جامعة الموصل

كلية الزراعة والغابات

قسم علوم الغابات

المرحلة الثانية

مادة تربة غابات

مدرس المادة : الدكتور قحطان درويش عيسى

المحاضرة الاولى

علم التربة:

هو مجموعة المعلومات والأسس المتعلقة بالتربة، وهو علم يتعلق بجميع العلوم الطبيعية وعلى الأخص الفيزياء والكيمياء والبيولوجي، لذا فإن هناك ما لا يقل عن خمسة فروع لعلم التربة هي:

1. فيزياء التربة.
2. كيمياء التربة.
3. أحياء التربة المجهرية.
4. نشوء ومسح التربة.
5. خصوبة التربة.

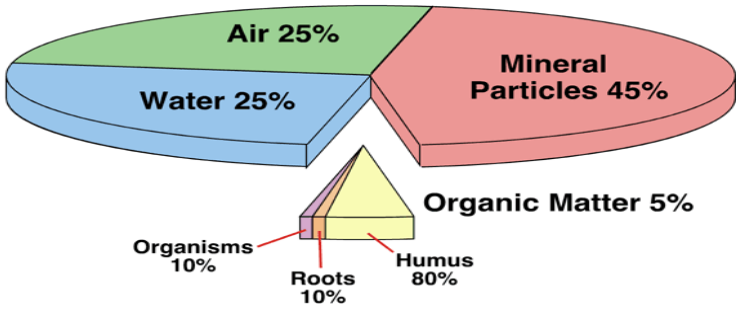
إضافةً إلى التقسيمات المتعلقة بواحد أو أكثر من الفروع المذكورة أعلاه.

مفاهيم التربة:

تختلف مفاهيم التربة بالنسبة للذين يتعاملون معها، فالرجل الاعتيادي يعتبر التربة تلك المادة التي تؤدي إلى اتساخ أحذيته وملابسه ويحاول تجنب السير عليها مفضلاً الطرق المعبدة. والسائق يعتبرها المادة التي تثير الأتربة عند سير مركبته عليها عندما تكون جافة، وقد تؤدي إلى تعطيل سير مركبته عندما تترطب بعد سقوط الأمطار عليها خصوصاً عندما تحوي نسبة عالية من الطين، أما مصانع الطابوق فيعتبرون التربة هي المادة الأساس لصناعتهم وخصوصاً عند خلوها من الأملاح والمواد الصخرية، والمهندس المدني ينظر إلى التربة على أنها المادة التي تسند البنايات والطرق وغيرها من المنشآت، وصاحب المنزل يفضل أن تكون تربة حديقته هشة وخالية من الأملاح، أما الفلاح فينظر إلى التربة على أنها مهد لنمو النباتات ويحاول أن يجعلها أكثر ملائمةً لنمو النباتات عن طريق حرثها وسقيها وعزقها وتسميدها للحصول على أعلى إنتاج.

المكونات الرئيسية للتربة:

تُعرّف التربة من قبل المهتمين بها كوسط لنمو النبات **(Soil edaphologists)** بأنها: جسم طبيعي يتكون من مزيج من المواد المعدنية والمواد العضوية المتحللة والتي تغطي سطح التربة بشكل طبقات، وتقوم عند احتوائها على النسب الملائمة من الماء والهواء بتثبيت النبات وتجهيزه بمعظم احتياجات نموه، فالتربة المعدنية السطحية المثالية لنمو النبات تحتوي على النسب الحجمية التالية:



مواد معدنية 45 ٪ مواد عضوية 5 ٪ ماء 25 ٪ هواء 25 ٪

فالمواد المعدنية والعضوية تكون الجزء الصلب من التربة الذي توجد بينه مسامات بينية تشغل بالماء والهواء. إن هذه النسب تختلف من تربة إلى أخرى وكذلك نسبة الماء والهواء تختلف في نفس التربة من وقت لآخر حسب الظروف الجوية والعمليات الزراعية، وأن العلاقة بين الماء والهواء في التربة هي علاقة عكسية، كما أن هذه المكونات الأربعة لا توجد بشكل منفصل عن بعضها في الطبيعة وإنما تتداخل فيما بينها.

تتواجد المادة العضوية قرب سطح التربة وتقل بالابتعاد عن سطح التربة في الترب المعدنية، إذ أن نسبة المادة العضوية في الطبقة السطحية في الترب المعدنية تتراوح من 1٪ - 6٪، أما مناطق الأهوار والمستنقعات فتكثر فيها النباتات الطبيعية، وتكون الظروف لا هوائية وهذا يقلل من تفسخ المادة العضوية ولذلك تتطور ترب تتكون نسبة كبيرة منها من المادة العضوية، فعندما تكون النسبة الوزنية للمادة في الثلاثين سنتيمتر العليا في التربة بين 20٪ و 30٪ فإن خواص التربة تعتمد بدرجة كبيرة على الجزء العضوي وليس الجزء المعدني وتسمى التربة عندئذٍ **تربة عضوية** أو **تربة هشيمة (Muck soil)** وقد تصل النسبة الوزنية للمواد العضوية في الجزء السطحي لبعض هذه الترب بين 80٪ و 90٪، وإن مساحات الترب العضوية في العالم صغيرة مقارنةً بمساحات الترب المعدنية.

أما **<u>تعريف التربة</u>** من قبل علماء التربة **(Soil pedologists)** فهي جسم طبيعي ديناميكي متطور على سطح الأرض وله ثلاثة أبعاد (مساحة وعمق) تكونت صفاته نتيجة للتأثير المتداخل للمناخ والمادة الحية (النباتات والحيوانات) على المادة الأم (مادة الأصل) (Parent material) وتحت تأثير الانحدار (ميلان السطح) لفترات من الزمن مكونةً ما يعرف بمقد التربة، بيدون التربة.

الطبقات العضوية (الآفاق العضوية):

ترب الغابات Forest soil : هي الترب المتكونة تحت غطاء غابي ذو جذور عميقة لها تأثير على نشوء وتكوين هذه الترب باعتبار الغطاء الغابي (الغطاء النباتي) كعامل من عوامل تكوين التربة ، ولهذا تتصف هذه الترب باحتوائها على الآفاق العضوية المختلفة اعتماداً على درجة تحلل مخلفات اشجار الغابات (أوراق ، أغصان ، ثمار).

الآفاق العضوية Organic Horizons

تحتوي ترب الغابات على طبقات عضوية ثلاثة تكوّن فيما بعد الافق العضوي . هذه الطبقات تشمل :

1. طبقة Litter (L)

تمثل هذه الطبقة مخلفات وبقايا اشجار الغابات المتساقطة على سطح الارض غير المتحللة

2. طبقة Fermentone (F)

هي الطبقة التي تكون فيها مخلفات اشجار الغابات قد تحللت بصورة جزئية بحيث يمكن التعرف على أصل هذه المخلفات أو يمكن تمييز هذه المخلفات كونها أوراق أو أغصان أو ثمار.

3. طبقة Humus (H)

هي الطبقة التي تكون فيها مخلفات الاشجار قد وصلت الى مرحلة التفسخ والتحلل التام بحيث لا يمكن التعرف على نوع المخلفات .

L

↓ تحلل جزئي

F

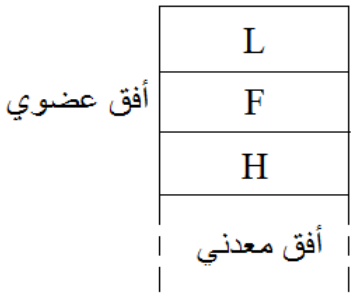
↓ تحلل تام

H

هذه الطبقات العضوية الثلاثة تكون ما يسمى بالأفق العضوي وهناك ثلاثة آفاق عضوية يمكن تمييزها في ترب الغابات :

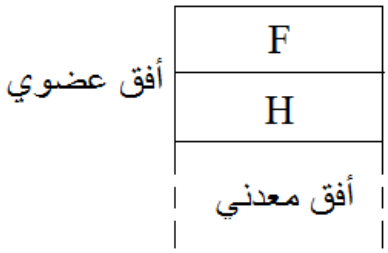
1. أفق عضوي Mor

يحتوي هذا الافق على الطبقات العضوية الثلاثة :



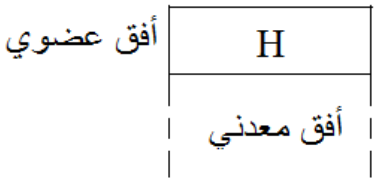
2. أفق عضوي Moder

يحتوي هذا الافق على طبقتين عضويتين :



3. أفق عضوي Mull

يحتوي هذا الافق على طبقة عضوية واحدة :



تحلل المادة العضوية وتحرر غاز CO_2 :

تقوم أحياء التربة المجهرية بتحلل المادة العضوية وتحرر أنواع مختلفة من العناصر مثل عناصر Ca^{++} ، Mg^{++} ، K^{+} اضافة الى $SO_4^{=}$ وغاز CO_2 NH_3 ويطلق على هذه العملية أسم المعدنة السريعة للمادة العضوية وتحلل ما يعرف بالدبال Humus خلال عملية التدبل Humification التي تتزامن مع تكوين مركبات دبالية جديدة .

وهناك طرق تستخدم في قياس درجة تحلل المادة العضوية :

1. قياس كمية ثاني اوكسيد الكاربون من المادة العضوية
2. قياس كمية الاوكسجين المستهلك في أكسدة المادة العضوية.
3. تقدير النقص في كمية المادة العضوية بالطرق الكيميائية أو الوزنية
4. تتبع النشاط الانزيمي في التربة
5. اختفاء بعض المكونات العضوية مثل السليلوز أو اللجنين أو الهيميسليلوز.

من أكثر الطرق شيوعاً هي طريقة قياس كمية CO_2 المتحرر من المادة العضوية خلال مدة تحضين المخلفات تحت ظروف قياسية حيث يكون حوالي 60 – 80% من كاربون المادة العضوية المضافة الى التربة يتحرر على شكل غاز ثاني اوكسيد الكاربون والباقي يبقى في التربة بصورة دبال Humus أو مرتبط بالطين أو بصورة خلايا حية وتتم هذه العملية عندما تهاجم احياء التربة المادة العضوية للحصول على الغذاء فتقوم باستعمال الكاربون العضوي ونتيجة لذلك يتحرر غاز CO_2 من التربة وهو أكثر الغازات الناتجة من تحلل المادة العضوية وهناك العديد من العوامل المؤثرة في تحرر الغاز نتيجة لتأثيرها في نشاط الاحياء كدرجة الحرارة والرطوبة ودرجة حموضة التربة ونسبة الاوكسجين ونسبة C:N .

1. نسبة C : N في المادة العضوية :

تختلف المادة العضوية في نسبة C:N والتي تؤثر بصورة مباشرة في نسبة التحلل وكمية غاز CO2 المتحررة. فقد وجد أن سرعة التحلل تختلف باختلاف نسبة C:N للمخلفات العضوية اذ تزداد سرعة التحلل بانخفاض هذه النسبة حيث أن النسبة العالية لـ C:N تسبب الانخفاض في تحللها بسبب احتوائها على كميات كبيرة من اللجنين والشموع والكايتين والتي تُعد من المواد صعبة التحلل ، وعندما تكون نسبة C:N قليلة فتزداد سرعة التحلل مصحوبة بزيادة تحرر CO_2 بسبب زيادة نشاط الاحياء نتيجة لتوفر النتروجين.

وأشارت الدراسات في هذا المجال انه اذا كانت نسبة C:N في المخلفات العضوية أقل من (15:1) يعني احتواء هذه المخلفات على كميات كافية من النتروجين لسد حاجة الاحياء الدقيقة في اتمام تحلل تلك المخلفات وان الكمية الفائضة من النتروجين سوف تتحرر على هيئة امونيوم وتستهلك في نمو النبات.

وقد صنف بعض الباحثين المخلفات العضوية حسب C:N ونسبة N: اللجنين الى مواد تختلف في سرعة تحلل كما موضح في الجدول التالي :

درجة تحلل المخلفات	C : N	N : اللجنين
تحلل سريع	اقل من 18	أقل من 4.5
تحلل معتدل	18 – 27	4.5 – 7
تحلل بطيء	28 – 60	7 – 15
تحلل بطيء جداً	أكثر من 28	أكثر من 15

2. درجة الحرارة :

تؤثر درجة الحرارة في تحلل المادة العضوية من خلال تأثيرها على نشاط الاحياء الدقيقة لان كمية غاز CO_2 المتحررة في درجة حرارة 20 ْم هي اعلى بمقدار ثلاثة أضعاف من كميته المتحررة في درجة حرارة 10 ْم ، وعند ارتفاع درجة الحرارة من 10 – 20 ْم تزداد نشاط الاحياء الدقيقة وان معظم احياء التربة المجهرية تكون محبة للحرارة المعتدلة والتي تتكاثر بشكل جيد بدرجة حرارة تتراوح بين 15 – 45 ْم .

3. المحتوى الرطوبي :

ان المستويات العالية من الرطوبة تقلل من فعالية الاحياء عن طريق تأثيرها في متطلبات الاوكسجين وان افضل محتوى رطوبي يكون عند السعة الحقلية عندما يكون 50% من الحيز المسامي يكون مملوء بالهواء و50% تكون مملوءة بالماء .

4. الاملاح :

تؤثر ملوحة التربة على تحلل المادة العضوية وتحرر CO_2 ، كما أن كمية غاز CO_2 المتحررة من مصادر عضوية اختلفت حسب تركيز الاملاح ($6\ dS.m^{-1}$ أعلى كمية من غاز CO_2 تليها $2\ dS.m^{-1}$ ثم $1\ dS.m^{-1}$). ويزداد النشاط الميكروبي عند زيادة الكلس الفعال.

تدّبل المادة العضوية :

ان استمرار تحلل المادة العضوية وتحولاتها ينتج عنه تكون مواد عضوية أكثر تعقيداً تعرف بالدبال humus وهذه العملية تسمى بالتدبل ، وقد عرف بعض الباحثين التدبل بانها العمليات الطبيعية التي تؤدي الى تحول المواد العضوية الى مواد دبالية بواسطة فعالية الاحياء المجهرية.

ارتباط المادة العضوية بمعادن الطين :

ان معادن الطين والمركبات الدبالية تعتبر من المواد الغروية فالاولى متبلورة والثانية ليس لها شكل بلوري غير متبلور كما أنها تجهز الايونات القاعدية والحامضية معاً بعكس معادن الطين التي تعطي الايونات القاعدية بصورة رئيسية ويتصف الطين ثابت بهذه الدرجة أو تلك أما المركبات الدبالية تكون غير مستقرة وتختفي احيانا من التربة .

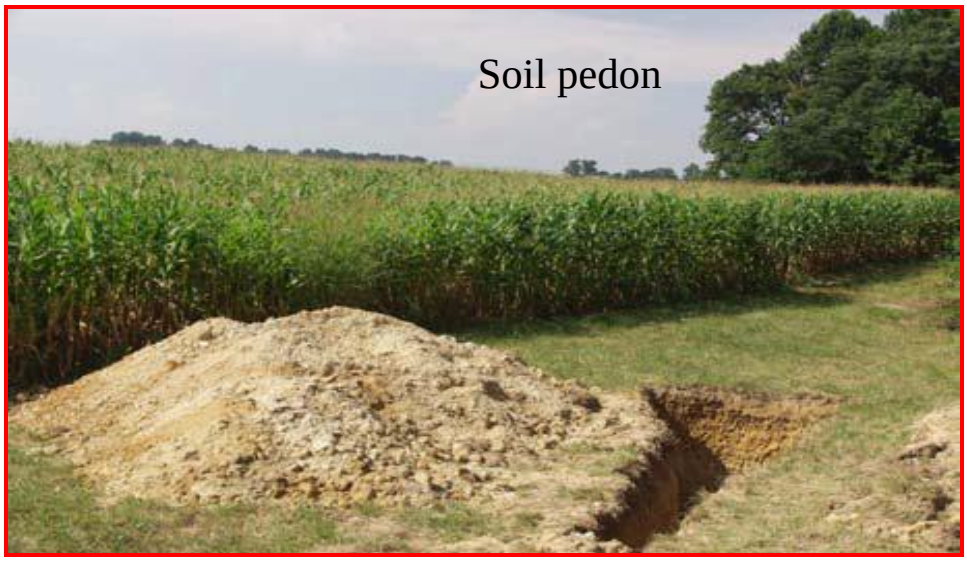
ويوجد جزء قليل من المركبات الدبالية في حالة حرة والجزء الاكبر يتصل بالجزء المعدني من التربة وتكون الارتباطات الممكنة بين المواد الهيوميكية والمكونات المعدنية بالاشكال التالية :

1. مواد هيوميكية في حالة حرة
2. مواد هيوميكية في صورة هيومات الكالسيوم والحديد وهي هيومات قاعدية
3. مواد هيوميكية في صورة هيومات مختلطة مع اكاسيد الحديد والالمنيوم
4. مواد هيوميكية ترتبط بقوة مع معادن الطين

المحاضرة الثانية

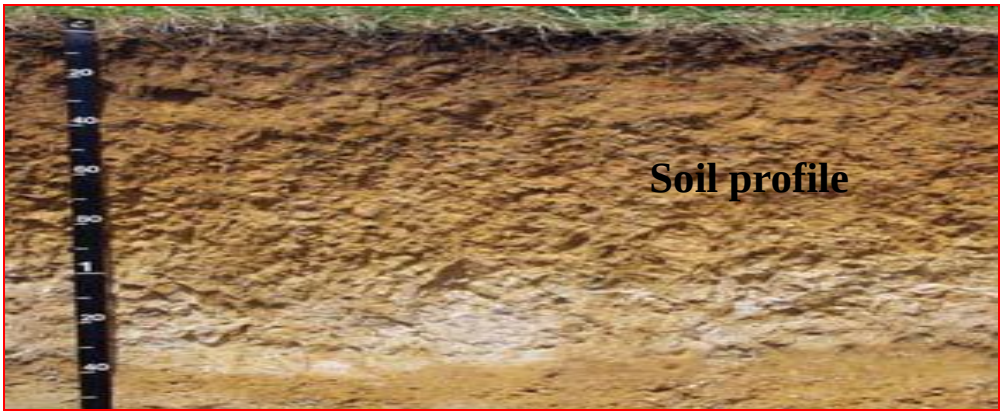
بيدون التربة (Soil pedon):

وهو اصغر وحدة حجمية يمكن أن نطلق عليها التربة، ويتكون من ثلاث أبعاد (طول وعرض وارتفاع).



مقد التربة Soil profile:

هو مقطع عمودي في الجزء السطحي من القشرة الأرضية يشمل جميع الطبقات التي حصلت لها تغييرات بيدولوجية خلال عمليات تكوين التربة وكذلك الطبقات العميقة التي أثرت على تطور التربة. ويتكون المقد من عدة آفاق هي أفق A (السليب) وأفق B (الكاسب) وأفق C وهو المادة الأم والأفق R الذي يمثل الصخور الأساسية.



الترب غير الناضجة (Immature soils) أو الترب الفتية (Young soils):

تتكون هذه الترب من أفقين فقط وهي تتميز بتراكم المواد العضوية في السطح وتكون سرعة التجوية والغسل والنقل للمواد الغروية (المعدنية والعضوية) في الأفق A في هذه التربة أبطأ من تراكمها وتكون معظم صفات هذه الترب موروثة من المادة الأم التي تطورت منها.

الترب الناضجة (Mature soils):
وهي الترب الحاوية على الآفاق A و B و C وتكون هذه الترب في حالة تعادل ديناميكي مع بيئتها، أي أن هناك تعادل بين المواد المضافة والمواد المفقودة من التربة.

أما **الترب العتيقة (Old soils)** فهي الترب التي فيها تزداد الاختلافات في الصفات بين الأفق A والأفق B بدرجة كبيرة، وتتصف هذه الترب بانخفاض في خصوبتها وإنتاجيتها ويكون الأفق B سميكاً جداً وكثافته الظاهرية عالية جداً ويحوي نسب عالية من أكاسيد الحديد والألمنيوم.

نشوء وتطور الترب:
أطوار التربة المختلفة لا تكون واضحة ومتميزة عن بعضها بالمعنى الصحيح، وحتى لو أمكن ملاحظة بعض الخصائص المميزة لأطوار التربة في بعض الأحيان فإن الانتقال من طور لآخر يكون تدريجياً ولا يمكن تمييز الأطوار عن بعضها بسهولة لان تطور التربة ينتج عن عمليات وراثية مستمرة وبطيئة نسبياً.

تكون التربة (Soil formation):
يسمى تحول المادة الأم (مادة الأصل) (Parent material) إلى تربة بتكوين التربة، وبالإمكان وضع العلاقة بين المادة الأم والتربة بالمعادلة التالية:

عوامل تكوين التربة

المادة الأم ◄━━━━━━━━━━━━━━━━ التربة

وتشمل **عوامل تكوين التربة:**

1. المادة الأم Parent material
2. المناخ Climate
3. والأحياء living organisms
4. والطبوغرافية Relief
5. الزمن Time

عمليات تكوين التربة:

رغم أن هناك العديد من العمليات التي تدخل في تكوين التربة ومنها (التجوية وتكوين المعادن الطينية وتكون وتراكم الدبال وحركة وتبادل الايونات وحركة أو فقد المواد الغروية والعضوية بين الآفاق وترسيب الأملاح والمزج الميكانيكي للتربة أو المزج البيولوجي بواسطة الأحياء الموجودة فيها) إلا أن بالإمكان وضع هذه العمليات **(عمليات تكوين التربة)** في أربعة مجاميع وهي:

1. الإضافة أو التراكم (Addition or accumulation).
2. التحول (Metamorphic).
3. النقل (Translocation).
4. الفقد (Losses).

يمكن التعرف على العوامل المهمة في تطور الترب بالاعتماد على نوع الآفاق المكونة للمقد والتي تعكس تأثير واحد أو أكثر من العمليات المؤدية إلى تكوين المقد، فمثلاً **تتميز الآفاق السطحية بتراكم** المادة العضوية على شكل دبال بينما **تتميز الآفاق تحت السطحية بتراكم** المعادن الغروية كأطيان السيليكات واكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألمنيوم. كذلك فقد **يتحول** النتروجين من الصورة العضوية إلى الصور المعدنية أو قد **يفقد** الكربون من الترب السطحية عند تحوله إلى غاز ثاني اوكسيد الكربون. كذلك قد **تفقد** العناصر الغذائية المعدنية من مقد التربة عند غسلها إلى الطبقات السفلى، ونظراً لتأثير العديد من العوامل على تطور مقد التربة فمن المتوقع تطور العديد من الآفاق التي تختلف في اللون والنسجة والبناء والمسامية والقوام وغيرها من الصفات مع تغير العمق.

آفاق التربة (Soil horizons):

ذكرنا سابقاً بأنه يمكن تمييز ثلاث آفاق مختلفة في الترب المعدنية وهي الآفاق A و B و C.

الأفق A (A- horizon):

يتميز هذا الأفق بأنه:

- اقرب الآفاق إلى السطح في الترب المعدنية.
- يتميز هذا الأفق بأعلى درجة لتراكم المادة العضوية.
- يتميز بأعلى تجوية وفقد للمعادن الطينية أو بكليهما.

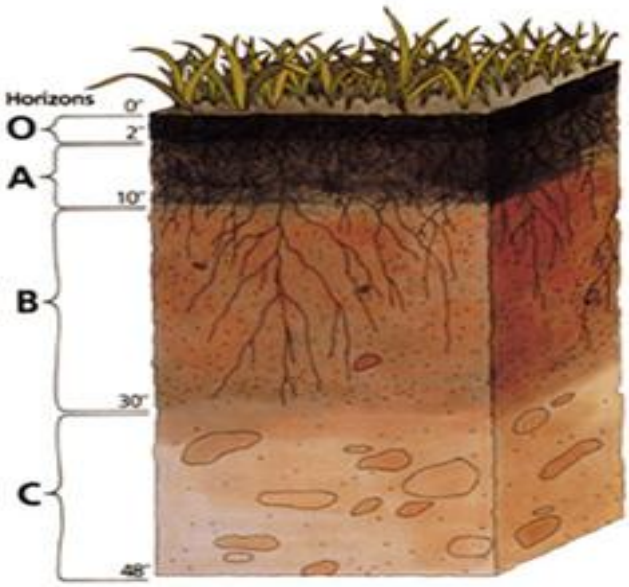
ويقسم الأفق A إلى:

A_1- أفق معدني يوجد على أو قرب السطح في بعض الترب المعدنية، وتغلب عليه صفة تراكم المادة العضوية.

A_2- أفق معدني يوجد على أو قرب السطح في بعض الترب المعدنية، ويتصف بفقد الطين أو الدبال أو كلاهما بواسطة عملية السلب (Eluviation) وغالباً ما يكون لون هذا الأفق فاتحاً (مقصور اللون).

A_3- أفق معدني انتقالي تغلب عليه صفات الآفاق الواقعة فوقه (إما A_1 أو A_2) ولكن له بعض صفات الأفق B الواقع تحته.

قد تحتوي تربة معدنية على الأفق A_1 بدون A_2 أو بالعكس A_2 بدون A_1 أو قد تحتوي على كليهما. تتراكم أحيانا طبقة من المادة العضوية فوق سطح التربة المعدنية في ترب الغابات وتسمى هذه الطبقة بالأفق (O) وهو أفق عضوي.



الأفق B (B- horizon):

تحتوي بعض الترب على الأفق B الذي يمتاز بما يلي:

- يقع عادةً تحت الأفق A مباشرةً.
- يتصف بأقصى حد لتراكم أطيان السيليكات.
- ذو كثافة ظاهرية عالية.
- في بعض الأحيان يكون قليل المسامية.
- يمكن تمييز هذا الأفق عن الآفاق الواقعة تحته أو فوقه باختلاف اللون.

ويقسم الأفق B إلى:

B_1: أفق معدني انتقالي تغلب عليه صفات الأفق B_2 الواقع تحته، ولكن له بعض صفات الأفق A الواقع فوقه.

B_2: أفق معدني يتميز بتراكم المواد الغروية التي غسلت من الآفاق التي فوقه ويسمى بالأفق الكاسب (Illuvial horizon)، وكذلك يتميز بوجود اختلاف باللون أو البناء أو القوام مقارنةً بالآفاق المحيطة به.

B_3: أفق معدني انتقالي تتضح به صفات الأفق B_2 الواقع فوقه مع وجود بعض خواص الأفق C الواقع تحته. يسمى مجموع الآفاق A وB في الترب المعدنية بالسولم (Solum) والذي يعني الترب الحقيقية.

الأفق C (C- horizon):

يوجد الأفق C عادةً تحت الأفق B ويتميز بأنه:

- الأفق الذي تحصل فيه اقل التغيرات بالنسبة للآفاق الأخرى.
- ويقع الأفق C تحت الأفق A مباشرة في الترب التي لا تحتوي على الأفق B (الترب الفتية).

- وعند عدم احتواء التربة على أي من الأفقين A وB فان المقد برمته يعتبر أفق C، وهذه الحالة تحصل عندما يكون التطور في المقد أبطا من سرعة إزالة الآفاق A وB بواسطة التعرية.

R: وتمثل الصخور الأساسية (التحتية) الصلبة التي قد تكون أو لا تكون مصدراً للمادة الأم للتربة الواقعة فوقها.

في بعض الحالات قد تكون الآفاق الانتقالية غير منتظمة وقليلة السمك بحيث لا تتصف بصفات الآفاق الانتقالية بصورة واضحة لذلك قد تستخدم تقسيمات ورموز أخرى فمثلاً (AB) منطقة انتقالية جزئها الأعلى مشابه للأفق A وجزئها الأسفل مشابه للأفق B ولا يمكن تصنيفها بوضوح كأفق A_3 أو أفق B_1.

الآفاق الوراثية (Genetic horizons):

وهي الآفاق التي تتصف بخواص ناتجة عن عمليات تطور الترب ويرمز لها بحرف أو حرف ورقم فمثلاً يمكن تقسيم الأفق B_2 إلى B_{21} و B_{22}.

المحاضرة الثالثة

عوامل تكوين التربة (Factors of soil formation):

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 دوكوشيف (Dokuchaev, 1883) العلاقة بين عوامل تكوين التربة والتربة وصفاتها بمعادلة عرفت بالمعادلة الأساسية لتكوين التربة والتي يمكن كتابتها بالصيغة التالية:

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

وهذا يعني أن التربة (Soil, S) تتكون نتيجة لتأثيرات كل من المناخ (climate, cl) والطبوغرافية (relief, r) والأحياء (living organisms, o) على المادة الأم (parent material, p) لفترة من الزمن (time, t).

وقد أوضح يني (Jenny, 1941) بأنه عند تثبيت أربعة من العوامل المذكورة أعلاه يصبح بالإمكان دراسة تأثير التغير في العامل الخامس على تطور التربة. وسندرس فيما يلي تأثير كل من العوامل الخمسة المذكورة أعلاه على تكوين التربة.

الزمن كعامل من عوامل تكوين التربة (Time):

التربة نظام ديناميكي مستمر التغير إلا أن معظم تغيرات التربة تجري بدرجة بطيئة لا يمكن ملاحظتها بسهولة، ولكن يمكن الاستدلال عليها من دراسة مقد التربة وآفاقها ومن معرفة الأطوار التي تمر بها الترب خلال تطورها. تعتمد الفترة الزمنية اللازمة لتطور عمق معين من التربة على كل من المادة الأم والظروف الجوية والطبوغرافية والغطاء النباتي وفعاليات الأحياء الأخرى في التربة، فمثلاً تحصل تغيرات في تراكم بعض المواد العالية الذوبان في فترة بضعة سنوات، بينما يستغرق تراكم الدبال بضعة قرون تحت بعض الظروف. وهناك بعض الأمثلة التي يمكن الاستعانة بها لبيان تأثير الزمن على تطور التربة وهي:

1. الاختلاف في كمية النتروجين والمادة العضوية في الترب المتطورة، إذ ازدادت كمية النتروجين (180-4660) كغم/هكتار والمادة العضوية (1120-14310) كغم/هكتار في مقد التربة في منطقة كاليفورنيا للعمق (صفر – 90) سم ازدادت كثيراً مع مرور الزمن (27-1200 سنة) مما يؤكد بان الزمن هو العامل المسبب للاختلاف في هذه الصفات.

2. التغير في نسبة كربونات الكالسيوم وفي رقم الحموضة (pH)، إذ انخفضت نسبة كربونات الكالسيوم كثيراً في الطبقة السطحية (صفر – 25) سم من الأراضي التي جففت من البحر في هولندا خلال فترة 400 سنة التي سبقت دراسة المنطقة، إذ غسلت الكربونات من الطبقة السطحية خلال فترة لا تزيد عن 300 سنة، وان كلاً من نسبة المادة العضوية ودرجة تفاعل التربة (pH) قد ازدادتا خلال الفترة المذكورة أعلاه.

المادة الأم كعامل من عوامل تكوين التربة (Parent material):

المادة الأم هي المادة التي تتطور منها التربة وهي فتات معدنية أو مواد عضوية ناتجة عن عمليات التجوية الكيمياوية للمواد المعدنية والعضوية، وتعتمد التربة على طبيعة المادة الأم (الأصل) خصوصاً نسجتها وتكوينها المعدني ومساميتها ودرجة تنضيدها (ترتيبها). ويمكن تصنيف مادة الأم الأساس إلى ثلاث مجاميع:

أولا: المادة الأم الماكثة (Residual parent material):

وهي تنتج عن تجوية الصخور الأصلية في موضعها، وتعتمد خواصها على:

1. خواص الصخور التي تجوّت منها.
2. طبيعة التغيرات التي حصلت لها خلال عملية التجوية.

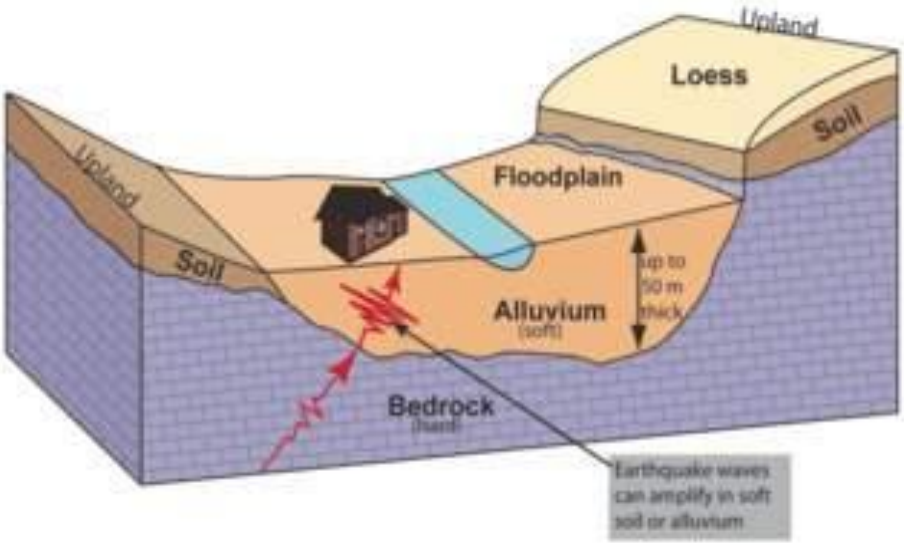
توجد مثل هذه المادة الأم عادةً في المناطق التي لا تنجرف نواتج التجوية فيها وحيث تكون الفترة التي مرت على الصخور الأساسية وشدة التجوية متوسطة إلى عالية كما في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، وغالباً ما تكون كل من المادة الأم (الأصل) والتربة المتكونة عليها قليلة السمك وتستغرق عشرات الآلاف من السنين. أما إذا كانت شدة التجوية عالية فقد تتكون طبقات سميكة من المادة الأم بفترات تقل بكثير عن سابقتها، أما عند عدم وجود تجوية ملائمة فلا يمكن أن تتكون مادة أم ماكثة وإنما تتطور التربة في هذه الحالة عادةً من مادة أم منقولة من أماكن أخرى إلى المنطقة التي تتطور فيها التربة.

ثانياً: مادة الأم المنقولة (Transported parent material):

وهي المواد التي تنقل من مكانها الأصلي وتترسب في مكان آخر، تختلف هذه المواد كثيراً فيما بينها من حيث مصدرها ونوعها، ومع وجود هذه الاختلافات إلا أن لهذه المواد جميعاً بعض الصفات المتشابهة فهي مواد غير راسخة وهذا ما يميزها عن الصخور الصلدة النارية والرسوبية والمتحولة عندما تعمل كمصدر للمادة الأم. تصنف المادة الأم المنقولة عادةً اعتماداً على الواسطة التي قامت بنقلها وترسيبها كما يلي:

1. الترسبات من المياه الجارية

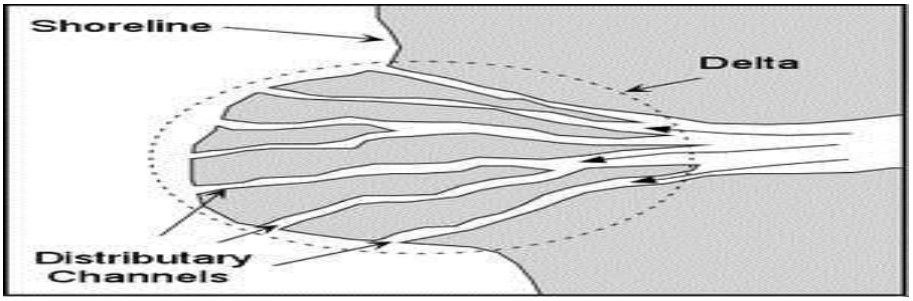
تسمى المواد المترسبة من المواد الجارية بالتقن (alluvium) وتترسب هذه المواد عند انخفاض سرعة حركة الماء، حيث يصبح الماء غير قادر على نقل المواد العالقة فيه.



وهناك عدة أنواع من التشكيلات التقنية (alluvial formations)

- **المراوح التقنية (alluvial fans):** وتتكون عندما تقل سرعة جدول في منطقة جبلية بسبب وصوله إلى منطقة اقل انحداراً حيث تترسب المواد العالقة فيه.

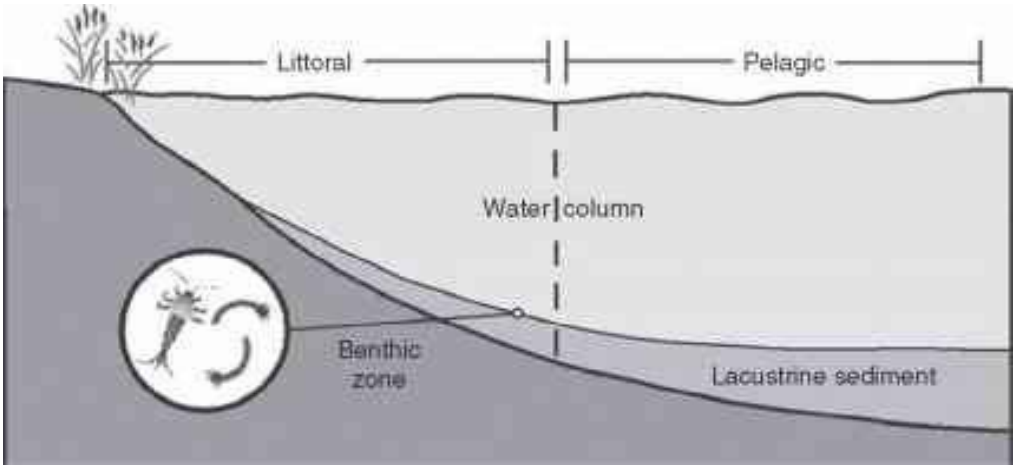
- **الدلتا (Delta):** وتتكون عندما تترسب المواد العالقة في الأنهار عندما يصب النهر في ماء ساكن كما في دلتا وادي النيل.



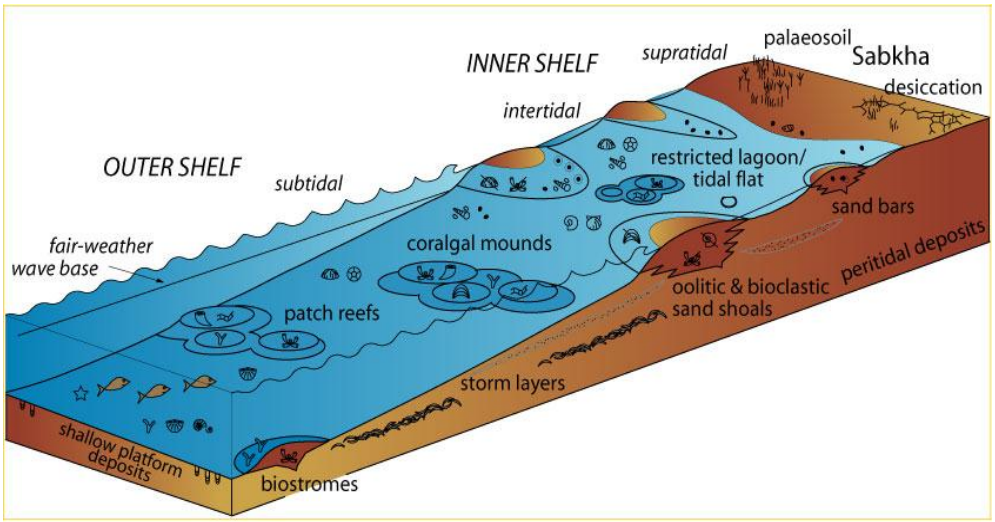
- **تقن سهول الفيضانات (Flood plain alluvium):** وتتكون عندما تفيض الأنهار فوق مستوى جوانبها حيث تترسب المواد بصورة موازية لاتجاه الجريان إذ

تترسب المواد الخشنة قريبة من حافة النهر مكونةً ما يسمى بكتوف النهر (River levees)، أما المواد الناعمة فتترسب في المناطق الأكثر استواءً والأكثر بعداً عن المجرى.

2. **الترسبات البحيرية (Lacustrine deposits):** وهي مواد ترسبت من مياه البحيرات، وغالباً ما تكون هذه الترسبات منضدة (مرتبة) ولا تكون متجانسة في نسجتها، كما في الاهوار.



3. **الترسبات البحرية (Marine deposits):** تتراكم مثل هذه الترسبات في المناطق المغطاة بالبحر وترتفع فوق مستوى سطح البحر إما بسبب انحسار مياه البحر أو بسبب تغير مستوى الأرض طبيعياً أو اصطناعياً، وتختلف هذه الترسبات كثيراً في مكوناتها المعدنية وفي نسجتها من منطقة إلى أخرى

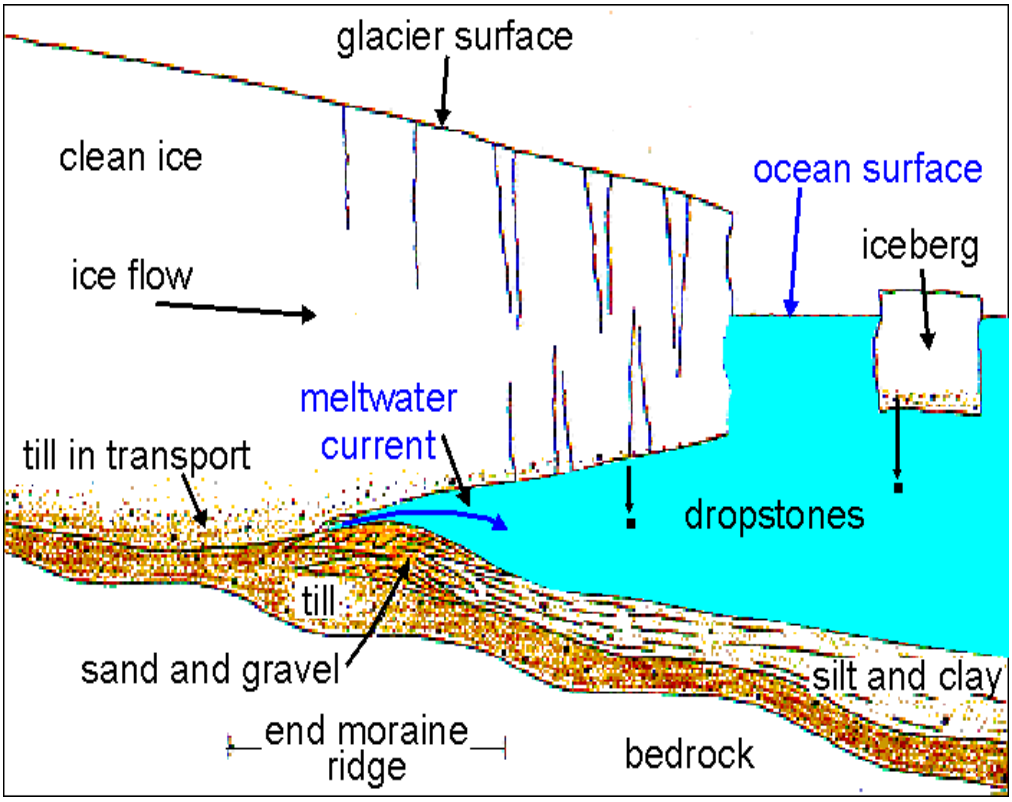


Blomeier et al., 2006

4. **الترسبات الجليدية (Glacial deposits):** خلال حركة الكتل الثلجية الثقيلة تدفع أمامها وتقوم بنقل جزء كبير من المادة غير الصلبة من القشرة الأرضية، وكذلك تجرف قطع ضخمة من الصخور التي تحتك بالقشرة الأرضية ما يؤدي إلى تكسير هذه الصخور إلى حجوم مختلفة حادة الزوايا، ويحصل للمواد المنقولة بواسطة الجليد تجوية فيزيائية خلال عملية النقل حيث تتكسر إلى أجزاء اصغر حجماً بسبب الاحتكاك. وتصنف الترسبات الناتجة من فعالية الجليد إلى نوعين:

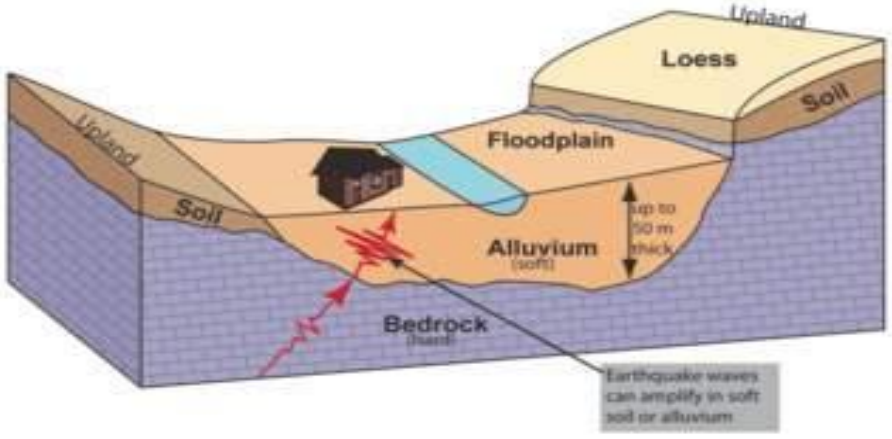
- التل (Till): وهو الذي يترسب مباشرةً من الثلج، وعادةً يكون غير متجانس من حيث أحجام الدقائق التي تتراوح بين حجم الطين والحصى وأحيانا تصل إلى أحجام كبيرة تسمى الجلاميد (Boulders) تترسب بأشكال مختلفة إلى جانب أو تحت أو في مقدمة الجليد.

- مواد الغسل الجليدي (Glacial outwash): وهي الترسبات التي تنقل بواسطة الماء الناتج عن ذوبان الجليد في الثلاجة إلى حدود تكون على مسافة ابعد من مقدمة الثلاجة .



5. التَرسبات الآتية من الريح **(التَرسبات الريحية) (Wind laid sediments):**
تغطي التَرسبات الناتجة عن الرياح مناطق متعددة من العالم وتكون هذه التَرسبات على ثلاثة أشكال:

أ- اللس (Loess): وهو عبارة عن دقائق معدنية تتكون في الغالب من الغرين والرمل الناعم جداً، ويمكن أن ترفع في الريح وتنقل إلى أماكن أخرى، وتتكون هذه التَرسبات على الأغلب من مواد من التَرسبات الجليدية المنقولة بواسطة الرياح. تنتشر هذه التَرسبات في أواسط كل من قارتي أمريكا الشمالية وأوربا، وأيضا توجد في منطقة الجزيرة (في العراق)، وكذلك في الصحراء الغربية في شمال أفريقيا.



ب- التلال الرملية (الكثبان الرملية): وهي تلال رملية خشنة النسجة متغيرة المواقع وتتكون من دقائق رملية تتحرك ببطء بالقرب من سطح الأرض وتنتقل من مكان لآخر بواسطة الرياح الخفيفة السرعة.

ت- رماد البراكين المنقول: وهذا الرماد ينقل بواسطة الرياح ويحتوي على نسبة عالية من المواد الزجاجية السريعة التجوية، وهي توجد في بعض أنحاء العالم كاليابان وجزر ألهواي.

ثالثاً: الترسبات العضوية:

تتراكم معظم المواد الأم العضوية في مياه المستنقعات والاهوار حيث يكون نمو النباتات غزيراً وتحلل المادة العضوية بطيئاً بسبب رداءة التهوية وانخفاض نسبة الأوكسجين اللازم لتحلل المادة العضوية. قد تحتوي الترسبات العضوية على نسبة من المادة المعدنية التي إما أن تكون ممزوجة مع المادة العضوية أو تكون مرسبة بشكل طبقات بين طبقات المادة العضوية.

المناخ كعامل من عوامل تكوين التربة (Climate):

يؤثر المناخ بصورة مباشرة على تطور التربة من خلال تأثير كل من تساقط الأمطار (Precipitation) ودرجات الحرارة. فتأثير الأمطار يكون من خلال (كميتها وشدتها ونوعيتها وتوزيعها)، أما تأثير درجات الحرارة يكون من خلال الاختلاف بين درجات الحرارة الصغرى والعظمى اليومي والسنوي، وللمناخ تأثير غير مباشر على تطور التربة بتأثيره على الغطاء النباتي. يمكن تقسيم المناطق تبعاً للظروف المناخية إلى مناطق رطبة ومناطق جافة.

1) تأثير المناخ في الصفات الكيميائية للتربة:

في المناطق الرطبة يتم غسل نواتج التجوية من التربة وتصل نواتج الغسل هذه إلى الماء الأرضي ثم إلى الأنهر والمحيطات. أما في المناطق الجافة وشبه الجافة فتتراكم نواتج التجوية في الآفاق السطحية للتربة، ولهذا تكون الترب السطحية في المناطق الجافة غنية بالمواد القابلة للذوبان مقارنة بالترب في المناطق الرطبة التي تنخفض أو تنعدم فيها المواد القابلة للذوبان. وهذا ما أكده هلكارد (Hilgard, 1892) إذ قام بتحليل ما يزيد على 500 عينة من ترب سطحية من المناطق الرطبة والجافة في الولايات المتحدة الأمريكية ووجد أن النسب المئوية للمواد الذائبة كانت 15٪ لترب المناطق الرطبة و 30٪ لترب المناطق الجافة، كذلك وجد احتواء ترب المناطق الجافة على نسب أعلى من الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم

مما تحويه ترب المناطق الرطبة، وهذه النتائج تؤكد بان زيادة كمية الأمطار الساقطة تؤدي إلى غسل الترب السطحية من المواد القابلة للذوبان.

أما ماربوت (Marbut, 1928) فقد أكد على أهمية الآفاق الكلسية في تصنيف الترب، وبين بان الطبقة الكلسية والعمق الذي تظهر فيه تعتمد على كمية الأمطار الساقطة سنوياً، إذ وجد أن عمق هذه الطبقة يزداد مع زيادة نسبة الأمطار. هذه النتائج تؤكد أهمية الأمطار في تطور التربة خصوصاً بالنسبة لكربونات الكالسيوم في الآفاق السطحية.

2) تأثير المناخ على محتوى التربة من المادة العضوية والطين:

بينت الدراسات بان زيادة معدل درجات الحرارة السنوية تؤدي إلى انخفاض في نسبة المادة العضوية والنتروجين في الترب المتشابهة الصفات وعندما تكون الظروف الجوية الأخرى متشابهة. وعلى عكس ذلك فان زيادة كمية الأمطار السنوية مع ثبوت معدل درجات الحرارة والصفات الأخرى للتربة يؤدي إلى زيادة نسبة النتروجين والمادة العضوية. أما الطين فتزداد نسبته كلما زادت كمية الأمطار وارتفعت درجة الحرارة وذلك لازدياد عمليات التجوية تحت هذه الظروف.

الأحياء كعامل من عوامل تكوين التربة (Organisms):

يقصد بالأحياء (الكائنات الحية + النباتات)، وتعتبر النباتات أهم الأحياء بالنسبة لتطور التربة وهي تقسم بصورة عامة إلى مجموعتين هما (أشجار الغابات والحشائش) فتأثير النباتات هو:

- الغطاء النباتي يحفظ التربة من وقع قطرات المطر ويقلل من التعرية ومن كمية الماء الجارية فوق سطح التربة بينما يزيد من الماء الغائض في التربة والمار من خلال مقدها.
- الغطاء النباتي ونوعيته يؤثر في كمية ونسبة المادة العضوية في التربة وتوزيعها في مقد التربة.
- النباتات هي المصدر الرئيسي للمادة العضوية والتي تساعد في عمليتي سلب وكسب الأطيان، وكذلك تقوم بالمساعدة على حركة العناصر الغذائية خلال مقد التربة.
- تقوم النباتات بتنشيط دورة العناصر الغذائية وإعادة حركتها بين سطح التربة والنبات حيث تقوم النباتات بامتصاص الماء والعناصر الغذائية من مقد التربة ثم إيصالها إلى أعالي النبات (الأوراق) وعند سقوط هذه الأوراق والأغصان وتفسخها تنطلق هذه العناصر الغذائية حيث تكون جاهزة للنبات قرب سطح الأرض.

الترب التي تنمو عليها مجموعتي النباتات (الغابات والحشائش) تسمى في الأولى ترب الغابات وفي الثانية ترب الحشائش (الترب الزراعية)، وأن هاتين المجموعتين من النباتات تؤثران بصورة مختلفة على تطور الترب بسبب الاختلاف في كمية المواد العضوية المضافة سنوياً إلى التربة واختلاف توزيع تلك المواد في المقد. إن توزيع المادة العضوية يكون أكثر تدرجاً في ترب الحشائش من ترب الغابات، وأن سبب الاختلاف في التوزيع يعود إلى إضافة

المادة العضوية في ترب الغابات يأتي عن طريق تساقط الأوراق التي تكون طبقة من الأوراق فوق سطح التربة، بينما في ترب الحشائش فإن نسبة كبيرة من المادة العضوية تأتي من جذور الحشائش الليفية لذا فإنها تتوزع في المقد بصورة تدريجية وتبعاً لتغلغل الجذور في التربة.

الطبوغرافية عامل من عوامل تكوين التربة (Topography):

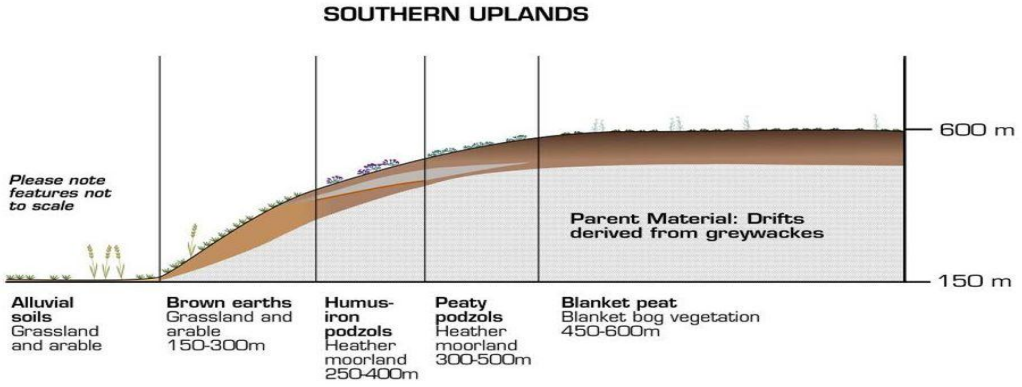
(الطبوغرافية) هي شكل سطح الأرض الذي يؤثر على تطور التربة عن طريق ما يلي:

- تأثيره على كمية الماء الغائضة داخل التربة والكمية الجارية فوق سطح التربة.
- تأثيره على مقدار التعرية التي تجرى في التربة.
- تأثيره على كمية المادة المنقولة بواسطة العوامل المختلفة من منطقة إلى أخرى.

من المعروف أن كل ما يؤثر على مغاض الماء في التربة يؤثر على علاقة الماء بالتربة والذي يؤثر بدوره على التجوية الكيميائية وعلى العمليات البيولوجية اللتين تؤثران على سرعة تطور التربة، ولهذا يكون تأثير شكل سطح الأرض (الطبوغرافية) بالنسبة لتطور التربة أكثر أهمية في المناطق الرطبة مما هو في المناطق الجافة بسبب وجود كميات كافية من الماء للتأثير بصورة مهمة على علاقات الماء بالتربة وتطورها. يؤثر ميلان سطح الأرض كذلك على سرعة إزالة التربة السطحية، فكلما ازدادت سرعة الإزالة كلما كشفت الأجزاء السفلية من المقد بسرعة اكبر وبذلك يقل سمك جسم التربة (Soil solum). فالترب الواقعة في مناطق شديدة الانحدار تكون اقل سمكاً واقل في نسبة المادة العضوية من الترب الواقعة في الأحواض أو في المناطق المستوية أو المتموجة عندما يكون الماء الأرضي بعيداً عن السطح، وكذلك تؤثر الطبوغرافية بصورة غير مباشرة على تطور المقد من خلال تأثيرها على نمو النبات الذي يتأثر بكمية الماء الجاهزة في التربة وبظروف البزل، إذ أن رداءة البزل تؤدي إلى تراكم المواد العضوية في التربة بسبب رداءة التهوية والتي تقلل من فعاليات أحياء التربة المجهرية مما يؤدي إلى تراكم المادة العضوية وعدم تفسخها بسرعة.

تسمى مجموعة الترب المتطورة في نفس المادة الأم تحت نفس الظروف مع اختلافات في الطبوغرافية فقط كتينا التربة (Soil catena). وتعريف آخر لـ (كتينا التربة) عبارة عن تكوين التربة باختلاف في الطبوغرافية مع ثبوت عوامل أخرى.

Catena – Southern Uplands



المحاضرة الرابعة

الخواص الفيزيائية للتربة:

هي مجموعة الخواص التي لها أهمية كبيرة في استعمالات التربة الزراعية فهي مهمة في (عمليات الحراثة والعزق والري والبزل وإدارة وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والعناصر الغذائية وتهوية التربة). إن أهم الصفات الفيزيائية للتربة ذات العلاقة باستعمالاتها للأغراض الزراعية هي (نسجة التربة وبناء التربة وهواء التربة وحرارة التربة ولون التربة وماء التربة) ‹‹ الذي سيخصص له محاضرة خاصة لأهميته››.

أولا: نسجة التربة (Soil texture)

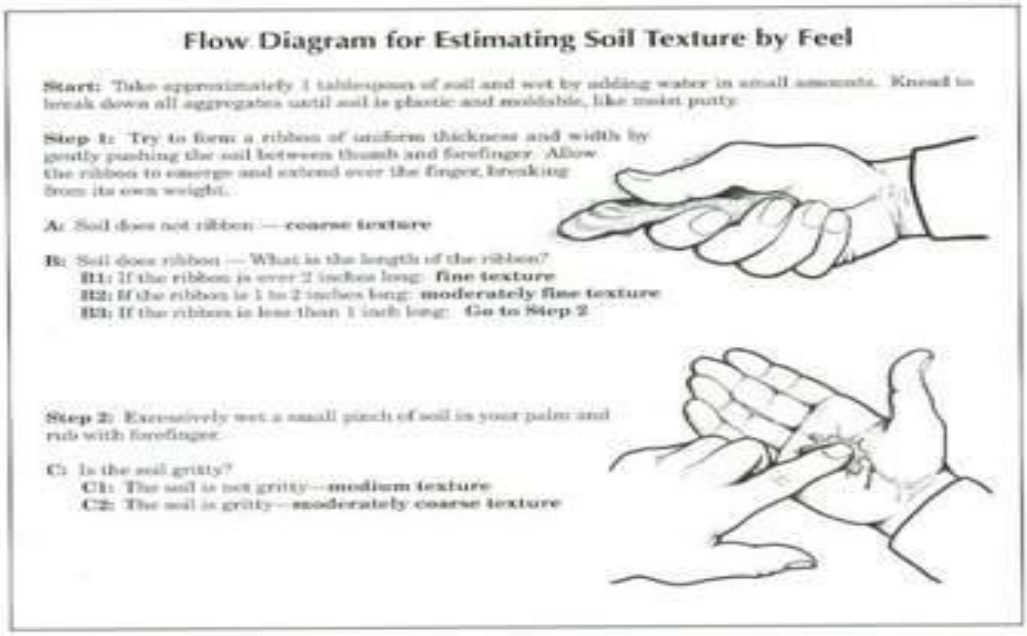
يقصد بنسجة التربة التوزيع ألحجمي لمفصولات التربة (Soil separates) (الطين والغرين والرمل) أو هي درجة نعومة أو خشونة التربة، والنسجة مهمة في تحديد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها الكثير من الخواص والعمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في التربة. ويمكن تحديد ومعرفة نسجة التربة إما عن طريق اللمس أو عن طريق قياس النسب المختلفة للرمل والغرين والطين في المختبر.

تصنيف مفصولات التربة وتحليل حجوم الدقائق:

تحتاج دقائق التربة إلى فترات طويلة تقاس بالقرون لأجل حصول أي تغير يذكر في أحجامها بالرغم من أن عمليات تكوين التربة فعالة بدرجة ملموسة في الكثير من الترب، فتربة مزيجية ستبقى مزيجية وأخرى رملية ستبقى رملية (وهكذا بقية النسجات) إلا إذا حصلت بعض التغيرات غير الاعتيادية في ظروف المنطقة كانجراف سطح التربة أو ترسيب طبقة من التقن (الطمي) أو اللس (Loess) فوق سطح التربة. ولأجل دراسة الأجزاء المعدنية في التربة بصورة جيدة تقسم الدقائق المعدنية إلى مجاميع تسمى مفصولات (Separates) اعتماداً على الحجم ودون اخذ التكوين الكيميائي أو الكثافة أو اللون أو غيرها بنظر الاعتبار. وتسمى عملية فصل دقائق التربة عن بعضها بالتحليل الميكانيكي (Mechanical analysis) أو تحليل حجوم الدقائق (Particle size analysis).

هناك أنظمة متعددة لتصنيف مفصولات التربة منها نظام قسم الزراعة الأمريكي والنظام العالمي وفيما يلي جدول يوضح النظامين

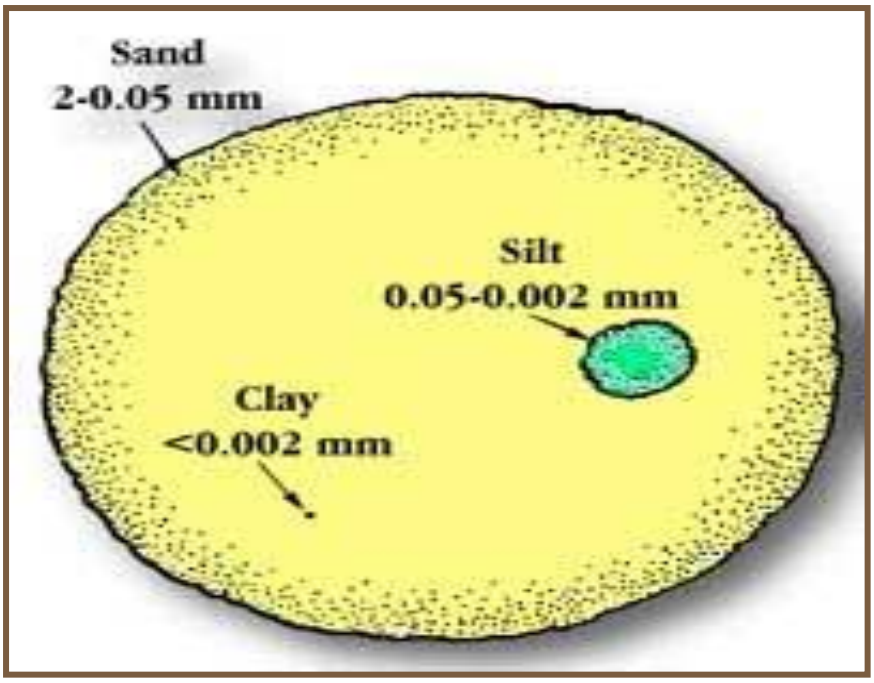
نظام قسم الزراعة الأمريكي			النظام العالمي		
المفصولات	القطر (ملم)		المفصولات	القطر (ملم)	
	من	إلى		من	إلى
طين	اقل من 0,002	0,002	طين	اقل من 0,002	0,002
غرين	0,002	0,05	غرين	0,002	0,02
رمل ناعم جداً	0,05	0,1			
رمل ناعم	0,1	0,25	رمل ناعم	0,02	0,2
رمل متوسط	0,25	0,5			
رمل خشن	0,5	1,0	رمل خشن	0,2	2,0
رمل خشن جداً	1,0	2,0			



المساحة السطحية النوعية:

هي المساحة السطحية الكلية للدقائق في وحدة الوزن أو الحجم. وبسبب صغر حجم دقائق الطين وشكلها ألصفائحي فأنها ذات مساحة سطحية نوعية عالية، فالمساحة السطحية النوعية لحجم معين من دقائق الطين اكبر بملايين المرات من المساحة السطحية النوعية لنفس الحجم من دقائق الرمل الخشن، وتزيد ألاف المرات على المساحة السطحية للغرين وبالتالي فأن تأثير الرمل على صفات التربة ضئيل مقارنة بتأثير الطين والغرين ولكنها تعمل كهيكل تنتظم حوله دقائق الطين والغرين، كما أن زيادة نسبة الرمل في التربة تزيد من حجم المسامات البينية بين

الدقائق مما يسهل من عمليات حركة الماء والهواء وعملية بزلها. للمساحة السطحية النوعية علاقة كبيرة مع قابلية التربة للتبادل ألايوني، وخواص الانتفاخ والانكماش ومسك الماء وبعض الخواص الميكانيكية للتربة وغيرها.



أصناف نسجة التربة:

الجزء الصلب من التربة يكون هيكلها ويحدد صفاتها الفيزيائية والكيميائية ويتكون من دقائق معدنية وعضوية تختلف في الأحجام ويرجع الاختلاف بالدرجة الرئيسية إلى اختلاف تركيبها المعدني حيث الدقائق الخشنة تتكون من المعادن الأولية مثل الكوارتز والفلدسبارات والمايكا، أما الدقائق الناعمة فتتكون من المعادن الثانوية وخاصة معادن الطين. تختلف الترب تبعاً لنسبة مكوناتها المئوية من الدقائق الأولية (الرمل والغرين والطين) أي تبعاً لنسجتها (Soil Texture) ولغرض تسهيل دراسة هذه الدقائق ومعرفة صفاتها التي تحدد خصائص التربة والتي تتكون من مجموعة من المفصولات تختلف كثيرا في الحجم والشكل، ولأجل تحديد نسجات التربة يجب وضعها في مجاميع اعتماداً على نسب المفصولات المختلفة في التربة، وتسمى هذه المجاميع أصنافاً (Classes) اعتماداً على المفصول أو المفصولات التي تؤثر بأكبر قدر على خواص التربة. لقد وضعت أصناف التربة بعد سنين عديدة من الدراسة والتصنيف من قبل العاملين في التربة في جميع أنحاء العالم. ونؤكد هنا أن الاسم لا يعتمد بالضرورة على المفصولات الموجودة بأكبر نسبة في التربة، فالرمل لا يؤثر على صفات التربة التي تؤثر بها نفس النسبة من الطين. وبصورة عامة توجد ثلاث مجاميع رئيسة من نسجات التربة، وتوجد داخل هذه المجاميع أصنافاً يبلغ عددها اثنا عشر صنفاً كما في الجدول أدناه.

تصنيف نسجات التربة المقترحة من قبل دائرة الزراعة الأمريكية		
الترب الخشنة النسجة	الرملية	(Sandy)
	الرملية المزيجة	(Loamy sand)
الترب المتوسطة النسجة	المزيجة الرملية	(Sandy loam)
	المزيجة الرملية الناعمة	(Fine sandy loam)
	المزيجة الرملية الناعمة جداً	Very fine sandy) (loam
	المزيجة	(Loamy)
	المزيجة الغرينية	(Silty loam)
	الغرينية	(Silty)
	المزيجة الطينية الرملية	(Sandy clay loam)
	المزيجة الطينية	(Clay loam)
	المزيجة الطينية الغرينية	(Silty clay loam)
الترب الناعمة النسجة	الطينية الرملية	(Sandy clay)
	الطينية الغرينية	(Silty clay)
	الطينية	(Clayey)

وفيما يلي شرح مختصر لهذه المجاميع الرئيسة:

مجموعة الترب خشنة النسجة: وتشمل الترب الحاوية على 70٪ أو أكثر من وزنها رمل، ويقع ضمن هذه المجموعة صنفان فقط هما الترب الرملية (Sandy) والترب الرملية المزيجة (Loamy sand).

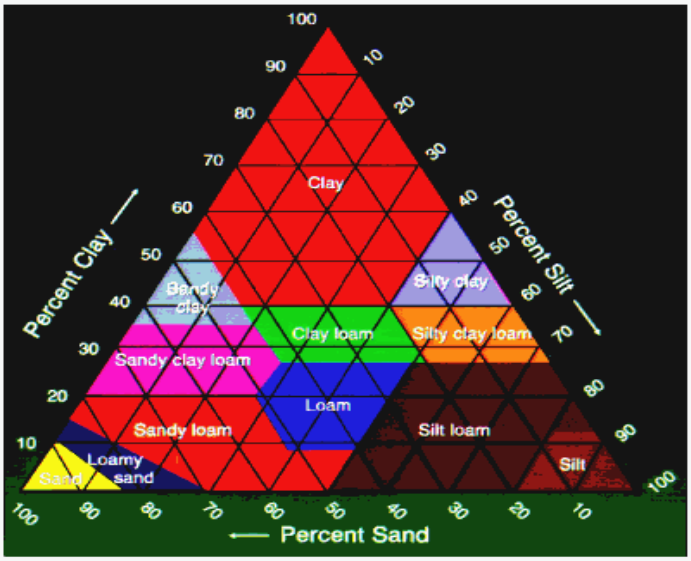
مجموعة الترب ناعمة النسجة: وتشمل الترب الحاوية على 40٪ أو أكثر من وزنها من الطين، وعند هذا الحد تكون صفة الطين مؤثرة بصورة كبيرة على صفات التربة، وتشمل هذه المجموعة ثلاث أصناف هي الطينية (Clayey) والطينية الغرينية (Silty clay) والطينية الرملية (Sandy clay). الملاحظة المهمة في هذه المجموعة أن نسبة الغرين في الترب الطينية الغرينية ونسبة الرمل في الترب الطينية الرملية تزيدان على نسبة الطين.

مجموعة الترب متوسطة النسجة: وتحتوي هذه المجموعة على تسعة أصناف، ويصعب وضع صيغة معينة لوصف هذه المجموعة، وتتكون من ترب مزيجية مثالية من مزيج من الرمل والغرين والطين يعطيها صفات وسطى بين الترب خشنة النسجة والترب ناعمة النسجة. وتقع ضمن هذه المجموعة معظم الترب المهمة زراعياً في العالم.

Soil Texture Triangle

-Lab data needed

-Percent by weight of fine earth fraction



أهمية صنف النسجة في تحديد خواص التربة:

يحدد صنف النسجة في منطقة جغرافية معينة كلاً من توزيع أحجام الدقائق والمساحة السطحية للتربة التي تؤثر بدورها على صفات التربة الأخرى (كاللدانة وقابلية مسك الماء والتمدد والتقلص والتماسك والنفاذية وحرارة الابتلال وقابلية تبادل الايونات والخصوبة والإنتاجية). ولكن تعميم تأثير النسجة على هذه الصفات غير ممكن بسبب الاختلاف في المكونات المعدنية لمفصولات التربة في المناطق الجغرافية المختلفة. تؤثر كل من نسبة المفصولات وتكوينها الكيميائي على صفات التربة، فمثلاً نسبة معينة من طين المونتموريللونايت تؤثر بدرجة اكبر على صفات التربة من تأثير أضعاف تلك النسبة من طين الكاؤولينايت أو المايكا وذلك بسبب الاختلاف في أحجام الدقائق وفي التكوين الكيميائي والخواص الفيزيائية بين الأطيان المختلفة، كذلك قد تختلف المواد الرملية والمواد الغرينية في تكوينها الكيميائي من منطقة إلى أخرى، فمثلاً قد يحتوي الرمل في بعض المناطق على كميات من العناصر الغذائية التي تكون جاهزة لنمو النبات، بينما يتكون الرمل في مناطق أخرى من الكوارتز النقي غير الحاوي على عناصر غذائية جاهزة للنبات وهذا يؤدي إلى اختلاف في خصوبة التربة بين تلك المناطق المختلفة.

الكثافة الحقيقية للترب (Particle Density) (ρ_p)

الكثافة هي كتلة المادة الصلبة التي تشغل وحدة الحجوم، وحدتها هي غم/سم^3 فإذا ما قدرت كتلة الدقائق الصلبة للتربة في وحدة الحجوم سميت بالكثافة الحقيقة. بصورة عامة تتراوح الكثافة الحقيقية للترب الزراعية بين 2,6-2,7 غم/سم^3 أما الدبال فتتراوح كثافتها الحقيقية بين 1,25 -1,8 غم/سم^3، ولما كانت المواد العضوية تتجمع في الأفق العلوي فأن الكثافة الحقيقية لتربة هذا الأفق تكون أوطأ من بقية الآفاق. إن تقارب الكثافة الحقيقية لمعظم

الترب المعدنية يعود إلى أن المعادن الداخلة في تكوين الترب مثل الكوارتز والفلدسبارات والسيليكات الغروية تمتلك كثافة مقاربة إلى المدى المذكور أعلاه وتزداد الكثافة بزيادة بعض المعادن الثقيلة في التربة مثل الزركون والتورمالين وقد تصل إلى 3,2غم/سم^3. الفائدة من تقدير الكثافة الحقيقية للتربة هي اخذ فكرة عامة عن المعادن التي تتكون منها التربة وكذلك مقدار المادة العضوية وتستخدم قيمها في حساب مسامية التربة وفي تحليل حجوم الدقائق.

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

ρ_p = كثافة دقائق التربة (غم/سم^3)

M_s = كتلة التربة الجافة (غم)

V_s = حجم الجزء الصلب للتربة (سم^3) وقيمها النوعية تتراوح من 2,6 – 2,7 (غم/سم^3)

الكثافة الظاهرية للتربة (Bulk Density) (ρ_b)

هي وزن سم^3 واحد من التربة المحتفظة ببنائها الطبيعي. الحجم هنا يشمل كل من المادة الصلبة والمسامات. الكثافة الظاهرية تكون دائماً اقل من الكثافة الحقيقية لنفس التربة. قيم الكثافة الظاهرية للتربة تعكس نسجتها وبنائها ونوعية معادنها، فالترب الثقيلة تكون كثافتها الظاهرية اقل من الترب الخفيفة كما أن الكثافة الظاهرية لترب الأفاق العليـــا اقل من الأفاق السفلى لان العليا تكون معرضة للعمليات الزراعية كما أن نمو الجذور يجعلها مفككة ولاحتوائها على نسبة اكبر من المادة العضوية، أيضا الآفاق السفلى تكون معرضة للرص بسبب سير المكائن الزراعية وضغط الآفاق العليا عليها. تختلف الكثافة الظاهرية ضمن الموسم الزراعي الواحد فتصل إلى 1 غم/سم^3 في الترب المحروثة وترتفع إلى 1.6غم/سم^3 في نهاية الموسم الزراعي بعد أن تكون التربة قد استقرت كما تؤثر نوعية المحصول والتسميد العضوي على كثافة التربة الظاهرية وخصوصاً للطبقات السطحية. أفضل كثافة ظاهرية للترب تتراوح بين 1,2-1,3 غم/سم^3 وأقصى حد لها هو 1,4غم/سم^3 عندما تكون مساميتها 50٪. وإذا ما زادت عن هذا الحد فإنها سوف تعيق نمو الجذور وإنبات البذور كما أن كمية ما تحتويه من ماء تكون قليلة وتهويتها تكون سيئة. تستخدم قيم الكثافة الظاهرية في حسابات المسامية وتحديد وزن التربة والمواد الموجودة فيها وكذلك في حسابات الري. رياضياً يعبر عن كثافة التربة في الشريحة التالية :

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

ρ_b = الكثافة الظاهرية للتربة (غم/سم^3)

M_s = كتلة التربة الجافة (غم)

V_b = حجم عينة التربة (سم^3)

وقيمها النوعية تتراوح من 1,1 – 1,6 (غم/سم^3)

مسامية التربة (Soil Porosity)

التربة مهما كانت مرصوصة ومهما كانت دقائقها صغيرة لابد أن توجد بينها مسامات يشغلها إما الهواء أو الماء وغالباً الاثنان معاً. قسم من الفراغات تشغلها جذور النباتات والأحياء التي تعيش في التربة. مجموع حجم المسامات بالنسبة للحجم الكلي للتربة تسمى مسامية التربة. يتم حساب المسامية من قيم الكثافة الظاهرية D_b والكثافة الحقيقية D_p ومن المعادلة الآتية:

$$\% P = (1 - (D_b / D_p)) \times 100$$

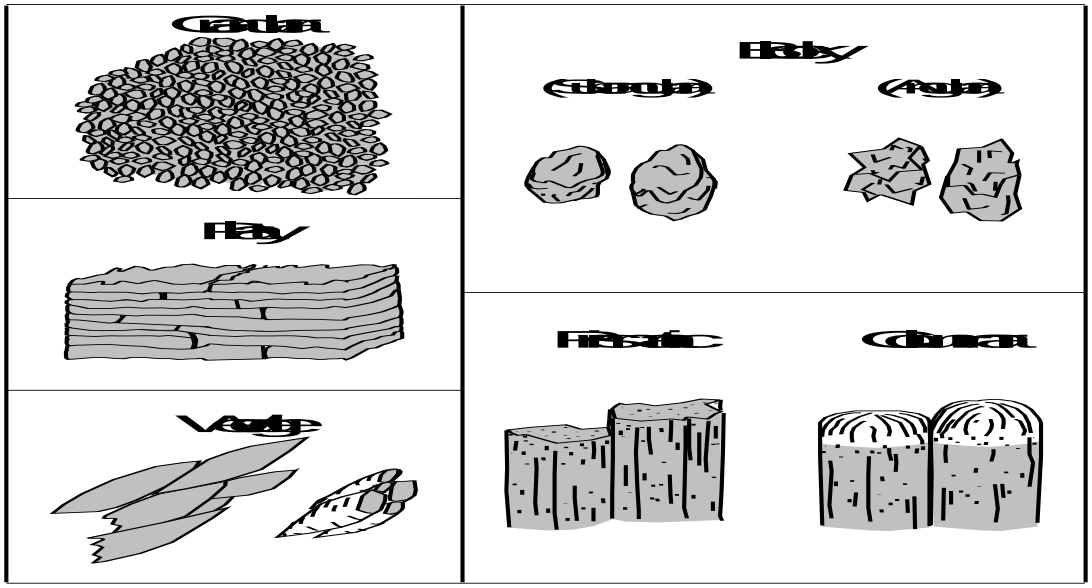
تؤثر عوامل عديدة على مسامية التربة كالحراثة والتسميد ونوع الآلات المستخدمة والرعي ونوع المحصول إضافة إلى طريقة إدارة التربة. الترب الخشنة النسجة اقل مسامية من الترب الناعمة ولو أن حجم المسام الواحد اكبر في الترب الخشنة منه في الترب الناعمة. مقدار مسامية الترب الاعتيادية يتراوح بين (50-60 ٪) في الآفاق العليا وتقل كلما ازداد عمق التربة حتى تصل إلى (25-30 ٪). إضافة إلى أهمية مسامية التربة في استخداماتها المختلفة للأغراض الزراعية والهندسية والمدنية فان لتوزيع حجوم المسامات كذلك أهمية كبيرة لاستعمالات التربة، فعندما تكون معظم المسامات صغيرة الحجم فان ذلك يؤدي إلى انخفاض في قابلية التربة على توصيل الماء وتبادل الغازات، ولما كانت معظم مسام التربة الرملية كبيرة الحجم فان حركة الماء والهواء فيها تكون عادة عالية مقارنة بالترب المعدنية الأخرى بالرغم من أن مجموع المسامات في هذه الترب منخفضة مقارنة بالترب الأخرى.

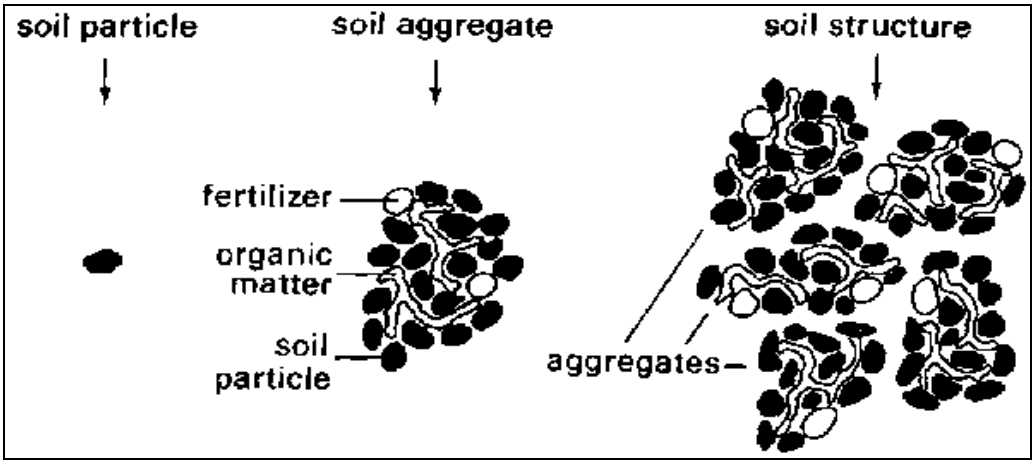
المحاضرة الخامسة

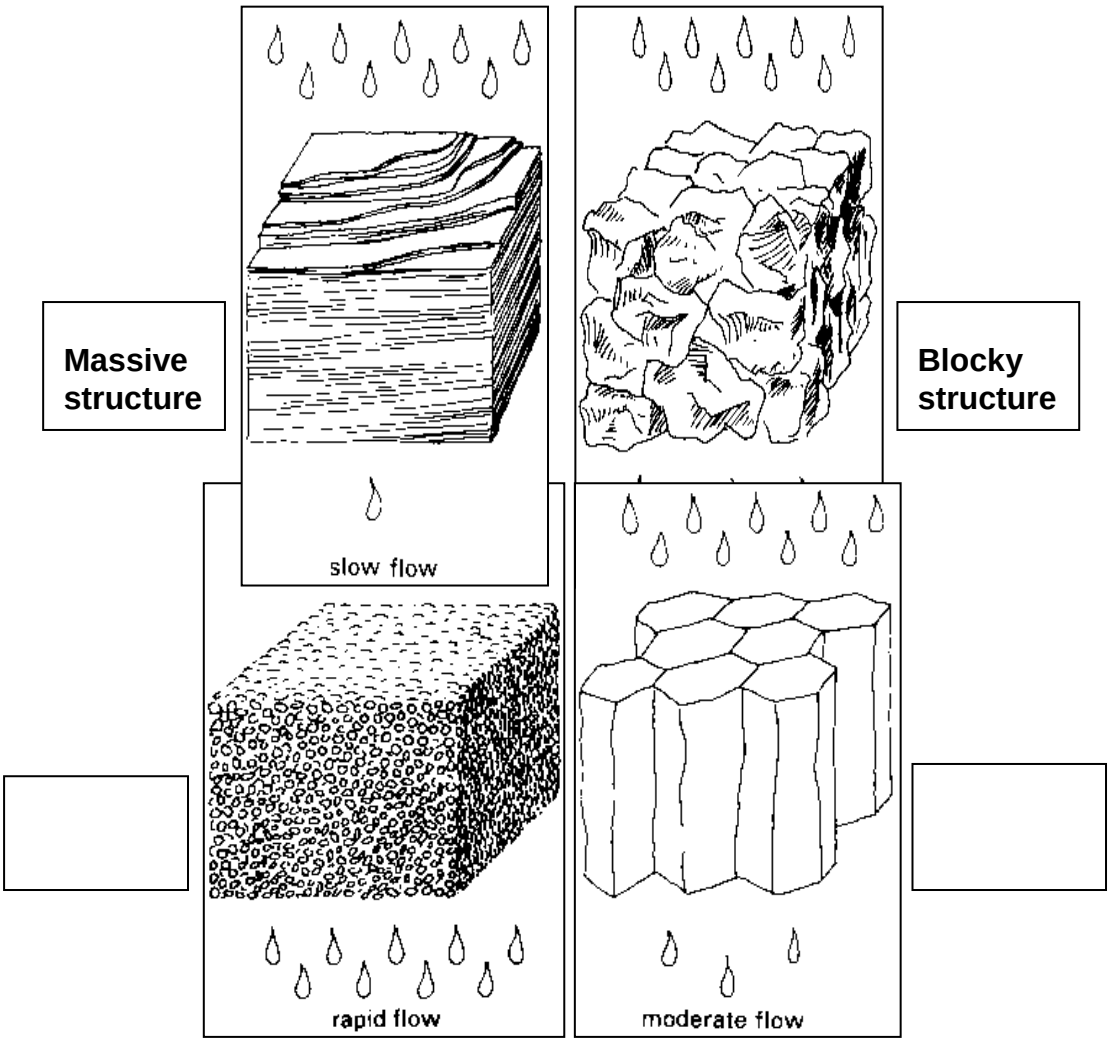
ثانياً: بناء التربة (Soil structure)

يمكن تعريف بناء التربة بأنه انتظام دقائق التربة الأولية (Primary particles) ومجاميعها (Aggregates) في نظام معين، ويؤدي الاختلاف في انتظام هذه الدقائق والمجاميع بين تربة وأخرى إلى اختلاف في أحجام وأشكال وانتظام المسامات البينية (Pore spaces) في الترب والذي يعتبر من أهم التأثيرات المباشرة لبناء التربة على خواصها الأخرى. يؤدي بناء التربة إلى تغيير تأثير نسجة التربة على الكثير من خواص التربة مثل (قابلية مسك الماء - وحركة الماء والهواء – والكثافة الظاهرية – والحرارة النوعية للتربة – وخصوبة التربة – وفعالية الأحياء الدقيقة فيها – ومقاومة التربة لحركة الآلات الزراعية – وقابلية تحملها – ومقاومتها لنمو الجذور). وفي الواقع فان التغييرات المهمة في الصفات الفيزيائية في التربة التي يحدثها الفلاح عن طريق الحراثة (Tillage) والعزق (Hoeing) والبزل (Drainage) والتسميد العضوي (Organic fertilization) وإضافة الكلس والجبس ما هي إلا محاولات لتغيير البناء وليس النسجة. وهنالك عدة أنواع من بناء التربة

1) البناء ألصفائحي Platy Structure
2) البناء الكتلي عديم الزوايا Sub Angular Blocky
3) البناء العمودي Columnar Structure
4) البناء ألمنشوري Prismatic Structure
5) لبناء ألفتاتي Crumb Structure







تصنيف بناء التربة:

هناك عدة طرق مختلفة تستعمل في تصنيف بناء التربة وهي:

- التصنيف المعتمد على شكل المجاميع.
- التصنيف المعتمد على حجم المجاميع.
- التصنيف المعتمد على وضوح المجاميع.
- التصنيف المعتمد على صلابة المجاميع.
- التصنيف المعتمد على ثبات المجاميع.
- التصنيف المعتمد على أحجام المسامات البينية.

تعتمد دائرة خدمات صيانة التربة الأمريكية في تصنيف بناء التربة على الطرق الثلاثة الأولى المذكورة أعلاه في تحديد:

- نوع البناء (Structure type) الذي يعتمد على شكل وانتظام الكتل البنائية.
- صنف البناء (Structure class) الذي يعتمد على حجم التجمعات.
- درجة البناء (Structure grade) الذي يعتمد على درجة وضوح وثباتية ومقاومة التجمعات.

فلو فحصنا عينة من التربة في الحقل وتبين أن شكل المجاميع كان فتاتي (Crumb) وأن أقطارها كانت أكثر من (5) ملم وأن هذه المجاميع كانت جيدة التكوين ومعتدلة الثبات وغير واضحة في موقعها الطبيعي في المقد إلا أنها تنقسم عند تكسيرها إلى مجاميع معظمها كاملة الحجم، فما هو بناء التربة ؟

يمكن إيجاد بناء التربة من استعمال الجدول 3-3 (صفحة 68 في الكتاب) والذي يبين أن نوع البناء هو فتاتي (Crumb) وصنف البناء هو خشن (Coarse) ودرجة البناء متوسطة (Moderate) فيكون بناء التربة في هذه الحالة هو فتاتي خشن متوسط (Moderate coarse crumb).

أهم العوامل التي تساعد على تكوين بناء التربة

1- تأثير النباتات النامية وخاصة الجذور وفعالية أحياء التربة والديدان الأرضية والمواد العضوية الناتجة من التحلل. إذ بينت العديد من الدراسات أن هناك ارتباط وثيق بين نسبة المادة العضوية في التربة وبين كل من نسبة ومعدل حجم المجاميع الثابتة في الماء. لكل من الطين الغروي والغرويات العضوية تأثير أساسي على تكوين المجاميع من خلال تكوين معقدات عضوية طينية. تأثير المادة العضوية على تكوين وثباتية التجمعات في التربة من خلال زيادة فعالية الأحياء الدقيقة وتأثير نواتج فعالياتها من السكريات المتعددة الجزيئات والأحماض الدبالية والاصماغ والشموع والدهون وغيرها.

2- الايونات الموجبة المدمصة على معقد التبادل: بينت العديد من الدراسات أن سيادة ايون الكالسيوم على سطح معقد التبادل يؤدي إلى تخثر معلقات الطين في الماء، أما الصوديوم

فان تأثيره يكون عكس ذلك حيث يؤدي إلى تشتت معلقات الطين في الماء ولكي يزيد حجم مجاميع الطين المتخثرة فلابد من وجود المواد العضوية المتدبلة إضافة إلى ايونات أخرى.

3- العوامل الميكانيكية المؤثرة على التجمع: العديد من هذه العوامل مثل الترطيب والتجفيف والتمدد والتقلص والانجماد والذوبان والعمليات الزراعية المختلفة تؤثر على تكوين التجمعات من خلال تسليط نوع من الضغط أو الشد على الأجزاء المختلفة من جسم التربة مما يؤدي إلى تقريب الدقائق، وعند وجود عوامل الربط الأساسية cementing agents كالمادة العضوية، اكاسيد الحديد والألمنيوم وايوناتها، دقائق الطين الفاقدة لغلافها المائي إضافة إلى كربونات الكالسيوم والجبس فان ذلك يؤدي إلى تكوين مجاميع التربة.

الأهمية الزراعية لبناء التربة

التجمعات التي تتراوح أقطارها بين (10,0-0,25ملم) ذات أهمية كبيرة في الزراعة وبالتالي فان الترب ذات التجمعات الأقل من 0,25 ملم ليست ذات بناء وتكون عديمة البناء أيضا إذا كانت التجمعات كبيرة الحجم جداً.

الترب التي تمتاز ببناء جيد تكون اقل رصاً وذات مسامية عالية وأقطار مسامها قياسية لحركة الماء والهواء كما أنها تكون هشة، بينما الترب عديمة البناء تكون اقل تماسكاً وأقطار مسامها قليلة وبالتالي تكون نفاذية التربة ذات البناء الجيد عالية للماء وتهويتها جيدة والفعاليات الحيوية فيها نشطة. ومن الأمور التي تتأثر ببناء التربة هي حركة الماء بالخاصية الشعرية والتي تلعب دوراً مهماً في قابلية التربة على التملح حيث الترب عديمة البناء تكون حركة الماء بالخاصية الشعرية لمسافة أطول مما هي عليه في الترب ذات البناء الجيد. الترب العديمة البناء تكون معرضة للتعرية الريحية والمائية حيث الرياح تحمل التجمعات لصغر حجمها وقلة وزنها كما أن مياه الأمطار تكون سيولا على سطح التربة مما يسهل من انجراف الطبقة السطحية بسبب قلة نفاذيتها وبالتالي فان الترب ذات البناء الجيد عالية الإنتاجية.

تأثير بناء التربة على نمو النبات:

تأثير بناء التربة على نمو النبات وانتشار الجذور داخل التربة يكون إما:

1- مباشر بسبب تأثير التغير في البناء على المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لبزوغ البادرات ونمو وتغلغل الجذور في التربة كما يحدث عند تكوين القشرة السطحية عند الجفاف حيث تنحني البادرات عندما تلاقي قشرة جافة في السطح. أيضا الدراسات بينت أن نمو الجذور ينخفض بدرجة كبيرة مع زيادة الكثافة الظاهرية عن الحد الطبيعي لنمو النبات وكلما جفت التربة قل اختراق الجذور لها عند ثبات الكثافة الظاهرية، وعند استبدال الأخيرة بمقاومة التربة يمكن القول أيضا أن نسبة الجذور التي تخترق التربة تنخفض مع زيادة مقاومة التربة.

2- التأثير الغير مباشر: إن أي تغيير في بناء التربة يؤدي إلى تغيير النسب الحجمية للمسامات البينية الكبيرة أو الغير شعرية وبالتالي تغيير المسامية الكلية للتربة، هذا التأثير يؤثر على

علاقات الماء والهواء في التربة ونمو النبات حيث قد يتأثر امتصاص العناصر الغذائية من التربة بسبب نقص أو زيادة الرطوبة أو نقص الأوكسجين أو بسبب عدم تغلغل الجذور في التربة بصورة جيدة بسبب زيادة المقاومة الميكانيكية للتربة.

إدارة التربة وأهميتها في المحافظة على بناء التربة وتحسينه

تهدم بناء التربة يمكن أن يكون بتأثير ميكانيكي أو فيزيائي أو بيولوجي. إن الهدف الأساسي من تحسين بناء التربة هو تهيئة الظروف الملائمة لنمو الجذور وامتصاصها للعناصر الغذائية والماء وبالتالي فان الطرق المتبعة لذلك تعتمد على

1. نسجه الترب فالترب الرملية تتصف بزيادة التهوية وانخفاض قابليتها على مسك الماء والعناصر الغذائية بسبب كبر أحجام دقائق الرمل وما يترتب من ارتفاع نسبة المسامات الكبيرة. في ظل هذه الظروف يجب استخدام طرق خاصة في الإرواء والتسميد وباقي العمليات الزراعية حيث يكون الإرواء على فترات متقاربة وبكميات قليلة لأجل توفير الرطوبة الكافية دون غسل العناصر الغذائية من المنطقة الجذرية، أيضا يتم تحسين نمو النبات في هذه الترب عن طريق إضافة المواد العضوية والتي تؤدي إلى تكوين المجاميع الثابتة وزيادة قابلية التربة على مسك الماء والعناصر الغذائية وكثيراً ما يضاف السماد الحيواني وتزرع الحشائش الليفية الجذور لتحسين صفات هذه الترب. أما إدارة الترب الناعمة النسجة فتكون أكثر صعوبة من الترب الرملية حيث يكون تماسكها وتمددها وتقلصها ولدانتها عالية بسبب احتوائها على نسبة عالية من الأطيان الغروية حيث تزيد هذه الصفات من قابلية التربة على التوحل puddled خصوصاً عندما نتعامل مع التربة وهي رطبة وبالتالي يجب إجراء العمليات الزراعية في الوقت المناسب، حيث تؤدي حراثة التربة وهي عالية الرطوبة إلى تحطيم مجاميع التربة وانخفاض مساميتها، عكس ذلك عند إجراء عمليات الحراثة والتربة جافة جداً فإنها تتكسر إلى كتل كبيرة يصعب تكسيرها عند تحضير مهاد نمو البادرات، لذلك غالباً ما يقترح العاملون في الفلاحة أن تتم الحراثة عند محتوى رطوبي مناسب لا تلتصق فيها التربة بالمحراث.

2. زيادة نسبة المادة العضوية عن طريق إضافتها كسماد حيواني أو بقايا نباتية أو عن طريق زراعة المحاصيل العشبية المعمرة وخاصة البقولية ذات الجذور الليفية العميقة تؤدي إلى تحسين بناء التربة.

3. إجراء دورات زراعية تساعد على المحافظة على بناء التربة مقارنة بالزراعة المستمرة لمحصول معين.

4. عدم ترك الأرض بور لان ذلك يؤدي إلى تلف بناءها.

5. استخدام الآلات الثقيلة بكثرة يؤدي إلى تحطيم التجمعات ودك التربة وهو عكس ما هو مطلوب من العمليات الزراعية.

ثالثاً: هواء التربة (Soil air):

من المعروف أن التربة تتكون من مادة صلبة وفراغات (مسامات) وهذه المسامات تمتلئ بالماء (محلول التربة) والهواء، وتؤدي زيادة نسبة الرطوبة في التربة إلى انخفاض في نسبة الهواء، ولنسبة الهواء وحركته في التربة تأثير على نمو جذور النباتات وفاعلية أحياء التربة بالإضافة إلى تأثيره على جاهزية بعض العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات.

تهوية التربة (Soil aeration):

تعرف تهوية التربة بأنها تبادل غاز ثاني اوكسيد الكربون وغاز الأوكسجين بين هواء التربة والهواء الجوي، حيث يستهلك الأوكسجين نتيجة لفعاليات أحياء التربة وتنفس جذور النباتات ويتحرر غاز ثاني اوكسيد الكربون وهذا يؤدي إلى انخفاض نسبة الأوكسجين وارتفاع نسبة ثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة مقارنة بنسبهما في الهواء الجوي، إذن تهوية التربة تعني إحلال الأوكسجين من الهواء الجوي محل ثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة، وعندما تقل نسبة الأوكسجين في هواء التربة إلى حد معين يؤدي ذلك إلى:

1) نقص في نمو النبات وإنتاجيته.
2) تقليل سرعة تفسخ المادة العضوية التي تجهز الكثير من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات في نموه.
3) تأثيره على نمو الجذور وامتصاصها للماء والعناصر الغذائية.
4) وجود بعض العناصر المعدنية كالمنغنيز والكبريت ومركبات الحديد بصورها المختزلة مما يزيد من ذوبانها في محلول التربة إلى درجة تكون فيها سامة للنبات.

مكونات هواء التربة:

يتكون هواء التربة من خليط من النيتروجين والأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون وبخار الماء بكميات متفاوتة. ويعتمد بناءه على فعاليات الكائنات الحية ونشاط جذور النباتات، درجة ذوبان CO_2 , O_2 في الماء ومعدل تبادل الغازات مع الهواء الجوي.

1) الأوكسجين ضروري لتنفس الجذور ولفعالية أحياء التربة.
2) ثاني اوكسيد الكربون يساعد على إذابة بعض مركبات التربة لتجهيز بعض العناصر الغذائية للنبات.
3) النيتروجين يثبت في التربة إما بصورة تعايشية أو غير تعايشية ليصبح جاهز للنبات.
4) بخار الماء له أهمية في المحافظة على جذور النباتات والأحياء المجهرية في التربة من الجفاف.

معدل النسب المئوية لمكونات هواء التربة على أساس الحجم لعمق 15سم:

	$\% N_2$	$\% O_2$	$\% CO_2$
هواء التربة	79,2	20,6	0,25
الهواء الجوي	79,0	20,97	0,03

نسبة النتروجين في هواء التربة والهواء الجوي لا تختلف كثيراً، نسب الأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون في تغير مستمر تبعاً للموسم ونوع المحصول والعمليات الزراعية والفعاليات الحيوية، نسبة ثاني اوكسيد الكربون تعادل (6- 8) مرات مما هي عليه في الهواء الجوي. هذه التغيرات في نسب الغازين تحدث بسبب الإعاقة التي تحدث في تبادل الغازات بين هواء التربة والهواء الجوي حيث أن حركة الغازين من التربة إلى الجو وبالعكس وفي داخل التربة تتأثر بعوامل عديدة منها نسبة المسامات البينية واستمراريتها وتوزيعها الحجمي ونسبة الرطوبة بالإضافة إلى اختلاف تركيز كل من الغازات بين النقاط المختلفة. هواء التربة أيضا يحتوي على نسب أعلى من بخار الماء وغاز الميثان وكبريتيد الهيدروجين H_2S والتي تنتج من تحلل المواد العضوية ومجمل الفعاليات الحيوية لأحياء التربة.

العوامل التي تؤثر على هواء التربة

1. نوع التربة ومقدار المسامات الهوائية الموجودة فيها.
2. العمق: عموماً الترب تكون ذات محتوى عالي من الأوكسجين في الطبقات السطحية، أما ثاني اوكسيد الكربون فتكون نسبته في الأجزاء البعيدة عن السطح أعلى من نسبته في الهواء الجوي.
3. فعالية الأحياء الدقيقة.
4. تبادل الغازات بين الجو والتربة.
5. الاختلافات الموسمية ويعزى ذلك إلى الاختلاف في درجة حرارة التربة والرطوبة حيث الرطوبة العالية تؤدي إلى قلة الأوكسجين وزيادة CO_2 في هواء التربة والحرارة العالية تؤدي إلى زيادة CO_2 في الصيف نتيجة الفعاليات السريعة للأحياء الدقيقة في التربة وقد تسبب الحرارة العالية العكس أيضا فتزيد من نسبة الأوكسجين وتقلل من CO_2 نتيجة تحسن عملية تبادل الغازات بسبب قلة الرطوبة في التربة وفراغ جزء كبير من المسامات الهوائية.

تعتمد نسبة كل من الأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة على

1- سرعة استهلاك الأوكسجين وتحرر غاز CO_2.
2- سرعة تبادل الغازين بين هواء التربة والهواء الجوي.
3- قابلية وسرعة ذوبان الغازين في محلول التربة.

تبادل الغازات Gas exchange

يتم تبادل الغازات بين هواء التربة والهواء الجوي تبعاً لعمليتين:

1. انسياب الغازات بالجملة أو التدفق الكتلي Mass Flow: ويرجع إلى تغيرات في الضغط الجوي أو درجة الحرارة أو الرياح أو بسبب التغير في نسبة مسامات التربة المملوءة بالماء عند سقوط الأمطار أو عند الري.

2. الانتشار Diffusion: يحصل عندما تتحرك جزيئات غاز ما في خليط من الغازات من نقطة لأخرى بسبب الاختلاف في عدد جزيئات الغاز (التركيز) بين النقطتين ولا ترتبط حركة كل من الغازات المكونة للمزيج بحركة الغازات الأخرى وتستمر هذه العملية ما دام هناك اختلاف في تركيز واحد أو أكثر من تلك المكونات بين هواء التربة والهواء الجوي. الدراسات العديدة بينت أن نسبة التهوية المتسببة عن التدفق الكتلي قليلة مقارنة بالانتشار وان لكل من نسجة التربة وبناءها والمحتوى الرطوبي تأثير على محتوى التربة من الهواء (نسبة الهواء تنخفض مع زيادة نسبة الطين والكثافة الظاهرية عند ثبات العوامل الأخرى) ولكن زيادة الشد الرطوبي تزيد نسبة الهواء في التربة.

مشاكل التهوية في الحقل

تنشا مشاكل التهوية في الحقل إما بسبب الموقع الجغرافي عند وقوع حقل في منطقة منخفضة حيث تصبح التربة غدقة عند عدم وجود بزل مناسب أو ارتفاع قابلية التربة على مسك الماء وصعوبة التخلص من ماء الجذب الأرضي خاصة عند ارتفاع محتوى التربة من الطين ويكون بناء التربة رديئا، أما الترب الخشنة النسجة فلا يوجد فيها مشاكل تهوية عند وجود نظام بزل مناسب ولكن تكون نفاذيتها عالية بحيث تحتاج إلى إدارة خاصة من ناحية الري عند الزراعة.

المحاضرة السادسة

رابعاً: حرارة التربة (Soil Temperature):

لحرارة التربة تأثير كبير على كل من:

1- فعالية الأحياء الدقيقة في التربة حيث عند ارتفاع درجة الحرارة تزداد فعالية الأحياء والتي تزيد بدورها من تحلل المادة العضوية الذي يؤدي إلى تجهيز العناصر الغذائية للنبات وعند انخفاض الحرارة فان المادة العضوية تتراكم في التربة بسبب عدم تفسخها بسرعة كافية.

2- نمو النبات من خلال تأثيرها على إنبات البذور وجذور النباتات والأحياء الدقيقة التي تعيش في التربة حيث يتأثر نمو الجذور بدرجة الحرارة لان فعالية جذور النبات الرئيسية كامتصاص الماء والمغذيات تتأثر بانخفاض وارتفاع درجة الحرارة، بصورة عامة يكون نمو النبات بطيئاً في الترب الباردة.

تتأثر تغيرات درجة حرارة التربة بكل من كثافة التربة، مساميتها، لونها وقابليتها على مسك الماء بالإضافة إلى تأثرها بالظروف الجوية المحيطة بالتربة كدرجة حرارة الجو وساعات سطوع الشمس وسرعة الرياح والأمطار والتبخر من سطح التربة ووجود الغطاء النباتي. بالإمكان تغيير درجة الحرارة إما عن طريق تحديد كمية الأشعة الواصلة إلى سطح التربة بواسطة السيطرة على سمك الغطاء النباتي أو بوضع المغطيات mulches أو بتغيير الخواص الحرارية للتربة من خلال نسبة الرطوبة أو نسبة المادة العضوية أو كثافة التربة. التغيرات في درجات الحرارة تكون إما:

(أ) يومية (بين الليل والنهار) وتكون على أشدها في السطح وعالية في الصيف مقارنة بفصل الشتاء بسبب كون التربة أكثر جفافاً في الصيف منها في الشتاء إضافة إلى سطح التربة يستلم كمية اكبر من الحرارة في الصيف. تقل التغيرات اليومية في درجة حرارة التربة مع زيادة نسبة الرطوبة في التربة وزيادة الغيوم والغطاء النباتي وزاوية سقوط أشعة الشمس على السطح ووجود الثلوج على السطح.

(ب) فصلية ويمتد تأثيرها إلى أعماق كبيرة في التربة مقارنة بالتغيرات اليومية وتزداد هذه التغيرات في المناخ القارئ وفي المناطق التي يزداد فيها الاختلاف في معدلات درجات الحرارة بين الصيف والشتاء. يقل التغير في درجة حرارة التربة اليومية والفصلية في المناطق التي تغطى بغطاء نباتي كثيف كمناطق الغابات مقارنة بالترب المكشوفة أو المغطاة جزئياً بالنبات أو المغطاة بالنباتات القصيرة والأعشاب. مصدر حرارة التربة هو الطاقة الشمسية حيث تمتص التربة ما بين 30-80٪ من الأشعة الواصلة إليها اعتماداً على موقع التربة بالنسبة لسطح الكرة الأرضية وميلان سطح الأرض إضافة إلى لون التربة وكثافتها ونسبة الرطوبة وتستهلك الحرارة في تسخين التربة ومكوناتها وإعادة قسم منها إلى الجو كأشعة طويلة الأمواج.

الحرارة النوعية والتوصيل الحراري: الحرارة النوعية هي كمية الحرارة أو عدد السعرات الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غم واحد أو سم^3 من المادة درجة مئوية واحدة. رياضياً هي السعة الحرارية للمادة مقسومة على السعة الحرارية للماء. السعة الحرارية للماء 1 سعرة/غم وتقل لمعظم المواد حيث تبلغ الحرارة النوعية حوالي 0,2 و0,3سعرة/غم للمواد الصلبة والعضوية على التوالي. الحرارة النوعية للتربة الجافة منخفضة عكس التربة الرطبة. التوصيل الحراري يرمز إلى حركة أو تغلغل الطاقة الحرارية داخل مقد التربة وينخفض للتربة الجافة مقارنة مع التربة الرطبة بسبب كون الماء موصل جيد للحرارة ولكن بسبب ارتفاع حرارتها النوعية فان الترب الرطبة لا تدفأ بسرعة وتعتبر دائماً ترب باردة.

خامساً: لون التربة (Soil Color):

من أوضح صفات التربة وأكثرها استخداماً وهنالك الكثير من الترب أخذت أسمائها من ألوان الترب. يتأثر لون التربة بنوع المعادن المكونة للمادة الأم والتربة وحالة التأكسد والاختزال لتلك المعادن وخاصة تلك الحاوية على الحديد والمنغنيز إضافة إلى محتوى التربة من المادة العضوية المتفسخة (الدبال) ونسبة الرطوبة. معدن **الهيماتايت** FeO_3 مسئول عن اللون الأحمر لمعظم الترب يتحول إلى معدن **الليمونايت** بفعل التأدرت Hydration وهو المسؤول عن الألوان الشديدة الاصفرار.

$$2FeO_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 2FeO_3\ 3H_2O$$

Hematite (red)

إن لون الآفاق العليا يتراوح بين البني إلى البني الغامق إلى الأسود بزيادة محتوى المادة العضوية. الألوان الداكنة ترجع إلى وجود اكاسيد المنغنيز أو إلى عنصر الكربون بعد حرق بقايا المحاصيل. الأملاح تؤدي إلى ألوان افتح من الترب غير المتأثرة بالأملاح إلا في حالات التي تكون فيها الأملاح متميعة Hydrated مثل كلوريدات الكالسيوم والمغنسيوم والتي تعطي التربة لون غامق. وجود أملاح كربونات الصوديوم يؤدي إلى ظهور اللون الأسود بسبب إذابة المادة العضوية في التربة.

المحاضرة السابعة

الماء في التربة (المحتوى الرطوبي):

يكون الماء العنصر الأساسي من عناصر الحالة السائلة وتلعب التربة دوراً مهماً في توزيع الماء خلال دورته في الطبيعة حيث تدخل إلى التربة كميات كبيرة من ماء التساقط ينزل جزء منه إلى أعماق بعيدة عن السطح ويتبخر جزء منه من السطح، أما الباقي فإما أن يمتص من قبل النبات أو يبقى حول دقائق التربة كماء، جزء منه جاهز وآخر غير جاهز. يحتل الماء والهواء مسامات التربة فعندما تكون التربة مشبعة تكون جميع المسامات مملوءة بالماء وعندما تقل كمية الماء بمرور الزمن تفرغ المسامات الكبيرة أولاً لأن الماء يمسك بقوة قليلة فيها ثم تتبعها المسامات الصغيرة والتي يكون فيها الماء مشدوداً بقوة ثم يصبح الماء كغشاء حول دقائق التربة ومرتبط بقوة شد كبيرة وبالتالي فان كمية الماء في التربة في لحظة معينة تختلف حسب حجم وتوزيع المسامات، والتي تعتمد بدورها بدرجة كبيرة على نسجة وبناء التربة، فضلاً عن المكونات الكيميائية للمعادن والمادة العضوية والظروف الجوية. جرت العادة على استخدام محلول التربة (Soil Solution) بدلاً من ماء التربة، حيث لا يوجد ماء نقي في الطبيعة لما للماء من قدرة كبيرة على إذابة المواد، إذ يتواجد في محلول التربة ايونات عديدة منها ايونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والأمونيوم والبيكاربونات والكلور والكبريتات والنترات وغيرها، إضافة إلى ذلك فان هناك بعض المواد العضوية والغازات الذائبة في ماء التربة مثل النتروجين والأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون وغيرها. يلعب الماء في التربة دوراً بالغ الأهمية للأسباب التالية:

1- لابد من توفر كميات كبيرة من الماء بصورة ميسرة لسد احتياجات التبخر والنتح.

2- يعمل كمذيب لمعظم المواد التي يحتاجها النبات.

3- يكون وسطاً للتفاعلات الكيميائية في التربة وكعامل مشترك فيها.

4- يقوم الماء بنقل العناصر الغذائية والمواد الأخرى من أماكن تواجدها إلى أماكن احتياجها من قبل النبات.

5- يعمل على التحكم في كثير من الظروف البيئية المحيطة بالتربة والنبات كالهواء وحرارة التربة.

الثوابت المائية Soil Moisture Constants

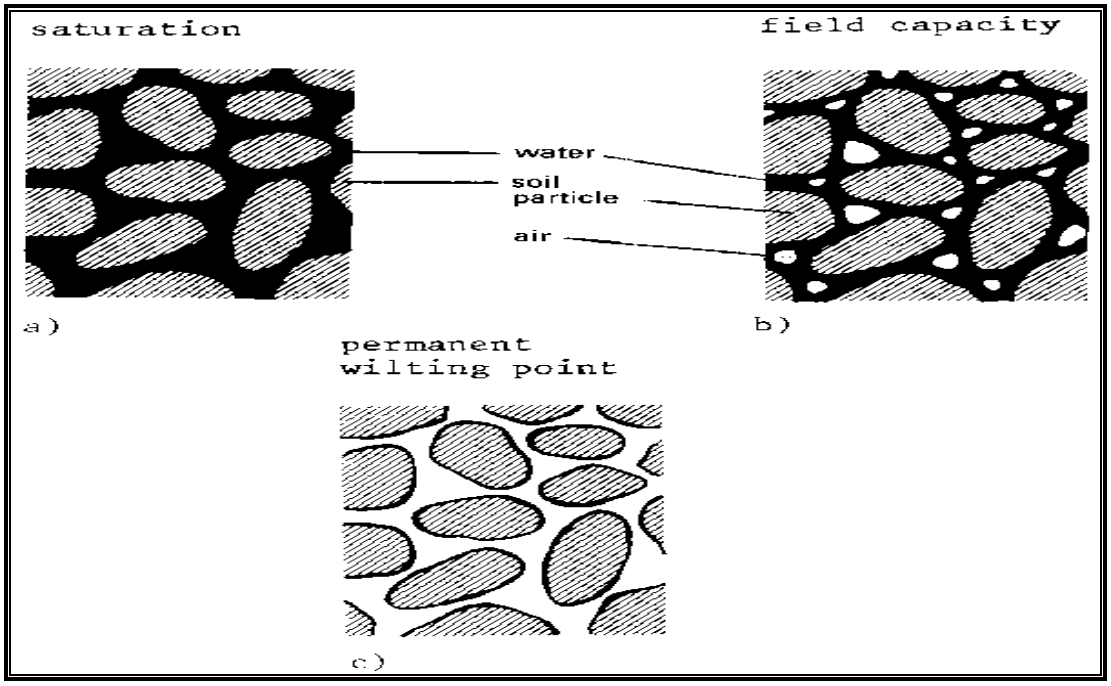
تتغير نسبة الرطوبة في التربة مع الزمن نتيجة لعمليات عديدة، إضافة إلى اختلاف التربة في قابليتها للاحتفاظ برطوبة معينة تحت قوى شد معينة تبعاً لنسجتها وبنائها، هذا التغير في الرطوبة له علاقة وثيقة بنمو النبات فإذا كانت كمية الماء قليلة جداً فإن التربة سوف تحتفظ بها بشد عالي جداً وعملية الحصول على الماء في هذه الحالة مجهدة للنبات ويموت تحت تأثير الجفاف، وإذا كانت الرطوبة عالية جداً فإنها تؤدي إلى موت النباتات أيضا بسبب اختناق الجذور وقلة فعاليتها. إن مقدار رطوبة التربة تؤثر في قابلية ماء التربة على الحركة، وكلما

ازداد مقدار الرطوبة ازدادت قابلية الماء على الحركة والعكس صحيح، واعتماداً على مقدار جاهزية الماء للنبات وقابليته على الحركة فقد وجدت حدود معينة تتغير عندها كمية الماء تبعاً لذلك سميت بالثوابت المائية. إن معرفة مقدار هذه الثوابت تفيد في حساب كمية الماء الجاهز للنبات وكمية الماء التي يمكن للتربة أن تحتفظ بها ضد الجاذبية الأرضية وقابليته على الحركة.

يمكن ملاحظة الثوابت إذا تتبعنا التغيرات التي تحصل في رطوبة التربة بعد إضافة الماء إليها سواء من المطر أو الري كما يلي:-

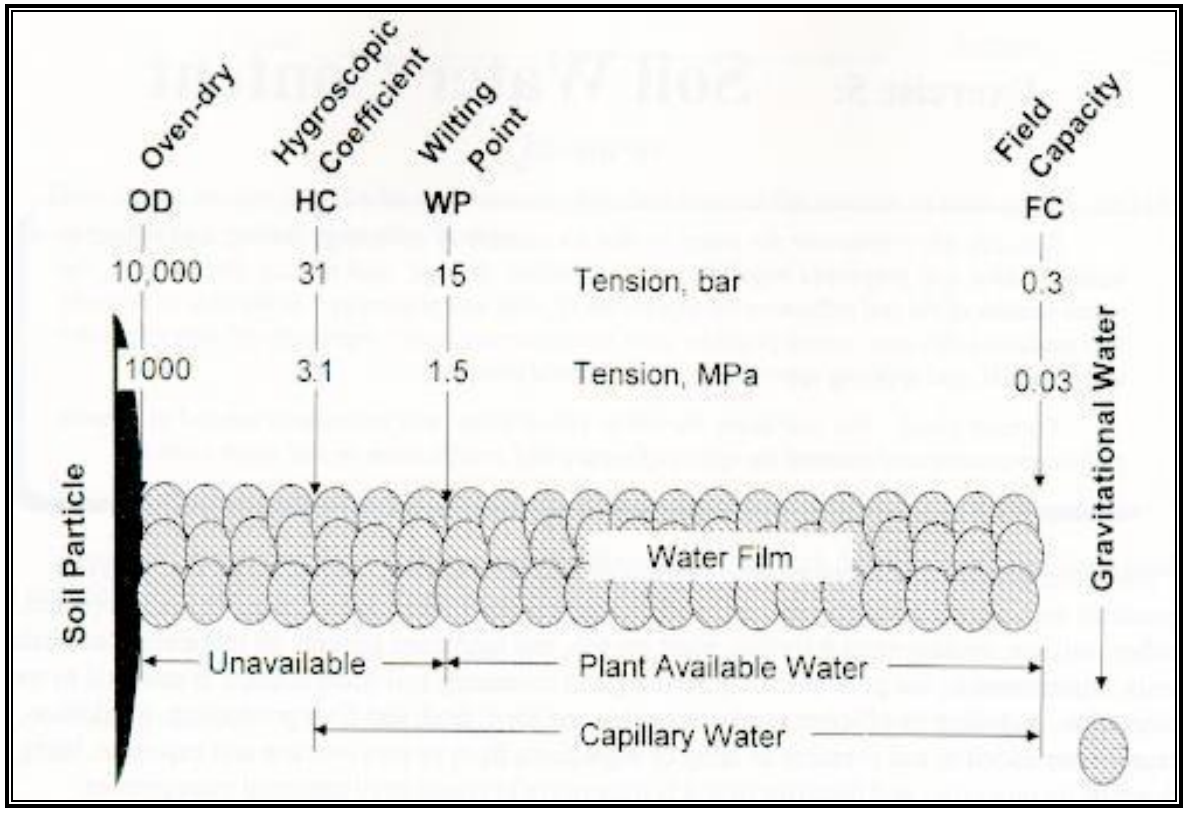
1. **القابلية العظمى على مسك الماء (Maximum Retentive Capacity):** عند إضافة الماء إلى تربة ذات نسجة متجانسة وذات بناء فان الماء سوف يتغلغل إلى داخل التربة طارداً معظم الهواء إلى أن تمتلئ جميع المسامات، تكون التربة عندئذ مشبعة أو في سعتها العظمى للاحتفاظ بالماء. قوة الشد في هذه الحالة صفر ولا تكون التربة في هذه الحالة صالحة لنمو النبات بسبب انعدام الهواء اللازم لتنفس جذور النباتات فيها.

2. **السعة الحقلية (Field Capacity):** عند توقف إضافة الماء إلى سطح التربة فان الماء الحر الزائد عن قدرة احتفاظ التربة بالماء سيتحرك إلى الأسفل بتأثير الجاذبية الأرضية، وبعد مرور فترة زمنية مناسبة يتوقف نزول الماء نسبياً، وعند ذلك يقال للتربة بأنها عند سعتها الحقلية، والتي عندها تكون معظم المسامات الدقيقة مملوءة بالماء والمسامات الكبيرة مملوءة بالهواء. إن توقف نزول الماء بتأثير الجاذبية الأرضية يرجع إلى قابلية التربة للاحتفاظ بالماء بقوة تتراوح بين (0,1-0,3ض ج) اعتماداً على نسجة التربة. نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية قد تصل إلى 4٪ وزناً في الترب الرملية إلى 45٪ في الترب الطينية الثقيلة إلى 100٪ في بعض الترب العضوية.



3- **نقطة الذبول (Wilting Point):** يقوم النبات بامتصاص الماء من الأغشية المائية المحيطة بحبيبات التربة للقيام بعملياته الحيوية، وكذلك بعملية النتح والتبخر من سطح التربة. نتيجة لذلك يقل سمك الأغشية المائية وتزداد قوة الشد إلى الحالة التي تكون فيها الأغشية مشدودة بقوة لا يمكن للنبات أن يمتص الماء، وعند ذلك يبدأ النبات يذبل ذبولاً مؤقتاً أي انه بإضافة الماء يمكن للنبات أن يسترجع حالته الأولى، وإذا ما استمر الماء على نقصه فأن النبات سوف يستمر على ذبوله، ويعتبر هذا الذبول دائمياً ويقال للتربة بأنها في نقطة الذبول الدائم. قوة الشد التي تحدث عند نقطة الذبول تكون بحدود (15 ض.ج) ويكون سمك الماء حوالي (20) انكستروم.

4- **المعامل الهايگروسكوبي (Hygroscopic Coefficient):** يمثل الحد الفاصل بين المظهر الرطب والجاف، ويكون غير مفيد للنبات، ويمكن تمثيله بوضع عينة من التربة الجافة بالفرن في محيط مشبع ببخار الماء فان التربة تقوم بامتصاص الماء من الجو المحيط بها حتى تصل إلى حالة التوازن، ويطلق على المحتوى الرطوبي في هذه الحالة اسم المعامل الهايگروسكوبي، ويكون هذا الماء مشدوداً إلى حبيبات التربة بقوة كبيرة تتراوح بين (31-10000 ض.ج).



قوى احتفاظ التربة بالماء Forces of Retention

من خلال تتبع التناقص التدريجي للمحتوى الرطوبي ابتداء من حالة التربة المشبعة ظهر لنا حقيقتين أساسيتين وهما :

(1) ماء التربة ممسوك بقوة تسمى (tension or suction) ويجب بذل شغل لاستخراجه.

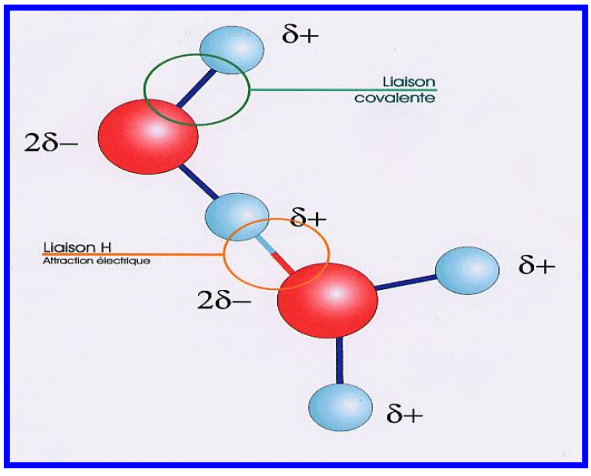
(2) القوة الممسوك بها الماء في التربة تعتمد على كمية الماء حيث بزيادة الشد تقل كمية الماء.

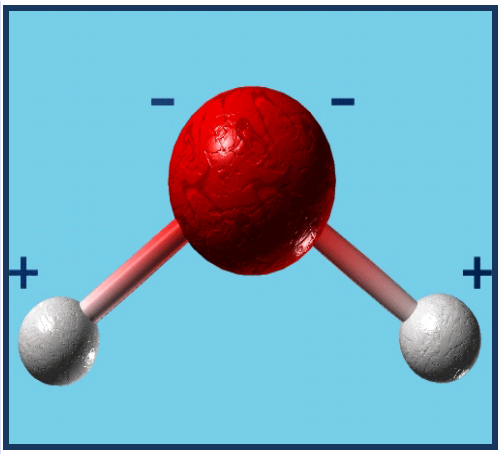
هناك عاملان يؤثران على مسك الماء من قبل دقائق التربة الصلبة وهما:

أ- مسك دقائق التربة لجزيئات الماء (الالتصاق) (Adhesion)

ب- والتجاذب ما بين جزيئات الماء نفسها (التماسك) (Cohesion).

إن جزيئات الماء مستقطبة Polarized، وهذا يعني أن جزيئه الماء غير متوازنة كهربائياً أي تمتلك قطبين احدهما سالب والأخر موجب، ويمكن لجزيئات الماء أن تجتذب إحداهما الأخرى. وأيضا دقائق التربة تكون مشحونة بشحنات كهربائية سالبة، وعليه فانه إذا أضيف الماء إلى تربة جافة فان سطوح حبيبات التربة تجذب الماء إليها بقوة تسمى قوة الالتصاق (Adhesion Force) مسببة توزيع الماء حولها على شكل غشاء مكون من عدة طبقات من الجزيئات المدمصة بقوة على دقائق التربة، ويسمى هذا الماء بماء الالتصاق (Adhesion Water) وهو قليل الحركة وغير جاهز للنبات ولا يُزال إلا بواسطة تجفيف التربة بالفرن. عند الابتعاد من منطقة الجذب العالي لدقائق التربة فان جزيئات الماء في الغشاء المائي تمسك بواسطة أواصر هيدروجينية بين جزيئات الماء تدعى بقوى التماسك (Cohesion Forces)، ويتحرك ماء التماسك بحرية اكبر ويحتاج إلى كمية اقل من الطاقة الحرارية لتبخره مقارنة بماء الالتصاق. إذن مقدار الطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تتحدد بنسبة الرطوبة ودرجة الحرارة ومقدار المواد الذائبة والتجاذب ما بين الماء وسطوح دقائق التربة.



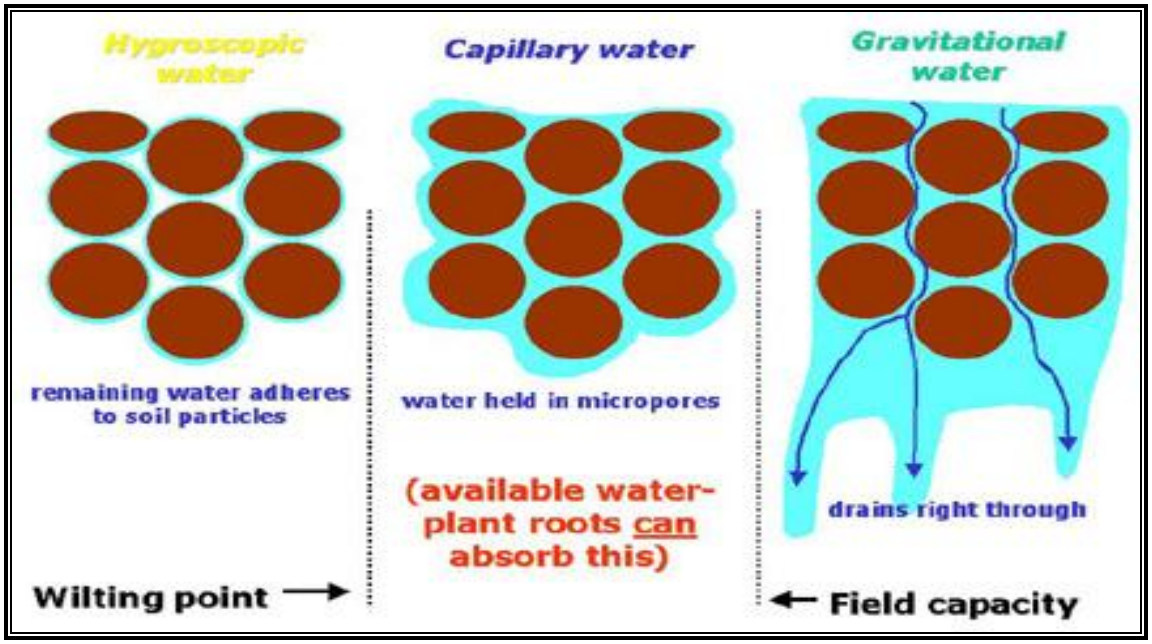


تصنيف ماء التربة Classification of Soil Moisture

نسبة الرطوبة تتغير بصورة تدريجية عند زيادة الشد الرطوبي من الصفر إلى عدة ضغوط جوية، وبالتالي فان وضع رطوبة التربة في أصناف مختلفة لا يعتمد على تغيرات واضحة ومدى كل صنف يعتمد على نسجه التربة وبناءها ومحتوى المادة العضوية ودرجة الحرارة.

أولاً: التصنيف الفيزياوي لماء التربة Physiological Classification of Soil Water : هذا القسم لا يعني أن هناك أنواع مختلفة من ماء التربة، ولكن هناك ماء تحت قوى مختلفة القيمة من الشد، الحدود بينها وضعت لتعكس قابلية الماء على الحركة، ويقسم ماء التربة فيزيائياً إلى:-

1. **الماء الهايكروسكوبي Hygroscopic Water:** وهو الماء المشدود بقوى تتراوح بين (31-10000ض.ج) ويفصل الجزء الصلب عن السائل ويكون بحالة غير سائلة، وهو ماء غير فعال لا يدخل في التفاعلات الكيميائية التي تجري في التربة ويتبخر جزء كبير منه في فرن درجة حرارته 110 º م.
2. **الماء الشعري Capillary Water:** وهو الماء الممسوك بقوة شد تتراوح بين (0,3 – 31 ض.ج) (السعة الحقلية – المعامل الهايگروسكوبي) ويكون بحالة سائلة وفعال وفي حركة مستمرة في المسامات الشعرية. وتكمن أهميته في انه يحتوي على أملاح التربة مذابة فيه، ويستفاد منه النبات وفي كثير من الأحيان يسمى محلول التربة (Soil Solution) ولا يكون جميعه جاهز للنبات.
3. **ماء الاجتذاب Gravitational Water:** يمثل هذا الجزء الماء الممسوك في المسامات الكبيرة للتربة بقوة شد اقل من (0,3 ض.ج)، ويسمى بالماء الحر أو ماء البزل ويتحرك بسرعة كبيرة تحت تأثير الجاذبية الأرضية ويتم التخلص منة بالبزل.



التصنيف البيولوجي لماء التربة Biological Classification of Soil Water

1- ماء فائض: ويسمى أيضا الماء الحر وتمثله الرطوبة التي تزيد عن السعة الحقلية للتربة ويشغل المسامات البينية الكبيرة وهو عديم الفائدة للنباتات خصوصاً إذا تواجد في التربة لمدة طويلة إذ ينشأ عنه سوء التهوية وقلة الأوكسجين ويفقد معه الكثير من الأملاح المفيدة للنبات .

2- الماء الجاهز Available Water: كمية الماء الذي تحتفظ به التربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول وهو المصدر الرئيسي للماء المستهلك من قبل النبات وتعتمد كميته على كل من نسجة وبناء التربة وكلاهما يعتمدان على المساحة السطحية النوعية للتربة ومجموع المسامات وتوزيع أحجام المسامات والمادة العضوية وتركيز الأملاح.

3- الماء غير الجاهز Unavailable Water: ويشمل الماء الممسوك بقوة اكبر من الشد عند نقطة الذبول ويدخل في ذلك الماء الهايكروسكوبي إضافة إلى جزء من الماء الشعري.

العوامل التي تؤثر على جاهزية الماء للنبات:

منها يعتمد على خصائص التربة وأخرى تعتمد على النبات إضافة إلى الظروف الجوية:

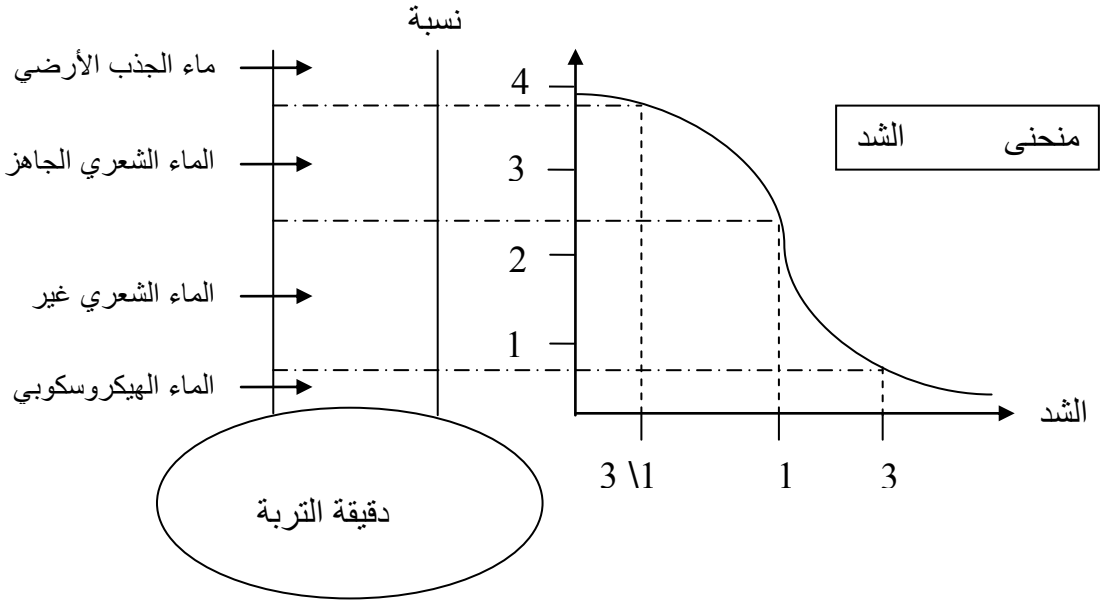
(1) قابلية التربة على مسك الماء: تعتمد كمية الماء الجاهز في التربة على كل العوامل التي تؤثر على كمية الماء بين السعة الحقلية ونقطة الذبول ومنها نسبة الطين ونوع المعادن الطينية، نسبة المادة العضوية المتدبلة، نسبة المسامات وتوزيع حجومها.

(2) عمق المنطقة الجذرية وتنضيد التربة: زيادة عمق التربة يزيد من كمية الماء الجاهز وهذا له أهمية كبيرة خاصة في الزراعة الديمية عندما يكون النظام الجذري للنبات قادر على التعمق في التربة. إن وجود طبقات مختلفة النسجة أو البناء يؤثر على كل من حركة الماء إلى الجذور وعلى كمية الماء الغائض في التربة عند سقوط الأمطار أو عند الإرواء فوجود طبقات رملية يؤثر على كمية الماء الجاهز بسبب تأثيرها السلبي على حركة الماء في الطبقات الأخرى إلى جذور النباتات، كما أن تغلغل جذور النباتات قد يتأثر بوجود طبقات عالية الكثافة الظاهرية أو صلدة قليلة المسامية.

(3) ملوحة التربة: تؤثر على جاهزية الماء للنبات عن طريق تأثيرها على زيادة الشد الرطوبي بسبب التأثير الازموزي للأملاح على الماء والذي يسمى بالشد الازموزي osmotic suction ويكون مهماً عندما يكون الشد الرطوبي المتسبب عن دقائق التربة matric suction قريباً من نقطة الذبول الدائم حيث أن الشد الكلي للرطوبة سيكون مجموعهما ويكون تأثير الأملاح واضحاً في المناطق الجافة وشبة الجافة .

العلاقة بين الشد الرطوبي والمحتوى الرطوبي:

الشد الرطوبي ينخفض كلما ابتعدنا عن سطح الدقائق إلى أن يصل إلى قيمة تساوي صفراً في الترب المشبعة. يمكن الحصول على ما يسمى منحني الشد الرطوبي لكل تربة عند قياس الشد عند نسب رطوبة مختلفة. يبين المنحني أن نسجة التربة تؤثر بدرجة كبيرة على المنحني حيث الترب ناعمة النسجة تمسك نسبة أعلى من الرطوبة مقارنة بالترب خشنة النسجة بسبب احتوائها على نسبة أعلى من المواد الغروية والمسامات البينية إضافة إلى زيادة مساحتها السطحية النوعية مقارنة بالترب الأخرى.



تعيين المحتوى الرطوبي في التربة:

يتم تعيين المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية وذلك بتجفيف عينات التربة في فرن كهربائي على درجة (105) مْ وهنالك عدة طرق لحساب نسبة الرطوبة في التربة:

1) نسبة الرطوبة على أساس الوزن الجاف للتربة: باستخدام القانون الأتي

Pw = Mw / Ms * 100

إذ أن :

Pw = نسبة الرطوبة على أساس الوزن الجاف.

Mw = وزن التربة قبل تجفيفها بالفرن.

Ms = وزن التربة بعد تجفيفها بالفرن.

2) نسبة الرطوبة على أساس الوزن الرطب للتربة:

وتحسب باستخدام القانون الأتي: **Pww = Mw / (Mw + Ms) * 100**

حيث أن :

Pww = نسبة الرطوبة على أساس الوزن الرطب.

Mw = وزن الماء الذي تفقده التربة عند التجفيف بالفرن.

Mw + Ms = وزن التربة الجافة (قبل تجفيفها بالفرن).

ويمكن تحويل النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الرطب إلى النسبة المئوية على أساس الوزن الجاف أو بالعكس من خلال العلاقة الآتية:

Pw = Pww / (100 - Pww) * 100

3) نسبة الرطوبة على أساس الحجم Pv: هنا يقسم حجم الماء المفقود عند تجفيف التربة بالفرن (Vw) على حجم التربة الكلي (حجم دقائق التربة Vs + حجم المسامات Vv) كما في المعادلة:

Pv = Vw / (Vs + Vv) * 100

وأحيانا يمكن حساب (Pv) من تحويل نسبة الرطوبة على أساس الوزن الرطب إلى نسبة الرطوبة على أساس الحجم عند معرفة الكثافة الظاهرية للتربة:

Pv = Pw * (Pb / Pw)

إذ أن :

Pb = الكثافة الظاهرية للتربة.

Pw = كثافة الماء.

ومن نسبة الرطوبة الحجمية يمكن حساب عمق الماء (d) الموجود في عمق معين من التربة (D) وفق المعادلة الآتية:

d = (Pv * D)/100

إذ أن :

d = عمق الماء المحسوب.

D = عمق التربة.

Pv = نسبة الرطوبة على أساس الحجم.

وهنالك طرق عديدة غير مباشرة لقياس نسبة الرطوبة في التربة منها:

1) استخدام جهاز الشد الرطوبي (Tensiometer method).
2) استخدام ألواح المقاومة أو الألواح الجبسية (Resistance blocks or gypsum blocks method).
3) استخدام المجس النيوتروني (Neutron probe method).

المحاضرة الثامنة

الغرويات وخصائص التربة الكيميائية:

تتكون غرويات التربة من خليط من المواد المعدنية والعضوية، والتي تختلف في النسب والمكونات في الترب المختلفة، وتعتبر من أهم الأجزاء الفعالة في التربة بسبب صغر حجم الدقائق وازدياد المساحة السطحية النوعية، والتي بدورها تؤثر على الكثير من خصائص التربة. ليس هنالك حد فاصل بين الحالة الغروية وغير الغروية في حجم الدقائق، ولكن في أكثر الأحيان توضع قيمة (0,001) ملم أو (1) مايكرون كحد أعلى لحجوم الدقائق الغروية، وقد تنخفض القيمة إلى (0.5 أو 0.2) مايكرون، وبالتالي ليس كل الطين الموجود في التربة في حالة غروية وإنما فقط الدقائق ذات الحجم الأقل من (1) مايكرون. وتقسم غرويات التربة إلى مجموعتين رئيسيتين هما:-

1) غرويات معدنية (لا عضوية) تتمثل بالمعادن الطينية بمختلف أنواعها.
2) غرويات عضوية تتمثل بالدبال (Humus).

الغرويات المعدنية

يتكون الجزء الأكبر من دقائق التربة المعدنية الغروية من المعادن الطينية، وهنالك مجموعتين منها:

1) مجموعة أطيان السليكات: توجد في ترب المناطق المعتدلة والمهمة زراعياً في أنحاء العالم.
2) مجموعة اكاسيد الحديد والألمنيوم: توجد في ترب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية.

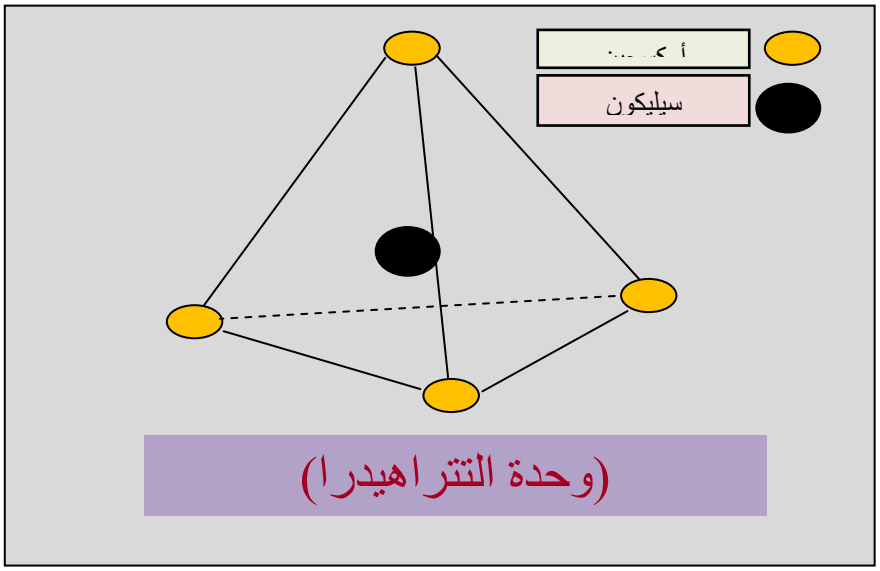
المعادن السيليكاتية وأطيان السيليكا:

هي دقائق بلورية البناء صغيرة الحجم، وتتألف من طبقات رباعية السطوح (وحدة التترا هيدرا) (Tetrahedra sheets) متكونة من الأوكسجين والسليكون والتي تسمى أيضا بطبقات السيليكا (Silica layers)، وأحيانا تتألف من طبقات ثمانية السطوح (وحدة الاوكتا هيدرا) (Octahedra sheets) لأكاسيد وهيدروكسيدات الألمنيوم والمغنيسيوم.

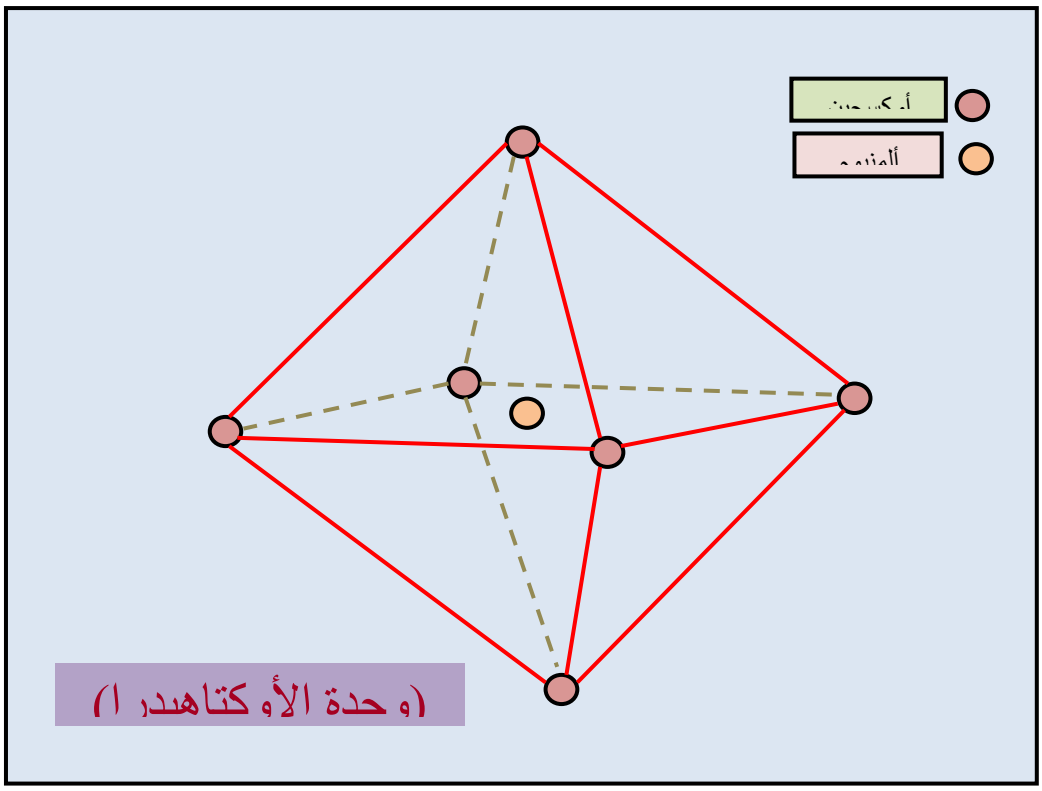
وحدات بناء المعادن الطينية

1) وحدة السليكون الرباعي (وحدة التتراهيدرا) Silicon Oxygen Tetrahedra: وفيها تترتب ذرات الأوكسجين بطريقة بحيث تحتل كل ذرة أوكسجين زاوية في هرم رباعي مرتبطة بذرة سليكون Si^{+4} في الوسط. ترتبط هذه الوحدات فيما بينها لتكون طبقة تسمى طبقة التتراهيدرا (رباعيات السطوح). تشترك فيها ثلاثة من ذرات الأوكسجين في رباعي السطوح مع ثلاث رباعيات سطوح محيطة وهكذا بالنسبة لبقية الوحدات.

وقد تعوض ذرة السليكون بذرة ألمنيوم، حيث أن كلتا الذرتين تتشابهان في الحجم، وهذا له أهمية في إعطاء إحدى صفات الطين.



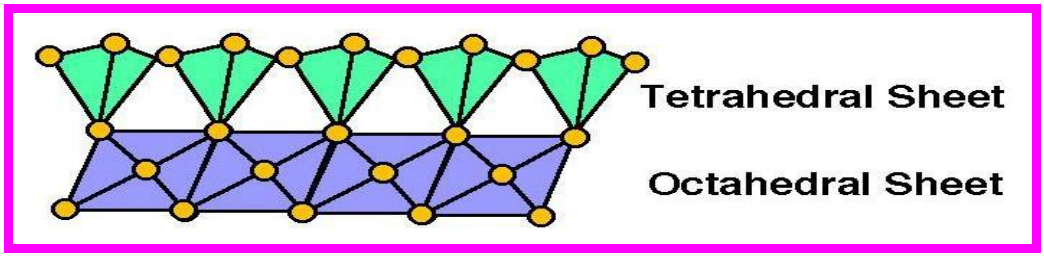
2) وحدة الألمنيوم الثماني (وحدة الاوكتاهيدرا) Aluminum Octahedra: وتتكون من ست ايونات من مجموعة الهيدروكسيل (OH-) أو الأوكسجين مرتبة بحيث تشكل زوايا لشكل ثماني مرتبطة بذرة ألمنيوم في الوسط. وقد تعوض ذرة الألمنيوم هذه بذرة مغنيسيوم أو حديد، وترتبط هذه الوحدات فيما بينها لتكون طبقة الاوكتاهيدرا Octahedral Sheet حيث تشترك الذرات الستة لمجموعة الهايدروكسيل التي تكون الشكل الثماني مع ثلاث وحدات مجاورة من الاوكتاهيدرا.

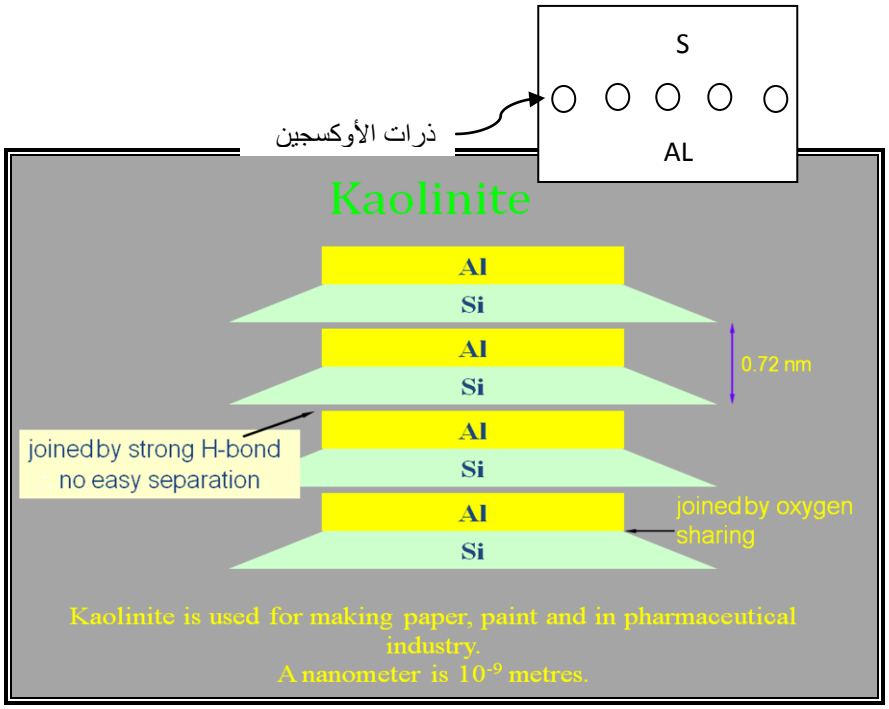


تقسيم المعادن الطينية

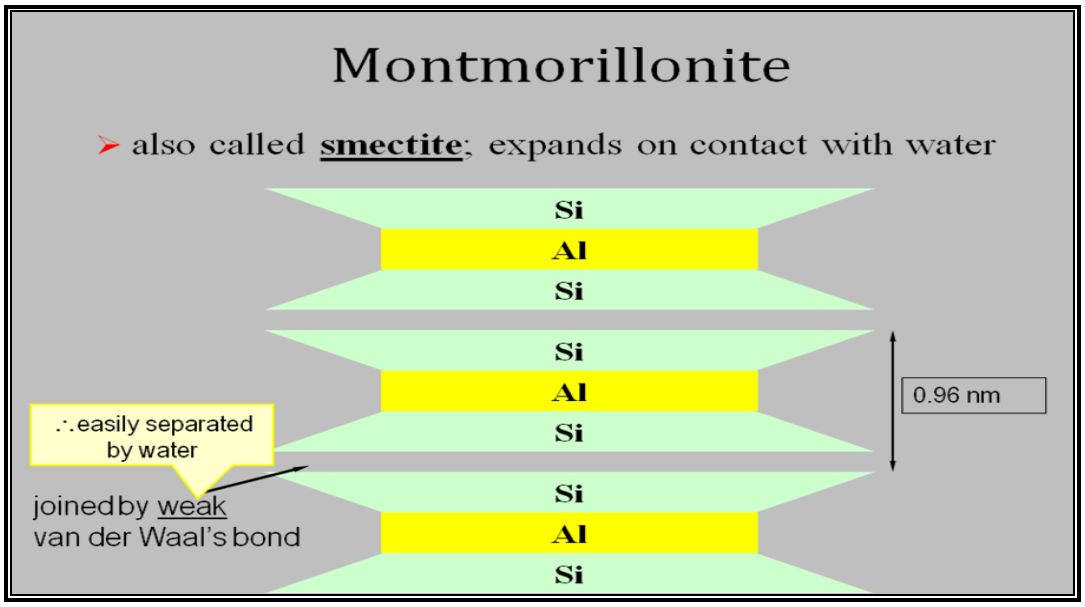
تقسم المعادن الطينية على أساس الطبقات المكونة للمعدن

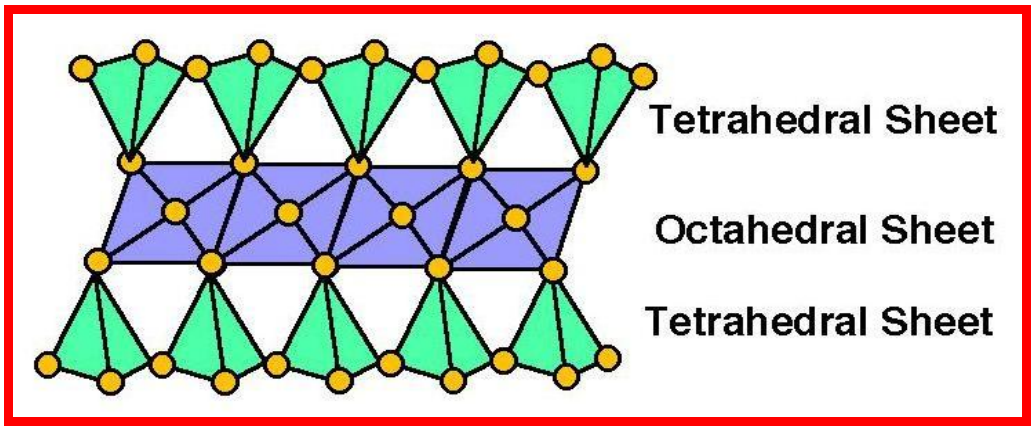
1) معادن طينية (1:1) مثل معدن الكاؤولينايت: تكون بلورات هذا المعدن قرصية ذات شكل سداسي، وهو يتكون من طبقة تتراهيدرا سيليكا واحدة وطبقة اوكتاهيدرا ألمنيوم واحدة، أي معدن ثنائي الطبقات (1:1)، وتكون هذه الطبقات مرتبطة مع بعضها بواسطة أواصر هيدروجينية، والترب الحاوية على المعدن تكون ذات نفاذية عالية وذلك لأن دقائق الكاؤولينايت كبيرة الحجم تزيد عن (2) مايكرون، إلا أن الماء لا يمكنه النفاذ بين الوحدات التركيبية أو بين الطبقات المكونة لهذا المعدن بسبب ثبات المسافة البلورية وصغرها، إذ أنها تكون اصغر من حجم قطرة جزيئة الماء، لذلك فان هذا المعدن لا يمتلك قابلية على التمدد والتقلص، والمساحة السطحية لهذا المعدن تعتمد على السطوح الخارجية فقط، أي لا يحصل فيه إحلال متماثل، ومصدر الشحنة في هذا المعدن هو تكسر الحواف، وله سعته تبادلية تبلغ (2-16) مليمكافئ لكل 100 غم تربة.





2) معادن طينية (1:2) مثل معدن المونتموريلونايت: تكون دقائق هذا المعدن قشرية الشكل، ويتكون من طبقتين تتراهيدرا سيليكا بينهما طبقة واحدة من اوكتاهيدرا ألمنيوم، وهذا المعدن ثلاثي الطبقات (1:2) وتكون هذه الطبقات مرتبطة مع بعضها عن طريق الاشتراك بذرات أوكسجين، يؤدي تكديس الوحدات التركيبية فوق بعضها البعض إلى أن ذرات الأوكسجين من طبقات التتراهيدرا سيليكا في الوحدات التركيبية المتجاورة تكون جنب بعضها البعض، لذلك فان التجاذب بين الوحدات يكون معدوم فمن السهولة أن يتكسر طين المونتموريلونايت إلى أحجام دقيقة جداً، وان الطبقات تتمدد وتتقلص بسهولة عند الترطيب والجفاف، والترب الحاوية عليه تكون واطئة النفاذية، وأقطار دقائق هذا المعدن تتراوح (1,0-0,1) مايكرون، ويحصل فيه إحلال متماثل في طبقة الاوكتاهيدرا ألمنيوم فقط، وله مساحة سطحية عالية لمسك الايونات، وله سعة تبادلية تبلغ (60-100) مليمكافئ لكل 100 غم تربة، وتحتاج التربة الحاوية على هذا المعدن إلى عناية وإدارة خاصة.



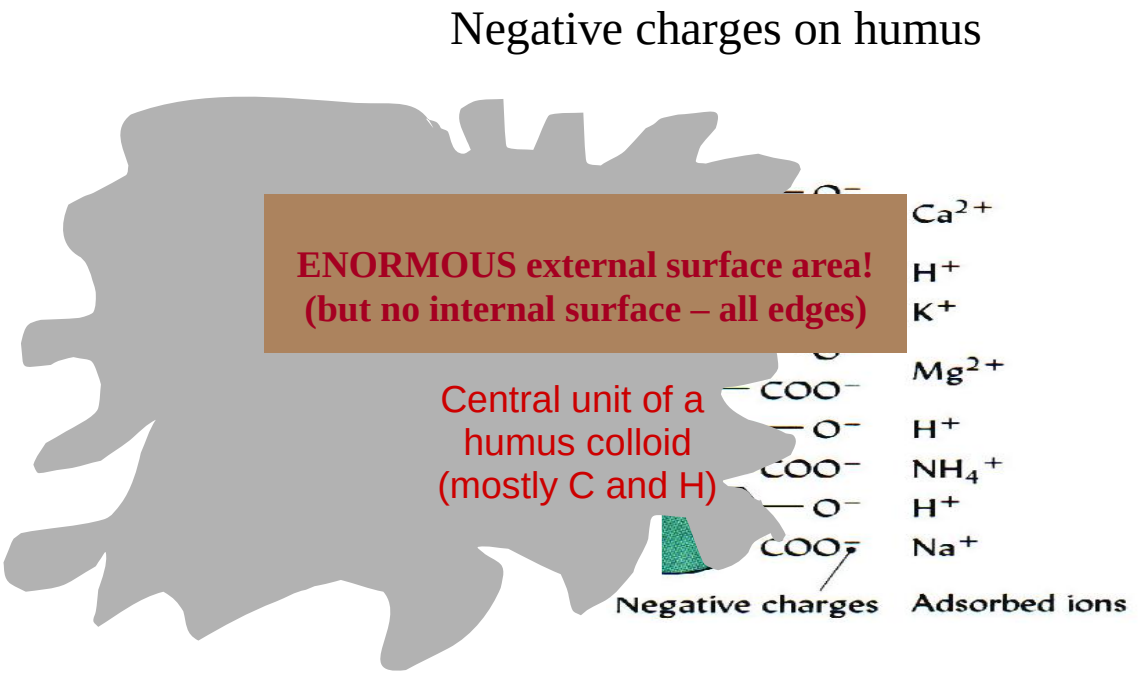


3) معادن طينية (1:1:2): تتكون من طبقتين من تتراهيدرا سليكا وطبقة واحدة من اوكتاهيدرا ألمنيوم وطبقة واحدة من البروسايت $Mg(OH)_2$ أو الجبسايت $AL(OH)_3$ مثل معدن الكلورايت.

الغرويات العضوية

تمر المخلفات العضوية (نباتية كانت أم الحيوانية) بمراحل متعددة خلال مراحل تحللها بواسطة أحياء التربة المجهرية، إذ تقوم بمهاجمة هذه المواد لأجل استهلاك الكربون والعناصر الأخرى التي تحتاجها الأحياء كمصدر للطاقة والنمو، ويؤدي هذا التحلل إلى انخفاض نسبة المادة العضوية في التربة مما يدعو لإضافة مواد عضوية جديدة للتعويض عما يفقد إذا أريد الحفاظ على مستوى ثابت من المادة العضوية. ويطلق على المراحل النهائية لتحلل وتفسخ المخلفات العضوية بالغرويات العضوية أو الدبال Humus، ويمكن القول بان الدبال هو مزيج من مواد غروية غير بلورية معقدة التركيب ومقاومة للتحلل ولونه بني غامق، ويتميز الدبال بمساحة سطحية عالية (أكثر بمرات عديدة عن المساحة السطحية النوعية للمعادن الطينية)، وله قابلية عالية على مسك الماء والايونات الموجبة أكثر من قابلية الأطيان (إذ تتراوح قابلية الأطيان على مسك الايونات الموجبة بين صفر – 150 ملي مكافئ لكل 100 غرام تربة، بينما

تبلغ تلك القابلية للمواد الدبالية بين 150 – 400 ملي مكافئ لكل 100 غرام تربة)، وله تنظيم غروي يشبه التنظيم الغروي لأطيان السيليكات حيث يكون كلاها محاط بشحنة سالبة، ومصادر الشحنة فهي انفصال الهيدروجين من مجاميع (OH- الهيدروكسيل و COOH- الكاربوكسيل) ولأجل معادلة الشحنة تجذب هذه المواد ايونات موجبة الشحنة لترتبط بأواصر الأوكسجين المكشوفة عند انفصال الهيدروجين منها. تتكون نُطَفْ الدبال من (C و H و O) بينما الأطيان السيليكاتية تتكون من (Si و Al و O).



يقسم الدبال (الغرويات العضوية) اعتماداً على ذوبانه في الحوامض والقواعد إلى:

1) حامض الفولفيك Fulivic Acid: له القابلية على الذوبان في كل من الحوامض والقواعد وله لون فاتح ووزن جزئي قليل.
2) حامض الهيوميك Humic Acid: يذوب في القواعد ولا يذوب في الحوامض وله وزن جزئي متوسط ولونه متوسط.
3) الهيومين Humin: لا يذوب في الحوامض او القواعد وله وزن جزئي عالي ولونه غامق.

الايونات الموجبة المتبادلة:

بسبب وجود الشحنة السالبة على سطوح الأطيان السيليكاتية تنجذب إليها ايونات موجبة من محلول التربة مصدرها (التجوية والأسمدة ومياه الري وتحلل المواد العضوية). إن القوة التي تمتز بها هذه الايونات تكون بدرجة لا تمنعها من التبادل مع ايونات أخرى من محلول التربة، ولا تمنع كذلك من أخذها من قبل النبات، وهذه الظاهرة لها أهمية كبيرة في تغذية النبات بسبب حفظ العناصر الغذائية بصورة جاهزة لامتصاصها من قبل النبات وغير معرضة للفقد عن

طريق الغسل. وبسبب ضعف القوة الممسوكة بها الايونات الموجبة من قبل دقائق التربة فإنها ذات قابلية على التبادل مع أيونات موجبة أخرى من المحلول الموجودة فيه عن طريق ظاهرة التبادل ألايوني (Cation exchange) لتمييزها عن الايونات الذائبة (soluble) الموجودة في المحلول والتي يمكن أن تفقد عن طريق الغسل لو تتحد مع أيونات سالبة عند جفاف التربة مكونة أملاح.

التبادل الكاتيوني: هو ادمصاص كاتيون ما بواسطة جسم مكهرب غروي وما يصاحبه من انطلاق ايون أو أكثر من الايونات الممسوكة بالجسم الغروي، وهو عبارة عن تفاعل كيمياوي سريع وعكسي وله اثر فعال في تجهيز النباتات بالعناصر الغذائية عن طريق:

1- تحرر بعض العناصر الغذائية الضرورية من سطح المعقد الغروي عن طريق استبدالها بعناصر أخرى،إذ تنتقل هذه العناصر بدورها إلى محلول التربة مما يساعد على امتصاص الجذور لها.

2- إذا كانت الشعيرات الجذرية أو الكائنات المجهرية في تلامس مع سطح المعقد الغروي فيجري التبادل ألايوني بين هذه الأجسام وسطح المعقد الغروي، وتفرز الشعيرات الجذرية ايونات الهيدروجين التي تحل محل الايونات الموجبة الأخرى مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم على المعقد الغروي وتنتقل هذه العناصر بدورها إلى داخل أنسجة الجذر وخلاياه.

ويعتمد التنافس بين الايونات الموجبة على معقد التبادل على عاملين:

1- التركيز ألايوني الموجود بحالة ذائبة في التربة، إذ كلما زاد تركيز كاتيون معين أو يزداد تجهيزه عن طريق التجوية، فان فرصة ادمصاصه سوف تزداد استناداً إلى قانون فعل الكتلة.

2- القوة التي يمسك بها الايون تعتمد على نوع الايون، ويشمل ذلك كل من **الشحنة** إذ أن زيادة الشحنة تزيد من قوة مسكه، نشاط أي ايون هو دالة **لحجمه** إذ تزداد فعالية الايون الكهربائية كلما كان نصف قطره صغيراً، وفي هذا المجال يجب أن يؤخذ **التأدرت** بنظر الاعتبار إذ كلما زاد سمك الغلاف المائي المحيط بالايون كلما قلت كفاءة ادمصاصة من قبل دقائق الطين، إضافة إلى انخفاض سرعة الكاتيون المتأدرت بدرجة كبيرة.

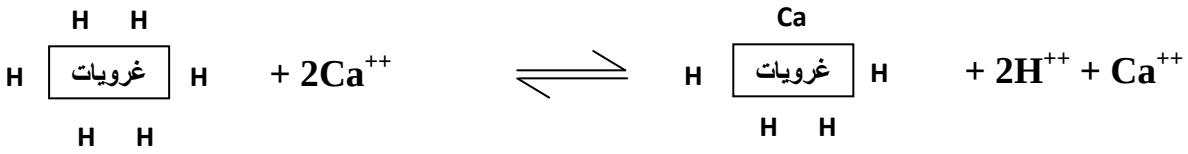
3- نوع السطوح (عضوية أو معدنية) التي تؤثر على تركيز الشحنة في وحدة المساحة من السطح.

ويمكن ترتيب الايونات الموجبة حسب قوة مسكها على سطوح غرويات التربة كما يلي:

$$Na^{+} < NH_4^{+} = K^{+} < Mg^{+2} = Ca^{+2} < Al^{+3}$$

طبيعة التبادل الأيوني

التبادل الأيوني هو إحلال ايون محل ايون أخر على سطح الغرويات المعدنية العضوية فعند إضافة ايونات الكالسيوم إلى تربة مشبعة بالهيدروجين على معقد التبادل يحدث التفاعل الأتي:



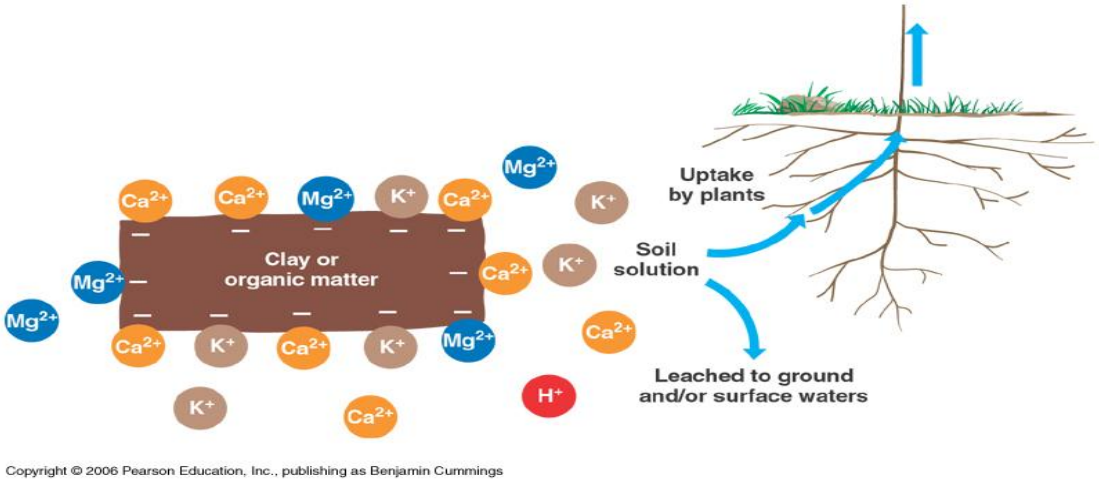
يلاحظ من التفاعل أعلاه ما يأتي:

1) إن جزء من ايونات الكالسيوم قد امتزت على السطوح الكروية.
2) إن التبادل بين الايونات يحصل على أساس المكافئات (إبدال شحنة بشحنة)، إذ يتم إبدال ايون ثنائي واحد من الكالسيوم بايونان أحاديان من الهيدروجين.

سعة التبادل الكتيوني Cation exchange capacity (CEC)

يعبر عن ظاهرة التبادل ألايوني عادة بما يسمى سعة التبادل الكاتيوني، وهي مقدار قابلية الدقائق الغروية المختلفة على مسك الايونات المختلفة، ويمكن **تعريفها بأنها:** عبارة عن عدد المليمكافئات من الايونات الموجبة الموجودة على سطح المعقد الغروي في 100 غم تربة جافة بشكل قابل للتبادل عند درجة تفاعل معين.

المكافئ: هي تلك الكمية المساوية كيميائياً إلى غرام واحد من الهيدروجين، ويسمى عدد ذرات الهيدروجين أو أي عنصر أخر في مكافئ واحد بعدد أفوكادرو، والذي يكافئ ($6,02 \times 10^{23}$)، أما **المليمكافئ** فيساوي 0,001 غم، هذا يعني أن المليمكافئ الواحد من التربة تحتوي على ($6,02 \times 10^{20}$) موقع ادمصاص سالب الشحنة. هناك تعبير آخر يرتبط بسعة التبادل الكتيوني هو **نسبة التشبع بالقواعد:** وهي نسبة العناصر القاعدية (الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم) من سعة التبادل الكتيوني الكلية، وترتبط هذه الصفة بجاهزية العناصر الغذائية القاعدية، فالترب التي لها نسبة تشبع بالقواعد تعادل 80٪، خاصة عندما يكون الايون السائد هو الكالسيوم، تتوفر فيها عناصر غذائية للنبات النامي بسهولة اكبر من الترب التي لها نسبة تشبع بالقواعد 40٪ فقط. تعتمد نسبة التشبع بالقواعد على عدة عوامل منها (المناخ والمواد التي تكونت منها التربة وكذلك الغطاء النباتي). الترب الجيدة الصرف في المناطق الجافة تمتلك نسبة تشبع بالقواعد أعلى مما هو في المناطق الرطبة، وبالأخص الكالسيوم والمغنيسيوم عكس المناطق الجافة رديئة الصرف حيث يسود الصوديوم على معقد التبادل، بينما يسود الهيدروجين والألمنيوم في المناطق الرطبة.



Ion exchange capacity = total # of charged sites on soil

العوامل التي تؤثر على سعة التبادل الكاتيوني

1) نسبة ونوع المعادن الطينية في التربة: قابلية تبادل الايونات الموجبة تعتمد على نسبة الطين عند ثبات نسبة المادة العضوية ، كما يؤثر نوع الطين كما هو مبين:

(الدبال = 200 - 300، مونتموريلونايت = 60 - 100، الكاؤولينايت = 4 - 8، الاكاسيد والهيدروكسيدات = 2 – 4) ملليمكافئ / 100غم.

2) نسبة المادة العضوية المتدبلة: تأثير المادة العضوية المتدبلة يكون مكافئاً إن لم يزد على تأثير المعادن الطينية وكل 1٪ من الدبال يزيد من الـ CEC بمقدار 2 ملليمكافئ / 100غم.

3) رقم حموضة التربة (pH): السعة التبادلية الكاتيونية للتربة ليست كمية ثابتة، ولكنها تعتمد على درجة تفاعل التربة. من المعلوم أن السعة التبادلية الكاتيونية لمعظم الترب تزداد بزيادة رقم التفاعل. عند الحموضة العالية فان الشحنات الدائمة للطين وجزء صغير من شحنة الغرويات العضوية تتبادل الكاتيونات، بينما يشغل الهيدروجين وربما أيونات هيدروكسيد الألمنيوم غالبية مواقع التبادل للغرويات العضوية وبعض مواقع الجزء غير العضوي بقوة بحيث لا يمكن إبدالها وهذا يجعل سعتها التبادلية منخفضة. عند ارتفاع رقم التفاعل يتأين معظم الهيدروجين الموجود في الغرويات العضوية وغير العضوية، وبالتالي يمكن استبداله وزيادة السعة التبادلية الكاتيونية. وفي معظم الأحيان يتم تقدير الـ CEC عند رقم تفاعل 7 أو أعلى بقليل، وهذا يعني أن الرقم يشمل معظم الشحنات المعتمدة على التفاعل، إضافة إلى الشحنات الأكثر أو الأقل اعتماداً. يعتبر رقم الحموضة من أهم الصفات الكيميائية للتربة، ومن خلاله يمكن الحكم على الكثير من الخصائص الكيميائية والبيولوجية للتربة وعلى تغذية ونمو النبات. يعتمد تركيز أيونات الهيدروجين في التربة على نسبة الايونات القابلة للتبادل على السطوح الغروية أو على نسب الايونات الذائبة في المحلول أو كليهما معاً. بالإمكان

تغيير رقم التفاعل لدرجة ما باستعمال المصلحات الزراعية العضوية وغير العضوية. ففي الترب الحامضية يستخدم الكلس $CaCO_3$ لرفع رقم التفاعل حيث يحل الكالسيوم محل الهيدروجين أو الألمنيوم على معقد التبادل ويزيحها إلى المحلول، أما خفض الحموضة للترب شديدة القاعدية فيتم عن طريق التخلص من أيونات الصوديوم على معقد التبادل ويتم ذلك بإحلال ايون ثنائي الشحنة كالكالسيوم من مصلح ذات تأثير حامضي محل الصوديوم على معقد التبادل.

البفرية (Buffering) أو ثبات رقم الـ pH:

اصطلاح كيمياوي، يعني قابلية أي نظام لمقاومة التغير في الـ pH عند معاملته بحامض أو قاعدة. نظام التربة نظام **بفري**، ولهذه الظاهرة تأثير على التربة ونمو النبات، فإذا كان رقم التفاعل مناسب لنمو النبات وجاهزية العناصر الغذائية فإن البفرية في هذه الحالة مطلوبة لكونها تحد من التغيرات الكبيرة في الـ pH، ولكنها غير مرغوبة إذا أريد التخلص من الحموضة أو القلوية الزائدة عن طريق إضافة المصلّحات (Amendments) حيث تزداد كلفة المصلّحات في الترب ذات البفرية العالية. أما العوامل الرئيسية التي تؤثر على مدى مقاومة التربة لتغيير رقم الحموضة فهي:-

1- كمية ونوع الطين.

2- كمية المادة العضوية.

3- كمية بعض الأملاح المترسبة في التربة كالكلس، وما دام هناك كلس في التربة فإنه ليس بالإمكان خفض رقم التفاعل عن طريق معاملتها بمواد حامضية.

المحاضرة التاسعة

الملوحة والقلوية في التربة:

مشاكل تراكم الأملاح في الترب:

تعتبر مشكلة تراكم الأملاح الذائبة في الترب من أهم مشاكل الزراعة الاروائية في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتؤدي زيادة الأملاح الذائبة في محلول التربة عن حد معين إلى تحديد إنبات البذور وبزوغ البادرات ونمو النبات، مما يسبب خفض الإنتاجية، وهذا يحدث نتيجة لواحد أو أكثر من الأسباب التالية:

1) زيادة الأملاح الذي يؤدي إلى زيادة الضغط الازموزي لمحلول التربة، وبالتالي عدم مقدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية بسرعة كافية لنمو بصورة طبيعية.
2) تراكم بعض العناصر كالصوديوم والكلور بمستويات عالية بحيث تكون سامة للبات.
3) زيادة تركيز بعض العناصر في محلول التربة يؤدي إلى اختلال التوازن بين العناصر المختلفة.
4) تراكم بعض العناصر وخصوصاً الصوديوم يؤدي إلى تدهور بناء وبناء التربة وانخفاض حركة الماء والهواء والعناصر الغذائية فيها.

مصادر الأملاح في الترب:

1) صخور مادة الأصل الحاوية على نسبة عالية من المواد الملحية، فالترب المتطورة منها ستكون حاوية على نسب عالية من الأملاح تحت الظروف القاحلة (Arid conditions) وشبه القاحلة (Semi-arid conditions). أما تحت الظروف الجوية الرطبة (Humid conditions) فغالباً ما يتم غسل الأملاح من الجزء السطحي للتربة إلى الأسفل بواسطة مياه الأمطار.
2) مياه البحر، والتي تنتقل بواسطة الرياح إلى الترب القريبة.
3) مياه الري الحاوية على الأملاح.

فعندما تزيد كمية الأملاح المضافة إلى التربة عن كمية الأملاح المزالة بواسطة البزل (الطبيعي أو الصناعي) أو بواسطة النبات كان ذلك يؤدي إلى تراكم الأملاح في التربة. وفي حالة جود ماء ارضي قريب من السطح فان سرعة التملح تعتمد على:

1) سرعة ارتفاع الماء بواسطة الخاصية الشعرية.
2) محتوى الماء الأرضي من الأملاح.
3) سرعة التبخر من سطح الأرض.

فكلما اقترب مستوى الماء الأرضي من سطح التربة وكلما زادت ملوحته وزادت سرعة التبخر وقابلية التربة على نقل الماء إلى السطح كلما زادت سرعة تملح التربة عند ثبات العوامل الأخرى.

أنواع الأملاح الذائبة:

1) كلوريدات ونترات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.
2) كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم.
3) كربونات وبيكاربونات الصوديوم والبوتاسيوم.

تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح:

تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح اعتماداً على صفتين أساسيتين:

1) المحتوى الكلي للأملاح الذائبة في مستخلص التربة او عجينة التربة المشبعة.
2) نسبة ايونات الصوديوم معقد التبادل.

واعتماداً على ذلك تصنف الترب المتأثرة بالأملاح إلى:

1) الترب الملحية Saline Soils: تحتوي هذه الترب على تراكيز عالية من الأملاح في معقدها، ويكون توصيلها الكهربائي أكثر من (4) ديسيسيمنز. م$^{-1}$ عند درجة حرارة (25م°) ونسبة الصوديوم المتبادل (Exchangeable Sodium Percentage) (ESP) اقل من 15 ٪ ودرجة تفاعلها تتراوح بين (7,1 – 8,5) وتسمى هذه الترب أيضا بالترب القلوية البيضاء بسبب وجود قشرة ملحية فاتحة أو بيضاء اللون في الجزء السطحي من التربة. إن مظهر سطح هذه الترب غالباً ما يكون رطب ودهني وخال من النبات الطبيعي.

2) الترب الصودية أو القلوية Sodic or Alkali Soils: تحتوي هذه الترب على نسب عالية من ايونات الصوديوم القابلة للتبادل على السطوح الغروية، والتي تزيد عن 15٪ ودرجة تفاعلها قاعدية جداً تتراوح بين (8,5 - 10)، إلا أن هذه الترب لا تحتوي على نسبة عالية من الأملاح الذائبة، حيث تكون قيمة التوصيل الكهربائي لعجينتها المشبعة اقل من (4) ديسيسيمينز. م$^{-1}$ عند درجة (25م°). إن أهم ما يميز هذه الترب هو زيادة الصوديوم المتبادل بسبب تراكم أملاح الصوديوم أو بسبب ترسب أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم في التربة. إن مصادر الصوديوم في محلول التربة هي (مادة الأصل وماء الري والماء الأرضي)، وقد تزداد نسبة الصوديوم في محلول التربة بسبب ترسب الكالسيوم والمغنيسيوم من هذا المحلول على شكل مركبات قليلة الذوبان مثل الكلس والجبس. إن نسبة الصوديوم لا تكون عالية على معقد التبادل ما لم يكن الصوديوم هو السائد في محلول التربة وبنسبة تزيد على 1:1 بالنسبة لمجموع الكالسيوم والمغنيسيوم، فكلما زادت النسبة فوق هذا المستوى في المحلول زادت نسبة الصوديوم على معقد التبادل (لاحظ الجدول 2-6 صفحة 165).

3) الترب الملحية الصودية أو الملحية القلوية Saline – Sodic or Saline – Alkali Soils: وهي الترب الحاوية على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة والصوديوم المتبادل، ومن النادر أنْ تزيد درجة التفاعل مثل هذه الترب عن (8,5)، وتنتج مثل هذه الترب عن عمليتين:

أ- عملية تراكم الأملاح الذائبة .

ب- وجود الصوديوم بنسبة عالية وامتزازه على معقد التبادل.

إن صفات هذه الترب مشابهة لصفات الترب الملحية بسبب زيادة الأملاح الذائبة فيها، ولكن عند غسل هذه الترب فإنها تتحول إلى ترب صودية ذات درجة تفاعل أعلى من (8,5). ويكون بناء هذه الترب مشتتاً وحركة الماء فيها بطيئاً جداً وتهويتها رديئة ولا تكون ملائمة لنمو النبات ويصعب القيام بالعمليات الزراعية فيها.

طرق تقدير وتحديد الأملاح الذائبة في التربة:

1) الطريقة المباشرة وذلك عن طريق قياس الأملاح الذائبة في محلول التربة: في هذه الطريقة يتم مزج كمية معلومة من التربة مع الماء (عجينة مشبعة أو خليط 1:1 من الماء والتربة)، ومن ثم ترشيح المعلق، وبعدها يتم تبخير وتجفيف الراشح بالفرن عند درجة حرارة معينة، ثم يوزن الملح المتبقي ويحسب كنسبة مئوية أو كجزء بالمليون بالنسبة لوزن التربة الجافة المستعملة في التجربة.

2) طريقة جمع الايونات الموجبة والسالبة الذائبة في التربة: لتقدير الايونات الموجبة والسالبة الذائبة في التربة يجب الحصول على محلول مناسب يمثل محلول التربة (عجينة مشبعة أو خليط 1:1 من الماء والتربة)، ولأجل التخلص من مشكلة ذوبان الجبس نستعمل مزيج من الماء والأسيتون بنسبة 1:1 لاستخلاص الأملاح الذائبة في التربة. وبعد الحصول على الراشح يتم تقدير (Ca و Mg و Na و K و Cl و SO_4 و NO_3 و CO_3 و HCO_3) ويتم حساب النتائج بالمليمكافئ في وزن معين من التربة. بعدها تجمع المليمكافئات للأيونات الموجبة والسالبة للحصول على مجموع الأملاح الذائبة.

3) قياس التوصيل الكهربائي أو المقاومة الكهربائية لعجينة التربة أو المستخلص المائي للتربة: وهي الطريقة الأكثر استعمالاً في الوقت الحاضر في إيجاد كمية الأملاح الذائبة في التربة، وذلك لوجود علاقة خطية بين التوصيل الكهربائي والتركيز الملحي في المحاليل دون أن يكون لنوع المحلول الملحي أو نوع الأملاح تأثيراً على شكل تلك العلاقة.

تأثير ملوحة التربة على النتاج الزراعي:

السؤال الذي يطرح ما هو الشيء المهم في ملوحة التربة ؟ هل هو مجموع الأملاح أم نوع الأملاح ؟ هل هو مجموع الايونات أم نوع الايونات ؟ هل هو تأثير الملوحة على التربة أم تأثيرها على النبات ؟

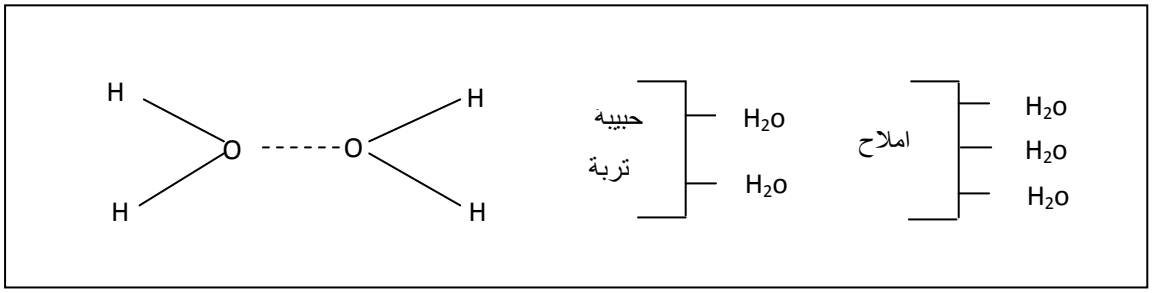
الجواب: هو معرفة كل من مجموع الأملاح ونوع الايونات وتأثير الملوحة والقلوية على نمو النبات، تؤثر الأملاح على نمو النبات بطريقتين مباشرة وأخرى غير مباشرة:

1) (المباشرة) تأثير الأملاح على الشد الازموزي وجاهزية الماء للنبات: تؤدي زيادة الأملاح الذائبة في التربة إلى تأخر نمو النبات والى صغر حجمه مقارنة مع النباتات النامية تحت الظروف الطبيعية، فبزيادة الأملاح الذائبة تكون الأوراق قليلة العدد وخضراء غامقة اللون، وقد يرتبط إنتاج البذور والثمار مع نقص النمو الخضري كما هو الحال في الذرة الصفراء أو لا يرتبط بمعنى أن إنتاج البذور قد يكون جيدا في الترب الملحية في الشعير والقطن. يؤدي وجود الأملاح في التربة إلى انخفاض جهد الماء بسبب وجود أكثر من قوة شد:

أ- الشد الازموزي الناتج من مسك جزيئات الماء من قبل الأملاح.

ب- الشد الرطوبي الناتج من مسك جزيئات الماء من قبل التربة.

ت- قوة التجاذب الكولومبير بين جزيئات الماء نفسها.



2) (غير المباشرة) تأثير الأملاح على نمو النبات: رغم كون بعض النباتات حساسة للصوديوم إلا أن معظم المحاصيل قد تعطي إنتاجا ملائماً عندما يكون بناء التربة جيداً حتى إذا وصلت نسبة الصوديوم المتبادل بين (15 – 30 ٪). وتؤدي زيادة نسبة الصوديوم على معقد التبادل في التربة إلى:

أ- تكوين ظروف فيزيائية وكيميائية غير ملائمة للنبات.

ب- تشتت تجمعات التربة بانتشار دقائقها وتكون التربة قليلة التوصيل للماء والهواء.

ت- تكون قشرة صلبة فوق سطح التربة توثر على إنبات البذور وبزوغ البادرات.

ث- ارتفاع الـ pH إلى (10) وبالتالي انخفاض جاهزية بعض العناصر الغذائية (كالعناصر الصغرى بسبب انخفاض قابلية ذوبانها وكذلك Ca و Mg بسبب حلول الصوديوم محلهما على معقد التبادل). وعكس ذلك فإن البورون تزداد جاهزيته بارتفاع الـ pH نتيجة لزيادة نسبة الصوديوم وقد تصل نسبته إلى حد السمية.

استصلاح الترب المتأثرة بالملوحة:

الاستصلاح يعني إزالة الأملاح من التربة أو التقليل من نسبها، وجعل التربة أكثر ملائمة لإنتاج المحاصيل بصورة اقتصادية:

1) يتم استصلاح الترب الملحية عن طريق غسل الأملاح الذائبة في المنطقة الجذرية.

2) يتم استصلاح الترب الصودية عن طريق إبدال الصوديوم على مواقع التبادل بايونات أخرى مثل الكالسيوم.

3) الترب الملحية الصودية يتم غسل الأملاح الذائبة وتقليل نسبة الصوديوم المتبادل وتخليص المنطقة الجذرية منها.

الخطوات الواجب إتباعها عند استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح:

يتم استصلاح الأراضي الملحية عن طريق غسل الأملاح الذائبة من المنطقة الجذرية، أما الأراضي الصودية فيتم استصلاحها بإبدال الصوديوم على مواقع التبادل بايونات أخرى كالكالسيوم بحيث يمكن غسل الصوديوم من مقد التربة. وهناك خطوات يجب إتباعها لاستصلاح الأراضي المتأثرة بالأملاح هي:

1) خفض مستوى الماء الأرضي لمستوى ملائم للمنطقة الجذرية والتربة: وهي تعتبر أولى الخطوات اللازم إجراؤها للتخلص من الماء الزائد في المنطقة الجذرية، وكذلك تعتبر أساسية لتسهيل تنفيذ خطوات الاستصلاح الأخرى، ويجب أن يكون خفض مستوى الماء بصورة دائمة وليس لفترة معينة.

2) تحسين خواص التربة بالنسبة لرشح الماء (Water infiltration) وحركة الماء والأملاح في التربة: يعتمد رشح (مغاض) الماء في التربة بدرجة رئيسة على نسجة وبناء التربة وعلى عمق الماء الأرضي، ولما كان من الصعوبة تغيير نسجة التربة فإن بناء التربة سيكون العامل المحدد لرشح الماء وحركته في التربة عند توفر نظام بزل ملائم. إن حركة الماء في الترب الملحية عادةً تكون جيدة على عكس حركته في الترب الصودية والملحية-الصودية لان وجود الصوديوم على معقد التبادل يؤثر على بناء التربة، وللتغلب على هذه المشكلة في هاتين التربتين ينصح بإضافة المصلحات الكيميائية كالجبس أو الكبريت قبل القيام بعملية الغسل، كذلك ينصح ببعض العمليات الزراعية كالحراثة العميقة وإضافة المواد العضوية لتحسين رشح الماء وحركته في التربة.

3) غسل الأملاح الذائبة أو إزالة الصوديوم القابل للتبادل أو كلاهما: تعتبر عملية غسل الأملاح الذائبة من التربة سهلة:

- إذا توفر الماء اللازم.
- إذا كان نظام البزل ملائم.
- إذا كانت خواص سطح التربة وخواص مقدها الفيزيائية جيدة بحيث لا تعرقل حركة الماء والأملاح إلى أسفل. ولكي تتم عملية الغسل بصورة كفوءة يجب تعديل الأرض وتسويتها حتى يكون بالإمكان غمر سطح التربة بالماء بصورة متجانسة. أما إزالة الأملاح من الترب الملحية – الصودية فغالباً ما يكون أكثر صعوبة من غسل الترب الملحية. **لماذا ؟** أما في الترب الصودية فيجب استعمال المواد المجهزة للكالسيوم قبل البدء بعملية الغسل

4) الإدارة الجيدة للأرض والتربة: إن فتح المبازل وخفض مستوى الماء الأرضي لا يعني بالضرورة الحصول على إنتاج جيد ما لم يرافقه إدارة جيدة للأرض المستصلحة وتشمل:

- تحسين مغاض الماء وحركته في المقد.
- تحسين تهوية التربة بزراعة محاصيل ملائمة.
- زيادة المادة العضوية في التربة، إما بالدورات الزراعية أو إضافة المخلفات العضوية (نباتية أو حيوانية).

التعايش مع الملوحة القلوية:

من الإجراءات التي وجدت ذات فائدة عند زراعة الترب الملحية هي:

- اختيار محاصيل تتحمل الملوحة: وتستبعد زراعة المحاصيل الحساسة للملوحة.
- استعمال طرق إرواء ملائمة: يمكن إضافة الماء بأوقات متقاربة واستعمال الري بالرش أو بالتنقيط.
- استعمال طرق وأساليب زراعية مختلفة: كالزراعة على مروز وفوق مستوى الماء في المرز وليس في أعلاه. **لماذا ؟**

- إجراء بعض المعاملات للتربة مثل إضافة بعض المصلحات (كالجبس والكلس) وخاصة في الترب الصودية.

تتراكم النترات في الترب الملحية عن طريقين :

- تحويل النتروجين من المادة العضوية إلى نترات بعمليتين النشدرة (Ammonification) والنترجة (Nitrification) ثم يتم اتحاد النترات الناتجة مع الكالسيوم الموجود في كربونات الكالسيوم لتكوين نترات الكالسيوم التي تستهلك من قبل النباتات النامية في التربة بنفس السرعة التي تتكون بها .
- تراكم النترات يأتي من تثبيت النتروجين الجوي الناتج من فعاليات بعض البكتيريا المثبتة للنيتروجين التي تسمى ببكتيريا الأوزون حيث النيتروجين الداخل في تكوين أجسام بكتريا النيتروجين يتحول الى نترات في التربة عند موت تلك البكتيريا .

المحاضرة العاشرة

الخواص البيولوجية للتربة

تعتمد الخواص الحيوية للتربة على الجزء العضوي الذي تتراوح نسبته بين (0.5 – 6 ٪) من مكونات التربة في الطبقة السطحية ويتكون الجزء العضوي من التربة من:

1) المواد العضوية الميتة: وتشمل بقايا النباتات والحيوانات المتحللة.
2) الكائنات الحية: وتشمل
   أ- الأحياء المجهرية: البكتريا وبعض الفطريات.
   ب- الأحياء غير المجهرية: الديدان الأرضية والحشرات والجرذان وغيرها.

أحياء التربة:

احد فروع علم المايكروبيولوجيا، ويهتم بدراسة أحياء التربة المجهرية وغير المجهرية ودورها في التحولات التي تحدث في التربة وتأثيرها على خصوبة التربة والإنتاج الزراعي، ويمكن تعريف التربة بيولوجيا بأنها الطبقة العلوية الهشة من القشرة الأرضية التي توجد فيها كائنات حية مختلفة.

تقسيم أحياء التربة

يمكن وضع أحياء التربة في ثلاث مجموعات رئيسية:

1) الأحياء النباتية Flora: وتشمل (أ- البكتريا ب- الفطريات ج- الطحالب).
2) الأحياء الحيوانية Fauna وتشمل:
   أ- الحيوانات الكبيرة Macrofauna: مثل الديدان الأرضية والنمل والحشرات والجرذان والحيات.
   ب-الحيوانات الصغيرة Microfauna: مثل البروتوزوا.
3) الفيروسات Viruses.

تقسيم أحياء التربة اعتماداً على متطلبات الطاقة والغذاء:

تقسم أحياء التربة استناداً إلى احتياجاتها من الطاقة إلى مجموعتين رئيسيتين:

1) أحياء مجهرية متباينة التغذية Heterotrophs: تحصل على الطاقة والكربون اللازم لفعاليتها من المركبات العضوية، وعلى العناصر الغذائية مما يتوفر في التربة وتضم الفطريات ومعظم بكتريا التربة .

2) أحياء مجهرية ذاتية التغذية Autotrophs: تحصل على الكربون من ثاني اوكسيد الكربون، أما الطاقة فتحصل عليها إما من ضوء الشمس (Photoautotrophs) أو من أكسدة بعض المركبات (Chemoautotrophs).

المجاميع الرئيسية لأحياء التربة

هنالك خمسة مجاميع رئيسية مهمة من هذه الأحياء والتي تشمل:

1) البكتريا: وهي كائنات مايكروسكوبية الحجم وحيدة الخلية تتكاثر بالانشطار البسيط وتتراوح أحجامها بين (4 – 5 مايكرون).

2) الفطريات: كائنات غير كلوروفيلية متباينة التغذية تختلف فيما بينها بالحجم والتركيب وتكون معظم الفطريات المتعددة الخلايا خيوطاً (هايفات) تسمى بالمايسليوم.

3) الفطريات الشعاعية: تشبه البكتريا في كوتها وحيدة الخلية ولها نفس قطر البكترا وكذلك تشبه الفطريات الخيطية لان مستعمراتها تتكون من شبكة متفرعة من الخيوط وتتكاثر معظمها بالسبورات.

4) الطحالب: هي عبارة عن نباتات بسيطة معظمها كلوروفيلية تتراوح في التركيب والحجم بين وحيدة الخلية التي يبلغ قطرها (5–10) مرات قطر البكتريا الى حجم عشب البحر الذي قد يزيد طوله على (30) متر.

5) البروتوزوا: حيوانات وحيدة الخلية بسيطة وتعيش أنواع منها في الماء وأنواع أخرى في التربة، وتكون أحجام البروتوزوا التي تعيش في التربة مايكروسكوبية ويوجد منها ما يزيد عن 250 نوعاً وهي ثلاث مجموعات اعتماداً على أشكال أعضاء حركتها:

- السوطيات: وتحمل إما سوط واحد أو أكثر.
- الكاذبات الأرجل: ومنها الاميبا، ولها أرجل كاذبة تستعمل في الحركة والحصول على الغذاء.
- الهدبيات: وتحمل عدداً من الأهداب القصيرة والدقيقة مثل البراميسيوم المغطاة بأهداب تستخدم للحركة.

المادة العضوية في التربة

يتكون الجزء العضوي في التربة من مخلفات النباتات والحيوانات التي وصلت إلى مرحلة التفسخ والتحلل التام، أما مصادر المادة العضوية فهي الجذور والأوراق والأغصان والسيقان ومخلفات الأسمدة الحيوانية المتحللة وتعتمد سرعة تحلل المادة العضوية المضافة إلى التربة على (الرطوبة – درجة الحرارة – درجة تفاعل التربة – التركيب الكيميائي للمادة العضوية وخاصة

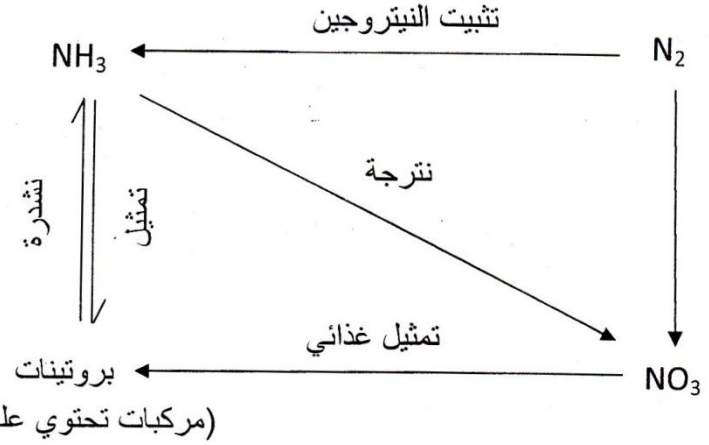
نسبة الكربون إلى النيتروجين فيها). نسبة C:N من المادة العضوية تختلف من مادة عضوية إلى أخرى حسب مصادرها ودرجة تحللها.

المصدر	نسبة الكربون:النيتروجين C:N
نشارة الخشب	400:1
سعف النخيل	80:1
القمامة (مخلفات الحيوانات)	60:1
نبات الجت	20:1

وتتوقف سرعة تحلل المادة العضوية على هذه النسبة حيث كلما زادت نسبة (الكربون : النيتروجين) كلما كان التحلل بطيئاً. لذلك فعندما يضيف الفلاح المخلفات النباتية أو السماد الحيواني لتحسين خواص التربة وخصوبتها يجب عليه تعريض تلك المواد إلى عملية تحلل ميكروبي عن طريق (الكمر) لأجل خفض نسبة (الكربون : النيتروجين) إلى ما يقارب (10:1) وعملية الكمر عبارة عن خزن المواد العضوية بشكل كومة مع المحافظة على نسبة مناسبة من الرطوبة والتهوية ودرجة حرارة ملائمة لتشجيع الانحلال الميكروبي والكيميائي للمواد العضوية. وقد تضاف بعض المواد السكرية كمصدر للطاقة السريعة للأحياء المجهرية لتعجيل عملية الانحلال.

تحولات النيتروجين بواسطة الأحياء

يعد عنصر النيتروجين الحجر الأساس لبناء جزيئات البروتين الذي تتوقف عليه جميع صور الحياة . ويتعرض هذا العنصر في صوره العضوية والمعدنية إلى تحولات متعددة كما في المخطط الأتي وتكون هذه التحولات تلقائية وتحدث بعضها بصورة عكسية.



يتضح من المخطط أن جزءاً من غاز N_2 (الذي يكون ما يقارب 79٪ من الهواء الجوي) يتحول إلى مواد عضوية قد تتحول بدورها إلى مواد غير عضوية أو مواد متطايرة بفعل الأحياء المجهرية .

أنواع التحولات

1) معدنة النيتروجين Nitrogen Mineralization: يتحول النيتروجين العضوي الموجود في المركبات البروتينية والأحماض الامينية إلى غاز الامونيا (NH_3) بواسطة عملية النشدرة Ammonification، وتحدث هذه العملية بفعل العديد من الأحياء المجهرية، وتتحول الامونيا إلى نتريت (NO_2^-) عند تعرضها للأكسدة الحيوية بواسطة بكتريا Nitrosomonas، وقد يتحول النتريت إلى نترات (NO_3^-) بفعل بكتريا Nitrobacter.
2) عكس عملية النترجة Denitrification: تحدث عملية عكس النترجة تحت الظروف اللاهوائية حيث تختزل نترات التربة إلى عنصر النيتروجين أو احد اكاسيده الغازية (NO , N_2O) التي تتطاير إلى خارج التربة، وتتم هذه العملية بواسطة بكتريا متباينة التغذية لا هوائية او هوائية اختيارية تحصل على الطاقة عن طريق أكسدة هذه العملية المادة العضوية في التربة، هنالك عدة ظروف تساعد على حدوث عملية عكس النترجة وهي:
   - رداءة التهوية (ظروف التهوية رديئة) خصوصاً عند استمرارها لفترات طويلة.
   - درجة الحارة الملائمة لهذه العملية قريبة من (25°م) وتتوقف العملية تحت درجة حرارة (2°م) وفوق (60 – 65 °م).
   - زيادة محتوى التربة من المادة العضوية.
   - درجة تفاعل التربة الملائمة يكون أكثر من (5) لان الميكروبات تكون حساسة لزيادة تركيز الـ H_2.

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

لغرض إعادة النيتروجين إلى التربة (لتعويض ما تفقده منه عن طريق الغسل والتمثيل والتطاير) يتم تثبيت النيتروجين الحيوي بواسطة بعض أحياء التربة بمساعدة إنزيم Nitogenase، وهنالك العديد من الأحياء التي تقوم بتثبيت النيتروجين من التربة يمكن وضعها في المجاميع الآتية

1) مثبتات النيتروجين التكافلية: وتشمل

أ- بكتريا العقد الجذرية التابعة لجنس الرايزوبيوم Rhizobium والتي تعيش تكافلياً على جذور البقوليات.
ب_ كائنات حية تعيش بصورة تكافلية مع بعض النباتات غير البقولية.

2) مثبتات النيتروجين الحرة المعيشة (غير التكافلية) وتشمل الطحالب الخضراء المزرقة وبعض الخمائر وبعض أنواع البكتريا الهوائية مثل الـ Azotobacter واللاهوائية الاختيارية مثل الـ Bacillus.

3) التثبيت التكافلي للنيتروجين: تعتبر بكتريا العقد الجذرية التي تعيش بصورة تكافلية مع البقوليات أهم مثبتات النيتروجين الجوي، فعندما تنمو البقوليات في التربة يلاحظ بعد فترة من النمو تكون عقد بارزة على جذورها تسمى بالعقد الجذرية (Root Nodules) ، وتعمل هذه العقد على تثبيت النيتروجين بواسطة البكتريا الخاصة بالنبات ألبقولي، إذ أن لكل محصول بقولي أو مجموعة من المحاصيل البقولية نوع واحد من البكتريا الخاصة بها دون سواها.

المحاضرة الحادية عشر

العناصر الغذائية المهمة في التربة وعلاقتها بنمو النبات:

تحصل النباتات على جميع العناصر الغذائية ما عدا الكربون من التربة، وهناك ستة عشر عنصراً ضرورياً لنمو النباتات إلا أن أربعة منها فقط وهي الهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والكلور تتمكن من الحركة خلال الجو بحيث يمكن توزيعها على مساحات كبيرة لاستفادة النبات والأحياء الدقيقة منها، وفي التربة لا تزيد المسافة التي تقطعها هذه العناصر في معظم الأحوال عن بضعة مايكرونات، أما حركتها مع محلول التربة فإنها تتحرك لمسافات أطول قليلاً. وبسبب كون معظم العناصر الغذائية غير قابلة للحركة في التربة، فإن على جذور النباتات أن تتغلغل وتمتد في التربة حتى يحصل النبات على العناصر الغذائية، ويتم تحرر العناصر الغذائية من الجزء الصلب إلى محلول التربة عن طريق:

- ذوبان معادن التربة.
- ذوبان بعض المواد العضوية في التربة.
- ذوبان بعض الأملاح القليلة الذوبان.
- تبادل الايونات الموجبة بين معقد التبادل ومحلول التربة.

العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات:

تقسم العناصر الغذائية إلى قسمين:

1) العناصر الرئيسية: تتمثل بـ (النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكربون والهيدروجين والأوكسجين والكبريت).
2) العناصر الثانوية: يحتاجها النبات بكميات ضئيلة وتسمى بالعناصر الصغرى مثل (الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والبورون والمولبيدنم) وأيضا عنصر الكلور.

وتتواجد هذه العناصر بنسب مختلفة في التربة، ويقوم النبات بامتصاص هذه العناصر بأشكال وصور أيونية مختلفة وكما مبينة في الجدول أدناه

العناصر الكبرى (الرئيسية)			العناصر الصغرى		
العناصر	الرمز الكيميائي	الشكل الأيوني الذي يمتص فيه الايون	العناصر	الرمز الكيميائي	الشكل الأيوني الذي يمتص فيه الايون
النتروجين	N	NH_4^+ - NO_3^-	الحديد	Fe	Fe^{+2} , Fe^{+3}
الفسفور	P	$H_2PO_4^-$ - HPO_4^{-2}	المنغنيز	Mn	Mn^{+2} , Mn^{+3}
البوتاسيوم	K	K^+	البورون	B	BO_3^{-3} , $B(OH)_3$
الكالسيوم	Ca	Ca^{+2}	الموليبدنم	Mo	MoO_4^{-2}
المغنيسيوم	Mg	Mg^{+2}	النحاس	Cu	Cu^+ , Cu^{+2}
الكبريت	S	SO_4^{-2} , SO_3^{-2} , SO_2	الزنك	Zn	Zn^{+2} , $Zn(OH)_2$
الكلور	Cl	Cl^-			

تركيز العناصر في النبات:

يختلف تركيز العناصر الغذائية في النبات بدرجة كبيرة جداً فنلاحظ أن معدل تركيز الموليبدنم لا يزيد عن (0,1 جزء بالمليون) بينما معدل تركيز الهيدروجين قد يزيد على (60000 جزء بالمليون)، أما بقية العناصر فان معدلات تركيزها تتراوح بين هاتين القيمتين (لاحظ الجدول 8-3) ص222 . ونؤكد هنا أن تراكيز ونسب العناصر تختلف بين أصناف النباتات المختلفة، إضافة إلى اختلافها في نباتات نفس الصنف عند نموها تحت ظروف بيئية مختلفة.

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية:

تعتمد جاهزية العنصر للنبات على كل من:

- الصيغة الكيميائية للعنصر.
- موقع العنصر بالنسبة للجذور التي تقوم بعملية الامتصاص.

ويكون العنصر جاهزاً من الناحية الكيميائية عند وجوده إما بصورة ذائبة أو متبادلة، أما من حيث الموقع فيكون العنصر جاهزاً عندما يكون على اتصال مباشر مع جذور النبات، ولأجل أن يتم امتصاص أي عنصر فلا بد أن يتصف بصفتي الجاهزية (الذائب والمتبادل)، يمكن لبعض العناصر غير الجاهزة أن تتحول بشكل أو بآخر إلى الصورة الجاهزة، وهذه صفة مهمة في تحديد خصوبة التربة وقابليتها على تجهيز النبات بالعناصر الجاهزة.

الترب الخصبة قادرة على إمداد النبات بالعناصر الغذائية كما يجب أن تكون قادرة على إطلاق العناصر الغذائية غير الجاهزة من الأجزاء العضوية والمعدنية وتحويلها إلى صورها الجاهزة كي تتمكن من تجهيز النبات بتلك العناصر بالكميات المطلوبة لفترات طويلة، أما الترب غير الخصبة فمن الضروري إضافة بعض أو كل العناصر الغذائية لها على فترات عن طريق التسميد لأجل أن تكون قادرة على تجهيز العناصر للنبات بالكميات الملائمة خلال فترة نموه.

يتم انتقال العناصر الغذائية من التربة إلى الجذور أما عن طريق

1) تبادل الايونات بالتماس بين سطوح الغرويات والجذور.
2) انتقال الايونات من محلول التربة الجذر.

إن انتقال الايونات من المحيط الخارجي إلى داخل الأنسجة الجذرية يتم إما عن طريق الانتشار أو بواسطة التبادل الأيوني، ويتصف هذا الانتقال بما يلي:

- لا يعتمد على الفعاليات الحيوية للأنسجة، أي انه لا يحتاج إلى طاقة.
- لا يكون انتقائياً.
- يتصف بكونه عكسياً (Reversible).

أهمية العناصر الغذائية لنمو النبات:

إن لكل عنصر غذائي واجبات محددة داخل النبات ولا يمكن لأي عنصر أن يعوض بصورة كاملة عن أي عنصر آخر، ورغم أن لكل عنصر عمل معين في النبات فمن الضروري أن تعمل هذه العناصر بصورة مجتمعة للحصول على أحسن نمو للنبات، كما تؤثر العناصر الغذائية على النباتات بواحدة أو أكثر من الطرق التالية:

1) الدخول في تركيب خلايا وأنسجة النبات.
2) القيام بدور العامل المساعد في بعض العمليات الحيوية.
3) التأثير على عمليات الأكسدة والاختزال.
4) المساعدة على تنظيم درجة تفاعل النبات.
5) التأثير على الضغط الازموزي في للنبات.
6) التأثير على امتصاص العناصر الضرورية من قبل النبات.
7) تهيئة بيئة أكثر ملائمة لنمو الجذور.

الكربون والهيدروجين والأوكسجين:

تدخل هذه العناصر في تكوين الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون وهذه المركبات تكون معظم جسم النبات، إذ أن الهيدروجين والأوكسجين يكونان الماء الذي تزيد نسبته على 80٪ من الوزن الرطب لمعظم النباتات، أما بالنسبة للوزن الجاف للنبات فان أكثر من 90٪ منه يتكون من الكربون والهيدروجين والأوكسجين.

النيتروجين:

يعتبر النتروجين من العناصر الضرورية فهو يؤثر بدرجة وبسرعة تفوق درجة وسرعة تأثير أي عنصر من العناصر الأخرى المضافة في السماد، وتؤدي زيادة النتروجين في محلول التربة إلى زيادة النمو الخضري للنبات وتكون الأوراق داكنة الخضرة، وهو يوجد في الأجزاء الفتية من النبات بنسبة اكبر من الجزاء القديمة.

فوائده للنبات:

1) يدخل في بناء الخلايا النباتية.
2) يدخل في تركيب الأحماض الامينية والبروتينات.
3) يدخل في تركيب الإنزيمات والهرمونات.
4) يساعد في امتصاص الفسفور والبوتاسيوم.
5) يدخل في بناء الكلوروفيل، لذلك له أهمية في عملية التركيب الضوئي.

أعراض نقص النيتروجين:

1) ضعف النمو وتقزم النبات.
2) تكون السيقان والأوراق ضعيفة.
3) يحث تساقط للأوراق القديمة .
4) يحدث اصفرار للأوراق الحديثة.
5) إعاقة في نمو الجذور.
6) السيقان والأوراق تصبح رفيعة.

ومع أهمية النيتروجين بالنسبة لنمو النبات فان زيادته عن حد معين يؤدي إلى زيادة النمو الخضري بشكل لا يكون مرغوباً فيه في العديد من المحاصيل الاقتصادية بسبب اضطجاع النبات، وتأخر النضج وانخفاض إنتاج الثمار والبذور.

الفسفور:

يدخل الفسفور في تركيب جميع الخلايا النباتية شانه شان النيتروجين، فهو يدخل في تركيب بروتينات نواة الخلية والفوسفولبيدات والفايتين، ويوجد عادةً في البذور بكميات اكبر من وجوده في أجزاء النبات الأخرى. للفسفور أهمية كبيرة في تحويل الطاقة في خلايا النباتات والحيوانات، إذ تلعب مركبات الفسفور دوراً هاماً في تهيئة الطاقة اللازمة لعملية التمثيل الضوئي.

فوائد الفسفور للنبات:

1) يحلل المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي لأنه لا يشترك في تركيب مركب ATP.
2) يدخل في تكوين الطاقة اللازمة لإكمال العمليات الحيوية للنبات.
3) يدخل في تكوين وانقسام الخلايا.
4) يدخل في تكوين RNA و DNA.
5) يحفز نمو الجذور والثمار والبذور لذا ينصح بإضافة الأسمدة الفوسفاتية لمحاصيل الحبوب.
6) يمنع تعرض النبات للأمراض بالإضافة إلى انه يمنح النبات المقاومة للبرد.

أعراض نقص الفسفور:

1) الفسفور عنصر غير متحرك لذا تظهر أعراض نقصه على النموات الحديثة.
2) نقص الفسفور يؤدي إلى سقوط الأوراق قبل اكتمالها.
3) يحصل تفتح غير كامل للبراعم عند نقص الفسفور.
4) نقص الفسفور يؤدي إلى الحصول على ثمار غير ناضجة.
5) نقص الفسفور يقلل من نمو الجذور.

البوتاسيوم:

البوتاسيوم هو ثالث عنصر مهم في تغذية النبات يأتي بعد النتروجين والفسفور، وهو أيضا العنصر السابع من حيث الوفرة بالقشرة الأرضية، والبوتاسيوم لا يوجد لوحده إطلاقا ويمتصه النبات على شكل (K^+)، ولا يوجد البوتاسيوم عضوياً، ويتواجد كثيراً في الترب الناعمة (الطينية)، وهو عنصر قليل الحركة في التربة ولكنه كثير الحركة في النبات.

أهمية البوتاسيوم للنبات:

1) يساعد في نقل العناصر الغذائية السالبة الشحنة.
2) يساعد في تكوين الكاربوهيدرات وانتقال السكريات، ولذلك يضاف إلى المحاصيل الجذرية مثل البطاطا والبنجر السكري.
3) يوسع من الجهاز الجذري للنبات.
4) ينشط فعل الأنزيمات المختلفة.
5) ينظم عملية امتصاص الماء من قبل النبات، إذ يزيد من كفاءة استخدام المياه لأنه يدخل في عملية فتح وغلق الثغور.

6) يساعد في تكوين الدهون والزيوت النباتية.

7) له دور في مقاومة الأمراض لأنه يساعد عمل الهرمونات والأنزيمات، وبالتالي يزيد من فعالية وحيوية النبات ويقلل من إصابة النبات بالأمراض.

8) مهم جداً في عملية تكوين الأجزاء النباتية في النبات.

أعراض نقص البوتاسيوم:

1) نقص في نمو النبات.

2) اصفرار الأوراق التي تبدأ بالجفاف.

3) التفاف الأوراق حول نفسها.

4) صغر حجم الورقة.

5) ضعف تكوين البراعم.

6) قلة الإنتاج وتندي الثمار.

المحاضرة الثانية عشر

تصنيف الترب والأراضي في العراق

يوجد في العراق كما في أي بلد آخر من العالم ترب متنوعة، وهذه الترب المتنوعة تختلف عن بعضها بصفات كثيرة او قليلة تبعاً لظروف تكونها وتطورها. لذا يصبح من المفيد جداً إن لم يكن من الضروري معرفة أنواع الترب التي تقع أسباب الاختلاف في هذه الترب الى مدى تباين عوامل تكوين التربة وشدة العمليات الناتجة عن هذه العوامل. إن عمليات تكوين التربة الناتجة عن هذه العوامل كثيرة ومتنوعة جدا في العالم وأسماؤها تختلف باختلاف نظام تصنيفها. إلا أن ما يخص القطر العراقي منها فهو محدود. إن دواعي تصنيف التربة في وطننا وفي العالم اجمع متشابهة حيث يمكن اجمالها في الأهداف الأساسية لكل علم من العلوم التصنيفية التي استحدثت ضمن مجاميع العلوم الطبيعية كعلوم الأرض (الجيولوجيا) وعلوم المناخ وعلوم النبات وغيرها. ومن هذه الأهداف ما يلي:

1. تنظيم كافة أنواع الترب في نظام مركب ذو مستويات أو منظومات ثانوية مختلفة مع تحديد موقع كل تربة من هذا النظام. إن هذا الموقع ثابت وتسمى التربة باسم هذا الموقع توحيداً للمصطلحات وعلى غرار الأسلوب المعمول به في تصنيف الاحياء.

2. تسهيل عمليات المقارنة بين الترب المختلفة حيث يعكس موقعها التصنيفي الكثير من خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والبيئية.

3. تهيئة أساليب تختلف في درجة تفصيلها في اعداد خرائط مسح الترب، فكلما استعملنا مسميات مستوى تصنيفي اعلى كلما قلت كمية المعلومات المناطة بوحدة الخريطة، وكلما استعملنا مسميات مستوى تصنيفي أوطأ كلما زادت كمية المعلومات التي يمكن استخلاصها من وحدة الخريطة.

4. الاستفادة من نتائج البحوث العلمية الجارية على الترب المختلفة في تطوير مفهومنا عن كل مستوى تصنيفي، والترب الموجودة ضمنه، وتوجيه هذه النتائج لتوضيح الفروقات فيما بينها وجعلها أكثر حدية. لذلك فإن المستوى العلمي لنظام تصنيف تربة في بلد ما يعكس بصورة عامة مدى تقدم علوم التربة فيه.

ولقد تخصصت بصورة رئيسة مجموعة من علوم التربة في تولي مهام مسح وتصنيف الترب والعمل باستمرار على تحسين خواص الوحدات التصنيفية ووحدات الخريطة على ضوء معطيات علوم التربة الأخرى وبقية العلوم الطبيعية.

فعلم (المورفولوجي) يتولى مهمة وصف الترب وتشريحها حقلياً، وعلم (الوراثة) يتولى تحري صحة العلاقة التطورية بين أنواع الترب المختلفة في النظام الواحد، وعلم (التصنيف) مكلف بضبط مواقع الترب في النظام التصنيفي الواحد. وعلم (المسح) يقوم بتشخيص الاصناف المختلفة للترب وتحديد مواقعها ومساحاتها في الطبيعة. أما تصنيف الأراضي فيتولى مهمة

إعادة تصنيف الترب الى أصناف إدارية حسب تشابه قدراتها الإنتاجية او مستلزمات حل مشاكلها.

عوامل تكوين التربة في العراق:

اولاً: المادة الام:

يمكن اعتبار معظم المواد الام المكونة للترب العراقية مواداً منقولة حديثاً، او مواداً منقولة خلال فترات اقل حداثة بالمفهوم الجيولوجي. والعوامل الناقلة لهذه المواد متنوعة، فالمواد الام للترب العراقية خارج السهل الرسوبي معظمها ذات أصل رسوبي بحري وبحيري، أي انها مترسبات الأنهار التي كانت تصب في البحار والبحيرات القديمة التي كانت موجودة إبان العصور الجليدية في هذه الرقعة من العالم. أما عوامل النقل ضمن السهل الرسوبي واحياناً خارجه فهي مائية وتضم مياه الفيضانات ومياه الري ومياه السواحل وكذلك هوائية ونقصد بها الترسبات الريحية، وفيما يلي ملاحظات بشأن كل منها:

1. **مياه الفيضانات**: وتنقل مفصولات الصخور الرسوبية من معادن وفتات الصخور من شمال وشمال شرقي البلاد الى مساحات السهل الرسوبي العراقي والاشرطة الضيقة من المساحات المحاذية للانهار والروافد خارج السهل الرسوبي، ويقل حجم المفصولات المترسبة كلما ابتعدنا عن مصدرها بحيث يكون المترسب منها في السهل الرسوبي بين حجوم الرمل والطين.

2. **مياه الري:** وتنقل هذه المياه كميات كبيرة من المترسبات على المدى البعيد، بالرغم من أنها تنقل كميات قليلة في الفترة القصيرة الواحدة. وهذه المترسبات معدنية أيضا وتتراوح في الحجم في اغلب الأحوال بين الغرين والطين، وهي عند ترسبها على الترب تتداخل مع آخر مترسبات الفيضانات النهرية. اما مناطق ترسبها في العراق فهي المناطق المروية قديماً وحديثاً في السهل الرسوبي والمناطق الاروائية المتاخمة للانهار والروافد خارجه.

3. **مياه السواحل:** وتقتصر مواقعها على الشريط المحاذي لجزء من الخليج العربي الذي يقع ضمن الحدود العراقية جنوب مدينة البصرة. ومترسبات هذا النوع من المياه هي مترسبات معدنية خشنة من الحصى والرمل.

4. **الرياح:** تهب على وسط وجنوب العراق في فصل الربيع واحياناً في بداية فصل الصيف عواصف ترابية كبيرة متنوعة الاتجاه تبعاً لاتجاه الرياح السائدة في الماضي. أما منقولات هذه الرياح فهي مواد معدنية دقيقة الحجم تتراوح ما بين الغرين الناعم والطين. مصادرها من المناطق الجافة (الصحراوية) الممتدة غرب وجنوب غربي البلاد حيث تسود عمليات التجوية الفيزيائية. وكلما كبر قطر الدقائق المنقولة كلما قرب مصدرها. ولقد لوحظت مساحات صغيرة من هذه المترسبات الهوائية جنوب سهل أربيل وتلعفر.

من المعلوم أن المواد المذكورة أعلاه توجد في مناطق مختلفة من القطر وأنها توجد بكميات مختلفة، أي أن سمك كل منها يختلف من موضع الى آخر ضمن المنطقة الواحدة. فالمترسبات النهرية سميكة جداً في السهل الرسوبي، وكلما تحركنا باتجاه حدوده كلما قل السمك. حتى أنك لتلاحظ الصخور الرسوبية قريبة جداً من سطح التربة في مواقع كثيرة من البلاد، نذكر منها ترب المناطق المتاخمة لسلاسل الجبال في محافظات ديالى واربيل والسليمانية ودهوك وكذلك قرب الهضاب الصغيرة (التلول) الموجودة في كل من المنطقة المتموجة والصحراء. أما أنواع هذه الصخور فهي صخور حجر الكلس وصخور الحجر الرملي والحجر الطيني والصخور المتجمعة (كونكلومريت) وصخور الجبس (كبريتات الكالسيوم البلورية) وصخور الشيل (الطَفَل).

ثانياً: المناخ:

مناخ العراق مناخ قاري شبه استوائي، يتصف بالجفاف عموماً في كل من الخريف والصيف، ويقع شرق مناخ البحر الأبيض المتوسط ويتأثر به أيضا ويتشابه معه في مساحات من العراق فيما يتعلق بالامطار، كما ويتأثر مناخ العراق أيضا وبدرجة اقل بمناخ غرب الخليج العربي شتاءاً.

ويمكن وصف مناخ العراق بصورة موجزة بأنه مناخ تتراوح معدلات درجات حرارته بين 9,5 ْم شتاءاً الى 35,5ْم صيفاً، وترتفع في بعض الأحيان الى أكثر من ذلك. أما امطاره فتزداد باتجاه الشمال الشرقي من البلاد، ومعدلها السنوي في وسط وجنوب السهل الرسوبي حوالي 175 ملم ويرتفع هذا المعدل الى 375 ملم في الجزء الأعلى من السهل الرسوبي، ويستمر المعدل المطري بالازدياد باتجاه شمال شرقي البلاد حتى يصل الى 382 ملم في الموصل و 518 ملم في أربيل و 825 ملم في بكره جو و 1339 ملم في مدينة بنجوين.

ثالثاً: العامل البيولوجي:

ويشمل هذا العامل تأثيرات كل من النبات والحيوان والانسان، وفي العراق حيث قامت العديد من الحضارات القديمة منذ ما يربو على 8000 عام فإن لأعمال الانسان وفعالياته من ري وحراثة وزراعة وتسميد أثّرَ في توجيه خصائص الترب التي اخضعت للزراعة منذ القدم.

بينما يكون تاثير الحيوانات ثابتاً تقريباً في كافة انحاء العراق عدا ما كان متعلقاً بمزارع الإنتاج الحيواني والتسميد العضوي حيث يكون للمادة العضوية دورة طبيعية متميزة ترتفع فيها النسب المئوية للمادة العضوية مقارنةً بما في الترب الأخرى.

إن الدور الأعظم للعامل البيولوجي في العراق يأتي من توزيع النبات الطبيعي كماً ونوعاً في الانحاء المختلفة من القطر، والنباتات تتراوح ما بين النباتات الصحراوية في الجزء الغربي من العراق الى اعشاب قصيرة وطويلة في شمال العراق تتحول تدريجياً الى أشجار نفضيه بالدرجة الأولى ودائمة الخضرة بالدرجة الثانية باتجاه اقصى الشمال والشمال الشرقي.

أما توزيع النبات الطبيعي في السهل الرسوبي فإنه يتغير بتغير الظروف البيولوجية، فهناك النباتات المائية في منطقة الدلتا والنباتات المقاومة للأملاح في مناطق الترب المتأثرة بالملوحة والنباتات البرية المقاومة للجفاف كالأشواك في كل المساحات التي لا تزرع حالياً.

رابعاً: الطوبوغرافية:

يقسم العراق جغرافياً الى خمس مناطق فيزيوغرافية هي الجبلية والمتموجة والصحراوية والجزيرة والسهل الرسوبي.

المصادر :

الكتب المنهجية : تربة الغابات

المصادر الاخرى :

كتاب الكيمياء البيئية للأراضي

كتاب مبادئ علم التربة

كتاب الكيمياء الزراعية

كتاب المادة العضوية في التربة