

## 9.6 البورون

### 1.9.6 طريقة الماء الساخن

قُدمت طريقة الاستخلاص بالماء الساخن من قبل (Berger and Truog (1939، وعدلها الباحثون لاحقاً، وما تزال من أكثر الطرق انتشاراً لقياس بورون التربة "المتاح" أو أجزاء البورون المتعلقة بنمو النبات في الترب القلوية. ويُقاس البورون في مستخلصات التربة بالطريقة اللونية باستخدام محلول أزوميثان-H (Bingham, 1982).

وحيث تكون مستويات بورون التربة أقل من 0.5 ppm، يحتمل أن تعاني معظم المحاصيل من نقص البورون. ومع ذلك، حيث تكون مستويات بورون التربة أكثر من 5 ppm، ستعاني معظم المحاصيل من سمية البورون.

### الأجهزة

دورق أرلينماير (pyrex) سعة 50 مل، عُولجت مسبقاً بـ HCl المركز لمدة أسبوع واحد.  
جهاز التحليل الطيفي الضوئي أو اللوني، طول الموجة 420 nm.  
أنابيب اختبار من البولي بروبيلين سعة 10 مل.

### المحاليل

#### أ. المحلول المُنظَّم

أذّب 250 غ من خلات الأمونيوم ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )، 15 غ من حمض إيتيلين ثنائي أمين رباعي الخليك، ملح ثنائي الصوديوم (EDTA ثنائي الصوديوم) في 400 مل من الماء المقطر. ثم أضف ببطء 125 مل من حمض الخل الثلجي ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )، ثم امزج جيداً.

#### ب. الفحم الفعال (خالٍ من البورون B-free)

حضر هذا الفحم بغسله بشكل متكرر (8-9) بالماء المقطر (يغلى الفحم مع الماء بنسبة 1 : 5)، ثم رشحه. ويمكن فحص وجود البورون في الراشح بوساطة محلول أزوميثان-H لإظهار اللون. استمر بالغسل حتى تحصل على راشح خالي من البورون.

### ج. محلول آزوميتان $(C_{17}H_{12}NNaO_8S_2)H$

أذب 0.45 غ من آزوميتان  $H^-$  في 100 مل من محلول حمض الأسكوربيك L-ascorbic acid 1%. يحضر هذا المحلول أسبوعياً بشكل طازج ويحفظ في البراد .

### د. محلول الأم القياسي

- أذب 0.114 غ من حمض البوريك  $(H_3BO_3)$  في الماء المقطر، و أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر. هذا المحلول يحتوي على 20 ppm بورون (محلول الأم).
- حضر سلسلة من المحاليل القياسية من محلول الأم كالتالي: خفف 2.5، 5.0، 7.5، 10.0، 12.5، 15.0 مل من محلول الأم إلى 100 مل حجم نهائي حيث يضاف لكل منهم الماء المقطر. هذه المحاليل تحتوي على 0.5، 1.0، 1.5، 2.0، 2.5، 3.0 ppm، على التوالي.

### طريقة العمل

#### أ. الاستخلاص

1. ضع 10 غ من التربة الجافة هوائياً في ورق أرلنماير (pyrex) سعة 50 مل، عولج مسبقاً بـ HCl المركز لمدة أسبوع واحد.
2. أضف حوالي 0.2 غ من الفحم الفعال (خالي من البورون).
3. أضف 20 مل من الماء المقطر.
4. اغل على سخان معدني لمدة 5 دقائق الدورق المغلقة بزجاجة ساعة.
5. رشح المعلق مباشرة من خلال ورقة ترشيح Whatman No. 40. عندها يكون الراشح جاهزاً لتقدير البورون.

#### ب. القياس

1. اسحب بواسطة الماصة 1 مل من المستخلص إلى أنبوب بولي بروبيلين سعة 10 مل.
  2. أضف 2 مل من المحلول المنظم.
  3. أضف 2 مل من محلول آزوميتان  $H^-$ ، و امزج جيداً.
  4. حضر المنحى القياسي كما يلي:
- اسحب بواسطة الماصة 1 مل من كل محلول قياسي (0.5-3.0 ppm)، وتابع الإجراءات كما هو الحال في العينات.
  - كذلك حضر شاهداً بسحب 1 مل من الماء المقطر، وتابع الإجراءات كما هو الحال في العينات.

• اقرأ الامتصاص الضوئي absorbance للشاهد، المحاليل القياسية، والعينات بعد 30 دقيقة على طول موجة 420 nm.

5. حضر الخط البياني للمحاليل القياسية، وذلك برسم خط بياني بين قراءات الامتصاص الضوئي وتراكيز البورون في المحاليل القياسية، على التوالي.

6. اقرأ تركيز البورون (B) في العينات المجهولة من الخط البياني.

## الحساب

من أجل البورون القابل للاستخلاص في التربة:

$$(52) \quad B(ppm) = ppm B \text{ (من المنحنى القياسي)} \times \frac{A}{Wt}$$

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

## ملاحظة

يجب الإقلال من استخدام الأواني الزجاجية قدر الإمكان؛ واستخدم دوماً أوان زجاجية مُعالجة بـ HCl المركز (تدفع لمدة أسبوع)، عند الضرورة.

## 2.9.6 طريقة حمض كلور الماء المخفف

بالرغم من أن طريقة الاستخلاص بالماء الساخن (HWE) واسعة الانتشار للتنبؤ بوجود البورون المتوفر في الترب القلوية، إلا أنها طريقة مملة وتميل إلى كثرة الأخطاء (بسبب صعوبة المحافظة على وقت غليان منتظم). وفي محاولة لتفديم بديل مناسب، وجد الباحثون (Rashid *et al.*, 1994; Kausar *et al.*, 1990; Rashid *et al.*, 1997) طريقة محلول HCl المخفف للعالم (Ponnamperuma *et al.* (1981). حيث أن الطريقة الأصلية مصممة للترب الحامضية، ولكنها في الحقيقة تشخص نقص البورون بنفس التأثير بالنسبة للترب القلوية و الكلسية. وأن طريقة HCl المخفف بسيطة، واقتصادية، وأكثر كفاءة.

### المحاليل

#### أ. المحلول المُنظَّم

يحضر كما في طريقة تقدير البورون القابل للاستخلاص بالماء الساخن في التربة.

#### ب. محلول آزوميتان $(C_{17}H_{12}NNaO_8S_2)H-$

يحضر كما في طريقة تقدير البورون القابل للاستخلاص بالماء الساخن في التربة.

#### ج. الفحم الفعال (خالي من البورون)

يحضر كما في طريقة تقدير البورون القابل للاستخلاص بالماء الساخن في التربة.

#### د. محلول الأم القياسي

يحضر كما في طريقة تقدير البورون القابل للاستخلاص بالماء الساخن في التربة.

#### هـ. محلول حمض كلور الماء (HCl)، 0.05 N

خفف 4.14 مل من حمض كلور الماء (37%، sp. gr. 1.19) في الماء المقطر، امزج جيداً، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

### طريقة العمل

#### أ. الاستخلاص

1. زن 10 غ تربة جافة هوائياً (2 مم) إلى أنبوب بولي بروبيلين.

2. أضف حوالي 0.2 غ من الفحم الفعال.
3. أضف 20 مل من محلول حمض كلور الماء 0.05 N.
4. رج لمدة 5 دقائق، ومن ثم رشح المعلق.

ب. القياس (نفس طريقة أزميتان -H)  
يحضر كما في طريقة تقدير البورون القابل للاستخلاص بالماء الساخن في التربة.

### الحساب

من أجل البورون المستخلص بطريقة حمض كلور الماء المخفف في التربة:

$$(53) \quad B(ppm) = ppm B \quad (\text{من المنحنى القياسي}) \times \frac{A}{Wt}$$

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

## 10.6 كاتيونات العناصر الغذائية الصغرى (الحديد، والزنك، والمنغنيز والنحاس)

رغم حاجة النباتات إلى العناصر الغذائية الصغرى بكميات أقل من العناصر الغذائية الرئيسية (مثل N، P، K) إلا أنها لا تقل أهمية عنها لنمو المحاصيل. وتتناقص قابلية ذوبان العناصر الغذائية الصغرى مع تزايد درجة حموضة التربة pH. ولما كانت معظم الترب في منطقة CWANA قلوية، لذلك يصبح النقص في العناصر الغذائية الصغرى أكثر تكراراً وانتشاراً في المحاصيل الحقلية، ولاسيما مع ازدياد عملية التكتيف الزراعي. ويعتبر اختبار DTPA الذي استنبطه (Lindsay and Norvell 1978) الأسلوب الأكثر استخداماً لتقييم وضع الخصوبة فيما يتعلق بكاتيونات العناصر الغذائية الصغرى. مثل عناصر الحديد، الزنك، المنغنيز، النحاس. ومع ذلك، يعتبر اختبار التربة عموماً للترب القلوية (مثل AB-DTPA الموصوفة في القسم 2.10.6) متساوية الفعالية عند الرغبة في تقدير العناصر الغذائية الصغرى في الترب القلوية. ولا تعاني الترب القلوية من نقص في عناصر Co، Ni، Cl، Mo.

### 1.10.6 طريقة DTPA

#### الأجهزة

جهاز رج كهربائي، ترددي  
جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري

#### المحاليل

##### أ. محلول الاستخلاص DTPA

- زن 1.97 غ من ثنائي اثيلين ثلاثي أمين خماسي حمض الخليك *diethylene triamine pentaacetic acid* (DTPA)، 1.1 غ من كلورايد الكالسيوم ( $CaCl_2$ ) أو [1.47 غ من كلورايد الكالسيوم ثنائي الهيدروجين ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ )] في كأس بيكر. أذب المواد بالماء المقطر ومن ثم انقل إلى دورق حجمي سعة ليتر.
- زن في كأس آخر 14.92 غ أو (13.38 مل) من ثلاثي ايثانول أمين *Triethanolamine* (TEA)، وانقله مع الماء المقطر إلى الدورق الحجمي، ثم أكمل الحجم بالماء المقطر إلى حوالي 900 مل.
- عدك درجة حموضة pH إلى 7.3 بالضبط بمحلول حمض كلور الماء N 6، وأكمل الحجم إلى ليتر بالماء المقطر. وبذلك يكون تركيز محلول الاستخلاص النهائي DTPA 0.005 M، TEA 0.1 M،  $CaCl_2$  0.1 M.

## ب. محلول الأم القياسي

حضر سلسلة من المحاليل القياسية للعناصر الغذائية الصغرى في محلول الاستخلاص DTPA:

Zn: ppm 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0  
Fe: ppm 0, 1, 2, 3, 4, 5  
Mn: ppm 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5  
Cu: ppm 0, 1, 2, 3, 4

## طريقة العمل

1. زن 10 غ من التربة الجافة هوائياً (2 مم) إلى دورق أرلينماير سعة 125 مل.
2. أضف 20 مل من محلول الاستخلاص DTPA. رجه لمدة ساعتين على جهاز رج كهربائي ترددي.
3. رشح المعلق بورقة ترشيح Whatman No. 42.
4. قس الـ Zn، Fe، Cu، Mn مباشرة من الراشح بوساطة جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.

## ملاحظة

اتبع طريقة تشغيل جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري مستخدماً المصباح الكهربائي المناسبة لكل عنصر.

## الحساب

من أجل كاتيونات العناصر الغذائية الصغرى القابلة للاستخلاص في التربة:

$$(54) \quad Zn, Fe, Cu, \text{ or } Mn \text{ (ppm)} = (\text{ppm in extract} - \text{blank}) \times \frac{A}{Wt}$$

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

## ملاحظة

1. تعتبر عملية التوازن بين المعادن في التربة مع الكومبلكسونات chelating agent الأساس النظري لمحلول الاستخلاص DTPA. ويمكن لمحلول الاستخلاص DTPA عند درجة حموضة pH 7.3 استخلاص Fe ومعادن أخرى.
2. يجب أن يكون محلول DTPA بالشكل الحامضي (بلا ملح ثنائي الصوديوم).

## 2.10.6 طريقة بيكربونات الأمونيوم-DTPA

تستخدم طريقة بيكربونات الأمونيوم (AB-DTPA) في تقدير عناصر غذائية متعددة في الترب القلوية وقد طورها (Soltanpour and Schwab (1977)، ثم عُدلت فيما بعد من قبل Soltanpour and Workman (1979) لإلغاء استخدام الكربون الأسود. ويبلغ تركيز محلول الاستخلاص  $M 1$  في بيكربونات الأمونيوم  $(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$ ،  $M 0.005$  في DTPA المعدلة عند درجة pH 7.6، ويمكن تقدير  $\text{NO}_3\text{-N}$ ،  $\text{K}$ ،  $\text{P}$  في نفس المستخلص.

و ترتبط هذه الطريقة ارتباطاً وثيقاً بطريقة بيكربونات الصوديوم من أجل  $\text{P}$ ، وطريقة خلات الأمونيوم من أجل  $\text{K}$ ، وطريقة DTPA من أجل  $\text{Cu}$ ،  $\text{Mn}$ ،  $\text{Fe}$ ،  $\text{Zn}$ . علماً أن المدى والحساسية لا يتغيران بل يرتبطان مع المدى والحساسية في اختبار DTPA، لذلك يستخدم اختبار بيكربونات الصوديوم، واختبار خلات الأمونيوم من أجل العناصر الغذائية الصغرى،  $\text{K}$ ،  $\text{P}$ ، على التوالي.

### الأجهزة

- جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.
- جهاز التحليل الطيفي باللون مناسب للقياس عند طول موجة 880 و 420 nm.
- جهاز تخفيف أوتوماتيكي دقيق.
- جهاز التحليل الطيفي باللهب.
- جهاز رج كهربائي، ترددي.

### المحاليل

#### أ. محلول الاستخلاص Extracting Solution

أضف 1.97 غ من DTPA إلى 800 مل من الماء المقطر للحصول على محلول  $M 0.005$  DTPA. ثم أضف حوالي 2 مل من ماء/ات الأمونيوم 1 : 1 ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) لتسهيل عملية الذوبان ولمنع الفوران عند إضافة البيكربونات.

عندما يذوب معظم DTPA، أضف 79.06 غ من بيكربونات الأمونيوم ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) مع التحريك بلطف حتى يذوب المحلول. عدل درجة pH إلى 7.6 بماء/ات الأمونيوم. خفف المحلول إلى حجم ليتر بالماء المقطر، يمكن استخدامه مباشرة أو حفظه بالزيت المعنوي.

#### ب. محلول خليط لتقدير الفوسفور

أذب 12 غ من موليبدات الأمونيوم  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  في 250 مل من الماء المقطر. ثم أذب

0.2908 غ من طرطرات البوتاسيوم الأنتيموني *antimony potassium tartarate* في لتر من حمض الكبريت  $N5$  (148 مل من حمض الكبريت المركز إلى لتر)، امزج المحلولين معاً بشكل جيد كافٍ، ثم أكمل الحجم إلى لترين بالماء المقطر. احفظه في زجاجة بيركس pyrex في مكان مظلم وبارد.

### ج. محلول تطوير اللون لقياس الفوسفور

أضف 0.739 غ من حمض الأُسكوريك إلى 140 مل من محلول الخليط لتقدير الفوسفور. يجب إعداد هذا المحلول عند الطلب لعدم إمكانية حفظه أكثر من 24 ساعة.

### د. محلول الأم لكبريتات الهيدرازين ( $H_2N_2H_2.H_2SO_4$ )

أذّب 27 غ كبريتات الهيدرازين (الوزن الجزيئي 130.12) في 750 مل من الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر، امزج جيداً. حضر محلول قياسي من كبريتات الهيدرازين بتخفيف 22.5 مل من محلول الأم إلى حجم لتر بالماء المقطر. يبقى هذه المحلول ثابتاً لمدة ستة أشهر.

### هـ. محلول الأم لكبريتات النحاس ( $CuSO_4.5H_2O$ )

أذّب 3.9 غ من كبريتات النحاس خماسي الماء (الوزن الجزيئي 249.68) في 800 مل من الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر، امزج جيداً. حضر محلول قياسي من كبريتات النحاس بتخفيف 6.25 مل من محلول الأم إلى حجم لتر بالماء المقطر.

### و. محلول الأم لماءات الصوديوم (NaOH)، $N1.5$

أذّب 60 غ من ماءات الصوديوم (الوزن الجزيئي 40.0) في 500 مل من الماء المقطر، برد، وأكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر، امزج جيداً. حضر محلول قياسي من ماءات الصوديوم ( $N0.3$ ) بتخفيف 200 مل من محلول الأم إلى حجم لتر بالماء المقطر.

### ز. محلول تطوير اللون لقياس الآزوت - النترات

أضف 5 غ من سولفانيل أميد *sulfanilamide* (الوزن الجزيئي 172.21)، 0.25 غ من  $N$ -(1-نافتيل) إيثيلين ثنائي أمين كلورايد ثنائي الهيدروجين *N-(1-naphthyl)-ethylenediamine* إلى 300 مل من الماء المقطر. ثم أضف ببطء 50 مل من حمض الفوسفوريك *dihydrochloride* إلى 85% مع التحريك، أكمل الحجم إلى 500 مل. يجب إعداد هذا المحلول عند الطلب لعدم إمكانية استخدامه بعد ظهور اللون الزهري.

## ح. محاليل الأم القياسية

### أزوت-النتراتي:

حضر محاليل قياسية تحتوي 0، 0.5، 1.0، 1.5، 2.0، 2.5، 3 ppm NO<sub>3</sub>-N.

### الفوسفور:

حضر محاليل قياسية تحتوي 0، 0.5، 1.0، 1.5، 2.0، 2.5، 3 ppm P.

### البوتاسيوم:

حضر محاليل قياسية تحتوي 0، 5.0، 10.0 ppm K.

### العناصر الغذائية الصغرى:

حضر محاليل قياسية من أجل:

• الحديد Fe: 0، 1.0، 2.0، 3.0، 4.0، 5.0 ppm.

• النحاس Cu: 0، 1.0، 2.0، 3.0، 4.0 ppm.

• المنغنيز Mn: 0، 1.0، 1.5، 2.5 ppm.

• الزنك Zn: 0، 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1.0 ppm.

## طريقة العمل

### 1. طريقة الاستخلاص

زن 10 غ من التربة الجافة هوائياً (2 مم) إلى دورق مخروطي سعة 125 مل. أضف 20 مل من محلول الاستخلاص، رج على جهاز رج ترددي لمدة 15 دقيقة عند 180 دورة / الدقيقة مع إبقاء الدوارق مفتوحة. رشح المستخلصات بورقة ترشيح Whatman No. 42.

### 2. أزوت-النتراتي

انقل 1 مل من مستخلص التربة إلى أنبوب اختبار سعة 25 مل، أضف 3 مل من محلول قياسي لكبريتات النحاس، أضف 2 مل من محلول قياسي لكبريتات الهيدرازين، 3 مل من محلول قياسي ماءات الصوديوم. امزج المحاليل جيداً وسخن على حمام مائي (38°م) لمدة 20 دقيقة ثم أخرجها، أضف 3 مل من محلول تطوير اللون لقياس الأزوت - النتراتي، امزج، اترك المزيج في درجة حرارة الغرفة لمدة 20 دقيقة، اقرأ الامتصاص عند طول موجة 540 nm في جهاز التحليل الطيفي باللون (Kamphake *et al.*, 1967).

تتطور المحاليل القياسية بنفس الطريقة المبيّنة سابقاً، ويمكن الحصول على المنحنى القياسي باستخدام قيم الامتصاص للمحاليل القياسية.

### 3. الفوسفور

خفف 1 مل من مستخلص التربة حتى 10 مل من الماء المقطر. أضف بعناية 2.5 مل من محلول تطوير اللون لمنع فقد أي مقدار من العينة نتيجة زيادة الرغوة. حرك المزيج، ودعه لمدة 30 دقيقة، ثم قس كثافة اللون عندما يصبح طول موجة 880 nm باستخدام جهاز التحليل الطيفي باللون. تتطور المحاليل القياسية بنفس الطريقة المبيئة سابقا، ويمكن الحصول على المنحنى القياسي باستخدام قيم الامتصاص للمحاليل القياسية.

### 4. البوتاسيوم

قدر البوتاسيوم في مستخلصات التربة إما عن طريق جهاز التحليل الطيفي باللهب أو جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري باستخدام مصباح كهربائي خاص للبوتاسيوم hollow cathode lamp. حضر المحاليل القياسية بإضافة محلول الاستخلاص extracting solution.

### 5. العناصر الغذائية الصغرى

قدر الزنك، الحديد، النحاس، المنغنيز باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري. حضر المحاليل القياسية لجميع المعادن بإضافة محلول الاستخلاص extracting solution.

## الحساب

من أجل آزوت - نترات في التربة:

$$(55) \quad NO_3 - N(ppm) = NO_3 - N (ppm \text{ in extract}) \times Dilution Factor$$

من أجل الفوسفور في التربة:

$$(56) \quad P (ppm) = P (ppm \text{ in extract}) \times Dilution Factor$$

من أجل البوتاسيوم في التربة:

$$(57) \quad K (ppm) = K (ppm \text{ in extract}) \times Dilution Factor$$

من أجل العناصر الغذائية الصغرى في التربة:

$$(58) \quad Zn, Fe, Me, Cu (ppm) = Zn, Fe, Me, Cu (ppm \text{ in extract}) \times \text{Dilution Factor}$$

### ملاحظات

1. يجب أن يكون محلول DTPA بالشكل الحامضي. ويمكن تخزين محلول الاستخلاص لمدة أسبوعين بالزيت المعنني، ثم تعدل درجة pH إلى 7.8 عند الضرورة.
2. يمكن تفسير البيانات المتعلقة بتحليل التربة بطريقة AB-DTPA باستخدام الدلائل العامة في الملحق 9.