المحاضرة الخامسة

طاقة ماء التربة :

هنالك عاملان مهمان يؤثران على مسك الماء من قبل دقائق التربة الصلبة وهما قوى جذب دقائق التربة لجزيئات الماء والتي تسمى **الالتصاق adhesion** وقوى التجاذب مابين جزيئات الماء مع بعضها والتي تسمى بقوى **التماسك cohesion** . حيث يكون ارتباط دقائق التربة من خلال شحنتها السالبة مع الشحنة الموجبة لجزيئات الماء المستقطبة ، بينما ترتبط جزيئات الماء مع بعضها من خلال الاصرة الهيدروجينية وينتج عن هذين الارتباطين تكوين غشاء من الماء حول الدقائق وهاتين القوتين تؤثران على قابلية التربة لمسك الماء وعلى حركة الماء داخل المسامات . وكلما قربت جزيئات الماء من الدقائق كلما مسك الماء بقوة اكبر وبالتالي تنخفض طاقة الماء ويبلغ سمك ماء الالتصاق والتماسك بحدود 40 – 60 A ° ويكون ثلثي سمك هذا الغشاء من الماء جاهز للنبات . وتتحدد الطاقة التي يمسك بها ماء التربة بنسبة الرطوبة ومقدار التجاذب بين الدقائق والماء ودرجة الحرارة والمواد الذائبة في الماء .

وحدات قياس طاقة ماء التربة

يمكن قياس طاقة ماء التربة او الاستدلال عليها بوحدات :-

1. **وحدات الشغل** = القوة X الازاحة ⟵ $W=F * h$

   وبما ان الطاقة تمثل القابلية على القيام بشغل لذلك فان وحدات الطاقة هي نفس وحدات الشغل

   وبما ان القوة تساوي الكتلة m في التعجيل الارضي g فان طاقة الماء تساوي $E=W=F.h$ $E=mgh$ ووحدات الطاقة داين . سم او الارك .

2. **وحدات الجهد** وهو كمية الشغل المنجز على وحدة الكتلة لذلك عند تقسيم الطاقة في ماء التربة في نقطة معينة على كتلة الماء نحصل على جهد الماء (Ψ) في تلك النقطة . يكون الجهد سالبا فوق مستوى الماء الارضي وموجبا تحت مستوى الماء الارضي ووحداته في النظام المتري ارك /غم او سم^2 مربع / ثانية^2

$$\Psi = - mgh/m \longrightarrow = - gh$$

3. **وحدات الضغط :**

ويمكن للاستدلال على طاقة ماء التربة في نقطة معينة من معرفة مقدار الضغط الذي يسلطة الماء على تلك النقطة وقد يكون ضغط الماء اكبر من الضغط الجوي فيكون موجبا او يكون تحت مستوى الضغط

الجوي فيكون سالبا حيث ان الضغط عند سطح الماء الحر يكون مساويا للضغط الجوي الذي يعتبر صفرا . وبما ان الضغط هو القوة على وحدة المساحة فان ضغط الماء p يكون كالتالي :-

$P= mg /A \rightarrow v\rho g/ A \rightarrow Ah\rho g/A = \rho gh$

V= حجم عمود الماء ، A= مساحة عمود الماء ، وتكون وحدات قياس ضغط الماء داين /سم^2 او غم / سم / ثا^2

4. وحدات طول لعمود من الماء :

يتضح من معادلة الضغط والجهد بان هنالك علاقة بين كل من الضغط والجهد وبين ارتفاع عمود الماء h ولما كانت كل من p و g ثابتتي القيمة عند سطح الارض وعند ثبات درجة الحرارة فان بالامكان الاستدلال على قيمة طاقة ماء التربة في نقطة معينة عن طريق قياس طول عمود الماء في تلك النقطة . عندما يكون مستوى الماء الحر اعلى من النقطة التي يراد قياس طاقة الماء فيها فان قيمة h تكون موجبة اما اذا كان مستوى الماء الحر تحت النقطة اعلاه فان قيمة h تكون سالبة وتسمى h في هذه الحالة الشد او شد ماء التربة soil water section او soil water tension وتكون قيمة h مساوية صفر عند مستوى الماء الحر.

العلاقة بين الشد الرطوبي ونسبة الرطوبة

عند تمثيل العلاقة بين الشد الرطوبي (مقاسا بالسم ماء) وبين المسافة عن سطح الدقائق نلاحظ ان الشد الرطوبي ينخفض كلما ابتعدنا عن سطح دقائق التربة الى ان تصل قيمة الشد الرطوبي الى الصفر في الترب المشبعة .

عند قياس مقدار الشد عند نسب رطوبية مختلفة في التربة يمكن الحصول على منحنى معين يسمى منحنى الشد الرطوبي للتربة . ويتاثر منحنى الوصف الرطوبي للترب العديد من العوامل اهمها نسجة التربة حيث تمسك التربة الناعمة النسجة نسبة رطوبية اعلى من الرطوبة على مدى الشد الرطوبي مقارنة مع الترب الخشنة النسجة وذلك لان الترب الناعمة تحتوي نسبة اعلى من المواد الغروية (الطين) ونسبة اعلى من المسامات البينية بالاضافة الى زيادة مساحتها السطحية النوعية مقارنة بالترب الاخرى مما يزيد من قابليتها على امتصاص الماء والاحتفاظ به .

تصنيف ماء التربة

ان نسبة الرطوبة تتغير بصورة تدريجية عند زيادة الشد من الصفر الى عشرات الالاف من السنتمترات من الماء (الشكل السابق) لذلك فان وضع رطوبة التربة في اصناف مختلفة لايعتمد على اسس واضحة وان مدى هذه الاصناف يختلف حسب نسجة التربة وتركيبها ومحتوى الدبال ودرجة الحرارة

التصنيف الفيزياوى حسب (Briggs 1897)

1. **ماء الاجتذاب Gravitation water**

وهو الماء الممسوك في المسامات الكبيرة بطاقة اقل من الطاقة المكافئة للسعة الحقلية ويسمى احيانا بالماء الحر او ماء البزل ويتحرك هذا الماء بحرية تحت تاثير الجذب الارضي ويتم التخلص منه عن طريق البزل .

2. **الماء الشعري capillary water** :

وهو الماء الممسوك عند شد رطوبي بين السعة الحقلية والمعامل الهايكروسكوبي ويسمى هذا الماء بمحلول التربة ويكون على شكل اغشية مائية حول الدقائق وفي المسامات الشعرية في التربة .

3- **الماء الهايكروسكوبي Hygroscopic water**

وهو الماء الممسوك بقوى شد تصل الى 31 ضغط جوي او اكثر ولا يشبه تركيبه تركيب الماء السائل ويتحرك على شكل بخار ماء .

التصنيف البايولوجي : ويصنف ماء التربة على اساس جاهزيته للنبات الى :-

1. **ماء الاجتذاب** : ويبزل هذا الماء بسرعة في المنطقة الجذرية ولا يستفيد منه النبات بدرجة ملموسة ويمسك بشد اقل من الشد عند السعة الحقلية وقد يكون ضارا للنبات بسبب تأثيره على تهوية التربة ودرجة حرارتها وجاهزية بعض العناصر الغذائية وفعالية الاحياء .

2. **الماء الجاهز للنبات** : وهو الماء الممسوك بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ويسمى محلول التربة وهو المصدر الرئيسي للماء المستهلك من قبل النبات ويفضل ان يضاف الماء للتربة عند استنزاف 75 % من الماء الجاهز

3. **الماء غير الجاهز** : ويمثل جميع الماء الممسوك بشد اكبر من الشد عند نقطة الذبول الدائم ويمثل الماء الهايدروسكوبي بالإضافة الى جزء من الماء الشعري .

العوامل المؤثرة على جاهزية الماء للنبات

من العوامل ما يعتمد على التربة ومنها ما يعتمد على النبات او الظروف الجوية

صفات التربة المؤثرة

1- **قابلية التربة على مسك الماء الجاهز** : يمثل الماء الجاهز كمية الماء الممسوكة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وتتأثر بعدة عوامل منها 1- نسبة الطين 2- نسبة المادة العضوية المتدبلة 3- نسبة المسامات البينية 4- توزيع احجام المسام 5- نوع المعادن الطينية , حيث مع زيادة نعومة التربة يزداد الماء الجاهز ، اما المادة العضوية او الدبال فيؤثر بصورة غير مباشرة من خلال دورها في تحسين تركيب التربة وزيادة مساميتها وان نسبة الرطوبة في الدبال تكون عالية الا ان نسبة الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم تكون كذلك عالية فلذلك فان تأثير الدبال على كمية الماء الجاهز بصورة مباشرة لا تكون مهمة .

2- **عمق المنطقة الجذرية ووجود الطبقات** :

كلما كانت التربة عميقة وكلما كانت جذور النباتات قادرة على التغلغل بصورة اكبر كلما كان الماء الجاهز اكثر لذلك فان الترب الضحلة لا تكون صالحة لنمو النبات في المناطق الديمية خصوصا اذا كانت كمية التساقط غير كبيرة وانقطاع الامطار لفترة طويلة خلال فصل النمو .

ان وجود الطبقات المختلفة في النسجة والتركيب في مقد التربة فأنها تؤثر على حركة الماء الى الجذور وعلى كمية الماء الغائض في التربة عند سقوط الامطار كذلك فان تغلغل الجذور قد يتأثر بوجود طبقات عالية الكثافة او صلدة او قليلة المسامية .

3- **ملوحة التربة**

تؤدي زيادة الملوحة الى زيادة الشد الرطوبي بسبب التاثير الازموزي للاملاح على الماء ويكون هذا التاثير اكثر اهمية عندما يكون الشد الرطوبي قريبا من نقطة الذبول الدائم .

حركة الماء في التربة :

نظرا لوجود قوة الجذب الارضي فان الماء يتحرك نحو مركز الارض ان لم يكن هناك ما يمنعه من ذلك , وقد يتحرك الماء نحو الاعلى بسبب التبخر عند سطح التربة وقد يتحرك الماء بسبب الاختلاف في ضغط ماء التربة بين نقطة واخرى وبما ان الاختلاف في ضغط ماء التربة قد يكون في اي اتجاه لذلك فان تأثيره على حركة الماء قد تكون بنفس اتجاه الجذب الارضي او بعكسه او باية زاوية على قوة الجذب الارضي , وقد يتحرك الماء بسبب امتصاصه بواسطة الجذور او بسبب الاختلاف في الملوحة او في درجات الحرارة في المواقع المختلفة

, وعندما نفترض ان درجة الحرارة وتوزيع الاملاح متجانس في التربة فيكون تأثير قوتي الجذب الارضي وضغط الماء على حركة الماء في التربة هي الاكثر اهمية .

الجذب الارضي :

ان المعادلة المسؤلة عن حركة الماء بفعل الجذب الارضي هي معادلة الطاقة الكامنه

$$EP= mgh$$

حيث EP = الطاقة الكامنة m = الكتلة , g = التعجيل الارضي h = المسافة

ويمكن من هذة المعادلة تقدير طاقة الجذب الارضي للماء في نقطة معينة من قياس ارتفاع تلك النقطة عن مستوى معين يسمى المرجع (reference level) وهذا يحدد الطاقة الكامنة لماء التربة عند نقطة معينة من تحديد ارتفاع تلك النقطة (بالسنتمترات) .

الضغط : القوة المسلطة على وحدة المساحة , ان ضغط الماء يزداد بصورة طردية مع زيادة عمقه

كما في المعادلة التالية $P= pgh$

حيث P = الضغط داين / سم^2 p = كثافة الماء غم /سم^3 g = التعجيل الارضي سم / ثا^2 h = ارتفاع الماء فوق مستوى النقطة A , وكلما ارتفعت فوق النقطة A قل الضغط حتى تصل الى B (مستوى الماء الارضي) التي يكون عندها ضغط الماء مساوي للضغط الجوي (صفر) ولو ارتفعنا فوق النقطة B (فوق مستوى الماء الارضي) فان الضغط يكون تحت مستوى الضغط الجوي اي (سالب) وهذه القيمة تزداد طرديا مع زيادة الارتفاع فوق مستوى الماء الارضي ففي النقطة 2 مثلا يكون ضغط الماء مساويا (- pgh) ومن قياس الضغط بوحدات طول عمود الماء (سم مثلا) اي ان عند النقاط A , B , C , h , o , -h سم من الماء على التوالي .

كيف يتحرك الماء في التربة :

يتحرك الماء في التربة بسبب الاختلاف في طاقة الماء بين نقطة واخرى في التربة وتحدد كمية الماء المتحركة من خلال وحدة المساحة لزمن معين من خلال قانون دارسي كالتالي :-

$$\mathbf{Q= - k \, d\Ø / dx}$$

يبين هذا القانون ان جريان الماء q خلال التربة يتناسب طرديا مع انحدار جهد الماء او انحدار طاقة الماء dØ / dx حيث ان Ø هي الجهد و dx هي التغير في المسافة و k قابلية التوصيل المائي , اما العلاقة السالبة فهي لان حركة الماء تكون باتجاه انخفاض الجهد (من الجهد العالي الى الواطيء) .

عندما تكون التربة مشبعة فان قيمة k تكون ثابتة اما عندما تكون التربة غير مشبعة فان قيمة k ستكون اقل من قيمتها في الترب المشبعة بسبب ان بعض مسامات التربة تكون مملوءه بالهواء وتكون غير قادرة على توصيل الماء , وكلما زاد الشد الرطوبي على ماء التربة كلما قلت قيمة k .

<u>حركة الماء في الترب المنضدة :</u>

في بعض الترب توجد طبقات مختلفة قد تكون متجانسة او غير متجانسة في النسجة والتركيب لذلك فان حركة الماء تختلف في مثل هذه الترب ، ففي حالة وجود طبقة رملية تحت طبقة مزيجية فان الماء سيتوقف عن التغلغل الى اسفل التربة عند وصول الجبهة المبتلة الى الطبقة الرملية لان الماء في الطبقة العليا يتحرك في المسامات الشعرية وتكون طبقة الرمل ذات مسامات خشنة ولا تتمكن من سحب الماء من المسامات الناعمة الواقعة فوقها لذلك فان الماء لن يتحرك الى الطبقة الرملية الى ان تتشبع معظم مسامات الطبقة العليا بحيث يصبح الشد على الماء قليل بحيث يمكن للطبقة الرملية من سحب بعضه بواسطة مساماتها الواسعة لذلك فان الترب المزيجة التي تقع تحتها طبقة من رمل تكون قابليتها على مسك الماء وسعتها الحقلية عاليتين مقارنة بالترب المزيجة المتجانسة .

اما الترب التي تكون طبقاتها السطحية رملية والسفلية ناعمة او متوسطة النسجة فان الماء الذي يتحرك في التربة السطحية بسرعة بسبب قابليتها العالية على التوصيل المائي ستقل حركته عند وصوله الى الطبقة السفلية لان قابلية هذه التربة على التوصيل المائي قليلة وبذلك فقد يتكون مستوى ماء ارضي في الطبقة السطحية الخشنة اذا استمرت اضافة الماء عن طريق الري او سقوط الامطار فلهذا فان هذا النوع من الترب تكون ذا قابلية عالية على مسك الماء وتكون فيها نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية عالية نسبيا .