



علم التربية
(الجزء العملي)

السنة: الثانية
قسم: العلوم البيئية



منشورات جامعة دمشق

كلية العلوم

علم التربية

(الجزء العملي)

الدكتور

عبد الرحمن بن محيي الدين السفرجلاني

أستاذ في قسم العلوم البيئية

جامعة دمشق



المحتويات

9	مقدمة
11	٠ إرشادات ونوجيئات عامة
15	٠ مدخل
17	الباب الأول : مقطع التربة وأخذ العينات وتحضيرها للتحليل المخبري
19	٠ مقطع التربة
22	٠ وصف مقطع التربة
31	٠ طرائق جمع عينات التربة
34	٠ أدوات جمع عينات التربة
38	٠ تحضير عينات التربة
41	الباب الثاني : التحاليل الفيزيائية لعينات التربة
43	٠ تقدير الماء الهيدروسكوبى "الاسترطابي"
51	٠ التحليل الميكانيكي الحببى للتربة ونسيج التربة
58	- طريقة الماصة
65	- طريقة الهيدرومتر
71	٠ نسيج (قوام) التربة
75	٠ كثافة التربة
76	٠ الكثافة الحقيقية للتربة (وزن النوعي)
82	٠ الكثافة الظاهرية للتربة (وزن الحجمي)
87	٠ مسامية التربة الكلية
93	الباب الثالث : التحاليل الكيميائية لعينات التربة
95	- تقدير الكربونات الكلية في التربة

96	0	الطريقة الوزنية
97	0	الطريقة الحجمية
103	-	طرق تقدير المادة العضوية في التربة
104	0	طريقة الفقد من خلال أكسدة المادة العضوية بحرقها
105	0	طريقة أكسدة المادة العضوية بواسطة ثانوي كرومات البوتاسيوم
111	-	مستخلص العجينة المشبعة والمستخلصات المائية للتربة
111	-	العجينة المشبعة للتربة
113	-	مستخلصات التربة المائية
117	-	تقدير تفاعل التربة (pH التربة)
118	0	الطريقة اللونية
119	0	الطريقة الكهربائية
125	-	تقدير نسبة الأملاح الذوابة في مستخلصات التربة المائية
131	-	الاختبارات الوصفية لمستخلصات التربة المائية
135	-	تقدير الكربونات والبيكرbonates في مستخلصات التربة المائية
139	-	تقدير الكلور في مستخلصات التربة المائية
143	-	تقدير الكالسيوم والمغذريوم في مستخلصات التربة المائية
145	0	تقدير أيونات الكالسيوم باستعمال دليل الموركسيد
146	0	تقدير أيونات الكالسيوم باستعمال دليل الكالسيين
147	0	تقدير أيونات الكالسيوم والمغذريوم
149	-	تقدير الكبريتات في مستخلصات التربة المائية
149	0	الطريقة الحجمية
153	0	الطريقة الوزنية
157	-	تقدير الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلصات التربة المائية بواسطة مضواء الذهب

161	- تقدیر الصودیوم والبوتاسیوم فی مستخلصات التربة المائية حسابیاً
162	- تقدیر الجبس فی التربة
162	0 طریقة الأسیتون
164	0 طریقة استخلاص الجبس بوساطة HCl
166	0 التقدیر الكمی للجیفین بوساطة انعراج الأشعة السینیة (XRD)
166	0 التقدیر الكمی للجبس بالتسخین
167	- تقدیر الكاتیونات المتبادلة وسعة التبادل الكاتیوني
167	0 تقدیر الكاتیونات المتبادلة بطریقة الإشباع بمحلول خلات الأمونیوم
169	0 تقدیر سعة التبادل الكاتیوني
169	0 تقدیر سعة التبادل الكاتیوني باستعمال محلول خلات الأمونیوم
171	0 تقدیر سعة التبادل الكاتیوني باستعمال محلول خلات البوتاسیوم
171	0 تقدیر سعة التبادل الكاتیوني باستخدام محلول خلات الصودیوم
175	- ملحق الجداول
185	- المصطلحات العلمیة
203	- المراجع العلمیة



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة:

تعد التربة المهد الرئيس الذي تقوم عليه سائر عمليات الإنتاج الزراعي، لذلك كان من الضروري من أجل استثمارها بالوجه الأمثل تقييم خصائصها الفيزيائية والكيميائية والخصوصية لتحقيق أفضل إنتاجية.

وتم بعون الله تعالى إعداد هذا الكتاب بما يضم بين دفتيه من موضوعات مهمة في مجال علم التربة، متفقاً مع منهجية الكتب الجامعية المتخصصة في هذا الحقل، منسجماً مع مفردات مقرر علم التربة الجزء النظري، ليكون عوناً لطلاب السنة الثانية في قسم العلوم البيئية - كلية العلوم بجامعة دمشق، موفراً عليهم الكثير من العناصر في الرجوع إلى العديد من المراجع ذات الصلة العلمية.

لقد عرضت موضوعات هذا الكتاب بصورة بسيطة وسهلة، ضمن سياق علمي دقيق ومنهجي مترابط وبأسلوب واضح ومفهوم، مع إدراج الأشكال الموضحة والأمثلة محلولة. وتم اختيار جميع الاختبارات الحقلية وطرائق تحليل التربة الفيزيائية والكيميائية المخبرية، متوافقةً مع الجزء النظري لمقرر علم التربة، ومتناسبةً ومستوى طلبة السنة الثانية في قسم العلوم البيئية في هذا العلم من ناحية وإمكانية تنفيذها عملياً في فصل دراسي واحد من ناحية أخرى.

ويتمثل هذا الكتاب محاولة متواضعة لا تخلي من بعض التغافلات أو الهمفوات، فالشくる لمن يتقدم بالنصائح البناء والرأي السديد، ما يساعد على تدارك ذلك مستقبلاً.

مع أملٍ من الله عز وجل أن تكون قد وفقت في ذلك، والله ولي التوفيق

عبد الرحمن بن محبوب الدين السفرجلاني



إرشادات وتوجيهات عامة:

يتطلب إنجاز العمل المخبري وإنتهاء التجارب والاختبارات على أكمل وجه اتباع مجموعة من الإرشادات، يتوجب على الطالب أخذها بجدية لتحقيق الشروط العامة للسلامة والأمان في أثناء العمل المخبري حفاظاً على سلامته وسلامة من يعمل معه من زملائه من جهة، وحفظاً على تجهيزات المختبر المختلفة من جهة أخرى، أهمها:

- دخول إلى المختبر في موعد الجلسة العملية المحدد.
- أخذ مكانه المخصص في المختبر.
- ارتداء المعطف الأبيض، للحفاظ على ملابسه وعدم تعرضها المباشر للمواد أو المركبات الكيميائية التي تؤدي إلى تلفها.
- تسجيل عنوان الجلسة العملية، ومعرفة الهدف الرئيس منها، وتسجيل مراحل تنفيذها، والنتائج التي يحصل عليها على دفتر خاص بالمقرر.
- إنجاز الاختبارات بحذر تام، واتباع تسلسل خطواتها حسب إرشادات الأستاذ المشرف على الجلسة العملية.
- عدم تدافع الطلاب أو تزاحمهم أمام الموازين أو أجهزة التحليل والقياس، وإتمام العمل ببروية وهدوء. وتسجيل القيم القراءات من أجهزة التحليل بدقة.
- عدم تشغيل أي جهاز من أجهزة المختبر من قبل الطالب، قبل معرفة شروط تشغيله والهدف من استعماله والتدريب عليه.
- يجب تنظيم خطوات العمل المخبري، بحيث يمكن في أثناء إنجاز بعض العمليات المخبرية الطويلة كالترشيح وتبخير المحاليل... إنجاز عمليات أخرى في الوقت نفسه.

- عدم تسخين المحاليل أو المركبات الكيميائية أو مزجها أو خلطها اعتباطياً، فبعض هذه المركبات قد تكون عند مزجها أو خلطها أو تسخينها مؤذية أو خطيرة بسبب قابليتها للتطاير أو الانفجار.
- عدم استعمال الماصة العادمة عند أخذ حجوم محددة من الحموض أو الأسس المركزية، وهنا تستعمل الماصات والمحاقن الآلية أو الأنابيب والسحاجات المدرجة.
- يراعى عند التعامل مع الحموض أو الأسس المركزية الخطيرة ارتداء قفازات مطاطية ووضع نظارات تغطي العينين.
- عند تمديد الحموض المركزية، أصف الحمض إلى الماء وليس العكس، وتنتمي عملية التمديد ببطء وبصورة تدريجية مع استمرار التحرير.
- يمنع سكب الحموض المركزية من زجاجاتها الكبيرة، لأنها لو وقعت وانكسرت سيسبب الحمض المنسكب حروقاً شديدة، لذلك يتم استعمال بعض الماصات الآلية كبيرة الحجم.
- تستعمل الملقط المعدنية لالتقاط كتل الأسس "القلويات" الصلبية، ولا يتم التقاطها باليد لأنها تؤدي إلى تخرش الجلد.
- احذر أثناء التعامل مع الحموض والأسس المركزية، وانتبه من سقوطها على الجلد أو الملابس، لأنها تسبب حروقاً للجسم وت kaliy الملابس. عند سقوط حمض مركز على الجلد، يتم مسحه بقطعة من القطن الجاف وتغسل المنطقة المصابة جيداً بالماء ومن ثم تعدل بمحلول قاعدي مخفف من بيكربونات الصوديوم ثم تغسل بالماء وتجفف. أما عند سقوط أساس على الجلد، فيتم غسل المنطقة المصابة جيداً بالماء ومن ثم تعدل بمحلول حمضي مخفف من حمض الخل، ثم تغسل بالماء وتجفف.

- حين التخلص من الحموض أو الأسس المركزية في أحواض الغسل، يفتح صنبور الماء لتمديدها، لئلا تتأثر أنابيب المجاري المائية وتنأكل.
- لا تسخن أنابيب الاختبار الحاوية على مركبات ومواد كيميائية على لهب قوي، فقد يتسبب ذلك في تطوير محتويات أنابيب الاختبار خارجاً، لذلك ينبغي تسخين أنابيب الاختبار على لهب ضعيف.
- لا توجه فتحات أنابيب الاختبار أثناء تسخينها باتجاهك مباشرةً أو باتجاه أحد زملائك، فقد يتتطاير جزء من محتواها مما يتسبب في حوادث خطيرة.
- لا تسرف في استهلاك المشعرات والковاشف والماء المقطر -والغاز- والكهرباء وإجراء التجارب بأقل كمية من المواد المراد تحليلها.
- ينبغي إجراء التجارب التي ينتج عنها أبخرة أو غازات ضارة أو ذات رائحة كريهة في أماكن مخصصة لهذا الغرض ومزودة بجهاز سحب الغازات.
- لا تلقى الأوراق وأورق الترشيح على أرضية المختبر أو ضمن أحواض الغسل حتى لا يتسبب في انسدادها، بل تلقى مباشرةً في سلات المهملات المخصصة لذلك.
- نظف الأدوات التي استعملتها بغسلها بماء الصنبور عدة مرات ومن ثم غسلها بالماء المقطر، ويتم إعادتها وتسليمها للمشرف على المختبر، كما يتم تنظيف الطاولة التي تم إنجاز التجارب عليها.
- يجب التأكد من إغلاق كافة مصابيح الإنارة ومجاريف (صنابير) الغاز حين الانتهاء من العمل في المختبر.



مدخل:

تعد التربة من أهم الموارد الطبيعية فهي شكل الحاضن الرئيس الذي تقوم عليه عمليات الانتاج الزراعي. ولأجل الوقوف على صلاحية التربة لهذه العمليات، كان من الضروري انجاز بعض الاختبارات الأولية التي تحدد العناصر المغذية الرئيسية التي تتطلبها المحاصيل الزراعية.

لقد أكدت جميع الأبحاث العلمية المتعلقة بالخصائص الخصوبية للتربة الزراعية ودراسة سلوك ونمط حركة العناصر المغذية للمزروعات وتلك المرتبطة بطرائق التسميد والاحتياجات السمادية المختلفة، من أجل تحقيق أعلى مردود من الانتاج الزراعي، أنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بطبيعة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه التربة وأهمها: النسيج Texture، الأس الهيدروجيني pH، الملوحة Salinity، المادة العضوية (OM)، كربونات الكالسيوم (CaCO_3)، كبريتات الكالسيوم "الجبس أو الجص" ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)، السعة التبادلية للكاتيونات (CEC) ونسبة الصوديوم المتبادل (ESP).

ومع تزايد النمو السكاني الهائل أصبحت الحاجة ملحةً والطلب متزايداً على الانتاج الزراعي لضمان الأمن الغذائي لأكبر عدد من السكان من مساحات محدودة من الأراضي الزراعية التي تتناقص تدريجياً نتيجة سوء استعمالها أو تدهور خصائصها أو انجرافها، وإن تحول عمليات الإنتاج الزراعي إلى مشاريع تجارية كبرى أدى إلى تطور أساليب وتقنيات تحليل عينات التربة تطوراً سريعاً ولا زالت مستمرة حتى وقتنا الحاضر، بحيث تعكس نتائج التحليل الخصائص الرئيسية للتربة ما والمتملثة بكل من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوصية، ولتحقيق ذلك يتم عادة اتباع المراحل الخمس التالية:

- 1- جمع عينات التربة.
- 2- تحضير عينات التربة وتجهيزها للتحليل المخبري.

- 3- تحليل عينات التربة.
- 4- تفسير نتائج التحليل.
- 5- صياغة التقرير النهائي المتضمن عرض شامل لنتائج التحليل بالإضافة
للتوصيات الواجب اعتمادها.

الباب الأول

مقطع التربة وأخذ العينات وتحضيرها للتحليل الخبري

**Soil Profile, Sampling and its Preparing for
Laboratory analysing**



مقطع التربة :Soil profile

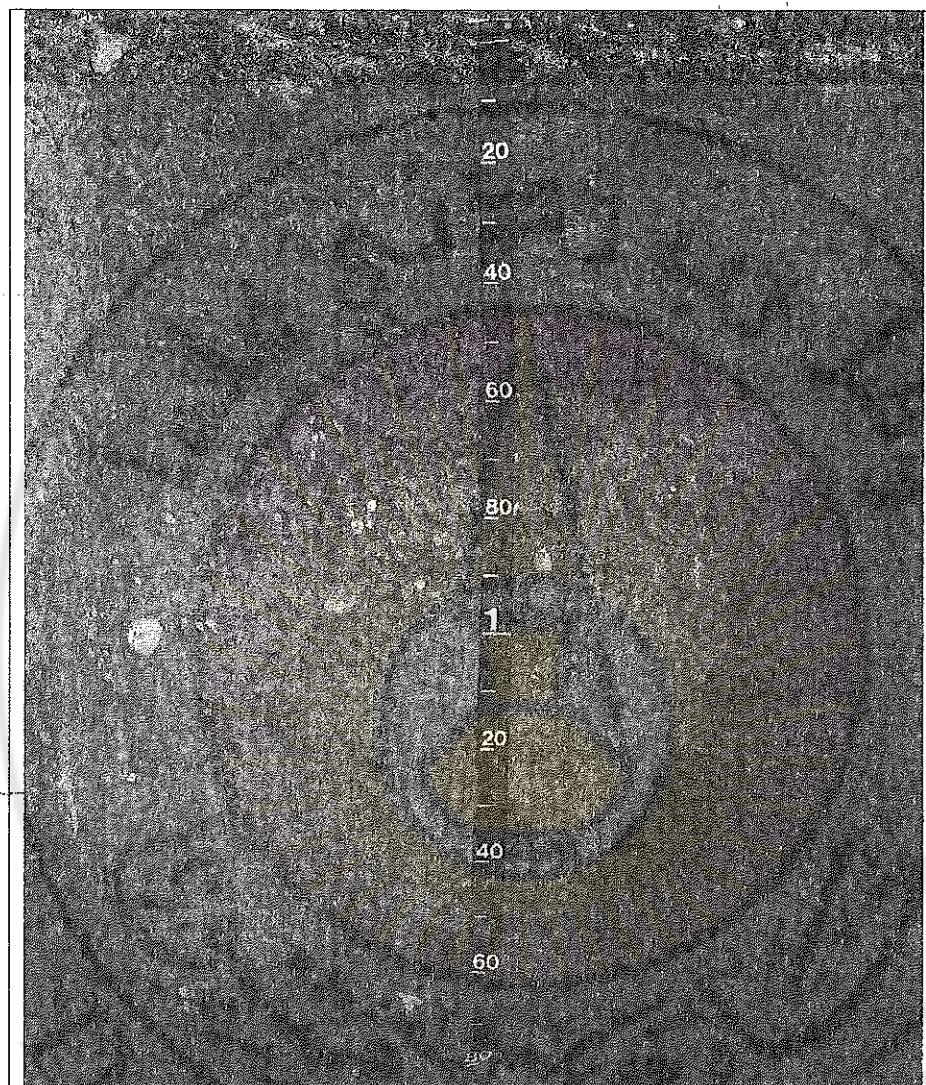
يعرف مقطع التربة أنه الحفرة الشاقولية المشتملة على الأفاق بما فيها الأفق السطحي العضوي بالإضافة إلى مادة الأصل أو الأفاق تحت السطحية التي تؤثر في طبيعة التربة ونشأتها.

ويتطلب اختيار موقع مقاطع التربة أو تحديدها معارف أولية واسعة بالمنطقة المقرر دراستها، ويتم ذلك بدايةً من خلال دراسة الصور الجوية أو الخرائط الطبوغرافية وأحياناً الجيولوجية لهذه المنطقة وتدقيق أو مطابقة ذلك من خلال تنفيذ عدة جولات أو مسوحات حقلية، على أن تكون مقاطع التربة المحددة بعيدة عن الطرق الرئيسية أو الفرعية وعن مصارف مياه الري الزراعي أو مصارف المياه الصحية.

ولدى تحديد موقع مقطع التربة المراد حفره، يحدد على السطح الخارجي مستطيل بأبعاد (عرض واجهة المقطع نحو 1متر واحد ويتحدد الطول تبعاً لعمق المقطع)، ويراعى أن تكون واجهة المقطع مقابلةً لضوء الشمس أي في اتجاه الشمال الجغرافي (الموقع سورية في النصف الشمالي للأرض)، أما الجهة المقابلة فتمثل مدخل القطاع ويتوجب أن تكون متدرجة أو قليلة الانحدار لتسهيل عملية الدخول والخروج من المقطع حين توصيفه وأخذ عينات التربة من آفاقه. ويتباين عمق المقطع تبعاً لمجموعة من العوامل كالمناخ والتضاريس وطبيعة الصخور الأم. ويتم حفر المقطع يدوياً أو آلياً، وتستمر عملية الحفر عادةً حتى الوصول ليتناول مواد الأصل أيضاً أو لعمق منسوب الماء الأرضي إن كان قريباً أو حتى ظهور طبقة الصخور الأم الصماء.

وقبل دراسة مقطع التربة وتوصيفه أو أخذ عينات التربة منه، تتم عملية تنظيف أرضيته وتكتشط واجهته، بحيث تكون عينات التربة المأخوذة منه غير ملوثة. وقبل أخذ عينات التربة من المقطع يفضل تصويره بعد تثبيت لوحة فوق

جداره الشاقولي تتضمن رقمه ورمزه وموقعه، ويثبت شريط متري على طول
جداره الشاقولي يوضح عمقه (شكل-1).



شكل - 1 : مقطع التربة.

ويشتمل وصف مقطع التربة عادة على التوضيحات التالية:

معلومات عامة عن موقع مقطع التربة وتشتمل على:

- رقم أو رمز مقطع التربة، فقد يرقم ويرمز لمقطع التربة بما يشير لموقعه ولتاريخ تنفيذه ولمشروع الدراسة العائد له.
- تاريخ حفر مقطع التربة، ويشتمل عادة على العام والشهر واليوم.
- اسم واصف المقطع.
- الموقع الجغرافي لمقطع التربة، (محافظة، منطقة، مدينة، قرية....). ويتم حالياً تحديد الموقع الجغرافي بدقة متناهية باستعمال أجهزة تحديد الموضع الجغرافية "GPS" GLOBAL POSITIONING SYSTEM. وتقييم موقع مقاطع التربة على خريطة لموقع الدراسة، ذات مقياس محدد.

وصف المنطقة المحيطة بируем مقطع التربة وتتضمن:

- معلومات عن المناخ السائد في منطقة موقع المقطع، ويتضمن تحديد متوسطات الهطولات المطرية السنوية ومتوسطات درجة الحرارة السنوية، تحديد نوع الرياح واتجاهها.
- معلومات جيولوجية، تتضمن تحديد التكوينات الجيولوجية، كذلك تحديد نوع وطبيعة الصخور المنتشرة في منطقة المقطع.
- معلومات هيدرولوجية وهيدروجيولوجية، تحدد عمق منسوب المياه الجوفية وكذلك تحديد لجميع المسطحات أو المسبلات المائية في منطقة موقع المقطع.
- معلومات جيومورفولوجية، تشمل على تحديد ارتفاع منطقة المقطع عن سطح البحر، وتصنيف لتضاريس منطقة الموقع.
- معلومات عن الغطاء النباتي، يشتمل على تحديد نوع الدورة الزراعية، وحصر النباتات البرية أو المزروعة في منطقة الموقع.

- معلومات أخرى، مثل تسجيل نوع ومحتوى الحجارة، درجة تملح التربة، نمط تشقق السطح الخارجي لترابة منطقة موقع المقطع.

وصف مقطع التربة: يتضمن الوصف كلاً مما يلي:

• **الآفاق (Horizons):**

- يمكن تميز الآفاق من خلال تباين اللون أو النسيج أو البنية وعموماً يمكن تحديد ثلاثة آفاق رئيسة مرتبة من الأعلى نحو الأسفل على النحو التالي:

◦ الأفق A: يسمى أيضاً بالأفق السطحي أو الغسل أو الحراثة أو القاب، أو التهوية أو الأكسدة. ويمكن أن يقسم الأفق A إلى عدة آفاق ثانوية مثل: A_1, A_2, A_3 ، حيث يتميز كل منها بميزات خاصة، ستدرس في الجزء النظري من المقرر. ويتميز الأفق A بترابك المواد الدبالية والمركبات العضوية، ويفقره بالأملاح البسيطة سهلة الذوبان نتيجة الغسل، كذلك فقرة النسيبي بالمكونات الحبيبية الهيكلية صغيرة الأبعاد كالسات والطين نتيجة انتقالها مع المياه المتغفلة والمتسربة للأفاق تحت السطحية.

◦ الأفق B: ويسمى أيضاً بالأفق تحت السطحي أو أفق التراكم أو الترسيب، وتتراكم فيه الأملاح أو المواد المغسولة من الأفق السطحي وتترسب فيه، كما تراكم به المكونات الحبيبية الطينية والسلالية المنقوله من الأفق السطحي مع المياه المتسربة. ويمكن أن يقسم إلى عدد من الآفاق الثانوية مثل: B_1, B_2, B_3 .

◦ الأفق C: وهي الطبقة التي لم تتأثر بشدة بعمليات تكوين التربة، وإنما بدرجة طفيفة وتكون صفاتها أقرب ما تكون لصفات الصخور الأم، ويتميز هذا الأفق بنية ضعيفة غير متطرفة.

◦ الأفق R: هي طبقة الصخور الأم (الأصل) أو المهد الصخري التي تكونت منها التربة.

• اللون :Color

يعد اللون من أهم صفات التربة وأكثرها وضوحاً وسهولةً في التحديد. يحدد لون التربة أو لون آفاقها بحالتها الجافة أو الرطبة، باستعمال لوحات اللون لمنسل (Munsell color chart) حيث يعبر عن اللون في هذه الجداول بثلاث مؤشرات رئيسية هي:

- تدرج اللون Hue: يعبر عن طول الموجة الضوئية لللون، أي موقع الضوء في الطيف المرئي وعلاقته بالألوان الخمسة المستعملة وهي: الأحمر والأصفر والأخضر والأزرق والبرتقالي.
- الإضاءة Value: يدل على المقدار النسبي لإشراق اللون، ويحدد موقعه بين الفاتح والداكن، ويتعلق بالكمية الإجمالية للضوء.
- نقاء اللون Chroma: يشير أيضاً إلى درجة التشبع اللوني، أي درجة النقاء النسبي للطيف اللوني حيث يزداد مع انخفاض الرمادية.

• التبقعات :Mottles

تقسم درجة التبعع تبعاً لوفرتها إلى تبقعات "قليلة ومتوسطة وعالية"، كما تقسم تبعاً لأبعادها إلى تبقعات صغيرة جداً وصغيرة ومتوسطة وكبيرة (جدول-1). كما يتم التعبير عن التبقعات بالنسبة المئوية لمجموع مساحة البقع بالنسبة لوحدة مساحية محددة (جدول-2).

جدول-1: تصنيف التبقعات تبعاً لأبعادها بـ مم.

>2مم	صغيرة جداً	V	1
6-2مم	صغريرة	F	2
20-6مم	متوسطة	M	3
<20مم	كبيرة	A	4

جدول - 2: تصنیف التبععات تبعاً لوفرتها بالنسبة المئوية %.

0	غير موجودة	N	1
2-0	قليلة جداً	V	2
5 - 2	قليلة الوفرة	F	3
15 - 5	شائعة	C	4
40 - 15	شائعة بكثرة	M	5
40 <	كثيرة جداً	A	6

ويتم أيضاً تحديد لون هذه التبععات لما له علاقة وثيقة مع تركيبها الفلزى والكيميائى، فمثلاً البقع البيضاء إن تفاعلت مع حمض كلور الماء وأظهرت فوراً تكون كربوناتية "جبرية" التركيب، أما إن لم تتفاعل فتكون غالباً جصية "جبسية" التركيب، بينما تتتألف البقع البنية أو البنية المصفرة من أكسيد الحديد أو أكسيد الحديد المائية، ويكون للبقع العضوية الدبالية لوناً أسود قاتماً.

• أشكال الحدود بين آفاق التربة، وطبيعة الانتقال بينها:

تعد أشكال الحدود بين آفاق التربة وطبيعة الانتقال بينها صفة مورفولوجية مهمة، ومؤشرًا محدداً لشدة عمليات تكوين التربة. ولتعيين الحدود بين آفاق التربة المختلفة يعتمد أساساً على تبدلات اللون.

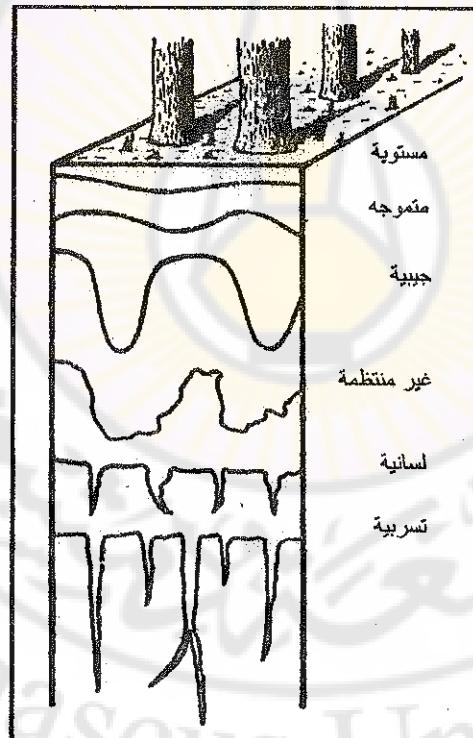
وتقسم الحدود بين آفاق التربة Soil boundaries إلى أربعه أنواع (شكل -2) هي:

0 مستوية Smooth: تكون الحدود بين الآفاق مستوية تقريباً، تتصف بها أغلب الترب وتصادف عادةً عندما يكون الانتقال تدريجياً، كما تصادف عند الانتقال الحاد، مثل أسفل أفق الحراثة أو عند التطبيق الأفقي لمواد الأصل (الأم)، أو في أفق الترسيب من الماء الجوفي.

٥ متموجة Wav: يكون اتساع "عرض" الحد أكبر من عمقه وتكون النسبة بين عمق التموج وطوله أقل من النصف، وتنتشر الحدود المتموجة غالباً تحت الأفق الدبالي في ترب الغابات.

٦ جببية Lobate: يطلق عليها أحياناً الحدود غير المنتظمة Irregular ويكون عمق الحد أكبر من اتساعه "عرضه"، وتتغير النسبة بين عمق الجيب واسعه بين 0.5-2 على أن لا يقل عدد الجيوب عن جيبيين في المتر.

٧ لسانية Tongued: ويكون عمق الحد أكبر بكثير من اتساعه "عرضه" وتتغير النسبة بين عمق الجيب واسعه بين 2-5 سم، تقسم إلى لسانية ضحلة يقل عمق اللسان عن 5 سم ولسانية عميقه يتجاوز عمق اللسان 10 سم. تنتشر غالباً في الترب العشبية والسهبية أسفل أفق الغسل أو الأفق الدبالي.



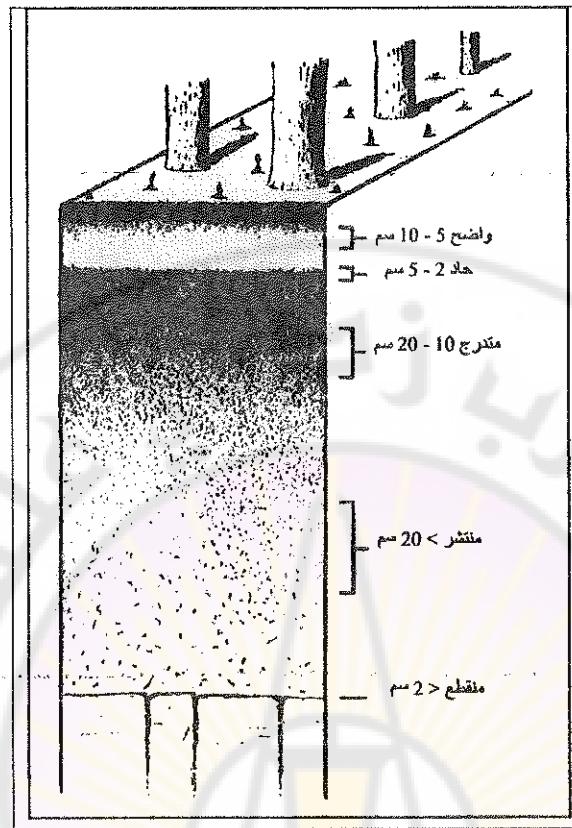
شكل-2: أشكال الحدود بين آفاق التربة.

كما تقسم الحدود بين الأفاق استناداً إلى المسافة الشاقولية التي يتم فيها تغير خصائص التربة، أي تبعاً لطبيعة الانتقال بين آفاق التربة إلى خمسة أنواع (شكل-3) هي:

- مبتور Abrupt: يحدث الانتقال في مسافة أقل من 2 سم، يظهر غالباً بين الأفقيين A و B في الترب القلوية (تراب السولونتس).
- حاد Sharp: يكون الحد الفاصل بين أفقين متتالين واضحاً، ولا يتتجاوز مقدار خطأ تحديد الحدود بين الأفاق بين 2-5 سم، وينتشر هذا النوع الانتقال عند التغير الكبير في درجة التتبيل أو تكوين المستجدات، وكذلك في الحدود السفلية لأفق الحراثة المفكك.
- واضح Clear: وتحدد الحدود بخطأ يتباين بين 5-10 سم، وتصادف في الحدود السفلية للأفاق الطينية الموحلة وكذلك أسفل الأفاق الدبالية.
- مدرج Gradual: ويمكن تحديد الحدود بخطأ يتغير بين 10-20 سم، وتشاهد بشكل رئيس في آفاق الترب الحمراء.
- منتشر Diffuse: ولا يمكن تحديد الحدود بين الأفاق إلا بمسافة أكبر من 20 سم، وينتشر بين آفاق الترب الطينية المدارية بنية اللون والترب القلابة.

• البنية :Structure

تعبر البنية عن شكل ترتيب وانتظام الحبيبات المكونة للترابة وشكل ترابطها، ويمكن أن يكون مقطع التربة أحياناً عديم البنية، وهذا ما يميز الأفاق السطحية للترب الرملية حيث تتألف مكونات التربة هنا من حبيبات رمل سائبة مفككة ومبعرة غير مندمجة أو متماسكة معاً، أو في الترب الطينية الثقيلة، حيث تلتتصق حبيبات الغبار معاً بشدة مكونة ترب طينية متراسمة.

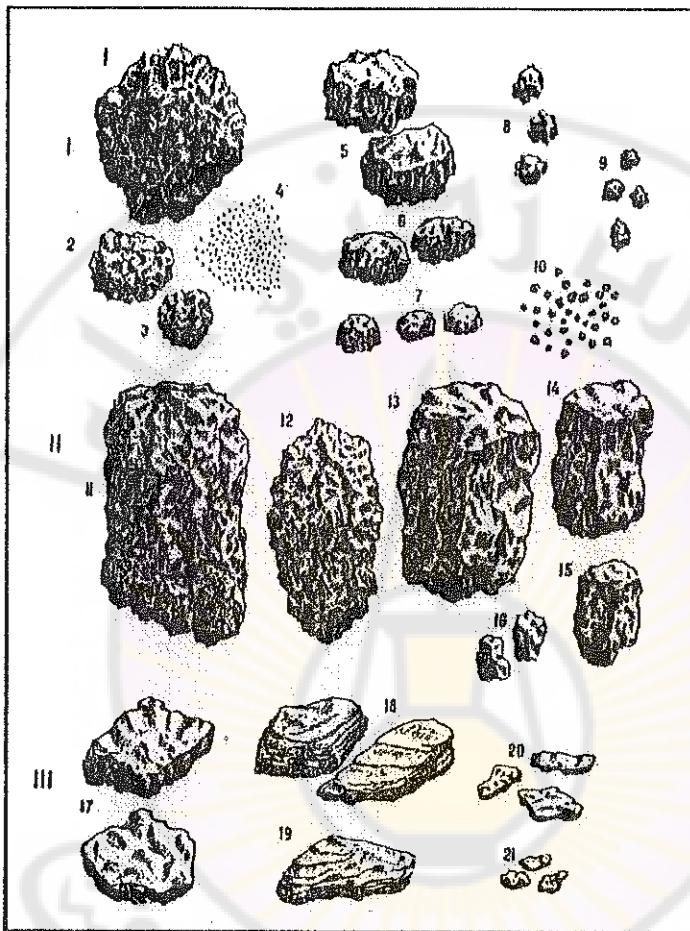


شكل-3: طبيعة الالتحال بين آفاق التربة.

ونميز الأنواع التالية من أنماط البنى وأشكالها (شكل-4 و5):

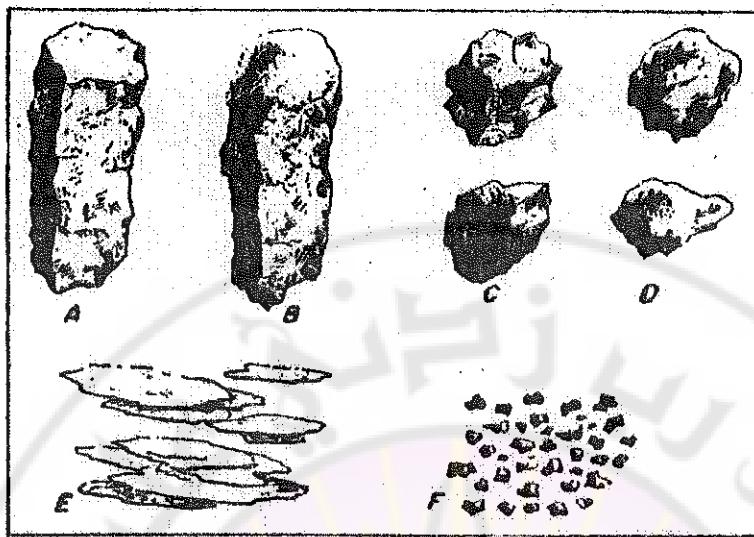
- صفائحية .Platty
- موشورية .Prismatic
- عمودية .Columnar
- شبه زاوية .Subangular
- متكتلة أو كتانية .Blocky or Massive
- حبيبية .Granular
- بنية فتاتية .Crumb

وقد تكون البنية وحيدة النمط في كامل مقطع التربة أو تتعدد أشكالها في المقطع الواحد.



شكل-4: أنماط وأشكال بني التربة المختلفة، تبعاً للمدرسة الروسية.

- النموذج الأول ويضم: 1- فتاتي ضخم، 2- فتاتي ناعم، 4- غباري، 5- بلدي ضخم، 6- بلدي ناعم، 7- بندقي ناعم، 8- حبي ضخم، 9- حبي، 10- حبي ناعم.
- النموذج الثاني ويضم: 11- عمدي، 12- شبه عمدي، 13- موشوري ضخم، 14- موشوري، 15- موشوري ناعم، 16- موشوري دقيق.
- النموذج الثالث ويضم: 17- اردوazi، 18- صفائحي، 19- ورقي، 20- حرشفى خشن، 21- حرشفى ناعم.



شكل-5: بعض أنماط وأشكال بني التربة، تبعاً للمدرسة الأمريكية.

- موشورية، B - عمدي، C - كثلية مزواة، D - كثلية شبه مزواة،
E - صفائحية، F - حبيبة.

• تمسك التربة:

من الصعب إيجاد تعريف دقيق موحد لتماسك التربة إلا أن التعريف المشتق من دليل مسح التربة Soil survey manual يعد الأفضل حيث يتناول تعريف تمسك التربة وهي بحالاتها: الجافة والرطبة والمبتلة.

أ- تمسك التربة وهي جافة Dry soil

تقاس بمحاولة كسر كتلة من التربة بين الإصبعين أو باليد وهي جافة هوائياً ويفقس قوام التربة وهي جافة للأنواع التالية:

- ناعمة soft تكون تمسك حبيبات التربة في هذه الحالة ضعيفاً جداً لدرجة أنها تفتت إلى ذرور بمحاولة الضغط البسيط عليها.
- قليلة الصلابة Slightly hard تكون حبيبات التربة ضعيفة المقاومة للضغط الخارجي وتتكسر بسهولة بين الإصبعين.

- صلبة Hard تبدي حبيبات التربة مقاومة متوسطة للضغط الخارجي وتنكسر بصعبه بين الإصبعين، بينما تنكسر بسهولة ضمن قبضة اليد.
- شديدة الصلابة Very hard لا يمكن كسر كتلة التربة باليد.

بـ- تماسك التربة وهي رطبة Moist soil :

يقاس قوام التربة فيها عندما تقع نسبة الرطوبة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول capacity Wilting point وذلك بالضغط على كتلة تربة رطبة بين الإصبعين أو باليد إذا كانت شديدة التماسك، وتقسم حالة قوام التربة وهي رطبة إلى الأنواع التالية:

- مفككة Loose لا يوجد أي نوع من التماسك بين حبيبات التربة.
- هشة جداً Very friable تتففكك التربة بمحاولة الضغط عليها بسهولة.
- هشة Friable تتففت كتلة التربة بالضغط عليها بقوة متوسطة.
- متينة Firm لا تتفتت كتلة التربة إلا باستعمال ضغط قوي بين الإصبعين.
- متينة جداً Very firm يلزم جهد كبير لتفتيت كتلة التربة بين الإصبعين.
- متينة للغاية Extremly firm لا تنكسر بين الإصبعين وتحتاج لجهد كبير لكسرها باليد.

جـ- تماسك التربة وهي مبتلة Wet soil :

تقاس عندما تكون نسبة الرطوبة تساوي أو أعلى بقليل من السعة الحقلية، ويقدر فيها عادة نوعين من مقاومة التربة هما:

٠ التدفق Stickiness :

وتعُرف على أنها مقدار التصاق حبيبات التربة بجسم خارجي "مثلاً سكين التربة" ويمكن تحديد الدرجات التالية من لزوجة التربة.

- غير دبقة Non sticky لا يبقى أثر للتربي على السبابية والابهام، ولا يوجد تماسك بين حبيباتها .

- قليلة التدفق Slightly sticky تلتصق التربة بالإبهام والسبابة لكنها تبتعد عن بعضها لدى تباعدهما.
- دبة sticky تلتصق التربة على السباقة والإبهام وتبقى متماسكة ببعضها لدى تباعدهما.
- دبة جداً very sticky تلتصق التربة بقوة فائقة على السباقة والإبهام وتبقي متماسكة بقوة لدى تباعدهما.

٥ اللدونة :Plasticity

وتعرف على أنها قابلية التربة للتشكل تحت تأثير ضغط خارجي والمحافظة على الشكل الجديد بعد زوال الضغط المؤثر فيها، ويمكن تحديد الأنواع التالية من لدونة التربة.

- غير لدونة Non plastic لا يمكن تشكيل حلقة أو خيط لها.
- قليلة اللدونة slightly plastic يتشكل خيط متقطع لها.
- لدونة plastic soil يتشكل خيط متصل لا ينكسر إلا بقوة أو بمحاولة تكوين حلقة دائرية منه.
- تربة لدونة جداً very plastic تشكل حلقة مغلقة غير متقطعة.

طرائق جمع عينات التربة :

يتوقف نجاح الدراسات أو فشلها، وصحة النتائج ودقتها، وبالتالي التوصيات لأي دراسة بدرجة كبيرة على أسلوب جمع عينات التربة، مع ضرورة أن تمثل عينة التربة الماخوذة أكبر مساحة من الحقل أفضل تمثيل. لذلك يجب أن تؤخذ عينات التربة في الحقل بطريقة منهجية علمية دقيقة، فغالباً ما تقود عمليات أخذ عينات التربة بطرق غير صحيحة أو غير مماثلة للترب الماخوذة منها لأخطاها فادحة تتجاوز جميع أخطاء تحليل العينات، حيث تكون

نتائج التحليل شاذة غير منطقية عديمة الجدوى. ويجب عند أخذ عينات التربة مراعاة التالي:

• أن تكون عينات التربة ممثلة فعلاً للأفاق الموجودة في مقاطعها أو للمساحات المأهولة منها.

• أن تراعى الدقة والعناية الفائقة في أثناء أخذ العينة نظراً لصغر وزنها بالنسبة لما تعكسه وتمثله من مساحات.

إضافة لذلك يجب تحديد الهدف الرئيس من جمع عينات التربة، قبل البدء بأخذها، ثم تقسم المساحة الكلية لمنطقة الدراسة إلى مجموعة من المناطق المتاجسة أو شبه المتاجسة في خصائصها مع توجب الابتعاد بموقع العينات عن كل ما هو غير طبيعي، كالمصانع والدبابغات وخزانات النفط وخزانات الماء وقنوات الصرف الزراعي أو الصحي ومواقع الآبار وحظائر الحيوانات والمداخن وطرق المواصلات. وتؤخذ عينات التربة عادةً قبل تسميد الترب، كما يراعى إلا تؤخذ عينات التربة بعد الري أو هطول الأمطار، عدا عن ذلك يمكن أخذ عينات التربة في أي وقت من السنة.

ويتبادر عد عينات التربة المتوجب جمعها وطرق أخذها من الحقل تبعاً للهدف المرجو تحقيقه من الدراسة. وعليه نميز أنواع عينات التربة التالية:

• عينات (كتلية) غير مثاررة **Undisturbed soil samples**: هي عينات التربة التي روعي حين أخذها المحافظة قدر الإمكان بأن تبقى بحالتها الطبيعية التي كانت عليها في الحقل من دون إحداث أي تغيير أو اضطراب لحالتها الطبيعية قدر الامكان. ويؤخذ هذا النوع من العينات عادةً بواسطة اسطوانات معدنية (Soil tube) للمحافظة على مساميتها وبنيتها، حيث يتم إدخال اسطوانات التربة ضمن التربة ببطء لملئها بعينة التربة، ثم تنقل إلى المختبر لتحديد الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية للتربة.

• عينات مفتته **Disturbed samples**: هي العينات الأكثر شيوعاً بالاستعمال، تؤخذ عادةً بهدف تحديد الخصائص الخصوبية للترابة أو لتقدير نسبة رطوبتها الكلية، بأي أداة من أدوات جمع العينات من دون المحافظة على نسيجها أو ترتيب بنيتها.

• عينات مفردة **Single samples**: لم يتوصل العلماء لتحديد العدد الأمثل من العينات المفردة البسيطة الممثلة لكل هكتار واحد من مختلف الأراضي أو الترب، ولنميز هنا بين نوعين من عينات التربة المفردة هما:

0 عينات مفردة سطحية: تجمع من أعماق لا تتجاوز 30 سم، وتؤخذ عادةً لتحديد الخصائص الخصوبية وتحتوي العناصر المغذية الرئيسية كالبوتاسيوم والفسفور والأزوت.

0 عينات مفردة عميقه: تؤخذ من آفاق التربة تحت السطحية وصولاً لطبقة الصخور الأم، وتؤخذ عادةً بهدف تصنيف التربة.

• عينات مركبة **Composite sample**: هي عبارة عن مجموعة من عينات التربة المفردة البسيطة الصغيرة المجمعة عشوائياً أو بانتظام من موقع واحد أو من مواقع أو أعماق مختلفة ومسافات متباينة. ويتوقف عدد العينات البسيطة التي تؤلف العينة المركبة على خصائص التربة والدقة المرجوة من التحاليل، فمثلاً تؤخذ في المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA) 8 عينات مفردة بسيطة للحصول على عينة تربة مركبة واحدة لكل واحد هكتار بنموذج قطري Diagonal pattern، كما يمكن أن يتغير عدد العينات بين 5-25 عينة مفردة بسيطة لكل عينة تربة مركبة تمثل مساحة 2-8 هكتار. وتوضع عينات التربة المفردة البسيطة الصغيرة المجمعة عادة في وعاء بلاستيكي كبير، حيث تخلط فيه جيداً حتى تحقق التجانس، وبعدئذ يؤخذ من مزيج التربة المتجانسة عينة مركبة.

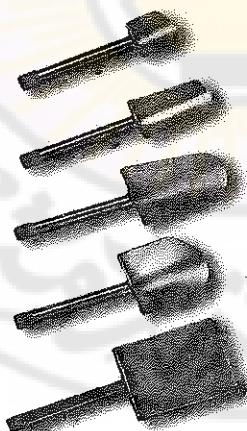
أدوات جمع عينات التربة:

تختلف الأدوات المستعملة فيأخذ عينات التربة حسب الغرض من أخذها، وتبعاً لطبيعة الأرض ونوعيتها خصوصاً من وجهاً النسيج، وحسب حالة رطوبة التربة أو تبعاً لنوع العناصر الغذائية المراد تقديرها "الحديد مثلاً"،Undeed يجب أن تكون أدوات جمع العينات من الحديد غير القابل للصدأ لتفادي حدوث أي تلوث جانبي، أما إذا كان الغرض من أخذ عينة التربة هو تقدير مساميتها فيجب أن تؤخذ بأداة لا تسبب تضاغطاً للعينة يؤدي إلى تغير المسام أو تهدم بنيتها.

و عموماً يجب أن تكون الأدوات المستعملة نظيفة باستمرار حتى لا تتلوث العينات المأخوذة بما أخذ بها من قبل.

من أهم الأدوات شائعة الاستعمال فيأخذ عينات التربة ما يلي:

- الجاروف أو الرفش بأنواعها المختلفة، تؤخذ عينات التربة مباشرةً من السطح الخارجي أو من جدار مقطع التربة، وبعد تحديد آفاقه المختلفة وتوصيفها، ومن كل أفق بالترتيب من الأسفل إلى الأعلى تفاديًّا لاختلاط العينات، وبحيث تكون كل عينة من عينات التربة المأخوذة ممثلة لكامل الأفق الذي أخذت منه (شكل-6).



شكل-6: بعض أنواع الجاروف أو الرفش المستعملة في جمع عينات التربة.

• لبابات التربة Soil cores: تستعمل عادةً لأخذ العينات الطبيعية الكثلية، يكون حجم الحلقة محدد ومعلوم (نحو 100 سم³) وكذلك وزنها.

• أسطوانات التربة Soil tubes: أكثرها شيئاً وانتشاراً أسطوانات التربة ذات الطرف الحديدي، وهي عبارة عن أسطوانات نحاسية لها حرف حاد وقاطع من الحديد، يبلغ قطرها الداخلي نحو 2.5 سم وطولها نحو 50 سم، تدفع ضمن التربة بواسطة ذراع حديدية.

• مسبار التربة Soil auger: من أهم الأدوات التي يجب أن توجد مع منفذ الأعمال الميدانية (الحقلية) حين أخذ عينات التربة، وهي مصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ، تأخذ أشكالاً وأبعاداً مختلفة تتباين تبعاً للغرض من استعمالها أو تبعاً لخصائص التربة وطبيعتها. تؤخذ عينات التربة هنا من الأعلى إلى الأسفل إما يدوياً أو آلياً ومن المسبار مباشرةً. يوضح (الشكل-7) بعض أنواع مسبار التربة شائعة الاستعمال.

A. مسbar التربة الحلواني المفتوح Screw auger ويستعمل في أخذ عينات التربة الطينية الثقيلة جداً، التي تحتوي على طبقات صلبة، يبلغ طول المسبار الكلي 100-150 سم، وطول جزئه الحلواني 20-30 سم وقطره 5 سم.

B. مسbar التربة المفتوح Open auger ويستعمل في أخذ عينات التربة الطينية الثقيلة، حيث يتم اخراج عينة التربة من أسطوانة المسبار بيسير وسهولة.

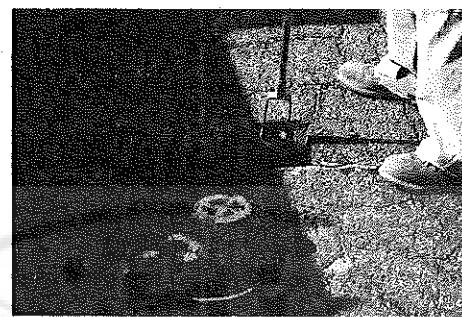
C. مسbar التربة المغلق Closed auger ويستعمل في أخذ عينات التربة الرملية الخفيفة. يتوضع ضمن أسطوانة فولاذية ذات حواف حادة لها قاطعان ملتويان أو قاطعان مقلبان لمنع سقوط عينة التربة من الأسطوانة،

D. يتغير قطر الأسطوانة بين 5-8 سم ويبلغ طولها 100 سم، بينما يتباين ارتفاع القواطع الفولاذية الملتوية أو المقلولة بين 15-25 سم.

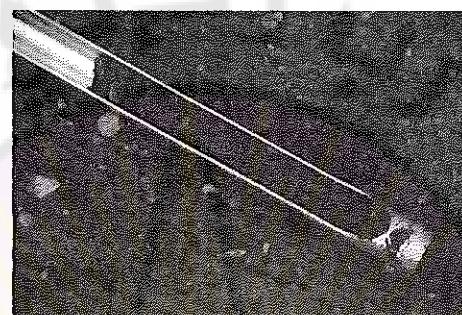
• يراوح وزن عينة التربة اللازمة لتحديد الخصائص الفيزيائية الكيميائية والخصوبية بين 1-2 كغ عادةً، توضع في أكياس بلاستيكية متينة وتغلق جيداً، ويسجل على سطح الكيس الخارجي. بقلم لا يزول مداده بالماء. موقع المقطع ورمزه والأفق الذي أخذت العينة منه، كما توضع ضمن الكيس المعلومات ذاتها مكتوبة بقلم الرصاص.

• تجمع أكياس عينات التربة العائدة لمقطع التربة الواحد في كيس بلاستيكي كبير واحد. وينظم المشرف على عمليةأخذ عينات التربة لكل مقطع تربة والعينات المأخوذة منه استماراة خاصة بهذا المقطع تضم كل البيانات والمعلومات المتعلقة بهذا المقطع، وترتبط وتشتب بالكيس البلاستيكي الكبير.

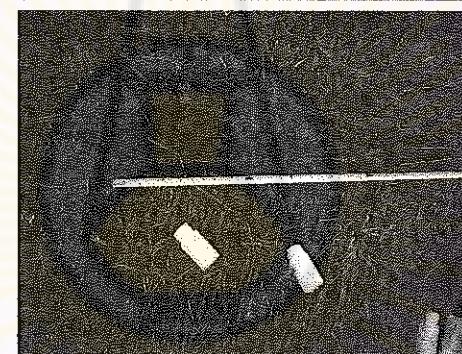
A



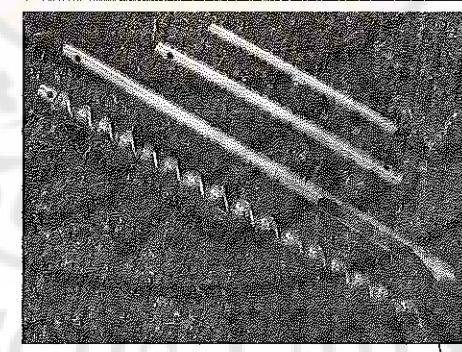
B



C



D



شكل-7: بعض أنواع المسابير المستعملة في جمع عينات التربة.

تحضير عينات التربة:

تمر عملية تحضير عينات التربة المأخوذة من الحقل وتجهيزها للتحليل ومن ثم تخزينها بالمراحل الرئيسية التالية:

- تجفف عينات التربة المأخوذة من الحقل هوائياً بوضعها في أماكن جافة نظيفة خالية من الغبار والأبخرة ونشرها وفرشها فوق صفائح خشبية أو مسطحات من الألمنيوم أو الورق المقوى، تحت درجات الحرارة العادمة في الظل مدة عدة ساعات، وقد تمتد لعدة أيام، حسب ظروف الحرارة والتهوية، يتم تقليل عينات التربة بين حين وآخر.

وتجدر الاشارة هنا إلى أن بعض التحاليل كذلك الخاصة بتحديد الأمونيا والنترات تتم مباشرةً في أقرب وقت من جمع العينات من دون الحاجة لتجفيف عينات التربة، لأن محتوى عينات التربة منها يتبدل بسرعة بعد جمعها من الحقل بسبب التهوية أو نتيجة ارتفاع الحرارة، لذا يفضل حفظ عينات التربة رطبة في (البراد)، ريثما يتم تقدير محتواها من الأمونيا والنترات.

- إزالة المكونات الغريبة عن مكونات التربة المأخوذة من الحقل مثل:

◦ بقايا النباتات كالجذور أو الأوراق.

◦ بقايا الكائنات الحيوانية ومخلفاتها.

◦ بقايا المنتجات الصناعية "المعدنية والجلدية والزجاجية والبلاستيكية".

- تطرق عينة التربة الجافة المأخوذة من الحقل طرقاً خفيفاً بواسطة مطرقة ذات رأس خشبي أو مطاطي، أو دحرجة أسطوانة خشبية فوق عينة التربة لتكسير وسحق تجمعاتها الكتالية.

- يتم وزن عينة التربة المأخوذة من الحقل "الوزن الكلي الجاف" هوائياً.

- يتم نخل عينة التربة الماخوذة من الحقل فوق منخل قطر فتحات تقويه 2مم أو 1مم "تبعاً لمنهج التحليل المعتمد والمطلوب، ويسمى الجزء الناتج عن عملية النخل بالجزء الناعم.
- يتم وزن الجزء المتبقى فوق فتحات المنخل لتغيير نسبة التججر.
- يخلط الجزء المار من عينة التربة خلال فتحات المنخل $< 2\text{ mm}$ جيداً حتى تحقيق التجانس.
- يعبأ في عبوات بلاستيكية أو زجاجية محكمة الاغلاق "عبوات حفظ عينات التربة"، تلصق عليها البيانات الخاصة بها مثل: موقع المقطع وتاريخ تنفيذه واسم المشروع التابع له وأسماء منفذيه.... وغيرها من المعلومات الضرورية. وتسجل على ورقة أخرى بقلم الرصاص البيانات الخاصة بالعينة وتوضع داخل العبوة.
- تحفظ عبوات التربة بعيدة عن المؤثرات الخارجية، كالمؤثرات الحرارية والكيميائية.
- تنقل العينات المراد تحليلها إلى المختبر.



الباب الثاني

التحاليل الفيزيائية لميئات التربة

Physical analyses of soil samples



تقدير الماء الهيغروسكوبى (الاسترطابي)

Determination of Hygroscopic Water

يطلق على الأغشية المائية الرقيقة المحيطة بحببيات التربة والملتصقة بها بشدة، والناتجة عن مقدرة التربة على امتصاص الرطوبة الجوية بحالة بخار الماء، بالماء الهيغروسكوبى أو الماء الاسترطابي. وتتبادر قيم الماء الهيغروسكوبى لأنواع المختلفة للتربة متأثرة بدرجة كبيرة بالتركيب الحببى للتربة ومحتوها من المواد الدبالية والعضوية من جهة وبالرطوبة النسبية للهواء وحرارته من جهة أخرى، لذلك فإن رطوبة عينة تربة محددة ستكون متغيرة باستمرار.

وتتم أغلب التحاليل على عينات التربة الجافة هوائياً، بينما تحسب نتائج هذه التحاليل عادةً على أساس وزن عينة التربة الجافة تماماً، لذلك كان من الضروري تقدير الماء الهيغروسكوبى.

وهناك عدد من الطرائق لتقدير هذه الرطوبة، إلا أن أكثرها انتشاراً تلك التي تعتمد على تجفيف عينة التربة في فرن على درجة حرارة بين 105-110°C مدة 3-10 ساعات حتى التأكد من ثبات الوزن.

ونجد الاشارة هنا إلى تoxification الحرارة والحد من اتباع هذه الطريقة في الترب الجبسية "الجصية"، حيث يؤدي رفع درجة الحرارة إلى 105-110°C إلى خسارة جزء كبير من جزيئات الماء البلوري للجص $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ وتحوله إلى الأنهيدрит CaSO_4 وحساب جزيئات الماء هذه ضمن الماء الاسترطابي ما يقود لنتائج غير صحيحة لذلك تقدر الهيغروسكوبية لعينات التربة الجبسية بتجفيفها في فرن على درجة حرارة 75°C حتى ثبات الوزن.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- ميزان تحليل حساس، تبلغ دقته 0.001 g.

- جفනات خزفية أو كؤوس زجاجية.

- فرن كهربائي.
- مجف Desiccator، يحتوي المجف في قاعده على بلورات من CaCl_2 ، تُعد بلورات كلور الكالسيوم من أكثر المركبات الكيميائية الماصة للرطوبة.

خطوات العمل:

- زن جفنة خزفية " أو كأس زجاجية" جافة نظيفة، سجل الوزن ولنفرض أنه W_1 .
- خذ وزن من عينة التربة الناعمة الجافة هوائياً، 10-20g، ضعه في الجفنة الخزفية معروفة الوزن، سجل وزن عينة التربة مع الجفنة الخزفية ولنفرض أنه W_2 .
- ضع الجفنة الخزفية من دون غطاء في الفرن على درجة حرارة 105-110°C مدة 3-10 ساعات حتى التأكد من ثبات الوزن.
- اخرج الجفنة الخزفية من الفرن وضعها في المجف نحو نصف ساعة حتى تبرد ولكن لا تمتص بخار الماء من الجو، ثم سجل الوزن ولنفرض أنه W_3 .
- أعد الخطوتين الأخيرتين ثانية حتى التأكد من ثبات الوزن وتمام الجفاف ولنفرض أنه مطابق للوزن W_3 .

طريقة الحساب:

- احسب النسبة المئوية للاسترطالية من المعادلة الآتية:

$$\frac{(\text{وزن عينة التربة الجافة هوائياً} - \text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}) \times 100}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}} = \% \text{ للاسترطالية}$$

وزن الماء المتاخر

$$100 \times \frac{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}} = \% \text{ للاسترطابية}$$

$$100 \times \frac{W_3 - W_2}{W_1 - W_3} = \% \text{ للاسترطابية}$$

أيضاً يمكن حساب النسبة المئوية للاسترطابية كنسبة مئوية من حجم التربة، عندئذ يتم ضرب قيمة النسبة المئوية الوزنية للاسترطابية بكتافة التربة الظاهرية.

ويتم حساب معامل تصحيح نتائج تحليل التربة الجافة هوائياً إلى تربة جافة تماماً انطلاقاً من نتائج حساب النسبة المئوية للاسترطابية وفق المعادلة التالية:

$$\frac{100 + \% \text{ للاسترطابية}}{100} = \text{معامل تصحيح الاسترطابية}$$

وبافتراض أن النسبة المئوية للاسترطابية = 8% فإن معامل التصحيح يساوي 1.08 وبالتالي تُضرب نتائج التحليل المحسوبة على أساس وزن التربة الجافة هوائياً بـ 1.08 لتحويلها على أساس وزن التربة الجافة على حرارة 105م. كما يمكن حساب وزن عينة التربة الجافة تماماً من نتائج النسبة المئوية للماء الهيغروسكوبى "الاسترطابية" وفق المعادلة التالية:

$$100 \times \frac{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}}{100 + \% \text{ للاسترطابية}} = \% \text{ للاسترطابية}$$

مثال-1:

احسب النسبة المئوية للاسترطابية "الماء الهيغروسكوبى" إذا علمت أن:

- وزن الجفنة الخزفية الفارغة الجافة النظيفة 23.523 غ (W₁).
- وزن الجفنة الخزفية مع عينة التربة الجافة هوائياً 33.848 (W₂).
- وزن الجفنة الخزفية مع عينة التربة الجافة تماماً 33.393 غ (W₃).

الحل:

$$\frac{\text{وزن الماء المتاخر} \times 100}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}} = \% \text{ للاسترطابية}$$

$$\frac{100 \times (W_3 - W_2)}{(W_1 - W_3)} = \% \text{ للاسترطابية}$$

$$\frac{100 \times (33.393 - 33.848)}{(23.523 - 33.393)} = \% \text{ للاسترطابية}$$

$$\frac{100 \times 0.455}{9.87} = \% 4.61 = \% \text{ للاسترطابية}$$

معامل التصحيح يساوي 1.046 وبالتالي تُضرب نتائج التحليل المحسوبة على أساس وزن التربة الجافة هوائياً بـ 1.046 لتحويلها على أساس وزن التربة الجافة على حرارة 105م.

مثال-2:

احسب النسبة المئوية للاسترطابية "الماء الميغروسكوبى" إذا علمت أن:

• وزن عينة التربة الجافة هوائياً 10 غ (W₁).

• وزن عينة التربة الجافة تماماً 9.8 غ (W₂).

الحل:

$$\text{وزن الماء المتاخر} \times 100$$

$$= \% \text{ للاسترطابية}$$

$$\frac{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}}{\text{وزن عينة التربة الجافة هوائياً}}$$

$$100 \times (W_1 - W_2)$$

$$= \% \text{ للاسترطابية}$$

$$(W_2)$$

$$100 \times (9.8 - 10)$$

$$\% 2.04 = \frac{\text{للاسترطابية}}{(9.8)}$$

معامل التصحيح يساوي 1.0204 وبالتالي تضرب نتائج التحليل المحسوبة على أساس وزن التربة الجافة هوائياً بـ 1.046 لتحويلها على أساس وزن التربة الجافة على حرارة 105 م.

تقدير الاسترطابية القصوى "المعامل الاسترطابي":

تحدد الاسترطابية القصوى لتقدير معامل الذبول، الذي يتغير بين 1-3

أمثل الاسترطابية القصوى لأغلب أنواع الترب.

خطوات العمل:

- زن جفنة خزفية " أو كأس زجاجية" جافة نظيفة، سجل الوزن ولنفرض أنه W_1 .
- خذ 10-20 غ من عينة التربة الناعمة والجافة هوائياً، ضعه فسي الجفنة الخزفية معروفة الوزن، سجل وزن عينة التربة مع الجفنة الخزفية ولنفرض أنه W_2 .
- ضع الجفنة الخزفية في وعاء مرطب يحتوي في قعره محلولاً مشبعاً من كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 .
- ضع وعاء الترطيب في مكان ثابت الحرارة مدة 3-4 أيام.
- خذ الجفنة الخزفية وغطها ثم زنها وسجل الوزن.
- أعد الجفنة الخزفية لوعاء الترطيب بعد نزع الغطاء.
- كرر الخطوات الثلاث السابقة حتى ثبات وزن الجفنة الخزفية ولتكن W_3 .
- ضع الجفنة الخزفية من دون غطاء في فرن التجفيف على درجة حرارة 105°C حتى ثبات الوزن كما ذكر في فقرة تقدير الماء الهيغروسكوبى، سجل الوزن ولتكن W_4 .

المحاليل اللازمة:

يحضر محلول مشبعب من كبريتات البوتاسيوم، بتركيز 11-15% من كبريتات البوتاسيوم في 100 مل من الماء المقطر، يوضع قي قعر وعاء الترطيب كي تصل الرطوبة النسبية في وعاء الترطيب لنحو 98-99%.

طريقة الحساب:

- احسب النسبة المئوية للاسترطابية القصوى "المعامل الاسترطابي" من المعادلة التالية:

وزن الماء المتاخر

$$100 \times \frac{\text{للاسترطابية القصوى}}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}} = \% \text{ للاسترطابية القصوى}$$

$$100 \times \frac{W_4 - W_2}{W_1 - W_4} =$$

مثال:

احسب النسبة المئوية للاسترطابية القصوى إذا علمت أن:

- وزن الجفنة الفارغة الجافة النظيفة 19.208 غ (W₁).
- وزن الجفنة مع عينة التربة الجافة هوائياً 29.926 غ (W₂).
- وزن الجفنة مع عينة التربة المشبعة تماماً 30.482 غ (W₃).
- وزن الجفنة مع عينة التربة الجافة تماماً 29.374 غ (W₄).

الحل:

$$\frac{\text{وزن الماء المتاخر} \times 100}{\text{للاسترطابية القصوى}} = \% \text{ للاسترطابية القصوى}$$
$$\frac{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}}{(W_1 - W_4)} = \% \text{ للاسترطابية القصوى}$$

$$100 \times (W_4 - W_3)$$

$$\frac{100 \times (W_4 - W_3)}{(W_1 - W_4)} = \% \text{ للاسترطابية القصوى}$$

$$\frac{100 \times (29.374 - 30.482)}{(19.208 - 29.374)} = \% \text{ الاستطابية القصوى}$$

$$\% 10.9 = \frac{110.8}{10.166} = \% \text{ الاستطابية القصوى}$$

التحليل الميكانيكي الحبيبي للتربة ونسيج التربة

Soil mechanical analysis and Soil texture

:Granulimetric analysis التحليل الحبيبي

يعد التحليل الميكانيكي أو الحبيبي لمكونات التربة الناعمة "رمل، غبار (سلت)، طين" من الخصائص المميزة للتربة الأكثر ثباتاً وذلك بسبب تغيرها الطفيف المتأثر بعمليات الزراعة. وتستعمل نتائج التحليل الميكانيكي للتربة عادة في عدد كبير من البلدان كأساس لتقسيم وتصنيف تربتها. وتحدد نسب المكونات الحبيبية الرئيسية للتربة درجة نعومة أو خشونة التربة وهو ما يطلق عليه مصطلح نسيج التربة Soil texture والتي تعد صفة طبيعية لها، فتحديد نسيج التربة يعد أمراً مهماً من الناحية العملية من أجل تحديد معدل وآلية حدوث معظم القاعلات الكيميائية والحيوية في التربة وكذلك لمعرفة مدى قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء الضروري لنمو النبات وسرعة رشح المياه فيها وقوتها تماسكها وكذلك مقدرتها على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية وسعة التبادل الأيونية لها.

ويهدف التحليل الميكانيكي إلى تحديد النسب المئوية الوزنية لكل من المجموعات الميكانيكية الرئيسية في التربة وهي: الرمل والغبار والطين. وهناك طرائق متعددة لتحقيق هذا الهدف منها الحقلية التقريبية أو المخبرية الدقيقة. ويمكن للدارس في الحقل تحديد خشونة أو نعومة التربة وذلك من خلال فركه لعينة التربة براحة اليد، فكلما كانت خشنة كانت نسبة الرمل فيها أعلى. كما أن الترب الرملية سواءً أكانت جافة أم رطبة لا تلتتصق على الأصابع على عكس الترب الطينية، ويسمع لها أزيز عند فركها بين الابهام والسبابة بالقرب من الأذن، بينما تكون الترب الطينية الرطبة لذلة وقاسية عند جفافها على عكس الترب الرملية.

كما تُعد قابلية التربة للتشكل من الطرائق الحقيقة الأكثر دقة، حيث تزداد قابلية التربة للتشكل، أي لتشكيل خيط ذي قطر 3 مم أو حلقة بقطر نحو 3 سم، مع ازدياد نسبة الطين. ويمكن تصنيف نسيج التربة بناءً عليه على النحو التالي:

جدول-3: العلاقة بين قابلية التربة للتشكل ونسيجها.

نسيج التربة	قابلية التربة للتشكل	
رمال مفككة سائبة	عدم التمكن من تشكيل كرة أو حبل	1
ترابة رملية	تشكيل حبل هش مفتت	2
تربة غضارية رملية خفيفة	تشكيل حبل هش متقطع	3
تربة غضارية رملية	تشكيل حبل ثابت، لكن لا تتشكل حلقة	4
تربة غضارية رملية تقيلة	تشكيل حبل ثابت، مع تكوين حلقة متقطعة	5
تراب غضاري	تشكيل حبل وحلقة ثابتين	6

يوجد عدة أنظمة لتقسيم مجاميع حبيبات التربة $> 2 \text{ mm}$ (جدول-4)، نورد منها (أ) نظام وزارة الزراعة الأمريكية United States Department of Agriculture (USDA) Agriculture System و(ب) نظام الجمعية الدولية لعلوم الأراضي International Soil Science Society System

جدول-4: تقسيم مكونات التربة الناعمة .Fine Earth

السطح النوعي $\text{غ}/\text{سم}^2$	عدد الحبيبات بـ 1 غ	(ب) القطر بـ مم	(أ) القطر بـ مم	مجموعة الحبيبات
11	90	---	2.00-1.00	رمل خشن جداً
23	720	2.00-0.20	1.00-0.50	رمل خشن
45	5,700	---	0.50-0.25	رمل متوسط
91	46,000	0.20-0.02	0.25-0.10	رمل ناعم
227	722,000	---	0.10-0.05	رمل ناعم جداً
454	5,776,000	0.02-0.002	0.05-0.002	ঘبار (سلت)
8,000,000	90,260,853,000	0.002 >	0.002 >	الطين

وهناك عدة طرائق لتحديد المجموعات الميكانيكية الرئيسة في التربة، أكثرها انتشاراً تلك التي تعتمد على سرعة تساقط حبيبات التربة تحت تأثير الجاذبية (النقالة) الأرضية كالطرائق المستعملة للماصة أو الهيدرومتر، أو الطرائق التي تعتمد على قوى الطرد المركزي أو الفصل بالماء الجاري أو طرائق الترويق أو الطرائق الكهروضوئية أو طرائق النخل. هذا وتعد الطرائق المستعملة للماصة أو الهيدرومتر أكثر الطرائق شيوعاً.

و قبل البدء بتحديد التركيب الميكانيكي للتربة يتم استبعاد جميع المكونات الحبيبية التي تزيد قطراتها على 2م و ذلك بوساطة المنخل، ويمكن اعتماد أحد التقسيمين السابقين لتحديد نسيج التربة، حيث يلاحظ أن الاختلاف الرئيس يقع عند حدود مجموعة حبيبات السلت.

ولتقدير النسب الممثلة للمجموعات الميكانيكية للتربة لا بد أن يكون ملخص التربة تام التفريق وذلك من خلال إجراء وتنفيذ مجموعة من العمليات الفيزيائية - الكيميائية المتنوعة. وعادة ما يعيق عمليات التفريق هذه وجود مواد ملاطية جامعة (لامحة) للحبيبات الأرضية مثل: المواد العضوية وكربونات الكلسيوم وكربونات الكالسيوم وأكسيد الحديد والألمونيوم المائي أو وجود بعض الأيونات متعددة التكافؤ والالكتروليتات بتراكيز مرتفعة. لذلك يجب التخلص من جميع المواد الملاطية الجامعة التي تربط مكونات التربة الحبيبة ببعضها قبل البدء بعملية تحديد نسيج (قوام) التربة، يتم تفريق مكونات التربة الحبيبة في المحلول المائي باتباع الخطوات التالية:

• إزالة المواد العضوية:

تعمل المادة العضوية على ربط مكونات التربة الحبيبية وجمعها معاً، ويختلف محتوى الترب من المادة العضوية تبعاً لاختلاف نسيجها، وعموماً تحتوي الترب الثقيلة ناعمة النسيج على نسب أكبر من المادة العضوية مما

تحتويه الترب الرملية الخفيفة الخشنة. وللتخلص من المادة العضوية يتم أكسدتها
بالماء الأكسجيني H_2O_2 25% وفق الخطوات التالية:

- ٠ ضع 50 غ من ناعم التربة الجافة هوائياً في كأس زجاجية سعة 600 مل.
- ٠ أضف للعينة 20 مل من الماء الأكسجيني H_2O_2 25%， مع تغطية الكأس الزجاجي بزجاجة ساعة.
- ٠ اترك العينة لليوم التالي علماً أن تفاعل الأكسدة هو تفاعل ناشر للحرارة.
- ٠ سخن الكأس الزجاجي في حوض حمام مائي لدرجة حرارة 80° مع إضافة متكررة من الماء الأكسجيني وبكميات قليلة 5-10 مل، حرك عينة التربة باستمرار بقضيب زجاجي إلى أن يتم التأكد من أكسدة كامل المادة العضوية من خلال توقف تشكل الفقاعات الغازية التي تدل على انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 للجو.
- ٠ أضف نحو 200-250 مل من الماء المقطر للكأس الزجاجية.
- ٠ سخن حتى الغليان من أجل التخلص من الماء الأكسجيني.
- ٠ برد الكأس الزجاجية ثم أفصل الراسب عن الرشاحة بواسطة الطرد المركزي أو الترشيح على ورق ترشيح فوق قمع.
- ٠ انقل الراسب للكأس زجاجية جديدة سعة 600 مل لأجل إزالة الأملاح المعدنية.

• إزالة الأملاح المعدنية:

تعد كل من كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وأكسيد الحديد والألمنيوم أكثر الأملاح المعدنية انتشاراً في التربة، ويتم إزالتها والتخلص منها بإضافة حمض كلور الماء HCl (N 0.2) حيث تتفاعل الأملاح المعدنية سابقة الذكر مع الحمض مكونة أملاح كلوريدية سهلة الذوبان في الماء.

- ٥ تم إزالة الأملاح المعدنية من عينة التربة الخالية من المواد العضوية أو السابقة المعاملة بالماء الأكسجيني حسب الخطوات التالية:
- ٥ ضع 50g من ناعم التربة الجافة هوائياً في كأس زجاجية سعة 600ml.
 - ٥ أضف للعينة 100ml من حمض كلور الماء HCl (N 0.2)، وحرك بقضيب زجاجي حتى توقف انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 للجو.
 - ٥ افصل الراسب عن الرشاحة بالترشيح على ورق ترشيح فوق قمع.
 - ٥ أغسل الراسب بكميات فائضة من الماء المقطر عدة مرات حتى يتم التخلص تماماً من الكلور وكذلك من الأملاح القابلة للذوبان في التربة، يتم التأكيد من اتمام عملية غسل عينة التربة والتخلص من الكلور بإضافة بضع قطرات من نترات الفضة AgNO_3 (N 0.05) على قليل من الرشاحة، فإذا تكون راسب أبيض وجب إعادة عملية الغسل مرة أخرى.
 - ٥ خذ الراسب المفصول عن الرشاحة وفرق مكوناته الحبيبية كيميائياً وميكانيكيأ.
- ملحوظة: يتم إجراء هذه الخطوة إذا لم تتجاوز نسبة الأملاح المعدنية "بشكل رئيس" كربونات الكالسيوم 5% في التربة.

• تفريغ مكونات التربة الحبيبية كيميائياً وميكانيكيأ:

يتم تفريغ مكونات التربة الحبيبية وفصلها وبعثرتها كيميائياً بإضافة إحدى المواد الكيميائية المبعثرة والمفرقة "عادةً ما تستعمل المركبات الكيميائية الاحاوية على أيون الصوديوم لما له من قدرة عالية على فصل وبعثرة مكونات التربة الحبيبية"، من هذه المركبات ماءات الصوديوم NaOH وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 وأوكسالات الصوديوم $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ وبيرو فسفات الصوديوم $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ وميتا فسفات الصوديوم NaPO_3 وسداسي ميتا فسفات الصوديوم

(كالغون) $[NaPO_3]_{13}$] والذي يفضل استعماله في الترب الكربوناتية وباتباع الخطوات التالية:

- ضع عينة التربة السابقة الخالية تماماً من المواد العضوية وجميع المواد الملاطية الجامعة كذلك من جميع الأملاح الذائبة في وعاء المزج "الخلاط" Mixer.
- أضف إلى العينة 200-250 مل ماء مقطر.
- أضف 20 مل من سداسي ميتا فسفات الصوديوم $[NaPO_3]_{13}$ (كالغون) المحضر بتركيز 50 غ/ل و 2-3 مل من ماءات الصوديوم NaOH (N 1).
- ثبت وعاء الخلط في موضعه في الخلط الكهربائي.
- شغل الخلط الكهربائي مدة خمس دقائق للترب الرملية الخفيفة أو مدة عشرة دقائق للترب الطينية الثقيلة.

• فصل الرمال الخشنة والمتوسطة:

- انقل عينة التربة المفرقة نفلاً كمياً إلى مخبر ترسيب سعة لتر عبر منخل فتحات ثقبه 50 ميكرون، تتوضع المكونات الحبيبية الأكبر من 50 ميكرون فوق المنخل، بينما تمر الحبيبات الأنفع من ذلك إلى المخبر.
- أغسل الراسب المتبقى جيداً فوق المنخل برشاش بسيط من الماء ثم انقله إلى جفنة خرفية جافة نظيفة معلومة الوزن.
- ضع الجفنة الخرفية في الفرن وجفف على درجة حرارة 105°C مدة يوم كامل، وحتى ثبات الوزن.
- اخرج الجفنة بعد التأكد من جفاف محتواها من الفرن وضعها في مجففة حتى تبرد.
- خذ الجفنة الخرفية من المجففة وزنها بميزان دقته 0.001 غ.

٥ يتم حساب النسبة المئوية لمكونة الرمل الخشن والمتوسط في عينة التربة وفق العلاقة التالية:

وزن الراسب في الجفنة الخزفية $\times 100$

$= \% \text{ للرمل المتوسط والخشن}$

وزن عينة التربة الجافة تماماً

- ٥ أكمل حجم معلق التربة في مighbار الترسيب بالماء المقطر إلى علامة اللتر.
- ٥ خذ بواسطة مقياس الحرارة درجة حرارة معلق التربة ضمن المighbار.
- ٥ أقلب المعلق إما يدوياً بقلب مighbار الترسيب رأساً على عقب 10-12مرة بحيث تنتقل حبيبات الراسب في كل مرة من جانب لآخر، أو بواسطة محرك يدوي (دفاش) من أعلى إلى أسفل داخل المعلق مدة 30-45 ثانية.
- ٥ ضع مighbار الترسيب في مكان مستقر وهادئ وثبت الحرارة، ثم دون زمن بدء الترسيب.

تعد كل الخطوات التحضيرية السابقة ضرورية لتحديد التركيب الحبيبي بطريقتي الماصة والمكافف والتي سيتم شرحهما بالفقرات التالية.

٦ فصل الرمل الناعم:

يتم تحديد مكونة الرمل الناعم بطريقة الترسيب والترويق والسكب Decantation، فمن خلال تطبيق قانون (ستوكس) وبمعرفة سرعة سقوط حبيبات الرمل الناعم يمكن تحديد الزمن اللازم لتصل مكونة الرمل الناعم إلى قاع مighbار الترسيب. عليه يمكن بتكرار عملية سكب سائل المعلق فوق طبقة راسب مكونة الرمل الناعم التخلص من مكونتي السلت والطين ثم يتم ملء مighbار الترسيب بماء مقطر، يغلق ويرج ثم يترك الوقت اللازم لترسب مكونة الرمل الناعم، تكرر عملية سكب السائل واضافته أي عملية الترويق والسكب

عدة مرات إلى أن يتم التخلص من مكونتي السلت والطين ويصبح معلق رائقاً في الجزء الملمس لنرسب طبقة الرمل الناعم.

- ٥ اغسل جيداً طبقة الرمل الناعم عدة مرات بالماء المقطر.
- ٦ انقل مكونة الرمل الناعم إلى جفنة خزفية جافة نظيفة معلومة الوزن.
- ٧ ضع الجفنة الخزفية في الفرن وجفف على درجة حرارة 105° مدة يوم كامل.
- ٨ أخرج الجفنة بعد التأكد من جفاف محتواها من الفرن وضعها في مجففة حتى تبرد.

٩ خذ الجفنة الخزفية من المجففة وزنها بميزان دقته 0.001 غ.
يتم حساب النسبة المئوية لمكونة الرمل الناعم في عينة التربة وفق التالي:

$$\frac{\text{وزن الراسب في الجفنة الخزفية} \times 100}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}} = \% \text{ للرمل الناعم}$$

طريقة الماصة :Pipette method

تعتمد هذه الطريقة على الأساس العلمي النظري الذي يربط بين سرعة سقوط الحبيبات المفترض أنها كروية الشكل وحجمها أو قطراتها، ضمن سائل معروف اللزوجة، بحيث تسقط الحبيبات الأكبر حجماً أولاً تليها الحبيبات الأصغر فالأخضر وفق قانون ستوكس Stoke's Law.

إذا سقطت حبيبة من الحبيبات المكونة للتربة في الفراغ من أعلى للأسفل فإنها ستسقط متتسارعة نحو الأسفل بفعل قوى الجاذبية دون تعرضها لأي قوى

مقاومة، أما إن سقطت في وسط سائل فإنها ستعرض لثلاثة أنواع من القوى المتعاكسة والمتقابلة هي:

1- قوى اللزوجة متمثلة بقوى الاحتكاك الجانبية للسائل على الحواف الخارجية لحببيات التربة ويرمز لها بـ F_1 ، تتناسب طرداً ولزوجة السائل ونصف قطر الحببيات وسرعة سقوطها وتتساوى:

$$F_1 = 6 \pi \eta r v$$

2- قوى الاحتكاك الرافعة وهي القوى المتمثلة بقوى دفع السائل لحببيات التربة نحو الأعلى ويرمز لها بـ F_2 وتتساوى:

$$F_2 = 4/3 \pi r^3 g D_l$$

3- قوى سقوط الحببيات المكونة للتربة نحو الأسفل بفعل قوى الجاذبية الأرضية ويرمز لها بـ F_3 وتتساوى:

$$F_3 = 4/3 \pi r^3 g D_s$$

في حال الاستقرار والاتزان تتساوى القوى السابقة

$$F_3 = F_1 + F_2$$

$$4/3 \pi r^3 g D_s = 6 \pi \eta r v + 4/3 \pi r^3 g D_l$$

$$(4/3 \pi r^3 g D_s) - (4/3 \pi r^3 g D_l) = 6 \pi \eta r v$$

$$4/3 \pi r^3 g (D_s - D_l) = 6 \pi \eta r v$$

$$V = 4/3 \pi r^3 g (D_s - D_l) / 6 \pi \eta r$$

$$V = 2/9 r^2 g (D_s - D_l) / \eta$$

حيث:

$$V = \text{سرعة سقوط الحبيبات سم/ث}$$

$$g = \text{تسارع الجاذبية عند سقوط الجسم بصورة حرة وتساوي } 9.81 \text{ سم/ث}^2$$

$$r = \text{نصف قطر الحبيبة سم}$$

$$D_s = \text{الكثافة الحقيقة للحبيبات غ/سم}^3$$

$$D_i = \text{الكثافة الحقيقة للسائل الذي يتم فيه الترسيب غ/سم}^3$$

$$\eta = \text{لزوجة السائل في الدرجة المطلقة ويساوي } 0.01 \text{ بوير بالنسبة للماء.}$$

يتضح من قانون ستوكس أن سرعة سقوط المكونات الحبيبية للتربة تتناسب طرداً ومربع نصف قطرها، كما تتناسب طرداً والفرق بين الكثافة الحقيقة لمكونات التربة الحبيبة والكثافة الحقيقة للسائل الذي تسقط فيه، بينما تتناسب سرعة سقوط المكونات الحبيبية للتربة عكساً وارتفاع لزوجة السائل.

وتجدر الإشارة هنا إلى وجود بعض المأخذ على طريقة التحليل هذه عند تطبيق قانون ستوكس، لأنه يفترض تحقق الأمور التالية:

- يجب بعثرة المكونات الحبيبية للتربة بصورة تامة وفصلها وتفريقها وإلا حصلنا على نتائج خاطئة بسبب وجود حبيبات مركبة "تجمعات حبيبة غير مبعثرة".

- يجب أن تكون المكونات الحبيبية للتربة صلبة لا تتفتت في أثناء سقوطها.

- يكون لجميع مكونات التربة الحبيبة كثافة حقيقة واحدة 2.65 غ/سم^3 ، يندر تحقق ذلك لأن الكثافة الحقيقة للتربة قد تتغير من 2.60 غ/سم^3 للفلزات السليكاتية إلى 5 غ/سم^3 لبعض الفلزات الأكسيدية.

- تأخذ مكونات التربة الحبيبية شكلًا كرويًا أملس، مع العلم أن معظم حبيبات التربة لها شكل غير كروي وبخاصة مكونة الطين التي يكون

لها شكلاً صفائحياً متورقاً أو موشورياً أو إبرياً، لذلك يستعاض عن ذلك بمفهوم أو مصطلح نصف القطر المكافئ أو الفعلي والذي يقصد به مجموعة الحبيبات ذات سرعة الترسيب المتوسطة والتي يقابلها قطر محدد محسوب.

• يتمتع الوسط السائل بخصائص فيزيائية ثابتة، في حين أنه في الواقع يمثل وسط غير ثابت، تتغير صفاته وخصائصه الفيزيائية مع تغير درجات الحرارة وحركة حبيبات التربة المفرقة فيه.

• عدم تأثر مكونات التربة الحبيبية بالحركة البرونانية العشوائية لجزيئات السائل المبعثرة فيه، نتيجة أبعادها الكبيرة مقارنة وأبعاد جزيئات وسط الانتشار.

يحدد قانون ستوكس سرعة سقوط المكونات الحبيبية للتربة والتي من خلالها يتم تحديد الزمن اللازم لكي تقطع حبيبة محددة مسافة معينة ضمن مخبر الترسيب (جدول-5).

وإليضاح ذلك يؤخذ بالماصة عينة من معلق التربة المفرق جيداً الموجود في مخبر الترسيب، فبعد زمن t ثانية ستكون الحبيبات قد هبطت في مخبر الترسيب مسافة محددة توجد على عمق h سم، هذا يعني وبالتالي أن الحبيبات التي لها قيمة h/t أكبر ستكون سقطت بعيدة عن مجال الماصة. مع الاشارة هنا بأن سرعة سقوط الحبيبات

جدول-5: الزمن اللازم لقطع مكونات التربة الحبيبية الرئيسة
"رمل، سلت وطين" لعمق 10 سم.

حبيبات الرمل 200 ميكرون	حبيبات السلت 50 ميكرون	حبيبات الطين 2 ميكرون	درجة الحرارة °م
دقيقة : ثانية	ساعة : دقيقة	ساعة : دقيقة	
27 : 5	27 : 1	05 : 9	15
19 : 5	25 : 1	50 : 8	16
10 : 5	23 : 1	35 : 8	17
03 : 5	21 : 1	25 : 8	18
55 : 4	19 : 1	10 : 8	19
48 : 4	17 : 1	00 : 8	20
41 : 4	15 : 1	49 : 7	21
35 : 4	13 : 1	38 : 7	22
28 : 4	11 : 1	27 : 7	23
22 : 4	10 : 1	17 : 7	24
16 : 4	08 : 1	07 : 7	25
10 : 4	07 : 1	57 : 6	26
04 : 4	05 : 1	48 : 6	27
00 : 4	04 : 1	39 : 6	28
55 : 3	03 : 1	31 : 6	29
49 : 3	01 : 1	22 : 6	30
44 : 3	00 : 1	14 : 6	31

تعتمد على كمية السطح الملمس في وحدة الحجم ولما كانت حبيبات الطين تمتلك مقداراً كبيراً من السطح في وحدة الحجم (سطحها النوعي كبير) لذا فإنها تسقط ببطء شديد مقارنة وسرعة سقوط حبيبات الرمل التي تمتلك سطحاً نوعياً صغيراً.

يوضح الجدول-6 الزمن اللازم لقطع مكونات التربة الحبيبية الرئيسة "رمل، سلت وطين" لعمق 10 سم في مخبر الترسيب في وسط ترسيب سائل من الماء المطر درجة حرارته 20°.

خطوات العمل بالماصة:

1. بعد انقضاء 4 دقائق حسب تصنيف الفلو، أو 48 ثانية حسب التصنيف الأمريكي من بدء زمن الترسيب انزل الماصة ببروية لعمق 10 سم تماماً من السطح "تم تحديد هذا الزمن باعتباره الزمن الذي تستغرقه آخر حبيبة رمل ناعمة إن وجدت بين مكونات معلق التربة الحبيبية لقطع مسافة قدرها 10 سم بدرجة حرارة 20°.
2. اسحب بالماصة 25 سم³ (حجم الماصة المستعملة = 1/40 من الحجم الكلي) من المعلق وعلى عمق 10 سم.
3. أخرج الماصة بهدوء وأفرغ محتوياتها في جفنة خزفية نظيفة معروفة الوزن.
4. ضع الجفنة الخزفية في فرن كهربائي على حرارة 105°م واتركها حتى تجف.
5. أخرج الجفنة من الفرن وضعها في مجفف حتى تبرد ثم زنها وسجل الوزن، يعبر فرق الوزن عن وزن السلت مع وزن الطين الموجود في 25 سم³ من المعلق.
6. أكمل حجم المخبر بالماء المقطر إلى التر ويتراكم هادئاً ليترسّب السلت.
7. انزل الماصة بعد انقضاء ثمان ساعات، لعمق 10 سم من السطح "تم تحديد هذا الزمن باعتباره الزمن الذي تستغرقه آخر حبيبة سلت إن وجدت بين مكونات معلق التربة الحبيبية لقطع مسافة قدرها 10 سم بدرجة حرارة 20°.
8. اسحب بالماصة 25 سم³ (حجم الماصة المستعملة) من المعلق.

9. أخرج الماصة بهدوء وافرغ محتوياتها في جفنة خزفية نظيفة معروفة الوزن.

10. ضع الجفنة الخزفية في فرن كهربائي على حرارة 105° واتركها حتى تجف.

11. أخرج الجفنة من الفرن وضعها في مجفف حتى تبرد ثم زنها وسجل الوزن، يعبر فرق الوزن عن وزن الطين الموجود في 25 سم³ من المعلق.

طريقة الحساب:

$$\frac{\text{وزن الراسب في الفقرة الخامسة} \times \text{حجم مخبر الترسيب}}{\text{وزن السلت} + \text{وزن الطين الموجود في لتر}} = \frac{\text{وزن الماصة}}{\text{حجم الماصة}}$$

$$\frac{\text{وزن الراسب في الفقرة الخامسة} \times 1000}{\text{وزن السلت} + \text{وزن الطين الموجود في لتر}} = \frac{25}{}$$

أ - وزن السلت + وزن الطين الموجود في لتر = وزن الراسب في الفقرة الخامسة × 40.

ب - وزن الطين الموجود في لتر = وزن الراسب في الفقرة الخامسة عشرة × 40.

ت - وزن السلت الموجود في لتر = ناتج طرح الفقرتين السابقتين (أ - ب).

يمكن تحويل نتائج الحسابات السابقة لنسب مؤوية لأجل اسقاطها بشكل مباشر على مثلث لسيج التربة.

% لمكونة السلت = ناتج حساب الفقرة ت × 100 / وزن التربة الجافة تماماً.

% لمكونة الطين = ناتج حساب الفقرة ب × 100 / وزن التربة الجافة تماماً.

% لمكونة الرمل = (100 - (ناتج الفقرتين ت + ب × 100 / وزن التربة الجافة تماماً)).

يجب أن يكون مجموع المكونات الحبيبة الثلاثة السابقة متساوية للمائة، وأي انحراف عن ذلك مؤشراً على عدم الدقة ويشير إلى مقدار خطأ التحليل.

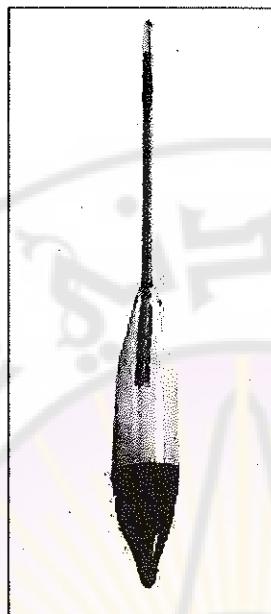
طريقة الهيدرومتر :Hydrometer method

عرض (G.J.Bouyoucos, 1926) لأول مرة طريقة الهيدرومتر، وقام بتطويرها وتعديلها عدة مرات لأجل استعمالها في التحليل الميكانيكي للتربة وتحديد مكوناتها الرئيسية. يعتمد المبدأ النظري لهذه الطريقة على تحديد كثافة معلق التربة "تركيز معلق التربة" في أزمان محددة، فكثافة معلق التربة تتناقص باستمرار بمرور الزمن نتيجة ازدياد ترسب مكوناتها الأكبر فالأخضر وفق قانون ستوكس.

تم تصميم الهيدرومتر بشكل مغزلي متراوحاً لتقليل الاحتكاك مع معلق التربة للحد الأدنى، مزود بأعلاه بذراع بدرجات مدرجة من 0-60، ليقرأ مقدار عدد الغرامات الموجودة في واحد لتر من معلق التربة بفرض أن الكثافة الحقيقية لمكونات التربة تساوي 2.65 g/cm^3 ، ووسط الانتشار هو الماء المقطر (شكل-8). يعمل الهيدرومتر بدرجة حرارة مئوية 67 فرنهايت = 20°C ، لذلك فإن أي تغير للحرارة في أثناء التجربة ستؤثر مباشرةً في لزوجة معلق التربة وبالتالي في سرعة سقوط المكونات الحبيبية للتربة وفي زمن سقوط الحبيبات، مما يوجب التصحيح بحيث يتم إضافة 0.4 لقراءة الهيدرومتر لكل درجة مئوية واحدة تزيد على 20°C ، أو يتم طرح 0.4 من قراءة الهيدرومتر لكل درجة مئوية واحدة تقل عن 20°C .

أيضاً تحضر تجربة غفل "شاهد" للتصحيح نتائج التحليل الناتجة عن إضافة المواد المبعثرة (الكلاغون)، ضع 50 مل من الكلاغون في مخبر ترسيب سعة لتر أكمل بالماء المقطر، تؤخذ قراءة الهيدرومتر وتطرح من جميع قراءات الهيدرومتر التابعة للتجربة والمصححة بالنسبة لدرجة الحرارة (شكل-9).

نطرح قراءة الشاهد من القراءات قبل التصحيح وليس بعده، وإلا يجب تصحيح
قراءة الشاهد تبعاً لدرجة الحرارة ثم نطرح من القراءات المصححة.



شكل - 8: الهيدرومتر.

جدول - 6: تغير زمنأخذ قراءة الهيدرومتر لحببات الطين مع تغير درجة الحرارة.

الزمن	درجة حرارة المعلق بـ °م
8 ساعات و 9 دقائق	18
7 ساعات و 57 دقيقة	19
7 ساعات و 45 دقيقة	20
7 ساعات و 35 دقيقة	21
7 ساعات و 24 دقيقة	22
7 ساعات و 13 دقيقة	23
7 ساعات و 3 دقائق	24
6 ساعات و 53 دقيقة	25
6 ساعات و 44 دقيقة	26
6 ساعات و 35 دقيقة	27
6 ساعات و 27 دقيقة	28

خطوات العمل بالهيدرومتر:

- ٠ ضع 50 غ من تربة ناعمة جافة هوائياً في كأس زجاجية سعة 600 مل.
- ٠ حدد الاسترطابية لعينة التربة.
- ٠ قم بازالة المادة العضوية والأملال المعدنية والأملال الذائبة من عينة التربة كما ورد في فقرة تحضير عينة التربة سابقة الذكر.
- ٠ أضف 100 مل من الكالغون تركيز 5%.
- ٠ مدد بإضافة نحو 200 مل ماء مقطرأ، امزج الخليط بقضيب زجاجي أو بملعقة بلاستيكية مدة 5 دقائق.
- ٠ انقل محتويات الكأس الزجاجية "عينة التربة الخالية تماماً من المواد والمركبات العضوية وجميع المواد الملاطية كذلك من جميع الأملال الذائبة" إلى وعاء المزج الكهربائي "الخلاط" Mixer.
- ٠ ثبت وعاء المزج في موضعه في الخلط الكهربائي، ثم شغل الخلط الكهربائي مدة خمس دقائق للترب الرملية الخفيفة أو مدة عشرة دقائق للترب الطينية الثقيلة.
- ٠ في حال عدم توفر خلاط كهربائي، ثبت الكأس الزجاجي على جهاز هزاز كهربائي مدة 16 ساعة وبمعدل 15 هزة/دقيقة.
- ٠ أكمل حجم معلم التربة في مighbار الترسيب بالماء المقطر إلى علامة اللتر.
- ٠ خذ بواسطة مقياس الحرارة درجة حرارة معلم التربة ضمن المighbار.
- ٠ قلب المعلم إما يدوياً بقلب مighbار الترسيب رأساً على عقب 10-12 مرة بحيث تتنقل حبيبات الراسب في كل مرة من جانب لآخر، أو بواسطة محرك يدوي (دفاس) من أعلى إلى أسفل داخل المعلم ولمدة 30-45 ثانية.
- ٠ ضع مighbار الترسيب على سطح طاولة في مكان مستقر ثابت الحرارة، ثم اسجل زمن نداء الترسيب.

٥ خذ قراءة الهيدرومتر في الأوقات التالية: 48 ثانية، 4 دقائق، ساعة و ساعتين، بما يناسب المجموعات الحبيبة التالية:

لمجموعة المكونات الحبيبة ذات الأقطار ≤ 50 ميكرون بعد 48 ثانية (ال التقسيم الأمريكي).

لمجموعة المكونات الحبيبة ذات الأقطار ≤ 20 ميكرون بعد 4 دقائق (ال التقسيم الدولي).

لمجموعة المكونات الحبيبة ذات الأقطار ≤ 5 ميكرون بعد ساعة واحدة.

لمجموعة المكونات الحبيبة ذات الأقطار ≤ 2 ميكرون بعد ساعتين.

٦ اغسل الهيدرومتر غسلاً جيداً بالماء المقطر بعد كل قراءة من القراءات السابقة ثم قم بتجفيفه بمنديل ورقية.

طريقة الحساب:

$$\text{لمكونة الرمال} = 100 - \left(\frac{\text{قراءة الهيدرومتر المصححة بعد 48 ثانية}^*}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}} \times 100 \right)$$

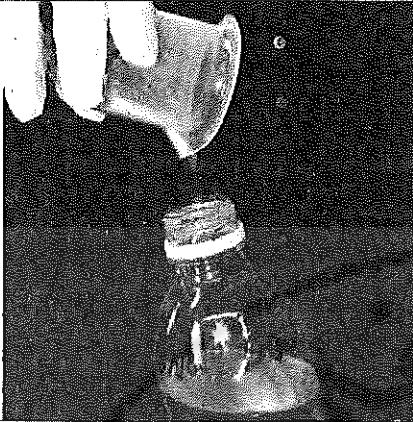
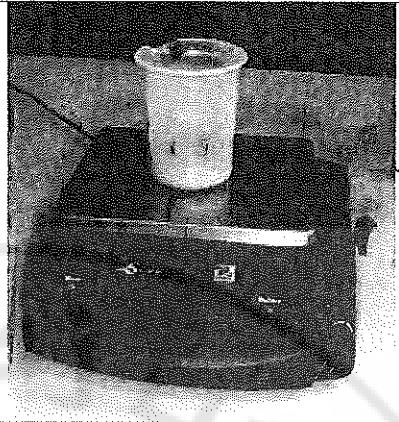
* حسب التصنيف الأمريكي أي الرمل يصل إلى 0.05مم.

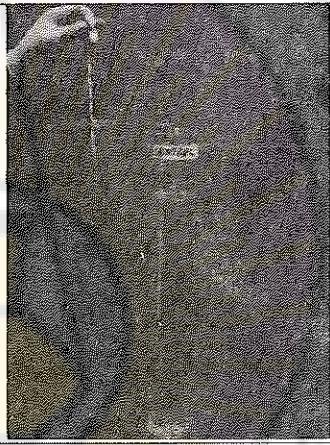
$$\text{لمكونة الرمال} = 100 - \left(\frac{\text{قراءة الهيدرومتر المصححة بعد 4 دقائق}^{**}}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}} \times 100 \right)$$

**) حسب التصنيف الدولي أي الرمل يصل إلى 0.02مم.

$$\text{لمكونة الطين} = \left(\frac{\text{قراءة الهيدرومتر المصححة بعد ساعتين}}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}} \times 100 \right) - 100$$

% لمكونة السلت = 100 - (% لمكونة الرمال + % لمكونة الطين)

	
تحضير المادة المبعثرة أو المفرقة (الكالغون)	وزن عينة التربة
	
إضافة المادة المفرقة (الكالغون) لعينة التربة	نقل عينة التربة لأس زجاجية سعة 600 مل
	
ترك العينة في مكان مستقر عدة ساعات	إضافة الماء المقطر وتحريك المزيج

 <p>أخذ قراءة الهيدرومتر لعينة التربة</p>	 <p>تحديد درجة حرارة حينتي الشاهد والتربة</p>

شكل-9: يوضح المراحل الرئيسية لتحضير عينة التربة لأجل تحديد مكوناتها الحببية الرئيسية.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- ميزان تحليل حساس بدقة 0.005 غ، فرن كهربائي، مجفف، حمام مائي، هزار كهربائي Shaker أو خلط كهربائي Mixer، مخبر ترسيب مدرج ارتفاع 340 ± 20 مم سعة 1لتر، دفاش (مكباس متقوب)، مقاييس حرارة، ماصات سعة 25مل، هيدرومتر (مكثاف)، ساعة توقيت، أقماع زجاجية، أغطية ساعة زجاجية، كؤوس زجاجية سعة 600مل، أوراق ترشيح.

المحاليل والكوافض:

- مادة مفرقة من سداسي ميتا فسفات الصوديوم $[NaPO_3]_{13}$] تركيز 5%. أذب 50 غ منها في 900 مل ماء مقطر دافئ، أضف كمية كافية من كربونات الصوديوم Na_2CO_3 لرفع الرقم الهيدروجيني إلى pH=8.2، ثم أكمل الحجم بالماء المقطر إلى اللتر. (ملاحظة: لا تستعمل المادة المفرقة المحضرة بعد مضي مدة تزيد على الأسبوعين من تاريخ إعدادها بسبب فسادها).
- حمض كلور الماء HCl (N 0.2).
- ماء أكسجيني H_2O_2 6%.
- نترات الفضة (N 0.05) $Ag NO_3$.
- ماء مقطر.

نسيج (قوام) التربة :Soil texture

بعد تحديد النسب المئوية للمجموعات الميكانيكية الرئيسية الثلاث المكونة للترب (رمل، سلت وطين) بطرق النخل، الماصة أو الهيدرومتر، يتم توصيف تركيبها الميكانيكي من خلال تصنيفها حسب نسيجها ويتم ذلك بإعطاء التربة تسمية مختصرة تعبر عن التوزيع الحبيبي فيها، يعكس محتواها من العناصر الميكانيكية الرئيسية الثلاثة، ونسبة كل منها إلى الآخر.

يستعمل من أجل تحديد نسيج التربة عدد كبير من مثلثات التصنيف الدولية "الأمريكي، البريطاني، الفرنسي، الألماني، السويدي، الياباني، الاسترالي.... إلا أن أكثرها استعمالاً هو:

• مثلث نسيج (قوام) التربة (Soil texture triangle) المقترن من وزارة الزراعة الأمريكية (USDA)، يتم اسقاط النسب المئوية للمجموعات الميكانيكية الرئيسية الثلاث (رمل، سلت وطين) عليه، وهو مثلث متساوي

الأضلاع، يمثل كل ضلع منه نسبة إحدى المجموعات الميكانيكية الرئيسية كنسبة مئوية تتدرج من 0% حتى 100% (شكل-10).

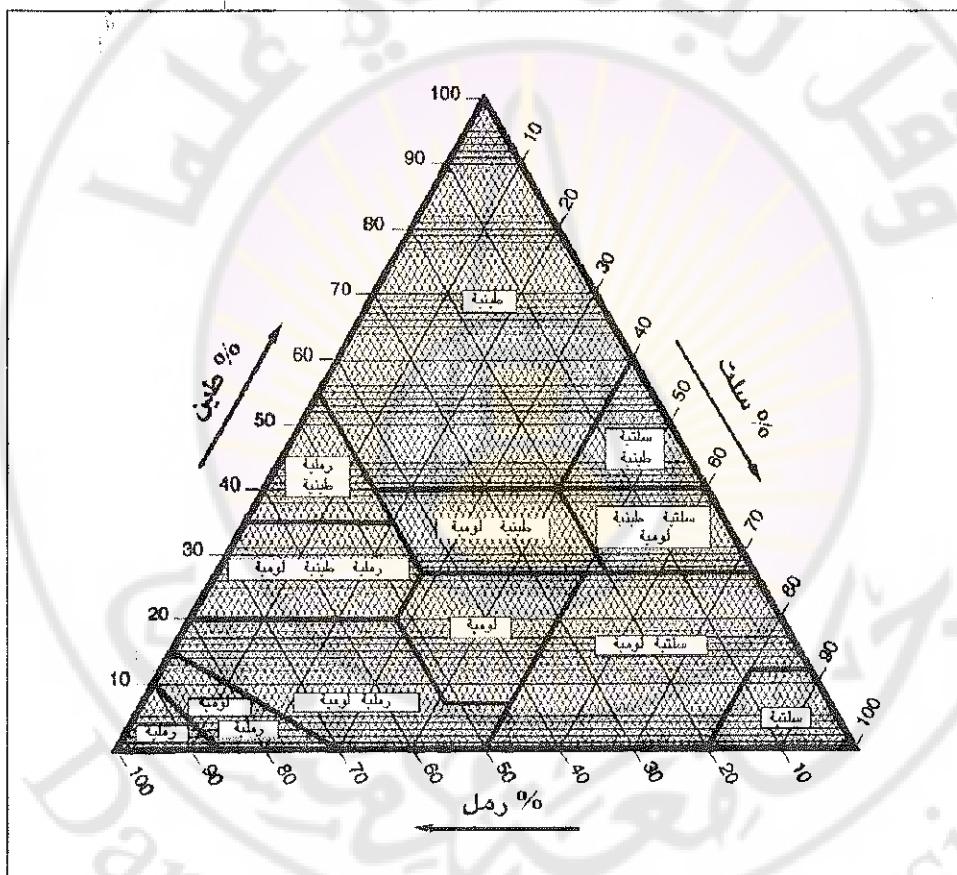
تقسم الترب في هذا المثلث حسب نسيجها إلى اثنى عشرة مجموعة تحمل كل منها تسمية محددة وذلك تبعاً لنسبة المجموعات الميكانيكية، لذلك فإن نتائج التحليل الميكانيكي لأية تربة تمثل بنقطة تقع ضمن إحدى هذه المجموعات، كما أن هذه النقطة تمثل ملتقى ثلاثة خطوط متوازية لأضلاع مثلث النسيج تؤخذ بداية كل منها في نقطة على أحد أضلاعه الثلاثة لتعبر وبالتالي عن نسبة كل من الطين والسلس والرمل، كما أن كل نقطة تمثل ما مجموعه 100% من مجموع المجموعات الميكانيكية الثلاث.

يمكن من مجموعات التربة الالثنى عشرة هذه، تحديد ثلاثة أنواع رئيسية من الترب هي:

٠ الترب الطينية "الغضارية": وهي الترب التي لا تقل فيها النسبة المئوية الوزنية للطين عن 40%， وتتميز تلك الترب نتيجة ارتفاع مكونة الطين على مقدرتها العالية على الاحتفاظ بالماء وقدرتها العالية أيضاً على الاحتفاظ بالعناصر المغذية للنبات وحركة ماء بطيئة خلالها ونفادية قليلة وقدرتها العالية على التمدد والانكماس. تكون الترب الطينية صعبة الخدمة لذلك تدعى بالتراب الثقيلة.

٠ الترب الرملية: هي الترب التي تزيد فيها النسبة المئوية الوزنية للرمل على 70%， حيث أنها فردية سائبة مفككة، تكون بصورة رئيسة من الكوارتز وبصورة ثانوية من الكالسيت. تتميز الترب الرملية بفقرها بالعناصر المغذية للنبات وقدرتها المنخفضة للاحتفاظ بالماء مع نفادية عالية وحركية رشح عالية للمياه، إلا أنها سهلة الخدمة لذلك تسمى ترباً خفيفاً.

٥ الترب اللومية "الطميسية": هي الترب التي تحتوي على نسب مئوية وزنية متساوية أو متقاربة من المجموعات الميكانيكية الرئيسية الثلاث (رمل، سلت وطين) لذلك تعد خصائص هذه الترب حالة متوسطة بين الأنواع المختلفة للتربيه، إذ تجمع هذه الترب الصفات الجيدة للتربيتين السابقتين، وتعد أكثر الترب ملائمة لأغلب المحاصيل الزراعية لا سيما كل من الخضار والفواكه، تتميز الترب اللومية بتهوية وحركة ماء جيدتين.



شكل-١٠: مثلث نسيج (قوام) التربة المقترن من وزارة الزراعة الأمريكية (USDA).



كثافة التربة

Soil density

مقدمة:

تعد التربة نظاماً خاصاً متعدد الأطوار غير متجانس، مسامي مبعثر، فهي تتكون من أربعة أطوار هي: طور صلب Solid phase يتتألف من مواد معدنية وأخرى عضوية، وطور سائل Liquid phase يتتألف من ماء التربة أو محلولها، وطور غازي Gaseous phase يشكل هواء التربة، وطور حي Live phase يضم أحياء التربة بمختلف أنواعها. لذلك تعد التربة من أعقد الأنظمة الطبيعية، فبالإضافة إلى تعدد أطوارها هناك تبايناً كبيراً في مكونات الطور الواحد، فعلى سبيل المثال لا تختلف مكونات الطور الصلب في تركيبها الكيميائي والفلزى فحسب بل تتبادر أيضاً في أبعادها (حجومها) وأشكالها، ما ينعكس مباشرة على نسيج التربة وشكل تجمعاتها الحبيبة وعلى مجمل الصفات الفيزيائية من كثافة ومسامية ونفاذية، إضافة إلى أن تركيب هواء التربة ومائتها يتباين مع تباين الزمان والمكان ومستوى العمق.

وعلى الرغم من أنه ليس من السهل الفصل بين أطوار التربة الأربع بسبب الترابط والتداخل فيما بينها، إلا أنه ولتبسيط بعض الاختبارات يتم فصل الطور الصلب عن الأطوار الأخرى، وعليه يمكن التمييز بين نوعين من أنواع حجم التربة هما:

- الحجم للحقيقي الذي يعبر عن حجم المكونات الحبيبية الصلبة فقط، وهو ثابت لكل نوع محدد من أنواع الترب.
- الحجم الظاهري الذي يعبر عن مجموع حجم المكونات الحبيبة الصلبة مضللاً لها حجم الفراغ "حجم المسام" الذي قد يكون مشغولاً بمكونات الأطوار

الأخرى. وهو متغير يتأثر بعمليات الخدمة المختلفة للترابة كالري والاسترراع والحراثة وكافة العمليات التي تؤثر بتراس أو تفكك بنية التربة. وبما أن كثافة التربة تتوقف على عامل الكتلة والحجم، وبما أن لأي تربة نوعان من الحجم هما الحجم الحقيقي والحجم الظاهري، عليه هناك نوعان من الكثافة هما الكثافة الحقيقية Real density والكثافة الظاهرية Apparent density. وبما أن الحجم الحقيقي للتربة أصغر من حجمها الظاهري وبالتالي فإن الكثافة الحقيقية تكون دائمًا أكبر من الكثافة الظاهرية، ولا يمكن لقيم هاتين الكثافتين أن تكون متساوية لأن ذلك يعني انعدام المسامية.

• الكثافة الحقيقة Real density (الوزن النوعي للتربة):

الوزن النوعي للتربة هو نسبة وزن مكوناتها الحبيبية "طورها الصلب" الجافة تماماً على وزن حجم مساوٍ لها من الماء في الدرجة $+4^{\circ}\text{C}$. أما الكثافة الحقيقة للتربة فهي عدد الغرامات التي يزنها سـ³ واحد من حبيبات التربة الجافة تماماً. لا تتأثر قيمة الكثافة الحقيقة ببنية التربة أو نظام ترتيب أو تنسيق مكوناتها الحبيبية، إنما تتأثر بتركيب التربة الفلزوي من جهة وبحمتوها من المادة العضوية من جهة أخرى. فأغلب الفلزات المنتشرة في التربة تتغير كثافتها الحقيقة بين 1.4-2.35 غ/سـ³ بينما تبلغ قيم الكثافة الحقيقة للمواد العضوية 2.85-2.8 غ/سـ³.

وتراوح قيم الكثافة الحقيقة للتراب بين 2.4-2.8 غ/سـ³ وتبلغ وسطياً 2.65 غ/سـ³. وترتفع قيم الكثافة الحقيقة للتربة عندما تحتوي على فلزات ذات وزن نوعي عالٍ كالмагنيتيت والهيماتيت والإيلميسيت والكروميت والبيروكسین والهورنبلند، بينما تتحفظ قيم الكثافة الحقيقة للتربة عندما تحتوي على نسب عالية من المادة العضوية.

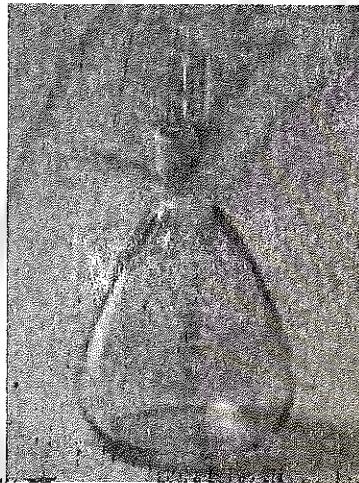
تقديم قيم الكثافة الحقيقية للترابة فكرة واضحة عن محتواها من الفلزات المعدنية الثقيلة أو محتواها من المادة العضوية و تستعمل عادة لتقدير كل من:

- المسامية الكلية وذلك بعد تقدير الكثافة الظاهرية.

• سرعة سقوط المكونات الحبيبية في المعلق في عملية التحليل الميكانيكي.

تحدد الكثافة الحقيقة بواسطة دورق "قينة" الكثافة (البكنومتر Pycnometer) الذي يمكن من حساب وزن الماء المزاح، وبالتالي تقدير حجمه نتيجة لإضافة وزن معين من التربة. فحجم الماء المزاح يساوي حجم التربة المضافة للدورق.

الأجهزة والأدوات اللازمة:



- دورق الكثافة (البكنومتر).
- ميزان حساس، تبلغ دقته 0.001 غ.
- جفونات خزفية.
- فرن كهربائي.
- مجفف.
- حمام مائي.
- مقاييس حرارة.
- قمع زجاجي.

خطوات العمل:

- زن دورق الكثافة النظيف الجاف، وسجل الوزن ول يكن (W_a).
- ضع نحو 10 غ من التربة الجافة هوائياً في دورق الكثافة، نظف السطح الخارجي للدورق من حبيبات التربة التي تكون قد التصقت به، ثم زن الدورق مرة أخرى مع محتوياته ول يكن (W_s).
- حدد نسبة الماء الهيغروسكوببي في عينة التربة، ثم صلح الوزن السابق إلى وزن دورق الكثافة مع محتوياته من التربة الجافة تماماً ($W_{s'}$).

- املأ الدورق إلى منتصفه بالماء المقطر مع مراعاة غسل جداره الداخلي بما علق به من حبيبات التربة.
- ضع دورق الكثافة في حمام مائي مدة نصف ساعة على درجة 100°C، حتى للغليان بهدف التخلص من أي فقاعات غازية موزعة بين المكونات الحبية. (يمكن تحقيق ذلك أيضاً بخض دورق الكثافة مدة ربع ساعة).
- برد دورق الكثافة ومحتوياتها إلى درجة حرارة الغرفة، ثم أضاف كمية كافية للدورق من الماء المقطر المغلى المبرد (لا يحتوي على هواء ذائب) حتى يمتئي. ضع غطاء الدورق بحرص ثم جفف سطحه الخارجي جيداً، زن دورق الكثافة مع محتوياته من التربة والماء ول يكن (W_{sw}).
- أغسل دورق الكثافة جيداً بالماء وأملأه بالماء المقطر، ضع غطاء الدورق بحرص ثم جفف سطحه الخارجي جيداً، زن دورق الكثافة مع محتواه من الماء ول يكن (W_w).
- استخرج كثافة الماء المضاف dw من الجداول المعدة لذلك، في درجة حرارة المختبر.
- احسب الكثافة الحقيقة لحببيات التربة D_p كالتالي:

W_a	01 وزن الدورق فارغا
W_s	02 وزن الدورق مع التربة الجافة تماماً
W_w	03 وزن الدورق ممتئاً بالماء
W_{sw}	04 وزن الدورق مع التربة والماء
$(W_s - W_a)$	05 وزن عينة التربة جافة تماماً
$(W_w - W_a)$	06 وزن الماء الكامل في الدورق
$(W_{sw} - W_s)$	07 وزن الماء في الدورق بوجود عينة التربة
	08 وزن الماء المزاح = وزن الماء الكامل - وزن الماء في الدورق بوجود التربة

$$09 \quad \text{وزن الماء المزاح} = (W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s)$$

$$10 \quad \text{حجم الماء المزاح} = (W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s) / dw$$

حيث dw كثافة الماء، التي تتغير قيمتها مع تغير درجة الحرارة (جدول-

7)، وتجاوزاً تعد كثافة الماء في الكثير من الأحوال متساوية للواحد.

$$11 \quad \text{الكثافة الحقيقية} = (\text{وزن عينة التربة الجافة تماما}) / (\text{الحجم الحقيقي للتربة} = \text{حجم الماء المزاح})$$

$$12 \quad D_p = dw \cdot (W_s - W_a) / ((W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s))$$

جدول-7: انخفاض كثافة الماء بارتفاع درجة الحرارة.

كثافة الماء dw	الحرارة °م
0.9985	11
0.9984	12
0.9983	13
0.9982	14
0.9981	15
0.9979	16
0.9977	17
0.9976	18
0.9974	19
0.9972	20

مثال-1:

حدد الكثافة الحقيقية لعينة تربة وزنها الجاف هوائيًا 12.42 غ ونسبة الماء الهيغروسكوبى 8%， إذا علمت أن وزن الدورق فارغاً كان 56.82 غ، وزنه مع الماء 94.72 غ ومع عينة التربة والماء 97.55 غ.

الحل:

$$\frac{\text{وزن عينة التربة الجافة هوائيًا} \times 100}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)} = \text{وزن عينة التربة \% للرطوبة} + 100}$$

$$\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)} = ((8+100) / (100 \times 12.42)) = 11.5 \text{ غ}$$

$$\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)} = (108 / 1242) = 85.6 \text{ غ}$$

باتباع الخطوات السابقة لتحديد قيمة الكثافة الحقيقية نجد:

W_a	56.82
W_s	68.32
W_w	90.48
W_{sw}	97.55
$(W_s - W_a)$	11.50
$(W_w - W_a)$	33.66
$(W_{sw} - W_s)$	29.23
$(W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s)$	4.43
$(W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s) / dw$	4.43 سم^3
$dw \cdot (W_s - W_a) / ((W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s))$	2.60 غ/سم^3

مثال-2:

حدد الكثافة الحقيقية لعينة تربة وزنها الجاف هوائياً 10 غ ونسبة الماء الهيغروسكوبى 5.2%， إذا علمت أن وزن الدورق فارغاً كان 52.5 غ، وزنه مع الماء 102.4 غ و مع عينة التربة و الماء 108 غ.

الحل:

$$\text{وزن عينة التربة الجافة هوائياً} \times 100$$

$$= \frac{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)}}{100 + \% \text{ للرطوبة}}$$

$$((5.2+100) / (100 \times 10)) = \text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)}$$

$$\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)} = (105.2 / 1000) = 9.5 \text{ غ}$$

باتباع الخطوات السابقة لتحديد قيمة الكثافة الحقيقية نجد:

W_a	52.50
W_s	62.00
W_w	102.4
W_{sw}	108
$(W_s - W_a)$	9.5
$(W_w - W_a)$	49.9
$(W_{sw} - W_s)$	46
$(W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s)$	3.9
$(W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s) / dw$	3 سم ³ 3.9
$dw \cdot (W_s - W_a) / ((W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s))$	2.44 غ/سم ³

• الكثافة الظاهرية للتربة (الوزن الحجمي) :**Bulk density**

تعبر الكثافة الظاهرية عن النسبة بين كتلة التربة الجافة تماماً وحجمها الظاهري، أي الحجم الكلي للتربة (حجم المكونات الحبيبة الصلبة مضافاً لها حجم الفراغات البينية). وتتأثر قيم الكثافة الظاهرية للتربة بطبيعة تركيبها الحبيبي ودرجة تراصدها واندماجها أو تفككها ونسبة المواد الدبالية بها وبالنسبة المئوية لمساميتها، وتقع بين $0.9-1.8 \text{ غ}/\text{سم}^3$. لذلك فالكثافة الظاهرية تقدم فكرة واضحة عن مسامية التربة ودرجة تفككها أو تراصدها وهو ما يؤثر مباشرةً في عملية التوصيل الهيدروليكي (درجة النفاذية) والانتشار الغازي والتوصيل الحراري للتربة ما ينعكس على عمليات النمو والانتاج النباتي من خلال تأثيرها المباشر في الأنظمة المائية والهوائية والحرارية للتربة.

ولتحديد الكثافة الظاهرية هناك مجموعة من الطرق الحقلية والمخبرية أهمها:

• الطرائق الحقلية:

• طريقة أسطوانة التربة Core method: تعد أكثر للطرائق دقةً وصحةً وشيوعاً وسهولةً، حيث تأخذ عينة التربة بما يتواضعها الطبيعي في الحقل Undisturbed، أو على هيئة فتات التربة.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

• أسطوانة تربة معدنية ذات غطائين، مطرقة خشبية، ميزان، تبلغ دقته 0.1 غ ، جفونات خزفية أو كؤوس زجاجية، فرن كهربائي، مجفف، مسطرة خشبية.

خطوات العمل:

الكثافة الظاهرية لعينات القرية غير المثاررة:

- زن أسطوانة معدنية فارغة جافة نظيفة، حجمها بين $200-500 \text{ سم}^3$.
- حدد الأفق لو العمق الذي ستحدد فيه الكثافة.

- ارفع أغطية الأسطوانة ثم ادفعها رأسياً داخل التربة، يمكن طرق الأسطوانة طرقة خفيفاً بالمطرقة الخشبية حتى تمتلئ تماماً بالترابة بحيث لا يحدث أي تشويه أو خلخلة أو تضاغط لبنية التربة الطبيعية.
- أزل التربة المحيطة بالأسطوانة.
- أخرج الأسطوانة برفق مع محتواها من التربة، ثم يتم تسوية سطح التربة عند طرف الأسطوانة وذلك بعد التأكد من امتلائها تماماً بالتربة.
- افرغ التربة من الأسطوانة إلى كأس زجاجية وجففها في فرن على درجة حرارة 105°C مدة 24 ساعة إلى أن يتم التخلص من الرطوبة.
- حدد رياضياً حجم أسطوانة التربة الظاهري "يُؤخذ مقاس القطر الداخلي".
- احسب قيمة الكثافة الظاهرية للتربة وفق التالي:

وزن التربة الجافة تماماً (غ)

$$\frac{\text{الكثافة الظاهرية غ/سم}^3}{\text{حجم التربة (حجم الأسطوانة الداخلية) (سم}^3)} =$$

الكثافة الظاهرية للعينات المطحونة:

- وزن أسطوانة معدنية جافة نظيفة، حجمها بين 100-200 سم³.
- املأها كاملاً بالتربة الناعمة مع طرقها عدة مرات براحة الكف.
- وزن الأسطوانة وهي ممتلئة بالتربة.
- ضع عينة التربة في فرن على درجة حرارة 105°C إلى أن يثبت الوزن، ثم زنها وسجل الوزن.
- حدد رياضياً حجم أسطوانة التربة "يُؤخذ مقاس القطر الداخلي".
- احسب قيمة الكثافة الظاهرية للتربة وفق التالي:

وزن التربة الجافة تماماً (غ)

$$\frac{\text{الكتافة الظاهرية } \text{غ}/\text{سم}^3}{\text{حجم التربة (حجم الاسطوانة) } (\text{سم}^3)} =$$

مثال-1:

إذا كانت قيم الكثافة الظاهرية للتربة $1.32 \text{ غ}/\text{سم}^3$ ، أحسب كتلة ثلاثة هكتارات منها لعمق 20 سم.

الحل:

$$\text{كتلة الأرض} = (\text{الحجم} \times \text{الكتافة الظاهرية})$$

$$\text{كتلة الأرض} = (\text{المساحة} \times \text{العمق} \times \text{كتافتها الظاهرية})$$

$$\text{كتلة الأرض} = (1.32 \times 0.2 \times 3 \times 10000) = 7920 \text{ طن}$$

مثال-2:

حدد الكثافة الظاهرية لعينة تربة وزنها الجاف هوائياً 400 غ ونسبة الماء الهيغروسكوببي 10%， إذا علمت أن ارتفاع الاسطوانة 6 سم ونصف قطرها الداخلي 4 سم.

الحل:

$$\text{وزن عينة التربة الجافة هوائياً} \times 100$$

$$= \frac{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)}}{\text{للماء الهيغروسكوببي} + 100}$$

$$\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)} = ((10+100) / (100 \times 400)) =$$

$$\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً (غ)} = (110 / 40000) = 363.6 \text{ غ}$$

وزن التربة الجافة تماماً (غ)

$$\frac{\text{الكتافة الظاهرية غ/سم}^3}{\text{حجم الاسطوانة سم}^3} = \frac{\text{وزن التربة الجافة تماماً (غ)}}{\text{حجم الاسطوانة سم}^3}$$

$$\frac{363.6 \text{ غ}}{(16 \times 3.14 \times 6) \text{ سم}^3} = \frac{\text{الكتافة الظاهرية غ/سم}^3}{\text{حجم الاسطوانة سم}^3}$$

$$\frac{363.6 \text{ غ}}{301.4 \text{ سم}^3} = \frac{1.21 \text{ غ/سم}^3}{\text{الكتافة الظاهرية غ/سم}^3}$$



مسامية التربة الكلية

Total soil porosity

تعبر المسامية الكلية عن مجموع المسام والفراغات بمختلف أشكالها وحجومها في وحدة الحجم الظاهري من التربة أو حجم الفراغ النسبي الممتد إما بالهواء أو الماء أو البخار ويعبر عنها كنسبة مئوية من حجم التربة. وهي تتأثر بعدة عوامل منها: التركيب الميكانيكي للترابة وبنيتها واندماجها وتراسها ومحتوها من المادة العضوية وعمليات خدمتها المختلفة من القلب والحراثة وغيرها. وتراوح النسبة المئوية لمسامية الكلية للترب عموماً بين 30% للترب الرملية الخفيفة ولنحو 60% للترب الطينية الثقيلة.

ولتحديد المسامية الكلية للتربة أهمية زراعية كبيرة فهي تعكس بشكل جلي وواضح الكثير من الخصائص الهامة للتربة كالسعيدة المائية والنفاذية ودرجة التهوية وغيرها. وقد صفت كاشتینسکی نوعية مسامية التربة الكلية تبعاً لوجودها، كما في الجدول-8.

جدول-8: تصنيف نوعية مسامية التربة الكلية تبعاً لوجودها.

نوعية مسامية التربة	النسبة المئوية الحجمية للمسام	
ممتازة	< 50%	1
جيدة	50 - 45%	2
مقبولة	45 - 40%	3
غير مقبولة	40 - 30%	4
سيئة جداً	> 30%	5

وتقدير مسامية التربة الكلية بطرقين رئيسين هما:
إما بالطريقة الحسابية (غير المباشرة) حيث يمكن حساب المسامية من الكثافة
الظاهرية والحقيقة للتربة نفسها حسب المعادلة الآتية:

(الكثافة الحقيقة - الكثافة الظاهرية)

$$100 \times \frac{\text{الكثافة الحقيقة}}{\text{الكثافة الظاهرية}} = \% \text{ للمسامية}$$

$$100 \times \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقة}} - 1 = \% \text{ للمسامية}$$

مثال-1:

حدد النسبة المئوية للمسامية الكلية لعينة تربة كثافتها الحقيقية تساوي 2.60 غ/سم³، وكثافتها الظاهرية تساوي 1.15 غ/سم³.

الحل:

(الكثافة الحقيقة - الكثافة الظاهرية)

$$100 \times \frac{\text{الكثافة الحقيقة}}{\text{الكثافة الظاهرية}} = \% \text{ للمسامية}$$

$$100 \times \frac{(1.15 - 2.60)}{2.60} = \% \text{ للمسامية}$$

$$100 \times \left(\frac{1.15}{2.60} - 1 \right) = \% \text{ للمسامية}$$

$$\% 55.77 = (44.23 - 100) = \left(\frac{---}{2.60} - 100 \right) \% \text{ للمسامية}$$

مثال-2:

في عينة تربة بلغت النسبة المئوية لمساميتها الكلية تساوي 45%， حدد الكثافة الظاهرية لهذه العينة.

الحل:

نفترض في هذه الحالة أن الكثافتها الحقيقية لهذه العينة تساوي 2.65 غ/سم³.
 (الكثافة الحقيقة - الكثافة الظاهرية)

$$100 \times \frac{\text{الكثافة الحقيقة}}{\text{الكثافة الظاهرية}} = \% \text{ للمسامية}$$

$$\times 100$$

$$100 \times \left(\frac{2.65}{2.60} - 1 \right) = \% \text{ للمسامية}$$

$$\left(\frac{2.65}{2.60} - 1 \right) \times 100 = 45$$

$$(2.65 \times (100 - 45)) = 100 \times \text{الكثافة الظاهرية}$$

$$\text{الكثافة الظاهرية} = (100 : (2.65 \times 55)) = 1.46 \text{ غ/سم}^3$$

- من المعادلة السابقة يمكن حساب أي مجهول إذا توافر المعلومان الآخرين.
- أو حلهاً بطريقة المعلق: تستعمل هذه الطريقة لتقدير المسامية الكلية بشكل تقريري.

خطوات العمل :

- ٠ أضف 60 سم³ من الماء في مخارب زجاجي مدرج سعة 100 سم³.
 - ٠ حدد كمية 40 سم³ من عينة تربة ناعمة جافة بواسطة مخارب زجاجي مدرج سعة 100 سم³.
 - ٠ انقل عينة التربة إلى جفنة خزفية.
 - ٠ أضف عينة التربة تدريجياً إلى المخارب الزجاجي المدرج مع ضرورة التحريك بواسطة قضيب زجاجي، خض معلق التربة مدة 10 دقائق.
 - ٠ سجل حجم المعلق في المخارب الزجاجي المدرج.
- احسب نسبة المسامية الكلية من المعادلة الآتية:

$$\text{نسبة المسامية الكلية} = \frac{(جـم التـربـة + جـم المـاء) - جـم المـعلـق}{جـم التـربـة} \times 100$$

مثال:

إذا كان حجم عينة التربة 40 سم³ وزنها الجاف 52 غ وحجم الماء 62 سم³، وبلغ حجم معلق التربة بعد التحريك 84 سم³.

- ٠ احسب نسبة المسامية الكلية، الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية.

$$\text{نسبة المسامية الكلية} = \frac{(84 - (62 + 40))}{40} \times 100 = \frac{18}{40} \times 100 = 45\%$$

$$\text{الكثافة الظاهرية} = \frac{52}{40} = 1.3 \text{ غ/سم}^3$$

$$\text{الكثافة الحقيقة} = \frac{52}{18 - 40} = 2.36 \text{ غ/سم}^3$$



الباب الثالث

التحاليل الكيميائية لعينات التربة

Chemical analyses of soil samples



تقدير الكربونات الكلية في التربة

Determination of total Carbonate in soil

توجد كربونات الكالسيوم غير العضوية بصورة رئيسة إما على حالة كربونات الكالسيوم (الكالسيت أو الأراغونيت) أو كربونات المغنتيزيوم والمغنتيزيوم المختلط (الدولوميت) وبدرجة نادرة كربونات المغنتيزيوم (المغنتيت) أو كربونات الحديد (السييريت) أو كربونات المنغنيز (الرودوكروزيت).

ويتبادر محتوى التربة من الكربونات الكلية بدرجة كبيرة جداً، ويعود ذلك لطبيعة الصخور الأم وللمناخ السائد، فقد ينعدم وجودها كما في الترب المغسولة المنتشرة في المناطق ذات الهطولات المائية المرتفعة أو قد تتجاوز نسبتها 70% كما هي الحال في ترب المناطق الجافة ذات الهطولات المائية المنخفضة. وتؤدي الكربونات الكلية دوراً مهماً في التربة، حيث تؤثر مباشرةً في الأسس الهيدروجيني وبالتالي نوعية وكمية العناصر المغذية للنبات، وتسمم بجمع مكونات التربة للحبيبية وبالتالي تسمم في تحسين بنية التربة.

الكشف عن الكربونات الكلية في التربة وطرق تقديرها:

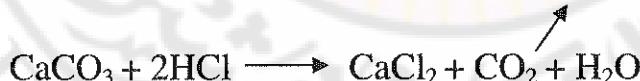
يتم الكشف عن وجود الكربونات في التربة وتحديد كميتها التقريرية بتحدد درجة الفوران الناجمة عن إضافة بعض قطرات من حمض كلور الماء تركيز 10% عليها، وكما هو موضح في الجدول-9 التالي:

درجة الفوران	% للكربونات	كمية الكربونات التقريبية
لا يلاحظ الفوران	0.3 >	معدومة أو آثار
فوران ضعيف جداً ومتقطع	1 - 0.3	قليلة جداً
فوران ضعيف بدون نقطع مع فقاعات صغيرة	2 - 1	قليلة
فوران متوسط لشديد مع فقاعات متوسطة لكبيرة	5 - 2	معتدلة
فوران شديد مع فقاعات كبيرة	15 - 5	عالية
فوران شديد جداً	15 <	عالية جداً

ويعتمد المبدأ العام لطرائق تقدير الكربونات الكلية في التربة على تفاعل هذه الكربونات مع كمية كافية من الحمض، ومن ثم تحديد إما وزن غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق (الطريقة الوزنية)، أو تحديد حجمه (الطريقة الحجمية).

• الطريقة الوزنية:

هي طريقة عالية الدقة وتصلح في تقدير نسبة الكربونات في التربة إذا كانت هذه النسبة من 0-70% من وزن التربة، تعتمد هذه الطريقة على تحديد الفاقد الوزني لعينة تربة جافة تماماً نتيجة انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون بعد معاملتها بكمية كافية من حمض كلور الماء وفق التفاعل التالي:



الأجهزة والأدوات اللازمة:

• فرن كهربائي، مجفف، ميزان تحليل حساس دقته 0.001 غ، كأس زجاجية سعة 50 مل، غطاء ساعة، مخارب زجاجي مدرج.

الحاليل:

- حمض كلور الماء HCl (N 3)، خف 248.4 مل من حمض كلور الماء المركز (1.19 غ/سم³, 37%) في الماء المقطر، امزج جيداً، برد، ثم أكمل الحجم إلى التر.

خطوات العمل:

- ضع 10 مل من حمض كلور الماء HCl (N 3) في كأس زجاجية سعة 100 مل.
- زن الكأس الزجاجية مع محتواها من الحمض وليكن W_1 .
- زن نحو 1 غ تربة جافة هوائية على زجاجة الساعة، وزن من جديد وليكن الوزن W_2 .
- أضف التربة الناعمة بحذر، وتدرجياً للكأس الزجاجية، غط الكأس بغطاء ساعة دون الاحكام، ثم حرك محتوياته واتركه مدة ساعتين.
- زن الكأس الزجاجية مع محتوياتها بعد التأكد من انتهاء التفاعل وليكن W_3 .

طريقة الحساب:

$$\frac{100 \times (W_3 - W_2)}{(W_1 - W_2)} = \text{CO}_2 \%$$

$$2.274 \times \% \text{ CO}_2 = \text{CaCO}_3 \%$$

• الطريقة الحجمية:

يستعمل في هذه الطريقة المكلاس Calcimeter له أنبوبه على شكل U ثبت على حامل له مسطرة مدرجة (شكل 11)، فعند تفاعل الكربونات الكلية في

التربة مع كمية كافية من حمض كلور الماء وفي الشروط النظامية من الحرارة والضغط، فان غاز ثنائي أكسيد الكربون سيضغط في شعبة أنبوبة الكالسيمتر المتصلة به ليرتفع السائل (محلول ملح الطعام الملون) في الشعبة الأخرى، ويسجل مقدار ارتفاع السائل. للمقارنة تؤخذ أوزان متزايدة من كربونات الكالسيوم الجافة والنقية (0.1,0.2,0.3,0.4,0.5) ويقاس في كل منها ارتفاع السائل في أنبوبة المكلاس، ثم نرسم العلاقة البيانية التي تربط بين أوزان كربونات الكالسيوم وارتفاع السائل، ومن الخط البياني تحدد كمية كربونات الكالسيوم في عينة التربة.

و قبل اتباع خطوات الطريقة الحجمية ينصح عادةً بإجراء الاختبار الوصفي لشدة فوران عينة التربة لدى معاملتها بحمض كلور الماء، من أجل تحديد الكمية المناسبة من التربة الواجب معاملتها بالحمض والموضحة في (الجزء 10)

التالي :

جدول-10: العلاقة بين درجة الفوران وزن عينة التربة المقترن للتحليل.

وزن التربة الجافة هوائياً بالغرام	درجة الفوران	
5	فوران متوسط	1
2	فوران شديد نسبياً	2
1	فوران شديد	3
0.5	فوران شديد جداً	4
0.2	فوران عالٍ للغاية	5



شكل-11: أحد أشكال أجهزة المكلاس لتقدير الكربونات الكلية في التربة.

- خطوات العمل:
 - زن (0.2-5g) من عينة التربة الجافة تبعاً للاختبار الوصفي لشدة الغوران والموضع في (الجدول-10)، ثم ضعها أسفل دورق المكلاس.
 - ضع 10مل من حمض HCl 10% في أنبوب الاختبار.
 - أدخل أنبوب الاختبار ضمن دورق المكلاس بشكل رأسى.
 - أغلق دورق المكلاس بشكل محكم.
 - تأكد من مستوى السائل في طرفي المكلاس الزجاجية.
 - اقلب كمية الحمض على عينة التربة ضمن دورق المكلاس، مثبتاً غطاء الدورق، حرك الدورق وانتظر 5 دقائق.

- سجل مقدار ارتفاع السائل في أحد شعبيتي المكلاس.
- اغسل الدورق وأنبوب الاختبار.
- كرر الخطوات السابقة على أوزان محددة من كربونات الكالسيوم النقية الجافة، ارسم خطأ بيانيًّا بحيث تكون كمية كربونات الكالسيوم على محور السينات وارتفاع السائل على محور العينات.
- حدد كمية الكربونات في التربة من الخط البياني.
- احسب النسبة المئوية للكربونات الكلية في التربة من العلاقة التالية:

قراءة الخط البياني $\times 100$

$$\frac{\text{وزن عينة التربة}}{\text{CaCO}_3 \%}$$

وزن عينة التربة

* تقدير الكربونات الكلية بطريقة المعايرة.

تعامل عينة التربة بكمية فائضة من حمض كلور الماء، ويتم تفاعل كربونات التربة الكلية مع كمية من الحمض المضاف وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. تغير الكمية الفائضة من الحمض بماءات الصوديوم وبوجود مشعر الفينول فتالثين،

حسب المعادلتين التاليتين:



ال محليل والکواشف:

* حمض كلور الماء $\text{HCl}(N 1)$ ، أضف 8.28 مل من حمض كلور الماء المركز (19.19 غ/ سم^3 %) إلى 200 مل الماء المقطر، امزج جيداً، برد، ثم اكمل الحجم إلى اللتر.

- ماءات الصوديوم NaOH (N 1)، أذب 40 غ من ماءات الصوديوم في ماء مقطر، برد ثم انقل إلى دورق، اكمل الحجم إلى 1لتر.
- تليل فينول فثاليين $\{\text{C}_6\text{H}_4\text{COOC(C}_6\text{H}_4\text{.4OH)}_2\}$ ، أذب 1 غ في 100 مل إيثانول (كحول إتيلي).
- إيثانول (%95) $(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.
- ماء مقطر.

خطوات العمل:

- زن 1 غ من التربة الجافة هوائياً وضعها في دورق مخروطي سعة 250 مل.
- أضف 10 مل من حمض كلور الماء HCl (N 1) إلى الدورق بواسطة ماصة حجمية.
- حرك المزيج ثم اترك الدورق لليوم التالي، أو سخنه لدرجة حرارة 60° لمدة ساعتين، ثم دع الدورق يبرد.
- أضف 50-100 مل ماء مقطرًا مستعملًا المackbar المدرج سعة 100 مل، ثم أضف 2-3 قطرات من مشعر الفينول فثاليين.
- عاير حجمياً بمحلول ماءات الصوديوم NaOH (N 1)، مع الاستمرار بتحريك الدورق حتى يظهر اللون الذهري الخفيف.
- سجل كمية ماءات الصوديوم المستهلكة حتى تغير اللون.

طريقة الحساب:

$$\frac{100 \times 0.05 \times (\text{N}_2 \times V_2) - (\text{N}_1 \times 10)}{W} = \text{CaCO}_3 \%$$

حيث:

$10 =$ حجم حمض كلور الماء المضاف بالمل.

$N_1 =$ نظمية حمض كلور الماء.

$N_2 =$ نظمية ماءات الصوديوم.

$V_2 =$ حجم ماءات الصوديوم المستهلك في المعايرة بالمل.

$W =$ وزن التربة الجافة تماماً.

$0.05 =$ ناتج عن تحويل مليمكافي من كربونات الكالسيوم إلى غرام.

$100 =$ للتحويل إلى نسبة مئوية.

تقدير المادة العضوية في التربة

Determination of organic matter in soil

تضم المادة العضوية في التربة المواد ذات الأصل النباتي أو الحيواني كبقايا النباتات والحيوانات بمختلف مراحل تحللها. ويشتمل تركيبها الكيميائي على البروتينات والكريوهيدرات والدهون والليغنين إضافة إلى بعض العناصر الكيميائية المعدنية غير العضوية كالكلاسيوم والبوتاسيوم والحديد والفسفور والكربونات. وتتوقف سرعة تحلل المادة العضوية على نوعيتها وتركيبها الكيميائي ونوع وكم الكائنات الحية الدقيقة ونوعية الترب ودرجة تفاعل سطحها وتهويتها. وعلى الرغم من أن نسبة المادة العضوية في أغلب الترب قليلة بين أقل من 1% إلى نحو 6%， إلا أنها تسهم بدرجة فعالة في تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وكذلك الخصوبية. فهي تعمل على تحسين بنية التربة وتجميع مكوناتها الحبيبية، وكذلك رفع قدرتها على الاحتفاظ بالماء، وتعمل على زيادة سعة التبادل الكاتيونية، وتؤثر في رقم حموضتها، وتعد مصدراً مهماً للعناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات. وقد قسمت الترب تبعاً لمحتواها من المادة العضوية لأنواع المدرجة في الجدول التالي:

جدول-11: أنواع الترب تبعاً لمحتواها من المادة العضوية ودرجة التحلل "التبيل".

النسبة المئوية للمادة العضوية	درجة التحلل أو التبيل	الدرجة
0.5 >	منخفضة جداً	1
1.5 - 0.5	منخفضة	2
2.5 - 1.5	معتدلة	3
6 - 2.5	مرتفعة	4
15 - 6	مرتفعة جداً	5
30 - 15	مرتفعة للغاية "تراب نصف مستقعية"	6

طرائق تقدير المادة العضوية في التربة:

تقدير المادة العضوية في التربة بعد طرائق تتفاوت في درجة دقتها، منها:

طريقة الفقد من خلل أكسدة المادة العضوية بحرقها:

وتعتمد هذه الطريقة على حرق محتويات التربة من المادة العضوية بالفرن على درجة حرارة عالية تتغير بين 400-700°C، يؤخذ على هذه الطريقة أن نتائجها غير دقيقة بسبب فقدان التربة جزءاً من وزنها نتيجة الحرق كالملام البلوري لفلزات الغضار والتحلل الجزيئي للفلزات الكربوناتية في التربة الجيرية.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- فرن كهربائي تصل درجة حرارته إلى 1000°C، مجفف، ميزان تحليل حساس تبلغ دقتها 0.001 غ، جفنات من الخزف "البورسلين"، ملقط ذات أنفு طويلة.

خطوات العمل:

- ضع 10 غ من تربة جافة تماماً في جفنة بورسلين جافة، ثم زنها معاً.
- ضع جفنة البورسلين مع محتواها من التربة الجافة تماماً في الفرن، بعد ضبطه على درجة حرارة 400°C، مدة 3 ساعات "خلال هذه المدة تتلاكسد المادة العضوية".
- أخرج جفنة البورسلين من الفرن وضعها في المجفف حتى تبرد، ثم زنها مع محتواها من التربة المحروقة.

طريقة الحساب:

$$\text{مقدار المادة العضوية} = \frac{(\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً} - \text{وزنها بعد الحرق}) \times 100}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}}$$

$$= OM \%$$

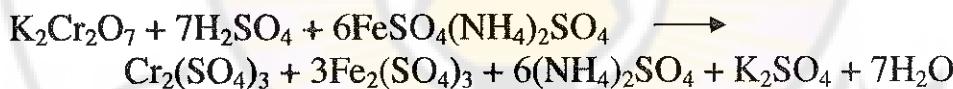
وزن عينة التربة الجافة تماماً

طريقة أكسدة المادة العضوية بواسطة ثانوي كرومات البوتاسيوم:

تعد هذه الطريقة من أدق طرائق تقدير الكربون العضوي ومن ثم تقدير المادة العضوية، حيث يتم أكسدة الكربون العضوي بواسطة ثانوي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ في وسط شديد الحموضة ساخن. حسب المعادلة الآتية:



إضافة حمض الكبريت H_2SO_4 المركز تؤدي إلى رفع درجة حموضة وسط التفاعل أي رفع تركيز أيون الهيدروجين من جهة ونشر كمية هائلة من الحرارة من جهة أخرى مما يساعد على اتمام عملية أكسدة الكربون العضوي. وتعامل التربة في هذه الطريقة بكمية فائضة من محلول ثانوي كرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة، ثم تغيير كمية ثانوي كرومات البوتاسيوم الفائضة عن عملية الأكسدة بواسطة محلول كبريتات الحديد والنشادر (ملح مور)، حسب المعادلة الآتية:



وبالنسبة إلى كمية ثانوي كرومات البوتاسيوم الضرورية للأكسدة يتم حساب نسبة الكربون العضوي في التربة ومنه تحسب نسبة المادة العضوية، وبفرض أن متوسط نسبة الكربون العضوي في المادة العضوية يساوي 58%， ونحصل على نسبة المادة العضوية بضرب قيمة الكربون العضوي بـ 1.724.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- ميزان تحليل حساس، دقته 0.001 غ.
- مخارق زجاجي مدرج سعة 50 و 100 مل.

- دوارق زجاجية مخروطية سعة 250 مل.
- دوارق زجاجية مخروطية سعة 1 لتر.
- سحاتات زجاجية مدرجة سعة 50 مل.

الحاليل والكواشف:

- محلول كبريتات الحديد النشادية (ملح مور) (N 0.2): ضع 80 غ من ملح مور $(\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ في دورق معياري سعة 1 لتر، ثم أنبه باضافة 600-650 مل من حمض الكبريت المركز 1، حرك جيداً حتى تمام الذوبان، أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول ثائي كرومات البوتاسيوم $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ N1}$: زن 49.04 غ من ديكرومات البوتاسيوم في دورق معياري سعة 1 لتر، أنبه بالماء المقطر، ثم أكمل الحجم بالماء المقطر.
- حمض الكبريت H_2SO_4 المركز، (تركيز 98%， كثافته 1.84 غ/سم³).
- حمض الفسفور H_3PO_4 المركز، (تركيز 85%， كثافته 1.7 غ/سم³).
- دليل ثائي فينيل أمين $(\text{C}_6\text{H}_5\cdot 2\text{NH})$ ، أذب 1 غ من دليل داي فينيل أمين في 100 مل حمض الكبزيت المركز، أضاف 20 مل من الماء المقطر بحذر شديد لرفع درجة حرارة المحلول وتسريع عملية الاذابة، تحفظ في عبوات زجاجية قائمة اللون وبمكان مظلم.
- دليل الفيرونين $((\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3(\text{FeSO}_4))$ ، ضع 1.485 غ من أورثوفينانترولين في دورق معياري سعة 100 مل، أضاف إليها 25 مل ماء مقطر وحرك جيداً، أضاف 0.705 غ من كبريتات الحديد المائية $(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ ثم أكمل الحجم بالماء المقطر.
- ماء مقطر.

خطوات العمل:

- زن 0.5 غ عينة جافة هوائياً، أقطار حبيباتها أقل من 0.2مم، ثم ضعها في دورق مخروطي سعة 250مل.
- أضف 10مل من ديكرومات البوتاسيوم (N).
 - أضف 10مل من حمض الكبريت المركب بواسطة السحاحة قطرة قطرة.
 - غط الدورق المخروطي بقمع صغير، ثم ضعه على نار هادئة أو سخان كهربائي، اترك العينة تغلي مدة 5 دقائق.
 - ارفع الدورق عن السخان، ثم اتركه حتى يبرد.
 - اغسل القمع وجدران الدورق الداخلية بنحو 50مل من الماء المقطر.
 - أضف للدورق 10 قطرات من حمض الفسفور 85% "لابعد أثر مرکبات الحديد".
 - أضف للدورق 8 قطرات من دليل ثانوي فينيل أمين أو ثلاثة قطرات من دليل الفيروئين.
 - عاير بمحلول ملح مور (0.2 N) حتى يتحول اللون البنبي المحممر إلى أخضر عند استعمال دليل ثانوي فينيل أمين وإلى الأحمر بوجود دليل الفيروئين.
 - سجل حجم محلول ملح مور المستهلك في معايرة العينة ول يكن b.
 - اعمل تجربة شاهد بإجراء الخطوات السابقة مستبدلاً عينة التربة بعينة من الرمل المرمد "تحو 1 غ" وسجل كمية ملح مور المستهلك للمعايرة في تجربة الشاهد (يفضل اجراء معايرة عينة الشاهد قبل معايرة عينة التربة، كما يجب عمل ثلاثة مكررات من تجربة الشاهد).
 - سجل حجم محلول ملح مور المستهلك في معايرة عينة الشاهد ول يكن a.

طريقة الحساب:

يتم حساب نسبة الكربون العضوي في التربة من المعادلة الآتية:

$$\frac{(100 \times 0.003 \times N \times (b - a))}{W} = C \%$$

حيث :

C % = النسبة المئوية للكربون العضوي.

a = حجم محلول ملح مور المستهلك لمعاييره الشاهد.

b = حجم محلول ملح مور المستهلك لمعاييره العينة.

N = نظامية ملح مور.

0.003 = وزن واحد ملليمترىء من الكربون مقدراً بالغرام.

W = وزن عينة التربة الجافة تماماً.

100 = للحساب كنسبة مئوية.

يمكن من النسبة المئوية للكربون العضوي حساب نسبة المادة العضوية في عينة التربة بضرب الناتج بـ 1.724.

النسبة المئوية للمادة العضوية = النسبة المئوية للكربون العضوي × 1.724.

مثال:

لدى تقدير نسبة المادة العضوية في عينة تربة جافة تماماً وزنها 1 غ، بلغ حجم محلول ملح مور المستهلك لمعاييره الشاهد 15 مل ولمعاييره عينة التربة 10 مل. أحسب النسبة المئوية للمادة العضوية في التربة علماً أن نظامية ملح مور 0.5 N.

الحل:

تحسب النسبة المئوية للكربون العضوي في التربة من المعادلة الآتية:

$$\frac{100 \times 0.003 \times N \times (b - a)}{\text{وزن عينة التربة الجافة تماماً}} = C \%$$

$$\%0.75 = \frac{100 \times 0.003 \times 0.5 \times 5}{1} = C \%$$

النسبة المئوية للمادة العضوية = النسبة المئوية للكربون العضوي $\times 1.724$.

$$\%1.293 = 1.724 \times 0.75 =$$



مستخلص العجينة المشبعة والمستخلصات المائية للترابة Soil Saturation and water extracts

الunjine المشبعة للترابة:

تمثل عجينة التربة المشبعة حالة الرطوبة في التربة عندما تمتلئ مسامها بالماء، ويتم تحضيرها للأغراض الرئيسية التالية: "تحديد نسبة التشبع، تقدير pH، تحديد كمية الأملاح الذائبة، تقدير الأيونات الموجبة والسلبية في مستخلصات التربة.

مراحل تحضير العجينة المشبعة للترابة:

- ضع 250 غراماً من التربة الجافة هوائياً في كأس معدني سعة لتر.
- أضف للكأس المعدني بواسطة المخارب المدرج الماء المقطر مع الاستمرار بمزج وتقليل المزيج بواسطة قضيب زجاجي أو ملعقة تربة.
- استمر في إضافة الماء مع الاستمرار بعملية المزج والتقليل حتى تصل التربة إلى حالة التشبع. حيث يبدو سطح التربة الخارجي لاماً نتائجة انعكاس الضوء عليه، كما تكون عجينة التربة قابلة للانسكاب من الكوب المعدني عند إمالته وعدم التصاق حبيبات التربة على سكينة التربة (باستثناء الترب الطينية).

يتم ترك عجينة التربة المشبعة مدة ساعة أو أكثر ثم يتم التأكد من جديد من حالة تشبعها، فإن تجمع على سطحها الخارجي طبقة من الماء يضاف وزن معلوم من التربة الجافة ويعاد مزجها وخلطها، أما إن أظهرت عجينة التربة المشبعة دلائل الجفاف كتشقق سطحها الخارجي فقدان لمعانه يتم إضافة كمية محددة من الماء المقطر ويعاد مزجها مجدداً.

تؤخذ بعض الإجراءات الخاصة بالنسبة لبعض أنواع الترب، فمثلاً عند تحضير عجينة مشبعة لتراب طينية، يراعى عدم تحريك العينة في المراحل

الأولى من عملية إضافة الماء إليها لئلا تشكل كلل طينية يصعب على الماء التخلص منها. أيضاً تبلل الترب الخثبية الغنية بالمواد العضوية مدة يوم كامل عند تحضير عجينة المشبعة لها.

تنقل العجينة المشبعة بعد تحضيرها إلى قمع (بوخنر) الخزفي المركب فوق دورق مخروطي زجاجي مدرج ذي فتحة جانبية بعد وضع ورقة ترشيح دقيقة المسام "واتمان-40 أو واتمان-42"، توصل الفتحة الجانبية للدورق بمضخة تفريغ كهربائية بواسطة خرطوم بلاستيكي شفاف. وعند تشغيل مضخة التفريغ يرشح ماء العجينة المشبعة الحاوي على الأملاح الذوابة إلى الدورق، عند انتهاء رشح السائل يتم إيقاف مضخة التفريغ، تنقل الرشاشة السائلة إلى عبوات بلاستيكية أو زجاجية وتوضع في براد المختبر.

تقدير نسبة التشبع:

تمثل نسبة تشبع التربة النسبة المئوية للرطوبة عندما تكون جميع مسام التربة مملوئة بالماء. ويمكن تقدير نسبة التشبع بطريقتين هما:

1. تحديد فاقد الوزن:
 - زن جزء من عجينة التربة المشبعة، ثم ضعها ضمن جفنة خزفية جافة معلومة الوزن، وسجل الوزن ول يكن W_1 .
 - ضع الجفنة الخزفية في الفرن الكهربائي في درجة حرارة 105°C وترك مدة 16-24 ساعة.
 - أخرج الجفنة الخزفية من الفرن وضعها في المجفف حتى تبرد، ثم سجل وزنها.
 - كرر الخطوتين السابقتين حتى ثبات وزن الجفنة ول يكن W_2 .

الحساب:

$$100 \times (W_2 - W_1)$$

= % للتشبع

وزن عينة التربة الجافة تماماً

2. تقدير النسبة المئوية للتشبع وذلك من حساب كمية الماء المضاف لتحضير عجينة التربة المشبعة من القانون التالي:

الحساب:

$$\text{((حجم الماء المضاف لتحضير عجينة التربة المشبعة + الماء اليهيفروسكوبى) } \times 100$$

= % للتشبع

وزن عجينة التربة جافة تماماً

مستخلصات التربة المائية:

يعرف المستخلص المائي للتربة أنه الراشح الناتج عن معاملة التربة بعدد من أمثل وزنها من الماء المقطر الخلالي من غاز CO_2 بعد مزجها وترشيحها. يتم التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون بغلي الماء مدة نصف ساعة وحفظه بعيداً عن تأثير هواء الغلاف الجوي.

تحتختلف أنواع المستخلصات المائية للتربة، تبعاً لنسبة الماء للتربة 1:1، 2.5:1، 5:1، 10:1 و.... أكثرها استعمالاً مستخلص التربة 1:5. تمزج التربة مع الماء جيداً مدة خمس دقائق بحيث يتم إذابة الأملاح القابلة للذوبان في ماء المستخلص.

مراحل تحضير مستخلص التربة المائي 1:5:

- وزن 20غراماً من التربة الناعمة، ثم ضعها في دورق مخروطي سعة 250مل.
- أضف للدورق 100مل من الماء المقطر الخلالي من غاز CO_2 .

- ضع ورقي ترشيح عادية وأخرى مثنائية في قمع ملائم يرتكز على دورق مخروطي أو على حامل أقماع. يجب أن تبقى الحافة العليا لورقة الترشيح إن كانت مفردة دون حافة القمع العليا بنحو 1 سم.
- امزج محتويات الدورق بخضها آلياً أو يدوياً مدة خمس دقائق ثم أقلب المعلق دفعة واحدة إن أمكن فوق قمع الترشيح أو على دفعات مناسبة، مع مراعاة عدم وصول المعلق إلى الحافة العليا لورقة الترشيح.
- أعد ترشيح قطرات الأولى من الراسح إن كانت عكرة على ورقة الترشيح نفسها.

تتوقف سرعة الرشح وصفاء الراسح على نوعية التربة، إذ يكون الراسح عادة صافياً وسريعاً في الترب الرملية أو المالحة، وأقل صفاء وسرعة في الترب الطينية أو الترب الكلوية.

ويمكن أيضاً استعمال الطرد المركزي للحصول على مستخلص مائي صاف، يطلق على هذا الراسح اسم المستخلص المائي للتربة ويختبر لتحليل متعدد مختلف من تربة إلى أخرى.

لا بد قبل البدء بإجراء التحليل الكمية للمستخلصات من إجراء اختبارات وصفية لتحديد حجم المستخلص اللازم لإخضاعه للتحليل وذلك لتوفير المواد والوقت ودقة النتائج. علماً أن أكثر مكونات المستخلصات المائية للترب المالحة أهمية هي: $(NO_3^{-1}, Ca^{+2}, SO_4^{-2}, Cl^{-1}, CO_3^{-2}, HCO_3^{-1}, K^{+1}, Na^{+1}, Mg^{+2})$.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- ميزان حساس، دقة 0.001 غ، فرن كهربائي، مجفف، قمع بوخرن Buchner، مضخة تفريغ كهربائية، علب المنيوم مخصصة لتحديد الرطوبة، كؤس (أكواب) معدنية سعة 1 لتر، جفونات خزفية، قضبان زجاجية وملاعق للمزج والخلط، سكينة تربة، ملقط معدنية، مخارب زجاجي مدرج

سعة 100 مل أو 250 مل، دوارق زجاجية مخروطية سعة 250 مل، دوارق زجاجية مخروطية سعة 1 لتر، سحاقيات زجاجية مدرجة سعة 50 مل، أوراق ترشيح.

- **المكاليل:** ماء مقطر.



تقدير تفاعل التربة (pH التربة)

Determination of soil reaction (Soil pH)

يعرف الرقم الهيدروجيني للتربة pH أنه اللوغاريتم السالب لنشاط أيون الهيدروجين H-ion أو تركيزه في محلول التربة. هذا يعني أنه عندما تتحفظ درجة pH التربة درجة واحدة يزداد تركيز أيون الهيدروجين H^+ عشر مرات. يرتبط pH للتربة بعوامل مختلفة منها: تركيز أيون الهيدروجين، نسبة توفر العناصر القلوية في التربة، نوعية وتركيز الأملاح الذائبة في التربة، نسبة المواد العضوية والدبالية، نوع المحاصيل الزراعية، نوعية معدن الطين ونسبتها في التربة. يتغير pH التربة بين 3-10 وصنفت وفق تصنيف (الجمعية الأمريكية لعلوم الأراضي، 1987) إلى الأنواع المدرجة في الجدول-12 التالي.

جدول-12 : تصنيف pH الترب.

pH الترب	pH	
حامضية شديدة جداً	4.5 >	1
حامضية شديدة	5.0 - 4.5	2
حامضية عالية	5.5 - 5.1	3
حامضية متوسطة	6.0 - 5.6	4
حامضية منخفضة	6.5 - 6.1	5
متعالية	7.3 - 6.6	6
قلوية منخفضة	7.8 - 7.4	7
قلوية متوسطة	8.4 - 7.9	8
قلوية شديدة	9.0 - 8.5	9
قلوية شديدة جداً	9.1 <	10

وتؤثر درجة pH التربة مباشرةً في قابلية ذوبان العناصر الغذائية للنبات أو الانحلال الطبيعي للجذور النباتية والسرعة التبادلية الكاتيونية للتربة. كما تشير إلى نوع الترب وطبيعة المناخ السائد ودرجة الغسل، فالترسب المنتشرة في المناطق الرطبة المدارية ذات الهطلات المائية الكبيرة تكون حامضية أما الترب المنتشرة في المناطق المعتدلة وشبه الجافة والجافة فتكون متعادلة إلى قلوية حيث تكون غنية بالترسبات الجيرية الكربوناتية وتصبح الترب شديدة القاعدية عند اغتناء الترب بالعناصر القلوية الصودية كما هي الحال في ترب السولونتس.

طرائق تحديد pH التربة:

تحدد قيم pH بطريقتين هما: الطريقة اللونية والطريقة الكهربائية.

الطريقة اللونية:

تعتمد على استعمال المشعرات الورقية (شكل-12) أو المشعرات السائلة (الجدولين-13 و14)، التي تأخذ لوناً محدداً يختلف حسب درجة الحموضة أو القلوية.



شكل-12: المشعرات الورقية التي تحدد درجة حموضة التربة بصورة تقريبية.

كما يمكن استعمال دليل أو مشعر عام يتغير لونه تبعاً للتغير درجة حموضة أو قلوية التربة. ويستعمل لذلك طبق خزفي خاص مجهز بحجرين يصل بينهما مجرى مائل، يوضع نحو 0.2 غ من عينة تربة في الحجرة المرتفعة ثم يوضع عليها بعض نقط من الدليل الثلاثي (مزيج من بروم كريزول Bromcresol الأخضر والقرمزي والأحمر)، وترك العينة في وضع أفقى مدة دقيقة تقريباً، ثم يصرف الدليل إلى الحجرة المنخفضة ويقارن لونه مع الألوان القياسية المرفقة بالدليل، وبذلك تحدد درجة حموضة التربة التقريبية وفق التالي:

جدول-13: تغير لون المشعر الثلاثي مع تغير درجة الحموضة.

pH	اللون
4	أصفر شمعي
5	أخضر
6	أخضر رمادي
7	أزرق فاتح
8	بنفسجي مزرق
8.5 أو أعلى	قرمزي

الطريقة الكهربائية:

يحدد pH التربة بواسطة جهاز pH-meter الذي يأخذ أشكالاً متعددة جداً ومنه الحقلي والمخبري (شكل-13). وتعتمد هذه الطريقة على قياس فرق الجهد (الكمون) بينقطبين كهربائيين إما منفصلين حيث يتوقف جهد أحد القطبين على تركيز أيون الهيدروجين H^+ النشط في محلول التربة المحيط به ويسمى القطب الزجاجي (Glass Electrode)، بينما لا يتوقف الجهد الكهربائي للقطب الثاني على تركيب محلول ويسمى القطب القياسي أو قطب الكلوميل (Calomel)

Electrode)، أو بين قطب واحد يضم كل من القطب الزجاجي والقياسi (Combined Electrode).



شكل - 13: أحد أنواع أجهزة تقيير تفاعل التربة pH-meter بشكل دقيق.

تحضر عجينة التربة المشبعة أو مستخلصها 1:5.2 في كأس، ويغمس فيها القطبان، أو القطب الموحد، حسب درجة تركيز أيون الهيدروجين في العجينة ويعطي جهاز القياس قيمة pH . وبالتالي يمكن تحديد مدى حموضة أو قلوية هذه التربة. وتتجدر الإشارة هنا أنه من الضروري أن يضبط جهاز pH عند أو قبل قياس قيمة pH في العجينة المشبعة للتربة أو مستخلصها.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- جهاز pH-meter، ميزان تحليل حساس دقة 0.001 غ، ميزان حرارة، كأس زجاجية سعة 100 مل، جفلات خزفية، قضبان زجاجية للتحريك، مخار مدرج سعة 100 مل، فرن كهربائي، مجفف، أوراق ترشيح.

المحلول والكواشف:

- ماء مقطر.
- دليل ثالث (مزيج من بروم كريزول الأخضر والقرمزي والأحمر)، أذب 0.25 غ من المشعارات الثلاث في 100 مل ماء مقطر.
- محلول عياري $pH=4.01$ ، جف كمية كافية من فتالات البوتاسيوم الهيدروجينية ($KHC_8H_4O_4$) في الفرن الكهربائي لمدة ساعتين بدرجة حرارة 105°C، انقل إلى المجفف حتى تبرد، أذب 10.21 غ في 800 مل ماء مقطر دورق معياري سعة 1 لتر، أكمل الحجم بالماء المقطر، "ملاحظة: فترة صلاحيته فقط ستة أسابيع من تاريخ تحضيره".
- محلول عياري $pH=6.86$ ، جف كمية كافية من فسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين (KH_2PO_4) وفسفات ثنائية الصوديوم اللامائية (Na_2HPO_4) في الفرن الكهربائي لمدة ساعتين بدرجة حرارة 105°C، انقل إلى المجفف حتى تبرد، أذب 3.38 غ من (KH_2PO_4) و 3.35 غ من (Na_2HPO_4) في 800 مل ماء مقطر دورق معياري سعة 1 لتر، أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول عياري $pH=9.18$ ، أذب 19.069 غ من تترا بورات الصوديوم المائية ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) في دورق معياري سعة 1 لتر، أكمل الحجم بالماء المقطر.

- تحضير محلول 0.01 مول من $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، أذب 1.47 غ من $(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ في 800 مل ماء مقطر دورق معياري سعة لتر، أكمل الحجم بالماء المقطر.

خطوات العمل:

- اضبط عياريه جهاز pH-meter باستعمال المحاليل العيارية.
- زن 10 غ تربة جافة هوائياً، في كأس زجاجية سعة 100 مل.
- أضف 25 مل إما ماء مقطرأً أو من محلول 0.01 مول CaCl_2 على عينة التربة مستعملاً مخاراً مدرجاً.
- امزج المعلق جيداً بواسطة قضيب زجاجي، اترك المعلق مدة نصف ساعة.
- قس درجة حرارة مستخلص التربة واضبط زر تعديل درجة حرارة جهاز pH-meter على درجة الحرارة المقيسة.
- اغمس أقطاب جهاز pH-meter في المعلق، على لا يلامس أرضية الكأس الزجاجية.
- شغل الجهاز.
- سجل القراءة بعد 5 دقائق.
- أغلق الجهاز.
- اغسل أقطاب الجهاز بماء الصنبور أولأ ثم بالماء المقطر جيداً.
- جفف أقطاب الجهاز جيداً بالمناديل الورقية.

جدول-14: أهم المشعرات السائلة، مداها ولونها في الأوساط الحامضية والقلوية.

مدى الدليل	لون الدليل (المشعر)		اسم الدليل (المشعر)
	في الأوساط القلوية	في الأوساط الحامضية	
1.2-2.8	أصفر	أحمر	Thymol blue
1.2-2.3	عديم اللون	أحمر بنفسجي	Pentamethoxy red
1.3-3.2	أصفر	أحمر	Tropeolin OO
2.4-4.0	أصفر	عديم اللون	2,4-Dinitrophenol
2.9-4.0	أصفر	أحمر	Methyl yellow
3.1-4.4	برتقالي	أحمر	Methyl orange
3.0-4.6	أزرق بنفسجي	أصفر	Bromphenol blue
3.0-4.6	أزرق	أصفر	Tetrabromphenol blue
3.7-5.2	بنفسجي	أصفر	Alizarin sodium sulfonate
3.7-5.0	أصفر	أحمر	α -Naphthyl red
3.5-5.5	أصفر	أحمر	p -Ethoxychrysoidine
4.0-5.6	أزرق	أصفر	Bromcresol green
4.4-6.2	أصفر	أحمر	Methyl red
5.2-6.8	أرجواني	أصفر	Bromcresol purple
5.4-6.8	أحمر	أصفر	Chlorphenol red
6.2-7.6	أزرق	أصفر	Bromphenol blue
5.0-7.0	أصفر	عديم اللون	p -Nitrophenol
5.0-8.0	أزرق	أحمر	Azolitmin
6.4-8.0	أحمر	أصفر	Phenol red
6.8-8.0	أصفر	أحمر	Neutral red
6.8-8.0	أحمر	أصفر	Rosolic acid

7.2-8.8	أحمر	أصفر	Cresol red
7.3-8.7	أخضر	زهري	α -Naphtholphthalein
7.6-8.9	أحمر زهري	أصفر	Tropeolin OOO
8.0-9.6	أزرق	أصفر	Thymol blue
8.0-10.0	أحمر	عديم اللون	Phenolphthalein
9.0-11.0	أزرق	أصفر	α -Naphtholbenzein
9.4-10.6	أزرق	عديم اللون	Thymolphthalein
10.1-11.1	أحمر	أزرق	Nile blue
10.0-12.0	ليلا	أصفر	Alizarin yellow
10.0-12.0	بني برتقالي	أصفر	Salicyl yellow
10.1-12.0	بنفسجي	أصفر	Diazo violet
11.0-13.0	بني برتقالي	أصفر	Tropeolin O
11.0-13.0	بني برتقالي	عديم اللون	Nitramine
11.0-13.0	بنفسجي وردي	أزرق	Poirrier's blue
12.0-13.4	برتقالي أحمر	عديم اللون	Trinitrobenzoic acid

تقدير نسبة الأملاح الذوابة في مستخلصات التربة المائية

Determination of soluble salts in soil water extract

تتبادر نسب الأملاح الذوابة في مستخلصات التربة كثيراً، تبعاً لظروف تكوينها، كما يؤدي المناخ دوراً مهماً في هذا الشأن وبخاصة من خلال معدل الامطار المطرية الذي يعمل على غسل هذه الأملاح.

وتعتبر عملية تقدير نسبة الأملاح الكلية الذوابة من أهم الاختبارات للحكم على صلاحية التربة للزراعة ونمو المحاصيل وإنتجيتها، علماً أن خطورة الملوحة لا تتوقف فقط على نسبة الأملاح الذوابة فقط وإنما تتوقف أيضاً على نوعيتها.

طرق تقدير نسبة الأملاح الذوابة في مستخلصات التربة:

تقدير نسبة الأملاح في المستخلصات المائية للتربة بطريقة بطيقتين رئيستين هما:

- التجفيف ثم وزن الراسب المتبقى: يعتمد مبدأ هذه الطريقة على تجفيف حجم معين من المستخلص المائي على حمام مائي، ثم في الفرن على حرارة 105° حتى تمام الجفاف ومن ثم تحديد وزن الراسب وحساب النسبة المئوية للأملاح في التربة.

خطوات العمل:

- ضع 50 مل من مستخلص عينة التربة المائي الرائق تماماً 1:5 في جفنة خزفية نظيفة جافة "يتحدد حجم المستخلص المائي المأخوذ للتجفيف بنسبة وجود الأملاح الذوابة في التربة، ويمكن تقدير ذلك تقريراً من خلال الاختبارات الوصفية".

- سجل وزن الجفنة مع عينة مستخلص التربة ولتكن W_1 .
- ضع الجفنة في الفرن على حرارة 105° حتى تمام الجفاف.
- اخرج الجفنة من الفرن، ضعها في المجفف حتى تبرد.

- سجل وزن الجفنة ثم أعد الخطوتين الأخيرتين حتى تتأكد من ثبات الوزن ولتكن W_2 .

$$\text{وزن الراسب الملحى} = (W_1 - W_2)$$

طريقة الحساب:

% للأملاح = ((وزن الراسب $\times 100 \times$ معامل التمدد) : حجم عينة المستخلص المجففة).

مثال:

نتيجة تجفيف 50 مل من مستخلص مائي لعينة تربة 1:5، بلغ وزن الراسب الجاف 150 مغ (يتم تحويل وزن الراسب إلى الغرام). أحسب النسبة المئوية للأملاح.

الحل:

% للأملاح = ((وزن الراسب $\times 100 \times$ معامل التمدد) : حجم عينة المستخلص المجففة).

$$\% \text{ للأملاح} = (50 \times 100 \times 0.150) / (5 \times 100 \times 0.150)$$

• قياس التوصيلية (الناقلية) الكهربائية لمستخلصات التربة: يعتمد مبدأ هذه الطريقة على قياس التوصيلية (الناقلية) الكهربائية للمستخلص المائي للتربة. حيث تقيس التوصيلية الكهربائية للمحلول بين صفيحتين (قطبيتين) متوازيتين من البلاتين مساحة كل منها 1 سم^2 ، والبعد بينهما 1 سم، يعبر عنها بمقلوب وحدة المقاومة ohm لتصبح مو/سم (Mho/cm) أو بأحرازه الملي مو/سم أو الميكروموجرام/سم. يستعمل حالياً وحدة قياس التوصيلية التي تدعى ديسيس منس/م (dS/m) وهي تساوي مليمو-وز/سم.

$$(1dS/m = 1\text{ mmhos/cm})$$

خطوات العمل:

على الرغم من التنوع الكبير لأجهزة قياس التوصيلية الكهربائية، إلا أن الخطوات الرئيسية للاستعمال والقياس تتم وفق الخطوات الآتية:

- صل جهاز تقدير التوصيلية الكهربائية بأخذ التيار الكهربائي.
- أغسل قطب الجهاز بالماء المقطر جيداً، ثم بجزء من مستخلص التربة المائي المراد قياس توصيليته الكهربائية.
- قس حرارة مستخلص التربة المائي، تعد الدرجة 25° الدرجة المثالية للقياس.
- ضع نحو 50مل من مستخلص التربة المراد قياس توصيليته الكهربائية في كأس زجاجية نظيفة.
- اغمس قطب جهاز تقدير التوصيلية الكهربائية في الكأس الزجاجية، بحيث يتم غمر الفتحتين الجانبتين للقطب.
- شغل جهاز تقدير التوصيلية الكهربائية.
- حرك قطب الجهاز للأعلى والأسفل عدة مرات لإزالة فقاعات الهواء وانتظر حتى تستقر قراءة الجهاز.
- سجل قراءة الجهاز.
- أغلق زر التشغيل ثم أغسل القطب بالماء المقطر جيداً وجفنه.

طريقة الحساب:

- الأملأح الذوابة مليمكافي/لتر = $12.5 \times$ التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم).
- ملاحظة: الرقم 12.5 هو معامل تجاري وهو يتغير بين 8 - 20 في المحاليل المحتوية على نوع واحد من الملح.
- % للأملأح الذوابة في المحلول = $0.064 \times$ التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم).

- الأملاح الذوابة بـ PPM في المحلول أو مع/لتر = $640 \times \text{الوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)}.$

- % للأملاح الذوابة في التربة =

$0.064 \times \text{الوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)} \times \text{نسبة الماء إلى التربة.}$

- الضغط الحلوبي (ض جو) = $0.36 \times \text{الوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)}.$

صنفت المدرسة الأمريكية ملوحة التربة تبعاً إلى قياس التوصيلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة وذلك حسب الجدول-15 التالي :

جدول-15: تصنيف ملوحة التربة تبعاً لقياس التوصيلية الكهربائية.

تأثير النباتات وإنتجيتها	درجة ملوحة التربة	الوصيلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة بـ مليمو/سم على حرارة °م 25
تأثير الملوحة لا يذكر عادة	غير مالحة	2 - 0
يمكن أن ينخفض إنتاج بعض المحاصيل الحساسة جداً للأملاح	خفيفة	4 - 2
يحد إنتاج المحاصيل الحساسة للأملاح	متوسطة	8 - 4
ينحصر الإنتاج في المحاصيل المتحملة للملوحة فقط	عالية	16 - 8
بعض المحاصيل المتحملة جداً للملوحة يمكن أن تعطي إنتاجاً مرضياً	عالية جداً	16 □

مثال:

لدى تقدير كمية الأملاح الذوابة في مستخلص تربة 1:5 درجة حرارته 25°C ، بلغت قراءة جهاز تقدير التوصيلية الكهربائية 172 ميكرو ميو/سم. والمطلوب تحديد كمية الأملاح الذوابة بالمليمكافىء/لتر و % في المحلول وبـ مخ/لتر والضغط الحلوى.

الحل:

أولاً يتم تحويل قراءة الجهاز إلى مليمو/سم بالقسمة على ألف فتصبح قراءة الجهاز 172.3 مليمو/سم.

- الأملاح الذوابة مليمكافي/لتر = $12.5 \times \text{التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)}$.

$$\text{الأملاح الذوابة مليمكافي/لتر} = 39.65 = 3.172 \times 12.5$$

- % للأملاح الذوابة في المحلول = $0.064 \times \text{التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)}$.

$$0.203 = 3.172 \times 0.064 \% \text{ للأملاح الذوابة في المحلول}$$

- الأملاح الذوابة في المحلول بـ مخ/لتر =

$640 \times \text{التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)}$.

$$\text{الأملاح الذوابة في المحلول بـ مخ/لتر} = 2030.08 = 3.172 \times 640$$

% للأملاح الذوابة في التربة = $0.064 \times \text{التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)} \times \text{نسبة الماء إلى التربة (عدد مرات التمدد)}$.

$$1.015 = 5 \times 3.172 \times 0.064 \% \text{ للأملاح الذوابة في التربة}$$

- الضغط الحلوى (ض جو) = $0.36 \times \text{التوصيلية الكهربائية (مليمو/سم)}$.

$$\text{الضغط الحلوى (ض جو)} = 1.142 = 3.172 \times 0.36$$



الاختبارات الوصفية لمستخلصات التربة المائية

Descriptive tests of soil water extract

يتم إجراء الاختبارات الوصفية على مستخلصات التربة المائية لأخذ فكرة أولية عن محتواها من الأيونات الموجبة والسلبية المختلفة بصورة تقريبية، واستناداً إلى ذلك يمكن تحديد حجم المستخلص اللازم أخذه للتحاليل المطلوبة.

خطوات العمل:

- ضع 10 غ من التربة في دورق مخروطي، أضف إليها 50 مل من الماء المقطر الخلالي من غاز ثاني أكسيد الكربون.
- خض الدورق ثلاث إلى خمس دقائق ثم رشح المعلق على ورق ترشيح دقيق المسام "واتمان-40 أو واتمان-42" مثبت على قمع زجاجي موضوع فوق دورق زجاجي مخروطي سعة 100 مل.
- أجر الاختبارات الآتية في أنبوب اختبار سعة 10 مل وذلك على النحو التالي:

الكريبونات:

ضع في أنبوب اختبار نحو 3 مل من المستخلص المائي للتربة، أضف قطرة من دليل فينول فتالينين ولاحظ لون المستخلص فإن أصبح أحمر وردياً دل هذا على وجود الكربونات الذائبة، وإذا لم يتلون دل ذلك على عدم وجودها.

البيكربونات:

سخن المستخلص الذي لم يتلون في الاختبار السابق حتى الغليان، فإذا أصبح لونه وردياً دل ذلك على وجود البيكربونات وتحولها إلى كربونات وفق التفاعل التالي:



يستدل من شدة اللون بشكل تقريري على نسبة الكربونات في المستخلص.

الكلور:

ضع في أنبوب الاختبار 3مل من المستخلص المائي للتربة، أضف قطرة من حمض الأزوت المخفف، ثم بضع قطرات من محلول نترات الفضة تركيز 0.1 N يدل ظهور عكارة بيضاء وراسب أبيض من كلور الفضة على وجود الكلور، أحدد استناداً إلى شكل العكارة أو الراسب حجم المستخلص المائي اللازم للتحليل الكمي من الجدول-16.

الكبريتات:

ضع 3مل من المستخلص المائي في أنبوب اختبار، أضف إليها قطرة من حمض كلور الماء 10%， ثم أضف عدة قطرات من محلول كلور الباريوم تركيز 10%. سخن حتى الغليان واترك محلول ليبرد، إن ظهور عكارة أو راسب أبيض من كبريتات الباريوم يدل على وجود الكبريتات في محلول، أحدد حجم المستخلص المائي اللازم للتحليل الكمي من الجدول-16.

الكالسيوم:

ضع 3مل من المستخلص المائي في أنبوب اختبار، أضف إليها قطرتين من حمض الخل و3 قطرات من أكسالات الأمونيوم ثم رج الأنبوة. إن ظهور راسب أو عكارة بيضاء يدل على وجود الكالسيوم في المستخلص، أحدد حجم المستخلص المائي اللازم للتحليل الكمي من الجدول-16.

**جدول-16: حجم المستخلص المائي الواجب أخذه للمعايرة استناداً للاختبارات الوصفية
للمستخلص المائي.**

حجم المستخلص المائي الواجب أخذه للمعايرة بـ ـ مل	المحتوى		شكل الراسب
	غ/100 غ تربة	مغ/100 مل من المستخلص	
الكلور			
5	بضعة أعشار	10 <	راسب قطني بكثرة
25	بضعة أجزاء من مئة	10 - 5	عكر شديد
50 أو أكثر	بضعة أجزاء من ألف	1 - 0.1	عكر خفيف
الكبريتات			
5	بضعة أعشار	10 <	راسب كثيف يترسب بسرعة على القعر
25	بضعة أجزاء من مئة	10 - 5	عكر يظهر مباشرة
50 أو أكثر	بضعة أجزاء من ألف	1 - 0.1	راسب كثيف يترسب بسرعة على القعر
الكالسيوم			
5	بضعة أعشار	10 <	راسب يترسب مباشرة
25	بضعة أجزاء من مئة	10 - 5	عكر يظهر عند الخض
50 أو أكثر	بضعة أجزاء من ألف	1 - 0.1	عكر خفيف، يظهر عند الانتظار

المحاليل والكواشف:

- حمض آزوت مركز (1.4218 غ/سم³, %72).
- حمض آزوت (N 1): أضف 6.2 مل من حمض الآزوت المركز إلى قليل من الماء المقطر في دورق معياري سعة 1000 مل، ثم خف حتى العالمة بماء مقطر.
- حمض كلور الماء (N 0.1): أضف 8.28 مل من حمض كلور الماء المركز (1.19 غ/سم³, %37) إلى 200 مل من الماء المقطر، أمزج جيداً، برد، ثم أكمل الحجم إلى اللتر.
- محلول نترات الفضة (N 0.1): أذب 16.96 غ من نترات الفضة في اللتر من الماء المقطر.
- محلول كلور الباريوم 10%: أذب 10 غ من كلور الباريوم (المائي BaCl₂.2H₂O) في 100 مل من الماء المقطر.
- محلول أكسالات الأمونيوم 2%: أذب 2 غ من أكسالات الأمونيوم في 100 مل من الماء المقطر.
- حمض الخل المخفف: خف 10 مل من حمض الخل التاجي (1.0524 غ/سم³, %99) في 100 مل بماء مقطر.
- دليل فينول فثالينين {₂(C₆H₄COOC(C₆H₄.4OH))}: أذب 1 غ في 100 مل إيثانول (كحول إتيلي).
- إيثانول كحول إتيلي (%70(C₂H₅OH)).
- دليل برنقالي الميتييل {[4NaOSO₂C₆H₄N:NC₆H₄, 4N(CH₃)₂}]: أذب 0.1 غ في 100 مل ماء مقطر.
- ماء مقطر.

تقدير الكربونات والبيكربونات في مستخلصات التربة المائية

Determination of soluble carbonate and bicarbonate

in soil water extract

تقدير الكربونات (CO_3^{2-}) والبيكربونات (HCO_3^-) :

تحتوي مستخلصات التربة المائية على تراكيز متباعدة من الكربونات والبيكربونات الذائبة التي تنشأ عن تأين حمض الكربون أو نتيجة فقاعات التربة الكيميائية الحيوية.

ونادراً ما تحتوي المستخلصات المائية للتربة الطبيعية على الكربونات رغم احتوائها على تراكيز قليلة من البيكربونات، بينما يشير وجود الكربونات الذائبة على ارتفاع قلويتها من جهة وسوء خصائصها من جهة أخرى وانتقالها إلى ترب مالحة قلوية أو ترب قلوية تحتوي على تراكيز عالية من كربونات الصوديوم الذائبة.

ويعد أي ترکیز ولو كان محدوداً وضئلاً من الكربونات في مستخلص التربة المائي مؤشراً سميأً للنبات في هذه التربة، ويعد وجود أي أثر أو ترکیز منه أقل من 1 ملليمكافىء/لتر ترکیزاً عالياً، بينما يعد ترکیز البيكربونات بين 0.1-2.5 ملليمكافىء/لتر في مستخلصات التربة المشبعة ترکیز مقبولة غير سمية بالنسبة لأغلب الأنواع النباتية، بينما تعد الترکیز التي تزيد على 5 ملليمكافىء/لتر ترکیز مرتفعة، أي نحو 1 ملليمكافىء/لتر في مستخلص التربة 5:1.

تقدير الكربونات والبيكربونات الذائبة في مستخلصات التربة المائية ببطريقة المعايرة الحجمية بحمض الكبريت الممدد بوجود دليل فينول فتالين (تحول اللون الوردي إلى عديم اللون) بالنسبة للكربونات وبوجود دليل برنتالي للميتيل بالنسبة للبيكربونات (تحول اللون الأصفر إلى اللون البرتقالي).

المرحلة الأولى تنتهي عند $\text{pH}=8.3$ تتحدّل أيونات الهيدروجين لحمض الكبريت الممدد مع أيونات الكربونات مكونةً لبيكربونات حسب التفاعل التالي:



تمت المرحلة الأولى في وسط قلوي شديد لذلك يستعمل دليل فينول فثالين، مع استمرار المعايرة بالحمض ننتقل إلى المرحلة الثانية التي تتم في وسط حمضي ويستعمل بها دليل برتقالي الميتييل حيث تتحول لبيكربونات إلى حمض الكربون حسب التفاعل التالي:



الأجهزة والأدوات اللازمة:

- ساحة زجاجية سعة 100 مل، حامل ساحة، ملاقط تثبيت، ماصات زجاجية عادية سعة 25 مل، كؤوس زجاجية سعة 50 و 100 مل.

المحاليل والكواشف:

- ماء مقطر.
- دليل فينول فثالين $\{\text{C}_6\text{H}_4\text{COOC(C}_6\text{H}_4\text{.4OH})_2\}$: أذب 1 غ في 100 مل إيثانول.
- إيثانول $(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ 70% أو 95%.
- دليل برتقالي الميتييل $\{4\text{NaOSO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{N:NC}_6\text{H}_4\text{,4N(CH}_3)_2\}$: أذب 1 غ في 100 مل ماء مقطر.
- حمض الكبريت (N 0.05)، أضف 30 سم³ من حمض الكبريت المركز إلى 200 مل ماء مقطر، امزج ثم أترك محلول ليبرد ثم اكمل الحجم إلى 1 لتر محلول رئيس). خذ 50 سم³ من محلول الرئيس وخفف إلى 1 لتر.

خطوات العمل:

- ضع 25 مل من المستخلص المائي للترابة 5:1 في دورق مخروطي سعة 100 مل.
- أضف قطرتين من دليل فينول فتالين، إن ظهور اللون الذهبي (السوردي) يؤشر على وجود الكربونات الذائبة في المستخلص.
- عاير بحمض الكبريت (N 0.05) قطرة فقطرة مع التحريك حتى يزول اللون الذهبي.
- سجل حجم حمض الكبريت اللازم لإزالة لون الدليل.
- في حال وجود الكربونات أو غيابها تابع تقدير البيكربونات بالإضافة قطرتين من دليل برتقالي الميثيل إلى مستخلص الترابة، بعد ظهور اللون الأصفر مؤشراً على وجود البيكربونات الذائبة في المستخلص.
- عاير بحمض الكبريت (N 0.05) قطرة فقطرة مع التحريك حتى يتحول اللون اللون الأصفر إلى البرتقالي.
- سجل حجم حمض الكبريت اللازم لتحول لون الدليل.

طريقة الحساب:

عدد مليمكافئات CO_3 في 100 غ تربة = ((حجم الحمض اللازم للمعايرة × نظاميته × 2 × 5 × 100) : حجم المستخلص المأخوذ للمعايرة).

% CO_3 في التربة = عدد مليمكافئات CO_3 في 100 غ تربة × 0.03.

عدد مليمكافئات HCO_3 في 100 غ تربة = (((حجم الحمض اللازم للمعايرة × نظاميته) - (حجم الحمض اللازم للمعايرة CO_3 × نظاميته)) × 100) : حجم المستخلص المأخوذ للمعايرة).

.0.061 × HCO_3 % في التربة = عدد مليمكافئات HCO_3

مثال:

لدى تقدير كمية كل من الكربونات والبيكربونات في 25 مل من مستخلص مائي لترية 5:1، بلغ حجم حمض الكبريت اللازم لإزالة لون دليل فينول فتالين 4.1 مل، واللازم لتحول لون دليل برتقالي الميثيل 8.2 مل علماً أن نظامية حمض الكبريت المستعمل للمعايرة هي 0.01.

الحل:

حجم حمض الكبريت اللازم لمعايرة الكربونات =

$$(2) \times \text{حجم الحمض اللازم لإزالة لون دليل فينول فتالين} = 1.4 \times 2 = 2.8 \text{ مل.}$$

عدد مليمكافئات CO_3 في 100 غ تربة = ((حجم الحمض اللازم للمعايرة × نظاميته × 2 × 5 × 2) : حجم المستخلص المأخوذ للمعايرة).

$$\text{عدد مليمكافئات } \text{CO}_3 \text{ في } 100 \text{ غ تربة} = (25 : (5 \times 100 \times 0.01 \times 2.8)) = 0.56$$

% لـ CO_3 في التربة = عدد مليمكافئات CO_3 في 100 غ تربة × 0.03.

$$\% \text{ لـ } \text{CO}_3 \text{ في التربة} = 0.03 \times 0.56 = 0.0168$$

عدد مليمكافئات HCO_3 في 100 غ تربة =

((حجم الحمض اللازم لمعايرة HCO_3 × نظاميته) - (حجم الحمض اللازم لمعايرة CO_3 × نظاميته) × 100) : حجم المستخلص المأخوذ للمعايرة).

$$\text{عدد مليمكافئات } \text{HCO}_3 \text{ في } 100 \text{ غ تربة} =$$

$$1.36 = (25 : (5 \times 100 \times 0.01 \times (1.4 - 8.2)))$$

% لـ HCO_3 في التربة = عدد مليمكافئات HCO_3 × 0.061

$$\% \text{ لـ } \text{HCO}_3 \text{ في التربة} = 0.061 \times 1.36 = 0.083$$

تقدير الكلور في مستخلصات التربة المائية

Determination of Chlorine in soil water extract

يوجد الكلور في التربة بحالة أملاح متنوعة قابلة للذوبان، وهو من أكثر الأيونات حركية واستجابة للغسل لذلك لا يوجد عادةً في الترب المغسولة المنتشرة في المناطق المطيرة ذات الهطولات المائية المرتفعة، بينما ترتفع تراكيزه في ترب المناطق الجافة، لذلك تتبادر نسبة أيون الكلور في مستخلصات التربة المائية تبعاً لنوعيتها من جهة ولدرجة تملحها من جهة أخرى، وتعد نسبة 0.02% الحد الحرج للكلور في التربة بالنسبة لمعظم النباتات.

ويقدر الكلور في مستخلصات التربة المائية وزنياً أو حجمياً بمعاملته في وسط متوازن أو خفيف الحموضة بمحلول من نترات الفضة وترسيبه بحالة كلور الفضة وفق التفاعل التالي:



طريقة المعايرة الحجمية:

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على معايرة أيون الكلور بمحلول نترات الفضة بوجود كرومات البوتاسيوم كدليل على نهاية المعايرة. فبعد ترسيب الكلور بصورة كلور الفضة فإن متابعة إضافة نترات الفضة ستتفاعل مع كرومات البوتاسيوم مكونةً راسباً أحمراً أجرياً من كرومات الفضة دالة على نهاية المعايرة. وتنتمي المعايرة وفق التفاعل التالي:



الأجهزة والأدوات اللازمة:

سحاحة زجاجية سعة 100 مل، حامل سحاحة، ملقط تثبيت، ملقط زجاجية سعة 25 مل، كؤوس أو دوارق زجاجية سعة 50 و 100 مل، دوري معيارية سعة 1 لتر.

الحاليل والكواشف:

- محلول نترات الفضة AgNO_3 (N 0.01): أذب 1.699 غ من نترات الفضة الجافة في كمية من الماء المقطر، ثم أكمل الحجم إلى اللتر.
- محلول كلور الصوديوم NaCl (N 0.01): أذب 0.585 غ من كلور الصوديوم النقي الجاف في كمية من الماء المقطر، ثم أكمل الحجم إلى اللتر.
- دليل كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 : أذب 5 غ من كرومات البوتاسيوم بالماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100 مل.
- ماء مقطر.

خطوات العمل:

- بعد معايرة البيكربونات أضف 5 قطرات من محلول كرومات البوتاسيوم تركيز 5%.
- عاير بمحلول نترات الفضة نترات الفضة AgNO_3 (N 0.01) ببطء ومع التحريك المستمر حتى بداية ظهور اللون الأحمر الأجري.
- سجل حجم محلول نترات الفضة اللازم للمعايرة.

طريقة الحساب:

عدد مليكافات الكلور في 100 غ تربة = ((حجم محلول نترات الفضة اللازم للمعايرة \times نظامية $\times 5 \times 100$) : حجم المستخلص المأخوذ للمعايرة).
للكلور في التربة = عدد مليكافات الكلور \times 0.0355 %

مثال:

لدى تقدير الكلور في 25 مل من مستخلص مائي لترية 5:1، بلغ حجم نترات الفضة اللازم للمعايرة حتى بداية ظهور اللون الأحمر الأجري 0.6 مل علماً أن نظامية نترات الفضة المستعمل للمعايرة N0.01.

الحل:

عدد مليمكافئات الكلور في 100 غ تربة = ((حجم محلول نترات الفضة اللازمة
للمعاييرة \times نظاميتها \times 100) : حجم المستخلص المأخوذ للمعاييرة).

$$\text{عدد مليمكافئات الكلور في 100 غ تربة} = (25 : (100 \times 5 \times 0.01 \times 0.6)) = 0.12$$

$$\% \text{ للكلور في التربة} = \text{عدد مليمكافئات الكلور} \times 0.0355$$

$$0.00426 = 0.0355 \times 0.12 \quad \% \text{ للكلور في التربة}$$



تقدير الكالسيوم والمنزريوم في مستخلصات التربة المائية

Determination of calcium and magnesium in soil water extract

توجد أملاح عنصري الكالسيوم والمنزريوم بوفرة في المحلول الأرضي لتراب المناطق الجافة وشبه الجافة وبصور متعددة، منها قليلة الذوبان مثل كربونات الكالسيوم وكربونات المنزريوم وكبريتات الكالسيوم المائية أو غير المائية أو القابلة للذوبان مثل أملاح الهايدرات والبيكربونات.

ويعد عنصر الكالسيوم عموماً من العناصر الكيميائية المهمة لنمو النباتات فهو يدخل في عمليات اقسام الخلايا ونموها، ويؤدي نقصانه في الترب إلى تخلف نمو النباتات، بينما يسهم عنصر المنزريوم في صنع مادة اليخصوصور (الكلوروفيل) فكل جزيء من الكلوروفيل يحتوي على ذرة منزريوم، كما أنه ينشط عملية امتصاص النبات لعنصر الفوسفور، ويؤدي نقصانه في الترب إلى اصفرار لون أوراق النبات. وتعد التراكيز دون 50 ململكافىء /لتر بالنسبة لعنصر الكالسيوم و 25 ململكافىء /لتر بالنسبة لعنصر المنزريوم في مستخلصات التربة المائية 1:5 تراكيز عادية وملائمة لنمو أغلب الأنواع النباتية.

وتقدر أيونات الكالسيوم والمنزريوم بطرق متعددة، أكثرها انتشاراً طريقة المعايرة بمحلول الفرسينات EDAT (الاثيلين ثانوي الأمين رباعي حمض الخل) سواءً للكالسيوم أو للمنزريوم أو لكليهما معاً. يرتبط محلول الفرسينات مع الكالسيوم أو المنزريوم ليعطي مركباً معقداً عند قيمة pH محددة، ورقم pH اللازم لمعايرة أيونات الكالسيوم الذائبة هو 12-13 وذلك من أجل استبعاد أيونات المنزريوم بتزسيبها على هيئة ماءات المنزريوم₂ Mg(OH)₂، أما الرقم الهيدروجيني اللازم لمعايرة الكالسيوم والمنزريوم معاً فهو 10، ويجب أن يبقى ثابتاً في أثناء المعايرة.

عند معايرة الكالسيوم يستعمل أحد دليلين هما: إما الموركسيد ويكون معقداً أحمر اللون بوجود أيونات الكالسيوم ويتحول لونه إلى اللون البنفسجي عند انتهاء المعايرة واتحاد جميع أيونات الكالسيوم مع الفرسينات، أو الكالسيئين ويكون معقداً أخضر اللون متأثراً بوجود أيونات الكالسيوم يتتحول لونه إلى اللون البرتقالي المصفر خافت التألق عند انتهاء المعايرة.

ويستعمل دليل اريوكروم بلاكت عند معايرة أيونات الكالسيوم والمغذريوم معاً أو عند معايرة أيونات المغذريوم وحدها، إذ يكون مركباً كرزي اللون بوجود المغذريوم يتغير إلى اللون الأزرق السماوي عند انتهاء المعايرة.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- ساحة زجاجية سعة 100 مل، حامل ساحة، ملاقط تثبيت، ماصات زجاجية سعة 10 أو 25 مل، كؤوس أو دوارق زجاجية سعة 50 أو 100 مل، دوارق معيارية سعة 1 لتر.

المحاليل والكواشف:

- محلول كلوريد الكالسيوم (N): أذب 0.5 غ من كربونات الكالسيوم النقيّة الجافة في 30 سم³ من حمض الكلور (N 1)، ثم خفف إلى 1 لتر.
- محلول ماءات الصوديوم (N): أذب 200 غ من ماءات الصوديوم في قليل من الماء المقطر في كأس زجاجية، ثم انقل محتويات الكأس بعد الذوبان إلى دوارق معياري سعته 1 لتر، خفف المحلول تدريجياً مع الاستمرار بالتحريك إلى 1 لتر، ثم اترك المحلول يبرد.
- محلول منظم (داريء): أذب 67.5 غ من كلور الأمونيوم في 570 مل من ماءات الأمونيوم المركزية NH_4OH ، خفف المحلول تدريجياً مع الاستمرار بالتحريك إلى 1 لتر.

- محلول كبريت الصوديوم Na_2S تركيز 2%: أذب 2 غ من كبريت الصوديوم في 100 مل من الماء المقطر.
- محلول Na_2EDTA (N 0.01): أذب 2 غ من ثائي صوديوم الإيتيلين ثائي الأمين رباعي حمض الخل $\text{Na}_2\text{H}_{14}\text{C}_{10}\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ مع 0.05 غ من كلوريد المغنزيوم المائي $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في قليل من الماء المقطر، ثم خفف محلول بالماء المقطر إلى التر في دورق معياري. حدد نظامية محلول بضبطه ومعايرته مع عينة من محلول كلوريد الكالسيوم (N 0.01).
- دليل الموركسيد $\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: امزج 0.5 غ من بربارات الأمونيوم مع 100 غ من بلورات سلفات البوتاسيوم غير المائية K_2SO_4 مزجاً جيداً.
- دليل اريوكروم بلاك ت $\text{C}_{20}\text{H}_{13}\text{O}_7\text{N}_2\text{SNa}$: أذب 0.5 غ من مسحوق الدليل المذكور مع 4.5 غ من هيدروكسيل أمين حمض كلور الماء في 100 مل من الكحول الإتيلي 95%.
- دليل الكالسيئين: اخلط 1 غ من الكالسيئين مع 100 غ من كلور البوتاسيوم واطحنه ناعماً وامزجها جيداً.
- ماء مقطر.

تقدير أيونات الكالسيوم باستعمال دليل الموركسيد:

خطوات العمل:

- ضع 10 مل من المستخلص المائي في دورق مخروطي سعة 100 مل.
- أضف للدورق نحو 10 مل ماء مقطر.
- أضف 1 مل من محلول ماءات الصوديوم أو البوتاسيوم (N 5).
- أضف 10 قطرات من محلول كبريت الصوديوم أو هيدروكسيل أمين حمض كلور الماء لإبعاد أثر النحاس والمنغنيز الثنائي إن وجد (يمكن الاستغناء عن إضافة هذه المحاليل بالنسبة لعينات الترب السورية).

- أضف نحو 50مغ من دليل الموركسيد، ثم لاحظ تلون محلول باللون الأحمر الكرزي.
- عاير بمحلول الفرسينات (0.01 N)، قطرة فقطرة مع التحريك حتى يتحول لون محلول إلى اللون البنفسجي.
- سجل حجم محلول الفرسينات المستهلك.

تقدير أيونات الكالسيوم باستعمال دليل الكالسيئن:

خطوات العمل:

- ضع 10مل من المستخلص المائي في دورق مخروطي سعة 100مل.
- أضف للدورق نحو 10مل ماء مقطر.
- أضف 2مل من محلول ماءات البوتاسيوم (5 N).
- أضف 10 قطرات من محلول كبريت الصوديوم أو هيدروكسيل أمين حمض كلور الماء لإبعاد أثر النحاس والمنغنيز الثنائي إن و جدا (يمكن الاستغناء عن إضافة هذه المحاليل بالنسبة لعينات الترب السورية).
- أضف نحو 50مغ من دليل الكالسيئن، ثم لاحظ تلون محلول باللون الأخضر المتالق.

عاير بمحلول الفرسينات (0.01 N)، قطرة فقطرة مع التحريك المستمر حتى يتحول لون محلول إلى اللون البرتقالي المصفر خافت التالق عند انتهاء المعايرة.

- سجل حجم محلول الفرسينات المستهلك.

الحساب لكلا الطريقتين:

عدد مليمكافئات الكالسيوم في 100 غ تربة = ((حجم محلول الفرسينات اللازمة للمعايرة الكالسيوم × نظميته × 5) ÷ 100)؛ حجم المستخلص المأخوذ للمعايرة).

% للكالسيوم في التربة = عدد مليكافئات الكالسيوم في 100 غ تربة \times 0.020.

تقدير أيونات الكالسيوم والمغزريوم:

خطوات العمل:

- ضع 10 مل من المستخلص المائي في دورق مخروطي سعة 100 مل.
- أضف للدورق نحو 10 مل ماء مقطر.
- أضف 5 قطرات من محلول هيدروكميل أمين حمض كلور الماء، (يمكن الاستغناء عن هذه الخطوة بالنسبة لعينات الترب السورية).
- أضف 5 مل من محلول المنظم لتصبح $\text{pH} = 10$.
- أضف 3 قطرات من دليل أروكروم بلاك T، لاحظ تلون محلول باللون الكرزي.
- عاير المستخلص بمحلول الفرسينات قطرة قطرة مع التحريك المستمر حتى يتحول اللون الكرزي إلى اللون الأزرق السماوي.
- سجل حجم محلول الفرسينات المستهلك.

الحساب:

عدد مليكافئات الكالسيوم والمغزريوم في 100 غ تربة = ((حجم محلول الفرسينات اللازمة للمعايرة الكالسيوم والمغزريوم \times نظميته $\times 5 \times 100$) : حجم المستخلص المأخذ للمعايرة).

عدد مليكافئات المغزريوم في 100 غ تربة =

(عدد مليكافئات الكالسيوم والمغزريوم في 100 غ تربة - عدد مليكافئات الكالسيوم في 100 غ تربة).

% للكالسيوم في التربة = عدد مليكافئات الكالسيوم في 100 غ تربة \times 0.020.

% للمغزريوم في التربة = عدد مليمكافئات المغزريوم في 100 غ تربة \times 0.012.

مثال:

عند معايرة الكالسيوم والمغزريوم في 25 مل من مستخلص مائي لعينة تربة 1:5 بلغ حجم الفرسينات اللازم لمعايرة الكالسيوم 3 مل، بينما بلغ عند معايرتها معاً 9 مل، علماً أنَّ نظامية الفرسينات 0.05. أحسب النسبة المئوية لكل من الكالسيوم والمغزريوم في التربة:

الحل:

$$5 \times 100 \times 0.05 \times 3$$

$$3 = \frac{5 \times 100 \times 0.05 \times 3}{25} \quad \text{عدد مليمكافئات الكالسيوم في 100 غ تربة} =$$

$$\% \text{ للكالسيوم في التربة} = \text{عدد مليمكافئات الكالسيوم في 100 غ تربة} \times 0.020$$

$$\% \text{ للكالسيوم في التربة} = 0.020 \times 3 = 0.06$$

$$\text{حجم الفرسينات اللازم لمعايرة المغزريوم} = 3 - 9 = 6 \text{ مل}$$

$$6 = \frac{5 \times 100 \times 0.05 \times 6}{25} \quad \text{عدد مليمكافئات المغزريوم في 100 غ تربة} =$$

% للمغزريوم في التربة = عدد مليمكافئات المغزريوم في 100 غ تربة \times 0.012.

$$\text{النسبة المئوية للمغزريوم في التربة} = 0.012 \times 6 = 0.072$$

تقدير الكبريتات في مستخلصات التربة المائية

Determination of sulfate in soil water extract

يتباين محتوى التربة من الكبريتات (SO_4^{2-}) ببعضها البعض العضوية ونوعية فلزات الغضار والنظام المائي. وعموماً تحتوي مستخلصات التربة المائية عادةً على تراكيز قليلة من الكبريتات، وتتركز أيونات الكبريتات في المستخلصات المائية للأراضي المالحة والجيسية.

وتقدر الكبريتات في المستخلصات المائية للتربة بطريق متعدد منها الطريقة الوزنية والطريقة الحجمية وهي الأكثر انتشاراً. تعد الطريقة الحجمية أكثر سهولة من الطريقة الوزنية إلا أن الطريقة الوزنية أكثر دقة خالصة عندما يكون محتوى الكبريتات في التربة مرتفعاً.

• الطريقة الحجمية:

تعتمد هذه الطريقة على ترسيب الكبريتات الموجودة في المستخلص المائي للتربة بواسطة محلول كلور الباريوم على شكل كبريتات الباريوم في وسط حامضي وفق التفاعل التالي:



يضاف محلول كلور الباريوم عادةً بكمية فائضة مما يحتاج إليه التفاعل مع الكبريتات، ومن ثم يتم تقدير كمية الباريوم الفائضة على التفاعل بالمعايرة الحجمية بمحلول الفرسينات. ونظراً لعدم وجود دليل خاص بعنصر الباريوم وحده لمعرفة انتهاء عملية معايرة الباريوم الزائد مع محلول الفرسينات، يستعمل دليل أريوكروم بلاكت الخاص بالмагnezيوم أو دليل الكالسيئين الخالص بالكالسيوم. وتضاف كمية قليلة من المغnezيوم لهذه الغاية قبل المعايرة. يدل تغير لون محلول الذي يحتوي على أيونات الباريوم والمغnezيوم عند ربط الفرسينات

لكل المغنزيوم الموجود في محلول على ربط الباريوم أيضاً. ولا بد من معايرة الكالسيوم والمغنزيوم في عينة أخرى من المستخلص لارتباطها مع الفرسينات حين معايرة للباريوم.

المحاليل والكواشف:

- محلول كلور الباريوم (N 0.01): أذب 1.222 غ من كلوريد الباريوم المائي $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في قليل من الماء المقطر، خف إلى 1 لترأ بالماء المقطر في دورق معياري. عين نظامية محلول بالضبط بالمعايرة بمحلول الفرسينات.
- حمض كلور الماء: مركز.
- ماءات الأمونيوم 10%.
- محلول كلوريد المغنزيوم (N 0.01): أذب 1.0165 غ من كلور المغنزيوم المائي $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في قليل من الماء المقطر وخف إلى 1 لترأ بالماء المقطر. عين نظامية محلول بالضبط بالمعايرة بمحلول الفرسينات.
- محلول منظم (داري): أذب 67.5 غ من كلور الأمونيوم في 570 مل من ماءات الأمونيوم المركزية، خف محلول تدريجياً مع الاستمرار بالتحريك إلى 1 لتر.
- محلول EDTA، Na_2EDTA , (N 0.01): أذب 2 غ من ثانوي صوديوم الإيتيلين ثانوي الأمين رباعي حمض الخل $\text{Na}_2\text{H}_14\text{C}_{10}\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ مع 0.05 غ من كلوريد المغنزيوم المائي $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في قليل من الماء المقطر، ثم خف محلول بالماء المقطر إلى 1 لتر في دورق معياري. حدد نظامية محلول بضبطه ومعايرته مع عينة من محلول كلوريد الكالسيوم (N 0.01).

- دليل أريوكروم بلاكت $C_{20}H_{13}O_7N_2SNa$: أذب 0.5 غ من مسحوق الدليل المذكور مع 4.5 غ من هيدروكسيل أمين حمض كلور الماء في 100 مل من الكحول الإتيلي 95%.

خطوات العمل:

- عين الكالسيوم والمغنتزيوم معاً في عينة من المستخلص المائي كما مر سابقاً.
- خذ 25 مل من المستخلص المائي في دورق مخروطي وأضف HCl حتى يتغير لون ورقة أحمر الكونغو إلى اللون الأزرق البنفسجي ($pH=3$).
- سخن حتى الغليان، ثم أضف 10 مل من محلول كلور الباريوم 0.01 N (أو أكثر حسب كمية الكبريتات في المستخلص) ببطء مع التحريك دون تبريد محلول. سخن من جديد حتى الغليان ثم اترك محلول ليبرد.
- عدل الحموضة بإضافة محلول ماءات الأمونيوم حتى يتغير لون ورقة الكونغو من الأزرق البنفسجي إلى اللون الأحمر ($pH=0.2$).
- أضف 10 مل من محلول كلور المغنتزيوم (N 0.01).
- أضف 5 مل من محلول المنظم.
- أضف 5-6 قطرات من دليل أريوكروم بلاكت، وعابر محلول بمحلول الفرسينات حتى يتحول اللون إلى اللون الأزرق السماوي والخالي من أيّة آثار حمراء. عين حجم محلول الفرسينات المستهلك في المعايرة.
- في حال عدم ضبط نظامية كل من محلولي كلوريدي الباريوم وكلوريدي المغنتزيوم المستعملين، عابر كمية مساوية للكمية المضافة إلى عينة المستخلص كالتالي:
 - خذ 10 مل من محلول كلوريدي المغنتزيوم و 10 مل من محلول كلوريدي الباريوم في دورق مخروطي وخفف بالماء المقطر حتى 100 مل.

- أضف 5مل من المحلول المنظم و 10 قطرات من دليل اريوكروم بلاكت، ثم عاير بمحلول الفرسينات حتى يتكون اللون الأزرق. حدد حجم محلول الفرسينات المستعمل.

طريقة الحساب :

$$\text{عدد مليمكافئات الكبريتات في 100 غ تربة} = \frac{[(\text{أ} - (\text{ب} - \text{ج}) \times \text{نظامية EDTA})]}{100 \times \text{وزن التربة في عينة المستخلص المستعملة للمعايرة}}$$

حيث:

أ- حجم EDTA اللازم لمعايرة مزيج كلوريد الباريوم وكلوريد المغنزيوم (مل).

ب- حجم EDTA اللازم لمعايرة عينة المستخلص المائي (مل).

ج- حجم EDTA اللازم لمعايرة عينة الكالسيوم والمغنزيوم في 25مل من المستخلص المائي.

يتم تحويل عدد المليمكافئات في 100 غ تربة إلى نسبة مئوية بضرب عدد المليمكافئات في 100 غ تربة بالوزن المكافئ للكبريتات مقدراً بالغرام.

$$\% \text{ للكبريتات} = [(\text{عدد المليمكافئات في 100 غ تربة} \times 48) : 1000]$$

مثال:

أحسب النسبة المئوية للكبريتات في عينة تربة حسب الطريقة الحجمية، إذا علمت أنه عند معايرة الكبريتات في 10مل من مستخلصها المائي 1:5 استهلك

9مل من الفرسينات (N) لمعايير التجربة و6مل لمعايير الشاهد و5مل لمعايير الكالسيوم والمغنزيوم.

الحل :

عدد مليمكافئات الكبريتات في 100 غ تربة =

$$(100 \times 5 \times 0.01 \times (5 - 9)) - 6$$

$$1 = \frac{10}{48 \times 1}$$

$$\text{النسبة المئوية للكبريتات} = \frac{0.048 \times 1000}{1000} = 0.48\%$$

• الطريقة الوزنية:

يقوم مبدأ الطريقة الوزنية على ترسيب الكبريتات على شكل كبريتات الباريوم بمعاملتها بكلوريد الباريوم، من ثم تحديد وزن كبريتات الباريوم المترسبة.

المحاليل والكواشف:

- محلول كلور الباريوم 10%.
- حمض كلور الماء 10%.
- قطرات من حمض الكبريت 5%.

خطوات العمل:

- خذ من 5-50مل من المستخلص المائي وذلك استناداً إلى نتائج الاختبارات الوصفية وضعها في كأس زجاجية سعة 100مل. (يجب أن يراوح وزن الراسب بين 0.05-0.2غ).
- أضف 1-2 قطرة من محلول حمض كلور الماء تركيز 10%， سخن حتى الغليان.

- أضف 3-5 قطرات من محلول حمض البيكريك 1% (لتجميل جبيبات الراسب).
- خذ في أنبوبة اختبار من 5-10 مل من محلول كلور الباريوم تركيز 10% وسخنها حتى الغليان.
- أضف محلول كلور الباريوم على دفعات فوق الكأس، واغلِّ محتويات الكأس مدة 3-5 دقائق، حيث يتم التفاعل الآتي:



- تم عملية الترسيب في وسط حامضي لتجنب ترسيب أملاح أخرى.
- اترك محتويات الكأس مغطاة في مكان دافئ بضع ساعات. (أو سخنها على حمام مائي مدة 30-60 دقيقة لإتمام الترسيب).
 - رشح محتويات الكأس من خلال ورق ترشيح عديم الرماد بعد غسله 2-3 مرات بالماء المقطر المغلي، فوق ورقة الترشيح.
 - اغسل الكأس وورقة الترشيح والراسب بالماء المقطر حتى يتم التخلص بشكل نهائي من كلوريد الباريوم الفائض. (يستدل على ذلك منأخذ عينة من الراشح وإضافة بضع قطرات من حمض الكبريت 5% فلا يظهر عكر).
 - جفف ورقة الترشيح بما عليها من راسب، ثم ضعها في بوتقة خزفية جافة نظيفة وموزونة.
 - ضع البوتقة الخزفية في المرمدة على حرارة منخفضة، ثم ارفع درجة الحرارة تدريجياً إلى 600 °م حتى يصبح لون ورقة الترشيح والراسب أبيض.
 - برد البوتقة في المجفف ثم زنها وسجل الوزن.

طريقة الحساب:

$$\text{ا) } \% \text{ SO}_4 = \frac{(0.4114 \times 100) \times 0.048}{\text{ب}} = \% \text{ SO}_4$$

حيث:

أ: وزن راسب كبريتات الباريوم مقدرة بالغرام.

0.4114: معامل تحويل كبريتات الباريوم BaSO_4 إلى كبريتات SO_4 .

ب: وزن التربة المقابل لحجم المستخلص المائي المأخوذ لتعيين الكبريتات.

100: معامل حساب النتيجة في 100 غ تربة.

عند حساب النتيجة على أساس المليمكافى في 100 غ تربة، يجب ضرب النسبة المئوية للكبريتات بـ 1000 وتقسيم الناتج على الوزن المكافى للكبريتات الذى يساوى 48.

مثال:

إذا كان وزن راسب كبريتات الباريوم الناتجة عن ترسيب الكبريتات المستخلصة من 25 غرام تربة هو 0.05 غرام، أحسب النسبة المئوية للكبريتات الذائبة في التربة.

الحل :

$$\text{ا) } \% \text{ SO}_4 = \frac{(0.4114 \times 100) \times 0.05}{25} = \% \text{ SO}_4$$

$$\text{ب) } \% \text{ SO}_4 = \frac{(0.4114 \times 100) \times 0.05}{25} = \% \text{ SO}_4$$



تقدير الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلصات التربة المائية بوساطة جهاز ضوء اللهب

Determination of Sodium and Potassium in soil water extract by Flamephotometer

هناك طائق متعددة لتقدير عنصري الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين في مستخلصات التربة المائية كالطائق اللونية Colorimetric وطائق الترسيب Atomic Gravimeteric أو بوساطة جهاز قياس طيف الامتصاص الذري Flame Absorption Spectroscopy أو بوساطة جهاز ضوء اللهب Photometer وتعد الطريقة الأخيرة من أفضل طائق تقدير عنصري الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلصات التربة المائية.

يعتمد مبدأ طريقة مقاييس ضوء اللهب على تحديد شدة اشعاع العناصر التي تتهيج عند تسخين رذاذها في اللهب، فالعناصر الكيميائية لا سيما المعدنية منها تصدر أشعة ضوئية "أشعة كهرمغنتيسية" نتيجة تعرضها لطاقة كافية. فالإلكترونات الموزعة على المدارات المحيطة بالنواة تمتضط الطاقة فتفوز من مداراتها الداخلية إلى المدارات السطحية مبتعدة عن النواة وبعد عودة هذه الإلكترونات لمواضعها تصدر الطاقة التي امتصتها على هيئة أشعة كهرمغنتيسية.

وبما أن العناصر الكيميائية تختلف بعدد الكتروناتها السطحية ونمط توزعها ومقدار بعدها عن النواة فإنها ستتميز بأشعة كهرمغنتيسية منبعثة منها لها طول موجة محدد. بالنسبة للعناصر الكيميائية القلوية والقلوية الترابية مثل: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Rb^{+} , K^{+} , Na^{+} , Li^{+} تتهيج الكتروناتها السطحية بسرعة عند تعرضها لمصدر من الطاقة كلهب البروبان أو لهب البوتان أو لهب مزيج غاز ي الأكسجين والأستلين.

وتوجد أنواع عديدة من أجهزة قياس ضوء اللهب، لكن جميعها تتتألف من الوحدات الرئيسية الآتية:

- وحدة مصدر طاقة للتهبيج (طاقة اللهب).
- وحدة رذاذ محلول وتتألف من مضخة تفريغ ودفع محلول إلى شعلة اللهب.
- وحدة المرشحات الضوئية التي تحدد طول موجة الضوء الخاصة بكل عنصر أو (مؤشر لتمييز الأمواج الضوئية) حيث تستعمل طول موجة 589 نانومتراً عند تقدير الصوديوم وطول موجة 766 نانومتراً عند تقدير البوتاسيوم.
- وحدة الخلايا الضوئية الحساسة، تستقبل الأشعة المنبعثة عن الرذاذ الملتهب وتحولها إلى طاقة كهربائية.
- وحدة القياس متمثلة بمقاييس ميكرو أمبير حساس.

الأجهزة والأدوات اللازمة:

- جهاز قياس طيف اللهب، ميزان تحليل حساس دقته 0.001 غ، دوارق زجاجية سعة 50–100 مل، دوارق زجاجية مخروطية سعة اللتر، سحاحات زجاجية مدرجة سعة 50 مل، ماصات.

المحاليل:

- محلول صوديوم عياري (ppm 1000) جفف قليلاً من ملح كلوريد الصوديوم ثم أذب 2.5419 غ منه في لتر من الماء المقطر.
- محلول بوتاسيوم عياري (ppm 1000) جفف قليلاً من كلوريد البوتاسيوم ثم أذب 1.9069 غ منه في لتر من الماء المقطر.
- محليل عيارية من البوتاسيوم بالتر اكizer صفر، 2، 10، 8، 6.

- محليل عيارية من الصوديوم بنفس التراكيز صفر، 2، 4، 6، 8، 10 ppm.
- ماء مقطر.

خطوات العمل:

- شغل جهاز قياس ضوء الالهاب.
- حدد طول موجة العنصر المراد تحديده.
- قس الكثافة الضوئية " " للمحاليل العيارية لعنصر الصوديوم والبوتاسيوم، يتم ضبط الجهاز ليقرأ 100 % على أعلى تركيز من المحاليل القياسية وأدنى قياس صفر % لعينة الماء المقطر.
- ارسم العلاقة بين قراءة الجهاز وتركيز المحاليل العيارية بالنسبة لعنصر الصوديوم والبوتاسيوم.

طريقة الحساب:

تركيز الصوديوم أو البوتاسيوم ppm في التربة =

قراءة تركيز عنصر الصوديوم أو البوتاسيوم على الخط البياني × نسبة التمديد.

مثال:

احسب تركيز الصوديوم في التربة كجزء من المليون، بفرض أن قراءة تركيزه من الخط البياني كانت 120، ونسبة التمديد "الاستخلاص" 5:1.

الحل:

$$\text{تركيز الصوديوم ppm في التربة} = 5 \times 120 = 600 \text{ ppm}$$

تركيز الصوديوم في 100 غ تربة = (تركيز الصوديوم ppm في التربة) : 10

$$= 60 : 10 = 60 \text{ مغ}$$

% للصوديوم في عينة التربة = (تركيز الصوديوم في 100 غ تربة : 1000)

% 0.06 = $(1000 : 60)$ للصوديوم في عينة التربة = %

عدد مليمكائفات الصوديوم في 100 غ تربة = $2.61 = (23 : (1000 \times 0.06))$

تقدير مجموع الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلصات التربة المائية حسابياً

يمكن تقدير كل من الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلصات التربة المائية حسابياً بشكل مباشر على المبدأ الآتي:

يتكافأ في مستخلصات التربة المائية مجموع الأيونات السالبة (الأيونات) مع مجموع الأيونات الموجبة (الcationes)، لذلك يعد الفرق بين مجموع عدد مليمكافئات $\text{---} \text{CO}_3^{2-}$ و $\text{---} \text{Cl}^-$ و $\text{---} (\text{HCO}_3)^-$ و $\text{---} (\text{SO}_4)^{2-}$ وبين عدد مليمكافئات $\text{---} \text{Ca}^{+2}$ و $\text{---} \text{Mg}^{+2}$ معبراً عن عدد مليمكافئات $\text{---} (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$. يفترض هذا الحساب أن كمية الأيونات الموجبة والسالبة الأخرى قليلة في مستخلص المائي للتربيه ويمكن إهمالها وتجاوزها.

بعض الترب المالحة تحتوي أحياناً على كميات كبيرة من $\text{---} (\text{NO}_3)^-$ و $\text{---} (\text{SiO}_3)^{2-}$ عندئذ لا تعد هذه الطريقة صالحة للاستعمال. وتسجل نتائج تحليل المستخلص المائي حسب الجدول -17 الآتي:

جدول -17: صيغة تسجيل نتائج تحليل المستخلص المائي.

الأيونات الموجبة (cationes)				الأيونات السالبة (الأيونات)					% للملاء (وزن الراسب الجاف)	عمق العينة بـ سم	عينة التربيه
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ بالفرق	المجموع	Mg^{+2}	Ca^{+2}	المجموع	$(\text{SO}_4)^{2-}$	Cl^-	$(\text{HCO}_3)^-$	$(\text{CO}_3)^{2-}$			
مليمكافي في 100 غ تربة											

مثال:

بفرض أن عدد ملليمكافنات الكربونات 0.9 والبيكربونات 1.5 والكلور 4.2 والكبريتات 1.8 والكالسيوم 2.8 والمغنزيوم 1.9 فإن عدد ملليمكافنات الصوديوم والبوتاسيوم تحسب كما يلي:

الحل:

$$\text{عدد ملليمكافنات الأيونات السالبة (الأنيونات)} = 8.4 = 1.8 + 4.2 + 1.5 + 0.9$$

$$\text{عدد ملليمكافنات الكالسيوم والمغنزيوم} = 4.7 = 1.9 + 2.8$$

$$\text{عدد ملليمكافنات الصوديوم والبوتاسيوم} = 3.7 = 4.7 - 8.4$$

تقدير الجبس في التربة

Determination of gypsum in the soil

يوجد الجبس في التربة بحالة سلفات البوتاسيوم المميّة $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ كما يوجد بصورة $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ وهي حالة انتقالية للجبس، يشاهد في القسم الأعلى للطبقة السطحية من ترب المناطق الجفافة أو شديدة الجفاف.

تذوب بلورات الجبس جزئياً في الماء بمعدل 30 ملليمتر في اللتر (2.6 غ/ل)، يزيد معدل ذوبان الجبس في الماء كلما كانت بلورات الجبس أكثر نعومة، وكذلك تؤدي الأيونات المشتركة دوراً في معدل الذوبان، لذلك يجب طحن عينة التربة قبل البدء بتقدير الجبس. وهناك العديد من طرائق التحليل المتبعه في تقدير الجبس في التربة، منها:

طريقة الاستيون:

- خذ 5 غ من التربة الجفافة هوائياً وضعها في كأس زجاجية سعة 500 مل.
- أضف 100 مل ماء مقطر.
- رج على رجاج آلي مدة نصف ساعة.
- رشح المستخلص على ورقة ترشيح، وتخلص من أول كمية عكرة من الراسح.
- خذ من الراسح الصافي 5 مل وضعها في أنبوب طرد مركزي سعة 15 مل.
- أضف 5 مل من الاستيون إلى الأنبوبي وأغلقه بإحكام وامزج الراسح مع الاستيون.
- ارفع الغطاء واغسله بنحو 1-2 مل من الاستيون، تستمر عملية الطرد المركزي مدة 5 دقائق على سرعة 2200 دورة في الدقيقة.

• تخلص من السائل الموجود في الأنابيب بصرفه على ورقه ترشيح عن طريق إمالة الأنابيب قليلاً مع الانتباه إلى عدم خسارة أي من بلورات الجبس.

• أضف من جديد كمل من الاستيرون وكرر العملية كما سبق.
• أضف 10 مل من الماء المقطر إلى بلورات الجبس الموجودة في الأنابيب، ورج الأنابيب حتى تذوب كامل البلورات.

• خذ قراءة التوصيلية الكهربائية للمحلول بواسطة جهاز قياس التوصيلية الكهربائية، (إذا كانت القراءة > 0.85 مليموز / سم، تعاد العملية بأخذ وزن أقل من التربة).

طريقة الحساب:

$\% \text{ للجبس} = ((\text{كمية الجبس المأخوذة من الجدول-18 مليمكافي في } 100 \text{ غ تربة})$

$\times \text{ حجم الماء المضاف لإذابة الجبس} \times 0.08609) : (\text{وزن عينة التربة} \times 5)$)

حيث: 0.08609: معامل تحويل من مليمكافي جبس إلى غرام جبس.

5 : حجم الراشح المأذوذ لتقدير التوصيلية الكهربائية EC.

جدول-18: تحويل قراءة مليموز/سم إلى كمية الجبس في العينة مليمكافي/100 غ.

EC	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0							0.40			
0.1	0.80	0.89	0.98	1.10	1.22	1.31	1.40	1.50	1.60	1.70
0.2	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70
0.3	2.80	2.90	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.72
0.4	3.85	3.98	4.10	4.22	2.35	4.48	4.60	4.70	4.80	4.90
0.5	5.00	5.12	5.25	5.38	5.50	5.62	5.75	5.88	6.00	6.12
0.6	6.25	6.35	6.45	6.58	6.70	6.92	6.95	7.05	7.15	7.28
0.7	7.40	7.52	7.65	7.78	7.90	8.04	8.18	8.32	8.45	8.58
0.8	8.70	8.82	8.95	9.05	9.15	9.28	9.40	9.55	9.70	9.85
0.9	10.00	10.12	10.25	10.38	10.50	10.62	10.75	10.88	11.00	11.15
1.0	11.30									

طريقة استخلاص الجبس بواسطة HCl:

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على استخلاص الجبس من التربة بمعاملتها بحمض

كلور الماء HCl (N 0.2)، حيث يتم التفاعل الآتي:



يتم تقدير الكبريتات عن طريق ترسيبها بواسطة كلوريد الباريوم BaCl_2 .

خطوات العمل:

- زن من 1-5 غ تربة منخولة على منخل أقطار ثقوبها 0.25 مم، ثم ضعها في كأس زجاجية تحوي 100 مل من N0.2 HCl.
- يرج المزيج ثم يترك للليوم التالي.
- رشح العينة، ثم اغسلها عدة مرات بحمض كلور الماء HCl (N 0.2) حتى التخلص من SO_4^{2-} ، (يكشف عن ذلك بالإضافة بضع قطرات من BaCl_2).
- اجمع الرشاحة في كأس زجاجية وبخرها على سخان، حتى يصل حجمها بين 150-200 مل.
- عدل حموضة الرشاحة بمحلول ماءات الأمونيوم 10%.
- أضعف HCl تركيز 10% حتى يصبح الوسط حامضياً.
- سخن حتى الغليان.
- أضعف إلى الرشاحة وبالتدريج 10 مل من محلول BaCl_2 تركيز 10% واترك العينة مدة ساعتين في مكان دافئ.
- رشح العينة على ورق ترشيح خالي الرماد.
- اغسل ورقة الترشيح وما عليها من راسب بالماء الساخن المحمض ببعض قطرات من HCl تركيز 10% حتى يتم غسل كامل الباريوم.
- ضع ورقة الترشيح وما عليها من راسب في بونقة موزونة وضعها في مرمرة على درجة حرارة لا تزيد على 600°C مدة ساعتين.

- برد البوتقة ضمن المجفف ثم سجل وزنها، ثم احسب الكبريتات الكلية في عينة التربة، واطرح منها الكبريتات الذائبة، تحصل على وزن الكبريتات الموجودة في الجبس.

طريقة الحساب:

$$\% \text{ للكبريتات} = \{ 0.4141 \times \text{وزن راسب كبريتات الباريوم في العينة المأخوذة للتحليل} / (\text{وزن عينة التربة الجافة المأخوذة للتحليل}) \times 100 \} - \% \text{ للكبريتات الذواة في التربة}$$

حيث:

0.4141: معامل تحويل كبريتات الباريوم BaSO_4 إلى كبريتات SO_4 .

$$\% \text{ للكبريتات} = 1.79 \times \% \text{ للجبس}$$

تعد الطريقتان السابقتان الأكثر استعمالاً في تقدير كمية الجبس في التربة، إلا أن هناك طرائق أخرى أهمها:

التقدير الكمي للجبس في التربة بواسطة انعراج الأشعة السينية (XRD):
عند تحليل عينة تربة تحتوي على الجبس بواسطة انعراج الأشعة السينية (XRD) يظهر فلز الجبس انعكاساً محدداً عند القمة الرئيسية $A^{\circ}7.56 = 100\%$ ، ويمكن تقدير الجبس كمياً من هذه القمة "البيك".

التقدير الكمي للجبس بالتسخين:

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على تسخين عينة التربة التي تحتوي على جبس إلى درجة حرارة نفوق 165°C ، حيث تتحرر عندها جزيئات الماء الموجودة في البنية البلورية. تعتبر هذه الطريقة مناسبة عند استعمال عينات تربة لا تحتوي على فلزات طين قد تخسر هي أيضاً جزءاً من مائها على درجة الحرارة نفسها.

الكاتيونات المترادفة التي تخرج إلى المحلول، ويتم تقدير هذه الكاتيونات إما بواسطة جهاز الامتصاص الذري AAS أو بالمعايرة الحجمية.

المحاليل والكواشف:

- محلول الإشباع: يمزج 57.5 مل من حمض الخل الثلجي CH_3COOH مع 800 مل من الماء المقطر في دورق معياري سعة 1000 مل، يضاف 71.5 مل من محلول الأمونيا، تضبط درجة الـ pH إلى الرقم 7 بواسطة حمض الخل أو الأمونيا، ويكمّل الحجم إلى 1000 مل بالماء المقطر.
- في حال تقدير الكاتيونات بواسطة جهاز الامتصاص الذري، تحضر محليل قياسية، أو محليل خاصة بالمعايرة، كما تحضر المشعرات الضرورية اللازمة.
- ماء مقطر.

خطوات العمل:

- زن 5 غ تربة جافة هوائياً (أقل من 2مم)، ضعها في أنبوب طرد مركزي سعة 100 مل.
- أضف 30 مل من محلول خلات الأمونيوم (NH_4Cl) $\text{pH} = 7$ ، يغطي الأنبوب.
- رج على رجاج دائري مدة 20 دقيقة، ثم اطرد مركزيًا، أو ثقل على سرعة 2400 دورة / دقيقة مدة 5 دقائق.
- افصل السائل بالإبانة إلى دورق معياري سعة 100 مل.
- كرر العملية السابقة مرتين ثم أكمل الحجم.
- قدر كل من الكاتيونات المترادفة ($\text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}, \text{Na}^+, \text{K}^+$) بالطرق المتبعة في المخبر.

تقدير سعة التبادل الكاتيوني : CEC

هناك عدة طرائق وأيضاً عدة محاليل إشباع تستعمل لتقدير سعة التبادل الكاتيوني من أهمها:

تقدير سعة التبادل الكاتيوني باستعمال محلول محلول خلات الأمونيوم $\text{pH}=7$:

خطوات العمل:

- أ- إشباع التربة بالأمونيوم.
- زن 25غ تربة جافة هوائياً أقل من 2مم، ثم ضعها في دورق مخروطي سعة 250 مل.
- أضف 35-50مل من محلول خلات الامونيوم ($\text{N} 1, \text{pH}=7$) ،
- غط الدورق ثم رجه عدة دقائق واتركه ليلة كاملة.
- افصل السائل بالإبانة إلى دورق معياري سعة 100مل.
- انقل محتويات الدورق إلى قمع بوخنر Buchner بواسطة ورقية ترشيح مبللة واطمان 42.
- رشح مع تفريغ خفيف اذا لزم الأمر.
- اغسل العينة بـ 200 مل من محلول خلات الصوديوم، بإضافة كميات قليلة من وقت لآخر لتسתרم فترة مدة الغسل أكثر من ساعة.
- انقل الراشح إلى دورق معياري واحفظه لتحليل الكاتيونات المتبادلة اذا استدعي الأمر ذلك.
- أضف كميات صغيرة من الكحول (ايثانول 95%)، على عينة التربة المشبعة بالأمونيوم في قمع بوخنر حتى الاختبار السلبي للأمونيوم في الراشح (بواسطة كاشف نسلر)، أو حتى يصبح الحجم المستهلك من الكحول 100مل.

- ب- التقطر المباشر للأمونيوم الممتاز بطريقة كلدا.
- انقل التربة مع ورقة الترشيح إلى دورق كلدا Kjeldahl flask.
 - أضف 400 مل من الماء المقطر + 10 غ NaCl + 5 قطرات من مانع الرغوة + 2 غ من الزنك الحبيبي.
 - أضف 40 مل من ماءات الصوديوم (N 1).
 - يتم تقطير 200 مل في دورق يحتوي على 5 مل من محلول حمض البوريك .%4 H₃BO₄
 - تعاير الكمية المقطرة بمحلول حمض كلور الماء (N 0.2)، بعد اضافة 10 قطرات من الدليل المركب وقطرتان من أخضر بروم الكريزول، حتى يظهر اللون القرمزي (البرتقالي).

طريقة الحساب:

يتم حساب سعة التبادل الكاتيوني على النحو التالي:

$$\text{CEC \text{ مليمكافي في 100 غ} = ((100 \times \text{حجم حمض كلور الماء المستهلك}) / (\text{المعايير} \times \text{نظاميته})) : (\text{وزن عينة التربة بالغرام}).}$$

المحاليل والكواشف:

- محلول خلات الأمونيوم CH₃COONH₄ (N 1) و pH 7: يمزج 68 مل من ماءات الأمونيوم NH₄OH ذات الوزن النوعي 0.95 مع 57 مل من حمض الخل CH₃COOH %99.5، يكمل الحجم إلى 1 لتر، بعد التبريد تضبط درجة pH إلى 7 بواسطة قطرات إما من حمض الخل أو من ماءات الأمونيوم.
- كحول ايثيلي .%95 CH₃CH₂OH
- كاشف نسلر.
- كلوريد الصوديوم NaCl

- مزيج مانع الرغوة، يتتألف من خلط أجزاء متساوية من زيت معدني مع كحول.
- ماءات الصوديوم (N 1).
- حمض كلور الماء HCl (N 0.2).
- حمض البيريك H_3BO_3 .%4.
- دليل مركب: 1.25 غ من أحمر الميثيل مع 0.825 غ من أزرق الميثيلين في لتر واحد من الكحول الإيثيلي 95 %.
- أخضر بروم الكريزول 0.1 % محلولاً مائياً.
- ماء مقطر.

تقدير سعة التبادل الكاتيوني بواسطة محلول خلات البوتاسيوم : CH_3COOK

خطوات العمل:

تتبع الخطوات السابقة نفسها في طريقة خلات الأمونيوم، باستثناء استعمال محلول خلات البوتاسيوم بدلاً من محلول خلات الأمونيوم.
ويتم تقدير البوتاسيوم بواسطة جهاز ضوء اللهب.

تقدير السعة التبادلية الكاتيونية بمحلول خلات الصوديوم CH_3COONa والطرد المركزي.

خطوات العمل:

- زن 5 غ من التربة وضعها في إنبوب طرد مركزي.
- أضف إلى الإنبوب 33 مل من خلات الصوديوم NaOAc N1 و $\text{pH} = 8.2$.
- رج مدة 5 دقائق بعد تغطية الإنبوب.

- ارفع غطاء الأنبوب وثقل حتى يصبح السائل رائقاً (5 دقائق كافية لذلك غالباً).
 - يتم التخلص من السائل بشكل تماماً بالإبانة.
 - تكرر الخطوات السابقة أربع مرات.
 - بعد آخر مرة يغسل غطاء الأنبوب ونزال بلورات خلات الصوديوم التي قد تكون عالقة على حواف أنبوبة التتفيل بواسطة ورق نشاف.
 - يضاف إلى العينة في أنبوب التتفيل نحو 30 مل من الكحول الإيثيلي، يغطى الأنبوب ويرج مدة 5 دقائق، ينبلج حتى يصبح السائل رائقاً ويتم التخلص منه بالإبانة.
 - يستمر الغسل بالكحول حتى تصبح التوصيلية الكهربائية EC لسائل الغسل بين 55-40 ميكروموز/سم، يمكن زيادة حجم الكحول المستعمل في الغسل بمقدار 5 مل كل مرّة.
 - يزاح الصوديوم الممترز على العينة بواسطة محلول خلات الأمونيوم 1 N و pH=7 وذلك بإضافة 30 مل والرج مدة 5 دقائق ثم التتفيل.
 - افصل السائل بالإبانة واحفظ به في دورق معياري سعة 100 مل.
 - كرر العملية السابقة مرتين حتى يتجمع نحو 90 مل من السائل.
 - يكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.
- حدد تركيز الصوديوم في المحلول بواسطة جهاز ضوء اللهب.

طريقة الحساب:

يتم حساب سعة التبادل الكاتيوني على النحو التالي:

$$\text{CEC} \text{ مليكمائي في 100 غ} = ((\text{عدد مليكمافيات الصوديوم في لتر من الخطبياني} \times \text{عدد مرات التمديد} \times 100) : (\text{وزن عينة التربة}))$$

المحاليل:

- خلات الصوديوم CH_3COONa و $\text{N}1$ $\text{pH}=8.2$.
- خلات الأمونيوم $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ و $\text{N}1$ $\text{pH}=8.2$.
- كحول اثيلي $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.%95.
- ماء مفطر.



ملحق الجداول

تحضير محليل دارئة أو منتظمة (Buffer) من حمض الخل وماءات الأمونيوم.

ماء مقطر مل	NH ₄ OH مل N 0.2	CH ₃ COOH مل N 0.2	pH
	0.76	99.24	3.0
	6.60	93.40	3.4
	11.80	88.20	3.8
	19.80	80.20	4.2
	34.00	66.00	4.6
	41.40	58.60	5.0
	45.40	45.60	5.4
	49.10	50.90	5.8
	49.60	50.40	6.2
	49.70	50.30	6.6
يضاف 100 مل من الماء المقطر	50.00	50.00	7.0
	51.60	48.40	7.4
	52.20	47.80	7.8
	53.60	46.40	8.2
	55.30	44.70	8.6
	59.00	41.00	9.0
	66.00	34.00	9.4
	76.20	28.80	9.8
	84.00	16.00	10.2
	90.20	9.80	10.6
	97.52	2.48	11.0

تحضير بعض الحموض والقواعد السائلة

الحجم اللازم أخذه بـ مل لتحضير لتر من محلول نظاميته		التركيز %	النظامية بالتقريب	الوزن المكافئ	اسم المادة
N0.1	N1				
2.8	28	95.0	35.5	49.04	حمض الكبريت H_2SO_4
8.2	82	38.0	12.4	36.46	حمض كلور الماء HCl
6.2	62	72.0	16.2	63.02	حمض الأزوت HNO_3
2.3	23	85.0	44.0	98.00	حمض الفسفور H_3PO_4
5.8	58	99.0	17.45	60.05	حمض الخل CH_3COOH
8.6	86	70.0	11.6	100.46	حمض البركلوريك HClO_4
6.7	67	28.3	15.0	35.05	ماءات الأمونيوم NH_4OH

أهم الدلائل أو المشعارات الحامضية - القلوية مرتبة حسب ارتفاع درجة pH.

مجال تحويل الـ pH ولون المشعر	المذيب	التركيز %	أسم الدليل أو المشعر
1 التحول 1 $\left\{ \begin{array}{l} 1.8 - 0.2 \\ \text{أحمر} \leftarrow \text{أصفر} \end{array} \right.$ 1 التحول 1 $\left\{ \begin{array}{l} 8.8 - 7.2 \\ \text{أصفر} \leftarrow \text{أحمر} \\ \text{كهرمانى أرجوان} \end{array} \right.$	كحول %50	0.04	1- أحمر كريزول
1 التحول 1 $\left\{ \begin{array}{l} 2.8 - 1.2 \\ \text{أحمر} \leftarrow \text{أصفر} \\ 9.6 - 8 \\ \text{أصفر} \leftarrow \text{أزرق} \end{array} \right.$	أ- كحول 20% ب- ماء + 4.3 مل من ماءات الصوديوم 0.05 لكل 100 مغ من المشعر	0.1	2- أزرق تيمول
4.4 - 3 أحمر \leftarrow أصفر برتقالي	ماء	0.1	3- برتقالي ميثيل
5.2 - 3 أزرق \leftarrow بنفسجي \leftarrow أحمر	ماء	0.1	4- أحمر كونغو
5.4 - 2.8 أصفر \leftarrow أزرق	أ- كحول 20% ب- ماء + 2.9 مل من ماءات الصوديوم 0.05 لكل 100 مغ من المشعر	0.1	5- أزرق بروم كريزول أخضر بروم كريزول
6.4 - 4.0 أصفر \leftarrow أزرق	كحول %60	0.1 0.2	6- أحمر الميثنيل
7.6 - 6 أصفر \leftarrow أزرق	أ- كحول 20% ب- ماء + 3.2 مل من ماءات الصوديوم 0.05 لكل 100 مغ من المشعر	0.05 0.1	7- أزرق بروم تيمول
5.4 - 2.8 عديم اللون \leftarrow أرجواني	كحول %40	0.1	8- فينول فتالين
5.4 - 2.8 عديم اللون \leftarrow أزرق	كحول %90	0.1	9- تيمول فتالين
5.4 - 2.8 عديم اللون \leftarrow أحمر	كحول %50	0.25	10- قرمزي نيلة

درجة pH لبعض أهم محليل الحموض والقلويات تبعاً لنظاميتها

نظامية المحلول	حمض كلور الماء	حمض الكبريت	حمض الخل	حمض الليمون	ماءات البوتاسيوم	ماءات الصوديوم	ماءات الأمونيوم
2.0	0.14	0.02	2.22	1.44	14.12	11.06	11.78
1.0	0.10	0.01	24.3	1.57	13.91	13.88	11.62
0.5	0.36	0.27	2.55	1.74	13.64	13.62	11.48
0.2	0.74	0.64	2.74	1.92	13.26	13.26	11.27
0.1	1.02	0.92	2.89	2.04	12.98	12.97	11.12
0.05	1.32	1.19	3.02	2.20	12.69	12.68	10.97
0.02	1.70	1.54	3.22	2.43	12.30	12.30	10.77
0.01	2.00	1.80	3.38	2.60	12.00	12.00	10.62
0.005	2.30	2.07	3.52	2.77	11.70	11.70	10.46
0.002	2.70	2.42	3.74	3.05	11.30	11.30	10.26
0.001	3.00	2.70	3.89	3.22	11.00	11.00	10.11

تراكيز أهم الحموض وماءات الأمونيوم

نظامية محلول	النسبة المئوية الوزنية	الكثافة عند 20°	المادة
13.4	25.0	0.907	ماءات الأمونيوم مرکزة
6.0	10.0	0.957	ماءات الأمونيوم ممددة
3.0	5.0	0.977	ماءات الأمونيوم الممددة
15.0	67.0	1.400	حمض الأزوت المرکز
3.5	20.0	1.115	حمض الأزوت الممدد
1.7	10.0	1.054	حمض الأزوت الممدد
36.0	95.0	1.834	حمض الكبريت المرکز
6.0	25.0	1.178	حمض الكبريت الممدد
1.2	5.0	1.032	حمض الكبريت الممدد
12.0	37.0	1.184	حمض كلور الماء المرکز
6.0	20.0	1.098	حمض كلور الماء الممدد
3.0	10.0	1.047	حمض كلور الماء الممددة
17.5	100.0	1.050	حمض الخل الثلجي
1.7	10.0	1.013	حمض الخل الممدد
0.9	5.0	1.005	حمض الخل الممدد
14.7	85.0	1.700	حمض الفسفور المرکز
26.3	46.6	1.146	حمض فلور الماء المرکز

تحويل ملمكافىء/لتر إلى جزء في المليون

الحصول على جزء في المليون	بـ الوزن المكافىء	اضرب ملمكافىء/لتر
Ca	20.04	Ca
Mg	12.16	Mg
Na	23.00	Na
K	39.10	K
Cl	35.46	Cl
SO ₄	48.03	SO ₄
CO ₃	30.00	CO ₃
HCO ₃	61.01	HCO ₃
PO ₄	31.65	PO ₄
CaSO _{4.2H₂O}	86.09	CaSO _{4.2H₂O}
CaCO ₃	50.04	CaCO ₃
NO ₃	62.00	NO ₃

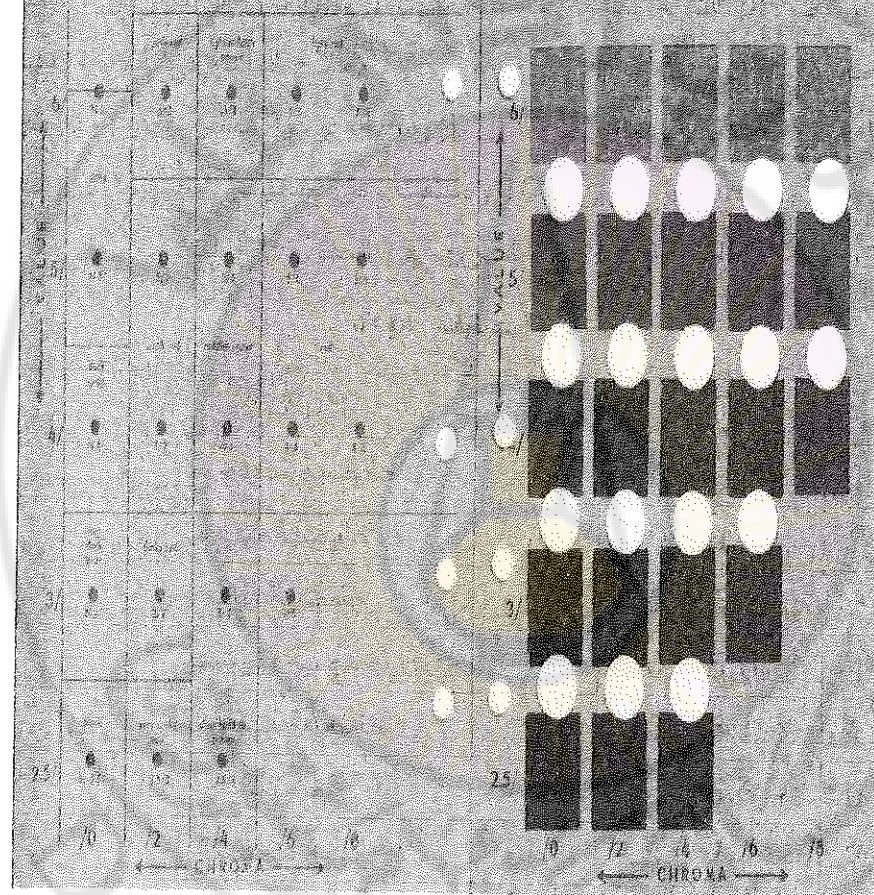
م: يمكن التحويل من ملمكافىء إلى ملغرام بالضرب بنفس رقم الوزن المكافىء.

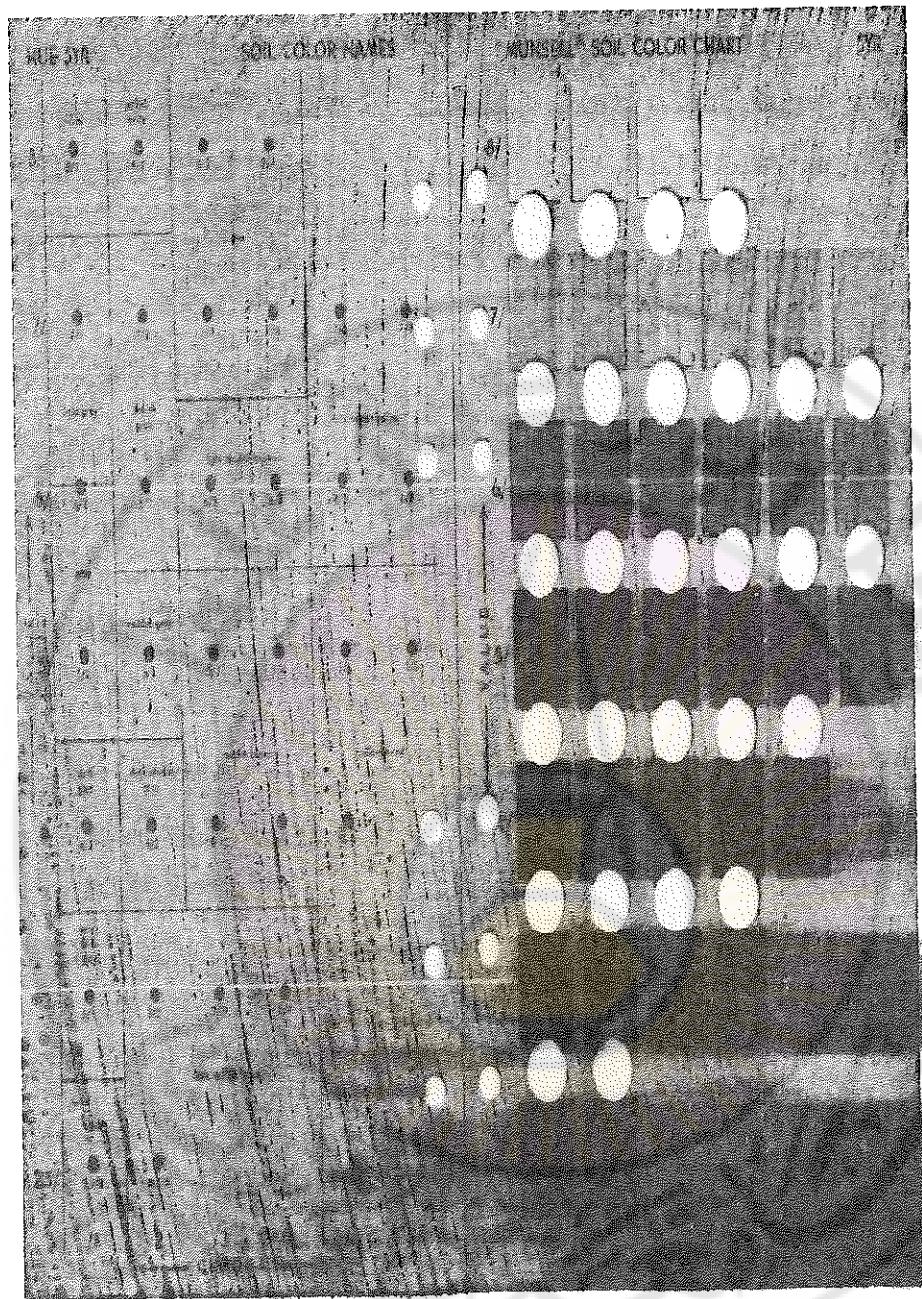
VUE 25YR

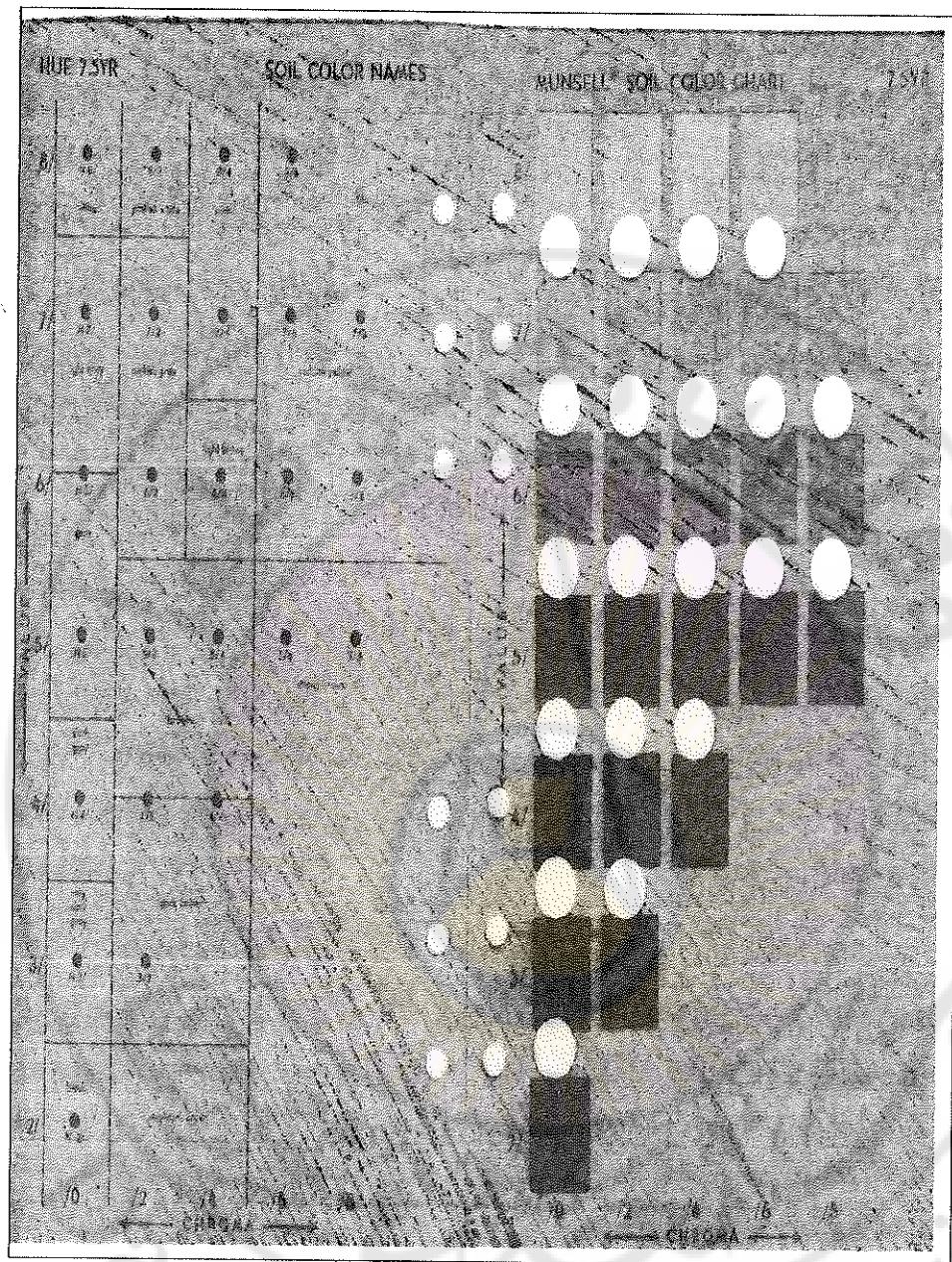
SOIL COLOR NAMES

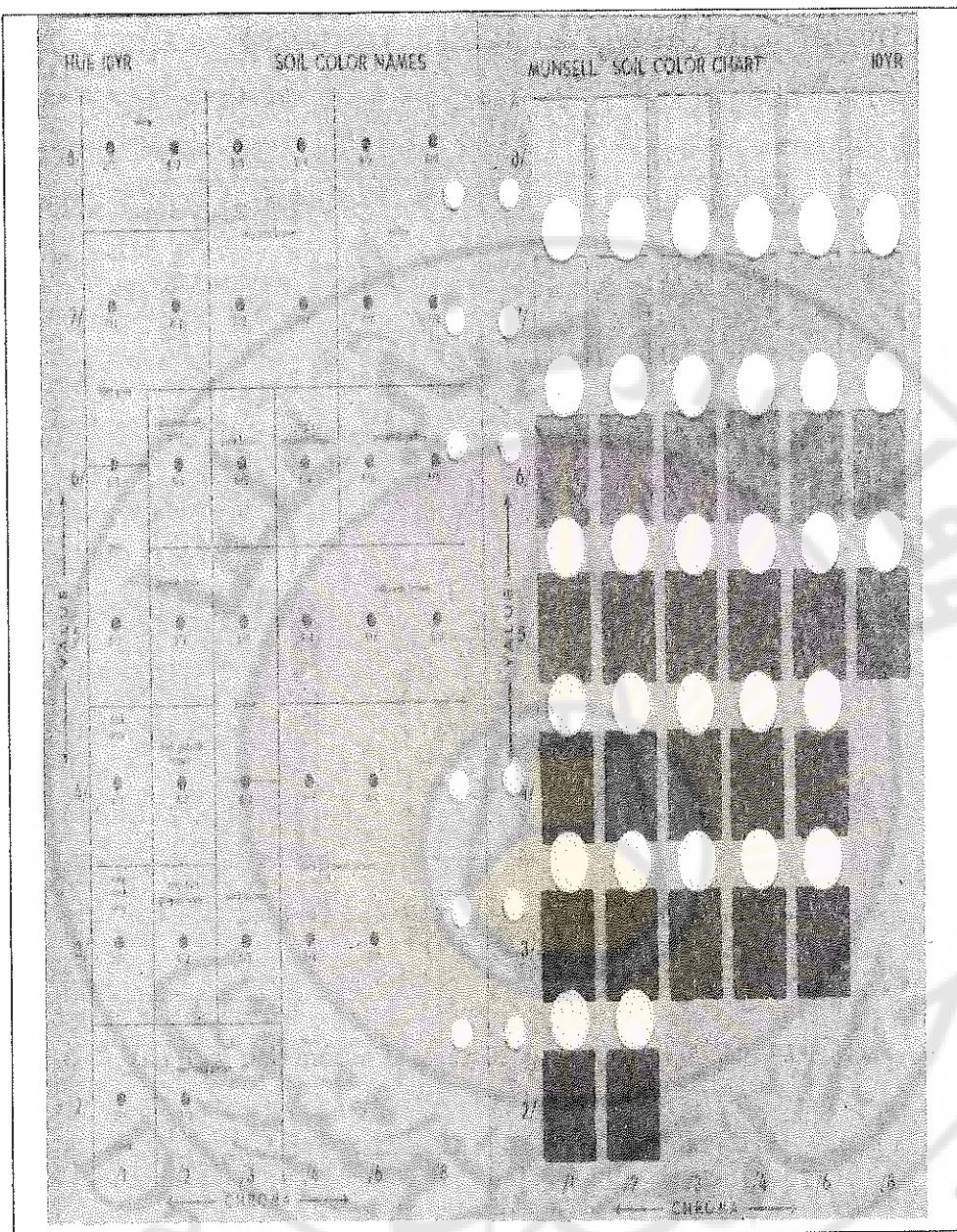
MUNSELL[®] SOIL COLOR CHART

25YR









المصطلحات العلمية

A

Absolute accumulation	الترانكم القطعي
Absorbed Ions	الأيونات الممتصة أو المتشربة
Absorption	امتصاص
Accessory minerals	الفلزات الثانوية
Acidity	حموضة
Addition	إضافة
Adhesion	التصاق
Adsorption	الامترار
Aeration	تهوية
Agate	الآغات (عقيق)
Aggradation, Aggregates	مجموعات
Air dry	جاف هوائياً
Alkalinity	قلوية
Allophane	الألوفان
Alluvial	لحقي
Amorphous	غير متباور
Angular	مزوّي، زاوي
Angles	زولايا - ذروات
Aqual	مائي
Analysis	تحليل
Anion	أنيون

Anion exchange capacity	سعة التبادل الأنيوني
Anhydrite	الأنيدريت
Argillic horizon	أفق طيني
Arid	جاف - قاحل
Auger	مسبر
Anthracite	الأنتراسيت
Argelite	الغضار الصلب، الأرجيليت
Argile	الغضار
B	
Biogenesis	منشأ عضوي
Blank	شاهد
Block	كتلة
Bonding forces	قوى الارتباط
Boulder	جلمود
Breccia	البريشيا
Buffer	داريء، موقي
Bulk density	الكثافة الظاهرية (الحجمية)
C	
Calcareous	كلسي، حيري
Calcimeter	جهاز تقدير كمية كربونات الكالسيوم (المكلاس)
Calcite	كالسيت
Capacity	سعة
Capillarity	شعرية
Catalyste	مادة محفزة، حفاز

Cation	كاثيون
Cation exchange capacity (CEC)	سعة التبادل الكاثيوني
Cavity	فجوة
Cement	مادة رابطة (ملاط)
Chain silicates	السليلكات السلسلية
Chalk	طبashir - حوار
Charge valance	قيمة الشحنة الشاردية
Chemical property	خاصية كيميائية
Chlorite	الكلوريت
Chroma	نقاء اللون، صفاء اللون
Chromite	الكروميت
Circular	دائري
Clay	غضار
Classification	تصنيف
Clay minerals	فلزات الغضار ، فلزات الطين
Clay schist	الشیست الغضاري
Claystone	حجر غضارى
Cleavage	سطوح الانفصام (التشقق)
Closed system	المنظومة المغلقة
Cohesion	تماسك
Coefficient	معامل
Color	لون
Colorimetry	ملوانية

Columnar	عمدي
Compaction	انضغاط
Combinative form	شكل مركب
Compleex	معقد
Composite	مؤلف
Compound	مركب
Conglomerate	الكونغلوميرات - رصيص
Congruent weathering	التجوية المنسجمة (المتجانسة)
Constant	ثابت
Coordination center	مركز التناسق
Coordination number	عدد التناسق (الاحاطة)
Coordination polyhedron	متعدد الوجوه (السطوح) التناصفي
Coordination reference	مرجع التناسق
Coucretion	حصبة، عقيدة
Condenser	مكثفة
Concentration	تركيز
Conductivity	توصيلية
Constant	ثابت
Construction	بناء
Core	لبابة
Crumb	فتاتة
Crust	قشرة
Decantation	الابانة

Decomposition	تحلل، تفكك
Dehydration	نزع الماء
Dehydroxylation	نزع الماءات
Density	كثافة
DEnsimeter	المكثاف، مقياس الكثافة
Deposit	راسب
Depth	عمق
Desert Soils	ترسب صحراوي
Desiccator	مجفف
Description	وصف
Determinenation	تقدير
Detrital	فتائي - حتائي
Differential thermal analysis (D.T.A)	التحليل الحراري التفاضلي
Diffraction	انعراج - حيود
Diffusion	انتشار
Discreet layer	طبقة معزولة
Disintegration	عمليات التفتت
Dispersion	تفريق
Dissociation	التأين - التفارق
Distillation	تطهير
Disturbed	مضطرب - مشوش - مثار
Double layer	طبقة مزدوجة
Dry grinding	طحن جاف

E

Effervescence	فوران
Elastisity	مرونة
Electrod	قطب
End Point	نقطة النهاية
Energy	طاقة
Epiclastic	حطامي علوي
Erosion	الحت، تحت، انجراف
Electrical conductivity (EC)	التوصيلية (الناقلية) الكهربائية
Exchage	تبادل
Exchangeable	متبادل (قابل للتبادل)
Exolution textures	النسج الانبعاثية
Exothermic reaction	تفاعل ناشر للحرارة
External surface	السطح الخارجي
Extraction	استخلاص

F

Factor	عامل
Fibrous	ليفي
Field	حقل
Field capacity	سعة حقلية
Filtration	ترشيح
Fine earth	تربة ناعمة
Flakes	رفقة، رقيقة
Flow	جريان

Formation	تشكيل
Fractional	مجراً
Framework silicates	السليلات الهيكلية
Friable	فتورت
Function	تابع (دالة)

G

Gaseous phase	الطور الغازي
Gel	هلام، جل
General	عامة
General Forms	أشكال عامة
Generation	جيل، صف
Genesis	نشأة، تكوين، تشكيل
Gley	وحل
Grain	حبة
Granular	حبيبي
Granulimetric	قياس الحبيبات
Graphic	تخطيطي
Gravel	حصبة
Gravimetric	وزني
Gravity	تقل
Gypsum	الجص (الجبس)
Hardness	صلابة، قساوة
Heave minerals	فلزات ثقيلة

H

Heterogenous	غير متجانس، متباين
Histisol	تراب عضوية، نسيجية
Horizon	أفق
Hue	ندرج اللون
Humic	دبالٍ
Humic acids	حموض دبالية
Humidity	رطوبة
Humus	دبال
Hydration	تميه
Hydrolysis	الحلمة
Hydrometer	هيدرومتر
Hydromorphy	هيدرومorfية (تشكيلة مائية)
Hygroscopic	استرطابي
Hydrothermal solutions	المحاليل المائية الحارة
Hydrous mica	الميكا المائية
Hydroxyl	هيدروكسيل
Illite	الأليت (فلز)
Illuvial	ترسيبي
Impenetrable	غير منفذ، كتيم
Impregnating	شرب
Indicator	دليل أو مشعر
Infrared	تحت الحمراء
Infrared spectroscopy	مطيافية الأشعة تحت الحمراء

Infiltration	تشرب، تسرب
Inherited	موروثة
Intergrade	متدرج، انتقالى
Inter layer	بين طبقى
Interstratified minerals	فلزات ذات تطبيق بيني
Inorganic components	مكونات لا عضوية
Insitu	في الموقع
Ion	أيون
Ionic bound	رابطة أيونية
Ion exchange	تبادل أيوني
Ion exchange capacity	سعة التبادل الأيوني
Irregular	غير منتظم
Irreversible	غير عكوس
Isomorphous substitution	الاستبدال المتماثل
J	
K	
Kaolinite	كاولينيت
Kaolinite group	مجموعة الكاولينيت
Kaolinization	عملية الكولنة
Kinetic energy	طاقة حركية
L	
Laminar	صفحي، صفائحي
Lath	شريحة ضيقية

Lattice	شبكة
Lateritic soils	ترسب لاتيريتية
Layer	طبقة
Layer silicates	السيликات الطبقية
Leaching materials	مواد مغسولة
Ligand	ربيطة
Limonite	الليمونيت
Liquid phase	طور سائل
Lithoclastic	حطام صخري
Lithosphere	الغلاف الصخري
Lithophil elements	عناصر ليثوفيلية
Loam	طمي، لومي
Luster	البريق
Marl clay	طين مارلي، طين مارني
Mass	كتلة
Matrix	أرضية، ضامة
Medium	وسط
Metal	معدن
Metallic Ores	الخامات المعدنية
Metasomatism	عمليات استعاضة
Mica	الميكا
Mineral	الفانز
Mineralization	تمعدن

Mixed layer minerals	فلزات مختلطة الطبقة
Molar ratio (M.R)	النسبة المولية
Monochromatic beam	حزمة أحادية اللون
Monohydrate	أحادي الماءات
Montmorillonite	المونتموريللونيت
Mor	مور - دبال حمضي
Morphology	علم الشكل
Mottling	تبقع، تبرقش
Mud	الوحل
Muddy paste	عجينة طين
Mudstone	حجر طيني
Munsell soil color charts	لوحات مانسل لألوان التربة
Muscovite	الموسكوفيت
Neoformation	تشكيلات حديثة (تكوينات حديثة)
Neosynthesis	تخلفات حديثة (تصنيع حديث)
Neutral	متعادل
New formation	تشكيلات مستجدة، جديدة
Nodules	عقيدات
Non-exchangeable	غير قابل للتبادل
Normal	عادي، طبيعي،
Occurrence	وجود
Open system	المنظومة المفتوحة

Order	رتبة
Ore	خام
Organic	عضوي
Organic Material (OM)	مادة عضوية
Organogenesis	عصبي المنشأ
Organic carbon	كربون عضوي
Organic matter	مادة عضوية
Orientation	توجيه
Ortho	مستقيم (قائم)
Osmotic pressure	الضغط الخلوي
Outer solution	المحلول الخارجي
Oxidation	الأكسدة
Parent material	المادة الأم - مادة الأصل
Peat	خث، تورب
Peat soils	ترسب خثية
Pebbles	حصى
Pedoclimate	مناخ تربى
Pedogenic chlorite	كلوريت تربى المنشأ (ثانوي)
Pedological processes	عمليات تربية (بيدولوجية)
Pedology	علم التربة
Permanent charge	شحنة دائمة
pH	الأس الهيدروجيني
Phyllosilicates	السيليكاوات الورقية

Plate	صفحة
Polymerization	بلمرة
Polymorphism	تعدد الشكل البلوري
Pore	فراغ مسامي
Porosity	مسامية
Porous	مسامي
Pressure	ضغط
Primary minerals	فلزات أولية
Primary structure	بنية أولية
Prism	موشور
Prismatic	موشورى، منشورى
Processes	عمليات (حوادث)
Processes of addition	عمليات الإضافة
Processes of subtraction	عمليات الطرح (الإزاحة)
Probe	مسبار، مجس، مسبر
Profile	مقطع
Protonic bridge	الجسر الهيدروجيني
puff	نقوءات، انتفاخات
Q	
Quartz	الكوارتز (مرسو)
R	
Random	عشوائي
Real density	كثافة حقيقية
Reaction	تفاعل

Recrystalliration	إعادة تبلور
Regular	منتظم
Reflection	انعكاس
Relative accumulation	تراكم نسبي
Ribbon	شريط
Ring silicates	السيلبيكات الحلقة
Rock	الصخر
S	
Saline	ترب ملحية
Salt	ملح
Sample	عينة
Sand	رمل
Sandstone	حجر رملي
Sandy	رملي
Saturation	إشباع
Secondary	ثانوي
Secondary minerals	فلزات ثانوية
Sediments	رسوبات (ترسبات)
Sedimentary	رسوبي
Sedimentation	ترسيب
Sheet	شريحة
Shrinking	انكماش
Sill	بنية ، مندسة

Silica	السيليكا
Silicates	السيликات
Silt	السلت
Silty	سلتي أو غريني
Similar forms	أشكال متماثلة
Simple forms	أشكال بسيطة
Smectite	السمكتيت (فلز)
Smelting	الصهر
Soil	التربة
Solutions	المحاليل
Soluble	ذائب
Solution	المحلول
Specific gravity	الثافة النوعية (الوزن النوعي)
Specific surface	السطح النوعي
Spheroidal	شبه كروي
Stability	استقرار (ثبات)
Structure	بنية
Structure formula	الصيغة البنائية
Substitution	استبدال ضمن البناء البلوري
Swelling	الانتفاخ - إنتجاج
Symbols	رموز
Synthesis	الاصطناع
Tetrahedra	رباعيات وجوه

Tetrahedron	رباعية وجوه
Thermal analysis	التحليل الحراري
Thermogravimetric analysis (T.G.A)	التحليل الوزني الحراري T.G.A
Tourbe	خث، التورب
Transported	منقولة، منقول
Transformation	التحول
Trihydrante	ثلاثي الماءات
Tuff	الطف، التوف
Types	أنماط
Typical	نموذجى
Undisturbed	غير مضطربة، غير مثاررة
Unit cell	وحدة الخلية
Unaltered	غير متغير (غير مجوى)
Vacum	تفريغ
Variable charge	شحنات متغيرة
Vermiculite	الفرميكلوبت
Vermiculization	شكل الفيرميكلوبت
Vertisols	ترسب طينية
Viscosty	لزوجة
Vitroclastic	الحطام البركاني (الزجاجي)
Volumetric	حجمي

Volcanic	بركاني
Volcanic ash	رماد بركاني
	W
Water	ماء
Wave	موجة
Wave length	طول الموجة
Weathering	التجوية
Weathering processes	عمليات التجوية
Weathering products	نواتج التجوية
Wetting	ابتلال
	X
Xerophyte	نباتات جفافية
X.Rays	الأشعة السينية
X.Ray Diffraction(XRD)	إنعراجية الأشعة السينية
X.Ray Spectra	أطیاف الأشعة السينية
	Y
Young soils	ترب فتية (حديثة)
	Z
Zonal	نطaci
Zones	نطاقات
Zone of addition	نطاق الإضافة
Zone of export	نطاق الاستزراf (التصدير)



المراجع العلمية

المراجع العربية:

- أبو نقطة، فلاح.. (1987): أساسيات الأراضي، الجزء العملي، 119 ص، منشورات جامعة دمشق، مطبعة الداودي - دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- أبو نقطة، فلاح.. (1995): علم التربة، الجزء العملي، 246 ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- أبو نقطة، فلاح.. (2004): أساسيات في علم التربة، الجزء النظري، 281 ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- حبيب، حسن، السفرجلاني، عبدالرحمن..، بطحة، عدنان.. (2006): أساس علم التربة والجيولوجيا، الجزء العملي، 173 ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- رابين، جون..، "ترجمة جورج اسطفان" (2003): تحليل التربة والنبات "الدليل المخبري"، 154 ص، منشورات المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة "إيكاردا"، حلب، الجمهورية العربية السورية.
- شاطر، محمد سعيد..، بلخي، محمد أكرم..، الكبرا، ميساء..، (2010): خصوبية التربة والتسميد (الجزء العملي)، 174 ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- عبداللهادي، يوسف محمد..، (1986): أساس علم الأراضي والمياه، التجارب العملية، 142 ص، مكتبة الفلاح، الكويت.
- فارس، فاروق..، (1992): أساسيات علم الأراضي، 704 ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.

REFERENCES:

- Bartel W., (1964): Einführung in die Korngrößenmesstechnik. Springer, Heidelberg.
- Day, P.R., (1965): Particle fractionation and particle-size analysis, *in* Black, C.A., ed., Methods of soil analysis, Part 1: American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, p.545-567.
- DIN 18123., (April 1983): Bestimmung der Korngrößenverteilung.
- Franzmeier, D.P., G.C., Steinhardt, J.F. Crum, and L.D. Norton, (1977): Soil Characterization in Indiana: I. Field and Laboratory Procedures: Research Bulletin No. 943,13–14 p..
- Hartge K.-H., und R. Horn., (1992): Die physikalische Untersuchung von Böden. Enke Verlag,Stuttgart.
- Kalra, Y.P.; Maynard, D.G., (1991): Methods manual for forest soil and plant analysis. For. Can., Northwest Reg., North For. Cent., Edmonton, Alberta, Canada. Inf. Rep. NOR-X-319.
- Kretschmar, R., (1996): Kulturtechnisch-bodenkundliches Praktikum. Ausgewählte Labor- und Feldmethoden. Inst. für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Laker, MC., and C,C.,Dupreez.,(1982): An investigation into the accuracy of hydrometers for soil particle size determination. Agroplantae, 14,17–22 p..
- Meuser,H.,(1996): Ein Bestimmungsschlüssel für natürliche und technogene Substrate in Boden staedtisch-industrieller Verdichtungsraeume. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk., 159:305–312 p..
- Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.- H., Schwertmann, U.,(1998): Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Auflage. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- Schlichting E., H.-P. Blume und K. Stahr, (1995): Bodenkundliches Praktikum. 2. Auflage.Blackwell, Berlin.,295 P..

اللجنة العلمية

أ.د. فلاح أبو نقطة

أ.د. عماد الدين موصلى

أ.د. محمد سعيد الشاطر

المدقق اللغوي

أ.د. ذياب الراشد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

