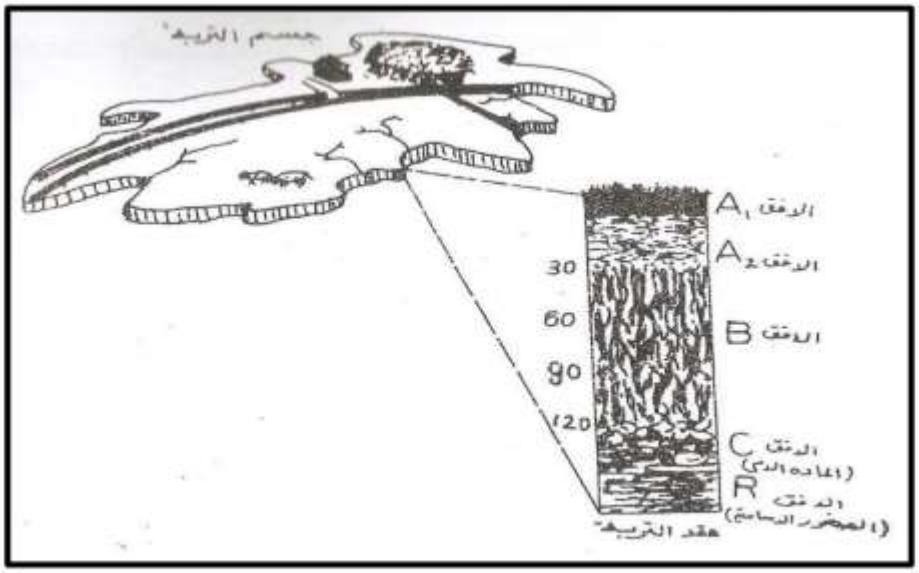
ويمكن القول بان هذه النسب غير ثابتة وانما تتغير من تربة الى اخرى وان نسبة الماء والهواء ايضا تتغير في التلربة نفسها من وقت لاخر. كذلك فان المادة العضوية تتغير حسب الترب وتختلف من تربة لاخرى وتتركز معظم المادة العضوية عند السطح وتقل كلما ابتعدنا عنه وذلك لتركيز نشاط الاحياء عند السطح.

وعليه تقسم الترب اعتماداً على ما سبق الى الترب المعدنية (Mineral Soils) والتي يكون فيها نسبة المادة العضوية (Organic Matter) بين 1-6%.

والترب العضوية (Organic Soils) والتي تصل فيها نسبة المادة العضوية بين 15-95% ويمكن ملاحظتها في مناطق الاهوار والمستنقعات التي تتراكم فيها النباتات الطبيعية وبسبب الظروف اللاهوائية التي تقلل من تحلل المواد العضوية.

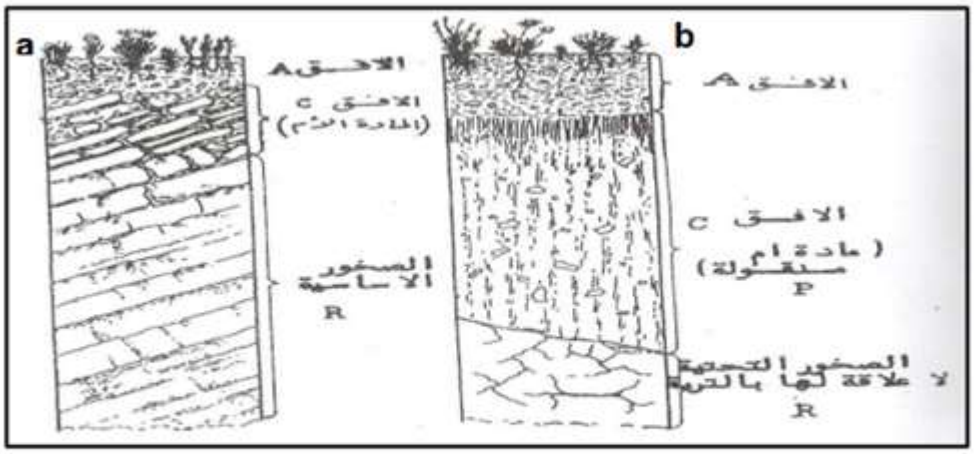
قطاع التربة Soil Profile: هو مقطع عمودي في الجزء السطحي من القشرة الارضية ويشمل جميع الطبقات التي حصلت لها تغيرات بيدولوجية خلال عمليات تكوين التربة وكذل الطبقات العميقة التي اثرت على تطور التربة.

حيث تعرضت المادة الام اما في مكانها او بعد تعرضها الى عملية النقل بواسطة عوامل النقل الطبيعية (المياه،الثلوج، الرياح، الجذب الارضي) الى ظروف جوية تؤدي الى انطلاق بعض العناصر الغذائية التي تساعد على نمو بعض النباتات البسيطة القادرة على القيام بعملية البناء الضوئي، وعند موت هذه النباتات



مخطط يوضح العلاقة بين قطاع التربة والأرض في تربة ناضجة حاوية على الآفاق A و B و C .

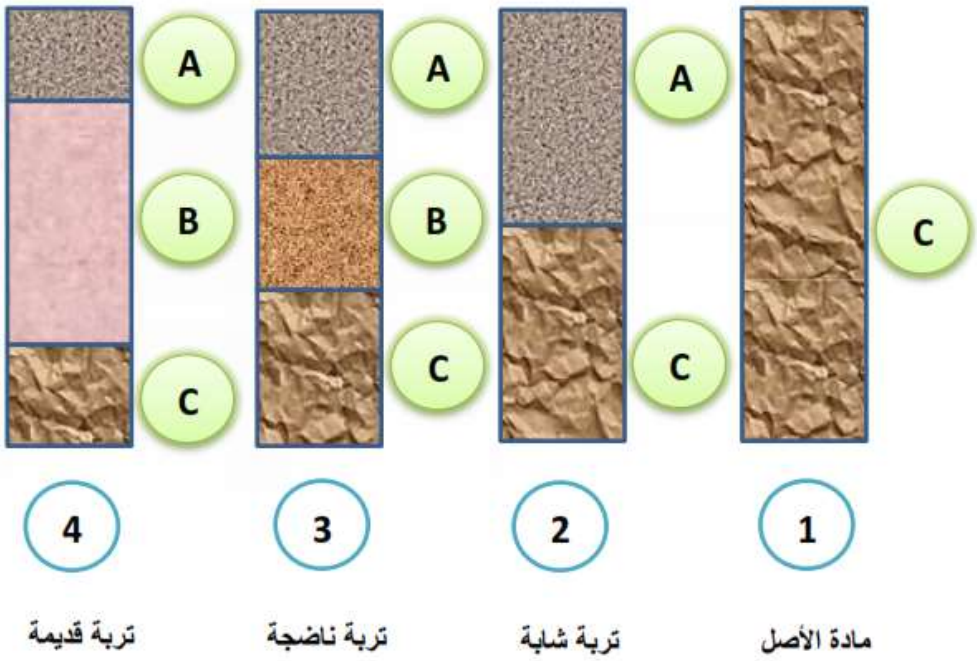
سوف تضاف الى التربة مواد غذائية اضافية تساعد على نمو نباتات اكثر تطوراً وهذه بدورها تؤدي الى تراكم بعض المخلفات العضوية التي تساعد على وجود الاحياء والبكتريا والفطريات. وتقوم هذه الاحياء بالمساعدة على تحلل المادة العضوية واطلاق عناصر غذائية ضرورية لبداية دورات حياة اخرى وبهذه الطريقة تصبح الحيوانات والنباتات جزءاً من المادة العضوية في التربة وتستمر هذه الحالة الى ان تتكون طبقة سطحية غامقة ثابتة التركيب نوعاً ما (بسبب وجود المادة العضوية) تسمى بالافق A فيكون لهذه الترب افقين وتسمى هذه الترب عندئذٍ بالترب غير الناضجة او الترب الفتية (Immature or young soils). ويتميز هذا الطور من اطوار التربة بتراكم المواد العضوية في السطح وتكون سرعة التجوية والغسل والنقل للمواد الغروية (المعدنية والعضوية) في الافق A في هذه التربة أبطأ من تراكمها وتكون معظم صفات هذه الترب موروثة من المادة الام التي تطورت منها.



تربتان لهما أفقين فقط. لاحظ أن الأفق A في التربة(a) تطور من مادة أم ناتجة عن التجوية المباشرة للصخور الأساسية (R) بينما تطور الأفق A في التربة(b) من مادة أم منقولة (P).

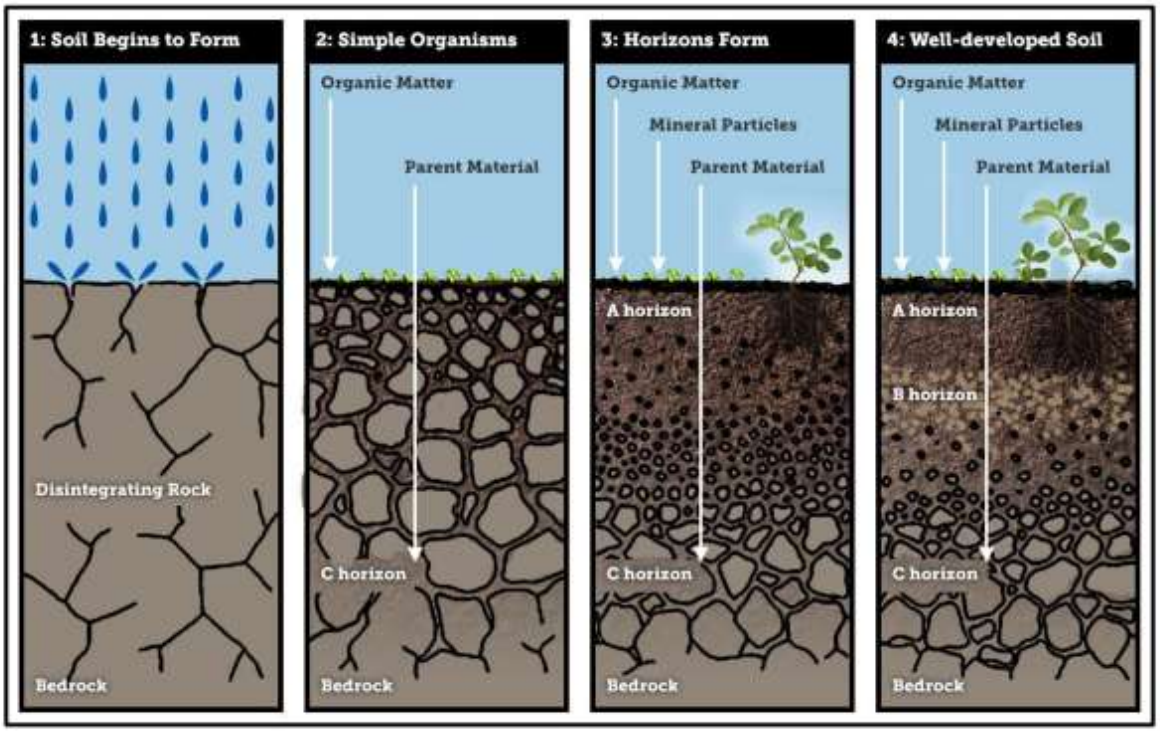
ومن ثم يؤدي تحلل المادة العضوية في الافق A الى تكون حوامض عضوية تساعد على تحطيم بعض المعادن الحاوية على القواعد مما يؤدي الى اطلاق بعض العناصر المغذية واذابة بعض المعادن الغروية الثانوية كالمعادن الطينية المكونة من سليكات واكاسيد الحديد والالمنيوم، وعند وجود الماء الكافي تغسل هذه المواد الى الاسفل لتترسب حيث تكون (درجة الحموضة منخفضة) وهكذا تتكون طبقة تحت الافق A تحوي على نسبة من المواد الغروية والعناصر الغذائية تزيد على مايحويه الافق A تسمى هذه الطبقة بالافق B .

يسمى الافق A بالافق السليب (Eluvial) لانه فقد بعض مكوناته التي ترسبت في الافق B المسمى بالافق الكاسب (Illuvail) لاكتسابه للعناصر الغذائية والغرويات من الطبقة العليا. وبهذ الحالة تسمى الترب الحاوية على الافاق A, B, C بالترب الناضجة (Mature soils) .



مقطع طولي للتربة (قطاع التربة) يوضح مراحل تطور التربة عبر الزمن

وتكون هذه الترب في حالة تعادل ديناميكي مع بيئتها أي ان هناك تعادل بين المواد المضافة والمواد المفقودة من التربة، وعند استمرار تكون الاحماض العضوية وتحطيم المعادن واستمرار غسل العناصر الغذائية والغرويات وترسيبها في الافق B تزداد الاختلافات في الصفات بين الافق A و B بدرجة كبيرة وتسمى الترب في هذه الحالة بالترب القديمة او العتيقة (Old Soils) ويكون فيها الافق B سميكاً جداً وتكون كثافته الظاهرية عالية جداً ويحوي نسب عالية من اكاسيدالحديد والالمنيوم.



تكوين التربة منذ لحظة ولادتها (تكوينها) الى تطورها وتمايز الآفاق الرئيسة

العمليات الجيولوجية الخارجية المؤثرة بالقشرة الارضية

يقصد بالعمليات الخارجية هي تلك العمليات التي تعمل على تفتيت الصخور المكونة لسطح الارض ثم نقل الفتات ليتم ترسيبه في احواض الترسيب وتتمثل هذه العمليات بعمليتين مهمتين وهي التجوية (Weathering) والتعرية (Erosion) .

ويقصد بالتجوية العملية التي يتم فيها تحلل وتفتت الصخور بواسطة العوامل السائدة في الغلافين الجوي والمائي المؤثرة في منطقة ما دون نقلها الى منطقة اخرى او قد تنقل لمسافات صغيرة وينتج عنها تغير ملحوظ في الصخر.

اما التعرية (الحت) وهي العمليات التي يؤثر فيها الغلافين الجوي والمائي تأثيرا واضحاً واساسيا في تفتيت الصخور ونقل هذا الفتات وترسيبه على اسطح جديدة سواء كانت عائدة لمناطق قارية ام بحرية .

انواع التجوية

تحدث عملية تفتيت الصخور بفعل نوعين من انواع التجوية وهما التجوية الميكانيكية والتجوية الكيميائية، وان من اهم نواتج التجوية تحت تأثير العوامل والظروف الطبيعية هي التربة.

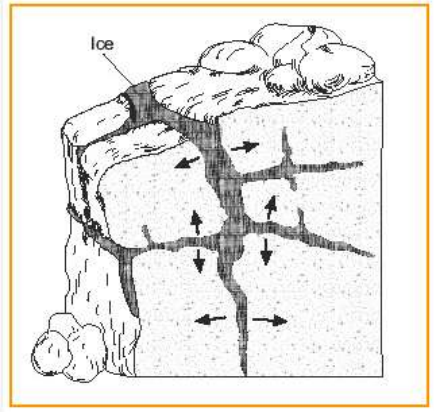
1- التجوية الميكانيكية: يقصد بها عملية تفتيت وتفكيك الصخور الى قطع صغيرة دون التغير في التركيب الكيميائي. ويزداد هذا النوع من التجوية في المناطق شديدة الجفاف والبرودة وفي المناطق التي تحدث فيها التجوية الكيميائية حيث تزيد من فعالية الاخيرة. وهناك عوامل مساعدة في عملية التجوية الميكانيكية وهي:

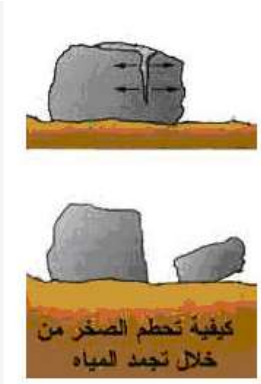
- اختلاف درجات الحرارة

ان اختلاف درجات الحرارة بين الليل والنهار له تأثير على الصخور حيث في النهار يحدث تمدد للصخور بسبب ارتفاع درجات الحرارة وفي الليل يحدث التقلص وهذا بدوره يودي الى اضعاف البنية الداخلية للصخر وبالتالي تفتته وتكسره ويلاحظ هذا العامل

بوضوح في المناطق الصحراوية لتفاوت درجات الحرارة بين الليل والنهار فيها، حيث يصل الفارق بدرجات الحرارة الى 40 درجة مئوية.

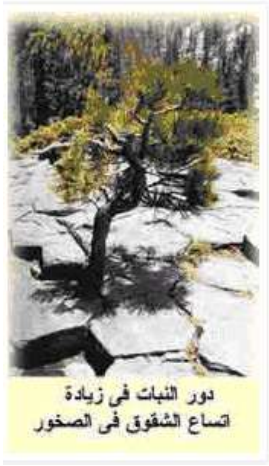
- تجمد المياه: يلعب تجمد الماء دورا هاما واساسيا في تجوية الصخور عن طريق تفتيتها وذلك عند تجمد الماء يزداد حجمه 10% عن حجمه الاصلي ويرافق هذا التجمد قوة هائلة يسلطها على الصخور تصل الى اكثر من 20000 نيوتن على السنتمتر المربع الواحد من سطح الصخرة وهذه من ناحية ومن ناحية اخرى دخول الماء الى داخل الشقوق الموجودة في الصخور اثناء هطول الامطار وعند تجمد هذه المياه داخل الشقوق تودي الى احداث ضغط هائل بسبب تمددها مما يؤدي الى تكسر الصخو. وبهذا يعتبر تجمد المياه من عوامل التجوية الميكانيكية في البيئات الباردة.





- التشبع بالماء والجفاف: ان تشبع الصخور بالمياه ثم جفافها وبشكل متناوب ومستمر يؤدي الى تفكك الصخور وتحطمعا الى فتات صخري وتزداد ظاهرة التشبع والجفاف في الصخور الطينية لما لها القدرة على امتصاص الماء بسبب طبيعة هذه الصخور وتركيبها المعدني.
- التبلور: ان عملية تبلور المعادن داخل شقوق الصخور يؤدي الى احداث ضغط على السطح الداخل لها وبالنتيجة تفتتها وتحطمها.

- التأثير الميكانيكي للكائنات الحية: تلعب الحيوانات والنباتات ايضا دوراً في تفتيت الصخور، فجذور النباتات تتخلل داخل شقوق الصخور وتنمو وبالتالي تسلط قوة ضغط تؤدي الى فلق الصخور وتحطمها، والحيوانات كالديدان والنمل ايضا تعمل على تفتيت الصخور اثناء قيامها بعمل الممرات والمسالك التي تعتبر مناطق ضعف تجاه عوامل التجوية.


دور النبات فى زيادة اتساع الشقوق فى الصخور

2) التجوية الكيميائية: ويقصد بها التفاعلات الكيميائية التي يصاحبها تغير في التركيب المعدني الاصلي وذلك نتيجة تأثير بعض العوامل الطبيعية النشطة والتي لها علاقة بالمياه، ان من اهم مكونات الغلاف الجوي هي الوكسجين، ثاني اوكسيد الكاربون وبخار الماء ويعتبر بخار الماء الجوي اهم هذه العوامل لما له من تأثير على عملية التحلل المائي والتميؤ وله تأثير بصورة غير مباشرة على التفاعلات الكيميائية المتمثلة بالاكسدة والتكربن.

وتتأثر التجوية الكيميائية بدرجة الحرارة والرطوبة فيزداد نشاطها في هذه الظروف، وتتمثل التجوية الكيميائية بتفاعلات وعمليات كيميائية تؤدي الى تحلل الصخور ومنها:

1- التميؤ Hydration: هو عملية اتحاد جزيئات الماء مع بعض جزيئات المعادن مكونه مايعرف بالمعادن المائية، ومثال ذلك تحول معادن السليكات ومعادن اكاسيد الحديد الى سليكات او اكاسيد مائية بعملية التميؤ.
2- التحلل المائي Hydrolysis: هو قدرة ايون الهيدروجين (H^+) عل تحلل التركيب البلوري لمعادن السليكات ثم تفتتها، ومن اشهر الامثلة على عملية التحلل المائي هو التجوية الكيميائية لمعادن الصخور النارية واهمها تحول معدن الفلدسبار البوتاسي الى الكاولين والذي يعد من المعادن الطينية الاكثر انتشارا في الطبيعة ويمكن تمثيل هذا التحلل بالمعادلة التالية.

$$2KALSi_3O_8 + 2H^+ + H_2O \longrightarrow 2K^+ + AL_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_2$$

ويعتبر هنا أيون البوتاسيوم المتواجد في التربة من المغذيات التي تمتصها النباتات بواسطة الجذور.

3- التأكسد Oxidation: هو اتحاد الاوكسجين مع المادة سواء اكانت عنصراً ام مركباً، وتزداد سرعة وفعالية هذه العملية بارتفاع درجة حرارة المحيط والرطوبة، لذلك نلاحظ تأكسد معادن الصخور الموجودة في المناطق الاستوائية اكثر نشاطاً من غيرها من المناطق. وينتج عن تفاعلات الاكسدة في المناطق الاستوائية انواع من الترب اهمها اللاتريت والبوكسيت حيث تمتاز الاولى بلونها الاحمر لارتفاع نسبة اكاسيد الحديد فيها اما الثانية فتكون ذات لون ابيض او اصفر لارتفاع اكاسيد الالمنيوم فيها.

ومن الامثلة على تفاعلات الاكسدة هو تفاعل معدن البايرايت (Pyrite) المتواجد بكثرة في الصخور كما في المعادلة التالية:

$$FeS_2 + 2O_2 \longrightarrow FeSO_4 + S$$

4- التكربن Carbonation : تتم هذه العملية على مرحلتين، المرحلة الاولى يتحد فيها ثاني اوكسيد الكاربون الموجود في الطبيعة مع الماء لينتج عن ذلك حامض الكاربونيك وفي المرحلة الثانية يتفاعل بها الحامض مع بعض المعادن مثل الاكاسيد وهيدروكسيدات وكاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم ليتكون من هذا التفاعل معادن جديدة وهي كاربونات المعادن او بيكاربوناتها، ومن اهم الامثلة على ذلك هو تاثير حامض الكاربونيك على الصخور الجيرية مما يؤدي الى اذابتها ويمكن تمثيل هذه العملية بالمعادلات التالية:

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 + CaCO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

ذائبة الحجر الجيري

نواتج التجوية: تتباين نواتج التجوية حسب العوامل التي تكونها وقد يلاحظ ان هناك صعوبة بالتعرف على عامل التجوية المكون للفتات الصخري ويعود ذلك الى ان هذه النواتج لاتعود الى عامل واحد بل قد تشترك عدة عوامل في ذلك وتعمل على تجوية الصخور وبالرغم من ذلك يبقى تأثير عامل واحد مسيطرا اكثر من غيره وهذا يعود الى طبيعة المنطقة التي تحدث فيها التجوية.

تقسم نواتج التجوية الى نوعين

- الرواسب المتبقية Residual sediments: وهي الرواسب الناتجة عن عمليات التجوية للصخور الواقعة تحتها وتبقى هذه الرواسب في منطقة حدوث التجوية.
- الرواسب المنقولة Transport sediments: وهي الرواسب الناتجة من عملية التجوية والمنقولة بواسطة عوامل النقل المختلفة كالرياح والانهار والثلاجات ومن هذه الرواسب الكثبان الرملية التي تحملها الرياح ورواسب الانهار.

التعرية (الحت) Erosion: عملية تفتيت لصخور القشرة الارضية بفعل طاقة ميكانيكية (طاقة حركية) للغلافين الجوي والمائي والمتمثلة في حركة الرياح ومياه الامطار الساقطة والجارية والزحف الجليدي وتلاطم امواج البحار والمحيطات عند السواحل والتي تعمل بالاجماع على نقل الفتات الصخري الناتج الى مناطق اخرى ليستقر ويترسب فيها.

تعمل هذه العوامل على تفتيت الصخور بفعل الطاقة الحركية التي تمتلكها بالاضافة الى ان الحمولة التي تحملها التيارات الهوائية او المائية من الفتات الصخري يعمل بدوره على تفتيت ونحت الصخور وكلما زادت الحمولة زادت عملية النحت والتفتيت.

نقل الرواسب Transportation of sediments

يقصد بعملية النقل هي حمل المواد المفتتة (الراسب) ونقلها بعيدا عن مناطق تكونها الى المناطق الترسيبية (احواض الترسيب) ويتم النقل بواسطة الجاذبية، التيارات المائية والهوائية وزحف الجليد والامواج.

عامل النقل	مكان التأثير	نوع التأثير والنقل
الجاذبية الارضية	المنحدرات	نقل الصخور المفتتة من الاماكن الجبلية والمرتفعة الى المناطق المنخفضة
الرياح	على جميع سطح الارض وبالاخص الصحاري	تقوم بنقل الاتربة والرمال وتكوين الكثبان الرملية
الجليد (الثلاجات)	السلاسل الجبلية في المناطق القطبية وفي اماكن تجمع الثلج	تكسير وتهشيم واقتلاع الكتل الصخرية ونقلها من المرتفعات الى المناطق المنخفضة
الامواج	في السواحل المفتوحة وعلى قيعان المياه الضحلة	نحت السواحل الجدارية وتكوين اشكال مختلفة من الصخور
الانهار	على جميع سطح الارض	تكسير الصخور ونقلها بالتدحرج او القفز او التعلق

تنتهي عمليات النقل المختلفة للمواد المحمولة بعملية الترسيب حيث تصل بها الى المناطق المنخفضة من سطح الارض والتي تعرف بالاحواض الرسوبية وفي هذه المناطق تفقد عوامل النقل قدرتها على حمل الرواسب فتستقر على شكل طبقات.

التربة Soil: تعتبر التربة من اهم نواتج التجوية والتعرية وهي من النواتج المباشرة لعمليات التجوية وهي الطبقة العليا المفككة من القشرة الارضية ومن ناحية التركيب فهي تجمع طبيعي لمعادن ومركبات عضوية متحللة.

الجيولوجين يعرفون التربة بانها أي مادة متجوية غير متماسكة تعلو صخور الاساس، بينما علماء التربة يعرفونها على انها أي مادة متجوية غير متماسكة تحوي مواد عضوية قادرة على نمو النبات.

وتعتمد نوعية التربة ومكوناتها على عدة عوامل منها:

1- الصخور الام (الاساس)
2- المناخ
3- لكائنات الحية
4- زمن تكونها
5- التضاريس

تصنف التربة بالاعتماد على العلاقة مابين مكوناتها ومكونات الصخور الاساس التي نشأت منها لذلك فهناك نوعان من التربة وهي:

- التربة المتبقية: Residual soil: وهي التربة التي تبقى في مكان تكونها الاصلي فوق صخور الاساس المولدة لها وتحي هذه التربة على المكونات المعدنية نفسها المكونه للصخور الاساس.
- التربة المنقولة Transported soil: وهي التربة التي يتم نقلها من مكان تكونها الى مكان ترسيبها بعيدا عن مصدرها وبالتالي تكون مكوناتها المعدنية مختلفة عن مكونات الصخور الواقعة تحتها وهذه التربة قد نقلت بعوامل نقل مختلفة منها الانهار، الرياح، المياه المتحركة، وحتى الجاذبية لها دور في نقل التربة وتبعا لذلك تختلف انواع الترب وم اشهرها مايلي:

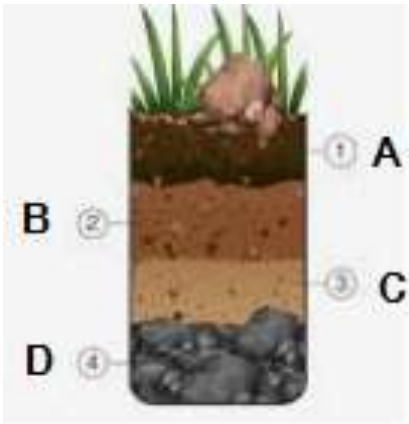
1) التربة (الريحية) الهوائية Aeolian soil: تتكون بفعل الرياح وتتشكل نوعان منها في الطبيعة

- تربة اللويس Loess Soil: تنشأ هذه التربة في ظروف مناخ المناطق الجليدية والصحراوية وتتميز بكونها مكونة من خليط من المكونات المعدنية الناعمة مثل الرمال والطين والغرين.
- الكثبان الرملية Sand dunes: تنشأ هذه التربة في المناطق الصحراوية وتتكون من حبيبات الكوارتز والمايكا وتأخذ الكثبان الرملية اشكال مختلفة على سطح الارض.

2) التربة النهرية Alluvial Soil: وتنشأ هذه التريبة في القنوات النهرية وتظهر عندما تنحسر عنها المياه وتختلف الرسوبيات التي ينقلها النهر من حيث حجمها من كبيرة الحجم مثل الحصى قرب منابع الانهار الى حبيبات الرمل في المناطق البعيدة عن المنبع لتصل الى حجم الطين والغرين فعند المصب.

3) التربة التثاقلية Colluvial Soil: تتكون هذه التربة من تدحرج الفتات الصخري تحت تأثير قوى الجاذبية فتسقطها من اعالي الجبال والمرتفعات والوديان وتختلف مكونات هذه التربة باختلاف مكونات صخور الاساس المفتتة.

قطاع التربة Profile of Soil: وهو المقطع الذي يبين طبقات التربة المتعددة والتي تختلف من حيث اللون والنسيج والتركيب المعدني والمكونات العضوية والمعادن الطينية وتجمع الاكاسيد وتركيز ايون الهيدروجين ويقسم قطاع التربة الى ثلاثة انطقة اساسية وهي النطاق A, B, C بالاضافة الى النطاق D التي تعتبر الحجر الاساس .



مقطع عمودي في التربة

النطاق A: ويدعى بالتربة السطحية(التربة العليا) ويمثل النطاق العلوي للتربة ويبلغ سمكه (20–50 سم) ويكون غني بالمواد العضوية كما ويتميز بنفاذيته العالية لذا يسمى بنطاق الغسل حيث يتم فيها غسل المواد و العناصر كالحديد والالمنيوم وارتحالها الى النطاق او الطبقة التي تحته.

النطاق B: ويدعى بالتربة تحت السطحية (تحت التربة) ويتميز بكونه اصلب من التربة العليا ويبلغ سمكه (20–120 سم) ويحوي على مواد عضوية ومواد قالبلة للذوبان بنسبة اقل ونسبة عالية من المعادن الطينية لذلك تكون الوانه متعددة تبعاً لالوان المعادن التي يحتويه. كما ويعتبر موقع ترسيب لبعض المعادن والاملاح المعدنية واكاسيد الحديد. ويحوي ايضا على كمية كافية من المياه اكثر من الطبقة العليا.

النطاق C: يقع هذا النطاق فوق الصخر الاصلي ويتميز هذا بكونه خالي من المواد العضوية ويتكون من الحجر الاساس المتجوي (المتحطم) ويعرف ايضا باسم Saprolite

النطاق D: وهو النطاق المضغوط والصلد ويتكون من انواع مختلفة من الصخور مثل صخور الكرانيت او البازلت او حتى صخور الحجر الجيري.

وبشكل عام تتكون التربة من خليط من المواد (المعادن الطينية، المادة العضوية، الهواء والماء).

النسب المئوية لمكونات التربة

بالرغم من وجود عشرات الآلاف من سلاسل الترب في العالم إلا أن تطور جميع هذه الترب يتسبب عن بضعة عوامل تختلف فقط في شدتها وسرعتها واتجاه عملها لإنتاج الترب المختلفة. لقد لاحظ بعض علماء التربة الأوائل وجود الكثير من الشبه بين صفات التربة وصفات الصخور الأساسية التي تطورت فيها لدرجة أن الترب كانت تسمى سابقاً بأسماء الصخور التي تطورت منها كترب اللايمستون وترب الكرانيت وغيرها مما يدل على أهمية المادة الأم في تكوين التربة. لقد أوضح الروسي دوكشيف (Dokuchaev, 1883) العلاقة بين عوامل تكوين التربة والتربة وصفاتها بمعادلة عرفت بالمعادلة العامة لتكوين التربة والتي يمكن كتابتها بالصيغة التالية:

$$S = f (cl, o, r, p, t, \ldots\ldots\ldots)$$

وهذا يعني أن التربة (S) تتكون نتيجة لتأثيرات كل من المناخ (cl) والطبوغرافية (r) والأحياء (o) على المادة الأم (p) لفترة من الزمن (t).

عوامل تكون التربة : Factors of Soil Forming

تعرف عوامل تكون التربة بانها الوسائل أو الظروف التي تحدد سرعة تكوين التربة ، ومدى تطورها. هناك خمسة عوامل تتحكم في تكوين التربة هي :-

1. المناخ Climate :

يؤثر المناخ على سمك وخاصية التربة. تميل الترب في المناطق ذات المناخ الرطب كما في أوربا, لتكون سميكة و تتميز بحركة المياه نحو الأسفل خلال المواد الأرضية. هذه التربة تميل لتمتلك محتوى عالي من اكاسيد الألمنيوم والحديد, من خلال ترشيح فعال نحو الأسفل نتيجة للساقط المطري العالي والى الحوامض المنتجة من خلال تفسخ الدبال الوافر، في حين تميل التربة في المناطق ذات المناخ الجاف لتكون نحيفة وتتميز بترشيح قليل ودبال شحيح, وحركة ماء التربة نحو الأعلى تحت سطح الأرض. يسحب الماء نحو الأعلى من خلال التبخر تحت السطحي وتأثير الخاصية الشعرية. يسبب تبخر المياه تحت سطح الأرض ترسيب الأملاح داخل التربة, عادة هذه الأملاح هي أملاح كالسيوم مثل الكالسايت، كما يلاحظ ذلك في مناطق جنوب العراق.

تؤدي مكونات المناخ المختلفة دورا مهما في تكوين التربة ، من أهم مكونات المناخ هي :-

أ- الأمطار :- للأمطار دورا مهما في التأثير على كمية المياه الداخلة إلى التربة التي تؤثر بدورها على العمليات الكيميائية والفيزيائية التي لها علاقة بالتجوية والترسيب وحركة الأيونات.

ب- الحرارة :- وهي ثاني أهم مكونات المناخ التي تلعب دورا مهما وعامل مساعد في حدوث التفاعلات الكيميائية والحياتية التي لها علاقة بتطور التربة، حيث تزداد سرعة التجوية الكيميائية للمعادن بازدياد درجة الحرارة وتساعد على التحلل السريع واختفاء للمخلفات العضوية في التربة.

2. الصخور الأم أو مادة الأصل Parent Rocks :

أن صفات ومميزات الصخور الأم الأصلية هي التي تؤثربصورة مباشرة على بيئة تكوين التربة. مثال على ذلك النسيج الذي يعتبر عامل مهم يتحكم في حركة الماء وخزنه في التربة من خلال تأثيره على وجود المسامية والنفاذية التي تؤثر في نمو النباتات وتجمع المادة العضوية وغسل الأملاح والترسيب، وهي عمليات قادرة على بدء تكوين الآفاق في التربة.

أن المواد المعدنية المكونة للصخور الأم ، هي المحدد الأساسي لنتائج التجوية وسرعتها، على سبيل المثال... الصخور الأم ذات الصفات الكلسية مثل صخور الحجر الجيري (Limestone) ، تتجوى بسرعة وتنقل نواتج التجوية الكلسية المذابة بعيدا عن مكان التجوية، في حين إن الصخور الأم الحتوية على السيليكات ، تتجوى ببطء، بحيث أن نواتج التجوية تتجمع في منطقة التجوية، حيث ينتج الكوارتز كرمل بينما تتحول السيليكات الى طين.

3. الفعاليات الحياتية Biological activities

يعد الغطاء النباتي العامل الرئيسي في تكوين التربة، فالنباتات النامية تؤمن غطاءاً واقيا يمنع أو يقلل من جريان الماء السطحي ويحد من انجراف التربة ، في حين انه يزيد من سرعة رشح المياه داخل أفاق التربة، كذلك تعد النباتات المصدر الرئيسي لمادة التربة العضوية، بدليل تطور الأفق A الطبقة الداكنة من أنسجة جذور الحشائش وأعشاب أخرى .

تسهم الكائنات الحية في تشكيل صفات التربة بشكل ملحوظ، مثل القوارض والديدان بالإضافة إلى الحشرات في تحلل المواد العضوية ، وهذه الكائنات تصبح عند موتها جزءا من المخلفات التي تتعرض لعملية التحلل، وتعمل هذه الكائنات من خلال نشاط الحفر ... على خلط التربة وقد تكون عملية الخلط هذه مسؤولة عن تكوين الأفق A في أتربة بعض الغابات. في الواقع لن تكون هناك تربة حقيقية ، بلا أثر للتغير الحياتي، سيقتصر التحول المعدني فوق سطح الأرض على التجوية والعمليات المصاحبة بشكل كبير والتي تعد ذات طبيعة جيولوجية.

4. الطبوغرافية Topography

تؤثر تضاريس الأرض أو طبوغرافيتها على تكوين التربة وذلك عن طريق تعديل التأثيرات المناخية ، كما تؤثر الطبوغرافية على تأثيرات الأمطار ، ومدى انجراف التربة المتكونة عن طريق التحكم في سبل وأنظمة الجريان السطحي. إن لطبوغرافية سطح الارض تأثير على الأمطار حتى بعد دخولها التربة، وذلك بتأثيرها المباشر على درجة حرارة التربة والتبخر، بدليل وجود نباتات تتحمل الجفاف في المناطق المحمية على بعض أسطح الأرض.

أن فقدان الماء بواسطة الجريان السطحي يقلل من كمية المياه المتوفرة لعمليات تكوين التربة فضلا عن تسببه في فقدان لمادة التربة بواسطة عمليات انجراف التربة. كما تتسبب الجاذبية الأرضية في زحف أو تحريك بسيط للتربة على المنحدرات مما يؤدي إلى إعاقة تكون تكوين تربة ذات سمات واضحة، أو قد يكون سمك التربة فوق المنحدرات ذات سمك محدود.

5. الزمن Time

يعتبر عامل الزمن ذو تأثير فعال على العوامل السابقة التي تم ذكرها في تحديد نوع التربة، وذلك من خلال المقدرة على حصول التغيير تحت مجمل الظروف البيئية السائدة. يمكن الحكم على أثر الزمن بمدى التغير الذي يحدث للصخور الأم أو الأصل خلال فترة تكوين التربة. إن بعض العمليات تؤدي الى تحوير صفة الصخور ألأم أو المادة ألأصل في أوقات اقصر من غيرها وتلك العمليات ينتج عنها تغيير سريع في التبادل الأيوني وفقدان أو تجمع المواد الجاهزة للذوبان، وممكن لهذه العمليات أن تنتج تغييرات ملموسة خلال سنين قليلة، بالمقابل ، فان الدبال والطين المترسب المتكون نتيجة تجوية المعادن المختلفة ، تحدث ببطء كبير، حيث يؤدي الدبال الى اضفاء اللون الداكن إلى التربة، لكن تأثيره الكامل قد يستغرق بضع مئات من السنين.

أن عملية التجوية تعتبر من أبطأ عمليات تكوين التربة على الإطلاق ، حيث إن التفتت الشديد للصخور الأصلية الغنية بالسيليكات يتطلب عشرات الآلاف من السنين لكي تكتمل تحت ظروف تجوية تتدرج من معتدلة الى شديدة. على أية حال فان درجة التجوية لا يحكم عليها من خلال تغييرات اللون الأساسي للمادة الأصل ، ولكن بمقدار التغير في معدن مادة الأصل .

- التربة الصماء Hardpan :

التربة الصماء هي مصطلح لأي طبقة صلبة من مادة الأرض التي يصعب حفرها أو ثقبها. الجيولوجيون يطلقون اسم التربة الصماء على أي طبقة صلبة طينية متكونة من حبيبات تربة ملتصقة. إن التربة الصماء في المناخات الرطبة عادة متكونة من معادن طينية, سيليكا, ومركبات حديد التي تراكمت في الأفق B من إزالة الأفق E. في المناخات الجافة, يتكون نوع مختلف من التربة الصماء ناتج من التصاق التربة بواسطة كربونات الكالسيوم والأملاح الأخرى التي تترسب في التربة عند تبخر المياه. كلا النوعين من التربة الصماء هي طبقات صخرية نادرة داخل تربة رخوة. أي طبقة صماء يمكن ان تكسر المحراث, تمنع تصريف المياه خلال التربة وتعمل كحاجز لجذور النباتات.

- اللاتيرايت Latterite :

في المناطق الاستوائية حيث الحرارة عالية والساقط المطري وفير, تتكون ترب عالية الترشيح تدعى لاتيرايت latterites . تحت هذه الظروف تكون التجوية عميقة وشديدة. عادة تربة اللاتيرايت حمراء وتقريبا مركبة بشكل كامل من اكاسيد الحديد والألمنيوم, عادة تكون النواتج أقل ذوباناً من تجوية الصخر في المناطق الاستوائية. إذا كانت التربة غنية بالهيماتايت, يمكن أن يتم تعدينها كخام الحديد, لكن المطر الاستوائي عادة يميه الهيماتايت إلى ليمونايت الذي نادرا ما يكون ذات تركيز عالي ليتم تعدينه. أحيانا الألمنيوم يوجد نتراكيز عالية في طبقات البوكسايت النقية ($Al_2O_3.n\ H_2O$ الخام الرئيسي للألمنيوم), خصوصا في ترب اللاتيرايت المتكونة بواسطة تجوية التف (Tuff) البركاني الغني بالألمنيوم.

اللاتيرايت هي ترب غير إنتاجية نسبيا. قد يبدوا هذا غريبا عندما نفكر في نمو الغابات المزدهرة التي دائما توجد على ترب لاتيرايتية استوائية. إن ازدهار نبات الغابات بشكل كبير هو من خلال أي طبقة ذبال على قمة التربة. إذا أزيلت الغابة وطبقة الذبال بعيدا أو أحرقت فان اللاتيرايت يصبح بسرعة غير قادر على مساعدة نمو النباتات جاعلا الزراعة الاستوائية صعبة جدا.

- الترب المدفونة Buried soils :

أي تربة قد تصبح مدفونة بواسطة رماد بركاني, رياح, رواسب ثلاجات, رواسب أخرى أو حمم. أي تربة مدفونة تدعى paleosol (paleo تعني قديم) . ربما تكون هكذا ترب مميزة ويمكن اقتفاء أثرها فوق مناطق واسعة وربما تحوي بقايا عضوية مدفونة جاعله منها مهمة لتاريخ الصخور والرواسب ولتفسير الطبوغرافية والمناخ القديم.

تصنيف التربة Soil Classification

يعد تصنيف التربة soil classification وفق نوعها أحد فروع علوم التربة الحديثة، ولاتزال عملية تصنيف الأنواع المختلفة للترب من أكثر مواضيع علم التربة صعوبة نظراً لاختلاف مدارس علوم التربة في العالم من جهة وتباين الأسس والمبادئ المعتمدة من جهة أخرى.

فتصنيف التربة هو عملية تجميع المتشابه من التربة ضمن حدود وفي مواقع تنظيمية ومستويات معينة والغرض من التصنيف هو بغية تسهيل الوصول الى الاهداف والتي قد تكون جيولوجية، بيئية، زراعية او هندسية او حتى اقتصادية .... الخ.

فبالنسبة للزراعة نحتاج الى تصنيف يأخذ بنظر الاعتبار خصائص التربة التي تساعد المسَاح الزراعي في تشخيص انواع الترب حسب قابليتها على الانتاج الزراعي ، اما بالنسبة للمهندسين فالغاية لديهم تصنيف التربة حسب المواد الانشائية (رمل، حصو، طين، ....الخ.) وكذلك تشخيص التربة حسب امكانيتها في توزيع الاثقال والانشاءات والابنية والطرق والجسور والسدود وغيرها.

قواعد تصنيف التربة واسسها: لابد من مراعاة الامور التالية اثناء عملية تصنيف التربة

1) تحديد الغاية من التصنيف
2) تحديد الاسس التي سيقوم عليها التصنيف وصياغتها بدقة
3) اعداد نظام الوحدات التصنيفية المتسلسلة رتبة، تحت رتبة،.....الخ
4) تحديد الملامح التي تتصف بها كل وحدة تصنيفية في الطبيعة وابرازها على خرائط التربة

ان اقدم التصانيف كانت مبنية على منحى وصفي مثل تصنيف يعتمد على الخصوبة (تربة خصبة، غير خصبة، اقل خصوبة) بعضها صنفت بالاعتماد على المحصول (تربة زراعة الحبوب، تربة زراعة القطن،...الخ.) وتصنيف اعتماداً على النسيج (تربة حقلية، غير حقلية، طينية، تربة مزيجية) او على اساس

اللون(تربة بنية، تربة سوداء، تربة حمراء،...الخ.) لكن بعد ذلك تطور اكثر واصبح التصنيف يأخذ منحى كمي وهو نظام التصنيف الامريكي (USDA) ومن أهم خصائص هذا النظام ما يلي:

1) تعتمد وحداته التصنيفية على صفات التربة الطبيعية والتي يمكن قياسها كمياً والابتعاد عن الصفات النوعية.
2) يسمح بتصنيف الترب نفسها وليس عمليات او عوامل تكونها.
3) اشتقت اسماء الوحدات التصنيفية من اللغات اللاتينية واليونانية مما يسهل عملية فهم هذه الترب والتعرف عليها على نطاق عالمي وليس محلي وامكانية التعرف على العديد من خصائص الترب من اسمائها.
4) امكانية استيعاب جميع الترب الموجودة في العالم كون النظام مفتوح ومتعدد المستويات.
5) يسمح النظام بتصنيف التربة غير المعروفة وراثياً لان اساس النظام يعتمد على صفات التربة الطبيعية

المستويات التصنيفية للتربة :

المستويات العليا للتصنيف Higher categories	1- Order	الرتبة
	2- sub Order	تحت الرتبة
	3- Great soil group	مجموعةالتربة العظمى
	4- family	العائلة
	5-series	السلسة
المستويات الدنيا للتصنيف Lower categories	6- Type	النوع
	7- phase	الطور

الصفات الكمية للتربة

1) الخصائص المميزة: وهي مجموعة من الصفات التي يمكن استخدامها في تصنيف التربة والتي يجب ان تكون ثابتة منها نسجة التربة والتركيب المعدني ....الخ.

2) الخصائص المساعدة : وهي صفات اخرى يمكن استخدامها مع الصفات المميزة ولكنها غير ثابتة أي انها قابلة للتغير مع الزمن وسميت بالمساعدة لانها تدعم الصفات المميزة في عملية تحديد وحدات التربة التصنيفية مثل التشبع بالقواعد او السعة التبادلية الايونية.

3) الخصائص العرضية : وهي الصفات التي ليس لها علاقة بالصفات المميزة لكن لها علاقة باسلوب استخدام التربة وهذه الصفات متمثلة بطبيعة الطوبغرافية من حيث شكل ودرجة انحدار الارض ، كمية الصخور وكمية الاحجار الموجودة على سطح التربة.

المستويات التصنيفية

- **الرتبة** : تمثل الرتبة اعلى مستوى في النظام التصنيفي الحديث وقد حددت اثنتا عشرة رتبة متباينة في خصائصها الطبيعية ويتكون اسم كل رتبة على الاغلب من ثلاث مقاطع وينتهي الاسم بالمقطع sol المشتق من الكلمة اللاتينية Soloum وتعني الرتبة ويسبقها حرف ارتباط O او I والمقطع الاول يمثل عنصر الاشتقاق Formative element الذي يدخل في تسمية الوحدات، واسماء الرتب وصفية لحالات معينة مثل Aridisol وتمثل وصف حالة الجفاف التي تمر بها تلك الترب او وجود بعض الافاق التشخيصية مثل Mollic مثل تربة Mollisol الحاوية على افق غني بالمواد العضوية او Oxic مثل تربة Oxisol الحاوية على اكاسيد الحديد والالمنيوم. او بعض خصائص التربة التي تعكس شدة تأثير نوع معين من عمليات تكوين التربة.

فالتصنيف الامريكي الكمي الحديث قسم التربة الى 12 رتبة وهي:

1- Alfisol: تربة الغابات المشبعة بالقواعد وتتميز هذه التربة بامتلاكها افق حاوي على نسبة عالية من القواعد التي تتجاوز 35% ، كما وتميز بوجود افق تجمع للاطيان المهاجرة من الافاق العليا.

2- Andisol: التربة السوداء وهي التربة المتكونة من الرماد البركاني او المقذوفات البركانية الاخرى لها والحاوية على allophane وهي سليكات الالمنيوم المائية و imogolite وهي سليكات الالمنيوم و ferrihydrite وهو اكسيد هيدروكسيد الحديد المائية.

3- Aridisol: التربة الجافة وتتصف هذه التربة باحتوائها على افق تحت سطحي لتجمع كاربونات الكالسيوم والسليكا والاملاح والجبسوم ومنها الترب الصحراوية والترب الصحراوية الحمراء.

4- Entisol : التربة الحديثة وهي تربة بدائية غير متطورة ولاتحوي على افاق بيدولوجية متطورة بستثناء الافقين O, A ومن امثلتها الترب الرسوبية (Alluvial, Lithosols, Regosols).

5- Gelisol: تربة المناطق المتجمدة تتواجد في المناطق شديدة البرودة حيث يقتصر تواجدها على المناطق القطبية ذات الخطوط العرض العالية وفي المناطق الاخرى ضمن المرتفعات الجبلية العالية.

6- Histosol: التربة العضوية والتي تتميز بكونها غنية بالمواد العضوية وتتشكل معضمها في الاماكن الرطبة وناتجة عن الصرف الرديء الذي يمنع تحلل المواد العضوية.

7- Inceptisol: التربة البدائية والتي تتصف بوجود افاق ضعيفة وسريعة التكون وهي اكثر تطورا من التربة الحديثة (Entisol) لكنها تبقى مفتقدة لبعض الخصائص ترب الرتب الاخرى، رغم وجودها في المناطق الرطبة وشبه الرطبة.

8- Mollisol: التربة الهشة او تربة الحشائش وتتميز هذه التربة باحتوائها على افق متطور يقع تحت غطاء نباتي عشبي او غابي ويكون تشبعها بالقواعد اكثر من 50% وغني بالمواد العضوية Organic Materials.

9- Oxisol: تربة الأُكسيد وتتميز هذه التربة باحتوائها على القليل من المعادن المقاومة للتجوية وغالباً ماتكون غنية باكاسيد الحديد والالمنيوم، كما وتحوي على اطيان Montmorillonite والناتجة عن عملية التجوية الشديدة.

10- Spodosol: تربة رماد الخشب وهي تربة حامضية تتميز بتجمع تحت سطحي للدبال واكاسيد الحديد والالمنيوم.

11- Ultisol: التربة المتأخرة وتتصف بكون نسبة القواعد اقل من 35% أي انها شديدة الحامضية وكما تتصف بكون عملية الغسل على اشدها وتتواجد في المناطق الرطبة.

12- Vertisol: التربة المقلوبة وتتصف هذه التربة بإحتوائها على طين من نوع Montmorillonite القابل للانتفاخ حيث يزيد نسبة الطين في التربة عن 35% ونظرا لقدرة هذا الطين على التمدد في موسم الامطار والانكماش في موسم الجفاف فانها تبدي ظاهرة التشقق التي قد تصل لعمق يزيد عن 50 سم وبعرض 1 سم لذلك فان في فترة الجفاف تسقط التربة السطحية في داخل الشقوق للاسفل وفي فترة الامطار وبسبب تمدد الطين سوف يدفع التربة التي في الاسفل لذا تكون هذه التربة دوارة أي ان لها حركة مستمرة داخلها تمنع من ظهور افاق التربة الاخرى.

Alfisol

Andisol

Aridisol

Entisol

Gelisol

Histosol

Inceptisol

Mollisol

Oxisol

Spodosol

Ultisol

Vertisol

علم التربة / د.إيناس حازم الخفاف/ المحاضرة الخامسة

الصفات المورفولوجية للتربة

ان العلم الذي يدرس ويبحث في صفات التربة الشكلية هو علم شكل التربة Soil Morphology وهو العلم الذي يتناول في طياته الصفات والملامح الظاهرية للتربة في مكانها الطبيعي باستخدام الحواس كالنظر واللمس وتعتبر الصفات المورفولوجية صفات نوعية وليست كمية ولايمكن الاستغناء عنها في تحديد نوعية الترب وكل صفة من هذه الصفات تعتبر علامة يجب ان تتوفر فيها الشروط الاتية:

- سهولة دراستها وتميزها بالحواس او استخدام بعض الادوات الحقلية البسيطة.
- تكون ذات دلالة واحدة او اكثر على حدوث عمليات تكوينية معينة
- ان تكون العلامة صفة من صفات التربة وان تكون هذه الصفة ثابتة

واهم هذه الصفات التي يمكن تميزها في الحقل هي :

1) قطاع التربة Soil Profile: يعتبر من اهم العلامات المورفولوجية للتربة وهو قطاع رأسي يبدأ من سطح التربة وينتهي بمادة الاصل التي نشأ منها.
2) لون التربة Soil Colour: وهو احد العلامات المهمة جداً والتي يمكن ملاحظتها في الحقل والتي من خلالها نتمكن من الاستدلال على ماضي التربة والظروف التي مرت بها وكان يستخدم في تصنيف التربة وصفياً. وتعتبر مكونات التربة المعدنية والصورة التي تكون عليها هذه المكونات من اهم العناصر التي تعكس لنا لون التربة وهي:

أ- اكاسيد الحديديك Fe_2O_3 او اكاسيد الحديدوز FeO فاذا كانت التربة حاوية على اوكسيد الحديديك فهذا سيعكس اللون الاحمر او الزنجاري (لون الصدأ) والاصفر للتربة وهذا يدل على البيئة المؤكسدة للتربة، اما اذا احتوت على اوكسيد الحديدوز فستكتسب التربة اللون الازرق المخضر وهذا يدل على ظروف الاختزال للتربة وانها قد مرت بظروف غدقة.

ب- الكوارتز والفلدسبار بانواعه وكاربونات الكالسيوم واكاسيد الالمنيوم تعكس اللون المائل الى الابيض.

ج- الدبال (المواد العضوية المتحللة) تعكس اللون الداكن للتربة مابين الاسود الى الاسمر الفاتح.

3) نسيج التربة Soil Texture : ويقصد به درجة نعومة او خشونة التربة ويمثل النسب المختلفة لمجاميع الرمل ،الغرين والطين وهي خاصية مهمة وتعتبر من الصفات الثابتة للتربة ويمكن تقديرها بالحقل بالطريقة الحسية.

4) بناء التربة Soil Structure: وهو انتظام ذرات التربة المنفردة في شكل معين وبوجود المادة اللاحمة وهناك سبعة انماط بنائية للتربة (الحبيبي، الفتاتي، العقدي، الكتلي، الصفائحي، الموشوري، الاسفيني)

العوامل التي تساعد على تكوين بناء التربة

1- المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والاحياء الاخرى

2- الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل

3- الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص

4- جذور النبات وفعالية حيوانات التربة

5- الانجماد والذوبان

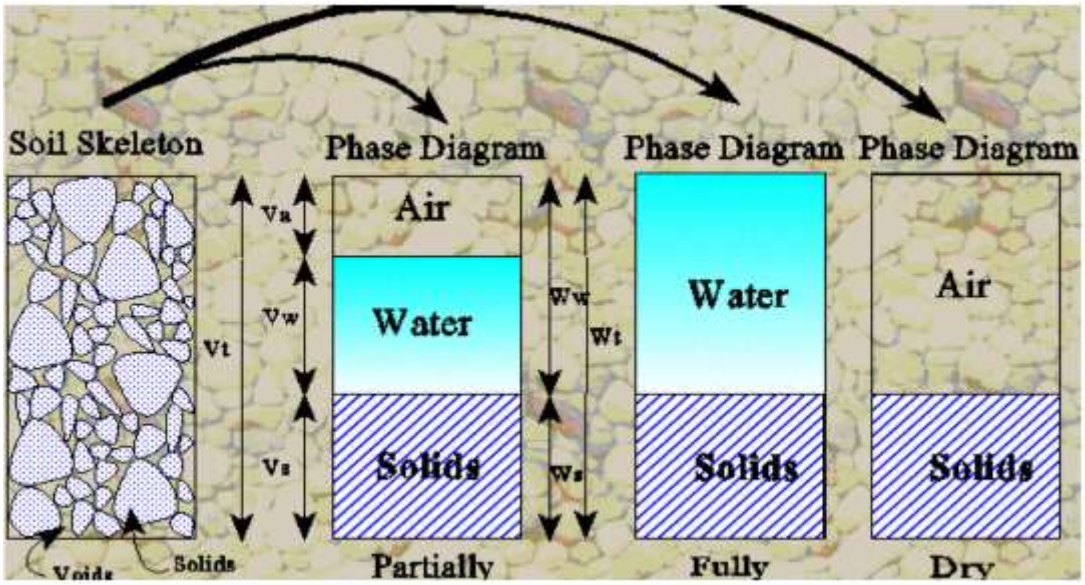
6- العمليات الزراعية

الخصائص الفيزيائية للتربة

ان للخواص الفيزيائية اهمية كبيرة في استعمالات التربة المتعددة لذا يجب التعرف عليها ومعرفة ملائمتها او العمل على تحسينها تماشياً مع استخداماتها المختلفة.

اطوار التربة

المادة في الطبيعة قد تتكون من طور واحد او عدة اطوار ، فالتربة بحد ذاتها تعتبر نظام متعدد الاطوار فالحالات الطبيعية الثلاث للتربة هي الحالة الصلبة والمتمثلة بدقائق التربة ، والحالة السائلة المتمثلة بماء التربة والمواد الذائبة فيه والحالة الغازية المتمثلة بهواء التربة. لذا تعتبر التربة نظام معقد حيث ان موادها الصلبة مكونه من دقائق مختلفة بتركيبها الكيميائي والمعدني بالاضافة الى الحجم والشكل وان ترتيب هذه الدقائق في التربة سوف يقدر حجم المسامات التي تسيطر على انتقال الماء والهواء.



1- المسامية Porosity

نعبر عن المسامية بانها النسبة بين حجم المسام المشغول بالماء والهواء الى الحجم الكلي للتربة وكما في المعادلة التالية...

$$\mathrm{f} = \frac{V_v}{V_t} = \frac{(V_a + V_w)}{(V_a + V_w + V_s)}$$

وتكون المسامية كدليل نسبي لحجم الفراغات الموجودة في التربة وان قيمة المسامية تقع ضمن (0.6-0.3) أي (60%-30%) فالتربة ذات النسيج الخشن تكون اقل مسامية من التربة ذات النسيج الناعم أي ان الترب الرملية اقل مسامية من التربة الطينية ، كما ان التربة الطينية تمتاز بمدى واسع من المسامية وذلك لانها تمتاز بقدرتها على التمدد والانكماش والتجميع والتفرقة والانضغاط والتشقق. وتقل المسامية بازدياد عمق التربة وذلك لزيادة الضغط المسلط عليها من الطبقات العليا والذي يعمل على تراص حبيبات التربة وقربها من بعضها البعض وبالتالي تقل المسامية ويمكن تصنيفها الى ثلاثة انواع 1) المسام الكبيرة والتي يبلغ قطر المسام اكبر او يساوي 0.1 ملم وهذا مانلاحظه في التربة الرملية 2) المسام المتوسطة والتي يبلغ قطر المسام بين 0.1-0.03 ملم ونلاحظها في التربة الغرينية 3) المسام الصغيرة والتي يبلغ قطر المسام اقل من 0.03 ملم وتتميز بها التربة الطينية.

2- نسبة الفراغات (e) Void Ratio

ويعبر عن هذه النسبة بحجم المسام المملوء بالماء والهواء الى حجم الجزء الصلب ويعبر عنها رياضياً بالمعادلة الاتية:

$$\mathrm{e} = \frac{V_v}{V_s} = \frac{(V_a + V_w)}{(V_t - V_v)}$$

وتعتبر نسبة الفراغات مهمة للعاملين في مجال هنسة التربة والميكانيك بينما المسامية مهمة للعاملين في مجال فيزياء التربة وتتراوح قيمة الفراغات بين $(2-0.3)$.

3- رطوبة التربة (θ) Soil Wetness

وهو مقدار ما تحويه التربة من ماء تحت ظروف معينة، ولدراسة المحتوى الرطوبي اهمية كبيرة حيث يدخل الماء في جميع العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي تتم داخل التربة فهو يعمل كمذيب لمعظم المواد كما انه يشكل وسطا للتفاعلات الكيمياوية في التربة وكعامل مشترك فيها، وان التربة الطينية تكون محتواها من الماء اعلى من التربة الرملية لما لها القدرة على الاحتفاظ بالماء. ويمكن التعبير عنها بطرق مختلفة :

- نسبة الى كتلة الجزء الصلب
- نسبة الى الكتلة الكلية
- نسبة الى حجم الجزء الصلب
- نسبة الى الحجم الكلي
- نسبة الى حجم الفراغات

وان الطرق الاكثر استعمالاً هي اعتماداً على

كتلة الجزء الصلب : (θ_m) Mass Wetness

ويعبر عنها بكتلة الماء الى كتلة دقائق التربة الجافة وهي محتوى الرطوبي الوزني وان التربة الجافة هي التربة التي تفقد الماء عند درجة حرارة 105 ْم

$$\theta_{m=}\frac{M_W}{M_S}$$

الحجم الكلي: Volum Wetness (θ_v)

قد يعبر عن المحتوى الرطوبي على اساس الحجم الكلي للتربة بدلاً من حجم الدقائق الصلبة ، وهناك تباين بالمحتوى الرطوبي حسب نوعية التربة او نسجة التربة فالتربة الرملية وعندما تكون مشبعة بالماء فان محتواها الرطوبي يقع بين 40−50% اما الترب المتوسطة النسجة يكون اعلى، وان تعبير المحتوى الرطوبي على اساس الحجم اكثر استخداماً من التعبير على اساس الوزن لانه يعبر وبشكل مباشر عن حجم تدفق الماء في التربة وكمية المياه المضافة عن طريق الري او الامطار ويعبر عن كمية المياه المفقودة عن طريق التبخر او النتح. ويمكن حسابه كما في المعادلة الرياضية:

$$\frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{V_a+V_w+V_s}\boldsymbol{\theta_v} =$$

درجة التشبع θ_s Degree of Saturation

وهو حجم الماء الموجود في التربة نسبة الى حجم الفراغات فيها وتتراوح بين (0−100%) فالصفر في حالة التربة الجافة اما 100% في حالة التربة المشبعة بالكامل ولايمكن الوصول الى حالة التشبع 100% وذلك بسبب وجود الهواء في المسامات البينية والذي يعمل على اعاقة عملية التشبع. ويمكن حساب درجة التشبع من المعادلة التالية.

$$\boldsymbol{\theta_s} = \frac{V_w}{V_v} = \frac{V_w}{(V_a + V_w)}$$

4- كثافة الجزء الصلب (كثافة الدقائق) ρ_s Density of Solids

والمقصود بها النسبة بين كتلة الجزء الصلب الى حجم نفس الجزء وتقاس بـ (gm/cm^3) وان معظم الترب المعدنية يكون كثافتها بين ($2.6-2.7 gm/cm^3$) ويمكن حسابها كالاتي:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

ان وجود المادة العضوية في التربة تقلل من كثافة الجزء الصلب وذلك لارتفاع حجم المادة العضوية مقارنة بكتلتها الواطئة.

5- الكثافة الظاهرية الجافة Dry Bulk Density ρ_b

ويعبر عنها بانها النسبة بين كتلة الاجزاء الصلبة والجافة الى الحجم الكلي للتربة (حجم الدقائق والمسامات) وحسب القانون التالي

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t}$$

وتعتبر الكثافة الظاهرية اصغر من كثافة الجزء الصلب. وبالنسبة للتربة الرملية فقد تصل كثافتها الظاهرية الى ($1.6gm/cm^3$) اما التربة الطينية والغرينية فقد تصل الى ($1.1gm / cm^3$) ، كما وان الكثافة الظاهرية تتأثر ببناء التربة ، رص وانضغاط التربة، التمدد والانكماش المعتمدة على الرطوبة. وتكون الكثافة الظاهرية للترب المرصوصة والمحببة مقاربة للكثافة الحقيقية لكن لاتصل الى حدودها مهما كانت درجة رص التربة فالدقائق لاتتلاحم بصورة تامة ولكنها تبقى ذات مسامية معينة واما الترب القابلة للتمدد فكثافتها الظاهرية تختلف باختلاف المحتوى الرطوبي.

6- الكثافة الظاهرية الكلية (الرطبة) Total Bulk Density ρ_t

ويمكن التعبير عنها بالكتلة الكلية الرطبة لكل وحدة حجم وكالاتي:

$$\rho_{t=} \frac{M_t}{V_t} = \frac{(M_s+M_w)}{(V_s+V_a+V_w)}$$

وتعتمد هذه الكثافة على المحتوى الرطوبي بشكل اكبر.

7- المسامية الهوائية (محتوى الهواء النسبي) Air Filled porosity f_a

ويقصد به المحتوى النسبي للهواء في التربة والذي يعتبر مهم في تهوية التربة ويتناسب عكسيا مع درجة تشبع التربة ويحسب حسب العلاقة التالية:

$$f_a = \frac{V_a}{V_t} = \frac{V_a}{V_a + V_w + V_s}$$

مثال 1/ اذا كان لديك تربة على هيئة مكعب ابعادها cm (10*10*10) و وزن التربة وهي رطبة gm(1460) و وزن الماء فيها gm (260) واذا علمت ان كثافة التربة الحقيقية هي gm/cm^3 (2.65) وان كثافة الماء gm/cm^3 (1). اوجد كل مما ياتي:

1) المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة
2) المحتوى الرطوبي عل اساس الحجم
3) عمق الماء
4) الكثافة الظاهرية
5) مسامية التربة
6) المسامية الهوائية

مثال 2/ اذا علمت ان وزن التربة الرطبة Kgm (220) وان المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة هي (0.18) فأوجد كتلة الجزء الصلب وكتلة الماء.

مثال 3/ اوجد الحجم الكلي للتربة (الحجم الظاهري) اذا علمت ان وزن التربة الرطبة gm (100) و وزن الماء فيها gm (18) وان كثافة التربة الظاهرية gm/cm^3 (1.2) .

مثال 4/ تربة غير مضغوطة يبلغ حجم المادة الصلبة فيها cm^3 (50) وحجم الماء cm^3 (20) وحجم هواء التربة cm^3 (20) تم ضغط التربة الى ان اصبح حجم الهواء فيها cm^3 (10) اوجد النسبة المئوية لنقصان المسام الهوائية.

قوام التربة : Soil Consistency

يعتمد قوام التربة ومدى تماسك وارتباط حبيباتها على نسبة المحتوى المائي بها، فكلما زادت نسبة المحتوى المائي بها قل قوامها وضعف تحملها وتباعدت حبيباتها المتجاورة وأصبحت تميل إلى الحالة السائلة. والتربة المتماسكة cohesive soil مثل الطمي والطين والتي لها حبيبات ناعمة توصف باللدنة، وبحسب محتواها المائي فإنها تقع في أحد الحالات الأربع التالية :

(1) الحالة الصلبة Solid State

(2) الحالة شبه الصلبة Semisolid State

(3) الحالة اللدنة Plastic State

(4) الحالة السائلة Liquid State

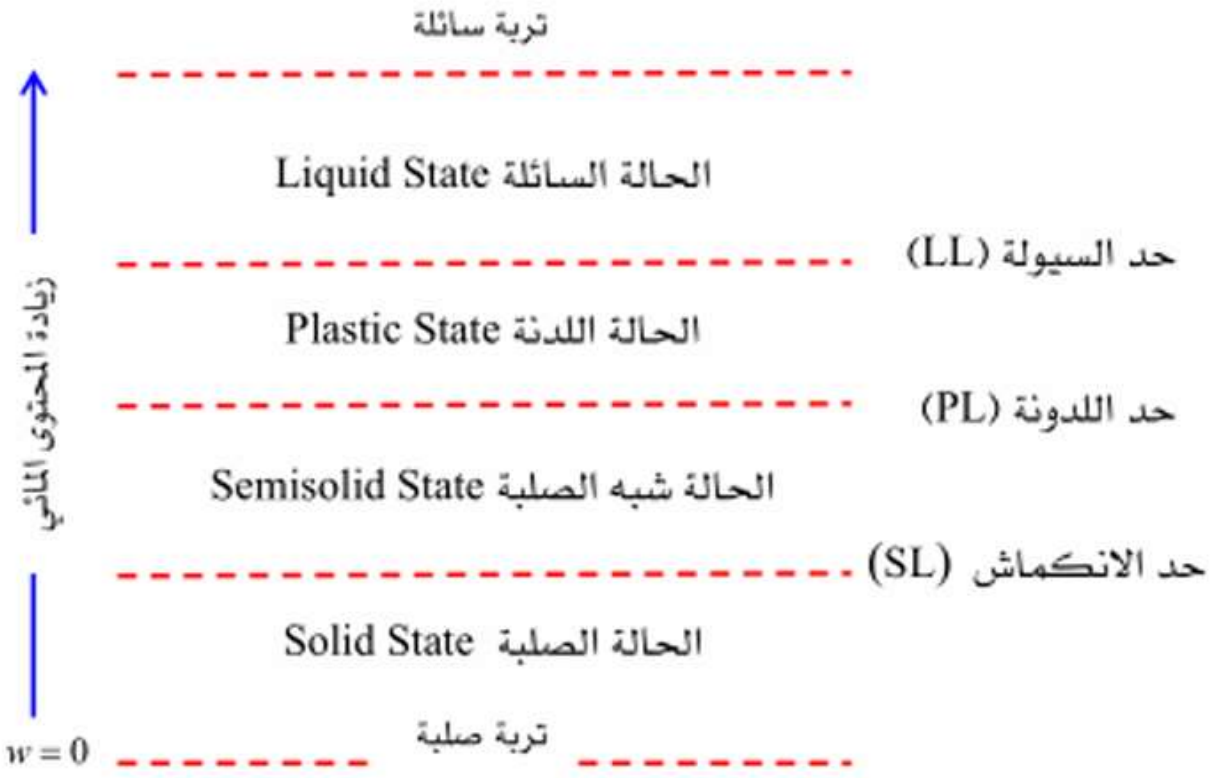
وتعرف المحتويات المائية التي تتحول عندها التربة من حالة إلى حالة أخرى مجاورة بحدود أتربرج Atterberg Limits وهو باحث سويدي قدم هذه الحدود وعرفها كما يلي:

حد السيولة Liquid Limit (LL)

حد اللدونة Plastic Limit (PL)

حد الانكماش Shrinkage Limit (SL)

وتعد حدود اتربرج من المعايير الرئيسة المستخدمة في تصنيف وتحديد خواص التربة المتماسكة والشكل ادناه يوضح حالات التربة الأربع وحدود القوام بينها.



حالات التربة مع حدود القوام

حد السيولة: Liquid Limit (LL)

يعرف حد السيولة بأنه المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة السائلة إلى الحالة اللدنة. والتربة التي لها حد سيولة عالي تدل على احتوائها على كميات طين عالية وبالتالي تكون قوة تحملها للقص ضئيلة وتتصرف كما لو أنها سائل لزج.

وعملياً فإن حد السيولة هو المحتوى المائي الذي تقفل عنده العلامة المحددة على جهاز كازاجراند Casagrande بعد 25 ضربة.

جهاز Casagrande

حد اللدونة Plastic Limit

يعرف حد اللدونة بأنه المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة شبه الصلبة.

وإذا وقع المحتوى المائي للتربة بين حد اللدونة والمحتوى المائي الطبيعي لها فإن التربة تكون لدنة.

وعمليا فإن حد اللدونة هو المحتوى المائي عندما يبدأ خيط من التربة قطره 3.2 mm في التشقق والتفتت بعد دحرجته على لوح زجاجي مخصص لهذا الغرض والتربة التي لا تتدحرج ولا تصل إلى هذا الخيط الرفيع من التشكيل تعد تربة غير لدنة.

https://www.alnaqeeb.me/liquid-limit-and-plastic-limit-test/

حد الانكماش Shrinkage Limit (SL)

يعرف حد الانكماش بأنه المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة شبه الصلبة إلى الحالة الصلبة، أو هو المحتوى المائي الناتج بعد إضافة أقل كمية من الماء لملء فراغات التربة الجافة، فكلما كان حد الانكماش قليلا كلما أثر ذلك على التغيرات الحجمية للتربة.

ويعرف الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة بعلامة أو مؤشر اللدونة Plasticity Index (PI) والذي يوضح من خلال العلاقة

$$PI = LL - PL$$

والتربة التي لها مؤشر الدونة عال تعد تربة ذات خواص أفضل من تلك التي مؤشر لدونتها منخفض

كما يمكن تحديد مؤشر السيولة (LI) للتربة المتماسكة من العلاقة

$$LI = \frac{w - PL}{PI}$$

حيث W المحتوى المائي للتربة في الموقع، والتربة التي لها مؤشر السيولة أقل من واحد تعد تربة طينية حساسة sensitive clay قابلة للانهيار .

سؤال عينة من التربة أظهرت اختباراتها المعملية النتائج التالية : المحتوى المائي الطبيعي $w = 43.8\%$ ، حد السيولة $LL = 48.3\%$ ، مؤشر اللدونة $PI = 21.7\%$ ، فأوجد حد اللدونة ومؤشر السيولة لهذه التربة.

سؤال: اذا علمت ان حد السيولة لتربة ما هو 45% وحد اللدونة هو 25% فما هو مؤشر اللدونة.

مشاكل التربة ومعالجتها واهم عوامل تدهورها

تعاني التربة بشكل عام من عدة مشاكل منها طبيعية وأخرى بشرية كان لها ضرر كبير على النشاط الزراعي ومن اهم هذه الأسباب هي:

1) **الملوحة:** ان مشكلة الملوحة مشكلة في غاية الأهمية لما لها من تأثير مباشر على التربة وبالتالي على اقتصاد البلدان وتعتبر ملوحة التربة من المشاكل الازلية ويعزى ذلك لعدة أسباب ومن أهمها

- أسباب طبيعية متمثلة بما يلي:

1- طبيعة الانحدار: ان انحدار الأراضي لها أهمية بالغة خاصة فيما يتعلق بالصرف والبزل للمياه ، فإن عدم انتظام انحدار الأرض يؤدي الى عرقلة صرف المياه طبيعيا للمياه الباطنية ومن ثم ارتفاع مستوى هذه المياه والتي سوف تؤدي الى ارتفاع ملوحة التربة السطحية.

2- العوامل المناخية : تعتبر العوامل المناخية من الأسباب الهامة لمعضلة تملح التربة وخاصة ارتفاع درجات الحرارة ، فان ارتفاعها الى مايزيد عن 50°م وزيادة ساعات النهار وهذا يؤدي الى انخفاض في الرطوبة النسبية وبالتالي زيادة نسبة التبخر من التربة والنتح في النبات الناتج عن تباين الضغط بين سطح التربة وباطنها ، حيث يقل الضغط عند السطح وارتفاعه في الداخل مما يؤدي الى انتقال الماء الباطني الى السطح بطريقة الخاصية الشعرية الذي يؤدي الى استمرار التبخر والتملح للتربة.

3- تزويد التربة بالاملاح عن طريق ماء السقي الذي يكون غني بالاملاح الذائبة.

4- خواص التربة: ان تملح التربة قد يكون بسبب احتواء التربة على نسبة عالية من املاح الكالسيوم والصوديوم منذ نشأتها

- الأسباب البشرية واهمها:

1) نظام الري المفرط وخاصة في فصل الصيف وبالاعتماد على أنظمة ري قديمة كالري بالالواح التي تؤدي الى تفاقم ظاهرة التملح بالإضافة الى عدم تبطين قنوات الري فتزداد عملية الارتشاح.
2) عدم تغطية التربة بقنوات البزل متكاملة.
3) الخلل في إدارة الأراضي الزراعية.
4) ترك بعض الأراضي الزراعية دون زراعة

المعالجات:

1) تغطية الأراضي بالمبازل الرئيسية والثانوية وربطها بالمصب العام

2) اعتماد إدارة منظمة للأراضي الزراعية عن طريق ادخال زراعة محاصيل تساعد في خفض الملوحة مثل الشعير والجت والبرسيم.
3) استخدام أنظمة ري حديثة كالري بالتنقيط والرش وتبطين قنوات الري لتقليل من ارتشاح المياه.
4) مراقبة أنظمة الري والبزل وصيانتها والمحافظة على نظافة الأراضي من النباتات المعرقلة لانسيابية المياه كالقصب والبردي.
5) توعية المزارعين بعدم الاستخدام المفرط للمياه
6) التقليل من حدة الاشعاع الشمسي بزراعة الأشجار
7) غسل التربة بين فترة وأخرى بوجود أنظمة بزل كافية لتقليل نسبة الملوحة.

---

2) الكثبان الرملية:

تعتبر الرمال من المشاكل التي تؤدي الى تدهور التربة، حيث اذا ما غطت الرمال مساحات واسعة سيعمل على تحول الأراضي الى أراضي صحراوية واهم أسباب انتشار الرمال والكثبان هي:

1- قلة الغطاء النباتي قد يكون بسبب قلة الساقط المطري وانحسار للمساحات المزروعة.
2- كثرة هبوب الرياح خاصة في فصل الصيف
3- الرعي الجائر الذي يعمل على القضاء على النباتات ويسهل من عملية انتقال التربة وتفككها.

<u>إجراءات الوقاية والتقليل من انتقال الكثبان الرملية</u>

1- زراعة الأشجار حول المناطق المعرضة للنقل وحول المزارع والمدن
2- رش مناطق الكثبان الرملية بالمواد النفطية او الكيمياوية او التربة الثقيلة لتثبيتها.
3- الاهتمام بالنبات الطبيعي والقيام برش البذور التي يمكنها من التكيف للظروف السائدة.
4- التقليل من المساحات المتروكة زراعياً

3) انجراف التربة:

تعد جرف التربة من المشاكل التي تعاني منها التربة وبشكل مستمر ويقصد بها عملية نقل التربة بما فيها من مواد عضوية ومعدنية من مكان لاخر بواسطة المياه والرياح والثلاجات بالإضافة الى عوامل أخرى كالجاذبية الأرضية وطبيعة الانحدار وتختلف حدة هذه المشكلة من منطقة الى أخرى فالمنطقة الجبلية تبدو اشد تأثراً ويعزى هذا الى شدة الانحدار في هذه المناطق. وتتفاوت شدة الجرف اعتماداً على الأسباب التالية:

1- درجة إنحدار السطح، فكلما زاد الإنحدار إزدادت عملية الجرف، و العكس صحيح. لذا يلاحظ أن شدة عمليات الجرف تبرز في أعالي و سفوح الجبال.
2- كثافة النبات الطبيعي، و هو عامل يساعد على تماسك التربة و الحد من جرفها.
3- الرعي الجائر ، أو كثرة عدد الحيوانات في المنطقة.
4- العامل البشري متمثلا بعدد من الممارسات التي يقوم بها الإنسان مثل قطع الأشجار و حرائق الغابات و الحراثة غير النظامية.
5- نوع الأمطار و خاصة الإعصارية منها لكونها سريعة و مفاجئة.

تتسبب عمليات جرف التربة بنتائج سلبية عديدة أهمها:

1- التسبب في فقر التربة في المناطق التي تنقل منها.
2- تغيير حالة نسجة التربة التي تنقل إليها بإضافة مواد غير صالحة أحيانا مثل الحصى و الرمل.
3- طمر التربة الصالحة الناضجة في المناطق التي تستقر فيها أو تتجمع فوقها.
4- خفض طاقات الخزن في مشاريع الخزن.
5- زيادة الترسبات في الأنهار مما يقلل كفاءتها و تزيد من إمكانية حدوث الفيضانات.

تقليل كفاءة منظومات الري.

أن انتقال التربة عبر الممرات المائية التي تصبّ في مجاري المياه الأكبر، مثل الأنهار والبحيرات. يسبب تراكم المغذيات القادمة من الحقول في المياه مما يؤدي بدوره الى تفشي الطّحالب وهذا يشكل خطراً على نوعية المياه ويضر بطبيعة الحياة المائية. وبالإضافة إلى ذلك، حتى في أحواض المياه الأكبر مساحة، كالمحيطات والبحار، قد تتراكم الرواسب بكميات كبيرة وهذا كفيل بزيادة التعكر وتقليل الرؤية في المياه عن قرب، مما يهدد استدامة النظم الإيكولوجية المائية وغالباً ما يؤدي إلى موت النباتات.

الكشف عن انجراف التربة عن طريق التقنيات النووية

قد لا تتجدد التربة المنجرفة او المتآكلة لأجيال، لذلك من المهم تقييم تآكل التربة ومعدلات الترسيب إلى جانب تحسين إدارة الأراضي وتنفيذ تدابير الحفاظ على التربة. وهنا يأتي دور التقنيات النووية حيث تُستخدم تقنيتي النويدات المشعة المتساقطة والنظائر المستقرة بمركبات معينة بشكل كبير لمعالجة تآكل التربة بصورة غير

مباشرة وتساعد تقنية النويدات المشعة المتساقطة في تقييم معدلات تآكل التربة وتقديرها، بينما تُحدِّد تقنية النظائر المستقرة بمركبات معينة المناطق الأكثر تأثراً بتآكل التربة.

تنتشر النويدات المشعة المتساقطة في جميع أنحاء العالم، وأكثرها شيوعاً هو السيزيوم-137، الذي أُطلق بشكل أساسي خلال تجارب الأسلحة النووية في الخمسينيات والستينيات. وقد تَوزّع في الجو في جميع أنحاء العالم ثم ترسب في الأمطار وأصبح جزءاً من التربة السطحية مع مرور الوقت.

وعلى الرغم من أنّ كمية النويدات المشعة المتساقطة في التربة ضئيلة جداً وغير ضارة للإنسان، إلا أنه يمكن قياسها باستخدام مقياس طيف أشعة غاما، ويمكن استخدام كمياتها لتقدير معدلات تآكل التربة. وعندما تتأثر التربة السطحية بالتعرية، تنخفض نسبة تركيز السيزيوم-137، ولكنّ ترسبات التربة المتآكلة تتسبب بارتفاع هذه النسبة.

ويتيح تتبع إعادة توزيع النويدات المشعة المتساقطة للخبراء تحديد كمية التربة التي أُزيلت من مكانٍ مُعيَّن وتجمّعت في مكانٍ آخر. ولكي يتمكن الخبراء من تحليل البيانات المُجمعة، يجب أن يُحددوا الموقع الذي لم يتأثر بالتآكل أو الترسب. ويمثل الموقع الذي تراجعت فيه كمية النويدات المشعة المتساقطة بسبب الاضمحلال الإشعاعي خط الأساس. وبعدئذ يُقارن كل من المكان الذي حصل فيه تآكل التربة والمكان الذي تجمّعت فيه الترسبات بالموقع المرجعي (أي الأساسي) لاحتساب كمية التربة المتآكلة أو المترسبة.

وبالإضافة إلى السيزيوم-137، يُستخدم نوعان من النويدات المشعة المتساقطة الأخرى لتتبع تآكل التربة، وهما الرصاص-210 والبريليوم-7.

المعا

لجا

ت

-1

نشاءات و أسيجة أو مصاطب في المناطق المنحدرة لتقليل سرعة حركة المياه.

2- منع عمليات الرعي الجائر و الحرائق و قطع الأخشاب (حماية النبات الطبيعي).

3- إتباع أسلوب صحيح في الحراثة

4- زراعة الأشجار و الحشائش عند السفوح المنحدرة.

4) **انضغاط التربة** : ويقصد به انخفاض نسبة المسامات بين حبيبات التربة وبهذا تصبح التربة اكثر كثافة وصلبة واكثر صعوبة في الاختراق، وان من أسباب انضغاط التربة قد يكون طبيعي مثل *سقوط لامطار الكثيفة والثقيلة او ناتج عن الممارسات البشرية *كالاستخدام المفرط للالات الزراعية *وزراعة المحاصيل الكثيفة *والرعي المكثف. وهذا كله يؤدي الى تراص التربة وقلة الفراغات وبالتالي قلة في المياه والهواء وابتعاد التربة عن خواصها الطبيعية ويكون انضغاط التربة نوعان :

1- **الضغط السطحي:** يحدث على طبقة التربة السطحية ويتم التعامل معه بسهولة من خلال حرث الطبقة السطحية التي تعاني من الضغط، وهو ناتج عن استخدام المعدات التي يبلغ وزنها أقل من 10 ألف طن. ان التربة التي تعاني من الضغط السطحي تصبح أكثر عرضة للتآكل إذا لم يتم التعامل معها ومعالجتها. ومن السلبيات او المشكلات التي تسببها التربة المضغوطة هو اعادة المياه الحاملة للمغذيات وتوجهها نحو المسطحات المائية مما يسبب تلوثها.

2- **الضغط تحت السطحي:** يعتبر هذا النوع من الضغط أكثر صعوبة من الضغط السطحي، فلا يمكن حله عن طريق حرث الطبقة المتراصة. وهو ناتج عن استخدام آلات أو معدات تزن أكثر من 10 طن (مثل ناقلات السماد والحصادات).

ويمكن لنوع التربة أن تسهم أيضاً في زيادة حدوث انضغاط التربة، بحيث يحدث الضغط بسهولة في التربة الطينية الرطبة والتربة التي تحتوي على نسبة أقل من المواد العضوية (لأنها تفككت بسهولة)، والتربة الرملية.