ما هي ألتربة؟ What is soil?

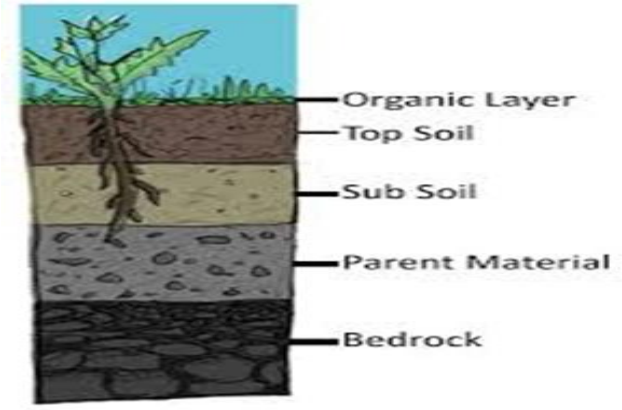
الكثير يعتقد ان التربة هي بضع سنتمترات من القشرة الارضية او هي فقط الجزء الخاص بنمو النباتات ولكن هي جسم طبيعي قد يصل عمقه الى عدة أمتار ولكن نحن نهتم بالتربة واعماقها من ناحية اهميتها في الزراعة وتوفير الغذاء الذي هو عامل مهم من عوامل الحياة والتنمية وتطوير المجتمع.

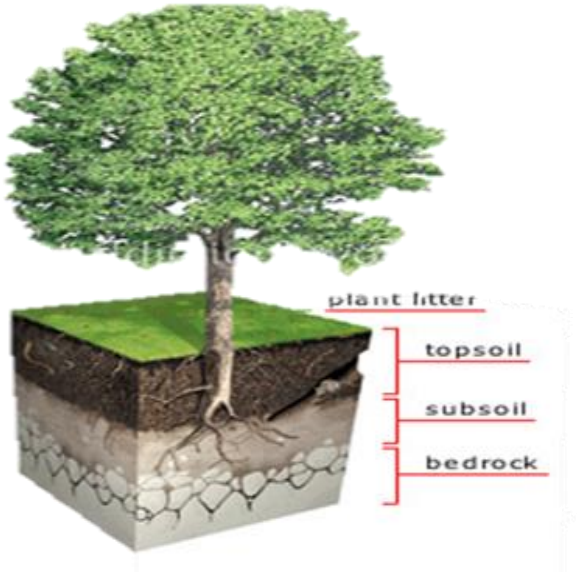
التربة تعتبر جسم طبيعي لان لا دخل للإنسان في تكوينه وان صفاته تكونت نتيجة للتأثير المتداخل للطقس والمادة الحية (النباتات والحيوانات) على المادة الأم وهي الجزء الذي تتكون منه التربة بتأثير الانحدار خلال فترة من الزمن. ينتج عن تجوية الصخور (تحلل وتفتت) مخلفات غير راسخة تعمل كمادة أُمْ لتطور ما يسمى بمقد التربة (Soil Profile).

مقد التربة Soil Profile

مقد التربة عبارة عن المقطع العمودي للتربة الذي يكشف من خلال حفرة او مقطع لعمل شارع وهذا المقد 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.

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





شكل (1) توضيح مقد التربة

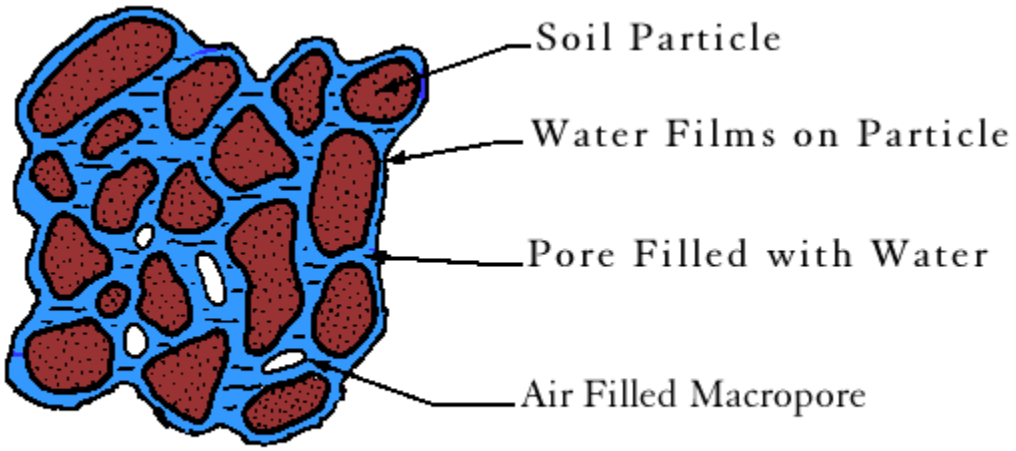
يرتبط مفهوم التربة بالشخص المهتم بها وحسب اختصاصه سواء كان مهندس زراعي، مهندس مدني، مهندس الموارد المائية، جيولوجي

يعرف علم التربة على انه مجموع المعلومات والاسس المنظمة والمتعلقة بالمادة المسماة تربة وهو علم له علاقة بجميع العلوم الطبيعية لاسيما الفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة. يعتبر علم فيزياء التربة أحد العلوم الفرعية لعلم التربة ويحتل مركزه في المجالات الزراعية والهندسية المختلفة.

يتعامل علم الفيزياء physics مع الأشكال المختلفة للمادة والعلاقات المختلفة بينها وبين الطاقة .Energy في حين يتعامل فيزياء التربة مع حالات المادة وحركتها وكذا سريان الطاقة وانتقالها ومع تغيرات وتحولات الطاقة في التربة ويتعامل مع الصفات الفيزيائية للتربة والقياس والتنبؤ والتحكم في العمليات الطبيعية بالتربة، ولا تقتصر معرفة الصفات الفيزيائية على نمو النبات بل تتعداها الى تكوين الماء الأرضي والاحتياجات المائية للنباتات المختلفة ومشاريع استصلاح الأراضي وأساليب الري الحديثة طرق الصرف لا تتم الا بمعرفة الصفات الفيزيائية للتربة، وهو علم أساسي وتطبيقي في آن واحد وله علاقة بعلوم التربة الاخرى

وكذلك مع البيئة والهايدرولوجي والجيولوجي والنبات والهندسة. ان تطبيقات فيزياء التربة تهدف الادارة الصحيحة للري والبزل وصيانة التربة والمياه وكذلك استخدام التربة لأغراض هندسية.

الطور الصلب Solid phase	الطور السائل Liquid phase	الطور الغازي Gaseous phase



A schematic relationship between solids, liquids and air in the soil.

شكل (2) توضيح للعلاقة بين أطوار التربة الثلاثة

1- الطور الصلب solid phase

حبيبات التربة الفردية تمثل المكون الصلب من التربة وهي في العادة ترتبط ببعضها لتكون حبيبات أكبر حجما تسمى الحبيبات المركبة أو تجمعات التربة soil aggregates وهي التي تتكون من أكثر من حبيبة فردية عن طريق ربطها بما يسمى المواد اللاحمة cementing agents.

يتكون الطور الصلب من قسمين:

أ- المكون المعدني

عبارة عن الفتات الصخري الذي تعرض لعوامل وعمليات تكوين التربة مكوناً معادن التربة المختلفة:

1- معادن اولية (توجد في الجزء الخشن من التربة)

2- معادن ثانوية (معادن الطين) توجد في الجزء الناعم من التربة

ب-المكون العضوي

عبارة عن البقايا النباتية والحيوانية المتحللة بفعل الكائنات الحية الدقيقة والتي تسمى المادة العضوية او الدبال والتي تعادل من 3-5% من حجم التربة.

2- الطور السائل Liquid phase

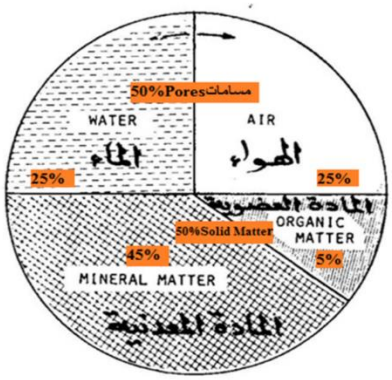
وهو عبارة عن الماء الموجود داخل مسام التربة وحول سطوح الحبيبات ويسمى ماء التربة soil water – وماء التربة يعرف أيضا بأنه محلول التربة soil solution حيث يكون مذاب فيه الأملاح المختلفة المتواجدة في التربة أو التي تصل إليها عن طريق إضافة الأسمدة أو ماء الري.

ومحلول التربة هو مصدر العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات إثناء نموه وبدون الماء والعناصر الغذائية الذائبة فيه لا يمكن أن يعيش النبات أو أي كائن حي أخر. ويتواجد الماء في التربة في جميع حالات المادة ويمكن أن يتحول من حالة إلى أخرى ويزداد محتوى التربة من الماء عقب الري أو سقوط الأمطار.

3- الطور الغازي Gaseous phase

نظام التربة باستمرار في حالة توازن مع الهواء الجوي من خلال المسام الموجودة بين حبيبات التربة. ولهذا فان مسام التربة الخالية من الماء يشغلها الهواء ويسمى في هذه الحالة هواء التربة soil air – وهواء التربة له تقريبا نفس تركيب الهواء الجوي مع اختلاف نسب تواجد كل مكون. يختلف حجم الطور الغازي من وقت إلى أخر ومن مكان لأخر داخل مسام التربة معتمدا في ذلك على رطوبة التربة او ماء التربة وكذلك عمليات الخدمة التي تجرى على التربة مثل الحرث والعزيق أو إضافة التسميد العضوي.

التربة المثالية لنمو النبات تحتوي على مواد معدنية 45%، مواد عضوية 5%، هواء 25%، ماء 25%.



شكل (3) نسب مكونات التربة المثالية

غرويات التربة Soil colloids

النظام الغروي هو نظام مكون من مواد متشتتة متناهية في الصغر منتشرة في وسط التشتت والدقائق الغروية عبارة عن دقائق معدنية ودقائق عضوية يتراوح حجمها 1–2 مايكرومتر. ان نسبة لا بأس بها من الدقائق الصلبة في التربة يقل حجمها عن 1 مايكرومتر

(1 مايكرومتر = 10^{-4} سم = 10^{-6} متر) يمكن تقسيم غرويات التربة الى:

1– الغرويات المعدنية، 2– الغرويات العضوية

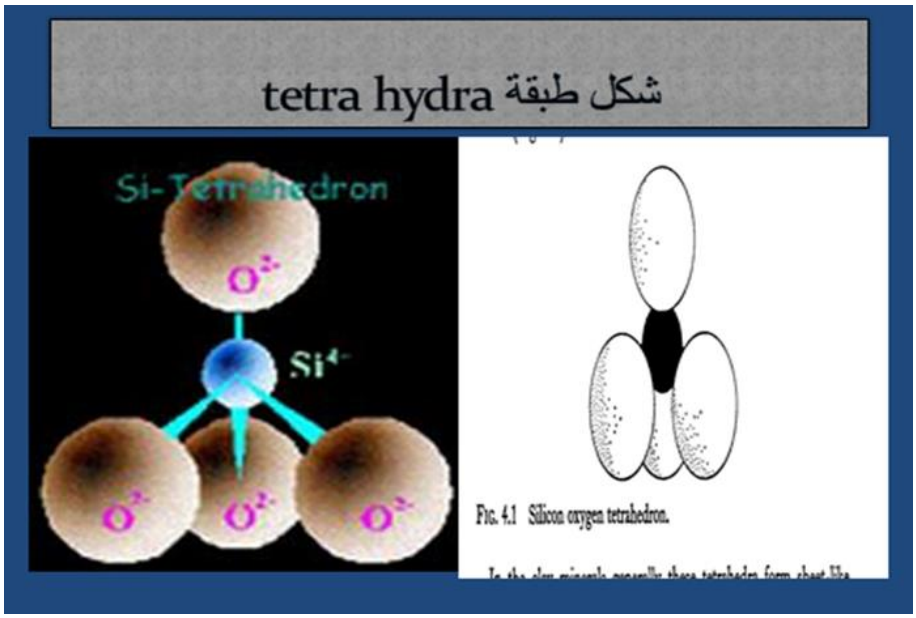
1– الغرويات المعدنية Mineral Colloids

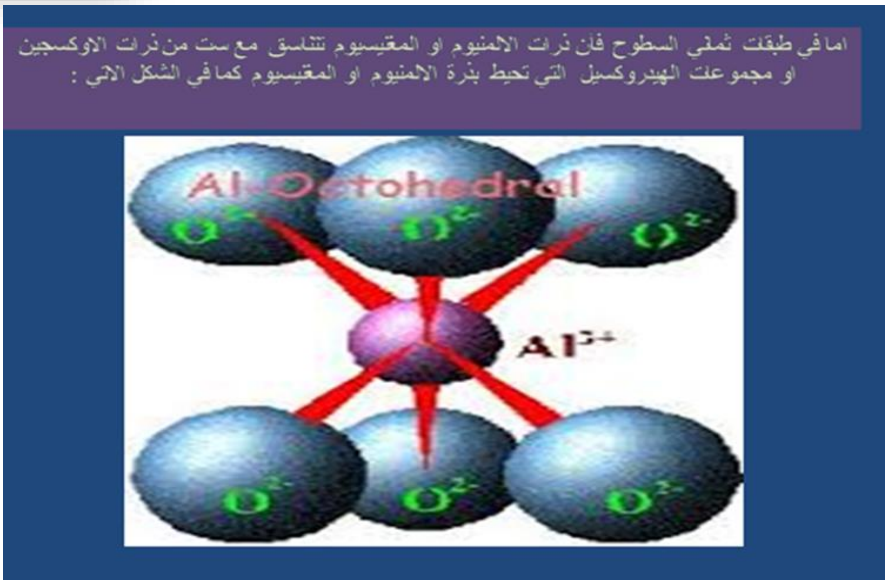
يتكون الجزء الاعظم من دقائق التربة الغروية من المعادن الطينية وهناك نوعين من المعادن الطينية وهي:

أ– مجموعة طين السليكات (Silicates clays) التي تتواجد في ترب المناطق المعتدلة والمهمة زراعياً في انحاء العالم.

ب–مجموعة الاكاسيد المتميئة للحديد والألمنيوم وتسمى مجموعة الطين غير السليكاتية Non silicates clays وتكثر في ترب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وفي مناخات وترب مختلفة ومنها ترب العراق.

كان الاعتقاد السائد ان دقائق الطين تتكون من مواد غير بلورية وغير محددة التركيب. الا ان اكتشاف الاشعة السينية والمكروسكوب الالكتروني وغيرها من الادوات الحديثة واستعمالها في دراسات التربة أكد بان دقائق طين السيليكات هي دقائق بلورية التركيب رغم صغر حجمها، تتألف وحدات بناء المعادن الطينية من طبقات من رباعيات السطوح (tetrahedral sheets) متكونة من الاوكسجين والسليكون والتي تسمى ايضاً بطبقات السليكا (Silica layers) ومن طبقات ثماني السطوح (Octahedra sheets) لأكاسيد وهيدروكسيدات الألمنيوم والمغنيسيوم أو الحديد. وتنتظم طبقات رباعي السطوح وثماني السطوح في معظم المعادن الطينية بطرائق متعددة لتكوين المعادن الطينية المختلفة.





يمكن تصنيف طبقات السليكا حسب تتابع الطبقات الى المجموعات التالية:

أ- **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 بذرات الاوكسجين ، وترتبط البلورات ببعضها بشدة مما يؤدي الى تكون دقائق كبيرة الحجم نسبياً وان الماء لا يستطيع النفاذ بين الوحدات التركيبية او بين الطبقات المكونة للدقائق لهذا الطين لذلك فأن هذا الطين لا يملك 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.

ب-مجموعة الكلورايت Chlorite group

اذ ترتبط طبقتين من السليكا وطبقة من الالومينا مع طبقتين من السليكا 2:1:2.

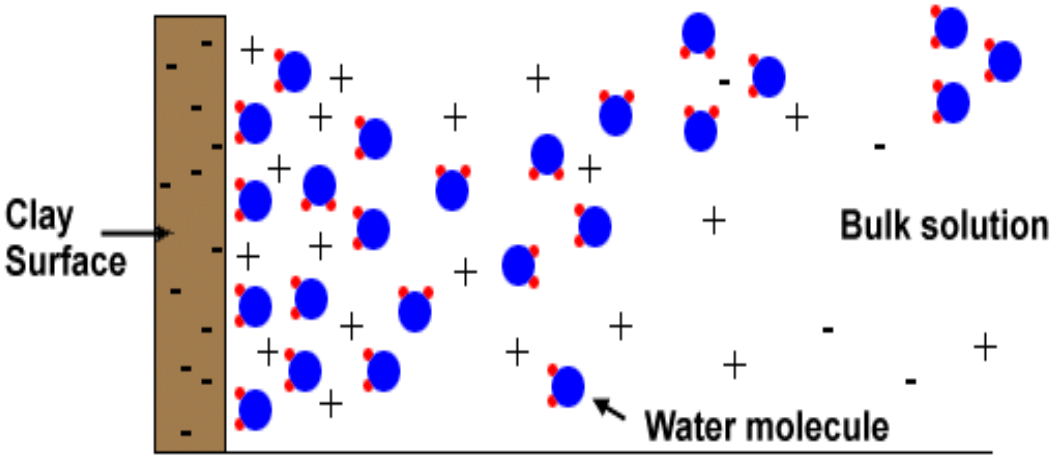
ت-مجموعة المونتموريلونايت وتشمل على معادن طينية مختلفة واهم هذه المجموعة بالنسبة

للترب الزراعية هو المونتموريلونايت وهو معدن ثلاثي الطبقات اي من طبقتين من السليكا وطبقة من الالومينا ترتبط ببعضها عن طريق الاشتراك بذرات من الاوكسجين ويطلق عليه معدن 2: 1. هذه الطبقات تتمدد وتتقلص بسهولة عند الترطيب والجفاف مما يؤدي الى ان الترب الحاوية على نسب عالية من هذا 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 عادة بين 0.01 – 1.0 مايكرومتر

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) إلا بوجود مواد لاصقة اخرى وتحتاج هذه الترب الى عناية فائقة لإدارتها ادارة جيدة.

السعة التبادلية الكاتيونية cation exchange capacity: هي كمية الكاتيونات في وزن معين من التربة يعبر عنها بملمكافئ لكل 100غم تربة.

الادمصاص:adsorption هو انجذاب الايونات الموجبة الاحادية والثنائية والثلاثية التكافؤ على سطح دقائق الطين وهو مشابه لانجذاب مجموعة دبابيس الى مغناطيس.



Juma and Nickel, 1998

شكل (4) توضيح ظاهرة الادمصاص

2- الغرويات العضوية

الدبال هو الجزء المهم في الغرويات العضوية والدبال هو 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 تربه يتكون الدبال من الكربون C والهيدروجين H والأوكسجين O_2 مع قليل من النتروجين N والفسفور P والكبريت S وعناصر أخرى.

مصادر الشحنات في غرويات التربة

عموماً تكون الشحنة السالبة هي السائدة على أسطح الغرويات 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.

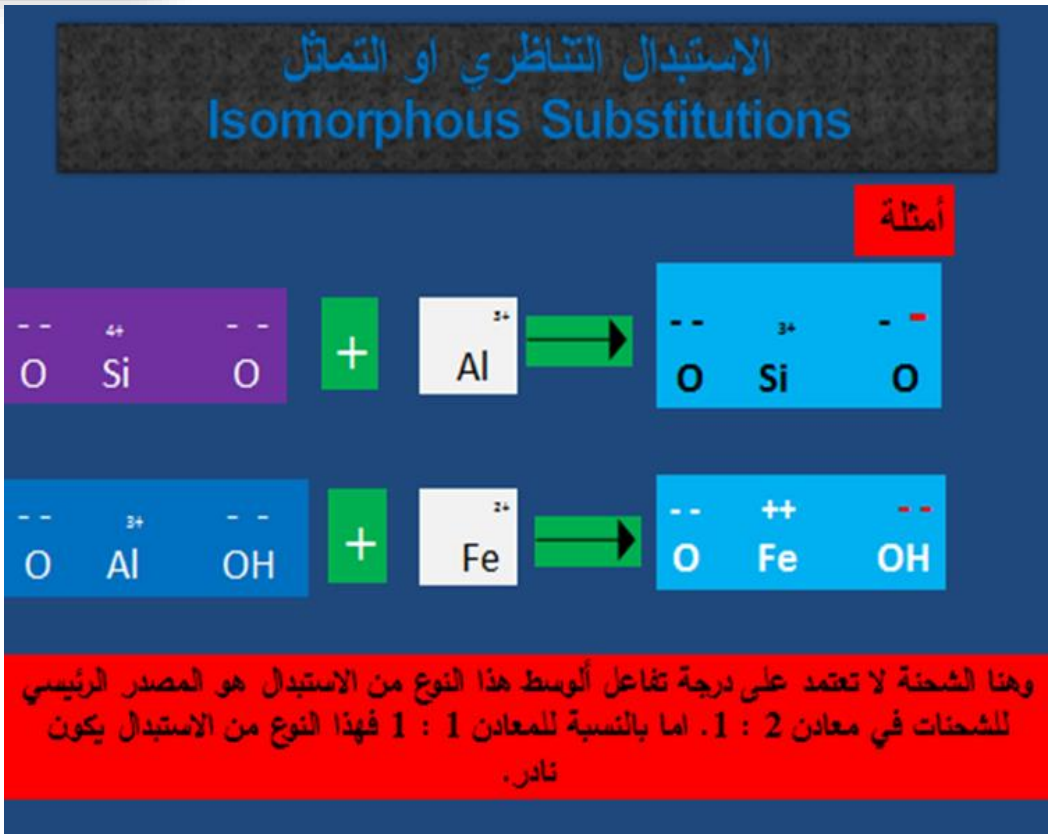
اما مصادر الشحنات السالبة على الطين فهي:

1- **تكسر الحواف:** والتي هي عبارة عن الشحنة غير المشبعة الموجودة على حافات الدقائق الغروية ألمعدنية وهذه الاواصر المكسورة تكون بين الاوكسجين او الاوكسجين والألمنيوم.

2- **العيوب البلورية:** وهي أيضا عبارة عن شحنة غير مشبعة تظهر على سطح المعدن الذي فيه عيوب بلورية أثناء عملية التبلور للمعدن.

3-الاستبدال التناظري او المتماثل

يقصد به استبدال ايون موجب في الشبكة البلورية بأيون موجب ما من الوسط المحيط بالبلورة وعادة يكون هذا الايون الموجب مساوياً بالحجم للأيون المستبدل ومختلف عنه بالتكافؤ. مثل: احلال Al^{+3} محل Si^{+4} في طبقة الاوكتاهيدرا (Octahydra sheets) وينتج عن هذا زيادة في كمية الشحنة السالبة الفائضة بسبب الاختلاف في تكافؤ الايونات المتبادلة.


الاستبدال التناظري او التماثل
Isomorphous Substitutions
أمثلة
O Si O
+
Al
O Si O
O Al OH
+
Fe
O Fe OH
وهنا الشحنة لا تعتمد على درجة تفاعل ألوسط هذا النوع من الاستبدال هو المصدر الرئيسي للشحنات في معادن 2 : 1. اما بالنسبة للمعادن 1 : 1 فهذا النوع من الاستبدال يكون نادر.

الخواص الفيزيائية للتربة Soil Physical Properties

للخواص الفيزيائية للتربة اهمية كبيرة في استعمالاتها الزراعية والهندسية

نسجة التربة Soil Texture

يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي للإحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين، وتحدد نسجة التربة مدى نعومته وخشونة التربة. يتم تحديد نسجة التربة اما عن طريق اللمس في الحقل او عن طريق قياس النسب المئوية المختلفة للرمل والغرين والطين في المختبر بعملية التحليل الميكانيكي mechanical analysis

هناك عدد من الانظمة لوصف او تحديد حجوم دقائق التربة ومنها النظام العالمي International Society of Soil Science(ISSS) ونظام قسم الزراعة الامريكي USDA وبشكل عام فأن مديات حجوم الدقائق مبينة في الجدول الاتي:

قطر الدقائق(mm diameter)

الصفوف المستخدمة	International	USDA
Gravel حصى وهو ليس ضمن التربة	> 2.00	> 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	.05-0.002
الطين Clay	< 0.002	0.002 <

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

وهناك عدد من التقسيمات لنسجه التربة منها:

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

التحليل الميكانيكي للتربة

هو الطريقة المختبرية للتعرف على نسجة التربة. ويتم التحليل الميكانيكي بطريقتين:

– طريقة المناخل

ان فصل الدقائق الى مجاميع يمكن اجراؤها من خلال استعمال مناخل ذات اقطار مقاربة لأقطار حبيبات التربة والتي تصل الى 0.05 ملم حيث تستخدم المناخل لفصل الرمل.

– طريقة الهايدروميتر

تستعمل طريقة الترسيب لفصل وتصنيف الدقائق الناعمة من معلق التربة ويمكن قياس سرعة الترسيب لكل دقيقة من دقائق التربة بقياس كثافة المعلق الذي تكون فيه بعض الدقائق مترسبة او مستقرة باستخدام جهاز المكثاف

hydrometer. وهو عبارة عن ساق زجاجية مدرجة بقراءات تعطي النسبة المئوية لحبيبات التربة المعلقة في زمن القياس مباشرة.

سرعة ترسب الدقائق المترسبة تحت تأثير الجاذبية تستند الى قانون ستوك والتي تعتمد على كثافة ولزوجة السائل وحجم وكثافة الدقائق.

ان فصل دقائق التربة الاساسية التي غالبا ما تكون متجمعة طبيعيا مع بعضها وجعلها منفردة تتم

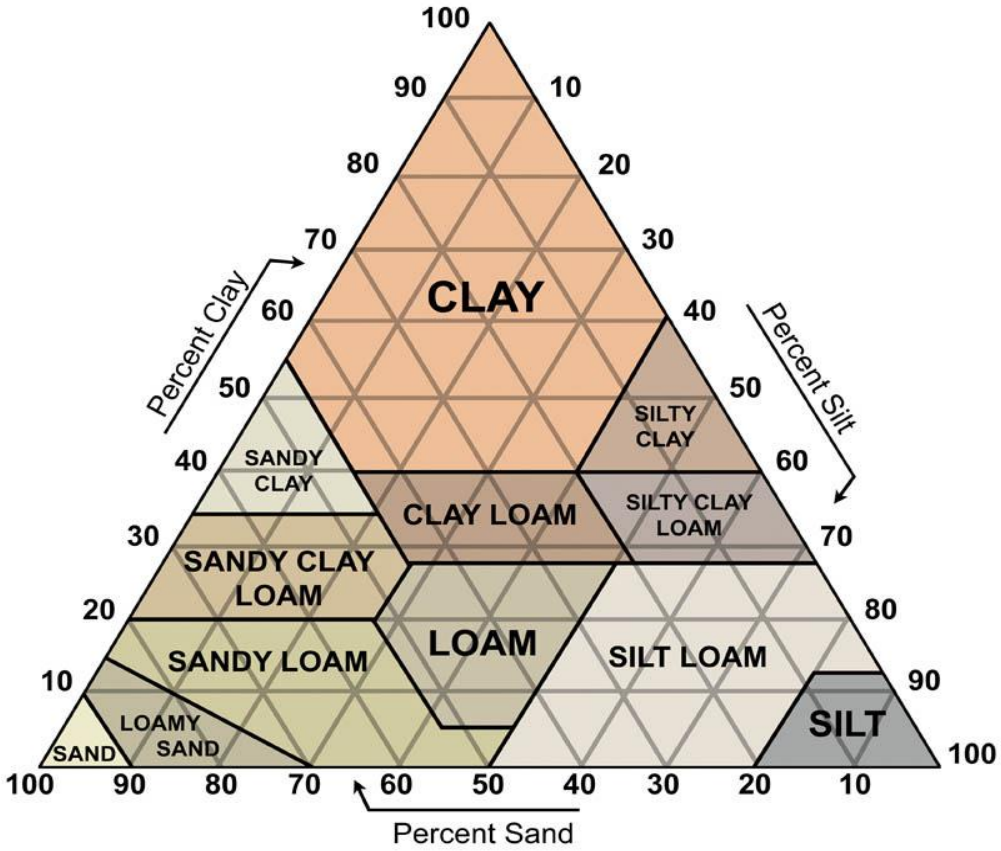
1- بإزالة الرابطة (مثل المواد العضوية، كربونات الكالسيوم او اكاسيد الحديد) حيث تزال المادة العضوية بأكسدتها ببيروكسيد الهيدروجين وتزال كربونات الكالسيوم بإضافة حامض الهيدروكلوريك

2- تشتيت الطين يتم باستعمال مواد كيميائية تحتوي على الصوديوم اذ يتم تبديل الايونات الموجبة الممتزة(المدمصة)على الطين وخاصة الايونات الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ بأيونات الصوديوم التي تعمل على التنافر بين وحدات الطين بدلا من التقارب والذي كان في حالة التجمع

3- استخدام المكثاف لتحديد النسب المئوية لكل من الغرين والطين وباستخدام مثلث النسجة نستطيع التوصل الى صنف نسجة التربة.

مثال – في تجربة التحليل الميكانيكي للتربة، كانت نسبة الطين 35 % والغرين 55% والرمل 10%

فما هي نسجة التربة؟



قانون ستوك

$$t = \frac{18\mu Z}{D^2 g(\rho s - \rho l)}$$

افتراضاته

1- جميع الدقائق لها نفس الكثافة

2- الحبيبات صلبة وملساء وكروية

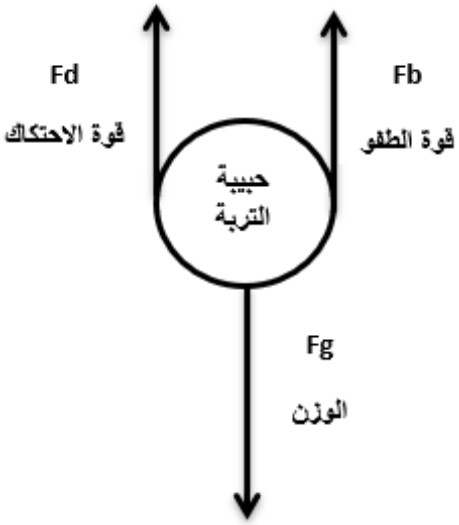
3- الدقائق كبيرة الحجم مقارنة بجزيئات السائل اي ان الحركة البراونية ضعيفة

4- لا يوجد تأثير لجدران الاناء على دقائق التربة 5- الجريان انسيابي(صفائحي).

$$Renold\ Number(Re) = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{vD}{\vartheta}$$

μ=dynamic viscosity gm/cm.sec , ϑ=kinematic viscosity cm^2/sec

لاشتقاق قانون ستوك (نفرض حبيبة تربة والقوى المؤثرة عليها)



$$Fg = mg = \rho_s V_s g = \rho_s g * \frac{4}{3}\pi r^3$$

Fb=buoyant force = weight of water displaced

Fd=force related to viscous drag قوة المقاومة نتيجة الاحتكاك

$$Fb = -\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_l g$$

$$Fd = 3\pi\mu v D = 6\pi\mu v r$$

عند السرعة النهائية التعجيل يساوي صفر

$$\sum F = 0$$

$$Fg - Fb - Fd = 0$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g\rho_s - \frac{4}{3}\pi r^3 g\rho_l - 6\pi r v\mu = 0$$

باستخراج πr من الطرفين

$$\frac{4}{3}r^2 \ g(\rho_s - \rho_l) = 6v\mu$$

$$v = \frac{4r^2 \ g(\rho_s - \rho_l)}{18\mu} = \frac{z}{t}$$

$$t = \frac{9\mu z}{2r^2 \ g(\rho_s - \rho_l)} =$$

مثال1–: معلق مائي عند درجة حرارة 30 مْ، استعمل قانون ستوك واحسب: –

1– الوقت اللازم لكل دقائق الرمل (اكبر من 50 ماكرون) لكي تستقر خارج عمق 20 سم في المعلق المائي ؟

2 – الوقت اللازم لكل دقائق الغرين لتستقر عند نفس العمق؟

3– كم من الوقت يحتاج الطين الاكبر من 1 ماكرون ليستقر عند نفس العمق؟

بناء التربة Soil structure

يعبر بناء التربة عن درجة تجمع وترتيب حبيبات التربة مع بعضها ويؤثر على بناء التربة العديد من العوامل أهمها كمية الطين والمادة العضوية الموجودة في التربة – كما يتأثر بناء التربة أيضا بدرجة كبيرة بعمليات الحرث والحركة فوق سطح التربة من جراء استخدام الآلات الزراعية المختلفة حيث تؤثر على تضاغط حبيبات التربة.

وحبيبات التربة تحت الظروف العادية لا توجد في صورة فردية وإنما ترتبط الحبيبات الفردية مع بعضها لتكون تجمعات ثابتة من الحبيبات soil aggregates – هذا الارتباط يتم بواسطة بعض المواد الموجودة في التربة والتي يطلق عليها المواد اللاحمة cementing agents وهي:

1- المواد العضوية

2- كربونات الكالسيوم

3- أكاسيد الحديد والألمنيوم

4- الأملاح الذائبة

4- المواد الغروية

أنواع البناء:

1- بناء حبيبي Granular

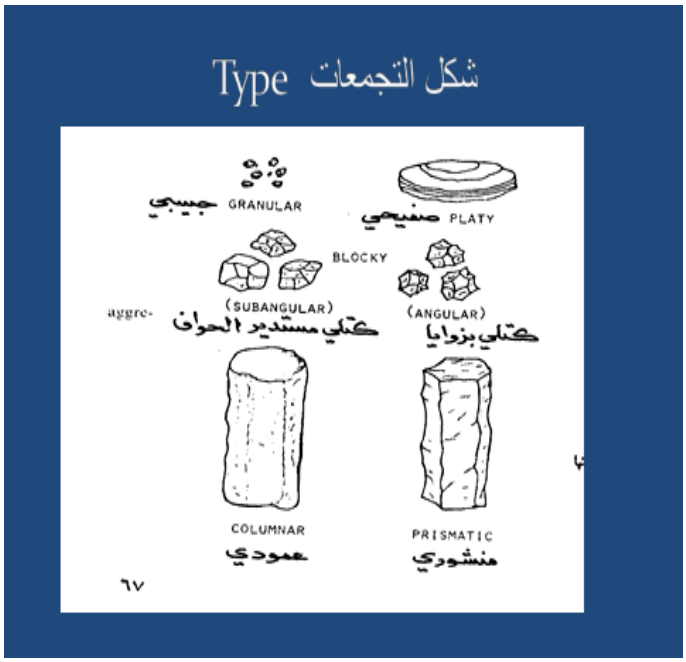
2- بناء طبقي Platy

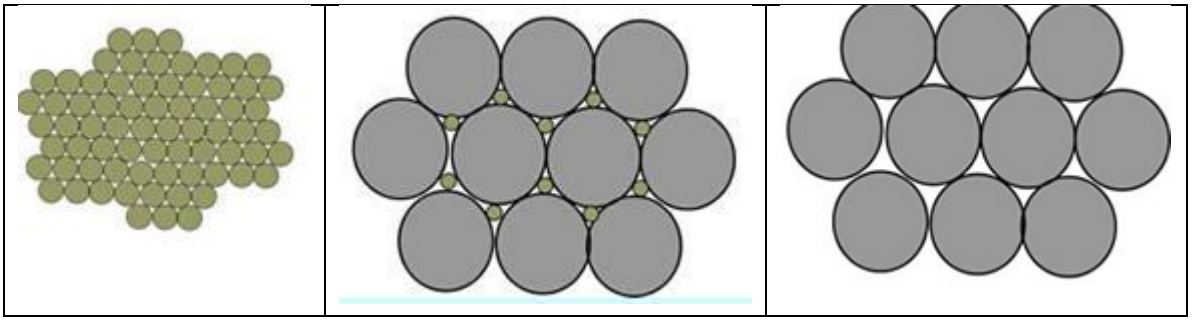
3 – بناء منشوري Prismatic

4- بناء عمداني Columnar

5- بناء كتلي Blocky

6- بناء كتلي زاوي ubangular Blocky





طريقة رص حبيبات التربة

أهمية بناء التربة:

1- تسهيل عملية تسرب وانتقال مياه الري داخل التربة

2- تسهيل عملية تخلل الهواء داخل جسم التربة

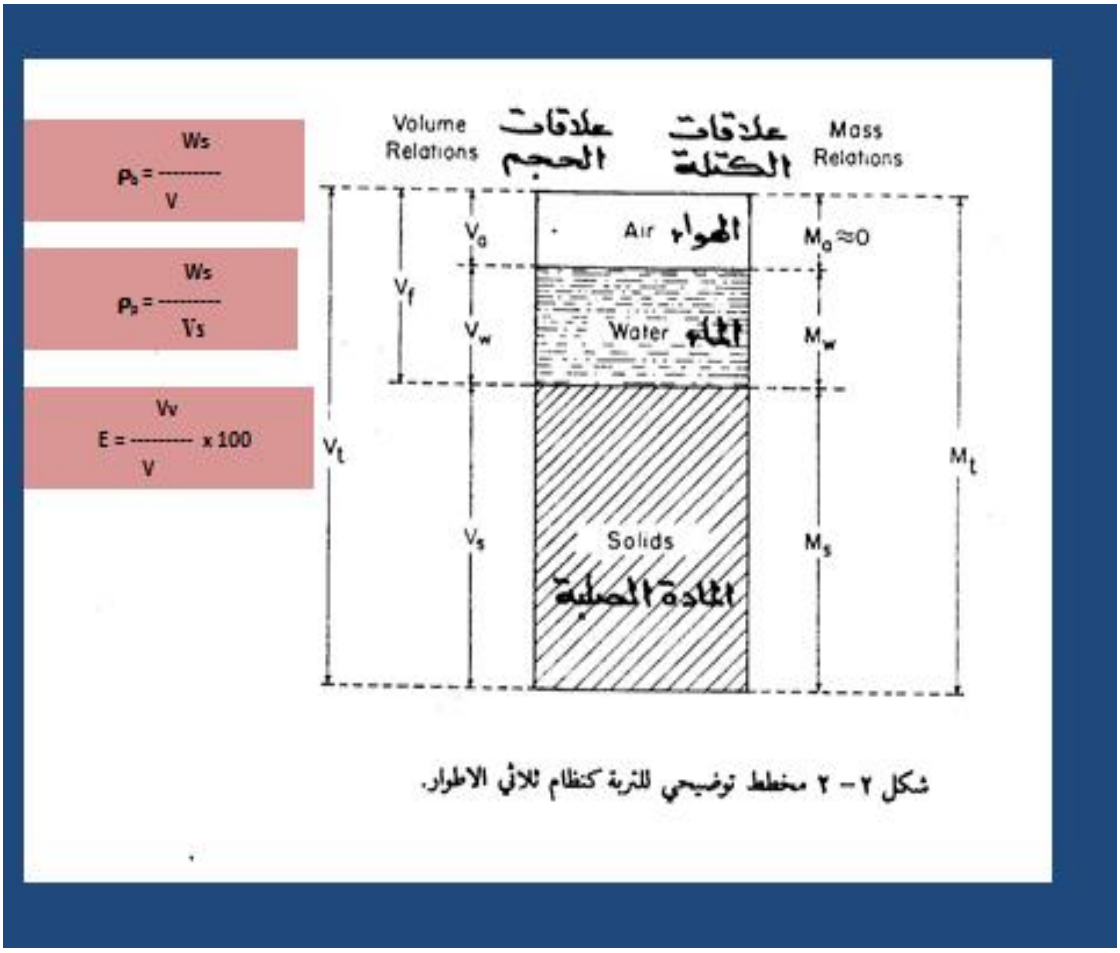
3- سهولة اختراق الجذور في التربة مما يساعد على سرعة النمو والانتشار في التربة

4- زيادة نشاط الأحياء الدقيقة النافعة في التربة

5- زيادة سرعة تحلل البقايا العضوية وانطلاق العناصر الغذائية وزيادة صلاحيتها واستفادة النبات منها

علاقات الكتلة والحجم

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



شكل ٢ – ٢ مخطط توضيحي للتربة كنظام ثلاثي الاطوار.

كثافة التربة Soil density

الكثافة هي كتلة وحدة الحجوم من المادة أي أن:

$$Density\ (\rho) = \frac{\text{Mass of soil}}{\text{Volume of soil}} = \frac{M}{V}$$

يعبر عن الكثافة بوحدات غرام/سم3 او كيلوغرام/م3 اغلب معادن التربة ذات كثافة أكبر من كثافة الماء (1غرام/سم^3) بينما المادة العضوية كثافتها اقل من الماء.

نظرا لطبيعة التربة وتكوينها فان لها نوعين من الكثافة هما:

1-كثافة المادة الصلبة أو كثافة حبيبات التربة Soil particle density(ρ_s)

وهي عبارة عن كتلة وحدة الحجوم من المادة الصلبة للتربة (حبيبات التربة المعدنية) – معظم أنواع الترب لها كثافة مادة صلبة تتراوح بين 2,50 – 2,80 غرام/سم3 وتختلف تبعا للتركيب المعدني لحبيبات التربة كما أنها تقل مع زيادة محتوى التربة من المادة العضوية

وتؤخذ كثافة حبيبات التربة الصلبة كقيمة متوسطة تساوى 2.65 غرام/سم^3.

$$\rho_s = \frac{M_S}{V_S}$$

2- الكثافة الظاهرية للتربة Soil bulk density(ρ_b)

وهي عبارة عن كتلة وحدة الحجوم من التربة في حالتها الطبيعية (تشمل الحبيبات الصلبة + مسام التربة) – وتختلف الكثافة الظاهرية للتربة تبعا لحالتها فتقل مع عمليات الحرث وتزيد مع الري وكذلك استخدام الآلات الزراعية المختلفة التي تؤدى إلى تضاغط التربة وتقل كذلك مع إضافة المادة العضوية

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

وتتراوح الكثافة الظاهرية للترب المختلفة كالاتي:

الترب الرملية 1.5 – 1.8 غرام/سم3، الترب الغرينية 1.2, – 1.5 غرام/سم3، الترب الطينية 1.1 – 1.5 غرام/سم^3

من الكثافة الظاهرية يتم معرفة مدى انضغاط التربة حيث ينعكس تأثيرها على نسبة ما تحتويه التربة من مسام وسهولة حركة الماء والهواء وانتشار جذور النباتات خلالها. وبصورة عامة فأن حجوم دقائق الرمل كبيرة وحجم المسام كبير إلا ان المجموع الكلي للمسام واطئ ولذا فالكثافة الظاهرية عالية اما الترب الناعمة(الطينية) ذات المسام الاصفر حجماً ولكن المجموع الكلي للمسام او الفراغات يكون أكبر ولذا فان الكثافة الظاهرية تكون اقل.

المسامية الكلية للتربة (Ø) Soil total porosity

المسامية الكلية للتربة تمثل حجم المسام بين الحبيبات منسوبة إلى حجم التربة الكلى أو الظاهري– وتتراوح قيمتها بين 30 – 60 % وتنخفض في الترب خشنة القوام وتزيد في الترب ناعمة القوام. وتتغير قيمة المسامية للتربة تبعا لعمليات الخدمة المختلفة – وتحسب المسامية الكلية من العلاقة التالية:

$$\emptyset = \frac{V_f}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_t}$$

$$\emptyset = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right)$$

وتتميز الترب الرملية بمسامية كلية اقل من الترب الطينية –لكن من الناحية العملية فان حجم المسام له درجة أهمية أكبر – فالترب الطينية تحتوي على مسامية كلية أعلى من الترب الرملية إلا أن نسبة المسام الدقيقة بها أعلى مما يساعد على زيادة مقدرتها على حفظ الماء وتقليل حركته في التربة – بينما يكون الوضع عكس ذلك مع الترب الرملية (نسبة المسام الدقيقة اقل بينما تزيد نسبة المسام الواسعة) وبالتالي فان الترب الرملية تصبح ذات تهوية جيدة أفضل من الترب الطينية.

وتتوقف المسامية الكلية في التربة على:

1–حجم الحبيبات

2–شكل الحبيبات ومدى تدرجها

3– نظام ترتيب الحبيبات

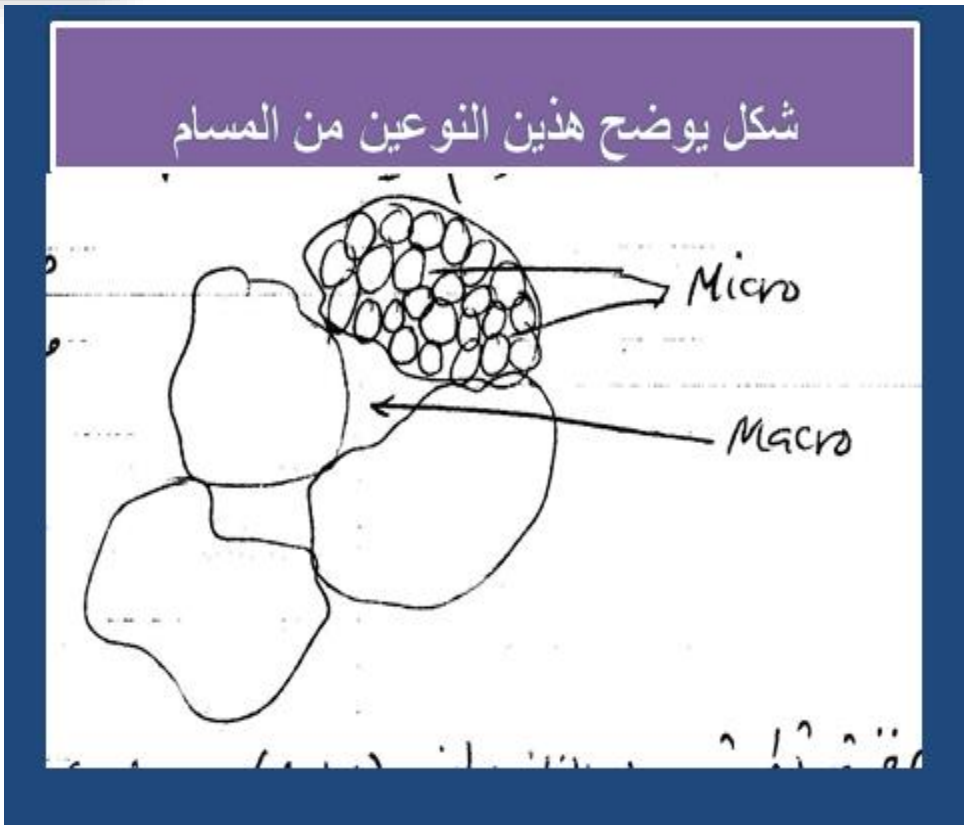
أقصى ما تهدف إليه عمليات تحسين التربة من الوجهة الطبيعية هو الحصول على توزيع متجانس لمسام التربة بحيث يحدث توازن بين تهوية التربة وسهولة حركة الماء بها وكذلك قدرتها على الاحتفاظ بالماء.

وبرغم أهمية المسامية الكلية للتربة حيث أنها تحدد مقدار التهوية في التربة إلا أن الأهم من ذلك هو توزيع المسام في التربة بناء على أحجامها أو ما يسمى التوزيع الحجمي لمسام التربة pore-size distribution لأنه مهم جدا في بيان قدرة التربة على حفظ الماء وحركته بها –فالماء يتحرك بسرعة اكبر في المسام الواسعة كما يحدث في الترب خشنة القوام (الترب الرملية) بينما يتحرك بسرعة اقل في المسام الدقيقة كما يحدث في الترب ناعمة القوام (الترب الطينية) كما أن مقدرة التربة على حفظ الماء تتوقف عل نسبة المسام الدقيقة بها – لذا نجد أن الترب الطينية أكثر قدرة على الاحتفاظ بالماء عكس الترب الرملية ذات المسام الواسعة.

في نظام التربة يوجد مجموعتين من المسام هما:

1- المسامات الكبيرة Macro pores التي تكون بين تجمعات الترب Inter-aggregate pores تعد مسارات رئيسة لنفوذ الماء في التربة وبزلها منها وتهويتها.

2- المسامات الصغيرة Micro pores وهي المسام داخل تجمعات التربة Intra-aggregate pores وهذه مسؤولة عن مسك الماء والأملاح المذابة في التربة



المسامية الفعالة(المسامية المبزولة)$\emptyset_e$ effective porosity(drainable porosity)

وهي نسبة المسامية التي يبزل منها الماء وتكون اقل من المسامية الكلية للتربة.

المسامية المملوءة بالهواء(a) air filled porosity

$$a = \frac{V_a}{V_t}$$

نسبة الفراغات(e) Void ratio

$$e = \frac{V_V}{V_S} = \frac{V_a + V_W}{V_S} = \frac{V_t - V_S}{V_S} = \left(\frac{V_t}{V_S} - 1\right)$$

ماء التربة Soil water

ماء التربة يمثل الرطوبة الموجودة داخل مسام التربة وحول حبيباتها. ويلعب ماء التربة دوراً هاماً في نمو النباتات خلال مراحل نموها المختلفة. يتواجد الماء في أكثر من حالة وهي الصلبة والسائلة والغازية – إلا أن الحالة السائلة هي أكثر حالات الماء تواجداً في التربة وذات أهمية في عملية الري.

المحتوى الرطوبى للتربة Soil water content

يعرف المحتوى الرطوبى للتربة بأنه كمية الرطوبة الموجودة في التربة تحت ظروف معينة منسوبة إلى الكتلة الجافة للتربة ويرمز لها بالرمز θ.

يمكن التعبير عن المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة او الحجم او كعمق ماء مكافئ

المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة= كتلة الماء/ كتلة التربة الجافة بالفرن

$$\theta_g = \frac{M_w}{M_s}$$

المحتوى الرطوبي على اساس الحجم= حجم الماء / حجم التربة الكلي

$$\theta_V = \frac{V_w}{V_t}$$

$$\theta_V = \rho_b \theta_g$$

المحتوى الرطوبي كعمق ماء مكافئ b= عمق التربة * المحتوى الرطوبي الحجمي

$$b = Z\theta_V$$

درجة الاشباع Degree of saturation(S)

تعني مقدار ما موجود من ماء في المسامات

$$S = \frac{V_w}{V_f} = \frac{V_w}{V_a + V_w}$$

هي مساحة السطح الكلية للدقائق لكل وحدة كتلة a_m او لكل وحدة حجم من الدقائق a_v او لكل وحدة حجم من التربة الكلي a_b

$$a_m = \frac{A_s}{M_s} \qquad or \qquad a_v = \frac{A_s}{V_s} \qquad or \qquad a_b = \frac{A_s}{V_t}$$

لإحجام 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 حيث ترتبط مع ظواهر مهمة مثل الادمصاص وتبادل الايونات الموجبة وامتساك وتحرير مواد كيميائية مختلفة منها العناصر الغذائية وبعض ملوثات التربة.

والمساحة السطحية النوعية لدقائق الطين تزيد أكثر من 1000 مرة على المساحة السطحية النوعية للرمل الخشن. اذ ان وجود الشحنات السالبة على سطح حبيبات الطين يساعد على الادمصاص وهو يساعد على تجمع المواد المفيدة والمغذية لجذور النباتات والايونات الموجبة التي تحسن صفات التربة الفيزيائية، وقابلية الطين على التمدد والانتفاخ تزيد المساحة السطحية للطين وبالتالي يزداد التبادل الايوني على سطح حبيبات الطين وتزداد الفعاليات الحيوية للتربة لذلك يعتبر الطين هو الجزء الفعال في التربة.

تحتوي التربة على مدى واسع في حجم الحبيبات الصلبة فبعضها قد يصل إلى 10^{-3} ميكرون والبعض الآخر قد يصل إلى 2 مم ولذلك نتوقع عدد من الصفات المختلفة نتيجة للسطوح المختلفة المصاحبة للحبيبات.

فمثلاً: إذا أخذت مكعباً واحداً من التربة وحدته 1سم.

فإن حجمه = 1سم^3

ومجموع اسطحه = (1×1سم^2) × 6 أوجه=6سم^2

لو قطعت هذا المكعب إلى المكعبات صغيرة وحداتها 1 مم أي 10/1 سم

أي تقريباً في حجم الرمل الخشن .

فإن: حجم المكعب الجديد = 1000/1 = 10^{-3} سم^3

ومجموع سطح أحدها (10/1 ×10/1) ×6 = 100/6 سم^2

وعدد المكعبات = 1000 مكعب

ومجموع اسطحها = 1000 مكعب × 100/6 = 60 سم^2

ولو قطعت المكعب إلى مكعبات أصغر وحداتها الطولية 1 ميكرون µ (تقريباً في حجم الطين الناعم).

1 ميكرون = 10^{-3} مم =10^{-4} سم

حجم المكعب=1 × 10^{-12} سم^3

سطح المكعب = (10^{-4} × 10^{-4}) × 6 = 6 × 10^{-8} سم^2

مجموع مساحة الأسطح = 10^{12} مكعب × 6 × 10^{-8} = 60,000سم^2

* هذه السطوح الكلية المحسوبة يمكن اعتبارها السطح النوعي.

مثال (1): احسب السطح النوعي لوحدة الكتلة لحبيبة كروية لها كثافة ρ_s ونصف قطر R

الحل:

نستطيع التعبير عن سطح الكرة على أساس كثافة ρ_s ونصف قطر R

$$a_m = \frac{A_s}{M_s} = \frac{4\pi R^2}{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_s} = \frac{3}{R\rho_s}$$

$$a_v = \frac{A_s}{V_s} = \frac{4\pi R^2}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{R}$$

مثال (2): احسب السطح النوعي لوحدة الكتلة لحبيبة مكعبة الشكل طول ضلعها L لها كثافة ρ_s

الحل:

$$\frac{A_s}{M_s} = \frac{6L^2}{L^3\rho_s} = \frac{6}{L\rho_s}$$

وعليه فالتعبير عن الدقائق التي تكون متساوية في ابعادها مثل معظم المعادن، دقائق الغرين تكون متشابهة والمعلومات عن احجام توزيع الدقائق يمكن ان تساعدنا في حساب السطح النوعي التقريبي بواسطة معادلة الجمع

$$a_m = \frac{6}{\rho_s}\sum \frac{d_i^2}{d_i^3} * C_i$$

حيث ان C_i تمثل نسبة الدقائق ذات القطر d_i

عندما كثافة التربة ρ_s تساوي 2.6 يصبح السطح النوعي على أساس الكتلة

$$a_m = 2.3 \sum \frac{1}{d_i} * C_i$$

سؤال: احسب المساحة السطحية النوعية لدقائق تربة كروية وضح كيف تختلف إذا كانت الدقائق مكعبة الشكل؟ صفائحية؟

مثال: ثلاث كتل صخرية أو معدنية بحجم 1م^3 منها تمتلك شكل هندسي كروي وبعضها مكعبي وأخرى متوازي الأضلاع، فما هو تقييمك لشدة التجوية الفيزيائية ولماذا، وأين يكمن نشاط التجوية الكيميائية ولماذا؟

الشكل الكروي:

$Vs=4/3\ \pi r^3 \rightarrow 1 = 4/3 \times 3.14 \times r^3 \rightarrow r^3 = 0.23828 \rightarrow r \cong 0.62m$

$As=4\pi\ r^2 \rightarrow As = 4 \times 3.14 \times (0.62)^2 = 4.83m^2$

$\therefore a_v = As/Vs = 4.83/1 = 4.83\ m^2/\ m^3$

الشكل المكعبي:

$Vs= L^3 \rightarrow 1=L^3 \rightarrow L=(1)^3 =1m$

$As =6L^2 \rightarrow As = 6(1)^2 \rightarrow As= 6m^2$

$\therefore a_v = As/Vs = 6/1 = 6m^2/m^3$

الشكل متوازي المستطيلات:

$$Vs=Lwh \rightarrow 1=L\,(0.5L)\,(0.1L) \rightarrow L^3 = 1/0.05 = 20 \rightarrow L=2.71m$$

$$As = 2\,[(Lw)+(Lh)+(wh)] = 2\,[L(0.5L)+L(0.1L)+0.5L(0.1L)]$$

$$As = 2[0.5L^2+0.1L^2+0.05L^2] = 9.57m^2$$

$$\therefore a_v = As/Vs = 9.57m^2/m^3$$

ومن خلال ذلك تكون شدة التجوية الفيزيائية أعلى في الشكل الهندسي متوازي المستطيلات مقارنة بالشكل المكعبي والكروي على التتابع، نتيجة لكبر المساحة السطحية النوعية للشكل الهندسي متوازي المستطيلات الذي تمتلكه تلك الكتلة الصخرية المتعرض للتجوية الفيزيائية. وكذلك نشاط التجوية الكيميائية يكون في أوجه عند تلك الكتلة الصخرية التي تمتلك الشكل الهندسي متوازي المستطيلات بسبب زيادة فاعلية التجوية الفيزيائية

في حين العامل الثاني المؤثر في المساحة السطحية هو الحجم الحبيبي الذي يتناسب عكسيا معها. ولأجل إثبات شدة التجوية الفيزيائية ومساهمتها في نشاط التجوية الكيميائية، نتيجة لزيادة المساحة السطحية النوعية بسبب تقليل حجم تلك المادة المتعرضة وتفتتها من قبل التجوية الفيزيائية يمكن توضيح ذلك بالمثال الآتي:

مثال: كتلة صخرية مكعبة الشكل طول ضلعها(0.1م) وأخرى بنفس الشكل لكن طول ضلعها(0.01م) أين يكمن نشاط التجوية الكيميائية ولماذا؟

$$Vs = (0.1)^3 = 0.001m^3$$

$$As = 6\,(0.1)^2 = 0.06m^2$$

$$\therefore a_v = 0.06/0.001 = 60m^2/m^3$$

وإن عدد المكعبات الناتجة = الحجم الأصلي / حجم المكعب الصغير = 1000 مكعب عندما يكون طول ضلعه (0.1 ملم).

في حالة تقسيم المكعب الأصلي الى مكعبات أصغر طول ضلع كل منها (0.01 ملم) لأصبحت المساحة السطحية النوعية (600 ملم^2/ملم^3)، وبذلك فان كلما صغر حجم الدقائق كلما زادت المساحة السطحية، وبذلك يصبح نشاط التجوية الكيميائية أعلى في الكتلة الصخرية التي تمتلك طول ضلع مقداره (0.01 م) نتيجة لشدة التجوية التي عملت على تفتتها وجعلتها بحجم أصغر ومساحة سطحية أعلى مما هي عليها في الكتلة الصخرية ذات طول ضلع(0.1م).

المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content

يؤثر المحتوى الرطوبي للتربة تأثيرا كبيراً في الكثير من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية اذ تؤثر في قابلية التربة للانضغاط وقابلية التربة للاختراق ولزوجة التربة مما يؤثر في حركة الماء في التربة وحركة الهواء وحركة العناصر الغذائية وتغلغل الجذور وعمليات الحراثة وغيرها ولذلك فان تقدير المحتوى الرطوبي للتربة يعتبر مهم جدا عند اجراء العديد من الدراسات كما يعتبر مهم جدا في تقدير كميات مياه الري وتحديد وقت الإرواء .

يعرف المحتوى الرطوبي للتربة بأنه كمية الرطوبة (أو الماء) الموجودة داخل مسام التربة وحول سطح حبيبات التربة منسوباً إلى كتلة التربة الجافة تماماً.

تعتبر التربة جسم مسامي يحتوي على نسبة من المسام او الفراغات بين الحبيبات. هذه المسام تكون مشغولة بالماء الذي يصل التربة بطرق متعددة (الري – الأمطار). ويسمى في هذه الحالة ماء التربة(soil water) ، وماء التربة ضروري حيث يتم امتصاصه بواسطة جذور النباتات النامية خلال مراحل نموها المختلفة. ماء التربة يتواجد في حالة توازن مع هواء التربة الموجود أيضاً داخل مسام التربة وهواء التربة أيضاً ضروري لتنفس جذور النباتات النامية. في العادة يحدث تغير في ماء التربة وهواء التربة وتحدث تأثيرات متبادلة بينهما داخل مسام التربة.

يمكن تقدير رطوبة التربة بعدة طرائق مباشرة وغير مباشرة ولكل طريقة مميزات وعيوب ومن هذه الطرائق

1 – الطريقة الوزنية: - هي طريقة مباشرة لتقدير المحتوى الرطوبي في التربة وتتلخص بأخذ نماذج من تربة الحقل وتعيين الوزن الرطب (M_t) لها ثم تجفف في الفرن على درجة حرارة 105 °م لمدة 24 ساعة ثم توزن لتحديد الوزن الجاف (M_s) ومن ثم يعبر يعبر عن المحتوى الرطوبي بإحدى الطرق التالية:

النسبة المئوية للرطوبة نسبة الى الوزن الجاف (Pw).

$$Pw = \frac{Mw}{Ms} * 100\%$$

حيث أن: (Mw) تمثل وزن الماء وتساوي (Mt-Ms)

النسبة المئوية للرطوبة نسبة الى الوزن الرطب (Pww)

$$Pww = \frac{Mw}{Mt} * 100\%$$

2 – الطريقة الحجمية: - هي ايضا من الطرق المباشرة وتتلخص بأخذ حجم معلوم من التربة V_t يوزن النموذج ثم يجفف في الفرن على درجة حرارة 105 ^{o}م ثم يوزن ومن فرق الوزن يحسب وزن الماء المتبخر ويقسم على كثافة الماء لاستخراج حجم الماء المتبخرV_W ثم تحسب النسبة المئوية للرطوبة الحجمية (P_v) من العالقة التالية:

$$Pv = \frac{Vw}{Vt} * 100\%$$

يمكن تحويل نسب الرطوبة من صيغة الى اخرى وفق العلاقات التالية (أثبت صحة العلاقات)

$$Pw = \frac{Pww}{100 - Pww} * 100\%$$

$$Pww = \frac{Pw}{100 + Pw} * 100\%$$

$$Pv = Pw\ \frac{\rho b}{\rho w}$$

ρb ، ρw : الكثافة الظاهرية وكثافة الماء على التوالي.

يعتبر التعبير عن رطوبة التربة على اساس الحجم أفضل من التعبير على اساس الوزن وذلك للأسباب التالية:

1 – نسبة الرطوبة الحجمية تأخذ بنظر الاعتبار مسامية التربة والتي بدورها تؤثر على الكثير من صفات التربة الفيزيائية.

2 – في حالة الترب العضوية الواطئة الكثافة لا توجد هناك مشكلة لأننا نتعامل مع الحجم وليس مع الوزن وكذلك الحال بالنسبة للترب الرملية العالية الكثافة

3 – يمكن استخدام رطوبة التربة على اساس الحجم لحساب عمق الماء (d) الموجود في عمق معين من التربة (D)

(d عمق ماء الري) = (d بعد الري)- (d قبل الري)

ولحساب كمية مياه الري (Q) نضرب المساحة المراد ريها (A) في عمق ماء الري (d)

$$Q = \text{Area} * d$$

تمتاز الطريقة الوزنية في تقدير رطوبة التربة ببساطتها وقلة كلفتها كما تعتبر طريقة قياسية لمعايرة الطرق الاخرى

عيوب الطريقة الوزنية

1 – طريقة مختبرية ومطولة حيث تحتاج الى 24 ساعة لغرض التجفيف

2 – إن عملية التجفيف على درجة حرارة 105 °م قد تؤدي الى اكسدة المادة العضوية وبالتالي يحصل فقد بالوزن لا يكون بفعل تبخر الماء وهنا يحصل خطا في التقدير. لذلك عند تقدير نسبة الرطوبة في الترب العضوية يتم التجفيف على درجة حرارة 60 °م لتجنب اكسدة المادة العضوية .

3 – إن عملية اخذ النماذج من الوحدات التجريبية قد تؤدي الى تشوه الوحدة التجريبية مما يؤدي الى تغيير النتائج ولهذه الاسباب يفضل العديد من العاملين استخدام الطرق غير المباشرة والتي تمتاز بما يلي:

1 – تسمح بأجراء قياسات متكررة في نفس النقطة.

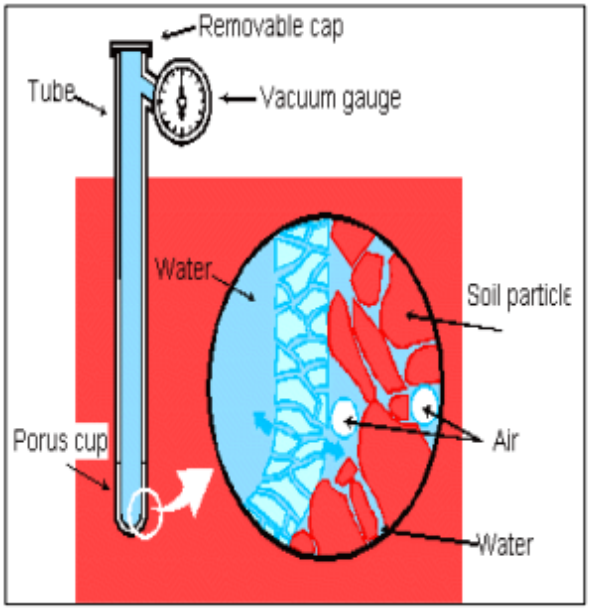
2 – تتطلب عمل اقل وفترة زمنية أقصر ويتم الحصول على النتائج حقلياً.

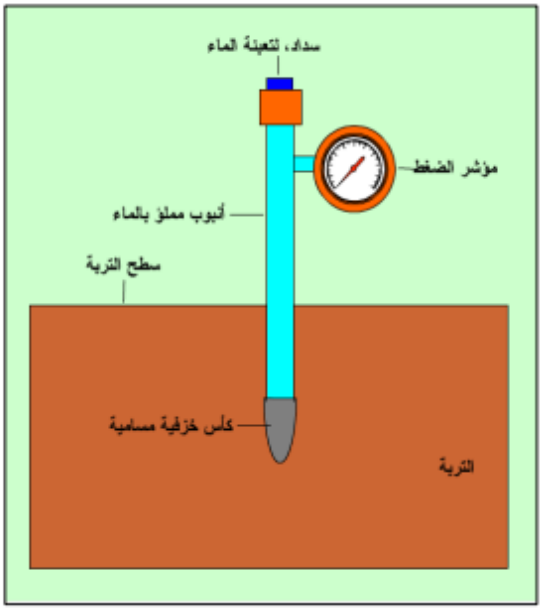
3 – لا يحصل استثارة للألواح المزروعة.

3 - طريقة التنشوميترTensiometer method: تعتبر هذه الطريقة من الطرق غير المباشرة في تحديد رطوبة التربة حيث تعتمد على جهد دقائق التربة potential Matric الذي يقاس باستخدام جهاز التنشوميتر الذي يتكون من وعاء مسامي cup porousيسمح بمرور الماء والمواد الذائبة، يتصل الوعاء المسامي بأنبوب tube يختلف طوله حسب اعماق التربة المراد تقدير رطوبتها يتصل في قمة الأنبوب مقياس لقياس الشد داخل الأنبوب يملئ الأنبوب بماء مغلي ومبرد (خالي من الهواء) وعند وضع الجهاز في التربة يكون اتجاه حركة الماء في الجهاز خلال الوعاء المسامي معتمدا على الحالة الرطوبية للتربة حيث ان الفكرة الأساسية تعتمد على حالة التوازن بين جهد الماء الموجود داخل الجهاز والشد الرطوبي للتربة فعند انخفاض نسبة الرطوبة في التربة بفعل استهلاك النبات ينتقل الماء من داخل الجهاز عبر الجزء المسامي الذي يكون في تماس مع التربة

مما يؤدي الى حصول تخلخل في الضغط داخل الجهاز يسجل بواسطة مقياس الشد vacuum gauge المثبت في الجهاز، اما في حالة زيادة رطوبة التربة عند الري يحصل انتقال للماء من التربة الى داخل الجهاز عبر الجزء المسامي مما يؤدي الى زيادة الضغط داخل الجهاز وهكذا .ينصب الجهاز بحيث يكون الجزء المسامي بتماس مع التربة في المنطقة الجذرية الفعالة ويمكن من خلاله تتبع التوزيع الرطوبي للتربة بعد الري وتحديد وقت الري.

ان جهاز التنشوميتر يعطي قراءة ضمن حدود للشد تتراوح بين (0 – 0.85) بار لذا لا يمكن استخدامه في حالة الترب التي يكون فيها الشد الرطوبي خارج هذا المدى.





4 – طريقة قوالب المقاومة الكهربائية Block Resistance method تعتبر من الطرق غير المباشرة لقياس المحتوى الرطوبي للتربة .يتكون الجهاز من قوالب من الجبس او النايلون المثقب او الصوف الزجاجي مثبت داخلها قطبين كهربائيين متصلين بمقياس لقراءة المقاومة .توضع القوالب في التربة عند الأعماق المطلوبة لتحديد المحتوى الرطوبي على اساس ان المقاومة الكهربائية تتناسب عكسيا مع المحتوى الرطوبي لتحديد الرطوبة على اساس المقاومة يجب اولاً رسم منحني معايرة قياسي بين قراءة الجهاز والمحتوى الرطوبي للتربة او مع الشد الرطوبي للتربة وبعد ذلك يتم تحديد المحتوى الرطوبي او الشد الرطوبي للتربة من خلال تسقيط قراءات الجهاز على منحنيات المعايرة Calibration curve

ملاحظة: يفضل معايرة قراءة الواح المقاومة مع الشد وذلك لان الألواح المسامية في التربة تعمل على التعادل مع الشد الرطوبي لدقائق التربة بدلاً من رطوبة التربة نفسها وان الترب المختلفة يمكن ان تمتلك علاقات رطوبة ضد شد مختلفة، فمثلاً يمكن ان تكون نسبة الرطوبة في التربة الطينية عند شد رطوبي (15 بار) 3 – 4 أضعاف نسبة الرطوبة للتربة الرملية عند نفس الشد الرطوبي

مميزات هذه الطريقة

1 – غير مكلفة

2 – لا تحتاج الى اخذ عينات من التربة

3 – يمكن استخدامها في ظروف رطوبية منخفضة

4 – يمكن بواسطتها الحصول على مؤشر موضعي مستمر للتغير في رطوبة التربة .

عيوبها:

1 – تتأثر القراءة باختلاف تركيز الأملاح في التربة نتيجة اضافة الأسمدة وغيرها وخصوصا عند استخدام قوالب النايلون او الصوف الزجاجي اما القوالب الجبسية فتحتوي على محلول مشبع من كبريتات الكالسيوم تعمل كمحلول منظم يمنع تأثير الأملاح على القراءة.

2 – ذائبية الجبس في التربة يؤدي الى تأكل وتلف هذه القوالب مع الوقت.

3 – حساسة لاختلاف درجات الحرارة.

4 – تتأثر بظاهرة التخلف (hysteresis) (التغير في علاقة المحتوى الرطوبي مع الشد في حالتي الترطيب والتجفيف) .

1 – طريقة التشتت النيوتروني Scattering Neutron method يستخدم في هذه الطريقة جهاز يعرف بمقياس الرطوبة النيوتروني(meter moisture neutron) الذي يتكون من جزئين رئيسيين الأول هو المدس probe ويحتوي على مصدر النيوترونات السريعة وكشاف detector يوضع المدس في انبوب الإدخال الموضوع عموديا في التربة اما الجزء الثاني فهو العداد scaler الذي يقيس عدد النيوترونات البطيئة المتبعثرة في التربة.

الفكرة الأساسية: لعمل الجهاز مبنية على اساس ان لذرات الهيدروجين القدرة على تقليل سرعة النيوترونات أكثر من اي ذرة اخرى وان هناك علاقة بين تركيز ذرات الهيدروجين والمحتوى الرطوبي في التربة .وتتلخص هذه الطريقة بإطلاق نيوترونات عالية الطاقة من المصدر المشع الى داخل جسم التربة ونتيجة لتصادم هذه النيوترونات مع ذرات الهيدروجين ستفقد جزء من طاقتها الحركية وتنخفض سرعتها ويتغير اتجاهها فتعود ثانية الى الجهاز وبسرعة واطئة ويتم حساب عددها العائد خلال وحدة الزمن ومنه يمكن الاستدلال على كمية الماء الموجودة في التربة وبالاعتماد على رسم منحني قياسي يوضح العلاقة بين المحتوى الرطوبي وعدد النيوترونات العائدة.

مميزات هذه الطريقة

1 – طريقة سريعة وتحتاج عمل مختبري اقل

2 – لا تقوم بتكسير التربة

3 – تمكننا من اجراء قياسات متعددة بصورة دورية للرطوبة الحجمية في نفس الموقع والأعماق

4 – لا تعتمد عمليا على درجة الحرارة والضغط

عيوب هذه الطريقة

1 – الكلفة الأولية العالية للجهاز

2 – صعوبة قياس الرطوبة في الطبقة السطحية من التربة

3 – الخطورة الصحية المرافقة للتعرض للنيوترونات واشعة كاما

جهد ماء التربة potential water Soil

أتضح من الدراسات العلمية أن المحتوى الرطوبى للتربة لا يكفي لتحديد حالة الرطوبة في التربة وهذا بسبب:

1. سلوك الترب المختلفة يختلف رغم تواجد نفس المحتوى الرطوبى لها.
2. اختلاف نمو النباتات في الترب المختلفة رغم تساويها في المحتوى الرطوبى.
3. عند وضع ترب مختلفة القوام ولها نفس المحتوى الرطوبى في حالة تلامس مع بعضها فقد لوحظ انتقال الماء من تربة إلى أخرى (من التربة خشنة القوام إلى التربة ناعمة القوام).

على هذا لابد من وجود مفهوم اخر لاستكمال الصورة ويعطى تحديد تام للحالة المائية للتربة – هذا المفهوم الجديد للتربة يسمى جهد ماء التربة potential water Soil

ماء التربة كأي جسم ممكن ان يحوي طاقة بكمية واشكال مختلفة والطاقة الكامنة potential energy هي احدى الطاقات التي يمكن ان يحتويها ماء التربة. لهذه الطاقة أهمية في تحديد حالة وحركة الماء في التربة وتتغاير بمديات واسعة وهذا التغاير بين نقطة واخرى يؤدي الى جريان الماء خلال التربة لان جميع الاجسام تميل الى الحركة من النقطة ذات الطاقة الكامنة العالية الى المنطقة ذات الطاقة الواطئة الى ان تحصل حالة التوازن اي تصبح الطاقة الكامنة متساوية. يعرف جهد ماء التربة على انه مقدار الشغل الذي يجب بذله من وحدة الكمية من الماء (وزن أو حجم) الموجودة في حالة اتزان في نظام التربة، عندما تتحرك من نقطة الى اخرى نسبة الى طاقة الماء في مكان مقارنة قياسي عند نفس درجة الحرارة standard reference مثل خزان ماء او الماء الحر النقي المعرض للضغط الجوي عند نفس درجة الحرارة والجهد الكلى لماء التربة Total soil water potential هو مجموعة من الجهود مسؤولة عن طاقة ماء التربة او مسك الرطوبة حول حبيبات التربة الصلبة.

طرق التعبير عن جهد الماء

بما ان الشغل (الطاقة – الجهد) = القوة * المسافة وباستخدام معادلة الأبعاد

$$Energy = (MLT^{-2})* \mathrm{L} = \mathrm{M\,L^2T^{-2}}$$

وعليه يكون التعبير عن جهد الماء على أحد أسس ثلاث

1 – على أساس الحجم

$$\frac{Energy}{Volume} = \frac{\mathrm{ML^2T^{-2}}}{L^3} = \mathrm{ML^{-1}T^{-2}}$$

2 – على أساس الكتلة

$$\frac{Energy}{Mass} = \frac{\mathrm{ML^2T^{-2}}}{M} = \mathrm{L^2\,T^{-2}}$$

3 – على أساس الوزن

$$\frac{\mathrm{Energy}}{\mathrm{Weight}} = \frac{\mathrm{ML^2T^{-2}}}{\mathrm{MLT^{-2}}} = \mathrm{L}$$

ويعبر عنها بوحدة المتر m وهي الاكثر شيوعا والاسهل استخداما في الاراضي ويطلق عليه المكافئ للارتفاع (equivalent head) من عمود الماء أي يعبر عن الجهد في هذه الحالة بارتفاع عمود الماء. ويمكن التحويل بين الوحدات المختلفة باستعمال ثوابت التحويل

1bar =100cb = 1000 mb

=1022 cm water = 75 cm hg

=1 atm

$$= 100 \text{ j } kg^{-1} = 10^6 \; erg \; g^{-1} = \; 10^6 \; dyne \; cm^{-2}$$

وجهد الماء الأرضي يعد صفة معقدة وحتى يسهل فهمه لابد من فصله الي مكوناته المختلفة حيث ان الماء بالأرض معرض لحقول قوى مختلفة مثل الضغط الموجب أو السالب او الجاذبية الأرضية والأسموزية والتي تغير من جهد الماء عن الحالة النقية

القوى الممسوك بها الماء في التربة:

قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ترجع لوجود مجموعة من القوى المسئولة عن مسك الماء على سطح التربة منها:

1- قوة التلاصق Adhesion force

وهي قوة تسمح بربط جزيئات الماء على سطح التربة. وينشأ جهد الالتصاق نتيجة ترتيب جزيئات الماء حول سطح حبيبات التربة بحيث تمسك جزيئات الماء بقوة تزداد بالقرب من سطح الحبيبات. وجذب الماء بهذه الطريقة يقلل من جهد الماء الحر. كما يمكن تفسير ذلك بان سطح حبيبات التربة مشحون بشحنة سالبة يمكنها جذب جزيئات الماء وربطها على السطح بروابط هيدروجينية.

2- قوة التماسك Cohesion force

يتحرك الماء بين حبيبات التربة في المسام الشعرية نتيجة قوة الشد السطحي والتي ينتج عنها ارتفاع الماء في الأنابيب الشعرية بما يتناسب مع أقطارها. على ذلك نجد انه كلما صغر حجم المسام بين الحبيبات ازدادت قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء نتيجة زيادة قوى الشد لسطح الحبيبات.

3 - قوة إسموزية Osmotic force

تحتوي الترب على ايونات منتشرة في طبقة الماء المحيطة بالحبيبات مما ينتج عنها ضغطاً إسموزياً عالياً - هذه الأيونات تؤدى إلى ربط جزيئات الماء على سطح حبيبات التربة. الضغط الاسموزي أو الضغط التناضحي هو مقياس لميل المحلول لسحب المياه عن طريق التناضح، وهذه القوى ناتجة عن:

1 - الجاذبية الارضية gravitation

2 - بنية التربة (المادة الصلبة)soil matrix

3 - الضغط الخارجي pressure

4 - المواد المذابة (الاملاح) solutes

وحدات قياس الجهود: - يعبر عن جهود ماء التربة

أ – بالشغل لوحدة الحجم (جول/متر مكعب) فتكون وحدات قياس الضغط dyne/cm2 او بار او .atm او m2/.

ب – الشغل لوحدة الوزن (جول/نيوتن) فتكون وحدات قياس الجهد ارتفاع عمود الماء

الشغل = القوة * الازاحة = الكتلة * التعجيل * الازاحة = الكثافة * الحجم * التعجيل * الازاحة

$$\Psi = \frac{\text{الشغل}}{\text{الحجم وحدة}} = \frac{\rho w * V * g * h}{V} = \frac{N.m}{m^3} = \frac{N.m}{m^2}$$

$$H = \frac{\text{الشغل}}{\text{الوزن وحدة}} = \frac{\rho w * V * g * h}{\rho w * V * g} = \frac{N.m}{N} = m$$

H أو Ψt جهد ماء التربة الكلي

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

$$H = Z + h + P + S$$

1 – جهد الجاذبية الأرضية Gravitational potential أوΨg أو Ψz أو Z

أي جسم متواجد على سطح الأرض يكون منجذبا نحو مركز الكرة الأرضية بواسطة فعل قوة الجاذبية الأرضية والمساوية لوزن هذا الجسم، وهذا الوزن عبارة عن حاصل ضرب كتلة الجسم في عجلة الجاذبية. وحتي يمكن رفع هذا الجسم في اتجاه عكس الجاذبية الأرضية يجب بذل شغل، وهذا الشغل يبقي في الجسم المرفوع في صورة طاقة جاذبية أرضية ،وعليه فان طاقة جهد الجاذبية الأرضية

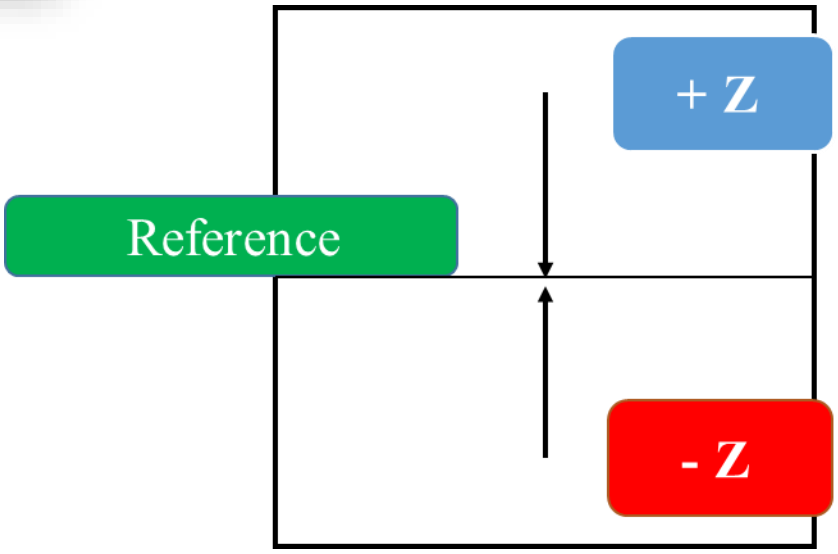
$$Eg = mgz$$

m: كتلة الماء

g: جلة الجاذبية

z: الارتفاع

وعلي أساس وحدة الوزن من الماء mg = w =1 يكون جهد الجاذبية الأرضية $z=\psi g$ وعليه فان جهد الجاذبية الأرضية هو عبارة عن قيمة الفرق في ارتفاع النقطة المراد قياسها عن مستوي قياسي افتراضي level reference arbitrary فاذا كانت النقطة المراد معرفة جهدها على (المستوى القياسي) وهو عادة سطح التربة أو مستوى الماء الأرضي او عند أي مستوى معرف سبق تحديده فتكون مساوية للصفر واذا كانت فوق المستوي القياسي فان القيمة تأخذ إشارة موجبة و العكس في حالة وجودها تحت المستوي القياسي فان القيمة تأخذ إشارة سالبة كما هو موضح بالشكل



2 - جهد الضغط Pressure potentialأو Ψp او P

يتكون جهد الضغط من: جهد الانغمار submergence pressure و جهد الهواء pneumatic pressure

يحدث جهد الضغط عندما يكون الماء الأرضي عند ضغط هيدروستاتيكي أكبر من الضغط الجوي، وعليه فان الماء المتواجد تحت سطح ماء حر يكون تحت جهد ضغط موجب، بينما يكون جهد ضغط الماء عند هذا السطح مساويا للصفر. فالضغط الهيدروليكي (p) للماء بالنسبة للضغط الجوي يكون $p = \rho w\ g\ h$ حيث ρw: هي كثافة الماء g:عجلة الجاذبية و h: عمق النقطة تحت سطح الماء الحر. وتكون طاقة جهد الضغط EPعبارة عن الضغط مضروبا في التغير في الحجم $EP = P\ (Dv)$ وعلي أساس وحدة الوزن يكون جهد الضغط (ψp) $= \rho w\ g\ h\ (dv)$

$\Psi p = h$

حيث h عمق النقطة تحت سطح الماء الحر(مستوي ماء ارضي)

أي انه عندما تكون وحدة الكمية من الماء معبرا عنها علي أساس الوزن فيكون جهد الضغط عبارة عن ارتفاع سطح الماء الحر فوق النقطة المراد معرفة جهدها وفي التربة تكون عبارة عن المسافة الرأسية بين النقطة وسطح الماء داخل بيزومتر (piezometer) وهي عبارة عن انبوبة بلاستيكية يتم وضعها داخل حفرة تم عملها بواسطة الأوجر فيرتفع الماء بها مسافة مقدارها h مساوي ارتفاع مستوي الماء الأرضي فيتم تعيين الضغط البيزومتري وهي عبارة عن انبوبة راسية متصلة بالنقطة

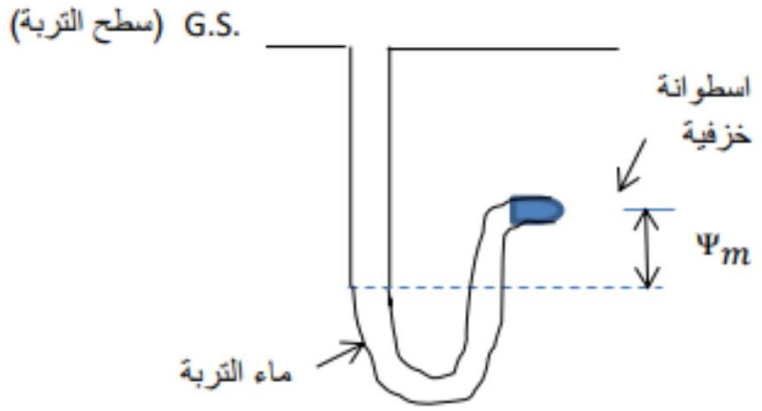
المراد قياس الضغط عندها(ويكون جهد الضغط مساويا للصفر عند سطح الماء في البيزومتر وكذلك أعلي هذا السطح اما اسفل هذا السطح فيكون موجب القيمة وتزداد Z موجبه z سالبة referenceقيمته بزيادة البعد عن هذا السطح. والجدير بالذكر انه مما سبق يتضح ان جهد الضغط ينطبق فقط على الأراضي المشبعة وفوق المشبعة ويأخذ قيمة موجبة.

جهد الهواء لا يحصل في التربة تحت الظروف الطبيعية بل فقط في المختبر عند تسليط ضغط هواء في جهاز اعلى من الضغط الجوي). الضغط المضاف على ماء التربة هو ضغط الماء او تراكم الماء على سطح التربة او ما يسمى الضغط الهيدروستاتيكي (Hydrostatic pressure) . فالماء باستمرار يغمر سطح التربة أثناء الري أو المطر الشديد – هذا الماء ضغط يسبب موجب على ماء التربة، وعندما لا يوجد ماء على سطح التربة فان جهد الضغط يساوى صفر لان الضغط المضاف الخارجي على التربة هو فقط الضغط الجوي.

الضغط اذن جهد Ψp تحت الظروف الحقلية يوجد في الترب المشبعة وهو عبارة عن المسافة العمودية بين النقطة المدروسة وسطح الماء الارضي ارتفاع الماء في البيزومتر.

3 - جهد الشد (الضغط السالب) Matric potential Ψm أو Ψh أو h

وهو الجهد المرتبط بقوي الأدمصاص والخاصية الشعرية بالتربة وهذه القوي تجذب الماء وتربطه وتخفض من طاقة جهده. بالمثل فان جهد الشد (Ψm) علي أساس وحدة الوزن يكون Ψm = - h وفي التربة يكون عبارة عن المسافة الراسية بين النقطة المراد قياسها وبين سطح الماء داخل مانومتر مملوء بالماء ومتصل بهذه النقطة عن طريق جزء مسامي كأسي الشكل وذلك عند الاتزان. ومما سبق يتضح ان جهد الشد ينطبق فقط علي الأراضي غير المشبعة ويأخذ قيمة سالبة ، اما الأراضي المشبعة فان قيمته تكون مساوية للصفر ويعد جهد الشد صفة ديناميكية متغيرة بالتربة وذلك لان الأرض بعد تشبعها ينخفض المحتوي الرطوبي الموجود بها تدريجيا نتيجة التبخر او الامتصاص بواسطة النبات او التسرب العميق ويتم قياسها بالتربة عن طريق جهاز الشد الرطوبي (التنشيومتر tensiometer) لقيم اقل من 1 bar KPa 100 وجهاز الشد الرطوبي ذو مقياس التفريغ tensiometer gage vacuum والذي يتكون من رأس من السيراميك المسامي علي شكل كأسي cup porous ceramic متصل بأنبوبة من البلاستيك مملوءة بالماء تأخذ أطوالاً مختلفة وتسد بسداده من المطاط وتتصل من اعلي بعداد لقياس التفريغ vacuum gage



عمليا مدي القياس ما بين صفر – 0.85 بار وهو مدي ال باس به من حيث يكون 50% او اكثر من الماء المتاح قد اخذ بواسطة النبات في هذا المدي في الأراضي الطينية وكل الماء المتاح بالراضي الرملية. تجاريا يكون مقياس التفريغ ذو تقسيم من صفر – 100 وهذا يقابل مدي الشد من صفر الي 100 سم ماء أي ان كل عالمة تمثل 1سم بار والتقسيم من صفر الي 1000 لنفس مدي الشد فتكون كل عالمة ممثلة 1 مللي بار

4 – الجهد الأسموزي Osmotic potential أو الجهد الملحي Solute potential أو Ψs أو S

وهو راجع لتأثير المواد الذائبة (solutes) بماء التربة والتي تؤثر على خواصه الديناميكية الحرارية وتخفض من طاقة الجهد الخاصة به وذلك بخفض الضغط البخاري للماء الأرضي. والجهد الأسموزي يأخذ قيم سالبة او صفر ولكن يعد الجهد الأسموزي غير هام ويمكن اهماله في حالة دراسة تدفق الماء لان الاملاح تتحرك مع الماء وسريعا ما تتوازن بالأرض والأساس لمعرفة اتجاه حركة الماء بالتربة من خلال معادلة الجهود

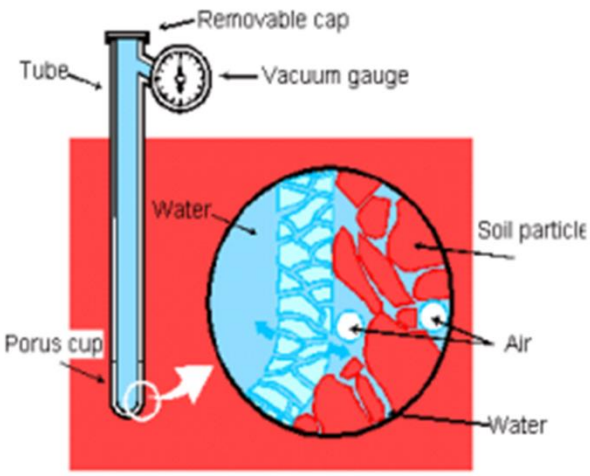
$\Psi h=\psi P+\psi M+\psi g$

وعند الاتزان تتساوي قيم الجهود ولا تحدث حركة الماء بالتربة فتكون في حالة (جهد متزن)

$\psi g=\psi M=\psi P=\psi h$ potential equilibrium

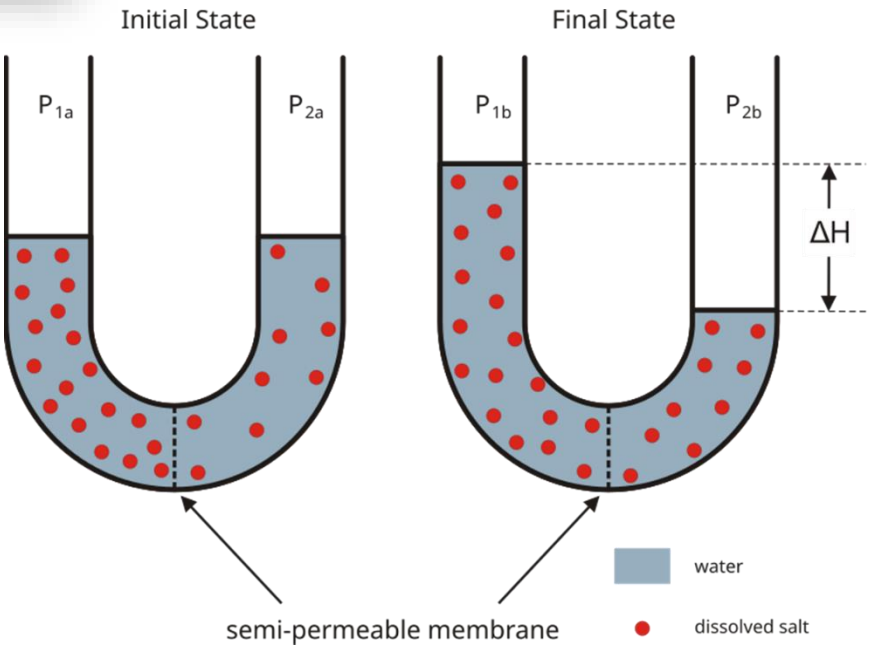
وعند عدم الاتزان لا تتساوي قيم الجهود وتحدث حركة للماء فتكون في حالة (جهد غير متزن)

$\psi g\neq\psi M\neq\psi$Potentialψh equilibrium-non



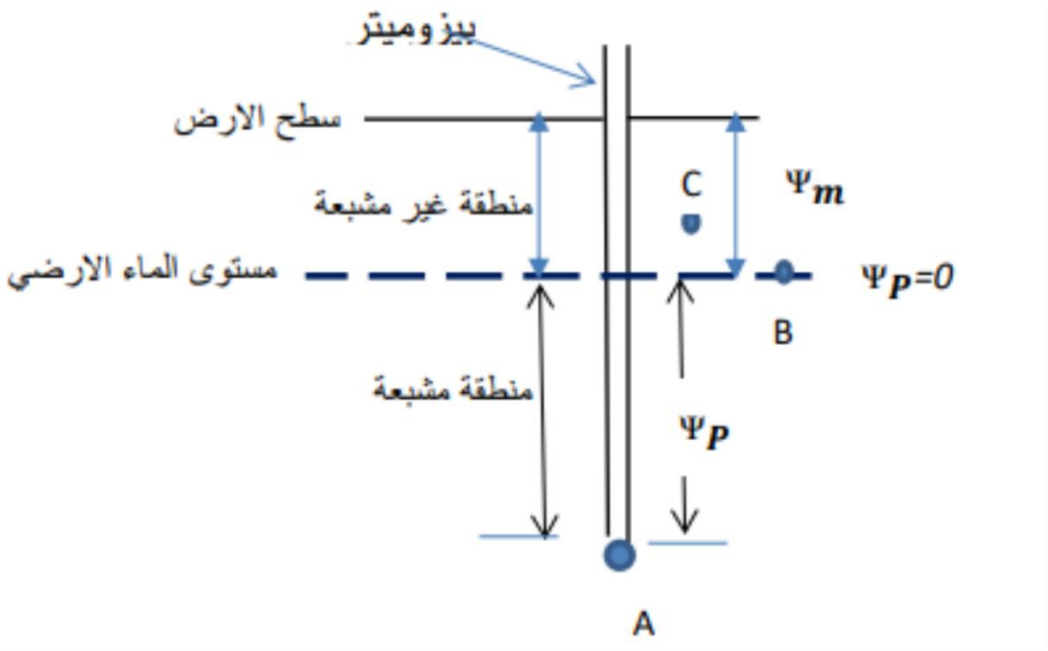
الضغط الأسموزي: هو الضغط المتولد من فرق تركيز ذائب معين بين كميتين من السائل النقي، حيث ينتقل السائل النقي من التركيز المنخفض إلى التركيز العالي؛ فمثلا إذا كان هناك وعاء على شكل حرف Uوهناك كميتان متساويتان من الماء في كل جانب وكان بينهما غشاء شبه منفذ، وأضيف ملح لطرف من الأطراف فإن الماء سيتوجه لذلك الطرف لتركيزه العالي مقارنة بالطرف الآخر (حتى يتساوى التركيزين).

ماء التربة ليس ماء نقى فهو يحتوي على أملاح ذائبة مما يقلل من طاقة جهد ماء التربة مقارنة بالماء النقي وهذا الانخفاض في جهد ماء التربة الناشئ عن وجود الذائبات النشطة إسموزياً يسمى الجهد الأسموزي أو الجهد الملحي ويكون دائما سالب أو يساوى صفر في حالة الماء النقي.



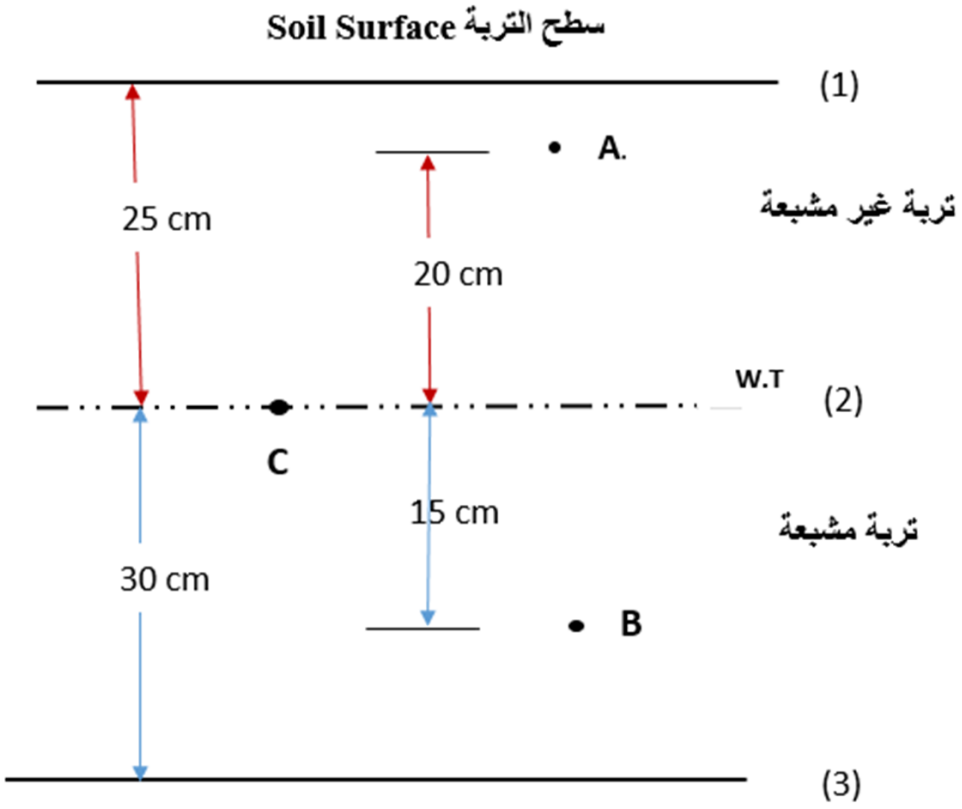
البيزومتر - Piezometer

أنبوب مفتوح الطرفين ذو قطر لا يؤثر فيه الشد السطحي ومقاومة الجريان وهو مقاس جهد الانغمار.



الشغل = القوة * الازاحة = الكتلة * التعجيل * الازاحة = الكثافة * الحـجم * التعجيل * الازاحة

$$\Psi z = \frac{\rho w \ * V \ * g \ * Z}{V} = \ \rho w . g . Z$$



احسب مكونات جهد ماء التربة الكلي في النقاط A, B, C حسب مواقعها المبينة في الشكل أعلاه؟

H = Z + h + P + S

مستوى المقارنة لحساب جهد الضغط هو مستوى الماء الارضي

مستوى المقارنة لحساب جهد الجاذبية يتم اختياره حسب توفر المعلومات عن الابعاد

يتم قياس جهد الشد باستخدام التنشيوميتر

نختار Reference (1)

HA= ZA + hA + PA + SA

HA = -5 + hA + 0 + 0

HB = ZB + hB + PB + SB

HB = - 40 + 0 + 15 + 0 = -25 cm

HC = - 25 + 0 + 0 + 0 = -25 cm

يمكن ان نختار Reference (2)

HA = 20 + hA + 0 + 0

HB = -15 + 0 + 15 + 0 = 0

HC = 0

يمكن ان نختار Reference (3)

HA = 50 + hA + 0 + 0

HB =15 + 0 + 15 + 0 = 30 cm

HC = 30 + 0 + 0 + 0 = 30 cm

مثال -2- توفرت لديك البيانات التالية عن نقطتين في مقد تربة (A , B، وضح باي اتجاه سيتحرك الماء (من B الى A ام بالعكس) ؟ ولماذا؟

النقطة	جهد الجاذبية (سم)	الضغط الأسموزي (سم)	جهد الشد (سم)
A	20	80	150
B	40	100	250

الضغط الأسموزي (π) = – جهد المادة المذابة (-S)

H = Z + h + P + S

HA = 20 – 150 – 80= – 210 cm

HB = 40 – 250 –100 = – 310 cm

HA = – 210 cm > HB = – 310 cm

اذن يتحرك الماء من النقطة A الى النقطة B