

المحاضرة الاولى

التربة (Soil)

التربة (Soil) :هي الجزء المتطور من القشرة الأرضية بفعل عوامل وعمليات تكوين التربة والمتكونة من مواد معدنية وعضوية مختلطة مع بعضها والقادرة على إمداد النبات ببعض أو كل ما يحتاجه من العناصر الغذائية بشرط توفر الماء والهواء. كما ان التربة تعتبر نظام ديناميكي متغير على سطح الأرض وله ثلاث أبعاد (مساحة وعمق) وهذا ما يعرف بالـ (Soil Pedon).

من خلال التعريف السابق نلاحظ ان هناك ثلاث أطوار رئيسية للتربة هي :

(١) : الطور الصلب : ويتكون من :

أ. جزء معدني ب. جزء عضوي

(٢) : الطور السائل (ماء التربة)

(٣) : الطور الغازي (هواء التربة)

يضاف الى ذلك جزء حيوي مهم وهو المكون البيولوجي المتضمن الكائنات الحية الدقيقة في التربة.

مقد التربة (Soil profile) : هو عبارة عن مقطع عمودي في جسم التربة يمتد من السطح الفاصل بين التربة والهواء الجويالى مادة الأصل (Parent material) أو الماء الارضي ويتكون مقد التربة من مجموعة من الطبقات أو الأفاق المكونة لجسم التربة والتميزه بعضها عن البعض. وهذا المقد هو حفرة بطول ٢ متر وعرض ١ - ١,٥ متر أما العمق فيختلف حسب مستوى الماء الارضي أو صخور مادة الاصل أو الغرض من الدراسة .

أفق التربة (Soil horizon) : هو عبارة عن طبقة غالبا ما تكون موازية لسطح الأرض وذات صفات كيميائية وفيزيائية ومعدنية وحيوية تميزها عن الطبقات التي فوقها والطبقات التي تحتها ونتجت هذه الطبقة عن فعالية عمليات تكوين التربة ، وتمتاز الترب القديمة بوضوح الافاق على العكس من الترب الحديثة حيث يصعب تمييز الافاق.

المكونات الرئيسية للتربة : -

تتكون التربة المعدنية المثالية لنمو النبات على النسب الحجمية التالية، مواد معدنية ٤٥% ، مواد عضوية ٥% وهذان يمثلان الجزء الصلب ، أما المسافات البينية فأنها تشكل نسبة ٥٠% من المكونات حيث تكون ٢٥% منها مشغولة بالماء و ٢٥% تكون مشغولة بالهواء، هذا في حالة تربة مروية بعد مرور ٢٤ ساعة، لكن نسبة الماء إلى الهواء تتغير حسب الظروف الجوية وظروف التربة فعندما تكون التربة جافة سوف يُطرد الماء ويحل محله الهواء والعكس يحدث عند ري التربة حيث يُطرد الهواء ليحل محله الماء.

جمع عينات التربة :

يجب أن تعطى أهمية كبيرة لجمع عينات التربة من الحقل فالتربة كجسم طبيعي تقسم إلى عدة أنواع وتختلف من موقع إلى آخر ويمكن ملاحظة هذا الاختلاف في البقع المتجاورة ضمن الحقل الواحد، وتتجلى أهمية اخذ عينات من التربة في معرفة الكثير من خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والحيوية، وعلى ضوء الخواص يمكن تقسيم الترب المختلفة ومعرفة مدى صلاحيتها

للزراعة واحتياجاتها إلى الأسمدة المختلفة كماً ونوعاً لإعادة خصوبتها أو حل بعض المشاكل التي تعاني منها التربة مثل الملوحة أو الحموضة.

كذلك فإن عدد العينات الواجب أخذها يعتمد على الغرض من الدراسة أو البحث، إلا أن عدم تجانس التربة يزيد من مشاكل أخذ العينات، ونظراً لتعدد فروع علم التربة فإنه يصعب الاتفاق على الطريقة المثلى التي يجب إتباعها عند أخذ العينات، فمثلاً العينات التي تؤخذ لتقدير نسبة الرطوبة تختلف عن تلك العينات المطلوبة لتقدير الكثافة الظاهرية والتي تؤخذ بطريقة خاصة وذلك بعدم تغيير حالتها الطبيعية قدر الإمكان (غير مستثارة).

ولهذا يجب أن تجمع عينات التربة (Soil Samples) بطريقة علمية بحيث تكون ممثلة للموقع الذي أخذت منه قبل نقل العينات إلى المختبر للتحليل حتى تكون نتائج التحليل المخبري مفيدة وتعطي الصورة الحقيقية لمنطقة الدراسة وعادة ما تؤخذ العينات حسب أغراض مختلفة منها:

أولاً : - حسب عمق العينة: وتقسم إلى:

(١) عينة سطحية (Surface sample):

تمثل بعينة تؤخذ على عمق (صفر – ١٥) سم وهذا يستلزم حفر مقد يصل عمقه إلى مادة الأصل أو إلى مستوى الماء الأرضي أو حسب الهدف من الدراسة.

(٢) عينة تحت سطحية (Sub surface sample):

وتؤخذ هذه العينة من عمق (١٥ – ٥٠) سم ولا يتقيد بالتغير في الخواص المورفولوجية أي لا يؤخذ أعماق الأفق بنظر الاعتبار.

(٣) عينة من كل أفق:

تؤخذ في هذه الحالة عينة من كل أفق أو طبقة مميزة مورفولوجياً في قطاع التربة .

ثانياً : - حسب طبيعة العينة: وتقسم إلى :

(١) عينة مستثارة (Disturbed sample)

حيث تؤخذ هذه العينة دون الاهتمام بحالة بنائها الطبيعي وتصلح هذه العينات للتحليلات الروتينية ولا تصلح للدراسات المورفولوجية.

(٢) عينة غير مستثارة (Undisturbed sample)

حيث تؤخذ هذه العينات في حالتها الطبيعية دون تحطيم البناء وهذه العينات تستخدم في الدراسات المورفولوجية وتقدير الكثافة الظاهرية .

ثالثاً : - حسب شمول العينة : وتقسم إلى :

(١) عينة مفردة (Single sample)

وهي عينة تؤخذ من كل جزء مختلف من الحقل على حدا دون خلطها بالعينات الفردية الأخرى.

(٢) عينة مركبة أو مختلطة (Compound sample)

تتألف من عينات صغيرة جمعت بشكل عشوائي من مواقع مختلفة ومسافات متفاوتة وبمقادير متساوية و ثم تخلط هذه العينات مع بعضها خطأً جيداً ثم يؤخذ جزء منه لتصبح عينة ممثلة للموقع.

مبادئ عامة يجب مراعاتها عند جمع عينات التربة :

- ١ - الدقة في أخذ العينات
- ٢ - انتظام وتجانس اخذ العينات بحيث تكون العينة ممثلة للحقل المراد دراسته ، فمثلا يقسم الحقل الى مربعات وتأخذ النماذج من مواقع اشترك اربع مربعات في نقطة واحدة .
- ٣ - عدم اخذ العينات من مناطق رطبة جداً أو مروية حديثاً أو بعد سقوط الامطار.
- ٤ - الابتعاد عن الطرق العامة وممرات الماشية ومصادر المياه.
- ٥ - تجنب مناطق الجذور والمناطق المسمدة حديثاً.
- ٦ - الابتعاد عن مناطق تجمع الاملاح والبقع الملحية.

تهيئة العينات للتحليل المختبري :

تجفف العينات بتعريضها نسبياً إلى الهواء وذلك بفرش عينات التربة على شكل طبقة رقيقة فوق قطعة من البلاستيك وتحتاج إلى درجة حرارة (٢٥ - ٣٠) درجة مئوية ورطوبة ٢٠ - ٦٠% وشرط أن لا يكون الجو ملوثاً بالغبار أو الأبخرة الكيميائية، حيث تترك لبضعة أيام حتى تجف ، ويجب أن لا تزيد درجة الحرارة عن ٣٥ م° لان الزيادة تؤدي إلى حدوث تغييرات في الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة . واذا أريد خزن العينة لفترة من الزمن يجب ان تجفف قبل تخزينها وعند رطوبة معينة لكي لا يحدث فيها تغييرات كيميائية أو بايولوجية لبعض مركبات التربة منها المادة العضوية والحديد والنترات والبوتاسيوم ، حيث عندما تعرض عينة التربة للهواء الجوي فانها تفقد مائها تدريجياً حتى يصبح في حالة اتزان بين كمية بخار الماء الموجود في الهواء الجوي وبين الرطوبة الموجودة في العينة ويطلق على هذه العينة بعينة التربة الجافة هوائياً (Air Dry Soil) .

بعد تجفيف العينات يتم طحنها بواسطة مطرقة من الخشب أو المطاط مع تجنب تحول التربة إلى مسحوق ناعم جداً بعد ذلك يتم نخل التربة باستخدام منخل قطر ثقوبه (٢ ملم) حيث يتم فصل الحجارة والحصى والكتل الكبيرة من العينة الترابية بعد ذلك تحفظ العينات لغرض إجراء التحاليل المختبرية عليها فيما بعد .

مستخلصات التربة

تتطلب معرفة الكثير من خصائص التربة عمل مستخلصات تحدد فيها نسبة (التربة : الماء)، وعلى هذه المستخلصات تجرى التحاليل الكيميائية وخاصة التحاليل المتعلقة بالأيونات الموجودة بصورة ذائبة في محلول التربة . ومن الامثلة على هذه المستخلصات مستخلص العجينة المشبعة (١:١) ، (٢:٥) ، (٥:١) ، (١٠:١) يرمز العدد الاول الى التربة ويرمز العدد الثاني الى الماء .

طريقة تحضير مستخلص ١:١ أو ٥:١ أو ١٠:١

توضع عينة التربة في زجاجة أو دورق ، وتضاف اليها الكميات اللازمة من الماء حسب نوع المستخلص . تسد الزجاجة أو الدورق بسدادة وترج ثانية لمدة (٥) دقائق . ثم يرشح المعلق . اما عند استعمال اليد في الرج فتقلب الزجاجة أو الدورق وترج بشدة لفترة (١٠) ثواني وتكرر هذه العملية أربع مرات على الاقل كل فترة نصف ساعة قبل الترشيح ، ويتم الترشيح هنا بدون استعمال التفريغ .

ملاحظة : من الضروري ذكر نسبة (التربة : الماء) المستخدمة لان نسبة ذوبان بعض الاملاح وكذلك تقدير بعض الايونات تتعلق بهذه النسبة.

تقدير المحتوى الرطوبي للتربة

الماء والهواء يشكلان حيزاً يقدر ٥٠% من التربة وان هذان المكونان يشكلان الجزء غير الصلب من مادة التربة ويشغلان المسامات البينية الموجودة بين دقائق التربة، عندما تكون التربة مشبعة بالماء فان جميع الفراغات تكون مشغولة بالماء وذلك لان الماء يطرد الهواء ويحل محله، ولكن عند الجفاف، أي عندما يتبخر الماء من التربة أو يغور إلى الطبقات السفلى فأن الماء يزاح من الفراغات البينية ليحل محله الهواء وبالتالي فان نسبة الماء إلى الهواء في الفراغات البينية تكون غير ثابتة.

عندما ينخفض منسوب الماء في التربة فان الفتحات أو الفراغات الكبيرة تفرغ أولاً من الماء ويبقى الماء الممسوك بقوة شد عالية في الفتحات أو الفراغات البينية الصغيرة، كذلك فان الماء يتواجد بشكل التراكيب البلورية الدقيقة للتربة ولكن يكون ممسوك بقوة شد عالية جداً، بحيث يحتاج إلى درجات عالية من الحرارة لغرض إزاحته ومن الناحية الفيزيائية فان ارتباط جزيئات الماء مع دقائق التربة أو بعضها مع البعض الاخر يعتمد على خاصيتين هما :

١. التماسك (Cohesion) : وتحدث هذه العملية بين المواد المتشابهة مثل (ماء - ماء).

٢. التلاصق (Adhesion) : وتحدث هذه العملية بين المواد المختلفة مثل (تربة - ماء).

ولكن من الناحية التطبيقية فأن المحتوى المائي في التربة يؤخذ على أساس ذلك الماء الذي يزال من التربة بواسطة التجفيف على درجة حرارة ١٠٥° م لحين ثبوت وزن نموذج التربة.
ان الغرض من تقدير المحتوى الرطوبي في التربة :

١- معرفة كمية الماء الملائمة الواجب اضافتها للنبات بحيث لا يحدث جفاف للتربة ولا يحدث تغدق لها.

٢- معرف أنسب وقت للري وتكرار الريات والفترة بين رية واخرى.

ماء التربة Soil water : يعد التصنيف الفيزيائي ايسط تصنيف لرطوبة التربة وقد وضعت رطوبة التربة في هذا النظام إلى ثلاث أصناف هي :

(١) - الماء الهيدروسكوبي (Hydroscopic water) :

وهو ماء موجود في حالة غير سائلة وممسوك بقوة شد تتراوح بين (٣١ - ١٠٠٠٠٠ ض.ج) ويكون ممسوك بقوة شد عالية ولا يستفاد منه النبات.

(٢) - الماء الشعري (Capillary water) :

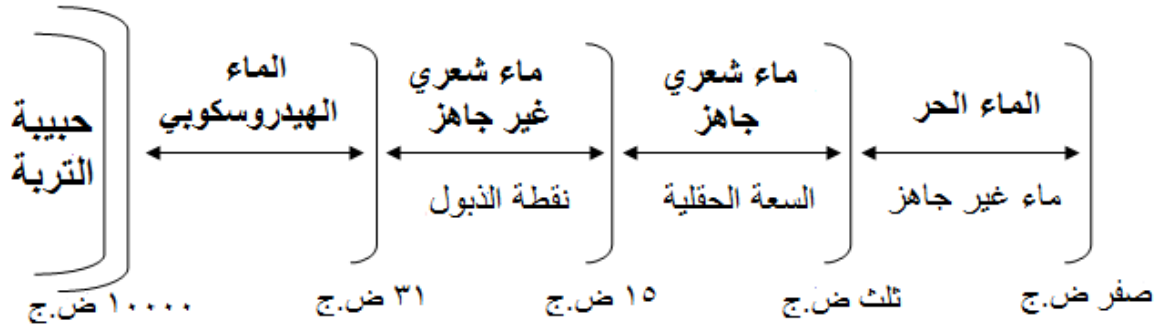
وهو الماء الموجود في أغلفة تلي الماء الهيدروسكوبي ويطلق عليه الماء الشعري لوجوده في المسامات البينية في الارض والتي تشبه في شكلها الانابيب الشعرية ونلاحظ ان الماء الشعري ممسوك بقوة أقل من الماء الهيدروسكوبي (من ٣١ - ٣/١ ض.ج) وهو يتحرك خلال الانابيب الشعرية وهو على نوعين:

أ - ماء شعري غير جاهز : وهو الماء الممسوك بقوة شد تتراوح بين (١٥ - ٣١ ض . ج) ولا يستفاد منه النبات .

ب - ماء شعري جاهز : وهو الماء الممسوك بقوة شد تتراوح بين (٣/١ - ١٥ ض.ج) وضمن هذا المدى يمكن لجذور النباتات امتصاصه حيث تزيد قوة أخذ الجذور للماء على قوة مسكه للتربة .

(٣) - الماء الحر (Free water) :

ويسمى أيضا بماء الجذب الأرضي وممسوك بقوة شد ضعيفة تكون اقل من ثلث ضغط جوي بحيث انه يتحرك الى الاسفل بفعل ثقله وبفعل الجاذبية الأرضية ولا يستفاد منه النبات لسرعة مروره في الارض .



تقدر نسبة الرطوبة على حالات وأسس هي:

١ - تقدير رطوبة التربة على أساس وزن التربة الجافة تماماً بواسطة الفرن .

٢ - تقدير رطوبة التربة على أساس وزن التربة الجافة هوائياً .

٣ - تقدير رطوبة التربة على أساس الحجم .

طريقة العمل :

١ - يؤخذ وعاء معدني فارغ ثم يوزن ويسجل الوزن .

٢ - يوضع كمية من التربة الجافة هوائياً (بحدود ٢٠ غرام) في الوعاء الفارغ ثم يوزن الوعاء مع التربة ويسجل الوزن .

٣ - يوضع الوعاء مع التربة في الفرن على درجة حرارة ١٠٥ م° لمدة ٢٤ ساعة وبعد استخراجها تبرد ثم توزن ويسجل الوزن .

الحسابات :

١ - النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف تماماً =

وزن العينة قبل التجفيف - وزن العينة بعد التجفيف

× ١٠٠

وزن الوعاء فارغ

٢ - النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف هوائياً =

وزن العينة قبل التجفيف - وزن العينة بعد التجفيف

× ١٠٠

وزن الوعاء فارغ

٣ - النسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم =

الكثافة الظاهرية

نسبة الرطوبة على أساس الوزن × × ١٠٠

كثافة الماء

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b \times 100$$

حيث أن :

θ_v = المحتوى الرطوبي الحجمي.

θ_m = نسبة الرطوبة على أساس الوزن.

ρ_b = الكثافة الظاهرية ، علماً أن كثافة الماء = ١

مثال : احسب المحتوى الرطوبي على أساس الوزن الجاف هوائياً اذا علمت ان وزن التربة قبل التجفيف ٢٦ غم ووزنها بعد التجفيف ٢٣ غم وان وزن العلبة فارغة ٥ غم؟

الحل :
النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف هوائياً =

$$100 \times \frac{\text{وزن العينة قبل التجفيف} - \text{وزن العينة بعد التجفيف}}{\text{وزن العينة قبل التجفيف} - \text{وزن الوعاء فارغ}}$$

$$100 \times \frac{23 - 26}{5 - 26} = 14,28\%$$

مثال : اخذت عينة تربة من الحقل وكانت نسبة الرطوبة فيها 6% فما هو الوزن اللازم اخذه من عينة التربة الجافة هوائياً للحصول على 20 غم تربة جافة تماماً؟

الحل :

وزن التربة الجافة تماماً

100
20

وزن التربة الجافة هوائياً

106
س

$$21,2 \text{ غم} = \frac{20 \times 106}{100} = \text{س}$$

التحليل الحجمي لدقائق للتربة Soil Partical Analysis

التحليل الميكانيكي لتحديد نسجة التربة

ان نسجة التربة تعتمد بشكل اساسي على حجم دقائق التربة المعدنية ، وبالاستناد الى حجوم دقائق التربة فانه بالإمكان تصنيف الترب الى ثقيلة (عندما تكون نسبة الطين عالية) Clay Soil ومزيجية (عندما تحتوي على نسبة عالية من الغرين) Loamy Soil والى تربة خفيفة (عندما تحتوي على نسبة عالية من الرمل) Sandy Soil. فالتحليل الميكانيكي هو سلسلة من العمليات تجرى في المختبر لغرض فصل وتقدير نسب ومكونات التربة المختلفة والتي تشمل الرمل (Sand) والغرين (Silt) والطين (Clay) والهدف الأساسي من العملية هو لمعرفة نسجة التربة (Soil Texture) والتي لها تأثير على معدل وكيفية حدوث معظم التفاعلات الكيميائية والفيزيائية والحيوية في التربة مثل قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء اللازم لنمو النبات و معدل الغيض وكذلك على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية والسعة التبادلية الكاتيونية.

الأساس التي تبنى عليه عملية التحليل الميكانيكي تتلخص في ثلاث خطوات رئيسية هي:

١ - تفكيك تجمعات التربة وذلك بالقضاء على المواد اللاصقة والتي تشمل كلاً من المادة العضوية و كاربونات الكالسيوم والأملاح الذائبة و اكاسيد الحديد و الألمنيوم.

٢ - إضافة العامل المفرق للحيلولة دون اتحاد الدقائق المفككة مرة أخرى، ويمكن الحصول على تفرقة تامة لحبيبات التربة في معلقاتها بطريقتين :

أ. تفرقة طبيعية : وتتم بعدة طرق منها الرج والغليان والغسيل

ب. تفرقة كيميائية : وتستخدم فيها مواد كيميائية تحتوي على أيون الليثيوم أو الصوديوم في صورة كاربونات أو اوكزالات أو هيدروكسيد أو صوديوم هكسا ميثا فوسفيت (الكالكون).

٣ - فصل دقائق التربة حسب أقطارها أي عن طريق الانتشار Dispersion أو التجزئة Fractionation.

ومن أهم الطرق المستعملة في تقدير نسجة التربة هي :

(أولاً) : الطرق اليدوية :

وهي التي تعتمد على حاسة اللمس في تقدير النسجة، وهي طرق حقلية تعتمد على الخبرة العملية الطويلة في الحقل وذلك بالاستناد الى درجة نعومة دقائق التربة حيث ان التربة الرملية تكون خشنة اللمس غير متماسكة تفتقر لحالة المطاطية واللزوجة، اما الغرينية ريشية اللمس وناعمة ومتوسطة التماسك تقاوم الهدم، والطينية تتصف بحالة اللزوجة Viscosity واللدونة Plasticity وناعمة اللمس. وهذه الطرق تكون تقريبية في تحديد نسجة التربة.

(ثانياً) : طرق الترسيب :

وهذه الطرق تستند الى قانون ستوك (Stoke's Law) حيث ان معدل سرعة سقوط الدقائق خلال المعلق تتناسب طردياً مع أقطارها. الدقائق الكبيرة الحجم تسقط بصورة أسرع من الدقائق الصغيرة الحجم لذلك فانه بقياس الوقت الذي تستغرقه الدقائق خلال عملية السقوط في المعلق فانه بالإمكان تقدير حجومه. وبهذه الطريقة يمكن بواسطتها قياس حجوم دقائق التربة التي تقل اقطارها عن ٢ ملم، اما الاقطار التي تزيد عن ٢ ملم يمكن عزلها بواسطة المناخل.

ومن الطرق المهمة التي تعتمد على مبدأ الترسيب في تحديد نسجة التربة هي طريقة الهيدروميتر Hydrometer method وهي الأكثر شيوعاً واستخداماً.

تصنيف مفصولات التربة حسب أقطار الدقائق وفق التقسيم العالمي :

المفصولات	أقطار الدقائق (ملم)
الرمل	٢ - ٠,٠٢ ملم
الغرين	٠,٠٢ - ٠,٠٠٢ ملم
الطين	أقل من ٠,٠٠٢ ملم

تصنيف مفصولات التربة حسب أقطار الدقائق وفق التقسيم الأمريكي :

المفصولات	أقطار الدقائق (ملم)
رمل خشن جدا	٢ - ١ ملم
رمل خشن	١ - ٠,٥ ملم
رمل متوسط	٠,٥ - ٠,٢٥ ملم
رمل ناعم	٠,٢٥ - ٠,١ ملم
رمل ناعم جدا	٠,١ - ٠,٠٥ ملم
غرين	٠,٠٥ - ٠,٠٠٢ ملم
طين	أقل من ٠,٠٠٢ ملم

Hydrometer

الهيدروميتر

طريقة

method

الأساس النظري لهذه الطريقة مبني على أساس سرعة سقوط الحبيبات تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية، وفيها تقاس كثافة المعلق (معلق التربة) في أوقات معينة أثناء الترسيب

ويمكن حساب أوقات الترسيب باستخدام قانون ستوك (Stoke's Law) والذي ينص على أن سرعة ترسيب الدقائق الصلبة في سائل ما تحت تأثير الجاذبية الأرضية يتناسب طردياً مع مربع نصف قطر الدقيقة وعكسياً مع لزوجة السائل.

طريقة العمل :

١ - نأخذ (٤٠ غم) تربة جافة هوائياً معلومة فيها نسبة الرطوبة ونزال منها المواد اللاحمة للحصول على دقائق التربة بصورة منفردة حيث يتم التخلص من المادة العضوية باستخدام بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز ٦ % ، أما كربونات الكالسيوم فنزال باستخدام حامض HCl ، أما الأملاح فيتم التخلص منها عن طريق الغسل بالماء المقطر.

٢ - ننقل عينة التربة نقلاً كيميائياً إلى كأس الخلاط الكهربائي ويضاف حوالي ٣٠ مل من المادة المفرقة الكالكون (٠,٥) والتي تحضر من إذابة ٥٠ غم في ١ لتر من الماء مقطر)، مع ضبط الـ PH عند ٨,٥ ، ثم يضاف ماء مقطر إلى ثلاثة أرباع الكأس.

٣ - نرج معلق التربة بواسطة الخلاط الكهربائي لمدة (١٥) دقيقة لإتمام عملية التفرقة.

٤ - ننقل معلق التربة إلى اسطوانة زجاجية (Cylinder) حجم واحد لتر ويكمل بالماء المقطر إلى العلامة.

٥ - نرج معلق التربة داخل الاسطوانة بصورة عمودية إلى الأعلى والأسفل بواسطة الـ

(Plunger) عشرة مرات للحصول على محلول متجانس.

٦ - بعد ٤٠ ثانية من الانتهاء من عملية الرج ندخل المكثاف الى العالق ونأخذ القراءة الاولى (R1) وحسب التدرج الموجود على المكثاف وبنفس الوقت نأخذ درجة حرارة العالق بواسطة المحرار.
٧- بعد مرور ساعتين تؤخذ القراءة الثانية للمكثاف (R2) وكذلك نأخذ درجة حرارة المعلق بواسطة المحرار.
ملاحظة :

قبل موعد القراءة بحوالي (١٥ ثانية) يغمر المكثاف في المعلق بهدوء حتى لا يحدث حركات او اهتزازات بحيث يثبت المكثاف عند فترة القراءة.

الحسابات :

تصحح قراءة الهيدروميتر حسب درجة حرارة المعلق حيث تضاف (٠,٣) إلى قراءة الهيدروميتر لكل درجة حرارة تزيد عن (١٩,٤)، كذلك يطرح (٠,٣) من قراءة الهيدروميتر لكل درجة حرارة تقل عن (١٩,٤)، لان قراءة الهيدروميتر معايرة على أساس درجة حرارة (١٩,٤) لذا يجب تصحيح القراءة عند قياس كثافة معلق التربة عند أي درجة حرارة أخرى باستخدام المعادلة الآتية :

$$\text{قراءة المكثاف المصححة} = \text{قراءة المكثاف} + [(\text{درجة حرارة المعلق} - 19,4) \times 0,3]$$

قراءة الهيدروميتر المصححة بعد ٤٠ ثا R1 =

(حيث يترسب الرمل أولاً، لذلك تمثل القراءة اولا الطين والغرين لأنهما لا يزالان عالقين في المعلق ويؤثران على الهيدروميتر).

١٠٠

$$\text{R1} = \% (\text{الطين} + \text{الغرين}) \times \frac{100}{\text{وزن عينة التربة}}$$

قراءة الهيدروميتر المصححة بعد ساعتين R2 =

(حيث يترسب الرمل و الغرين، لذلك تمثل القراءة الثانية الطين فقط لأنه لا زال في المعلق ويؤثر على قراءة الهيدروميتر).

١٠٠

$$\text{R2} = \% (\text{الطين}) \times \frac{100}{\text{وزن عينة التربة}}$$

% للغرين = (الطين + الغرين) % - (الطين) %

% للرمل = ١٠٠ - (الطين + الغرين) %

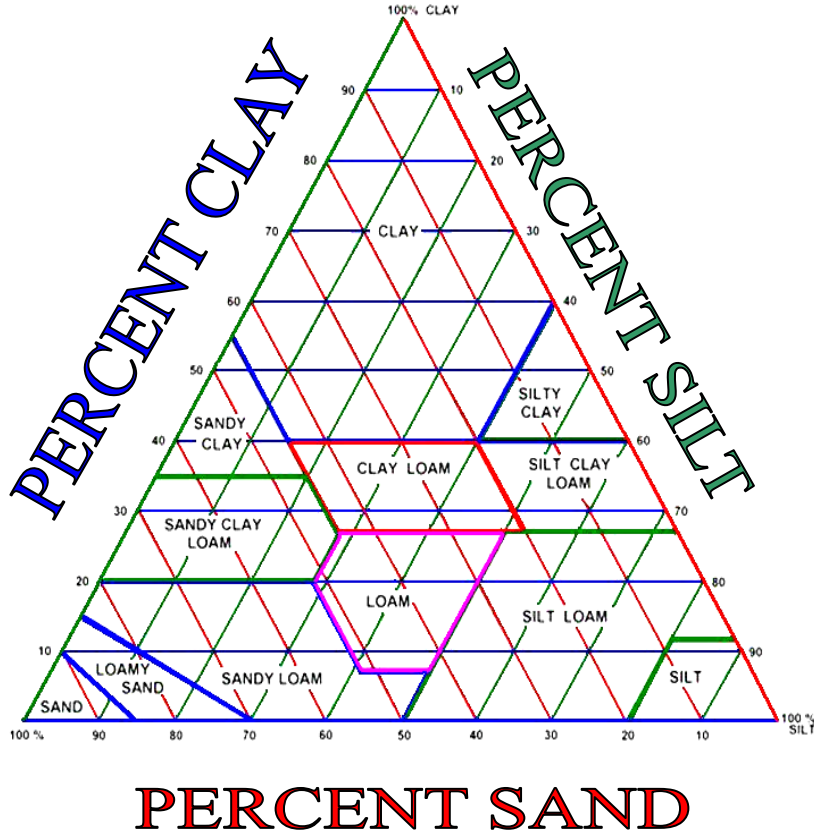
ثم نسقط النسب المئوية للطين والغرين والرمل على مثلث النسجة ونوجد نسجة التربة .

من مساوي الهيدروميتر:

١ - يتحرك بصورة مستمرة وقد يلتصق بجدران السلندر من الداخل ويسبب إعاقة في ترسيب الدقائق.

٢ - ترسب بعض دقائق التربة على سطح البصلة ويسبب خطأ في القراءة.

٣ - عملية إدخال وإخراج الهيدروميتر يعمل على تعكير المعلق داخل السلندر.



PERCENT SAND

مثال (١) :

أخذت (٢٥ غم) من عينة التربة لغرض التحليل الميكانيكي وكانت قراءة الهيدروميتر بعد ٤٠ ثانية تساوي (١٦) ، وكانت القراءة بعد ساعتين تساوي (٨) ، احسب النسب المئوية للطين و الغرين والرمل ؟ علما ان درجة حرارة المعلق كانت (٢٥ م) عند القراءتين .

الحل :

$$\text{قراءة المكثاف المصححة} = \text{قراءة المكثاف} + [\text{درجة حرارة المعلق} - ١٩,٤] \times ٠,٣$$

$$R1 = [٠,٣ \times (١٩,٤ - ٢٥)] + ١٦$$

$$R1 = [٠,٣ \times ٥,٦] + ١٦$$

$$R1 = ١٧,٦٨$$

١٠٠

$$\frac{\quad}{\quad} \times R1 = \% \text{ (الطين + الغرين)}$$

وزن عينة التربة

١٠٠

$$\frac{\quad}{\quad} \times ١٧,٦٨ = \% \text{ (الطين + الغرين)}$$

٢٥

$$\% ٧٠,٧٢ = ٤ \times ١٧,٦٨ = \% \text{ (الطين + الغرين)}$$

$$\text{قراءة المكثاف المصححة} = \text{قراءة المكثاف} + [\text{درجة حرارة المعلق} - ١٩,٤] \times ٠,٣$$

$$R2 = [٠,٣ \times (١٩,٤ - ٢٥)] + ٨$$

$$R2 = ١,٦٨ + ٨$$

$$R2 = ٩,٦٨$$

$$\frac{100}{\text{وزن عينة التربة}} \times R2 = \% (\text{الطين})$$

$$\frac{100}{25} \times 9,68 = \% (\text{الطين})$$

$$\% 38,72 = 4 \times 9,68 = \% (\text{الطين})$$

$$\% \text{ للغرين} = \% (\text{الطين} + \text{الغرين}) - \% (\text{الطين})$$

$$\% \text{ للغرين} = 38,72 - 70,72 = 32\%$$

$$\% \text{ للرمل} = 100 - 70,72 = 29,28\%$$

مثال (٢) :

إذا علمت ان النسبة المئوية للطين (٥٠ %) ، والغرين (٢٠ %) احسب قراءة الهيدروميتر بعد ٤٠ ثا وبعد ساعتين علماً ان درجة الحرارة في الحالتين (١٥ م) ووزن التربة (٥٠ غم).
الحل :

$$\frac{100}{\text{وزن عينة التربة}} \times R1 = \% \text{ للطين} + \% \text{ للغرين}$$

$$\frac{100}{50} \times R1 = 20 + 50$$

$$2 \times R1 = 70$$

$$R1 = \frac{70}{2} = 35 = \text{قراءة الهيدروميتر المصححة عند } 40 \text{ ثا}$$

قراءة المكثاف المصححة = قراءة المكثاف + [درجة حرارة المعلق - ١٩,٤] × ٠,٣

$$35 = \text{س} + [0,3 \times (19,4 - 15)]$$

$$35 = \text{س} + [0,3 \times (4,4 -)]$$

$$35 = \text{س} + (1,32 -)$$

$$35 = \text{س} - 1,32$$

$$\text{س} = 35 + 1,32 = 36,32$$

١٠٠

$$\frac{100}{50} \times R2 = \% \text{ للطين}$$

$$2 \times R2 = 50$$

R2 = 25 قراءة الهيدروميتر المصححة عند ساعتين

قراءة المكثاف المصححة = قراءة المكثاف + [درجة حرارة المعلق - ١٩,٤] × ٠,٣

$$25 = \text{ص} + [0,3 \times (19,4 - 15)]$$

$$25 = \text{ص} + (1,32 -)$$

$$1,32 - \text{ص} = 25$$

$$26,32 = 1,32 + 25 = \text{ص}$$

تقدير السعة التشبعية للتربة

السعة التشبعية : هي حالة التربة التي تكون عندها جميع المسامات الصغيرة والكبيرة مملوءة بالماء وتسمى ايضا بسعة الحفظ العظمى.

ان الغرض من تقدير السعة التشبعية للتربة :

١. اقصى كمية من الرطوبة يمكن للتربة أن تحتفظ بها (قابلية حفظ التربة للماء).
٢. التعرف على نسجة التربة، حيث ان الترب الطينية تحتاج الى كمية اكبر من الماء للوصول الى حالة التشبع مما هو عليه في الترب الرملية.
٣. المستخلص المائي للعجينة المشبعة يستخدم في التحليلات الكيميائية مثل قياس درجة حموضة التربة (pH) ودرجة ملوحة التربة (EC) ومحتوى الترب من العناصر الغذائية.

طرق تقدير السعة التشبعية (نسبة التشبع) :

(أولا) الطريقة الوزنية :

١- يوزن ٢٥٠ غرام من تربة جافة هوائية ومنخولة بمنخل ٢ ملم، ثم توضع في كأس زجاجي أو جفنة خزفية كبيرة ويضاف اليها كميات قليلة ومتزايدة من الماء المقطر مع التقليب المستمر بواسطة المحرك أو الملعقة (Spatula) حتى يبيل الماء جميع التربة وتصبح التربة مشبعة بالماء ذات مواصفات:

- (١) يكون سطح عجينة التربة لامع.
- (٢) عدم التصاق عجينة التربة بألة الخلط أو جدران الجفنة.
- (٣) عدم تجمع الماء على سطح عجينة التربة.
- (٤) عند عمل شق في عجينة التربة بواسطة الملعقة وطرق الجفنة طرقات خفيفة على المنضدة نلاحظ التحام الشق من الاسفل وعدم التحامه من الاعلى مكونا ما يشبه حرف (V).

(٥) سيلان عجينة التربة عند امالة الجفنة.

تترك عجينة التربة المحضرة لمدة ساعة واحدة أو أكثر ثم تفحص من جديد بالمواصفات أعلاه فاذا تجمع الماء على سطحها فيجب اضافة قليل من التربة الجافة وخلطها من جديد اما اذا اصبح سطحها غير لامع أو جفت العجينة فيجب اضافة الماء اليها ومزجها ثانية حتى التجانس.

٢- يؤخذ جزء من هذه العجينة ويوضع في علبة معدنية فارغة معلومة الوزن وتوضع في الفرن على درجة حرارة ١٠٥ °م ولمدة ٢٤ ساعة وتوزن قبل وبعد التجفيف.

الحسابات :

الفقد في الوزن (الوزن الرطب – الوزن الجاف)

$$\% \text{ للسعة التشبعية (S.P)} = \frac{\text{وزن التربة الجافة تماما}}{100 \times}$$

وزن التربة الجافة تماما

ثانياً) الطريقة الحجمية :

- 1- يتم تقدير نسبة الرطوبة في عينة التربة الجافة هوائياً المراد تقدير السعة التشبعية فيها.
- 2- يوزن ١٠٠ غرام من هذه العينة وتوضع في كأس زجاجي أو جفنة كبيرة.
- 3- يضاف لهل ماء مقطر من السحاحة مع التقليب المستمر حتى تصل التربة الى حالة التشبع بالصفات المذكورة سابقاً، ثم يحسب حجم الماء المضاف من السحاحة.

الحسابات :

حجم الماء الكلي

$$\% \text{ للسعة التشبعية} = \frac{\text{وزن التربة الجافة تماما}}{100 \times}$$

وزن التربة الجافة تماما

حجم الماء الكلي = حجم الماء المضاف من السحاحة + حجم الماء الموجود أصلاً في التربة

حجم الماء الموجود أصلاً في التربة = وزن التربة الجافة هوائياً – وزن التربة الجافة تماما

مثال : احسب نسبة التشبع لعجينة تربة مشبعة كان وزنها مع الجفنة ٦٠ غرام ووضعت في الفرن على درجة حرارة ١٠٥ م° لمدة ٢٤ ساعة ووزنت بعد استخراجها من الفرن فكان وزنها ٣٨ غرام، علماً ان وزن الجفنة فارغة ٨ غرام ؟

الحل :

الفقد في الوزن (الوزن الرطب – الوزن الجاف)

$$\% \text{ للسعة التشبعية (S.P)} = \frac{\text{وزن التربة الجافة تماما}}{100 \times}$$

وزن التربة الجافة تماما

$$38 - 6.$$

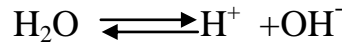
$$\% 73,33 = 100 \times \frac{\quad}{8 - 38} =$$

تقدير رقم الحموضة pH في التربة

تعرف درجة حموضة التربة أو ما يسمى (pH التربة) على إنها اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين النشط في محلول التربة ، وان درجة حموضة التربة من أهم القياسات في التربة والذي يمكن من خلاله التعرف على كثير من صفات التربة.

$$PH = - \log [H^+]$$

أي ان ايون الهيدروجين H^+ هو سبب الحموضة وايون الهيدروكسيل OH^- هو المسؤول عن القلوية ، وكما هو معروف ان الماء يتأين كما يلي :



ويكون ثابت الانقسام

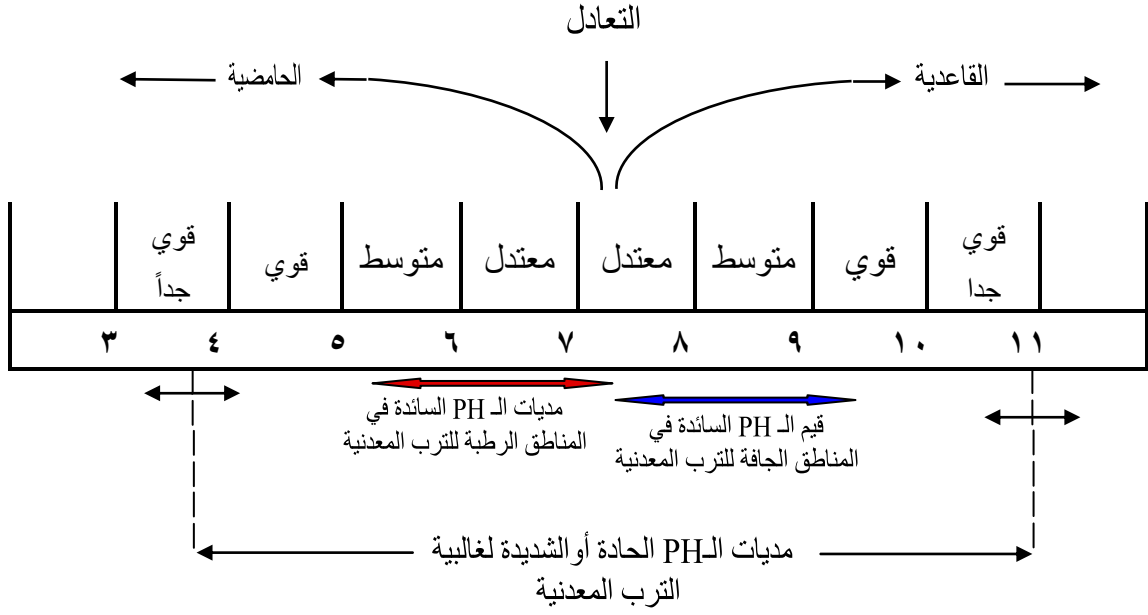
$$K = [H^+] [OH^-]$$

$$K = 10^{-7} + 10^{-7}$$

$$Pk = PH + POH = 14$$

عند تساوي التركيز بين ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل فإن قيمة الـ $PH=7$ و الـ $POH=7$ ، أي ان المحلول في حالة تعادل عند درجة حرارة ٢٥ م كما هو الحال مع الماء المقطر الخالي من CO_2 ، اما الترب الحامضية فهي الترب التي يكون فيها تركيز ايونات الهيدروجين أكبر من تركيز ايونات الهيدروكسيل وتكون قيمة الـ pH أقل من ٧، وفي الترب القاعدية يكون فيها تركيز ايونات الهيدروكسيل أكبر من تركيز ايونات الهيدروجين وتكون قيمة الـ pH أكبر من ٧ ، وبما ان الـ pH لوغاريتمي فإن تركيز ايونات الهيدروجين يزداد بمقدار عشرة مرات عندما ينخفض pH المحلول درجة واحدة.

تختلف قيمة درجة حموضة التربة من تربة لأخرى ويرتبط ذلك بعوامل عديدة منها بطبيعة غروياتها بقيم مختلفة من درجات تفاعل التربة pH ، فالترب التي تحتوي على كمية ملحوظة من الهيدروجين والألمنيوم ما بين الكاتيونات المتبادلة تتصف بدرجة تفاعل واطئه (حامضية)، بينما تتصف الترب الحاوية على الصوديوم المتبادل بدرجة تفاعل عالية (قلوية).



تتراوح قيم pH محلول التربة الزراعية بين ٤,٥ - ٨,٥ ويمكن وصف حالة التربة على اساس قيمة الـ pH على الشكل التالي :

حالة التربة	قيمة الـ (pH)
ترب شديدة الحموضة	اقل من ٥
ترب معتدلة الى قليلة الحموضة	٥ - ٦,٥
ترب معتدلة	٦,٥ - ٧,٥
ترب معتدلة القلوية	٧,٥ - ٨,٥
ترب شديدة القلوية	اكبر من ٨

الترب الحامضية نادرة الوجود في المناطق الجافة وشبه الجافة، فهي غالباً ما تتواجد في المناطق الرطبة الممطرة، وعلى العكس فإن المناطق الأكثر جفافاً غالباً ما تكون قلوية، أي ان pH التربة اكثر من ٧ نتيجة لوجود كاربونات الكالسيوم وترتفع الى اكثر من ٨,٥ في الترب الحاوية على كميات عالية من الصوديوم.

أهمية قياس درجة حموضة التربة :

- (١) تحديد جاهزية العناصر الغذائية للنبات.
- (٢) تعطي معلومات عن القدرة السمية للمواد الموجودة في التربة .
- (٣) تعطي مؤشر عن حالة الاحياء الموجودة في التربة ومقدار تأثيرها على البقايا العضوية وتحلل الجذور، وتسود الفطريات في الترب الحامضية بينما تسود البكتيريا عادة في الترب المتعادلة او قليلة القلوية.
- (٤) انها تعطي القدرة على ادارة الترب واختيار المحاصيل الزراعية المناسبة لكل تربة.
- (٥) تعطي مؤشر على السعة التبادلية الكاتيونية في التربة حيث انها تزداد مع ارتفاع pH التربة.

طرق تقدير pH التربة :

(اولاً): الطريقة اللونية Colorimetric method

وتعتمد الطريقة اللونية على استعمال الدلائل التي تكتسب الواناً معينة حسب تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة، ويجرى الاختبار بغمس شريط الدليل العام في عجينة التربة المشبعة ويقارن اللون الناتج بالألوان القياسية المرفقة مع الدليل حيث يحدد رقم الـ pH .

(ثانياً): الطريقة الكهربية Potentiometric method

وهي تعتمد على استخدام جهاز الـ pH-meter الذي يعتمد على قياس فرق الجهد بين قطبين كهربائيين، القطب الاول يتوقف جهده الكهربي على التركيز النشط لأيونات الهيدروجين في محلول التربة ويسمى بالقطب الزجاجي (Glass Electrode)، والقطب الثاني غير متوقف جهده الكهربي على تركيب المحلول ويسمى قطب قياسي (Calomel Electrode). وحديثاً يستعمل قطب واحد يشمل كل من القطب الزجاجي والقياسي ويسمى بالقطب الموحد.

يتم قياس رقم الـ pH عادة في عجينة التربة المشبعة أو معلق التربة مع الماء ، ويتم ضبط جهاز pH-meter قبل القياس باستخدام محاليل منظمة قياسية ذات رقم pH معروف وعادة يستخدم محلولين على الاقل هما $pH = 4$ و $pH = 7$

خطوات العمل:

- (1) لتحضير مستخلص تربة 1:1 ، يوزن 100 غرام تربة جافة هوائياً في ورق مخروطي سعة 250 مل ونضيف اليها 100 مل ماء مقطر، نرج المعلق المتكون من الماء والتربة لمدة نصف ساعة ويرشح ثم يجمع الراشح في قنينة.
- (2) يضبط جهاز قياس الـ pH وذلك بقياس pH محلولين قياسييين على الاقل للتأكد من دقة وسلامة الجهاز.
- (3) يقاس pH مستخلص التربة المحضر مسبقاً بالطريقة اللونية وذلك بوضع الدليل على المستخلص ومقارنة اللون الناتج مع قرص الالوان الموجود او المرفق مع الدليل.
- (4) يغسل القطب المشترك بالماء المقطر ثانياً ويوضع في مستخلص التربة بعمق 3 سم تقريباً وتسجل قراءة الجهاز بعد مرور 30 ثانية او لحين ثبوت القراءة، ثم يستخرج القطب ويغسل مرة اخرى بالماء المقطر.

تقدير الاملاح الكلية الذائبة في التربة

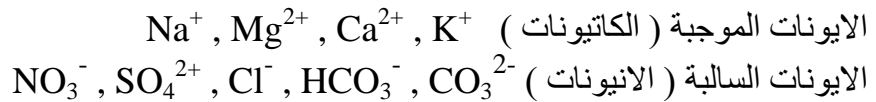
الاملاح الذائبة مصطلح يشير الى مكونات التربة اللاعضوية الذائبة في الماء. والتربة المالحة هي التي يؤدي ارتفاع كمية الاملاح الموجودة الى حدوث ضرر في نمو النبات وذلك عن طريق زيادة الشد لماء التربة اذ ينفق النبات المزيد من الطاقة من اجل امتصاص الماء من الترب الملحية اكثر من التر الاعتيادية فتبدو على النبات علامات الجفاف رغم وجود كميات لا بأس بها من الرطوبة في التربة. كما ان وجود بعض العناصر التي تكون هذه الاملاح تصبح سامة للنبات اذا ازدادت كمياتها عن حدود معينة.

وهذا لا يعني ان الاملاح هي ضارة في كل الاحوال، فالترب الخصبة تحتوي على الاملاح الا ان تراكيزها تكون مناسبة وبالتالي فأن الاملاح هي التي تمد النبات بما يحتاجه من العناصر الغذائية ولذلك فأن عملية تسميد التربة في الحقيقة هي اضافة املاح الى التربة ولكن بمقادير مناسبة. مصادر الملاح في التربة :

- (1) ناتج عن تحلل بعض الصخور والمعادن بفعل عوامل التجوية المختلفة (العامل الطبيعي).
 - (2) نتيجة استخدام مياه ري تحتوي على تراكيز عالية من الاملاح أو نتيجة رداءة الصرف في التربة فيحدث تراكم للأملاح على سطح التربة نتيجة لتبخر المياه تاركة الاملاح في حالة مترسبة على صورة بقع او قشرة ملحية.
 - (3) تسبب حركة الماء الارضي الى الاعلى بفعل الخاصية الشعرية الى زيادة تركيز الاملاح على سطح التربة بعد تبخر الماء من السطح.
 - (4) اضافة الاسمدة وبكميات غير مناسبة ايضا يسهم في زيادة تركيز الاملاح في التربة.
- ويمكن وضع الترب المتأثرة بالأملاح في فئات اعتماداً على قيم التوصيل الكهربائي EC.

حالة التربة	قيمة الـ (EC) $ds.m^{-1}$
لا توجد مشكلة	اقل من ٠,٧
التربة قليلة الى متوسطة الملوحة	بين ٠,٧ - ٣
التربة شديدة الملوحة	اكبر من ٣

وتتضمن ايونات الاملاح الذائبة ذات العلاقة القوية بالترب المتأثرة بالأملاح هي:



ويعتبر تقدير الاملاح الكلية في التربة من التقديرات الرئيسية الهامة لتحديد درجة ملوحة التربة واختيار المحاصيل الزراعية المناسبة لها. كما ان خطورة الملوحة في التربة لا يقتصر على

كمية الاملاح وانما على نوعية تلك الاملاح ايضا، ويتأثر نمو النبات بتركيز الاملاح الذائبة تأثيرا كبيرا ويرجع هذا التأثير الى:

١. تأثير مباشر : مثل زيادة الضغط الازموزي للمحلول الارضي وسمية بعض الاملاح للنباتات.

٢. تأثير غير مباشر : مثل تأثير بعض الايونات على امتصاص ايونات اخرى لها اهمية في تغذية النبات، كما يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المدمص الى سوء الخواص الطبيعية للتربة في حين ان زيادة نسبة الهيدروجين المدمص يؤدي الى خفض درجة تفاعل التربة وهي من الصفات غير المرغوبة لنمو النبات، وتختلف النباتات في مدى تحملها للملوحة حسب نوعيتها.

اهمية قياس درجة ملوحة التربة :

(١) تقدير الاملاح الذائبة لدراسة المكونات الملحية للتربة والماء مهمة في وضع مقاييس الاستصلاح او للأغراض الري.

(٢) معرفة الاملاح الذائبة مهم في تثبيت الحدود المثلى للعناصر بشكل دقيق خاصة تلك التي تظهر النقص او الاضطراب الفسيولوجي، فالكمية الزائدة من ايون الكلوريد يسبب ضرراً كما في حالة النقص.

طرق تقدير الاملاح الكلية الذائبة في التربة:

(اولا) الطريقة الوزنية Gravimetric method :

وتعتمد هذه الطريقة على مزج كمية معينة من التربة مع حجم معين من الماء المقطر بنسبة (٥:١) تربة : ماء، ثم ترح لمدة نصف ساعة وترشح ويجمع الراشح في جفنة معلومة الوزن وبعد ذلك توضع الجفنة في الفرن على درجة حرارة ١٠٥ م° لمدة ٢٤ ساعة حيث يتبخر الماء وتجف تماما وتبقى الاملاح في اسفل الجفنة، وتوزن الجفنة مع الاملاح والفرق في الوزن يمثل وزن الاملاح الذي يحسب كنسبة مئوية (%) أو جزء بالمليون (ppm).

(ثانيا) الطريقة الكهربائية Electrical method :

وهي الطريقة الاسرع والاكثر استعمالا وتعتمد على قياس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة، من المعلوم ان الماء النقي ضعيف في توصيله للتيار الكهربائي بينما الماء المحتوي على املاح ذائبة يوصل التيار الكهربائي بدرجة تتناسب مع ما يحتويه من املاح ذائبة لذلك فان التوصيل الكهربائي يعطي فكرة جيدة عن تركيز المكونات المتأينة في المحلول.

والتوصيل الكهربائي هو عكس المقاومة الكهربائية، لذا فالوحدة المستخدمة في التوصيل الكهربائي هي mhos.cm^{-1} ، mmhos.cm^{-1} والـ micromhos.cm^{-1} ولكن الوحدة الشائعة في التعبير عن التوصيل الكهربائي هي ds.m^{-1} والتي تساوي mmhos.cm^{-1} .

خطوات العمل :

(١) يحضر معلق (تربة : ماء) بنسبة (١:١).

(٢) يرشح المعلق باستخدام ورق ترشيح ويستقبل الراشح في بيكر.

- (٣) تغسل خلية جهاز التوصيل الكهربائي بالماء المقطر.
- (٤) تسجل درجة حرارة المحلول بواسطة المحرار.
- (٥) تغمس خلية الجهاز في الراشح وتقرأ مباشرة قيمة التوصيل الكهربائي بـ $(ds.m^{-1})$.
- (٦) تصحح قراءة الجهاز على ضوء درجة الحرارة. اذ تضاف او تطرح من قراءة الجهاز ٢% لكل درجة حرارة تزيد او تقل عن ٢٥ م على التوالي.
- (٧) اذا تجاوز تركيز الاملاح في المستخلص حدود درجات الجهاز فيجب عمل تخفيف للمحلول ويقرأ. فمثلاً تم اخذ ١٠ مل من الراشح الاصلي واضيف ٩٠ مل ماء مقطر فيكون عدد مرات التخفيف = ١٠ مرات كما موضح في المعادلة التالية:

$$\text{عدد مرات التخفيف} = \frac{١٠ \text{ مل من الراشح الاصلي} + ٩٠ \text{ مل ماء مقطر}}{١٠ \text{ مل من الراشح الاصلي}} = ١٠ \text{ مرات}$$

١٠ مل من الراشح الاصلي

فعند قراءة الجهاز بعد التخفيف تضرب بعدد مرات التخفيف.

يمكن تحويل قراءة التوصيل الكهربائي الى نسبة مئوية أو جزء بالمليون أو اية قراءة اخرى.

$$\text{مجموع الكاتيونات أو الانيونات ملليمكافى / لتر} = EC (ds.m^{-1}) \times ١٠$$

$$\text{تركيز الاملاح بالمليغرام / لتر (ppm)} = EC (ds.m^{-1}) \times ٦٤٠$$

$$\text{الضغط الازموزي (atm)} = EC (ds.m^{-1}) \times ٠,٣٦$$

الكثافة الظاهرية

تعرف الكثافة الظاهرية للتربة بأنها عدد الغرامات التي يزنها وحدة الحجم من التربة (١ سم^٣) في ترتيبها الطبيعي في الحقل، ويعبر عنها أيضاً بأنها كتلة وحدة الحجم أي الكتلة / الحجم ووحدتها غم / سم^٣، وتوجد كثافتان للتربة :

$$١ - \text{الكثافة الظاهرية Bulk Density} = \frac{\text{كتلة التربة الجافة تماماً}}{\text{الحجم الكلي (الظاهري) للترب}} = \text{غم} / \text{سم}^٣$$

$$٢ - \text{الكثافة الحقيقية Partical density} = \frac{\text{كتلة التربة الجافة تماماً}}{\text{الحجم الحقيقي للتربة (حجم الحبيبات)}} = \text{غم} / \text{سم}^٣$$

ويلاحظ أن الحجم الكلي (الظاهري) للتربة = حجم المادة الصلبة + حجم الفراغات بين الحبيبات (المسامات). أما الحجم الحقيقي فهو حجم المادة الصلبة (حبيبات التربة) فقط. وبمقارنة الحجم الكلي بالحقيقي نجد أن الحجم الكلي أكبر ومتغير ولذلك فالكثافة الظاهرية دائماً اقل في القيمة مقارنة بالكثافة الحقيقية ولا يمكن أن تتساوى القيمتين فهذا يعني أن المسامية تساوي صفر. وتتراوح قيمة الكثافة الظاهرية للتربة بين (١,٤ - ١,٨ غم / سم^٣) وفي حالة وجود طبقات متراسة والتي غالباً ما تتواجد في الطبقات تحت السطحية من التربة نتوقع أن تزيد الكثافة الظاهرية ولربما تصل إلى (٢ غم / سم^٣). وتتأثر الكثافة الظاهرية بعمليات الخدمة المختلفة فالأرض المفككة والتي تحتوي على فراغات كثيرة تكون الكثافة الظاهرية اقل بالمقارنة بالأرض المتراسة.

وهناك عدة طرق لتقدير الكثافة الظاهرية:

١ - طريقة الاسطوانة Core method

هي اسطوانة معدنية مفتوحة الطرفين ذات أبعاد معينة فتحتهما السفلى تكون حادة وهي تمثل الحصول على نموذج التربة بصورة طبيعية (غير مستثارة)، ويقدر حجمها من معرفة حجم الاسطوانة، ثم يقدر الوزن الجاف للعينة عند (١٠٥م)، ومن الوزن والحجم يمكن حساب الكثافة الظاهرية.

طريقة العمل:

- (١) توضع الاسطوانة بصورة عمودية على سطح التربة بحيث تكون الحافة الحادة إلى الأسفل على منطقة مستوية من السطح (على ان تكون هذه التربة ممثلة للمنطقة وخالية من الحجارة والحصى).
- (٢) تضغط الاسطوانة من الأعلى بواسطة مطرقة إلى أن تدفن كلياً داخل التربة ثم تستخرج وتزال التربة الزائدة من الفتحتين العليا والسفلى بواسطة شفرة حادة.

- (٣) تنقل الاسطوانة مع التربة إلى المختبر وتوضع في الفرن على درجة حرارة (١٠٥م) لمدة ٢٤ ساعة ثم توزن الاسطوانة مع التربة ويسجل وزنها.
- (٤) توزن الاسطوانة وهي فارغة وي طرح وزنها من الوزن السابق فنحصل على وزن التربة الجافة تماماً ويقسم على حجم الاسطوانة فنحصل على الكثافة الظاهرية للتربة كما في المعادلة التالية :

$$\frac{\text{كتلة التربة الجافة تماماً}}{\text{حجم الاسطوانة}} = \text{الكثافة الظاهرية}$$

حجم الاسطوانة = $\pi \times \text{نق}^2 \times \text{ع}$
حيث ان :

$$\begin{aligned} \text{ط} &= \text{النسبة الثابتة } 3,14 \\ \text{نق} &= \text{نصف قطر الاسطوانة} \\ \text{ع} &= \text{ارتفاع الاسطوانة} \end{aligned}$$

٢ - طريقة الكتلة الترايبية Clod method :

وتعتمد هذه الطريقة على اخذ كتلة ترايبية بحالتها الطبيعية (غير مستثارة) ويحسب وزنها ثم تغمس في شمع البارافين وبعد تغليفها بالشمع توزن مرة أخرى ومن ثم تغمس في سلندر مدرج يحوي على ماء مقطر ويقاس حجم الماء المزاح، ومن معرفة وزن الكتلة بحالتها الطبيعية وحجم الماء المزاح يمكن حساب الكثافة الظاهرية:

طريقة العمل :

- ١ - تؤخذ كتلة ترايبية منتظمة الشكل قدر الامكان أو تنظم بواسطة سكين لتكون بشكل مكعب (تقريباً) تزال منه النهايات الحادة وبحدود ١٠ - ٢٠ غم.
- ٢ - تربط الكتلة الترايبية بخيط وتوزن ويرمز لها الرمز (أ).
- ٣ - تغمر الكتلة في شمع البارافين المنصهر على درجة حرارة (٦٠ م) مرتين متتاليتين ثم تترك الى ان يجمد الشمع على الكتلة علماً ان كثافة الشمع تساوي (٠,٩ غم / سم^٣).
- ٣ - توزن الكتلة الترايبية المغلفة بالشمع ونعطي لها الرمز (ب).
- ٤ - الفرق في الوزن (أ - ب) يساوي وزن شمع البارافين.
- ٤ - توضع الكتلة الترايبية المغلفة بالشمع في سلندر مدرج يحوي ماء مقطر ويحسب مقدار الماء المزاح.

الحسابات :

$$\frac{\text{وزن الكتلة الترايبية}}{\text{حجم التربة}} = \text{الكثافة الظاهرية للتربة}$$

$$\text{حجم التربة} = \text{حجم الماء المزاح} - \text{حجم الشمع}$$

$$\text{حجم الشمع} = \frac{\text{وزن الشمع}}{\text{كثافة الشمع}} = \frac{\text{أ - ب}}{٠,٩}$$

الكثافة الحقيقية

الكثافة الحقيقية هي وزن حجم معين من التربة الجافة بالفرن ويعبر عنها بـ سم^٣. تختلف الكثافة الحقيقية من تربة لأخرى تبعا لنوع المكونات الموجودة فيها فمثلا وجود معادن ثقيلة مثل أكاسيد الحديد ذات الوزن النوعي المرتفع يؤدي الى رفع قيمة الكثافة الحقيقية، بينما في الترب الغنية بالمواد العضوية ذات الوزن النوعي المنخفض يؤدي الى انخفاض قيمة الكثافة الحقيقية ولهذا السبب فإن الترب تحت السطحية لها كثافة حقيقية أعلى من الترب السطحية. بصورة عامة تتراوح قيم الكثافة الحقيقية لمعظم الترب بين (٢,٥٥ – ٢,٧٥ غم / سم^٣) وبمعدل (٢,٦٥ غم / سم^٣). كما إن تقدير الكثافة الحقيقية مهم في تحديد مسامية التربة.

مبدأ الطريقة:

تقدر الكثافة الحقيقية على أساس وزن الدقائق الصلبة وحجمها، ويتم ذلك عن طريق وزن نموذج التربة الجاف بالفرن، أما الحجم فيقدر عن طريق الغمر في حجم معين من الماء الخالي من الهواء بقياس حجم الماء المزاح وتستخدم في ذلك قنينة الكثافة Pycnometer.

طريقة العمل :

- ١ – توزن قنينة الكثافة وهي فارغة بعد تنظيفها وتجفيفها جيدا ويرمز لها (أ).
- ٢ – يوضع حوالي (٥ غم) من التربة الجافة بالفرن داخل قنينة الكثافة ثم توزن القنينة مع الغطاء لاستخراج وزن التربة (ب).
- ٣ – تملأ القنينة إلى فوق منتصفها بالماء المقطر وتوضع على حمام مائي للغليان لمدة عشرة دقائق مع التحريك المستمر من وقت إلى آخر لطرد الهواء من التربة.
- ٤ – تبرد القنينة إلى درجة حرارة الغرفة وتملأ تماماً بالماء المقطر ثم يعاد غطاء القنينة وتمسح وتجفف من الخارج ثم توزن ونعطيها الرمز (ج).

الحسابات :

$$\begin{aligned} \text{وزن التربة الجاف بالفرن (غم)} &= \text{ب} - \text{أ} \\ \text{وزن قنينة الكثافة + التربة (غم)} &= \text{ب} \\ \text{وزن قنينة الكثافة + الماء + التربة (غم)} &= \text{ج} \\ \text{وزن الماء} &= \text{ج} - \text{ب} = \text{ك} \\ \text{حجم قنينة الكثافة} &= ١٠٠ \text{ سم}^3 \end{aligned}$$

$$\frac{\text{وزن التربة الجاف بالفرن}}{\text{حجم دقائق التربة الصلبة}} = \text{الكثافة الحقيقية (غم / سم}^3\text{)}$$

$$\frac{\text{ب - أ}}{\text{حجم قنينة الكثافة - ك}} = \text{الكثافة الحقيقية (غم / سم}^3\text{)}$$

علماً أن كثافة الماء هي (١ غم / سم^٣) أي ان حجم الماء = وزن الماء

$$\% \text{ المسامية} = [\frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} - ١] \times ١٠٠$$

مثال : لو كان وزن كتلة من التربة بعد غمرها بشمع البرافين يساوي ٧ غم، وكان حجم الماء المزاح بالسند بعد تغطيس هذه الكتلة فيه ٦ سم^٣، وكان وزن الشمع لوحده ١,٢ غم. احسب الكثافة الظاهرية لهذه الكتلة، ثم احسب النسبة المئوية للمسامات الكلية؟

الحل :

$$\text{حجم الشمع} = \frac{\text{وزن الشمع}}{\text{كثافة الشمع}} = \frac{١,٢}{٠,٩} = ١,٣٣ \text{ سم}^3$$

$$\text{حجم التربة} = \text{حجم الماء المزاح} - \text{حجم الشمع}$$

$$٦ = ١,٣٣ - ٤,٦٧ \text{ س}^3$$

$$\text{وزن الكتلة الترابية} = \text{وزن التربة مع الشمع} - \text{وزن الشمع}$$

$$٧ = ١,٢ - ٥,٨ \text{ غم}$$

وزن الكتلة الترابية

$$\frac{\text{وزن الكتلة الترابية}}{\text{حجم التربة}} = \text{الكثافة الظاهرية للتربة}$$

$$= \frac{٥,٨}{٤,٦٧} = ١,٢٤ \text{ غم / سم}^3$$

$$\% \text{ المسامية} = [\frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} - ١] \times ١٠٠$$

$$= [\frac{١,٢٤}{٢,٦٥} - ١] \times ١٠٠ = ٥٣,٢١ \%$$

تقدير الكربونات والبيكاربونات في مستخلص التربة

تختلف نسبة الكربونات الذائبة من تربة لأخرى حسب درجة قلويتها، فترتفع في الاراضي عالية القلوية وقد تنخفض أو تتلاشى في الاراضي القلوية الخفيفة، اما في الاراضي المتعادلة والحامضية فانها قد لا توجد بالمحلول الارضي. وتختلف الكربونات في نوعيتها فقد تكون بشكل كربونات الكالسيوم أو المغنسيوم أو الحديد ولكن أكثرها انتشارا هي كربونات الكالسيوم.

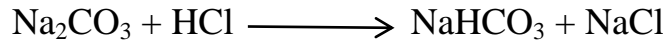
ويتم الكشف عن وجود الكربونات عادة بإضافة بضع قطرات من حامض الهيدروكلوريك المخفف، فعند انطلاق فوران نتيجة انطلاق غاز CO₂ فان ذلك دليل على وجود الكربونات.

اما البيكاربونات فتنتشر بشكل أوسع وبصور متعددة، هذا وان وجود هذه المادة بنسبة تزيد عن ١,٤ مليمكافى في ١٠٠ غرام تربة يدل على تجاوزها للحد الحرج.

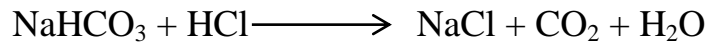
وتسبب املاح الكربونات والبيكاربونات في ملوحة التربة مما يؤثر على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية.

الفكرة الاساسية في التقدير:

تقدر كل من الكربونات والبيكاربونات باستعمال حامض معلوم العيارية ويكون التفاعل حسب المعادلتين الاتيتين:



ويستدل على نهاية هذا التفاعل باستعمال دليل الفينونفثالين (ph.ph)



ويستدل على نهاية هذا التفاعل باستعمال دليل المثيل البرتقالي (M.O)

في المعادلة الاولى تتحول الكربونات الى بيكاربونات ثم تتحول هذه البيكاربونات بالاضافة الى البيكاربونات الموجودة أصلا في المستخلص الى ملح متعادل كما في المعادلة الثانية، وبالتالي فان حجم الحامض المستهلك في المعادلة الاولى هو نصف حجم الحامض اللازم لاتمام عملية التفاعل، وعليه يضرب حجم الحامض $\times 2$.

وعند اضافة دليل المثيل البرتقالي والاستمرار في التسحيح مع الحامض لتحويل البيكاربونات (الناتجة من تحويل الكربونات الى بيكاربونات بالاضافة الى البيكاربونات الموجودة اصلا في المحلول) الى ملح متعادل، فان حساب حجم الحامض الذي عادل البيكاربونات الاصلية يكون بطرح ضعف حجم الحامض المستخدم في تحويل الكربونات الى بيكاربونات من الحجم الكلي للحامض المستخدم لتحويل الكربونات والبيكاربونات الى ملح متعادل.

المحاليل المستخدمة :

١. حامض الكبريتيك H_2SO_4 ٠,٠١ عياري ويحضر من تخفيف ٢٨ مل من حامض الكبريتيك (98%, sp.gr.1.84) في الماء المقطر، ويمزج جيدا ثم يبرد ويكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر. هذا المحلول تركيزه ١ عياري. ثم يخفف ١٠٠ مرة (١٠ مل الى حجم لتر) للحصول على تركيز ٠,٠١ عياري.
٢. دليل الفينول فتالين ١% ويحضر من اذابة ١ غرام من الدليل في ١٠٠ مل كحول ايثيلي.
٣. دليل المثيل البرتقالي ٠,١% ويحضر من اذابة ٠,١ غرام من الدليل ١٠٠ مل ماء مقطر

طريقة العمل:

- ١- خذ بالماصة (٥-١٠ مل) من مستخلص التربة وضعها في ورق مخروطي.
- ٢- أضف (٣-٤ قطرات) من دليل الفينول فتالين فاذا ظهر لون زهري هذا دليل على وجود الكربونات الذائبة.
- ٣- سح مع حامض (H_2SO_4) ٠,٠١ عياري الى ان يختفي اللون وسجل حجم الحامض المستهلك للتسحيح وليكن (س)، وفي حالة عدم ظهور اللون الزهري فان ذلك يدل على خلو العينة من الكربونات الذائبة.
- ٤- اضف الى نفس الدورق (٣-٤ قطرات) من دليل المثيل البرتقالي.
- ٥- سح العينة مع نفس الحامض قطرة قطرة مع التحريك المستمر حتى يتحول اللون من الاصفر الى البرتقالي مسجلا حجم الحامض المستهلك للمعايرة (ص).

الحسابات:

حجم الحامض الذي عادل الكربونات× عياريته × ١٠٠

$$\frac{\text{حجم الحامض الذي عادل الكربونات} \times \text{عياريته} \times 100}{\text{حجم المستخلص المستخدم بالتقدير}} = \text{تركيز الكربونات } (CO_3^{2-}) \text{ (مليمكافئ / لتر)}$$

حجم الحامض الذي عادل البيكاربونات× عياريته × ١٠٠٠

$$\frac{\text{حجم الحامض الذي عادل البيكاربونات} \times \text{عياريته} \times 1000}{\text{حجم المستخلص المستخدم بالتقدير}} = \text{تركيز البيكاربونات } (HCO_3^-) \text{ (مليمكافئ / لتر)}$$

تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم في مستخلص التربة

يوجد الكالسيوم في التربة على صورة كاربونات ، فوسفات، سليكات، فلوريد، وكبريتات. وتعد الكاربونات من أكثر مصادر الكالسيوم شيوعاً في التربة، حيث يوجد الكالسيوم على شكل كاتيونات مدمصة على سطوح الغرويات او بصورة ايونات ذائبة في محلول التربة. أن وجود الكالسيوم مهم جداً في التغذية المعدنية للنبات كما ان له دور اساسي في نمو الجذور والخلايا المرستيمية، وكذلك في تحسين صفات التربة.

أما المغنيسيوم فيتواجد في معادن الطين مثل المونتموريلوننايت، الفيرموكيولايت، الكلورايت، وفي بعض الاحيان يوجد على صورة كاربونات المغنيسيوم وهناك كميات قليلة من المغنيسيوم يتواجد بصورة متبادلة أو بصورة ايونات ذائبة في محلول التربة وفي صورة مركبات عضوية. وتكمن اهمية المغنيسيوم في تأثيره المباشر على التركيب الضوئي داخل النبات لانه يشكل احد المركبات الرئيسية المكونة للكلوروفيل، ويساهم في نقل الفسفور داخل النبات.

الفكرة الاساسية للتقدير:

يتم التقدير باستخدام مركبات مخلبية التي لها ميل اتحادي مع الكالسيوم والمغنيسيوم، منها مركب الفرسين والذي يعرف اختصاراً بأسم (EDTA) حيث يقدر الكالسيوم أولاً ثم الكالسيوم والمغنيسيوم معاً وبطرح الاول من الثاني نحصل على المغنيسيوم.

تقدير الكالسيوم:

تتلخص فكرة التقدير برفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٢) باستخدام هيدروكسيد الصوديوم تركيز (٤) عياري حيث تترسب ايونات المغنيسيوم وتبقى ايونات الكالسيوم في مستخلص التربة، ويستخدم في التقدير دليل بربرات الامونيوم (الميروكسايد) حيث له الميل للاتحاد مع الكالسيوم اكثر من المغنيسيوم، وعند ذلك يقوم الفرسين بخلب الكالسيوم تدريجياً حتى ينتهي تماماً من المحلول حيث يتحول لون الدليل من اللون الوردي الى اللون البنفسجي.

المحاليل المستخدمة:

- محلول هيدروكسيد الصوديوم (٤) عياري ويحضر من اذابة (١٦٠ غم) من هيدروكسيد الصوديوم بالماء المقطر في دورق معياري سعة (١ لتر) مع اكمال الحجم بعد ان يبرد المحلول.
- كاشف بربرات الامونيوم (الميروكسايد) وذلك بإضافة (٠,٥ غم) من بربرات الامونيوم مع (١٠٠ غم) من كبريتات البوتاسيوم وخطهم جيداً
- محلول الفرسين (٠,٠١ عياري) ويحضر من اذابة (٢ غم) من حامض اثيلين ثنائي امين رباعي حامض الخليك (E.D.T.A) مع (٠,٠٥ غم) من كلوريد المغنيسيوم ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) في الماء المقطر واكمال الحجم الى لتر.

طريقة العمل :

- ١ – نأخذ (٥ مل) من محلول الاستخلاص ونضعها في جفنة خزفية ونخففها بالماء المقطر بمقدار (٥ مل).
- ٢ – نضيف هيدروكسيد الصوديوم تركيز (٤ عياري) بمقدار (٥ قطرات) لرفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٢).
- ٣ – نضيف (٥٠ ملغرام) من دليل بربرات الامونيوم بحيث يتكون لون وردي.
- ٤ – نسح مع الفرسين تركيز (٠,٠١ عياري) الى ان يتغير اللون الى البنفسجي.

الحسابات :

$$\text{حجم الفرسين} \times \text{عيارته} = \text{ملي مكافئ Ca}^{+2} / \text{لتر} = \frac{1000 \times \text{حجم المستخلص المستخدم في التقدير}}{1000}$$

تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم :

تتلخص الفكرة برفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٠) بإضافة محلول منظم من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم، حيث يكون كل من الكالسيوم والمغنيسيوم بشكل ايونات في المستخلص، ويستخدم دليل اسود الايروكروم EBT الذي له الميل للاتحاد مع الكالسيوم والمغنيسيوم معاً ويكون لون الدليل قرمزي ، وعند التسحيح مع الفرسين الذي يخلب الكالسيوم والمغنيسيوم معاً يتحول لون الدليل الى الازرق.

المحاليل المستخدمة:

- محلول منظم من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم ويحضر من اذابة (٦٧,٥ غم) من كلوريد الامونيوم في (٥٧٠ مل) من هيدروكسيد الامونيوم بعدها يكمل الحجم لتر بالماء المقطر.
- دليل EBT ويحضر من اذابة (٠,٥ غم) من اسود الايروكروم مع (٤,٥ غم) من هيدروكسيل امين هيدروكلوريد في (١٠٠ مل) من الكحول الايثيلي ٩٥%.
- محلول الفرسين (٠,٠١ عياري) المذكورة سابقاً طريقة التحضير.

طريقة العمل :

- ١ – نأخذ (٥ مل) من محلول الاستخلاص ونضعها في جفنة خزفية ونخففها بالماء المقطر بمقدار (٥ مل).
- ٢ – نضيف المحلول المنظم بمقدار (٥ قطرات) لضبط درجة التفاعل .
- ٣ – نضيف ٣ - ٤ قطرات من كاشف EBT بحيث يتكون لون قرمزي.

٤ – نسح مع الفرسين (٠,٠١ عياري) الى ان يتغير اللون من القرمزي الى الازرق .

الحسابات :

$$\text{حجم الفرسين} \times \text{عياريته} \\ \text{حجم المستخلص المستخدم في التقدير} \times 1000 = \text{ملي مكافئ } Ca^{+2} + Mg^{+2} / \text{لتر}$$

$$\text{ملي مكافئ } Mg^{+2} / \text{لتر} = (\text{ملي مكافئ } Ca^{+2} + Mg^{+2} / \text{لتر}) - (\text{ملي مكافئ } Ca^{+2} / \text{لتر})$$

تقدير المادة العضوية في التربة

المادة العضوية هي احد المكونات المهمة في التربة وتشمل جميع الأجزاء غير المعدنية في التربة ومنها بقايا النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة وعادة تكون البقايا على درجات مختلفة من التحلل حسب العوامل العديدة التي تؤثر على التحول للمادة العضوية.

يختلف محتوى الترب من المادة العضوية حسب نوع المناخ (حرارة ورطوبة) وعموما توجد بكمية نوعاً ما في المناطق الرطبة والباردة، بينما تكون اقل ما يمكن في ترب المناطق الحارة الجافة وذلك لسرعة تحللها وفقدانها لارتفاع درجات الحرارة، وغالباً ما تحوي الطبقات السطحية من القطاع الأرضي أعلى مستوى من المادة العضوية حيث تقل مع العمق.

ويعد الكربون هو المكان الأساسي للمادة العضوية في التربة ويظهر بأشكال مختلفة وتعمل المادة العضوية على تحسين خواص التربة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية وكما يلي :

- ١ – تعد المادة العضوية مصدراً مهم لجميع العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات.
- ٢ – فيزيائياً : تعمل على تحسين بناء التربة من خلال ربط دقائق التربة بشكل تجمعات وبالتالي تزيد من نفاذية الترب للماء والهواء.
- ٣ – كيميائياً : تعمل على زيادة السعة التبادلية الكاتيونية ولون التربة الذي بدوره يؤثر على حرارة التربة.

٤ – بيولوجيا : تعد مصدراً للكربون الذي تحتاجه الأحياء الدقيقة في الحصول على الطاقة بالإضافة الى احتوائها على العناصر الغذائية الضرورية التي يحتاجها النبات.

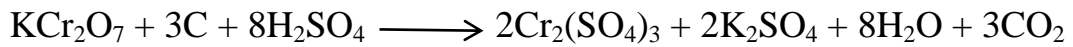
تقدر المادة العضوية في التربة بطريقتين :

(أولاً) : طريقة الحرق :

تعتمد هذه الطريقة على مقدار الفقد في وزن نموذج التربة بعد عملية حرق التربة في فرن كهربائي تحت درجة حرارة ٥٥٠ م° لمدة (٦ – ١٢ ساعة) والذي يحدث نتيجة لفقد المادة العضوية وتحولها الى غاز ثاني أوكسيد الكربون (CO₂) وهذه الطريقة غير دقيقة وتكون معرضة لنسبة معينة من الخطأ نتيجة لفقدان بعض المركبات الأخرى الموجودة في التربة أو نتيجة لاحتواء التربة على نسبة معينة من الرطوبة.

(ثانياً) : طريقة الأكسدة المبتلة :

بهذه الطريقة تؤكسد ٧٥% من المادة العضوية في التربة حيث تجري عملية الأكسدة بواسطة محلول دايكرومات البوتاسيوم (K₂CrO₇) باستعمال حامض الكبريتيك المركز كمساعد لعملية الأكسدة وحسب المعادلة التالية :



الفكرة الاساسية للتقدير :

لتقدير المادة العضوية يؤخذ وزن معلوم من التربة ثم يؤكسد الكربون العضوي بواسطة إضافة حجم معلوم من دايكرومات البوتاسيوم (K_2CrO_7) ثم يعاير الزيادة من الدايكرومات مع كبريتات الحديدوز الامونيوم $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ (٠,٥) عياري، ويتم التأكسد بوجود حامض الكبريتيك المركز (كعامل مؤكسد) والذي عند إضافته يعمل على رفع درجة حرارة معلق التربة والدايكرومات مما يساعد على إتمام عملية الأكسدة للكربون العضوي الذي يتم على أساسه حساب النسبة المئوية للمادة العضوية بعد أن تضرب قيمة النسبة المئوية للكربون العضوي بعامل خاص هو (١,٧٤٢) على اعتبار إن المادة العضوية تحوي على نسبة ٥٨% كربون عضوي.

ومن الملاحظات المهمة التي يستوجب ذكرها عند تقدير المادة العضوية هي عدم استعمال أي مصدر خارجي للتسخين لتفادي عملية تحلل دايكرومات البوتاسيوم، وعند وجود أملاح الكلوريد الذائبة في عينة التربة بكمية عالية فيلزم التخلص منها قبل التقدير حيث إن النتائج المتحصل عليها من تلك الحالة تكون أكبر من الواقع ويتم التخلص من تأثير الكلوريدات بإضافة كمية من محلول كبريتات الفضة (Ag_2SO_4).

الأدوات المستخدمة في التقدير

- ١ - ورق مخروطي سعة ٥٠٠ مل
- ٢ - ماصة.
- ٣ - سحاحة.
- ٤ - ميزان حساس .

المحاليل المستخدمة :

- ١ - محلول دايكرومات البوتاسيوم (١) عياري ويحضر من إذابة (٤٩,٠٤ غم) من المادة في الماء المقطر ويكمل الحجم إلى لتر.
- ٢ - محلول كبريتات الحديدوز الامونيوم (٠,٥) عياري ويحضر من إذابة (١٩٦ غم) من المادة في الماء المقطر ثم تضاف (٥) مل من حامض الكبريتيك المركز، ثم يمزج جيداً ويكمل الحجم بالماء المقطر إلى ١ لتر.
- ٣ - حامض الكبريتيك المركز (H_2SO_4) (١,٨٤ sp.gr ، ٩٨%) .
- ملاحظة (في حالة وجود الكلوريد في التربة حامض الكبريتيك المركز يحوي على ٢٥ غم من كبريتات الفضة وفي حالة عدم وجود الكلوريد تجنب إضافة كبريتات الفضة)
- ٤ - دليل داي فنيل أمين $(C_6H_5)_2$ ويحضر من إذابة (٠,٥ غم) في خليط من (٢٠ مل) ماء مقطر و(١٠٠ مل) من حامض الكبريتيك المركز.
- ٥ - حامض الفسفوريك المركز (H_3PO_4) .

خطوات العمل :

- ١ - يوزن (١ غم) تربة جافة هوائياً ونضعها في دورق مخروطي سعة (٥٠٠ مل).
- ٢ - يضاف (١٠ مل) من محلول دايكرومات البوتاسيوم ١ عياري ويحرك الدورق ليتمزج الخليط.
- ٣ - يضاف (٢٠ مل) من حامض الكبريتيك المركز إلى الخليط ثم يحرك الدورق بشكل دائري مرتين إلى ثلاث ثم نترك الدورق لمدة ٣٠ دقيقة لغرض إتمام عملية التفاعل.
- ٤ - يضاف (٢٠٠ مل) ماء مقطر إلى الدورق لتخفيف المعلق ثم يرشح ويضاف ١٠ مل من حامض الفسفوريك المركز ويترك المزيج ليبرد.
- ٥ - يضاف (١ مل) من دليل داي فنيل أمين و ثم يسحج مع كبريتات الحديدوز الامونيوم (٥,٥ عياري) حتى يتغير اللون من الأزرق البنفسجي إلى الأخضر ثم تسجل حجم كبريتات الحديدوز عند نقطة انتهاء التفاعل.
- ٦ - يعمل تسحيح لعينة مقارنة Blank يحوي على جميع المحاليل أعلاه ما عدا التربة.

الحسابات:

$$\begin{aligned} \text{س} &= \text{حجم الدايكرومات} \times \text{عياريتهما} \\ \text{ص} &= \text{حجم كبريتات الحديدوز} \times \text{عياريتهما} \\ &= (\text{س}) - (\text{ص}) \\ \% \text{ للكربون العضوي} &= \frac{100 \times 1,33 \times 0,003 \times (\text{س}) - (\text{ص})}{\text{وزن التربة الجافة}} \end{aligned}$$

$$\% \text{ للمادة العضوية} = \% \text{ للكربون العضوي} \times 1,724$$

حيث أن :

- ٠,٠٠٣ : الوزن المكافئ للكربون (غم)
- ١,٣٣ : معامل تصحيح نسبة الكربون العضوي .
- ١,٧٢٤ : معامل تحويل الكربون العضوي الى المادة العضوية .

تقدير الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلص التربة

في أثناء عمليات التجوية ينطلق أيون البوتاسيوم الى المحلول الارضي، وتمتص النباتات البوتاسيوم من المحلول الارضي وقليلًا بواسطة التبادل بالتلامس مع أسطح التبادل الكاتيوني، ويعتبر كل من البوتاسيوم الذائب والمتبادل ميسران للنبات.

ويوجد حوالي ٩٥-٩٩ % من البوتاسيوم بداخل البناء الشبكي لمعادن مايكروكلين، اورثوكلاز، مسكوفاييت، بايوتايت، الايلايت وغيرها .

اما الصوديوم فيشكل حوالي ٢,٨ % من القشرة الارضية في الوقت الذي يشكل البوتاسيوم ٢,٦ % منها. وينتشر الصوديوم في الصخور الرسوبية كالحجر الجيري والمارل والطباشير والصخور الكلسية وغيرها.

يقدر الصوديوم والبوتاسيوم في مستخلص التربة بواسطة جهاز قياس العناصر باللهب (Flame photometer) والذي يتكون من الوحدات الرئيسية وهي :

- ١ - وحدة ضخ الهواء والغاز.
- ٢ - وحدة الحرق (اللهب).
- ٣ - وحدة لترشيح الموجات الكهرومغناطيسية.
- ٤ - الخلية الضوئية.
- ٥ - وحدة القراءة.

الفكرة الأساسية للتقدير :

طريقة تقدير العناصر في جهاز ال- Flame photometer تعتمد على قياس شدة اللون للأشعة الناتجة عن استثارة ذرات العنصر في لهب قوي. وهذه العملية تتم بضخ مستخلص التربة مع الهواء والاكسجين في وحدة الضخ بشكل رذاذ يمر على غاز الاستيلين أو البروتين في وحدة

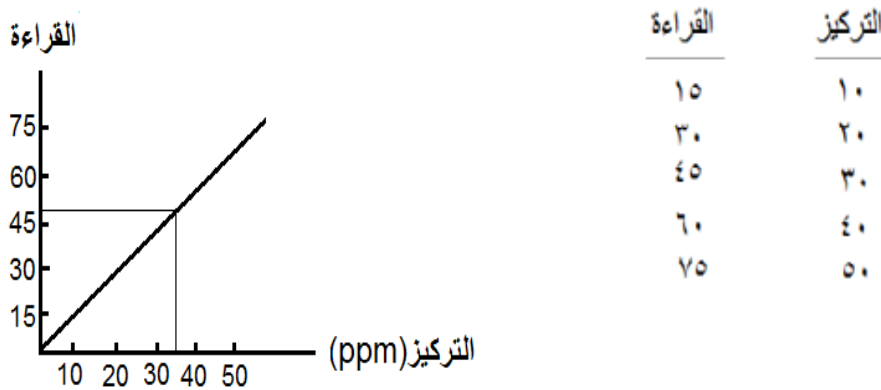
الحرق فيحصل استثارة لذرات العنصر نتيجة لاكتسابها طاقة من عملية الحرق فتنتقل الالكترونات الى مدارات اعلى وتكون غير مستقرة فتحاول الذرة الرجوع الى الحالة المستقرة، وبزوال المؤثر ترجع الذرة الى الحالة المستقرة أي رجوع الالكترونات الى مداراتها الاصلية وترجع الطاقة التي اكتسبتها ايضا بشكل موجات كهرومغناطيسية حيث تمر على مرشح لكل عنصر في وحدة الترشيح وتترجم هذه الموجات في وحدة الخلية الضوئية الى قراءة خاصة في وحدة القراءة بالجهاز.

الاجهزة والمواد اللازمة:

١. جهاز Flame photometer
٢. دورق معياري حجم ٥٠ أو ١٠٠ مل
٣. محلول كلوريد البوتاسيوم بتركيز ١٠٠٠ ppm باذابة ١,٥٩ غرام منه في لتر من الماء المقطر.
٤. محلول كلوريد الصوديوم بتركيز ١٠٠٠ ppm باذابة ٢,٥٤ غرام منه في لتر من الماء المقطر.
٥. يخفف من كلوريد البوتاسيوم بنسب (٢، ٤، ٦، ٨، ١٠ ppm) ويخفف ايضا خمسة تخفيفات أخرى من كلوريد الصوديوم.
٦. يحضر مستخلص التربة لقياس تركيز كلا العنصرين (الصوديوم والبوتاسيوم).

طريقة القياس:

تحضر محاليل قياسية ذات تراكيز معينة من ملح العنصر المراد تقديره ثم تقرأ هذه المحاليل في الجهاز ويعمل منحنى قياسي يمثل قراءة الجهاز وتركيز العنصر. أي انه سيكون لكل تركيز معلوم قراءة وكما موضح في الشكل التالي:



تركيز العنصر في المستخلص
بعد تسقيط القراءة على المنحنى = ٣٥

ولتقدير تركيز العنصر في مستخلص التربة المراد تقدير تركيز العنصر فيه نقوم بأخذ جزء من المستخلص ونضعه في الجهاز لغرض الحصول على قراءة ولتكن ٥٠ بعدها نقوم بتسقيط هذه القراءة على المنحنى القياسي لغرض معرفة تركيز العنصر والذي سيكون في هذه الحالة (٣٥) (الشكل أعلاه).

كيفية تحضير المحلول القياسي :

لتحضير المحلول القياسي لأي عنصر نأخذ الملح الذي يحتوي على العنصر المراد تقديره، فمثلا لتقدير عنصر الـ Na نأخذ الملح NaCl ولتقدير عنصر الـ K نأخذ الملح KCl، وهذا الملح يجب اذابته بالماء المقطر.

في البداية يجب تحضير محلول قياسي تركيزه (1000 ppm)

$$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg/L} = 1 \text{ gm /L}$$

فمثلا لتحضير (1000 ppm) من الـ K نأخذ ١,٩١٠,٢ غم من KCl ويذوب هذا الوزن في ١ لتر من الماء المقطر.

$$\begin{array}{r} \text{K} \\ \hline 39 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{KCl} \\ \hline 74,5 = 39 + 35 \\ \hline \end{array}$$

$$1 \times 74,5 \quad \text{س} \quad = \quad \frac{1,910,2}{39} \quad \text{غم}$$

ومن هذا المحلول القياسي (١٠٠٠ ppm) نستطيع تحضير محاليل قياسية اخرى ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ ، ١٠٠ ، ٠٠٠٠٠٠٠ ، باستخدام المعادلة التالية :

$$\frac{\text{التركيز المطلوب} \times \text{حجم الدورق المستخدم}}{\text{التركيز الاصيلي (١٠٠٠ ppm)}} = \text{الحجم المسحوب من التركيز الاصيلي (مل)}$$

فمثلا للحصول على تركيز (١٠ ppm) نأخذ ١ مل من المحلول القياسي الأصلي ونضعها في دورق معياري سعة ١٠٠ مل ونكمل بالماء المقطر الى العلامة، وبنفس الطريقة نحضر محاليل قياسية اخرى بتركيز ٢٠ ، ٣٠ ، ١٠٠ ppm وهكذا .

ولتحضير محلول قياسي للصوديوم (Na) نتبع نفس الخطوات أعلاه. نقرأ هذه المحاليل القياسية للصوديوم والبوتاسيوم بجهاز الـ (Flame photometer) لعمل المنحنى القياسي لـ Na و K . بعدها نرسم العلاقة بين القراءة والتركيز. كما هو موضح في الشكل السابق.

مثال: حضر محلول قياسي لـ Na من ملح NaCl ثم حضر التراكيز (١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠ ppm) في دورق معياري حجمه ٥٠ مل مرة و ١٠٠ مل مرة اخرى.

الحل:

في البداية نحضر محلول قياسي ١٠٠٠ ppm

$$\frac{\text{Na}}{23} \quad \frac{\text{NaCl}}{23 + 35,5}$$

س = ٢,٥٤٣ غم من NaCl نذيبه في لتر

١

س

ماء مقطر لنحصل على ١٠٠٠ ppm

التركيز المطلوب × حجم الدورق

$$\frac{\text{التركيز المطلوب} \times \text{حجم الدورق}}{\text{التركيز الاصيلي}} = \text{الحجم المسحوب (مل)}$$

التركيز الاصيلي

لتحضير التراكيز في دورق حجم ٥٠ مل

$$50 \times 10$$

الحجم المسحوب (مل) = $\frac{50 \times 10}{1000}$ = ٠,٥ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها

في دورق ٥٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$1000$$

$$50 \times 20$$

= $\frac{50 \times 20}{1000}$ = ١ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في

دورق ٥٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$1000$$

$$50 \times 30$$

= $\frac{50 \times 30}{1000}$ = ١,٥ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها

في دورق ٥٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$1000$$

$$50 \times 40$$

= $\frac{50 \times 40}{1000}$ = ٢ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في

دورق ٥٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$1000$$

$$50 \times 50$$

= $\frac{50 \times 50}{1000}$ = ٢,٥ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها

في دورق ٥٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$1000$$

لتحضير التراكيز في ورق حجم ١٠٠ مل

$$100 \times 10$$

الحجم المسحوب (مل) = $\frac{1000}{100 \times 20}$ = ١ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في
ورق ١٠٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

٢ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في
ورق ١٠٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$\frac{1000}{100 \times 30}$$

٣ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في
ورق ١٠٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$\frac{1000}{100 \times 40}$$

٤ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في
ورق ١٠٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$\frac{1000}{100 \times 50}$$

٥ مل نسحب من التركيز الاصيلي ونضعها في
ورق ١٠٠ مل ونكمل للعلامة بالماء المقطر

$$1000$$

الحسابات :

نقوم بتسقيط القراءة الخاصة بالمستخلص المراد تقدير العنصر فيه على المنحنى القياسي السابق
ذكره للحصول على تركيز العنصر في المستخلص.

تقدير الكربونات والبيكاربونات في مستخلص التربة

تختلف نسبة الكربونات الذائبة من تربة لأخرى حسب درجة قلويتها، فترتفع في الاراضي عالية القلوية وقد تنخفض أو تتلاشى في الاراضي القلوية الخفيفة، اما في الاراضي المتعادلة والحامضية فانها قد لا توجد بالمحلول الارضي. وتختلف الكربونات في نوعيتها فقد تكون بشكل كربونات الكالسيوم أو المغنسيوم أو الحديد ولكن أكثرها انتشارا هي كربونات الكالسيوم.

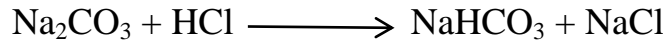
ويتم الكشف عن وجود الكربونات عادة بإضافة بضع قطرات من حامض الهيدروكلوريك المخفف، فعند انطلاق فوران نتيجة انطلاق غاز CO₂ فان ذلك دليل على وجود الكربونات.

اما البيكاربونات فتنتشر بشكل أوسع وبصور متعددة، هذا وان وجود هذه المادة بنسبة تزيد عن ١,٤ مليمكافى في ١٠٠ غرام تربة يدل على تجاوزها للحد الحرج.

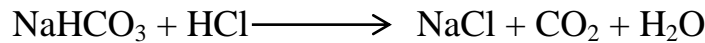
وتسبب املاح الكربونات والبيكاربونات في ملوحة التربة مما يؤثر على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية.

الفكرة الاساسية في التقدير:

تقدر كل من الكربونات والبيكاربونات باستعمال حامض معلوم العيارية ويكون التفاعل حسب المعادلتين الاتيتين:



ويستدل على نهاية هذا التفاعل باستعمال دليل الفينونفثالين (ph.ph)



ويستدل على نهاية هذا التفاعل باستعمال دليل المثيل البرتقالي (M.O)

في المعادلة الاولى تتحول الكربونات الى بيكاربونات ثم تتحول هذه البيكاربونات بالاضافة الى البيكاربونات الموجودة أصلا في المستخلص الى ملح متعادل كما في المعادلة الثانية، وبالتالي فان حجم الحامض المستهلك في المعادلة الاولى هو نصف حجم الحامض اللازم لاتمام عملية التفاعل، وعليه يضرب حجم الحامض $\times 2$.

وعند اضافة دليل المثيل البرتقالي والاستمرار في التسحيح مع الحامض لتحويل البيكاربونات (الناتجة من تحويل الكربونات الى بيكاربونات بالاضافة الى البيكاربونات الموجودة اصلا في المحلول) الى ملح متعادل، فان حساب حجم الحامض الذي عادل البيكاربونات الاصلية يكون بطرح ضعف حجم الحامض المستخدم في تحويل الكربونات الى بيكاربونات من الحجم الكلي للحامض المستخدم لتحويل الكربونات والبيكاربونات الى ملح متعادل.

المحاليل المستخدمة :

١. حامض الكبريتيك H_2SO_4 ٠,٠١ عياري ويحضر من تخفيف ٢٨ مل من حامض الكبريتيك (98%, sp.gr.1.84) في الماء المقطر، ويمزج جيدا ثم يبرد ويكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر. هذا المحلول تركيزه ١ عياري. ثم يخفف ١٠٠ مرة (١٠ مل الى حجم لتر) للحصول على تركيز ٠,٠١ عياري.
٢. دليل الفينول فتالين ١% ويحضر من اذابة ١ غرام من الدليل في ١٠٠ مل كحول اثيلي.
٣. دليل المثيل البرتقالي ٠,١% ويحضر من اذابة ٠,١ غرام من الدليل ١٠٠ مل ماء مقطر

طريقة العمل:

- ١- خذ بالماصة (٥-١٠ مل) من مستخلص التربة وضعها في ورق مخروطي.
- ٢- أضف (٣-٤ قطرات) من دليل الفينول فتالين فاذا ظهر لون زهري هذا دليل على وجود الكربونات الذائبة.
- ٣- سح مع حامض (H_2SO_4) ٠,٠١ عياري الى ان يختفي اللون وسجل حجم الحامض المستهلك للتسحيح وليكن (س)، وفي حالة عدم ظهور اللون الزهري فان ذلك يدل على خلو العينة من الكربونات الذائبة.
- ٤- اضف الى نفس الدورق (٣-٤ قطرات) من دليل المثيل البرتقالي.
- ٥- سح العينة مع نفس الحامض قطرة قطرة مع التحريك المستمر حتى يتحول اللون من الاصفر الى البرتقالي مسجلا حجم الحامض المستهلك للمعايرة (ص).

الحسابات:

حجم الحامض الذي عادل الكربونات× عياريته × ١٠٠

$$\frac{\text{حجم الحامض الذي عادل الكربونات} \times \text{عياريته} \times 100}{\text{حجم المستخلص المستخدم بالتقدير}} = \text{تركيز الكربونات } (CO_3^{2-}) \text{ (مليمكافئ / لتر)}$$

حجم الحامض الذي عادل البيكربونات× عياريته × ١٠٠٠

$$\frac{\text{حجم الحامض الذي عادل البيكربونات} \times \text{عياريته} \times 1000}{\text{حجم المستخلص المستخدم بالتقدير}} = \text{تركيز البيكربونات } (HCO_3^-) \text{ (مليمكافئ / لتر)}$$

تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم في مستخلص التربة

يوجد الكالسيوم في التربة على صورة كاربونات ، فوسفات، سليكات، فلوريد، وكبريتات. وتعد الكاربونات من أكثر مصادر الكالسيوم شيوعاً في التربة، حيث يوجد الكالسيوم على شكل كاتيونات مدمصة على سطوح الغرويات او بصورة ايونات ذائبة في محلول التربة. أن وجود الكالسيوم مهم جداً في التغذية المعدنية للنبات كما ان له دور اساسي في نمو الجذور والخلايا المرستيمية، وكذلك في تحسين صفات التربة.

أما المغنيسيوم فيتواجد في معادن الطين مثل المونتموريلوننايت، الفيرموكيولايت، الكلورايت، وفي بعض الاحيان يوجد على صورة كاربونات المغنيسيوم وهناك كميات قليلة من المغنيسيوم يتواجد بصورة متبادلة أو بصورة ايونات ذائبة في محلول التربة وفي صورة مركبات عضوية. وتكمن اهمية المغنيسيوم في تأثيره المباشر على التركيب الضوئي داخل النبات لانه يشكل احد المركبات الرئيسية المكونة للكلوروفيل، ويساهم في نقل الفسفور داخل النبات.

الفكرة الاساسية للتقدير:

يتم التقدير باستخدام مركبات مخلبية التي لها ميل اتحادي مع الكالسيوم والمغنيسيوم، منها مركب الفرسين والذي يعرف اختصاراً بأسم (EDTA) حيث يقدر الكالسيوم أولاً ثم الكالسيوم والمغنيسيوم معاً وبطرح الاول من الثاني نحصل على المغنيسيوم.

تقدير الكالسيوم:

تتلخص فكرة التقدير برفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٢) باستخدام هيدروكسيد الصوديوم تركيز (٤) عياري حيث تترسب ايونات المغنيسيوم وتبقى ايونات الكالسيوم في مستخلص التربة، ويستخدم في التقدير دليل بربرات الامونيوم (الميروكسايد) حيث له الميل للاتحاد مع الكالسيوم اكثر من المغنيسيوم، وعند ذلك يقوم الفرسين بخلب الكالسيوم تدريجياً حتى ينتهي تماماً من المحلول حيث يتحول لون الدليل من اللون الوردي الى اللون البنفسجي.

المحاليل المستخدمة:

- محلول هيدروكسيد الصوديوم (٤) عياري ويحضر من اذابة (١٦٠ غم) من هيدروكسيد الصوديوم بالماء المقطر في دورق معياري سعة (١ لتر) مع اكمال الحجم بعد ان يبرد المحلول.
- كاشف بربرات الامونيوم (الميروكسايد) وذلك بإضافة (٠,٥ غم) من بربرات الامونيوم مع (١٠٠ غم) من كبريتات البوتاسيوم وخطهم جيداً
- محلول الفرسين (٠,٠١ عياري) ويحضر من اذابة (٢ غم) من حامض اثيلين ثنائي امين رباعي حامض الخليك (E.D.T.A) مع (٠,٠٥ غم) من كلوريد المغنيسيوم ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) في الماء المقطر واكمال الحجم الى لتر.

طريقة العمل :

- ١ - نأخذ (٥ مل) من محلول الاستخلاص ونضعها في جفنة خزفية ونخففها بالماء المقطر بمقدار (٥ مل).
- ٢ - نضيف هيدروكسيد الصوديوم تركيز (٤ عياري) بمقدار (٥ قطرات) لرفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٢).
- ٣ - نضيف (٥٠ ملغرام) من دليل بربرات الامونيوم بحيث يتكون لون وردي.
- ٤ - نسح مع الفرسين تركيز (٠,٠١ عياري) الى ان يتغير اللون الى البنفسجي.

الحسابات :

$$\text{حجم الفرسين} \times \text{عيارته} = \frac{\text{ملي مكافئ } Ca^{+2} / \text{لتر}}{1000} \times \text{حجم المستخلص المستخدم في التقدير}$$

تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم :

تتلخص الفكرة برفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٠) بإضافة محلول منظم من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم، حيث يكون كل من الكالسيوم والمغنيسيوم بشكل ايونات في المستخلص، ويستخدم دليل اسود الايروكروم EBT الذي له الميل للاتحاد مع الكالسيوم والمغنيسيوم معاً ويكون لون الدليل قرمزي، وعند التسحيح مع الفرسين الذي يخلب الكالسيوم والمغنيسيوم معاً يتحول لون الدليل الى الازرق.

المحاليل المستخدمة:

- محلول منظم من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم ويحضر من اذابة (٦٧,٥ غم) من كلوريد الامونيوم في (٥٧٠ مل) من هيدروكسيد الامونيوم بعدها يكمل الحجم لتر بالماء المقطر.
- دليل EBT ويحضر من اذابة (٠,٥ غم) من اسود الايروكروم مع (٤,٥ غم) من هيدروكسيل امين هيدروكلوريد في (١٠٠ مل) من الكحول الايثيلي ٩٥%.
- محلول الفرسين (٠,٠١ عياري) مذكورة سابقاً طريقة التحضير.

طريقة العمل :

- ١ - نأخذ (٥ مل) من محلول الاستخلاص ونضعها في جفنة خزفية ونخففها بالماء المقطر بمقدار (٥ مل).
- ٢ - نضيف المحلول المنظم بمقدار (٥ قطرات) لضبط درجة التفاعل .
- ٣ - نضيف ٣ - ٤ قطرات من كاشف EBT بحيث يتكون لون قرمزي.

٤ – نسح مع الفرسين (٠,٠١ عياري) الى ان يتغير اللون من القرمزي الى الازرق .

الحسابات :

$$\text{حجم الفرسين} \times \text{عياريته} \\ \text{حجم المستخلص المستخدم في التقدير} \times 1000 = \text{ملي مكافئ Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{لتر}$$

$$\text{ملي مكافئ Mg}^{+2} / \text{لتر} = (\text{ملي مكافئ Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{لتر}) - (\text{ملي مكافئ Ca}^{+2} / \text{لتر})$$