

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

المحاضرة الاولى و الثانية

الفصل الاول / العناصر الغذائية وخصوبة التربة

تعريف و تقسيم العناصر الغذائية

يحتاج النبات الى الغذاء كأي كائن حي لكي يقوم بعملياته الحيوية الخاصة بنشاطه ونموه . كما إن الغذاء يساهم في بناء أنسجة (Tissues) النبات التي تتكون من الكاربوهيدرات (Carbohydrates) والدهون (Fats) والبروتينات (Nucleoproteins و Proteins) ويحتاج النبات لتكوين مثل هذه المكونات الى أنزيمات enzymes خاصة يساهم الغذاء ايضا في تكوينها . إن غذاء النبات عبارة عن عناصر معدنية يطلق عليها بالعناصر الغذائية وهي تجهز للنبات من التركيب الكيمياوي للماء والهواء والتربة . وهذا يعني إنه لا يمكن تسميه جميع العناصر الكيمياوية الداخلة في تركيب القشرة الارضية وهواء التربة والماء بالمغذيات بل يحدد ذلك احتياج النبات ومدى مساهمة هذه العناصر في بناء أنسجة النبات . لذا فإن الاسس التالية يمكن اعتبارها حدا فاصلا للتمييز بين العناصر الكيمياوية المختلفة والعناصر الغذائية المطلوبة لسد احتياجات النبات في دورة حياته :

1. غياب العنصر الغذائي في وسط النمو يعرقل نمو النبات مما يؤثر وبشكل مباشر على دورة حياته
2. يشترك العنصر الغذائي في الهيكل البنائي لأنسجة النبات المختلفة وكذلك يساهم العمليات الحيوية metabolie processes مثلا النظام الأنزيمي الذي يؤدي دورا هاما في تطوير مراحل نمو النبات.
3. إن نقص أحد العناصر الغذائية وليس جميعها قد يؤثر بشكل أو بآخر على سير العمليات الحيوية ويظهر نتيجة ذلك عيوباً خاصة يطلق عليها بأعراض

تم تقسيم العناصر الغذائية المختلفة الى قسمين :-

1. **العناصر الغذائية الكبرى (Major nutrients) Macronutrients :-** وهي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكمية كبيرة تقدر بحوالي بضع كيلوغرامات الى 200-300 كيلوغرام لكل هكتار وهي :-
الكربون و الهايدروجين و الاوكسجين و النايتروجين و الفسفور و الكبريت و البوتاسيوم و الكالسيوم و المغنيسيوم و (الصوديوم - السيليكون) .

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

2. العناصر الغذائية الصغرى (Micronutrients (Minor nutrients) :- وهي

العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات ولكن يحتاجها النبات بكميات تقدر بحوالي بضعة غرامات الى بضع مئات من الغرامات وتضم الآتي :

الحديد و المنغنيز و النحاس و الزنك و الموليبيدنيوم و البورون و الكلورين و الكوبلت و الفاناديوم

خصوبة التربة والعوامل المؤثرة عليها

عندما نحاول دراسة خصوبة التربة لابد من حصر هذه الدراسة في مجال خاص يرتبط بما تحتويه التربة من العناصر الغذائية وقدرتها على تجهيز النبات النامي لكي يكمل دورة حياته . ومن خلال ذلك يمكن تحديد ما يقصد بمفهوم « خصوبة التربة » بأنه قدرة التربة على امداد العناصر الغذائية بالكميات والصور الملائمة لنمو النبات . وهذا يعني إنه لكي تكون التربة الزراعية خصبة لابد من أن تكون ذات قدرة تجهيزية من العناصر الغذائية الى النبات النامي مما ينعكس ذلك إيجاباً على نمو المحصول و انتاجه . وبهذا يمكن القول بان الاراضي الزراعية تختلف فيا بينها بمحتواها من العناصر الغذائية وقدرتها التجهيزية ،

الاسمدة الكيماوية

تأتي أهمية الاسمدة الكيماوية (المعدنية والعضوية) في تعويضها السريع للنقص الموجود في التربة من العناصر الغذائية المهمة للنبات وكذلك يمكن التحكم في نوع العناصر المراد إضافتها الى التربة وكميتها وذلك لتعويض ذلك النقص بالاضافة الى سهولة استعمالها و اضافتها للنبات وإستجابة الحاصل السريعة مما ينعكس ذلك على الانتاج وتحسين نوعيته . ولهذا السبب زاد الاستهلاك العالمي للأسمدة بشكل لا يقبل المقارنة فقد كان مساوياً الى 1.5 مليون طن متري في بداية القرن العشرين وما لبث أن ارتفع الى 9.3 مليون طن متري في عام 1938 / 39 ولكنه إنخفض خلال الحرب العالمية الثانية الى 2 مليون طن . وكان الاستهلاك العالمي في 1981 / 82 حسب تقرير FAO لعام 1982 (الشكل - 3) يساوي 116 مليون .

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

الفصل الثاني / النيتروجين Nitrogen

يعتبر عنصر النيتروجين من العناصر الغذائية الهامة في تغذية النبات . إذ يمتص النبات النيتروجين من التربة لسد احتياجاته وبناء أنسجه المختلفة فالنيتروجين يتحد مع المواد الكربونية المتكونة في النبات ليكون مئات المركبات العضوية المختلفة التي منها البروتينات والحوامض الامينية والاماييد والفيتامينات ومئات المركبات النيتروجينية الأخرى مما يعكس أهمية دراسة هذا العنصر الغذائي .

إن معظم المركبات المعدنية في التربة مثل مركبات الكالسيوم ومركبات البوتاسيوم والحديد وغيرها نشأت من تحلل الصخور الاصلية او المعادن الأولية أو الثانوية المكونة لهيكل التربة . أما النيتروجين الموجود بالتربة فمصدره الاصلى هو الهواء الجوى ، إذ يشكل النيتروجين 79.8% من حجم الهواء الجوى . فقد أشاره (Delwiche 1970) الى أن الهواء الجوى من حجم الهواء الجوى يحتوي على 3.8×10^5 طن من النيتروجين . وبالطبع فإن النباتات غير قادره على الاستهلاك المباشر للنيتروجين الجوى ، بل إن الاستفادة تقتصر لحد ما على انواع قليلة جدا من الاحياء الدقيقة التي تقوم بتحويله الى مركبات عضوية خلال عملية خاصة يطلق عليها ((التثبيت النيتروجين nitrogen fixation)) وتتخلص هذه العملية بقيام أنواع مختلفة من الاحياء الدقيقة التي تمتلك القدرة على إختزال النيتروجين الجوى الى NH_3 تحت ظروف خاصة من الحرارة والضغط ومن ثم يتحول الى مركبات عضوية وبذلك تؤدي هذه الاحياء دورا هاما في تحديد طبيعة دورة النيتروجين Nitrogen cycle حيث تمسك صمام تحويل جزيئات النيتروجين الجوى الى مركبات عضوية . ولايمكن التقليل من اهمية هذه العملية في زيادة محتوى الترب من النيتروجين فقد أكد (Chatt,1976) بأن الكمية من النيتروجين المثبتة بايولوجياً في انحاء العالم تكون بحدود 17.2×10^7 طن لكل موسم وبالطبع فإن هذا الرقم يفوق بأربع مرات كمية النتروجين المصنعه كيميائياً .

اما الاحياء المسؤولة عن تثبيت النيتروجين الجوى فهي :-

1) انواع الطحالب الزرقاء المخضرة Blue- green algae

2) البكتريا الحرة : اهمها

أ. الازوتوباكتر **Azotobacter** : وهي بكتريا هوائية تنتشر في مختلف الترب ما عدا الحامضية ذات ph اقل من 6.

ب. الكلوستريديوم **Clostridium** : هي بكتريا لا هوائية تختلف عن الازوتوباكتر في قدرتها على تثبيت النتروجين في الترب الحامضية ذات ph اقل من 6 .

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

ان قدرة البكتريا الحرة على تثبيت النتروجين تحت الظروف الاعتيادية تكون محدودة بسبب حاجتها مصدر للطاقة . وتتراوح الكمية المثبتة بواسطة هذه البكتريا بين 5 - 10 كغم نايتروجين/ هكتار (krikby and mengel ،1979)

3) كائنات دقيقة تثبت النايتروجين بالتكافل مع كائن حي آخر

أ. بكتريا العقد الجذرية والمحاصيل البقولية . إن اهم الاجناس التي تعيش تكافلياً Symbiotic مع جذور البقوليات Legume هي Rhizobium ولهذا النوع من النشاط التكافلي أهمية اقتصادية كبيرة لمساهمته الفعالة في تثبيت النايتروجين الجوي . فقد أشار (Stewart 1967) الى أن قابلية البرسيم والجت على تثبيت النايتروجين الجوي يتراوح تحت أفضل ظروف النشاط بين 100 – 400 كغم نايتروجين لكل هكتار سنوياً .

ب. تثبيت النايتروجين الجوي بواسطة بكتريا العقد الجذرية التي تتكافل مع النباتات غير البقولية مثل نباتات الكازورينا .

ت. تثبيت النايتروجين الجوي بواسطة نباتات Cycads إذ تمتاز النباتات التابعة لهذه المجموعة بكون جذورها القريبة من سطح التربة تحمل تركيبات قريبة الشبه بالعقد الجذرية وبداخلها طحلب أخضر مزرق . وتحصل عملية التثبيت من خلال المعيشة التكافلية للأثنين .

ث. تثبيت النايتروجين بواسطة عقد خاصة بداخلها انواع من البكتريا مثل الازوتوباكتريا Azotobacter والبيجيرنكا Beijerickia تحملها اوراق بعض

معدنة النايتروجين العضوي Mineralization of organic nitrogen

يطلق على عملية المركبات العضوية النايتروجينية الى صور نايتروجينية معدنية بهيئة أيون الامونيوم ammonium ion وايون النترات nitrate ion بعد النايتروجين العضوي . وكما سبق أن أوضحنا فإن لنشاط احياء التربة الدقيقة دوراً هاماً في مسيرة هذه العملية ، ويمكن تقسيم عملية معدنة النايتروجين العضوي الى مرحلتين رئيسيتين هي :

أسمدة وخصوبة التربة

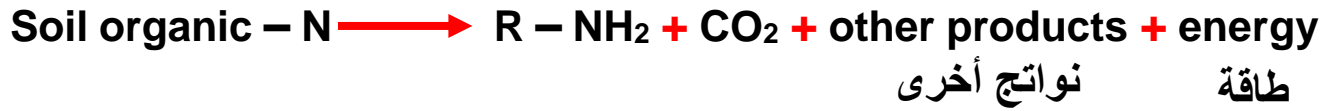
المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

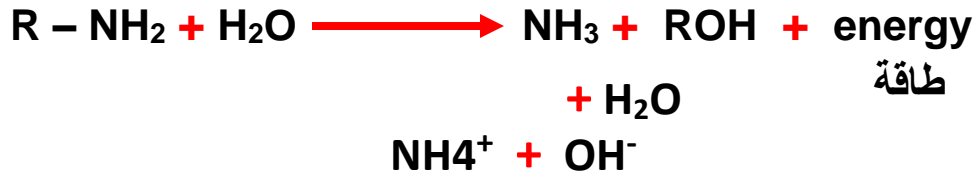
الجزء النظري

أولاً :- عملية النشدة Ammonification

يقصد بعملية النشدة تحول المركبات العضوية النيتروجينية الى ايون الامونيوم وتتم هذه العملية بخطوتين ، الأولى تتحول المركبات البروتينية الى أحماض امينية amino acids بواسطة احياء التربة الدقيقة



ثم تقوم احياء التربة الدقيقة بتحويل الاحماض الامينية (R - NH₂) الى امونيا التي تكون بدورها أيون الامونيوم



ويمكن ايجاز الاحتمالات التي سترافق ايون الامونيوم المتكون في الربا بالآتي :

- 1) يدخل في تفاعلات التبادل الأيوني
- 2) قد يمتص من قبل النباتات النامية
- 3) يستغل من قبل احياء التربة المحللة للمادة العضوية
- 4) يثبت في غرويات التربة التي تمتاز بقابليتها التثبيئية
- 5) قد تتطاير الامونيا المتكونة قبل تحويلها الى ايون الامونيوم بالأخص عند توفر الظروف المناسبة لذلك
- 6) يكون فقد ايون الامونيوم أثناء الري (الفقد بالغسل) محدودا وقد يكون معدوماً . فقد أشار (Enzmann, 1983) الى أن زيادة نسبة الطين يقلل من كمية الامونيوم المتحركة مع الماء الأرضي
- 7) قد يتحول ايون الامونيوم بفعل احياء متخصصة الى نترات من خلال عملية النترجة nitrification

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

. وتساهم احياء التربة الدقيقة من بكتريا وفطر والاكينتومايسيت actinomycetes في عملية تحلل الناييتروجين العضوي وتحرر أيون الامونيوم . ولا بد من مناقشة العوامل التي تؤثر على عملية النشرة وبالأخص ما يتعلق منها بتركيب المادة العضوية والظروف المحيطة بعملية التحلل .

1- نسبة الكربون الى الناييتروجين

تلعب نسبة الكربون العضوي الى الناييتروجين ($\frac{C}{N}$ ratio) دورا هاما في عملية تفسخ

المادة العضوية . وتتراوح هذه النسبة بين $\frac{8.5}{1}$ - $\frac{15}{1}$ حسب ما أورده (1973

, Russell) ، وإن الحصول على قيمة لهذه النسبة بما يساوي 10 يدل على ظروف التربة

الزراعية الجيدة التهوية . إننا لن نحاول هنا أن نتطرق بالتفصيل الى دراسة ميكانيكية تحلل المادة العضوية : بل لا بد من الاشارة الى انه كلما كانت نسبة الكربون الى الناييتروجين واسعة أي أن المادة العضوية تحتوي على نسبة واطئة من الناييتروجين فإن ذلك يعني الاستهلاك لجميع الناييتروجين من قبل الاحياء الدقيقة المحللة في بناء أنسجتها ولا ينتج عن ذلك أي تحرر للامونيا . بل أن زيادة الكربون في المادة العضوية قد يدفع الكائنات الدقيقة الى استعال الناييتروجين المعدني المضاف أو الموجود أصلا بالتربة . لذا يمكن القول بأن معدل تحلل مخلفات البرسيم المضافة للتربة اسرع من تحلل قش القمح Wheat straw أتساع نسبة (C/N) في الأخير . ويوضح الشكل (2) العلاقة بين معدل معدنة الناييتروجين العضوي ونسبة الكربون الى الناييتروجين الموجودة بالمخلفات العضوية . ويمكن الاستنتاج بشكل واضح أن الناييتروجين المتحرر من عملية المعدنة يكون اكبر عندما تكون المادة العضوية غنية بالنايتروجين . والجدول (2) يشير الى معدل معدنة الناييتروجين خلال فترة عام في ترب مختلفة النسجة وتأثير نسبة الكربون الى الناييتروجين على ذلك وتختلف قدرة الاحياء الدقيقة على تحلل المواد العضوية وفقا للتركيب الكيماوي العام لهذه المواد .

ولا بد من الاشارة الى وجود مدى حرج Critical range لقيم نسبة الكربون الى الناييتروجين وكذلك لقيم الناييتروجين بالمخلفات العضوية ومن خلال هذا المدى يمكن تحديد قابلية هذه المخلفات العضوية لتحرر ناييتروجين معدني لمحلل التربة أم لا . كما أن اغلب المصادر العلمية تحدد المدى لقيمة نسبة الكربون الى الناييتروجين بين 15 الى 33 . والنسبة المئوية لمحتوى المخلفات من الناييتروجين هو من 1.2 الى 2.6 . ولا يمكن التقليل من أهمية هذه القيم بالأخص عندما تكون هنالك رغبة في تفضيل نوع من المخلفات العضوية دون غيره لحصر الفائدة في الحصول على كمية اكبر من الناييتروجين .

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

2- الظروف البيئية المحيطة

تؤدي الظروف البيئية من درجة حرارة ورطوبة وتهوية و pH وغيرها دوراً كبيراً في تحديد طبيعة نشاط احياء التربة الدقيقة المساهمة في عملية معدنة المركبات النايتروجينية العضوية . وعندما نرغب في معرفة أفضل الظروف فلا بد من دراسة هذه العوامل بشكل منفرد وبحالتها المتداخلة . ولو حاولنا القول بأن لـ (pH) التربة دور كبير في تحديد عملية المعدنة فإن القلوية تزيد من عملية المعدنة وأن أفضل قيم الـ pH في الترب المناسبة لهذه العملية هي 6.5 – 8 كما تشير الى ذلك معظم المصادر العلمية . كما أن أفضل مدى لدرجة الحرارة من 35-45 م والانخفاض عن هذا الحد والتجاوز عليه يعرقل هذه العملية

ثانياً :- عملية النترجة Nitrification

يطلق على عملية تحويل (الاكسدة البايولوجية) الامونيوم الناتجة من عمليه النشدره أو المضافة الى التربة الى نترات nitrate بعملية النترجة . وتشمل هذه العملية خطوتين ، **الاولى** تتأكسد فيها الأمونيا الى نتريت nitrite بواسطة بكتريا هوائية مثل Nitrosomonas والتي تمثلها المعادلة التالية :



وقد اشار كثير من الباحثين (مثل Holiman and Lees 1953) بأن هذه الخطوة تتم عبر خطوات ثانوية يتكون من خلالها مركبات وسطية مثل هايديروكسيل امين (Hydroxylamine) و نيتروكسيل (Nitroxyl)

والخطوة الثانية لعملية النترجة تحول النتريت الى نترات بواسطة بكتريا خاصة مثل Nitrobacter



ومن خلال ما ورد سابقاً يمكن تحديد الآتي

(1) إن عملية اكسدة الامونيوم تحتاج وفرة من الاوكسجين لذا فإن التي تؤثر على التهوية بالتربة سيكون لها تأثيراً مباشراً على هذه العملية . لذا فإن عملية النترجة تتأثر بالرطوبة العالية (Pf 1.0 – 2.0) وقد تتعطل هذه العملية تماماً عند خلق ظروف لا هوائية كما يوضح ذلك الشكل (3)

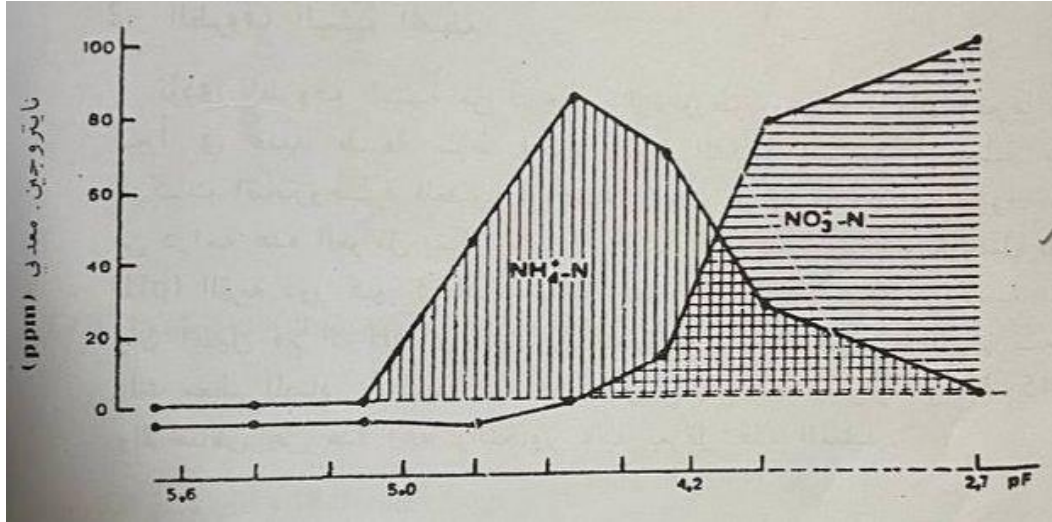
أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

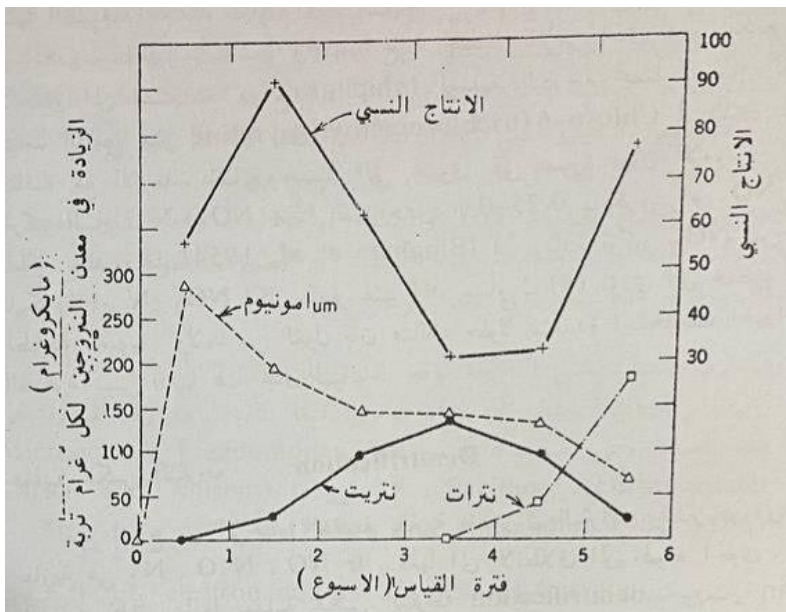
شكل (3) تأثير قيمة pF التربة على تجمع $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ و $\text{NO}_3^- - \text{N}$ في تربة طينية



(2) إن عملية النترجة تقلل من قلوية التربة بأستهلاكها للامونيوم وانطلاق ازواج من ايونات الهيدروجين الى الوسط مما يؤدي الى زيادة حموضة التربة (شكل 4) . ولكن قد لا يحصل هذا الامر بشكل واضح في الترب العالية المحتوى من كاربونات الكالسيوم (الترب الكلسية) . وقد تكون هذه النقطة ذات جدوى علمية للتعرف على مدى تأثير عملية النترجة في خفض PH الترب العراقية والأخص ذات المحتوى العالي من كاربونات الكالسيوم

$\text{NO}_3^- - \text{N}$ وان PH التربة حافظ عند قيمته (6.2) حتى الاسبوع الخامس والسادس من

التجربة . والشكل (7) يلخص تلك النتائج



شكل (7) استجابة محصول الذرة الصفراء لسماد اليوريا المضاف لتربة مزيجية رملية (PH = 7.4) حسب ما اورده (Court et al , 1962)

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

ومن الشكل السابق يتضح الضرر الذي يصيب الانتاج خلال عملية النتجة بسبب التركيز العالي من ايون $\text{NO}_2^- - \text{N}$ الذي ادى الى موت بعض النباتات وعلى الرغم من ذلك فقد استخدم سماد اليوريا منذ سنوات في العراق بنجاح دون ظهور أي اعراض ضارة بل كانت الاستجابة لهذا السماد جيدة كما مبين في نتائج Fathalla, 1978, Al Ani, 1973, Ahamad, 1975 وغيرهم

الأسمدة النيتروجينية Nitrogen fertilizers

لقد سبق أن أوضحنا أن النبات يمتص النيتروجين إما بصورة ايون امونيوم أو ايون نترات لذا فإن معظم الأسمدة الكيماوية المصنعة تحتوي على إحدى الصورتين أو على كليهما معاً . ولهذا فإننا سنحاول تقسيم الاسمدة النيتروجينية الى خمسة اقسام هي :-

- 1) الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين بصورة أيون امونيوم (NH_4^+)
- 2) الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين بصورة أيون النترات (NH_3^-)
- 3) الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين بصورتين ها ايون الامونيوم وايون النترات.
- 4) الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين بصورة أميد -NH_2 amide
- 5) مجموعة الأسمدة السائلة.

وسنحاول بإيجاز شرح صناعة الأسمدة النيتروجينية وخصائصها ضمن الأقسام المبينة اعلاه

اولاً: الأسمدة التي تحتوي على أيون الامونيوم

إن جميع هذه الأسمدة ذائبة بالماء كما إن أيونات الامونيوم المتحررة من هذه الأسمدة تتأكسد بسرعة في الترب المتعادلة neutral soils والترب القليلة الحامضية 'Slightly acid soils' الى أيون النترات ، ويختلف تأثير هذه الأسمدة من خلال التأثير الحامضي على خواص التربة ، واهم هذه الأسمدة هي:

1. سماد كبريتات الامونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

يحتوي هذا السماد على 21% نيتروجين و 23.4% كبريت . ويحضر هذا السماد من تحضير الامونيا بطريقة هابر - بوش وذلك باستعمال النيتروجين الجوي وهايروجين الماء ثم يمرر مخلوطا في خزانات تحتوي على جبس مطحون ثم يمرر غاز ثاني أوكسيد الكربون تحت ضغط قوي مما يؤدي الى تكوين كاربونات الامونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ثم تدفع مادة الكاربونات للتفاعل مع الجبس من جديد لينتج كبريتات الامونيوم

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري



ويفضل محلول هذا السماد ويرشح ويبخر. يمكن تحضير هذا السماد من تفاعل الأمونيا الناتجة من غازات في صناعة تقطير فحم الكوك مع حامض الكبريتيك



يفضل تنقية الأمونيا من الشوائب قبل الاستعمال.

2. سماد كلوريد الأمونيوم NH_4Cl

يحتوي هذا السماد على 26% نيتروجين ، كما يحتوي هذا السماد على نسبة لابأس بها من الكلوريد مما يقلل من فائدة استخدامه في الترب المتأثرة بالاملاح. يعتبر هذا سماد شائعاً في اليابان. ويفضل أيضاً على سماد كبريتات الأمونيوم عند إضافته إلى الأراضي المزروعة بالأرز لتجنب عملية اختزال الكبريتات وتكوين غاز H_2S السام للنبات. ويحضر هذا السماد من تفاعل كربونات الأمونيوم المحضرة في الخطوة السابقة مع كلوريد الصوديوم



يحتوي هذا السماد على نسبة قليلة من الصوديوم بالإضافة إلى محتواه من الكلوريد.

3. سماد فوسفات احادي الامونيوم $NH_4H_2PO_4$

يحتوي هذا السماد على 11% نيتروجين و 21% فسفور ، وسنشرح طريقة صنع هذا السماد لاحقاً في الفصل الثالث.

4. سماد فوسفات ثنائي الامونيوم $(NH_4)_2HPO_4$

يحتوي هذا السماد على 16-21% نيتروجين و 21-23% فسفور وسنتناول اسلوب صناعته في الفصل الثالث.

ثانياً :- الأسمدة التي تحتوي على أيون النترات

تكون جميع الأسمدة الحاوية على النيتروجين بصورة ايون النترات الذائبة بالماء. وان اختيار أي نوع من هذه الأسمدة يعتمد على الأيون المرافق ، قد تكون البوتاسيوم أو الكالسيوم أو الصوديوم أو الأمونيوم

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

ب- سماد نترات الأمونيوم مع الكلس

يحتوي هذا السماد على 20.5% نيتروجين و 0.6% كبريت و 10% أوكسيد الكالسيوم (CaO) وهو عبارة عن سماد نترات الأمونيوم المغلف بمادة الدولومايت ، وبذلك تساعد التركيبة الجديدة على معالجة الحموضة الناتجة عن عملية النترجة ومن هذا يمكن نقله باليد ويمتاز هذا السماد بحبه الشديد للماء.

رابعاً :- الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين بصورة أميد Amides

1. اليوريا (NH₄)₂CO

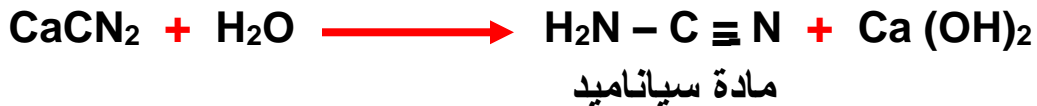
يطلق عليها Carbamide تحتوي اليوريا urea على 46% نيتروجين وهو سماد عالي الذوبان بالماء وشديد التميع لخاصيته العالية لحب الماء . يحضر هذا السماد من معاملة الأمونيا مع غاز ثاني أوكسيد الكربون مما يشير الى رخص تكاليف صناعته.



ويحتوي سماد اليوريا على 1.5_2% مادة بيوريت biuret وهي مادة سامة للنبات. يباع سماد اليوريا في صورة حبيبات بيضاء ويستعمل بكثرة في العراق.

2. سماد سياناميد الكالسيوم CaCN₂

يحتوي هذا السماد على 21-22% نيتروجين. هو سماد أخضر كثير الشوائب يتحول بعد اذابته بالماء إلى يوريا



ثم تتحلل اليوريا في التربة محررة ايون الامونيوم وثاني اوكسيد الكربون وماء. ويفضل إضافة سماد سياناميد الكالسيوم غالباً الى الترب الحامضية وذلك لانه يؤدي إلى رفع pH التربة بسبب تكوين هايدروكسيد الكالسيوم. ويحتاج هذا السماد أثناء تحلله الى كمية عالية من الماء.

يحضر هذا السماد من تفاعل اوكسيد الكالسيوم مع الكربون



أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

وبعد امرار غاز النايتروجين على نواتج التفاعل يتكون



وبسبب خطورة هذا السماد على النبات النامي يفضل تجنب إضافته بالقرب منه ولهذا السبب قل استعماله في الآونة الأخيرة

3. سماد اليوريا المغطاة بالكبريت Sulpher coated urea

يحتوي هذا السماد على 40% نايتروجين و 10% كبريت . ويحتاج هذا السماد الى بكتريا تؤكسد الكبريت لازالة التغليف لتبدأ اليوريا بالتحال . إن عملية اكسدة الكبريت تساهم بشكل دقيق في تنقيب الغلاف الكبريتي مما يساعد على خروج اليوريا وتحللها.

4. سماد فوسفات - يوريا Phosphate - urea

يحتوي هذا السماد على 17.7% نايتروجين و 19.6% فسفور أي ما يعادل 44.9% خامس اوكسيد الفوسفوريك (P₂O₅) يحضر هذا السماد من خلط اليوريا مع حامض الفوسفوريك



5. سماد اليوريا - فورمالديهايد Urea- Formaldehyde

تختلف قدرة هذا السماد على الاذابة بالماء على نسبة اليوريا الى نسبة الفورمالديهايد . ويحضر هذا السماد من تفاعل اليوريا مع الفورمالديهايد وهو يحتوي على نسبة لا تقل عن 40% نايتروجين . ويمتاز هذا المحتوى النايتروجيني بالانطلاق البطيء ليتحرر بصورة جاهزة . وقد يضاف هذا السماد مباشرة الى المحاصيل الزراعية أو قد يخلط مع اضافات محددة من اسمدة نايتروجينية أخرى



لقد اشار بعض الباحثين الى إنه من الممكن التقليل من مشاكل استعمال اليوريا كسماد وذلك بأستعمال مشتقات اليوريا الحامضية مثل نترات اليوريا Urea nitrate وفوسفات اليوريا Urea phosphate وكذلك درسوا كفاءة هذه الاسمدة في تجارب حقلية مختلفة فأشارت النتائج الى الكفاءة العالية لسماد فوسفات اليوريا كما لاحظ البعض أن حامض الفوسفوريك المتحرر من هذا

أسمدة وخصوبة التربة

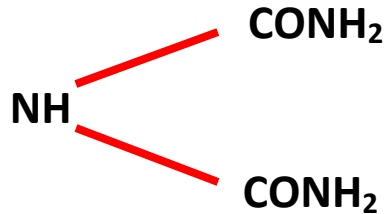
المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

السماذ يعمل على تقليل التحلل الانزيمي لليوريا بواسطة انزيم اليوريز ، وبذلك يقلل من فقد الامونيا أيضاً .

ومن اهم الاعتراضات ضد استعمال اليوريا كسماذ هي :-



(1) يحتوي سماذ اليوريا على مادة البيوريت Biuret التي تتكون نتيجة اتحاد جزيئين من اليوريا عند ارتفاع درجة حرارة التصنيع الى اعلى من الحدود الاعتيادية

التركيب الكيميائي للبيوريت

وهذه المادة سامة جداً للنبات ، ويزداد تأثيرها مع ارتفاع محتواها في السماذ . كما تشير نتائج جدول (13) الى تأثيرها على انتاجية محصول الحنطة (Brage et al .1960) ويجدر التوضيح هنا بأنه غالباً ما تحتوي اليوريا المحضرة صناعياً على كمية تقل عن 1.5 – 2% .

جدول (13) تأثير محتوى سماذ اليوريا من البيوريت Biuret Content على نمو محصول الحنطة الشتوية

نسبة النمو بالمقارنة مع المعاملة القياسية مع معدل اضافة النايتروجين			نسبة البيوريت %	السماذ
40	20	10		
88.0	101.3	95.6	—	نترات الامونيوم
83.5	81.9	94.2	2.5	نترات الامونيوم
26.7	62.3	80.4	2.5	يوريا
19.9	42.0	60.7	5.0	يوريا
9.1	28.3	41.5	10.0	يوريا

طريقة وموعد إضافة الأسمدة النايتروجينية

تضاف الاسمدة النايتروجينية للتربة مباشرة وبطرق متعددة وفقاً لطبيعة السماذ والظروف المحيطة به وخصائص التربة . ومن الطرق الشائعة خلط السماذ مع الطبقة السطحية من التربة أو قد ينثر السماذ broadcasting على السطح اما قبل أو بعد الري . ويمكن إضافة الاسمدة النايتروجينية

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

مع ماء الري (اذابة) أو بهيئة التلقيم banding بالقرب من النبات . وقد اشارت بعض الابحاث الى الكفاءة الجيدة في اضافة الاسمدة النايتروجينية بالرش foliar .

إن اختيار الطريقة المناسبة يتطلب تحديد نوع السماد المطلوب إضافته وخصائصه الكيميائية والفيزيائية بالإضافة الى خصائص التربة والقدرة الفنية المتوفرة لتنفيذ طريقة الاضافة . وتعزز الطريقة المناسبة زيادة كفاءة الاسمدة من خلال تقليل حالة التدهور والفقد وتوفير الظروف الملائمة لسيادة الصور النايتروجينية المطلوبة في تغذية النبات . ويجب أن تخلق الموازنة الدقيقة لتوفير النايتروجين وبصورة المطلوبة في منطقة انتشار المجموع الجذري .

إن اضافة الأسمدة النايتروجينية يفضل غالباً قبل موعد الزراعة بفترة قصيرة وينطلق هذا من أهمية توفر هذا العنصر منذ بداية موسم النمو لمساهمة في بناء خلايا النبات وأنسجته . بالإضافة الى تجنب البذور والبادرات الصغيرة التركيز العالي من الامونيا أو بعض نواتج عملية النترجة الضارة . وقد تضاف الكمية الكلية من الاسمدة النايتروجينية المطلوب إضافتها بدفعتين ، الاولى قبل أو اثناء موعد الزراعة والثانية يحددها نوع السماد وطول موسم النمو ولكنها غالباً ما تضاف بعد فترة لا تزيد عن شهر على موعد الزراعة . وقد اتجهت عدة دراسات الى تحديد المواعيد المناسبة لاضافة الدفعة السادية وكميتها وعددها للمحاصيل الزراعية المختلفة النامية في ترب مختلفة الخصائص

إن طريقة إضافة الاسمدة النايتروجينية وموعدها لا تحدد الكمية المضافة بل إن الأخيرة تعتمد على محتوى التربة من النايتروجين الجاهز أو الكلي (كتعبير عن الكمية الجاهزة) ونوع المحصول وطول موسم النمو والظروف البيئية المحيطة وخصائص التربة والسماد . وبصورة عامة تتراوح الكمية المضافة من النايتروجينية بين 20 – 200 كغم/ هكتار سنوياً

الفصل الثالث / الفسفور

يعتبر عنصر الفسفور من العناصر الغذائية الرئيسية macronutrients ويمتص النبات هذا العنصر لسد احتياجات مختلف العمليات الحيوية مثل عملية التركيب الضوئي وتكوين النوايا وأنقسام الخلايا وتكوين البذور وتنظيم العمليات الخلوية ونقل الصفات الوراثية ، كما إن لهذا العنصر دوراً رئيسياً في تكوين المركبات الغنية بالطاقة . ويوجد الفسفور في الأنسجة المرستمية وينتقل بسهولة داخل النبات لذا فإنه يتحرك من الأنسجة القديمة الى الأنسجة الحديثة في حالة النقص في كمية الفسفور الجاهز للنبات . وعلى الرغم مما تقدم فإن محتوى أي نبات من الفسفور أقل من محتواه من النايتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم . وسنحاول في هذا الفصل دراسة عنصر الفسفور من ناحية صورته ومصادره والعوامل المؤثرة على جاهزيته

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

محتوى التربة من الفسفور والعوامل المؤثرة عليه

إن محتوى الترب من الفسفور الكلي total phosphorus قليل جدا كما تشير الى ذلك معظم المراجع العلمية ، ويمكن القول أيضا بأن هذا المحتوى يتأثر بعوامل عديدة مثل محتوى التربة من المادة العضوية وخصائص مادة الاصل Parent material ودرجة التجوية degree of weathering لذا فإنه يختلف بمدى واسع من تربة إلى أخرى وفقا لتأثير تلك العوامل . فقد وجد Consbeare و Lipman عام 1939 أن معدل محتوى الطبقة السطحية (15 سم لمعظم الترب الامريكية المزروعة لا يتجاوز 0.06 فستور . كما أشار (Metson .1961) الى إن محتوى الترب من الفسفور الكلي لا يتجاوز 0.2 ، وفي دراسة المقارنة وجد (Goldschmidt 1954) أن الترب المشتقة من صخور قاعدية تكون اغنى من

صور الفسفور في التربة Forms of Soil Phosphorus

يمكن تقسيم صور الفسفور في التربة وبشكل عام الى

- (أ) الفسفور المعدني inorganic phosphates
(ب) الفسفور العضوي organic phosphates

ومن خلال هذا التقسيم سنحاول التعرف على صور الفسفور في التربة ، وسنبدأ أولاً بالصور المعدنية.

أولاً :- صور الفسفور المعدني

يوجد الفسفور بالتربة بصور مختلفة معدنية يمكن تصنيفها على اساس خواصها الفيزيائية والكيميائية والمعدنية mineralogical . وبشكل عام فإن الفسفور بالتربة يوجد على هيئة مركبات تحتوي على الكالسيوم او الالمنيوم او الحديد أو الفلور او عناصر أخرى . ولخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية دور كبير في تحديد سيادة هذه المركبات في الترب المختلفة

إن جميع هذه المركبات قليلة الذوبان بالماء لذا فإن جاهزيتها للذبات محدودة جداً او قد تكون معدومة . ويشكل معدن الأبتايت Apatites الجزء الأكبر من صور الفسفور في الترب المعدنية

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

وهناك اربعة انواع من الأبتايت وهي :-

- 1- هايدروكسي ابتايت Hydroxy apatite $Ca_{10} (PO_4)_6 (OH)_2$
- 2- فلور ابتايت Fluor apatite $Ca_{10} (PO_4)_6 (F)_2$
- 3- كلورو ابتايت Chlor apatite $Ca_{10} (PO_4)_6 (Cl)_2$
- 4- كاربونت ابتايت Carbonate apatite $Ca_{10} (PO_4)_6 (CO_3)$

وقد اشارت معظم الدراسات الى أن اكثر هذه الانواع شيوعاً هو معدن الهايدروكسي ابتايت ومعدن الفلورو ابتايت

إن الفسفور الذائب في محلول التربة يمتز في الترب الكلسية على سطح كاربونات الكالسيوم او يتفاعل مع ايون الكالسيوم مكوناً مركبات فوسفات الكالسيوم Calcium phosphates compounds أما في الترب الحامضية فإن الفسفور يمدص على أسطح أكاسيد الحديد والالمنيوم او يترسب على هيئة مركبات فوسفات الحديد أو الالمنيوم Iron and aluminium phosphates compounds وسنحاول لاحقاً شرح ميكانيكية تكوين هذه المركبات . ولكن ما يهمنا ذكره الآن هو تحديد نوعية المركبات السائدة في ظل ظروف الترب الكلسية والحامضية ولا يمكن النظر الى مركبات فوسفات الكالسيوم او فوسفات الحديد أو الالمنيوم على أنها مركبات مستقرة بل إنها تتأثر بخواص التربة والوقت والظروف الأخرى المحيطة ومما يؤكد ذلك تعدد صور المركبات الفوسفاتية وخصائصها المنتشرة في الترب . ويوضح الجدول (1) بعض المركبات الفوسفاتية الشائعة الأنتشار في الترب .

المركب	رمزه
هايدروكسي ابتايت	Hydroxy apatite $Ca_{10} (PO_4)_6 (OH)_2$
فلور ابتايت	Fluor apatite $Ca_{10} (PO_4)_6 (F)_2$
فوسفات ثنائي الكالسيوم	Dicalcium phosphate $CaHPO_4$
فوسفات ثلاثي الكالسيوم	Trialcium phosphate $Ca_3 (PO_4)_2$
الفرسكايت	Variscite $AlH_2PO_4 (OH)_2$
السترنكايت	Strengite $FeH_2PO_4 (OH)_2$

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

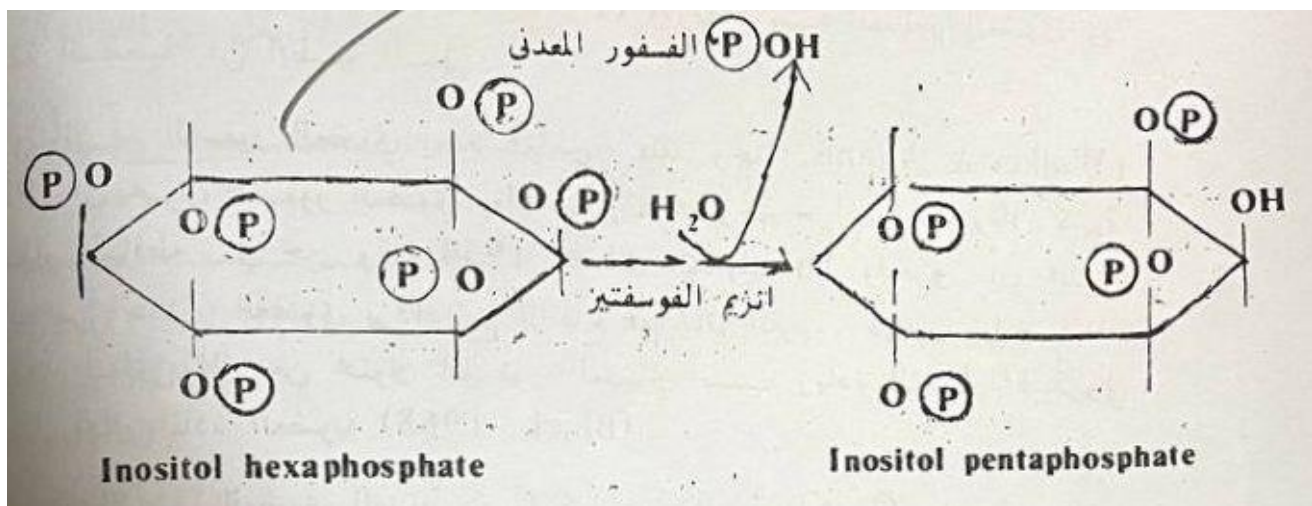
الجزء النظري

ثانياً :- صور الفسفور العضوي

يختلف محتوى الترب من الفسفور العضوي إختلافاً شاسعاً إذ يشكل ما بين اقل من 20%-80% من الفسفور الكلي بالطبقة السطحية . فقد وجد (Sen Gupta and Corfield. 1962) أن الفسفور العضوي يكون حوالي (14.5 %) كمعدل في الترب الكلسية ، وذكر (Kalia 1963) أن قيم الفسفور العضوي في الطبقات السطحية المزروعة تتراوح ما بين 100-940 جزءاً بالمليون ، بينما وجد (Brogowski 1966) أن محتوى الفسفور العضوي الموجود في الطبقات الدبالية يمثل (33.4 %) من قيم الفسفور الكلي . وبين (Greb and Olsen , 1967) أن الفسفور العضوي يشكل (8-40 %) من الفسفور الكلي في الترب الكلسية.

لقد وجد (Amer and Aboul Rooa 1975) , في دراساتهم على ترب مصرية أن قيم الفسفور العضوي تراوحت بين 40 – 120 جزءاً بالمليون في الترب الطينية المزيجية وانها تنخفض الى 66.78 جزءاً بالمليون في الترب الرملية . وقد اوضح (Abdullatif 1975) , في دراسته على ترب عراقية أن الفسفور العضوي يمثل (12 – 20 %) من الفسفور الكلي . ولكن (Jasim . 1978) .

الغطاء النباتي التي تؤثر على نشاط احياء التربة وبالذات الاحياء المسؤولة عن عملية التحلل تؤثر بدورها على عملية المعدنة بشكل كبير. إن المعادلة الآتية التي (Mengel & Kirkby , 1982) تبين كيفية انطلاق الفسفور المعدني خلال عملية المعدنة ودور انزيم الفوسفاتيز في ذلك



أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

ويمكن النظر الى صور الفسفور بالتربة من زاوية أخرى عند إدخال الوقت كعامل إضافي في مناقشتنا وكذلك معدل جاهزية الصور المختلفة للنبات إذ تقسم جميع الصور الى ثلاث مجاميع ذات خصائص كيميائية وفيزيوكيميائية محددة وهي :-

1- صور الفسفور الذائبة في محلول التربة Soluble-P forms soil solution

إن محلول التربة يحتوي على كمية واطئة من الفسفور غالباً . وعند المقارنة فإن كمية الفسفور الممدصة على اسطح غرويات التربة المختلفة تكون اعلى بكثير من كمية الفسفور الذائبة غالباً ، وقد اكد (Pagel 1983) أن كمية الفسفور الذائبة في محلول التربة تمثل كمية لا تزيد عن 0.01 % من الفسفور الكلي بالتربة . في حين اشار (Mengel and kirkby 1982) الى أن كمية الفسفور الممدصة تزداد ما يقارب 10^2 - 10^3 عن كمية الفسفور الذائبة . وقد اشار معظم الباحثين الى أن تركيز الفسفور في محلول التربة يختلف من تربة الى أخرى ، فقد يصل تركيز الفسفور في بعض الترب الفقيرة جداً بالفسفور الى 10^{-8} مول (Russell 1973) ، بينما وجد (Nelson et al 1953) أن التركيز 10^{-4} مول يمثل مستوى جيد لمحتوى محلول التربة من الفسفور والتركيز 10^{-5} مول (يعادل 0.3 جزء بالمليون فسفور في محلول التربة) يمثل مستوى متوسط في معظم الترب .

لابد لنا بعد هذا الايضاح حول توزيع ايونات الاورثوفوسفات في محلول التربة وعلاقته مع قيم ال PH المختلفه من الرجوع مره أخرى الى علاقه هذه الصور بتغذية النبات . فالنبات يمتص الفسفور مباشرة من محلول التربة اما بصورة ايون $H_2PO_4^-$ واما بصوره ايون $HPO_4^{=}$ وتفضل النباتات امتصاص الفسفور غالباً بصوره ايون $H_2PO_4^-$ كما ان معدل امتصاصه اسرع بالمقارنه مع معدل امتصاص ايون $HPO_4^{=}$. وسنحاول في مكان اخر من هذا الفصل الرجوع مره ثانية لمناقشة عملية امتصاص النبات للفسفور وتأثير نوع الصورة وتركيزها في المحلول على ذلك .

2- صورة الفسفور في المستودع غير المستقر P-forms in the labile pool

تتمثل صور الفسفور المتجمعة ضمن هذه المجموعه الفسفور الممدص adsorption على اسطح غرويات التربة او المترسب حديثاً بهيئة مركبات فوسفات الكالسيوم او الحديد او الالمنيوم التي تمتلك اذابة عاليه بالمقارنه مع المركبات

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

تثبيت الفسفور Fixation of phosphates

يتعرض الفوسفور المضاف للتربة الى تفاعلات خاصة تؤدي الى تحوله الى صور غير جاهزة يطلق عليها بالصور المثبتة ومن خلال الدراسات التي قام بها عدد كبير من الباحثين وجد أن حوالي 20 – 30 % من الكمية المضافة تستغل من قبل النبات خلال السنة الاولى ، أما الكمية المتبقية فيمكن اعتبارها صور غير جاهزة في اغلب الاحوال . لذا فإن دراسة إسس تثبيت الفوسفور مع تغير خصائص الترب سيساعد على زيادة المعرفة الخاصة برفع كفاءة التسميد الفوسفاتي مما يكون لهذه الحالة مدلولات اقتصادية خاصة.

وتشمل عملية تثبيت الفوسفات التفاعلات الآتية:

1) امدصاص الفوسفات Phosphate adsorption

يقصد بالامدصاص الأيوني حركة العنصر من محلول التربة الى سطح معقد التربة دون التفاعل المباشر معه وبدون الأختراق لسطحه ليس كما يحصل في عملية تثبيت أيون الامونيوم . ويمدص الفسفور نوعياً Specific adsorption اي إن الكمية الممدصة لا يمكن إعادتها أو أرجاعها مرة ثانية الى محلول التربة وفقاً لأسس وقواعد التبادل الأيوني بل وفقاً لحالات خاصة ومن خلال عملية الأنطلاق desorption وتوصف عملية الامدصاص النوعي بواسطة معادلات خاصة تبين علاقة التوازن بين الفسفور الممدص على السطح والذائب في محلول التربة . فقد أستخدم (Watanabe Olsen 1957) معادلة لانجوميير langmuir (التي صممت خصيصاً لوصف امدصاص الغازات على الأسطح) في دراسة امدصاص الايونات على السطح :-

$$X = Kbc / (1 + kc)$$

إذ إن X تمثل الكمية الممدصة لكل وحدة وزن تربة

C عبارة عن التركيز للايون بعد الأتزان

K عبارة عن طاقة الربط للايون بالسطح في حين

B يمثل أقصى حد امدصاصي عند وصول حالة الامدصاص لتمثل طبقة واحدة Monolayer .

الكتابة بالون البرتقالي غير مطلوبة للتوضيح فقط

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

أ. التفاعلات بالترب الكلسية

تعرض الفسفور المضاف الى الترب الكلسية الى سلسلة من التفاعلات مع كربونات الكالسيوم او ايون الكالسيوم الذائب في محلول التربة أو المتبادل على سطح معادن الطين مكوناً مركبات فوسفاتية مختلفة ولو حاولنا تتبع سلسلة التفاعلات ابتداء من الصور الذائبة بمحلول التربة الى تكوين المركب الأكثر ثباتاً واستقراراً بالتربة ، لوجدنا ان زيادة تركيز ايون الكالسيوم مع ثبات تركيز الفسفور يساعد على تعجيل الوصول الى نهاية سلسلة التفاعل ، وهذا يعني خسارة الجزء الاكبر من الفسفور المضاف بعد تحوله الى صور غير جاهزة للنبات ، اي تحوله الى صور موقع المستودع المستقر . ومن أجل ذلك دعنا نتابع السلسلة التالية :-

نسبة Ca/P

(ايون الاورثوفوسفات الذائب في محلول التربة)	$H_2PO_4^-$	
يتفاعل مع ايون الكالسيوم	↓	
فوسفات احادي الكالسيوم	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	1: 2
Monocalcium phosphate	↓	
مع توفير مزيد من ايونات الكالسيوم		
وثبات تركيز الفوسفات		
فوسفات ثنائي الكالسيوم	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	1: 1
Dicalcium phosphate	↓	
مع توفر مزيد من ايونات الكالسيوم		
فوسفات ثلاثي الكالسيوم	$Ca_3 (PO_4)_2$	3: 2
Tricalcium phosphate	↓	
مع توفر مزيد من ايونات الكالسيوم		
فوسفات ثماني الكالسيوم	$Ca_8H_2 (PO_4)_6$	4: 3
Octacalcium phosphate	↓	
مع توفر مزيد من ايونات الكالسيوم		
فوسفات ثماني الكالسيوم	$Ca_{10} (PO_4)_6 (OH)_2$	5: 3
Octacalcium phosphate	↓	
مع توفر مزيد من ايونات الكالسيوم		
فلورو ايتايت	$Ca_{10} (PO_4)_6 (F)_2$	
Florapatite		

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

(2) محتوى الاكاسيد والهيدروكسيدات الحرة

لقد اوضحنا أن تفاعلات الفسفور المضاف للترب الحامضية تتجه أما الى أمصاص الفسفور على سطح الأكاسيد والهيدروكسيدات وأما الى التفاعل المباشر مع هذه المكونات مما يؤدي الى انتاج مركبات فوسفاتية للالمنيوم والحديد Al-and Fe-phosphates وقد اشار (Juo & Boyd, 1967) الى وجود سلسلة من نواتج التفاعل reaction products تبدأ بالمركبات الغروية amorphous ذات القدرة التجهيزية العالية للفسفور الى المركبات البلورية Crystalline الاكثر استقراراً وثباتاً والقليلة الذوبان مثل الفرسكايت والسترنكايت. وبين (Udo & Uz 1972) إن المركبات المتكونة من Al-P تبقى فترة أطول في حاله غروية (أي اكثر جاهزية) بالمقارنة مع المركبات المتكونة من Fe-P التي تحتاج لفترة قليلة لتتحول الى مركبات بلورية ثابتة . وبصورة عامة تساهم جميع الاكاسيد والهيدروكسيدات في تدهور صلاحية الفسفور كما إن زيادة محتوى التربة يساهم في تشجيع عملية الترسيب وتحويل الفسفور الى صور أقل سلسلة جاهزية للنبات تقع ضمن صور الحيز المستقر

(3) الرقم الهيدروجيني للتربة Soil-pH

يؤثر pH التربة على جاهزية الفسفور للنبات . فقد أشار (Black 1968) الى تفضيل النبات لأيون $H_2PO_4^-$, بالمقارنة مع الصور الايونية الأخرى . وإن تركيز أيون $H_2PO_4^-$ يحدده pH التربة ، إذ يقل تركيزه في محلول التربة القاعدية والحامضية ويسود في الترب المتعادلة. ويؤثر pH التربة ايضاً على تفاعلات ترسيب الفسفور إما من خلال التحول السريع للمركبات العالية الذوبان (مثل فوسفات ثنائي الكالسيوم) الى مركبات قليلة الذوبان مثل فوسفات اوكتا الكالسيوم . فقد اشار (Moreno et al 1960) الى أن ارتفاع pH التربة الى اعلى من 6.4 يؤدي الى سرعة تحول DCPD ← OCP أو تأثيره على تركيز الفسفور من الصور المختلفة (جدول 2). لذا أتجهت الدراسات الى اضافة مواد حامضية مثل الكبريت المعدني وغيرها لمعالجة التدهور السريع للفسفور بفعل pH التربة المرتفع في الترب الكلسية.

(هذه النقاط الثلاثة لم تذكر لأي موضوع – بداية الصفحة 146 في الكتاب)

1. تساهم الغرويات العضوية في حجب الايونات الموجبة (الكالسيوم - الالمنيوم - الحديد) من التفاعل المباشر مع الفسفور الذائب.
2. يرافق تحلل المواد العضوية إنطلاق غاز ثاني اوكسيد الكربون الذي يعمل على خفض pH التربة مما يساعد على اذابة بعض المركبات الفوسفاتية.

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

3. تعتبر المادة العضوية مصدراً جيداً للفسفور العضوي الذي يمتاز بقلّة تشبيته بواسطة غرويات التربة بالمقارنة مع الفسفور المعدني ، بالإضافة لقدرة احياء التربة لتحلله وتحوله الى صور معدنية جاهزة للنبات . وقد اشار (Mattson et al 1951) الى قدرة المادة العضوية في زيادة جاهزية مركبات فوسفات الكالسيوم (مثل الاباتايت) الى حوالي عشرة اضعاف . في حين درس Perrott 1979 كفاءة المادة العضوية في عرقلة تبلور المركبات الفوسفاتية الغروية في الترب الحامضية وقد اكدت النتائج أهمية اضافة المادة العضوية في عرقلة ترسيب الفوسفات في مثل هذه الترب . كما اكد (Amer et al 1980) دور المادة العضوية في زيادة جاهزية الفسفور للحنطة (جدول 3)

6) ملوحة التربة

إن الكايتونات الاملاح المختلفة تأثراً على اذابة الفسفور في الترب . فقد أشار كل من (Wild, 1950 Olsen 1953) الى إنخفاض جاهزية الفسفور عند زيادة ملوحة التربة . وقد اكد (Awad 1982) هذا الاستنتاج من خلال دراسته لتفاعلات الفسفور في نماذج من الترب العراقية (الملحية الكلسية) . ومن خلال تلك النتائج يمكن القول بأن الفسفور المضاف للترب القليلة المحتوى من الاملاح أو الكربونات الصلبة يبقى محافظاً على جاهزيته فترة أطول بالمقارنة الفسفور في ترب عالية المحتوى . كما أن اضافة الجبس بعد ازالة الاملاح من الترب يخفض الى حد ما اذابة الفسفور مقارنة بنفس المعاملة ولكن بدون اضافة الجنس الى نفس الترب المغسولة . علماً بأن هذا الانخفاض في اذابة الفسفور لم يصل إلى المستوى الذي عليه في الترب غير المغسولة من الاملاح وهذا بالطبع يؤكد أن اذابة الفسفور تتأثر بالقوة الايونية لحلول التربة ونوعية الايون الموجب الشحنة السائد على السطح (الشكل 5 و 6). كما وجد أيضاً أن امتصاص واستفادة محصول الذرة الصفراء من الفسفور قد تتأثر بمحتوى التربة من الملوحة والكربونات.

امتصاص الفسفور

يمتص النبات عنصر الفسفور بهيئة أيونية هي HPO_4^{2-} و $H_2PO_4^-$ ويمكن النظر الى الصورة الثانية ($H_2PO_4^-$) بانها الصورة الأكثر تفضيلاً . يستهلك الفسفور الممتص من قبل النبات دون تعرضه الى عملية اختزال كما يحصل ذلك بعد امتصاص النترات (NO_3^-) لذا يشترك الفسفور بصورته المتأكسدة حال امتصاصه في العمليات الحيوية المختلفة ، فقد اشار (Jackson and Hagen 1960) الى تحول % 80 من الفسفور الممتص وبعد 10 ثواني من امتصاصها الى

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

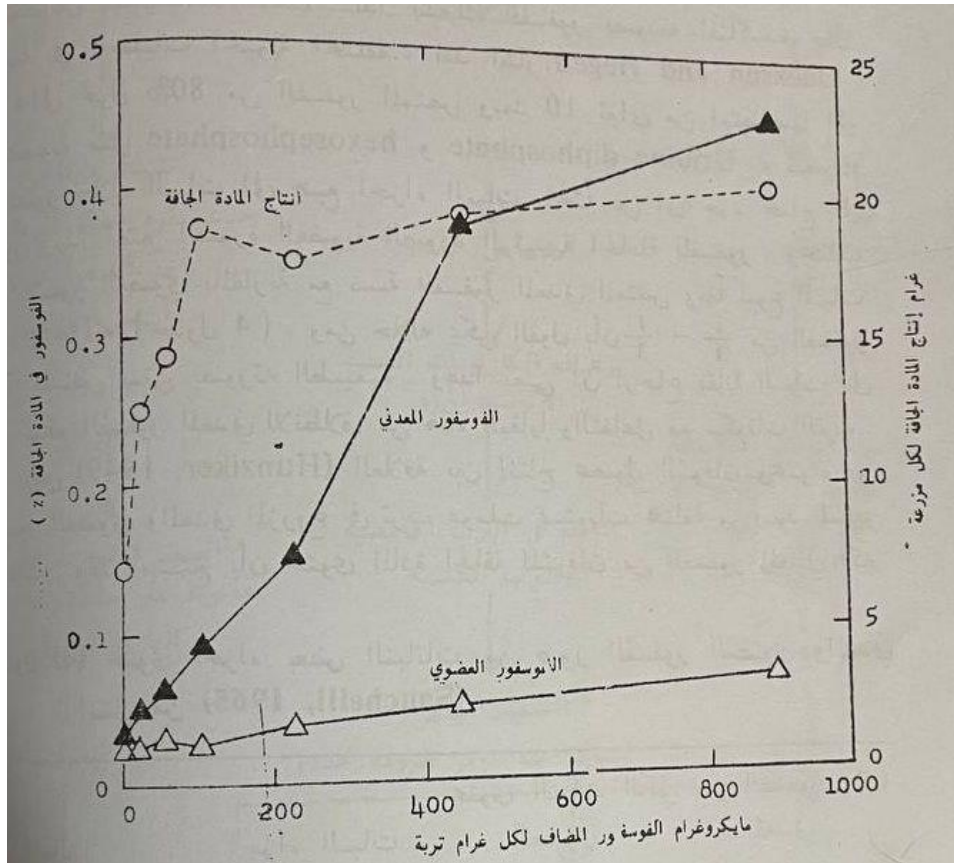
د. زينب كاظم

الجزء النظري

صور عضوية مثل hexosephosphate و Uridine diphosphate ثم تتحرك هذه الصور خلال النبات الى جميع اجزاء النبات باحثاً عن اي جزء يحتاج الى الفسفور وبهذا تعتبر الصورة العضوية الصورة الرئيسية الحاملة للفسفور . وتختلف نسبة الفسفور العضوي بالمقارنة مع نسبة الفسفور المعدني الممتص وفقاً لنوع النبات وعمره واجزائه (جدول 4) . ومن خلاله

يمكن القول بأن $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{3}$ من الفسفور المعدني الممتص يبقى بصورته الطبيعية . وهذا يعني

أن ارجاع بقايا النبات الى التربة يدفع الفسفور المعدني للانطلاق من هذه البقايا والتفاعل مع مكونات التربة . فقد درس (Hunziker 1949) العلاقة بين انتاج محصول الشوفان ومحتواه من الفسفور العضوي والمعدني المزروع في تربة عوملت بمستويات مختلفة سماد السوبر فوسفات . وقد أستنتج بأن محتوى المادة الجافة للشوفان من الفسفور المعدني اكبر من محتواها من الفسفور العضوي (الشكل 8) ، إذ يعتمد محتوى النبات من الصور العضوية على قدرة النبات على تحويل الصور العضوية وكذلك على معدل النشاط الحيوي في جميع اجزاء النبات.



الشكل (8) انتاج المادة الجافة لمحصول الشوفان ومحتوى انسجته من الفسفور المعدني والعضوي النامي في تربة عوملت بمستويات مختلفة من سماد الوبر فوسفات.

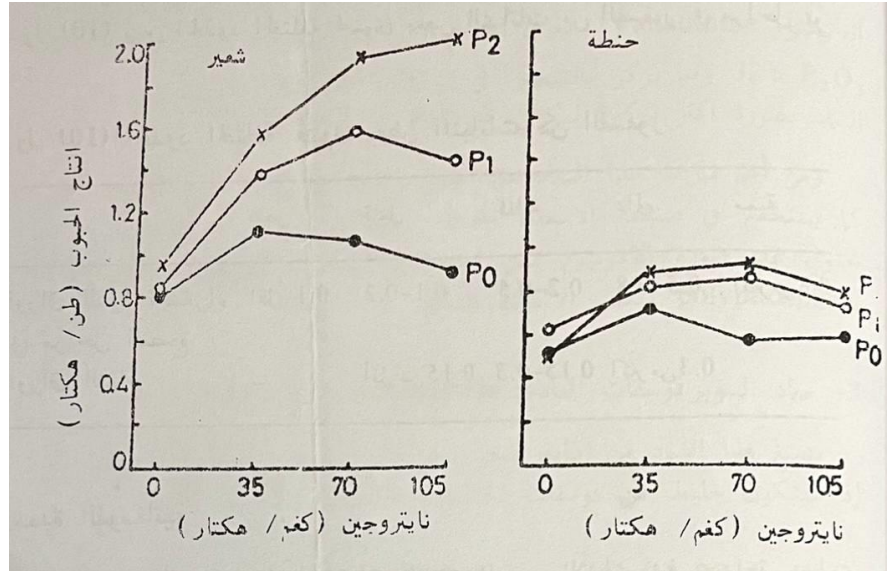
أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

الشكل (11) تأثير اضافة النتروجين على استجابة محصولي الحنطة والشعير للفسفور



اعراض نقص الفسفور

يعد الفسفور عنصراً متحركاً داخل النبات لذا فإن اعراض نقصه تظهر على الأوراق القديمة أولاً وتمتاز الاعراض اللونية باصفرار الأوراق مع تحول اللون الى ارجواني محمر وغالباً مايتلون الساق بلون احمر او قرمزي بسبب تكوين صبغة anthocyanin

ان نقص الفسفور يعني نقص الطاقة اللازمة لمختلف العمليات الحيوية مما ينعكس ذلك سلباً على عمليات مهمه مثل تكوين البروتينات والاحماض النووية nucleic acids وهذا بالطبع له تأثير على النمو. ان نقص الفسفور يؤدي الى صغر الساق ونحافته وصغر الأوراق مما يؤدي ذلك الى

تحديد النمو وبذلك تكون نسبة وزن الجزء الخضري قليلة . كما يساهم نقص هذا العنصر في وزن الجذور

خفض انتاج الثمار والحبوب وهذا يؤكد ان النقص يؤدي الى تأخر النمو ورداءة النوعية وغالباً مايكون محتوى الفسفور في المادة الجافة لنبات يعاني من نقص اقل من 0.1%

وإن الكمية المعبرة عن حدود الكفاية تختلف وفقاً لنوع النبات ومراحل النمو . وبشكل خاص فإن محتوى اجزاء النبات من الفسفور يقل مع تقدم النبات بالعمر . وجدول (10) يبين الحدود المختلفة لمحتوى بعض النباتات من الفسفور في مراحل نمو محددة

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

جدول (10) الحدود المختلفة محتوى بعض النباتات من الفسفور

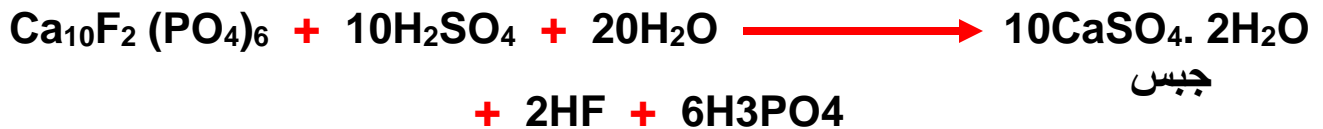
سمية	عالي	كفاية	قليل	نقص	
اكبر من 0.8	0.5 – 0.8	0.2 – 0.5	0.1 – 0.2	أقل من 0.1	أوراق الذرة الصفراء في مرحلة النضج
اكبر من 0.3	0.15 – 0.3		أقل من 0.15	—	اوراق التفاح

الاسمدة الفوسفاتية

يعتبر صخر الفسفور rock phosphat المصدر الاساسي في صناعة معظم الاسمدة الفوسفاتية . وكما هو معروف فإن هذا المصدر يتوفر بالتربة بصورة متعددة هي كاربونات وكلوريدات وفلوريدات وهاييدروكسيدات الابطايت $Ca_{10}(PO_3)_6$ والاساس العام في استخدام هذا المصدر لغرض تصنيع الاسمدة يبنى على تحطيم أو اصر الابطايت apatite bonds إما بمعاملته بالحامض وإما بالتسخين وبذلك يتحول الفسفور الى صورة اكثر ذوباناً . وسنحاول مناقشة خصائص الاسمدة الفوسفاتية الشائعة الاستعمال وطريقة صناعتها وهي :-

1. حامض الفسفوريك phosphoric acid

يصنع حامض الفسفوريك من معاملة صخر الفوسفات مع حامض الكبريتيك المركز ويطلق على هذه الطريقة الرطبة Wet Process أو الحامض الأخضر green acid كما تصفه المعادلة الآتية طبيعة التحضير :



ويمتاز الحامض المحضر بهذه الطريقة بلونه الأخضر لاحتوائه على شوائب مثل الفانديوم Vanadium يعزل الجبس بالترشيح ويبقى الحامض المخفف بمحتوى (32% P_2O_5) وقد يركز بالتبخير الى (52-55% PO_5) وحديثاً تم تصنيع هذا السماد بصورة أكثر تركيزاً ليكافيء (80-83% P_2O_5)

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

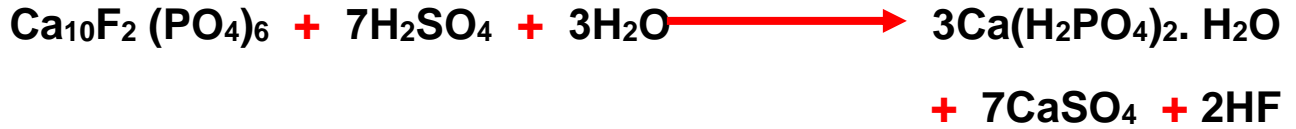
د. زينب كاظم

الجزء النظري

ومن أهم ميزات هذا السماد هو رخص وحدة خامس اوكسيد الفسفور المصنعة . كما يستخدم في صناعة الاسمدة المختلفة وبالأخص الاسمدة النايتروجينية التي تحتوي على صورة الامونيوم مثل سماد بولي فوسفات الامونيوم ammonium polyphosphate وبعض الاسمدة السائلة .

2. سماد السوبر فوسفات العادي Ordinary Superphosphate

يصنع هذا السماد من اذابة صخر الفوسفات بواسطة حامض الكبريتيك المركز إذ سيتكون خليط من فوسفات احادي الكالسيوم والجبس كالاتي :-



يحتوي هذا السماد على % 7 – 9.5 فسفور أي % 16 – 22 خامس اوكسيد الفسفور وحوالي % 90 من محتواه الفوسفاتي ذائباً بالماء أي بحالة جاهزة : ويحتري ايضاً على نسبة من الجبس تتراوح بين % 8 – 10 ، لذا يفضل اضافته الى التربة الفقيرة بالكبريت أو التربة السودوية Sodic Soils ويستخدم هذا السماد غالباً في الخلط الاسمدة الأخرى، النايتروجينية والبوتاسية لتصنيع الاسمدة المركبة وفقاً للنسب المطلوبة تعاد تركيبة الخليط بأضافة مواد مساعدة للتبلور

3. سماد السوبر فوسفات المركز (الثلاثي) Concentrated superphosphate (triple) fertilizer

يصنع هذا السماد من تفاعل صخر الفوسفات مع حامض الفسفوريك الابيض (White acid) ويحتوي هذا السماد على % 19 – 23 فسفور اي حوالي % 44 – 52 خامس اوكسيد الفسفور وحوالي % 95 – 98 منه ذائب بالماء ويمكن تصنيفه بالكمية الجاهزة . ولقد بدأت صناعة هذا السماد في الولايات المتحدة الامريكية في عام 1900 م ولكن لم ينتشر بشكل واسع حتى عام 1930 م . يحتوي هذا السماد على

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

الامونيوم ويتحول هذا المركب ليصل في سلسلة تفاعله الى المركب الاكثر استقراراً الذي هو apatite وتلعب الرطوبة دوراً في التأثير على سير التفاعل .

ولابد من القول أيضاً ان سماد فوسفات ثنائي الامونيوم ذو تأثير متعادل على خصائص التربة إذ ان pH المحلول المشبع منه يساوي 7.98 (جدول 13) ولهذا فإننا يجب أن لا نتوقع تكوين العديد من الرواسب بعد إضافة السماد . وللمقارنة مع سماد فوسفات أحادي الأمونيوم الحامضي التفاعل (PH = 4) فإن نواتج تفاعل هذا السماد عديدة بسبب اذابته لبعض الكاتيونات . وعند دراسة تفاعلات سماد فوسفات احادي الامونيوم يمكن القول بأن المعادلة السابقة التي وصف تفاعل سماد فوسفات ثنائي الامونيوم يمكن أن تكون معبرة عن طبيعة تفاعل هذا السماد . فقد اشار (Beaton & Read 1963,) الى أن جاهزية الأسمدة تشير وفقاً للترتيب:



كما تبين من العديد من التجارب إن جاهزية DCPD المتكون من تفاعل سماد فوسفات احادي الامونيوم اكثر من جاهزية DCPD المتكون من تفاعل سماد فوسفات ثنائي الامونيوم وقد يرجع سبب ذلك الى تأثير هذه الأسمدة على pH الترب بعد الاضافة . ويعتبر سماد فوسفات احادي الامونيوم أفضل من السماد الثنائي للترب الكلسية رغم كون السمادين بالماء بنفس الدرجة (Tisdale and Nelson, 1975)

طريقة وموعد اضافة الاسمدة الفوسفاتية

يمكن تقسيم الاسمدة الفوسفاتية الى ثلاث مجاميع هامة وفقاً لطبيعتها اذابتها وهي :

- (1) الاسمدة الذائبة بالماء (Water soluble)
- (2) الاسمدة البطيئة الذوبان بالماء ولكن تذوب في محلول السترات (Citrate – soluble phosphates)
- (3) الاسمدة البطيئة الذوبان بالماء والسترات

وينظر للاسمدة الذائبة بالماء وبمحلول السترات بإنها تمثل الصور الجاهزة للفسفور ولكن قدرة النباتات على الاستفادة من هذه الصور تحددتها ظروف أخرى مثل

أسمدة وخصوبة التربة

المرحلة الرابعة

د. زينب كاظم

الجزء النظري

موعد اضافة السماد الفوسفاتي وطريقته يتحدد وفقاً للعوامل الآتية :

- 1- احتياج النبات وطول موسم النمو
- 2- طبيعة اذابة السماد حجم حبيبة السماد-
- 3- الايون المرافق للفسفور
- 4- خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية

يحتاج النبات الفسفور منذ بداية النمو لمساهمة الفعالة في مختلف العمليات الحيوية . ويستمر الإحتياج حتى تكوين الثمار ودخول النبات مرحلة النضج لاعتباره عاملاً مؤثراً في الإحتياج العام للطاقة وبناء الانسجة المختلفة . المعروف عادة إن الاسمدة الفوسفاتية تضاف قبل الزراعة بفترة قصيرة تجاوزاً للاضرار السلبية التي قد يؤثر ناتج تفاعل السماد مثل MTPS الحامضي على البذور أو أي جزء من النبات . ويمكن أن يضاف سماد السوبر فوسفات المركز أو غيره من الاسمدة بعد الزراعة ولكن يحتاج هنا الخبرة الدقيقة لتجاوز الاضرار الجانبية على النبات . ووفقاً لنوع المحصول وطول موسم النمو يتحدد وقت إضافة السماد بالاضافة الى تأثير طبيعة اذابة السماد وحجم حبيباته وخصائص التربة وما تحتويه من مكونات تساهم في تدهور السماد . وغالباً ما تضاف الاسمدة الفوسفاتية دفعة واحدة قبل الزراعة وقد تضاف كميات محددة بعد الزراعة لمعالجة ظواهر النقص

اشار بعض الباحثين الى إن معدل احتياج النبات للفسفور خلال فترة حياته لا تتجاوز 1 كغم فسفور / هكتار / يوم . وإن محتوى التربة من الفسفور الجاهز وقدرة التربة التنظيمية للفسفور Phosphate buffering Capacity وكذلك قدرة التربة على المحافظة على الفسفور المضاف بصورة جاهزة (أي خصائص التربة المؤثرة على جاهزية الفسفور) تحدد الكمية المطلوب إضافتها بعد تحديد نوع المحصول وفترة نموه . وبشكل عام يضاف 10-50 % من أي محصول كمحاولة لتعويض الكمية التي تتدهور بفعل التفاعل مع مكونات التربة.

وعموماً فإن 20 – 80 كغم فسفور / هكتار هي الكمية التي تضاف وفقاً لنوع المحصول . فغالباً ما تحتاج البقوليات والحبوب والبنجر السكري الى كمية كبيرة من الفسفور بالمقارنة مع القطن والتبغ وأشجار الفاكهة . وإن اضافة كمية كبيرة من الفسفور الى البطاطا يحسن خواص الدرنات .