نشوء التربة وتكوينها

ماهي التربة What is soil

المقدمة:

نحن مدينون بوجودنا على طبقة ذات سمك قليل ولكنها ثمينة تسمى التربة التي تغطي مكونات جيولوجية في سطح الأرض تعرضت الى عمليات التجوية بدرجات مختلفة وتكون بشكل طبقة ذات قشرة هشة وذات مواصفات معينة، والتربة ليست صخور او ترسبات جيولوجية ولكنها تحولت خلال عمليات تكوين التربة الى هذا الشكل المسمى تربة.

وعموماً التربة عبارة عن اجزاء معدنية وعضوية تترابط بشكل متداخل ومعقد تتخلله فراغات او مسامات بينية يشغلها الماء والهواء، وعند ترطيب التربة بالماء (الماء هو الجزء الأساسي للحياة والمذيب والناقل للمغذيات) يصبح هذا المعقد وسطاً خصباً تنهل منه كل الاحياء على كوكب الأرض، وهذه الطبقة الساندة للحياة تسمى البيدوسفير Pedosphere نشطة حيوياً ومسامية وذات بناء وتقوم بكفاءة بتوزيع الماء والتدفقات الكتلية والطاقة، فضلاً عن كون التربة سانداً للحياة فهي تعمل على ترشيح الكثير من المخلفات الصناعية والملوثات وبهذا تعمل على تقليل تلوث البيئة.

وبشكل اكثر شمولية تعرف التربة بانها جسم طبيعي متطور يتكون من مواد معدنية وعضوية غالباً عند سطح الأرض وفي توازن ديناميكي مع الأجزاء الجيولوجية او غلاف الصخور للقشرة الأرضية الليثوسفير Lithosphere التي تحتها والمحيط الجوي الاتموسفير Atmosphere الذي فوقها وتتداخل مع المحيط المائي الهايدروسفير Hydrosphere وهي جزء من المحيط الحيوي البايوسفير Biosphere ولها دور مهم في حياة العالم.

اما الارض Land: فهي مفهوم بيئي اداري للتعبير عن تربة واحدة او اكثر فضلاً عن المكونات الداخلية للأرض من صخور ومياه وجميع المكونات الخارجية من ماء ونبات وظروف مناخية محيطة بها.

علم التربة Soil Science

علم متكامل يربط المعرفة للمحيط الجوي بالمحيط الحيوي واليابسة والماء وهو جزء من علوم الأرض الذي يتعامل مع التربة على انها مصدر طبيعي قابل للتجدد ولكن بشكل بطيء جداً، وعلم التربة يتضمن دراسة نشوء التربة وتصنيفها وحواصها الفيزيائية والكيمائية والبايولوجية والمعدنية واستخدام التربة وادارتها وهو اساس لعلوم الزراعة والغابات والبيئة والجغرافية الفيزيائية والهندسة المدنية والاثار.

او يعرف علم التربة على انه مجموع المعلومات والاسس المنظمة والمتعلقة بالمادة المسماة تربة وهو علم له علاقة بجميع العلوم الطبيعية لاسيما علوم الفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة.

ويطلق على علم التربة علم البيدلوجي Pedology وهو العلم الذي يعد الترب المختلفة وحدات طبيعية ويركز على التطور وعلى العلاقات الفيزيائية والكيمائية والحيوية وعلى طبيعتها الديناميكية والحركية او بالأحرى هو علم دراسة التربة بالحقل. ويهتم علم البيدلوجي بدراسة التربة كظاهرة طبيعية الوجود والتكوين ويتفرع من هذا العلم العديد من العلوم كل يأخذ جانباً من جوانب التربة ومنها على وجه الخصوص مسح وتصنيف التربة وفيزياء التربة وكيمياء التربة وخصوبة التربة وكيمياء حيوية التربة ولاحياء المجهرية فيها، وهذا ما سيتم بعون الله مناقشته في المحاضرات اللاحقة حيث ستهتم كل محاضرة من هذه المحاضرات بواحد من علوم التربة المختلفة واستخداماتها وتطبيقاتها وعلاقاتها المتداخلة مع نمو النبات والإنتاجية.

عمليات تكوين التربة Soil Formation Processes

عمليات تكوين التربة عبارة عن عدد من العمليات تشمل عمليات الإضافة Addition للمواد العضوية والمعدنية والماء وعمليات تحول (Transformation) والتي تشمل مجموعة عمليات التجوية (Weathering) الفيزيائية التي تتأثر بالمناخ ولاسيما الحرارة والرطوبة وتشمل على عمليات التمدد والتقلص والانجماد والذوبان وعمليات تكسر وتفتت الصخور والعمليات الكيميائية او التجوية الكيميائية كعمليات الاذابة والتحلل المائي وتكون حامض الكاربونيك ونتيجة لهذه العمليات وتغير المعادن تتكون المعادن الطينية التي تتكون منها التربة. وكذلك هناك عمليات هيدرولوجية تتضمن عمليات حركة الماء خلال مقد التربة وما ينتج عنها من عمليات غسل ونقل للمواد (Transport) وفقدان (Losses). اذ انه وحسب الظروف المناخية وشدة هطول الامطار تحدث عمليات غسل كبيرة للسليكا ولاسيما في المناطق الاستوائية وتحدث عمليات الاختزال (Reduction) في المناطق المنخفضة والرطبة التي تتعرض للغمر وتتجمع المواد العضوية فيها. اما المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تقل فيها نسب هطول الامطار وبالتالي تقل عمليات الغسل ونتيجة لارتفاع درجات الحرارة تتجمع الاملاح وتحدث عملية التملح (Salinization) واحياناً وال ى مدى اقل عملية تجمع الصوديوم او ما يسمى بالقلوية (Alkalization). وتعد عملية تجمع الاملاح من العمليات المهمة في المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها العراق.

عوامل تكوين التربة Soil Forming Factors

بعد عمليات التجوية تتكون التربة بمجرد اتربة بمجرد ان النباتات تؤسس نفسها على وسط معدني وتزداد المادة العضوية وتتداخل عوامل المناخ والاحياء والطوبوغرافية وبتأثيراتها على المادة الام وخلال مدة زمنية معينة تتكون وتتطور التربة، وهذا ما يطلق عليه عوامل تكوين التربة.

ان عوامل تكوين التربة يمكن تمثيلها بالمعادلة التي اشتغل عليها وطورها العالم يني Jenny منذ عام 1941 هي:

$$S=f\ (Cl, O, r, P, t)$$

عبارة عن ان التربة هي دالة لكل من المناخ Climate(Cl) والاحياء Organisms(O) والطوبوغرافية relief(r) والمادة الام Parent material(P) والزمن time(t) واضاف لها الانسان كعامل منفرد ومستقل يؤثر في التربة من خلال العمليات الإدارية من إضافة اسمدة ومواد عضوية وقلب للتربة اثناء الحراثة.

1- المادة الام Parent material

الجزء الذي تتكون منه التربة وهي اما ان تكون صخوراً تحللت في مكانها او مواد انتقلت بالرياح او الماء وترسبت في مكان اخر، والشكل (1) يوضح اكداساً من الكثبان الرملية تمثل نوعاً من النقل بالهواء للرمال وتجمعت في مكان اخر.

وعموماً فان التربة تتأثر بالمادة الام التي تكونت منها ومثال ذلك التربة التي تتكون من مادة ام خشنة ومن معادن مقاومة للتجوية عموماً تظهر نسجة خشنة، اما الترب الناعمة تطورت من مادة

ام ذات معادن غير ثابتة وتتجوى بسهولة وهكذا، والترب ذات المادة الام الغنية بالقواعد الذائبة والاملاح تنعكس هذه الصفات على التربة.

2- المناخ Climate

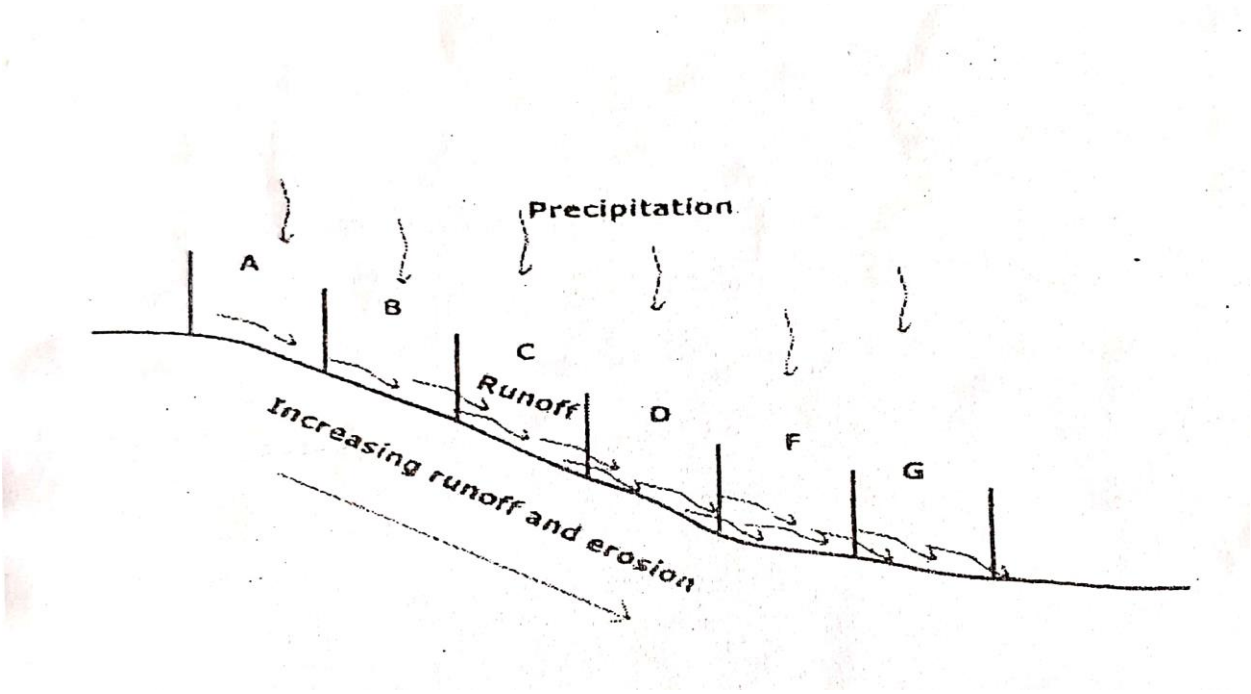
الطاقة والسقيط (المطر والندى و....) تؤثر في التفاعلات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث للمادة الام، هذا فضلاً عن ان المناخ يؤثر في الغطاء النباتي وهذا بالتالي يؤثر في تطور التربة، اذ ان المطر يؤثر في تطور الافاق نتيجة لتأثيره في عمليات غسل ونقل الايونات بين الافاق.

المناخ والنمو الخضري والتجوية:

يكون النمو الخضري متباعداً وضعيفاً وتجمع المواد العضوية قليل في المناطق الصحراوية الحارة نتيجة لارتفاع الحرارة وقلة سقوط الامطار، اما في المناطق الباردة يتحدد نشاط البكتريا وهذا سيحدد من تحلل المواد العضوية وعلى عكس ذلك يزداد النشاط في المناطق الدافئة والرطبة والاستوائية مما يزيد من تحلل المواد العضوية.

3- الطوبوغرافية Topography(relief)

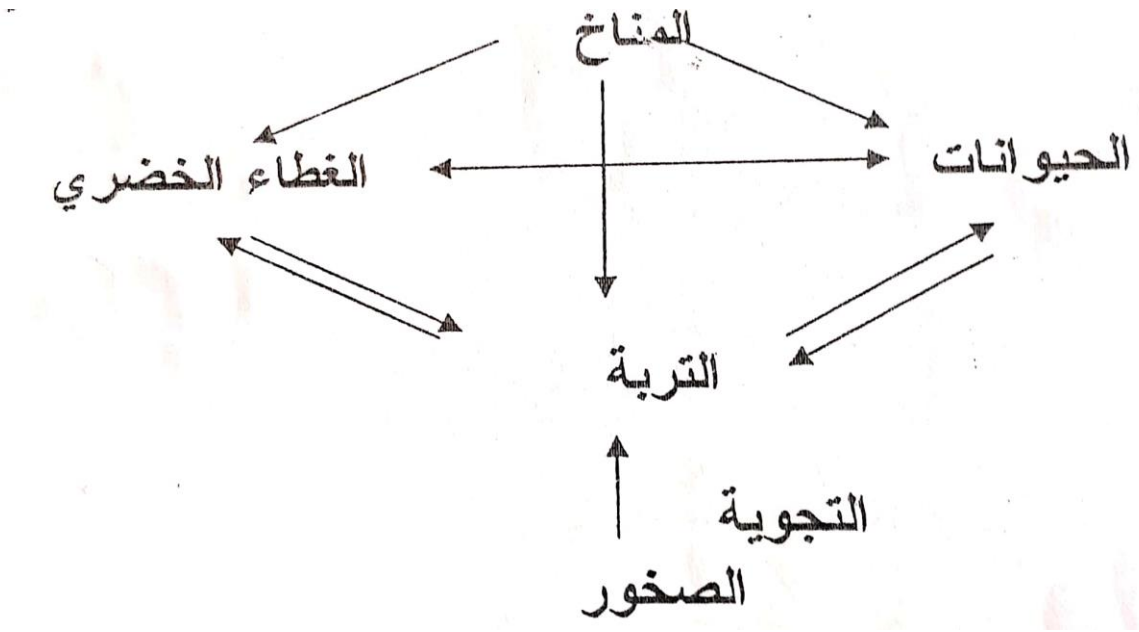
تؤثر الطوبوغرافية في السيح (السيح السطحي runoff) وكذلك موقع التربة على الانحدار يؤثر في المناخ الدقيق (microclimate) وبالتالي يؤثر في النمو الخضري والشكل (2) يوضح العلاقة بين الانحدار والتعرية.



شكل (2) يبين العلاقة بين الانحدار والتعرية

وتشمل الاحياء كافة الغطاء الخضري والاحياء الكبيرة والصغرة (الدقيقة) في التربة والانسان يوضع ضمن العامل الحيوي او يوضع عامل منفصل. اما الزمن فهو عامل يؤثر في جميع العوامل الأخرى لان أي عميلة لكي تتم لابد ان تحتاج الى زمن لاتمامها.

لذا فأن طبقات التربة او ما يطلق عليها بأفاق التربة **Soil profiles** تعكس التأثير المتداخل لعوامل تكوين التربة على المادة الام خلال الزمن وكما موضح في المخطط الاتي:



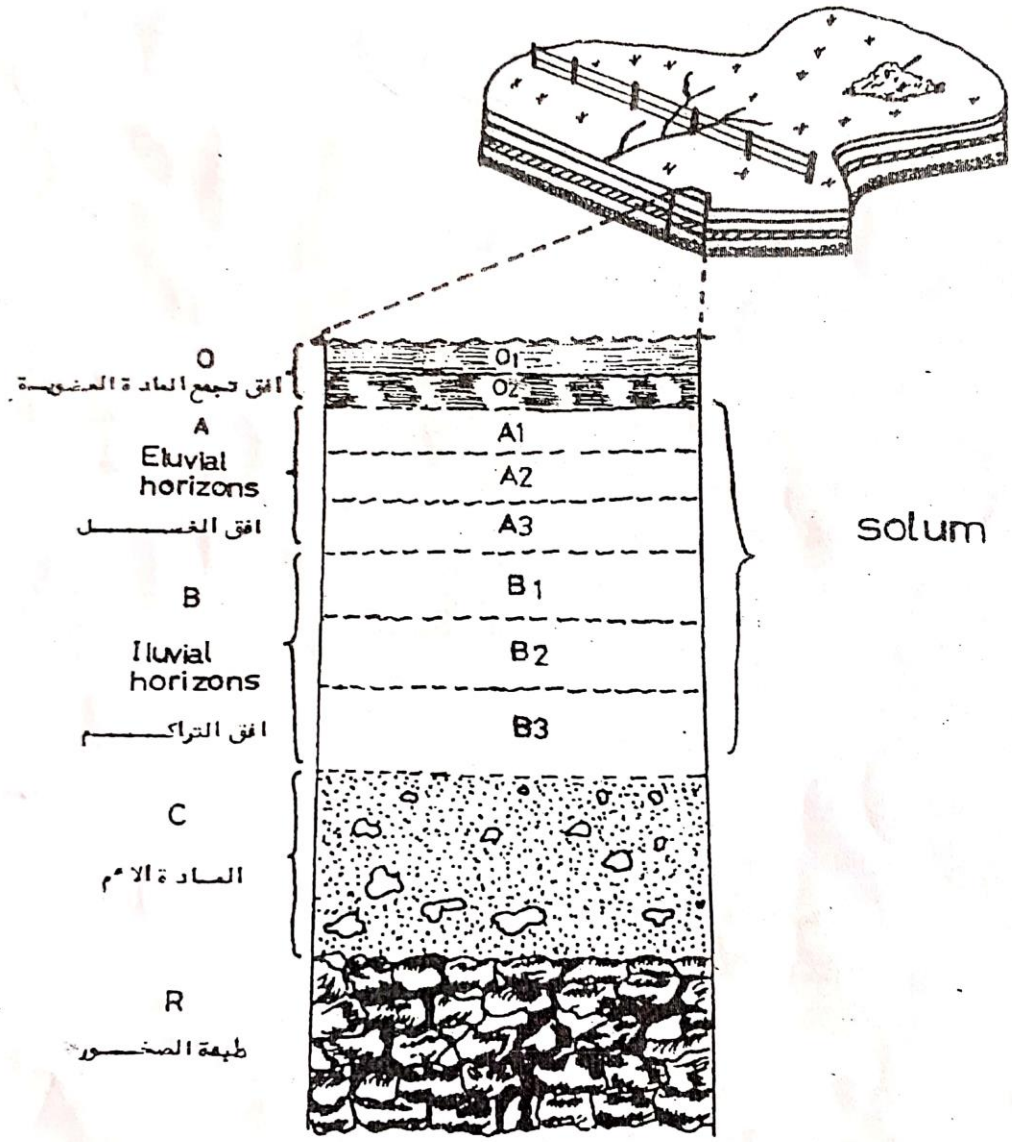
مقد التربة Soil profile:

مقد التربة عبارة عن المقطع العمودي للتربة يتضمن عدداً من الطبقات يطلق عليها افاق **horizons** وهذه الافاق بسمك عدد من السنتمترات الى عشرات السنتمترات تعكس العمليات الفزيائية والكيميائية والحيوية التي حدثت للتربة. هذه الافاق تتكون من تجمعات من جزيئات معدنية وعضوية بشكل طبيعي يسمى Peds، ولعملية ترتيب هذه التجمعات في التربة او ما يسمى معمارية التربة أهمية خاصة في سلوك التربة لان التوزيع للمسام والماء والهواء الذي يشغل هذا يشغل هذا المسام علاقة بهذه المعمارية.

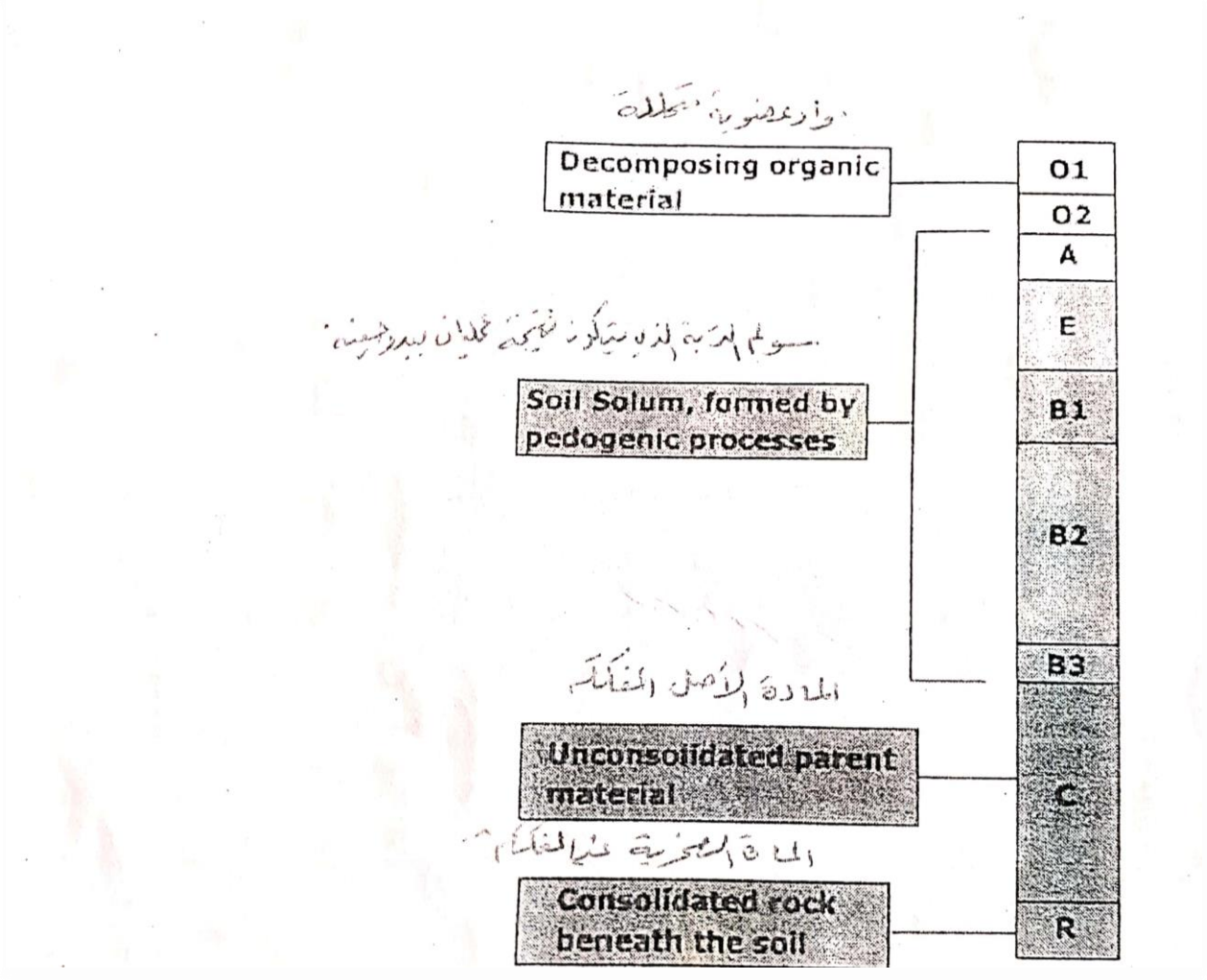
وضمن مقد التربة فان الجزء الذي يحوي الجذور ويتأثر بالنشاط الحيوي يسمى Solum وهو الجزء الفعال في التربة ويشمل الافقين A + B في الترب المتطورة او الأفق A في حالة الترب

غير المتطورة. ان اصغر وحدة حجمية او مقطع حجمي بأبعاد ثلاثة يطلق عليها بيدون Pedon (Soil pedon) وهذا المقطع له عمق وطول وعرض كافي يتضمن أوجه التربة لوصف الافاق وذات مساحة سطحية تتراوح بين 1 – 10 م^2.

ولذا يمثل مقد التربة تغاير الترب حسب العمق مبتدئاً بالسطح ومنتهياً بالمادة الأساسية غير المتحورة التي تكونت منها التربة ويساعد تكوين الافاق في المقد على فهم مراحل وطروف تكوين تلك التربة والظروف المحيطة بها والتي جعلتها تمتلك خواص مختلفة عن غيرها.



الشكل 3: يبن مقداً نموذجياً لتربة مغطاة بالاعشاب والأشجار تحت ظروف حرارة معتدلة وجو رطب.



الشكل 4: يبين مقد تربة نموذجي

ويمكن وصف الافاق وبالترتيب من الأعلى الى الأسفل وكما يأتي:

O: وهي طبقات المادة العضوية التي توجد فوق التربة المعدنية والتي تتكون نتيجة لتراكم الأجزاء النباتية والحيوانية الميتة والمتفسخة وتوجد مثل هذه الطبقة في مناطق الغابات وتقسم الى O_1 و O_2 ، اذ يمكن تمييز الأجزاء النباتية والحيوانية المتراكمة بالعين المجردة في O_1 ، اما O_2 فيصعب تمييز هذه الأجزاء فيه.

A: وهو اول افق في التربة المعدنية ويكون قرب السطح ويسمى بأفق الغسل او الفقد eluvial

وينقسم الى:

A_1: وهو افق يحوي على مزيج من المادة العضوية المتحللة مع التربة المعدنية ويكون لونه داكن اكثر من الطبقات التي تليه.

A_2: وهو افق توجد فيه اكبر حالة غسل للطين واكاسيد الحديد والالمنيوم عدا المواد المقاومة للغسل مثل الكوارتز ويكون هذا الأفق افتح لوناً من الأفق A_1 ويطلق عليه احياناً الأفق E.

A_3: وهو افق انتقالي بين الأفق A والافق B.

B: وهو ثاني افق في التربة الذي تتجمع فيه المواد المغسولة من الأفق A كأكاسيد الحديد والطين ويكون موقع تجمع لكاربونات الكالسيوم $caco_3$ وكبريتات الكالسيوم $caso_4\ 2H_2O$ ويطلق عليه بالافق الكاسب(Illuvial) ويقسم الى:

B_1: افق انتقالي بين الأفق B والافق C.

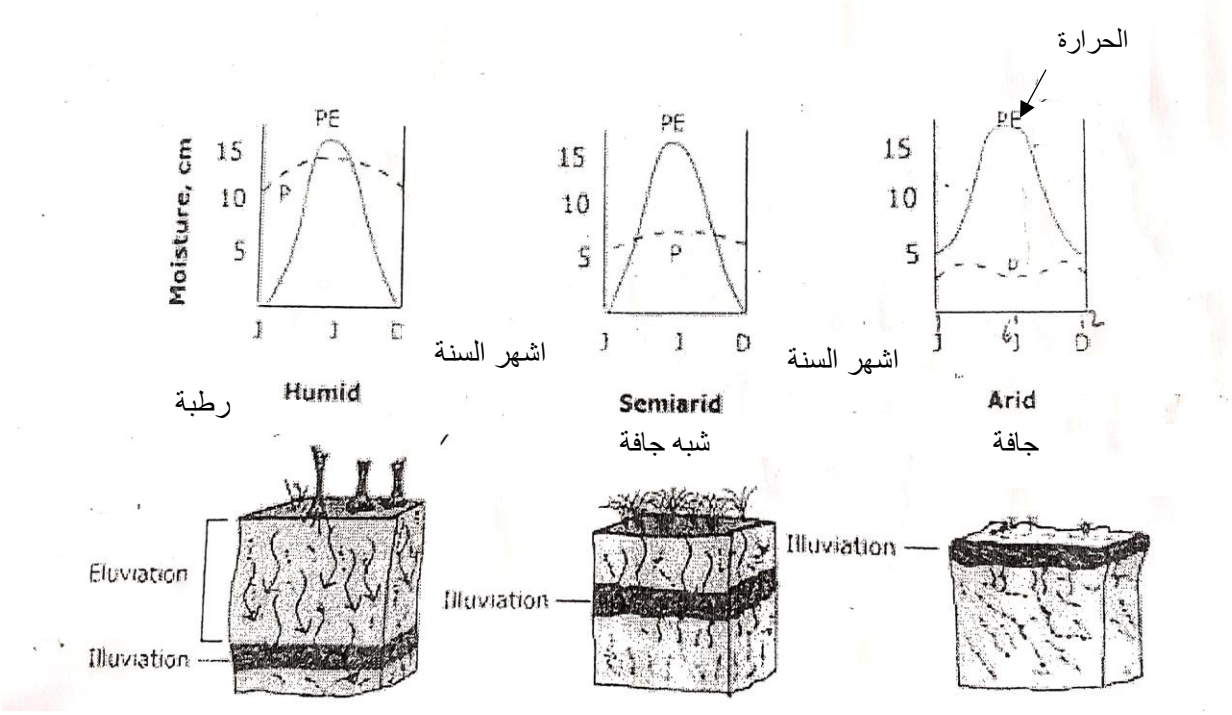
B_2: منطقة التجمع الكبرى للطين واكاسيد الحديد والالمنيوم التي تحركت الى الأسفل من الطبقات العليا بفعل الماء.

B_3: افق انتقالي بين الأفق B والافق C.

C: وهو افق تكون من المواد الصلبة المتفتتة والتي توجد تحت طبقة الـــ Solum (B + A) وقد يكون هو المادة الام المكونة للتربة التي فوقها وقد لا يكون كذلك ولايوجد فيه فعاليات حيوية.

ان المقد النموذجي الذي تمت الإشارة اليه يمثل تربة ناضجة Mature soils وهي في توازن مع

مع بيئتها أي يكون توازن بين المواد المضافة والمفقودة من التربة. وفي حالة استمرار الظروف الملائمة لتكوين الاحماض وتحطيم المعادن واستمرار الغسل والترسيب الى الأفق B تزداد الاختلافات بين الأفق A وB بدرجة كبيرة وتسمى بالترب العتيقة Old soils. اما عند عدم تكون الأفق B واحتواء مقد التربة على الافقين A وC تكون التربة غير متطورة او غير ناضجة ويطلق عليها Immature soils او الترب الفتية Young soils.



الشكل 5: يبين عمليتي الفقد eluvial والكسب illuvial تحت ظروف رطبة وشبه جافة وجافة على التوالي.

تستخدم احياناً بعض الحروف الصغيرة للدلالة على بعض صفات الافاق وكما ياتي:

b: افق تربة مدفون barried horizon.
c/k: افق فيه تراكم للكاربونات ولاسيما كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ او كاربونات الكالسيوم $MgCO_3$.
cs: افق فيه تراكم لكبريتات الكالسيوم بشكل جبس.
f: افق متجمد freezed.
h: دبال humus وجود تجمعات للمواد العضوية المتحللة.
P: يستعمل هذا الرمز مع الأفقً A لتكوين Ap ويعني ان الأفق A قد حصل له تغير عن حالته الطبيعية بسب الحراثة او نمو نباتات المراعي.
Ir: حديد مكتسب.
t: طين مكتسب.
X: صحون او طبقة صلدة عالية الكثافة وقابلة للقصم.
وللدلالة على سهولة هذه الرموز نورد الأمثلة التالية:
اذا كان في الأفق B_2 تراكم لاكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والالمنيوم فيمكن تسميته B2cn، كذلك اذا احتو الأفق B_2 على قسمين B_{21} و B_{22} ووجد في القسم الأعلى تراكم للطين والدبال

وفي القسم الأسفل تراكم للطين فقط فيمكن تمثيل هذين الجزئيين بالرموز B_{21th} و B_{22t} على التوالي.

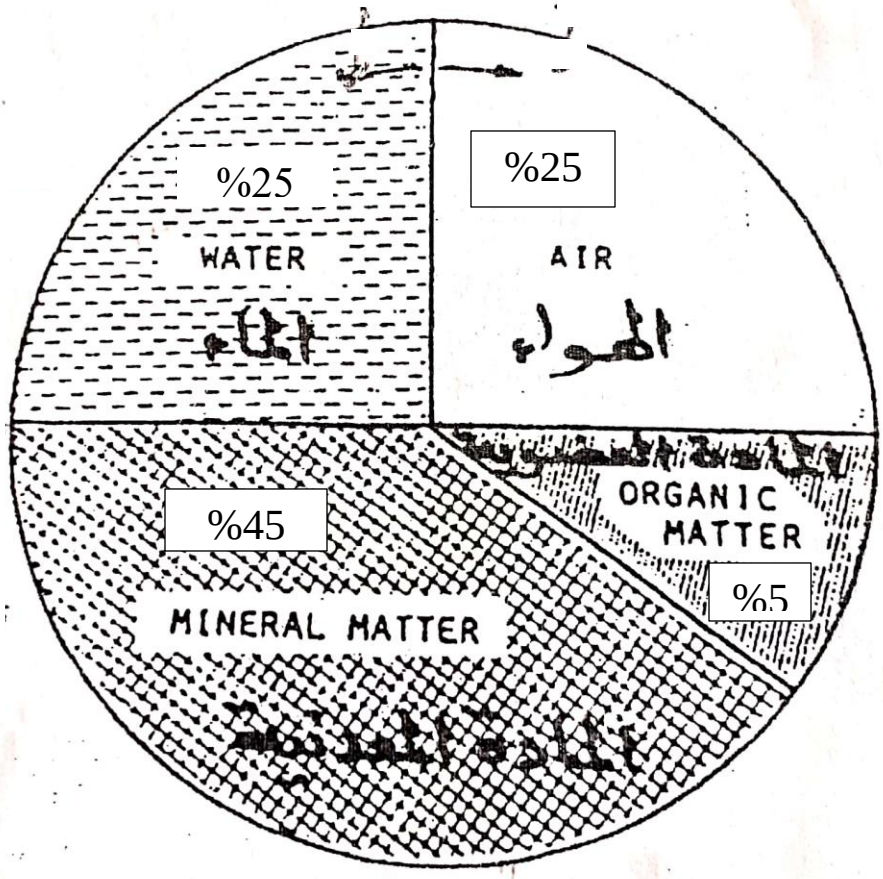
المكونات الرئيسية للتربة

التربة عبارة عن مواد مفككة معدنية وعضوية تغطي جزءاً كبيراً من سطح الأرض بشكل طبقات تسمى افاق وهي بشكل عام مزيج من الماء والهواء فضلاً عن المواد الصلبة. واعتماداً على نسب مكوناتها الصلبة تقسم التربة الى مجموعتين رئيسيتين هي الترب المعدنية والترب العضوية.

ففي معظم الترب العضوية Mineral soils (Inorganic soil) تتراوح نسب المواد العضوية Organic materials بين 1 – 6%.

اما الترب العضوية Organic soils فهي الترب التي تحتوي على نسب من المواد العضوية بين 15 – 95% وهذه تحدث في مناطق الاهوار والمستنقعات التي تتراكم فيها النباتات الطبيعية بسبب الظروف اللاهوائية التي تقلل من تحلل المواد العضوية.

وعموماً فالتربة المعدنية السطحية التالية تحتوي على النسب الحجمية المبينة في الشكل الاتي:



هذه النسب ليست ثابتة وانما تتغير وتختلف من تربة الى اخرى وان نسب الهواء والماء تتغير حتى في التربة نفسها من وقت لآخر تبعاً لإدارة التربة والمياه.

المواد العضوية مصدرها الحيونات والنباتات وتتركز معظم المواد العضوية عند السطح وتقل كلما ابتعدنا عنه وذلك لان نشاط الاحياء يتركز قرب السطح.

الخواص الفيزيائية للتربة Soil Physical Properties

مقدمة

للخواص الفيزيائية للتربة أهمية كبيرة في استعمالاتها الزراعية والهندسية فهي مهمة في عمليات الفلاحة والعزق والري والبزل وإدارة وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والمغذيات وتهويتها وعلى اسناد الأسس والطرق ومدارج المطارات والعديد من الاستعمالات الأخرى.

ان معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملائمتها لنمو النباتات ومدى امكانية تحسينها لجعلها اكثر ملائمة لاستعمالات التربة المختلفة وتعتبر من الأمور المهمة الواجب على المشتغلين والمستثمرين في الزراعة معرفتها.

وسيتم التطرق الى توزيع حجوم الدقائق المختلفة في التربة او ما يطلق عليه نسجة التربة وبناء التربة وكثافة التربة الظاهرية والحقيقية والى هواء وحرارة ولون التربة. وان هذه الصفات تتداخل مع ماء التربة.

1- نسجة التربة Soil Texture

يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي للاحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين، وتحدد نسجة التربة مدى نعومتها وخشونتها.

لنسجة التربة أهمية كبيرة، اذ انها تحدد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها الكثير من الخواص والعمليات الفيزيائية والكيمائية والحيوية في التربة.

يتم تحديد نسجة التربة اما عن طريق اللمس في الحقل او عن طريق قياس النسب المئوية

المختلفة للرمل والغرين والطين في المختبر بعملية توزيع حجوم الدقائق Particle size distribution والتي تتم بعد معاملة التربة بمواد كيمائية معينة لتوزيعها واستخدام المناخل بفصل الرمل ومن ثم استخدام المكثاف لتحديد النسب لكل من الغرين والطين، بتعبير اخر النسب المئوية لكل من الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay وباستخدام مثلث النسجة نستطيع التوصل الى صنف نسجة التربة.

تبين النسجة سهولة الفلاحة او الحراثة واستخدام التربة وكان يطلق على التربة عالية المحتوى من الطين بالتربة الثقيلة والتي تحوي على نسب عالية من الرمل ولا تحتاج الى قوة عالية في

الحراثة بالترب الخفيفة. اما التعابير الحديثة فتعتمد الحجوم ولذا يطلق بالترب الناعمة على الترب الطينية والترب الخشنة على الترب الرملية.

ولنسجة التربة أهمية كبيرة وتاثير في حركة الماء في التربة وحركة الجذور وبزوغ البادرات وقابلية التربة على مسك الماء والمغذيات والصرف. ومع هذا فان هناك تداخلاً في هذا الموضوع بين نسجة التربة وبناء التربة لان المسام في التربة يتحدد من خلال نسجة وبناء التربة.

وهناك عدد من الأنظمة لوصف او تحديد حجوم دقائق التربة ومنها النظام العالمي International System ونظام قسم الزراعة الأمريكي USDA وبشكل عام فان مديات حجوم الدقائق مبينة في الجدول الاتي:

قطر الدقائق (mm diameter)

مديات حجوم دقائق التربة	International	USDA
حصى Gravel وهو ليس ضمن التربة	> 2.00	> 2.00
رمل خشن جداً Very coarse sand	-	2.00 – 1.00
رمل خشن Coarse sand	2.00 -0.20	1.00 – 0.50
رمل متوسط Medium sand	-	0.50 – 0.10
رمل ناعم Fine sand	0.20 -0.02	0.10 -0.05
الغرين Silt	0.02 – 0.002	0.05 -0.002
الطين Clay	< 0.002	< 0.002

يلاحظ من الجدول أعلاه ان هناك اختلافاً في حدود الرمل والغرين في النظامين. ولكن الحد الاعلى للرمل او للتربة بشكل عام يبلغ 2 مم والطين اقل من 0.002 مم.

وهناك عدد من التقسيمات لنسجة التربة منها:

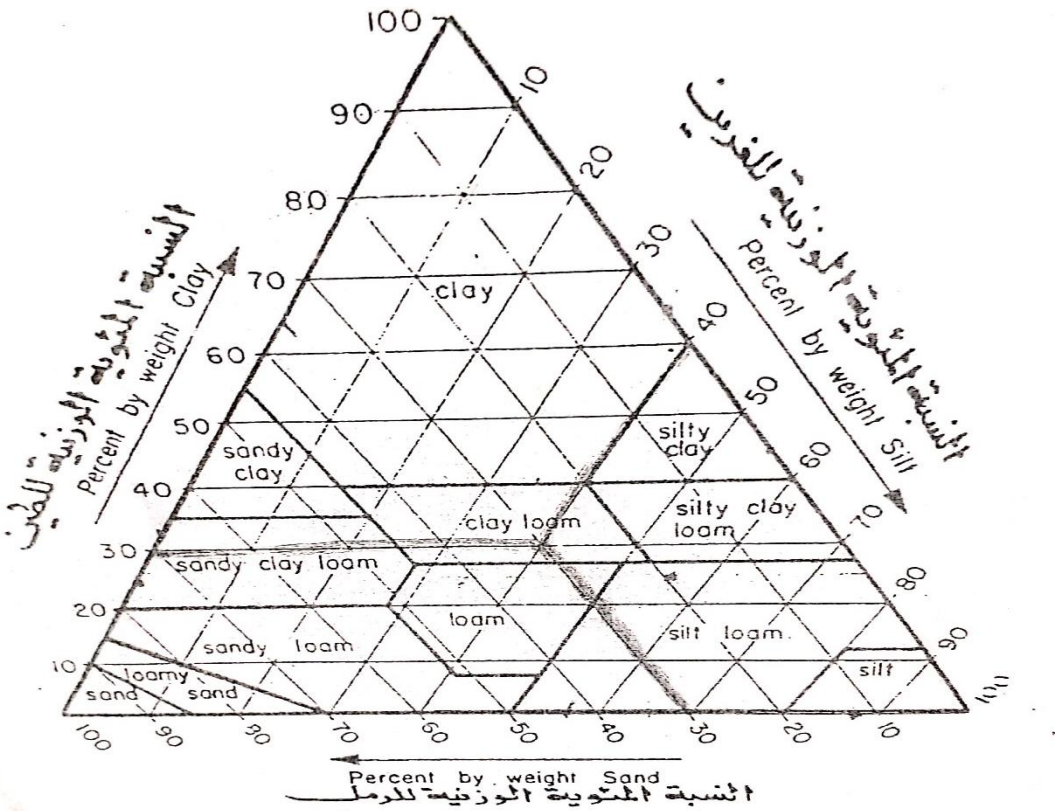
1- التقسيم الثلاثي: وفيه تقسم النسجة الى ثلاث اقسام وهي التربة الخشنة النسجة Coarse والمتوسطة النسجة Medium والناعمة النسجة Fine texture.

2- التقسيم الخماسي: وفيه تقسم النسجة الى خمسة اقسام وهي خشنة النسجة ومعتدلة الخشونة ومتوسطة النسجة ومعتدلة النعومة وناعمة النسجة.

3- التقسيم الاثني عشر: وهو تقسيم التقسيمان الثلاثي والخماسي الى اقسام اقل منها وكما مبين ادناه:

التصنيف الثلاثي	التصنيف الاثني عشر	التصنيف الخماسي
1- تربة خشنة النسجة Coarse texture (تربة رملية)	1- رملية Sandy 2- رملية مزيجة Loamy sand	1- خشنة النسجة
2- التربة المتوسطة النسجة Medium texture (مزيجة)	3- مزيجة رملية Sandy loam 4- مزيجة Loamy	2- معتدلة الخشونة
	5 – مزيجة غرينية Silty loam 6- غرينية Silty	3- متوسطة النسجة
	7- مزيجة طينية رملية Sandy clay loam 8- مزيجة طينية Clay loam 9- مزيجة طينية غرينية Silty clay loam	4- معتدلة النعومة
3- الترب الناعمة النسجة Fine texture	10- طينية رملية Sandy clay 11- طينية غرينية Silty clay 12- طينية Clayey	5- ناعمة النسجة

والاصناف الاثني عشر ممثلة في مثلث نسجة التربة الذي اعتمد على النظام المقترح من قبل قسم الزراعة الامريكية USDA.



الشكل 1: مثلث النسجة المقترح من قبل قسم الزراعة الامريكي USDA

بناء التربة (تركيب التربة) Soil Structure

يقصد ببناء التربة تنظيم دقائق التربة بأشكال كتلية مختلفة.

التربة التي تكون فيها الدقائق غير مرتبطة ببعضها تسمى Structure lees او Single grained structure كما في التلال الرملية.

عموماً تتجمع الدقائق مع بعضها مكونة تراكيب معينة لها شكل Shape وحجم Size ودرجة ثبوتية grade، والترب الزراعية المثالية يوجد فيها بناء يكون بشكل فتاتي يسمى Crumb مثالي يسمح للبادرات بالبزوغ والجذور بالتغلغل ويجهز الماء والمغذيات بسهولة الى جذور النباتات.

التجمع او المجموعة aggregate يجب ان تكون ذات مقاومة وثبوتية معينة لمقاومة ضربات او قوة سقوط قطرات المطر والا تتكون قشرة Crust تمنع بزوغ البادرات وتساعد على التعرية والانجراف السطحي (السيح) لدقائق التربة.

الدقائق ترتبط مع بعضها بالمواد العضوية التي تحوي على سكريات متعددة تربط بين الدقائق وهناك اكاسيد الحديد ايضاً تدل كمواد رابطة.

تكوين مجاميع التربة

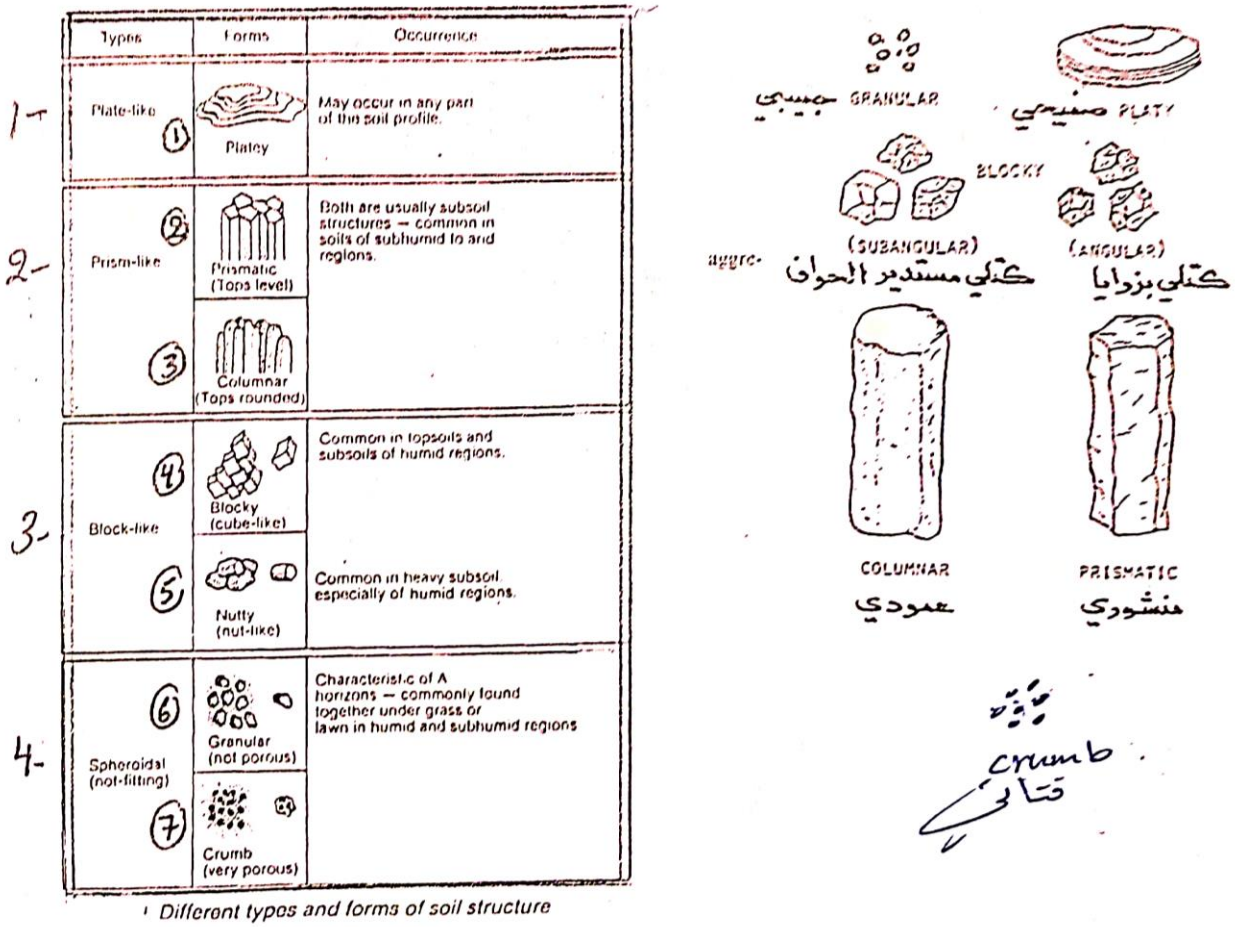
هناك عمليتان هي التخثر flocculation والتجمع aggregation والتخثير ناتج عن قوى كهرو-كاينتيكية. اما التجمع فيحتاج الى مادة لمسك المواد او الدقائق الاولية المتخثرة بشدة مع بعضها وعدم انفصالها بالماء، وهنا التجمع هو تخثر مع زيادة.

تصنيف بناء التربة:

هناك عدد من التصنيفات التي تعتمد على شكل التجمعات وحجمها ووضوحها او ثباتيتها.....الخ.

التصنيف الاتي هو التصنيف المعتمد من قسم الصيانة الأمريكي :

1- شكل وانتظام التجمعات او الكتل التركيبية ويسمى type وهذا التقسيم كما يأتي:



Different types and forms of soil structure

الشكل 2. يبين انواع واشكال بناء (تركيب) التربة.

2- درجة النعومة والخشونة او الحجم ويطلق عليه Class: وهنا يتم التقسيم ضمن المجاميع الاتية:

1	2	3	4	5
خشن جداً	خشن	متوسط	ناعم	ناعم جداً

3- الدرجة Grade: وتمثل مدى تماسك او ثبوتية المجاميع وتقسم الى:

1- عديم التركيب Structure less
2- ضعيف Weak
3- متوسط Moderat

4- قوي Strong

ويتبين مما تقدم طريقة التصنيف المعتمدة من قبل دائرة خدمات صيانة التربة الامريكية والتي تعتمد في تصنيفها على الطرق الثلاثة الأولى المذكور أعلاه في تحديد نوعtype التركيب والذي يعتمد على شكل وانتظام المدر (الكتل التركيبية)، وصنف class التركيب والذي يعتمد على حجم المدر ودرجة grade التركيب والذي يعتمد على وضوح ومقاومة المدر. فلو فرضنا ان فحص عينة من التربة في الحقل بين ان شكل المجاميع كان فتاتي crumb وان صنف التركيب خشن وان هذه المجاميع كانت جيدة التكوين ومعتدلة الثبات وغير كاملة الحجم، فما هو تركيب التربة؟

نوع التركيب type هو فتاتي crumb، صنف التركيب class هو خشن coarse ، ودرجة التركيب grade متوسطة moderate.

يقال ان تركيب التربة في هذه الحالة هو فتاتي خشن متوسط (moderate coarse crumb).

العوامل المؤثرة في تكوين البناء (التركيب)

1- المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والاحياء الأخرى.

2-الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل.

3- الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص.

4- جذور النباتات وفعاليات حيوانات التربة.

5- الانجماد والذوبان.

6- العمليات الزراعية.

بتعبير اخر، عوامل كيميائية وحيوية وعوامل ميكانيكية او فيزيائية.

وعموماً فان زيادة المادة العضوية المتدبلة يزيد من ثباتية المجاميع ويتداخل الطين مع المادة العضوية ويكون التأثير مهماً، والاحياء المجهرية هي الأخرى تتداخل مع المادة العضوية وتؤثر فيها من خلال التحلل للمواد العضوية وتحلل الاحياء نفسها ناتج عن سكريات متعددة واحماض دبالية واصماغ ودهون تزيد من ثباتية التجمعات. الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل مهمة جداً وسنلاحظ ذلك في دراسة الصفات الكيميائية للتربة.

تأثير بناء التربة في نمو النبات

تأثير البناء يكون من خلال المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لاختراق البذور، هذا فضلاً عن تأثير البناء في الصفات المائية والهوائية للتربة، اذ ان تغير البناء يؤثر في حجم المسام لاسيما المسام الكبيرة وفي قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وإدارة المياه. ان بزوغ البادرات مهم جداً وله علاقة او يتاثر ببناء التربة فالبناء القوي جداً ولاسيما عندما يكون كتلياً او صفائحياً ومكوناً لطبقة على السطح تمنع من بزوغ البادرات واختراق الجذور، وهنا تتداخل نسجة التربة وبناء التربة مؤثرةً في هذه الصفات. فالمسامات الصغيرة تكون ضمن التجمع او المجموعة الواحدة بين دقائق الرمل والطين والغرين والمسامات الكبيرة بين التجمعات، بتعبير اخر المسامات الصغيرة تؤثر النسجة فيها والمسامات الكبيرة تتأثر بالبناء.

وهنا تكون إدارة التربة مهمة جداً لتحسين خواص التربة بإضافة المواد العضوية وتحسين البناء والتهوية وإدارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة، اذ ان الدورات الزراعية الحاوية على محاصيل بقولية لاسيما إذا ما تلبث في التربة تؤثر بشكل كبير في تحسين خواص التربة، كذلك التقليل من استخدام الآلات الثقيلة التي تؤثر في دك التربة.

كثافة التربة Soil density

1- الكثافة الحقيقية او كثافة الدقائق True density or Particle density (ρ_p)

تمثل احدى الخواص الفيزيائية الرئيسية ويمكن تعرف على انها كتلة دقائق التربة مقسومة على الحجم المشغول من قبل الجزء الصلب، (بتعبير اخر بعد استبعاد الماء والهواء). القيم المثالية بين 2.5 – 2.8 غم سم$^{-3}$ او 2.5 – 2.8 ميكاغرام م$^{-3}$ وان قيمة 2.65 ميكاغرام م$^{-3}$ يمكن ان تكون ممثلاً لعدد من الترب. ان اهمية الكثافة الحقيقية تأتي من أهميتها في حسابات بعض الخصائص الفيزيائية كالمسامية وتوزيع الحجوم.

عند تقدير الكثافة الحقيقية تزال المواد الرابطة cementing agents لان الغرض هو قياس كثافة الدقائق.

السؤال المهم هو دور المادة العضوية التي توجد في الطبقة السطحية والتي كثافتها الحقيقية بحدود 1.0 ميكاغرام م$^{-3}$ الا ان معظم الطرائق المستخدمة في التقدير تزيل المادة العضوية لذا فان النتائج عبارة عن الكثافة الحقيقية للجزء المعدني، ان ادخال المادة العضوية تعني ان التغيرات في إدارة التربة يمكن ان تغير الكثافة الحقيقية. والطريقة الأكثر استخداماً لتقدير الكثافة الحقيقية هي استخدام طريقة قنينة الكثافة (البكنوميتر Pycnometr) والتي من خلالها يمكن قياس حجوم الدقائق بشكل جيد.

2- الكثافة الظاهرية Bulk density (ρ_b)

كتلة وحدة الحجم لتربة مجففة الى وزن ثابت تحت درجة حرارة 105 °م وهي مقياس لكثافة التربة بوجود الفراغات او المسامات، أي ان الحجم هنا يشمل الحجم الكلي وهو حجم المادة الصلبة والمسام.

تتراوح قيم الكثافة الظاهرية لتربة سطحية ناعمة النسجة بين 1.0 – 1.6 غم سم$^{-3}$ (1.0 – 1.6 ميكاغرام م$^{-3}$) وللتربة الخشنة النسجة الى 1.2 – 1.8 ميكاغرام م$^{-3}$. ويعود سبب انخفاض الكثافة الظاهرية في الترب الناعمة النسجة الى تطور افضل لبناء التربة مقارنةً بالتربة خشنة النسجة وهناك حالات تصل فيها الكثافة الظاهرية للترب تحت السطحية الى 2.0 ميكاغرام م$^{-3}$.

اما الكثافة الظاهرية للترب العضوية فتكون منخفضة جداً مقارنة بالترب المعدنية وتتراوح قيم الكثافة الظاهرية فيها من 0.2 – 0.6 ميكاغرام م$^{-3}$ وسبب ذلك هو انخفاض كتلة الدقائق العضوية مقارنة بالمعدنية، فضلاً عن تطور البناء وزيادة المسامية حجماً في الترب العضوية.

يؤثر نوع المحصول والتسميد العضوي وإدارة التربة في الكثافة الظاهرية للتربة ولاسيما للطبقات السطحية، وقد وجد ان اضافة المواد العضوية عمل على خفض الكثافة الظاهرية بشكل مهم. اما استخدام الآلات الثقيلة فله تأثير سلبي على الكثافة الظاهرية ويؤدي الى زيادتها بشكل واضح ولاسيما في الطبقة الواقعة تحت طبقة المحراث او افق الحراثة Ap مباشرةً، وكذلك تتأثر قيم الكثافة الظاهرية برص التربة ومع العمق.

العلاقة بين نسجة التربة والكثافة الظاهرية

1- ان الدقائق الصغيرة لها القابلية على بناء جسور اكثر من الدقائق الكبيرة مما يؤدي الى تكوين بناء هش وبالتالي تقل الكثافة الظاهرية او بتعبير اخر زيادة حجم المسام الكلي.

2- وجود الدقائق الصغيرة والكبيرة يؤدي الى زيادة الكثافة الظاهرية من خلال دخول الدقائق الصغيرة داخل الفراغات للدقائق الكبيرة وبذا يقل الحجم وتزداد الكثافة الظاهرية.

وبصورة عامة فان حجوم دقائق الرمل كبيرة وحجم المسام كبير الا ان النسبة المئوية للمسامات قليلة ولذا فالكثافة الظاهرية عالية، اما الترب الناعمة (الطينية) ذات المسام الاصغر حجماً الا ان النسبة المئوية للمسامات عالية او الفراغات تكون اكبر ولذا فان الكثافة الظاهرية تكون اقل.

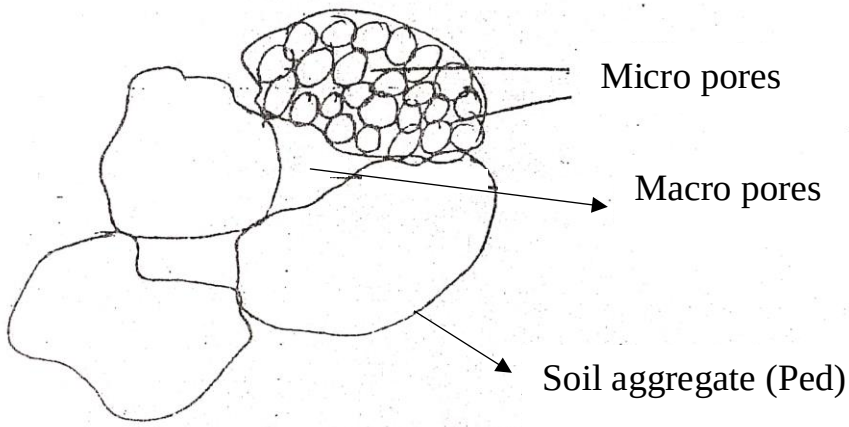
وهناك طرائق مختلفة لقياس الكثافة الظاهرية قسم منها حقلي كاستخدام طريقة الاسطوانة المعروفة الحجم (Core sampler) والتي يتم إدخالها في التربة وحساب وزن التربة التي ستشغل هذا الحجم ومن الوزن والحجم نحسب الكثافة الظاهرية. وهناك طريقة مختبرية تستخدم شمع البرافين لتغليف كتلة معينة من التربة ومن ثم معرفة وزن الكتلة وحجمها بعد التغليف، ومن خلال حساب حجم السائل المزاح، ولكل طريقة محاسنها وعيوبها.

مسام التربة Soil pores

في حالة كون التجمعات aggregates (والتي عبارة عن دقيقتي تربة او اكثر ترتبط مع بعضها بقوة تزيد عن قوة تجاذبها مع المجاميع الأخرى المجاورة لها) وقد يكون سبب التكوين طبيعياً او اصطناعياً واضحاً فيمكن تقسيم حجوم المسامات الى مديين:

1- المسامات الكبيرة Macro pores: وهي المسامات الموجودة بين التجمعات او الواقعة بين التجمعات Inter- aggregates وهذه المسامات تعد مسارات رئيس وهذه المسامات تعد مسارات رئيسية لنفوذ الماء في التربة وبزله منها وتهويتها.

2- المسامات الصغيرة Micro pores: وهي مسامات موجودة داخل التجمعات intra- aggregates وهذه مسؤولة عن مسك الماء والاملاح المذابة في التربة، ومع هذا لا توجد حدود فاصلة بشكل واضح بين هذين المديين والشكل الاتي يوضح هذين النوعين من المسام.



الشكل 3: يبين انواع مسامات في التربة

المدرة Ped وتتكون من الرمل والغرين والطين.
التربة الرملية عموماً لا يوجد فيها تركيب واضح وتكون الدقائق بشكل منفرد Single ولذا فان هناك نوعاً واحداً من المسام كبير الحجم Macro pores. اما المسام الصغيرة فلاتوجد وهذا سوف يؤثر في حركة الماء داخل التربة والتبادل الغازي.

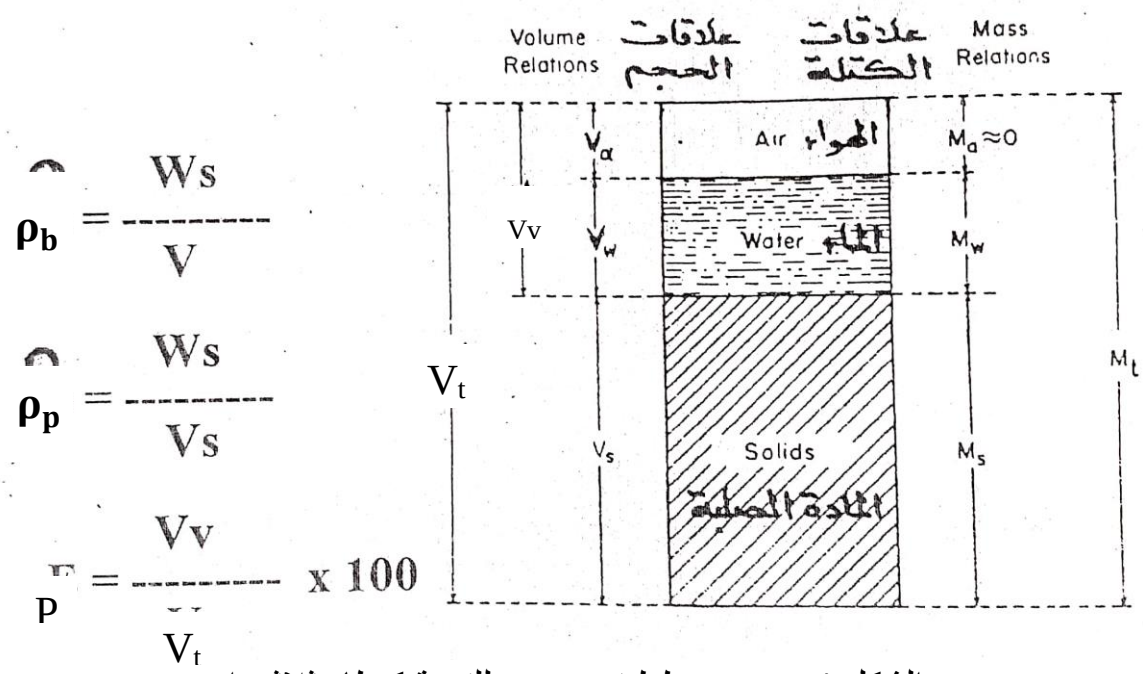
ولحساب المسامية تستخدم العلاقة التالية:

$$P = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}) \times 100$$

وهي بالحقيقة عبارة عن حجم المسام (المشغول بالماء والهواء) نسبتاً الى الحجم الكلي (الجزء الصلب + المسام) كنسبة مئوية ولصعوبة القياس يفضل استخدام المعادلة أعلاه من خلال حساب الكثافة الظاهرية واعتماد قيمة الكثافة الحقيقية على انها 2.65 ميكاغرام م$^{-3}$ كمعدل.

والشكل الاتي يمثل الاطوار الثلاثة لمادة التربة وهي الطور الصلب (الجزء الهيكلي) والطور السائل ويمثل الماء مذاباً فيه بعض الاملاح او ما يسمى محلول التربة والطور الغازي وهنا هواء التربة.

هواء



الشكل 4: يبين مخطط توضيحي للتربة كنظام ثلاثي الاطوار.

هواء التربة Soil air

المهم هنا حركة الهواء او التبادل الغازي بين التربة والمحيط الجوي وتهوية التربة هي عملية تبادل لغازي CO_2 وO_2 بين محيط التربة والمحيط الجوي. اذ انه نتيجة لفعاليات النبات ونشاط الاحياء يستهلك O_2 ويزداد CO_2 مقارنة بالهواء الجوي. والتهوية للتربة تعني احلال O_2 محل CO_2 وذلك لكي تجهز جذور النباتات والاحياء المجهرية بنسب جيدة من O_2. ان تهوية التربة

تؤثر بشكل مباشر في نمو الجذور وامتصاص المغذيات، ونقص التهوية الشديد يؤثر في جهد الاختزال والاكسدة مما يؤدي الى زيادة ذوبانية الحديد والمنغنيز الى نسب تصل الى حد السمية للنبات.

مكونات هواء التربة	الهواء الجوي%	هواء التربة%
N	79	79
O_2	21	15.1 – 20.4
CO_2	0.03	0.2 – 0.45

ان سرعة التبادل الغازي مؤثرة ومهمة جداً وهذه لها علاقة بالمحتوى الرطوبي والصفات الفيزيائية الأخرى كالنسجة والبناء والكثافة.... والتبادل الغازي يتم من خلال الجريان الكتلي والانتشار. وعموماً تتأثر الكثير من المحاصيل عندما تقل النسب الحجمية للاوكسجين في التربة عن 10 % وتختلف حساسية المحاصيل للاوكسجين فهناك محاصيل حساسة كالقطن والذرة الصفراء وهناك محاصيل تتحمل مثل الذرة البيضاء، اما الصفصاف والبردي فيستطيع العيش في تربة غدقة لانها تاخذ الهواء عن طريق الاوراق.

حرارة التربة Soil temperature

تؤثر الحرارة في نشاط الاحياء المجهرية ونمو النبات، ونشاط الاحياء المجهرية يؤثر في تحلل المادة العضوية، ولذا يلاحظ ان المواد العضوية تتجمع في ترب المناطق الباردة وتقل في ترب المناطق الحارة عند توفر الظروف الاخرى.

نمو الجذور والنباتات عموماً يتأثر بالحرارة، ولذلك هناك نباتات تنمو في المناطق الباردة ونباتات تنمو في المناطق الحارة.
تؤثر الحرارة ايضاً في الاستهلاك المائي (التبخر- نتح) وحالياً لاسيما في الزراعة المغطاة (البيوت البلاستيكية والزجاجية) يمكن السيطرة على درجات الحرارة داخل البيت من خلال التكييف، وان نسب الرطوبة الجيدة في التربة تقلل من التغايرات في حرارة التربة بين الليل والنهار وكذلك الغطاء النباتي يقلل من التغايرات اليومية والفصلية في درجات الحرارة.

لون التربة Soil colour

لون التربة يؤثر في نمو النبات بصورة غير مباشرة من خلال تأثيره في تغيرات درجات الحرارة وله علاقة بنسبة الرطوبة ومحتوى التربة من المادة العضوية. وعموماً فان التربة الغامقة تكون عالية الإنتاجية بسبب زيادة المادة العضوية والقدرة على زيادة الماء والمغذيات.

يتأثر لون التربة بالاملاح والاكاسيد التي تحويها التربة، ففي الترب المتأثرة بالاملاح يصبح لون التربة غامقاً لاسيما في الترب السبخة وابيض في ترب الشورى، وسنوضح ذلك لاحقاً في ملوحة التربة. ان وجود الصوديوم لاسيما بيكاربونات الصوديوم يعطي لوناً غامقاً للتربة نتيجة تكون هيومات الصوديوم في الترب العضوية، ووجود اكاسيد الحديد يعطي لوناً خاصاً يتأثر برطوبة التربة فهو احمر عند الظروف الهوائية وازرق تحت ظروف الاختزال.

ويمكن تعيين لون التربة باستخدام دليل لون منسل (Munsell colour chart) او كتاب منسل Munsell وهناك ارقام تدل على الوان الترب المختلفة.

يوصف لون التربة بخواص الضوء الأساسية الثلاثة وهي:

1- هيو (hue) الذي يتعلق بطول الموجة الضوئية السائدة.

2- فاليو (value) المسماة احياناً بالسطوع واللمعان (brilliance) الذي يتعلق بمجموع كمية الضوء حيث تزداد هذه الكمية من اللون الغامق الى اللون الفاتح.

3- كروما (chroma) والتي تدل على النقاوة النسبية للموجة الضوئية السائدة.

تدل 10YR على ان الهيو لهذه التربة برقم 10 وهو اصفر – احمر ويدل الرقمان 3,6 على قيمة الفاليو والكروما على التوالي والتسمية الملائمة لهذا اللون بني باهت.

ومن المراجع المهمة:

هلل، دانيال. 1990. المدخل الى فيزياء التربة. ترجمة جمال شريف دوغرامه جي. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

Baver,L.D.Garner,W.H.,Garner,W.R.1972.Soil Physics. John wily& Sosn.

مـــــاء التـربـــة Soil Water

مقدمة

الماء هو أساس استمرار الحياة ونمو جميع الكائنات الحية. قال تعالى ((وجعلنا من الماء كل شيء حي)) ، ((وترى الارض هامدةً فاذا انزلنا عليها الماء اهتزت وربت وانبتت من كل زوج بهيج)). وكما ذكر سابقاً فان التربة تتكون من مواد صلبة ومسامات وتكون المسامات مملوءة بالماء والهواء وهناك علاقة عكسية بين نسبة الماء والهواء، وتؤدي التربة التي تقع بين الجو وبقية جسم الأرض دوراً مهماً في توزيع الماء خلال دورته في الطبيعة حيث تدخل الى التربة كميات كبيرة من ماء التساقط (المطر والندى و.....) الذي يتم نزول جزء منه الى الأعماق ويتبخر جزء اخر من السطح. اما الباقي فأما يمتص من قبل النبات او يبقى حول دقائق التربة كماء غير جاهز ويؤثر وتؤثر كل من كمية الرطوبة والطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تأثيرا كبيراً في خواص التربة المختلفة وعلى نمو النبات ولذا يتوجب على المشتغلين في الزراعة ان يفهموا وبشكل جيد العلاقات المتداخلة بين التربة والماء والنبات لأجل الحصول على اعلى انتاج للمحاصيل.
وبشكل عام فان الصفات المائية للتربة تعتمد بدرجة كبيرة على صفات التربة الفيزيائية لاسيما النسجة والبناء فضلاً عن المكونات الكيميائية للمعادن والمواد المتدبلة (العضوية)، ولذا سيتم التطرق الى المحتوى الرطوبي في التربة والمدلولات والمفاهيم المختلفة للمحتوى الرطوبي والقوى التي يمسك بها الماء وكيفية تقسيم الماء من الناحية الفيزيائية والبايولوجية ومن ثم كيفية حساب المحتوى الرطوبي للتربة.

مفاهيم ومدلولات رطوبية مهمة

هناك مدلولات ومفاهيم مهمة ولها مدلولاتها التطبيقية في الزراعة وهي:

1- نسبة التشبع او نقطة التشبع Saturation point: وهي الرطوبة اللازمة لايصال المحتوى الرطوبي الى حالة تتشبع بها كل المسامات الكبيرة والصغيرة. بتعبير اخر هنا تكون حالة تغدق واحياناً تصل اليها التربة بعد الري مباشرةً اذا لم تكن كمية الماء المضافة محسوبة بشكل صحيح، ويعبر عن نسبة الرطوبة في هذه التربة بالقابلية العظمى على مسك الماء.

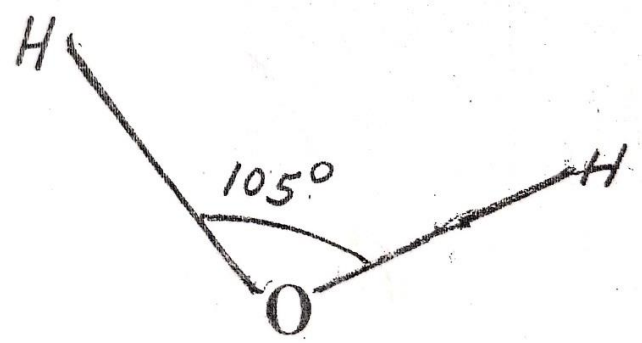
2- السعة الحقلية Field capacity: مفهوم حقلي مهم يمكن الحصول عليه من خلال إضافة كمية ماء كافية لتشبع مساحة معينة من التربة وتغطيتها بغطاء مناسب لتقليل التبخر وتركها لمدة 2- 3 ايام الى يتوقف ماء البزل. وعموماً تقاس السعة الحقلية عند $\frac{1}{3}$ بار (33 كيلوباسكال) او عند 0.1 بار (10 كيلوباسكال) حسب نوع التربة، وبشكل تقريبي تقترب السعة الحقلية من منتصف قيمية التشبع، ويعبر عنها مختبرياً بقابلية التربة على مسك الماء

(WHC) (Water holding capacity) وهي قابلية التربة على مسك الماء ضد الجذب الارضي، وهنا تكون المسامات الكبيرة عند هذا الحد خالية من الماء والمسامات الصغيرة مملوءة بالماء، وعند الري يجب ان لا تتجاوز كمية الماء المضاف لهذا الحد.

3- نقطة الذبول الدائم P.W.P (Permanent wilting point): هناك طرق عملية وتقريبية لحساب هذه النقطة وعادةً تقاس بتسليط ضغط مقداره 15 بار (1500 كيلوباسكال)، وهنا تصل النباتات الى نقطة ذبول دائم ولايستعيد النبات انتفاخه او يموت مالم يضاف اليه الماء ولكن النبات لايستطيع اعادة حيويته اذا ما وضع في جو مشبع بالرطوبة، وهنا الماء ممسوك بقوة لايستطيع النبات الاستفادة منه.

4- المعامل الهايكروسكوبي Hygroscopic coefficient : يكون الماء في هذه الحالة ممسوك بقوة شديدة وحركته على شكل بخار ماء،وهنا الماء ممسوك بقوة لايستطيع النبات الاستفادة منها.

طاقة ماء التربة Soil Water Energy



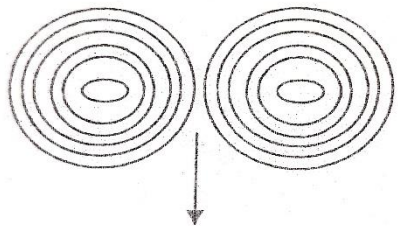
هناك عاملان يؤثران في مسك الماء في التربة وهما:

1- قوة التلاصق Adhesion بين جزيئات الماء ودقائق التربة.

2- قوة التماسك Cohesion بين جزيئات الماء نفسها.

يتكون الماء عادةً من جزء موجب $2H^+$ وجزء وسالب $O^=$. وبما ان سطوح دقائق التربة مشحونة بشحنة سالبة فيتم انجذاب الجزء الموجب من الماء الى الاسطح، وان جزيئات الماء ترتبط مع بأواصر هيدروجينية مكونة من غشاء حول الدقائق.

الماء في التربة يمسك بطاقة معينة وتختلف هذه الطاقة حسب الموقع او البعد عن سطوح الدقائق الصلبة وكلما اقتربنا من الدقائق تكون قوة الربط اقوى او بطاقة عالية وتقل كلما ابتعدنا حتى نصل الى ان تكون الطاقة صفراً أي لا يوجد مسك وهنا يتحرك الماء بفعل الجاذبية، اي عند اضافة الماء الى تربة جافة تتكون اغلفة الماء حول الدقائق الى ان تمتلئ المسامات الدقيقة والتي يكون فيها الربط قوياً بين الماء والتربة وفي المسامات الكبيرة يكون الربط قليلاً ويتحرك الماء نحو الاسفل والمخطط التالي يوضح ذلك.



اذا افترضنا ان طاقة الماء عند سطح الماء الحر = صفر، فان قيمة الطاقة الممسوك بها الماء في التربة تكون سالبة او تحت الصفر، اي ان الطاقة تكون صفراً في المسام الكبير عند التشبع وسالبة في المسام الصغير. وان قابلية التربة على خزن الماء تعمل كحساب مصرفي تخزن المضاف لها من الماء ليستفيد منه النبات فيما بعد.

وحدات طاقة الماء في التربة

يمكن قياس طاقة الماء بوحدات:

الشغل Work: ويمثل القوة × الازاحة

والطاقة هي القابلية على انجاز شغل ولذا فان الطاقة = الشغل

$$E=W=F.h=mgh$$

او الطاقة= الشغل= القوة × الازاحة (الارتفاع) = الكتلة × التعجيل الارضي× الارتفاع

h = ارتفاع الماء ، m = كتلة الماء ، g = التعجيل الارضي

وحدات الطاقة ايرك او الداين. سم

الجهد Potential (Ψ): كمية الشغل المنجز على وحدة الكتلة.

$$\Psi = \frac{mgh}{m} = gh$$

الوحدات ايرك غم او سم^2 ثا$^{-2}$

الجهد فوق مستوى الماء الارضي يكون سالباً وتحت المستوى يكون موجباً، والجهد مهم في حركة الماء من مكان الى اخر من التربة الى الجذور وهكذا.

الضغط Pressure:

اذا كان ضغط الماء اعلى من الضغط الجوي يكون موجباً اما اذا كان تحت مستوى الضغط الجوي فيكون سالباً.

الضغط عند سطح الماء الحر يساوي صفراً ومساوي للضغط الجوي.

اذن الضغط = القوة على المساحة

$$p = \frac{mg}{A} = \frac{vg}{A} = \frac{Ahg}{A}$$

V = حجم عمود الماء ، A = مساحة المقطع العرضي لعمود الماء

الوحدات داين سم$^{-2}$ او غم سم$^{-1}$ ثا$^{-2}$

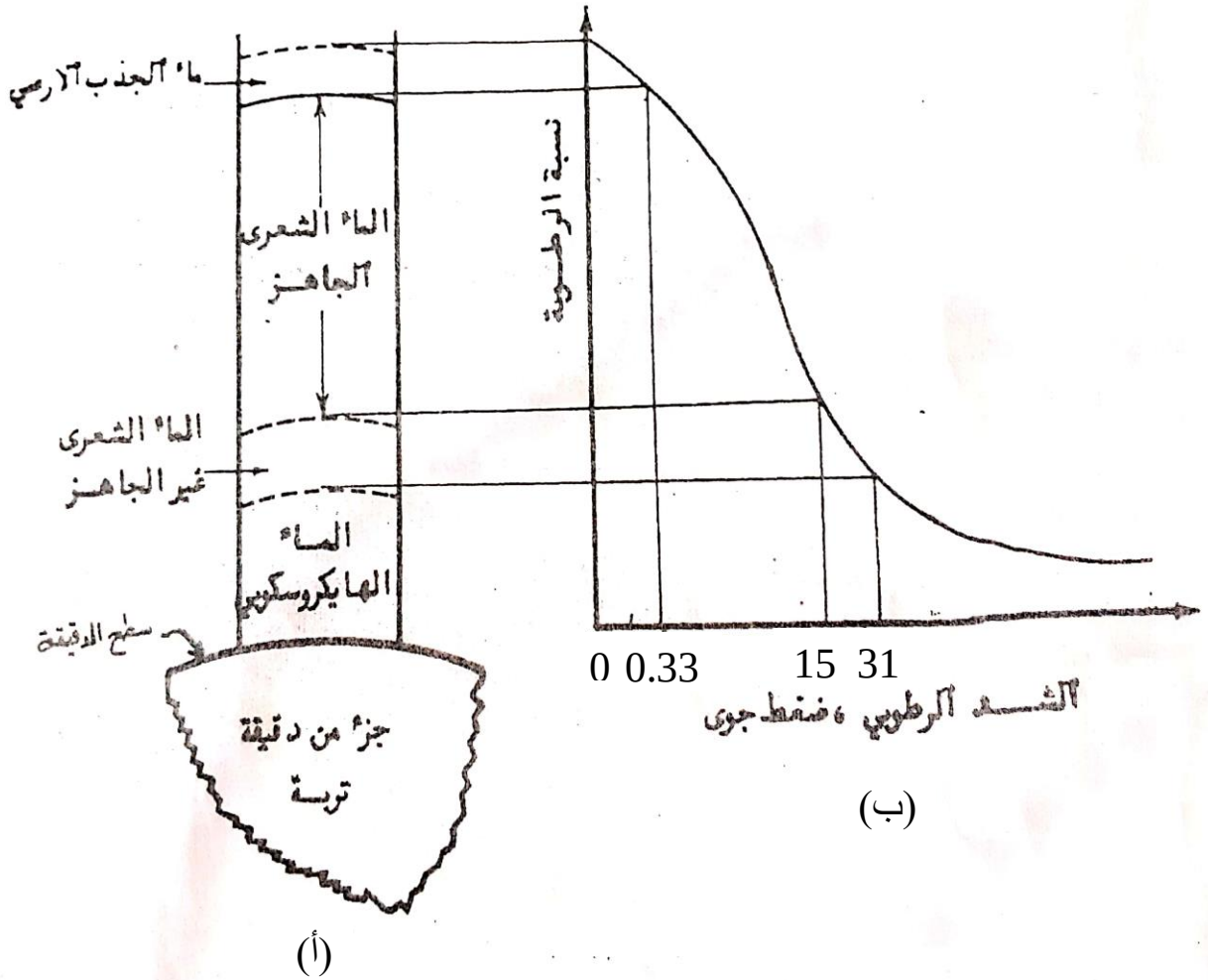
طول عمود الماء يكون كافياً لقياس الضغط لان الوحدات او القيم الاخرى ثابتة عند درجة حرارة ثابتة.

عموماً سيتم استخدام طول عمود الماء قياساً للطاقة ويكون الارتفاع موجباً او سالباً اعتماداً على الموقع من سطح الماء الحر. وبما ان الضغط الجوي = 1034 سم ماء والبار Bar =1021 سم ماء، اذن الضغط الجوي ≅ البار. وهناك وحدة عالمية تسمى الباسكال Pascal، 1 بار= 100 كيلوباسكال Bar= 100 Kpa.

العلاقة بين الشد الرطوبي ونسبة الرطوبة

عموماً الشد الرطوبي (قوة المسك) تنخفض كلما ابتعدنا عن سطح الدقائق الى ان تصل الى صفر في التربة المشبعة. وعند قياس الشد بنسب رطوبية مختلفة نحصل على ما يسمى بمنحنى الشد الرطوبي (منحنى الوصف الرطوبي) ويكون لكل تربة منحنى خاص بها.

من هذا المنحني نستطيع وصف وتحديد طبيعة العلاقة وحدود السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم والماء الجاهز، وتكون هذه العلاقة عكسية وكما موضح في المخطط التالي:



تصنيف ماء التربة

التصنيف الفيزيائي المقترح من Briggs

1- ماء الاجتذاب: الماء الحر الممسوك بطاقة اقل من الطاقة الكامنة للسعة الحقلية، يتحرك بطلاقة تحت تأثير الجذب الأرضي.

2- الماء الشعري Capillary water: الماء الممسوك حول دقائق التربة وبين المسامات وهو ما يسمى بمحلول التربة Soil solution ولا يكون جميعه جاهز للنبات.

3- الماء الهايكروسكوبي: ماء ممسوك بشد عالٍ الى سطوح الدقائق ويتحرك بشكل بخار الماء.

التصنيف البايولوجي للماء

1- ماء الاجتذاب: وهو الماء الذي يتحك بفعل الجاذبية الارضية، ويكون حر الحركة في المسامات الكبيرة ولا يستطيع النبات الاستفادة منه بشكل جيد برغم عدم امتساكه في التربة لسرعة فقدانه ونزوله الى الاسفل.

2- الماء الجاهز Available water: وهو الماء الممسوك بين حدي السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وهذا الماء فيه درجات مختلفة من اليسر للنبات ويفضل اضافة الماء قبل او عند استنزاف 75 % من الماء الجاهز او حتى 50 % كي لايتاثر النبات باي اجهاد رطوبي ونحصل على انتاج عالي.

3- الماء غير الجاهز Unavailable water: وهو الماء الممسوك بشد عالٍ ولا يستطيع النبات امتصاصه ولاستفادة منه.

والجدول الاتي يبين العلاقة بين الماء الجاهز ونسجة التربة ويلاحظ انه على الرغم من ان التربة الطينية تمسك كمية اكبر من الماء مقارنةً بباقي الترب الا ان نقطة الذبول الدائم فيها عالية، لذا فان الماء الجاهز في التربة المزيجة يكون اعلى.

النسجة	الطين %	التشبع %	السعة الحقلية%	نقطة الذبول الدائم%	الماء الجاهز%
الرمل Sandy	3	40	6	2	4
المزيجة Loamy	22	50	29	5	24
الطينية Clayey	47	60	41	20	21

اهم العوامل المؤثرة في جاهزية الماء للنبات هي:

1- قابلية التربة على مسك الماء.

2- عمق المنطقة الجذرية.

3- ملوحة التربة.

وتؤثر ملوحة التربة بشكل كبير من خلال تأثيرها في جهد الماء اذ ان جهد الماء Ψw عموماً يتكون من الجهد الهيكلي(امتساك الماء من الأجزاء الصلبة من التربة) Ψm والجهد الملحي او الازموزيΨs الذي يؤثر سلباً في جهد الماء. بتعبير اخر ان زيادة الملوحة تزيد من مسك وتقلل من جاهزية الامتصاص من قبل النبات.

مسك ماء التربة

جهد الماء الكلي: كمية الشغل الذي تنجزه وحدة كمية واحدة من الماء عندما تتحرك الى منطقة الماء الحر في نفس درجة الحرارة وعند نفس مستوى القياس، وعموماً فان الماء يتحرك من منطقة ذات جهد عالي الى منطقة ذات جهد واطئ

$$\Psi w = \Psi z + \Psi m + \Psi p + \Psi s$$

Ψw = جهد الماء الكلي

Ψz = جهد الجاذبية هو المسافة العمودية بين نقطة معينة ونقطة القياس اذا كانت النقطة فوق مستوى القياس يكون جهد الجاذبية موجب، واذا كانت النقطة تحت مستوى القياس يكون جهد الجاذبية سالباً. (**مستوى القياس هو مستوى مرجعي ويوضع بشكل وهمي**).

Ψm = الجهد الهيكلي وهو مهم جداً ويمثل القوة التي تجذب الماء للجزء الصلب من التربة، وهي القوة الرئيسية المسؤولة عن جذب المياه الى الاسطح وحركة الماء وتكون صفراً عند التشبع وسالباً عند الجفاف.

Ψp = جهد الضغط ويمثل الفرق في الضغط بين الضغط الجوي لنقطة صافي التربة والمحيط الخارجي، وفي الترب غير المشبعة يساوي صفراً الا ان له اهمية في الترب المشبعة.

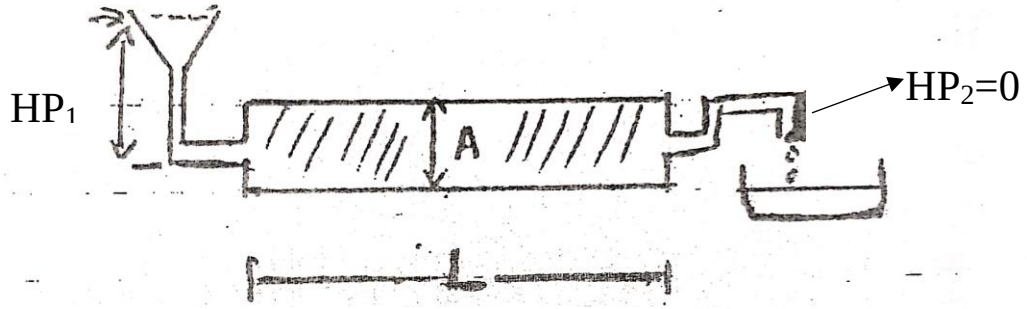
Ψs= جهد المحلول وهو سالب ومهم جداً في الترب الملحية.

وعموماً Ψm و Ψs هي الأكثر اهمية والمحركة للماء من نقطة الى اخرى. اما العوامل المؤثرة على مسك الماء في التربة (دقائق التربة الصلبة) هي:

1- جذب الدقائق لجزيئات الماء (الالتصاق adhesion).
2- التجاذب بين جزيئات الماء نفسها (الامتساك cohesion).

حركة الماء في التربة

حركة الماء من نقطة الى اخرى، ومن التربة الى جذور النباتات. لنفترض ان لدينا عموداً متجانساً مشبعاً بالماء.



قانون دارسي

$$Q = KA\frac{\Delta H}{L}$$

Q = كمية الماء او التصريف حجم/ زمن.
K = معامل التناسب او الايصالية المائية.
A = مساحة المقطع العرضي للعمود.
L = طول العمود.

اي ان جريان الماء خلال التربة يتناسب طردياً مع انحدار جهد الماء او انحدار طاقة الماء وعكسياً مع المسافة L، وQ هي كمية الجريان وانحدار جهد الماء يتأثر بقوة الجذب الأرضي وقوة ضغط الماء.

حركة الماء في الترب المنضدة

وجود اكثر من نسجة في التربة يؤثر في حركة الماء، وان الماء يتحرك بشكل بطيء في الترب الناعمة النسجة وينتشر جانبياً وراسياً الى ان يصل الى الطبقة الرملية والتي تكون حركة الماء فيها سريعة. اما اذا كانت الطبقة الرملية على السطح يتحرك الماء بسرعة الى ان يصل الى الطبقة الناعمة وتكون حركته بطيئة.

ومن المراجع المهمة:

العاني، عبدالله العاني.1980. مبادئ علم التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

جيمز. دي. دبليو و ار. جي هانكز وجي جي جورنك.1980. الجديد في الترب المروية. ترجمة مهدي إبراهيم عودة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة البصرة.

Hansen,V.e., Israelsen, O.W & Stringham, G.E.1980.Irrigation Principles and Practices. John Wiley& Sons. New York.

جامعة الانبار
كلية الزراعة
قسم علوم التربة والموارد المائية

د. سعد عناد الدليمي

الغرويات وخواص التربة الكيميائية

Colloids & Chemical Soil Properties

مقدمة

كما تبين من المحاضرات السابقة ان لأحجام الدقائق اهمية كبيرة بالنسبة لخواص التربة المختلفة وانه كلما صغر معدل قطر الدقائق الصلبة ازدادت المساحة السطحية النوعية التي تؤثر بدورها في الكثير من خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، ومثال على ذلك فان المساحة السطحية النوعية لدقائق الطين تزيد اكثر من 1000 مرة على المساحة السطحية النوعية للرمل الخشن.

ان نسبة لاباس بها من الدقائق الصلبة في التربة يقل حجمها عن 1 مايكروميتر (1 مايكروميتر= 10^{-4} سم = 10^{-6} متر) ويسمى معلق الدقائق التي اقطارها المكافئة اقل 1 مايكروميتر معلقاً او محلولاً غروياً، وقد يستعمل التعبير غروي للدلالة على الدقائق التي اقطارها اقل من 1 مايكروميتر ايضاً. والدقائق الغروية عبارة عن دقائق معدنية (لاعضوية) ودقائق معدنية، وعموماً الغرويات تشمل جزءاً كبيراً من الطين والدبال من المادة العضوية.

وسنتطرق في هذه المحاضرة الى صفات كل من الغرويات المعدنية والعضوية التي لها أهمية كبيرة في التأثير على النشاط الكيميائي والذي بدوره يؤثر في الصفات الفيزيائية والخواص البايولوجية (الحيوية) للتربة وفي نمو النبات.

الغرويات المعدنية

يتكون الجزء الأعظم من دقائق التربة الغروية من المعادن الطينية وهناك مجموعتان مختلفتان من المعادن الطينية هي:

1- مجموعة اطيان السليكات Silicates clays: تتواجد في ترب المناطق المعتدلة والمهمة زراعياً في انحاء العالم.

2- مجموعة الاطيان غير السليكاتية Non silicates clays (مجموعة المتميئة للحديد والالمنيوم): تكثر في ترب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية.

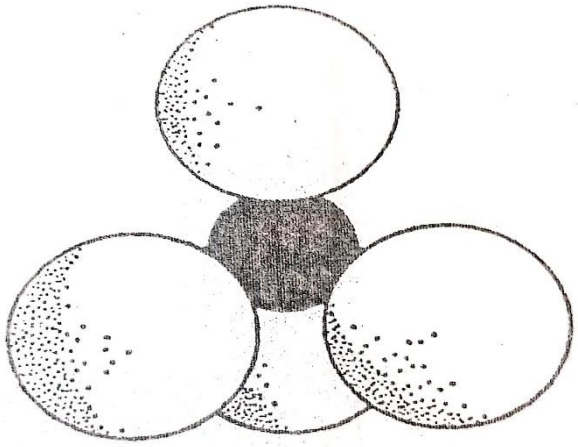
ونظراً لأهمية الاطيان السليكاتية وانتشارها في مناخات وترب مختلفة ومنها ترب العراق سيتم التركيز عليها.

المعادن السليكاتية واطيان السليكات

ان دقائق اطيان السليكات هي دقائق بلورية التركيب برغم صغر حجمها، وتتالف وحدات بناء المعادن الطينية من طبقات من رباعيات السطوح (Tetrahedra sheets) متكونة من الاوكسجين والسليكون والتي ايضاً بطبقات السليكا (Silica layers) ومن طبقات ثماني السطوح (Octahedra sheets) لاكاسيد وهيدروكسيدات الالمنيوم والمغنيسيوم، وتنتظم طبقات رباعي

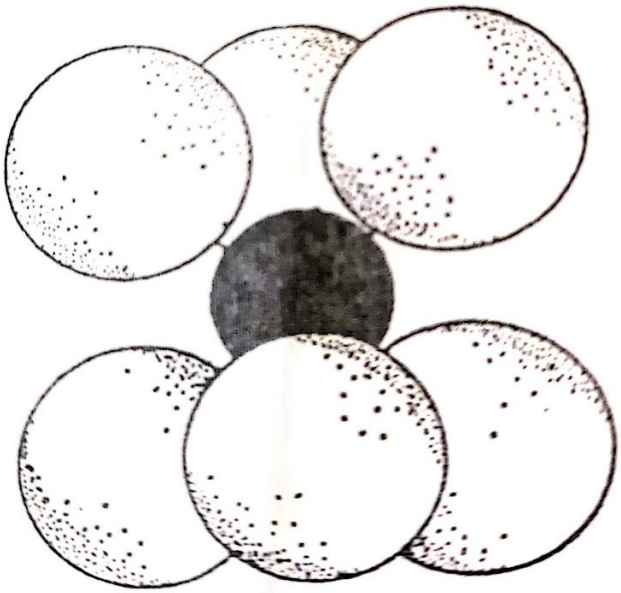
السطوح وثماني السطوح في معظم المعادن الطينية بطرائق متعددة لتكوين المعادن الطينية المختلفة.

ففي طبقات رباعي السطوح يتم تناسق كل ذرة من ذرات السليكون مع اربع ذرات من الاوكسجين وكما في الشكل الاتي:



Silicon oxygen tetrahedron

اما في طبقات ثماني السطوح فان ذرات الالمنيوم او المغنيسيوم تتناسق مع ست من ذرات الاوكسجين او مجموعات الهيدروكسيل التي تحيط بذرة الالمنيوم او المغنيسيوم كما في الشك الاتي:

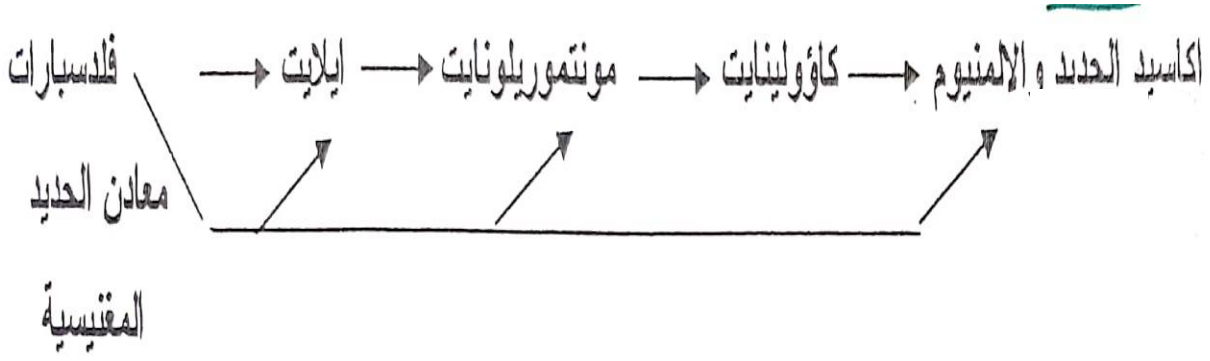


Aluminium hydroxyl octahedron

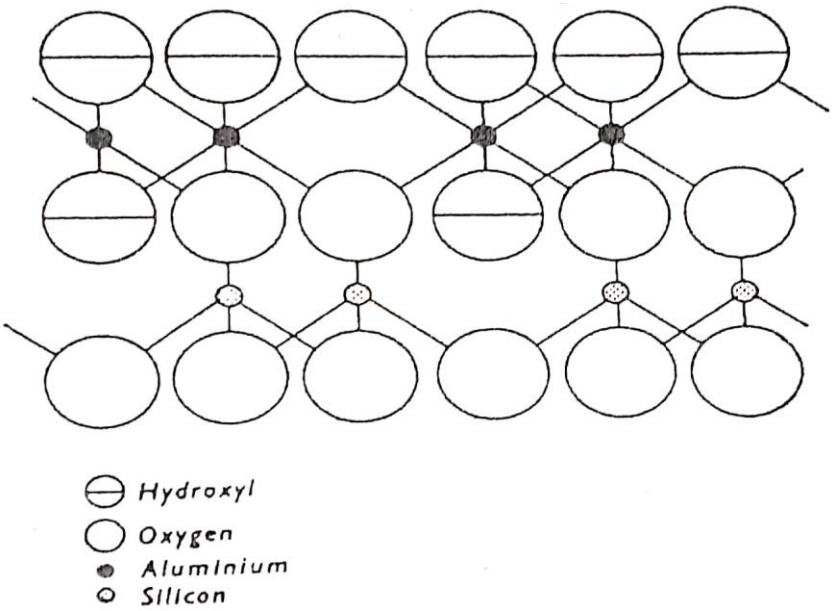
ان اشتراك ثمانيات السطوح المتجاورة بذرة من الاوكسجين يؤدي الى طبقة من ثماني السطوح ويتم الربط بين طبقات رباعي وثماني السطوح بالأوكسجين، وتقسم المعادن السلكاتية حسب عدد الطبقات الى ثنائية الطبقات او معادن 1 :1 والتي تحوي على طبقة من السليكا وطبقة من الالومينا كما في معادن الكاؤولينايت والمعادن الثلاثية الطبقات او معادن 2 :1 والتي تتكون من طبقتين من السليكا وطبقة في الوسط من الالومينا كما هو الحال في معادن المونتموريلونايت وهناك تقسيمات مختلفة منها:

1- مجموعة الكاندايت Kandite group: وتسمى مجموعة الكاؤولينايت Kaolinite group وهي عبارة عن معادن ثنائية الطبقات 1:1 طبقة من السليكا وطبقة من الالومينا ويكون الارتباط بين الطبقات عن طريق الاشتراك بذرة الاوكسجين، وترتبط البلورات ببعضها بشدة مما يؤدي الى تكون دقائق كبيرة الحجم نسبياً وان الماء لايستطيع النفاذ بين الوحدات التركيبية او بين الطبقات المكونة للدقائق لهذا الطين بسبب ثبات المسافة البلورية وصغرها بحيث انها اصغر من قطر جزيئة الماء. لذلك فان هذا الطين لايملك قابلية على التمدد والتقلص عند الترطيب والجفاف، وبما ان القابلية لهذا المعدن على مسك الماء والمغذيات تعتمد على الاسطح الخارجية فقط، تكون القابلية على المسك منخفضة ومصدر الشحنات في هكذا نوع من المعادن هو تكسر الحواف الذي يؤدي الى ظهور شحنة سالبة على دقائق الطين.

ان طين الكاؤولينايت قد ينتج في الترب الحاوية على طين المونتموريلونايت عندما يزداد غسل الايونات الموجبة بواسطة الماء وتطور بيئة عالية الحموضة مما يؤدي الى تحور او تحطم المونتموريلونايت وتكون طين الكاؤولينايت وقد يتطور الكاؤولينايت مباشرةً من المعادن الاولية في ترب المناطق الاستوائية الرطبة.

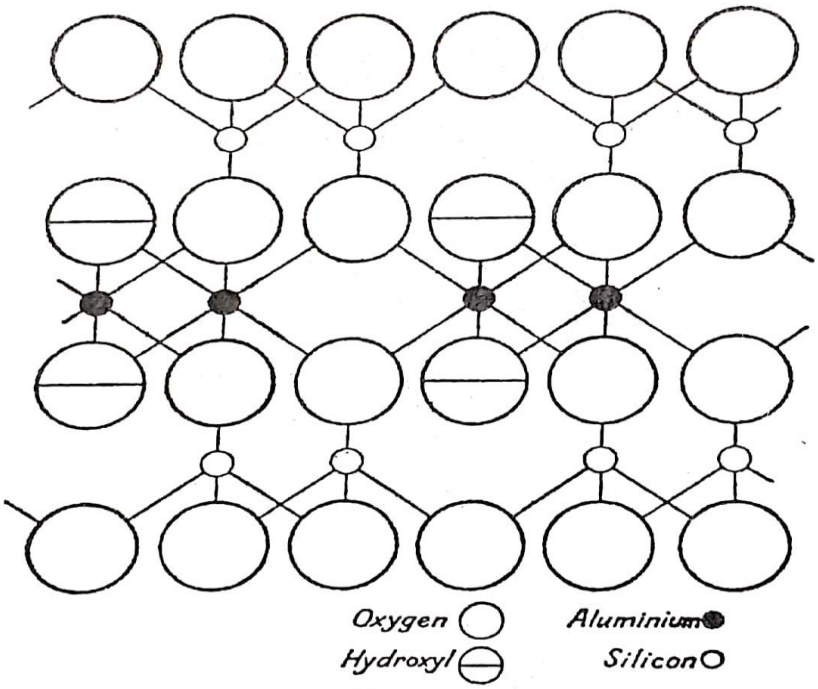


والمخطط الاتي يبين كيفية انتظام الذرات في وحدة خلية الاطيان ثنائية الطبقات (المخطط لمعدن الكاؤولينايت)



Kaolinite structure (diagrammatic).

2- مجموعة السمكتايت Smectite group: وتسمى غالباً مجموعة المونتموريلونايت وتشمل على معادن طينية مختلفة كالمونتموريلونايت والبايدلايت والنترونايت والسايونايت، واهم هذه المجموعة بالنسبة للترب الزراعية هو المونتموريلونايت. ان معدن المونتموريلونايت ثلاثي الطبقات يتكون من طبقتي سليكا وطبقة من الالومينا ترتبط ببعضها عن طريق الاشتراك بذرات من الاوكسجين ويطلق عليه معدن 2 :1، وهذه الطبقات تتمدد وتتقلص بسهولة عند الترطيب والجفاف مما يؤدي الى ان الترب الحاوية على نسب عالية من هذا المعدن (النوع من الطين) الى ان تتشقق عند الجفاف وتكون واطئة النفاذية عند التشبع بالماء، وتكون السطوح الداخلية والخارجية لهذا النوع من الطين قادرة على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، وتتراوح اقطار دقائق المونتموريلونايت عادةً بين 0.01 – 1.0 مايكروميتر. والمخطط التالي يبين كيفية انتظام الذرات في وحدة خلية الاطيان ثلاثية الطبقات (معدن البايروفيلايت).



Pyrophyllite structure (diagrammatic).

وعند ابدال جزء من ذرات الالمنيوم بذرات المغنيسيوم بما يسمى بالاحلال المتماثل (Isomorphous substitution) ينتج عنه ظهور شحنات سالبة فائضة والاحلال المتماثل هو احد المصادر الرئيسية من مصادر الشحنات السالبة لاسيما في معادن 2 :1 والمعدن الناتج هو معدن المونتموريلونايت. يتصف معدن المونتموريلونايت بلدانة Plasticity، وتماسك Cohesion، عاليين وقابلية عالية على التمدد والتقلص وبسهولة التشتت الى دقائق قشرية صغيرة الحجم. وعموماً الترب الحاوية على هذا المعدن لا تكون ثابتة التركيب(البناء) الا بوجود مواد لاصقة أخرى وتحتاج هذه الترب الى عناية فائقة لأدارتها إدارة جيدة.
وخلاصة القول يمكن المقارنة بين معدني الكاؤولينايت والمونتموريلونايت كما موضح في ادناه:

الكاؤولينايت $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	1- من نوع 1 :1 ثنائي الطبقات

	2- لا يتمدد بالماء لوجود الاواصر الهيدروجينية بين الوحدات وسمك الطبقة المميزة بالاشعة السينية 7 انكستروم.
	3- لا يوجد احلال متماثل في هذه المعادن ولذلك تكون السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) منخفضة وتتراوح بين 3 – 15 ملي مكافئ لكل 100 غم تربة($3 - 15\ Cmol.Kg^{-1}$ soil).

المونتموريلونايت $Al_4(OH)_4Si_8O_{10}.nH2O$	1- من نوع 2 :1 ثلاثي الطبقات
	2- يتمدد بالماء وسمك الطبقة المميزة بالاشعة السينية بين 9.6 - 21.0 انكستروم.
	3- السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) عالية نتيجة وجود الاحلال المتماثل وتتراوح بين 80 – 150 ملي مكافئ لكل 100 غم تربة($80 - 150\ Cmol.Kg^{-1}$ soil).

السعة التبادلية للأيونات الموجبة يعبر عنها بوحدات ملي مكافئ / 100 غم تربة او سنتي مول كغم$^{-1}$ تربة حسب الوحدات العالمية (SI).

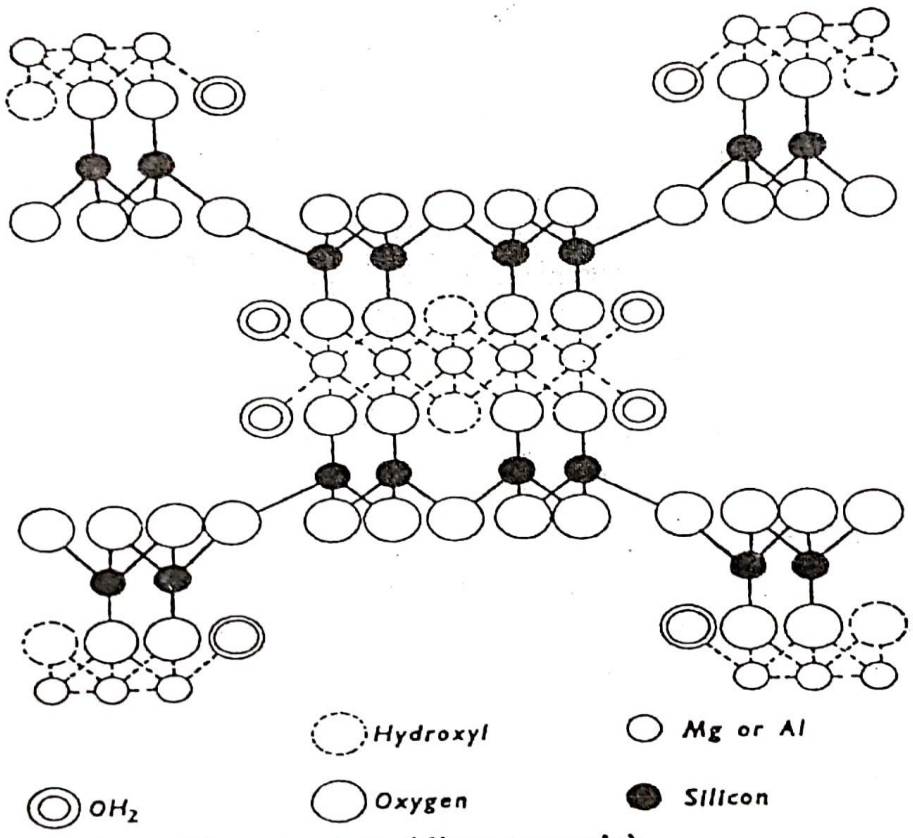
3- مجموعة المايكا المتميئة او مجموعة الايلايت (Hydrous mica or Illite group):

نوع من الاطيان 2 :1 واهم هذه المجموعة هو طين الايلايت وفيها يحدث احلال متماثل لما يقارب ربع ايونات السليكون الرباعية الشحنة في طبقة رباعي السطوح بأيونات الالمنيوم الثلاثية الشحنة، فضلاً عن حصول الابدال المتماثل في طبقة ثماني السطوح كما في المونتموريلونايت.

وعند وجود ايون البوتاسيوم خلال عملية التجوية يدخل هذا الايون في الفتحة السداسية في طبقة الاوكسجين السطحية المكونة لرباعي السطوح، ويقوم ايون البوتاسيوم هذا بربط سطوح الوحدات التركيبية مع بعضها مكوناً ما يسمى بجسر O-K-O مما يمنع من التمدد، والبوتاسيوم لا يكون قابلاً للتبادل ولا جاهزاً بشكل مباشر للنبات.

4- مجموعة الباليكورسكايت Palygorskite group:

تكون بلورات ابرية وكما في المخطط التالي:



Palygorskite structure (diagrammatic).

الغرويات العضوية

الدبال: الجزء المهم في الغرويات العضوية وهو عبارة عن مادة عضوية في التربة تكون غامقة اللون ومتحللة بدرجة كبيرة بحيث تكون ثابتة البناء(التركيب) نسبياً. المساحة السطحية للدبال عالية جداً وقابليته على مسك الايونات اعلى بكثير من المعادن الطينية وتكون سعة التبادل للأيونات الموجبة بحدود 150 400 ملي مكافئ/100 غم تربة، ويتكون الدبال من الكاربون C والهيدروجين H والاوكسجين O_2 مع قليل من النتروجين N والفسفور P والكبريت S وعناصر اخرى.

ان مصادر الشحنات السالبة على الدبال هي مجموعات الفينول (-OH) والكاربوكسيل (-COOH) اذ تتكون الشحنة السالبة نتيجة انفصال ايون الهيدروجين عن بعض تلك المجاميع وبتأثير pH الوسط كما سيوضح ذلك لاحقاً.

الصفات الامدصاصية (الامتزازية) لغرويات التربة Adsorption or Sorption Properties

ان التعبير عن امدصاص او ادمصاص Adsorption يختلف عن امتصاص Absorption لان الادمصاص هو عملية تحدث على السطح، اما الامتصاص فهو عملية دخول الى الداخل. ونظراً لصعوبة التمييز بين ادمصاص وامتصاص العناصر على الاسطح الغروية فان الشائع حالياً هو استخدام Sorption والذي غالباً يشمل الكيفية التي يمسك بها الايون على الاسطح الغروية من دون الدخول في التفاصيل.

وتعد التربة من المواد التي لها القابلية على الامتزاز من خلال امتلاكها من خلال امتلاكها المواد الغروية التي تتميز بوجود مساحات سطحية كبيرة وبوجود الشحنة الكهربائية على سطوحها الخارجية والداخلية والتي تشكل ما يسمى بمعقد الامتزاز او معقد التبادل للتربة. ويؤكد Bolt واخرون (1976) ان المساحة السطحية النوعية مؤشر أساسي للتمييز بين مكونات التربة ذات القابلية على الامتزاز من عدمها، ان وجود ظاهرة التبادل الايوني والامتزاز تجعل من العناصر الغذائية مخزونة على السطوح الغروية بشكل قابل للابدال والامتصاص من قبل النبات. بتعبير اخر صفة الامتزاز والتبادل الايوني تعطي التربة القابلية على خزن العناصر الغذائية الضرورية للنبات بشكل قابل للتبادل والامتصاص من قبل جذور النباتات.

مصادر الشحنات في غرويات التربة

عموماً تكون الشحنة السالبة هي السائدة على اسطح الغرويات وتعد هذه الشحنة محصلة الشحنة او الشحنة الصافية على سطح معظم غرويات التربة، والمصادر المكونة للشحنات هي:

1- الاستبدال التناظري او المتماثل: يقصد به استبدال ايون موجب في الشبكة البلورية بأيون موجب ما من الوسط المحيط بالبلورة وعادةً يكون هذا الايون الموجب مساوياً بالحجم للأيون المستبدل ومختلف عنه بالتكافؤ. هذا النوع يحدث عند عملية التبلور ولايقود الى اي تشوهات في بناء الشبكة البلورية.

امثلة:

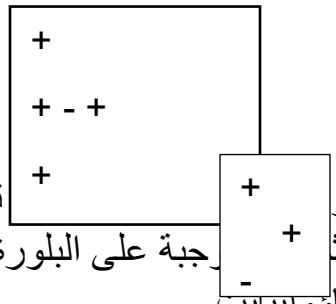
احلال Al^{+3} محل SI^{+4} في الاوكتاهيدرا وينتج عن هذا زيادة في كمية الشحنة السالبة الفائضة بسبب الاختلاف في تكافؤ الايونات المتبادلة.

$$\boxed{O^{--} \quad Si^{+4} \quad O^{--}} + Al^{+3} \qquad \overset{-}{\boxed{O^{--} \quad Al^{+3} \quad O^{--}}}$$

$$\boxed{O^{--} \quad Al^{+3} \quad OH^{-}} + Fe^{+3} \qquad \overset{-}{\boxed{O^{--} \quad Fe^{+2} \quad OH^{-}}}$$

وهنا الشحنة لا تعتمد على درجة تفاعل الوسط، وهذا النوع من الاستبدال هو المصدر الرئيسي للشحنات في معادن 2 :1. اما بالنسبة للمعادن 1 :1 فهذا النوع من الاستبدال نادر.

2- تكسر الحواف: عبارة عن الشحنة غير المشبعة الموجودة على حافات الدقائق الغروية المعدنية، وهذه الاواصر المكسورة بين الاوكسجين او الاوكسجين والالمنيوم.



هذا النوع ليس ثابتاً لا في كميته ولا في نو[illegible] تفاعل الوسط pH، اذ عند pH منخفض هناك وفرة من H^+ وتظهر الش[illegible]جبة على البلورة والعكس عند pH مرتفع. وهذا هو المصدر الرئيسي للشحنات في الكاؤولينايت.

3- مصادر الشحنات في الغرويات العضوية: مصدرها تحلل المجاميع الوظيفية الموجودة في حوامض الهيوميك Humic acid وحامض الفولفيك Fulvic acid وهذه المجاميع هي الكاربوكسيل والهايدروكسيل اذ يتعرض فيها ايون الهيدروجين H^+ الى التحلل عند درجات تفاعل معينة مسببة ظهور الشحنات السالبة.

$$R\text{-}COOH \longrightarrow R\text{-}COO^- \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots H^+$$

$$R\text{-}OH \longrightarrow R\text{-}O^- \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots H^+$$

يعتمد التنافس بين الايونات الموجبة على معقد التبادل بصورة رئيسية على:

1- القوة التي يمسك بها الايون على معقد التبادل.

2- التركيز الايوني الموجود بحالة ذائبة في التربة.

اما القوة التي تمسك بها الايونات على معقد التبادل فتعتمد على:

نوع الايون: والذي يشمل شحنته، وحجمه، ودرجة تميئه، فضلاً عن نوع السطوح هل هي عضوية او معدنية والتي تؤثر في تركيز الشحنة في وحدة المساحة من السطح.

❖ بالنسبة للشحنة يكون التسلسل كالاتي:

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

اما بالنسبة لأيون الهيدروجين H^+ فله خصوصية معينة وقوة المسك تساوي الكالسيوم احياناً لأنه يتواجد اما بشكل H^+ او H_3O^+ ويعتمد على نوع السطوح ايضاً.

- ❖ درجة التميوء تعتمد على قوة مسك جزيئات الماء حول الايون، وهنا فان قوة الامتصاص Adsorption تزداد كلما قل سمك الغلاف المائي حول الايون ولذا يكون ايون الصوديوم الاقل او الاضعف بالتنافس لكبر حجم الغلاف المائي حوله.
- ❖ كذلك تتأثر نسبة الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل بتركيز الايونات الذائبة في المحلول.
- ❖ نوع الايونات السالبة في المحلول ايضاً تؤثر في قابلية الايونات الموجبة على التنافس وكميتها على معقد التبادل، والتأثير هنا له علاقة بإزالة الهيدروجين من المادة العضوية.

مثال: اضافة كاربونات الصوديوم الى مادة دبالية

$$2R - OH + Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2R - ONa + H_2CO_3$$

قليل التأين مما يساعد على ازالة H

سعة تبادل الايونات الموجبة Cation Exchange Capacity (CEC)

يقصد بسعة تبادل الايونات الموجبة في التربة بانها كمية الايونات الموجبة الممسوكة في التربة بشكل قابل للتبادل عند رقم حموضة معين، وتقدر هذه الكمية بالملي مكافئ من الايونات الموجبة في كل مائة غرام من التربة او مكوناتها، وحالياً وحسب الوحدات العالمية (SI unite) يعبر عن سعة تبادل الايونات الموجبة بالسنتي مول شحنة لكل كغم من التربة ($Cmolc.\ Kg^{-1}$ soil) وهي مساوية للوحدات القديمة ملي مكافئ/ 100 غم تربة (meq/ 100g soil).

لتقدير سعة تبادل الايونات الموجبة للتربة فانه يمكن عمل ذلك اما من خلال حساب تركيز كل الايونات الموجبة على معقد التبادل ثم حساب مجموعها او اضافة محلول من خلات الامونيوم وهنا يحل الامونيوم محل كل الايونات الموجبة ثم بعد ذلك يزاح ايون الامونيوم ويحسب التركيز وهذا يمثل سعة التربة على تبادل الايونات الموجبة.

مثال: لو فرضنا ان الكميات التالية من الايونات وجدت على معقد التبادل في مائة غرام من التربة، فما هي سعة تبادل الايونات الموجبة لهذه التربة؟

الايون	الوزن(غم / 100 غم تربة)	الوزن المكافئ للأيون	مليكافئ/ 100 غم تربة
Ca^{+2}	0.120	20.0 = 40/2	6
Mg^{+2}	0.012	12.0 = 24/2	1

Na^+	0.046	23 = 23/1	2
H^+	0.001	1.0 = 1/1	1
Al^{+3}	0.009	9.0 = 27/3	1
K^+	0.078	39/1	2

ملاحظة: ان الاوزان الذرية لكل من الكالسيوم المغنيسيوم والصوديوم والهيدروجين والالمنيوم والبوتاسيوم هي: 40، 24 ،23، 1، 27، 39 على التوالي.

$$\text{الوزن المكافئ للايون} = \frac{\text{الوزن الذري}}{\text{التكافؤ}}$$

$$\text{مليمكافئ/100 غم تربة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن المكافئ}} \times 1000$$

مثال بالنسبة للكالسيوم

$$\text{مليمكافئ/100غم تربة} = \frac{0.120}{20} \times 1000 = 6 \text{ ملي مكافئ } 100/Ca \text{ غم تربة}$$

ولهذا فان سعة تبادل الايونات الموجبة لهذه التربة هي 13 ملي مكافئ لكل 100 غم تربة (13 سنتي مول كغم$^{-1}$ تربة).

العوامل المؤثرة في سعة تبادل الايونات الموجبة في التربة

1- نسبة ونوع المعادن الطينية في التربة.
2- نسبة المادة العضوية المتدبلة في التربة.
3- حموضة التربة او الاس الهيدروجيني pH.

مثال:

لو فرضنا ان تربة ما تحتوي على 15% من طين المونتموريلونايت و10% كلورايت و3% مادة عضوية متدبلة فما هي قابلية التربة على مسك الايونات الموجبة، وعلى افتراض ان قابلية كل من طين المونتموريلونايت والكلورايت والمادة العضوية على تبادل الايونات هي 100 و40 و300 ملي مكافئ/ 100 غم تربة على التوالي.

الحل:

سعة تبادل الايونات الموجبة(CEC) للتربة= CEC (للطين)× نسبة الطين+ CEC (للمادة العضوية) × نسبة المادة العضوية المتدبلة.

اذ ان:

CEC = (100 × 15 + 40 × 10 + 300 × 3) × 0.01 = 28 مليمكافئ/100 غم تربة.

او 100 × 0.15 + 40 ×0.1 +300 ×0.03 =28 مليمكافئ/100 غم تربة.

والجدول الاتي يبين القابلية على مسك الايونات الموجبة لبعض الاطيان والمادة العضوية عند درجة حموضة pH متعادل.

المادة	مدى سعة تبادل الايونات الموجبة(CEC) مليمكافئ / 100 غم تربة	المادة	CEC
كاؤولينايت	16 - 2	المادة العضوية المتدبلة	300 - 100
ايلايت	40 - 20	الفيرميكيولايت	150 - 100
مونتموريلونايت	100 – 60		

تأثير رقم الحموضة pH في سعة تبادل الايونات الموجبة

يدل رقم الحموضة (الاس الهيدروجيني) او الـــ pH والذي هو جهد الهيدروجين على تركيز ايونات الهيدروجين الفعالة في المحلول.

$$pH= -Log[H^+]$$

مثال:

ما هو رقم الحموضة لماء نقي اذا علمت ان تركيز ايون الهيدروجين فيه هو 0.000.0001 مليمكافئ / لتر.

الحل:

من المعادلة اعلاه نجد ان:

pH= -Log (0.000.0001) او pH = - لو (0.000.0001) =7

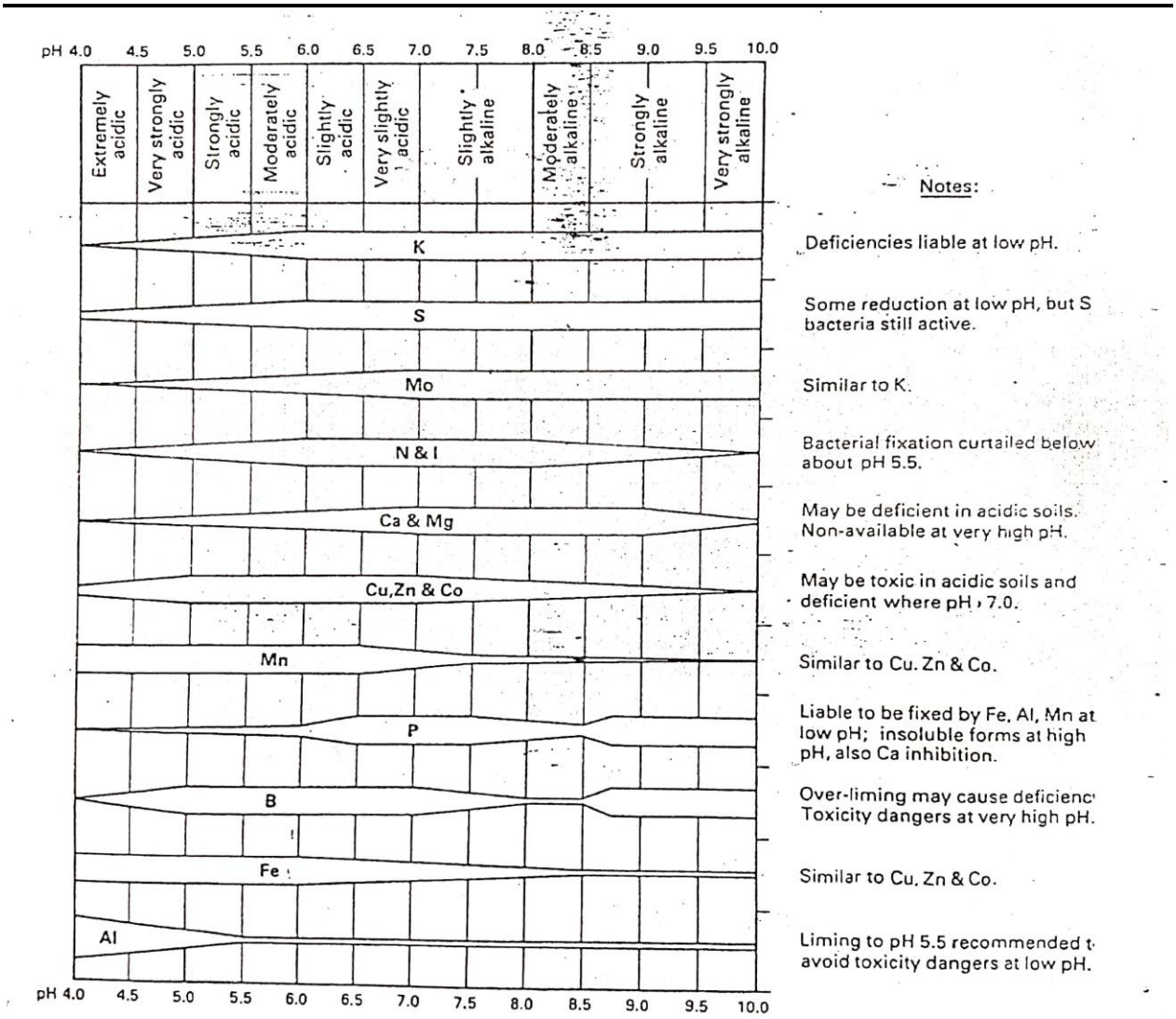
$= - \text{Log}\ (1\times10^{-7}) = 7$

رقم الحموضة من الصفات المهمة جداً في معرفة صفات التربة الفيزيائية والبايولوجية وفي تغذية النبات.

وعموماً اذا كان رقم الحموضة = 7 يكون متعادلاً وكلما زاد عن 7 اتجه نحو القاعدية واقل من 7 نحو الحامضية ومجموع pH + POH = 14.

وبشكل عام الترب القاعدية تتصف بنقصان في جاهزية الفسفور وبعض العناصر المغذية الصغرى والترب الحامضية جداً ايضاً تتصف بنقص الفسفور لا الفسفور يكون بشكل راسب في الوسط القاعدي مع الكالسيوم ورواسب في الوسط الحامضي مع الالمنيوم والحديد وافضل جاهزية للفسفور في pH 6.2 – 6.8. ان الترب الحامضية تستصلح بإضافة الكلس $CaCO_3$ في حين تستصلح الترب القاعدية باضافة $CaSO_4.2H_2O$ او الاسمدة ذات التأثير الحامضي.

والشكل التالي يوضح تأثير الـــ pH في جاهزية عدد من العناصر المغذية الشائعة في التربة.



وعموماً الشحنة على المادة العضوية المتدبلة هي من النوع المعتمد على الـ pH وينتج هذا النوع من الشحنات من ازالة ايون الهيدروجين من مجاميع الفينول والكاربوكسيل وغيرهما من المجاميع ولذا عند زيادة رقم الحموضة تحصل زيادة في الشحنة السالبة الى ان يكون المحيط قاعدياً جداً عندئذ تبدأ المادة العضوية بالذوبان في المحلول.

$$R - OH + KCl \rightleftharpoons R - OK = HCl$$

البفر او قابلية التربة على تنظيم درجة حموضتها Buffering capacity

وهي القابلية على المحافظة على pH معين في التربة.

ومن اهم العوامل المؤثرة في هذه الصفة:

1- نوع معادن الطين.
2- كمية المادة العضوية المتدبلة.
3- كمية بعض الاملاح المترسبة مثل الكلس.
فوجد الكلس في التربة يجعلها تحافظ على درجة حموضتها ولاتتاثر باضافة المواد الحامضية بدرجة كبيرة.

$$CaCO_3 + 2H^+ \rightleftharpoons Ca^{+2} + H_2CO_3$$
$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$$

نسبة التشبع القاعدي Base Saturation percent

تشمل القواعد القابلة للتبادل في التربة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم.

$$\text{نسبة التشبع القاعدي } BS\% = \frac{\text{مليمكافئ من القواعد القابلة للتبادل}}{CEC} \times 100$$

فاذا كان عدد الملي مكافئات/ 100 غم من Ca و Mg وK و Na هي كما في المثال السابق 6، 1، 2، 2 على التوالي فان نسبة التشبع القاعدي هي:

$$\text{نسبة التشبع القاعدي } BS\% = \frac{2+2+1+6}{13} \times 100$$

هناك طبقتين من الايونات وهما:

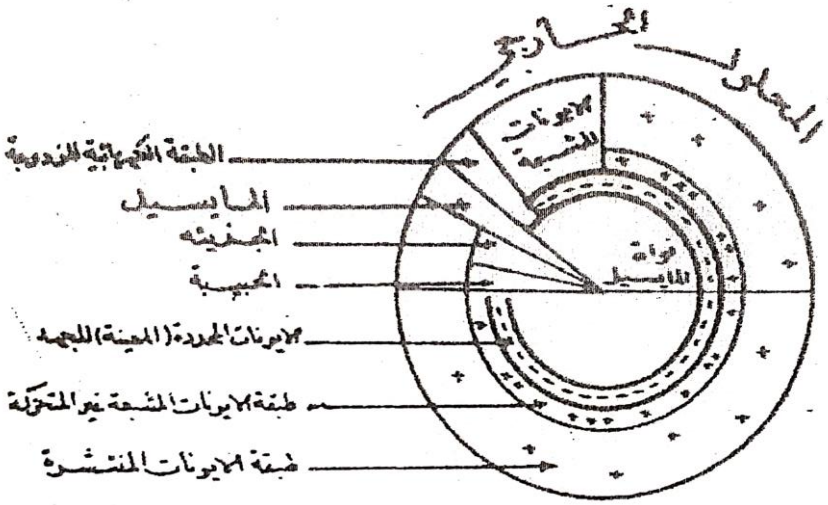
1- الطبقة الداخلية الملاصقة لسطح النواة ويطلق عليها الايونات المحددة للجهد او الشحنة.

2-طبقة من الايونات المعاكسة في الشحنة ويطلق عليها طبقة الايونات المشبعة او الممدصة.

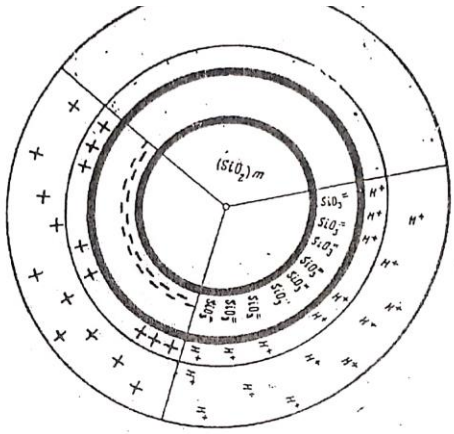
مجموع الطبقتين هو ما يطلق عليه بالطبقة الكهربائية المزدوجة (EDL) وغالباً ما تكون الطبقة الداخلية من شحنات سالبة والطبقة المشبعة من شحنات موجبة.

ويطلق على مجموع الايونات المشبعة (والتي يجب ان تساوي مجموع الايونات المحددة) في وزن معين من التربة بالسعة التبادلية وهي صفة وصفية عند درجة تفاعل معين لكل تربة من الترب.
الطبقة البعيدة او الايونات المنتشرة في الطبقة البعيدة تكون حرة الحركة نوعاً ما وتسمى هذه الطبقة بالطبقة المنتشرة (diffused layer) وهنا فان سمك هذه الطبقة مهم وله دور مهم في تحديد سلوك التربة من الناحية الفيزيائية والكيميائية.

والتخطيطات الاتية تبين غرويات التربة المعدنية والعضوية

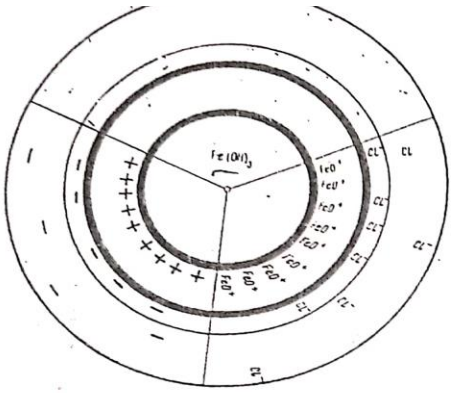


مخطط بناء الميسيل لغروية سالبة



مخطط لمايسيل حامض السلسليك

مستل من (Gorbunov,1974)



مخطط لمايسيل اوكسيد الحديد المائي

مستل من (Gorbunov,1974)

ومن اهم المراجع

الراوي، احمد عبد الهادي واحمد حيدر الزبيدي ونظيمة قدوري.1986. كيماء التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

عواد، كاظم مشحوت.1987. كيمياء التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة البصرة.

الملوحة والقلوية في التربة Soil Salinity & Sodicity

بالنظر لظروف المناطق الجافة وشبه الجافة او القاحلة وشبه القاحلة والتي تتميز بانخفاض مستوى هطول الامطار او التساقط بشكل عام وارتفاع درجات الحرارة مما يؤدي الى تجمع الاملاح في الافق العلوي للتربة ولاسيما في الزراعة المروية.

وتعد مشكلة تراكم الاملاح الذائبة من اهم المشاكل التي تواجه الزراعة في هذه المناطق. ولذا تتطلب عمليات ادارة التربة والمحصول الفهم الجيد لدور هذه الاملاح وماتسببه من مضار وسلبيات على التربة والزراعة والانتاجية. وفي الوقت نفسه فان فهم طبيعة هذه الاملاح وتراكيزها سيساعد في عمليات التخلص منها واستصلاح هذه الاراضي او حتى عند ضرورة التعايش معها اذا لم تتوافر عمليات او امكانيات الاستصلاح في الوقت المناسب.

ولذا في البداية لابد من التعرف على اسباب تحديد النمو وبالتالي الانتاج والانتاجية نتيجة لتجمع الاملاح . وبشكل مختصر يعود تحديد النمو وقلة الانبات وبزوغ البادرات الى واحدة او اكثر من الاسباب الاتية:

1 – زيادة الشد الازموزي (الجهد الملحي Ψs) وعدم مقدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية بسرعة كافية لنموه بصور طبيعية.

2 – تراكم عناصر مثل الصوديوم Na^+ والكلور Cl^- والبورون بمستويات عالية تصل الى حد السمية.

3 – اختلال في التوازن بين العناصر الغذائية للنبات ونقص في بعض العناصر المهمة لنموه.

4– تدهور بناء التربة (تركيب التربة) نتيجة لتجمع الصوديوم مما يؤدي الى:

أ- انخفاض حركة الماء والعناصر الغذائية.

ب- رداءة التهوية.

جـ - اعاقة تغلغل الجذور وبزوغ البادرات. وهذه النقاط سيكون لها دورها في تحديد الانتاجية.

مصادر الاملاح في الترب

1 – احتواء المادة الام على نسب عالية من الاملاح، لاسيما تحت الظروف الجافة وشبه الجافة (القاحلة وشبه القاحلة).

2 – املاح منقولة من مياه البحر بواسطة الرياح.

3 – غسل الاملاح من المناطق المرتفعة الى المناطق المنخفضة.

4 – رداءة بناء التربة ووجود الطبقات غير النفاذة (Hard pans). وطبقات صلدة لاسيما في الاراضي المروية.

ان كمية الاملاح المضافة عن طريق الري او عن طريق اخر اذا زادت عن كمية الاملاح المزالة (بزل + نبات) يؤدي الى تراكم الاملاح لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة الذي يكون فيها التبخر- نتح اعلى من التساقط (الامطار والندى.....) ولقرب الماء الارضي من السطح وبفعل الخاصية الشعرية وحرارة المناخ تتجمع الاملاح على سطح التربة.

مجاميع الاملاح الذائبة

تتكون الاملاح الذائبة في المناطق الجافة وشبه الجافة من:

1 – املاح الكلوريدات والنترات: كلوريدات الصوديوم NaCl ، والكالسيوم $CaCl_2$ ، والمغنيسيوم $MgCl_2$ ، ونترات الكالسيوم $Ca(No_3)_2$ ، والصوديوم $NaNo_3$ والمغنيسيوم $Mg(No_3)_2$.

املاح كلوريدات الكالسيوم والمغنيسيوم تتصف بانها تمتص الرطوبة الجوية (تتميئ) وبالتالي تعطي التربة لون داكن وتعرف هكذا ترب بالترب السبخة.

2 – املاح الكبريتات: مثل كبريتات المغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم $MgSO_4$ ، Na_2SO_4 ، K_2SO_4 مكونة من طبقة بيضاء ويطلق على هذه الترب المتاثرة بهكذا املاح بترب الشورة.

3 – كاربونات وبيكاربونات الصوديوم والبوتاسيوم $NaHCO_3$ ، Na_2CO_3 ، $KHCO_3$، K_2CO_3.

اما بالنسبة لكبريتات الكالسيوم ثنائية الماء او ما يطلق عليها بالجبسيوم اوالجبس($CaSO_4.2H_2O$) فهي ذات ذوبانية واطئة جداً لذا لا تعد ضمن الاملاح الذائبة اعلاه (الذوبانية لاتتعدى2.6غم/لتر) وهكذا الحال بالنسبة لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ والتي تقل ذوبانيتها بكثير عن ذوبانية الجبسيوم فهي لا تعد ملحاً ضمن الاملاح الذائبة برغم ان محتوى بعض الترب العراقية يصل الى 40% كاربونات الكالسيوم. وبشكل عام تعد الترب العراقية جميعها ترب كلسية (ذوبانية الكلس تتراوح بين 0.013 – 0.13) وللمقارنة فان ذوبان NaCl مثلاً 317 غم لتر$^{-1}$ ونترات الصوديوم 890 غم لتر$^{-1}$.

تصنيف الترب المتأثرة بالاملاح Classification of salt affected soils

يعتمد التصنيف على:

1 – المحتوى الكلي للاملاح الذائبة مقاسة في راشح العجينة المشبعة saturated paste extract وهو مايعبر عنه بـــ ECe او ECse.

2 – نسبة ايونات الصوديوم على معقد التبادل Exchangeable sodium percent (ESP) او نسبة الصوديوم الممتز Sodium Adsorption ratio (SAR) .

3 – درجة التفاعل او الاس الهيدروجيني pH لمحلول التربة. وكما موضح في الجدول الاتي:

تصنيف التربة	ECe (ds m^{-1})	Ph	ESP
Saline soil تربة ملحية	>4	<8.5	<15
الترب الملحية – القلوية Saline – Alkali Saline – Sodic	>4	<8.5	>15
الترب الصودية (القلوية) Sodic Soils (Alkali)	<4	>8.5 8.5 – 10.0	>15

وحدة الملوحة ECe (الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة) تقاس بوحدات الديسي سيمنز م$^{-1}$ (ds m^{-1}) او كان يعبر عنها سابقاً بوحدات الملي موز سم$^{-1}$ او الملي سيمنزسم$^{-1}$

$$ESP = \frac{Exch.\,Na^{+}\ meq/100g\ soil}{CEC\ meq/100g\ \ soil} \times 100$$

Or

$$ESP = \frac{Exch.\,Na^{+}\ Cmol\ kg^{-1} soil}{CEC\ Cmol\ kg^{-1}\ soil} \times 100$$

لانه وكما بينا سابقاً ان التعبير عن وحدة سعة الايونات الموجبة المتبادلة يمكن ان يكون بوحدات الملي مكافئ/ 100 غم تربة او حسب الوحدات العالمية بالسنتي مول شحنة لكل كغم تربة.

اما بالنسبة لنسبة الصوديوم الممتز SAR فتستخرج من المعادلة التالية:

$$SAR = \frac{Na^{+}\ meq/100g\ soil}{\sqrt{\frac{ca^{+2} +\ Mg^{+2}\ meq/100g\ \ soil}{2}}}$$

وإذ استخدمنا وحدات (mmol / 100g soil) الملي مول فهنا لاداعي للقسمة على 2 في المقام. بتعبير اخر اذا ماتم التعبير عن Na^{+} و Ca^{+2} و Mg^{+2} بوحدات الملي مول/ 100 غم تربة يصبح القانون:

$$SAR = \frac{Na}{(Ca + Mg)^{1/2}}$$

وهناك معادلات خطية تربط بين ESP والـ SAR وعموماً فان قيمة ESP = 15 كما في الجدول أعلاه تصبح 13 اذا استخدمنا SAR.

ومن اهم صفات هذه الترب:

1 – الترب الملحية: الاملاح هنا تؤثر بشكل في نمو النبات والمحاصيل يكون هنا ضعيفاً جداً والأوراق لونها داكن اخضر (اخضر – مزرق) وحواف الأوراق احياناً.

2 – الترب الصودية: تجمع الصوديوم في هذه الترب يؤدي الى تكوين بناء رديء يؤثر سلباً في التهوية ونقل الماء وبزوغ البادرات.

عموماً لا توجد مساحات مهمة في العراق تتصف بكونها تربأً صودية واحتمالية تطور هذه الترب غير وارد لتوفر ايونات الكالسيوم في محلول الترب المختلفة في انحاء القطر. ان منافسة الكالسيوم والمغنيسيوم للصوديوم تكون عالية ولذا لا يسمح للصوديوم بالتبادل على الاسطح.

طرائق استخلاص المستخلص المائي للتربة

يقصد بذلك هو استخلاص مكونات محلول التربة المتأثرة بالاملاح وذلك بواسطة إضافة الماء الى عينة تربة ومزجه بشكل جيد ولغاية الوصول الى حد الاتزان ثم استخلاص المستخلص المائي الحاوي على معظم المكونات الذائبة.

وعموماً كلما زادت كمية الماء كان الاستخلاص اسهل وكلما كان المحلول المستخلص اقل تمثيلاً لمحلول التربة التي تكون جذور النباتات في تماس معه. وتتوفر عدد من الطرائق والأساليب للحصول على المستخلص المائي للترب المتاثرة بالملوحة ومنها:

1- مستخلص العجينة المشبعة Saturation pate extract: عد العاملون في مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية مستخلص العجينة المشبعة – المستخلص الذي يمكن اعتماده وقياس الملوحة فيه لتوصيف الترب المتاثرة بالاملاح وقد اقترحوا بعض المواصفات التي يستعان بها لتحديد نقطة الوصول الى حالة الاشباع. اذ تم تحضير العجينة المشبعة للتربة من خلال الإضافة التدريجية للماء المقطر الى كمية معينة من التربة مع المزج المستمر بواسطة سكين خاصة تسمى سباجولة Spatula لحين الحصول على عجينة ذات لمعان واضح تعكس الضياء بشكل واضح ويمكن عمل شق فيها بواسطة السكين دون التصاق العجينة بالسكين ويستحسن ترك العجينة المشبعة لمدة ساعة او اكثر للتاكد من الوصول الى حالة الاشباع والتي يشترط عدم تجمع الماء فوق سطح العجينة المشبعة. ويتم الاستخلاص للمستخلص بواسطة قمع ودورق خاصين وبواسطة تاثير التفريغ الهوائي Suction.

2 – المستخلص المائي عند المستويات الرطوبية الأعلى من العجينة المشبعة: يقصد من ذلك استخلاص مكونات الاملاح من التربة، وذلك من خلال مزج التربة مع الماء المقطر بنسبة (تربة:ماء) (1 :1) او (1: 2) او(1 :5) وذلك من خلال إضافة حجم معين من الماء المقطر الى كمية معينة من التربة وحسب النسبة المطلوبة. يرج الخليط جيداً باليد او بالرجاج (الشيكر) ويترك لفترة معينة ثم يستخلص المستخلص بواسطة طرائق الترشيح الاعتيادية. من المآخذ على هذه الطريقة هي حدوث تخفيف كبير على محلول التربة وخلال هذا التخفيف يمكن ان يحدث تبادل للاملاح وذوبان لبعض الاملاح قليلة الذوبان وغير ذلك من العمليات.

طرائق التعبير عن المحتوى الملحي:

يعبر عن الملوحة او المحتوى الملحي بطرائق مختلفة ومنها:

أ- التعبير عن الملوحة كنسبة مئوية للاملاح في التربة: ويتم من خلال تبخير حجم معين من مستخلص التربة ويحسب وزن الاملاح الجافة ويعبر عنها كنسبة مئوية او جزء بالمليون ppm (او ملغم. كغم$^{-1}$ تربة).

ب – استخدام قياس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة او أي مستخلص اخر على اعتبار ان هناك علاقة خط مستقيم بين تركيز الاملاح الموجودة في محلول التربة او مستخلصها (بوصفها محاليل الكتروليتية) مع قيم التوصيل الكهربائي لها. والوحدة المستخدمة للقياس هي الملي موز/ سم وحديثاُ يطلق على الوحدات بالديسي سمينز م$^{-1}$ حسب النظام العالمي والتي تقابل الملي موز سم$^{-1}$.

ويمكن اجراء التحويلات من شكل لاخر او التعبير عن المحتوى الملحي بطرائق مختلفة وكما يأتي:

(الضغط الازموزي) $O.P(atm.) = EC\ mmhos\ cm^{-1} \times 0.36$

(الملح في التربة) $\%Salt\ in\ soil = EC\ mmhos\ cm^{-1} \times 0.064 \times \frac{water\ at\ extraction(sp)}{100}$

(ملح في محلول) $ppm\ salt\ in\ solution = EC\ mmhos\ cm^{-1} \times 640$

(الايونات الموجبة او السالبة) $Cations\ or\ anions = EC\ mmhos \times 10$

وفي حالة قياس التوصيل الكهربائي في مستخلصات مائية ذات مستوى رطوبي اعلى من المستوى الرطوبي لعجينة التربة المشبعة يمكن اجراء التحويل كما يأتي:

$$ECe = EC\ at\ any\ ratio \times \frac{\%\ water}{Sp}$$

ECe = التوصيل الكهربائي لمستخلص العجين المشبعة.

Sp = النسبة المئوية للتشبع.

وبشكل بسيط هناك علاقة خط مستقيم بين قيم التوصيل الكهربائي لمستخلص (1:1) وقيم التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة ومعامل التحويل يتراوح بين 1.8 – 3.0، وبشكل عام يستخدم الرقم 2.0 للتحويل.

استصلاح الترب او الأراضي المتأثرة بالاملاح:

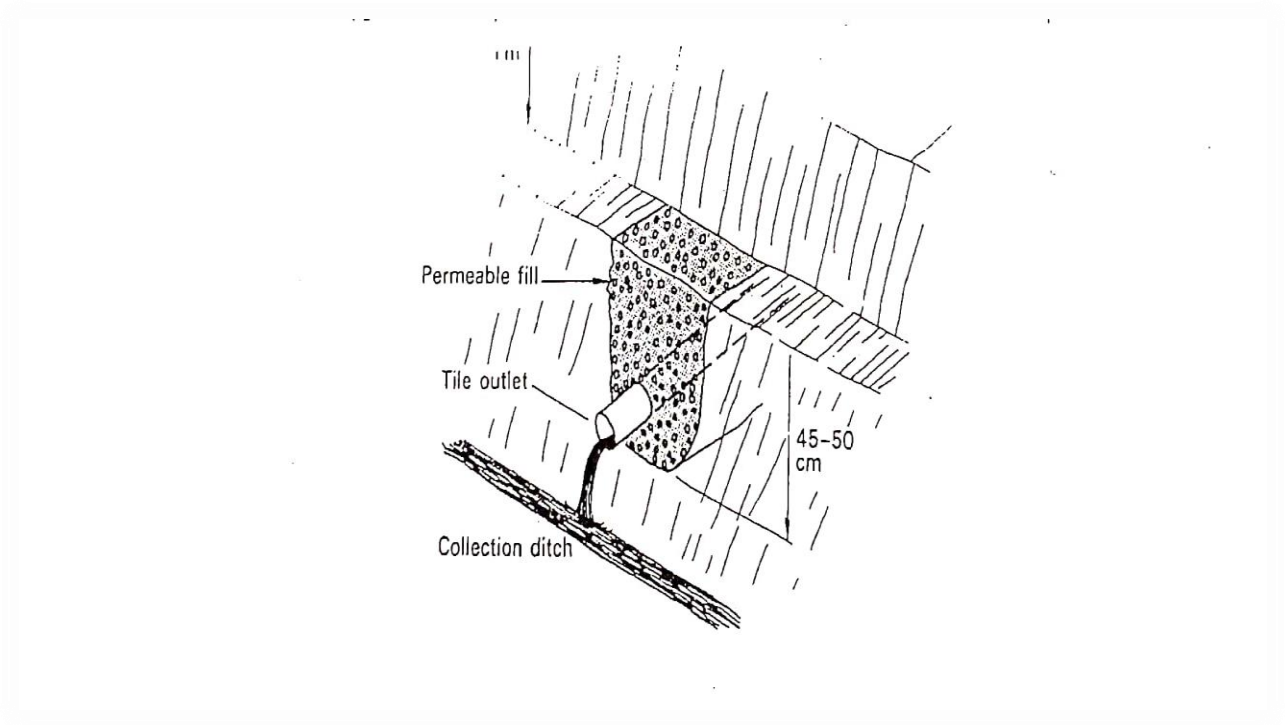
1 – غسل الاملاح الذائبة: إضافة كمية من المياه والسماح لها بالتغلغل في التربة وبالتالي ذوبان هذه الاملاح والتخلص منها عن طريق البزل. بتعبير اخر عملية غسل او اذابة للاملاح وازالتها عن طريق المبازل، وهذه الطريقة تصلح للترب الملحية ذات النفاذية الجيدة.

2 – اجراء استصلاح كيميائي من خلال اضافة الجبسيوم لتحسين صفات التربة الفيزيائية لاسيما الترب الصودية التي لا يمكن غسلها الا بعد اجراء الاستصلاح الكيميائي والذي يلحقه اجراء عملية الغسل وإزالة الاملاح.

ومن اهم خطوات الاستصلاح:

1 – خفض الماء الأرضي: الماء الأرضي هو مستوى الماء القريب من سطح التربة ويطلق عليه Water table والذي يكون له اثر سلبي لقربه من السطح احياناً وتاثيره في تهوية التربة من جهة فضلاً عن احتوائه على الاملاح والتاثير السلبي للاملاح في نمو النبات. وهذا يتم من خلال

شبكة من المبازل المغطاة والمكشوفة (الشكل التالي).



2 – تحسين خواص التربة لاسيما غيض الماء (دخول الماء الى التربة) وحركة الماء في داخل التربة.
3 – غسل الاملاح الذائبة.
4 –إدارة مناسبة للتربة من اجل المحافظة على مستوى الملوحة وعدم عودة الاملاح مرة أخرى.

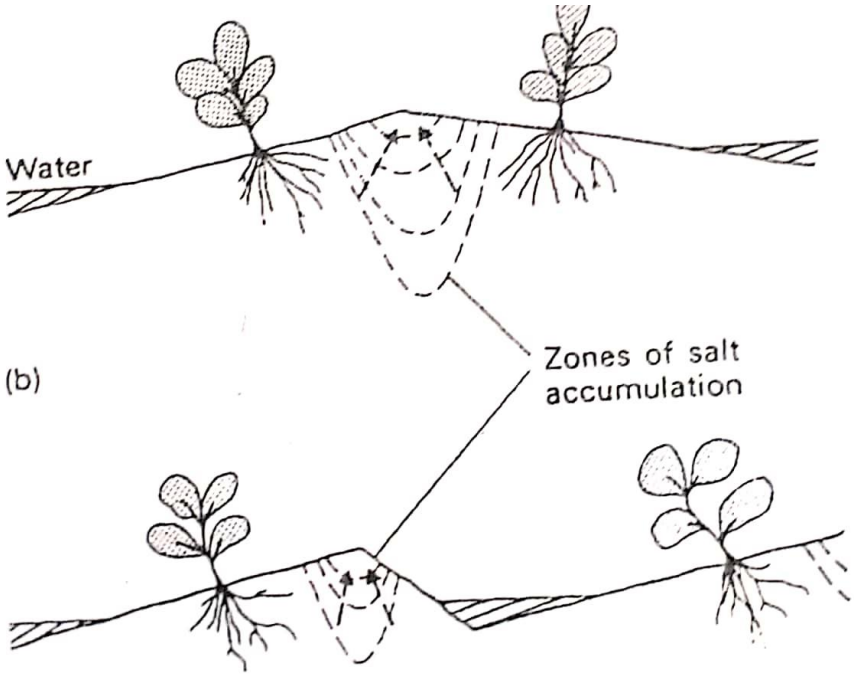
ان إضافة الجبسيوم والحراثة العميقة او إضافة الكبريت كلها عوامل مهمة لتحسين خواص التربة قبل اجراء عملية الغسل لاسيما في الترب الصودية او الملحية الصودية. كذلك الترب المستصلحة تحتاج الى ادارة خاصة لانها مغسولة من العناصر المغذية التي فقدت اثناء عملية الغسل ولذا يجب استخدام دورات زراعية تحوي على البقوليات واضافة الأسمدة الكيمائية والعضوية وإدارة المياه من خلال إضافة معامل الغسيل كي نحافظ على المستوى الملحي او التوازن الملحي.

التعايش مع الملوحة:

احياناً تكون عمليات الاستصلاح غير متوافرة الشكل الكامل ولذا نضطر للتعايش مع الملوحة كي نتمكن من الاستمرار بالإنتاج مع موجود الاملاح وذلك من خلال:

1- إدارة المياه او إدارة الري: تكون من خلال اضافة كمية عالية من المياه وخفض الاملاح قبل الزراعة او تكرار الري بفترات قصيرة كي لا نسمح للاملاح بالارتفاع للاعلى.

2- الزراعة في مناطق يتم فيها تجاوز اماكن الاملاح مثل الزراعة تحت الخط الملحي (كما في الشكل التالي)



3- اختيار محاصيل ملائمة: بشكل تختلف المحاصيل في قابليتها او حساسيتها او مقاومتها للاملاح كماً ونوعاً وكما مبين في الجدول الاتي الذي هو دليل عام وذلك لوجود اختلاف بين الأصناف والانواع ولنفس المحصول.

المحاصيل الحساسة للاملاح	المتوسطة الحساسية	المقاومة
الكرفس، الفجل، البرسيم، البقوليات، الكمثرى، التفاح، المشمش، الخوخ.	حنطة، رز، ذرة بيضاء، ذرة صفراء، رمان، تين، عنب، زيتون، طماطة، لهانة، بطاطا، بصل.	نخل التمر، الجت، البنجر، السكري، الشيلم، أنواع مختلفة من الحشائش.

وهناك جداول متوفرة في مصادر الملوحة تبين كمية النقصان في الحاصل عند زيادة الملوحة عن حد معين ولاسيما معطيات ماس وهوفمان Mass& Hoffman .

4- نقع البذور في محاليل ملحية.

اهم المراجع:

الزبيدي، احمد حيدر (1989) ملوحة التربة – الأسس النظرية والتطبيقية.

الزبيدي، احمد حيدر (1993) استصلاح الأراضي.

د. سعد عناد الدليمي

الخواص البايولوجية والكيموحيوية للتربة
Biological & Biochemical Properties of soil

كان يطلق على موضوع نشاط الاحياء ولاسيما الاحياء المجهرية في التربة باحياء مجهرية التربة Soil Microbiology الا ان الموضوع حالياً اشمل وأعم ويشمل الخواص الحيوية للتربة والفعاليات الكيموحيوية لهذه الاحياء، وتعتمد الخواص البايولوجية للتربة على الجزء العضوي فيها والنشاط البايولوجي والذي غالباً ما يكون على الجزء العضوي او مرتبطاً به.

الترب المعدنية وكما بينا سابقاً تحوي على مواد عضوية بنسب تتراوح بين 0.5 – 6% بشكل عام، اما الترب العضوية فالنسب بها مرتفعة تصل الى اكثر من 80% احياناً.

يتكون الجزء العضوي في التربة من جزئين اساسيين:

1- المواد العضوية الميتة: وهي عبارة عن بقايا عضوية من اصل نباتي او حيواني وافرازاتها ونواتجها.

2- الكائنات الحية: وهي تشمل الاحياء المجهرية في التربة كالبكتريا والفطريات والاكتينومايسيت والاحياء غير المجهرية او الكبيرة كدودة الارض.

تعرف التربة بايولوجياً بانها الطبقة العلوية الهشة من القشرة الأرضية التي تحتوي على الالاف من الكائنات الحية المختلفة، وهذه الاحياء لها دور مهم في معظم تحولات ودورات العناصر الغذائية في التربة وتحلل المادة وبالتالي لها أهمية خاصة في خصوبة التربة وتغذية النبات.

اهم المجموعات الرئيسية للاحياء في التربة:

1- الاحياء النباتية Flora

2- الاحياء الحيوانية Fauna

3- الفايروسات Viruses

التفاصيل الخاصة بتقسيم هذه المجموعات

1- الاحياء النباتية:

1-1 البكتريا Bacteria ومنها:

أ- بكتريا النترجة Nitrobacter

ب – بكتريا اكسدة الكبريت Thiobacillus

جـ - بكتريا العقد الجذرية Rhizobium

د- البكتريا المحللة للسليلوز Cellulomonas

2-1 الفطريات Fungi

أ- فطر عفن الخبز Rhizopus

ب – فطر عش الغراب Mashrooms

جـ - الفطريات المسببة للذبول Pythium, Fusarium, Phytophthora

3-1 الفطريات الشعاعية Actinomycetes مثل Stroptomyces

1- 4 الطحالب Algea

أ- الطحالب الخضراء المزرقة Blue green Algea

ب – الازولا Azola

2- الاحياء الحيوانية:

أ- الاحياء الكبيرة: مثل دودة الأرض والنمل و.....

ب -الاحياء الصغيرة: مثل البروتوزوا

3- الفايروسات:

أ- الباكتريوفاج: الفايروسات التي تصيب البكتريا.

ب – الاكتينوفاج: الفايروسات التي تصيب الاكتينومايسيت.

وبشكل عام الاحياء في التربة قسم منها مفيد وهو الجزء الاكبر وقسم منها مرضي ويؤثر في الاحياء المجهرية الاخرى وحتى في النبات.

تصنيف الاحياء المجهرية

1- التصيف البيئي Ecological classification

أ- الاحياء المجهرية الاصلية او المستقرة Indigenous: وهي الاحياء التي تكون نوعاً ما ثابتة وقليلة التغير ولاتتاثر بمعاملات التربة.

ب – الاحياء الانتقالية او غير المستقرة Transient: وهي الاحياء التي تضاف الى التربة لغاية معينة كبكتريا العقد الجذرية (الرايزوبيا).

جـ - الاحياء المجهرية المتذبذبة الاعداد Zymogenous: وهي الاحياء التي تتأثر بمعاملات التربة.

2- التصنيف المعتمد على الاوكسجين:

أ- الاحياء المجهرية الهوائية الاجبارية Aerobic: وهي الاحياء التي تعيش بوجود الاوكسجين ولاتعيش من دونه وتحتاج الى نسبة اوكسجين تقارب نسبته في المحيط الجوي.

ب – الاحياء المجهرية اللاهوائية الاجبارية Anaerobic: وهي الاحياء المجهرية التي تعيش في ظروف لاهوائية ويكون ضغط الاوكسجين الجزيئي واطئاً او معدوماً.

جـ - الاحياء ذات المعيشة الاختيارية: وهي التي تعيش بوجود او عدم وجود الاوكسجين.

3- التصنيف المعتمد على التغذية:

أ- الاحياء ذاتية التغذية Autotrophs: تصنع غذائها بالاعتماد على الكاربون من ثاني اوكسيد الكاربون والطاقة من ضوء الشمس وتسمى في هذه الحالة autotrophs او تعتمد في غذائها على اكسدة النتروجين والكبريت والحديد Chemo autotrophs والمجموعة الاخيرة مهمة جداً في خصوبة التربة لانها تحول العناصر الغذائية من شكل الى شكل اخر اكثر تيسراً للامتصاص من قبل النبات.

ب – الاحياء متعددة التغذية Heterotrophs: تستطيع الحصول على الكاربون من المادة العضوية في التربة والعناصر الغذائية من الايونات الذائبة في التربة، وهذه المجموعة مهمة جداً في تحلل المواد العضوية ودورات العناصر الغذائية في التربة.

3- التصنيف المعتمد على الحرارة:

أ- الاحياء المحبة للحرارة Thermophiles: الحرارة المثلى بين 55 – 60°م والمدى بين 40 - 80°م.

ب – الاحياء المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles: الحرارة المثلى بين 25 – 35°م والمدى بين 15 - 45°م.

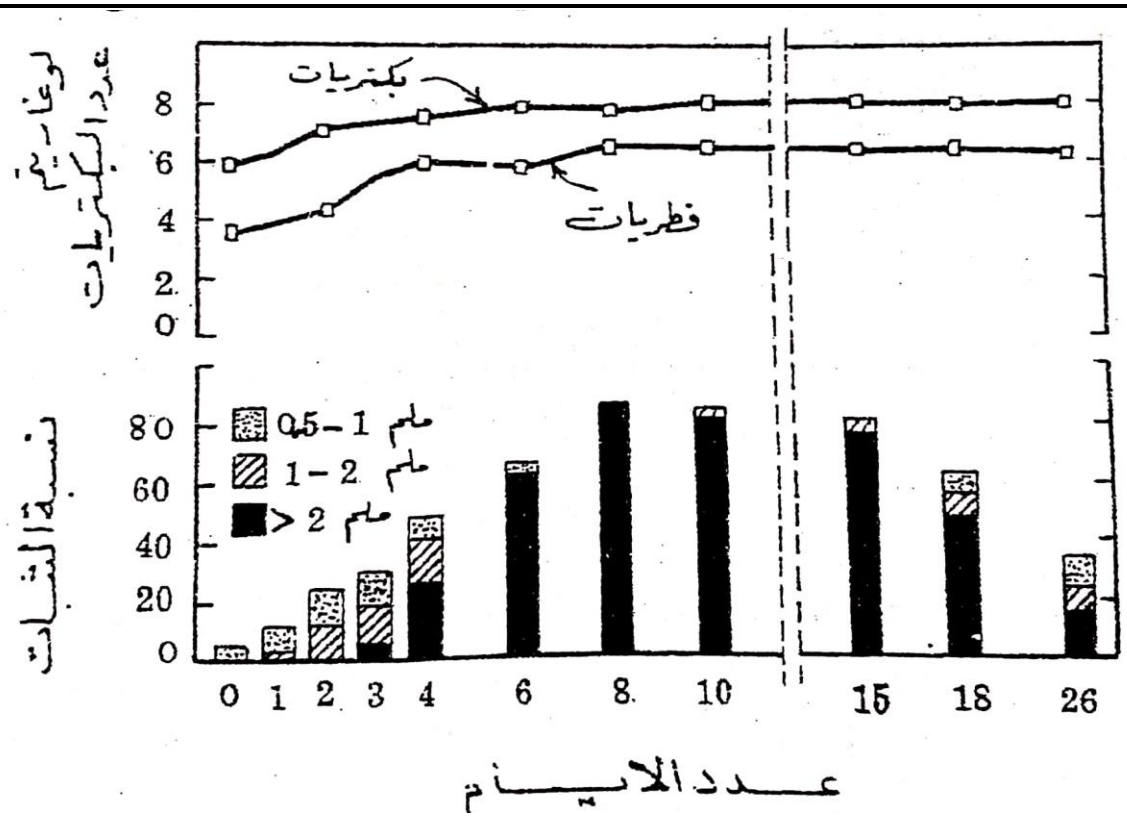
جـ - الاحياء المحبة للبرودة Psychrophils: الحرارة المثلى بين 10 – 15°م والمدى بين 5 - 30°م.

الفعاليات والادوار التي تقوم بها فعاليات التربة المختلفة لاسيما المجهرية منها يمكن تلخيصها بما يلي:

1- بكتريا التربة:

أ- تقوم بدور مهم في تحولات العناصر الغذائية وتحلل المادة العضوية مثل بكتريا النترجة واكسدة الكبريت وتثبيت النايتروجين كما الشكل التالي:

ب – لها دور مهم في تثبيت مجاميع التربة وجعل بناء التربة جيداً ومثالياً، وتؤدي المركبات العضوية التي تنتجها الاحياء المجهرية بصورة عامة والبكتريا المتباينة التغذية بصورة خاصة الى زيادة ثبات مجاميع التربة وقد تساعد خيوط الفطريات والفطريات الشعاعية في هذه العملية.



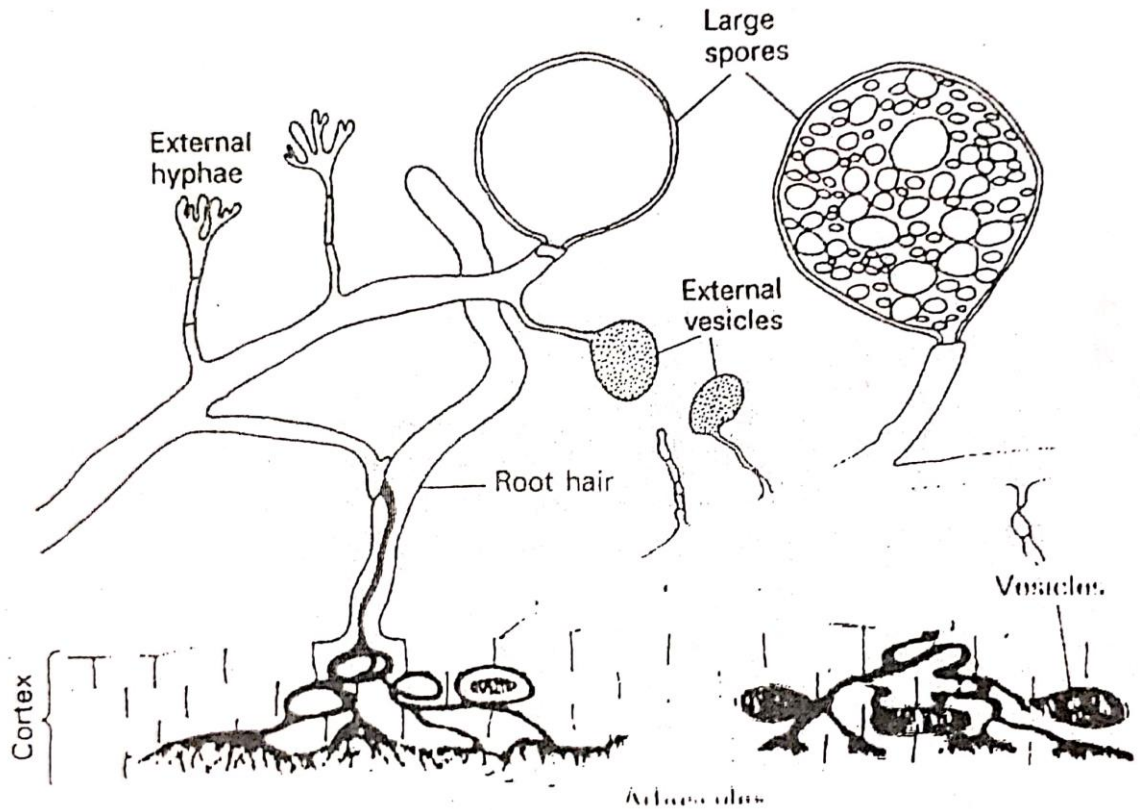
شكل 1. يبين تاثير زيادة اعداد البكتريا في تربة معاملة بالسكروز على ثبات مجاميع التربة بالماء. تم التعبير عن ثبات التجمعات كنسبة مئوية من الوزن الكلي للتربة.

جـ - بعض البكتريا تكون مرضية وتصيب جذور النباتات.

2- فطريات التربة:

أ- لها دور مهم في تحلل المواد العضوية.

ب – لها دور مهم في امتصاص العناصر الغذائية ومثال ذلك المايكورايزا Mycorrhizae التي تقوم بعلاقة تعاونية مع جذور النباتات وتمتص الفسفور وتزيد من جاهزيته للنبات.



شكل 2. يبين المايكور[illegible] م بعلاقة تعاونية مع جذور النباتات.

جـ - بعض الفطريات لها دور سلبي ومرضي ومنها الـ Fusarium التي تصيب جذور النباتات وتسبب ذبول النبات.

3- الفطريات الشعاعية:

أ- لها دور مهم في تحلل المواد العضوية لاسيما اكوام السماد الحيواني لتحملها الحرارة.

ب – لها دور مهم في استخلاص المضادات الحيوية (الانتي بايتكس) مثل الستربتومايسين.

جـ - قسم منها مضرة للحاصل مثل الفطريات الخاصة بجرب البطاطا التي تنشط في pH اعلى 5.5.

4- الطحالب: مهمة جداً في تثبيت النتروجين الجوي لاتكافلياً مثل الطحالب الخضراء المزرقة والازولا.

وبشكل عام لكافة الاحياء دور مهم في المادة الحيوية والمادة العضوية للتربة بعد تحللها، ومن الأمثلة المهمة على دور الاحياء المجهرية في التربة وعلاقتها بخصوبتها وتغذية النبات هي دورة النتروجين ودورة الفسفور ودورة الكبريت .....

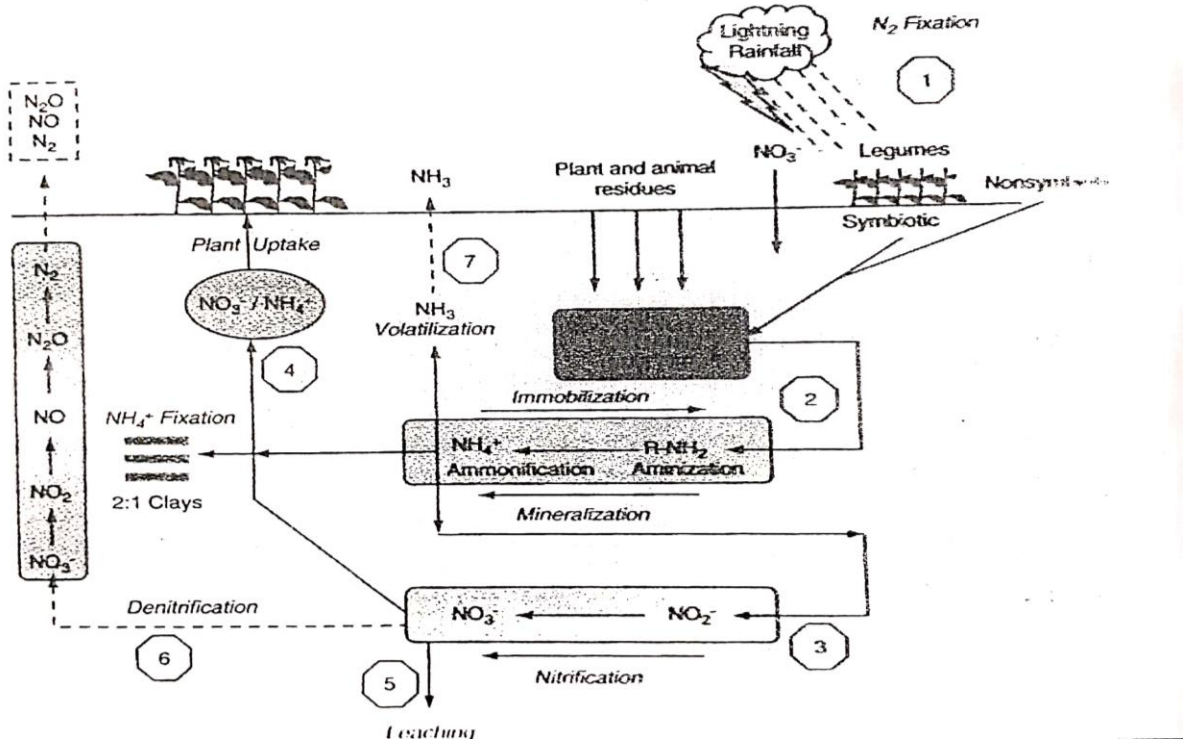
وللتوضيح سنشرح دورة النتروجين:

دورة النتروجين يطلق عليها دورة كيموحيوية لأنها عبارة عن تحولات كيميائية للنيتروجين من صورة الى صورة اخرى بوساطة الاحياء المجهرية المختلفة في التربة.

فالنتروجين بالتربة يتكون من جزئين عضوي ومعدني والجزء العضوي يشكل النسبة الكبرى التي تتجاوز 90% من النتروجين الكلي. النبات لا يستطيع الاستفادة من النتروجين العضوي الا بعد تحوله الى نيتروجين معدني بعملية المعدنة Mineralization والتي تعني تحول النتروجين العضوي الى نيتروجين معدني وهذه العملية تتم بمساعدة الاحياء المجهرية في التربة.

الجزء المعدني للنيتروجين يكون على عدد من الصور منها الامونيوم NH_4^+ والنترات NO_3^- والنتريت NO_2^- والتحول من الامونيوم الى النترات يتم باحياء النايتروزوموناس النايتروباكتر وهي احياء هوائية اجبارية تقوم باكسدة الامونيوم الى النترات بعملية تسمى النترجة Nitrification

وهي جزء من عملية المعدنة، كما ان النتروجين في التربة يتعرض الى عمليات فقدان مختلفة همها عمليات الفقدان بالغسل والتطاير وعكس النترجة. ان عملية عكس النترجة تتحول فيها النترات NO_3^- الى غازات N_2 و$N2O$ و NO وهي عملية تقوم بها احياء لاهوائية اجبارية في الظروف اللاهوائية للتربة مؤدية الى خسارة النترات والى تلوث البيئة لان غازات النتروجين المنبعثة الى المحيط الجوي تؤثر في طبقة الاوزون.
يضاف الى ما تقدم فان النتروجين الجوي والذي نسبته في الهواء الجوي بحدود 79 % لا تستطيع النباتات الاستفادة منه الا بعد تثبيته من قبل البكتريا التي تعيش اما بشكل تعايشي مع جذور البقوليات (الرايزوبيا) او بشكل غير تعايشي مثل الطحالب، ولذا يتضح دور الاحياء المجهرية في دورة النتروجين.



شكل 3. يبين دورة النتروجين الكيموحيوية.

الخطوة الاولى (1): يضاف النتروجين الى التربة من بقايا النباتات والحيوانات وعمليات البرق والعمليات الصناعية (النتروجين يتحد مع الهيدروجين او الاوكسجين).

الخطوة الثانية (2): عملية تحول النتروجين العضوي الى الامونيوم NH_4^+ بعملية تسمى المعدنة Mineralization وتتم بمساعدة احياء التربة المجهرية.

الخطوة الثالثة (3): يتم تحويل الامونيوم الى نترات بعملية تسمى النترجة(Nitrification) وتتم بمساعدة بكتريا النترجة (النتروزوموناس Nitrossomonas والنايتروباكتر Nitrobacter).

الخطوة الرابعة (4): امتصاص الامونيوم والنترات من قبل جذور النباتات، اذ يستخدم النتروجين الممتص في انتاج البروتين بالمحاصيل والتي تؤكل من قبل الانسان او الحيوان.

الخطوة الخامسة (5): يفقد جزء كبير من النتروجين من خلال عملية الغسل مع الامطار ومياه الري لاسيما في الترب خشنة النسجة.

الخطوة السادسة (6): يفقد جزء من النتروجين الى الجو بشك غازات N_2 و$N2O$ وNO بعملية تسمى عكس النترجة (Denitrification) تحت ظروف التغدق وبمساعدة بكتريا عكس النترجة.

الخطوة السابعة (7): فقدان جزء من الامونيوم بشكل امونيا بعملية تسمى التطاير (Volatillzation) تحت ظروف الترب الكلسية والقاعدية.

المادة العضوية في التربة Soil Organic Matter (SOM)

ان سرعة تحلل المواد العضوية في التربة تعتمد على: الرطوبة، درجة الحرارة، حموضة التربة pH والتركيب الكيميائي للمادة العضوية ولاسيما نسبة الكاربون الى النتروجين والتي يطلق عليها C/N Ratio. وان نسبة الكاربون الى النتروجين مهمة جداً لان الاحياء المجهرية التي تقوم بتحلل المواد العضوية تحتاج الى عناصر غذائية ومنها النتروجين فاذا كانت نسبته في المادة العضوية جيدة (اي نسبة C/N واطئة) يحدث التحلل دون التأثير على نيتروجين التربة الاصلي،

اما إذا كانت عالية اي نيتروجين قليل وكاربون عالي فتقوم الاحياء بأخذ النتروجين من التربة ويحدث نقص وقتي للنيتروجين نتيجة تثبيته في داخل اجسام الاحياء ويعود هذا النتروجين للتربة بعد تحلل هذه الاحياء والمادة العضوية. عموماً ان نسبة C/N بحدود 20 تكون جيدة ويحدث التحلل من دون نقص اما اذا كانت اكثر او اعلى من 30 فيحدث نقص وقتي للنيتروجين في التربة، ولذا يفضل اضافة النتروجين والفسفور مع السماد الحيواني او السماد العضوي بشكل عام لتشجيع الاحياء المجهرية للقيام بعملها ودورها في تحلل المواد العضوية. وهناك طرائق حسابية لحساب كمية النتروجين المطلوب اضافته، والشيء نفسه يحدث عند عمل البيتموس او الدهان والتي تتطلب توفير ظروف بيئية وتغذوية للاحياء للقيام بعملها في تحلل المواد العضوية (للمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع راجع المراجع ذات العلاقة بالمواد العضوية والاحياء المجهرية مثل:

الكسندر، مارتن. 1982. مقدمة في ميكروبيولوجيا التربة. جون وايلي واولاده، نيويورك.

خصوبة التربة وتغذية النبات Soil Fertility and Plant Nutrition

تعرف خصوبة التربة بانها قابلية التربة على امداد النبات بالعناصر الغذائية الضرورية او الاساسية بكميات متوازنة تلبي احتياجات النبات. اما انتاجية التربة فيقصد بها قابلية على انتاج محصول معين او تتابع محاصيل مختلفة في الظروف البيئية المعينة وتحت ادارة معينة. ومع هذا هناك تداخل في استخدام المفهومين.

وللحصول على طاقة الإنتاج القصوى للمحصول المعين فانه يتطلب توافر ظروف الانتاج المختلفة الوراثية والبيئية وعوامل التربة. او بتعبير اخر عند توافر ظروف الإنتاج بشكل مثالي. ان وجود أي عامل بحالة او كمية اقل من الحالة المثالية يؤدي الى نقص في طاقة الانتاج وهذا العامل هنا يسمى بالعامل المحدد.

وبشكل عام هناك عوامل يمكن السيطرة عليها ومنها خصوبة التربة من خلال إضافة المخصبات العضوية والمعدنية وتحسين الظروف الفيزيائية والكيميائية في التربة التي تزيد من جاهزية هذه العناصر وامتصاصها من قبل جذور النباتات.

وفي السنوات الأخيرة وللاهتمام الكبير في موضوع تلوث البيئة اصبح التركيز على استخدام المخصبات والمغذيات التي تعطي انتاجاً اقصى مربحاً اقتصادياً او ذا جدوى اقتصادية واقل تأثير سلبي في البيئة. أي تحسين الإنتاجية مع المحافظة على بيئة سليمة، ولذا هناك حالياً وعلى المستوى العالمي اتجاه في تحسين الإنتاجية من خلال استنباط الأصناف عالية الإنتاجية، واستخدام الأسمدة الحيوية، واستخدام الدورات الزراعية التي تحوي البقوليات، والإدارة للمياه والتربة والمحصول من اجل الحصول على اقصى إنتاج وبأقل ضرر بيئي.

العناصر الغذائية المهمة في التربة وعلاقتها بنمو النبات

العناصر الأساسية الضرورية او الأساسية: هناك في التربة اعداد كبيرة من العناصر الا ان الذي اثبت بانه ضروري للنباتات الراقية ولاتستطيع هذه النباتات اكمال مدة حياتها او النمو بشكل جيد الا بوجود هذه العناصر والتي لا يمكن ان تعوض بعناصر أخرى. وهذه العناصر هي 16 عنصراً واضيف لها عنصر في الثمانينات من القرن العشرين ليصبح عددها 17 عنصراً.

العنصر الغذائي الضروري: هو ذلك العنصر الذي يحتاجه النبات لإكمال دورة نموه وعملياته الحيوية وان وظائف هذا العنصر لا يمكن ان تعوض او تستبدل باضافة عنصر اخر الى التربة

ولكي نحكم على ضرورة أي عنصر لنمو النبات يجب ان يتصف هذا العنصر بصفات خاصة أهمها:

1- غياب العنصر يجعل استكمال النبات لنموه متعذراً.
2- لا يمكن استبدال العنصر الضروري بعنصر اخر يقوم بالعمليات الحيوية للعنصر الأول.
3- ان مظاهر نقص العنصر الغذائي الضروري يمكن علاجها بتزويد النبات بالعنصر المفقود وليس بعنصر اخر.
4- للعنصر الغذائي الضروري دور مباشر بتغذية النبات، كأن يدخل العنصر في تركيب مادة نباتية معينة لعدد كبير من النباتات، لا ان يكون له دور غير مباشر كالتأثير على الاحياء الدقيقة للتربة او الظروف الكيميائية للوسط الذي تعيش فيه.
5- ان يكون العنصر ضرورياً لمعظم النباتات الراقية.

تقسم العناصر الغذائية الضرورية للنبات بناءً على تراكيزها في المادة الجافة للنبات او الكمية التي تضاف فيها الى التربة او رشاً على النباتات (حسب احتياج النبات لها) الى:

1- العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة Macronutrients:

وتشمل كلاً من C ، H ، O ، N ، P ، K ، Ca ، Mg ، S.

2- العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة Micronutrients:

وتشمل Fe ، Cu ، Zn ، Mn ، Mo ، B ، Cl ، Ni . وهناك عناصر مفيدة لبعض النباتات مثل Na، Si، Co.

تختلف مصادر العناصر الغذائية الضرورية للنبات وهي الهواء الجوي، الماء والتربة ويمكن تقسيم العناصر حسب مصادرها على الوجه الاتي:

العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات

عناصر مصادرها الهواء الجوي والماء	عناصر مصدرها التربة
1-الكربون	1- النتروجين 8- النحاس
2- الاوكسجين	2- الفسفور 9- المنغنيز
3- الهيدروجين	3- البوتاسيوم 10- الزنك
4- االنتروجين (النباتات البقولية فقط)	4- الكالسيوم 11- البورون

5- المغنيسيوم 12- المولبيدنيوم
6- الكبريت 13- الكلور
7- الحديد 14- الصوديوم والسليكون

من الخطأ تسمية العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة بالعناصر الرئيسية،

والعناصر التي يحتاجها النبات بكميات قليلة بالعناصر الضرورية فالواقع ان كل هذه العناصر هي عناصر ضرورية وله نفس الأهمية ولكن الاختلاف الوحيد هو احتياج النبات من هذه العناصر لإكمال دورة نموه وإعطاء نمو وحاصل جيد، كذلك محتوى النبات من هذه العناصر حيث وجد بان العناصر الغذائية الكبرى والتي يحتاجها النبات بكميات كبيرة توجد بالنبات بكميات اكبر من العناصر الغذائية الصغرى والتي يحتاجها النبات بكميات صغيرة.

وجود العناصر الغذائية في التربة

توجد العناصر الغذائية في التربة على عدة اشكال وصور قسم منها جاهز للامتصاص من قبل النبات وقسم منها غير جاهز او يحتاج الى عمليات معينة لكي يتحول من شكل الى شكل اخر، وعموماً فان الجزء الذائب بالماء والمتبادل يكون جاهز للامتصاص من قبل النبات.

Ion Exchange in Soils 15

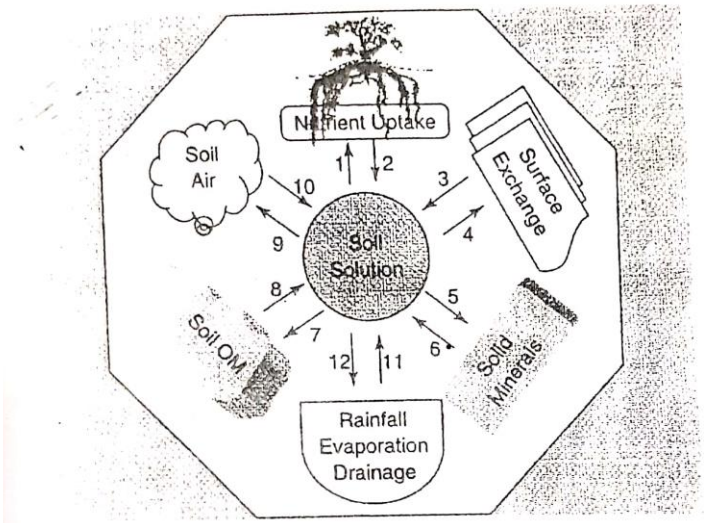


Figure Diagram of the various soil components that influence plant nutrient concentration in the soil solution.

شكل 1. يبين التوازن الذي توجد عليه العناصر الغذائية في التربة بشكل عام.

حركة العناصر الغذائية في التربة باتجاه الجذور والامتصاص من قبل الجذور

هناك عدد من الميكانيكيات التي بوساطتها يتحرك الايون من مكان الى اخر في التربة ومنها الى سطوح الجذور وهي:

1- الجريان الكتلي: وهي حركة الايونات مع جريان الماء وهذا يشمل حركة الايونات المتحركة في التربة مثل النتروجين ولاسيما النترات وجزء من البوتاسيوم.
2- الانتشار: ويشمل حركة الايونات من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز الأقل وهذا بالنسبة للبوتاسيوم والفسفور (العناصر ذات الحركة الأقل او غير المتحركة مثل الفسفور).
3- اعتراض الجذور: ويتم هذا من خلال نمو الجذور واعتراضها لأجزاء التربة واخذ الايونات مباشرةً من سطوح التبادل ومن محلول التربة.
وهنا ولكافة الميكانيكيات فان الماء مهم جداً وضروري ان يتوفر بشكل مثالي لإتمام هذه العمليات ولذا فان إدارة المياه مهمة جداً.
اما امتصاص الايونات من قبل الجذور الى داخل الجذور ومن ثم الى الأجزاء العليا من خلال:
1- التبادل التماسي: التبادل بين ايونات معينة على الجذور ومع الايونات التبادلية او الذائبة في التربة.
2- الامتصاص الحر او السلبي او اللاطاقي: ويتم مع انحدار التركيز ولايحتاج الى طاقة ويحدث بشكل رئيسي في الفراغ الحر.
3- الامتصاص الطاقي او النشط: وهذا يحدث ضد انحدار التركيز ويحتاج الى طاقة ويحدث بوجود نواقل معينة ويستخدم الـــــ ATP كمصدر للطاقة.

دور العناصر الغذائية واهميتها للنبات

رغم مرور اكثر من قرن وربع على دراسات ليبك في خصوبة التربة وتغذية النبات فان مهام بعض العناصر الغذائية بالنسبة لنمو النبات لازالت غير مفهومة بصورة جيدة لحد الان، ومن المعروف ان العناصر الغذائية تؤثر على النبات بواحدة او اكثر من الطرق التالية:

1- الدخول في تركيب خلايا وانسجة النبات.
2- القيام بدور العامل المساعد في بعض العمليات الحيوية.
3- التأثير على عمليات الاكسدة والاختزال.
4- التأثير على الضغط الازموزي في النبات.
5- التأثير على امتصاص العناصر الضرورية من قبل النبات.
6- المساعدة على تنظيم درجة حموضة التربة.
7- تهيئة بيئة اكثر ملائمة لنمو الجذور.
امثلة على ذلك:

النتروجين: يدخل في بناء البروتين الكلوروفيل ونقصه بشكل شحوب واصفرار وتحرقات في
المراحل المتقدمة. زيادة النتروجين غير مرغوب اذا لم تتم موازنته مع العناصر الاخرى.
الفسفور: مصدر للطاقة وله دور مهم في البذور ونمو الجذور، ونقصه يكون بشكل يؤدي الى
ظهور لون ارجواني على بعض المحاصيل مثل أوراق الذرة الصفراء.
البوتاسيوم: يدخل في نشاط الانزيمات وهناك مالا يقل عن 60 انزيماً لا تعمل الا بوجود البوتاسيوم
فضلاً عن دوره في نقل العناصر الى الاعلى ونقل المواد المصنعة الى الاسفل ودوره في تنظيم المياه وامتصاصها وفتح وغلق الثغور ولذا يزيد من كفاءة استهلاك المياه ويزيد من مقاومة المحاصيل للظروف البيئية.
الكبريت: يدخل في تركيب البروتين ونقصه يشابه نقص N.
المغنيسيوم: يدخل في تركيب الكلوروفيل ولذا نقصه يكون بشكل شحوب.
الكالسيوم: يدخل في تركيب الاغشية الخلوية والجدران وله اهمية الاختيارية في امتصاص
العناصر الغذائية وفي الحماية من بعض المراض الفسيولوجية.
العناصر المغذية الصغرى لها ادوار من خلال: تأثيرها في نشاط الانزيمات، ومنظمات النمو، وتثبيت النتروجين الجوي والكلوروفيل.

التوازن بين العناصر الغذائية

التوازن بين العناصر المغذية ضروري ايضاً اذ ان هناك ثلاث حالات:

1- التضاد Antagonism: وهي زيادة عنصر ما يقلل من عنصر اخر بالنبات عن طريق المنافسة على مواقع التبادل والامتصاص، مثل البوتاسيوم والامونيوم.

2- التشجيع Synergetic: وجودة عنصر ما او امتصاصه يشجع عنصر اخر مثل امتصاص النترات يشجه من امتصاص البوتاسيوم.

3- التداخل Interaction: حالات تشجيع وحالات تضاد في ان واحد مثل P-Zn مثلاً.

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية

يكون العنصر جاهزاً للنبات من الناحية الكيميائية اذا توفر بشكل يكون قابلاً للامتصاص من قبل النبات. بتعبير اخر اذا وجد بشكل ذائب او متبادل. اما من حيث الموقع فيكون جاهزاً اذا كان بمسافة تستطيع جذور النباتات الحصول عليه. اما الجاهز الحيوي فهو توفر العناصر بشكل جاهز كيمائياً ومتوفر بكميات وبسرعة تتلائم مع نمو النبات ويستطيع النبات اخذه باستمرار.

الاشكال التي تمتص بها العناصر المغذية من قبل النبات والتركيز في المادة الجافة

العنصر	الرمز الكيميائي	الشكل الايوني الذي يمتص فيه العنصر	التركيز في المادة الجافة
النتروجين	N	NH_4^+ ، NO_3^-	%3 – 1.5
الفسفور	P	$H_2PO_4^-$ ، HPO_4^{-2}	%0.5 – 0.1
البوتاسيوم	K	K^+	%3 – 1.2
المغنيسيوم	Mg	Mg^{+2}	%0.5 – 0.2
الكالسيوم	Ca	Ca^{+2}	%1.0 – 0.5
الكبريت	S	So_4^{-2}	%0.2 – 0.1
الحديد	Fe	Fe^{+2}	100 جزء بالمليون
المنغنيز	Mn	Mn^{+2}	50 جزء بالمليون
البورون	B	HBO_3^{-2}، BO_3^{-2}	20 جزء بالمليون
الزنك	Zn	Zn^{+2}	20 جزء بالمليون
الكلور	Cl	Cl^-	100 جزء بالمليون
المولبيدنيم	Mo	MoO^{+4}	0.1 جزء بالمليون
النحاس	Cu	Cu^{+2}	6 جزء بالمليون
الاوكسجين	O	O	%45

الكاربون	C	C	%45
الهيدروجين	H	H	%6

العوامل المؤثرة على امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الجذور

1- درجة الحرارة: ان معدل امتصاص العناصر الغذائية يزداد مع زيادة درجة الحرارة من 0 -40°م.

2- الفرق في تركيز الايونات: كلما كان الفرق بين محلول التربة والخلية عالياً كلما زادت عملية نفوذ الايونات للعناصر الغذائية باتجاه التركيز المنخفض.

3- درجة حموضة التربةpH:افضل مدى للامتصاص عند pH من 5 -7 يكون.

4- الضوء: النباتات النامية في الضوء اكثر امتصاص من النباتات النامية في الظل.

5 - الاوكسجين: جذور النباتات تحتاج الى الاوكسجين لأجل امتصاص الكميات المناسبة من العناصر الغذائية.

6 – حجم الايونات المارة: العلاقة عكسية.

7- الاضرار الميكانيكية: تزداد النفاذية عند حصول اضرار طبيعية لسطح الجذور حيث يزداد الامتصاص الحر.

8- المواد السامة تقلل الامتصاص.

ومن اهم المراجع:

النعيمي، سعدالله نجم.1999 . الأسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل.

عواد، كاظم مشحوت.1987. التسميد وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة البصرة.

حسن، نوري عبد القادر وحسن يوسف الدليمي ولطيف العيثاوي.1990. خصوبة التربة والاسمدة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

ابو ضاحي، يوسف محمد ومؤيد احمد اليونس.1988. دليل تغذية النبات. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

مسح الترب وتصنيفها Soil Survey and Classification

الحاجة الى التصنيف

بسبب تغاير الترب ولاسيما التغاير المكاني اذ ان الترب تختلف من موقع الى اخر والذي تم التوصل اليه من دراسة التربة في الحقل من علماء البيدولوجي. ان هذا الاختلاف في التربة بين موقع واخر ناتج عن الاختلاف في عوامل وعمليات تكوين التربة، فالخواص المورفولوجية* (اللون، النسجة، البناء وتطور الافاق) والصفات ذات العلاقة بنمو النبات الايدافولوجي**(pH، CEC، OM) والانسان الذي يتعامل مع هذه التربة ويغير ويضيف اليها.

ولهذا وبسب الاختلافات في الترب ونوعياتها وقابليتها الإنتاجية كان من الواجب تصنيفها من اجل اخذ القرارات السليمة في التخطيط على مستوى القطر وفي التخطيط الحضري والإقليمي وفي الاستغلال الزراعي.

1- تنظيم كافة أنواع الترب في نظام معين وتحديد موقع كل تربة في هذا النظام.
2- اعداد خرائط تربة مختلفة وبمستويات مختلفة من التفصيل اعتماداً على الغرض المطلوب من اعداد هذه الخريطة.

وبالاستعانة بالعلوم المختلفة ابتداءً من علم المورفولوجي (علم الشكل او علم المظهر الخارجي للتربة) الذي يصف التربة حقلياً والتصنيف الذي يضبط موقع التربة في النظام التصنيفي.

---

*علم البيدولوجي: وهو علم دراسة التربة بالحقل او العلم الذي يشمل على عمليات مسح وتصنيف التربة (بيدولوجي تعني علم التربة).
**علم الايدافولوجي: علم دراسة التربة كوسط لنمو النبات.

والمسح الذي يحدد مواقع ومساحات هذه الأصناف وبالتالي تصنيف الأراضي الذي يعتمد على تصنيف الترب الى أصناف إدارية حسب قدرات هذه الأراضي في الإنتاجية او مستلزمات حل مشاكلها.

وسيتم التطرق في هذا الفصل الى عوامل وعمليات تكوين التربة في العراق والاشارة بشكل بسيط الى تصنيف الترب في العراق تاركين التفاصيل الى موضوع مسح وإدارة الترب وادارتها.

عوامل تكوين التربة في العراق

تم التطرق في الفصل الأول الى عوامل تكوين التربة بشكل عام وسيتم هنا التطرق الى عوامل تكوين التربة في العراق:

1- المادة الام: يمكن اعتبار معظم المواد الام المكونة للترب في العراق مواد منقولة حديثاً (بالمفهوم الجيولوجي). ومعظم هذه المواد هي مترسبات الأنهار التي كانت تصب في البحار

والبحيرات القديمة التي كانت موجودة ابان العصور الجليدية فضلاً عن السهل الرسوبي التي هي مترسبات نهري دجلة والفرات.
عوامل النقل هي مائية ايضاً وتضم مياه الفيضانات ومياه الري وترسبات هوائية يقصد بها المترسبات الريحية.
2- المناخ: مناخ العراق قاري شبه استوائي يتصف بالجفاف عموماً في كل من الخريف والصيف ويقع شرق مناخ البحر الأبيض المتوسط ويتأثر به بدرجة اقل بمناخ غرب الخليج العربي شتاءً. معدلات درجات الحرارة تتراوح بين 9.5°م شتاءً و35.5 °م صيفاً واحياناً ترتفع درجات الحرارة عن ذلك. والامطار تزداد باتجاه الشمال الشرقي من البلاد ومعدلها السنوي في جنوب السهل الرسوبي ووسطه حوالي 135 ملم ويرتفع هذا المعدل الى 375 ملم في الجزء الأعلى من ال السنوي في جنوب السهل الرسوبي ووسطه حوالي 135 ملم ويرتفع هذا المعدل الى 375 ملم في الجزء الأعلى من السهل الرسوبي ويستمر بالارتفاع ليصل الى 1339 ملم في بنجوين.
3- العامل البايولوجي: ان اعمال الانسان من ري وحراثة وزراعة وتسميد اثرت بشكل كبير في خصائص الترب التي خصصت للزراعة منذ القدم، هذا فضلاً عن تأثير النبات والحيوان. والتأثير الاكبر يأتي في توزيع النبات الطبيعي كماً ونوعاً الذي يتراوح بين النباتات الصحراوية في الجزء الغربي من العراق الى اعشاب طويلة وقصيرة في شمال العراق الى أشجار باتجاه اقصى الشمال والشمال الشرقي، وفي السهل الرسوبي هناك النباتات المائية والنباتات المقاومة للاملاح والنباتات المقاومة للجفاف كالاشواك.
4- الطوبوغرافية: يقسم العراق جغرافياً الى خمس مناطق فيزيوغرافية هي: الجبلية، المتموجة، الصحراوية، الجزيرة والسهل الرسوبي.
5- الزمن: ترب العراق حديثة التكوين من الناحية الجيولوجية.

عمليات تكوين التربة في العراق

ومن اهم هذه العمليات:
1- التملح: ارتفاع كمية الاملاح في الترب وتجاوزها للحد الذي تنمو فيه النباتات بشكل جيد. وهذه العملية تحدث في المناطق الوسطى والجنوبية.
2- إزالة التملح: وهي عملية تحدث في المناطق الشمالية لوجود الامطار بشكل كافي.
3- التكلس او الكلسية: وهي عملية تحدث في معظم مناطق العراق وتؤدي الى تراكم معادن الكاربونات (كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) بشكل عام. وسبب هذه الكلسية هو نوع المادة الام والجفاف الذي لا يسمح لغسيل هذه التراكمات من الجزء العلوي للتربة.
4- ازالة الكلس: وهي عملية تحدث في المناطق الشمالية من القطر لذا وبشكل عام فان نسب الكلس في الشمال تكون اوطأ مما هي عليه في الوسط والجنوب.
5- عمليات الفقد والكسب: وهي من العمليات التي تحدث بشكل خاص في ترب شمال

العراق لوجود العوامل المشجعة لهذه العملية.

6- تطور اللون الداكن: وهذه تحدث ايضاً في شمال العراق نتيجةً لوجود المواد العضوية.

7- الاختزال: وتحدث بشكل خاص في مناطق الاهوار وترب المنخفضات في جنوب العراق.

تصنيف الترب Soil classification

من المحاولات الاولى لتصنيف الترب في العراق تلك التي بدأت في الخمسينات من القرن الماضي عندما عهد للعالم الهولندي بيورنك Buringh (1960) للقيام بهذه المهمة. والذي اعتمد في التصنيف على العامل الوراثي، ويقوم على اساس ملاحظة اثار وتاثيرات كل من عوامل وعمليات تكوين التربة ولهذا النظام مستويات تصنيفية مختلفة تبدأ بالرتبة ومجاميع الترب العظمى والعائلة والسلسلة وتنتهي بالنوع. وشخص بيورنك 18 مجموعة تربة عظمى وعلى كل الأحوال فالتصنيف كان تصنيفاً استكشافياً.

وفي عام 1971 صدر عن المديرية العامة للتربة واستصلاح الأراضي خارطة تدعى خارطة ترب العراق ولكنها لم تختلف كثراً عن خارطة بيورنك بل هي تؤكدها. ومنذ تأسيس قسم علوم التربة في كلية الزراعة – جامعة بغداد في الخمسينيات من القرن الماضي كان هناك اهتمام من منتسبي القسم في اعداد وتصنيف او اعداد خارطة تضم ترب العراق على مستويات تصنيفية ادنى من الترب العظمى لاسيما السلاسل لغرض الاستفادة منها في النواحي الإدارية، وكان هناك مقترح لتصنيف الترب قدم من قبل العكيدي (د. وليد خالد حسن) اعتمد السلسلة اساساً له الا ان الخارطة النهائية لترب العراق لاتزال قيد الاعداد.

وعلى المستوى العالمي هناك نظامان لتصنيف الترب اكتسبت اعترافاً وسمعة على شكل عالمي وهي Soil Taxonomy (USDA، 1975 – 1982) وخارطة التربة للعالم Soil map of the world (FAO-UNSCO، 1974). هناك الافاق التشخيصية المعرفة في مفاتيح الى تصنيف الترب المعد من ملاك مسح التربة Soil Survey Staff (1998) وسنتطرق هنا لملخص بسيط لبعض هذه الافاق التشخيصية:

1-Diagnostic Epipedons: افاق تكون قرب او عند سطح التربة وهناك ثمانية افاق تشخيصية من هذا النوع وهي تشمل الافاق التي لها علاقة بالانسان او الاستخدام المستمر للانسان.

أ- Folistic: هو افق تشخيصي عضوي له علاقة بالاوراق وكمية المادة العضوية تحت بيئة الغابات.

ب- Histic: وهو افق تراكم المادة العضوية المشبعة بالماء.

جـ - Melanic: وهو افق ذات تركيز عال بالمادة العضوية ويكون لونها اسود.

د- Mollic: وهو افق دبالي يحوي على ايونات موجبة ثنائية على سطح التبادل.

2- افاق تشخيصية تحت سطحية ومنها:

أ- Agric horizon: هو افق رسوبي يملك كميات مهمة من الدبال والغرين والطين وهو افق مانح Illuvial.

ب- Albic: افق فقد Eluvial (غسل Leaching).

جـ - Argillic: افق طيني.

د- Calcic: افق فيه تجمع كاربونات الكالسيوم الى مدى مهم.

ز- Duripan: افق صلب يمنع حركة الماء والمغذيات.

ر- Fragipan: افق يمنع دخول الماء والجذور الى التربة.

و- Gypsic: افق يتجمع فيه الجبس بشكل مهم.

ه- Natric: تجمع عال للصوديوم مع الطين.

ي- Salic: تجمع الاملاح.

وبشكل مختصر ايضاً فان تقسيمات المستويات التصنيفية العليا للترب العراقية حسب النظام الكمي الحديث وما يقابلها من مجاميع الترب العظمى بالنظام الوراثي القديم والتي تستخدم كوحدات خارطة.

تقسم رتب الترب العراقية حسب التصنيف الكمي الحديث:

1- Entisols: هي ترب حديثة التكوين والتي لم يمر عليها وقت كاف لتطور الأفق B وهو الأفق الارجيلي في النظام الحديث. ان هذه التربة في العراق تضم الترب الرسوبية والريكسوسولية والليثوسولية في النظام الوراثي القديم.

2- Inceptisols: ترب في بداية تكوين الأفق B ويكون ضعيفاً.

3- Vertisols: الترب المتشققة والتي سبق عرفت بالكروموسول.

4 – Aridsols: ترب تمثل مساحات واسعة من العراق الكلية، اذ تشمل الترب الصحراوية وقد تضم تربأ ملحية متطورة ذات افق B خارج السهل الرسوبي فضلاً عن ترب رسوبية متأثرة بالملوحة.

5- Mollisols: وتضم الترب البنية والبنية الحمراء والكستنائية وتوجد في الشمال والشمال الشرقي للعراق.

جامعة الانبار **المادة: مبادئ تربة**
كلية الزراعة **د. سعد عناد الدليمي** **المرحلة الثانية**
قسم علوم التربة والموارد المائية **المحاضرة الثامنة**

تصنيف الأراضي Land classification

بعد اعداد خرائط مسح التربة ومعرفة الخصائص الفيزيائية والكيمائية والمورفولوجية والبيئية لكل

مرحلة سلسلة محددة من الخارطة تبدأ مرحلة تحديد مدى صلاحية كل وحدة خريطة مشخصة للإنتاج الزراعي، ومن اشهر أنظمة تصنيف الأراضي والمطبقة في العراق هو نظام تصنيف قابلية الأراضي الأمريكي 1960 اذ قسم الأراضي الى ثمانية أصناف وهي:

1- الصنف الاول: يصلح لزراعة كافة المحاصيل الحقلية والخضر والبساتين وهو يخلو من اي مشاكل محددة.

2- الصنف الثاني: يصلح لكافة المحاصيل الحقلية الا انه بكثافة اقل من الصنف الأول لوجود بعض المحددات كالملوحة ودرجة الانحدار.

3- الصنف الثالث: متوسط الإنتاج لوجود بعض المحددات مثل رداءة البزل.

4- الصنف الرابع: يزرع بمحاصيل بدرجة محدودة لوجود محددات تربة ومناخ.

5- الصنف الخامس: يصلح للمراعي والغابات ولايصلح لزراعة المحاصيل الحقلية لوجود تعرية شديدة ويتعرض للفيضانات وظروف جوية قاسية.

6- الصنف السادس: محددات اكثر من الصنف الخامس ويصلح للمراعي بدرجة اقل.

7- الصنف السابع: سلبيات اكبر وزراعة محدودة جداً.

8- الصنف الثامن: لا يصلح للزراعة ويستخدم كمحميات.

ولمزيد من المعلومات يمكن الرجوع الى:

Soil survey staff.1988. Keys to soil Taxonomy 8th ed.US Government Printing Office . Washington,DC.

العكيدي، وليد خالد حسن.1980. مسح وتصنيف التربة في كتاب مبادئ علم التربة(العاني).