جامعة حماه

كلية الزراعة

## الجلسة العملية السادسة

# الخصائص الفيزيائية للتربة

## 1- التحليل الميكانيكي للتربة Mechanical Analysis of Soil
## قوام التربة Soil Texture

تتواجد حبيبات التربة عادة في صورة تجمعات أو حبيبات مركبة Soil aggregates وقد توجد في صورة حبيبات فردية Individual particles كما في الترب الرملية عديمة البناء. وتختلف هذه الحبيبات عادة في أشكالها وأحجامها، وكذلك تركيبها الكيميائي نتيجة اختلاف ظروف تكوينها.
يطلق على حبيبات التربة التي يزيد قطرها عن 2 مم **بالحصى**، أمّا الحبيبات التي يقل قطرها عن 2 مم فيطلق عليها **ناعم التربة**Fine earth

**ناعم التربة:**
هو قسم من حبيبات التربة التي تمر من **منخل أقطار فتحاته 2مم** وذلك حسب التصنيف الذي وضع للأغراض الزراعية، والذي يجرى علية كافة أنواع التحاليل المخبرية الفيزيائية والكيميائية المطلوبة.
**يتكون ناعم التربة من ثلاث مجموعات حجمية هي**: مجموعة الرمل sand ومجموعة السلت silt ومجموعة الطين clay، وتختلف أحجامها حسب التقاسيم المختلفة لحبيبات التربة أو ما تسمي مجاميع الحبيبات الأولية primary soil particles، كما في الجدول 1.

الجدول رقم (1) يوضح أقسام حبيبات التربة تبعاً لأحجامها حسب نظم التقسيم المختلفة

| المجموعات الميكانيكية الأولية | التقسيم الأمريكي تقسيم وزارة الزراعة الأمريكية(USDA)**(للاطلاع)** | | **التقسيم الدولي (تقسيم الجمعية الدولية لعلوم التربة) ( ISSS)** | |
|---|---|---|---|---|
| | تحت القسم | قطر الحبيبات مم | **تحت القسم** | **قطر الحبيبات مم** |
| الرمل | رمل خشن جد اً | 1 – 2 | **رمل خشن** | **2-0.2** |
| | رمل خشن | 0.5 – 1 | | |
| | رمل متوسط | 0.25 – 0.5 | **رمل ناعم** | **0.2-0.02** |
| | رمل ناعم | 0.1 – 0.25 | | |
| | رمل ناعم جد اً | 0.05 – 0.1 | | |
| السلت | سلت خشن | 0.02 – 0.05 | **سلت** | **0.02-0.002** |
| | سلت ناعم | 0.02– 0.002 | | |
| الطين | الطين | أقل من0.002 | **الطين** | **أقل من0.002** |

**قوام التربة soil texture والتحليل الميكانيكي للتربة Mechanical Analysis**
لم تتفق مدارس علوم التربة على منهج واحد في تصنيف العناصر الميكانيكية Mechanical elements المكونة لهيكل التربة الصلب، فيعرف الطين بقطره الأقل من (2 ميكرون) في التصنيف الدولي والتصنيف الأمريكي، بينما يعرف في التصنيف الروسي بقطره الأقل من (1 ميكرون)، ويضيف التصنيف الروسي مفهوم الرمل الفيزيائي Physical Sand من أجل مجموعة من العناصر

أقطارها تزيد عن (10 ميكرون)، فإذا قلت عن ذلك (10 ميكرون) كان مفهوم الطين الفيزيائي Physical clay كما في الجدول (2).

الجدول رقم (2): يبين مقارنة بين التصانيف الروسية **والأمريكية** والدولية لعناصر الطور الصلب الميكانيكية مقدراً بالملميتر قطراً **(للاطلاع)**

| نوعية العنصر | الروسي | الأمريكي | الدولي |
|---|---|---|---|
| حجارة | أكبر من ٣ | – | – |
| حصى | ١ — ٣ | أكبر من ٢ | – |
| رمل | ٠,٠٥ — ١ | – خشن جداً | ٢ — ١ |
| رمل خشن | ٠,٥٠ — ١ | ٠,٢ — ٢ | ١ — ٠,٥ |
| رمل متوسط | ٠,٢٥ — ٠,٥ | – | ٠,٢٥ — ٠,٥ |
| رمل ناعم | ٠,٠٥ — ٠,٢٥ | ٠,٠٢ — ٠,٢ | ٠,١ — ٠,٢٥ |
| سلت | ٠,٠٠١ — ٠,٠٥ | ٠,٠٠٢ — ٠,٠٢ | ٠,٠٠٢ — ٠,٠٥ |
| سلت خشن | ٠,٠١٠ — ٠,٠٥ | – | – |
| سلت ناعم | ٠,٠٠١ — ٠,٠٠٥ | – | – |
| طين | أقل من ٠,٠٠١ | أقل من ٠,٠٠٢ | أقل من ٠,٠٠٢ |
| طين خشن | ٠,٠٠٠٥ — ٠,٠٠١ | – | – |
| طين ناعم | ٠,٠٠٠١ — ٠,٠٠٠٥ | – | – |
| غرويات | أصغر من ٠,٠٠٠١ | – | – |

**تُعدّ معرفة قوام التربة مهم من الناحية العملية** حيث أنّه يعطى فكرة عن بعض الصفات الفيزيائية الأخرى للتربة مثل مدى قدرة التربة للاحتفاظ بالماء، وسرعة رشح الماء من خلال سطح التربة، وتهوية التربة، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية السعة التبادلية الكاتيونية للتربة.

**طرائق التحليل الميكانيكي للتربة:**

1-طريقة الهيدروميتر hydrometer method

2- طريقة الماصة pipette method

3- طريقة المناخل sieves method

**تُستخدم طريقة المناخل** في حالة التربة ذات القوام الخشن التي تحوي حبيبات ذات أقطار أكبر من 0,02 وتعتمد على فصل مكونات التربة بأمرارها من خلال مجموعة من المناخل المتراكبة مختلفة، الفتحات بحيث توضع المناخل ذات الفتحات الواسعة أعلى المجموعة والمناخل ذات الفتحات الضيقة أسفل منها بالتدريج كما في الشكل (8).

**خواص مجموعات العناصر الميكانيكية:**

إنَّ نسب مجاميع العناصر الميكانيكية في التربة هي التي تحدّد الخواص الميكانيكية مثل التماسك واللدونة والالتصاق وما شابه، وإنَّ التعرف على بعض خواص هذه المجاميع قد يسهّل من التحكّم في الخواص الميكانيكية من خلال التدخل في تغيير النسب إضافة أو إزالة في المواقع ذات الأهمية الاقتصادية.

**1- الرمل الخشن**

**إنَّ وجود الرمل الخشن بكميات بسيطة** تجعل التربة ضعيفة التماسك هشة وسهلة الخدمة، لأنَّ هذه الحبيبات لا تظهر فيها خاصية الالتصاق ولا خاصية اللدونة بل تبقى مفككة وإن تغلفت بالطين والدبال، ويختلف

شكل هذه الحبيبات بين المستديرة وحادة الزوايا، وتتكون هذه الحبيبات من بلورات الكوارتز والفلسبارات والميكا والكالسيت والجبس، وقد يسود الجبس هذه الحبيبات كما هو الحال في حوض الفرات، وقد ترتفع نسبة الكالسيت في كثير من الترب المنحدرة من صخور أبوية كلسية، **وإنَّ ارتفاع نسبتها** في التربة تفقد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

**2- الرمل الناعم**

تعدّ خواص الرمل الناعم المختلفة قريبة من خواص الرمل الخشن، إلا أنَّه يبدي درجة ما من درجات التماسك، وإذا وجد في التربة مختلطاً بنسب من السلت والطين **كان ذا أثر فعال في تحسين الخواص المائية والهوائية**، وقد تترسب معادن الجبسيت والهيماتيت والليمونيت على أسطح الرمل بنوعيه فتكسبه ظلالاً مختلفة من الألوان بين الأحمر والأصفر.

**3- السلت**

يسود السلت في معدن الكوارتز بالإضافة إلى المعادن الأولية الأخرى، وإنَّ تماسك حبيباته أوضح من الرمل، ويبدي أول مظاهر اللدونة وهي من الخواص الهامة للطين، **وبالرغم من قدرة السلت على الاحتفاظ بالماء كبيرة نسبياً** إلا أن الانكماش بالجفاف لا يصحبه تشقق كبير في التربة.

**4- الطين**

**يتميَّز الطين بأنَّه نتاج التجوية الكيميائية للمعادن الأولية**، ويصحب التجوية إعادة تشكّل البنية البلورية بحيث تتوضّع فيها شحنات كهربائية سالبة على أسطحه الخارجية، **وإنَّ هذه الشحنات تجعل الطين نشطاً كيميائياً وفيزيائياً** بالإضافة إلى الخواص الميكانيكية التي تكون على أوضح هيئة مثل التلاصق والتماسك واللدونة والتمدد والانكماش.

**الليونة/ اللدونة:Soil Plasticity**

تعمل الخواص الميكانيكية في تربة ما، تبعاً للتركيب الميكانيكي، فارتفاع نسبة المواد الناعمة ذات التركيب البلوري المشحون كهربائياً، تفرض خواص محددة غير الخواص التي تفرضها المواد الخشنة ذات السطح الصغير والشحنة الكهربائية المعتدلة، وتتدرج الخواص فيما بينها، التي تظهر فيها هذه الخواص في وجود الماء، إذ تبدي العناصر سلوكاً مختلفاً تجاه جزيئات الماء، **فلقد وجد ستربرج Stterberg أنَّ لنسبة الرطوبة هذه حدان تظهر بينهما خاصية الليونة/اللدونة:**

**الحد الأعلى للدونة Upper plastic limit:** ويُعرف بالنقطة التي يبدأ عندها **مخلوط تربة – ماء في السيولة**، أي عندما تفشل التربة في حفظ شكلها تحت تأثير قوة مؤثرة.

**أمَّا الحد الأدنى للدونة Lower plastic:** فيُعرف بالحد الذي تبدأ عنده التربة **بالتفتّت** إذا تحركت قطعة اسطوانية منها تحت راحة اليد، أي الحد الأدنى الذي تعجز فيه عن تتبّع تغيّر شكلها باستمرار تحت تأثير قوة مؤثرة.

**تعريف رقم الليونة:** هو عبارة عن **الفرق بين قيمتي الحدين الأعلى والأدنى الليونة بالنسبة للتربة الجافة، ويتغيَّر رقم الليونة مع تغير المحتوى المائي في التربة**، وإنَّ كل العوامل التي تزيد من قيمة المحتوى المائي تقود إلى قيم لأرقام الليونة عالية **مثل نسبة ونوعية الطين ونوعية كاتيونات التبادل ونسبة المادة العضوية**، فالترب الرملية **ينعدم** فيها رقم الليونة بينما **يرتفع** في الترب الطينية إلى قيمة أكبر من (17).

## التحليل الميكانيكي للتربة Mechanical Analysis of Soil

**أهداف التحليل الميكانيكي:** يهدف التحليل الميكانيكي للتربة إلى معرفة قوام الترب لما له من خصائص هامة تؤثّر في الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة.

**قوام التربة**: يعبَّر عن **مدى خشونة أو نعومة التربة**، ويعود ذلك إلى نسبة كل من الرمل والسلت والطين في العينة الترابية الجافة تماماً، ويتم تحديد قوام التربة بإجراء التحليل الميكانيكي لها.

**التحليل الميكانيكي للتربة**: هو معرفة نسبة التوزيع الحجمي لمكونات التربة، بعضها إلى البعض من مجموعات (الرمل والسلت والطين)، ويمكن إجراء التحليل الميكانيكي للتربة بطرائق، حقلية ومخبرية.

**أولاً: الطرائق الحقلية للتحليل الميكانيكي**:

أ- **الاختبارات اليدوية**: يتم ذلك بفرك عينة التربة بين الأصابع (الإبهام والسبابة) أو على راحة اليد فإن كانت خشنة دلَ ذلك على وجود نسبة عالية من الرمل، كما أنَّ التربة الرملية لا تلتصق على أصابع اليد، ويسمع صوت مميز عند فرك التربة قرب الأُذن. بينما الترب الطينية فهي تلتصق على أصابع اليد، ولا تصدر أي صوت عند فركها بين أصابع اليد.

ب- **قابلية التربة للتشكيل**: يقصد بقابلية التربة للتشكيل، إمكانية تشكيل خيوط من التربة بقطر 3مم ثم تشكيل حلقة بقطر 3مم دون أن تتفتت.

**خطوات دراسة قابلية التربة للتشكيل:**

1- رطب قليلاً من التربة بالماء حتى تصبح عجينة ثم اعجنها بين الأصابع.
2- حاول تشكيل خيط أو فتيل قطره 3مم وذلك بتدوير العجينة بين راحتي اليد.
3- إذا تشكل الخيط المذكور حاول عمل حلقة قطرها 3مم.
4- إذا لم يتشكل عجينة وبقيت التربة مفكَّكة يكون القوام رملي.
5- إذا أمكن تشكيل عجينة متقطّعة ومفكّكة تكون التربة ذات قوام رملي لومي.
6- إذا كان شكل العجينة هش ومتقطّع يكون القوام لومي طيني.
7- إذا أمكن تشكيل حلقة ولكن بشكل متقطع تكون التربة ذات قوام رملي طيني لومي.
8- إذا كانت الحلقة متكاملة ولكنها غير ملساء الحواف خشنة تكون التربة ذات قوام طيني.
9- إذا كانت الحلقة متكاملة والحواف ملساء وتبقى على حالها في الحالة الجافة تكون التربة ذات قوام طيني ثقيل.

**ثانياً: الطرائق المخبرية للتحليل الميكانيكي للتربة:**

**طريقة الهيدرومتر**:

**الهيدرومتر:** هو عبارة عن جهاز من الزجاج (الشكل 1) يقرأ عدد الغرامات من المادة المعلقَّة في واحد لتر من المحلول الأرضي، وصُمِّم هذا الجهاز ليعمل على درجة حرارة **19.4° م** لذلك لابدَّ من تصحيح القراءة على الشكل التالي:

لكل تغيير في درجة حرارة المحلول أكبر أو أصغر من 19.4 درجة مئوية، يستوجب إجراء تصحيح للقراءة على الشكل التالي:

إضافة **0.4** تدريجه لقراءة الهيدرومتر لكل تغيّر درجة مئوية واحدة في حرارة المحلول، وبالتالي تُحسب الفروق الحرارية ويضرب الناتج بـ 0.4 على الشكل التالي:

إذا كانت حرارة المحلول أكبر من 19.4 **نضيف** الناتج لقراءة الهيدرومتر.

إذا كانت حرارة المحلول أصغر من 19.4**نطرح** الناتج من قراءة الهيدرومتر.

الشكل (رقم 1) هيدروميتر التربة واستخدامه

- **مبدأ الطريقة:** تعتمد هذه الطريقة على **فصل الحبيبات الأولية لهيكل التربة** حيث توجد بعض المواد اللاحمة بين هذه الحبيبات مثل: المادة العضوية وكربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وماءات الحديد والألمنيوم وأيضا وجود بعض العناصر المجتمعة مثل أيونات عديدة التكافؤ والإلكتروليتات(ذوَّابة في الماء وتشمل هذه الإلكتروليتات الأحماض والقواعد القوية ومعظم الأملاح. أما الإلكتروليتات الضعيفة مثل حمض الخل فهي تطلق عددًا قليلاً من الأيونات). ومهما اختلفت طريقة التحليل الميكانيكي **فإنَّها تهدف المعاملة الأولية للترب إلى ما يلي:**

1- أكسدة المادة العضوية.... 2- إذابة المواد اللاحمة.... 3- إزالة الإلكتروليتات

تعتمد هذه الطريقة على سرعة ترسُّب حبيبات التربة في معلق مائي لها بمرور الزمن، **حيث تترسب أولاً الحبيبات ذات الأقطار الكبيرة** ثم الأصغر فالأصغر حيث يؤدّي ذلك إلى تغيير في كثافة معلق التربة.

**خطوات التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدرومتر:(للاطلاع)**

1- يتم وزن من (80-20)غ من التربة ويتناسب ذلك عكساً مع محتواها من الطين (80)غ من الترب الرملية الخفيفة و(40)غ من الترب المتوسطة و(20)غ من الترب الطينية. وتوضع في دورق مخروطي سعته 250 مل.

2- يضاف 50 مل من الماء الأوكسجيني بتركيز 6% إلى محتويات الدورق ثم تترك لمدة 24 ساعة، بهدف أكسدة المادة العضوية، ومنع تشكل الرغوة لاحقاً.

3- يضاف 50 مل من مادة مفرّقة (هيكساميتافوسفات الصوديوم+ كربونات الصوديوم) بهدف التفريق التام لحبيبات التربة ويتم تحضيرها بحل (36) غ من هيكساميتافوسفات الصوديوم مع (8) غ من كربونات الصوديوم، ويكمل الحجم إلى واحد ليتر من الماء المقطر).

4- ثم يضاف ماء مقطر إلى محتويات الدورق السابق حوالي 120مل والرج على الرجاج الميكانيكي لمدة 15-20 دقيقة وذلك حسب قوام التربة.

5- يتم نقل محتويات الدورق نقلاً كمياً إلى سلندر سعته 1 لتر، ويكمل الحجم بالماء المقطر إلى 1 لتر.

6- يقلب السلندر بعدها من 15-20 مرة بين راحتي اليد، ثم ضبط زمن بدء الترسيب وولوج الهيدروميتر بشكل رأسي داخل المعلق، وأخذ القراءة الأولى بعد مضي 40 ثانية، على بدء الترسيب، حيث تترسب (مجموعة الرمل التي أقطارها أكبر من 0.05مم)، فهذه القراءة تشير إلى عدد غرامات السلت والطين

المعلَّقة في لتر من المحلول (التي أقطارها أصغر من 0.05مم)، ثم يقاس درجة حرارة المحلول مباشرة بعد القراءة للقيام بتصحيحها.
ثم يولج الهيدروميتر في المعلق بشكل رأسي، مرة ثانية بدون تحريك، وتؤخذ القراءة الثانية بعد ساعة التي تشير إلى حبيبات السلت الناعم والطين، وتقاس درجة الحرارة أيضاً.
ثم يولج الهيدروميتر في المعلق مرة ثالثة بدون تحريك، وتؤخذ القراءة الثالثة بعد ساعتين، التي تشير إلى حبيبات الطين، وتقاس درجة الحرارة أيضاً.

**طريقة الحساب**: تحسب النسب المئوية لكل من مجموعات الرمل والسلت والطين كما يلي:

$$\%(\text{سلت} + \text{طين}) = \frac{\text{القراءة المصححة بعد 40 ثانية}}{\text{وزن العينة الترابية الجافة}} \times 100$$

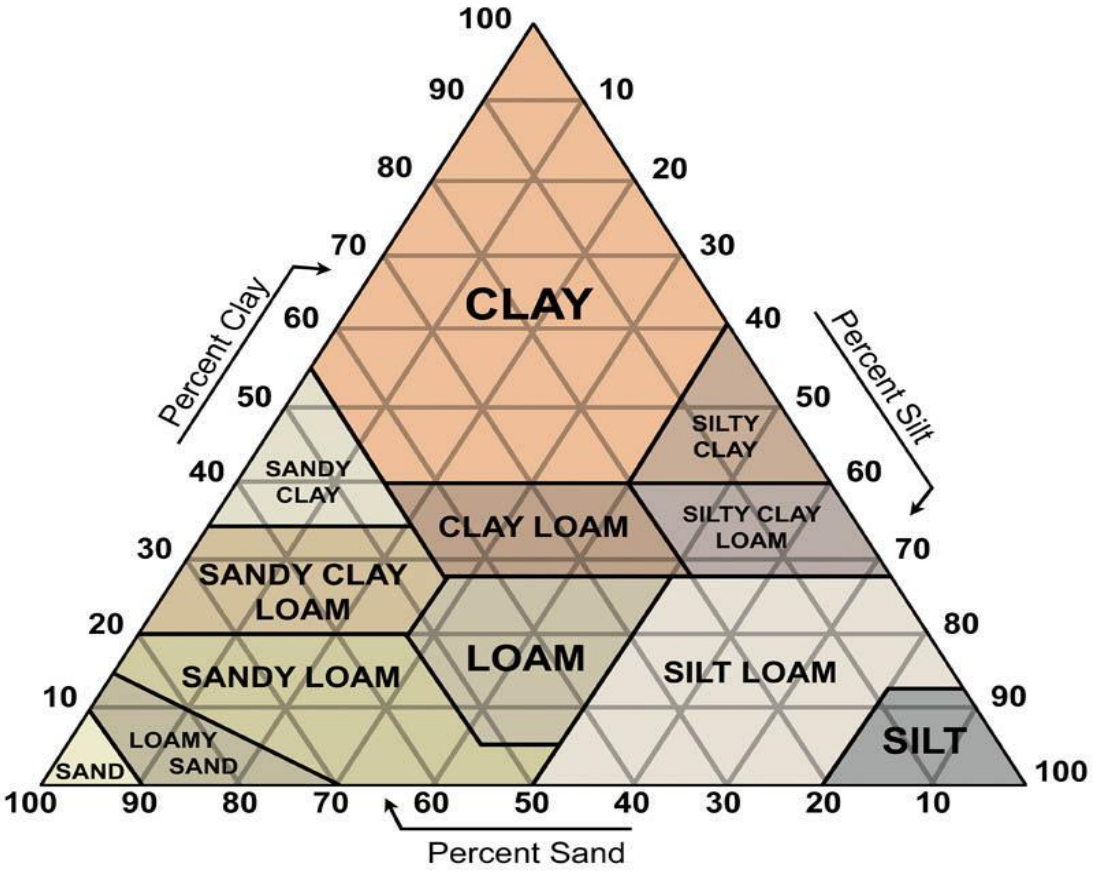
$$\%\ \text{رمل} = 100 - \%\ (\text{سلت} + \text{طين}).$$

$$\%\ (\text{للطين}) = \frac{\text{القراءة المصححة بعد ساعتين}}{\text{وزن العينة الترابية الجافة}} \times 100$$

$$\%\ \text{للسلت} = \%\ (\text{السلت} + \text{الطين}) - \%\ \text{للطين}.$$

بعد الحصول على نسبة كل من مجموعات الرمل والسلت والطين، يتم اسقاطها على مثلث القوام الأمريكي وبالتالي تحديد نوع الرتبة القواميه للتربة في المواقع والأعماق المدروسة، ويتم ذلك بوضع نسبة الطين على خط الطين وانشاء خط وهمي يوازي خط الرمل، ووضع نسبة السلت على خط السلت وانشاء خط وهمي يوازي لخط الطين، ثم وضع نسب الرمل على خط الرمل وانشاء خط وهمي يوازي خط السلت، مكان تقاطع الخطوط الثلاثة يشير إلى الرتبة القواميه للعينة المدروسة كما في الشكل (7).

**مثلث القوام الأمريكي:**
وهو عبارة عن مثلث متساوي الأضلاع كل ضلع فيه مرقم من (0 إلى 100) يمثّل ضلعه السفلي النسبة المئوية للرمل، ويمثّل ضلعه الأيمن النسبة المئوية للسلت، وضلعه الأيسر النسبة المئوية للطين.
يحصر بين أضلاعه /12/ اثنتي عشرة رتبة قواميه وذلك حسب نسبة التوزيع الحجمي لكل من الرمل والسلت والطين في العينة المدروسة (الشكل 7).




**الشكل رقم (7): يوضح مثلث القوام الأمريكي مع رتب القوام الـ 12**

**مثال** :لدى إجراء التحليل الميكانيكي لعينة تربة وزنها الجاف 40 غرام وكانت القراءة الأولى للهيدرومتر بعد 40 ثانية 23 ودرجة حرارة المعلق 23 درجة مئوية والقراءة الثانية للهيدرومتر بعد2 ساعة 20 ودرجة الحرارة21 والمطلوب حساب نسبة كل من الرمل والسلت والطين.

**الحل:** تصحيح القراءة الأولى للهيدرومتر بعد 40 ثانية

معامل التصحيح= (19.4-23)*0.4=1.44

القراءة الأولى المصححة للهيدرومتر = القراءة الأولى للهيدرومتر + معامل التصحيح

= 23+1.44= 24.44

القراءة المصححة بعد 40 ثانية

%(سلت +طين) = ---------- ×100 = (40/24.44) *100=61.1%

وزن العينة الترابية الجافة

% للرمل= 100- (% للسلت + الطين) = 100-61.1 = 38.9%

تصحيح القراءة الثانية للهيدرومتر

معامل التصحيح= (19.4-21)*0.4=0.64

القراءة المصححة الثانية للهيدرومتر= القراءة الثانية للهيدرومتر + معامل التصحيح

= 20+0.64=20.64

القراءة المصححة بعد ساعتين

% (للطين)= ---------- ×100

وزن العينة الترابية الجافة

= (40/20.64) *100=51.6%

% للسلت = % (السلت + الطين) - % للطين = 61.1 – 51.6 = 9.5

قوام التربة المدروسة - بعد الاسقاط على مثلث القوام الأمريكي- **طينية** Clay

الجدول رقم (3): أقسام قوام التربة حسب النظام الأمريكي

| الرتبة | الوصف | تحت الرتبة القوامية | |
|---|---|---|---|
| التربة الرملية | تربة خشنة القوام | رملي | Sand |
| | | طميي(لومي) رملي | Loamy Sand |
| التربة الطمييية | تربة في قوامها خشونة | رملي طميي | Sandy Loam |
| | تربة متوسطة القوام | طميي | Loam |
| | | سلتي طميي | Silty Loam |
| | | سلتي | Silt |
| | تربة في قوامها نعومة | طيني طميي | Clay Loam |
| | | رملي طيني طميي | Sandy Clay Loam |
| | | سلتي طيني طميي | Silty Clay Loam |
| تربة طينية | تربة ناعمة القوام | رملي طيني | Sandy Clay |
| | | سلتي طيني | Silty Clay |
| | | طيني | Clay |

_____ انتهت الجلسة الثانية _____

د. عصام الخوري ، د. حيدر الحسن