وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية الزراعة
قسم الاقتصاد الزراعي
المرحلة الثانية

بسم الله الرحمن الرحيم

خصوبة التربة (الجزء النظري)
المحاضرة السادسة

الفسفور Phosphorus (P)

يعد الفسفور من العناصر الغذائية الرئيسية الضرورية للنبات ويطلق عليه مفتاح الحياة (The key to life) لدوره المباشر في معظم العمليات الحيوية التي تجري داخل النبات مثل عملية البناء الضوئي وانقسام الخلايا وتكوين البذور ونقل الصفات الوراثية وتكوين المركبات الغنية بالطاقة .

يوجد الفسفور في القشرة الارضية بكميات اقل من كمية النتروجين والبوتاسيوم وكذلك الحال في التربة اذ تتراوح نسبته الكلية في التربة بين ٠,٠٢_٠,١٥% والكمية الاساسية في هذه النسبة مرتبطة بالمادة العضوية ومادة الاصل parent materials والعمليات الطبيعية التي تحصل في التربة ، نسجة التربة ، درجة الحرارة ، المحتوى الرطوبي وكذلك عمر التربة .

اذ ان محتوى التربة خشنة النسجة اقل من محتوى التربة ناعمة الانسجة من الفسفور الكلي اما التربة العضوية فمحتواها اعلى من التربة المعدنية ، والطبقة السطحية من التربة تكون اعلى في محتواها من الفسفور من الطبقات التحتية .

صور واشكال الفسفور في التربة:-

يوجد فسفور التربة بشكلين اساسيين هما الفسفور المعدني والعضوي .

١.الفسفور المعدني: مركبات الفسفور المعدني تنقسم الى ثلاث اقسام

أ- فوسفات الحديد والالمنيوم Fe-At phosphate ومنها

Variscite $Al\ Po_4 \cdot 2H_2O$ و Strengite $Fe\ Po_4 \cdot 2H_2O$

ان ترسبات هذه الاشياء تكثر في وهذه المركبات ثابته غير قابله للذوبان

ب- فوسفات الحديد – الالمنيوم – الكالسيوم Ca –Fe –Al – phosphate

ان هذه المعادن تكون متحدة مع بعضها البعض وبمركبات الفسفور الاخرى .

ج- فوسفات الكالسيوم Ca-phosphate من اهم مركباتها الموجودة في التربة هي :-

1-Flour apatite $3Ca_3\ (Po_4)\ F_2$

2-Carbonat apatite $3Ca_3\ (Po_4)_2\ Ca\ Co_3$

3-ltydroxy apatite $3Ca_3\ (Po_4)_2\ Ca(OH)_2$

4-Oxy apatite $3Ca_3\ (Po_4)_2\ CaO$

5-Tricaleium phosphate $Ca_3\ (Po_4)_2$

6-Dicalcium phosphate $Ca\ H\ Po_4$

7-monocalcam phosphate $Ca(H_2Po_4)_2$

يعد معدن الاباتايت المعدن الرئيسي الذي يحتوي على الفسفور في صفحاته وهو يوجد في كل الظروف الجيولوجية ، ويعد معدن الابتايت المصدر الرئيسي للفسفور الصناعي وتكثر هذه الترسبات في كثير من الدول ومنها العراق (في عكاشات)

تعد فوسفات الكالسيوم الاحادية

اكثر جاهزية للنبات . ثم يتبعها فوسفات الكالسيوم الثلاثية .....وهكذا.

٢- الفسفور العضوي : تشكل نسبته بين ٢٠-٨٠ % من الفسفور الكلي وتوجد الكميات الكبيرة منه في الترب العضوية ومن اهم مركبات الفسفور العضوية الموجودة في التربة هي :-

أ- Inositol phosphates وهي جزيئات سكرية مع مجموعة او اكثر من الفوسفات التي تحل محل ايونات الهيدروجين ،ومن اهم مركبات هذا الجزء من الفسفور العضوي هو مركب الفايتين (phytin). ويشكل هذا الجزء ما بين ٢٦-٣٦ % من فسفور التربة العضوي.

ب- Nucleic acid ان الاحماض النووية للنبات والحيوان والكائنات الدقيقة عند تحللها داخل التربة تشكل ما يقارب ١٠% من فسفور التربة العضوي

ج- phospholipids الفوسفات الدهنية ،وهذه المركبات ناتجة من اتحاد الفسفور بمركبات دهنية وتصل نسبة هذا الجزء في الفسفور العضوي في معدله ٥-١٤ %.

معدنة الفسفور العضوي

ان دورة الفسفور في الطبيعة تعد ابسط من دورة النتروجين ،وذلك لعدم احتواء الفسفور على تبادل غازي بين التربة والجو كما في دورة النتروجين ، ان عملية تحلل المادة العضوية الحاوية على الفسفور تؤدي الى تحول الفسفور العضوي الى فسفور معدني متحرر في محلول التربة ويطلق عليها بعملية المعدنة

من العمليات التي يتعرض لها فسفور محلول التربة اضافة الى تفاعلاته الكيميائية بكتايونات محلول التربة

١-الامتصاص من قبل النبات ٢- الفقد عن طريق الغسل عند زيادة الامطار في التربة الرملية

٣- التعرية المائية بسبب انجراف التربة السطحية

٤- يتعرض فسفور محلول التربة الى عملية الامتصاص

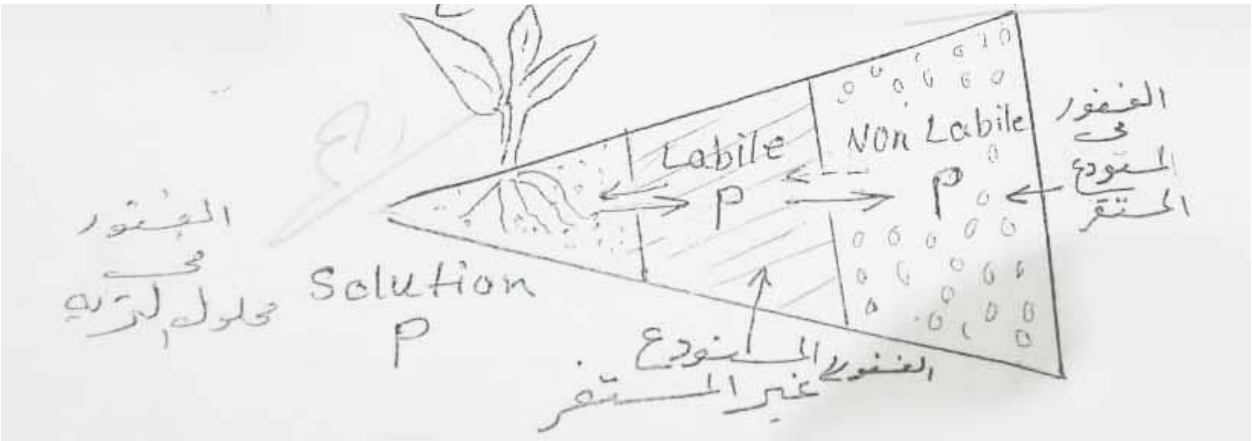
ان الفسفور الذي في التربة يقسم الى ثلاث اقسام من حيث جاهزيته وتيسره للنبات هذه الاقسام هي :-

١- الفسفور الذائب في محلول التربة . وهذا القسم تكون كميته قليله جدا مقارنة بالاقسام الاخرى للفسفور :اذ تتراوح نسبته بين ٠,٣ الى ٣ جزء بالمليون وفي بعض الاحيان يصل الى ١٠ جزء بالمليون : يمتص النبات الفسفور المعدني الذائب في محلول التربة وقد يمتص قليلا من الفسفور العضوي .

لذلك يجب المحافظة على الفسفور الذائب في محلول التربة من اجل نمو انتاج جيد ، ان الصور التي يوجد فيها الفسفور في محلول التربة هي Po_4 وHPo_4 و H_2Po_4 وان سيادة احد هذه الصور في محلول التربة يعتمد اعتمادا كبيرا على ph التربة اي على تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة .وتعد الصورة (H_2Po_4) هي السائدة في الترب الحامضة التي تكون درجة تفاعلها اقل من٧ ويزداد تركيزها بانخفاض ph التربة . اما الصورة HPo_4 فيزداد تركيزها في درجات تفاعل التربة العالية ،اما الصورة Po_4 توجد فقط عند درجات تفاعل التربة العالية جدا ،والتي ليس لها تأثير ايجابي في نمو النبات ان اهم صورة يمتصها النبات هي H_2Po_4 في الترب الحامضية و في الترب القاعدية .

٢- الفسفور الصلب . المحمول على سطوح حبيبات التربة والمسمى الفسفور في المستودع غير المستقر phosphate in the lable pool ويشمل هذا القسم الفسفور او المترسب حديثا ،ويكون في حالة توازن مع فسفور محلول التربة ، ويعد مخزنا للفسفور وللفسفور الذائب ويقوم بالتعويض عن استنزافه .

٣- الفسفور في المستودع المستقر phosphate in the non labile pool وهذا الجزء من الفسفور غير ذائب اي غير جاهز للنبات ،يتحرر ببطء عند تحوله الى الفسفور الصلب ومصادره هي معدن الابتايت وفوسفات الحديد و الالمنيوم وكذلك الفسفور العضوي . والشكل التالي يوضح اقسام الفسفور الثلاثة .



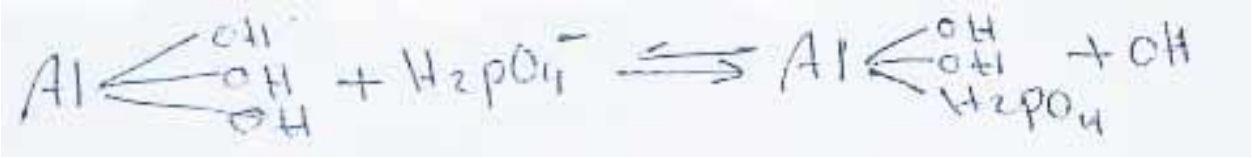
تثبيت الفسفور phosphorus fixation

ان ما يقارب ٢٠- ٣٠% من كمية الفسفور المضافة كأسمدة تستعمل من قبل النبات خلال السنة الاولى اما الكمية المتبقية فإنها تتحول الى صور قليلة الجاهزية من خلال عمليات تثبيت الفسفور اعتمادا على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية ، لذا فأن تثبيت الفسفور سيساعد في المعرفة الخاصة كفاءة التسميد الفوسفاتي .

عملية تثبيت الفسفور تشمل التفاعلات التالية:-

اولا: الامتزاز Adsorption ويقصد بامتزاز الفوسفات phosphate ads حركة الفسفور من محلول التربة الى سطح مقعد التربة دون التفاعل المباشر معه وبدون اختراق سطحه حتى تحصل حالة التوازن بين الفسفور على السطح والذائب في محلول التربة .ويشمل الامتزاز الاتي :

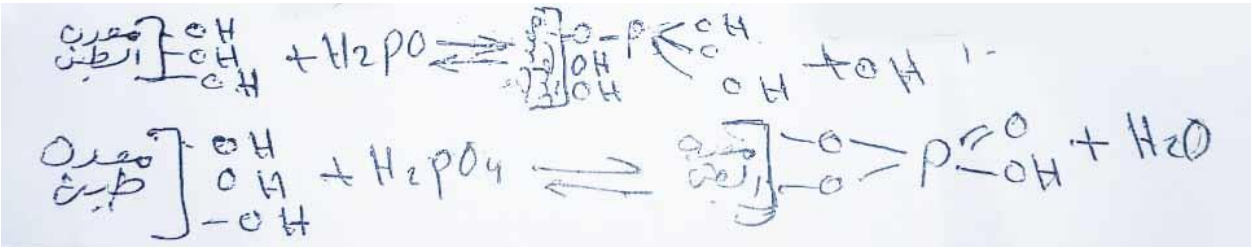
١- الامتزاز بواسطة اكاسيد الحديد والالمنيوم : يحصل هذا النوع من الامتزاز في الترب الحامضية اذ يمتز الفسفور الذائب في محلول الترب الحامضية على صورة على سطح اكاسيد Fe و Al وتتحرر جزيئة الماء وايونات الهيدروكسيل نتيجة لهذا التفاعل .



٢- الامتزاز بواسطة كاربونات الكالسيوم : يمتز الفسفور بواسطة كاربونات الكالسيوم في الترب الكلسية من خلال احلال ايون محل الهيدروكسيد مكونا طبقة سطحية وبزيادة الفسفور المضاف تتكون المزيد من الطبقات، ويمتز المزدوج الايوني من الكالسيوم ومع المغنيسيوم الى سطح كاربونات الكالسيوم بسبب سيادة الشحنات السالبة على سطح الكاربونات بعد اذابتها في المحلول مما يدفع هذه الايونات الى الانجذاب الى سطوح الكاربونات .

٣-الامتزاز بواسطة معادن الطين : يمكن ان يكون هذا الامتزاز من خلال :

أ- قد يحدث احلال بين ايون الفسفور وايونات الهيدروكسيد الموجودة في الهيكل النباتي لمعدن الطين كما في المخطط الاتي



ان معادن الطين من نوع lil كمعدن الكاؤولينايت اكبر تثبيتا للفسفور من معادن ٢:١ لمعدن المونتموريلونايت بسبب احتواء المعدن الاول على مجاميع من الهيدروكسيل اكبر من النوع الثاني (٨ مجاميع للمعادن lil و ٤ مجاميع للمعادن من نوع (layer ٢:١)

٢-عند وجود ايونات الكالسيوم على اسطح التبادل لمعادن الطين يحصل امتزاز للفسفور الذائب من محلول التربة عن طريق تكوين رابطة من الطين – كالسيوم- فسفور، تحديد مساهمة الايونات الموجبة المتبادلة على اسطح الفسفور الممتز يقع ضمن محتوى الحيز غير المستقر اي امكانية التحرر desorption ليكون جاهز للنبات من خلال احلال ايونات سالبة لها قدرة الامتزاز من البيكاربونات المتكونه في محلول التربة اثناء تنفس الجذور والاحياء وذوبان بالماء مكونا حامض الكاربونيك الذي يتحلل الى ايونات البيكاربونات كما في المعادلة التالية :

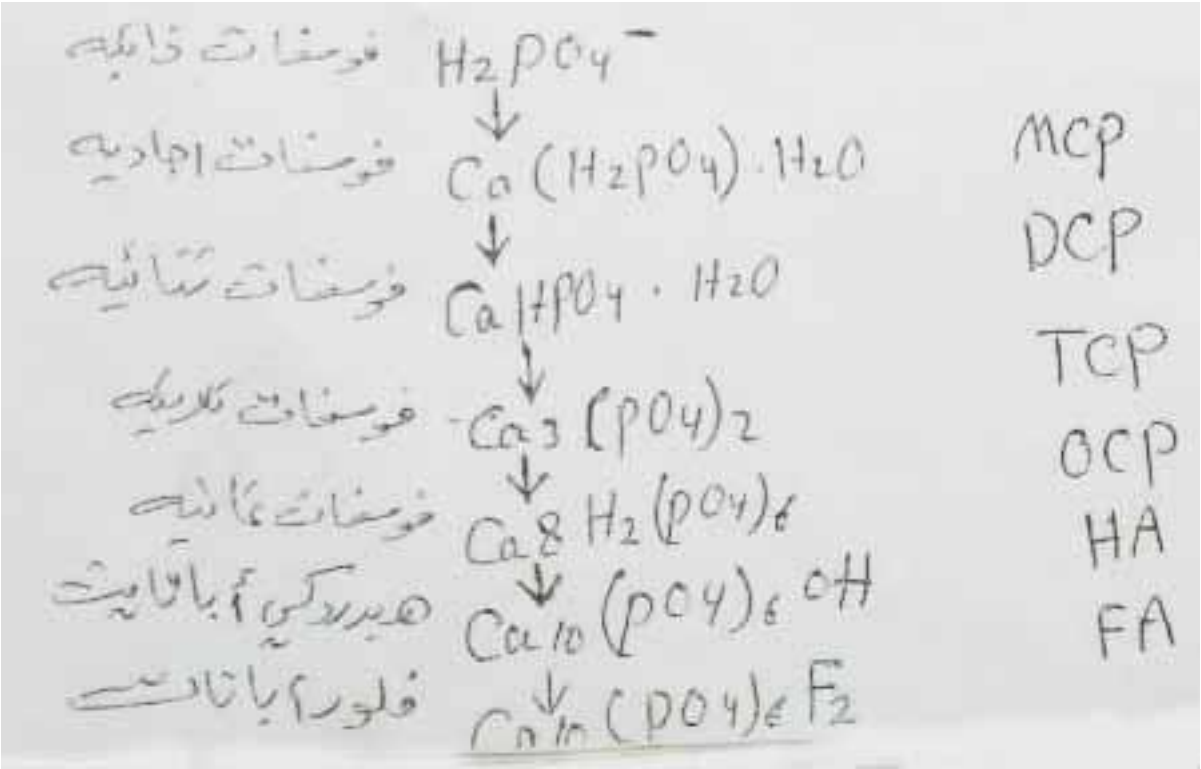
$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \longrightarrow HCO_3^- + H^+$$

كما توجد حوامض اخرى كالستريك والكبيريتيك والفورميك لها نفس الدور في ازاحة الفسفور الممتز وجعله جاهزا للنبات .

ثانيا- تفاعلات الترسيب:

١-التفاعلات في الترب الحامضية :اذ يتفاعل الفسفور مع ايونات الحديد والالمنيوم مكونا رواسب لفوسفات الحديد والالمنيوم اهمها مركب ومركب

٢-التفاعلات في الترب الكلسية : يتعرض الفسفور المضاف الى الترب الكلية الى سلسلة من التفاعلات مع كاربونات الكالسيوم وايونات الكالسيوم الذاتية والمتبادلة مكونا مركبات فوسفاتية مختلفة لذلك تكون التفاعلات تحولا من الصور الذائبة الى صور الاكثر ثباتا واستقرارا بالتربة ، اذ ان ثبات كمية الفسفور وزيادة تركيز الكالسيوم سيساعد على تسريع الوصول الى نهاية التفاعل ،اي يتحول الفسفور الى موقع المستودع المستقر .



العوامل التي تؤثر في حفظ الفسفور:-

نظرا لأهمية هذه العملية من حيث علاقتها في جاهزية عنصر الفسفور في التربة وتأثير ذلك على خصوبة وتغذية النبات عند وضع الخطط التسميدية

ومن اهم هذه العوامل هي :-

١- كمية الطين ونوعيته: زيادة نسبة الطين في انسجة التربة تؤدي الى زيادة المساحة السطحية مما يزيد من درجة اتصال الطين بالفسفور . اذ ان زيادة كمية الطين تزيد من درجة احتفاظ التربة بالفسفور .اما من ناحية نوعية الطين فالتربة التي تسود فيها معادن ١:١تزداد كمية الفسفور المحتفظ به كما هي عليه في الترب التي يسود فيها معادن طين من ٢:١ السبب يعود الى زيادة اكاسيد FeوAl .

٢- زمن التفاعل بين الفسفور والتربة . كلما زاد زمن تعرض الفسفور للتربة يؤدي الى زيادة درجة احتفاظ التربة للفسفور. ويمكن ان تساعدنا هذه النقطة الى اختيار طريقة اضافة الفسفور.

فإضافة السماد الفوسفاتي قرب النبات افضل من طريقة اضافته نثرا.

٣- درجة التفاعل :افضل درجة تفاعل فسفور التربة هي بين 5,5-7 وتقل الجاهزية في حالة انخفاض او ارتفاع درجة التفاعل عن هذا الحد .

٤- درجة الحرارة :ارتفاع درجة الحرارة يزيد من عملية احتفاظ وتثبيت التربة للفسفور كونه تفاعل كيميائي ودرجة الحرارة تزيد من التفاعل الكيميائي .

٥- حالة فسفور التربة :اذا كانت التربة مشبعة بالفسفور المحتفظ به والمثبت نتيجة الاضافات السمادية المستمرة .فالفسفور الذي يضاف الى التربة بحالة التشبع يكون بحالة متيسرة وجاهزة للنبات.

٦- المادة العضوية : لقد اثبتت الدراسات ان زيادة محتوى التربة من المادة العضوية يؤدي الى زيادة جاهزية عنصر الفسفور في التربة وذلك عن طريق احدى العمليتين :-

أ- تقليل تعرض الفسفورالى العوامل التي تساعد على حفظه وترسيبه.

ب- ازاحة الفسفور المحتفظ به . وتحصل هاتان العمليتان بالصورة الاتية :-

١-تحلل المادة العضوية يؤدي الى تحرر الذي يتفاعل مع الماء مكون حامض الكاربونيك الذي يعمل على اذابة عدد من المركبات الفوسفاتية غير الذائبة .

٢- تعمل مادة الدبال الناتجة من تحلل المادة العضوية على تغليف الفسفور مما يقلل عملية تعرض الفسفور للتثبيت

٣- تفاعل الدبال مع الفسفور مكونا معقدات الدبال والفوسفات الاكثر جاهزية للنبات .

٤- احلال الدبال محل ايونات الفسفور المثبته او المحتفظ بها على سطوح حبيبات الطين او كاربونات الكالسيوم وبذلك يتحرر الفسفور الى محلول التربة

٥- احاطة ايونات الحديد والالمنيوم وتحويلها الى ايونات غير ذائبة وبذلك تقلل من تفاعلها مع الفسفور .

اهم الوظائف الحيوية للفسفور: يوزع الفسفور الذي يمتصه النبات على كل خلية حية داخل النبات للمشاركة في العمليات الحيوية ومن اهمها هي :-

١- تحليل الكاربوهيدرات والمواد الاخرى الناتجة من عملية التركيب الضوئي لتحرير الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية للنبات .

٢- يدخل الفسفور في تكوين الاغشية الخلوية مثل غشاء البلازما والمايتوكوندريا و البلاستيدات الخضراء .

٣- يساعد الفسفور على انقسام الخلايا وتكوينها ،اذ ان غياب هذا العنصر يؤدي الى تحديد تكوين الاحماض الامينية والبروتينات.

٤- يعمل على المشاركة الفعالة في نقل الصفات الوراثية عن طريق DNA وهذا يكون عن طريق مشاركة الفسفور في تركيب العديد من المركبات التي تشارك في تكوين الRNA لتكوين DNA ومن هذه المركبات

UTP(uridine triphosphate) يحتاج هذا المركب في تكوين السكروز والكالكتوز

CTP(cytidine triphosphate) يحتاج اليه في تكوين الفوسفو

ATP(adenosine triphosphate) يحتاج اليه في تكوين الطاقة وتكوين مركبات عضوية

GTP(guanosine triphosphate) مادة الفسفور في تركيبها تشارك في RNA كذلك يشارك الفسفور في نضج النبات وتكوين البذور والثمار .

نظرا للوظائف العديدة المختلفة التي يقوم بها عنصر الفسفور في عمليات النمو والبناء الحيوية فان نقص هذا العنصر يؤثر سلبا في نمو تطور النبات لذلك يجب توفره بالكمية المناسبة .

اعراض نقص الفسفور :

١- نظرا لأعراض نقص الفسفور على الاوراق القديمة كونه من العناصر المتحركة داخل النبات فتكون الاوراق ذات لون اخضر داكن .

٢- بعض النباتات تكون سيقانها ذات لون محمر ناتج من تكوين مادة الانثوسانين

٣- تلون اوراق اشجار الفاكهة باللون البني وتتساقط قبل اكتمال نضجها

٤- نقص معدل نمو الاغصان الحديثة ويكون تفتح البراعم غير جيد

٥- رداءة نوعية البذور والثمار للنباتات التي تعاني من نقص الفسفور

٦- النباتات التي تعاني من نقص الفسفور تتصف بنمو بطيء وتكون صغيرة ذوات نمو جذري محدود وسيقان رفيعة.

أهم الاسمدة الفوسفاتية الشائعة الاستعمال:

١- السوبر فوسفات الاعتيادي : Ordinary super phosphate

يصنع هذا السماد من تفاعل حامض الكبريتيك المركز مع الصخور الفوسفاتية المطحونة

نسبة الفسفور P في هذا السماد (P%٩) اي ما يعادل ٢٠%

وهذا السماد ذائب بالماء بنسبة ٨٥% قليل الاستعمال لانخفاض محتواه من الفسفور .

لونه بني _ ابيض يسوق على شكل

٢- السوبر فوسفات الثلاثي : Tri super phosphate

سماد ذو لون ابيض _بني يسوق على شكل حبيبات كروية او على شكل مسحوق يحتوي على ٤٠-٥٠% معظم الفسفور الذي فيه قابل للذوبان .يصنع من تفاعل حامض الفسفوريك مع مسحوق الصخور الفوسفاتية

يعد هذا السماد من الاسمدة الواسعة الانتشار في الاسواق التجارية لأنه من الاسمدة الجيدة لارتفاع نسبة الفسفور في هذا السماد الى استجابة النباتات المختلفة له عند اضافته لمختلف الترب .

٣- حامض الفسفوريك :

له دور كبير في صناعة الاسمدة الفوسفاتية ولكنه قد يضاف بنسب قليلة مقارنة بالنسبة المستعملة في الصناعة الى التربة مع مياه الري كسماد وفوسفات .

٤- فوسفات الامونيوم الاحادية (MAP) mono ammonium phosphate

يصنع هذا السماد من تفاعل الامونيا مع حامض الفسفوريك كما في المعادلة التالية

يحتوي هذا السماد على ٢١%P و ١١%N ذو لون ابيض – رمادي–كروي ذائب بالماء

٥- فوسفات الامونيوم الثنائية (DAP) Diammonium phosphate

يصنع من تفاعل الامونيا مع حامض الفسفوريك

يحتوي هذا السماد على ٢٢%P وعلى ١٨%N

٦- فوسفات الكالسيوم الثلاثية المن

٧- فوسفات العظام

٨- فوسفات البوتاسيوم