وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية الزراعة
قسم التربة والموارد المائية
المرحلة الثانية

المحاضرة الخامسة

بسم الله الرحمن الرحيم

ماء التربة

الماء من اكثر المواد شيوعاً على سطح الأرض. فهو يغطي ما يقارب ٤\٣ سطح الكره الأرضية. وهو اساس لاستمرار الحياة ونمو جميع الكائنات الحيه ..... بسم الله الرحمن الرحيم ((وجعلنا من الماء كل شيء حي)) صدق الله العظيم

اذن الماء هو المحدد لنمو النباتات وهو المسؤول عن نشاط العمليات الكيميائية والفيزيائية والحيوية في التربة .اضافه الى انه يعمل كمذيب تتنقل خلاله المواد الغذائية التي يتطلبها كل من النبات والكائنات الحيه واستمرار النمو وتؤثر كل من كميه الرطوبة والطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تأثيرا كبيرا على خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيويه وعلى نمو النبات ..

تعتمد كميه الرطوبة الممسوكه في التربة والطاقة التي يمسك بها الماء وحركته في التربة على مجموع مسامات التربة والتوزيع الحجمي وطريقه ترتيب المسامات .

الري (Irrigation) يشمل اضافه الماء الى التربة حيث يخزن فيها ويمتص من قبل النبات ، اذ يجد منه خلال التربة كماء البزل وان الغرض من الاداره الجيده للري هو تهيئه كميه كافيه من الماء والهواء في التربة لجعل النبات ينمو جيدا

الري المفرط over irrigation والبزل الرديء bad drainge او كلاهما قد يسببان امتلاء كثير من مسامات التربة بالماء وبذلك يقل النمو بسبب سوء التهوية.

بعض ثوابت المحتوى الرطوبي في التربة

تؤثر العديد من خواص التربة الفيزيائية والكيميائية على مغاض الماء (Infiltration) في التربة وحركته فيها وعلى كمية الماء الممسوكة في الترب تحت الظروف المختلفة بالإضافة الى تأثيرها على جاهزية الماء للنباتات. فلو شبع مقد تربة ما بالماء بواسطة المطر او الارواء، فيمكن تسمية بعض ثوابت الرطوبة عند استمرار انخفاض نسبة الرطوبة ومن هذه الثوابت ما يلي:

١. القابلية العظمى لمسك الماء (Maximum Retentive Capacity)

عند الاستمرار بإضافة الماء الى حقل تربته جيدة التركيب وجيدة الصرف فان هذا سيتغلغل الى داخل التربة طاردا معظم الهواء الى ان تمتلئ جميع المسامات في الجزء السطحي من التربة والماء قد وصلت الى سعتها التشبيعيه او الى قابليتها العظمى على مسك الماء ويكون الشد الرطوبي عند هذا الحد تقريبا مساويا الى الصفر. وتسمى نسبة الرطوبة في هذه التربة بالقابلية العظمى لمسك الماء.

٢. السعة الحقلية (Field Capacity)

عند ايقاف اضافة الاماء الى التربة بعد تشبعها وتغطية سطحها لمنع التبخر فان جزءا من الماء سينزل الى الاسفل بصورة سريعة نسبيا بسبب الجذب الارضي على الماء. وبعد يوم او يومين تنخفض سرعة نزول الماء بدجة كبيرة وتكون الرطوبة في التربة عند السعة الحقلية. عندئذ تكون معظم المسامات الدقيقة في التربة مملوءة بالماء بينما تكون معظم المسامات الكبيرة مملوءة بالهواء.

ترجع اهميه السعه الحقليه الى انها تمثل الحد الاعلى للماء المتيسر للنبات (الماء الجاهز) ويكون الشد الرطوبي عند هذه النقطه بين ١٠\١ –٣\١ (١٠ كيلو باسكال –٣٣كيلوباسكال) وحسب نسجه التربة

٣. نقطة الذبول الدائم(Permanent Wilting Point) (p.w.p)

عند وجود نباتات نامية في التربة فأنها ستمتص الماء من التربة ليفقد معظمه عن طريق النتح من الاوراق. كذلك فان قسما مهما من ماء التربة يتبخر من سطح التربة مباشرة وتبقى هناك حركة دائمة لانتقال الماء من الاجزاء الرطبة الى الاجزاء الاكثر جفافا في التربة، اي الى المناطق المحيطة بجذور النباتات والقريبة من سطح التربة. وفي هذه الحالة فان معدل التبخر من النبات قد يزيد على معدل امتصاص النبات للماء من التربة وقد يؤدي هذا الى نقص الماء في النبات والى ذبوله خلال ساعات انهار الحارة وخصوصا عند وجود الرياح. وان النبات سيبقى في حالة ذبول نهارا وليلا اي سيكون في حالة ذبول دائميه مالم يضاف له الماء. عند نقطة الذبول الدائم يوجد الماء في المسامات الدقيقة جدا وحول دقائق التربة وفي حواف التقاء سطوح الدقائق ويتحرك الماء ببطء عن طريق اعادة تنظم سمك الاغشية المائية حول دقائق التربة. يطلق على المحتوى الرطوبي للتربة عندما تذبل النباتات ذبولاً دائماً (نقطه الذبول الدائم) او (معامل الذبول) حيث لا يستعيد النبات نموه حتى بعد وضعه في جو مشبع بالماء . وتمثل نقطه الذبول الدائم الحد الادنى من رطوبة التربة المتيسره. ان انخفاض الرطوبة عند هذا الحد يجعل النبات غير قادر على الحصول على كميه من الماء تكفي لاستمرار نموه . وعموما تقدر طاقة الشد الرطوبي للتربة عند نقطه الذبول الدائم بحوالي ١٥ ضغط جوي (١٥٠٠ كيلو باسكال) .

٤. المعامل الهايكروسكوبي (Hygroscopic coefficient)

يطلق على نسبه الرطوبة المتبقيه في التربة بعد ان يفقد منها الماء الممسوك في المسامات الكبيره والصغيره ويبقى فقط بعض الماء المحيط بالدقائق الصغيره الفرديه . يمسك هذا الماء في التربة بشد عالي وتكون حركته على شكل بخار ماء فقط . تسمى نسبة الرطوبة هذه بالمعامل الهايكروسكوبي، وتعتمد نسبة الرطوبة هذه على كل من نسجة التربة ونسبة الطين الغروي والدبال.

تصنيف ماء التربة

يمكن تصنيف ماء التربة الى التصنيف الفيزيائي والمقترح من قبل Briggs, 1897 وقد وضعت الرطوبة في هذا النظام الى ثلاثة اصناف هي :

١.ماء الجذب الارضي gravitation of water

ويمثل الجزء الممسوك في المسامات الكبيره للتربة ويسمى بالماء الحر او ماء البزل ، ويتحرك هذا الماء بحريه تحت تأثير الجاذبيه الارضيه ، ويمكن التخلص منه بدون صعوبه عند توفر ظروف البزل المناسب

٢. الماء الشعري capillary water

وهو الماء الممسوك بواسطه قوى الشد السطحي على شكل اغشيه مائيه حول دقائق التربة وفي المسامات الشعريه للتربة . وتزداد كميته بزياده نسبه دقائق التربة ذات السطوح النوعيه الكبيره يتراوح الشد الذي يمسك به الماء الشعري مابين السعه الحقلية والمعامل الهايكروسكوبي ولا يكون جميع هذا الماء متيسراً للامتصاص .

٣. الماء الهايكروسكوبي hygroscopic water

وهو الماء الممسوك بشد عالي الى سطوح الدقائق وخصوصاً الغروية منها بواسطه قوى التجاذب ، ويلتصق تماما بدقائق التربة بقوه تجعله غير قابل للحركة بتأثير الجاذبية الأرضية او قوى الخاصية الشعرية . يبلغ الشد الذي يمسك به هذا الماء ٣١٠٠ كيلو باسكال او اكثر ويتحرك على شكل بخار ماء ويكون غير متيسر للامتصاص من قبل النبات .

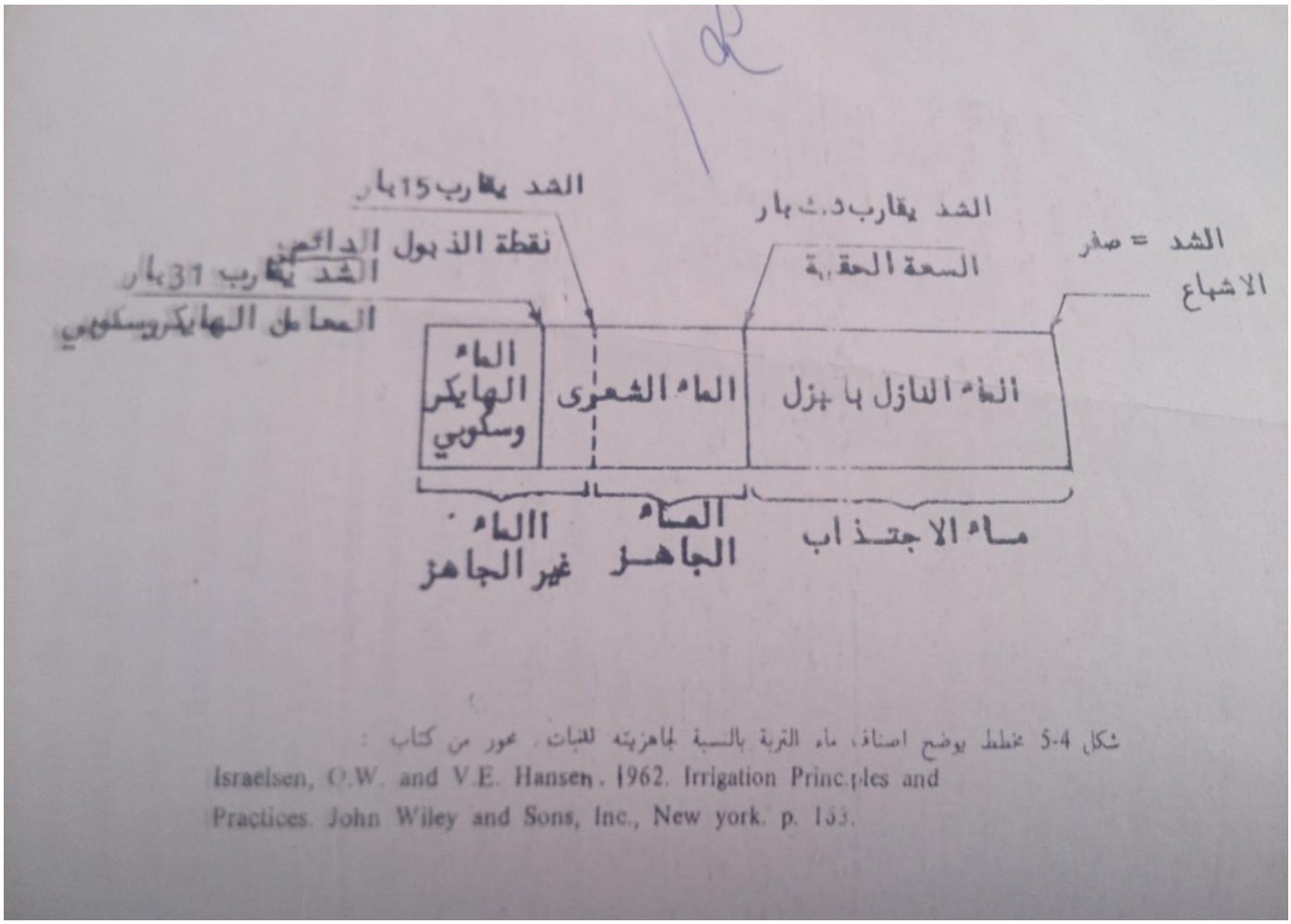
التصنيف البايولوجي لرطوبة التربة

قد يصنف ماء التربة كذلك بالنسبة لجاهزيته للنبات الى ثلاثة اصناف:

١. **ماء الجذب الارضي :Gravitational water:** او الماء الزائد، يبزل هذا الماء بسرعة في المنطقة الجذرية عند تجانس مقد التربة لذلك ان النبات لا يستفاد منه تحت الظروف الاعتيادية، يمسك هذا النوع من الماء بشد اقل من الشد عند السعة الحقلية، وجوده فترة اطول في التربة قد يكون ضارا لنمو النبات، بسبب تأثيره على تهوية التربة ودرجة حرارتها وجاهزية العناصر الغذائية.

٢. **الماء الجاهز للنبات (الماء المتيسر) :Available Water:** هو الماء الممسوك بين السعة الحقلية ونقطة الذبول ويكون هذا النوع من الماء محلول التربة ويكون المصدر الرئيسي للماء المستهلك من قبل النبات. تعتمد كمية الماء الجاهز للنبات في التربة على كل من المساحة السطحية النوعية للتربة ومجموع المسامات البينية للتربة وتوزيع احجام المسامات وهذه الصفات تعتمد على كل من نسجة التربة وتركيبها. غالبية الدراسات اشارت بان جاهزية الماء تقل كثيرا قبل الوصول الى نقطة الذبول الدائم ويستحسن اضافة الماء الى التربة عند استنزاف ما يقارب ٧٥% من مخزون الماء الجاهز لأجل الحصول على انتاج جيد للمحصول.

٣. **الماء غير الجاهز (الماء غير المتيسر) :Unavailable Water:** يشمل هذا الصنف جميع الماء الممسوك بشد اكبر من الشد عند نقطة الذبول الدائم وهو غير متيسر للامتصاص من قبل النبات. ويدخل في ذلك الماء الهايكروسكوبي وجزء من الماء الشعري.



شكل 5-4 مخطط يوضح اصناف ماء التربة بالنسبة لجاهزيته للنبات. عن من كتاب :
Israelsen, O.W. and V.E. Hansen. 1962. Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons, Inc., New york. p. 153.

العوامل المؤثرة على جاهزية الماء للنبات:

هناك عوامل عديدة تؤثر على جاهزية الماء للنبات منها ما يعتمد على التربة ومنها ما يعتمد على النبات او الظروف الجوية. ومن صفات التربة التي تؤثر على جاهزية الماء للنبات هي:

١. **قابلية التربة على مسك الماء الجاهز:** تعتمد كمية الماء الجاهزة في التربة على كل من السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم، لذلك فان كل ما يؤثر على كمية الماء الممسوكة عند السعة الحقلية او عند نقطة الذبول الدائم يؤثر على كمية الماء الجاهز للنبات. ومن العوامل التي تؤثر على كمية الماء الممسوك عند السعة الحقلية ونقطة الذبول ما يلي:

أ. نسبة الطين

ب. نسبة المادة العضوية

ج. نسبة المسامات البينية

ح. توزيع احجام المسامات

خ. نوع المعادن الطينية

٢.**عمق المنطقة الجذرية:** ان وجود طبقات مختلفة النسجة او التركيب في مقد التربة يؤثر على كل من 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.

٣.**ملوحة التربة:** تؤثر ملوحة التربة على جاهزية الماء للنبات عن طريق تأثير الاملاح على زيادة الشد الرطوبي بسبب التأثير الازموزي للأملاح على الماء والذي يسمى بالشد الازموزي (Osmotic suction) ويكون ذلك مهما خصوصا عند كون الشد الرطوبي المتسبب عن دقائق التربة قريبا من نقطة الذبول الدائم.

طاقة ماء التربة Soil water energy

هناك عاملان مهمان يؤثران على مسك الماء من قبل دقائق التربة الصلبة وهما: جذب دقائق التربة لجزيئات الماء (الالتصاق Adhesion) والتجاذب ما بين جزيئات الماء نفسها(التماسك Cohesion).

ان وجود شحنة سالبة على دقائق التربة على الاخص دقائق الطين يجعل فيها القابلية على جذب جزيئات الماء المستقطبة بحيث يتواءم الجزء الموجب في جزيئات الماء مع السطوح السالبة لدقائق التربة وتسمى القوة التي يمسك بها الماء بهذه الحالة (بقوة الالتصاق) كذلك فان جزيئات الماء ترتبط ببعضها بأواصر هيدروجينية منتجة ما يسمى (بقوة التماسك) مكونة غشاء من الماء حول الدقائق. ان هاتين القوتين تؤثران بدرجة كبيرة على كل من قابلية التربة لمسك الماء وحركة الماء داخل مساماتها. يتضح ان الماء في التربة يمسك بطاقة معينة وان مقدار الطاقة يختلف حسب بعد الموقع عن سطوح الدقائق الصلبة. وبسبب زيادة بعد موقع ماء التماسك عن الدقائق الصلبة مقارنة بماء الالتصاق فان ماء التماسك حرية اكبر في الحركة ويحتاج الى كمية اقل من الطاقة الحرارية لتبخره مما يحتاجه تبخر ماء الالتصاق.

يتحدد الطاقة التي يمسك بها ماء التربة بنسبة الرطوبة في التربة ومقدار التجاذب بين الماء وسطوح دقائق التربة وبدرجة الحرارة والمواد الذائبة في الماء فكلما كان موقع جزيئات الماء بعيدا عن سطوح الدقائق الصلبة كلما قل التجاذب بين الدقائق والماء وقل مقدار الطاقة التي يمسك بها الماء. ويجب التأكيد هنا بانه كلما زادت القوة التي يمسك بها الماء كلما انخفضت طاقته.

هناك نوعان من القوى المؤثرة على مسك الماء في التربة هما :

١. **قوه التلاصق adhesion forces**

وهي القوه الناتجه عن تجاذب جزيئات الماء مع دقائق التربة . وهذا يحصل بسبب وجود شحنات سالبه على سطوح دقائق التربة تجذب اليها جزيئات الماء بقوه تسمى قوه التلاصق

٢. قوه التماسك cohesion forces

يحصل التماسك بين جزيئات الماء بعضها مع البعض الاخر بفعل الاواصر الهيدروجينيه . ان قوه التجاذب بين جزيئات الماء تسمى بقوه التماسك .

تتحد الطاقة التي يمسك بها ماء التربة بموقع جزيئات الماء من سطوح الدقائق الصلبه ، فكلما بعدت قل التجاذب وقل مقدار الطاقة التي يمسك بها ماء التربة .

وحدات قياس طاقة ماء التربة

ان وحدات قياس طاقة ماء التربة هي كماياتي

١. الشغل work

ينتج الشغل w من حاصل ضرب القوه F في الإزاحة h . اما الطاقة E فهي القابلية على القيام بشغل لذلك فأن وحدات الطاقة هي نفس وحدات الشغل وبالإمكان كتابه ذلك بالمعادلة التالية.

$E=W=F \cdot H$ او $E= mgh$

حيث m كميه الماء

g التعجيل الارضي

وتكون وحدات الطاقة هي الداين . سم

٢. الجهد potential

الجهد هو كميه الشغل المنجز على وحده الكتله لذلك عند تقسيم كميه الطاقة في ماء التربة عند نقطه معينه على كتله الماء نحصل على جهد الماء في تلك النقطه ويكون الجهد سالبه فوق مستوى الماء الارضي وموجبا تحت مستوى الماء الارضي وتقاس وحداته في النظام السنتمتري بالارك ١غم او سم٢١ثا٢ ويكتب ذلك رياضيا كما يلي

جهد الماء= $- Mgh/m= - gh$

٣. الضغط pressure

بالامكان الاستدلال على طاقة ماء التربة في نقطه معينه من معرفه مقدار الضغط الجوي الذي يسلطه الماء على تلك النقطه . 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 القوه على وحده المساحة فان ضغط الماء p يكون كما يلي

$P= F/a =mg/a =v\rho g/a =ah\rho g/a =\rho gh$

حيث ان v حجم عمود الماء

A مساحة مقطع عمود الماء

وتكون الوحدات داين /سم٢

غم /سم / ثا٢

٤. .ارتفاع عمود الماء (h)

يتضح من معادله الضغط والجهد بان هناك علاقة بين كل من الضغط والجهد وارتفاع عمود الماء h وعندما تكون قيمه كل من ρ،g ثابتة القيم عند سطح الارض فان بالامكان الاستدلال على قيمة طاقة ماء التربة في نقطة ما عن طريق قياس طول عمود الماء في تلك النقطة.

العلاقة بين الشد الرطوبي ونسبة الرطوبة:

لو تم تمثيل العلاقة بين الشد الرطوبي (مقاسا بالسنتمتر من الماء) وبين المسافة عن سطح دقائق التربة فأننا نجد بان الشد الرطوبي ينخفض كلما ابتعدنا عن سطح الدقائق الى ان يصل الشد الى قيمة تساوي صفرا في الترب المشبعة. عند قياس مقدار الشد عند نسب رطوبية مختلفة في التربة يمكن الحصول على منحنى معين لكل تربة يسمى منحنى الشد الرطوبي للتربة، كما موضح في المخطط ادناه.

منحنيات شد رطوبة التربة

يعرف الشد الرطوبي بانه القدره المسلطه على وحده المساحة لازاله الماء من التربة . يمكن قياس الشد الرطوبي في التربة بعده وحدات منها الضغط الجوي والبار

١ضغط جوي =١٠٣٦سم ماء

= ٧٦,٣٩ سم زئبق

= ١,٠١٣×١٠٠٠٠٠٠داين /سم٢

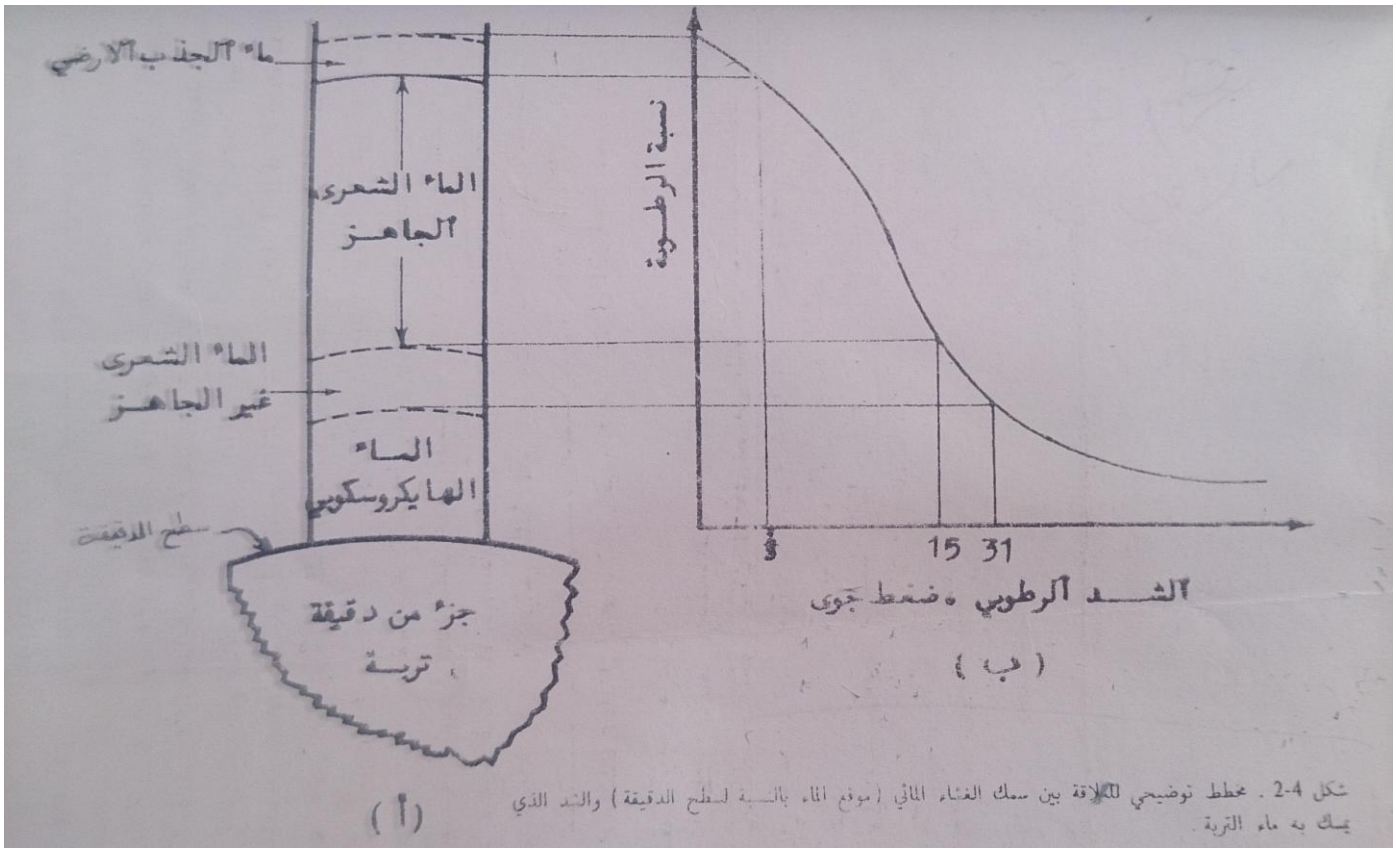
١بار =١٠٠٠٠٠٠داين/ سم٢

=١٠٢٣سم ماء

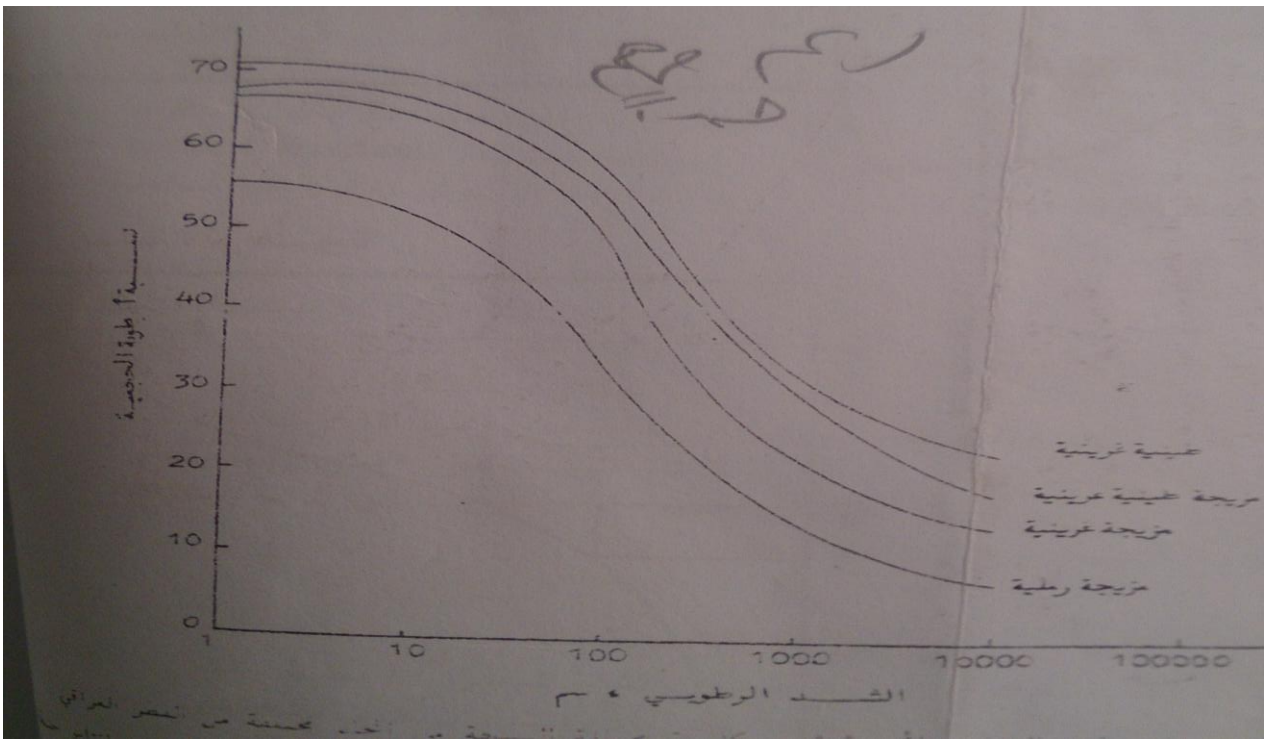
=١٠٠٠مليبار

= ١٠٠كيلوباسكال

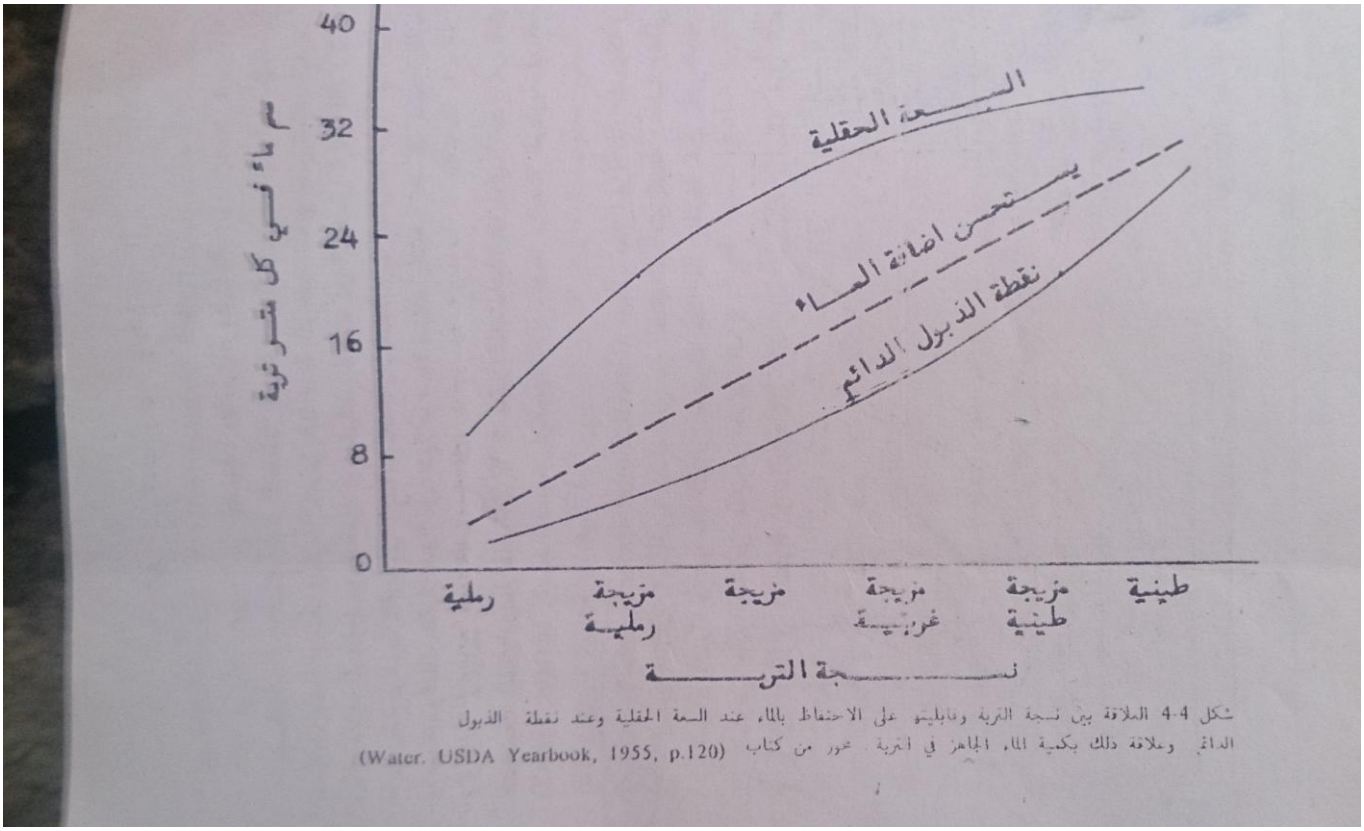
ان معرفه علاقات الشد الرطوبي تساعد في معرفه المحتوى الرطوبي للتربة . وان الشد الرطوبي ينخفض مع زياده المحتوى الرطوبي للتربة وعند تمثيل الشد الرطوبي بنسب مختلفة من رطوبة التربة نحصل على منحني يسمى بمنحى خصائص التربة moisture characteristic curve او تسمى منحنيات الشد الرطوبي (شكل ٤-٢) . وان لكل تربة منحني خاص بها والشكل التالي يبين العلاقة بين محتوى رطوبة التربة والشد الرطوبي لتربة رمليه ومزيجيه وطينيه نموذجيه . ويظهر من الشكل ان التربة الرملية تحتفظ بكميات اقل من الماء من التربة المزيجيه والطينيه عند نفس الشد الرطوبي.



شكل 2-4 . مخطط توضيحي للعلاقة بين سمك الغشاء المائي (موقع الماء بالنسبة لسطح الدقيقة) والشد الذي يمسك به ماء التربة .



منحنيات الشد الرطوبي تقاس عاده لاي تربة يراد ريها .وتختلف اشكال منحنيات خصائص الرطوبة تبعا لاختلاف التربة من حيث تمسك الترب الناعمه النسجة لنسب اعلى من الرطوبة عند مديات معينه من الشد الرطوبي مقارنه بالتربة الخشنه النسجة وهذا يرجع الى زياده نسبه مساماتها البينيه ومساماتها السطحيه النوعيه واحتوائها على نسب اعلى من الدقائق الصغيره الحجميه مما يزيد من قابليتها على مسك الماء . يمكن استخدام منحنيات خصائص الرطوبة لتقدير كميات مياه الري الواجب اضافتها ومعرفه مدى الحاجه الى تقارب فترات الري .



شكل 4-4 العلاقة بين نسجة التربة وقابليتها على الاحتفاظ بالماء عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول الدائم وعلاقة ذلك بكمية الماء الجاهز في التربة. محور من كتاب (Water. USDA Yearbook, 1955, p.120)

تعين المحتوى الرطوبي في التربة

يتم تعين نسبة الرطوبة في التربة بصورة مباشرة بالطريقة الوزنية.

٢ – الطريقة الوزنية :يتم تعين نسبه الرطوبة بالتربة بالطريقة الوزنية. وذلك بتجفيف عينات من التربة في فرن كهربائي بدرجه حراره ١٠٥°م .وعندما تصل التربة الى وزن ثابت يتم حساب النسبة المئوية للرطوبة .

وهناك عده طرق لتمثيل نسبة الرطوبة في التربة

أ – التمثيل على اساس وزن التربة الجاف (pw)

$$Pw = Ww/Ws \times 100$$

أي ان نسبه الرطوبة pw = وزن الماء \وزن التربة الجافه × 100

ب – التمثيل على اساس وزن التربة الرطبه (pww)

$$Pww = Ww/Ws+Ww \times 100$$

أي ان نسبه الرطوبة pww = وزن الماء \وزن التربة الرطبه ×100

مثال \ عينه تربة تزن ١٠٠ غم وضعت في فرن على درجه حراراه ١٠٥م وعند ثبوت وزنها اصبح ٧٥ غم احسب مايلي

١ – النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الجاف والرطب

٢ – النسبة المئوية للرطوبة على اساس الحجم على فرض ان كثافه التربة الضاهرية ١,٣ غم /سم٣ .

٣ – ماهو عمق الماء الموجود في التربة على فرض ان عمق التربة ١٥٠ سم .

الحل

وزن الماء المفقود = وزن التربة الرطب – وزن التربة الجاف

=١٠٠–٧٥=٢٥ غم

نسبه الرطوبة على اساس الوزن الجاف pw =٢٥\٧٥ ×١٠٠

= ٣٣,٣%

نسبه الرطوبة على اساس الوزن الرطب pww = ٢٥\١٠٠ ×١٠٠

=٢٥%

نسبه الرطوبة على اساس الحجم pv= pw ×الكثافه الظاهريه

=٣٣,٣ ×١,٣

=٤٣,٢٩%

عمق الماء الموجود بالتربة d = pv× عمق التربة \١٠٠

= ٤٣,٢٩× ١٥٠ \١٠٠

= ٦٤,٩٣ سم

لاحظ انه بالامكان تحويل نسبه الرطوبة بالنسبه للوزن الرطب الى نسبه الرطوبة بالنسبه للوزن الجاف من المعادله التاليه

$$pw = (pww / 100 - pww) \times 100$$

ج– التمثيل على اساس الحجم pv (نسبه الرطوبة الحجميه)

نسبه الرطوبة على اساس الحجم =حجم الماء \حجم التربة ×١٠٠

١٠٠×vw/vs+vv =

ويمكن تحويل نسبه الرطوبة على اساس الوزن الجاف pwالى نسبه الرطوبة الحجمية pv عند معرفه الكثافة الظاهرية للتربة Pb من المعادلة التالية

PV= pw . pb

د- التمثيل بدلاله العمق d

حيث يمكن حساب عمق الماء d الموجود في عمق معين من التربة D من معرفه pv وباستخدام المعادلة التالية

D=pvd/100

حيث ان D هي عمق التربة

هناك طرق عديدة اخرى غير مباشرة لقياس نسبة الرطوبة في التربة ومنها ما يلي:

١-طريقه قياس الشد الرطوبي tensiometer method

٢- طريقه الواح المقاومه او الاواح الجبس resistance blocks or gypsum blocks method

٣- طريقه المجس النيتروني neutron probe method