جامعة حماه
كلية الهندسة الزراعية

أساسيات علوم التربة وتصنيفها
الجلسة العملية الخامسة 27- 3- 2019

الخصائص الفيزيومائية للتربة

1- رطوبة التربة:

تتميز الرطوبة في التربة **بأنَّها قيمة آنية**، تتغير مع مرور الزمن بعد الري أو الهطول المطري، ويمكن أن تأخذ تسميات عدة مثل: (الرطوبة الحالية بعد الري وقبل الري، قبل الحصاد وبعده، أثناء مراحل النمو.....الخ).

الرطوبة الحالية للتربة: هي كمية المياه الموجودة في عينة التربة المأخوذة من عمق معين وفي وقت ومكان محددين من المنطقة المدروسة.

طرائق التعبير عن رطوبة التربة: محتوى التربة الرطوبي الوزني Θ_P والحجمي Θ_V (على أساس الوزن الجاف).

1-**الرطوبة الوزنية أو الرطوبة الكلية:** Θ_P وهي النسبة بين كتلة الماء إلى كتلة التربة الجافة تماماً

$$\Theta_P = (M_W / M_S) \times 100$$

2-**الرطوبة الحجمية:** Θ_V وهي النسبة بين حجم الماء وحجم التربة الكلي $\Theta_V = (V_W / V_t) \times 100$

درجة التشبع الرطوبي: ds نسبة حجم الماء إلى حجم المسام الكلي:

$$ds = [V_W / V_f] \times 100$$

حيث أن: $V_f = V_W + Va$ وكلما **اقتربت درجة التشبع ds من الواحد دل ذلك على انخفاض في نسبة المسامات الهوائية.** وعندما تكون قيمة ds=1 دلَّ ذلك على أنَّ التربة في حالة الغدق الكاملة وتكون التربة مُشبعة بالماء، **أي انعدام الطور الغازي**، حيث تكون معظم المسامات في التربة مشغولة بالماء، **وهكذا ظروف ارضية غير مرغوب فيها، ولابدَّ من العمل على تحسينها بإحدى طرق الاستصلاح**.

طرائق تقدير رطوبة التربة:

1-**الطريقة الوزنية الجافة:** تعدّ هذه الطريقة دقيقة النتائج حيث يؤخذ وزن محدد من التربة ويوضع في الفرن على درجة حرارة 105 درجة مئوية، ولفترة زمنية تتراوح بين 16- 24 ساعة حتى ثبات الوزن (حيث لا يزيد الفرق بين وزنتين متتاليتين عن 0.005 غ) وتحسب بعدها الرطوبة الوزنية (Θ_P) وفق القانون التالي:

$$\Theta_P = [(Mw - Ms) / Ms] \times 100$$

Mw: وزن العينة قبل التجفيف (وزن العلبة أو الجفنة مع التربة قبل التجفيف).
Ms: وزن العينة بعد التجفيف (وزن العلبة أو الجفنة مع التربة بعد التجفيف).

بعد ذلك تحسب الرطوبة الحجمية من القانون التالي $\Theta V = \Theta_P \times \rho b$
حيث أنَّ: ρb - الكثافة الظاهرية Θ_P - الرطوبة الوزنية

مزايا هذه الطريقة: سهلة ودقيقة وتعطي نتائج دقيقة.

المساوئ: تحتاج إلى وقت طويل لأخذ وتجهيز العينة، كما أنَّ عملية نقل التربة إلى المخبر قد تؤدّي إلى فقدان جزء من رطوبة التربة.

مثال:

تمَّ وزن 10 غ تربة في جفنة خزفية وزنها الفارغ 10 غ ومن ثمَّ وضعت الجفنة مع التربة في فرن تجفيف على درجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة 24 ساعة وبعد التجفيف أصبح وزن العينة مع الجفنة 18 غ والمطلوب:

1- احسب محتوى التربة من الرطوبة الوزنية غ/100غ (%)
2- احسب الرطوبة الحجمية إذا علمت أن الكثافة الظاهرية لهذه التربة هي 1.03 غ/سم^3.

الحل: 1-

$$\Theta P = \left[\frac{MW - MS}{MS - M}\right] \times 100 = \left[\frac{20 - 18}{18 - 10}\right] \times 100 = 25\%$$

2- $\Theta V = \Theta_P \times \rho b = 25 \times 1.03 = 25.75\ g/100cm^3$

<u>حساب ارتفاع عمود الماء أو عمق الماء في المقطع الأرضي (dw):</u> وهو يمثّل ارتفاع الطور السائل إذا استعيض عن **Vw** بوحدات الطول **z** حيث كثيراً ما يعبّر عن مخزون التربة الرطوبي كارتفاع طبقة مائية مقدراً **بالـ مم (dw)** في المقطع الأرضي بالعلاقة التالية: $dw = \Theta v \cdot z$

dw: مخزون التربة المائي كارتفاع طبقة مائية مقدراً بالـ مم.

Θv: المحتوى الرطوبي الحجمي $\Theta v = Vw / Vb$ و هنا $Vt = Vb$ ،

كما يمكن حساب المحتوى الرطوبي كنسبة حجمية من خلال العلاقة التالية: $\Theta v = \Theta_P \times \rho b$

Z: العمق المعتبر من المقطع الأرضي ويساوي (Z) مقدراً بالمتر

والرمز S يشير إلى المساحة مقراً بالمتر المربع، يمكن أن نكتب أيضاً: $dw = \Theta v \times Z \times S$

2- **طريقة التنسوميترات**(التنشيوميترات)

يتكوَّن التنسيوميتر من كأس من السيراميك المسامي متصل بقناة شعرية مزودة بفتحة جانبية متصلة بمقياس للضغط يقيس من (0←0.9) بار كما في الشكلين (1) و(2).

يُزرع التنسيوميتر في العمق المراد دراسته بحيث يحقّق تلامس جيد مع حبيبات التربة من جهة ومع الماء داخل الكأس ممَّا يولّد ضغط سالب وتُؤخذ قراءته من مقياس الضغط.

يُستخدم التنسيوميتر **لتحديد موعد الري تبعاً للسعة الحقلية** كما تحدّد العمق الذي تصله جبهة الترطيب أثناء إضافة الماء للتربة.

تقيس هذه الطريقة **التوتر (الشد)** الذي بموجبه يُجذب الماء من قبل حبيبات التربة ويكون ذلك باستعمال إناء (كأس) مسامي من الخزف (السيراميك) حيث يدفن هذا الأخير في التربة إلى العمق المطلوب، بعد أن يكون قد مُلءَ مسبقاً بالماء هو والأنبوب المرتبط به والجهاز الحسَّاس الذي يُشير إلى الضغط أو قوى الشد حسب نوع التنسيومتر ويخرج الماء من خلال مسامات الكأس المسامي، خارج التنسيومتر، **نتيجة فرق الجهد بين قوى شد حبيبات التربة والضغط الحاصل داخل الكأس المسامي، حتى يحصل توازن بين الضغطين المذكورين (ماء الإناء الخزفي المسامي مع الماء الأرضي)** الأمر الذي ينشأ عنه توتر في الإناء الخزفي وذلك حتى يصبح ماء الإناء نفسه في حالة توازن هيدروليكي مع ماء التربة، وعند ذلك فإنَّ أي انخفاض في المحتوى الرطوبي للتربة، سيقود إلى تغيرات في قراءة التنسيومتر، التي تعكس بدورها تغيرات التوتر الرطوبي في التربة، والجهد الشعري فيها، **ويتراوح مدى التوتر الرطوبي الذي يمكن قياسه بهذه الطريقة بين صفر ضغط جوي عند درجة التشبع الرطوبي و 0.9 ضغط جوي ويتوقف ذلك أساساً على طول العمود الذي يعلو الكأس الخزفي. كما يُستخدم التنسيومتر في تقدير احتياجات الري عندما يحافظ على رطوبة التربة في مستوى السعة الحقلية وتحديد زمن الري في الحقل أو في الزراعات**

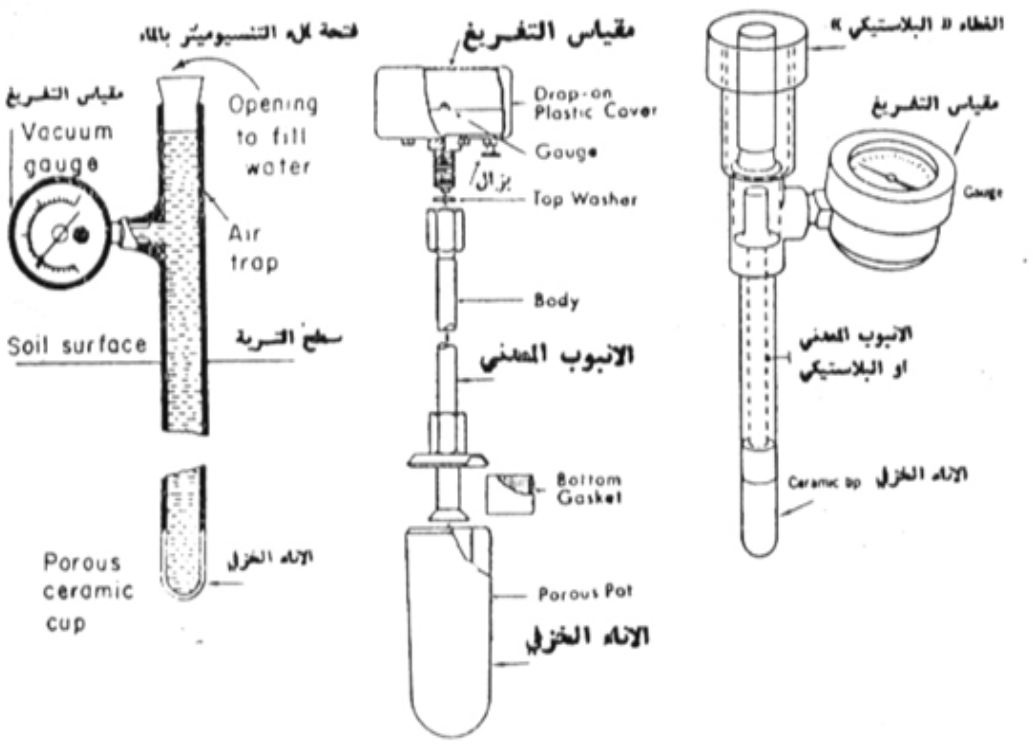
المحمية وتكون أفضل طريقة لتحقيق ذلك بوضع مجموعة تنسيوميترات بأعماق مختلفة تمثّل مناطق الانتشار الجذري والري عندما تشير التنسيوميترات إلى قيم معينة.

مزايا طريقة التنسيوميتر:

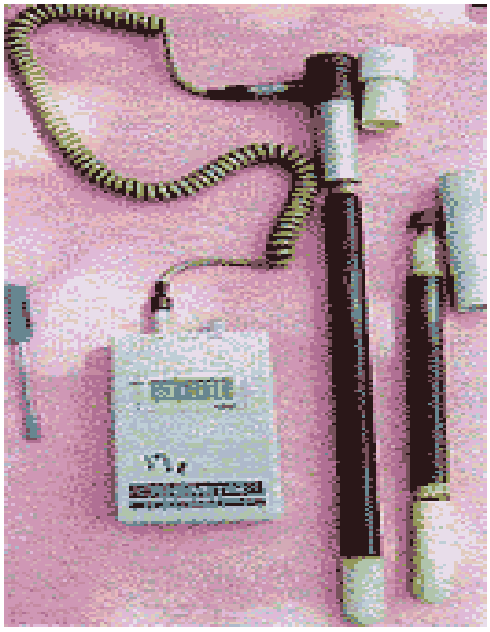
1- يُستخدم التنسيوميتر لتحديد موعد الري تبعاً للسعة الحقلية كما تحدد العمق الذي تصله جبهة الترطيب أثناء إضافة الماء للتربة.
2- تعطي قراءات عديدة للموقع الواحد من المقطع الأرضي وبربط رطوبة التربة المقاسة بقيم توتر رطوبي تُشير إلى مستوى الماء المتاح للنباتات.
3- توجد التنسيوميترات بأطوال متفاوتة تناسب أعماق انتشار جذور المحاصيل والزراعات المختلفة.

مساوئ طريقة التنسيومتر:

1- عدم التمكن من استعمال التنسيوميترات **في أيام الصقيع.**
2- محدودية قراءاته بـ (0 – 0.9) بار أو 65 سم زئبقي.
3- صعوبة تثبيت التنسيوميترات في **التربة المحجرة والحصوية**.
4- تعرّض التنسيوميترات للتسرب في بعض أجزائها مما يتطلب إعادة ملئها بالماء والتخلّص من الفقاعات الهوائية.
5- كما أنَّه لا يمكن استخدامه في **الأراضي الجافة بسبب دخول الغازات إلى الكأس وبالتالي إعطاء قراءات خاطئة،** لأنَّه عندما تقل نسبة الرطوبة بالتربة لدرجة كانت قوة الشد بين حبيبات التربة والماء أكبر **من 1 بار،** حيث يدخل الهواء إلى داخل القناة الشعرية ويحدث توازن بالضغط وتكون القراءة لقوة الشد وبالتالي محتوى الرطوبة غير صحيحة.



الشكل (1): نماذج مختلفة من التنسيوميترات ذات مقياس التفريغ



الشكل (2) يوضّح نماذج مختلفة من التنسيوميترات

3- طريقة المقاومة الكهربائية (أو التوصيل الكهربائي) Electrical resistance method أو قالب الجبس:

عبارة عن جهاز يتكون من قالب من الجبس (شره جداً للماء $CaSO_4.\ 2H_2O$) متصل بمسريين موصولين إلى الجهاز لقياس المقاومة الكهربائية، حيث يوضع القالب في العمق المراد دراسته حيث **يتعرض الماء الموجود في التربة إلى قوة شد من قبل قالب الجبس من جهة وحبيبات التربة من جهة اخرى حتى حدوث التوازن تؤخذ بعدها القراءة من الجهاز** الشكل (3).

A- مبدأ الطريقة: عندما يمر تيار كهربائي من الكترود (مسرى) إلى آخر عبر مادة مسامية كقالب جص (جبس) مثلاً فإنَّ مقاومة توصيل التيار عبر هذه المادة ستتناسب عكساً مع محتواها المائي أي أنَّ:

$$R\ \omega\ \frac{1}{Ww}$$

$$R = \frac{I}{C}$$

حيث أنَّ:

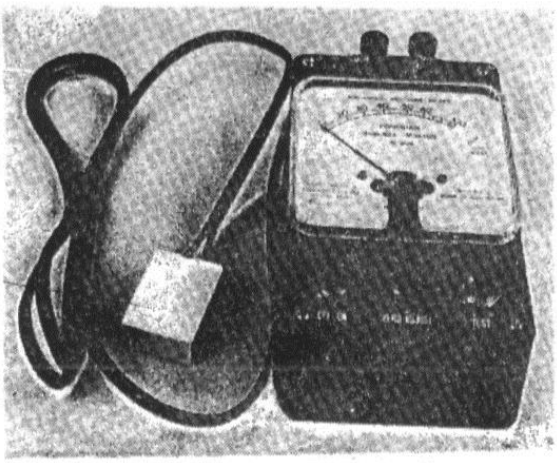
R: المقاومة الكهربائية بالأوم Ohm

وC هي الناقلية الكهربائية (التوصيل) بالمو mho (عكس كلمة ohm)

I: شدة التيار بالأمبير.

Ww: المحتوى المائي في الجسم المسامي الفاصل بين مسريي الكهرباء.

وهكذا فكلما **انخفض محتوى قالب الجص من الماء زادت مقاومته لمرور التيار الكهربائي وقلَّ توصيله الكهربائي** فإذا وضع مسريان (الكترودان) عزلا عن بعضهما مسافة 0.2 سم ضمن قالب من الجص ثمَّ دُفن في التربة وتُرك حتى بلوغه حالة الاتزان بين توتر (شد) الماء في التربة والقالب معاً بطريقة الإناء الخزفي للتنسيومتر المذكورة آنفاً فإنَّه يمكن قياس المقاومة الكهربائية بين الكترودين...



الشكل (3): قالب الجبس من نموذج Bouyoucos المزوّد بمقياس الرطوبة

ويمكن معايرة القالب بوزنه وهو جاف ثم وزنه في درجات مختلفة من الرطوبة ومن ثم رسم العلاقة البيانية التي تربط بين المحتويات الرطوبية المختلفة وقراءات المقاومة للجهاز.

كما يمكن إجراء معايرة قراءات المقاومة الكهربائية مقابل تعيين رطوبة التربة الوزنية (بالتجفيف) المقابلة لتلك القراءات وكان أول من استخدم هذه الطريقة بويوكس Bouyoucos الذي تُعرف القوالب المستخدمة باسمه...

المزايا: طريقة سهلة ورخيصة الثمن

المساوئ:

- **تؤثّر درجة الحرارة في نتيجة القياس** لأنَّ ارتفاعها يؤدّي إلى نتائج مرتفعة في محتوى التربة الرطوبي ولذا فمن الضروري إجراء تصحيح قراءات الجهاز عند درجة حرارة 20 درجة مئوية...
- يفضَّل إجراء معايرة كل قالب جبس، مقابل قوى توتر رطوبية مختلفة، للربط بين قراءات المحتوى الرطوبي أو المقاومة الكهربائية التي يشير إليها المقياس، ودرجة التوتر الرطوبي الحقيقية في التربة...
- **تزداد عملية تآكل قوالب الجص نتيجة الإذابة المستمرة لمادة القالب نفسه فيصغر حجمه**، مما يجعل العلاقة بين المقاومة الكهربائية و التوتر الرطوبي في التربة تختلف ويعطي نتائج خاطئة.
- **ينصح بعدم استخدام هذه الطريقة في الترب ذات المحتوى المرتفع من فلزات الطين القابلة للانتفاخ (مجموعة السميكتيت)** لأنَّ مثل تلك الفلزات يؤدّي إلى تشقُّق التربة عند انكماشها مما يقلّل من التماس المباشر بين القالب والتربة ويفضي إلى قراءات خاطئة عند المستويات الرطوبية المنخفضة.

-وجود هذه الأجهزة في الحقل يعيق العمليات الزراعية المختلفة.

4-طريقة التشتت النتروني (مقياس الرطوبة النتروني):

المبدأ والوصف: عبارة عن جهاز يُزرع في العمق المدروس يقوم هذا الجهاز **بإصدار نترونات سريعة تصطدم هذه النترونات بأنوية ذرات الهيدروجين**، فتفقد جزء من طاقتها الحركية **وتتحول إلى نترونات متباطئة** ويتم استقبالها على جهاز كاشف يعطي عدد النترونات المتباطئة، التي تشير إلى الرطوبة الحجمية للعمق المدروس كما هو موضح في الاشكال (4،5).

الشكل رقم (4): نماذج مختلفة من أجهزة التشتت النتروني

الشكل رقم (5): جهاز التشتت النتروني

المزايا:

- **سرعة القياس** وضآلة المجهود المبذول مقارنة مع طريقة التجفيف.
- إمكانية تكرار قياس رطوبة التربة في الموقع والعمق نفسهما **وبشكل دوري**
- قياس الرطوبة في أماكن مختلفة من الحقل وفي وقت قصير ولعدة مرات، **دون أن تؤدي لتخريب التربة عند كل قياس**، كما هو الحال في الطريقة الوزنية.
- تعيين ما يُعرف بالمقطع المائي للتربة عن طريق قياس الرطوبة عند أعماق مختلفة من المقطع الأرضي.

- لا تحدث أي تغيير في بناء التربة كما لا تتأثر قراءات الجهاز كثير اً بنسبة الأملاح فيها.
- **لا تتأثر هذه الطريقة عملياً بالضغط الجوي ودرجة الحرارة**.

المساوئ:
- التكلفة الأولية المرتفعة للجهاز لأنَّ الجهاز غالي الثمن.
- خطورة التعرّض للإشعاع (أشعة γ) والنترونات السريعة.
- **عدم إمكانية قياس الرطوبة في الطبقة الـ 20 سم** من سطح التربة لأن الجهاز يمكن أن يصدر أشعة خارج التربة، مما يعطي قيم خاطئة بالإضافة إلى وجود بعض الأيونات الموجودة في التربة والتي تبطّئ من حركة النترونات مصدرها غير الماء مثل حمض فلور الماء HF.
- تحتاج إلى معايرة مع طريقة التجفيف.

_____ انتهت الجلسة العملية الخامسة _____

د. عصام شكري الخوري ، د. حيدر هاشم الحسن