جامعة حماه
كلية الهندسة الزراعية

الجلسة العملية السابعة في خصوبة التربة وتغذية النبات
تقدير الفوسفور Determination of phosphorus

مقدمة

يُقدَّر محتوى التربة من الفوسفور بـــ 0,02 – 0,2 % ويوجد الفوسفور في التربة ضمن مركبات مختلفة، بعضها معدني (25 – 95 % من الفوسفور الكلي) كالأباتيت وفوسفات الكالسيوم بأنواعها المختلفة وفوسفات الحديد والألمنيوم، وبعضها الآخر عضوي (5 – 75 % من الفوسفور الكلي) كالفيتين والفوسفوليبيدات ومركبات حفظ الطاقة وغيرها ... ورغم أن جميع هذه المركبات تساهم، بشكل أو بآخر، في تغذية النبات، إلا أن الفوسفور القابل لإفادة النبات Available-P لا يشكل عادةً سوى نسبة بسيطة من محتوى التربة الكلي من الفوسفور و بخاصةٍ في الترب الكلسية و الحامضية نظراً لتعرّض هذا العنصر للتثبيت Fixation في التربة بآليات و طرائق شتى. ومن المؤكد أن النبات يمتص الفوسفور عل شكل فوسفات أحادية $H_2PO_4^-$ و ثنائية HPO_4^{-2} .

هناك العديد من الطرائق المستخدمة في تقدير الفوسفور في التربة، ويمكن القول إن معظم هذه الطرائق يشمل مرحلتين أساسيتين: يتم في المرحلة الأولى استخلاص فوسفور التربة بشكل جزئي أو كلي باستخدام محاليل تختلف من طريقة لأخرى وتبعاً للجزء من فوسفور التربة المراد تقديره، ومن ثم يتم في المرحلة الثانية تقدير الفوسفور المستخلص وحساب كميته. فيما يلي نذكر بعضاً من هذه الطرائق.

تقدير الفوسفور القابل للإفادة Available Phosphorus

1- طريقة جورية - هيبرت Joret - Hebert Method

2- طريقة أولسن Olsen's Method

المبدأ

يستخدم في هذه الطريقة محلول بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$; 0,5 M pH = 8,5) لاستخلاص بعض أشكال الفوسفور القابلة لإفادة النبات كالفوسفات المدمصة على غرويات التربة وبعض أشكال فوسفات الكالسيوم:

$$\left.\begin{matrix}\text{Exhange}\\ \text{Complex}\end{matrix}\right]\text{phosphate} + HCO_3^- \longrightarrow \left.\begin{matrix}\text{Exchange}\\ \text{Complex}\end{matrix}\right]HCO_3 + \text{phosphate}$$

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6NaHCO_3 \longrightarrow 3CaCO_3 + 2H_3PO_4 + 3Na_2CO_3$$

وفي خطوة لاحقة يتم إظهار اللون بوجود موليبدات الأمونيوم وعامل مُرجع (كلور القصديري $SnC\ell_2$) في وسط حمضي، حيث يتشكل معقد أزرق اللون من الفوسفومولييبدات المُرجَعَة:

$$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O + 3H_2SO_4 \longrightarrow 7H_2MoO_4 + 3(NH_4)_2SO_4$$

$$H_3PO_4 + 12\,H_2\,MoO_4 \longrightarrow H_3P(Mo_3O_{10})_4 + 12\,H_2O$$

$$\text{Phosphomolybdate} + SnC\ell_2 \xrightarrow{\text{reduction}} \text{Reduced phosphomdybdate}$$

وبقياس شدة اللون الأزرق المتشكل بجهاز القياس الطيفي Spectrophotometer ومقارنة القراءة الناتجة بقراءات محاليل قياسية للفوسفور يمكن معرفة محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة.

تصلح هذه الطريقة لتقدير الفوسفور القابل للإفادة في الترب الكلسية، كما تصلح للاستخدام في الترب المتعادلة والحمضية الخفيفة والقلوية، وهي من الطرق شائعة الاستعمال في تقدير الفوسفور القابل للإفادة في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة.

الأدوات : دورق مخروطي سعة 250 مل، كأس زجاجية، دوارق معيارية سعة 50 مل، قمع زجاجي، قارورة غسل، ورق ترشيح Whatman No.40، ماصة، جهاز القياس الطيفي Spectrophotometer.

الكواشف:

محلول بيكربونات الصوديوم (0,5 M): يذاب 42 غ من بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ في حوالي 900 مل من الماء المقطر، ويعدَّل رقم pH المحلول إلى 8,5 بواسطة محلول من ماءات الصوديوم، ثم يكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

محلول موليبدات الأمونيوم في حمض الكبريت: يحضر كالآتي:

- يؤخذ 100 مل من الماء المقطر في دورق معياري سعة 500 مل ويضاف إليها تدريجياً مع التبريد المستمر 140 مل من حمض الكبريت المركز(36 N) ، ثم يترك المحلول ليبرد (محلول A).
- يذاب 18,75 غ من موليبدات الأمونيوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ في 50 مل من الماء المقطر الساخن، ثم يترك المحلول ليبرد (محلول B) .
- يضاف محلول (B) إلى محلول (A)، ثم يكمل الحجم إلى 500 مل بالماء المقطر ويحفظ المحلول الناتج في زجاجة قاتمة اللون.

محلول كلوريد القصديري (مركز): ويحضر بإذابة 10 غ من كلوريد القصديري $SnCl_2.2H_2O$ في 25 مل من حمض كلور الماء المركز مع التسخين الخفيف حتى يذوب كامل الملح ويصبح المحلول رائقاً تماماً. ويحفظ المحلول الناتج تحت جو من ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن تفاعل حمض ممدد مع كربونات الكالسيوم، أو تحت جو من الهيدروجين ناتج عن تفاعل قطع من الزنك المعدني مع حمض كلور الماء (يجب عدم حفظ المحلول لأكثر من شهرين).

محلول كلوريد القصديري (ممدد): يمدد 0,5 مل من محلول كلوريد القصديري المركز بـ 66 مل من الماء المقطر للاستعمال الفوري.

محلول فوسفور قياسي (50 ppm P): يذاب 0,2195 غ من فوسفات البوتاسيوم الأحادية $K H_2 PO_4$ (المجففة في الفرن على درجة حرارة $110°C$ لمدة ساعتين والمبردة في مجفف زجاجي) في الماء ويكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر فنحصل على محلول قياسي للفوسفور يبلغ تركيزه 50 ppm P .

محلول فوسفور قياسي (5 ppm P): خذ بالماصة 10 مل بالضبط من المحلول السابق وضعها في دورق معياري سعة 100 مل، ثم مدد بالماء المقطر حتى العلامة فتحصل على محلول للفوسفور تركيزه 5 ppm P .

طريقة العمل:

أ - الاستخلاص

1 - ضع 5 غ تربة جافة في دورق مخروطي سعة 250 مل، وأضف إليها 100 مل من محلول بيكربونات الصوديوم (0,5 M).

2 - رجّ لمدة 30 دقيقة، ثم رشِّح خلال ورقة ترشيح دقيقة المسام.

ب - إظهار اللون والتقدير

1 - خذ بالماصة حجماً مناسباً (10 مل) من المستخلص وضعها في دورق معياري سعة 50 مل.

2 - أضف 10 مل من محلول موليبدات الأمونيوم، وامزج، ثم مدِّد الحجم بالماء المقطر إلى حوالي 40 مل.

3 - أضف 1 مل من محلول كلوريد القصديري الممدد، ثم أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر وجانس المزيج جيداً(*).

4 - اقرأ شدة اللون (قيمة A) على جهاز القياس الطيفي بعد مرور عشر دقائق على إضافة محلول كلوريد القصديري مستعملاً موجة طولها 660 ميلي ميكروناً.

5 - حضر سلسلة من المحاليل القياسية للفوسفور مستخدماً المحلول القياسي الذي يبلغ تركيز الفوسفور فيه 5 ppm P ، وذلك بأخذ الحجوم التالية من هذا المحلول ووضعها في دوارق معيارية سعة كل منها 50 مل:

رقم الدورق	1	2	3	4	5	6
الحجم المأخوذ من المحلول القياسي (مل)	0	0,5	1	2	5	10
P (ppm)	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1

(*)احذر من تطاير غطاء الدورق المعياري بسبب ضغط CO_2 المتشكل.

أضـف بعد ذلك موليبدات الأمونيوم وكلوريد القصـديري ومدِّد الحجم إلى العلامة، ثم خذ القراءة بجهاز القياس الطيفي بالطريقة نفسها التي اتبعتها مع مستخلص التربة.

الحسـاب: ارسـم الخط البياني الذي يبين العلاقة بين تركيز الفوسـفور وقيمة الامتصـاص الضـوئي (A) على ورق بياني عادي، ثم أسقط قراءة العينة على هذا الخط واقرأ التركيز الموافق. بعدئذ أحسـب تركيز الفوسـفور مقدراً بالجزء بالمليون كالتالي:

$$P(ppm) = C \times 50 \times \frac{100}{v} \times \frac{1}{w}$$

$$P_2O_5\ (ppm) = C \times 50 \times \frac{100}{v} \times \frac{1}{w} \times 2{,}29$$

حيث:

C - التركيز المقروء من الخط البياني (P ppm).
v - الحجم المأخوذ من مستخلص التربة (مل).
w - وزن عينة التربة (غ).
2,29 - معامل التحويل من P إلى P_2O_5.

أو يتمّ الحساب بطريقة أخرى:

$$\mathbf{P(mg/kg) = C \times df}$$

حيث أنَّ: C هو التركيز المقروء من المنحنى البياني للمحاليل القياسية للفوسفور.
df: هو معامل التمديد للعينة المدروسة .

العنصر	طريقة القياس	منخفض	متوسط	كافٍ	مرتفع	سام/فائض
الفوسفور المتاح	أولسن (ppm)	5 >	15 − 5	30 − 15	50 − 30	80 < (تلوث فوسفاتي)

مثال: نفرض أن محور X للخط البياني كان مدرجاً حسب تركيز الفوسفور معبراً عنه بالـــ ppm، وأن التركيز المقروء من الخط البياني كان 0,2 ppm والحجم المستعمل من المستخلص 10 مل، ونسبة الاستخلاص هي 1:20 فيكون:

$$P = 0{,}2 \times 50 \times \frac{100}{10} \times \frac{1}{5} = 20\ ppm$$

$$P_2O_5 = 20 \times 2{,}29 = 45{,}8\ ppm$$

أو يتم الحل بطريقة ثانية:

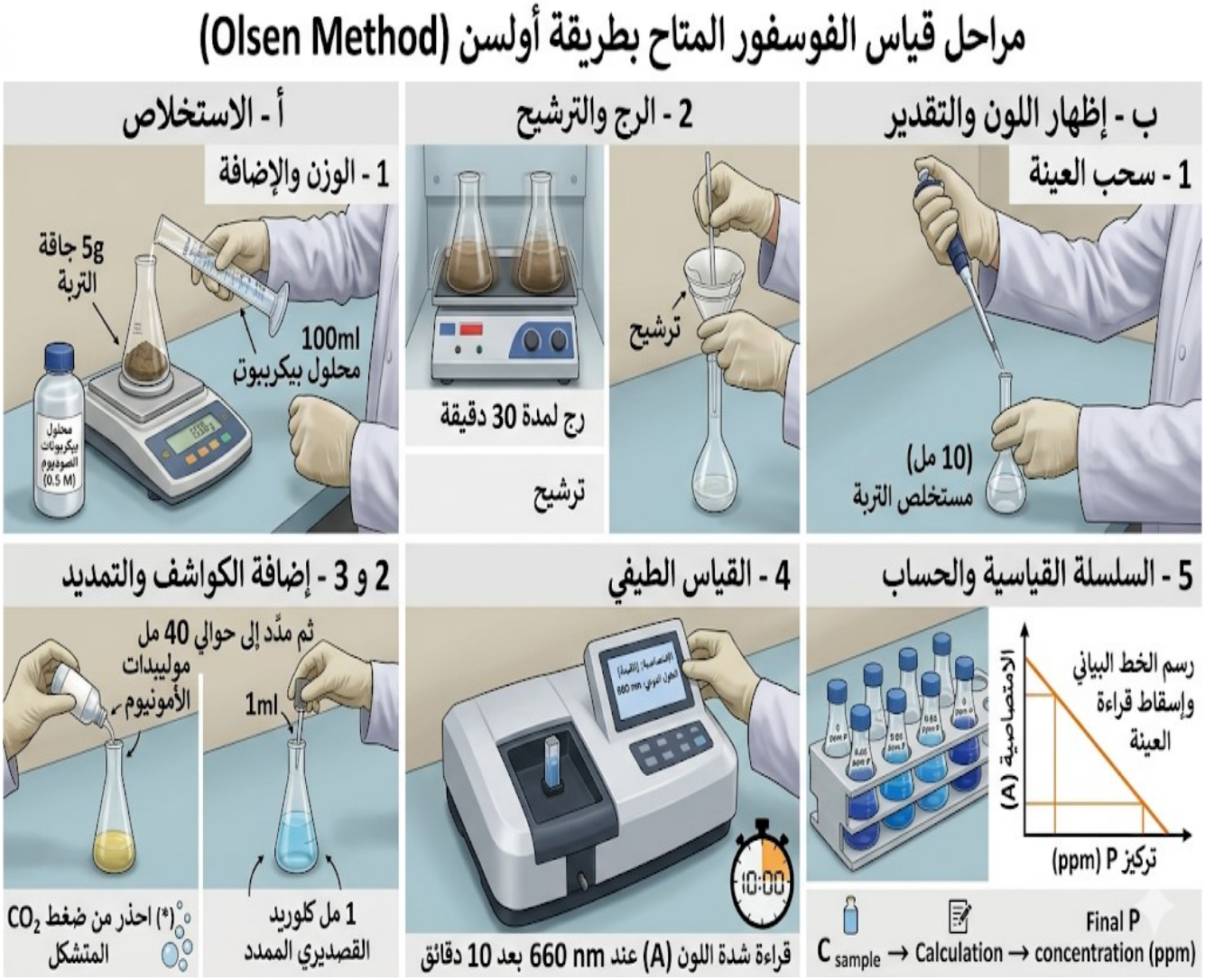
$$\mathbf{P(mg/kg) = C \times df = 0.2 \times (20 \times 5) = 20}$$

3- طريقة Arnon (Arnon , 1994 d) .

بعض الملاحظات حول تقدير الفوسفور

أ - تتعلق كمية الفوسفور المستخلصة من التربة بالمعاملات الأولية التي تخضع لها العينات وبشدة الرج ومدته، وبدرجة الحرارة في أثناء الاستخلاص. لذلك يجب معاملة العينات بالطريقة ذاتها والاستخلاص في ظروف متماثلة.
ب - مدِّد أو ركِّز العينات، إذا لزم الأمر، كي لا تقع قراءاتها في بداية أو نهاية الخط البياني.
حـ – يجب أن تكون أوراق الترشيح والمحاليل المستخدمة خالية من الفوسفور ما أمكن ذلك.
د - من المفضل غسل الأدوات المستعملة في تقدير الفوسفور بحمض كلور الماء ($HC\ell$ 1N)، ثم بالماء العادي وأخيراً بالماء المقطر. وذلك قبل بدء استخدامها (تجنب الغسل بالمنظفات الكيميائية).

هـ – يراعى إضافة العامل المرجع (كلوريد القصديري أو حمض الأسكوربيك) بدقة تامة لما لذلك من تأثير كبير في شدة اللون المتشكل.



بعض نماذج جهاز سبيكتروفوتوميتر

..... نهاية الجلسة السابعة.....

المرجع: عودة وشـــمشـــم (2007): كتاب عملي خصـــوبة التربة وتغذية النبات، الســـنة الثالثة، جامعة حمص، كلية الزراعة.