الفوسفور
و الأسمدة الفوسفاتية

إعداد

ا.د. منير جميل الروسان

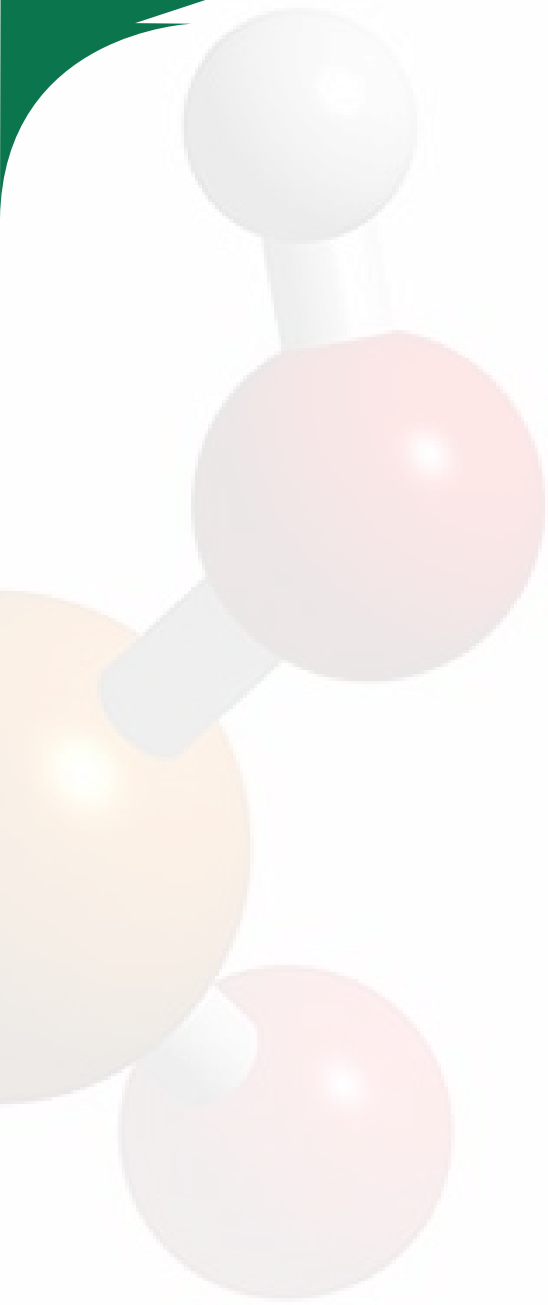
جـامعـة العـلوم و التكنـولـوجـيـا الأردنيـة
المدير الإستشاري للمعهد الدولي لتغذية النبات في الشرق الأوسط

International Plant Nutrition Institute (IPNI)
3500 Parkway Lane, Suite 550
Norcross, GA 30092-2806
www.ipni.net

بالتعاون مع

الإتحاد العربي للأسمدة

(Arab Fertilizers Association (AFA
P. O. Box: 8100 Nasr city 11371; Cairo, Egypt
www.afa.com.eg



مقـدمة

يسر الاتحاد العربي للأسمدة أن يضع بين أيديكم كتيب « الفوسفور والأسمدة الفوسفاتية » بالتعاون مع: المعهد الدولي لتغذية النبات(IPNI) الذي يأتي ضمن سلسلة مطبوعات الاتحاد بالعربية في مجال التعريف بأهم عناصر التغذية للنبات بالتعاون مع المؤسسات و الهيئات العربية و الدولية ذات الصلة، استشعاراً من الاتحاد بأهمية التوعية بأفضل الأساليب المستخدمة في مجال الزراعة، حيث سبق للاتحاد إصدار عدد من الكتيبات وهى:

- دليل استخدام الأسمدة في الشرق الأدنى
  بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)
  و الإتحاد الدولى للأسمدة (IFA)
- التسميد بالري
- النيتروجين والأسمدة النيتروجينية
- حقائق عن البوتاس
- ديناميكية (نشاط) البوتاسيوم في التربة.

متمنين أن ترقى هذه الإصدارات للأهداف المرجوة

الدكتور شفيق الأشقر
الأمـين العـام
الإتحاد العربي للأسمدة

الفوسفور في النبات:

1. يتراوح محتوى النبات من الفوسفور من 0.2% الى 0.8% من المادة الجافة
2. يدخل الفوسفور في تركيب الليبيدات المفسفرة (الفوسفوليبيدات) الضرورية لتكوين الأغشية الخلوية
3. يدخل الفوسفور في تركيب المركبات الغنية بالطاقة اللازمة للعمليات الحيوية التي تجري داخل النبات كالتمثيل الضوئي والتنفس وإنقسام الخلية وتحولات السكر والنشاء. و لذلك يدعى الفوسفور هو عملة الطاقة للنبات حيث يلعب دورا هاما فى عمليات الفسفرة و تخزين و نقل الطاقة. و من أهم المركبات الغنية بالطاقة الحاوية على الفوسفور هو حمض الأدينوزين فوسفات (ADP & ATP). ويتألف الأدنيوزين فوسفات من قاعدة عضوية هي الأدنين التي تتصل بسكر خماسي هو الربيوز ومن ثم يرتبط المركب بحمض الفوسفور
4. يدخل في تركيب الأحماض النووية (DNA & RNA) و بذلك يقوم بدور هام في إنقسام الخلايا النباتية و في نقل البصمة الوراثية
5. يدخل في تركيب المرفقات الانزيمية (حاملات للهيدروجين) نيكوتين أميد دي نكليوتيد و نيكوتين أميد دي نكليوتيد فوسفات (NAD & NADP) و بذلك يلعب دورا كبيرا في عمليات الأكسدة و الاختزال في عملية التنفس
6. يدخل في تركيب السكريات الفوسفورية و حمض القليسريك الفوسفوري
7. يمتص النبات الفوسفور بصورة رئيسية على شكل أنيون الفوسفات الأحادية ($H_2PO_4^-$) و أنيون الفوسفات الثنائية (HPO_4^{-2}) وتعتبر درجة حموضة التربة pH عاملاً مهماً في تحديد الفوسفور المتاح لامتصاص النبات. فامتصاص أنيون الفوسفات الأحادية يسود في التربة الحامضية بينما يسود امتصاص أنيون الفوسفات الثنائية في التربة القاعدية. ويعتبر المدى المثالي لدرجة حموضة التربة في إمتصاص الفوسفات هو 5.5 إلى 6.8 فإذا زادت الحموضة أو قلت عن هذا المدى فإن إمتصاص الفوسفور يقل أو يتوقف بسبب ترسبه وعدم ذوبانه (شكل 1)
8. يتم امتصاص الفوسفات بآلية الامتصاص النشط أو الفعال ((Active absorption

أي عكس و ضد منحدر التركيز

9. الفوسفور يخزن في البذور و الحبوب بصورة عضوية (Phytin) حيث يقوم الفايتين بتزويد البادرات بعد انبات البذور بالفوسفور ريثما تتكون الجذور

أهمية الفوسفور للمحاصيل الزراعية:

1. الفوسفور هو عنصراً أساسياً للنبات
2. يحفز ويبكر التزهير و عقد الثمار و يسرع عملية النضج
3. اساسي في انتاج و تكوين البذور/الحبوب ونمو الجذور
4. يزيد مقاومة النبات للأمراض و للاجهادات البيئية
5. يعادل و يخفف من التأثير الضار للنيتروجين الزائد
6. يحسن من كفاءة الاستفادة من الأسمدة و خاصة النيتروجينية
7. يدخل في تركيب بعض البروتينات ولذلك فهو ضروري لنمو المحاصيل البقولية
8. يحفز النمو في المراحل الأولى لنمو النبات

أعراض نقص الفوسفور على النبات:

1. يتوقع ظهور أعراض نقص الفوسفور عندما يكون تركيز الفوسفور في المادة الجافة يساوي أو أقل من 0.1%.
2. نظرا لأن الفوسفور عنصر متحرك داخل النبات فإن أعراض نقص الفوسفور تظهر علي النموات القديمة و الأوراق السفلية. ففي حالة نقص الفوسفور في النبات سينتقل الفوسفور من النموات القديمة الى الحديثة
3. تختلف اعراض نقص الفوسفور حسب نوع و عمر النبات و على العموم تتلخص أعراض نقص الفوسفور كما يلي:
   a. لون الأوراق القديمة يكون أخضر داكن أو أخضر مزرق باهت
   b. يتحول اللون الأخضر الداكن و خاصة في المحاصيل النجيلية الى اللون البنفسجي نتيجة زيادة تركيز صبغة الأنثوسيانين (Anthocyanin) خاصة في الجهة السفلية
   c. ضعف في الازهار و عقد الثمار و تكوين الحب
   d. يؤخر نضج الثمار و تصبح عرضة للسقوط وينخفض الإنتاج
   e. ضعف في نمو النبات و ضعف في نمو و تفرع الجذور وسيقان رفيعة.

أعراض زيادة الفوسفور على النبات: (لوحة 2)

1. نظرا لأن الفوسفور عنصر غير متحرك داخل التربة فمن النادر أن تظهر أعراض لزيادة الفوسفور في النبات
2. المبالغة في اضافة الأسمدة الفوسفاتية قد يؤدي الى تراكم الفوسفور في التربة الى مستويات عالية تعمل على احداث خلل في توازن العناصر الغذائية في التربة و اعاقة امتصاص بعض العناصر الغذاية الأخرى و خاصة الزنك و الحديد و يعيق انتقالهما داخل النبات. و من جهة أخرى فإن تعرض التربة المحتوية على مستوات عالية من الفوسفور الى عمليات التعرية بالمياه و انجراف التربة الى المسطحات المائية سيلوث المياه و يؤدي الى الإثراء الغذائي (Eutrophication)
3. المبالغة في اضافة الأسمدة الفوسفاتية قد يؤدي الى الاسراع في النضج

دورة الفوسفور في الطبيعة:

تعتبر إضافة الأسمدة الفوسفاتية المعدنية منها و العضوية هي المصدر الرئيسي للفوسفور في التربة الزراعية. و كون الفوسفور غير متحرك في التربة و كونه أيضا يتركز في الطبقة السطحية للتربة فإن الطريق الرئيسية التي يمكن أن يفقد الفوسفور من التربة هو من خلال الإنجراف و الجريان السطحي أو من خلال امتصاصه من قبل النبات. الفوسفات الممتصة من قبل النبات على شكل أنيون الفوسفات الأحادية ($H_2PO_4^-$) و أنيون الفوسفات الثنائية (HPO_4^{-2}) تنتقل الى الأجزاء الخضرية للنبات لتدخل في العديد من المركبات الحيوية و أنسجة النبات. و في حالة إعادة بقايا المحاصيل النباتية و المخلفات الحيوانية للتربة فإنها تتعرض الى التفكك الحيوي و عمليات المعدنة (Mineralization) حيث بذلك يتم تحرير الفوسفور على أشكال معدنية فإما أن يمتصها النبات ثانيتا أو تترسب و تثبت في التربة على شكل مركبات غير عضوية صعبة الذوبان و بالتالي غير متاحة للنبات أو أن يتم استخدام الفوسفور المتحرر من قبل الكائنات الدقيقة في بناء أنسجتها بعملية التسكين أو الوقف الحيوي للفوسفور (Immobilization) (شكل 3)

الفوسفور فى التربة: (لوحة 2)

مقارنة بالنيتروجين والبوتاسيوم يتواجد الفوسفور فى التربة بكميات قليلة جدا، حيث يتراوح محتوى الفوسفور الكلى فى التربة بين 0.02% الى 0.15% و يتركز معضم الفوسفور في الطبقة السطحية للتربة.

و يوجد الفوسفور في التربة إما على شكل فوسفور عضوي أو على شكل فوسفور معدني. و يشكل الفوسفور العضوي في التربة ما نسبته 50-75% من الفوسفور الكلي و هو يعتبر صورة غير متاحة للنبات في حين يتواجد معضم الفوسفور المعدني على شكل مركبات غير ذائبة و غير ميسرة للنبات و نسبة ظئيلة على شكل أنيونات ذائبة في محلول التربة و يتراوح تركيزها بين 0.3 – 3 جزء بالمليون

عوامل التربة المؤثرة على جاهزية الفوسفور:

1. التهوية الجيدة للتربة تحسن نمو و نشاط و حيوية الجذور و بالتالي مقدرتها علي إمتصاص الفوسفور
2. درجة تفاعل التربة: رقم تفاعل تربة اقل من 5.5 اواعلي من 7.2 يؤثر سلبا علي جاهزية الفوسفور من خلال تكوين مركبات فوسفاتية صعبة الذوبان مع الألمونيوم في الأراضي الحامضية و مع الكالسيوم في الأراضي القاعدية
3. كبس التربة او الكثافة الظاهرية العالية للتربة يعيق انتشار الجذور وبالتالي يقلل من حجم التربة المستغلة من الجذور و بالتالي يقلل من امتصاص الفوسفور
4. درجة حرارة التربة: إنخفاض درجة حرارة التربة يضعف من نمو الجذور و بالتالي من جاهزية الفوسفور
5. النيتروجين يحسن من امتصاص الفوسفور من قبل النبات

هل كل الفوسفور في التربة ذائب و متيسر للنبات ؟

من حيث جاهزيته في التربة وتيسره للإمتصاص من قبل النبات يقسم فوسفور التربة الى:

1. فوسفور ذائب (Soluble-P) في محلول التربة بصورة ذائبة بصيفة أو بصورة أنيون الفوسفات الأحادية ($H_2PO_4^-$) و أنيون الفوسفات الثنائية (HPO_4^{-2}) و بكميات قليلة جدا (0.3 - 3 جزء بالمليون) وسيادة أحدهما يعتمد على درجة تفاعل التربه حيث تكون صورة الفوسفات الأحادية هى السائدة في الأراضي الحامضية أما صورة الفوسفات الثنائية هى السائدة في الأراضي القاعدية.
2. فوسفور متحرك (Labile-P) مدمص (ممسوك) على سطوح الغرويات المعدنية (حبيبات التربة) و العضوية إضافة لبعض المركبات الفوسفاتية حديثة الترسب و سهلة الذوبان. وعادة يكون فى حالة توازن مع فوسفور محلول التربة ويعد مخزنا و مستودعا احتياطيا جاهزا لتزويد محلول التربة بالفوسفور حال استنزاف الفوسفور من محلول التربة
3. فوسفور غير متحرك (Non labile-P) و هو غير متاح للنبات على اشكال مركبات فوسفاتية

صعبة الذوبان و التي يتحرر منها الفوسفور بمعدلات بطيئة جدا و عادة موجود في معادن الأباتيت وفوسفات الحديد والألمونيوم وكذلك في المادة العضوية. كما أن هذا الفوسفور يكون فى حالة توازن مع الفوسفور المتحرك

حركة الفوسفور في التربة:

يعتبر الفوسفور غير متحرك في التربة مما يؤدى الى تراكمه فى الطبقات السطحية للتربة الزراعية و بالتالي يتمركز نمو الجذور فى تلك الطبقات التي تتعرض غالبا للجفاف السريع نتيجة التبخر السطحي و خاصة فى حالة انخفاض المحتوى الرطوبى للتربة، وهذا بدوره يقلل من جاهزية الفوسفور و بالتالي ضعف نمو الجذور و صعوبة الوصول الى الطبقة التحت سطحية للتربة مما يقلل من امكانية استغلال و امتصاص العناصر الغذائية والماء الموجود في للتربة. لذلك و في ضل ظروف مشابهة لذلك لا بد من التاكيد على ضرورة اضافة الفوسفور قريبا من الجذور و المحافظة على رطوبة مناسبة للتربة في الطبقة السطحية وحفضها من التعرية لإن حركته من مكان الإضافة محدودة جداً مما يقلل من كفاءة الأسمدة الفوسفاتية.

أشكال الفوسفور في التربة:

1. الفوسفور اللاعضوي:

معدن الأباتيت ($3Ca_3(PO_4)_2.CaX_2 \rightarrow X = F^- \text{ or } OH^- \text{ or } CO_3^{2-}$) هو المصدر الأساسي للفوسفور اللاعضوي في التربة. يوجد في التربة عدة معادن للأباتيت مثل فلور أباتيت و هيدروكسي أباتيت و كربونات أباتيت و هي صعبة الذوبان و كذلك معادن اباتيت ثانوية ضعيفة الذوبان مثل فوسفات ثنائية الكالسيوم و فوسفات ثلاثية الكالسيوم السائدة في الأراضي القاعدية و الكلسية.

مركبات الفوسفور المحتوية على الكاليسيوم

اسم المركب		الصيغة الكيميائية
فلور أباتيت	Flour apatite	$3Ca_3(PO_4)_2.Ca_F2$
كربونات الأباتيت	Carbonate apatite	$3Ca_3(PO_4)_2.CaCO3$
هيدروكسي الأباتيت	Hydroxy apatite	$3Ca_3(PO_4)_2.Ca(OH)2$

فوسفات الكاليسيوم الثلاثية	Tricalcium phosphate	$3Ca_3(PO_4)_2$
فوسفات الكاليسيوم الثنائية	Dicalcium phosphate	$CaHPO_4$
فوسفات الكاليسيوم الأحادية	Monocalcium phosphate	$Ca(H_2PO_4)_2$

و من جهة أخرى تتواجد بعض معادن الأباتيت الثانوية في الأراضي الحامضية ضعيفة الذوبان مثل:

اسم المركب		الصيغة الكيميائية
سترينقايت	Strengite	$FeH_2PO_4(OH)_2$
الفاريسايت	Variscite	$AlH_2PO_4(OH)_2$

2. الفوسفور العضوي:

يتكون الفوسفور العضوي من :

1. فوسفات الإنوسيتول (Inositol phosphate 10 - 50%)
2. فوسفو ليبيدات (Phospholipids 1- 5%)
3. أحماض نووية (Nucleic acids 0.2 – 2.5%)
4. فوسفو بروتينات (Phospho proteins few)

و يعتبر الفوسفور العضوي غير متاح للنبات و لكن و عبر عملية المعدنة يتم تحويل الفوسفور العضوي الى المعدني و تحرير أنيونات الفوسفات المعدنية الأحادية و الثنائية وهي متاحة للإمتصاص من قبل النبات.

3. الفوسفور المدمص

أنيونات الفوسفات المعدنية الأحادية و الثنائية يمكن أن يتم إدمصاصها على سطوح أكاسيد الألومونيوم و الحديد المائية في الترب الحامضية ($Fe - H_2PO_4$=) و على سطوح كربونات الكاليسيوم في الترب الكلسية ($CaCO_3 - HPO_4$=) . كما يمكن إدمصاص الفوسفات على سطوح المادة العضوية و الدبال ($Fe - H_2PO_4$ =OM) و على سطوح معادن الطين بواسطة جسور كاتيونية ($Clay - Ca - H_2PO_4$).

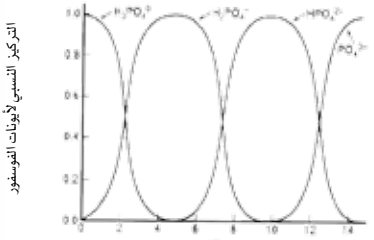
و يكون الفوسفور المدمص في حالة توازن مع فوسفور محلول التربة و بالتالي فالفوسفور المدمص يعتبر مخزون احتياطي و مهم في تغذية النبات و تقدر كمية الفوسفور المدمص بكمية تعادل مائة الى ألف مرة أكثر من الفوسفور الذائب.

4. فوسفور محلول التربة:

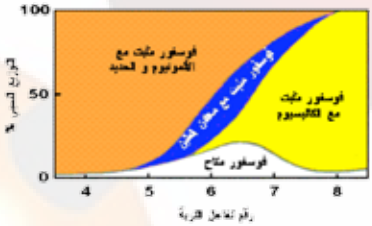
كمية الفوسفور الذائب في محلول التربة قليلة جدا و يتراوح تركيزه من 0.3 الى 3 جزء بالمليون. و تعتبر أنيونات الفوسفات المعدنية الأحادية و الثنائية هي السائدة في محلول التربة. و تعتمد نسبة احد هذين الأنيونين بالنسبة للآخر و بدرجة كبيرة الى رقم تفاعل التربة (pH)

$$HPO_4^{2+} + H^+ = H_2PO_4^-$$

و بالتالي فإن أنيونات الفوسفات الأحادية هي السائدة في الترب الحامضية بينما الثنائية تسود في الترب القاعدية و يبين الشكل (1) التالي التوزيع النسبي لأيونات الفوسفات تبعا لرقم تفاعل التربة.



جاهزية الفوسفور في التربة تعتمد عى رقم تفاعل التربة.عند رقم التفاعل المتعادل تكون جاهزية الفوسفور الأعلى



شكل - أثر رقم تفاعل التربة في تفاعلات تثبيت الفوسفور في التربة (Brady, 1986)

تفاعلات و تثبيت الفوسفور في الترب الحامضية و القاعدية:

تثبيت الفوسفور في التربة يعني تحول الفوسفات الذائبة (الفوسفات المعدنية الأحادية و الثنائية) الي صور غير ذائبة و غير متاحة للنبات و تتم عملية التثبيت من خلال عمليتي الترسيب و الإدمصاص:

التثبيت في الترب القاعدية:

1. الترسيب:

في الترب القاعدية و الكلسية تتفاعل الفوسفات الأحادية و الثنائية مع الكاليسيوم و تترسب لتكون مركبات فوسفاتية مختلفة في درجة ذوبانها:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + Ca^{2+} \rightarrow 2CaHPO_4 + 2H+$$

Mono-Ca-phosphate — Di-Ca-phosphate

$3CaHPO_4 + Ca^{2+} \rightarrow Ca_4H(PO_4)_3 + H+$
Octa-Ca-phosphate

$Ca_4H(PO_4)_3 + Ca^{2+} \rightarrow Ca_5(PO_4)_3OH + 2H+$
Hydroxy apatite

و فيما يلي تفاعل انيونات الفوسفات الأحادية مع كربونات الكاليسيوم لتكون فوسفات الكاليسيوم الثلاثية:

$Ca(H2PO4)2 + 2CaCO3 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$
Mono-Ca-phosphate Tri-Ca-phosphate

كما يلاحظ أن ذائبية ايونات الفوسفات تتناقص وفق الترتيب التالي:

$PO_4^{3-} < HPO_4^{2-} < H_2PO_4^-$

و كذلك فإن ذائبية مركبات فوسفات الكاليسيوم تتناقص وفق الترتيب التالي:

$Ca_3(PO_4)_2 < CaH(PO_4)_3.3H_20 < CaHPO_4.2H_2O < Ca(H_2PO_4)_2$
Tri-Ca-phosph. Octa-Ca-phosph. Di-Ca-phosph. Mono-Ca-phosph.

و كذلك:

$Ca_5(PO_4)_3F_2 < Ca5(PO_4)_3OH$
Flour apatite Hydroxy apatite

2. الإدمصاص على كربونات الكاليسيوم

3. الإدمصاص على معادن الطين

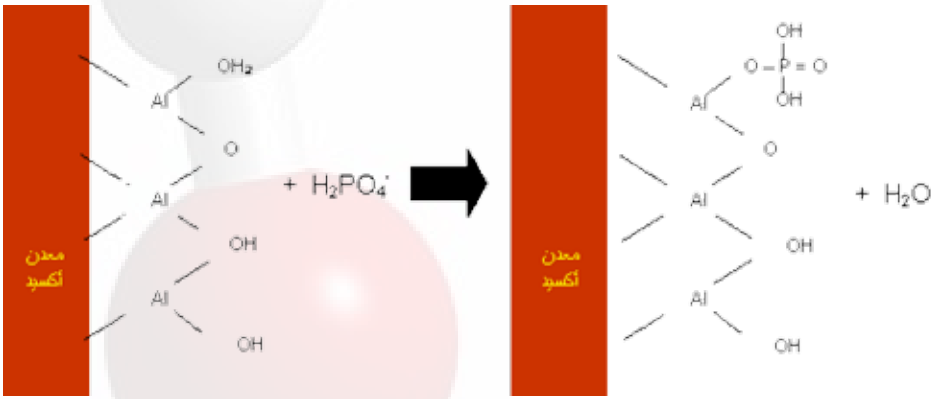
التثبيت في الترب الحامضية:

1. الترسيب :

يتفاعل مع الألومينوم و يترسب على شكل فوسفات الألومينوم الغير ذائب

$Al(OH)_2^+ + H_2PO_4^- = Al(OH)_2H_2PO_4$

2. الإدمصاص على معادن الطين و سطوح أكاسيد الحديد و الألومينيوم



ما هى أنواع الأسمدة الفوسفاتية؟

تنقسم الأسمدة الفوسفاتية إلى قسمين رئيسيين هما:

1. **الأسمدة العضوية:**

وهى المواد العضوية الطبيعية منها أو المصنعة مثل السماد البلدى والكمبوست وسماد الدواجن و مسحوق العظام.

2. **الأسمدة المعدنية:**

وهى إما أن تكون طبيعية مثل الصخر الفوسفاتي ، أو المصنعة من الصخر الفوسفاتي المسمى فلوروباتيت وهو المصدر الرئيسي لكل الأسمدة الفوسفاتية المعدنية المصنعة

أنواع الأسمدة الفوسفاتية المعدنية الشائعة:

1. **السوبر فوسفات الأحادي:** $Ca(H_2PO_4)_2 * 7CaSO_4$

يصنع سماد السوبر فوسفات الأحادي من خلال معاملة الصخر الفوسفاتي المطحون المسمى فلوروباتيت بحامض الكبريتيك حسب المعادلة التالية:

$$3Ca_3(PO_4)_2CaF_2 + 7\,H_2SO_4 \rightarrow 3\,Ca(H_2PO_4)_2 * 7CaSO_4 + 2HF$$

السوبر فوسفات الأحادي هو ملح أسمر أو ترابي اللون يذوب جزئياً في الماء و يحتوي على الجبس و يوجد على شكل حبيبى أو مسحوق. يحتوى على 15-20% P_2O_5 ،19-22% كالسيوم، 10-12% كبريت

2. السوبر فوسفات الثلاثي (المركز): $Ca(H_2PO_4)_2$

يصنع السوبر فوسفات المركز بمعاملة مسحوق الصخر الفوسفات مع حامض الفوسفوريك، حسب المعادلة التالية:

$$3Ca_3(PO_4)_2CaF_2 + 14\ H_3PO_4 \rightarrow 10\ Ca(H_2PO_4)_2 + 2HF$$

ويحتوي السوبر فوسفات المركز على 44 – 48% P_2O_5 وهي خالية من الجبس. لونه بنى أبيض و معظم الفوسفور فيه قابل للذوبان فى الماء. بالإضافة على أنه يحتوي على 12-16% كالسيوم، 1-2% كبريت.

ملاحظات علي اسمدة السوبر فوسفات

- أسمدة السوبر فوسفات تعتبر ذائبة جزئياً في الماء، لذا ينصح بإستعمالها قبل الزراعة و لكن ليس بمدة طويلة لتجنب تثبيت الفوسفور في التربة
- يعتبر سماد السوبر فوسفات العادي أقل ذوبانا في الماء من السوبر فوسفات المركز وذلك الى احتواء الأول على فوسفات ثلاثي الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم الصعبة الذوبان
- يمكن لأسمدة السوبر فوسفات أن تخلط و تمزج مع باقي الأسمدة
- تصنع السوبر فوسفات بشكل محبب لتسهيل عملية نثرالأسمدة في التربة
- بعد اضافة أسمدة السوبر فوسفات للتربة فانها تدخل في تفاعلات كيميائية مع الأكاسيد الحرة في الأراضي الحامضية و مع وكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم في الأراضي القاعدية و في كلا الحالتين تتحول الفوسفات إلى فوسفات غير ذائبة في الماء و غير متيسرة للنبات

3. فوسفات أحادي الأمونيوم: $NH_4H_2PO_4$

يحتوي على 11% نيتروجين و 21% فوسفور ويتم تحضيره من معاملة الأمونيا مع حامض الفوسفوريك. يتميز هذا السماد بذائبية عالية في الماء وله تأثير حامضي على الترب بسبب محتواه من الشق الفوسفاتي ويصنع على شكل حبيبات تضاف مباشرة إلى التربة

$$NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4$$

4. فوسفات ثنائي الأمونيوم: $(NH_4)_2HPO_4$

يحتوي هذا السماد على 16-21% نيتروجين و 21-23% فوسفور ويتم تحضيره من معاملة الأمونيا مع حامض الفوسفوريك. ويتميز هذا السماد بذائبية عالية في الماء وبتأثيره المتعادل على التربة ويصنع على شكل حبيبات

$$2NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

5. سماد فوسفات اليوريا $CO_2(NH_2)_2H_3PO_4$

يحتوي على 17.7% نيتروجين و 19.6% فوسفور ويتم تحضيره بمعاملة اليوريا مع حامض الفوسفوريك. ويعتبر هذا السماد من الأسمدة العالية الذائبة والحديثة

$$CO_2(NH_2)_2 + H_2PO_4 \rightarrow CO_2(NH_2)_2H_3PO_4$$

6. حامض الفوسفوريك : H_3PO_4

من أكثر الأسمدة الفوسفاتية التي تضاف من خلال مياه الري الذي يحتوي على حوالي 58 % P_2O_5 عندما يكون تركيز الحامض 80 %. ويتميز حامض الفوسفوريك بأنه في صورة سهلة الذوبان في الماء ويحتوي على تركيز عالي من الفوسفات، ويتميز أيضا بتأثيره الأيجابي على خفض درجة حموضة مياه الري محلول التربة مما يساعد على عدم ترسيب الفوسفات نتيجة لوجود الكالسيوم والماغنسيوم في ماء الري و بالتالي منع إنغلاق النقاطات و أنابيب الري. مع مراعاة ألا يزيد تركيز حمض الفوسفوريك عن 1، .– 2.. سم3 لكل لتر من مياة الري.

7. الأسمدة المركبة السائلة و الصلبة

وهي تحتوي على نسب مختلفة من النيتروجين و الفوسفور و البوتاسيوم و ذلك حسب طريقة تصنيعها و تحضيرها. الأسمدة المركبة هي مركبات تحتوى على أكثر من عنصر سمادي واحد. وأهم ما يميز هذه الأسمدة هو أن قيمتها الزراعية عالية وبالتالي يصبح ثمن الوحدة منها أرخص نسبياً ما دام المزارع محتاجاً للعناصر السمادية الداخلة في تركيبها

إدارة التسميد الفوسفاتي

لتكون عملية التسميد فعالة وتعطي النتائج المرجوة منها فيجب تحديد العناصر الرئيسية للتوصية السمادية. و حتى تكون عملية التسميد فعالة وتعطي النتائج المرجوة منها فيجب تطبيق مبدأ و مفهوم "الأربعة الصحيحة" **(4Rs)** و الذي يتلخص في إضافة المصدر الصحيح للسماد و بالمعدل الصحيح و بالتوقيت الصحيح و بالمكان الصحيح:

1- المصدر الصحيح السماد
2- المعدل الصحيح الإضافة
3- التوقيت الصحيح الإضافة
4- المكان الصحيح الإضافة

و يجب أن تتحقق هذه الشروط الأربع ضمن منظومة متكاملة و متوافقة مع تحقيق الإنتاجية المستدامة و الربحية للمزارع دون أن تؤدي الى أية آثار سلبية على البيئة أو علي المحيط الإجتماعي. (لوحة رقم 4).

المصدر الصحيح للسماد : يجب استخدام المصدر السمادي المناسب لاحتياج المحصول وخواص التربة والتعرف على تفاعلات العنصر الغذائي والتوازن بين النتروجين والفسفور والبوتاسيوم و العناصر الغذائية الاخرى واحتياجات المحصول بموجب تحليل التربة حيث ان التسميد المتوازن هو احد المفاتيح في زيادة كفاءة استخدام المغذي.

المعدل الصحيح للاضافة : ملائمة كمية السماد المضاف باحتياجات المحصول فالكميات الكبيرة من السماد تؤدي الى غسله وتراكمه في عناصر البيئة ويؤدي الى غلة متواضعة ونوعية منتج و محصول متدنية وتكون البقايا النباتية اقل الضرورية لحماية وبناء التربة . ان ممارسات الادارة المثلى التي تساعد في تحديد المعدل الملائم لاضافة السماد تتضمن اختبار و فحص التربة واستخدام الالواح الحقلية المحذوفة و ميزانية العنصر المغذي للمحصول وتحليل الانسجة وتحليل النبات و تعيير(معايرة) السمادة وتقنية المعدل المتغير (اضافة معدلات متباينة حسب تباين خصوبة التربة و غيرها.

التوقيت الصحيح للاضافة : يقصد هنا جعل العناصر الغذائية جاهزة عند احتياج المحصول لها . يكون استخدام العناصر الغذائية بكفاءة أعالى عندما يتناغم توفيرها مع احتياج المحصول .ان

وقت الاضافة (اضافات ماقبل الزراعة والمجزأة) وتقنيات التحكم بتحلل و تفكك السماد والمثبتات والمثبطات التي تبطئ من تحللها و من ذوبانيتها واختيار المصدر السمادي المناسب هي امثلة حول ممارسات الادارة المثلى والتي تؤثر في وقت جاهزية العنصر الغذائي .

المكان الصحيح للاضافة: يقصد هنا وضع وحفظ العناصر الغذائية في المكان الذي تستطيع فيه جذور المحاصيل الوصول اليها و استخدامها بسهولة .ان طريقة الاضافة تكون مهمة وحرجة عند استخدام السماد بكفاءة. و عموما فإن نوع المحصول ونظام الزراعة وخواص التربة هي التي تتحكم في اختيار الطريقة الاكثر ملائمة للاضافة .

ملاحظات عامة لممارسات الادارة المثلى:

- ليس هنالك مجموعة واحدة شاملة لممارسات الادارة المثلى صالة لكل مكان و زمان
- ممارسات الادارة المثلى تكون مبنية على الموقع ومبنية على المحصول ،وهي تختلف من منطقة الى اخرى ومن مزرعة لاخرى بالاعتماد على نوع الترب وظروف المناخ وتاريخ المحصول والزراعة والخبرة بالادارة. يمكن تطبيق ممارسات الادارة المثلى على نطاق واسع في عمليات زراعية مكثفة وفي مزارع صغيرة.
- ان تحديد المصدر و المعدل والوقت والمكان الصحيحة و الملائمة للنبات ستعطي المرونة الكافية التي يمكن فيها اعتماد هذه المبادئ لتكون دليلا يمكن تطبيقه على ادارة السماد في اي نظام زراعي مستخدم في ارجاء العالم.
- ينبغي ان تساعد ممارسات الادارة المثلى للسماد في ضمان استخدام السماد وامتصاصه و استغلاله بواسطة محاصيل معينة بطريقة مثلى وتقليل فقد السماد للبيئة لادنى حد ممكن.
- ان ممارسات الادارة المثلى ينبغي ان تزيد من كفاءة استخدام السماد.

طريقة الإضافة:

تختلف طريقة إضافة الأسمدة الفوسفاتية تبعاً لنوع السماد و الصورة الموجود عليها السماد (جاف – سائل) ، نوع المحصول، النمط الزراعي، نوع التربة وموسم النمو. و يراعا إضافة الأسمدة الفوسفاتية للترب بطريقة بحيث تؤدي إلى تقليل الفرصة في ضياعها عن طريق التثبيت في التربة بصور غير متاحة للنبات أو عن طربة الإنجراف و الجريان السطحي.

أهم الطرق المتبعة هي:

1. الإضافة نثراً: تنثر الأسمدة الفوسفاتية الصلبة و الجافة (أو السماد العضوي) بصورة متجانسة على سطح التربة على كامل التربة كما في الزراعة المحمية أو على خندق بطول خط التنقيط كما

في محاصيل الخضر تحت الري بالتنقيط أو على خندق حول جذع الشجرة في أشجار الفاكهة.

2. الإضافة من خلال شبكات الري: تضاف الأسمدة الفوسفاتية الذائبة فقط مع مياه الري من خلال شبكات الري. يوضح الجدول رقم 1 تركيز العناصر الغذائية و درجة حموضة و ملوحة المحاليل السمادية لأهم الأسمدة.

3. الإضافة مع البذار إو الأشتال كبادئ: تعمل على تحفيز النمو الأولي السريع للبادرات التي تحتاج الفوسفور لنمو الجذور. و في هذه الحالة توضع معدلات سمادية قليلة مع البذرة أو قربها للتعجيل من النمو المبكر للمحصول. و بما أن الأسمدة في هذه الحالة تكون ملامسه للبذور يجب مراعاة عدم استخدام معدلات عالية أو مركزة أو ذات تأثير ملحي على البادرات.

4. الإضافة على خطوط: وضع الأسمدة على شكل شريط طولي على أحد جانبي خط البذور، أو على كلا الجانبين، أو على بعد 7-5سم تحت البذور عند تسميد المحاصيل المزروعة على خطوط. و هذه الطريقة تقلل من التماس بين السماد و التربة مما يقلل فرص التثبيت في التربة.

5. الإضافة بالتكبيش: يوضع السماد تكبيشا على بعد من النباتات بمسافة 5-10 سم من قاعدة النباتات ويفضل اضافة سماد السوبر فوسفات بهذه الطريقة ثم خلطه بالتربة أثناء اجراء عملية العزيق . وتجرى اضافة السماد بطريقة التكبيش في حالة الزراعة على خطوط.

موعد الإضافة:

أ. تضاف الأسمدة الفوسفاتية قبل الزراعة نظراً لحاجة النبات لها لتدعيم الجذور، وحتى لا تثبت بسرعة في التربة.

ب. في حالة الأشجار توضع الأسمدة الفوسفاتية أثناء سكون العصارة في شهري كانون الثاني و شباط وتخلط بالتربة ومع الأسمدة العضوية.

ج. تضاف الأسمدة الفوسفاتية الذائبة من خلال ماء الري حسب إحتياجات كل مرحلة من مراحل نمو المحصول.

معدلات الإضافة:

تختلف محاصيل الخضر وأشجار الفاكهة في حاجتها إلى العناصر الغذائية ومعدلاتها المثلى والتي تعطى أعلى محصول . يعتمد استهلاك و احتياجات المحاصيل من الفوسفور على الظروف المناخية و نوع و صفات التربة الطبيعية و الفيزيائية و الكيميائية، كما تختلف احتياجات المحاصيل الخضرية حسب نمط الزراعة في الحقول المكشوفة أو الزراعة المكثفة داخل البيوت المحمية. و يمكن تحديد إحتياجات المحصول من الفوسفات بعد تحديد استهلاك النبات من العنصر الغذائي و كمية الغلة المتوقعة و كمية العنصر المخزونة في التربة و المتيسرة للنبات. و يوضح الجدول رقم 2 الكميات التي تستهلكها المحاصيل المختلفة

كيف يمكن حساب الاحتياجات السمادية ؟

الاحتياج السمادى لمحصول ما هو كميات الأسمدة المختلفة التى تحتاجها وحدة المساحة من نباتات المحصول فى موسم نمو كامل، ويعبر عنها (بوحدة سماد/وحدة مساحة) ويحسب الاحتياج السمادى للمحصول على الأسس التالية:

- عدد وحدات السماد الفعلية التى تحتاجها نباتات المحصول فى وحدة المساحة خلال موسم النمو كى تنمو جيدا وتغل المحصول الأمثل (وهذه تكون فى الغالب معلومة من نتائج دراسات سابقة على المحصول أو الصنف النباتى وتجارب الاستنزاف).
- نسبة العنصر فى المركب السمادى المزمع استخدامه فى تسميد المحصول
- كفاءة استخدام السماد المزمع استخدامه فى التسميد.
- الكميات المتاحة من العنصر السمادى بالتربة (بناء على اختبارات التربة).
- قوام وخواص التربة التى سيزرع بها المحصول (بناء على اختبارات التربة).
- طريقة الرى (غمر-رش/تنقيط).

ملاحظات عامة،

1. يجب أن توضع الأسمدة الفوسفاتية أثناء تجهيز الأرض للزراعة وتخلط بالتربة جيدا لتكون متاحه للأمتصاص بأعلي نسبة.
2. إن الإستعمال المتوازن للعناصر الغذائية وبالمعدلات المثلى الموصى وتنفيذ العمليات الزراعية الأخرى في المواعيد المناسبة مثل مقاومة الحشرات والأمراض، الري المناسب، إختيار الأصناف الجيدة، العزيق ومقاومة الحشائش وإتباع دورة زراعية مناسبة ضروري لضمان كفائة عالية للأسمدة
3. تعتمد عملية التسميد على عومل عديدة مثل خواص التربة الطبيعية والكيماوية، ونوعية مياه الري، ونوع النبات و المناخ و جميعها تؤثر في تحديد نوع السماد و معدل و توقيت الإضافة.
4. يجب عدم الاسراف في اضافة الأسمدة الفوسفاتية لتفادي إحداث خلل في التوازن العنصري في التربة و في النبات مما يؤثر بالضرر على نمو النبات وانتاجه الى جانب ما يترتب على ذلك من مشاكل بيئية.

جدول (1): محتوى العنصر الغذائي و ذوبانية الأسمادة الفوسفاتية (غرام/لتر)

المركب	الرمز الكيميائي	10° م	20° م	30° م
فوسفات البوتاسيوم الثنائية	K_2HPO_4	1488	1600	1790
فوسفات البوتاسيوم الأحادية	KH_2PO_4	178	225	274
فوسفات الأمونيوم الثنائية	$(NH_4)_2HPO_4$	628	692	748
فوسفات الأمونيوم الأحادية	$NH_4H_2PO_4$	295	374	464
حامض الفوسفوريك	H_3PO_4	ذائب كليا	ذائب كليا	ذائب كليا

الأسمدة	الصيغة الكيماوية	المحتوى من العناصر (%)	ذوبانية كغم/لتر
سوبر فوسفات مركز	$Ca(H_2PO_4)_2$	0-45-0	0.02
فوسفات أمونيوم أحادية	$NH_4H_2PO_4$	11-48-0	0.23
فوسفات أمونيوم ثنائية	$(NH_4)_2HPO_4$	18-46-0	0.56
بولي فوسفات الأمونيوم	$(NH_4)_3P_2O_7$	9-30-0	high
بولي فوسفات الأمونيوم	$(NH_4)_5P_3O_{10}$	10-34-0	high
بولي فوسفات الأمونيوم	$(NH_4)_7P_5O_{16}$	11-37-0	high
حامض الفوسفوريك	H_3PO_4	0-54-0	high
فوسفات البوتاس الأحادية	KH_2PO_4	0-52-34	0.33

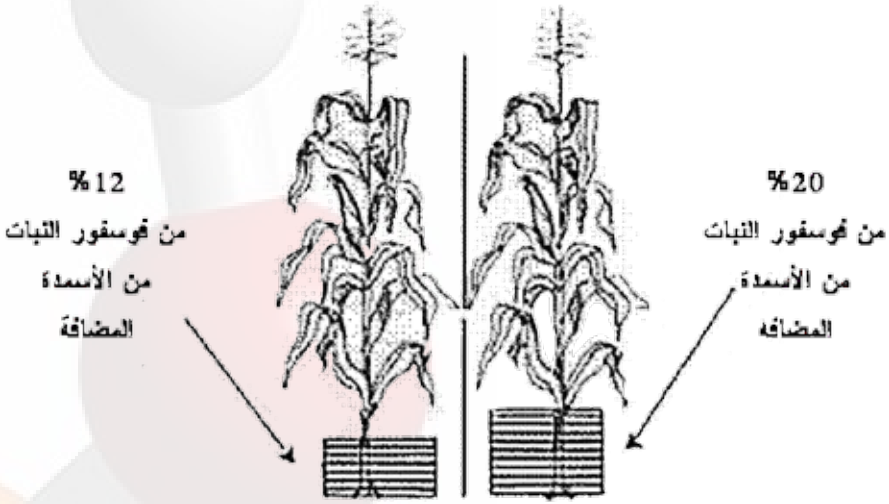
جدول رقم 2 : متوسط استهلاك المحاصيل الزراعية من العناصر الغذائية الأساسية (نيتروجين, فوسفور, بوتاسيوم)

المحاصيل	الغلة	كغم /هـ/سنة		
	طن / هـ	N	P	K
شعير (حب)	2.2	40	8	10
شعير (قش)	2.5	17	3	30
قمح (حب)	2.7	56	13	14

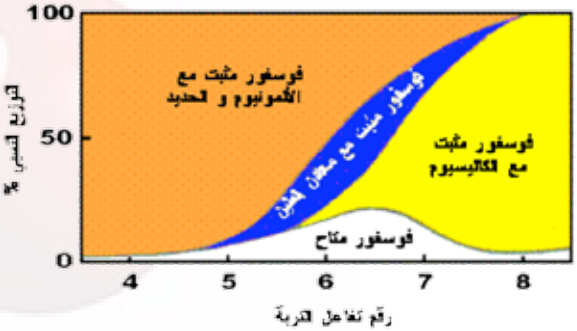
قمح (قش)	3.8	22	3	33
ذرة (حب)	9.5	150	27	37
ذرة (قش)	11.0	110	19	135
الرز حب	8.0	152	37	270
قطن (حب)	1.7	45	11	14
قطن (قش)	2.2	39	5	33
فول صويا	3.4	210	22	60
شمندر سكري	50	20	250	40
قصب سكر	75	110	27	250
بطاطا (درنات)	27.0	90	15	140
بندورة (ثمار)	50.0	130	20	150
ملفوف	50.0	145	18	120

أشجار بساتين الفاكهة	مستوى الغلة	N	P	K
اللوزيات	متوسط	85	9	65
العنب	متوسط	110	15	110
البرتقال	متوسط	170	23	120
الليمون الحامض	متوسط	180	23	115
قصب سكر (قصب)	80	45	25	121
الموز	45	78	22	224

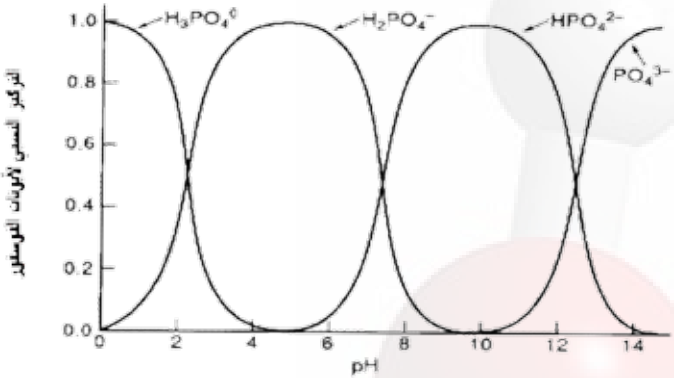
المصدر: منقل و كركبي، 1987



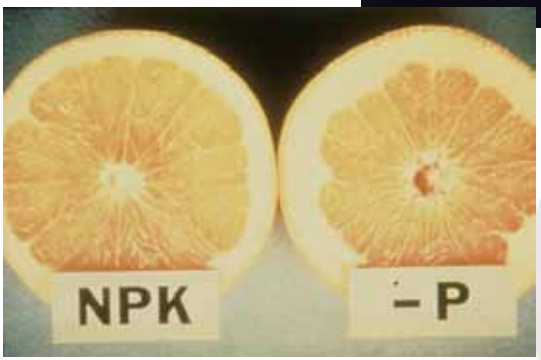
النيتروجين يحسن من امتصاص الفوسفور (IPNI, USA)



شكل : أثر رقم تفاعل التربة في تفاعلات تثبيت الفوسفور في التربة (Brady, 1996)



جاهزية الفوسفور في التربة تعتمد على رقم تفاعل التربة.عند رقم التفاعل المتعادل تكون جاهزية الفوسفور الأعلى



لوحة رقم 1. نقص الفوسفور على ثمار الحمضيات
IPNI (the above one) T.W. Embelton (the below one)

لوحة رقم 2. نقص الفوسفور على اورق العنب و الأجاص (Pear by D. Burkhart & Grape by IPNI)

لوحة رقم 3. نقص الفوسفور على أوراق البندورة (D.N. Maynard)

لوحة رقم 4 أ. نقص الفوسفور على أوراق الذرة:تلوين بنفسجي محمر خاصة على الأوراق الحديثة (IPNI)

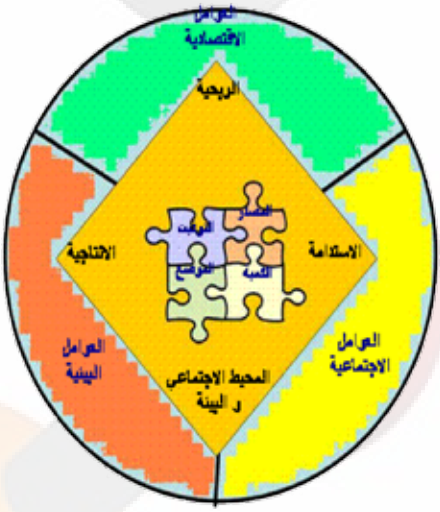
لوحة رقم 4 ب. نقص الفوسفور على أوراق الذرة: اللون البنفسجي (IPNI)

لوحة رقم 5. نقص الفوسفور على أوراق الفراولة و قصب السكر
G. May & M.P. Pritss (strawberry) R. Clark (sorghum)

زيادة الفوسفور في التربة تؤدي إلى وصوله للمياه السطحية بفعل الإنجراف وبالتالي تلويث المياه وظهور ظاهرة الإثراء الغذائي

لوحة رقم 2. ضاهرة الإثراء الغذائي
(الفوسفور هو العامل المحدد)

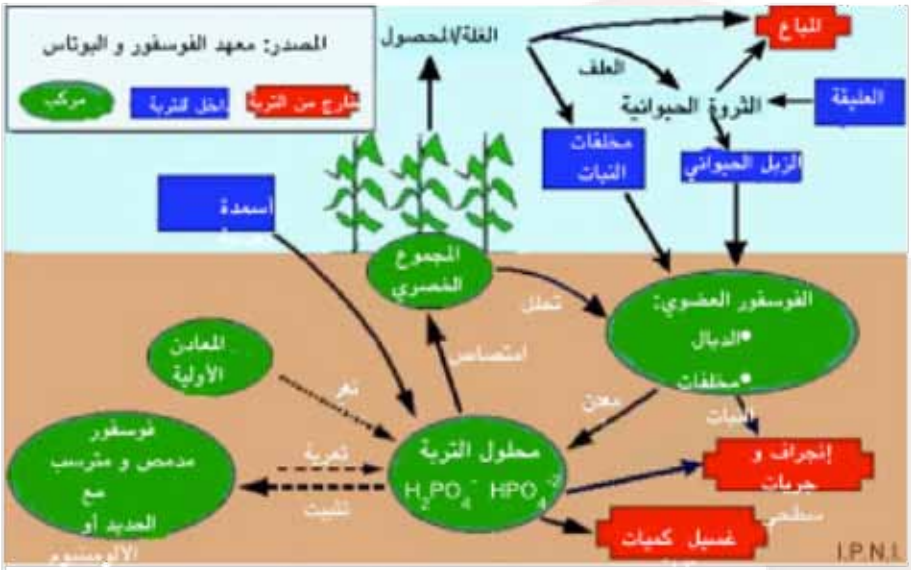
ممارسات الادارة المثلى للأسمدة



IPNI = المعهد الدولي لتغذية النبات

:

دورة الفوسفور في الطبيعة



شكل رقم 3: دورة الفوسفور في الطبيعة

الفوسفور
غير متحرك في التربة
و نشيط الحركة في النبات

Arab Fertilizers Association
9 Ramo Buildings - 2nd Floor
Omar Ben Khattab - Al Nasr Road - Nasr City
P.O. Box : 8109 Nasr City (11371) - Cairo - Egypt

Tel. : (+20 2) 24172347 Fax : (+20 2) 24173721 - 24172350
E-mail: info@afa.com.eg web site: www.afa.com.eg

حقوق الطبع محفوظة للإتحاد العربي للأسمدة ومحظور علي أي جهة أخرى طباعته أو نسخه

Ref: AFA-5