

5. التحليل الكيميائي للتربة

تُصنّف العناصر الغذائية الثمانية عشر الأساسية للنبات إلى أربع مجموعات (Brady and Weil, 1999):

1. العناصر الغذائية الكبرى غير المعدنية الرئيسية: وهي تشكل حوالي 90-95% من وزن النبات الجاف، والنبات يستمدّها عن طريق امتصاص الماء والتمثيل الضوئي O, H, C؛
2. العناصر الغذائية الكبرى الرئيسية N, P, K؛
3. العناصر الغذائية الكبرى الثانوية S, Mg, Ca؛
4. العناصر الغذائية الصغرى Zn, Ni, Mo, Mn, Fe, Cu, Co, Cl, B.

هناك ثلاثة عوامل تساهم في عملية تغذية النبات:

1. كمية العناصر الغذائية في التربة؛
2. قدرة التربة على إمداد النباتات بالعناصر الغذائية؛
3. العوامل البيئية التي تؤثر على وفرة العناصر الغذائية وقابلية امتصاصها.

القياسات، التي تتضمن توصيف محلول التربة ومكوناتها والتركيب العضوي والبلاعضوي للتربة، هي تسمية واسعة لقسم الكيمياء. وهي تشمل جميع العناصر الغذائية ومكونات التربة التي تؤثر على هذه العناصر والمكونات بصورة مباشرة أو غير مباشرة. لذلك يشكل هذا القسم الجزء الأساسي من هذا الكتاب.

إن الطرائق الكيميائية المعروضة هنا شاملة ولكن غير مُجهدّة أبداً. فبالنسبة لأي عنصر، هناك العديد من الطرائق التي يمكن أن نجدها في المراجع المتعلقة بذلك (Walsh and Beaton, 1973; Page, 1982; Westerman, 1990). لقد حاولنا أن نختار الطرائق التي نراها في ضوء خبراتنا ملائمة لترب منطقة CWANA، حيث توجد علاقة بين قيمة الاختبار ونمو المحصول. وحيث عرضنا المزايا البارزة للطرائق الموافقة البديلة، وكما زدنا المستخدمين بمراجع عن المؤلفات حول طرائق اختبارات التربة كي يتمكنوا من توسيع أو تنقيح معلوماتهم حول تلك الطرائق.

عرضنا أولاً التحاليل التي تُجرى بشكل روتيني بهدف توصيف عينة تربة أو نموذج من التربة من حيث إعطاء معلومات شاملة عن pH، الملوحة، كربونات الكالسيوم، المادة العضوية، السعة التبادلية للكاتيونات، والجبس. وفيما يتعلق بالأزوت، فهو يعتبر عامل الخصوبة المسيطر في ترب منطقة CWANA. تعاملنا مع أسهل طرائق لقياس الأشكال أو الجزيئات المختلفة من الأزوت في التربة. وتعاملنا لاحقاً مع طرائق لقياس الفوسفور القابل للإفادة، والكاتيونات الذائبة والمتبادلة، والانيونات الذائبة، والعناصر الغذائية الصغرى. حيث زدنا الكتاب بتعليمات تمكنهم من تفسير البيانات interpreting the data الناتجة مع قوائم الطرائق التحليلية analytical procedures.

1.5 درجة الحموضة (pH)

تُعرف درجة حموضة التربة (pH) على أنه اللوغاريتم السالب لنشاط أيون الهيدروجين. ولأن pH لوغاريتمي، يزداد تركيز أيون الهيدروجين H-ion في المحلول عشر مرات عندما تنخفض درجة pH التربة درجة واحدة. وتتراوح قيم pH التربة الموجودة بشكل طبيعي في الترب بين 3-9. ويمكن وصف الفئات العديدة على الشكل التالي: شديدة الحموضة (pH أقل من 5.0)، معتدلة إلى قليلة الحموضة (5.0-6.5)، حيادية (6.5-7.5)، متعادلة القلوية (7.5-8.5)، وشديدة القلوية (pH أكبر من 8.5).

تتمتع أهمية درجة pH التربة في تأثيرها على وفرة العناصر الغذائية في التربة، قابلية ذوبان العناصر الغذائية السامة في التربة، والانحلال الطبيعي لخلايا الجذور، والسعة التبادلية للكاتيونات في الترب التي تتوقف pH على موادها الغروية (الطين/ الدبال) clay/humus colloids، والنشاط البيولوجي. وعند القيم العالية لدرجة pH، تميل كميات الفوسفور ومعظم العناصر الغذائية الصغرى إلى التناقص باستثناء البورون (B) والموليبدينوم (Mo).

تعتبر الترب الحامضية نادرة في المناطق شبة الجافة من العالم، فهي غالباً ما تتواجد في المناطق المعتدلة والمدارية حيث يعتبر هطول الأمطار أمراً محتملاً. وعلى العكس فإن ترب المناطق الأكثر جفافاً عموماً ما تكون قلوية، أي تتجاوز قيمة pH الرقم 7 نتيجة وجود كربونات الكالسيوم (CaCO₃)، حيث يلاحظ فوران واضح عندما نضيف إلى التربة قطرات من حمض كلور الماء 10%. وتبلغ قيم pH التربة 8.0-8.5 في منطقة CWANA. في حين تكون أدنى بقليل في الترب الكالسية المحتوية على الجبس، وترتفع إلى أكثر من 8.5 في الترب التي تحتوي على كمية زائدة من الصوديوم (الترب الصودية).

لذلك، يعتبر قياس pH التربة من أكثر القياسات شيوعاً في مختبرات التربة. فهو يعكس فيما إذا كانت التربة حامضية، حيادية، قاعدية أو قلوية. وفيما يلي طريقة تقدير درجة حموضة pH التربة في معلق 1:1 (McKeague, 1978; McLean, 1982):

الأجهزة

- جهاز pH مع القطب المشترك pH meter with combined electrode.
- محرك زجاجي glass rod.
- كأس بيكر زجاجي glass beaker.

المحاليل

- أ. الماء المقطر
- ب. محلول قياسي منظم pH 7.0
- ث. محلول قياسي منظم pH 4.0

طريقة العمل

1. زن 50 غ تربة جافة هوائياً (أقل من 2 مم) في كأس زجاجي سعة 100 مل.
2. أضف 50 مل من الماء المقطر مستخدماً أسطوانة مدرجة أو دורך حجمي سعة 50 مل.
3. أمزج المعلق جيداً مستخدماً قضيباً زجاجياً، ثم اترك المعلق لمدة 30 دقيقة.
4. حرك المعلق كل 10 دقائق أثناء هذه الفترة.
5. بعد ساعة، حرك المعلق جيداً.
6. مباشرة ضع القطب المشترك combined electrode في المعلق (بعمق حوالي 3 سم). خذ القراءة بعد 30 ثانية.
7. أخرج القطب المشترك من المعلق، وأغسله جيداً بالماء المقطر في كأس آخر، وبعناية نشف الماء الزائد بمنديل ورقي ناعم.

ملاحظات

1. تأكد من أن القطب المشترك يحتوي على محلول من KCl المشبع، وكمية من KCl الخام.
2. اضبط جهاز pH مستخدماً على الأقل محلولين قياسييين منظمين مختلفي القيم، عادة 4.0 و 7.0. أولاً، قس درجة حرارة المحلول، عدك مؤشر درجة الحرارة. knob "temperature" ثانياً، اغمس القطب المشترك في المحلول القياسي المنظم pH 7.0 ثم قارن مع القيمة الفعلية عند درجة الحرارة المقاسة، عدك مؤشر المحلول القياسي المنظم knob "buffer" ثالثاً، اغمس القطب المشترك في المحلول القياسي المنظم pH 4.0، عدك مؤشر المحلول القياسي للحساسية knob "sensitivity". كرر الخطوات السابقة حتى يعطي كلا المحلولين قراءات صحيحة.
3. في إيكاردا، يتم قياس درجة pH التربة في معلق 1:1 (تربة: ماء). ولغايات معينة، يمكن قياس pH في عجينة مشبعة من التربة أو في معلقات مخففة بشكل أكبر. في بعض المختبرات، يمكن قياس pH في معلقات تربة و $N 1 KCl$ أو $M 0.01 CaCl_2$. تتجلى الميزة الرئيسية لقياس pH تربة في محلول ملحي في محاولة التخلص من التأثيرات السلبية الناجمة عن المعلق والمحتويات المتباينة من الملح، مثل بقايا الأسمدة. بيد أن من النادر أن تطلب هذه الطرائق في الترب الكلسية - القلوية في منطقة CWANA.
4. يمكن حفظ عينات التربة الجافة هوائياً في أوعية مغلقة لعدة شهور دون أن يؤثر ذلك في قيم pH.
5. في حال عدم استخدام جهاز pH والقطب المشترك لفترات طويلة، ينبغي الالتزام بالتعليمات المرافقة لجهاز الشركة الصانعة بصدد طريقة الحفظ.
6. إذا كانت العينات غنية بالمواد العضوية، استخدم نسبة 1:2 أو 1:5 (تربة: الماء).

2.5 الناقلية الكهربائية (EC)

ترجع ملوحة التربة إلى تركيز الأملاح اللاعضوية الذوابة في التربة. وتُقاس الملوحة عادة باستخلاص عينة تربة مع الماء (النسبة 1:1 أو 5:1 تربة: ماء، وزن/حجم) أوفي مستخلص عجينة مشبعة. على كل حال، فإن نسبة 1:1 (محلول: تربة) أو النسب الأوسع أكثر ملائمة عندما تكون عينة التربة محدودة. وتقاس مثل هذه المستخلصات خلال وقت قصير، كما تقاس الملوحة بالناقلية الكهربائية باستخدام جهاز قياس الناقلية الكهربائية conductivity bridge. ويمكن تقدير المحتوى الكلي للأملاح في التربة اعتماداً على هذا القياس. كما أن هناك طريقة أكثر دقة تتضمن تبخير المستخلص المائي ووزن الراسب المتبقي.

تعتبر الملوحة أحد القياسات المخبرية المهمة على اعتبار أنها تعكس مدى ملاءمة التربة لزراعة المحاصيل. فعلى أساس مستخلص مشبع تعتبر قيم 0-2 dS/m (أو ميلليموس/سم) مناسبة لكل المحاصيل؛ علماً أن غلال المحاصيل الحساسة تتأثر عندما تكون القيم بين 2-4 dS/m، بينما لاتنمو فوق هذا المستوى سوى المحاصيل المقاومة للملوحة (Richards, 1954).

بينما تشكل الملوحة اهتماماً واسعاً في المناطق المروية من منطقة CWANA وفي المناطق ذات الترب الملحية، إلا أنها لاتمثل درجة الأهمية ذاتها في الزراعة البعلية. على كل حال، مع تزايد استخدام الري، سيكون الطلب أكبر على قياس الناقلية الكهربائية في المستقبل. ويعرض الكتيب 60 الصادر عن وزارة الزراعة الأمريكية (USDA Handbook 60) طرائق قياس الناقلية (Richards, 1954).

الأجهزة

مضخة تفريغ هوائية vacuum filtration system.
جهاز قياس الناقلية الكهربائية conductivity bridge.

طريقة العمل

1. حضر معلقاً بنسبة 1:1 (تربة: الماء)، كما هو الحال عند تقدير درجة حموضة pH التربة.
2. رشح المعلق باستخدام مضخة التفريغ الهوائية. الإجراءات أولاً، ضع ورقة ترشيح مستديرة Whatman No. 42 في قمع بوخنر buchner funnel. ثانياً، رطب ورقة الترشيح بالماء المقطر وتأكد أنها ملتصقة بقاعدة القمع على نحو يغطي جميع الثقوب.
3. شغل مضخة التفريغ الهوائية.
4. أفتح صنبور المضخة، ثم أضف المعلق إلى قمع بوخنر.
5. استمر بالترشيح حتى تبدأ التربة الموجودة في القمع بالتشقق.

6. إذا لم يكن الراشح رائقاً تماماً، يجب إعادة الترشيح ثانية.
7. انقل الراشح الرائق إلى قارورة سعتها 50 مل، ثم اغمس خلية الناقلية conductivity cell في المحلول، وخذ القراءة.
8. اخرج الخلية من الراشح، ثم اغسلها جيداً بالماء المقطر، ونشف بعناية الماء الزائد بمنديل ورقي ناعم.

ملاحظات

1. تسجل القراءات كملليمون/سم (mmhos/cm) أوديسي سيمنس/م (deci-Siemens per meter). علماً أنه يُفضل استخدام وحدة (dS/m) على وحدة mmhos/cm. علماً بأن الوحدتين متساويتان أي $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmhos/cm}$.
2. تأخذ القراءات وتكتب على أساس درجة حرارة 25°م.
3. تحقق من دقة جهاز الناقلية الكهربائية EC مستخدماً محلول $N 0.01 \text{ KCl}$ ، حيث يعطي قراءة للناقلية قدرها 1.413 dS/m عند درجة حرارة 25°م.

3.5 كربونات الكالسيوم

تتواجد الكربونات اللاعضوية في التربة إما على شكل كربونات كالسيوم (كالكسيت) أو كربونات مغنسيوم (دولوميت) أو مزيج من كليهما، كنتيجة للعوامل الجوية أو لكونها موروثاً من المادة الأم. معظم الترب السائدة في المناطق الجافة أو شبه الجافة هي ترب كلسية، في الواقع، تحتوي ترب منطقة CWANA حتى 50% من المكافئ الكلي لكربونات الكالسيوم CaCO_3 -equivalent أو أكثر.

كما هو الحال مع درجة pH القلوي، تتسم الترب ذات الكربونات الحرة بكميات متدنية من الفوسفور ومن كاتيونات العناصر الغذائية الصغرى. ونتيجة لذلك، يعد تحديد كربونات الكالسيوم في معظم مختبرات منطقة CWANA أمراً طبيعياً.

تقوم بعض المختبرات بتقدير كربونات الكالسيوم الفعالة CaCO_3 "active" أيضاً، وهي أقل شيوعاً من تقدير كربونات الكالسيوم الكلية CaCO_3 "total"، على اعتبار أن ذلك يتم أساساً في المناطق التي تتبع الأسلوب الفرنسي منذ أن طورت هذه الطريقة من قبل (Drouineau 1942) في فرنسا. إذ تعكس بشكل أساسي المساحة السطحية أو تفاعل حبيبات كربونات الكالسيوم ذات القياس المتماثل مع قياس حبيبات التربة. ويعتمد القياس على أساس تفاعلها مع أوكزالات الأمونيوم الزائدة، ثم يتبع ذلك معايرتها بمحلول البرمنغنات في وسط حامضي.

ترتبط عادة كربونات الكالسيوم الفعالة بالمكافئ الكلي لكربونات الكالسيوم لكونه يشكل حوالي 50% أو نحو ذلك من القيمة الكلية. ويدعى مناصرو استخدامه أن هذه الحبيبة ترتبط على نحو وثق بسلوك العناصر الغذائية، كما يتجلى ذلك في الاصفرار الناجم عن نقص الحديد.

المبدأ

يتفاعل وزن محدد من التربة مع كمية وافرة من الحمض. في هذا التفاعل، ينطلق غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 ، ومن ثم تعاد معايرة الحمض الزائد الذي لم يستخدم بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (FAO, 1974). تعتمد بعض طرق تقدير الكربونات في الترب على تجميع غاز CO_2 وقياس ضغطه الذي ينشأ عند إضافة الحمض إلى التربة الكلسية في دورق مخروطي مغلق. أما طريقة المعايرة، يُفترض أن يتفاعل مكافئان من الحمض مع جزيء واحد من CaCO_3 . لذلك يُفترض في مكافئ واحد من الحمض أن يعادل نصف جزيء من CaCO_3 .

الأجهزة

سخان كهربائي hot plate.

سحاحة burette.

دورق أرلنماير erlenmeyer flask.
ماصة حجمية volumetric pipette.

المحاليل

- أ. محلول حمض كلور الماء (HCl)، $N1$.
خفف 82.8 مل من حمض كلور الماء المركز (37%، sp.gr. 1.19) في الماء المقطر، أمزجه جيداً، دعه يبرد، ثم أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.
- ب. محلول ماءات الصوديوم (NaOH)، $N1$.
أذب 40 غ من ماءات الصوديوم في الماء المقطر، أنقل إلى دورق حجمي سعة لتر، دعه يبرد، ثم أكمل إلى الحجم بالماء المقطر.
- ج. دليل فينول فثالين $[C_6H_4COOC(C_6H_4-4-OH)_2]$.
أذب 0.5 غ من دليل فينول فثالين في 100 مل إيثانول (كحول اتيلي).
- د. دليل برتقالي الميتيل $[4-NaOSO_2C_6H_4N: NC_6H_4-4-N(CH_3)_2]$.
أذب 0.1 غ من دليل برتقالي الميتيل في 100 مل من الماء المقطر.
- هـ. إيثانول (C₂H₅OH)، 95%.
- و. محلول كربونات الصوديوم (Na₂CO₃)، $N1$.
أذب 53 غ من كربونات الصوديوم اللامائية في الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

طريقة العمل

1. زن 1 غ تربة جافة هوائياً (0.15 مم) في دورق أرلنماير سعة 250 مل.
2. أضف 10 مل من محلول حمض كلور الماء $N1$ إلى الدورق بوساطة ماصة حجمية.
3. حرك المزيج ثم اترك الدورق طوال الليل، أو سخنه على درجة حرارة 50–60°م. دع الدورق يبرد.
4. أضف 50–100 مل من الماء المقطر مستخدماً أسطوانة مدرجة، ثم أضف 2–3 قطرات من دليل فينول فثالين.
5. عاير بمحلول ماءات الصوديوم مع تحريك الدورق، استمر بالمعايرة حتى يظهر لون زهري خفيف، خذ القراءة، R.

الحساب

النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم في التربة:

$$(13) \quad \% CaCO_3 = [(10 \times N_{HCl}) - (R \times N_{NaOH})] \times 0.05 \times \frac{100}{Wt}$$

حيث أن: N_{HCl} = نظامية محلول HCl.
 R = حجم محلول NaOH المستخدم في المعايرة (مل).
 N_{NaOH} = نظامية محلول NaOH.
 Wt = وزن التربة الجافة هوائياً (غ).

تقدير نظامية المحاليل القياسية

1. حمض كلور الماء (HCl)، $N 1$

اسحب بوساطة الماصة 10 مل من محلول كربونات الصوديوم $N 1$ ، وضعها في ورق الأريلنماير سعة 100 مل، أضف نقطتين من دليل برتقالي المتيل، عاير المحلول بوساطة محلول حمض كلور الماء $N 1$ (في السحاحة). يتغير لون المحلول من برتقالي كاشف إلى برتقالي غامق.

نظامية HCl هي:

$$(14) \quad N_{HCl} = \frac{10 \times N_{Na_2CO_3}}{V_{HCl}}$$

حيث أن: N_{HCl} = نظامية محلول HCl.
 V_{HCl} = حجم محلول HCl المستخدم في المعايرة (مل).
 $N_{Na_2CO_3}$ = نظامية محلول Na_2CO_3 .

2. ماءات الصوديوم (NaOH). N1

اسحب بوساطة الماصة 10 مل من محلول حمض كلور الماء المحدد نظاميته بالضبط، ضعها في ورق أرلنماير سعة 100 مل، أضف نقطتين من دليل فينول فتالين، عاير المحلول بوساطة محلول ماءات الصوديوم N1. حيث يتغير لون المحلول من عديم اللون إلى لون زهري.

نظامية NaOH هي:

$$(15) \quad N_{NaOH} = \frac{10 \times N_{HCl}}{V_{NaOH}}$$

حيث أن: N_{NaOH} = نظامية محلول NaOH.
 V_{NaOH} = حجم محلول NaOH المستخدم في المعايرة (مل).
 N_{HCl} = نظامية محلول HCl.

ملاحظات

1. تتطلب هذه الطريقة بعض الخبرة في تحديد تغير لون المعلق من عديم اللون إلى اللون الزهري على نحو دقيق.
2. إن 10 مل من HCl N1 ستذيب حتى 0.5 غرام من $CaCO_3$ ذلك أنه في حالة احتواء الترب على 50% من $CaCO_3$ أو أكثر، وبالتالي 10 مل من HCl N1 لن يكفي. وفي هذه الحالة يجب إضافة 15 أو 20 مل.
3. عندما يتم التفاعل بين التربة والحمض لإذابة الكربونات، قد يُستهلك الحمض أيضاً من قبل بعض مكونات أخرى للتربة. ويُفترض أن معظم التفاعلات الأخيرة معكوسة أو ذات حركة عكسية، أي إذا أعيدت معايرة المعلق يتحرر الحمض مرة ثانية. ولهذا السبب، لا ينصح بترشيح المعلق ومعايرة الراشح الصافي. علماً أن تغير اللون يمكن تحديده بسهولة بالغة في الراشح الصافي، لكن قيمة المعايرة قد تكون زائدة عن القيمة الفعلية لمحتوى $CaCO_3$.
4. لا يمكن اعتبار جميع التفاعلات بين الحمض ومكونات التربة عكسية الحركة على نحو كامل، ولذلك فإن طريقة المعايرة بالحمض لمعلق التربة قد تزيد القيمة أيضاً وإلى حد ما من محتوى التربة الحقيقي من الكربونات، كما يمكن إجراء طريقة المعايرة بالحمض بوساطة طريقة الكالسيمتر، إذا طُلب إجراؤها، ومع ذلك فهي نادرة الاستخدام في الوقت الحالي.

4.5 المادة العضوية

تمثل المادة العضوية في التربة بقايا الجذور، المواد النباتية، والكائنات الدقيقة في مختلف مراحل التحلل decompositions والتركيب synthesis، كما تتسم بتنوع مكوناتها. رغم تواجد المادة العضوية (OM) في التربة بكميات متواضعة نسبياً، إلا أن لها تأثيراً رئيسياً في تحسب التربة soil aggregation، المخزون من العناصر الغذائية ووفرتها nutrient reserve and its availability، الاحتفاظ بالرطوبة moisture retention، والنشاط البيولوجي biological activity.

يتفاوت الكربون العضوي (OC) بين كونه المكون السائد للفحم على شكل حُكّ peat أو التربة ذات السماد الحيواني muck في المناطق الأشد برودة إلى غياب أي أثر له في بعض الترب الصحراوية. وتحتوي الترب الزراعية، في المناطق المعتدلة الحرارة أكثر من 3-4% مادة عضوية، في حين تحوي الترب عموماً في المناطق البعلية شبه الجافة كمنطقة CWANA، أقل من 1% من المادة عضوية.

تقوم معظم المختبرات في المنطقة بإجراء تحليل المادة العضوية في التربة. وأكثر الطرق شيوعاً هي تلك التي تشمل على إرجاع ثاني كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) بوساطة مركبات الكربون العضوي ويتم لاحقاً تقدير الكمية التي لم يتم إرجاعها بطريقة المعايرة أكسدة/إرجاع بمحلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم (Walkley, 1947; FAO, 1974). في حين يتم القياس الفعلي للكربون العضوي المؤكسد، ومن ثم تحول البيانات بشكل طبيعي إلى نسبة مئوية من المادة العضوية باستخدام عامل ثابت، على افتراض أن المادة العضوية تحتوي على 58% من الكربون العضوي. وفي الواقع هذه النسبة ليست ثابتة، ونفضل أن نورد النتائج على شكل كربون عضوي مؤكسد، أو نضربها بالرقم 1.334 لنعبر عن الكربون العضوي.

الأجهزة

محرك مغناطيسي مع قضيب مغناطيسي،
أدوات زجاجية وماصات لسحب وتحضير المحاليل،
سحاحة titration apparatus (burette).

المحاليل

- أ. محلول ثاني كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$)، N 1
• جفف ثاني كرومات البوتاسيوم بالفرن على درجة حرارة $105^{\circ}C$ لمدة ساعتين، برد بالمجفف (silica gel)، واحفظه في زجاجة محكمة الإغلاق.
• أذب 49.04 غ من ثاني كرومات البوتاسيوم في الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

ب. حمض الكبريت (H_2SO_4)، (98 %، sp. gr. 1.84) المركز

ج. حمض الفوسفور (H_3PO_4)، المركز

د. محلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم $[(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O]$ ، $M 0.5$ أذب 196 غ من كبريتات الحديدوز والأمونيوم في الماء المقطر، اذق إلى حجم لتر، أضف 5 مل من حمض الكبريت المركز، أمزج جيداً، وأكمل إلى الحجم المطلوب بالماء المقطر.

هـ. دليل داي فينيل أمين $(C_6H_5)_2NH$ أذب 1 غ من دليل داي فينيل أمين في 100 مل من حمض الكبريت المركز.

طريقة العمل

1. زن 1 غ تربة جافة هوائياً (0.15 مم) في كأس بيكر سعة 500 مل.
2. أضف 10 مل من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم $N 1$ مستخدماً ماصة، أضف 20 مل من حمض الكبريت المركز مستخدماً أسطوانة مدرجة، ومن ثم حرك الكأس جيداً لمزج المعلق.
3. اترك المعلق لمدة 30 دقيقة.
4. أضف حوالي 200 مل من الماء المقطر، ثم أضف 10 مل من حمض الفوسفور المركز مستخدماً جهاز أتوماتيكي للسحب dispenser، واطرك المزيج ليبرد.
5. أضف 10-15 نقطة من دليل داي فينيل أمين، أضف قضيب مغناطيسي، ثم ضع الكأس على جهاز تحريك مغناطيسي.
6. عاير بمحلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم $M 0.5$ ، حتى يتغير اللون من أزرق بنفسجي إلى أخضر.
7. حضر شاهدين blank، يحتويان على جميع المحاليل ماعدا التربة، واتبع معهما نفس الطريقة التي اتبعتها مع معلقات التربة.

الحساب

النسبة المئوية للمادة العضوية في التربة:

$$M = \frac{10}{V_{blank}} \quad (16)$$

$$(17) \quad \frac{0.3 \times M \times [V_{sample} - V_{blank}]}{Wt} = \text{\% الكربون العضوي المؤكسد (w/w)}$$

$$(18) \quad \text{\% الكربون العضوي الكلي (w/w)} = 1.334 \times \text{\% الكربون العضوي المؤكسد}$$

$$(19) \quad \text{\% المادة العضوية (w/w)} = 1.724 \times \text{\% الكربون العضوي الكلي}$$

- حيث أن: M = نظامية محلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم (تقريباً 0.5 M)
 V_{blank} = حجم محلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم اللازم لمعايرة الشاهد (مل)
 V_{sample} = حجم محلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم اللازم لمعايرة العينة (مل)
 Wt = وزن التربة الجافة هوائياً (غ)
 $0.3 = 100 \times 10^{-3} \times 3$ ، حيث إن رقم 3 هو الوزن المكافئ للكربون.

ملاحظات

1. بالنسبة للترب ذات المحتوى العالي من المادة العضوية (1% من الكربون العضوي المؤكسد أو أكثر)، هناك حاجة لإضافة أكثر من 10 مل من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم.
2. إن العاملين 1.344 و 1.724 المستخدمين في حساب الكربون العضوي الكلي TOC والمادة العضوية OM تقريبيين؛ إذ يختلفان تبعاً لعمق التربة وأنواعها.
3. ستعطي الترب التي تحتوي على كميات كبيرة من أيونات الكلورايد (Cl^-)، والمنغنيز (Mn^{2+})، والحديدوز (Fe^{++}) نتائج أعلى. ويمكن إزالة تداخل الكلورايد بإضافة كبريتات الفضة (Ag_2SO_4) للمحلول المؤكسد. ولا تتوفر حتى الآن طريقة معروفة للتعويض عن التداخلات الأخرى.
4. إن وجود $CaCO_3$ إلى حد 50% يؤدي إلى إلغاء التداخلات.

5.5 السعة التبادلية للكاتيونات (CEC)

إن الكثير من المعادن في التربة تعتبر ذات شحنات سالبة، الأمر الذي يعطيها القدرة على جذب الكاتيونات والاحتفاظ بها من قبيل البوتاسيوم (K^+) والصوديوم (Na^+) والكالسيوم (Ca^+) والمغنيزيوم (Mg^{++}) والأمونيوم (NH_4^+) ... إلخ. حيث إن تبادل الكاتيونات عملية عكوسة. لذلك يمكن للعناصر أو العناصر الغذائية أن تُحفظ في التربة دون أن تضيع خلال عملية الارتشاح leaching وبالتالي يمكن إطلاقها من أجل امتصاصها من قبل النبات.

كما تسهم أيضاً بعض المركبات العضوية في السعة التبادلية للكاتيونات cation exchange capacity (CEC) فضلاً عن تأثر CEC بدرجة حموضة pH التربة. إذ أن قسماً محدداً من إجمالي الشحنة السالبة يتسم بطابع دائم permanent، في حين أن قسماً متبايناً يعتمد على درجة pH التربة.

هناك طرق عديدة متوافرة لتحديد CEC (Rhoades, 1982) وأن معظمها يشمل إشباع التربة بكاتيون المؤشر index cation (NH_4^+)، ثم يزال بغسل الكاتيون الزائد excess cation ويستبدل بعد ذلك الكاتيون المؤشر المدمص بكاتيون آخر (Na^+) ويقاس الكاتيون المؤشر بالمستخلص النهائي (Richards, 1954). وقد أدخلت طرق معدلة نظراً لذويان كمية كبيرة من الكالسيوم في الترب الكلسية والجبسية (FAO, 1990; Rhoades and Polemio, 1977).

يعبر عن السعة التبادلية للكاتيونات بالمليمكافئ / 100 غرام تربة (milliequivalents per 100 g soil) أو بشكل أحدث بالسنتمول (+) / كيلوغرام تربة [cmol (+) / kg soil] حسب المقياس الدولية (S.I. unit)؛ كون الأرقام الحقيقية هي نفسها [مليمكافئ / 100 غرام تربة = سنتمول (+) / كيلوغرام تربة]. وتتراوح قيم CEC بين 1 إلى 100 مليمكافئ / 100 غرام تربة، حيث تكون قيمتها منخفضة في الترب الرملية وعالية في الترب الطينية. وعلى نحو مماثل، تعكس قيم CEC الأعلى سيادة المعادن الطينية 1:2، وتعكس قيم CEC الأدنى وجود المعادن الطينية 1:1.

الأجهزة

- جهاز التحليل الطيفي باللهب flame photometer.
- جهاز رج كهربائي، ترددي mechanical shaker, reciprocating.
- جهاز طرد مركزي، بمعدل 3000 دورة / الدقيقة centrifuge.
- أنابيب طرد مركزي سعة 50 مل conical centrifuge tubes.

المحاليل

- أ. محلول خلات الصوديوم (NaOAc)، N 1
• أذب 136 غ من خلات الصوديوم ثلاثي جزئيات ماء ($CH_3COONa \cdot 3H_2O$) في حوالي 950 مل من

الماء المقطر، إمزج جيداً، ثم اترك المزيج يبرد.
• عدل درجة pH إلى 8.2 بإضافة حمض الخليك أو ماءات الصوديوم، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

ب. كحول إثيلي (C₂H₅OH)، 95%

ج. محلول خلات الأمونيوم (NH₄OAc)، N 1

• أضف 57 مل من حمض الخليك المركز (CH₃COOH) إلى 800 مل من الماء المقطر، ثم أضف 68 مل من ماءات الأمونيوم (NH₄OH)، إمزج جيداً، ثم دع المزيج يبرد.
• عدل درجة pH إلى 7.0 بإضافة حمض الخليك أو ماءات الأمونيوم، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

د. محلول الأم القياسي

• جفف حوالي 5 غ من كلوريد الصوديوم (NaCl) بالفرن لدرجة حرارة 105°م لمدة 3 ساعات، ثم برد في المجفف، واحفظه في زجاجة محكمة الإغلاق.
• أذب 2.5418 غ من كلوريد الصوديوم المجفف في الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر. يحوي هذا المحلول 1000 ppm (جزء من المليون) Na (محلول الأم).
• حضر سلسلة من المحاليل القياسية من محلول الأم كالتالي: خفف 2، 4، 6، 8، 10، 15، 20 مل من محلول الأم إلى دورق سعة 100 مل حجم نهائي بإضافة محلول خلات الأمونيوم N 1، و25 مل من محلول LiCl (محلول الأم المخفف). تحوي هذه المحاليل تحوي 20، 40، 60، 80، 100، 150، 200 ppm Na، مع احتواء كل محلول لنفس التركيز من LiCl (25 ppm).

طريقة العمل

1. زن 4 غ (تربة متوسطة إلى ناعمة القوام) أو 6 غ (تربة خشنة القوام) جافة هوائياً إلى أنبوب طرد مركزي سعة 40 مل، ثم أضف 33 مل من محلول خلات الصوديوم (ثلاثي جزيئات الماء) N 1، ثم سد الأنبوب، ورج لمدة خمس دقائق.
2. ارفع السدادة عن الأنبوب وضع الأنبوب داخل جهاز الطرد المركزي 3000 دورة/دقيقة حتى يصبح السائل الطافي supernatant liquid رائقاً. صفّ السائل الطافي تماماً قدر المستطاع ثم اطرحها.
3. كرر العملية مع 33 مل من محلول خلات الصوديوم (ثلاثي جزيئات الماء) N 1، المجموع الكلي أربع مرات، في كل مرة صفّ السائل الطافي. ثم أضف 33 مل من كحول إثيلي (إيثانول) 95%، ثم سد الأنبوب، ورج لمدة خمس دقائق، ارفع السدادة عن الأنبوب وضع الأنبوب داخل جهاز الطرد المركزي حتى يصبح السائل الطافي رائقاً ومن ثم صفّ.

4. اغسل العينة مع 33 مل من محلول كحول اثيلي 95% ثلاث مرات، في كل مرة صفِّ السائل الطافي بحيث تكون الناقلية الكهربائية (EC) للسائل الرائق بعد الغسلة الثالثة أقل من 400 ميكروسيمنس/سم ($\mu\text{S/cm}$).
5. استعض عن الصوديوم (Na^+) المدمص من العينة بإضافة 33 مل من محلول **خلات الأمونيوم N 1**، المجموع الكلي ثلاث مرات، في كل مرة رج لمدة 5 دقائق، وضع الأنبوب داخل جهاز الطرد المركزي حتى يصبح السائل الطافي رائقاً.
6. صفِّ السوائل الثلاثة على نحو كامل بقدر المستطاع (يفضل استخدام ورق ترشيح) في دورق حجمي سعة 100 مل، وأكمل إلى الحجم بمحلول **خلات الأمونيوم N 1**، وامزج المحتوى جيداً.
7. قس سلسلة من المحاليل القياسية Na المناسبة، وارسم منحني المعايرة (خطاً بيانياً يبين العلاقة بين القراءات وتراكيز المحاليل القياسية).
8. قس العينات (مستخلص التربة) وخذ قراءات الطيف emission بواسطة جهاز التحليل الطيفي باللهب Flame Photometer عند طول موجة 767 nm (نانوميتر).
9. احسب تركيز الصوديوم (Na) طبقاً لمنحني المعايرة.

الحساب

السعة التبادلية للكاتيونات في التربة:

$$CEC (meq/100g) = meq/L Na \text{ (من المنحني القياسي)} \times \frac{A}{Wt} \times \frac{100}{1000} \quad (20)$$

حيث أن: A = الحجم الكلي للمستخلص (مل).
 Wt = وزن التربة الجافة هوائياً (غ).

ملاحظة

على الرغم مما تتطلبه هذه الطريقة من جهود مضيئة، تعتبر طريقة (Rhoades and Polemio 1977) أكثر ملائمة بالنسبة للترب الحاوية على الكربونات، الجبس، والزيوليت zeolite.

6.5 الجبس

تعتبر الترب الحاوية على كميات متباينة من الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) شائعة في كثير من بلدان منطقة CWANA، بما فيها سوريا والعراق. يعتبر الجبس إحدى المشاكل الأساسية في المناطق المروية وبينما تقل أهميته في المناطق البعلية. لذلك، يكتسب تحديده أهمية في بعض مختبرات المنطقة. إن الطريقة القياسية لتحديد الجبس والموصوفة هنا هي طريقة Richards (1954) التي تشمل الترسيب بواسطة محلول الأسيتون acetone. ويمكن الاطلاع على تعديلات هذه الطريقة والطرق الأخرى (Sayegh *et al.*, 1978) في نشرة FAO حول الترب الجبسية (FAO, 1990).

الأجهزة

- جهاز طرد مركزي، بمعدل 4000 دورة/دقيقة.
- أنابيب طرد مركزي، سعة 50 مل.
- جهاز قياس الناقلية الكهربائية مع خلية القياس.
- جهاز رج كهربائي.

المحاليل

الأسيتون

طريقة العمل (كمياً)

1. زن ما بين 10 إلى 20 غ تربة جافة هوائياً (تربة متوسطة إلى ناعمة القوام) في دورق مخروطي سعة 250 مل، ومن ثم أضف حجم مناسب من **الماء المقطر** كاف لإذابة الجبس الموجود.
2. أغلق الدورق المخروطي، ورجه يدوياً ست مرات بفاصل 15 دقيقة أو رج لمدة 15 دقيقة على جهاز الرج الكهربائي.
3. رشح المستخلص باستخدام ورق ترشيح متوسطة المسامية، ثم انقل 20 مل من الراشح إلى أنبوب الطرد المركزي المخروطي سعة 50 مل.
4. أضف 20 مل من **الأسيتون**، وامزج جيداً، ثم اترك الأنبوب ثابتاً حتى يرسب الراسب الأبيض المتشكل من الجبس، تحتاج هذه العملية عادة لمدة 5-10 دقائق.
5. ثفل بواسطة جهاز الطرد المركزي بسرعة 4000 دورة/الدقيقة لمدة 3 دقائق، صفّ السائل الطافي، أقلب الأنبوب، ومن ثم صفّ على ورق ترشيح لمدة 5 دقائق.
6. اخلط الراسب واغسل جدران الأنبوب بإضافة 10 مل من الأسيتون بواسطة الماصة.