كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : بيئة نباتية

المحاضرة : الثالثة/عملي/ د.ميسون

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

التّحليل الميكانيكي للتّربة- طريقة الهيدروميتر

يُعرَّف التّحليل الميكانيكيّ للتّربة بطريقة الهيدروميتر بأنّه اختبار يُستخدم لتحديد النّسب المئويّة لكلّ من الرّمل والسّلت والطّين، وذلك اعتماداً على سرعة ترسيبها في الماء وفق قانون ستوكس، ومن ثمّ تحديد قوام التّربة.

ما هو قانون ستوكس؟

تبدأ حبيبات التّربة الدّقيقة العالقة في الماء (بعد التّوقف عن تحريكها تحريكاً شديداً) بالتّرسّب التّدريجيّ بفعل الجاذبية الأرضيّة، غير أنّ سرعة ترسيب كل حبيبة ليست ثابتة ولا متساوية بين الحبيبات؛ فهي تعتمد بشكل أساسي على حجم الحبيبة ولزوجة الوسط السّائل، فالحبيبات الأكبر حجماً تسقط أسرع لأنّ وزنها يتغلّب بسهولة على مقاومة الماء، بينما تبقى الحبيبات الصّغيرة جدّاً معلّقة لفترات طويلة إذ تعوقها قوى اللّزوجة والتصاق جزيئات الماء بسطحها، وقد استخلص العالم جورج ستوكس من هذه الملاحظة مبدأً فيزيائياً أساسياً ينصّ على أنّ سرعة ترسّب الجسيمات الكروية الصّلبة في مائع ساكن تتناسب طرداً مع مربع قطرها وعكساً مع لزوجة المائع، وكتب على أساسه قانون لحساب سرعة التّرسيب.

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho_p - \rho_f)g}{\eta}$$

- **v** سرعة ترسيب الحبيبة (متر/ثانية)
- **r** نصف قطر الحبيبة (متر)
- ρ_p كثافة الحبيبة الصلبة (كغ/م^3)
- ρf كثافة السائل (كغ/م^3)
- **g** تسارع الجاذبية الأرضية (≈ ٩,٨١ م/ث^2)
- **η** لزوجة السائل (باسكال. ثانية)

ولهذا المبدأ أهميّة كبرى في التّحليل الميكانيكيّ للتّربة، بسبب تفاوت حبيبات التّربة الفرديّة بالحجم فالرّمل أكبر من السّلت وكلاهما أكبر من الطّين، وبما أنّه كلما كبرت الحبيبة زادت سرعة سقوطها، سيترسّب من عيّنة تربة ما الرّمل أولاً ثمّ السّلت ثمّ الطين، وكذلك سيكون أثر درجة الحرارة واضحاً على سرعة التّرسيب بتأثيره على لزوجة الماء فكلما زادت لزوجة السّائل (كما في الماء البارد) تباطأت سرعة التّرسيب.

أهميّة دراسة قوام التّربة

تُعدّ صفة قوام التّربة من أهمّ الصّفات الفيزيائيّة وأكثرها ثباتاً، إذ تعطي مؤشّرات واضحة عن سلوك التّربة من حيث الاحتفاظ بالماء والتّهوية والخصوبة، فمن خلال معرفة قوام التّربة يمكن تحديد برنامج الريّ المناسب، حيث تحتاج التّرب الرمليّة إلى ريّ متكرّر بكميّات قليلة بسبب سرعة نفاذ الماء، في حين تتطلّب التّرب الطينيّة ريّاً أقلّ تكراراً وبكميّات أكبر، كما يساعد القوام في اختيار المحاصيل الزراعيّة الملائمة، إذ تنجح بعض المحاصيل في التّرب الخفيفة، بينما تفضّل محاصيل أخرى التّرب المتوسّطة أو الثقيلة، إضافةً إلى ذلك، يحدّد قوام التّربة قابليّتها للحراثة، حيث تكون التّرب الطينيّة صعبة العمل عند ارتفاع رطوبتها، في حين تكون التّرب الرمليّة سهلة الحراثة ولكنها أقلّ تماسكاً. كما يُستخدم في تقييم مشاكل الصّرف، إذ تعاني التّرب الثقيلة من ضعف النّفاذيّة وسوء الصّرف، ممّا قد يؤدّي إلى اختناق الجذور، وأخيراً يُعدّ مؤشّراً مهمّاً في تحديد ملاءمة التّربة لأغراض البناء والمشاريع، نظراً لما تُبديه بعض التّرب، كالتّرب الطينيّة، من سلوك التمدّد والانكماش.

كيف نتعامل مع عيّنة تربة لمعرفة قوامها؟

أوّلاً: مرحلة التّفريق

نادراً ما تتواجد في الطّبيعة حبيبات فرديّة منفصلة عن بعضها، بل توجد على صورة حبيبات ثانويّة مرتبطة مع بعضها بأكاسيد الحديد والألمنيوم ومركّبات الكالسيوم، إضافةً لقوى أخرى هي قوى التصاق وتماسك مصدرها المادّة العضويّة، وتعدّ روابطها من أكثر الرّوابط صلابةً.

ويتمّ تفريق الحبيبات الثّانويّة في التّربة إلى حبيبات أوّليّة كما يلي:

١- خذ ٥٠ غ تربة جافّة هوائيّاً، بعد تنخيلها بمنخل أقطار فتحاته ٢مم.

٢- ضع العيّنة التّرابيّة في بيشر سعة نصف ليتر، وأضف الماء الأوكسجينيّ.

ملاحظة ١: كميّة الماء الأوكسجيني المضافة تختلف من تربة لأخرى حسب نسبة المادّة العضويّة فيها، ففي الأتربة الطّينيّة عادة يُضاف ٥٠-٧٠ سم^3 ماء أوكسجينيّ تركيزه ٣٥٪، أمّا في الأتربة الخفيفة نحتاج لكميّة أقلّ نستمرّ بإضافة الماء الأوكسجينيّ حتّى يتغيّر لون التّربة ويصبح باهتاً ثمّ نترك العيّنة إلى اليوم التّالي.

ملاحظة ٢: في حال حدوث الفوران يُضاف بضع قطرات ماء مقطّر أو كحول مع التّحريك لتهدئته.

ملاحظة ٣: في اليوم التّالي نسخّن على نار هادئة لمدّة ٢٠ دقيقة مع التّحريك للتّخلّص من الماء الأوكسجينيّ الّذي بقي في العيّنة.

٣- ثمّ نضيف بيروفوسفات الصوديوم ٥٠ سم^3 نصف نظامي ٠,٥ ن.

٤- بعد إضافة هذه المادّة توضع العيّنات على خضّاض ميكانيكيّ لمدّة ٢٠ دقيقة.

٥- تنقل العيّنات إلى اسطوانة التّحليل الميكانيكيّ سعة اللتر، وتكمّل إلى ١٠٠٠ مل بالماء المقطّر.

بعد ذلك نكون قد حضّرنا معلّق ترابيّ يحوي حبيبات فرديّة دون أن نخسر أي شيء من مكوّنات التربة سوى المادّة العضويّة.

ثانياً: مرحلة فصل الحبيبات الفرديّة

طريقة الهيدرومتر حسب بويكس بالاعتماد على قانون ستوكس

يتألّف الهيدروميتر من فقّاعة هوائيّة مع عنق مرقّم من الأعلى للأسفل، بأسفله حبّات رصاص -داخل الفقّاعة- تحقّق له التّوازن على سطح الماء – المعلّق التّرابي-.

يعطي هذا الهيدرومتر قراءة تعبّر عن عدد الغرامات العالقة في اللتر من المعلّق الترابيّ، يُغمس الهيدرومتر على فترات زمنيّة مختلفة وتُؤخَذ القراءات خلال هذه الأزمنة.

طريقة العمل

بعد تحضير المعلّق الترابيّ يتمّ خلطه بالأسطوانة بشكل جيّد باستخدام قضيب معدنيّ يحرّك نحو الأعلى والأسفل لخلق وسط متجانس.

نقيس الزمن بعد نهاية الخلط مباشرة ثمّ ننتظر ٢٠ ثانية بعد نهاية الخلط ونضع الهيدرومتر في المعلّق الترابي وبعد ٢٠ ثانية أخرى نأخذ القراءة الأولى للهيدرومتر- أي بعد ٤٠ ثانية من نهاية الخلط – وتكون القراءة هذه هي قراءة الطّين والسّلت ومنها نحسب نسبة الرّمل وبعد ساعتين من نهاية الخلط الأولى نأخذ قراءة ثانية فتكون هي قراءة الطّين ومنها نحسب نسبة الطّين.

طريقة الحساب

$$\text{نسبة الرّمل المئويّة} = 100 - (100 \times \frac{R1}{ms})$$

حيث: R1 القراءة المصحّحة الأولى (بعد ٤٠ ثانية من نهاية الخلط) - ms وزن عيّنة التّربة الجافّة.

$$\text{نسبة الطين المئويّة} = 100 \times \frac{R2}{ms}$$

حيث: R2 القراءة المصحّحة الثّانية (بعد ساعتين من نهاية الخلط) - ms وزن عيّنة التّربة الجافّة.

$$\text{نسب السلت المئويّة} = 100 - (\text{نسبة الطين المئويّة} + \text{نسبة الرمل المئويّة})$$

يجب الأخذ بالاعتبار أنّ الهيدرومتر مرقّم بما يتناسب مع حرارة ١٩,٤°م، وعند كلّ زيادة أو نقصان يجب أن نجري تصحيح على قراءة الهيدرومتر حيث نضيف ٠,٣ لكلّ درجة مئويّة تزيد عن ١٩,٤ على قراءة الهيدرومتر ونطرح ٠,٢ لكلّ درجة تقلّ عن ١٩,٤ من قراءة الهيدرومتر.

أمثلة تطبيقيّة

مثال١: ما هي القراءة المصحّحة إذا كانت القراءة للمعلّق الترابيّ عند حرارة 24° م هي 13.

الحلّ: فرق درجات الحرارة = ٢٤ – ١٩,٤ = ٤,٦

قيمة التصحيح = ٤,٦ × ٠,٣ = ١,٣٨

القراءة المصحّحة = ١٣ + ١,٣٨ = ١٤,٣٨.

مثال ٢: ما هي القراءة المصحّحة إذا كانت القراءة للمعلّق الترابيّ عند حرارة 17° م هي 12.5.

الحلّ: فرق درجات الحرارة = ١٧ – ١٩,٤ = ٢,٤

قيمة التصحيح = ٢,٤ × ٠,٢ = ٠,٤٨

القراءة المصحّحة = ١٢,٥- ٠,٤٨= ١٢,٠٢ .

مثال ٣: إذا كان وزن التربة الجافة تماماً $m_s = 40$ غرام، وقراءة الهيدرومتر الأولى (بعد ٤٠ ثانية من نهاية الخلط) 28 ، وقراءة الهيدرومتر الثانية (بعد ساعتين من نهاية الخلط) 12.

المطلوب:

١- حساب النّسب المئوية للرّمل والطّين والسّلت.

٢- تحديد نوع التّربة باستخدام مثلث قوام التّربة.

إذا علمت أنّ درجة الحرارة أثناء القراءات $T = 22°C$.

الحلّ:

١- فرق درجات الحرارة =٢٢ – ١٩,٤=٢,٦

القراءة الأولى بعد التّصحيح R1 = (٠,٣*٢,٦) +٢٨ = ٠,٧٨+٢٨= ٢٨,٧٨

القراءة الثّانية بعد التّصحيح R2 = (٠,٣*٢,٦) +١٢ = ٠,٧٨+١٢= ١٢,٧٨

$$\text{نسبة الرّمل المئويّة} = 100 \times \frac{R1}{ms} - 100$$

نسبة الرّمل المئويّة = ١٠٠ - (٢٨,٧٨/ ٤٠) *١٠٠ = ١٠٠- ٧١,٩٥ =٢٨,٠٥٪

$$\text{نسبة الطين المئويّة} = \frac{R2}{ms} \times 100$$

نسبة الطّين المئويّة = (٤٠/١٢,٧٨)*١٠٠ = ٣١,٩٥٪

$$\text{نسب السلت المئويّة} = 100 - (\text{نسبة الطين المئويّة} + \text{نسبة الرمل المئويّة})$$

نسبة السّلت المئويّة = ١٠٠ – (٣١,٩٥+٢٨,٠٥) =١٠٠-٦٠= ٤٠٪

٢- بدءاً من النّقطة ٣١,٩٥ على الضّلع الّذي يُمثّل الطّين نرسم خط يوازي ضلع الرّمل.

وعند النّقطة ٢٨,٠٥ على الضّلع الّذي يُمثّل الرّمل نرسم خط يوازي ضلع السّلت.

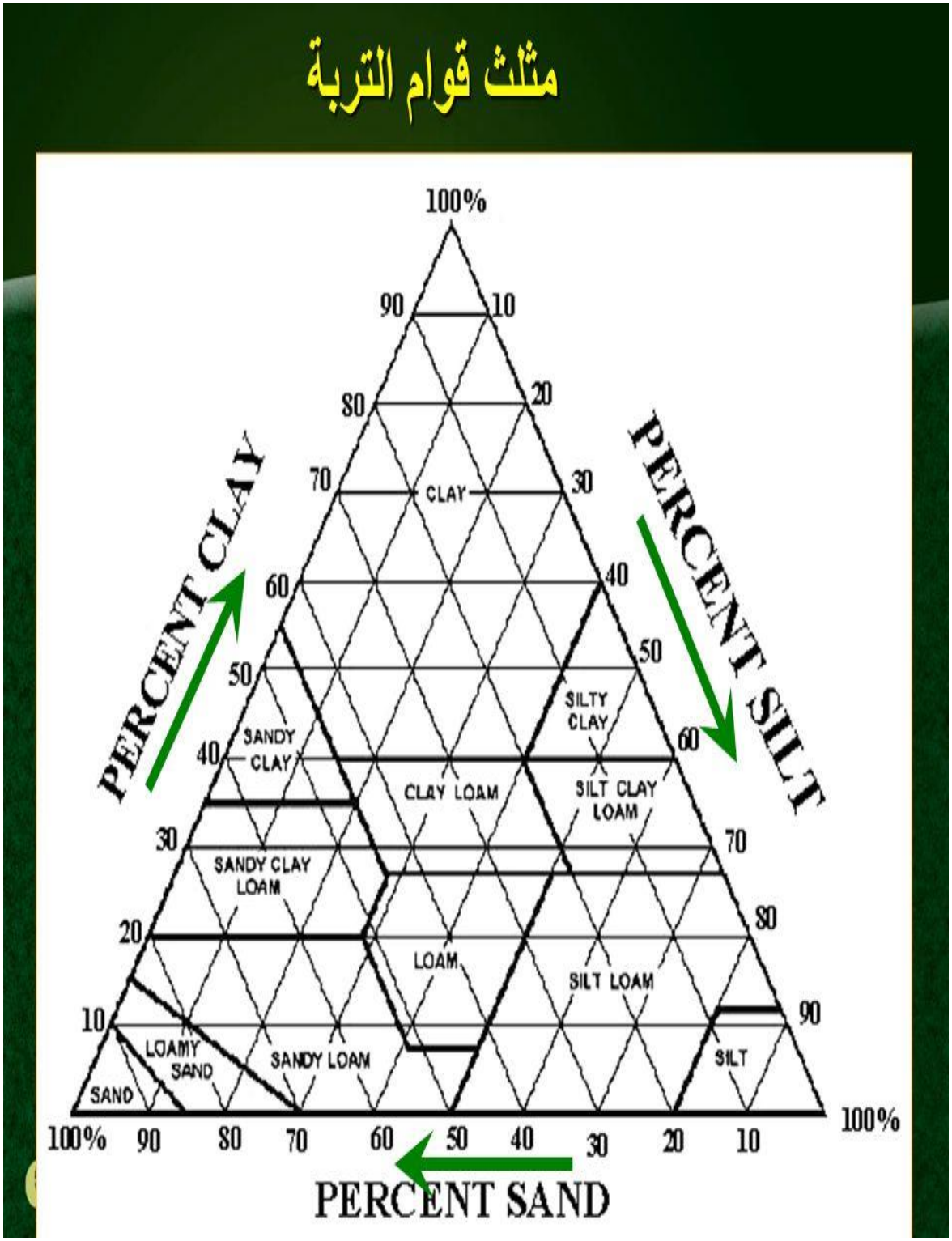
وعند النّقطة ٤٠ على الضّلع الّذي يُمثّل السّلت نرسم خط يوازي ضلع الطّين.

نقطة تقاطع الخطوط تُحدّد نوع التّربة ونقطة التّقاطع وقعت في وسط مثلّث القوام

إذاً نوع قوام التّربة لوميّة طينيّة.

مع تمنّياتي بالتّوفيق

د. ميسون زياده


مثلث قوام التربة
100%
90
10
80
20
70
30
60
40
50
50
40
60
30
70
20
80
10
90
100%
90
80
70
60
50
40
30
20
10
100%
PERCENT CLAY
PERCENT SILT
PERCENT SAND
CLAY
SILTY CLAY
SANDY CLAY
CLAY LOAM
SILT CLAY LOAM
SANDY CLAY LOAM
LOAM
SILT LOAM
LOAMY SAND
SANDY LOAM
SILT
SAND

مكتبة A to Z