وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بغداد-كلية الزراعة

المقرر الدراسي لمادة مبادىء التربة العامة للعام 2016 – 2017

اسم التدريسي / القسم العلمي / المرحلة

د .قحطان جمال عبد الرسول /قسم المكننة الزراعية / المرحلة الاولى

د. جواد طه محمود/قسم الثروة الحيوانية/ المرحلة الاولى

د.ابتسام مجيد رشيد/ قسم الارشاد الزراعي/المرحلة الاولى

د. عبد الباقي داود سلمان/قسم علوم التربة والموارد المائية/ المرحلة الثانية

د. عبد الباقي داود سلمان/قسم الاقتصاد الزراعي/ المرحلة الثانية

المصادر:-

1- المدخل الى علوم التربة / تاليف:ا د .نور الدين شوقي علي /

2- كيمياء التربة /ترجمة: ا د. نور الدين شوقي و ا د .شفيق جلاب

3- اساسيات فيزياء التربة/ ترجمة ا د. مهدي ابراهيم عودة

الفصل الاول

نشوء التربة وتكوينها

ماهي التربة :

مقدمة :

التربة طبقة ذات سمك قليل الا انها ثمينة وهي تغطي مكونات جيولوجية في سطح الارض تعرضت الى درجات مختلفة من عمليات التجوية وتكون بشكل طبقة ذات قشرة هشة و مواصفات معينة ، والتربة ليست صخوراً او ترسبات جيولوجية ولكنها تحولت خلال عمليات تكوين التربة الى هذا الشكل المسمى تربة . وبشكل عام فإن التربة عبارة عن اجزاء معدنية وعضوية تترابط بشكل متداخل ومعقد تتخلله فراغات او مسام بينية يشغلها الماء والهواء وعند ترطيب التربة بالماء (الماء هو الجزء الاساسي للحياة والمذيب والناقل للمغذيات) يصبح هذا المعقد وسطاً خصباً تنهَل منه كل الاحياء على كوكب الارض، وهذه الطبقة السائدة للحياة تسمى البيدوسفير Pedosphere وتكون نشطة حيوياً ومسامية وذات بناء وتقوم بكفاءة بتوزيع الماء والتدفقات الكتلية والطاقة وفضلاً عن كون التربة سائدة للحياة فهي تعمل على ترشيح الكثير من المخلفات الصناعية والملوثات وبهذا تعمل على تقليل تلوث البيئة ، وبشكل اكثر شمولية تعرف التربة بأنها جسم طبيعي متطور يتكون من مواد معدنية وعضوية عند سطح الارض وفي توازن ديناميكي مع الاجزاء الجيولوجية او غلاف الصخور للقشرة الارضية 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 الارض الذي يتعامل مع التربة على انها مصدر طبيعي قابل للتجدد ولكن بشكل بطيء جداً ، وعلم التربة يتضمن دراسة نشوء التربة وتصنيفها وخواصها الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية والمعدنية واستخدام التربة وإدارتها وهو اساس لعلوم الزراعة والغابات والبيئة والجغرافية الفيزيائية والهندسة المدنية والاثار.

كما يعرف علم التربة بانه مجموع المعلومات والاسس المنظمة والمتعلقة بالمادة المسماة تربة وهو علم له علاقة بجميع العلوم الطبيعية ولاسيما علوم الفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة.

ويطلق على علم التربة علم البيدولوجي Pedology وهو العلم الذي يعِّد الترب المختلفة وحدات طبيعية ويركز على التطور والعلاقات الفيزيائية والكيميائية والحيوية وعلى طبيعتها الديناميكية والحركية او بالاحرى هو علم دراسة التربة بالحقل، ويهتم علم البيدولوجي بدراسة التربة كظاهره طبيعة الوجود والتكوين ويتفرع من هذا العلم عدد من العلوم كل يأخذ جانباً من جوانب التربة ومنها على وجه الخصوص مسح وتصنيف التربة وفيزياء التربة وكيمياء التربة وخصوبة التربة وكيمياء حيوية التربة والاحياء المجهرية فيها ، وهذا ما سيتم بعون الله مناقشته في هذا الكتاب إذ سيهتم كل فصل من فصول هذا الكتاب بأحد علوم التربة المختلفة واستخداماتها وتطبيقاتها وعلاقاتها المتداخلة مع نمو النبات والانتاجية .

عمليات تكوين التربة Processes of soil formation:

تكونت التربة من تفاعلات طبيعية وكيميائية وحيوية على المادة الام parent material وتحولها الى معادن طينية وتربة ، ومن اهمها عمليات تجوية الصخور rock weathering في باطن الارض وعمليات إضافة المواد العضوية organic materials addition وتكوين البناء الذي يصف التربة وهذه العمليات تحدث بشكل متزامن وتتضمن :

1. عمليات التحول Transformation : بسبب الرطوبة والحرارة تحدث عمليات تغير وتحول في صخور التربة تسمى التجوية weathering والتي تشمل التجوية الفيزيائية مثل الإنجماد والذوبان والإنكماش والتمدد وعمليات التكسر والتفتت للصخور) وهذه العمليات تؤدي الى زيادة التفتت والمساحة السطحية التي تساعد في اتمام التجوية الكيميائية ، والتجوية الكيميائية مثل الذوبان والتحلل المائي وتكوّن حامض الكاربونيك وينجم عن هذه العمليات تكون المعادن الطينية والتي تمثل الاجزاء الرئيسة للتربة .هذه العمليات تكون على اشدها في المناطق الرطبة الاستوائية و اقلها في المناطق الجافة وشبه الجافة ، ولولم تكن التربة نظاماً مفتوحاً لما تعرضت التربة للتجوية ، لذا فهو الادخال والاخراج المستمر للماء المار في التربة والكتلة الحية والطاقة الشمسية ، التي تجعل التربة في تغير مع مرورالزمن وهذه التغيرات تنعكس على تطور افاق التربة soil horizons ، وعلى الشكل المورفولوجي والمحتوى المعدني لجزء الطين في التربة .

ومن هذه التفاعلات والاكثر اهمية ما يطلق عليه التحلل المائي hydrolysis وعملية إضافة البروتونات protonation ، والتي يمكن ان تتضح من خلال تجوية الفيلدسبار albite لتكوين المعدن الطيني الكاؤلنايت :

$$4\ Na[AlSi_3O_8\ (s) + 4H^+ + 18\ H_2O(L) = Si_4Al_4O_{10}(OH)_8\ (s) + 8\ Si(OH)_4^0 + 4\ Na^+$$

(albite) (kaolinite)

وهنا s تعني صلب و L تعني سائل .

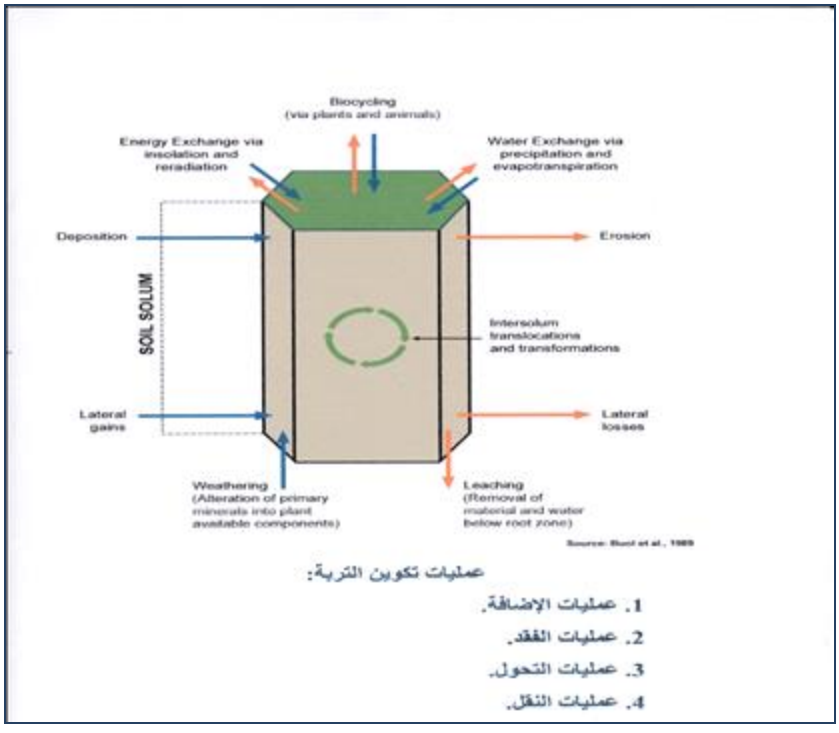
تفاعلات التجوية تم الحديث عنها هنا بنوع من الاختصار ولكنها يمكن ان تعطي اساساً كيميائياً لتحولات معادن التربة بين مراحل التجوية وبالنسبة للسليكات فإن المتغاير الرئيس المسيطر على هذه التفاعلات هو حامض السليسك في محلول التربة .

2. عمليات الاضافة (Addition) : الإضافة للمواد العضوية التي تنتج عن وجود النباتات وتتأثر بنوع النبات وطبيعة جذوره ، اذ ان نباتات المراعي تكون ذات جذور كثيفة وليفية بينما نباتات الاشجار تكون وتدية وعميقة ، هذا فضلاً عن كمية الاوراق التي تتساقط من الاشجار وتضيف طبقة من بقايا الاوراق تتحلل لتكون المواد العضوية او الافق O . وعملية الاضافة تكون على اعلاها في المناطق الممطرة الباردة لغزارة نمو النباتات وقلة الفقدان ، كما توجد عمليات الإضافة في مناطق الاهوار بسبب انخفاض عمليات الفقد .

3. عمليات نقل للمواد (Transport) وغسلها وفقدانها (Leaching & Losses) : اذ انه وحسب الظروف المناخية وشدة هطول الامطار تحدث عمليات غسل كبيرة للسليكا ولاسيما في المناطق الاستوائية وتحدث عمليات نقل للأيونات وعمليات تبادل بين الايونات الذائبة والمتحركة مع الماء واسطح التربة ولاسيما معادن الاطيان وهذه العملية تكون على اشدها في المناطق الممطرة .

4. عمليات الفقد (loss) : تحت ظروف معينة ونتيجة سوء الادارة تحدث عمليات فقد للنتروجين اما عن طريق الغسل او الفقدان بشكل غازات والشئ نفسه يمكن ان يحدث للكبريت الذي يكون معرضاً للفقد بشكل غازات . هذا فضلاً عن الفقد للعناصر عن طريق التعرية او الجرف السطحي .

5. وهناك وتحت ظروف معينة يمكن ان تحدث عمليات الاختزال (Reduction) : تسود هذه العملية في المناطق المنخفضة والرطبة التي تتعرض للغمر ولعمليات التخمر وتتجمع المواد العضوية فيها لأن الاكسدة بطيئة وتحدث هذه العمليات في الاراضي المبتلة wet lands والاهوار والمستنقعات marshes ويتكون البيت peat، ويوضح المخطط 1-1 مخطط لعمليات تكوين التربة .



عمليات تكوين التربة:

1. عمليات الإضافة.
2. عمليات الفقد.
3. عمليات التحول.
4. عمليات النقل.

مخطط 1-1 مخطط عمليات تكوين التربة

عمليات تكوين التربة في العراق:

في ترب العراق الواقعة ضمن ترب المناطق الجافة وشبه الجافة تحصل عمليات معينة من اهمها :

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 كاف.**

1- **التكلس او الكلسية : وهي عملية تحدث في معظم مناطق العراق وهي عملية تؤدي الى تراكم معادن الكاربونات (كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) بشكل عام ، وسبب هذه الكلسية هو نوع المادة الام والجفاف الذي لا يسمح بغسل هذه التراكمات من الجزء العلوي للتربة.**
2- **إزالة التكلس : وهي عملية تحدث في المناطق الشمالية من العراق ولذا فإن نسب معادن الكاربونات في الشمال تكون اوطأ مماهي عليه في الوسط والجنوب.**
3- **تطور اللون الداكن : وهذه تحدث في شمال العراق نتيجة لوجود المواد العضوية.**
4- **الاختزال : وتحدث هذه العملية بشكل خاص في مناطق الاهوار وترب المنخفضات في جنوب العراق.**

عوامل تكوين التربة Soil Forming Factors:

يعتمد تكون التربة على التأثير المتداخل والمتكامل لعوامل عدة تدعى عوامل تكوين التربة التي صاغها العالم يني Jenny عام 1941 في كتابه الشهير soil forming factors وصاغها في معادلة توضح ببساطة ان التربة ماهي إلا دالة لعوامل تكوينها وحسب المعادلة الاتية:

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

وهذا يعني ان التربة دالة لكل من: المناخ (Climate) (Cl) والاحياء (Organisms) (O) والطوبوغرافية (relief) (r) والمادة الاصل (Parent material) (Pm) والزمن (time) (t) واضيف لها الانسان كعامل منفرد ومستقل يؤثر في التربة من خلال العمليات الادارية من اضافة اسمدة ومواد عضوية وقلب للتربة في اثناء الحراثة. وحسب هذه المعادلة يمكن تعريف التربة بأنها جسم طبيعي ديناميكي متطور على سطح الارض له ثلاثة ابعاد ويكتسب صفاته من تأثير المناخ والاحياء على المادة الاصل تحت تأثير الانحدار لمدد من الزمن .

تبدأ التربة بالتشَكُل حين تعمل القوى الطبيعية المحيطة الممثلة بعوامل المناخ عملها على الصخور الاصل والمواد المماثلة على سطح الارض او قريباً منه لتشكل مايسمى بالمواد الام (parent materials) ومع مرور الزمن ولمدة طويلة تبدأ المواد العضوية بالتراكم بعد نشوء حياة على تلك الصخور الاصل كنمو النبات والاحياء البسيطة حتى تتكون طبقة سطحية غامقة

تسمى الافق A وهذه التربة يكون لها افقين فقط وتتميز بتراكم المادة العضوية في السطح وتكون سرعة غسل المواد الغروية من الافق A ابطأ من تراكمها ،وتكون صفات هذه التربة موروثة من المادة الام وتدعى بالترب الحديثة (غير الناضجة immature soil) ، وعند مرور الزمن تتكون احماض عضوية تسهم في تحطيم بعض المعادن وإطلاق بعض العناصر ،وعند وجود كفاية من الماء تغسل هذه المواد الى الاسفل لتترسب في افق تحت الافق A (الافق المانح او السليب elluvial) يسمى الافق الكاسب(illuvial) وهو الافق B والترب الحاوية على الافاق الثلاثة A و B و C تسمى بالتربة المتطورة او الناضجة Mature soil.

وفيما يلي وصف لأبرز عوامل تكوين التربة :

- المادة الاصل (Parent Material) :

المادة الاصل هي الجزء الذي تتكون منه التربة وهي اما ان تكون صخوراً تحللت في مكانها او مواداً انتقلت بالرياح او الماء وترسبت في مكان آخر، والشكل(1-1) الآتي يوضح اكداساً من الكثبان الرملية انتقلت بالهواء وتجمعت في مكان آخر.

الشكل (1-1) اكداس من الكثبان الرملية تمثل نوعاً من النقل بالهواء للرمال وتجمعت في مكان آخر

بشكل عام فان التربة تتأثر بألمادة الاصل التي تكونت منها ومثال ذلك التربة التي تتكون من مادة اصل خشنة ومن معادن مقاومة للتجوية تظهر نسجة خشنة، والترب الناعمة تطورت من مادة اصل ذات معادن غير ثابتة وتتجوى بسهولة وهكذا ، والترب ذات المادة الاصل الغنية بالقواعد الذائبة والاملاح تنعكس صفاتها على التربة.

تقسم مادة الاصل حسب تكونها الى :

اولاً : مواد اصل لاعضوية (معدنية) وتقسم الى :

أ- المواد الاصل الماكثة residual : وهي مادة الاصل التي تنتج عن تجوية الصخور في موضعها وهنا تكون التربة مشابهة لمواد اصلها وانها ذات تركيب معدني متماثل الى درجة كبيرة ولايوجد انقطاع في النسجة .

ب- المواد الاصل المنقولة transport :اي ان مواد الاصل نقلت من مكان آخر بعوامل النقل كالماء والهواء والجليد والجذب الارضي وتقسم حسب الناقل الى :

1) المنقولة بالماء وهي رواسب من المياه الجارية وتدعى بالمترسبات المائية او النهرية Alluvial ويحدث الترسيب عندما تفقد المياه سرعتها وقابليتها على نقل المواد العالقة.
2) المنقولة بالهواء وتدعى بالمترسبات الهوائية Aeolian وتدعى مواد الاصل المنقولة بهذه الطريقة بالترسبات الريحية Loess من الرمل الناعم والغرين او تكون بشكل كثبان رملية خشنة النسجة.
3) المترسبات البحرية والتي تتجمع في بيئة المحيطات وتدعى موادها الاصلية Marine . والمترسبات البحيرية المتكونة من مواد رسبت من مياه البحيرات تدعى موادها الاصلية Lucastrine .
4) المترسبات االجذبية وتدعى موادها الاصلية Colluviums

جـ- المترسبات الجليدية وتدعى موادها الاصلية Glacial:ان التجوية الطبيعية هي العامل الاساس في تكوين المـاد الاصل بوساطة الثلاجات نتيجة الضغط الكبير الناجم عن الطبقات الثلجية الذي يسبب احتكاك وتفتيت للصخور.

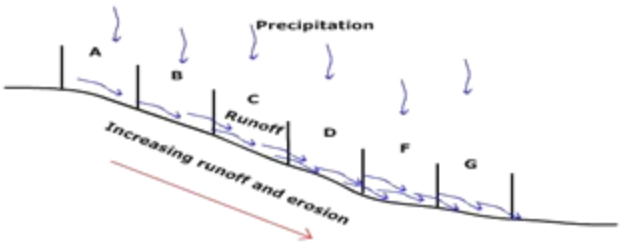
ثانياً : المواد الاصل العضوية : وهي تراكمات للمواد العضوية النباتية والحيوانية بعد تحللها في منخفضات المناطق الباردة وعالية الرطوبة وتكون فيها كميات التراكم اعلى من المفقود بالتأكسد حيوياً .

❖ المناخ (Climate) :

الطاقة والسقيط precipitation (المطر والندى و الصقيع والبرَد) تؤثر في التفاعلات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث للمادة الاص ل ،هذا فضلاًعن ان المناخ يؤثر في الغطاء النباتي مما يؤثر في تطور التربة ، والمطر يؤثر في تطور الافاق نتيجةً لتأثيره في عمليات غسل ونقل الايونات بين الافاق، ويؤثر المناخ في النمو الخضري الذي يكون متباعداً وضعيفاً ويكون تجمع المواد العضوية قليلاً في المناطق الصحراوية الحارة نتيجةً لإرتفاع درجات الحرارة وقلة سقوط الامطار ، اما في المناطق الباردة فإن نشاط البكتريا يتحدد وهذا سيحدد تحلل المواد العضوية وعلى عكس ذلك يزداد النشاط في المناطق الدافئة والرطبة الاستوائية مما يزيد من تحلل المواد العضوية.

❖ الطوبوغرافية (Topography(relief :

تؤثر الطوبوغرافية في السيح (الجرف السطحي runoff) كما يؤثر موقع التربة على الانحدار في المناخ الدقيق(microclimate)مما يؤثر في النمو الخضري.والشكل(1-2) الآتي يوضح العلاقة بين الانحدار والتعرية.



الشكل (1-2) العلاقة بين الانحدار والتعرية

يؤثر عامل الطوبوغرافية على تكون المقد من خلال :

1. كمية الامطار والثلوج ومن ثم كمية الرطوبة .
2. سرعة انجراف التربة بوساطة المياه من المنحدرات.
3. الترسبات التي تحدث نتيجة انجراف قسم من التربة من المناطق العالية والتجمع بالمناطق المنخفظة.

ويطلق على مجموعة الترب المتكونة من مادة الاصل نفسها وتحت الظروف نفسها والمتغاير هنا الطوبوغرافية فقط بالـ soil catena .

❖ **الاحياء (O) Organisms :**

وتشمل الاحياء كافة الغطاء الخضري والاحياء الكبيرة والصغيرة (الدقيقة) في التربة والانسان يوضع ضمن العامل الحيوي او يوضع كعامل منفصل.

وينحصر تأثير الاحياء المختلفة على تكوين التربة في :

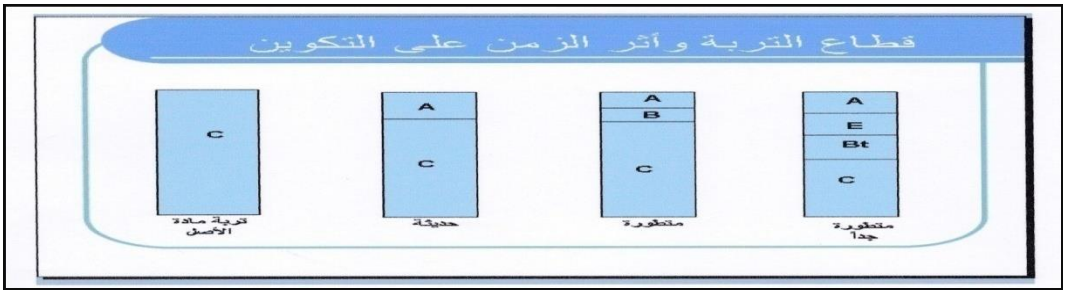
1. انتاج بعض الاحماض والتي بدورها تؤثر في ذوبانية بعض المعادن.
2. توفير المغذيات للنبات .
3. تكوين المواد العضوية بعد تحلل النباتات والاحياء المختلفة والمواد العضوية لها دور مهم في تحسين خصائص التربة المختلفة .

اما عامل الانسان فإنه يمكن ان يكون عاملاً ايجابياً او إصلاحياً من خلال استصلاح الاراضي وإدارة التربة بشكل سليم او سلبي عند سوء ادارة التربة والري والتسميد غير العقلاني وقطع الاشجار ....

❖ **الزمن Time :** عامل يؤثر في جميع العوامل الاخرى لأن اي عملية لكي تتم لابد ان تحتاج الى زمن لإتمامها .ويمكن ان يؤثر عامل الزمن من خلال :

1. درجة تطور التربة وعلاقتها بالزمن.
2. الوقت المطلوب لتكوين افاق المقد والمقد وسرعة التكوين .
3. علاقة العمر الجيولوجي للمنطقة بالظواهر الطبيعية .

وإن طبقات التربة او ما يطلق عليها بافاق التربة Soil Profiles تعكس التأثير المتداخل لعوامل تكوين التربة على المادة الأصل عبر الزمن (المخطط 1-2)



مخطط 1-2 تأثير الزمن في تكوين آفاق التربة

تأخذ عوامل تكوين التربة في العراق بعض الخصوصيات الاتية :

- **المادة الاصل (المادة الام)** : يمكن عد معظم المواد الام المكونة للترب في العراق مواداً منقولة حديثاً (بالمفهوم الجيولوجي) . ومعظم هذه المواد هي مترسبات الانهار التي كانت تصب في البحار والبحيرات القديمة التي كانت موجودة ابان العصور الجليدية اضافة الى السهل الرسوبي التي هي ترسبات نهري دجلة والفرات ، وعوامل النقل هي مائية وتضم مياه الفيضانات ومياه الري وهوائية ويقصد بها المترسبات الريحية.

- **المناخ** : مناخ العراق قاري شبه استوائي يتصف بالجفاف بشكل عام في كل من الخريف والصيف ويقع شرق مناخ البحر الابيض المتوسط ويتأثر به ويتأثر بدرجة اقل بمناخ غرب الخليج العربي شتاءً . معدلات درجات الحرارة تتراوح بين 9.5 ^{0}م شتاءً و 35.5 ^{0}م صيفاً واحياناً ترتفع او تنخفض عن ذلك ، والامطار تزداد باتجاه الشمال الشرقي من البلاد ومعدلها السنوي في جنوب السهل الرسوبي ووسطه حوالي 135 مم ويرتفع هذا المعدل الى 375 مم في الجزء الاعلى من السهل الرسوبي ويستمر بالارتفاع الى ان يصل الى 1339 مم في بنجوين.
- **العامل البايولوجي** : ان اعمال الانسان من ري وحراثة وزراعة وتسميد اثرت بشكل كبير في خصائص الترب التي خصصت للزراعة منذ القدم . هذا اضافة الى تأثير كل من النبات والحيوان، والتأثير الاكبر يأتي في توزيع النبات الطبيعي كماً ونوعاً إذ يتراوح بين النباتات الصحراوية في الجزء الغربي من العراق الى اعشاب طويلة وقصيرة في شمال العراق الى اشجار باتجاه اقصى الشمال والشمال الشرقي. وفي السهل الرسوبي توجد النباتات المائية والنباتات المقاومة للأملاح والنباتات المقاومة للجفاف كالاشواك.
- **الطوبوغرافية** : يقسم العراق جغرافياً الى خمس مناطق فيزيوغرافية هي الجبلية والمتموجة والصحراوية والجزيرة والسهل الرسوبي.

- **الزمن** : ترب العراق حديثة التكوين من الناحية الجيولوجية.

وبشكل عام يمتلك العراق تربأً تختلف الواحدة عن الاخرى نتيجةً لإختلاف عوامل تكوين الترب ، ودرجة تطور الترب في العراق تتناقص من الشمال الى الجنوب ، ومعظم ترب المناطق الشمالية والجزيرة والتلول السفحية تكون متطورة اما ترب السهل الرسوبي (التي تشكل 25% من ترب العراق) فتكون غير متطورة ومتأثرة بالاملاح .

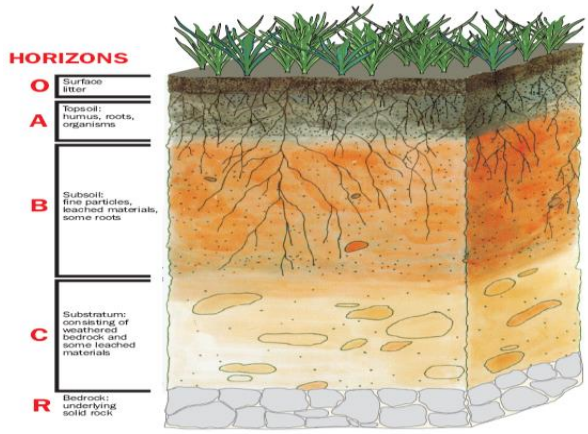
مقد التربة Soil Profile:

مقد التربة عبارة عن المقطع العمودي في جسم التربة للتربة يتضمن عدداً من الطبقات يطلق عليها افاق horizons وهذه الافاق بسمك عدد من السنتمترات الى عشرات السنتمترات تعكس العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي حدثت للتربة. هذه الافاق تتكون من تجمعات من جزيئات معدنية وعضوية بشكل طبيعي تسمى Peds ولعملية ترتيب هذه التجمعات في التربة او ما

يسمى معمارية التربة اهمية خاصة في سلوك التربة لان التوزيع للمسام والماء والهواء الذي يشغل هذه المسام علاقة بهذه المعمارية .

وضمن مقد التربة فأن الجزء الذي يحوي الجذور ويتأثر بالنشاط الحيوي يسمى Solum وهو الجزء الفعال في التربة ويشمل الافقين A + B في الترب المتطورة او الافق A في حالة الترب غير المتطورة ، واصغر وحدة حجمية او مقطع حجمي بابعاد ثلاثة يطلق عليها بالبيدون (Soil pedon) وهذا المقطع له عمق وطول وعرض كافٍ تتضمن اوجه التربة لوصف الافاق وله مساحة سطحية تتراوح بين 1 – 10 م^2.

ولذا يمثل مقد التربة تغاير الترب حسب العمق مبتدءاً بالسطح ومنتهياً بالمادة الاساسية غير المتحورة التي تكونت منها التربة ويساعد تكوين الافاق في المقد على فهم مراحل وظروف تكوين تلك التربة والظروف المحيطة بها والتي جعلتها تمتلك خواصاً تختلف عن غيرها. ويوضح الشكل (1-3) مقداً إنموذجياً لتربة مغطاة بالاعشاب والاشجار تحت ظروف حرارة معتدلة وجو رطب .



الشكل (1-3) مقد إنموذجي لتربة مغطاة بالاعشاب والاشجار تحت ظروف حرارة معتدلة وجو رطب.

ويمكن وصف الآفاق بالترتيب من الاعلى الى الاسفل وكما يأتي :

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

A: وهو اول افق في التربة المعدنية ويكون قرب السطح في الترب العضوية ويسمى بافق الغسل او الفقد eluvial (شكل 1-3 أ) وينقسم الى:

A_1: وهو افق يحوي على مزيج من المادة العضوية المتحللة مع التربة المعدنية ويكون لونه داكناً 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 الافق افتح لوناً من الافق Aويطلق علية احياناً الافقE.

A_3: وهو افق انتقالي بين الافق A والافق B.

B: وهو ثاني افق في التربة وهو منطقة التجميع الكبرى للمواد المغسولة من الافق A كأكاسيد الحديد والطين ويكون موقع تجمع لكاربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم ويطلق عليه بالافق الكاسب او افق التراكم (Illuvial) ويقسم الى:

B_1: وهو افق انتقالي بين A و B.

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

B_3: افق انتقالي بين الافق B والافق C.

C: وهو افق تكون من المواد الصلبة المتفتتة والتي توجد تحت طبقة الـ Solum (B + A) وقد تكون هي المادة الأصل المكونة للتربة التي فوقها وقد لا تكون كذلك ولاتوجد فيها فعاليات حيوية

ان المقد الأنموذجي الذي تمت الاشارة اليه يمثل تربة ناضجة mature soils وهي في توازن مع بيئتها اي يكون هناك توازن بين المواد المضافة والمفقودة من التربة ، وفي حالة استمرار الظروف الملائمة لتكوين الاحماض وتحطيم المعادن واستمرار الغسل والترسيب الى الافق B تزداد الاختلافات بين الافق A و B بدرجة كبيرة وتسمى بالترب العتيقة (Old soils).

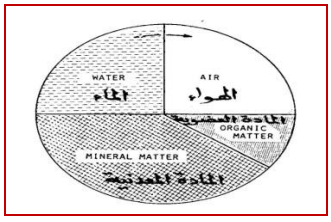
اما عند عدم تكون الافق B واحتواء مقد التربة على الافقين A و C تكون التربة غير متطورة او غير ناضجة ويطلق عليها Immature soils او الترب الفتية Young soils.

المكونات الرئيسة للتربة:

التربة عبارة عن مواد مفككة معدنية وعضوية تغطي جزءاً كبيراً من سطح الارض بشكل طبقات تسمى افاق وهي بشكل عام مزيج من الماء والهواء فضلاً عن المواد الصلبة ، واعتماداً على نسب مكوناتها الصلبة تقسم التربة الى مجموعتين رئيستين هي الترب المعدنية والترب العضوية ، ففي معظم الترب المعدنية Mineral soils (Inorganic soil) تتراوح نسب المواد العضوية Organic materials بين 1 – 6%.

أما 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 وبسبب الظروف غير الهوائية التي تقلل من تحلل المواد العضوية.

وبشكل عام فان لتربة المعدنية السطحية تحتوي على النسب الحجمية الآتية المبينة في الشكل1- 5 .



شكل1- 5 النسب الحجمية لمكونات التربة المثالية

هذه النسب ليست ثابتة بل تتغير وتختلف من تربة لاخرى كما ان نسب الهواء والماء تتغير في التربة نفسها من وقت لاخر تبعاً لادارة التربة والمياه.

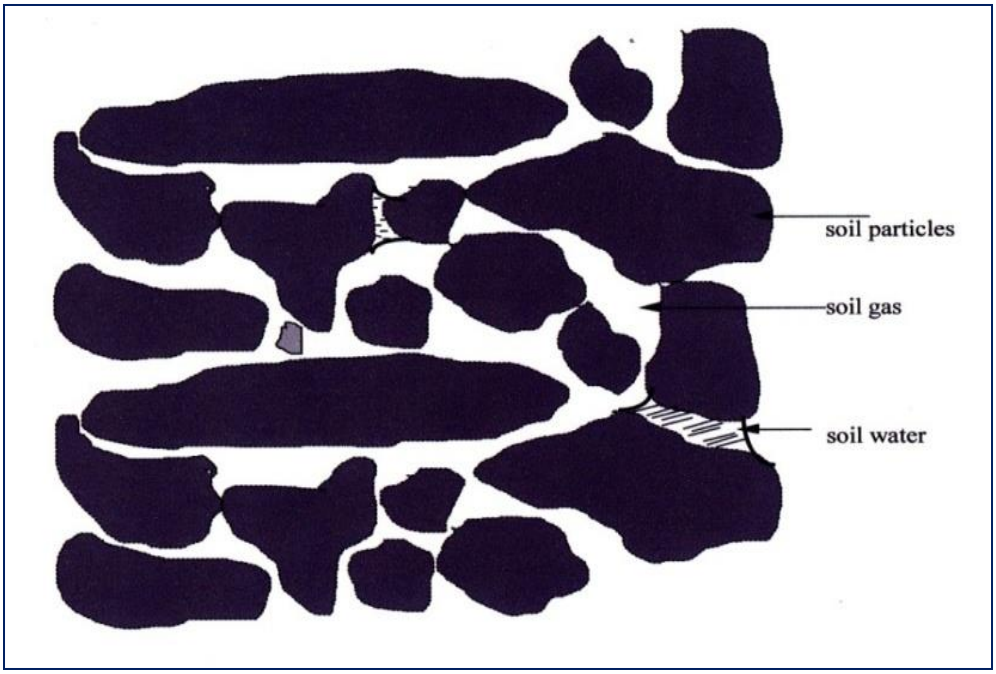
المواد العضوية مصدرها الحيوانات والنباتات وتتركز معظم المواد العضوية عند السطح وتقل كلما ابتعدنا عنه وذلك لتركز نشاط الاحياء قرب السطح .

خواص التربة الفيزيائية
Soil Physical Properties

مقدمة

لخواص التربة الفيزيائية اهمية كبيرة في الإستعمالات الزراعية والهندسية فهي مهمة في عمليات الفلاحة والعزق والري والبزل وادارة وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والمغذيات وتهوية التربة وقابلية التربة على اسناد اسس المباني والطرق ومدارج المطارات فضلاً عن استعمالات اخرى للتربة .

إن معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملاءمتها لنمو النباتات وامكانية تحسينها لجعلها اكثر ملاءمة لاستعمالات التربة المختلفة تكون من الامور المهمة الواجب معرفتها من المشتغلين والمستثمرين في الزراعة ، إن التربة معقدة جدا (الشكل 2-1) لذا يتم التبسيط لدراسة وفهم اسس فيزياء التربة مثل كون دقائق التربة كروية ومسام التربة متكونة من انابيب شعرية والتربة متجانسة .



الشكل2-1 شكل توضيحي لدقائق التربة والمسام المشغول بالماء او الهواء

وسوف يتم في هذا الفصل عرض خواص التربة الفيزيائية كتوزيع حجوم الدقائق المختلفة في التربة او ما يطلق عليه نسجة التربة والى بناء التربة والى كثافتي التربة الظاهرية والحقيقية والى هواء وحرارة التربة ولون التربة. وتتداخل هذه الصفات مع ماء التربة الذي سيفرد له فصل خاص لأهميته.

توزيع حجوم الدقائق Particle size distribution (PSD) :

تحت الظروف الاعتيادية تكون دقائق التربة الاولية متجمعة بوحدات بنائية وليس من الضرورة ان تكون بشكل منفصل ، وعلى الرغم من ان هناك اختلافاً في الانظمة الخاصة بتقسيم حجوم الدقائق فإنه من المقبول ان تمثل مادة التربة الجزء من العينة الحجمية التي بعد تجفيفها بالهواء والضغط بالأصابع (لفصل التجمعات الممسوكة بشكل ضعيف) ستمر من منخل قطر فتحاته 2 ملمتر. تسمى عينات التربة التي يحصل عليها بهذه الطريقة الأرض الناعمة "التربة " fine earth والاجزاء المعدنية الاكبر من هذا الحجم تعرف بالحصى والصخور...

وهناك ثلاث مجاميع رئيسة لدقائق التربة وهي الرمل والغرين والطين (تختلف من حيث الحجم والتركيب المعدني) ، وتتكون أجزاء الرمل والغرين من المعادن الاولية والثانوية المشتقة بشكل مباشر من المادة الام وتكون معادن الكوارتز هي السائدة في جزء الرمل ويتكون جزء الغرين من معادن مثل الفيلدسبار والمسكوفايت- المايكا والمعادن الثانوية اما جزء الطين فيتكون من انواع معدنية حديثة تعرف بمعادن الطين ولها خصائص كيميائية وفيزيائية مميزة .

إن توزيع حجوم الدقائق يعد الصفة الفيزيائية للتربة الاكثر اهمية وهي تعرِّف نسجة التربة Soil texture . ويتم تقييم نسجة التربة من خلال التحليل الميكانيكي mechanical analysis لحجوم الدقائق التي يعتمد على عزل حجوم الدقائق المختلفة او تفريقها ومن ثم قياس مدى وجود او نسبة تمثيل كل حجم ، إذ ان تحليل حجوم الدقائق particle size analysis (PSA) يعد مقياساً لتوزيع حجوم الدقائق المفردة في عينة تربة . الجوانب المهمة في تحليل حجوم الدقائق هي تحطيم تجمعات التربة Soil aggregate الى وحدات صغيرة جداً بطرائق مختلفة كيميائية chemicals وميكانيكية mechanicals وفوق صوتية ultrasonic، ومن ثم فصل الدقائق حسب الحجوم بالمناخل او الترسيب و دقائق التربة الاصغر من 2 مم تصنف الى الرمل sand والغرين silt والطين clay وهذه المجاميع يطلق عليها بمفصولات التربة soil separates ويمكن ان تقسم الى مجاميع اصغر .

تحليل حجوم الدقائق يستعمل غالباً في علوم التربة لتقويم نسجة التربة، ونسجة التربة تعتمد على توليفات مختلفة من الرمل والطين والغرين التي تكوِّن توزيع حجوم الدقائق لعينة تربة .

ان الخطوة الاساس في تحليل حجوم الدقائق هي المعاملات الاولية وتقنيات التشتيت لفصل الدقائق حسب حجومها . ومن اهم المواد التي يجب ازالتها للحصول على التشتت والفصل الكامل هي المواد العضوية واكاسيد الحديد ومعادن الكاربونات والاملاح الذائبة التي تعمل سوياً على ربط دقائق التربة . والتشتت الكيميائي يمكن تحقيقه بإستعمال محلول قاعدي من فوسفات الصوديوم المتعددة sodium poly phosphate والتشتت الفيزيائي يمكن ان ينفذ بإستعمال خلاطات كهربائية وهزازات وان دقة عملية الفصل تؤثر في النتائج .

الترب ذات البناء الجيد وذات المحتوى الطيني المستقر يمكن ان تسلك سلوك الرمل الخشن بالنسبة لغيض الماء ويمكن ان تشخَّص في الحقل على انها ترب رملية او مزيجة خشنة والترب هذه نفسها لها قابلية عالية على تبادل الايونات الموجبة والاحتفاظ بالماء والمغذيات و من الناحية الزراعية فإن هذه الترب يجب ان تصنف من حيث النسجة الى اصناف اصغر مما تظهر عليه في الحقل ، والشئ نفسه عند وجود معادن الكاربونات

ولاسيما في الترب الكلسية فالفحص للتربة في الحقل يعطي انطباعاً مختلفاً عن نسجة الترب الحقيقية في المختبر ،وهذا يعد جانباً من عدم الاتفاق بين مختصي المسح والفيزيائين .

ومن المواد المستعملة في اكسدة المواد العضوية مادة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وهايبوكلورات الصوديوم وبرمنغنات البوتاسيوم الا ان بيروكسيد الهيدروجين يعد المادة القياسية لمعظم الترب .

معادن الكاربونات يمكن ان تزال بالحرارة والمعاملة بالبيروكسيد او بالـNa_2EDTA او خلات الصوديوم NaOAC المعدل درجة تفاعلها عند 5 والاملاح الذائبة تزال بالغسل بالماء المقطر.

بعد إزالة المواد الرابطة تشتت الدقائق بإستعمال مواد كيميائية مثل Na-hexametaphosphate (HMP)(الكالگون) او فوسفات الصوديوم المتعددة او هيدروكسيد الصوديوم او كاربونات الصوديوم الا ان إستعمال الـ HMP يعد اكثر شيوعاً ،والكمية المضافة من هذه المادة تختلف حسب نوع التربة وطريقة القياس . اما الفصل الفيزيائي فيتم بخلاط كهربائي او الرج الميكانيكي (وسيتم عرض خطوات القياس في الجزء العملي) . وبعد ذلك تتم عملية فصل الدقائق بعمل معلق تربة وترك الدقائق المختلفة بالإستقرار تحت تأثير الجاذبية وحسب قانون ستوك Stokes' law واستعمال طريقة المكثاف او طريقة الماصة الحجمية لتحديد النسبة المئوية لكل مفصول . ويتم قياس حجم الدقيقة من خلال النخل الميكانيكي اذا كانت الحجوم اكبر من 0.05 مم (50 مايكرومتر) وتستعمل طريقة الترسيب – باستعمال قانون ستوكس Stokes' law ، عند الحجوم الاصغر من 0.05 مم وبطريقة المكثاف او الماصة .ومن المهم معرفة انه من الصعوبة تقدير حجم منفرد لجزء تربة ولكن التي يقاس هو جزء التربة ضمن مدى حجوم معينة او الجزء التجميعي لكل الدقائق الاقل من حجم معين .

وعملية النخل sieving او الفصل بالمناخل تتم باستعمال مناخل معينة ويستعمل النخل الرطب او الجاف ولكل اسلوب مميزاته وخواصه ومن العوامل المؤثرة في عملية النخل حجم عينة التربة وشدة التحريك وشكل الدقيقة وحجمها وهندسة الفتحات .

طريقة المكثاف (الهايدرومتر hydrometer) (الشكل 2-2) : من الطرائق المستعملة في عملية تقدير نسب المفصولات وهي طريقة يمكن ان تكون اقل دقة من طريقة الماصة الا انها تتصف بإمكانية تكرار العينة او اخذ نقاط متعددة وطريقة الماصة تحتاج الى خبرة للمشتغل ودقة عالية ولذا هناك من يفضل طريقة المكثاف في القياسات الروتينية .وفي قانون ستوكس يفترض ان الدقيقة كروية ومن خلال تجميع القوى والحل بالنسبة لسرعة سقوط الدقيقة (v) في معلق التربة تكون المعادلة (2-1):

$$v = \frac{2r2g(\rho p - \rho w)}{9\eta} \text{----------(2-1)}$$

r = نصف القطر المكافئ لدقيقة التربة (سم)

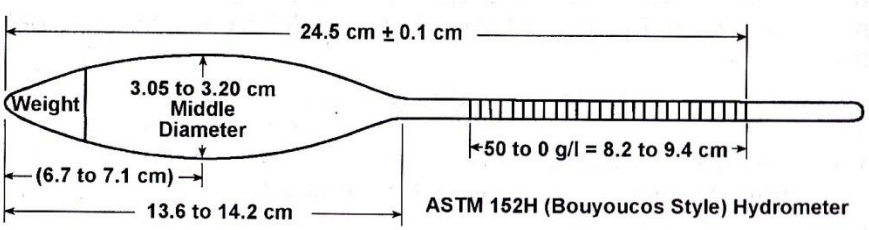
g = التعجيل الارضي

ρ_p = كثافة الدقائق الحقيقية

η= اللزوجة للسائل

ρw=كثافة السائل

اما طريقة الماصة pipette method فإنها تعتمد على ازالة عينة من العالق ويتم تقدير



تركيز المواد الصلبة من خلال تجفيف العينة التي اخذت بالماصة .

شكل 2-2 مخطط للهايدروميتر(المكثاف) من نوع ASTM 152 H-TYPE

اصناف نسجة التربة soil texture classes :

يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي للأحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين ، وتحدّد نسجة التربة مدى نعومة وخشونة التربة. لنسجة التربة اهمية كبيرة إذ انه من خلال تحديد احجام واشكال الدقائق يمكن تحديد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها الكثير من الخواص والعمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية في التربة. تبين النسجة سهولة الفلاحة او الحراثة واستعمال التربة وكان يطلق مجازاً على الترب ذات المحتوى العالي من الطين بالترب الثقيلة والترب التي تحوي على نسب عالية من الرمل بالترب الخفيفة وهي تعابير لها علاقة بسهولة وصعوبة حركة المحاريث والفلاحة . اما التعابير الدقيقة فتعتمد الحجوم ولذا يطلق على الترب الطينية الترب الناعمة والترب الرملية بالترب الخشنة .

ولنسجة التربة اهمية كبيرة وتأثير في حركة المياه في التربة وحركة الجذور وبزوغ البادرات وقابلية التربة على مسك الماء والمغذيات والبزل ، ومع هذا فأن هناك تداخلاً في هذا الموضوع بين نسجة التربة وبناء التربة لان المسام في التربة تحدد من خلال نسجة وبناء التربة.

يبين الجدول 2-1 حجوم الدقائق ويعَرِّف اصناف الحجوم حسب نظام وزارة الزراعة الاميركية USDA وجمعية علوم التربة العالمية ISSS .

وتبنت جمعية علوم التربة الاميركية تصنيف وزارة الزراعة الاميركي والذي تكون فيه المجاميع كالآتي : الرمل (من اقل من 2000 الى 50 مايكرومتر) والغرين (من اقل من 50 مايكرومتر الى 2 مايكرومتر) والطين (اصغر من 2 مايكرومتر) .والمهم عند مناقشة النتائج وتجهيز التقرير الخاص بوصف التربة يجب توضيح النظام التي تم تصنيف الحجوم بموجبه .

جدول 2-1 مديات حجوم الدقائق (قطر الدقائق مم)

الاصناف او الصفوف المستخدمة	ISSS	USDA

حصى Gravel وهو ليس ضمن التربة	اكبر من 2.00	اكبر من 2.00
الرمل الخشن جداً Sand – very course	-	2.00-1.00
الرمل الخشن Coarse sand	2.00-.0.02	1.00-0.50
الرمل المتوسط Medium sand	-	0.50-0.10
الرمل الناعم Fine sand	.0.20-0.02	0.10-0.05
الغرين (السلت) Silt	0.02-0.002	0.05-0.002
الطين Clay	اصغر من 0.002	أصغر من 0.002

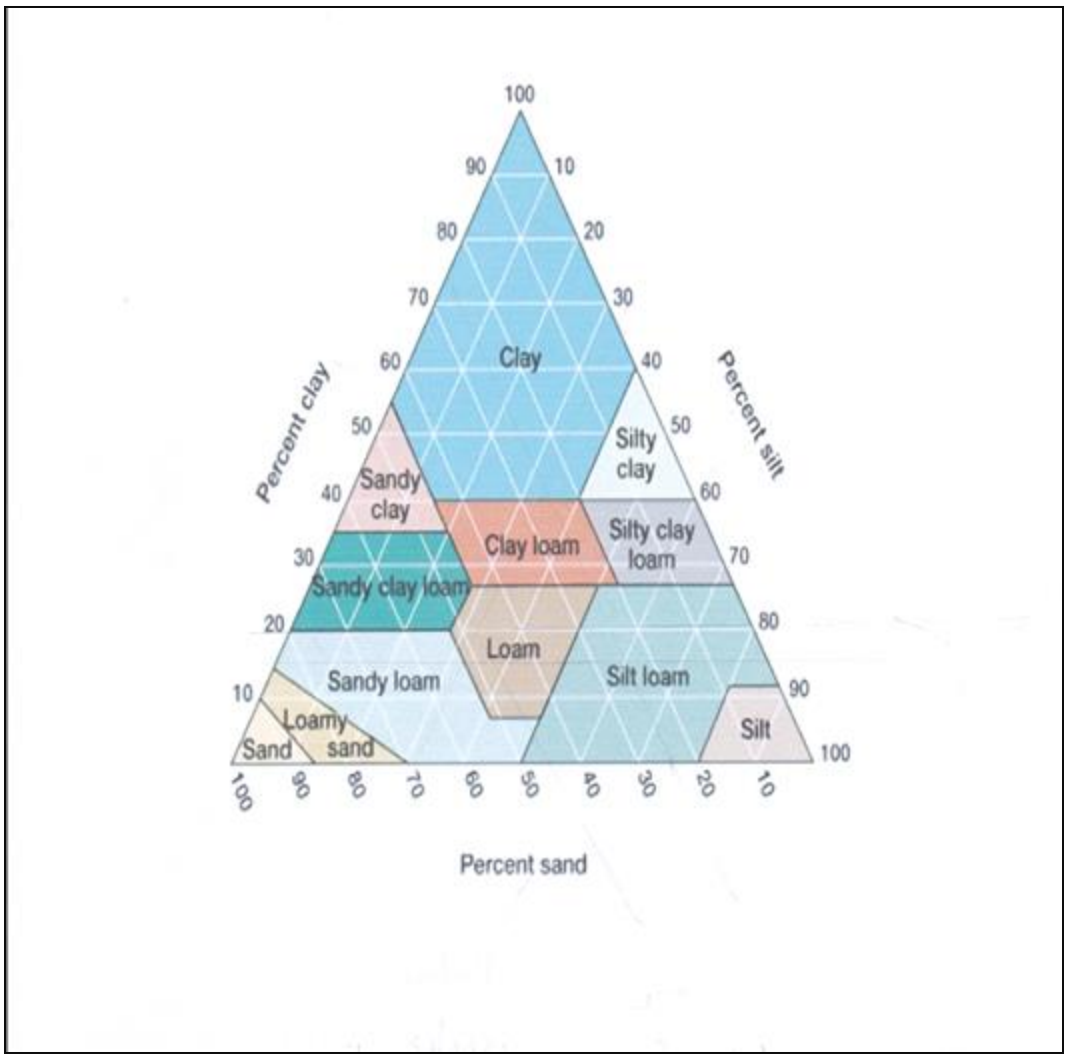
يتضح من الجدول 2-1 ان هناك اختلافاً في حدود الرمل والغرين بين النظامين، ولكن الحد الاعلى للرمل او للتربة بشكل عام يبلغ 2 مم والطين اقل من 0.002 مم .

وهناك اثنا عشر صنفاً للنسجة وضعت في مثلث سمي مثلث النسجة . قسمت هذه الاصناف الى ثلاث مجاميع هي مجموعة التربة الخشنة النسجة Coarse والمتوسطة Medium والناعمة Fine وكما مبينة في جدول 2-2 الاتي :

جدول 2-2 اصناف نسجة التربة

صنف النسجة	مجاميع النسجة
1. رمل Sand	خشنة النسجة Coarse texture
2. رملية مزيجة Loamy sand	
3. مزيجة رملية Sandy loam	متوسطة النسجة Medium texture
4.مزيجة Loamy	
5. مزيجة غرينية Silt loam	
6. غرين Silt	
7. مزيجة طينية رملية Sandy clay loam	
8. مزيجة طينية clay loam	
9. مزيجة طينية غرينية Silty clay loam	
10.طينية رملية Sandy clay	ناعمة النسجة Fine texture
11.طينية غرينية Silty clay	
12 .طينية Clay	

والترب المتوسطة النسجة او المزيجة يمكن ان تقسم الى معتدلة الخشونة ومتوسطة النسجة ومعتدلة النعومة ، والاصناف الاثنا عشر ممثلة في مثلث نسجة التربة الشكل 2-3 الذي اعتمد على النظام المقترح من قسم الزراعة الامريكية USDA .



شكل 2-3 مثلث النسجة

نسجة التربة وإدارة التربة : Soil Texture and Management

- **الترب خشنة النسجة (الرملية والرملية المزيجة):**
  - **تمسك كمية قليلة من الماء والمغذيات ولذا تحتاج الى الري والتسميد بشكل متكرر ويكون الري بالتنقيط Drip irrigation والرش Sprinkler مثالي في هكذا ترب والتسميد يكون من خلال الرسمدة fertigation اي إضافة لسماد مع الماء .**
  - **تسمح للماء بالمرور وتعرضها للفقدان بالسيح او الجرف السطحي اقل .**
  - **ولنفاذيتها العالية يمكن ان تكون جيدة للتخلص من النفايات كمكب بشرط ان تكون التربة عميقة .**
  - **من المحتمل انها ترص وتحوي طبقة غير نفاذة .**
- **الترب ناعمة النسجة (الطينية والطينية الرملية والطينية الغرينية) :**
  - **لها القابلية على الاحتفاظ بالماء والمغذيات ولكن بقوة ربط عالية .**

- **مغاض ماء بطئ وفقدان بالجرف السطحي عالي اي إن التعرية عالية .**
- **غير نفاذة لاتصلح خزاناً للنفايات ولعمل البالوعات ، مع هذا فإن صفة التبادل الايوني العالية والتثبيت يمكن الاستفادة منها في التخلص من العناصر الثقيلة .**

بشكل عام الترب متوسطة النسجة (المزيجة بأنواعها المختلفة) :تكون وسطاً بين الناعمة والخشنة ومن افضل انواع الترب.

بناء التربة Soils structure:

يمثل بناء التربة عملية إنتظام دقائق التربة الاولية وتمعاتها في وحدات units قياسية لهذه الوحدات البنائية تسمى peds تستعمل لأغراض تصنيف الترب، وتوصف وتقسم الوحدات الثانوية على اساس الحجم size والشكل shape والدرجة degree الى اصناف classes وانواع types ودرجات grades بالتتابع .

○ اصناف بناء التربة soil structure classes:

عملية جمع وحدات البناء على اساس الحجم من الناعمة جداً الى الخشنة جداً .وتشمل اصناف بناء التربة : الناعمة جداً Very fine والناعمة Fine والمتوسطة Medium والخشنة Coarse والخشنة جداً Very coarse كما في الجدول 2-3 الاتي :

جدول 2-3 اصناف بناء التربة

Size	Abbreviation
Very fine	vf
Fine	f
Medium	m
Coarse	c
Very coarse	vc

○ درجات بناء التربة soil structure grades:

عملية تقسيم او تصنيف بناء التربة على اساس عملية التلاصق والتماسك بين التجمعات او مدى الاستقرارية ضمن المقد ، وهناك اربع درجات مشخصة للبناء اعطيت الارقام من 0 الى 3 وهي عديم البناء structure less و ضعيف weak متوسط moderate و قوي strong كما موضح في جدول 2-4 .

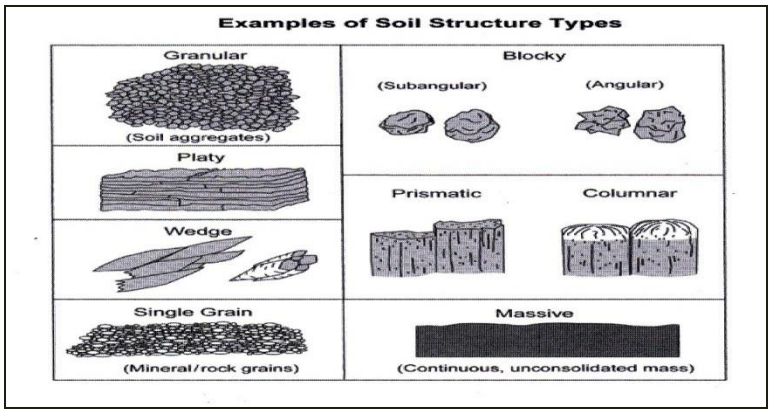
جدول (2-4) تصنيف بناء التربة على وفق درجات البناء :

الدرجة	الرقم	الوصف
عديم البناء structure less	0	لاتوجد تجمعات واضحة
ضعيف Weak	1	توجد تجمعات ضعيفة التكوين

متوسط Moderate	2	التجمعات متكونة بشكل جيد ولكنها غير بارزة في الترب المنزعجة
قويStrong	3	التجمعات واضحة التكوين

○ انواع بناء التربة soil structure types:

تصنيف بناء التربة على اساس شكل التجمعات او الكتل وترتيبها في المقد وتتضمن الصفائحي platy و المنشوري prismatic الذي يكون اما بشكل موشوري او عمودي columnar والكتلي Blocky الذ ي يشمل الكتلي ذا الزوايا غير الحادة blocky subangular وذا الزوايا الحادة angular blocky والكروي spherical الذي يشمل المحبب granulated و الفتاتي crumb وانواع البناء موضحة في الشكل 2-4 .



الشكل2-4 :انواع بناء التربة

ولكل نوع من الانواع حجوم مختلفة تبين درجات النعومة والخشونة وكما في الجدول 2-5 الاتي :

جدول 2-5 درجات النعومة والخشونة لكل نوع من انواع بناء التربة

الحجم	الكتلي ذا الزوايا وعديمها(مم)	البناء الحبيبي والفتاتي(مم)	الكتلي(ملم)	الموشوري والعمودي(مم)
ناعم جداً very fine	اصغر من 5	اصغر من 1	اصغر من 1	اصغر من 10
ناعم fine	10 - 5	2 - 1	2 - 1	20 - 10
متوسطMedium	20 - 10	5 - 2	5- 2	50- 20
خشنCoarse	50 - 20	10 - 5	10 - 5	100- 50
خشن جداًvery coarse	اكبر من 50	اكبر من 10	اكبر من 10	اكبر من 100

ترتبط الدقائق مع بعضها بالمواد العضوية التي تحوي على سكريات متعددة تربط بين الدقائق كما ان اكاسيد الحديد تعمل كمواد رابطة.

<u>وهناك عوامل عدة تسهم في تكوين تجمعات التربة ومدى ثباتيتها ومن هذه العوامل :</u>

- **<u>العوامل البايولوجية</u> : اذ ان الاشنات تعمل على ربط دقائق التربة الاولية مع بعضها ودودة الارض earth worms تسهم في تكوين البناء من خلال هظم وافراز مواد التربة التي تتضمن بعض**

المواد العضوية ومن ثم تكون التجمعات اكثر ثباتية وجذور النباتات تمتد داخل التربة وبعد موتها وتحللها تتكون تجمعات اكثر ثباتية و مادة التربة العضوية Soil organic matter والمخلفات العضوية النباتية والحيوانية المضافة للتربة لها دور مهم في تكوين تجمعات التربة ولاسيما السكريات المتعددة polysaccharides التي يبدو بأنها مسؤولة عن تكوين التجمعات.

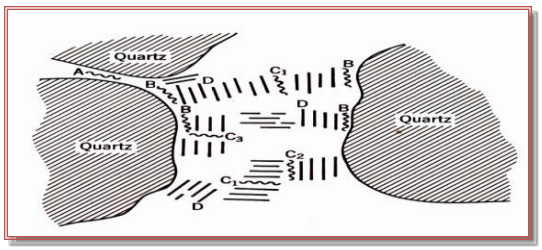
- العوامل الفيزيائية : التغايرات المناخية التي تؤثر في كميات المياه وحالاته تؤثر في بناء التربة مثل عمليات الإنتفاخ والتمدد والإنجماد والذوبان لها تأثيرات كبيرة في البناء . العمليات الفيزيوكيميائية (الإنجماد والذوبان والجفاف والترطيب وانتقال الطين وعمليات الإضافة والسلب او الازالة والتجوية) كلها تؤثر في تكوين بناء التربة خلال المقد.
- العوامل الكيميائية :يعتمد تأثير الايونات في التربة في تكوين التجمعات في التربة وثباتيتها على تكافؤ الايونات وانصاف اقطار الايونات المتأدرتة وتركيز الايون ، ويكون ترتيب الايونات الموجبة حسب قدرتها على تكوين تجمعات اكثر ثباتية كما يأتي :

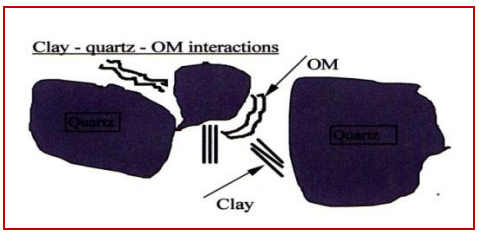
$$Al^{3+}>Fe^{3+}>Ca^{2+}>Mg^{2+}>K^{+}>Na^{+}>Li^{+}$$

كما ان نسبة الصوديوم المتبادل" Exchangeable sodium present "ESP العالية ولاسيما عند انخفاض نسبة الاملاح كالكالسيوم والمغنيسيوم هي الاخرى مؤثرة في تكوين بناء تربة متماسك وغير جيد .

ولذا يتم استعمال انواع مختلفة من مصلحات التربة soil amendments مثل استعمال الجبس او المواد النفطية لتحسين التجمعات من خلال احاطتها وزيادة ثباتيتها .

تعد مواد التربة الغروية مسؤولة عن التحام الدقائق الاولية الى تجمعات ثابتة ، اذ ان تكوين تجمعات ثابتة لايمكن ان يحدث في الرمل او الغرين بغياب الغرويات والغرويات تشمل معادن الاطيان واكاسيد الحديد والالمنيوم والغرويات العضوية ، الطين والكوارتز من المكونات الاساسية لتجمعات التربة الجيدة التي توجد على السطح ، والاحتمالات المختلفة لترتيبات الربط في تكوين التجمعات يمكن ان توضح بالشكل 2-56 (مخطط اميرسون Emerson) .





شكل 2-5 الترتيب المقترح لدقائق الكوارتز والطين والمواد العضوية في تجمعات التربة

وعملية تقارب الحبيبات مع بعضها الاخر يسمى "التخثر flocculation " وهو ناتج عن قوى كهرو- ستاتيكية او كهرو – كاينتيكية . اما التجمع aggregation فيحتاج الى مادة لمسك المواد او الدقائق الاولية المتخثرة بشدة مع بعضها وعدم انفصالها بالماء. وهنا التجمع هو تخثر مع زيادة.

❖ العوامل الميكانيكية :استعمال المكائن الزراعية في التسوية والتعديل والحراثة والعزق والتمريز وانشاء القنوات يمكن ان تؤدي الى رص التربة والتأثير في خصائصها الفيزيائية . الحراثة يمكن ان تكسر الكتل الكبيرة وتزيد من تعرضها لضربات قطرات المطر وان استمرار الحراثة يمكن ان يؤدي الى تكون مايسمى بطبقة تحت المحراث وهي طبقة مدكوكة تحت المحراث .ومع هذا للحراثة فوائد في تكسير الكتل الكبيرة والصلبة او الصماء وخلط التربة مع المواد والمخلفات العضوية المضافة وتساعد في تسريع عملية التحلل ومن ثم ثباتية افضل لتجمعات التربة . وموضوع الحراثة والفلاحة من المواضيع المهمة التي ركَزَّت بعض البحوث العلمية عليها والموضوع برمته موضوع ادارة متى نحرث وبأي محراث وعند اي مدى رطوبي وطريقة الري وهناك زراعة من دون حراثة او حراثة عند حدها الادنى او الحراثة الحافظة وهذا الموضوع سيتم التعرض إليه مفصلاً في موضوعات فيزياء التربة في المراحل المتقدمة من الدراسة ، إن شاء الله .

وبشكلٍ عام فإن اهم العوامل المؤثرة في تكوين البناء هي :

1- المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والاحياء الاخرى.
2- الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل.
3- الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص.
4- جذور النباتات وفعاليات حيوانات التربة.
5- الانجماد والذوبان.
6- العمليات الزراعية.

○ تأثير بناء التربة في نمو النبات:

تأثير البناء يكون في المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لبزوغ البادرات وتغلغل الجذور ، هذا فضلاً عن تأثير البناء في الصفات المائية والهوائية للتربة ، اذ أن تغير البناء يؤثر في حجم المسام ولاسيما المسام الكبيرة وفي قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وادارة المياه ، وموضوع بزوغ البادرات مهم جداً وهو يتأثر ببناء التربة فالبناء القوي جداً ولاسيما عندما يكون كتلياً او صفائحياً ويكَون طبقة صلدة تمنع بزوغ البادرات واختراق الجذور، وهنا تتداخل نسجة التربة وبناء التربة مؤثرين في هذه الصفات.

فالمسام الصغيرة تكون ضمن التجمع او المجموعة الواحدة بين دقائق الرمل والطين والغرين والمسام الكبيرة بين التجمعات، بتعبير اخر فإن المسام الصغيرة تؤثر النسجة فيها والمسام الكبيرة تتأثر بالبناء.

وهنا تكون ادارة التربة مهمة جداً لتحسين خواص الترب باضافة المواد العضوية وتحسين البناء والتهوية وادارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة. والدورات الزراعية الحاوية على محاصيل بقولية لاسيما اذا ما قلبت في التربة او مايعرف بالتسميد الاخضر Green Manuring تؤثر بشكل كبير في تحسين خواص التربة ، هذا فضلاً عن ان التقليل من استخدام الالات الثقيلة التي تؤثر في دك التربة يؤدي الى تحسين البناء ، ولذا هناك دول عدة لجأت الى مايسمى بالزراعة او حراثة الحد الادنى والحراثة الصفرية او الحافظة minimum tillage او zero tillage او reduced tillage لمعاجة موضوع الحراثة او التقليل من الاثار السلبية للحراثة ، ومع هذا فإن هذا الموضوع وهذا النوع من الادارة يتطلب تربة بظروفٍ خاصة تسمح بإستعماله .

ثباتية التجمعات :Aggregate Stability :

ثباتية التجمعات تعد خاصية مهمة للترب المنتجة ، ومع هذ فإن الثباتية لتجمعات التربة تعتمد على نوع المعادن الموجودة في التربة ومعادن معينة تكون تجمعات تربة ثابتة جداً بينما معادن أخرى تكوِّن تجمعات ضعيفة تتحطم بسهولة .

معادن الطين السليكاتية المجواة والاكاسيد والمواد الفولكانية غير المتبلورة تحاول تكوين التجعات الاكثر استقراراً ووجود المواد العضوية مع هذه المواد يحسِّن من ثباتية هذه التجمعات وفي إدارة مغذيات النبات فإن التجمعات الثابتة مهمة جداً لأن المعادن جيدة التجمع تكون ذات قابلية على البزل جيدة وسهل التعامل مع هكذا ترب ، وبالمقابل فإن الاطيان السليكاتية الاقل تجوية مثل المونمورلنايت تؤدي الى تكوين تجمعات ضعيفة وبعض معادن الاطيان السليكاتية لها قابلية على الانكماش والانتفاخ ، مما يؤدي الى تمددها او انتفاخها عندما تكون مبتلة مؤدية الى تربة ملتصقة ذات قابلية رديئة على البزل ، وعند الجفاف تنكمش هذه الترب وتعمل شقوق Cracks .

كيفية المحافظة على بناء التربة Maintaining Soil Structure :

1) تُحرث التربة عند رطوبة مناسبة ولاتنَفذ عملية الحراثة عندما تكون التربة مبتلة لأن ذلك يجعل التربة بشكل كتلة صلبة وتتحطم تجمعات التربة .
2) تضاف كمية مناسبة من السماد (العضوي والمعدني) الذي سيشجع نمو النبات وومن ثم تكوين غطاء خضري يحسن البناء وهنا السماد العضوي يكون ذا تأثير افضل .
3) زراعة الحشائش والبقوليات ودورة زراعية جيدة سيشجع الاحياء المجهرية ولاسيما الفطريات التي تشجع ثباتية التجمعات .

4) زيادة مادة التربة العضوية من خلال زراعة المحاصيل ولاسيما الحشائش التي تقلب في التربة وإضافة المخلفات او الاسمدة العضوية او الدمن .

كثافة التربة Soil density :

تعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجوم ،وللتربة كثافتان هما :

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

وتمثل احدى الصفات الفيزيائية المهمة وتعرّف بأنها كتلة وحدة حجم الجزء الصلب من التربة من دون الاخذ بحجم الفراغات ان كانت مشغولة بالماء او الهواء او كليهما كما يعبر عنها بانها كتلة دقائق التربة مقسومة على الحجم المشغول بالمواد الصلبة (باستثناء الماء والهواء) . ويعبر عنها بوحدات الطن المتري او الميكاغرام (Mg) لكل متر مكعب او غم لكل سنتمتر مكعب ، وتتأتى اهمية الكثافة الحقيقية لدخولها في حسابات بعض صفات التربة الفيزيائية كالمسامية والمساحة النوعية .

القيم المثالية لكثافة التربة الحقيقية هو 2.6 – 2.75 ميگاغرام م$^{-3}$ وان القيمة 2.65 ميگاغرام. م$^{-3}$ يمكن ان تكون ممثلاً لعدد من الترب ، إذ ان كل معدن من معادن التربة له كثافة حقيقية خاصة به ، والكوارتز احد المعادن السائدة في التربة له قيمة كثافة حقيقية 2.65 ميگاغرام. م$^{-3}$ ولذا تستعمل هذه القيمة كممثلة لكل الترب، وبشكل عام فالكثافة الحقيقية للتربة تعكس معدل توزيع معادن التربة الموجودة .

اما مادة التربة العضوية فلها كثافة حقيقية بالمدى 1.1 – 1.4 ميكاغرام. م$^{-3}$ ومعظم طرائق قياس الكثافة الحقيقية تزيل المادة العضوية عند القياس ولذا فإن الكثافة الحقيقية تمثل الجزء المعدني بشكلٍ خاص وإن ادخال المادة العضوية في القياس يعني ان ادارة التربة يمكن ان تؤثر في الكثافة الحقيقية.

والطريقة الاكثر استخداماً لتقدير الكثافة الحقيقية هي استخدام طريقة قنينة الكثافة (البكنوميتر Pycnometer) والتي من خلالها يمكن قياس حجوم الدقائق بشكل جيد .

2- الكثافة الظاهرية Bulk density (ρ_b)

كتلة التربة الجافة تحت درجة حرارة 105^0 مئوي لكل وحدة حجم تربة كلي (حجم المادة الصلبة والمسامات).الحجم الكلي يتم تقديره قبل التجفيف الى وزن ثابت عند 105^0 مئوي .

تتراوح قيم الكثافة الظاهرية لتربة سطحية ناعمة النسجة بين 1.0 – 1.6 غم / سم^3 (1.0 – 1.6 ميگاغرام. م$^{-3}$) وللتربة الخشنة النسجة الى 1.2 – 1.8 ميگاغرام. م$^{-3}$.

اما الكثافة الظاهرية للترب العضوية فتكون اقل مقارنة بالترب المعدنية بسبب انخفاض كتلة الدقائق العضوية مقارنة بالدقائق المعدنية ، فضلاً عن تطور البناء وزيادة المسامية حجماً في الترب العضوية.

يؤثر نوع المحصول والتسميد العضوي وادارة التربة في الكثافة الظاهرية للتربة ولاسيما للطبقات السطحية ، وقد وجد ان اضافة المواد العضوية عملت على خفض الكثافة الظاهرية بشكل مهم.

أما استخدام الالات الثقيلة فله تأثير سلبي على الكثافة الظاهرية ويؤدي الى زيادتها بشكل واضح لاسيما في الطبقة الواقعة تحت طبقة المحراث او افق الحراثة Ap مباشرة. كذلك تتأثر قيم الكثافة الظاهرية برص التربة ومع العمق.والجدول (2-6) يبين الكثافة الظاهرية التقريبية التي تحدد تغلغل الجذور .

جدول 2-6 الكثافة الظاهرية التقريبية التي تحدد الجذور

النسجة	الكثافة الظاهرية الحرجة لمقاومة التربة (ميگاغرام م$^{-3}$)	
	عالية	واطئة
الرملية	1.85	1.60
مزيجة خشنة	1.80	1.40
مزيجة ناعمة	1.70	1.40

غرينية	1.60	1.30
طينية	تعتمد على نسبة الطين وبناء التربة	

ومن اهم طرائق قياس الكثافة الظاهرية هي طريقة الاسطوانة المعدنية core method وطريقة كتلة التربة او المدرَّة clod وطريقة الحفر excavation وطريقة الإشعاع radiation . ولمعظم الترب الزراعية والترب العضوية تكون طريقة الإسطوانة المعدنية طريقة مناسبة وتطبيقية .اما الترب ذات النسب العالية من الاجزاء الصخرية وبالنسبة للآفاق الهشة والافاق غير السميكة فتكون طريقة الحفر مناسبة .وهناك طريقة خاصة بالترب الرملية تسمى طريقة االمخروط Cone اما طريقة الاشعاع فهي من الطرائق التي لاتسبب اي إزعاج للتربة اي يمكن ان تقيس الكثافة الظاهرية في الموقع ، والترب العضوية تحتاج الى طريقة معينة لأخذ العينة وقياس الكثافة الظاهرية واحياناً تستعمل طريقة تجمع بين طريقة الاسطوانة والكتلة او استعمال جهاز خاص للحصول على العينة .

واساس طريقة قياس الكثافة الظاهرية هو قياس الكتلة المرجعية بعد التجفيف بالفرن والحجم للدقائق الاصغر من 2 مم والتي تشمل الاجزاء الصلبة والمسامات ،وفي الزراعة حجم التربة يكون لمحتوى الماء عند او قرب السعة الحقلية والتي يتم قياسه بالمختبر عند شد 10 او 33 كيلو باسكال . وبشكل عام فإن التغاير المكاني في الكثافة الظاهرية يكون بحدود 10% والانحراف القياس لعدد كبير من المواقع بحدود 0.13 غم سم$^{-3}$ (0.13 ميگاغرام م$^{-3}$) للأفق A و 0.1 غم سم$^{-3}$ للأفق B و 0.074 غم سم$^{-3}$ للأفق C والتغاير يكون بسبب قياس الحجم .

ومن اهم التطبيقات للكثافة الظاهرية في الزراعة موضوع تغلغل الجذور والتنبؤ بنقل الماء وتعد ادلة لنوعية التربة .

التغاير في المحتوى الرطوبي والانكماش والتجفيف يمكن ان يؤثر في الكثافة الظاهرية الا ان التغاير في الترب الرملية قليل او معدوم .

وتتخلص طريقة الاسطوانة بغرس اسطوانة (حادة من احد النهايات وذات حجم معلوم) (شكل 2-7) والغرس يكون بوساطة جهاز خاص يدفع الاسطوانة الى داخل التربة وتزال الاسطوانة بعدامتلائها بالتربة ويفضل ان تكون التربة رطبة كي يسهل دخول الاسطوانة وتزال التربة الزائدة من النهايات وتنظف الاسطوانة من التربة العالقة ومن قياس الوزن الجاف للتربة والحجم يمكن حساب الكثافة الظاهرية .

شكل 2-7 اسطوانة قياس الكثافة الظاهرية والمطرقة الخاصة بإدخالها

العلاقة بين نسجة التربة والكثافة الظاهرية:

1- إن الدقائق الصغيرة لها القابلية على بناء جسور اكثر من الدقائق الكبيرة مما يؤدي الى تكوين بناء هش وتقليل في 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 فإن حجوم دقائق الرمل كبيرة وحجم المسام كبير الا ان المجموع الكلي للمسام واطىء ولذا فالكثافة الظاهرية عالية. اما الترب الناعمة (الطينية) ذات المسام الاصغر حجماً فإن المجموع الكلي للمسام او الفراغات يكون اكبر وبذلك تكون الكثافة الظاهرية اقل .

مسامات التربة Soil pores

تعبير عن حجم التربة الكلي الذي لايشغل بالأجزاء الصلبة وانما مشغول بالماء والهواء ، وكمية هذه المسامات محكومة بترتيب الحبيبات الصلبة اذ ان الذي يحدد سلوكية التربة ليس حجم وشكل الدقائق فحسب وانما الطريقة التي ترتبط بها هذه الدقائق مكونةً التجمعات والتي تكون بثباتيات مختلفة ناجمةً عن عوامل عدة ذكرت آنفاً ، ان الترتيب والارتباط لهذه التجمعات ينجم عنه مسافات او مسامات ذات احجامٍ مختلفة لها علاقة مباشرة بالموازنة بين الماء والهواء ونمو النبات والاحياء الدقيقة في التربة ، ويمكن تقسيم حجوم المسامات الى مديين :

1 - المسامات الكبيرة Macro pores:

وهي المسامات الموجودة او الواقعة بين التجمعات Inter-aggregates وهذه المسامات تعد مسارات رئيسة لنفوذ الماء في التربة وبزله منها وتهويتها.

2- المسامات الصغيرة Micro pores:

المسامات الموجودة داخل التجمعات Intra – aggregate وهذه مسؤولة عن مسك الماء والاملاح المذابة في التربة ، ومع هذا لاتوجد حدود فاصلة بشكل واضح بين هذين المديين .

والتربة الرملية بشكل عام لايوجد فيها بناء واضح وتكون الدقائق بشكل مفرد Single ولذا فإن هناك نوعاً واحداً من المسامات كبيرة الحجم Macro pores وهذا سوف يؤثر في حركة الماء في داخل التربة والتبادل الغازي.

وتتوافر قوانين وعلاقات مختلفة يمكن من خلالها حساب النسبة المئوية لمسامات التربة (f) ولاسيما العلاقة بين الكثافة الظاهرية ρ_b والحقيقية ρ_p والممثلة بالعلاقة 2-2 الاتية :

$$f = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \times 100 \qquad (2\text{-}2)$$

فالتربة الرملية مثلاً لها كثافة ظاهرية 1.5 ميكاغرام. م$^{-3}$ وكثافة حقيقية 2.65 ميكاغرام. م$^{-3}$ تكون مساميتها 43.4% وتربة مزيجة غرينية ذات كثافة ظاهرية 1.3 وحقيقية 2.65 ميكاغرام. م$^{-3}$ تكون نسبة المسام فيها 50.9 % .

والفراغات المسامية الكلية تختلف من تربةٍ لأخرى حسب النسجة فالترب الرملية يكون مدى المسام فيها من 35-50% في الطبقة السطحية بينما الترب المتوسطة الى الناعمة النسجة تكون نسبة المسام فيها 40-60% وتكون على الغالب اعلى في الترب ذات المحتوى الاعلى من المواد العضوية ، هذا فضلاً عن ان كمية الفراغات تختلف حسب العمق وتكون في الطبقات السطحية اعلى منه بالقياس الى الطبقات تحت السطحية المدكوكة ، وعملية الزراعة في الغالب تُحسِّن من مسامية التربة نتيجة تحسن المحتوى العضوي وتغلغل الجذور...ولمعالجة مشكلة حجم التربة الكلي المتغير بسبب الرص compaction والتمدد swelling والانكماش shrinking يذهب عدد من الباحثين في مجال فيزياء الترب الى ايجاد صفة اخرى لاتتأثر بالحجم وتسمى النسبة الفراغية void ratio ويرمز لها "e " والتي يمكن حسابها من العلاقة 3-2 الاتية:

$$e = \frac{Va+Vw}{Vs} = \frac{Vf}{Vs} \quad \text{---------- (2-3)}$$

$$e = \frac{f}{1-f} \text{---------- (3)}$$

وهنا e و f مجردة من الوحدات و Va حجم الهواء و Vw حجم الماء وVs حجم الصلب وVf حجم الجزء المسامي (الهواء+الماء) .

قوامية التربة Soil consistency:

إصطلاح يستعمل لوصف مقاومة التربة للضغط الميكانيكي عند مستويات مختلفة من الرطوبة . وتقاس درجة التماسك بمدى مقاومة التربة للتفتت والانكسار عند الضغط عليها باليد او بأية آلة حراثة مثلاً .ولكون درجة التماسك تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة لذا فإنها تقاس عند ثلاثة مستويات رطوبية وكما يأتي :

- التربة المبتلة wet soil : وتتوقف درجة تماسكها على اللدانة plasticity والإلتصاق stickiness وتستخدم التعابير الاتية للدلالة عليها :

اللدانة plasticity	الإلتصاق او التماسك stickiness
غير لدنة Non plastic	غير ملتصقةNon-sticky
قليلة اللدونةslightly plastic	قليلة التلاصقslightly sticky
لدنةplastic	ملتصقة sticky
عالية اللدانةvery plastic	عالية الإلتصاق V. sticky

- التربة الرطبة moist soil : وتقاس بمدى مقاومة التربة للمعاملة بين اصبعي السبابة والابهام وتستعمل التعابير مفككة Loose وهشة Friable وهشة جداً V. Friable ومتماسكةFirm

ومتماسكة جداً V. firm وشديدة التماسك Extremely firm وبشكل عام تكون الترب الرملية مفككة والطينية متماسكة .

- التربة الجافة dry soil: والتعابير هنا تكون مفككة(loose) وناعمة او حريرية الملمس(soft) وقليلة الصلابة(slightly hard) وصلبة (hard) صلبة جداً (V. Hard) وشديدة الصلابة(Extremely hard) . ان تقديرات تماسك التربة مهمة في التنبؤ بقابلية التربة على الحرث وإحتمالية انجرافها . والمهم هو اخذ الحذر عن القيام بعمليات تحضير التربة لتلافي موضوع رص التربة وصعوبة اختراقها من الجذور .

إختراقية التربة - Soil penetrability :

القوة المطلوبة لدفع جهاز معين الى داخل التربة وهو مقياس لمدى اختراقها او لقابليتها على الاختراق .والجهاز المستعمل في قياس القابلية على الاختراق يدعى بنترومتر penetrometer وفي العلوم الزراعية يستفاد من الجهاز لتقييم رص التربة والربط مع نمو الجذور وانتاجية المحصول .ومن العوامل المؤثرة في قابلية الاختراق المحتوى الرطوبي للتربة والكثافة الظاهرية والقالبلية على الانضغاط وبناء التربة ومحتواها من الطين والرمل .

التعرية Erosion:

الترب عندما تكون تحت غطائها الطبيعي الاخضر تكون بتوازن مع بيئتها الا انه بإزالة هذا الغطاء وفلاحة التربة يتغير هذا التوازن ، وفي اوقات معينة من السنة تتعرض التربة الى الامطار الغزيرة مع عدم وجود هذا الغطاء الاخضر الذي يحمي التربة نتيجة تكسيرة او تقليلة شدة سقوط المطر او شدة ضربات قطرات المطر مما يؤدي الى تفتيت تجمعات التربة السطحية الى دقائق مفصولة ، والماء المتحرك سيحمل هذه الدقائق مع انحدار التربة ويودعها في اسفل الانحدار كما اشير الى ذلك آنفاً في عمليات تكوين التربة او سيحملها الى الجداول وهذا مايعرف في علم صيانة التربة بالتعرية المائية . الرياح هي الاخرى لها القابلية على حمل الدقائق في الترب الرملية وهو مايعرف بالتعرية الريحية ، وطاقة التعرية تعتمد على شدة الانحدار وطول الانحدار وطبيعة التربة (نسجة التربة ومعدل الغيض وفلحية التربة) ونوع الغطاء الخضري . مدى او سهولة التربة على التعرية ستؤثر في كيفية استعمال التربة.

هواء التربة Soil Air:

تعد عملية تهوية التربة soil aeration من العوامل المهمة والمحددة لإنتاجية التربة . ومن المعروف ان جذور النباتات تمتص غاز الاوكسجين وتحرر غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في عملية التنفس ومن اجل توفير كمية اوكسجين كافية لتنفس الجذور لابد من توافر تهوية جيدة او عملية تبادل غازي بين هواء التربة والجو بسرعة كافية لتوفير الاوكسجين ومنع تراكم ثنائي اوكسيد

الكاربون في منطقة الجذور هذا فضلاً عن الاحياء المجهرية التي توجد بكثرة في منطقة المحيط الجذري تتنفس هي الاخرى وتنافس الجذور على الاوكسجين .

إن تهوية التربة تؤثر بشكل مباشر في نمو الجذور وامتصاص المغذيات ، ونقص التهوية الشديد يؤثر في جهد الاختزال والاكسدة Eh او eH مما يؤدي الى زيادة ذوبانية الحديد والمنغنيز الى نسب تصل الى السمية للنبات وفقدان للنترات بشكل غازات النتروجين نتيجة عملية عكس النترجة .والجدول 2-7 يوضح مكونات الهواء الجوي وهواء التربة .

جدول 2-7 مكونات الهواء

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

إن سرعة التبادل الغازي مؤثرة ومهمة جداً وهذه لها علاقة بالمحتوى الرطوبي والصفات الفيزيائية الاخرى كالنسجة والبناء والكثافة والتبادل الغازي يتم من خلال الجريان الكتلي والانتشار .

وبشكل عام تتأثر بعض 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 ترب غدقة لانها تأخذ الهواء عن طريق الاوراق.

وهناك بعض المفاهيم ذات العلاقة بتهوية التربة كالسعة الهوائية للتربة والتي تمثل حجم الهواء في التربة عندما تكون الرطوبة عند السعة الحقلية (السعة الحقلية : كمية الماء التي تستطيع التربة الاحتفاظ بها بعد تشبيعها وتركها لتبزل لمدة يوم او يومين) وهي ذات علاقة بنسجة التربة تكون بحدود 25% في الترب خشنة النسجة وبحدود10% في الترب ناعمة النسجة لأن الاخيرة تستطيع الاحتفاظ بالماء بكمية اكبر ومن ثم سعتها الهوائية تكون اقل. ويؤدي بناء التربة دوراً مهماً والترب جيدة البناء وذات ثباتية التجمعات العالية تحوي نسب عالية من المسامات بين التجمعات ومن ثم سعة هوائية جيدة تصل الى 30%. اما عملية رص التربة ودكها نتيجة مرور الساحبات والمكائن الزراعية وسوء ادارة التربة فإنها تؤدي الى انخفاض سعة التربة الهوائية.

المساحة السطحية النوعية للتربة Soil's specific surface area(S) (م^2 غم$^{-1}$):

المساحة السطحية للدقائق المفردة هي عامل مهم في عملية الامتزاز السطحي للمغذيات والمبيدات الحشرية وعملية امتصاص الماء ومقاومة التربة وخصائص النقل في التربة .

تعتمد المساحة السطحية على شكل دقائق التربة ومثال ذلك اذا كان الشكل كروي ونصف القطر r والكثافة ρ فإذا تم عد المساحة السطحية (a) والكتلة (m) فإن المساحة السطحية النوعية (جدول 2-8) تحسب من الخطوات الاتية :

Surface area (a) = $4\pi r^2$
Mass (m) = $\rho V = \rho[4\pi r^3/3]$
Specific surface area (S=a/m): $S = 3/\rho r$

الجدول 2-8 المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة

الدقائق	القطر الفعال (سم)	الكتلة (غم)	المساحة (سم^2)	المساحة السطحية النوعية (م^2 غم$^{-1}$)
الحصى	10×2^{-1}	10×1.13^{-2}	10×1.3^{-1}	11.1
الرمل	10×5^{-3}	10×1.77^{-7}	10×7.9^{-5}	444.4
الغرين	10×2^{-4}	10×1.13^{-11}	10×1.3^{-7}	$10^4\times11.1$
الطين*	10×2^{-4}	10×8.48^{-15}	10×6.3^{-8}	$10^6\times7.4$
• سمك الطين 10^{-7} سم				

ومن اهم طرائق قياس المساحة السطحية النوعية هي الطرائق المباشرة التي تعتمد على الامتزاز السطحي لغاز (وهنا غاز النتروجين والارگون تحت تفريغ عالي) او سائل الاثلين گلايكول وحديثاً تم استعمال الاثلين گلايكول احادي الاثيـــــــــــــــــــــــــل الايثر ethylene glycol mono ethyl ether (EGME)) .

حرارة التربة Soil Temperature:

لدرجة حرارة التربة اهمية كبرى لأنها تؤثر في نشاط الاحياء المجهرية وإنبات البذور ونمو النبات ، ونشاط الاحياء المجهرية يؤثر في تحلل المواد العضوية ولذا يلاحظ ان المواد العضوية تتجمع في ترب المناطق الباردة وتقل في ترب المناطق الحارة عند توفر الظروف الاخرى.

نمو الجذور والنباتات يتأثر بالحرارة ولذلك هناك نباتات تنمو في المناطق الباردة ونباتات تنمو في المناطق الحارة.

وتؤثر الحرارة في الاستهلاك المائي (التبخر –نتحُ ET) وحالياً 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.

الايصالية الحرارية للترب Thermal conductivity of soil :

تعرّف الايصالية الحرارية بأنها كمية الحرارة التي تنتقل عبر وحدة مساحة في وحدة زمن تحت تأثير وحدة الانحدار الحراري . وتعتمد الايصالية الحرارية على مكونات التربة المعدنية والعضوية بالإضافة الى حجم الماء والهواء ولما كانت الايصالية الحرارية للهواء واطئة واقل بكثير من الايصالية الحرارية للماء والمواد الصلبة فإن المحتوى العالي من الهواء (محتوى رطوبي واطئ) تقابله ايصالية حرارية واطئة والعكس صحيح. ولكون نبسة الهواء الى الماء في تغاير مستمر حسب كمية الماء المضافة او الري والمدة بين رية واخرى فإن ذلك سينعكس على الايصالية الحرارية التي تكون في تغاير مستمر مع الزمن .

قياس درجة حرارة التربة :

هناك انواع خاصة من المحارير والمجسات لقياس درجات حرارة التربة على اعماق مختلفة .

العوامل المؤثرة في درجة حرارة التربة :

ومن هذه العوامل :لون التربة ونسجة التربة وبناء التربة ومحتوى التربة الرطوبي ومحتواها من المادة العضوية المتدبلة ووجود الغطاء النباتي وانحدار الارض والوضع بالنسبة للشمس .ويعد المحتوى الرطوبي من اهمها لأن الحرارة النوعية للماء خمسة اضعاف الحرارة النوعية لمكونات التربة الصلبة . وتمتص التربة الداكنة اللون قدراً اكبر من الحرارة .

لون التربة Soil color:

يعد لون التربة من الخصائص التي يمكن ملاحظتها وهي تتعلق بمحتوى التربة من المادة العضوية والمناخ والبزل وتراكم الاملاح هذا فضلاً عن انها تعكس التركيب المعدني للتربة . فينتج اللون الابيض من توافر معادن الكاربونات والجبس واللون الاحمر من اكاسيد الحديد غير المتأدرتة (الهمتايت) والأصفر من معادن الحديد المتأدرتة الليمونايت واللون الاسود او البني من وجود معادن المغنتايت واوكسيد المنغنيز والمواد العضوية .

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.

وبشكل عام فإن التربة الغامقة تكون عالية الانتاجية بسبب زيادة المادة العضوية والقدرة على مسك الماء والمغذيات.

يتأثر لون التربة بالاملاح والاكاسيد التي تحويها التربة. ففي الترب المتأثرة بالاملاح يصبح لون التربة غامقاً لاسيما في الترب الصبخة ويصبح اللون ابيض في ترب الشورى. ان وجود الصوديوم ولاسيما 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.

اختلاف لون التربة يمكن ان يكون بسبب إختلاف مادة الأصل ،واختلاف درجة تطور التربة،وإختلاف المحتوى المعدني للتربة،وتذبذب المستوى الرطوبي للتربة واختلاف المحتوى من المادة العضوية.

ويمكن تعيين لون التربة او قياسه باستعمال كتاب منسل (Munsell colour chart) (الشكل 2-8) ويعبر عن اللون بثلاثة متغايرات هي :

1. Hue :موقع اللون في الطيف المنظور بالنسبة للألوان الاساسية الاحمر-الاصفر-الاخضر-الإرجواني وهناك رموز فالرمز R يدل على الاحمر والرمز YR على الاصفر المحمر و Y الاصفر (طول الموجة الضوئية السائدة) .
2. Value : قيمة اللون ويصف موقع اللون ابتداءً من الفاتح الى الداكن وتعطى ارقام بين الصفر الذي يرمز الى الاسود النقي والعشرة التي ترمز الى الأبيض النقي (مجموع كمية الضوء من الفاتح الى الغامق) .

3. Chorma :درجة تشبع او نقاوة اللون بين الرمادي المعتاد الذي يعطى صفر واللون الكامل الذي يعطى الرقم 20 وفي الترب غالباً الرقم بحدود 8 (النقاوة النسبية للموجة الضوئية السائدة) .

شكل 2-8 كتاب منسل للألوان

سعة الماء الجاهز Available water capacity :

سعة الماء الجاهز ترتبط بشكل كبير مع نسجة التربة . ولكون الماء والهواء تشغل المسام البينية بين الاجزاء الصلبة لجسم التربة فإنه كلما كبرت دقيقة التربة مثل الرمل تكبر المسام بينهم . وان عملية البزل تكون اسهل في المسام الكبيرة ولكن هذا سيؤدي الى جفاف التربة بسهولة لأن التربة تحتفظ بكمية قليلة من الماء والري وعلى مدد قصيرة يكون مهماً في هذه الترب .وعندما تكون الدقائق اصغر تصغر المسام وتزداد قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء اي ماء مخزون اعلى للنبات .ولذلك فإن الترب متوسطة النسجة والترب المزيجة والمزيجة الغرينية والمزيجة الطينية لها سعة عالية للماء الجاهز بالمقارنة مع الترب خشنة النسجة . الترب المزيجة الرملية تكون وسطية في هذه الخصائص ، أما الترب الناعمة مثل الطينية التي تمتلك مساماً صغيرة ويكون الماء ممسوك بقوة فإن جذور النباتات غير قادرة على الحصول على الكمية الكافية من الماء الجاهز بالقياس الى الترب متوسطة النعومة . ولذا فإن الترب متوسطة النعومة والخشونة تكون مفضلة للإستعمالات الزراعية لأنها تجهز سعة مائية جاهزة جيدة وتهوية وفي الوقت نفسه يكون من السهولة التعامل معها .

ولحساب الماء الجاهز يؤخذ عمق لمسافة 1 متر او الى العمق التي يتحدد به نمو الجذور اذا كانت اقل من ذلك والماء الجاهز التجميعي للآفاق سيعطي الماء الجاهز الكلي في المقد ومن المهم معرفة الماء الجاهز للتربة السطحية وتحت السطحية لأن مساهمة الطبقات تحت السطحية تكون مهمة احياناً ، وحتى مساهمة الماء الارضي يجب ان تؤخذ في حسابات الموازنة المائية .

نفاذية الماء permeability :

نفاذية الماء تمثل معدل حركة الماء خلال التربة ، وهذه الخاصية تتأثر بنسجة التربة وبناءها والكثافة الظاهرية والمسام الكبيرة كم أن بناء التربة يؤثر في معدل حركة الماء من خلال حجم وشكل وتوزيع المسام والبناء الحبيبي يسمح بمرور حركة الماء نحو الاسفل بينما البناء الصفائحي

يتحرك بـه المـاء بشـكل ابطـئ وبطريـق اطـول (الشـكل 2-9) وخاصـية النفاذيـة مفيـدة فـي تصـميم المبـازل ومراشنة الري والعمليات الصيانية المختلفة واصناف النفاذية مبينة في الجدول 2-9 .

شكل 2- 9 مسالك انسياب الماء خلال التربة في انواع بناء مختلفة هي الحبيبي والمنشوري والكتلي والصفائحي على التوالي (من اليسار الى اليمين)

جدول 2-9 اصناف النفاذية Permeability classes

الصنف Class	RATE(cm hr^{-1}) السرعة (سم ساعة$^{-1}$)
بطئ جداً Very slow	<0.152
بطئ Slow	0.152-0.051
معتدل البطئ Moderately slow	0.051-1.524
معتدل Moderate	1.524-5.08
Moderately rapid معتدل السرعة	5.08-15.24
سريع Rapid	15.24-50.8
سريع جداً Very rapid	>50.8

الخصائص الفيزيائية لترب العراق :

وصفت ترب العراق والتي تقع ضمن ترب المناطق الجافة وشبه الجافة بأنها ترب ضعيفة البناء بسبب انخفاض محتوى الترب من المواد العضوية ووجود الاملاح. كما انها تتصف بوجود قشرة صلبة crust عند الجفاف. القشرة الصلبة هذه يمكن ان يكون لها تأثير كبير ومباشر في الانتاجية من خلال تأثيرها السلبي في انبات وبزوغ البادرات والنفاذية والتبادل الغازي.واثبتت بعض من الدراسات التي نفذت في القطر امكانية تحسين الحالة الفيزيائية لهذه الترب من خلال إضافة المخلفات العضوية او الاسمدة العضوية واستعمال محسنات التربة وبعض المشتقات النفطية واستعمال بعض الاحياء المجهرية مثل فطريات المايكورايزا.

ماء التربة Soil Water

مقدمة

الماء هو اساس استمرار الحياة ونمو جميع الكائنات الحية . وكما اشير آنفاً فإن 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 الارض دوراً مهماً في توزيع الماء خلال دورته في الطبيعة إذ تدخل الى التربة كميات كبيرة من ماء التساقط (precipitation) (المطر والندى و ...) الذي يتم نزول جزء منه الى الاعماق ويتبخر جزء اخر من السطح ، اما الباقي فأما يمتص من جذور النبات او يبقى حول دقائق التربة كماء غير جاهز وتؤثر كل من كمية الرطوبة والطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تأثيراً كبيراً في خواص التربة المختلفة وفي نمو النبات ولذا يتوجب على المشتغلين في الزراعة أن يفهموا وبشكل جيد العلاقات المتداخلة بين التربة والماء والنبات لاجل الحصول على الانتاج الاعلى للمحاصيل.

وبشكل عام فإن الصفات المائية للتربة تعتمد بدرجة كبيرة على صفات التربة الفيزيائية ولاسيما النسجة والبناء فضلاً عن المكونات الكيميائية للمعادن والمادة المتبلة (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 .

- محتوى ماء التربة :

الماء في التربة يشغل المسام البينية التي نشأت من الترتيب الفيزيائي لجزيئات الطور الصلب بالتنافس والتداخل مع الطور الغازي وتحتفظ الترب بكميات معتبرة من المياه . وهناك من يشير الى ان هكتاراً من تربةٍ متوسطة النسجة ولعمق متر ولها سعة حقلية بحدود 20% على اساس حجمي يمكن ان يخزن كمية من الماء تصل الى 4000 متر مكعب وتستطيع هذه الكميات من المياه اسناد نمو النبات واحياء التربة المجهرية في المناطق محدودة الامطار . ومع هذا فإن حالة ماء التربة متغايرة بالزمان والمكان ولاسيما بالقرب من سطح التربة ووجود جذور النبات.

- تقدير المحتوى الرطوبي:

1- على اساس الوزن او الطريقة الوزنية :وتعد الاساس لكل الطرائق الاخرى وتمثل نسبة كتلة محتوى ماء التربة الى كتلة التربة الجافة بالفرن وحسب العلاقة الاتية (1-3) :

$$\%\ \text{للرطوبة على اساس الوزن الجاف } Pw = \frac{\text{كتلة الماء}}{\text{كتلة التربة الجافة بالفرن}} \times 100 \quad \text{-------(1-3)}$$

واذا تمت ازالة النسبة المئوية يعبر عن المحتوى بـ كغم كغم$^{-1}$ وتمثل بالرمز (Θm).

2- على اساس الحجم Pv (Θv): وتمثل حجم الماء الى الحجم الظاهري للتربة وحسب العلاقات 3-2 الاتية :

$$Pv = \frac{\text{حجم الماء}}{\text{الحجم الظاهري للتربة}} = \frac{\text{كتلة الماء/كثافة الماء}}{\text{حجم العينة}} \quad \text{--------(2-3)}$$

او بطريقة اخرى :

$$Pv = \text{النسبة المئوية للرطوبة الوزنية} \times \frac{\text{الكثافة الظاهرية للتربة}}{\text{كثافة الماء}}$$

او يمكن ان تكتب : $\Theta v = \Theta m \frac{\rho_b}{\rho_w}$

ρ_w =كثافة الماء (1000 كغم م$^{-3}$ عند درجة حرارة 20 ^{0}مئوية او 1 ميكاغرام م$^{-3}$) (1 غم /سم^3 في الوحدات القديمة) .

3- على اساس العمق d كما في العلاقة (3-3) الاتية :

$$d = \frac{D \times P_V}{100} \quad \text{--------(3-3)}$$

اذ ان : d = عمق الماء (سم) ، D = عمق المنطقة الجذرية(سم) او العمق المراد ريه .

4- على اساس التشبع النسبي (Θ):

التعبير هنا على اساس درجة التشبع ويمثل حجم المسام المملوءة بالماء الى الحجم الكلي للمسام وقيمة هذا الدليل تكون صفراً في التربة الجافة بشكل كامل و واحد في التربة المشبعة .

حالات الرطوبة الرئيسة في التربة :

هناك مدلولات ومفاهيم مهمة في المحتوى الرطوبي ولها جانب تطبيقي في الزراعة وهي :

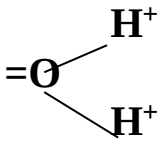
- نسبة التشبع (Saturation point) او نقطة التشبع : وهي الرطوبة اللازمة لايصال المحتوى الرطوبي الى حالة تتشبع بها كل المسامات الكبيرة والصغيرة و تصل التربة احياناً الى هذه الحالة بعد الري مباشرة اذا لم تكن كمية المياه المضافة محسوبة بشكل صحيح او بعد هطول امطار غزيرة . ويعبر عن نسبة الرطوبة في هذه التربة بالقابلية العظمى للتربة لمسك الماء Maximum water holding capacity .
- السعة الحقلية (Field capacity) : تعرف السعة الحقلية بأنها المحتوى الرطوبي التي تصبح عنده قيم البزل الداخلي معدومة او واطئة جداً او انها كمية الماء المتبقي بعد تشبيع التربة بالماء واعطاءها الوقت الكافي لبزل الماء الحر وتوقفه ، وعملياً يمكن ايصال التربة الى السعة الحقلية من خلال اضافة كمية ماء كافية لتشبيع مساحة معينة من التربة وتغطيتها بغطاء مناسب لمنع التبخر وتركها لمدة 2-3 يوماً الى ان يتوقف ماء البزل. وبشكل عام تقاس السعة الحقلية عند ⅓ بار (33 كيلو باسكال) او عند 0.1 بار (10 كيلوباسكال) حسب نوع التربة. وبشكل تقريبي تقترب السعة الحقلية من نصف قيمة التشبع في الترب الناعمة وثلث القيمة في الترب الخشنة النسجة .

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

- نقطة الذبول الدائم P.W.P (Permanent wilting point) : وتعرف بانها المحتوى الرطوبي الذي لايستطيع النبات عنده امتصاص الماء من التربة بمعدل يكفي للإيفاء بمتطلباته الفسلجية ، وهناك طرائق عملية وتقريبية لحساب هذه النقطة وعادة تقاس بتسليط ضغط مقداره 15 بار (1500 كيلو باسكال). وهنا تصل النباتات الى نقطة ذبول دائم لا يستعيد النبات انتفاخه او يموت مالم يضف اليه الماء قبل الوصول الى هذا الحد. وهنا الماء ممسوك بقوة لا يستطيع النبات الاستفادة منه.
- المعامل الهايكروسكوبي Hygroscopic coefficient : يكون الماء في حالة ممسوك بقوة شديدة (عند 3100 كيلو باسكال) ويكون بشكل طبقة رقيقة film لاتتجاوز 0.0002 مم وحركته على شكل بخار ماء وهنا الماء ممسوك بقوة لا يستطيع النبات الاستفادة منها وهي حالة الماء في الترب المجففة .

طاقة ماء التربة Soil Water Energy: هناك عاملان يؤثران في مسك الماء في التربة وهما :

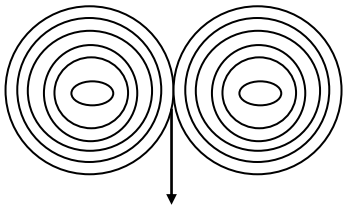
1) قوة التلاصق adhesion بين جزيئات الماء ودقائق التربة.
2) قوة التماسك Cohesion بين جزيئات الماء ذاتها .



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

يُمسَك الماء في التربة 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 اي لايوجد مسك وهنا يتحرك الماء بفعل الجاذبية .

اي عند اضافة الماء الى تربة جافة تتكون اغلفة الماء حول الدقائق الى ان تمتلىء المسام الدقيقة والتي يكون فيها الربط قوياً بين الماء والتربة وفي المسام الكبيرة يكون الربط قليلاً ويتحرك الماء نحو الاسفل .



اذا افترض ان طاقة الماء عند سطح الماء الحر = صفر ، فأن قيمة الطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تكون سالبة او تحت الصفر ، اي ان الطاقة تكون صفراً في المسام الكبيرة عند التشبع وسالبة في المسام الصغيرة ، وان قابلية التربة على خزن المياه تعمل كحساب مصرفي تخزن المضاف لها من المياه 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 فإن 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 المنجزة على وحدة الكتلة(كمافي العلاقة 3-4 الاتية :

$$\Psi = \frac{mgh}{m} = gh \quad \text{----------(3-4)}$$

الوحدات ايرك / غم او سم^2 / ثا^2

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

ملاحظة : وحدة الجهد الحقيقية هي μ والذي تساوي الضغط ψ مقسوماً على كثافة الماء .

الضغط Pressure:

اذا كان ضغط الماء اعلى من الضغط الجوي يكون موجباً اما اذا كان تحت مستوى الضغط الجوي فيكون سالباً ، والضغط عند سطح الماء الحر يساوي صفراً ومساوياً للصغط الجوي.

والضغط = القوة العمودية على وحدة المساحة

$$P = \frac{Vg}{A} = \frac{Ahg}{A}$$

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

الوحدات داين / سم^2 او غم / سم / ثا^2

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

وبشكلٍ عام سيتم استعمال 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 ، اذاً الضغط الجوي ≈ البار ، وهناك وحدة عالمية تسمى الباسكال Pascal وإن 1 بار = 100 كيلوباسكال(Bar = 100 Kpa).والجدول 3-1 يوضح وحدات طاقة جهد ماء التربة .

جدول 3-1 وحدات طاقة جهد ماء التربة

الوحدة	العلامة	الاسم	الوحدة العالميةSI
الطاقة /الكتلة	μ	الجهد الكيميائي	جول كغم$^{-1}$
الطاقة / الحجم	ψ	جهد ماء التربة	نيوتن م$^{-2}$ (باسكال)
الطاقة/الوزن	h	رأس الضغط (ارتفاع عمود الماء)	متر

العلاقة بين الشد الرطوبي ونسبة الرطوبة :

إن الشد الرطوبي (قوة المسك) ينخفض كلما ابتعدنا عن سطح الدقائق الى ان يصل الى الصفر في التربة المشبعة ، وعند قياس الشد عند نسب رطوبية مختلفة نحصل على ما يسمى بمنحنى الشد الرطوبي (منحنى الوصف الرطوبي soil moisture characteristic curve)

ويكـون لكـل تربــة منحنــى خــاص بهــا ، ومــن هـذا المنحنــى يمكـن وصـف وتحديـد طبيعـة العلاقـة وحـدود السعة الحقلية ونقطة الذبول والماء الجاهز.

تصنيف ماء التربة:

التصنيف الفيزيائي المقترح من Briggs :

1) ماء الاجتذاب Gravitational water: الماء الحر الممسوك بطاقة اقل من الطاقة الكامنـة للسـعة الحقلية و يتحرك بطلاقة تحت تأثير الجذب الارضي .
2) الماء الشعري Capillary water : الماء الممسوك حول دقـائق التربـة وبين المسـامات وهو مـا يسمى بمحلول التربة Soil solution ولا يكون جميعه جاهزاً للنبات.
3) الماء الهايكروسكوبي Hygroscopic water : عبارة عن طبقـة رقيقـة film من المـاء لاتتجـاوز 0.0002 مم (0.2 مايكرومتر) في السمك وممسوك كيميائياً الـى دقـائق التربـة بقوى المسك لأعلـى من 3100 كيلوباسكال وهذا يجعل الماء غير جـاهز للنباتـات ويمكـن ان يتحـرر مـن التربـة بـالحرارة فقط (وهذا المصطلح قديم ولايستعمل في مصطلحات علوم التربـة الامريكيـــــــة الحديثـة(SSSA terms 2008)

التصنيف البايولوجي للماء :

1) ماء الاجتذاب : وهو الماء الذي يتحرك بفعل الجاذبية الارضية ، ويكون حر الحركة وفي المسام الكبيرة ولا يستطيع النبات الاستفادة منه بشكل جيد لكون وجوده يكون على حساب هواء التربة على الرغم من عدم امتساكه بالتربة 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 التيسر للنبات ويفضل اضافة المـاء قبل او عند استنزاف 75% من الماء الجاهز او حتى 50% كي لا يتـأثر النبات بـأي اجهـاد رطوبي ويتم الحصول على انتاج عالي (الشكل 3-1).
3) الماء غير الجـاهز Unavailable water : وهـو المـاء الممسوك بشد عالٍ لا يستطيع النبات امتصاصه والاستفادة منه .

شكل 3-1 ماء التربة الجاهز

(USDA .Agriculture Research Services ,2006)

و العلاقة بين الماء الجاهز ونسجة التربة يمكن توضيحها في بيانات الجدول 3-2 الاتي الذي يلاحظ فيه انه على الرغم من ان الترب الطينية تمسك كمية اكبر من الماء من بقية الترب فإن نقطة الذبول الدائم فيها عالية لذا فالماء الجاهز في الترب المزيجة يكون اعلى.

جدول (3-2) الماء الجاهز في تربٍ مختلفة النسجة

النسجة	الطين (%)	التشبع (%)	السعة الحقلية (%)	نقطة الذبول الدائم (%)	الماء الجاهز (%)
الرمل Sand	3	40	6	2	4
المزيجية Loam	22	50	29	5	24
الطينية Clay	47	60	41	20	21

ومن اهم العوامل

المؤثرة في جاهزية الماء للنبات هي :

أ- قابلية التربة على مسك الماء
ب- عمق المنطقة الجذرية

ت- ملوحة التربة

وتؤثر ملوحة التربة بشكل كبير من خلال تأثيرها في جهد الماء اذ ان جهد الماء Ψw الذي يتكون من الجهد الهيكلي Ψm (امتساك الماء على الاجزاء الصلبة في التربة) والجهد الملحي او الازموزي Ψs الذي يؤثر سلباً في جهد الماء ، بتعبير اخر فإن زيادة الملوحة تزيد من مسك الماء وتقلل من جاهزيته للإمتصاص من النبات .

جهد الماء الكلي Soil water potential:

كمية الشغل التي تنجزه وحدة كمية واحدة من الماء عندما تتحرك الى منطقة الماء الحر في درجة الحرارة نفسها و عند مستوى القياس نفسه ، وبشكل عام فإن الماء يتحرك من منطقة ذات جهد عالٍ الى منطقة ذات جهد واطئ ، ويتكون جهد الماء الكلي من الجهد الهيكلي وجهد الجاذبية وجهد الضغط والجهد الملحي وكما في العلاقة 3-5 الاتية :

$$\Psi w = \Psi z + \Psi m + \Psi p + \Psi s \quad \text{--------(3-5)}$$

اذ ان :

Ψw = جهد الماء الكلي (او يكتب Ψ_T)

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

Ψm = الجهد الهيكلي (Metric potential) وهو مهم جداً ويمثل القوة التي ينجذب بها الجزء الصلب للماء ، وهي القوة الرئيسة المسؤولة عن جذب المياه الى الاسطح وحركة المياه وتكون صفراً عند التشبع وسالباً عند الجفاف .وهو يمثل التأثير الناتج من التأثير المشترك للقوى الشعرية والامتزاز ضمن جسم التربة وبميكانيكيات عدة منها الإلتصاق (Adhesion) للماء على الاسطح الصلبة والخاصية الشعرية وتأثير الغلاف المائي للأيونات وربط الماء في الطبقة المزدوجة المنتشرة(diffused double layer)(DDL). قيم الجهد الهيكلي في المدى صفر عندما تكون التربة مشبعة الى قيم سالبة عند الجفاف .ويقاس الجهد الهيكلي بالتنسيومترات Tensiometer والذي يتكون من ثلاثة عناصر هي الجزء المامي او الـporous cup وخزان الماء ومقياس .وإتزان الطاقة بين التنسومتر والتربة المحيطة يتم من خلال حركة الماء عبر الجزء المسامي والماء يتحرك بإتجاه تناقص الجهد .

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

Ψs = جهد المحلول او الجهد الملحي وهو سالب ومهم جداً في الترب الملحية وهو يتحدد بوجود الايونات المذابة بالماء وهذه الايونات تعمل على خفض جهد الماء. ان تأثير الجهد الملحي يكون مهماً عند وجود كميات من الايونات المذابة في الماء وعند وجود غشاء اختياري النفاذية او حاجز للإنتشار الذي يسمح بمرور الماء بدرجة اعلى من الملح ، ومن حواجز الانتشار الأكثر اهمية في التربة هي منطقة تداخل التربة مع جذور النبات (غشاء الخلية يكون اختياري النفاذية)

. وفي المحاليل المخففة يمكن حساب الجهد الملحي (او الجهد الازموزي) من العلاقة 3-6 الاتية :

$$\Psi s=-RTCs \quad \text{---------(3-6)}$$

R(Gas constant)=(8.1314 $\times 10^{-3}$ kPa m^3 $mol^{-1}k^{-1}$)

T (Absolute Temperature)(K)

Cs(solution concentration)(mol m^{-3})

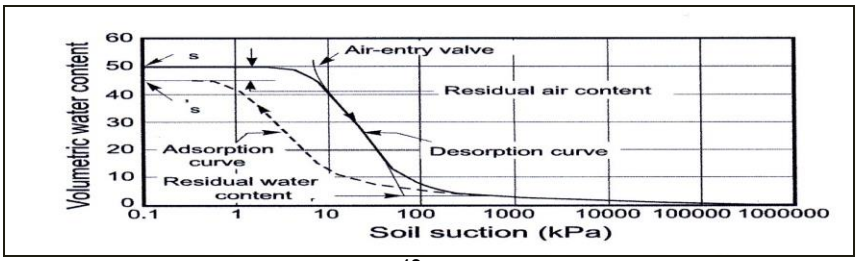
التقريب المفيد والعملي للحصول على الجهد الازموزي او الملحي مقاساً بالكيلو باسكال من الايصالية الكهربائية لمحلول التربة مقاسة بالدسي سيمنز لكل متر هو من خلال العلاقة 7-2 الاتية :

$$\Psi s=-36ECe \quad \text{----------(3-7)}$$

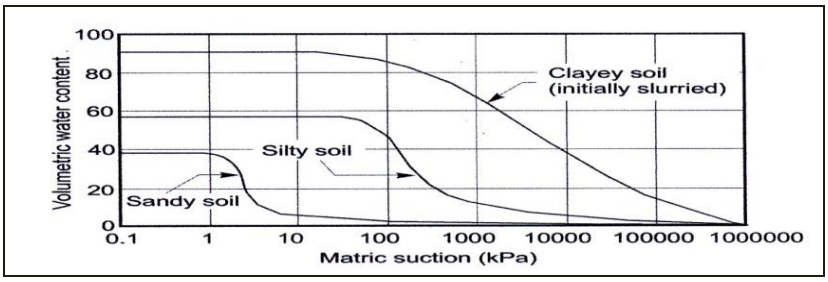
وبشكل عام فإن Ψm و Ψs هي الاكثر اهمية والمحرِّكة للمياه من نقطة الى اخرى.

منحنى الاحتفاظ بالماء Water retention curve :

العلاقة بين المحتوى المائي(المحتوى الرطوبي للتربة) θ، وجهد ماء التربة ψ، . هذا المنحنى يكون صفة للأنواع المختلفة من التربة ويدعى ايضاً منحنى الوصف الرطوبي SWCC – Water Characteristic Curve . يستعمل هذا المنحنى للتنبؤ او الإستشراف بكمية خزن التربة للماء وتجهيز الماء للنبات وثباتية التجمعات ، ومع وجود تأثير هستريا التربة effecthysteretic الناجم عن عدم تجانس مسام التربة او مايسمى بعنق الزجاجة يكون منحنى التجفيف مختلفاً عن منحنى الترطيب ، فإن الشكل العام لمنحنى وصف رطوبي يمكن ان يلاحظ كما في الشكل3-2 و3-3 والتي رسم فيها المحتوى الحجمي للماء θ, , مقابل الجهد الهيكلي metric potential Ψ_m . عند جهد قريب من الصفر تكون التربة قرب التشبع والماء يكون ممسوكاً في التربة بشكل رئيس بالقوى الشعرية ، مع نقصان حجم الماء يصبح ارتباط الماء اقوى وعند جهود صغيرة اكثر سالبية بإتجاه نقطة الذبول(wilting point) يرتبط الماء بشكل قوي في المسام الصغيرة عند نقاط التماس بين الحبيبات وبشكل طبقات رقيقة films مرتبطة بقوى الإمتزاز (الادمصاص) حول الدقائق . الترب الرملية Sandy soils ستشترك فقط بالقوى الشعرية ولذا ستحرر معظم الماء عند الجهود العالية بينما الترب الطينية clayey soils التي تحوي قوى تماسك وازموزية ستحرر الماء عند جهود اوطئ (اكثر سالبية) . عند اي جهد فإن الترب العضوية peaty soils ستبين او تظهر محتويات رطوبية اعلى بكثير من الترب الطينية والتي من المتوقع ان تمسك ماء اكثر من الترب الرملية ،وسعة مسك الماء لإي تربة تعتمد على المسامية وطبيعة الالتصاق في التربة .



شكل 3-2 منحنى وصف رطوبي نموذجي لتربة غرينية



شكل 3-3 منحنيات وصف رطوبي لترب رملية Sandy soil وغرينية Silty soil وطينية Clayey soil .
المصدر [Fredlund and Xing,1994]

حركة الماء في التربة:

حركة الماء من نقطة الى اخرى ، ومن التربة الى جذور النباتات يتحكم بها قانون دارسي (3-8) الذي ينص على ان جريان الماء خلال التربة Q يتناسب طردياً مع انحدار جهد الماء ΔH او انحدار طاقة الماء وعكسياً مع المسافة (L) ، وانحدار جهد الماء يتأثر بقوة الجذب الارضي وقوة ضغط الماء:

$$Q = K A \frac{\Delta H}{L} \qquad \text{--------(3-8)}$$

التي فيها

Q = كمية الماء او التصريف = حجم / زمن

K = معامل التناسب او الايصالية المائية

A = مساحة المقطع العرضي للعمود

L = طول العمود

Δ H = انحدار جهد الماء

حركة الماء في الترب المنضدة:

وجود اكثر من نسجة في التربة يؤثر في حركة الماء ، وان الماء يتحرك بشكل بطيء في الترب الناعمة وينتشر جانبياً ورأسياً الى ان يصل الى طبقة رملية لا ينسحب الماء الا بعد التشبع ، اما اذا كانت الطبقة الرملية على السطح فيتحرك الماء بسرعة الى ان يصل الى الطبقة الناعمة وتكون حركته بطيئة مما قد يؤدي الى تكوين ماء ارضي .

العلاقة بين محتوى ماء التربة وطور التربة الصلب والطور الغازي :

يشترك ماء التربة وهواء التربة بمسام التربة والحجم الكلي للمسام الموجود بين الطور الصلب للتربة يطلق عليه بالمسامية porosity (f) وهي تعبير عن حجم المسام الى حجم التربة الكلي وقيمتها تقع بين 0.3 (30%) في الترب الخشنة النسجة (الرملية) الى 0.6 (60 %) في الترب ناعمة النسجة (الطينية) .

<u>بعض الامثلة حول حسابات المحتوى الرطوبي للتربة :</u>

<u>مثال (1) :</u>

اخذت عينة تربة من حقل وكان وزنها عند اخذ العينة 152 غم وجففت بالفرن (oven) لمدة 24 ساعة وبعد ان بردت كان الوزن 113 غم ، احسب النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الجاف (Pw) وعلى اساس الحجم اذا علمت ان الكثافة الظاهرية للتربة 1.3 غم / سم ^{3} (1.3 ميكاغرام . م$^{-3}$) ،وعلى اساس العمق اذا كان عمق المنطقة الجذرية 50 سم .

$$Pw = \frac{Mw}{Ms} = \frac{152 - 113}{113} = \frac{39}{113} = 34.5\%$$

$$Pv = 34.5 \times \frac{1.3}{1}$$

$$= 44.85\%$$

$$d = \frac{44.85 \times 50}{100}$$

$$= 22.43 \text{ cm}$$

مثال (2) :

اذا اردنا ان نصل برطوبة التربة الى حد الاشباع وكانت الرطوبة الحجمية الابتدائية 0.1 وان الكثافة الظاهرية = نصف الحقيقية لمحصول الذرة الصفراء الذي بعمق 60 سم .

الحل :

بما ان الكثافة الظاهرية نصف الحقيقية ، اذن النسبة المئوية للمسام او للتشبع

$$= 0.5(50\%)$$

$$\% \text{ Porosity المسامية} = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \times 100$$

كمية الماء المطلوب لحد الاشباع هي 0.5 – 0.1 = 0.4 (40%) وهذا يعادل Pv لانه على اساس الحجم .

$$d = \frac{Pv \times D}{100}$$

$$= \frac{40 \times 60}{100} = 24 \text{ cm}$$

واذا اردنا معرفة حجم الماء يضرب عمق الماء x مساحة الحقل.

الموارد المائية في العراق : water resources in Iraq :

من اهم مصادر الثروة المائية في العراق :

- نهرا دجلة والفرات وروافدهما
- مياه الامطار
- المياه الجوفية .

- الانهار : يبلغ المعدل السنوي للموارد المائية من نهري دجلة والفرات وروافدهما حوالي 77 مليار متر مكعب في السنة الرطبة و44 مليار متر مكعب في السنة الجافة ، و مصادرمياه الفرات جميعها من خارج القطر اما نهر دجلة فتشكل الموارد من خارج القطر بحدود 68% .وتذبذت تصاريف الانهار لأسباب مختلفة منها اسباب فنية (ملء الخزانات في تركيا وسوريا) وأسباب سياسية والتأثير اكثر وضوحاً في نهر الفرات لعدم وجود روافد في العراق.وتعد نوعية مياه نهري دجلة والفرات جيدة بشكل عام .
- الامطار : يبلغ اجمال الامطار التي تسقط في العراق حوالي 99.8 مليون متر مكعب سنوياً وتقل معدلات سقوط الامطار كلما اتجهنا من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي وتبلغ نسبة حصة المنطقة الشمالية من العراق من الامطار ما لايقل عن 75% من الكمية الكلية للهطول المطري على العراق. وهناك مناطق مضمونة الامطار تشكل 15 % (يزيد فيها الهطول عن 450 ملم سنوياً والمناطق شبه المضمونة تشكل 23% (350-450 ملم سنوياً) والمناطق غير المضمونة وتشكل 62% (اقل من 350 ملم سنوياً .وتصل الى اقل من 100 -170 ملم سنوياً في وسط وجنوب العراق .
- المياه الجوفية: ويقصد بها المياه المخزونة تحت سطح الارض ولايزال الاستغلال والتحكم بهذه المياه دون المستوى المطلوب في العراق على الرغم من توافرها ونوعيتها الجيدة .